الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي-

كلية التكنولوجيا

قسم الري والهندسة المدنية

-مذكرة تخرج-

لنيل شهـــادة المـــــاستر فـــي الهندســـة المدنيـــة

تخصص: مـــواد الهندســـة المدنيـــة

تحت عنـــــوان:

Etude d'un matériau à base du sable des dunes et d'une pierre de construction locale

دراسة مادة أساسها رمل الكثبان وحجر البناء المحلي

- تحت اشراف :

د/العقبي عبد العزيز

- من تقديم:

- سعدون ياسين

- رواحنة ياسين

- لجنة المناقشة:

د/ زريق محمد الطاهر- رئيسا -

د/ تيوه الطاهر - مناقشا -

دفعة جوان: 2026

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

نهدي ثمرة هذا العمل المتواضع إلى:

والدينا الكرام، الذين كانوا لنا السند والدعم الدائم، وإلى إخوتنا وأخواتنا الذين شاركونا لحظات التعب والنجاح.

كما نهديه إلى عائلاتنا جميعاً،

الكبيرة منها والصغيرة،

وإلى أصدقائنا الأعزاء الذين كان لهم أثر جميل في مسيرتنا.

وإلى جميع طلبة دفعة 2026،

وإلى كل من كان له فضل علينا من قريب أو بعيد.

إلى كل من نحب... نهدي هذا العمل

سعدون ياسين - رواحنة ياسين

شكر وتقدير

الحمد لله الذي وفقنا لإتمام هذا العمل، ونسأله سبحانه أن يجعله علماً نافعاً وعملاً صالحاً،

والصلاة والسلام على أشرف الخلق سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم، وعلى آله وصحبه أجمعين.

نتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى كل من ساهم في إنجاز هذا العمل، ونخص بالذكر أستاذنا المشرف

- الدكتور: "العقبي عبد العزيز"

الذي شرفنا بإشرافه على هذه المذكرة، ولم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة، رغم التزاماته الكثيرة، فله منا كل الشكر والتقدير.

كما نتوجه بالشكر إلى جميع أساتذة كلية التكنولوجيا،

وكل من ساهم من قريب أو بعيد في مساعدتنا على إنجاز هذا العمل، ولو بكلمة طيبة أو نصيحة.

ولا يفوتنا أن نتقدم بالشكر

إلى أعضاء لجنة المناقشة على تفضلهم بقبول مناقشة هذه المذكرة.

وفي الأخير نسأل الله أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم، وأن ينفع به كل من يطلع عليه.

وشكراً.

- الملخص:

يُعنى هذا العمل بدراسة الموارد المحلية واقتراح آليات فعالة لتثمينها في قطاع البناء والتشييد. حيث قمنا بتقييم جدوى دمج الحجر المحلي (وردة الرمال: اللوس) ورمل الكثبان في تركيبة لبنة (آجرة) بأبعاد (4x10x16cm) في مرحلة أولى، تم سحق الحجر المحلي إلى فئتين حبيبيتين (3/8mm et 8/15mm) , بعد ذلك، أُجريت سلسلة من التجارب على ملاط قياسي بهدف تحسين نسبة إدراج رمل الكثبان كبديل لرمل البناء العادي بنسب (0%، 10%، 20%، 30%، 40% و 50%)؛ حيث تم اختيار نسبة استبدال تقدر بـ 40% لضمان تثمين أمثل. وبناءً على هذه التركيبة، تم دمج الحصى المُعد مسبقًا للحصول على الخليط الأمثل للبنة. أخيرًا، أظهر التوصيف الفيزيائي-الميكانيكي والحراري للمنتج النهائي نتائج مشجعة، تتلاءم تمامًا مع الظروف المناخية والبيئية المحلية".

الكلمات المفتاحية :رمل الكثبان، وردة الرمال، تثمين، الموارد المحلية، التنمية المستدامة، التوصيف الحراري، التوصيف الفيزيائي-الميكانيكي.

-Résumé :

This work is dedicated to studying local resources and proposing effective mechanisms for their valorization in the construction sector. Hence, the feasibility of incorporating local stone (Desert rose: Louss) and dune sand into the formulation of a (4x10x16cm) brick was evaluated. First, the local stone was crushed into two granular fractions (3/8mm et 8/15mm). Then, an experimental campaign was conducted on standard mortars to optimize the incorporation rate of dune sand as a replacement for alluvial sand (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%). A substitution rate of 40% was selected to ensure optimal valorization. Based on this formulation, the previously prepared gravel was incorporated to achieve the optimal mix for the brick. Finally, the physico-mechanical and thermal characterization of the final product revealed encouraging results, perfectly suited to local climatic and environmental conditions.

Keywords: dune sand, desert rose, valorization, local resource, sustainable development, thermal characterization, physico-mechanical characterization

Résumé

Ce travail est dédié à l'étude des ressources locales et à la proposition de mécanismes efficaces pour leur valorisation dans le secteur de la construction. Nous avons ainsi évalué la faisabilité d'intégrer de la pierre locale (Rose des sables : *Louss*) et du sable de dune dans la formulation d'une brique de dimensions (4x10x16cm cm). Dans un premier temps, la pierre locale a été concassée en deux fractions granulaires (3/8mm et 8/15mm). Ensuite, une campagne d'essais a été menée sur des mortiers standards afin d'optimiser le taux d'incorporation du sable de dune en substitution au sable alluvionnaire (0%, 10%, 20%, 30%, 40% et 50%). Un taux de substitution de 40% a été retenu pour garantir une valorisation optimale. Sur la base de cette formulation, le gravier préalablement préparé a été incorporé pour aboutir au mélange optimal de la brique. Enfin, la caractérisation physico-mécanique et thermique du produit final a révélé des résultats encourageants, parfaitement adaptés aux conditions climatiques et environnementales locales."

Mots clés : sable des dunes, rose des sables, valorisation, ressource local, développement durable, caractérisation thermique, caractérisation physico-mécanique

ـ قائمة المحتويات :

الرقم	العنوان	الصفحة
1	الإهداء	2
2	الشكر والتقدير	3
3	الملخص باللغة العربية	4
4	Résumé	5
5	المقدمة العامة	7
6	الفصل الأول: البحث النظري	10
6.1	نبذة عن ولاية الوادي في مجال البناء	11
6.2	الحجر المحلي (حجر اللوس)	12
6.3	الملاط	15
6.4	الرمل	16
6.5	رمال الكثبان الرملية	18
6.6	الاستخدامات في قطاع البناء	19
6.7	الأبحاث السابقة	19
6.8	الفوائد البيئية	20
7	الفصل الثاني: الدراسة التجريبية	21
7.1	الخصائص الفيزيائية لحجر اللوس	22
7.2	الكتلة الحجمية الظاهرية والمطلقة	24
7.3	تجربة امتصاص الماء	27
7.4	الخصائص الفيزيائية لرمل الكثبان ورمل البناء	28
7.5	نتائج التحليل الحبيبي للرمال	33
7.6	إعداد وصنع العينات	34
7.7	تجربة مقاومة الانحناء	40
7.8	تجربة الضغط	41
7.9	تجربة لموجات فوق الصوتية	41
7.10	تجربة الدراسة الحرارية	43
7.11	تجربة الغمر الكلي	46
7.12	تجربة الامتصاص الشعيري للماء	47
8	الفصل الثالث: النتائج والتفسيرات	50
8.1	نتائج مقاومة الانحناء	51
8.2	نتائج مقاومة الضغط	53
3	نتائج تجربة الموجات فوق الصوتية	57
4	نتائج اختبار الغمر الكلي	59
5	نتائج تجربة الامتصاص الشعيري	62
	الخلاصة العامة والتوصيات	67
	قائمة المراجع	70

ـ قائمة الاشكال:

الرقم	العنوان	الصفحة
الشكل 1	صورة الخجر المجلي	13
الشكل 2	صورة لقوالب الملاط	18
الشكل 3	صورة للكثبان الرملية	18
الشكل 1.1	صورة لغربال ذو فتحات معدنية	22
الشكل1.2	صورة الميزان الكتروني	22
الشكل 1.3	صورة لعينة من الركام المستخدم	22
الشكل 1.4	التدرج الحبيبي للفئتين 8/15و3/8	24
الشكل1.5	صورة اختبار الكتلة الخجمية	25
الشكل1.6	اختبار الكتلة الخجمية المطلقة	26
الشكل 1.7	اختبار معامل الامتصاص	28
الشكل 1.8	رمل البناء	29
الشكل 1.9	رمل الكثبان	29
الشكل 1.10	غرابيل التجليل الحبيبي المستخدمة	30
الشكل1.11	مخطط قياس الكافئ الرملي	31
الشكل 1.12	مخطط توضيحي للتدرج الجبيبي لرمل البناء والكثبان	34
الشكل 1.12	عينة حجر اللوس المستخدمة	37
الشكا1.13	عينة رمل الكثبان المستخدم	37
الشكل 1.14	خلط المواد المستخدمة	38
الشكل 1.15	صورة القولب المستخدمة	38
الشكل 1.16	تسطيح العيينات في القوالب	39
الشكا1.17	العيينات بعد إزالة القوالب	39
الشكل 1.18	مبدا جهاز مقاومة الانحناء	40
الشكل 1.19	تجربة الشد بالانحناء لعنات الملاط	40
الشكل 1.20	تجربة الظغط لعيينات الملاط	41
الشكل 2.21	مبدا عمل تجربة الموجات الصوتية	42
الشكل 1.22	تجربة الموجات غوق الصوتية	42
الشكا 1.23	تجربة الناقلية الحرارية	44
الشكل 1.24	درجات حرارة الاسطح السفلية	45
الشكل 1.25	درجات حرارة الاسطح العلوية	46
الشكل 1.26	عيينة مغمورة في الماء	47
الشكل 1.27	تجربة الامتصاص الشعيري للماء	48
الشكل2	متوسط نتائج مقاومة الانحناء	52
الشكل 3	متوسط النائج مقاومة الظغط لكل تركيبة	57
الشكل 4	متوسط نتائج انتشار الموجات الصوتية	58
الشكل 5	متوسط اختبار الغمر الكلب بالماء للعيينات	60
الشكل 6	نتائج تجربة الامتصاص الشعيري للعيينات	61

- قائمة الجداول:

الرقم	العنوان	الصفحة
الجدول 1	التحليل الحبيبي لفئة 8/15	23
الجدول 2	التحليل الحبيبي لفئة 3/8	23
الجذول 3	الكتلة الحجمية المطلقة للفئات المختلفة	25
الجدول 4	الكتلة الحجمية الضاهرية لمختلف الفئات	26
الجذول 5	نسبة الامتصاص للفئات المختلفة لحجر اللوس	28
الجذول 6	توصيات بشان نظافة الرمال المستخدمة فالملاط	32
الجدول7	النتائج المتعلقة بالاختبارات الفيزيائية التي أجريت على العيينات	32
الجدول 8	نتائج التحليل الحبيبي لرمل الكثبان	33
الجذول9	نتائج التحليل الحبيبي	33
الجذول10	النسب التفصيلية للتراكيب المختلفة للعيينات	36
الجذول11	سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية للتركيبات الاسمنتية	43
الجذول2	نتائج مقاومة الانحناء لمختلف العيينات 4*4*16سم	51
الجدول 2.1	متوسط نتائج مقاومة الانحناء	52
الجذول3	نتائج مقاومة الظغط لمحتلف العيينات 4*4*16سم	54
الجدول 3.1	متوسط نتائج مقاومة الظغط 4*4*16سم	54
الجدول 3.2	نتائج مقاومة الظغط لمحتلف العيينات 10*10*10سم	56
الجدول 3.3	متوسط نتائج مقاومة الظغط10*10*10سم	56
الجدول 3.2	نتائج سرعة انتشار المةجات الصوتية 10*10*10سم	58
الجذول 3.3	متوسط نتائج سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية لعيينات10*10*10سم	58
الجدول4.1	نتائج اختبار الغمر الكلي للعينات الأولى 10*10*10سم من الملاط الناظمي	60
الجدول 4.2	متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي للعيينات 10*10*10سم	60
الجدول 4.3	نتائج اختبار الغمر الكلي للعينات الثانية 4*4*16سم من الخرسانة العادية	61
الجدول4.4	متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي للعيينات 4*4*16سم من الخرسانة العادية	61
الجدول4.5	متوسط اوزان العيينات 10*10*10سم و4*10*16سم بدلالة الزمن في تجربة الامتصاص الشعيري	63
الجدول 4.6	نتائج الامتصاص الشعيري للعيينات 10*10*10سم و4*10*16	64

المقدمة العامة

في ظلّ السياق الحالي الذي يتميّز بتزايد الوعي بالقضايا البيئية وضرورة تحقيق التنمية المستدامة، أصبح قطاع البناء مطالبًا بالابتكار من خلال اعتماد مواد أكثر صداقة للبيئة ومتاحة محليًا. إذ إن الاستغلال المكثف للموارد الطبيعية التقليدية، مثل الركام والإسمنت، يؤدي إلى آثار بيئية كبيرة، من بينها تدهور النظم البيئية وزيادة انبعاثات ثاني أكسيد- الكربون.

في هذا الإطار، تُعدّ تثمين الموارد المحلية خيارًا واعدًا. فرمل الكثبان الرملية، المتوفر بكثرة في المناطق الصحراوية، خاصة في جنوب الجزائر، يمثل موردًا مهمًا لكنه لا يزال غير مستغل بشكل كافٍ في مجال الهندسة المدنية، وذلك بسبب خصائصه الحبيبية الخاصة. من جهة أخرى، تُستخدم الحجارة المحلية في البناء، والتي غالبًا ما تكون ذات طبيعة كلسية، منذ القدم في العمارة التقليدية لما تتمتع به من خصائص ميكانيكية جيدة وتوفرها المحلي.

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير وتوصيف مادة مركبة مبتكرة تعتمد على رمل الكثبان الرملية وحجر بناء محلي. وتسعى هذه المادة إلى تلبية المتطلبات التقنية لقطاع البناء مع تقليل التكلفة والأثر البيئي. كما ستركّز الدراسة على تحليل الخصائص الفيزيائية والميكانيكية وربما الكيميائية للمادة الناتجة، بهدف تقييم مدى قابليتها للاستخدام في تطبيقات البناء. وبالتالي، يندرج هذا العمل ضمن إطار تثمين الموارد الطبيعية المحلية وتعزيز الحلول المستدامة التي تتناسب مع الظروف المناخية والاقتصادية للمناطق الصحراوية.

من اجل تحقيق اهداف البحث التي حددناها لأنفسنا، قمنا بتنظيم اطروحتنا على النحو التالي:

الفصل الأول : البحث النظري

يتضمن بعض التعريفات بالدراسة بالإضافة الى بعض التفاصيل المتعلقة حول أصل استخدام المواد المحلية في موقع بحثنا.

الفصل الثاني : البحث التجريبي

تلخص في هذا الفصل توصيف المواد المختلفة والإجراءات المستخدمة ضمن البرنامج التجريبي، كما تعرض أيضا طرق إجراء الاختبارات في هذا الفصل، ستناقش خصائص المواد المحلية وتوصيفها

الفصل الثالث : النتائج والتفسيرات

في هذا الفصل، يتم عرض النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة التجريبية، بالإضافة إلى المناقشة والملاحظات المتعلقة بمختلف التركيبات للعجينة المعتمدة على مواد محلية.

