الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي-

Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département d'Hydraulique et de Génie Civil

رقم الترتيب:.....

رقم التسلسل:.....

Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en Matériaux de génie civil

تخصص: هندسة مدنية

عنوان المذكرة:

تثمين رمال الابار البترولية المعالجة بالحرارة من خلال استعمالها كإضافة للإسمنت

من إعداد:

- احميم يونس
- بالفار سفيان
- ستو زكرياء
- صغيري ادريس

تحت إشراف:

د.ماني محمد

الموسم الجامعي: 2024/2023

الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، بعد مسيرة دراسية حملت في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب، اليوم نقطف ثمرها والحمد لله، اهدي تخرجي إلى من لا يضاهيها أحد في الكون، إلى من أمرنا الله ببرّها، ، إلى من بذلت الكثير وقدّمت ما لا يمكن أن يردّ، أمي الغالية وإهداء الى روح ابي الراحل الذي علمني كيف أمسك بالقلم وكيف اخط الكلمات بلا ندم، رحمك الله أبي وأسكنك الفردوس الأعلى وإلى كل من ساندني من إخوتي الذين وقفوا بجانبي شكري و ثنائي لأساتذتي الذين ساعدونا لبلوغ هذا المستوى و لجميع من ساندني طيلة هذه السنوات، الفضل لله ثم لكم جميعاً، من صميم القلب شكراً لكم ونسأل الله أن يتم فرحتنا دائماً.

زكريا-سفيان

الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات مرَّت قاطرة البحث بكثير من العوائق، ومع ذلك حاولت أن أتخطَّاها بثبات بفضل من الله ومنِّه.

اهدي تخرجي هذا الى روح والدي العزيز رحمه الله والى امي الغالية والى اخوتي واساتذتي الافاضل من بداية المشوار وحتى هذه اللحظة الجميلة واشكر كل شخص وقف معي وساندني على طوال مسيرتي الدراسية وابارك لكل أصدقائي الذين تخرجوا معي وابارك لأهلهم الفضل لله ثم لكم جميعاً، شكراً لكم ونسأل الله أن يتم فرحتنا دائماً.

يونس.

الإهداء

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة... وها أنا ذا أختم بحث تخرجي

بكل همة ونشاط. وأمتن لكل من كان له فضل في مسيرتي، وساعدني ولو باليسير،

الأبوين والأهل والأصدقاء والأساتذة المبجلين.. أهديكم بحث تخرجي....

ادريس.

شكر وتقدير

أود أن أعبّر عن مدى شكري وامتناني للدكتور (محمد ماني) الذي أشرف على عملية كتابتي لهذا البحث العلمي، وللجهد والوقت اللذين بذلهما في غضون ذلك، بالإضافة إلى بالغ شكري وتقديري وامتناني للسيد (بدري ميلودي) ، كما أقدم خالص امتناني وشكري واحترامي لزملائي الباحثين (يونس وسفيان وادريس و زكرياء) لمساعدتهم على تحقيق وتحرير ومراجعة البحث في مراحله الأخيرة، وللدعم المعنوي الكبير الذي قدموه لي، كما أتوجه بالشكر الجزيل أيضًا إلى الأساتذة الذين ساعدونا وجميع إطارات كلية التكنولوجيا الذين جعلوا عملية وصولي إلى الهدف المطلوب أمرًا أيسر.

الملخص

تواجه حقول النفط في جنوب الجزائر تحدياً بيئياً كبيراً يتمثل في تراكم الرمال الناتجة عن عمليات الحفر والتنقيب النفطي، مما يشكل تهديداً على البيئة والصحة العامة. تهدف هذه الدراسة إلى استغلال الرمال المستخرجة بعد معالجتها حرارياً كبديل جزئي للأسمنت في صناعة البناء، بهدف تحسين الأداء البيئي والاقتصادي للمواد البنائية. استندت الدراسة إلى نتائج سابقة تشير إلى أن المعالجة الحرارية للرمال عند درجات حرارة تتجاوز 500 درجة مئوية تزيل الملوثات وتغير من خصائصها الفيزيائية والكيميائية، مما يتيح استخدامها الى المساهمة في تعزيز الروابط الهيدروليكية في الخرسانة. قمنا بطحن الرمال المعالجة إلى ثلاثة مقاييس: 80 و125 و160 ميكرومتر (um/m)، واستخدمناها بنسب استبدال 10% و20% و30% لكل مقياس.أظهرت النتائج أن استخدام الرمال المعالجة بمقياس طحن 80 ميكرومتر (um/m)ونسبة استبدال 10% يوفر أداءً ميكانيكياً جيداً للخرسانة، حيث كانت خصائص الضغط والشد بالانحناء قريبة من الشاهد. يعزى هذا التحسن إلى التفاعل البوزولاني الذي يعزز تكوين سيليكات الكالسيوم الهيدراتية-C-S) H)، مما يحسن من كثافة وقوة المادة تساهم هذه الدراسة في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال تقليل كمية الأسمنت المستخدم، مما يعزز من الاستدامة البيئية. بالإضافة إلى ذلك، يوفر استخدام الرمال المعالجة بديلاً اقتصادياً للمواد الخام التقليدية، مما يساهم في تقليل التكلفة الإجمالية لمشاريع البناء في المناطق الصحراوية.تقدم هذه الدراسة حلاً بيئياً واقتصادياً فعالاً لمشكلة تراكم الرمال الناتجة عن الحفر النفطي، وتعزز من استدامة الموارد الطبيعية المستخدمة في صناعة البناء.

الكلمات المفتاحية :

تثمين رمال الابار البترولية المعالجة بالحرارة :

Valorisation des sables de puits de pétrole traité thermiquement

إضافات الاسمنت : Additifs pour ciment

المقاومة الميكانيكية : Résistance mécanique

الرمال المسحوقة : Sable concassé

التثمين : Engraissement

Resume

Les gisements pétroliers du sud algérien sont confrontés à un défi environnemental majeur représenté par l'accumulation de sable résultant des opérations de forage et d'exploration pétrolières, qui constitue une menace pour l'environnement et la santé publique. Cette étude vise à valoriser le sable extrait après traitement thermique comme substitut partiel du ciment dans l'industrie de la construction, dans le but d'améliorer les performances environnementales et économiques des matériaux de construction.L'étude était basée sur des résultats antérieurs indiquant que le traitement thermique du sable à des températures supérieures à 500 degrés Celsius élimine les contaminants et modifie ses propriétés physiques et chimiques, lui permettant d'être utilisé comme matériau pouzzolanique contribuant au renforcement des liaisons hydrauliques dans le béton. Nous broyons le sable traité selon trois échelles : 80, 125 et 160 microns, et les utilisons à des taux de remplacement de 10 %, 20 % et 30 % pour chaque échelle.

Les résultats ont montré que l'utilisation de sable traité avec une calamine de 80 microns et un taux de remplacement de 10% permettait d'obtenir de bonnes performances mécaniques du béton, car les propriétés de compression et de traction étaient proches du témoin. Cette amélioration est attribuée à la réaction pouzzolanique qui favorise la formation de silicate de calcium hydraté (C-S-H), améliorant ainsi la densité et la résistance du matériau.Cette étude contribue à réduire les émissions de dioxyde de carbone en réduisant la quantité de ciment utilisée, ce qui améliore la durabilité environnementale. De plus, l'utilisation de sable traité constitue une alternative économique aux matières premières traditionnelles, ce qui contribue à réduire le coût global des projets de construction dans les zones désertiques.

Cette étude apporte une solution environnementale et économique efficace au problème de l'accumulation de sable résultant du forage pétrolier et améliore la durabilité des ressources naturelles utilisées dans l'industrie de la construction.

فهرس المحتويات

الإهداء..... I

شكـر وتقدير IV

الملخص..... V

فهرس المحتويات VII

قائمة الجداول X

قائمة الأشكال..... XII

قائمة الصور..... XII

المقدمة العامة..... 1-2

الفصل الأول: عموميات حول الأبار البترولية

مدخل..... 4

1-لمحة عن حاسي مسعود:..... 4

2- تعريف النفط (البترول): 4

3- مفهوم الحفر:..... 5

3-1- طرق حفر الابار (methods Drilling):..... 5

4- أنماط حفر الآبار:..... 8

4-1-الحفر الشاقولي:..... 8

4-2-الحفر الموجّه:..... 8

5- سوائل الحفرFluids Drilling : 10

6- أهمية سوائل الحفر: 10

7-مواصفات وخواص سوائل الحفر: 11

8- ما هو الفرق بين سوائل الحفر المحمية والغير محمية Non- Muds Inhibitive And Inhibitive؟:..... 13

9- انواع سوائل الحفر(Drilling Fluids Types) : 14

10- مفهوم أحواض النفايات الناتجة عن عملية الحفر:..... 16

11- التكنولوجيا لمعالجة نفايات الحفر: 16

12-تلوث التربة: 16

13-أنواع المعالجات:..... 16
14- حجم الرمال المستخرجة من بئر واحد:..... 19
15- تأثير الصناعات البترولية على البيئة:..... 20
خلاصة الفصل..... 22

الفصل الثاني: خرسانة الرمل

مدخل..... 24
1-تعريف خرسانة الرمل:..... 24
2- تاريخها الخرسانة الرملية:..... 24
3- مكونات خرسانة الرمل:..... 25
3-1- الاسمنت: 25
3-2- الماء:..... 25
3-3- الرمل:..... 26
3-4- الاضافات:..... 26
4- مزايا ومجالات الاستعمال:..... 28
4-1- الاساسات:..... 28
4-2- المباني:..... 28
4-3- الرصف:..... 28
5- خصائص خرسانة الرمل:..... 29
5-1- خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب: 29
5-2-خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:..... 32
6-خصائص المواد المستعملة 36
6-1- الاسمنت: 36
6-2- ماء الخلط:..... 37
6-3- الرمل:..... 38
6-4- الرمل المعالج بالحرارة 39
6-5- المكافئ الرملي (Equivalent de Sable) :..... 40
6-6- التدرج الحبيبي (Analyse granulométriqu):..... 41
6-7- معامل النعومة (Module de finesse) :..... 42

7- اختبارات أجريت في الحالة الطازجة 44
7-1- تجربة التشغيلية :..... 44
8- اختبارات أجريت في الحالة الصلبة..... 45
8-1 تحديد مقاومة الضغط والشد بالانحناء للملاط وفقًا للمواصفة NF EN 196-1 45
8-2- الاختبار بالموجات فوق الصوتية..... 48
8-3- الانكماش:..... 49
خلاصة الفصل..... 50
الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة وصياغة خرسانة الرمل
مدخل..... 52
1-الإجراءات التجريبية..... 52
1-1- تكوين الخرسانة 52
1-2 صياغة وتحضير الملاط النظامي: 53
1-3- تحضير وشكل العينة : 53
2- النتائج والمناقشة..... 54
2-1- تأثير الاستبدال على خواص الخرسانة الطازجة..... 54
2-2- تأثير الاستبدال على المقاومة الميكانيكية:..... 57
خلاصة الفصل: 79
الخلاصة العامة والتوصيات..... 81
قائمة المصادر والمراجع..... 83