وأخيرا، يختتم عملنا بخلاصة عامة وتوصيات

الفصل الأول :

البحث النظري

المقدمة :

تشهد مواد البناء تطورًا ملحوظًا في السنوات الأخيرة، حيث برزت المواد المركبة كخيار واعد بفضل خصائصها التقنية والاقتصادية التي تجمع بين مميزات مكوناتها المختلفة. وفي هذا الإطار، تزداد أهمية الاعتماد على الموارد المحلية لما توفره من حلول مستدامة تسهم في دعم الاقتصاد الوطني والحد من التبعية للمواد المستوردة.

تندرج هذه الدراسة ضمن هذا التوجه، إذ تهدف إلى تحليل وتقييم خصائص مادة مركبة ناتجة عن خلط الملاط والرمل المحلي مع الحجر المحلي (حجر اللوس)، وهما من المواد الطبيعية المتوفرة بكثرة في مناطق الجنوب الجزائري. ويأتي ذلك في سياق البحث عن بدائل بناء منخفضة التكلفة وذات أداء ملائم للظروف المناخية والبيئية المحلية.

كما تسعى الدراسة إلى استكشاف إمكانية توظيف هذا الخليط في التطبيقات الإنشائية، من خلال تقييم خصائصه الفيزيائية والميكانيكية، ومدى قدرته على أن يكون بديلاً مستدامًا وصديقًا للبيئة مقارنة بالمواد التقليدية. ويُعد هذا التوجه جزءًا من الاستراتيجيات الحديثة في مجال البناء المستدامة، التي تعتمد على تثمين الموارد المحلية وتقليل التأثيرات البيئية السلبية

.[1]

1-نبذة عن ولاية الوادي في مجال البناء:

تُعَدّ ولاية الوادي من المناطق الصحراوية التي تتميز بخصوصيات عمرانية فريدة فرضتها الظروف المناخية القاسية، مثل ارتفاع درجات الحرارة والجفاف. وقد انعكس ذلك على أنماط البناء التقليدية، حيث يعتمد السكان بشكل كبير على المواد المحلية، مثل الجبس والرمال، في تشييد المباني، لما توفره من عزل حراري جيد وتكلفة منخفضة.

تشتهر الولاية بنمط معماري مميز يُعرف بـ"مدينة الألف قبة"، حيث تُستخدم القباب في تغطية المباني السكنية، وهو تصميم يساهم في تقليل امتصاص الحرارة وتحسين التهوية الطبيعية داخل المساكن. ويُبرز هذا النمط قدرة المجتمع المحلي على التكيف مع البيئة الصحراوية باستخدام تقنيات بناء بسيطة وفعّالة.[2]

وفي السنوات الأخيرة، شهد قطاع البناء في الولاية تطورًا ملحوظًا من خلال إدماج مواد وتقنيات حديثة، مع استمرار الاهتمام باستغلال الموارد المحلية في إطار التوجه نحو البناء المستدام. ويُعد ذلك فرصة لتطوير مواد مركبة جديدة تجمع بين الأصالة والحداثة، خاصة في ظل توفر مواد أولية محلية يمكن تثمينها في التطبيقات الإنشائية.

1-مواد البناء :

1-1- الحجر المحلي (حجر اللوس):

2-1 مقدمة:

يعد حجر اللوس من الظواهر الجيولوجية المميزة التي تنتشر في المناطق الصحراوية، لاسيما في جنوب الجزائر، حيث تتشكل نتيجة تبلور معدن الجبس أو الباريت في ظروف مناخية جافة. وتتكون هذه البُنى الطبيعية من تجمع بلورات تأخذ شكل بتلات وردية، مما يمنحها مظهرًا فريدًا يشبه الأزهار، وهو ما أكسبها هذه التسمية.

ينشأ حجر اللوس بفعل تبخر المياه الغنية بالأملاح داخل التربة الرملية ، مما يؤدي إلى ترسيب البلورات حول حبيبات الرمل، فتتشكل بنية مركبة تجمع بين الجبس والرمل. وتُعتبر هذه الظاهرة مؤشرًا على الظروف البيئية والمناخية التي سادت المنطقة عبر فترات زمنية طويلة، كما أنها تعكس التفاعل بين العوامل الجيولوجية والمناخية في البيئات الصحراوية.

إضافةً إلى أهميتها الجيولوجية، يكتسي الحجر المحلي اهتمامًا متزايدًا في مجالات البحث العلمي، خاصة في دراسات مواد البناء، حيث يمكن الاستفادة من مكوناتها الطبيعية في تطوير مواد مركبة ذات خصائص ميكانيكية وحرارية ملائمة.

كما تمثل موردًا محليًا يمكن تثمينه في إطار التوجه نحو البناء المستدام واستغلال الموارد الطبيعية المتوفرة. [3]

1-2-1 تعريف الحجر المحلي:

يعرف الحجر المحلي بأنه تشكيل جيولوجي طبيعي يتكون من بلورات معدنية، تنمو داخل الرواسب الرملية في البيئات الصحراوية الجافة. تأخذ هذه البلورات شكل تجمعات شعاعية تشبه بتلات الورود، نتيجة تبلور المعادن حول حبيبات الرمل بفعل تبخر المياه الغنية بالأملاح. وتتميز هذه البنية بكونها مزيجًا طبيعيًا من البلورات المعدنية والرمال ، مما يمنحها خصائص تركيبية فريدة.[4]

الشكل 1- صورة للحجر المحلي

2-2-1 تشكل الحجر المحلي (حجر اللوس) :

يتكون الحجر المحلي في المناطق الصحراوية، مثل الصحراء الكبرى، نتيجة تبخر المياه الجوفية أو مياه الأمطار النادرة. ومع تبخر الماء تترسب الأملاح والمعادن، ولا سيما الجبس (كبريتات الكالسيوم) حول حبيبات الرمل. وبمرور الزمن تنمو بلورات الجبس وتتجمع في هيئة صفائح متداخلة تشبه بتلات الزهور وهو ما أكسبها اسم **وردة الرمال**. وتتأثر عملية تشكلها بعدة عوامل، منها درجة الحرارة ،وسرعة التبخر وتركيز الأملاح، وخصائص التربة، مما يؤدي إلى تنوع أشكالها وأحجامها في البيئات الصحراوية المختلفة. **[5]**

1-2-2-1 خصائص الحجر المحلي:

يعد الحجر المحلي من التراكيب المعدنية الشائعة في البيئات الصحراوية، خاصة في الصحراء الكبرى، وتتميز بعدة خصائص أساسية يمكن عرضها كما يلي:

- **التركيب المعدني:** تتكون أساسًا من معدن الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4 \cdot 2H_2O$)، وقد تحتوي أحيانًا على الباريت.
- **الشكل البلوري:** تأخذ شكل وردة أو زهرة ذات صفائح متداخلة تشبه البتلات، نتيجة نمو البلورات في اتجاهات متعددة.
- **اللون:** يتدرج لونها بين الأبيض، الأصفر، والبني الفاتح، ويعتمد ذلك على كمية الرمل والشوائب المختلطة بها.
- **النسيج:** تحتوي على حبيبات رملية دقيقة محبوسة داخل البلورات، مما يعطيها مظهرًا خشنًا نسبيًا.
- **الصلابة:** تتميز بهشاشتها وسهولة كسرها مقارنةً بالمعادن الأخرى.
- **الحجم:** يتراوح حجمها من بضع سنتيمترات إلى عشرات السنتيمترات حسب ظروف التكوّن.
- **البيئة الجيولوجية:** تتشكل في البيئات الجافة ذات معدلات تبخر عالية ووجود مياه غنية بالأملاح.
- **آلية التكوّن:** تنتج عن تبخر المياه الجوفية أو السطحية، مما يؤدي إلى تبلور الجبس حول حبيبات الرمل. **[6]**

1-3-1 الملاط:

1-1-3-1 المقدمة:

في أي مشروع بناء، من الضروري ربط العناصر المختلفة باستخدام ملاط إسمنتي . ويهدف إلى:

- ربط العناصر ببعضها
- ضمان استقرار الهيكل
- ملء الفراغات بين وحدات البناء.

يحضّر الملاط بمزج مادة رابطة (الإسمنت) الرمل والماء ، وربما بعض الإضافات. يمكن الحصول على تركيبات ملاط متعددة بتعديل المعايير المختلفة: المادة الرابطة (نوعها ونسبها)، والمواد المضافة ومحتوى الماء. فيما يخص المادة الرابطة ، جميع أنواع الإسمنت مناسبة ويعتمد اختيارها ونسبها على الهيكل المراد بناؤه والظروف المحيطة به.

يجب أن يكون وقت الخلط مثاليًا للحصول على خليط متجانس ومتناسق.

يمكن تحضير الملاط :

- في الموقع بقياس وخلط المكونات المختلفة، بما في ذلك المواد المضافة.
- في الموقع من ملاط صناعي جاف مُجهز مسبقًا. قبل الاستخدام ، ما عليك سوى إضافة الكمية المطلوبة من الماء.
- مُورَّد من محطة خلط : هذا ملاط جاهز للاستخدام.

شهد الملاط الصناعي تطورًا ملحوظًا في السنوات الأخيرة، مما ألغى الحاجة إلى تخزين المكونات وخلطها في الموقع. **[7]**

2-1-3-1 التركيبة :

الملاط مادة بناء تتكون من الإسمنت والماء والرمل ، وربما بعض الإضافات. تختلف أنواع الملاط اختلافًا كبيرًا تبعًا لطبيعة ونسب مكوناته، وطريقة خلطه، وتطبيقه، ومعالجته.

يتكون الملاط من خليط من:

- مادة رابطة (إسمنت)
- ماء
- رمل
- مواد مضافة **[7]**

1-4-1 الرمل:

يجب أن يحتوي الرمل ذو التوزيع الجيد لحجم الحبيبات على حبيبات ناعمة ومتوسطة وخشنة. تملأ الحبيبات الناعمة الفراغات بين الحبيبات الأكبر حجمًا، وتلعب دورًا هامًا في تقليل التباينات الحجمية، وانبعاث الحرارة، وحتى التكلفة. سيتم تحديد الجرعات بالوزن بدلاً من الحجم، كما هو شائع، لتجنب أخطاء الجرعات الناتجة عن زيادة حجم الرمل الرطب.

يمكن أن تكون هذه المواد:

- طبيعية ومستديرة (من الأنهار، ومناجم الرمل، وما إلى ذلك)، ذات طبيعة سيليسية أو سيليسية كلسية؛
- طبيعية مطحونة (صخور المحاجر)، مثل البازلت، والكوارتزيت وهي ذات زوايا حادة وصلبة.
- خاصة (ثقيلة، مقاومة للحرارة، خفيفة الوزن):

يجب تجنب أنواع معينة من الرمال الذي يكون ناعمًا جدًا، والرمال الخام التي تفتقر إلى الحبيبات الناعمة، والرمال البحرية التي تحتوي على أملاح ضارة بمكونات الأسمنت. مع ذلك، يجب أن تكون نظيفة.

الحد الأقصى لقطر حبيبات الرمل المستخدمة في الملاط هو:

- ناعم جدًا: حتى 0.8 مم (في المنخل)، أو 1 مم (في المصفاة)
- ناعم: حتى 1.6 مم
- متوسط: حتى 3.15 مم
- خشن: حتى 5 مم **[7]**

1-4-2 الملاط الإسمنتي :

لتقييم خصائص الملاط، يُستخدم عادةً مزيج ملاط بنسبة 3/1، مُكوّن من: جزء (كتلي) واحد من الأسمنت، وثلاثة أجزاء (كتلية) من الرمل القياسي ذي حبيبات يتراوح حجمها بين 80 ميكرون و2 مم، ضمن نطاق محدد ونصف جزء (كتلي) من الماء، كمرجع.**[7]**

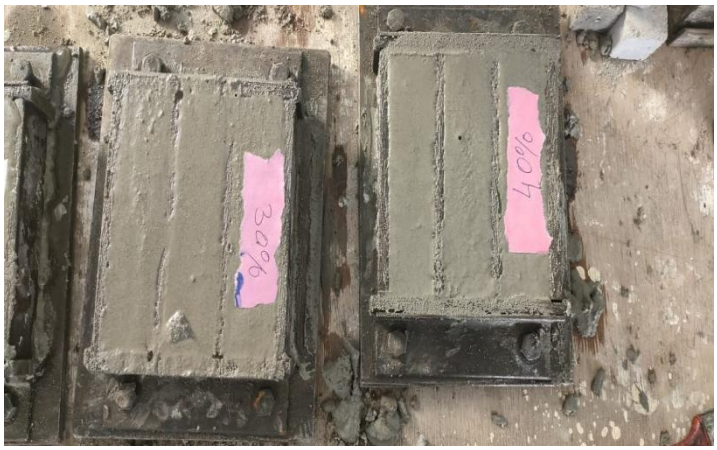
1-4-3 الخصائص الرئيسية:

تتمثل الخصائص الرئيسية للملاط فيما يلي:

- قابلية التشغيل
- زمن التصلب
- المقاومة الميكانيكية
- الانكماش والتمدد، إلخ.

لتقييم خصائص الملاط، يُستخدم عادةً مزيج ملاط بنسبة 3/1، مُكوّن من: جزء (كتلي) واحد من الأسمنت، وثلاثة أجزاء (كتلية) من الرمل القياسي ذي حبيبات يتراوح حجمها بين 80 ميكرون و2 مم، ضمن نطاق محدد ونصف جزء (كتلي) من الماء، كمرجع.

يُخلط هذا الملاط ويُصب في قوالب معدنية وفقًا للطرق القياسية. تُجرى اختبارات الخواص على هذا الملاط، كما يُمكن إجراء اختبارات التصلب وحرارة التفاعل على العديد من القوالب بأبعاد 4 × 4 × 16 سم من الملاط الناظمي (المقاومة الميكانيكية، الانكماش، التمدد، الامتصاص الشعري، مقاومة الصقيع والماء المؤكسد). **[7]**



الشكل 2- صورة لقوالب الملاط

4-4-1 رمال الكثبان :

تُعدّ رمال الكثبان مورداً طبيعياً وفيراً يوجد في العديد من المناطق القاحلة وشبه القاحلة. وعلى الرغم من كونها في السابق حاجزاً جغرافياً، إلا أنها تجذب الآن اهتماماً متزايداً نظراً لاستخداماتها المحتملة في قطاعات مختلفة، بما في ذلك قطاع البناء.**[8]**

الشكل 3- صورة لرمال الكثبان منطقة وادي سوف

5-4-1 الخصائص الكيميائية لرمل الكثبان :

مع وجود نسب ضئيلة من الفلسبار ،(SiO_2) يتكون رمل الكثبان أساسًا من معدن الكوارتز والميكا وأكاسيد الحديد . ويتميز هذا الرمل بتقارب أحجام حبيباته، وانخفاض نسبة المواد

الناعمة مثل الطين والطمي، فضلًا عن الشكل المستدير لحبيباته . ورغم هذه الخصائص، فإن السطح الأملس للحبيبات يحد من قدرتها على الارتباط بعجينة الأسمنت، مما يؤثر سلبًا في قوة التماسك داخل الخرسانة، ويجعل استخدامها المباشر في تصنيعها غير ملائم دون تحسين خواصها السطحية. **[8]**.

1-4-6 الاستخدامات في قطاع البناء:

يُستخدم رمل الكثبان الرملية كاضافة لرمل البناء. بعد المعالجة المناسبة، يمكن استخدامه كمادة بديلة. ووفقًا للدراسات، فإن الخواص الميكانيكية للخرسانة لا تتأثر بشكل كبير باستخدام الحلول البديلة, إنتاج قوالب الطوب الطيني المُثبَّت: في المناطق الصحراوية حيث تكون مواد البناء التقليدية محدودة، يمكن استخدام رمل الكثبان الرملية لإنتاج قوالب طوب طيني مضغوطة مُثبَّتة بالأسمنت أو الجير.**[9]**

1-4-7 الأبحاث السابقة حول استخداماته:

في ظلّ تزايد ندرة المواد الخام الطبيعية التقليدية، مثل رمل الأنهار والرمل المكسّر، ركّزت العديد من الأبحاث على استكشاف مواد بديلة وفيرة وغير مستغلة بشكل كافٍ، ولا سيما رمل الكثبان الرملية. وقد استقطب هذا المورد، المنتشر على نطاق واسع في المناطق الصحراوية، وخاصة في شمال أفريقيا والشرق الأوسط، اهتمام الباحثين لما يمتلكه من إمكانات في صناعة الملاط والخرسانة. ومن بين الأعمال الرائدة في هذا المجال **[11]**

أجريت دراسة معمقة حول دمج رمل الكثبان الرملية في ملاط الأسمنت. وأظهرت نتائجهما أنه على الرغم من النعومة والاستدارة المفرطة للحبيبات، يمكن الحصول على أداء ميكانيكي مقبول عن طريق تعديل تركيبة الملاط، ولا سيما باستخدام إضافات أو بخلط رمل الكثبان الرملية مع أنواع أخرى من الركام الخشن. وأظهرت دراستهما أن استبدال رمل الكثبان الرملية بالرمل العادي بنسبة تصل إلى 40% يحافظ على مقاومة ضغط جيدة مع تقليل تكاليف الإنتاج **[10]**.

قيّم الباحثون تأثير رمال الكثبان الرملية على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للملاط، ودرسوا معايير مثل القوام والمسامية والانكماش عند التجفيف. وأكدوا أن صغر حجم حبيبات رمال الكثبان الرملية يستلزم تعديل نسبة الماء إلى الإسمنت، وأنه بدون تعديل، قد يؤدي ذلك إلى زيادة المسامية. ومع ذلك، يمكن تحسين الأداء العام بشكل ملحوظ من خلال دمج رمال الكثبان الرملية مع ركام آخر

أو بإضافة مواد مالئة. وقد ركزت دراسات حديثة على حجم حبيبات رمال الكثبان الرملية الصحراوية وخصائصها الكيميائية. وأكدت الدراسة أن هذه المادة تتكون أساسًا من السيليكا (SiO2) على شكل كوارتز، بنسبة منخفضة من السيليكا. يحتوي الرمل على نسبة عالية من الطين والمواد العضوية في بعض المناطق، مما يجعله نظرياً مناسباً للاستخدام في الملاط ، شريطة إجراء فحوصات جودة دورية. وخلص هذا البحث إلى نتيجة مماثلة: يمكن استخدام رمل الكثبان الرملية بنجاح في الملاط، شريطة اتباع منهجية دقيقة، تعتمد على توصيف مسبق، وتعديل التركيب، وأحياناً دمجه مع مواد أخرى. لا يساهم هذا النهج في تقليل الأثر البيئي للبناء فحسب، بل يعزز أيضاً استخدام الموارد المحلية ضمن اقتصاد دائري وبطريقة مستدامة. **[12]**

8-4-1 الفوائد البيئية:

يُقلل استخدام رمال الكثبان الرملية من الحاجة إلى استخراج رمال الأنهار بشكل مكثف، مما يُسبب أضرارًا بيئية جسيمة (مثل اضطراب النظم البيئية المائية وتدهور ضفاف الأنهار). كما يُقلل استخدامها محليًا من تكاليف النقل وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بها.**[10]**

الخاتمة :

في الختام، يُعدّ تثمين المواد المحلية، مثل رمل الكثبان الرملية والحجر المحلي (اللوس) بمنطقة وادي سوف، خيارًا استراتيجيًا يساهم في تحقيق التنمية المستدامة. فاستغلال هذه الموارد المتوفرة محليًا يساعد على تقليل تكاليف النقل والإنتاج، ويدعم الاقتصاد المحلي، ويشجع على استخدام مواد بناء تتلاءم مع الخصائص البيئية والمناخية للمنطقة. كما أن تطوير الأبحاث والتطبيقات المتعلقة بهذه المواد يفتح آفاقًا واعدة للابتكار في قطاع البناء، مع الحفاظ على الموارد الطبيعية وتعزيز التنمية الاقتصادية للمنطقة. لذا فإن الاستثمار في تثمين هذه الموارد يمثل خطوة مهمة نحو بناء مستقبل أكثر استدامة واعتمادًا على الإمكانيات المحلية.

الفصل الثاني :

الدراسة التجريبية

- مقدمة:

من خلال إعداد المذكرة ، هدفنا الأساسي من خلال هذا العمل هو استغلال المواد المحلية في منطقة وادي سوف في مجال البناء. في هذا الفصل، سنعرض الخصائص التفصيلية لهذه المواد، والتي تمكننا من تحقيق نتيجة مثالية ، مما يساهم في ابتكار طوب يتميز من حيث الأداء والجودة

و ينقسم هذا الفصل إلى جزئين رئيسيين:

الجزء الاول : يعرض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المحلية المستخدمة في صناعة الطوب

الجزء الثاني : يعرض الاختبارات والتجارب المخبرية التي أُجريت لتوصيف مركبات

المواد، والتي تم اعتمادها في صناعة الطوب.

1- تحديد الخصائص الفيزيائية لحجر اللوس ورمل الكثبان ورمل البناء:

1-1- الخصائص الفيزيائية لحجر اللوس:

1-1-2 تجربة التحليل الحبيبي (NF P 18-560):

تهدف هذه التجربة إلى تحديد التدرج الحبيبي لركام حجر اللوس باستخدام غرابيل ذات فتحات مربعة.

نحتاج أل نجاز هذه التجربة :

- غرابيل بفتحات معدنية
- ميزان الكتروني حساس
- غربال كهربائي

الشكل 1-3 صورة لعينة من الركام المستخدم

الشكل 1-1 صورة لغربال ذو فتحات معدنية

الشكل 1-2 صورة لميزان الكتروني

- حجر اللوس المستخدم في دراستنا مصدرها من منطقة اكفادوا التابعة لبلدية "الدبيلة " في ولاية الوادي، وقد تم تكسيرها وغربلتها وتصنيفها بدقة إلى فئتين : L2 وL1.

بعد الانتهاء من الغربلة نقوم بوزن الكمية المرفوضة من الركام في كل غربال والنتائج المتحصل عليها مدونة في الجدول التالي:

- -نعتمد على الاختصارات التالية:

L1: الحصى الناتج من حجر اللوس المحلي3/8

L2: الحصى الناتج من حجر اللوس المحلي8/15

- **أولا فئة(15/8)L2: الوزن الكلي : 5000 غرام**

جدول 1- التحليل الحبيبي لفئة (15/8)L2

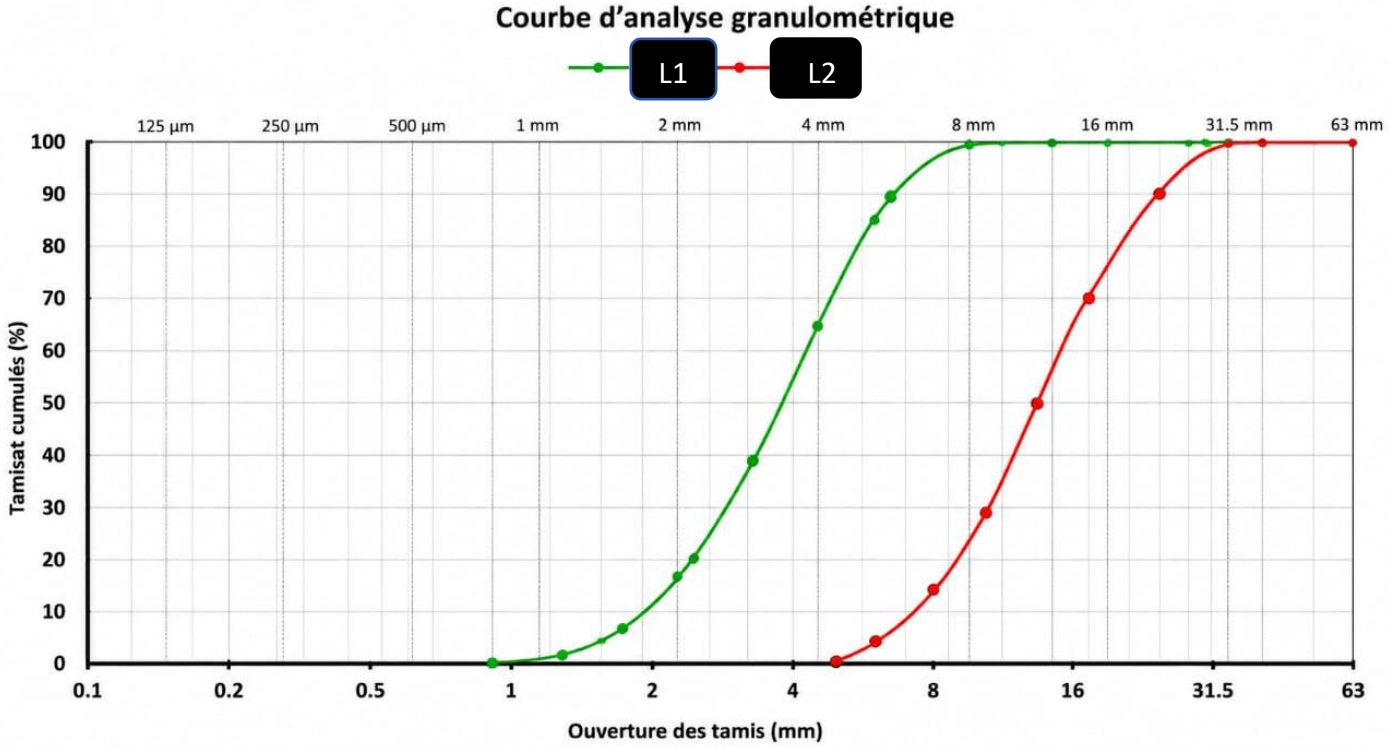
ابعاد الغرابيل مم	المرفوض الجزئي غ	المار المتراكم غ	المار %
20	0	5500	100
16	532	4468	89.36
12.5	1705	2763	55.26
10	1098	1665	33.30
8	732	933	18.66
6.3	449	484	9.68
القاع	484	0	0

- **ثانيا فئة(3/8)L1: الوزن الكلي 5500 غرام**

جدول 2- التحليل الحبيبي للفئة (8/3)L1

ابعاد الغرابيل مم	المرفوض الجزئي غ	المار المتراكم غ	المار%
16	0	5500	100

12.5	0	5500	100
10	244	5256	95.56
8	1208	4048	73.60
6.3	1415	2633	47.87
5	942	1691	30.75
4	694	997	18.13
2	614	383	6.96
القاع	383	0	0



الشكل 1-4 التدرج الحبيبي للفئتين(8/3) L1و (15/8) L2

2- الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة (EN 196-6) :

تهدف التجربة إلى قياس الكتلة الحجمية للركام , الا ان هذه الاخيرة هامة جدا في إيجاد الخلطة المناسبة وتحديد نسب المركبات على حسب الكتلة أوالحجم.

2-1- الكتلة الحجمية الظاهرية :

الشكل 1-5 صورة اختبار الكتلة الحجمية

الكتلة الحجمية مع أخذ الفراغات في الحساب .

- خطوات نقوم بقياس العمل :

1. تحديد حجم الوعاء V
2. نقوم بوزن الوعاء وهو فارغ Mr.
3. نملئ الوعاء بالركام
4. ننزع الركام الزائد بالمسطرة بحيث ال نترك فراغات على سطح الوعاء

ثم نقوم بوزن الوعاء + الركام

5. إعادة التجربةثلاثة مرات ونسجل النتائج

نقوم بحساب الكتلة الحجمية الظاهرية بالعلاقة :

$$\rho ap = \frac{M1 - MR}{VT}$$

الجدول التالي يوضح الكتلة الحجمية الظاهرية للفئات المختلفة من تكسير الركام :

جدول 3- الكتلة الحجمية المطلقة للفئات المختلفة

	Msec g	V2ml	V1ml	Pabs g/cm³
فئة L2	500	710	500	2.38

2.38	500	710	500	فئة L1

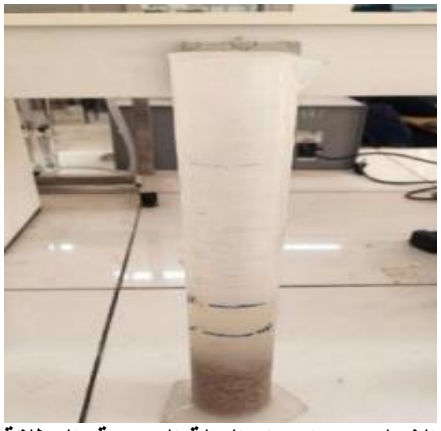
2-2- الكتلة الحجمية المطلقة:

- نقوم بقياس كتلة الحجمية مع عدم أخذ الفراغات في الحساب , نستعمل في التجربة بيشر زجاجي , لوحة زجاجية وميزان.

- خطوات العمل :

1) نقوم بوزن 500 غرام من الركام الجاف Msec
2) نملئ البيشر الزجاجي بالماء إلى غاية V1
3) نحرص على عدم ترك الفراغات بمساعدة اللوحة الزجاجية ثم نقوم بوزنهما
4) نفرغ ببطء كمية الرمل في الزجاجة مع عدم ترك الفراغات ثم نقوم بوزنها ونقرأ V2
5) نقوم بتكرار العملية ثالث مرات
6) نقوم بحساب الكتلة الحجمية الظاهرية بالعلاقة:

$$\rho = \frac{Msec}{V2-V1}$$



الشكل 1-6 اختبار الكتلة الحجمية المطلقة

الجدول التالي يوضح الكتلة الحجمية المطلقة للفئات المختلفة من تكسير الركام :

جدول 4- الكتلة الحجمية الظاهرية للفئات المختلفة

	العينة1	العينة2	العينة3	Pap
فئة15/8	1.090 g/cm³	1.123 g/cm³	1.078 g/cm³	1.097 g/cm³

1.045 g/cm³	1.165 g/cm³	1.054 g/cm³	1.067 g/cm³	فئة8/3

2-3- تجربة إمتصاص الماء لركام اللوس (NF P18-554):

تستخدم تجربة امتصاص الماء لقياس كمية الماء التي يمكن أن تمتصها عينة ركام اللوس الجافة عند غمره ا في الماء.

عبر عن هذه الكمية كنسبة مئوية من وزن الركام تهدف التجربة لقياس نسبة الماء التي تمتصها العينة الجافة عند غمرها في الماء , كمؤشر على مساميتها.

2-4- الادوات المستعملة :

فرن - ميزان إلكتروني - وعاء ماء- عينة من ركام اللوس

2-5- خطوات العمل :

1. نضع العينة في فرن عند 105° م حتى يثبت وزنها لمدة 24 ساعة ثم نتركها تبرد ونسجل الوزن الجاف Ms
2. نغمر العينة في الماء لمدة 48 ساعة
3. بعد إخراجها من الماء , نسمح سطحها بقطعة قماش حتى تجف ونسجل الوزن المشبع Ma
4. حساب نسبة الامتصاص يكون بالعلاقة التالية :

$$Ab = \frac{Ma - Ms}{Ms} - 100$$

Ms : كتلة العينة الجافة بعد مرورها بالفرن عند 105°

Ma: كتلة العينة المشبعة

الشكل 1-7 اختبار معامل الامتصاص

جدول نسبة الامتصاص للفئات المختلفة لحجر اللوس :

جدول 5- نسبة الامتصاص للفئات المختلفة لحجر اللوس

Ab moy (%)	Ab (%)	Ms (g)	Ma (g)		
15.38	15.46	90.12	104.06	العينة1	الفئة L2
	14.03	89.42	101.97	العينة2	
	16.67	90.20	105.24	العينة3	
9.91	9.16	45.05	49.18	العينة1	الفئة L1
	11.63	45.45	50.74	العينة2	
	08.95	45.25	49.30	العينة3	

3- الخصائص الفيزيائية لرمل الكثبان ورمل البناء:

3-1- مقدمة:

استُخدم نوعان من الرمال في هذه الدراسة: رمال البناء ورمال كثبان رملية.