قائمة الجداول

الجدول II.1: حجم الرمال المستخرجة من بئر واحد..... 19
الجدول II.1: التراصيه العظمى بدلالةDmax..... 31
الجدول II.2: أهم أنواع الانكماش. 34
الجدول II.3: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرمل النظامي..... 38
الجدول II.4: النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل الابار البترولية..... 40
الجدول II.5: الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للرمال المعالجة بالحرارة..... 43
الجدول III.1: النسب المختلفة للمواد المستخدمة. 52
الجدول III.2: تأثير الاستبدال على التشغيلية..... 52
الجدول III.3: تأثير الاستبدال على الكتلة الحجمية..... 52
الجدول III.4: تاثير الاستبدال على الانحناء..... 59
الجدول III.5: الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 10%..... 60
الجدول III.6: الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 20%..... 59
الجدول III.7: الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 30%..... 61
الجدول III.8: الشد بالانحناء بالنسبة للغربال 160 ميكرومتر (um/m)..... 62
الجدول III.9: الشد بالانحناء بالنسبة للغربال 125 ميكرومتر (um/m)..... 61
الجدول III.10: الشد بالانحناء بالنسبة للغربال80 ميكرومتر (um/m)..... 62
الجدول III.11: تاثير الاستبدال على المقاومة 64
الجدول III.12: المقاومة بالنسبة للغربال160 ميكرومتر (um/m)..... 64
الجدول III.13: المقاومة بالنسبة للغربال125 ميكرومتر (um/m)..... 65
الجدول III.14: المقاومة بالنسبة للغربال80 ميكرومتر (um/m)..... 65
الجدول III.15: المقاومة بنسبة الاستبدال 10%..... 67
الجدول III.16: المقاومة بنسبة الاستبدال 20%..... 67
الجدول III.17: المقاومة بنسبة الاستبدال 30%..... 68
الجدول III.18: يمثل نسبة الاستبدال على الخاصية الشعرية..... 69
الجدول III.19: الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال10% 70
الجدول III.20: الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال20% 70
الجدول III.21: الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال30% 72

الجدول III.22: تأثير الاستبدال على الموجات فوق الصوتية..... 72
الجدول III.23: الموجات فوق الصوتية نسبة 160 ميكرومتر (um/m) 74
الجدول III.24: الموجات فوق الصوتية نسبة 125 ميكرومتر (um/m) 75
الجدول III.25: الموجات فوق الصوتية نسبة 80 ميكرومتر (um/m) 75
الجدول III.26: الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 10% 75
الجدول III.27: الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 20% 76
الجدول III.28: الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 30% 77

قائمة الأشكال

الشكل I.1: التركيبة الهيدروكاربونية للنفط (البترول) 5
الشكل I.2: بعض أنواع أعمدة الحفر بالدق في التربة الرخوة وغير المتماسكة. 6
الشكل I.3: بعض أنواع أعمدة الحفر بالدق في الصخور والتربة القاسية جداً. 6
الشكل I.4: رسم تخطيطي لجهاز حفر الابار بالدق..... 7
الشكل I.5: مخطط عام لجهاز حفر (دوراني)..... 8
الشكل I.6: الحفر الموجّه لأكثر من بئر في منطقة واحدة على سطح الأرض..... 9
الشكل I.7: توجيه البئر من الاتجاه الشاقولي بزاوية ميل ثابتة للوصول إلى الهدف..... 9
الشكل I.8: حفر الآبار الأفقية 10
الشكل I.9: يوضح سائل الحفر..... 10
الشكل I.10: يوضح عمل سائل الحفر اثناء الحفر..... 11
الشكل I.11: يمثل قمع مارش لقياس اللزوجة..... 12
الشكل I.12: يمثل جهاز قياس اللزوجة..... 12
الشكل I.13: صورة توضح أحواض النفايات الحفر بعد نشاط الحفر البئر النفط..... 17
الشكل I.14: تبين وحدة المعالجة الحرارية بحاسي مسعود 18
الشكل I.15: صورة توضح عملية المعالجة الفيزيوكيميائية. 18
الشكل I.16: صورة توضح أحواض النفايات الحفر بعد عملية المعالجة..... 19
الشكل I.17: نموذج الرمال المستخرجة من بئر نفط منطقة بركين حاسي مسعود][..... 20
الشكل I.18: يوضح تسرب للنفط وتلويثه للتربة..... 21
الشكل II.1: تاثير المسامية بمعامل النعومة][..... 30
الشكل II.2: تاثير قطر الحبيبات الاصغري على مسامية [ ]..... 30
الشكل II.3: يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت [ ]:..... 31
الشكل II.4: تاثير مقدار الدقائق الناعمه بدلالة التشغلية][..... 32
الشكل II.5: يمثل المنحنى الانكماش الكلي. []..... 35
الشكل II.6: يمثل منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات []..... 36
الشكل II.7: الخصائص الكيميائية والمعدنية والفيزيائية للاسمنت . [البطاقة التقنية للاسمنت]..... 37
الشكل II.8: تجربة المكافئ الرملي..... 40
الشكل II.9: صنف الخرسانة بدلالة تشغيلية..... 45

الشكل II.10: طاولة الهز لتجربة تشغيليةُ..... 45
الشكل III.1:أعمدة نتائج تجربة التشغيلية..... **Error! Bookmark not defined.**

قائمة الصور

الصورة II.1: الرمل النظامي 38
الصورة II.2: رمل الابار البترولية بعد الطحن 39
الصورة II.3: الة الضغط 46
الصورة II.4: مقاومة الشد بالانحناء 47
الصورة II.5: جهاز الموجات فوق الصوتية 48
الصورة II.6: اختبار الانكماش 49
الصورة III.1: القوالب المستعلمة في الصب 54

المقدمة العامة

المقدمة العامة

في ظل التحديات البيئية المتزايدة والسعي المستمر لتعزيز الاستدامة في مختلف القطاعات الصناعية، تبرز الحاجة إلى حلول مبتكرة لإدارة النفايات الصناعية وإعادة تدوير المواد. يُعد قطاع استخراج وتكرير النفط من أبرز المصادر المنتجة للنفايات الصلبة والسائلة، بما في ذلك التربة الملوثة الناتجة عن عمليات حفر الآبار البترولية. تُعَدُّ المعالجة الحرارية لهذه التربة من الطرق الأكثر شيوعًا في الجزائر، ولكنها أيضًا من الأكثر تكلفة من الناحية الاقتصادية. هذا الأمر يزيد من أهمية البحث عن حلول لإعادة تدوير التربة بعد معالجتها بدلاً من التخلص منها، مما يعزز من فعالية استدامة هذه العملية وتقليل الأثر البيئي.

تشير الدراسات السابقة إلى أن تعرض أنواع مختلفة من التربة للحرارة يمكن أن يغير من خصائصها الكيميائية والفيزيائية، ويمنحها خصائص روابط هيدروليكية. انطلاقاً من هذا، تثار تساؤلات حول إمكانية استخدام التربة المعالجة حرارياً في تصنيع الخرسانة، إما كبديل للرمل أو كاستبدال جزئي للأسمنت. تحقيق هذا يمكن أن يقدم فوائد متعددة، منها تقليل التلوث البيئي الناتج عن التخلص التقليدي من التربة الملوثة، وخفض البصمة الكربونية المرتبطة بعمليات إنتاج الأسمنت. علاوة على ذلك، يساهم هذا النهج في الحفاظ على الموارد الطبيعية مثل الحجر الجيري، الذي يستخدم بشكل رئيسي في تصنيع الأسمنت. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي استخدام التربة المعالجة في الخرسانة إلى تحسين خصائص الخرسانة، مثل المتانة ومقاومة العوامل البيئية المختلفة، مما يساهم في زيادة عمر البنية التحتية وتقليل تكاليف الصيانة المستقبلية. هذه الحلول المستدامة تمثل خطوة مهمة نحو تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية في قطاع البناء والتشييد، وتفتح آفاقاً جديدة للبحث والتطوير في هذا المجال.

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم تقييم شامل لمدى فعالية وجدوى استخدام التربة المعالجة حراريًا كبديل جزئي للأسمنت في عمليات تصنيع الخرسانة. يتم تحقيق هذا الهدف من خلال إجراء دراسات تجريبية وتحليلية متعمقة لتقييم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة المصنوعة باستخدام التربة المعالجة حراريًا بنسب مختلفة وتتضمن الأهداف الرئيسية للدراسة ما يلي:

- تقييم خصائص التربة المعالجة حراريًا: يتم تحليل خصائص التربة المعالجة بدرجات حرارة مختلفة، بما في ذلك التغيرات في التركيب الكيميائي والهيكل البلوري، وتأثير ذلك على قابليتها للاستخدام في صناعة الخرسانة.
- تحليل الخواص الفيزيائية للخرسانة: يتم قياس وتقييم الخصائص الفيزيائية للخرسانة المصنوعة باستخدام التربة المعالجة حراريًا، مثل الكثافة، وامتصاص الماء، للتشوهات، والتأثير على التمدد والانكماش.

تحليل الخواص الميكانيكية للخرسانة: يتم دراسة الخصائص الميكانيكية للخرسانة، مثل قوة الضغط، وقوة الشد، والمرونة.