جاءت رمال من محجر رمال دائرة جامعة ولاية المغير حيث يتراوح حجم حبيباتها من 0 إلى 5 مم.

أما رمال الكثبان الرملية المستخدمة، فقد جُلبت من ولاية الوادي حيث يتراوح حجم حبيباتها من 0.630 إلى 5مم.

الشكل 1-8 رمل البناء

الشكل 1-9 رمل الكثبان

2-3 الخصائص الفيزيائية:

3-2-1- الكتلة الحجمية الظاهرية و المطلقة :

3-2-2 الكتلة الحجمية المطلقة: (NF P18-554)

وهو كتلة حجم الوحدة الظاهري للجسم، أي حجم المادة المكونة للجسم والفراغات التي يحتويها.

γ: الكتلة الحجمية الضاهرية

M: كتلة المادة

V: الحجم الكلي للمادة

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

3-2-3- الكتلة الحجمية الضاهرية : (NF P18-301)

وهو كتلة وحدة الحجم للمادة المكونة للركام دون الأخذ في الاعتبار أي فراغات قد توجد بين الحبيبات.

γs: الكثافة المطلقة.

$$\gamma s = \frac{Ms}{Vs}$$

Ms: كتلة المادة.

Vs: الحجم الكلي للمادة الصلبة.

3-2-4- تجربة التحليل الحبيبي:(NF P 18 560)

تهدف هذه التجربة إلى تحديد التدرج الحبيبي للرمل باستخدام غرابيل ذات فتحات مربعة .

الشكل 1-10 غرابيل التحليل الحبيبي المستعملة

3-2-5- معامل النعومة :

يُعدّ معامل النعومة معيارًا أساسيًا لتقييم نعومة الركام المستخدم في الملاط. فهو يُحدد توزيع أحجام الجسيمات المختلفة داخل الركام، مما يؤثر بشكل مباشر على خصائص الخلطة النهائية.

لحساب معامل النعومة، اتبع الخطوات التالية:

1) قِس النسب المئوية التراكمية للمواد المتبقية على المناخل ذات معاملات النعومة 0.16 - 0.315 - 0.630 - 1.25 - 2.5 الى 5.

2) اجمع هذه النسب.

3) اقسم الناتج على 100 للحصول على معامل النعومة.

بعد حساب معامل النعومة، يمكنك تفسير النتيجة كما يلي:

- يشير معامل النعومة المرتفع إلى نسبة أكبر من الجزيئات الدقيقة في الركام.

- يشير معامل النعومة المنخفض إلى أن الركام يحتوي على نسبة أكبر من الجزيئات الخشنة.

تُعد هذه المعلومات قيّمة لتعديل تصميم خلطة الملاط بناءً على خصائص الركام المتاح، وذلك لتحسين قابلية تشغيل الخلطة وسكبها.

$$Mf = \frac{\sum(\%)\ \text{المرفوض المتراكم}\ \mathbf{0.16; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5; 5}}{\mathbf{100}}$$

3-2-6- المكافئ الرملي : (NF P18 598)

يُستخدم هذا الاختبار،، لتقييم نظافة المواد المستخدمة في تركيب الملاط. تُغسل العينة وفقًا لعملية موحدة وتُترك. بعد 20 دقيقة، تُؤخذ القياسات التالية :

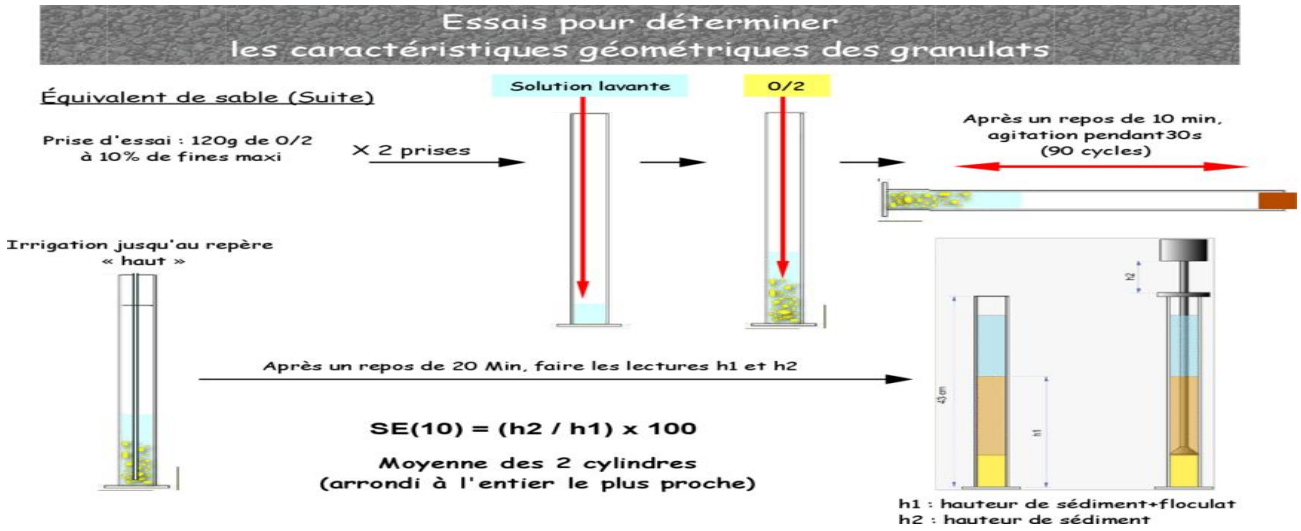
الارتفاع h1: مواد نظيفة + جزيئات دقيقة. الارتفاع h2: مواد نظيفة فقط.

ومن هذا، يُحسب مكافئ المواد، والذي يكون، وفقًا للعرف، كالتالي:

$$Es = \frac{(h1)100}{(h2)}$$

بناءً على ما إذا كان الارتفاع h2 يتم قياسه بصريًا أو باستخدام مكبس، فإننا نحدد:

المكافئ الرملي البصري ESV والمكافئ الرملي بالمكبس (ESP).



الشكل 1-11 مخطط قياس المكافئ الرملي

وفقًا للمعيار (NF P18 598)، ترد التوصيات المتعلقة بنظافة الرمال المستخدمة في الملاط في الجدول التالي :

جدول 6- توصيات بشان نظافة الرمال المستخدمة فالملاط

الرقم	مكافئ الرمل (٪)	ملاحظات
1	ESV < 65 ESP < 60	رمل طيني؛ خطر انكماش أو تورم الخرسانة.
2	65 < ESV < 75 60 < ESP < 70	رمل طيني قليلاً؛ ذو نظافة مقبولة.
3	75 < ESV < 85 70 < ESP < 80	رمل نظيف، مناسب للخرسانة عالية الجودة.
4	ESV > 85 ESP > 80	رمل نظيف جداً؛ لا يوجد لزوجة للخرسانة.

ملخص النتائج:

جدول 7- النتائج المتعلقة بالاختبارات الفيزيائية التي اجريت على العينات

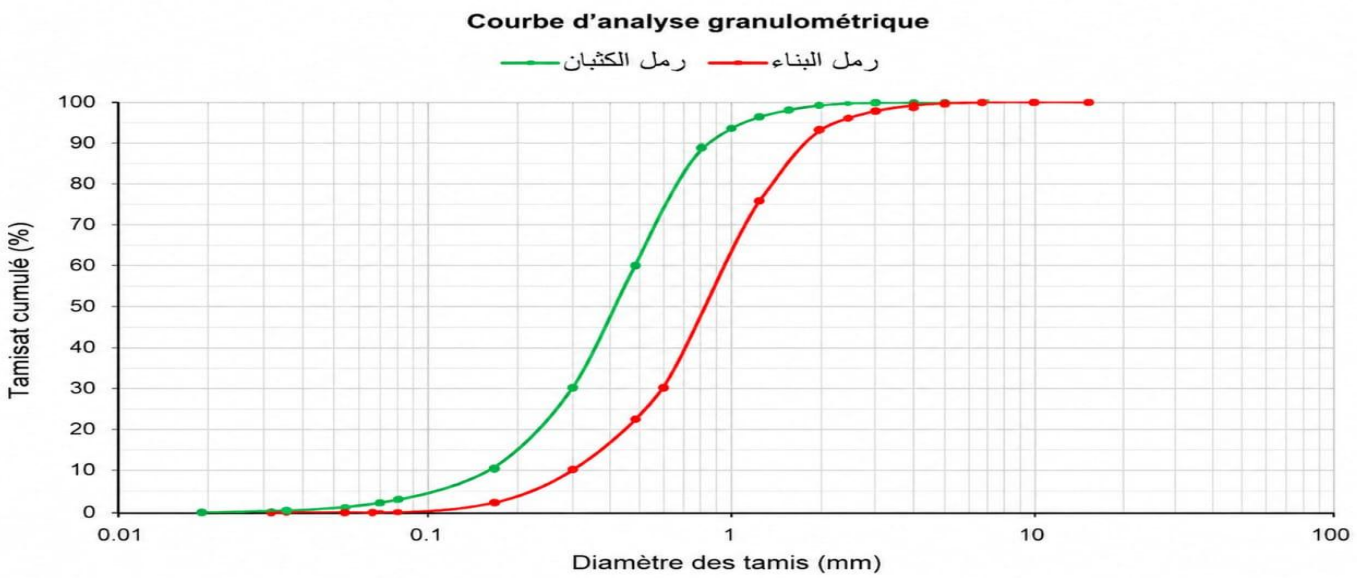
خصائص	الكثافة الظاهرية (غرام/سم^3)	الكثافة المطلقة (غرام/سم^3)	MF	ESV (%)
رمل البناء	1.83	2.68	1.98	70.50
رمل الكثبان	1.77	2.67	1.01	88.23

جدول 8- نتائج التحليل الحبيبي لرمل الكثبان

المار (٪)	المار المتراكم (غرام)	الوزن المرفوض (غرام)	الغرابيل (مم)
100	2000	0	5
100	2000	0	4
100	2000	0	2.5
100	2000	0	1.25
100	2000	0	0.63
94.15	1883	117	0.315
19.8	396	1487	0.16
2.65	53	343	0.08

جدول 9- نتائج التحليل الحبيبي لرمل البناء

المار%	المار المتراكم	الوزن المرفوض	الغرابيل
100	2000	0	5
99.45	1989	11	4
98.8	1976	13	2.5
95.65	1913	63	1.25
85.05	1701	212	0.63
28	560	1141	0.315
4.85	97	463	0.16
0	0	97	0.08



1الشكل 1-12 منحنى توضيحي للتدرج الحبيبي لرمل البناء والكثبان

1-4 إعداد وصنع العينات :

أ: عينات 16×4×4 سم من الملاط الناظمي :

2-4- الادوات اللازمة :

- ميزان الكتروني حساس
- قوالب صب للعينات 16×4×4 سم
- أدوات الخلط : بما فيها دلوالماء والمجرفة اليدوية ووعاء خلط بلاستيكي وأيضا قفازات بلاستيكية وميزان ماء .

3-4- تحضير وصب العينات :

نقوم بوزن رمل البناء مع نسب من رمل الكثبان وخلطها مع الاسمنت ونسبة من الماء للحصول على خليط متجانس , ثم نقوم بصب الخليط في القوالب وتسطيحها وتغطيتها بغلاف بلاستيكي لمنع جفافها بسرعة وسط حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة ومن ثم نغمرها في وعاء بلاستيكي مملوء بالماء لمدة 28 يوم .

ب:عينات 10×10×10 سم من الخرسانة العادية :

-الادوات اللازمة:

- ميزان الكتروني حساس
- قوالب صب : للعينات 10×10×10 سم
- أدوات الخلط : بما فيها دلو الماء والمجرفة اليدوية ووعاء خلط بلاستيكي وأيضا قفازات بلاستيكية وميزان ماء .

تحضير وصب العينات :

نقوم بوزن عينات من L1(8/3) و (L2(8/15ورمل البناء مع خلطها بالاسمنت ونسبة من الماء للحصول على خليط متجانس , ثم نقول بصبها في القوالب وتسطيحها وتغطيتها بغلاف بلاستيكي لمنع جفافها بسرعة وسط حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة ومن ثم نغمرها في وعاء بلاستيكي مملوء بالماء لمدة 28 يوم .

ت:16×10×4 سم :

الادوات اللازمة:

- ميزان الكتروني حساس
- قوالب صب : للعينات 10×10×10 سم
- أدوات الخلط : بما فيها دلو الماء والمجرفة اليدوية ووعاء خلط بلاستيكي وأيضا قفازات بلاستيكية وميزان ماء .

تحضير وصب العينات :

التركيبة الاولى :

نقوم بوزن كمية من حجر اللوس من فئة 3/8 مع رمل البناء باضافة نسبة 40% من رمل الكثبان المتحصل عليها من نتائج تجربة مقاومة الضغط حيث :

النتائج التي تشير إلى أفضل نسبة لاستبدال رمل البناء برمل الكثبان هي 10%، حيث حققت أعلى مقاومة ضغط (23.36 MPa). كما أن النسب 10% و20% و30%و40% أعطتا أداءً ميكانيكيًا جيدًا، في حين أن نسبة الاستبدال المرتفعة (50%) أدت إلى تراجع ملحوظ في مقاومة الضغط. وبالتالي يمكن اعتبار نسب الاستبدال تتراوح بين 10% و40% هي النسبة المثلى من حيث مقاومة الضغط.

التركيبة الثانية :

نقوم بوزن كمية من حجر اللوس من فئة 8/15 مع رمل البناء باضافة نسبة 40% من رمل الكثبان مع الاسمنت والماء .

التركيبة الثالثة :

نقوم بوزن كمية 50% من حجر اللوس من فئة 8/15 و 50% من فئة 3/8 مع رمل البناء باضافة نسبة 40% من رمل الكثبان مع الاسمنت والماء .

جدول 10- النسب التفصيلية للتراكيب المختلفة للعينات

العينات / القوالب	L2-8/15	L1-3/8	5008/3غ 15/8 500غ
10×10×10	الاسمنت:350غ رمل البناء:800غ الركام:1000غ الماء:175غ	الاسمنت: 350 غ رمل البناء:800غ الركام:1000غ الماء:175غ	الاسمنت:350غ رمل البناء:800غ الركام:1000غ الماء:175غ
4×4×16	الاسمنت:350غ رمل البناء:800غ رمل الكثبان: 10%/20%/30%/40% 50%/0% من رمل البناء	الاسمنت:350غ رمل البناء800غ رمل الكثبان: 10%/20%/30%/40% 50%/0% من رمل البناء	

	الماء:175غ	الماء:175غ	
طوب 16×10×4	الاسمنت:230غ الركام:660غ رمل البناء:260غ رمل الكثبان:104غ الماء:115غ	الاسمنت:230غ الركام:660غ رمل البناء:260غ رمل الكثبان:104غ الماء:115غ	الاسمنت:230غ الركام:660غ رمل البناء:260غ رمل الكثبان:104غ الماء:115غ

الشكل 1-12 عينة حجر اللوس المستخدمة

الشكل 1-13 عينة رمل الكثبان المستحدم

4-4-طريقة الخلط:

يتم خلط المواد المستخدمة الجافة (حجر اللوس ورمل الكثبان) بشكل جيد للحصول على تجانس أولي، ثم أضيفت كمية الماء المحددة تدريجيا مع الخلط اليدوي المستمر إلى حين الحصول على خليط متجانس.