الفصل الأول

عموميات حول الأبار البترولية

مدخل

تعد الصناعة من أكثر الآنشطة الاقتصادية تأثيرا على ظروف البيئية المحيطة فقطاع الصناعة هو المستهلك الرئيسي لعدد كبير من الموارد الطبيعة وهو أيضا القطاع الرئيسي الذي يحدث تلوثا كبيرا للبيئة، ومع تطوره ازدادت حدة التلوث الصناعي، فازداد استهالك المواد الخام وانتاج المخلفات والمواد السامة وازدادت الانبعاثات الغازية والمخلفات السائلة والصلبة وبذلك ازداد تنوع الملوثات، فهناك العديد من المركبات الكيمياوية تنبعث من العمليات الصناعة وتنتشر في الهواء والمياه والتربة .إن صناعة النفط هي احدى أكبر الصناعات في العالم وهي تتفرع الى اربعة فروع: فرع الانتاج ويهتم بالتنقيب عن النفط واستخراجه، فرع النقل، فرع التصنيع وفرع التسويق. وتلعب صناعة النفط دورا كبيرا في اقتصاديات دول كثيرة، ونظرا لطبيعة صناعة النفط والمنتجات المرتبطة بها فان الاهتمام بالمحافظة على البيئة يعتبر أمرا في غاية الاهمية خلال جميع مراحل صناعة النفط سواء كان ذلك في عملية التنقيب والاستكشاف او عند تصميم وإنشاء خطوط انابيب نقل البترول الخام أو في عمليات التكرير بالمصافي ثم عند نقل المنتجات البترولية الى محطات الوقود او مصانع البتروكيماويات وكذلك في موانئ الشحن والتفريغ .تؤثر الصناعة البترولية الاستخراجية على البيئة في عملية التنقيب (حفر الابار) واستخراج المحروقات، وذلك من خلال إنتاج كمية معتبرة من النفايات التي تندرج في ثلاث ملوثات عامة وهي: المياه الناتجة عن عملية الاستخراج ونفايات الحفر(الحمأة) والنفايات الأخرى (الغازية والصلبة)، حيث أن هذه النفايات تحتوي على مجموعة من المكونات كالغازات والمواد المعدنية والكيميائية وبعض المواد المشعة التي تسبب تأثير بالغ للبيئة (الهواء، الماء، التربة) ومن ثم على الكائنات الحية. [1]

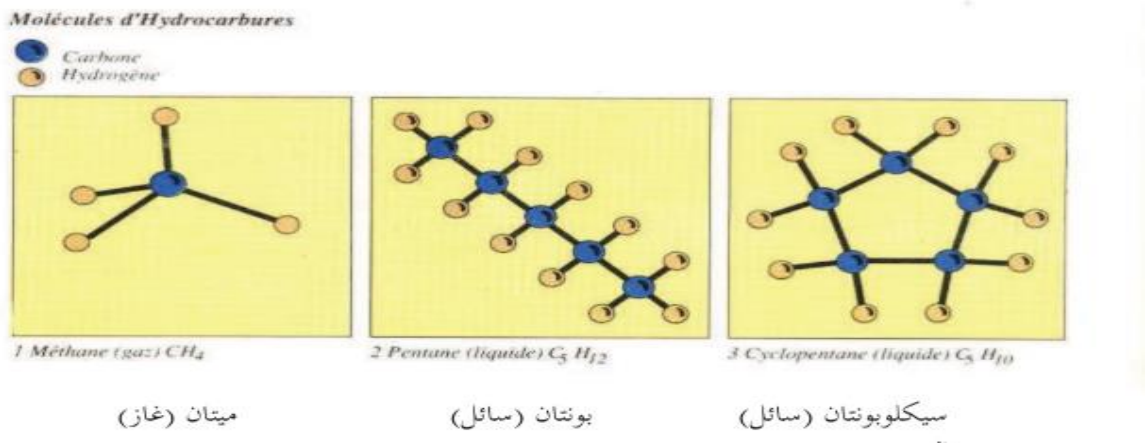
1-لمحة عن حاسي مسعود:

في عام 1917 م، جاء رجل بدوي يُدعى مسعود روابحي مع عائلته إلى منطقة في ورقلة، حيث اكتشف ماءً على عمق 14 مترًا بعد عملية الحفر. وبالتالي، أصبحت هذه المنطقة تعرف باسم "حاسي مسعود" تيمنًا بالرجل الذي اكتشف الماء .عام 1956، اكتشف الجيولوجيون الفرنسيون شيئًا آخر غير الماء في المنطقة، وتم اكتشاف أول بئر بترولي في حاسي مسعود عام 1958م. يتم تطوير وتشغيل حقل البترول هذا بواسطة شركة سوناطراك، التي تملكه وتديره.[2]

2- تعريف النفط (البترول):

إن كلمة النفط هي في الأصل كلمة لاتينية Petroleum وتعني Petr صخر + زيت Oleum أي بمعنى زيت الصخر. يعتبر النفط مادة بسيطة ومركبة في ذات الوقت. فهو بسيط من حيث انه يتكون كيميائيا من عنصرين هما الهيدروجين والكربون. وهو مركب من حيث اختلاف خصائص مشتقاته باختلاف التركيب الجزئي لكل منها. فكل مادة تتكون من جزيئات هي وحدات تركيبها الأساسية. وكل جزئ يتألف من ذرات. وتتحد خصائص المادة بعدد ونوع الذرات التي تتحد لتكون جزيئاا وبعدد ونوع الروابط التي تساهم في هذا

الاتحاد فتنتج عنها في كل حالة منتوج نفطي ذو خصائص تختلف عن المنتجات الأخرى، مثلما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل 1.I: التركيبة الهيدروكاربونية للنفط (البترول) [3]

3- مفهوم الحفر:

المسوحات الزلزالية توفر صوراً لطبقات الصخر لعدة كيلو مترات تحت الأرض. ويحلل العلماء الجيولوجيون هذه الصور للعثور على مناطق قد تحتوي على النفط أو الغاز.

تستخدم معدات الحفر لحفر بئر في مواقع تحت الأرض قد تحتوي على الأغلب على النفط، وبالتالي تشكل بئر نفط. تستخدم العديد من معدات الحفر على الأرض، وفي المياه الضحلة وفي المياه العميقة.

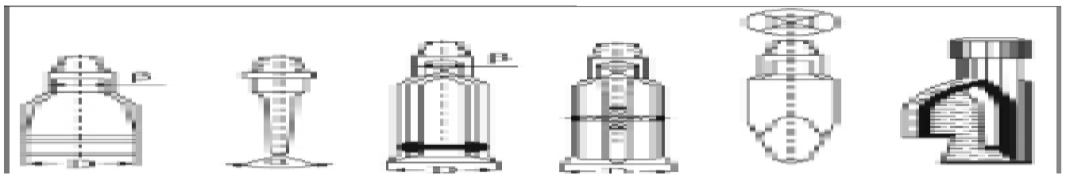
يتم حفر الآبار على مسافة عدة كيلومترات تحت الأرض خلال الصخر الصلب. ولقمة الحفر هي الأداة المستخدمة للقطع خلال الصخر. تعمل معظم لقم الحفر بواسطة كشط الصخر أو تحطيمه، أو كليهما، وعادة بالحركة الدورانية. تقع لقمة الحفر في نهاية ساق الحفر. تصنع ساق الحفر من امتدادات أنابيب فولاذية مثبتة بعضها ببعض. يتم الضغط من أداة الحفر على أعلى ساق الحفر للدفع داخل الأرض. عندما يصل أعلى ساق الحفر إلى نهاية أداة الحفر، تتم إضافة طول آخر من أنبوب الحفر في الأعلى. تستمر هذه العملية حتى تصل لقمة الحفر إلى طبقات الصخر التي يعتقد أنها تحتوي على النفط[4]

3-1- طرق حفر الابار (methods Drilling):

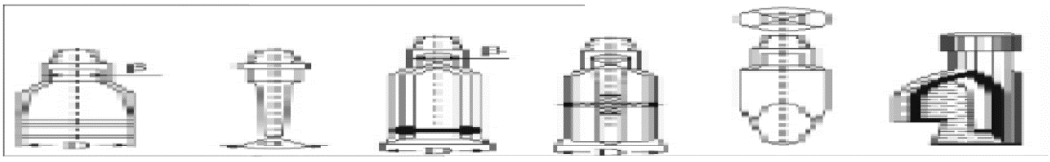
هنالك وسائل عديدة لحفر الابار :ميكانيكية وحرارية، وكيميائية-فيزيائية، وكهروحرارية... وغيرها. لان الوسائل الميكانيكية هي فقط التي لقيت استخداما واسعا بينما لم تخرج الوسائل الاخرى عن طور التجريب والاختبار. وتختلف هذه الطرق فيما بينها بطريقة تفتيت الصخور عند القاع، او بكيفية رفع نواتج الحفر الى السطح، اوبالخصائص التركيبية لرؤوس الحفر .تعتمد الطرق الميكانيكية على طاقة المحركات بأنواعها المختلفة)بخارية، ديزل، كهربائية، هيدروليكية ...الخ (وتوجد طرق ميكانيكية عديدة للحفر منها ماطبق عمليا، ومنها ما يزال قيد الدراسة ومن هذه الطرق نذكر:

3-1-1- الحفر الدقي او المطرقي (drilling tool Cable):

تعتمد هذه الطريقة مبدأ ثقب الأرض بتحطيم التربة بآلة حادة الرأس هي عمود الحفر أو الثقب (الشكل 3.I-2.I) معلقة بكبل، مع غرز أنابيب معدنية بالطَّرْق بآلة تسمى (الدقاق)



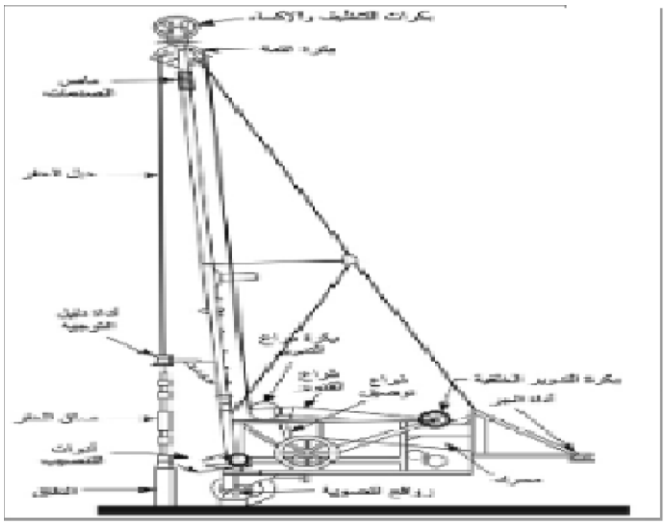
الشكل 2.I: بعض أنواع أعمدة الحفر بالدق في التربة الرخوة وغير المتماسكة.



الشكل 3.I: بعض أنواع أعمدة الحفر بالدق في الصخور والتربة القاسية جداً.

وأول بئر حفرت بهذه الطريقة كانت لاستخراج النفط عام 1859 بعمق 22م في ولاية بنسلفانيا الأمريكية، وقد طُوّرت هذه الطريقة فيما بعد مع تطور المكنات والآلات المستخدمة فيها. وغدت عمليات الحفر تجري برفع عمود الحفر بكبل فولاذي إلى مسافة معينة ثم تركه يهوي بقوة مع ضخ كميات قليلة من المياه للحفاظ على تماسك نواتج الحفر وتسهيل إخراجها من البئر، وقد يُلجأ فيها إلى الحفر بالدق الهدروليكي بعمود حفر أنبوبي يمر فيه سائل الحفر لتسهيل الحفر وتنظيف البئر وإخراج النواتج إلى سطح الأرض. وقد مكنت هذه الطريقة من زيادة سرعة الحفر وعمقه ومنع جدران البئر من الانهيار، حيث يتسرب جزء من سائل الحفر في أثناء صعوده إلى سطح الأرض وإلى جدار البئر في عملية تبطين طبيعية، مشكلاً ما يسمى كعكة الحفر. إن زيادة عدد الضربات في وحدة الزمن، وزيادة شدة دق عمود الحفر على قعر البئر، وزيادة وزن رأس الحفر وعمود الحفر، إضافة إلى زيادة الارتفاع الذي يسقط منه عمود الحفر؛ يسرع في تنفيذ عملية الحفر ويختصر الوقت.