الشكل 1-14 خلط المواد المستخدمة

4-5- تحضير وصب العينات:

حتى تكون القوالب جاهزة للاستخدام يجب تنظيفها جيدا ودهنها بالزيت والتاكد من انها محكمة الاغلاق ثم يتم صب الخليط في قوالب معدنية بأبعاد مختلفة حسب نوع العينة , حيث تم استخدام قوالب مكعبة بأبعاد 10× 10× 10 سم وقوالب ذات ابعاد 16×4×4 سم و 16×10×4.

الشكل 1-15 انواع القوالب المستخدمة

4-6- تسطيح العينات : تتم عملية التسطيح على الجزء العلوي للعينات بواسطة مجرفة يدوية للحصول على

أسطح ناعمة .

الشكل 1-16 تسطيح العينات في القوالب

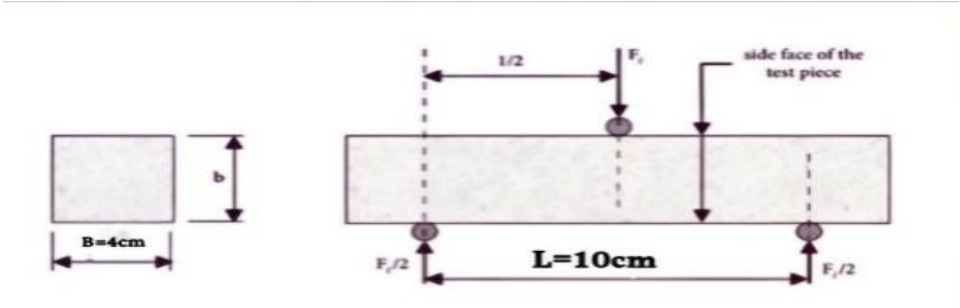
4-7- ازالة العينات من القوالب :

لنزع العيينات من القوالب نتركها مدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة.

الشكل 1-17 العينات بعد ازالة القوالب

1-5- تجربة مقاومة الانحناء : (NF P18-406)

تتمحور التجربة بوضع العينات الموشورية في الجهاز الخاص بالتجربة في ثالث نقاط إرتكازية , حيث توضع في مساند وتطبق عليها الحمولات حتى تنكسر لمعرفة قوى تحمل العنصر لقوى الانحناء مع تسجيل القيمة العظمى لذلك.



الشكل 1-18 مبدأ عمل جهاز تجربة مقاومة الانحناء

الصيغة التي تسمح لنا بحساب مقاومة الإنحناء كالتالي

$$\sigma f28 = \frac{2}{3} \times \frac{Fl}{b^3} \left(\frac{N}{mm^2} . MPa \right)$$

σf28=إجهاد الانحناء بالـ Mpa

F: القوة المطبقة على العينة بالـ Mpa

L:المسافة بين الدعامات بـ mm

b:عرض العينة بـmm

الشكل 1-19 تجربة الشد بالانحناء لعينات الملاط

2-5- تجربة الضغط (NF P18- 406):

تقوم التجربة بعد اختبار الإنحناء بوضع العينة في جهاز الضغط مع تطبيق قوى التكسير (الضغط) , لمعرفة مقاومة الضغط البسيط للعينات المكعبة , مع القراءة من الجهاز لحظة الانكسار.

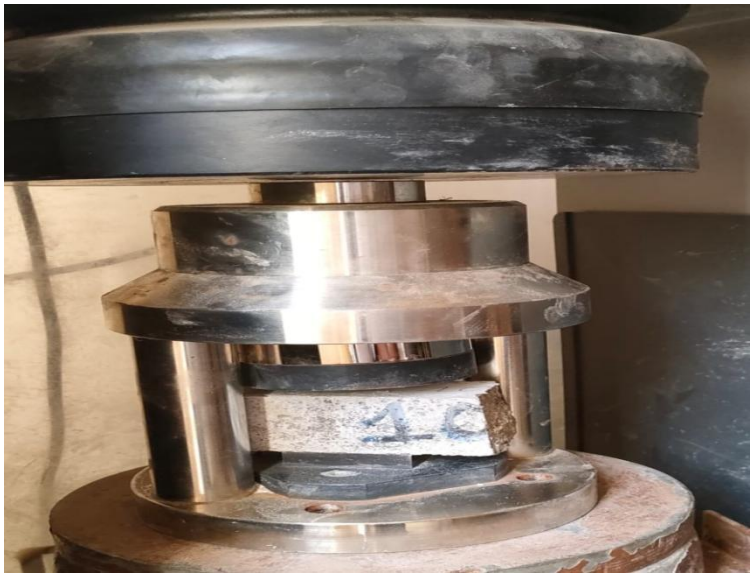
الصيغة التي تسمح لنا بحساب مقاومة الضغط كالتالي :

$$\mathbf{Rc} = \frac{\boldsymbol{Fc}}{\boldsymbol{S}}$$

S : مساحة العينة المطبقة عليها القوة ب mm

Fc : قوة الضغط المطبقة ب N

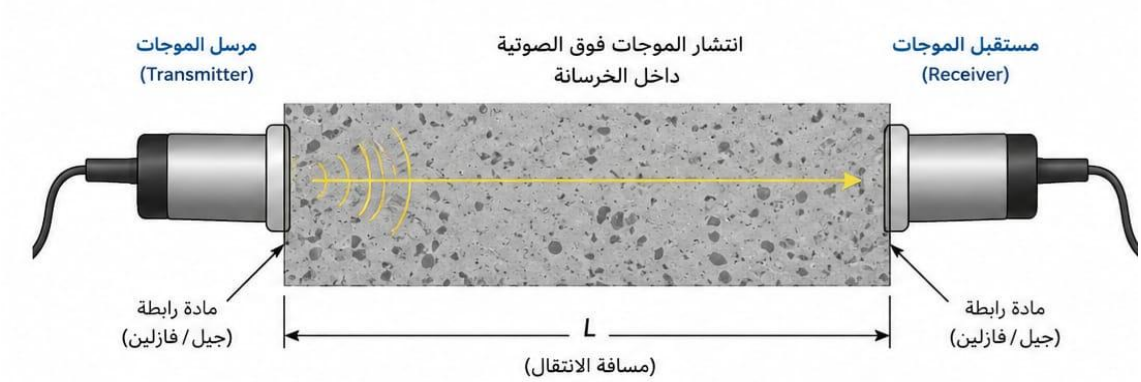
Rc مقاومة الانضغاط ب : Mpa



الشكل 1-20 تجربة الضغط لعينات الملاط

3-5 - تجربة الموجات فوق الصوتية (EN 1204-4,2004)EN 12504-4:

هي تقنية غير تحطيمية تستخدم لتقييم جودة الخرسانة أو المواد الصلبة الاخرى من خلال قياس سرعة انتشار الموجات الصوتية عالية التردد داخل المادة , يتم إرسال نبضة صوتية من أحد طرفي العينة باستخدام مسبار إرسال ، وتقاس سرعة النبضة من خلال الزمن الذي تستغرقه للعبور, ويستخدم هذا الزمن لتحديد مدى تجانس المادة وكثافتها واحتمالية وجود شقوق او فراغات داخلية .



الشكل 2-21 مبدأعمل تجربة الموجات الصوتية

بعد القراءة المباشرة للزمن وسرعة الموجات فوق الصوتية من على الشاشة , يتم حساب سرعة الموجات فوق الصوتية بتطبيق العالقة التالي

$$\mathbf{V} = \frac{\boldsymbol{L}}{\boldsymbol{T}}(\boldsymbol{ms})$$

: حيث

L: طول العينة

T : زمن الانتقال (بالثانية)

V: سرعة الموجات فوق الصوتية

الشكل 1-22 تجربة الموجات فوق الصوتية

توجد علاقة عامة بين جودة التراكيب الاسمنتية وسرعة إنتشارالموجات كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول 11- سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية للتركيبات الاسمنتية

الجودة	سرعة الانتشار(m/s)
ممتازة	اعلى من 4200
جيدة	4500-3700
مشكوك فيها	3700-3200
ضعيفة	3200-2500
ضعيفة جدا	اقل من 2500

5-4-الدراسة الحرارية للأحجار : (NF EN 15265)

5-4-1- الوصف التخطيطي للإعداد التجريبي لآلية التوصيل الحراري :

يُظهر المخطط التوضيحي الترتيب المخبري المستخدم لتقييم المقاومة الحرارية للأحجار، حيث تعتمد التجربة على دراسة انتقال الطاقة الحرارية في اتجاه واحد من الأسفل إلى الأعلى (تدفق حراري أحادي الاتجاه). يتم وضع العينات الحجرية بشكل حر ومباشر فوق طاولة العمل المعدنية التي يتم تسخينها بواسطة لوحة ساخنة كهربائية متواجدة أسفلها، مما يسمح بنفاذ الحرارة بالتوصيل المباشر إلى الجانب السفلي من الأحجار كما مبين في الشكل .

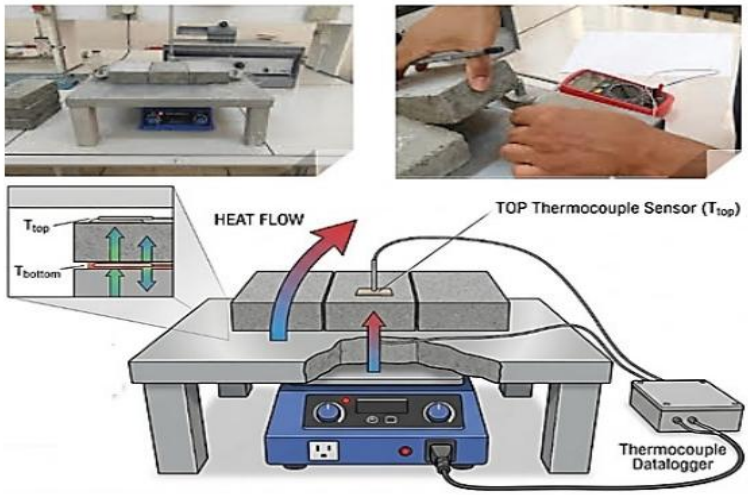
ولمراقبة هذا التدفق بدقة ، تم تزويد النظام بنوعين من اللواقط الحرارية (المزدوجات الحرارية):

اللاقط السفل : يتموضع في المنطقة البينية الفاصلة بين السطح الساخن والجانب السفلي للحجر لقياس درجة الحرارة الداخلية المكتسبة مباشرة.

اللاقط العلوي : يثبت على السطح الخارجي الحر للحجر لرصد درجة الحرارة النافذة والمعرضة للتبادل الحراري مع المحيط.

تتصل هذه اللواقط بجهاز مسجل البيانات الحرارية الذي يقوم برصد وتوثيق الفروقات الحرارية بين السطحين

بمرور الوقت، وهو ما يتيح تحديد كفاءة كل حجر في مقاومة أو تمرير الحرارة بناءً على الفارق القياسي بين القراءتين العليا والسفلى.



الشكل 1-23 تجربة الناقلية الحرارية

6- تجربة الغمر الكلي : (NF A06-391)

تجربة الغمر الكلي للعينات هي العينات اختبار مخبري يستخدم لتحديد خصائص المواد عند تعرضها للماء بشكل مستمر . يتم غمر تماما في الماء لفترة زمنية محددة بهدف دراسة تاثير امتصاص الماء على الخواص الفيزيائية والميكانيكية .

6-1- خطوات العمل:

1- تجهيز العينات الموشورية

2- تجفيف العينات داخل الفرن بدرجة حرارة 105 درجة مئوية حتى يثبت وزنها ونسجل الوزن(Ps)

3- غمر العينات بالماء بالكامل لمدة 72 ساعة حتى تتشبع تماما ,ثم نخرجها وتجفف سطحيا من الخارج, ثم نزنها مجددا

.(Ph)

4- حساب نسبة امتصاص الماء بالمعادلة التالية:

$$A\% = \left(\frac{Ph - Ps}{Ps}\right) \times 100$$

حيث:

ph: الوزن بعد التشبع (الوزن الرطب)

Ps : الوزن بعد التجفيف (الوزن الجاف)

A%: نسبة امتصاص الماء

الشكل 1-26-عينة مغمورة في الماء

2-6 - تجربة الامتصاص الشعيري للماء : (NF EN 480-5)

1- تجفف العينات في فرن لمدة 72 ساعة في درجة حرارة 105 درجة مئوية لضمان إزالة الرطوبة بشكل كامل ثم تترك لتبرد وتوزن.

2- تغطى الاسطح الجانبية للعينة بإستثناء القاعدة بمادة بلاستيكية عازلة، لمنع تسرب الماء من الجوانب والسماح بامتصاص الماء فقط عبر القاعدة السفلية.

3- توزن العينات بعد التجفيف والتغليف البلاستيكي لتحديد الكتلة الجافة الابتدائية **M0**.

4- توضع العينات في وعاء بحيث تستند على سطحها الأصغر، وتفصل عن قاع الوعاء بمسافة لا تقل عن 1 سم باستخدام دعامات.

5- يملأ الوعاء بالماء حتى يصل إلى مستوى يغمر فيه الجزء السفلي من العينات بعمق حوالي 5 سم , يجب الحفاظ على هذا المستوى ثابتا طوال مدة التجربة.

6- تسحب العيينات في أوقات محددة خلال فترة الامتصاص وتوزن لتحديد الكتلة الرطبة **M(t)**

7- ثم تعاد الى الماء ويستمر الاختبار لمدة 72 ساعة، مع مراقبة الكتلة في فترات منتظمة.

يتم حساب كمية الماء الممتصة لكل وحدة سطح بإستخدام المعادلة التالية:

$$i(t) = \frac{(M(t) - M0)}{\rho w \cdot A}$$

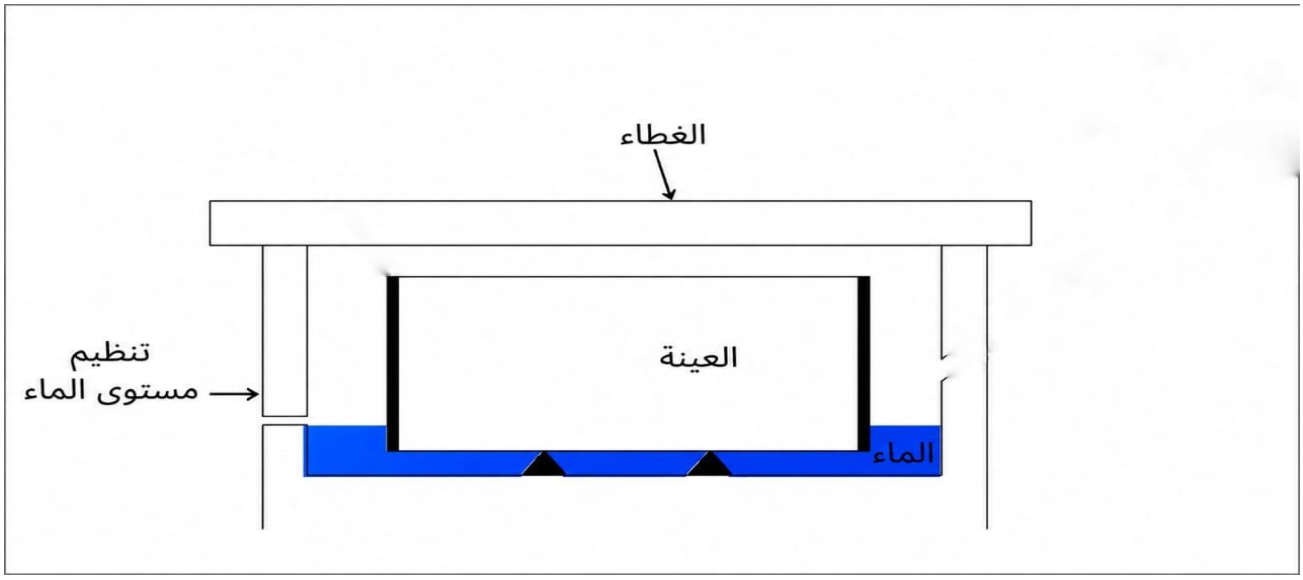
حيث:

i(t): معدل الامتصاص الشعيري

M(0): الكتلة الجافة للعينة **(g)**

A : مساحة القاعدة السفلى للعينة **mm**

ρω : الكثافة النوعية للماء **(1g/cm)**



الشكل 1-27- تجربة الامتصاص الشعري للماء

-الخاتمة:

من خلال هذا الفصل، تم تقديم نظرة عامة حول الجانب التجريبي للدراسة، مع التركيز على كيفية التعامل مع المواد المحلية وتحضر الخلطات المعتمدة عليها. هذا الجزء خطوة أساسية في تقييم أداء هذه المواد والتحقق من مدى ملاءمتها في صناعة طوب بناء محلي تمهد هذه المرحلة للانتقال الى الفصل الموالي الذي سيتم فيه عرض النتائج المتحصل عليها وتحليلها بشكل مفصل.