تُنصب أجهزة الحفر بالدق ثابتة في منطقة العمل، أو تكون محمولة على شاحنات خاصة يمكن نقلها بسهولة إلى أماكن الحفر. ويمكن أن تصل أعماق الآبار التي تحفر بالدق إلى 200 - 2400م. يمثل الشكل (3.I) مخططاً عاماً لجهاز حفر الابار بالدق.



الشكل I.4: رسم تخطيطي لجهاز حفر الابار بالدق.

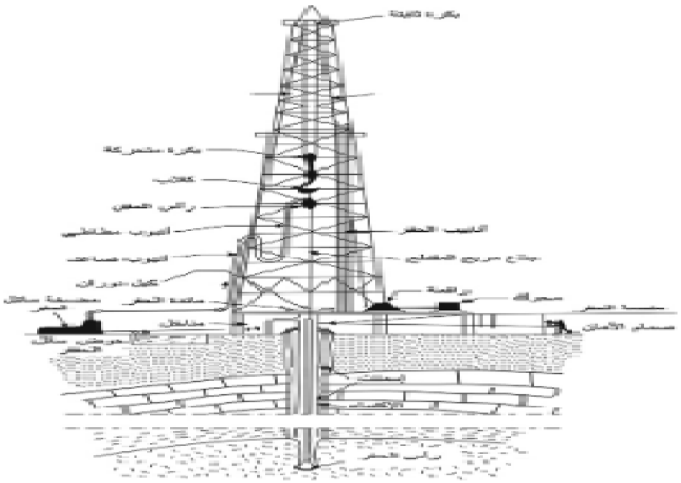
لهذه الطريقة الكثير من الإيجابيات؛ فتكلفة المعدات الأولية والتشغيل ونفقات الصيانة والمحروقات قليلة، ولا تحتاج إلا إلى عدد قليل من العمال، وكمية المياه المستعملة فيها قليلة نسبياً. غير أن سرعة الحفر وعمقه محدودان نسبياً، ولا يمكن السيطرة تلقائياً على الضغوط الهائلة التي يمكن مصادفتها عند تدفق الموائع المختلفة من البئر؛ كذلك قد تتعرض حبال الحفر للانقطاع مع زيادة العمق وتتسبب في سد قناة البئر. يُلجأ إلى هذه الطريقة عموماً لحفر آبار المياه، والإعداد للحفر الرحوي. إذ يجري الحفر بالدق أولاً حتى عمق معين، وتبطن البئر ثم يتابع الحفر رحوياً، كما تستخدم أيضاً في إصلاح الآبار المحفورة بطرائق أخرى وتنظيفها.

3-1-2- الحفر الرحوي (الدوراني) الهدروليكي:

يجري الحفر في هذه الطريقة بتدوير رأس الحفر مع وضع ثقل فوقه لزيادة الضغط. ويكون الحفر بإحدى الطرق:

3-1-2-1 الحفر الرحوي الهدروليكي: بوساطة محركات عنفية أو كهربائية مثبتة على رأس الحفر مباشرة داخل البئر.

3-1-2-2-الحفر الرحوي الهدروليكي: وهي الطريقة الأكثر استخداماً، وفيها يدار رأسَ الحفر بحركةٍ رحويةٍ محركٌ على سطح الأرض بوساطة منضدة رحوية تدير أنابيب الحفر ويحقق ثقلها ضغطاً على رأس الحفر. تنقل أنابيب الحفر الحركة الدورانية من المنضدة إلى رأس الحفر في أسفل البئر، ويجري داخلها سائل الحفر الذي يخرج من ثقوب الرأس ليعود إلى سطح الأرض من خارج الأنابيب حاملاً نواتج الحفر. يمثل الشكل (I.5) مخططاً عاماً لجهاز حفر رحوي.



الشكل I.5: مخطط عام لجهاز حفر (دوراني)

3-1-3- الحفر التوربيني:

هي طريقة حديثة جداً في حفر الآبار. يصل عمق الحفر بهذه الطريقة إلى آلاف الأمتار، كما يمكن بوساطتها تنفيذ عمليات الحفر المائل والأفقي. وهي تمتاز عن الحفر الرحوي العمودي بإمكانية تجاوز الكثير من العقبات في جوف الارض للوصول إلى الخام المراد استخراجه وخاصة النفط والغاز الطبيعي في الطبقات المحدودة السماكة والقليلة النفوذية. يبدأ حفر آبار النفط بهذه الطريقة بقطر يقارب 75سم عند سطح الأرض، ثم يتناقص تدريجياً مع التعمق بالحفر حتى 10سم عند قعر البئر

4- <u>أنماط حفر الآبار</u>:

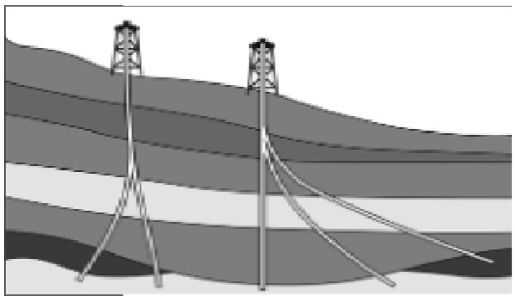
ثمة نمطان من حفر الآبار (خاصة آبار النفط)؛ هما الحفر الشاقولي، والحفر الموجه المائل أو الأفقي.

4-1-الحفر الشاقولي:

يبدأ الحفر من سطح الأرض شاقوليا ويستمر حتى الوصول إلى مكامن الخام ويجري الحفر بإحدى طرائق الحفر المذكورة أعلاه. وقد تستخدم أكثر من طريقة للوصول إلى الهدف، كأن يبدأ الحفر بالدق، ثم يتابع بعد عمق معين بالحفر الرحوي. كما يمكن لأسباب خاصة أن يتحول الحفر الشاقولي إلى الحفر المائل بزاوية معينة أو إلى الحفر الأفقي.

4-2-الحفر الموجّه:

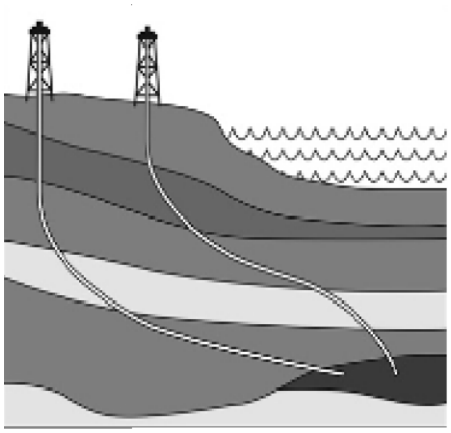
هي تقنية أكثر تعقيداً وكلفة، وتهدف إلى حرف محور البئر عن الاتجاه الشاقولي بزاوية مائلة للوصول إلى الهدف (مكمن النفط)، بعمق رأسي حقيقي وإزاحة أفقية لأسباب عدة منها: حفر أكثر من بئر في منطقة واحدة من سطح الأرض، توجه كل منها باتجاه وزاوية محدّدَين (الشكل I.6)، أو لوجود عوائق طبيعية أو لضيق المساحة المتاحة على سطح الأرض لنصب منصة الحفر، أو للحفر في البحر، حيث تتطلب عمليات الحفر وجود معدات إنتاج خاصة (المنصة البحرية)، لأن إنشاء منصة خاصة بكل بئر يزيد تكاليف الحفر.



الشكل I.6: الحفر الموجّه لأكثر من بئر في منطقة واحدة على سطح الأرض.

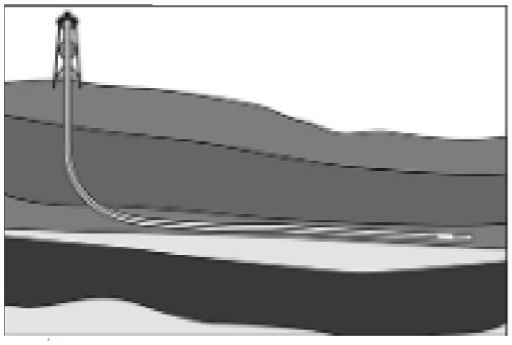
يُعد الحفر الموجّه ثورة في صناعة النفط والغاز الطبيعي، وأكثر الطرائق تطبيقاً في العالم، ويُمكِّن من استثمار أكبر كمية ممكنة من نفط الطبقة المنتجة، ويجري توجيه الحفر بأساليب متعددة:

4-2-1- التوجيه بثبات الزاوية: أي حرف البئر من الاتجاه الشاقولي بزاوية ميل ثابتة، حتى الوصول إلى الهدف عند العمق المطلوب. وغالباً ما يُلجأ إلى هذا الأسلوب على الشواطئ للوصول إلى أهداف تحت سطح البحر (الشكل I.7).



الشكل I.7: توجيه البئر من الاتجاه الشاقولي بزاوية ميل ثابتة للوصول إلى الهدف.

4-2-2- التوجيه الأفقي: أي حرف وجهة البئر الشاقولية بزاوية 90 °درجة للوصول إلى الهدف بإزاحة أفقية كبيرة عن مكان الحفر، أو عند الرغبة في زيادة إنتاجية البئر الواحدة (الشكل I.8).



الشكل I.8: حفر الآبار الأفقية

4-2-3- التوجيه المتعرج: تحفر البئر بزاوية ميل محددة، ثم يعدل الحفر شاقولياً، ثم تعاد إمالته مجدداً وهكذا. ونادراً ما يُلجأ إلى هذا الأسلوب؛ لأنه يزيد الاحتكاك بين أنابيب الحفر وجدار البئر، إلى جانب صعوبات عمليات الضخ والإنتاج فيما بعد.

4-2-4- الحفر المائل: تُستخدم في هذه الحالة أجهزة حفر متخصصة، بحيث تكون زاوية ميل برج الحفر derrick مساوية زاوية ميل البئر(أي أكبر من الصفر) من بداية الحفر[-5 -6-7]

5- سوائل الحفرFluids Drilling :

وتُسمى في بعض الاحيان بطين الحفر Mud Drilling بسبب مظهرها ويعود ذلك الى الطين الذي يضاف الى أغلبها . فهو عبارة عن مائع يحتوي على مواد صلبة مثل ال (bintonit ,barait) ومواد اخرى تضاف حسب الطبقات الارضية وحسب الحاجة، وهذه المواد الصلبة هي عبارة عن مواد كيميائية مطحونة تخلط بالماء لتكون سائل غليظ . وأثناء عملية الحفر يتم ضخ هذا السائل بواسطة مضخات ضخمة حيث تقوم مضخات الطين الى ارسال طين الحفر او سائل الحفر إلى أنابيب الحفر عن طريق صمامات تتحكم بمرور الطين الى انابيب الحفر او ما يعرف بخيط الحفر

يخرج سائل الحفر عن طريق ثقوب تعرف ب(nozzels) او رأس عمود الحفر بما يعرف ب ال (Bit) ليندفع في قاع البئر صاعداً السطح حاملاً معه الفتات الصخري الناتج من عملية الحفر

وعلى السطح يمر الطين على مرشح يفصل الفتات الصخري عن الطين. ومن ثم يدفع الطين مرة أخرى إلـى تجويف أنابيب الحفر ليعاود الكرة ويكون ما يعرف بدورة طين الحفر. وتعتبر عملية تدوير سائل الحفر واحدة من العمليات الاساسية في الحفر حيث تبدأ عمليات تدوير سائل الحفر من خزانات الطين بعدها تبدأ عملية ضخ سائل الحفر الى داخل البئر عن طريق مضخات احدهما مضخة رئيسية والثانية مضخة ثانوية وقد يصل عدد المضخات الى 3 مضخات حسب عمق البئر

الشكل I.9: يوضح سائل الحفر

6- أهمية سوائل الحفر:

1. يعمل على معادلة ضغط الطبقات Pressure Hydrostatic اثناء الحفر وذلك لمنع حدوث تسريب للسائل داخل الطبقة.

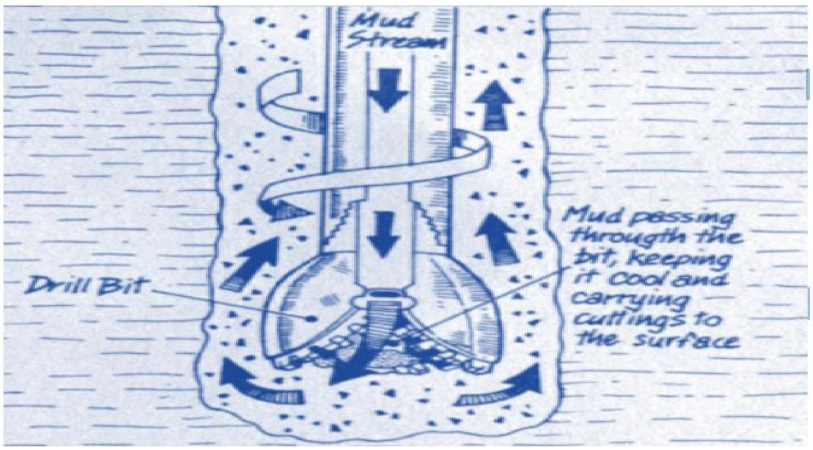
2. يعمل ع تبريد دقاقة الحفر Bit Drill فنتيجة الاحتكاك Bit المستمر بالصخور تتولد حرارة عالية تؤدي الى تلفها وتقليل مدة اشتغالها مالم يتم تبريدها بإستمرار.

3. يعمل على حمل الفتات Cuttings والقطع الصخرية التي يتم حفرها من البئر ويصعد بها الى سطح البئر لتمر عبر أجهزة الفصل.

4. يستخدم سائل الحفر اثناء حفر البئر وذلك لتعويض ما يتم ازالته من الطبقات حتى لا يحدث انهيار للبئر.

5. يعمل كمزيت حيث يقلل من قوى االحتكاك المختلفة الناتجة من العمليات في داخل البئر.

6. تسليط ضغط ساكن على جدار البئر لمنع التهدم أو للتقليل من تهدم الجدران بسبب تواجد بعض الطبقات الرخوة والطبقات المتميئة التي تمتز الماء وتندفع الى داخل التجويف وتبدأ بالتساقط.



الشكل I.10: يوضح عمل سائل الحفر اثناء الحفر

7-مواصفات وخواص سوائل الحفر:

إن معرفة ودراسة مواصفات وخواص سوائل الحفر لها اهمية كبيرة (لعلاقتها المباشرة بوظائف سائل الحفر وتهيئة واختيار سائل الحفر المناسب للحفر في ظروف معينة.)

7-1- الكثافة(density):

تعرف الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجوم . وتقاس بالحقل بوساطة ميزان الطين (Balance Mud) ووحدتها (cm/gm).

وتعتبر كثافة سائل الحفر في غاية الاهمية حيث ان لها علاقة مباشرة بالضغط الساكن pressure hydrostaticلعمود سائل الحفر الذي يسيطر على ضغط موائع الطبقات ، فإنخفاض الكثافة اقل من الحد

المناسب قد يسبب الانفجار (Out Blow) والارتفاع الزائد في الكثافة قد يؤدي الى تشقق الطبقات الضعيفة وحدوث فقدان لسائل الحفر.

7-2- اللزوجة(Viscosity):

تعرف اللزوجة بأنها مقاومة المائع للحركة اضافة الى الكثافة فان من اهم مواصفات سائل الحفر التي يجب السيطرة عليها اللزوجة (Viscosity) والقوة الهلامية(Strength Gel)

حيث ان لها عالقة بما يأتي:

1.ازالة الفتات

2 .تقليل التأثيرات على التجويف المحفور إلى الحد الآدنى

3 .إبقاء الفتات ومواد تثقيل الطين بحالة عالقة عند توقف دورة الطين

4.للزوجة عالقة مباشرة بخصائص الجريان لسائل الحفر وفقدان الضغط في المنظومة

الشكل I.11: يمثل قمع مارش لقياس اللزوجة

من احدى طرائق قياسها بالحقل :تتم بوساطة قمع مارش (Funnel Marsh) حيث يتم حساب المعدل الزمني لجريان كمية محددة من سائل الحفر ووحدتها ثانية .

الشكل I.12: يمثل جهاز قياس اللزوجة

وان هذه الطريقة التي تقيس اللزوجة الحقيقية انما تعطي دليل يمثل لزوجة السائل النسبية . لقياس اللزوجة بصورة أكثر دقة وعلمية يستعمل مقياس اللزوجة الدوراني (Viscometer Rotational) وهذه الاجهزة تقيس اللزوجة بوحدة (centi poise) .

7-3- اللزوجة البالستيكية(PV(Viscosity Plastic :تمثل جزء من مقاومة السائل للجريان بسبب الاحتكاك الميكانيكي والذي يحدث بين (االجزاء الصلبة ،الاجزاء الصلبة والسائل المحيط بها ،السائل نفسه) وللاغراض العملية فأن قيمة اللزوجة البلاستيكية تعتمد على (لزوجة السائل الاساس ،تركيز الاجزاء الصلبة في السائل ،حجم وشكل الاجزاء الصلبة) تزداد اللزوجة البالستيكية بزيادة

تركيز الاجزاء الصلبة في سائل الحفر ويتم تقليلها اما بتخفيف السائل بالماء او بأزالة المواد الصلبة ميكانيكيا.

7-4- نقطة الخضوع او المطاوعة(YP(Point Yield : تمثل الجزء الثاني من مقاومة الجريان لسائل الحفر فهي مقياس للكهروكيمياوية او قوى تجاذب الجسيمات الصلبة الموجودة في السائل .هذه القوى هي نتيجة للشحنات الموجبة والسالبة المتمركزة على او بالقرب من سطح الاجزاء الصلبة .قيمة المطاوعة هي قياس لهذه القوى تحت ظروف الجريان وتعتمد على

1.حجم وتركيز الاجزاء الصلبة في السائل

2. .خواص سطح الاجزاء الصلبة:

3.الوسط الكهربائي لهذه الاجزاء تزداد قيمة المطاوعة بأضافة المواد الصلبة الفعالة كالبنتونايت والبوليمر وتقل بمعالجتها كيمياويا بإضافة المخففات (Thinners) حيث تمتصها المواد الصلصالية فتقل قوى التجاذب (تعادل الشحنات) وبالتالي تقليل (YP).

7-5- PH /:

ويقاس باستعمال ورق يتغير لونه حسب نسبة(PH) وكذلك هناك جهاز كهربائي لقياسه

ملاحظة:-

الماء محلول متعادل (أي غير قاعي وال حامضي) ومقدار PH له يساوي (7) أما بالنسبة للمحاليل القاعدية يكون من (14_8) وللحامضية يكون من (6 – 1) أن الطين قاعدي ألن جميع المواد الكيمياوية المستعملة اليحصل بها تفاعل كيمياوي ما لم يكون المحيط قاعدي لذلك قبل البدء بعمليات الخلط يضاف مادة الصودا الكاوية (soda costic) لجعل المحيط قاعدي

7-6- الراشح وعينة الطين(un échantillon Mud & Losses Filtration):

ويقصد بكمية الماء ب(cm3) المرشح خلال ورقة مسامية(Paper Filter)بعد تسليط ضغط على عينة من الطين بمقدار وزمن معينين . ويتم الفحص بواسطة جهاز الترشي (Press Filter)وكذلك يتم قياس سمك عينة الطين بالمليمتر.

7-7- محتوى الرمل(Content Sand):

يجب ان التزيد نسبة الرمل Content Sand في الطين عن 4-3 % لأن الرمل مادة صلبة خاملة تسبب التآكل خطوط الطين System Mud وانابيب الحفر String Drilling كما انه يزيد من

سمك قشرة الطين un echantillon Mud ان استعمال مخففات اللزوجة Thinners يساعد على ازالة الرمال وكذلك أجهزة طرد الرمل الميكانيكية Desander تستعمل لتنقية الطين من الرمل.

8- ما هو الفرق بين سوائل الحفر المحمية والغير محمية Muds Inhibitive -Non And Inhibitive؟:

انطلاقا من أن أهم وظيفة لــ سائل الحفر هو حماية الطبقات من الانهيار والتهدم Caving أو الأنتفاخ Swellingوهذا يحدث عندما يتفاعل الماء في سائل الحفر مع هذه الطبقات لهذا وجب أن تكون هناك مواد كيميائية معينة تعمل على منع تسرب الماء لهذه الطبقات وأيضا تحملي هلذه الطبقات كأن تغلف سطحها الخلرجي بعد حفره بطبقات كيميائية واقية Film أو تعمل على تغليف الصخور المحفورة Cuttings وتساعد في أخراجها وبالتالي تنظيف البئر إضافة هذه المواد لسائل حفر ذو أساس مائي WBM يتكون من الماء والبنتونايت يجعله يتحول Converted من سائل حفر غير محمي إلى سائل حفر محمي وهي أشبه بــالمضادات الحيوية في عالم الطب وعلى كل حال سوائل الحفر المحمية كثيرة فهذه المواد قد تكون لها أهداف عدة أهمها كبح او منع الطبقات الحساسة مثلSalt , Shale

9- انواع سوائل الحفر(Drilling Fluids Types) :

9-1- الطين ذو االساس المائي(WBM (Mud Base Water :

وتعبير الاساس يشير الى سائل حفر يكون الماء فيه هو الطور السائل (Phase Liquid) هذا الطور الذي يحوي على مواد معينة بحالة ذات لزوجة قليلة واخرى ذائبة . ويعتبر من اكثر االنواع شيوعا واستخداما ويرجع ذلك الى المميزات التي يتمتع بها هذا النوع عن جميع الانواع الاخرى والمتمثلة في انها رخيصة الثمن ويمكن الحصول عليها بسهولة كما انها غير ملوثة للبيئة ويمكن التخلص منها بسهولة . لكن يتمثل العيب الوحيد فيها انها لا يمكن استخدامها في حاله الاقتراب من المصيدة التي يوجد بها نفط حيث انها طبقا للكثافة فأنها تعمل على افساد خزان النفط وتترسب بقاعه الامر الذي يحتاج الي عمليات فصل للنفط عن الماء مما يزيد من كلفة تكرير المواد البترولية ويقسم الطين ذو الاساس المائي الى قسمين رئيسين هما طين الماء العذب وطين الماء المالح.