الفصل الثالث :

النتائج والتفسيرات

المقدمة :

في هذا الفصل نعرض النتائج المختلفة التي تم الحصول عليها خلال كل الاختبارات المذكورة سابقا ونحدد أفضل النتائج لتركيبة المواد المحلية لمنطقة الوادي لانشاء الطوب.

1 ـ اختبار الشد بالإنحناء :

في هذا الجزء نقدم نتائج تجربة الانحناء بالشد التي أُجريت على العينات المدروسة، وذلك بهدف تقييم سلوك المواد المحلية عند خضوعها لإجهادات مركبة. تكتسي هذه التجربة أهمية خاصة في فهم استجابة المواد تحت ظروف تحميل مشابهة لتلك التي قد تتعرض لها في الواقع. تسمح النتائج المستخلصة بتحديد الفروقات في الأداء الميكانيكي بين التركيبات المختلفة، مما يساعد في توجيه الاختيار الأمثل للمواد في التطبيقات الهندسية.

1-1 نتائج مقاومة بالإنحناء لمختلف عينات 16×4×4 سم من الملاط الناظمي :

جدول 2- نتائج مقاومة الانحناء لمختلف عينات 16×4×4 سم من الملاط الناظمي

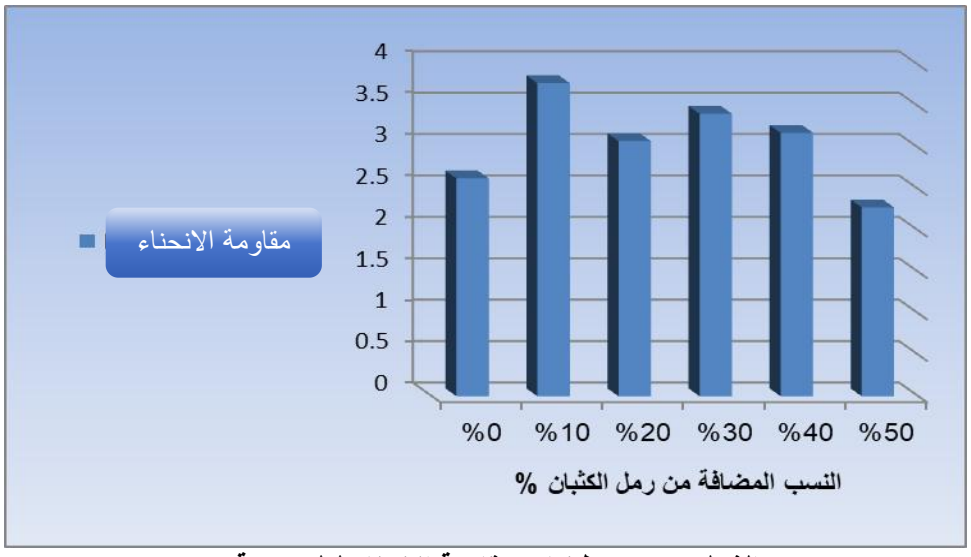
النسب المضافة من رمل الكثبان	العينات	مقاومة الانحناء بMpa	متوسط النتائج
0%	1	2.56	2.63
	2	3.09	
	3	2.26	
10%	1	4.06	3.78
	2	4.52	
	3	2.78	
20%	1	3.01	3.08
	2	2.78	
	3	3.46	
30%	1	3.84	3.41
	2	2.94	
	3	3.46	
40%	1	2.86	3.18
	2	3.16	
	3	3.54	
	1	2.11	

50%	2	2.48	2.28
	3	2.26	

1-1 متوسط مقاومة الانحناء :

جدول 2-1 متوسط النتائج لتجربة مقاومة الانحناء لكل تركيبة

النسب المضافة من رمل الكثبان ب %	متوسط النتائج ب Mpa
0	2.63
10	3.78
20	3.08
30	3.41
40	3.18
50	2.28



الشكل 2- متوسط نتائج مقاومة الانحناء لكل تركيبة

- تفسير النتائج:

-عند إضافة 10% من رمل الكثبان ارتفعت المقاومة من MPa 2.63 إلى MPa 3.78 ، وهي أعلى قيمة مسجلة ، مما يدل على أن هذه النسبة حسنت من تركيبة الخليط .

-عند نسبة 20% انخفضت المقاومة إلى MPa 3.08 لكنها بقيت أعلى من مقاومة عينة (0%).

-عند 30% ارتفعت المقاومة إلى MPa 3.41، مما يؤكد أن إضافة رمل الكثبان بنسب قليلة لا يمكن ان ياثر على مقاومة الخليط.

-عند 40% بدأ منحنى المقاومة في الانخفاض ليصل إلى MPa 3.18.

-عند 50% سُجلت أدنى مقاومة (MPa 2.28) وهي أقل من عينة (0%) ، مما يدل على أن الزيادة الكبيرة في رمل الكثبان تؤثر سلباً على الخصائص الميكانيكية للخليط.

وهذا يؤكد ان الزيادة في رمال الكثبان الرملية اكثر من 40% قد يؤثر سلبا على تركيبة الخليط.

بالاعتماد والمقارنة مع دراسة سابقة (دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله و لشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضربالوادي -كلية التكنولوجيا- (شعبـــــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــــص: مواد الهندسة المدنية) اتضح لنا ان مقاومة الانحناء المحققة عند إضافة 10% من رمل الكثبان تفوق تلك المسجلة للعينة L2 (المعتمدة على الجبس المحلي وحجر اللوس) بحوالي 7 مرات (3.78 ÷ 0.535 ≈ 7.1). ويشير ذلك إلى أن الخلائط المحتوية على رمل الكثبان تمتلك قدرة أكبر على تحمل إجهادات الانحناء مقارنة بالخلائط المعتمدة على الجبس وحجر اللوس.

2 ـ إختبار مقاومة الضغط :

تهدف تجربة مقاومة الضغط إلى تقييم الخصائص الميكانيكية للطوب المصنع من المواد المحلية ، من خلال قياس قدرته على تحمل الأحمال العمودية دون حدوث فشل أو تشوهات كبيرة. وتسمح هذه التجربة بدراسة تأثير نسب المزج المختلفة بين رمل الكثبان الرملية وحجر اللوس على مقاومة الطوب وصلابته واستقراره البنيوي. كما تُعد مقاومة الضغط من أهم المؤشرات المعتمدة لتقييم جودة الخلطات ومدى ملاءمتها للاستخدام في تطبيقات البناء ، مما يساهم في اختيار التركيبة المثلى التي تحقق أفضل أداء ميكانيكي.

وقد تم إنجاز اختبارات الضغط لعدة تركيبات مختلفة,(4×4×16سم). من الملاط الناظمي المحتوي على نسب من رمل الكثبان و 10×10×10سم من الخرسانة العادية المتكونة من ركام الحجر المحلي .

- عينات 16×4×4 سم من الملاط الناظمي:

الجدول التالي يبين نتائج مقاومة الانضغاط وفقا لتركيبة العينات:

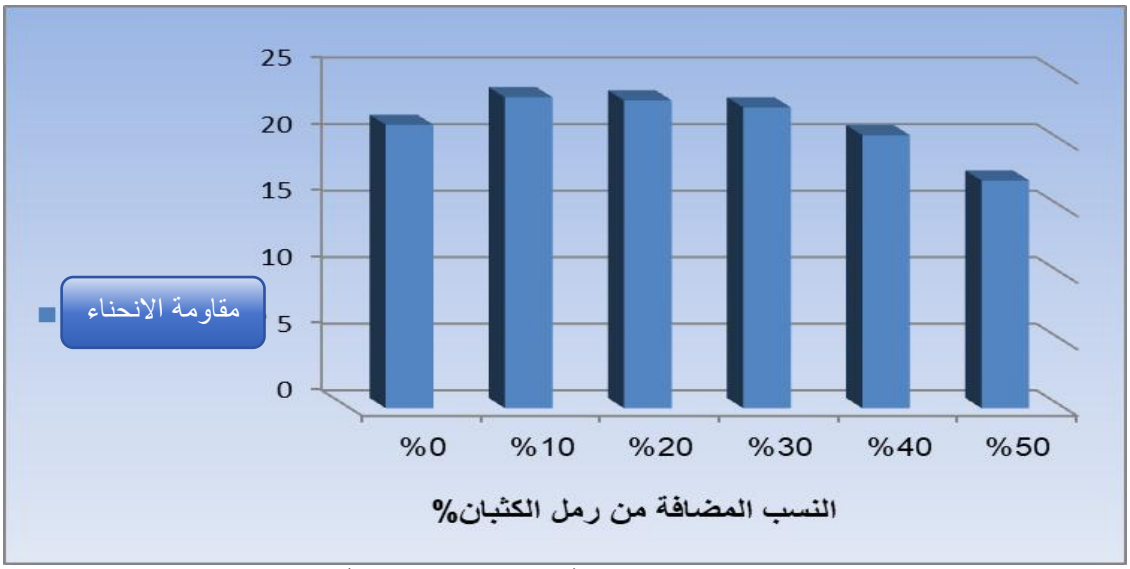
جدول3- نتائج مقاومة الضغط لمختلف عينات 16×4×4 سم من الملاط الناظمي

النسب المضافة من رمل الكثبان%	العينات	مقاومة الضغط بMpa	متوسط النتائج Mpa
	1	22.18	
0%	2	20.71	21.3
	3	21.01	
	1	23.58	
10%	2	23.64	23.36
	3	22.86	
	1	24.95	
20%	2	20.27	23.13
	3	24.19	
	1	21.56	
30%	2	23.46	22.6
	3	22.8	
	1	21.86	
40%	2	19.95	20.51
	3	19.73	
	1	15.9	
50%	2	17	17.11
	3	18.45	

1-2 متوسط مقاومة الضغط :

جدول 3-1 متوسط النتائج لتجربة مقاومة الضغط لكل تركيبة

النسب المضافة من رمل الكثبان %	متوسط النتائج Mpa
0%	21.3
10%	23.36
20%	23.13
30%	22.6
40%	20.51
50%	17.11



الشكل 3- متوسط نتائج مقاومة الضغط لكل تركيبة

- تفسير النتائج :

-العينة (0%) بدون إضافة رمل الكثبان سجلت مقاومة ضغط قدرها 21.30 MPa.

-عند إضافة 10% من رمل الكثبان ارتفعت المقاومة إلى 23.36 MPa ، وهي أعلى قيمة مسجلة ، مما يدل على أن هذه النسبة حسّنت تماسك الخرسانة وكثافتها.

-عند 20% بقيت المقاومة مرتفعة (23.13 MPa) مع انخفاض طفيف مقارنة بـ 10%.

-عند 30% بدأت المقاومة بالانخفاض تدريجياً إلى 22.60 MPa ، لكنها ما زالت أعلى من عينة (0%) بدون إضافة رمل الكثبان.

-عند 40% انخفضت المقاومة إلى 20.51 MPa ، أي أقل من الخرسانة (0%) بدون إضافة رمل الكثبان .

-عند 50% سجلت المقاومة أدنى قيمة (17.11 MPa) بسبب الزيادة الكبيرة في رمل الكثبان التي أثرت سلباً على البنية الداخلية للخرسانة.

بالاعتماد والمقارنة مع دراسة سابقة (دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله و لشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي -كلية التكنولوجيا-شعبـــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــص: مواد الهندسة المدنية) اتضح لنا ان الخرسانة المحتوية على 10% من رمل الكثبان أظهرت أداءً ميكانيكياً أفضل بكثير من عينات الجبس المحلي، إذ تجاوزت مقاومتها للضغط مقاومة الجبس بحوالي 19 مرة (23.36÷ 1.24 ≈19.03)

-عينات 10×10×10 سم من الخرسانة العادية :

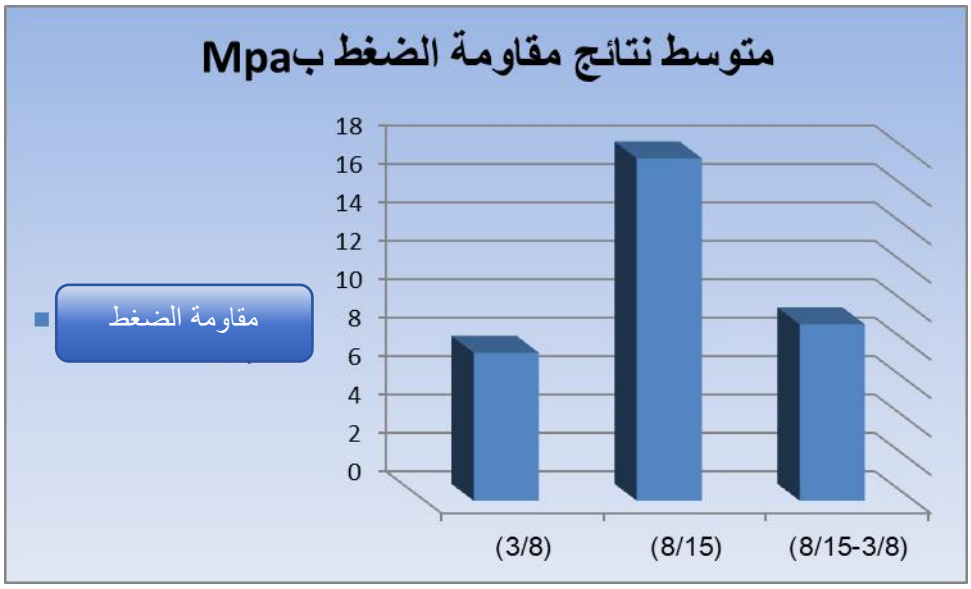
الجدول التالي يبين نتائج مقاومة الانضغاط وفقا لتركيبة العينات:

جدول 3-2 نتائج مقاومة الضغط لعينات 10×10×10

العينات	متوسط نتائج مقاومة الضغط بMpa
3/8	7.71
8/15	17.83
8/15-3/8	9.19

3-3 متوسط نتائج مقاومة الضغط للعينات 10×10×10 سم

العينات	مقاومة الضغط بMpa
3/8	5.92
	7.95
	9.26
8/15	18.11
	18.28
	17.11
8/15-3/8	8.57
	9.81



الشكل 4- متوسط نتائج مقاومة الضغط للعينات 10×10×10 سم

-تفسير النتائج :

-العينة 8/15 سجلت أعلى مقاومة ضغط (MPa 17.83) , مما يدل على أن هذا التدرج الحبيبي وفر خليطا أكثر تماسكا وكثافة، وبالتالي قدرة أكبر على تحمل الأحمال.