طين الماء العذب : Mud Water Fresh يشمل كافة انواع االطيان ذات االساس المائي والتي ال يزيد تركيز االمالح (NaCl) فيها عن (10,000)جزء بالمليون من (1 ٪)

اطيان الماء المالح : (Muds Water Salt (تشمل اطيان الماء المالح سوائل الحفر التي يزيد تركيز ملح كلوريد الصوديوم فيها عن (10,000)جزء بالمليون او(1 ٪) .

9-2- الطين ذو ألساس الزيتي(OBM (Muds Based Oil :

هو الطين الذي يكون السائل الاساسي فيه هو النفط (الديزل)، ويمكن أستخدامه في درجات الحرارة العالية والطبقات الحساسة للماء ويكون على نوعين الاول يكون مستحلب زيتي خارجي يحتوي على الماء المستحلب بنسبة تصل الى 50%، والثاني أساس زيتي يحتوي على القليل من

الماء تقريبا بنسبة تتراوح 5-7 ٪ .ويتميز هذا السائل بخصائص جميلة وكفاءة عالية جدا لكنه يعتبر غالي التكلفة اذا ما تمت مقارنته باستخدام المياه وكذلك من عيوبه ايضا انه يصعب التخلص من السائل بعد انتهاء عمليات الحفر حيث يكون الماء سهل جدا في عمليات التخلص منه لكن النفط يمكن ان يتسبب في

التلوث البيئي خصوصا في عمليه الحفر في البحار والمحيطات . للطين ذو الاساس النفطي مستوى يجب ان يؤخذ بعين الاعتبار وهو:

1- قابليته للاشتعال

2- قابلية الغازات الهايدروكاربونية للذوبان في الطين النفطي مما يؤدي الى التأخر في تشخيص الرفسة الغازية Kick Gas وهذا قد يؤدي عدم السيطرة على البئر.

3- انخفاض في معدل الاختراق لقلة الراشح الطين (Loss Fluid)

4- الكلفة العالية لتحضير الطين النفطي

9-3- الاطيان المستحلبة (Muds Emulsion):

فكرة عن نظرية المستحلبات: تتكون المستحلبات من قطرات سائل معين مشتتة (Dispersed)ضمن سائل آخر . وهذا ينطبق على الاطيان المستحلبة باعتبارها تحضر من سائلين لا يمتزجان Liquids Immiscibleهما الماء والنفط . تقسم الاطيان المستحلبة إلى نوعين هما:

1.مستحلب النفط في الماء (Emulsion Water in Oil)

2.مستحلب الماء في النفط (Emulsion Oil in Water)

عند اضافة النفط الى الطين لتكوين مستحلب، يطفو النفط على سطح الطين ليشكل طورا منفصلا الامر الذي يتطلب تحريكه باستعمال الخالطات العمودية لغرض تشتيته . ان التحريك سيجزء النفط الى قطرات صغيرة في الطين وللحصول على مستحلب جيد يجب تقليل حجم هذه قطرات الى اصغر ما يمكن وابقائها بحالة مشتتة لمنع تجمعها، يجب أن يمتاز النفط المستعمل في تحضير الاطيان المستحلبة ببعض المواصفات من اجل سلامة العمل ولزيادة استقرار المنظومات المستحلبة . فعند استعمال النفط الخام يشترط فيه ما يأتي:

1- ان يكون خال من المركبات ذات التطايرية العالية (Materials Volatile) لتجنب خطر الحرائق عند اضافته الى منظومة الطين.

2- يكون محتوى الاملاح واطئا لتجنب تلوث الطين بالملح وما يصاحبه من ارتفاع اللزوجة والقوة الهالمية.يمكن تحويل اي نوع من أنواع الاطيان ذات الاساس المائي الى طين مستحلب Mud Emulsion باضافة الكمية المناسبة من النفط وعامل الاستحالب Emulsifier وتتراوح كمية النفط المضافة الى الطين بصورة عامة من 5 ٪ الى إن هذه الاطيان المستحلبة التي تعتبر منظومات طين خاصة ولكن ينظر إليها بشكل رئيسي كوسيلة لتحسين مواصفات الاطيان ذات الاساس المائي . ويمكن احتواء إيجابيات الاطيان المستحلبة بما يأتي:

1.زيادة معدل الاختراق

2.التقليل من معدلات الترشيح

3.تحسين ثبات التجويف

4.التقليل من الاحتكاك والعزم الدوراني لخيط الحفر بزيادة خاصية التزييت للطين حيث تقلل من ظاهرة التكور (Balling)[8]

10- مفهوم أحواض النفايات الناتجة عن عملية الحفر:

ينتج عن عملية حفر البئر مجموعة من النفايات التي تؤثر سلبا على البيئة بمختلف العناصر المكونة لها، وهذه النفايات عادة ما يتم التخلص منها في أماكن خاصة عن طريق حفر الحفر وتدعى بأحواض النفايات Les Bourbiers والتي تكون مبطنة بواسطة غلاف بلاستيكي من أجل حماية المياه والتربة بدون غلاف بلاستيكي، وقد تكون هذه الأحواض لنشاطات حفر الآبار أو لنشاطات الوحدات الإنتاجية مثل وحدات الإنتاج ومعامل التكرير.

11- التكنولوجيا لمعالجة نفايات الحفر:

زاد الاهتمام في الآونة الأخيرة بالقضايا والمشاكل البيئية من طرف المؤسسات النفطية في سبيل تحقيق المسؤولية البيئية والاجتماعية، الأمر الذي أدى بالقائمين والمنساندين بالبيئة إلى البحث عن أساليب وتكنولوجيات تجسد آلية لإنتاج نظيف لمنع التلوث والمساعدة على المحافظة على البيئة. وفي مجال مراحل الصناعة النفطية خاصة فيما يتعلق مرحلة الحفر والتنقيب تم استحداث العديد من التكنولوجيات لمعالجة النفايات الناتجة عن هذه المرحلة والسعي إلى تطويرها وكذلك لتنفيذ آلية الإنتاج النظيف.

12-تلوث التربة:

تتلوث التربة عادة نتيجة العمليات المختلفة أثناء الاستكشاف والحفر والإنتاج النفطي، مثلا أثناء عملية الحفر تستخدم سوائل الحفر، هذه السوائل عادة ما تختلط بالتربة وتؤدي إلى تلوثها، ويمكن تقسيم تلوث التربة على النحو التالي:

-تلوث التربة بالنفايات والمواد القابلة للاشتعال.

-تلوث التربة بالنفايات المشعة.

-تلوث التربة بمخلفات مصانع تصنيع النفط مثل مصافي التكرير بما فيها الأوحال المتراكمة في الخزانات والأنابيب.

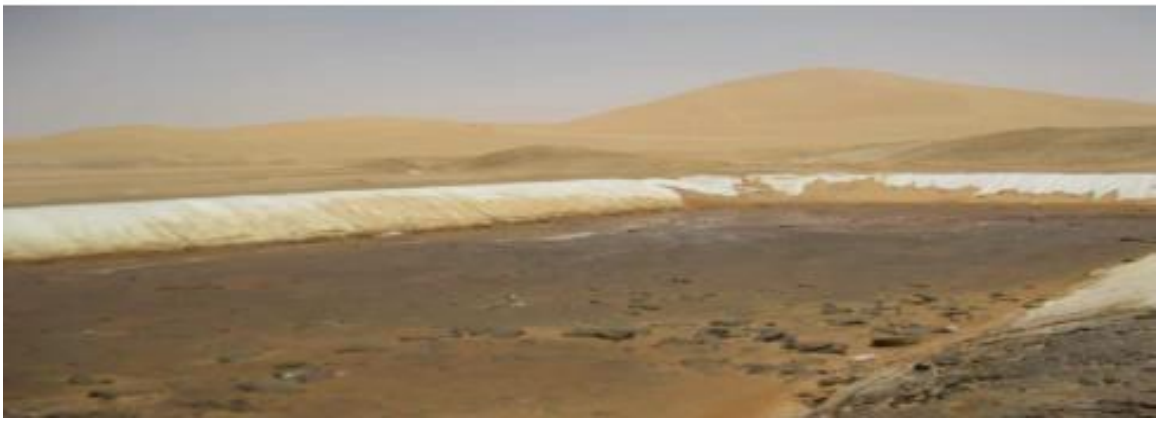
13-أنواع المعالجات:

13-1-معالجة سوائل الحفر:

13-1-1-مرحلة عزل الزيت عن الماء:

القيام بعزل الزيت بمختلف أنواعه وعزله عن الماء واسترجاعه لإعادة تصفيته، ويتم امتصاص الزيت وعزله عن الماء ومختلف الملوثات الأخرى عن طريق وحدة معالجة السوائل، ثم يتم تخزينها في خزانات خاصة تدعى (Oil Bac) أين تتم عملية المعالجة الكيماوية بإضافة مواد كيماوية أخرى من أجل إعادة تركيزها وإعادة استعمالها في مجالات أخرى خاصة في خليط الحفر بغرض زيادة اللزوجة حيث تقدر نسبة الزيت في خليط الحفر 0.85% (نسبة لوزن الزيت حسب آلة خاصة) وهذا في سوائل الحفر اللامائية حسب طبقات الأرض التي سيتم حفرها.

13-1-2- مرحلة تصفية المياه : بعد عزل الزيت عن الماء يتم عزله عن بقية الملوثات الأخرى بالرمل، فتاة الصخور، الطين، الملح...الخ، تتم عملية المعالجة الكيماوية للمياه وتحليل نسبة الأكسجين وتكييفها من أجل إعادة استعمالها في الحقن لإنتاج النفط الخام أو استعمالها في خليط الحفر بنسبة1% (نسبة وزن الماء حسب آلة خاصة.



الشكل I.13: صورة توضح أحواض النفايات الحفر بعد نشاط الحفر البئر النفط

13-1-3- مرحلة تجميد المواد الصلبة:

بعد عمليتي العزل للزيت عن الماء وتصفية الماء من أحواض النفايات بصفة نهائية، حيث تبقي بعض الزيوت الملتصقة بالمواد الصلبة والمعادن الثقيلة مثل الباريط أين يتم تثبيتها**[9]**

13-2- معالجة المواد الصلبة:

13-2-1- مرحلة المعالجة الحرارية:

في هذه المرحلة يتم وضع المعادن الثقيلة وفتاة الصخور وطين الحفر للمعالجة الحرارية في فرن خاص تحت درجة حرارة عالية من أجل نزع الزيوت اللاصقة بفتاة الصخور وطين الحفر**[10]**

13-2-1-1- وصف عملية المعالجة:

يتم تفريغ البقايا في قمع مخروطي(hopper)ثم يتم نقلها الى الفرن (drum) ليتم حرقها بدرجة حرارة 570° لتتحول القطع إلى رماد والغازات إلى غبار. توجه المواد الصلبة إلى للتبريد وطرحها في البرية

بنسبة (1% زيت)في مخرج الفرن الآخر يمر الماء، الزيت، الغبار ليتم تغيير درجة حرارتم بمروحيات مزودة بمكثفات لتمنع تنقلها الى الطبيعة.

بقية الماء والزيت يتم إدخالهم في فاصل ليتم عزلهم لعدة إستعمالات:

1-النفط المعزول يتم تشغيل الفرن به

2-الباقي يتم إستعماله لأشياء أخرى أما الماء إما يتم إستعماله في pug mille أو لإستعمالات اخرى، والشكل الموالي يوضحها:

الشكل I.14: تبين وحدة المعالجة الحرارية بحاسي مسعود

13-2-2- مرحلة المعالجة الفيزيوكيميائية:

بعد مرحلة المعالجة الحرارية يتم وضع المواد الصلبة ليتم طحنها إلى فتاة صغيرة وإضافة كمية من الماء من أجل الحصول على خليط، وذلك بزيادة مادة سيليكات الصوديوم وإضافة الاسمنت ليقوم بالتثبيت والنتيجة الأخيرة المتحصل عليها عبارة عن خليط اسمنتي يستعمل لتعبيد الطرق أو لصناعة المنصة ـأو قاعدة حول البئر المكتشف لتهيئته لمرحلة الإنتاج**[11]**

الشكل I.15: صورة توضح عملية المعالجة الفيزيوكيميائية.

13-2-2-1- وصف عملية المعالجة:

يتم نقل القطع عبر هزاز، ثم تحميلها خلاط سعته M3 2.3.في هذا الأخير يتم خلط القطع ببطء مع الإسمنت ليستقر. لجعل الخليط خامل فورا (مستقر) يتم إضافة السيليكات بحيث كل م 3من القطع يحتاج من 10 الى 15لتر من السيليكات، بحيث يتم تحضير السيليكات مع الماء في مضخات يجب الأخذ بعين الإعتبار القاعدة التالية لتحقيق الإستقرار:

لكل 1م3 من القطع التي هي ذات قاعدة زيتية يجب أن تضاف حوالي 100/125كغ من الإسمنت.لكل 1م 3من القطع التي هي ذات قاعدة عالية الملوحة يجب أن تضاف حوالي 150/100كغ من الإسمنت[12]

الشكل I.16: صورة توضح أحواض النفايات الحفر بعد عملية المعالجة.

13-3-الأهداف الأساسية من معالجة سوائل الحفر:

1- تقليل نسبة الزيت او التلوث بعد المعالجة الى أقل او يساوي 5%.

2-إعادة إرسال اقصى حجم ممكن من سائل الحفر منزوع التلوث في نظام الحفر.

3-معالجة سائل الحفر منزوع التلوث عن طريق جهاز الطرد المركزي من أجل التقليل من (Systeur LGS (laba gaz على قدر الإمكان **[13]**

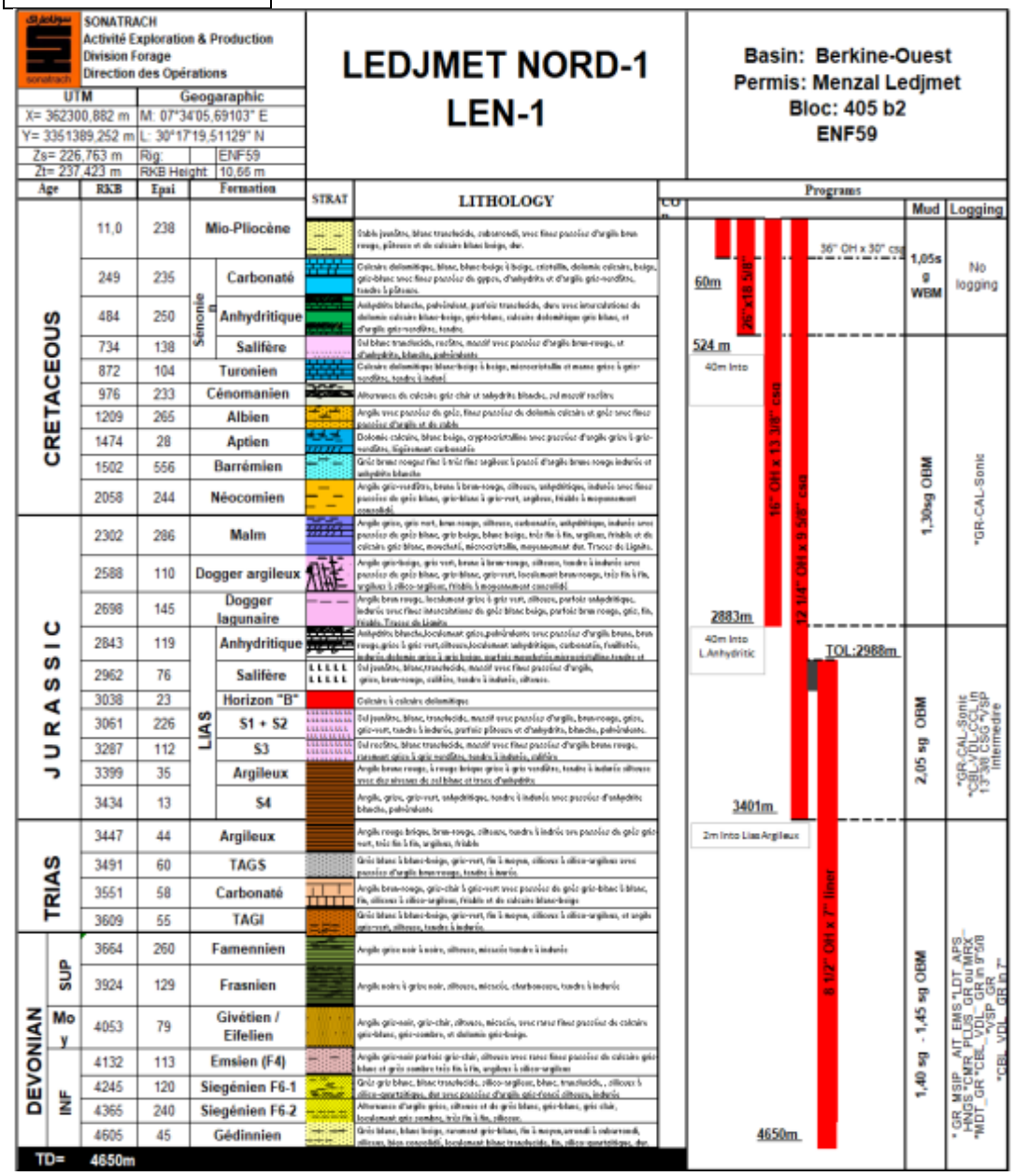
14- حجم الرمال المستخرجة من بئر واحد:

ان الرمال المستخرجه من ابار البترول جراء عمليه الحفر تعتبر كميه كبيره لا يستهان بها من ناحيه الحجم ولكن يبقى المشكله الوحيد هو تلوث هذه الرمال بواسطه سائل الحفر الذي يساعدنا في عمليه الحفر استخراج الرمال والجدول الاتي يبين حجم هذه الرمال المستخرجه من بئر واحد:

الجدول II.1: حجم الرمال المستخرجة من بئر واحد

المرحلة	القطر (المتر)	العمق(المتر)	الحجم (م3)
01	0.762	من 0الى 60 م	27.35 m3
02	0.6604	من 60 الى524 =464م	158.85m3
03	0.4064	من 524 الى 2883 =2359 م	305.85m3
04	0.3048	من 2883 الى 3401 =518 م	39.37m3

05	0.2032	من 3401 الى 4650 = 1249 م	45.70m3
			2x577.12m3
			1154.24m3



الشكل I.17: نموذج الرمال المستخرجة من بئر نفط منطقة بركين حاسي مسعود[14]

15- تأثير الصناعات البترولية على البيئة:

تعد البيئة الارضية من أهم العناصر المكونة للبيئة بما تحتويه من ثروات طبيعية، علاوة على أنها مكان استقرار نشاط الانسان، ولبيان الاثار التي يخلفها قطاع المحروقات على البيئة يجب تحديد المقصود بالتلوث الذي يطرأ عليها، ثم بيان أهم الملوثات التي تصيبها نتيجة النشاطات المتعلقة بقطاع المحروقات.

15-1- المقصود بتلوث البيئة :

تعتبر التربة دعامة أساسية لمختلف نشاطات الانسان حيث تعرف على أنها تلك الطبقة[15] السطحية من القشرة الارضية سواء في الحالة الطبيعية أو عند تعديلها على أنها تلك الطبقة الهشة التي تغطي صخور القشرة الارضية، وتتكون من مزيج من المواد المعدنية والعضوية والماء، وهي من أهم مصادر الثروة الطبيعية المتجددة، كما [16] تعتبر إحدى أهم المقومات للعديد من الكائنات الحية، ويقصد بتلوث التربة إدخال أجسام غريبة عن التربة ينتج عنها تغير في الخواص الكيميائية أو الفيزيائية أو البيولوجية مما يؤدي الى التأثير في الكائنات الحية التي تستوطن التربة، أو العمليات التي تكون التربة جزء منها كالزراعة وغيرها ويرى البعض أن تلوث البيئة الارضية يعني تلوث التربة بأن تضاف الى مكوناتها مواد غريبة عنها، أن تزيد نسبة الاملاح فيها حيث تسبب بذلك تغييرا في خواصها الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية، تلوث التربة نتيجة تجمع النفايات والمخلفات سواء في الطبقة الحيوية أو السطحية من الارض يحدث تغييرا تدريجيا في التركيبة الكيميائية للتربة، والتي تؤدي الى تشويش واختلال وحدة هذا الوسط وبتنقل هذه المواد من التربة الى الكائنات الحية يؤدي ذلك النتائج وخيمة.[17]

15-2- تلوث التربة بالمحروقات:

تظهر تأثيرات النشاطات المتعلقة بقطاع المحروقات على التربة ابتداء من انطلاق عمليات الحفر وأعمال تهيئة المنطقة المقام فيها مجمل الاشغال، ولعل أهم ما يتم إعداده في هذه المرحلة مجموعة من الحفر قصد طرح النفايات فيها، ويصاحب ذلك تأثير على التربة نتيجة انضغاطها وانخفاض خصوبتها، لاسيما حال عمليات الاستخراج في المناطق الزراعية، بالإضافة الى عمليات التعقيم.