-العينة 3/8 أعطت أقل مقاومة ضغط (MPa 7.71), ويرجع ذلك غالبًا إلى وجود فراغات أكبر بين الحبيبات مقارنة بالعينة 8/15.

-العينة المختلطة (3/8-8/15) حققت مقاومة ضغط متوسطة (MPa 9.19) أعلى من عينة 3/8 ولكن أقل بكثير من عينة 8/15، مما يشير إلى أن خلط المقاسين لم يحسن التماسك بالشكل الكافي للوصول إلى أداء العينة 8/15.

3- تجربة الموجات فوق الصوتية :

يُستخدم اختبار الموجات فوق الصوتية لتقييم الجودة الداخلية للعينات المصنعة من المواد المحلية من خلال قياس سرعة انتشار الموجات داخلها. ويُعد هذا الاختبار وسيلة فعالة للكشف عن العيوب البنيوية المحتملة، مثل الفراغات والتشققات والمناطق المتدهورة، كما يساهم في تقدير التماسك الداخلي للمادة. وقد أُجري هذا الاختبار على مختلف التركيبات المدروسة بهدف تحليل تأثير نسب الخلط على خصائصها الداخلية.

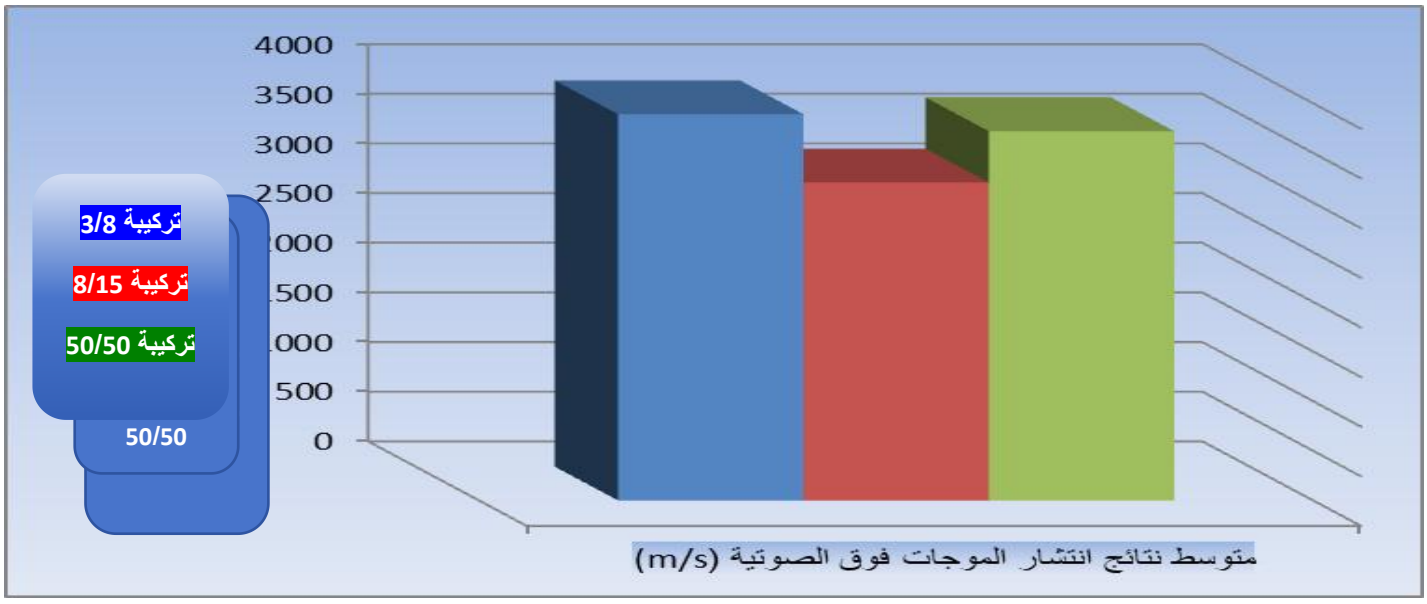
ويبين الجدول التالي قيم سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية المسجلة لعينة (10×10×10 من الخرسانة العادية) :

جدول 3-2 نتائج سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية لعينة (10×10×10 سم من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية (m/s)	3890	3170	3740
	3840	3240	3700
	3940	3200	

جدول 3-3 متوسط نتائج انتشار الموجات فوق الصوتية لعينة (10×10×10 سم من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
متوسط نتائج انتشار الموجات فوق الصوتية (m/s)	3890	3203	3720



الشكل 4- متوسط نتائج انتشار الموجات فوق الصوتية

-تفسير النتائج :

سجلت العينات المحتوية على ركام (3/8) أعلى قيمة لمتوسط انتشار الموجات فوق الصوتية بلغت (3890(m/s، مما يدل على تجانس أفضل للخرسانة مع انخفاض نسبة الفراغات والشقوق الداخلية.

حققت العينات المحتوية على ركام (3/8 – 8/15) قيمة متوسطة بلغت (3720(m/s، وهي قريبة من قيمة العينات المحتوية على ركام (3/8)، مما يشير إلى أن الخلطة ما تزال متجانسة بدرجة جيدة من التماسك والجودة الداخلية.

أما العينات المحتوية على ركام (8/15) فقد سجلت أدنى قيمة بلغت (3203(m/s، وهو ما يعكس انخفاض سرعة انتقال الموجات فوق الصوتية نتيجة زيادة الفراغات أو ضعف التجانس الداخلي مقارنة بالعينات الأخرى.

بالاعتماد والمقارنة مع دراسة سابقة (دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله و لشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي -كلية التكنولوجيا- (شعبـــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــص: مواد الهندسة المدنية) اتضح لنا أن سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية في الخرسانة المحتوية على حجر اللوس ورمل الكثبان تزيد بمقدار 2208.67 م/ث عن تلك المسجلة في الخرسانة المحتوية على الجبس وحجر اللوس ، أي ما يعادل حوالي 2.3 مرة. ويعكس ذلك تجانسًا وكثافةً داخليين أكبر للخرسانة وانخفاضًا في نسبة الفراغات والتشققات مقارنة بالمواد المحلية.

4 ـ إختبار الإمتصاص الكلي للماء عن طريق الغمر :

تهدف هذه التجربة إلى قياس قابلية الطوب المصنع من حجر اللوس ورمل الكثبان لامتصاص الماء بعد غمره الكلي في الماء لمدة 24 ساعة تعد هذه الخاصية من أهم المؤشرات التي تبين مدى مقاومة الطوب للرطوبة، وهي تؤثر بشكل مباشر على متانته وطول عمره، خاصة في البيئات الرطبة والمعرضة لمياه الأمطار.

حيث :

$$A(\%) = \frac{Ws - Wd}{Wd} 100\times$$

Ws : وزن العينة المشبعة بالماء (غ)

Wd : وزن العينة الجافة (غ)

A(%) : نسبة الامتصاص

-العينة الأولى (10×10×10 من الخرسانة العادية) :

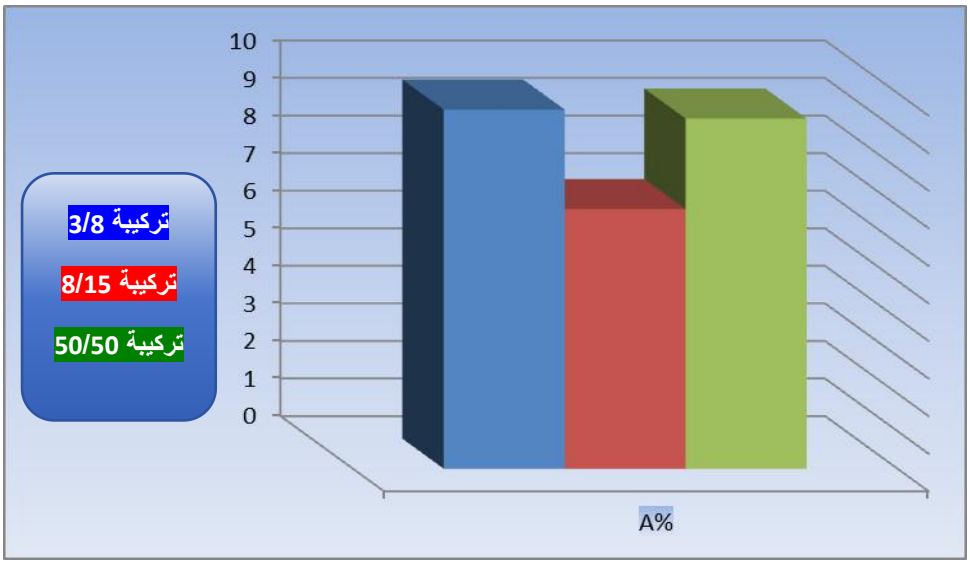
جدول 4-1 نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينة الأولى (10×10×10 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
المشبعة بالماء	2135	2268	2154
	2207	2243	2113
	2160	2254	
الجافة	2003	2112	1949
	1927	2096	1920
	1950	2089	

-متوسط النتائج للعينة الأولى (10×10×10 من الخرسانة العادية) :

جدول 4-2 متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينة الأولى (10×10×10 سم من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
المشبعة	2167.33	2255	2133.5
الجافة	1960	2099	1934.5
A%	9.56	6.91	9.32



الشكل 4- متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء لعينات10×10×10 سم

-العينة الثانية (16×10×4 من الخرسانة العادية) :

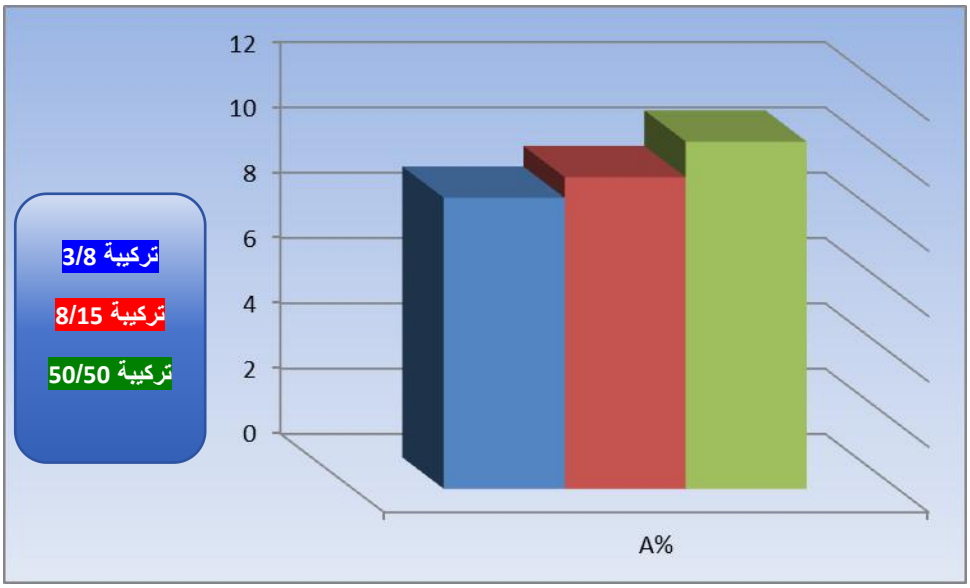
جدول 4-3 نتائج اختبار الغمر الكلي للماء للعينة الثانية (16×10×4 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
	1344	1397	1400
المشبعة بالماء	1351	1492	1379
	1379	1297	1415
	1225	1259	1248
الجافة	1240	1262	1266
	1248	1356	1234

-متوسط النتائج للعينة الثانية (16×10×4 من الخرسانة العادية) :

جدول 4-4 متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينة الثانية (16×10×4 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
المشبعة بالماء	1358	1428,6	1398
الجافة	1237,6	1292,3	1249,3
A%	8.91	9.54	10.63



الشكل 5- متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء لعينات 10×16×4 سم

- تفسير النتائج :

سجلت العينات المحتوية على ركام (8/15) أقل نسبة امتصاص للماء (6.91%)؛ مما يدل على أن بنيتها أكثر تماسكًا وأقل مسامية، وبالتالي تتمتع بمقاومة أفضل لنفاذ الماء.

حققت العينات المحتوية على ركام (3/8) أعلى نسبة امتصاص (9.56%)؛ وهو ما يشير إلى وجود فراغات ومسامات أكبر داخل الخرسانة سمحت بامتصاص كمية أكبر من الماء.

أما العينات المحتوية على ركام (3/8–8/15) فقد سجلت نسبة امتصاص (9.32%) قريبة من العينات المحتوية على ركام (3/8)، مما يدل على أن الخلط بين المقاسين لم يساهم بشكل كبير في تقليل المسامية.

بالاعتماد والمقارنة مع دراسة سابقة (دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله و لشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي -كلية التكنولوجيا- (شعبـــــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــــص: مواد الهندسة المدنية) اتضح لنا في دراسة الخرسانة المحتوية على حجر اللوس ورمل الكثبان، تسجيل أعلى قيمة امتصاص للماء 9.56% (للعينات ذات ركام 3/8)، وهي قيمة أقل بكثير مقارنة بدراسة الخرسانة المحتوية على حجر اللوس والجبس المحلي بتسجيل قيمة 17.41% وهي قيمة مرتفعة نسبيًا وتشير إلى مسامية أكبر وضعف التماسك الداخلي للمادة.

5- تجربة الامتصاص الشعيري :

تُعد خاصية الامتصاص الشعيري من الخصائص الفيزيائية الأساسية المستخدمة في تقييم أداء مواد البناء، ولا سيما الطوب، من حيث مقاومتها لتسرب المياه وانتقال الرطوبة عبر المسام والشعيرات الدقيقة. وتمثل هذه الخاصية مؤشراً مهماً على قدرة المادة على امتصاص الماء ونقله داخل بنيتها المسامية مع مرور الزمن. وتهدف هذه التجربة إلى دراسة سلوك العينات تحت تأثير الرطوبة من خلال قياس معدل الامتصاص الشعيري، مما يساهم في فهم خصائصها المسامية والتركيبية وتحديد مدى ملاءمتها للاستخدام في البيئات المعرضة للرطوبة أو لتسرب المياه. كما سيتم تحليل النتائج المتحصل عليها ومناقشة العوامل المؤثرة فيها من أجل تقييم الأداء الفيزيائي للعينات المدروسة.

جدول أوازن العينات بدلالة الزمن في تجربة الامتصاص الشعيري :

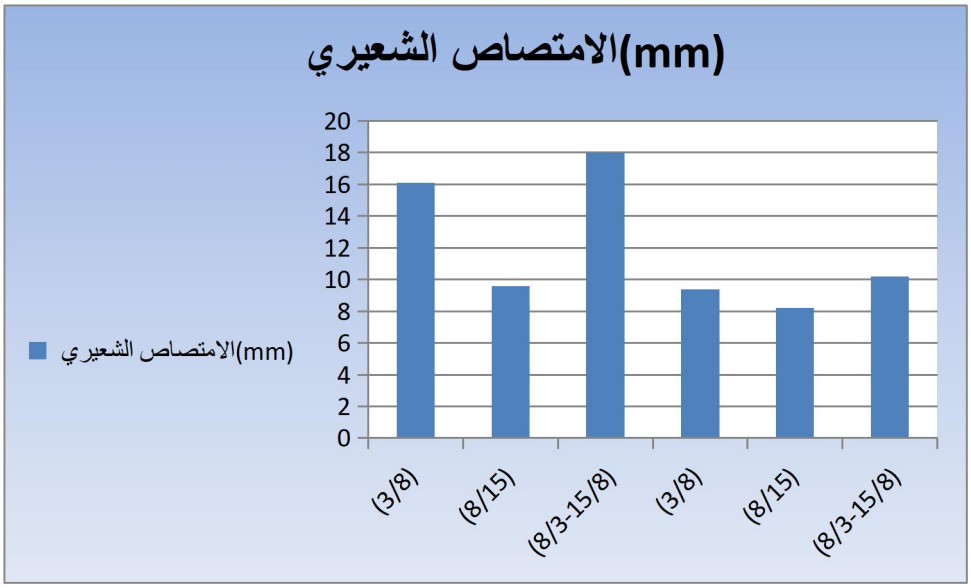
جدول 4-5 متوسط اوزان عينات (10×10×10) و (4×10×16) بدلالة الزمن في تجربة الامتصاص الشعيري

العينات	الزمن												
العينة	زمن الغمر	قبل الغمر	1 ساعة	2 ساعة	3 ساعة	4 ساعة	5 ساعة	6 ساعة	7 ساعة	8 ساعة	24 ساعة	48 ساعة	72 ساعة
10×10×10	3/8	2003	2046	2056	2072	2084	2093	2102	2113	2119	2152	2156	2164
	8/15	2112	2137	2151	2160	2169	2176	2181	2185	2189	2197	2200	2208
	-3/8 8/15	1949	2004	2022	2029	2048	2059	2070	2079	2091	2124	2126	2129
16×10×4	3/8	1225	1296	1324	1334	1342	1348	1351	1355	1359	1366	1371	1375
	8/15	1356	1404	1426	1438	1446	1449	1454	1460	1467	1481	1486	1487
	-3/8 8/15	1266	1370	1398	1404	1410	1412	1413	1416	1417	1422	1425	1429

الاوزان بالغرام

جدول 4-6 نتائج تجربة الامتصاص الشعيري للعينات (10×10×10) و (4×10×16)

العينـــــات		الامتصاص الشعيري i(mm)
10×10×10	3/8	16.10
	8/15	9.60
	8/15-3/8	18
4×10×16	3/8	9.38
	8/15	8.19
	8/15-3/8	10.19



الشكل 6- نتائج تجربة الامتصاص الشعيري للعينات (10×10×10) و (4×10×16)

تفسير النتائج :

1- تأثير الحصى الناتج من حجر اللوس المحلي من 3/8 – 8/15

نلاحظ أن:

الحصى 15/8 أعطى أقل قيم امتصاص شعري في كلا العينتين (9.60 و 8.19 مم).

الحصى المختلط 3/8–8/15 أعطى أعلى قيم امتصاص (18 و 10.19 مم).

التدرج 3/8 أعطى قيماً متوسطة.

يمكن تفسير ذلك بأن توزيع الحبيبات المختلط أدى إلى تكوين مسامية متصلة أكثر، مما سهل انتقال الماء داخل العينة بواسطة الخاصية الشعرية، بينما الحبيبات الأكبر (8/15) قللت من المسام الشعرية الدقيقة وبالتالي خفضت الامتصاص.

2- تأثير أبعاد العينة

جميع قيم الامتصاص في العينات 10×10×10 أكبر من نظيراتها في العينات 16×10×4.

في الحصى 3/8 انخفض الامتصاص من 16.10 إلى 9.38 مم.

في الحصى المختلط انخفض من 18 إلى 10.19 مم.

وهذا يشير إلى أن شكل وأبعاد العينة يؤثران في حركة الماء داخل البنية المسامية، إذ أن العينة المكعبة وفرت مساراً يسمح بارتفاع شعري أكبر مقارنة بالعينة المنشورية.

بالاعتماد والمقارنة مع دراسة سابقة (دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله ولشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي -كلية التكنولوجيا-(شعبـــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــص: مواد الهندسة المدنية) اتضح لنا ارتفاع قيم الامتصاص بزيادة المسامية ودقة الحصى الناتج من حجر اللوس المحلي ، وانخفضت عند استخدام حبيبات أكبر حجمًا أو خلطات أكثر تماسكًا. ففي دراسة حجر اللوس ورمل الكثبان سجل الحصى المختلط من اللوس المحلي (3/8–8/15) أعلى امتصاص شعيري، بينما سجل الحصى المختلط من اللوس المحلي (8/15) أدنى قيمة. أما في دراسة حجر اللوس والجبس المحلي فقد حققت الخلطة (L1) أعلى قيمة للامتصاص الشعيري، في حين سجلت الخلطة (Gp)

أقل قيمة. وتؤكد هذه النتائج أن البنية المسامية الداخلية للمواد هي العامل الرئيسي المتحكم في ظاهرة الامتصاص الشعيري للماء.

-الخاتمة :

في هذا الفصل، تم عرض ومناقشة النتائج المتحصل عليها من الدراسة التجريبية، حيث تم تقييم أداء الخلطات المعتمدة على المواد المحلية. وقد مّكنت هذه النتائج الى الوصول الى مجموعة من الملاحظات المهمة حول عمل المواد على استخدامها في صناعة طوب محلي.

وتعد هذه المرحلة أساس استخلاص النتائج العامة التي تم تقديمها . وقد تمت مناقشة نتائج العمل على ضوء نتائج سابقة في المنطقة منها دراسة دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله و لشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي -كلية التكنولوجيا-(شعبـــــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــــص: مواد الهندسة المدنية) .

الخلاصة العامة والتوصيات

- الخلاصة العامة :

تهدف هذه الدراسة إلى تثمين واستغلال المواد المحلية المتواجدة في ولاية الوادي في مجال البناء، كما لها دور في الحد من التأثيرات البيئية و مساهمتها في رفع اقتصاد مستدام للولاية وقد اعتمدت الدراسة على تقييم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المواد من أجل تحديد مدى صلاحيتها .

تم تنظيم هذا العمل في ثلاثة فصول رئيسية؛ حيث خُصص الفصل الأول للدراسة المرجعية التي تناولت مختلف الجوانب النظرية المتعلقة بالمواد المحلية . أما الفصل الثاني فقد تضمن وصف المواد المستعملة وعرض مختلف التجارب المخبرية المنجزة لتحديد خصائصها الأساسية. في حين خُصص الفصل الثالث لتحليل النتائج ومناقشتها وتقييم أداء الخلطات المدروسة.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن المواد المحلية لولاية الوادي تتمتع بخصائص تجعلها قابلة للاستعمال في قطاع البناء، مع تفاوت في أدائها تبعاً لتركيب الخلطات ونسب المكونات المستعملة. كما بينت التجارب أن الركام (8-15) وعند إضافة 10% من رمل الكثبان الى رمل البناء يساهم في تحسين الخصائص الميكانيكية، خاصة في مقاومة الضغط

والانحناء.

كما بينت الدراسة أن الخصائص الحرارية للمواد المركبة المدروسة تعد مناسبة نسبياً، وهو ما يعزز إمكانية توظيفها في التطبيقات التي تتطلب عزلاً حرارياً أفضل وتحسيناً في الأداء الطاقوي للمباني.

وفي ضوء النتائج المتحصل عليها، يمكن اعتبار المواد المحلية المتوفرة بمنطقة الوادي مورداً مهماً يمكن استثماره في قطاع البناء، مع مواصلة الدراسات والأبحاث بهدف تطوير خصائصها وتحسين أدائها بما يتوافق مع متطلبات الاستعمال في مجال الهندسة المدنية.

- إن التركيبات التي تحتوي على حبيبات اللوس تكون مفيدة في تحسين مقاومة الطوب للرطوبة, وأكثر ملاءمة للأستخدام في البيئات الرطبة نسبياً.

أفضل تركيبة للمواد المحلية، حسب نتائج دراستنا لصناعة الطوب هي L2 حيث :

رمل البناء:800غ - رمل الكثبان: 10% من رمل البناء- الاسمنت :350 غ

الماء:175غ

بالرغم من اننا اعتمدنا في الدراسة على نسبة 40% لان تأثيرها السلبي طفيف جدا لايتجاوز 21% لأنه أكثر اقتصادية وأفضل من ناحية استغلال أقصى وأمثل لرمل الكثبان المحلي.

نأمل من خلال هذه النتائج أن نكون قد ساهمنا في إبراز أهمية المواد المحلية المتوفرة في منطقة الوادي ومنحها مكانة ضمن المقاربات المعمارية المعاصرة، وذلك بربطها بالمعرفة التراثية قصد التوجه نحو منصة مستقبلية أكثر استدامة.

-التوصيات :

- يجب أخذ المعارف والتوصيات التقنية التالية بعين الاعتبار:

تشجيع استخدام المواد المحلية مثل حجر اللوس والجبس المحلي في صناعة الطوب، لما لها من أثر إيجابي على البيئة وتقليل الكلفة الاقتصادية

- متابعة التجارب التطبيقية لتطوير خصائص الخلطات المحلية وتحسين أدائها بمرور الزمن.

-إدماج المواد الطبيعية في البناء الحديث عبر تطوير معايير محلية تراعي الخصائص البيئية والمناخية

للمناطق الصحراوية.

وأخيرا، من المهم الإشارة إلى ضرورة دراسة تأثير العوامل الطبيعية والمناخية في أي دراسة.

قائمة المراجع

قائمة المراجع :

RILEM (2018). Sustainable Construction Materials and Technologies [1]

[2] وزارة السكن والعمران والمدينة (تقارير حول السكن والبناء في المناطق الصحراوية).

Centre de Recherche en Architecture et Urbanisme – دراسات حول العمارة الصحراوية في الجزائر.(2006) .

Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons – Warren, J [3]

US Geological Survey – معلومات حول تكوّن الجبس والتراكيب التبخّرية.

.(Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons – Warren, J. (2006 [4]

US Geological Survey – تقارير حول المعادن التبخرية وتكوّن الجبس.

[5]كتاب: الجيولوجيا العامة US Geological Survey (هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية)

مواقع تعليمية في علم الجيولوجيا

[US Geological Survey 6] – معلومات حول المعادن والتراكيب الرسوبية.

[7] خشانة كريمة كريمة) 2013 " .)مقارنة بين عينة رمل تنمو فيها وردة الرمال "

. مذكرة ماستر . جامعة قاصدي مرباح ورقلة

,Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete : Microstructure, Properties [8]

and Materials . McGraw-Hill Education

Khalifi, M., & Bouziani, T., ”Effect of dune sand on physical and mechanical [9] properties of mortar,” Construction and Building Materials, 2012

Khalifi, M., & Bouziani, T., ”Effect of dune sand on physical and mechanical [10] properties of mortar,” Construction and Building Materials, 2012

Pedrina, et al., ”Incorporation of dune sand in cement mortar : mechanical [11] performance and mix design adjustments,” Journal of Materials in Civil Engineering, 2008

[12] Ould Ahmedou, A., "Characterization of desert dune sand for mortar applications",

Desert Engineering Journal, 2017

[13][14] [15][16] [17] دراسة مادة مركبة من مادتين محليتين : الجبس المحلي وحجر اللوس المسحوق للطالبين أحميم عبد الله و لشلح إسلام من جامعة الشهيد حمه لخضربالوادي -كلية التكنولوجيا-(شعبـــــة: الري والهندسة المدنية ,تخصـــــص: مواد الهندسة المدنية)

الملاحق

جدول 2- نتائج مقاومة الانحناء لمختلف عينات 16×4×4 من الملاط الناظمي

النسب المضافة من رمل الكثبان	العينات	مقاومة الانحناء بMpa	متوسط النتائج
0%	1	2.56	2.63
	2	3.09	
	3	2.26	
10%	1	4.06	3.78
	2	4.52	
	3	2.78	
20%	1	3.01	3.08
	2	2.78	
	3	3.46	
30%	1	3.84	3.41
	2	2.94	
	3	3.46	
40%	1	2.86	3.18
	2	3.16	
	3	3.54	
50%	1	2.11	2.28
	2	2.48	
	3	2.26	

جدول 2-1 متوسط النتائج لتجربة مقاومة الانحناء لكل تركيبة

النسب المضافة من رمل الكثبان ب %	متوسط النتائج ب Mpa
0%	2.63
10%	3.78
20%	3.08
30%	3.41
40%	3.18
50%	2.28

جدول3- نتائج مقاومة الضغط لمختلف عينات 16×4×4 من الملاط الناظمي

النسب المضافة من رمل الكثبان%	العينات	مقاومة الضغط بMpa	متوسط النتائجMpa
	1	22.18	
0%	2	20.71	21.3
	3	21.01	
	1	23.58	
10%	2	23.64	23.36
	3	22.86	
	1	24.95	
20%	2	20.27	23.13
	3	24.19	
	1	21.56	
30%	2	23.46	22.6
	3	22.8	
	1	21.86	
40%	2	19.95	20.51
	3	19.73	
	1	15.9	

50%	2	17	17.11
	3	18.45	

جدول 3-1 متوسط النتائج لتجربة مقاومة الضغط لكل تركيبة

النسب المضافة من رمل الكثبان %	متوسط النتائج Mpa
0%	21.3
10%	23.36
20%	23.13
30%	22.6
40%	20.51
50%	17.11

جدول 3-2 نتائج مقاومة الضغط لعينات 10×10×10

العينات	متوسط نتائج مقاومة الضغط ب Mpa
(8/3)	7.71
(8/15)	17.83
8/15-3/8	9.19

3-3 متوسط نتائج مقاومة الضغط للعينات 10×10×10 سم

العينات	مقاومة الضغط بMpa
(3/8)	5.92
	7.95
	9.26
(8/15)	18.11
	18.28
	17.11
8/3-15/8	8.57
	9.81

جدول 3-2 نتائج سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية لعينة (10×10×10 سم من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية (m/s)	3890	3170	3740
	3840	3240	3700
	3940	3200	

جدول 3-3 متوسط نتائج انتشار الموجات فوق الصوتية لعينة (10×10×10 سم من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
متوسط نتائج انتشار الموجات فوق الصوتية (m/s)	3890	3203	3720

جدول 4-1 نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينة الأولى (10×10×10 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
المشبعة بالماء	2135	2268	2154
	2207	2243	2113
	2160	2254	
الجافة	2003	2112	1949
	1927	2096	1920
	1950	2089	

جدول 4-2 متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينة الأولى (10×10×10 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
المشبعة	2167.33	2255	2133.5
الجافة	1960	2099	1934.5
A%	9.56	6.91	9.32

جدول 4-3 نتائج اختبار الغمر الكلي للماء للعينة الثانية (16×10×4 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
	1344	1397	1400
المشبعة بالماء	1351	1492	1379
	1379	1297	1415
	1225	1259	1248

الجافة	1240	1262	1266
	1248	1356	1234

جدول 4-4 متوسط نتائج اختبار الغمر الكلي بالماء للعينة الثانية (16×10×4 من الخرسانة العادية)

العينات	(3/8)	(8/15)	(3/8 - 8/15)
المشبعة بالماء	1358	1428,6	1398
الجافة	1237,6	1292,3	1249,3
A%	8.91	9.54	10.63

جدول 4-6 نتائج تجربة الامتصاص الشعيري للعينات (10×10×10) و (4×10×16)

العينـــــات		الامتصاص الشعيري i(mm)
10×10×10	3/8	16.10
	8/15	9.60
	8/15-3/8	18
4×10×16	3/8	9.38
	8/15	8.19
	8/15-3/8	10.19