الشكل I.18: يوضح تسرب للنفط وتلويثه للتربة

بواسطة المبيدات لمواقع الحفر والانتاج لمنع نمو النباتات للحيلولة من اثار حرائق يؤدي الى تلوث التربة بهذه المبيدات التي تبقى لعدة سنوات كما يمكن أن تحدث الانكسارات في أنابيب النقل فتلوثها، إضافة الى أن تغيير تركيب التربة يؤدي الى التأثير على الكائنات الحية الدقيقة وخاصة جذور النباتات.[18]

خلاصة الفصل

الرمال هي من بين الموارد الطبيعية الأكثر توفرًا وتنوعًا في الطبيعة، حيث تتنوع في أشكالها وأحجامها، تختلف خصائص الرمال وفقًا لمصدرها واحتياجات استخدامها المختلفة، وتظهر بأشكال هندسية متعددة مثل الأشكال الدائرية والزاوية والناعمة والخشنة، مما يضفي تنوعًا على تطبيقاتها.

تلعب الرمال دورًا مهمًا في تعزيز الخصائص الميكانيكية للخرسانة مع مرور الوقت، ولكن بعض الأنواع تواجه مشكلة التدرج الجيبي التي تؤثر على جودة الخرسانة. وتتكون الرمال المستخدمة في صناعة الخرسانة من نوعين رئيسيين: الطبيعية والصناعية. الرمال الطبيعية تشمل تلك المستخرجة من الأنهار والبحار والمحاجر، في حين تتمثل الرمال الصناعية في الرمال المنتجة عن طريق تكسير كتل الجبس المنصهر في الأفران الفولاذية.

من الواضح أن هناك حاجة ملحة إلى استكشاف بدائل مستدامة ويتضح هذا في استخدام رمال حفر الابار البترولية في صناعة البناء بهدف الحفاظ على البيئة وتعزيز الاستدامة. يعد استخدام رمال حفر آبار النفط كخيار واعدًا وجديدًا، حيث يمكن أن يسهم في تقليل الاعتماد على الموارد الطبيعية وتحقيق التوازن البيئي.

الفصل الثاني

خرسانة الرمل

مدخل

الخرسانة الرملية هي مادة تثير اهتمامًا متجددًا اليوم، على الرغم من استخدامها الأقل شيوعًا في الماضي بسبب إمكانية الوصول إلى الحصى ذات الحجم الأكبر للحصول على مقاومات عالية. تميز خصائصها الخاصة مثل سهولة التعامل والتماسك الممتاز، وقدرتها على التكيف مع البيئات التي تحتوي على كميات عالية من الحديد التسليح، بالإضافة إلى جودتها الجمالية، مما يجعلها مادة جذابة. بالإضافة إلى ذلك، في المناطق الغنية بالرمل، يمكن أن توفر الخرسانة الرملية توفيرات مالية مقارنة بالخرسانة التقليدية.

1-تعريف خرسانة الرمل:

تتميز الخرسانة الرملية عن الخرسانة العادية بشكل رئيسي من خلال استخدام حصى ذات قطر صغير، على عكس الحصى ذات الحجم الأكبر المستخدمة في الخرسانة التقليدية. في حين أن الخرسانة التقليدية عادة ما تستخدم حصى ذات أحجام تتراوح بين 16/0 إلى 22.5/0، تستخدم الخرسانة الرملية حصى ذات قطر أصغر، بحيث لا يتجاوز القطر الأقصى 5 ملم. تؤثر هذه الفارق في حجم الإسمنت المستخدم: الخرسانة الرملية عادة ما تتطلب كميات أقل من الإسمنت، تتراوح بين 250 إلى 400 كيلوغرام/متر مكعب، بينما تستخدم الخرسانة التقليدية كميات أكبر. لتحقيق أقصى درجات الكثافة، قد تحتاج الخرسانة الرملية إلى إضافة مواد رابطة إضافية (fillers) ومادة تعزيز السيولة.

يجب تمييز الخرسانة الرملية عن الجص، على الرغم من أن كلا المادتين تشتركان في تركيب مماثل. بينما الخرسانة الرملية هي خليط حيث يكون الحصى الرئيسي فيها هو الرمل بقطر يصل إلى 5 ملم كحد أقصى، يستخدم الجص كميات أعلى من الإسمنت، تتراوح عادة بين 400 إلى 600 كيلوغرام/متر مكعب.

2- تاريخها الخرسانة الرملية:

تعود تاريخ الخرسانة الرملية إلى عدة قرون، ولكن مكوناتها تطورت مع مرور الوقت. في فرنسا، يعود أصلها إلى "الخرسانة الملحومة" التي طورها كويجنيه في عام 1853، بهدف بناء هياكل أحجار مونوليتية اقتصادية ومقاومة.

كانت هذه الخرسانة تتألف من خليط بدون حصى، يحتوي على رمل ورماد وسخام من الفحم المحترق وتراب طيني محروق ومطحون وجير هيدروليكي طبيعي وكمية قليلة من الماء. تشمل التطبيقات الأولية لهذا المادة منزل كويجنيه في سانت دوني والجدار الكبير لتأيين ميدان تروكاديرو في باريس، بالإضافة إلى مشاريع في الخارج مثل منارة بورسعيد في مصر وجسر نيويورك في عام 1872.

بين عامي 1869 و1872، أثناء بناء بعض أجزاء الأحواض المائية لنهر "لا فان"، قام كويجنيه بتجربة إضافة رمل ناعم تقليدي إلى رمل لم يستخدم في ذلك الوقت، والذي كان يعتبر غير مناسب للبناء.

في الاتحاد السوفيتي السابق، استخدمت الخرسانة الرملية منذ فترة طويلة في مشاريع مثل ميناء كالينينجراد وجسر تشيرنافسكيف. على الرغم من أن التقنية كانت قد نسيت في أوروبا الغربية والاتحاد

السوفيتي السابق حوالي عام 1920، إلا أنها استعادت شعبية خلال الحرب العالمية الثانية، بفضل إنجازات ألمانيا.

في فرنسا، لم تشهد الخرسانة الرملية تطورًا حقيقيًا حتى السبعينيات والثمانينيات من القرن الماضي، بسبب وفرة الحصى ذات الحجم الكبير التي تسمح بالحصول بسهولة على مقاومات عالية. ومع ذلك، أعاد نضوج الاهتمام بالخرسانة الرملية في السبعينيات، بشكل خاص في جنوب غرب فرنسا، نظرًا لنقص الحصى الطينية وتوفر مواقع كبيرة من الرمل.

في عام 1988، تأسست جمعية ترويج وتطوير الخرسانة الرملية لتنسيق الأبحاث حول هذه المادة. تمت تجارب تجريبية لتصنيع عناصر مسبقة الصنع أو صبها موقعيًا، مما أظهر إمكانات استخدام الخرسانة الرملية في مجموعة متنوعة من تطبيقات البناء.[19]

3- مكونات خرسانة الرمل:

3-1- الاسمنت:

الأسمنت عبارة عن مساحيق دقيقة يتم الحصول عليها عن طريق الطهي على درجة حرارة عالية (حوالي 1450 درجة مئوية) وطحن خليط معدني (الحجر الجيري + الطين بشكل عام). تتكون هذه المساحيق من أملاح معدنية لا مائية غير مستقرة وتشكل مع الماء عجينة قادرة على التثبيت والتصلب تدريجيًا من خلال الترطيب، ومن هنا جاء اسم الروابط الهيدروليكية.

مثل الخرسانة التقليدية، فإن الأسمنت المستخدم في صناعة الخرسانة الرملية يتوافق مع المعيار NF P 15-301. للاستفادة الكاملة من النشاط الهيدروليكي لغرامات الإضافة، فإننا غالبًا ما نفضل CPA على CPJ لأنه في حالة الأسمنت المركب، ليس من السهل دائمًا حساب نسبة E / C الدقيقة نظرًا لأن الكمية هي الكمية الدقيقة للأسمنت. غير معروف على وجه التحديد. يعتمد اختيار الأسمنت بشكل عام على المقاومة الميكانيكية المطلوبة، وخصائص الترطيب، وقوة البيئة، وبشكل عام، الاستخدام المقصود للخرسانة. يحدد الملحق B للمعيار NF P 98-170 الخصائص المرغوبة للأسمنت اعتمادًا على الطبيعة الصخرية للركام (الرمل والحصى) ودرجة الحرارة المحيطة في وقت البناء [CIM Béton, 1995 [20]

3-2- الماء:

الشروط المفروضة على ماء الجَبْل محددة بواسطة المعيار NFP18-303 يجب أن يكون هذا الماء نظيفاً وخالياً من المواد العضوية. المعيار لا يسمح باستخدام ماء البحر إلا في حالات خاصة جداً.

يتبخر جزء من الماء عندما يتصلب الخرسانة في الهواء، لذلك تكون كمية الماء المستخدمة في الخلط الأكبر من الكمية الضرورية فقط لترطيب الأسمنت. الماء المستخدم في دراستنا هو ماء الصنبور.

3-3- الرمل:

تُعرف الرمال على أنها جميع أنواع الحصى التي تتوافق مع تعريفات المعايير NF P 18-101 و NF P 18-301.يمكن أن تكون هذه الرمال إما رمال طبيعية نهريّة أو من محاجر، أو رمال من مقالع تأتي من تكسير صخور ضخمة أو مفتتة.

لا يُشترط أي معيار خاص بحجم الحبيبات من أجل إنتاج خرسانة الرمل: يمكن استخدام رمال ناعمة (متجانسة، مثل الرمال الصحراوية) أو رمال نهرية متوسطة أو خشنة، أو من نوع (0/D) من تكسير الصخور. القيد الوحيد في استخدام الرمال يكمن في نظافتها؛ رغم أن الدراسات قد أجريت على الرمال الملوثة، إلا أنه لم يتم تطبيقها عملياً مع هذه الرمال. فبقدر ما يتعلق الأمر بنوعية التلوث، فإن تباين التلوث داخل الودائع يجعل استخدام هذه المواد صعبًا؛ فإذا تمكنا بالفعل من خلال استخدام مواد إضافية من جعل الرمال الملوثة صالحة للاستخدام، فهذا لا يعني أن مثل هذه الصيغة ستكون مناسبة لكامل الوديعة بسبب هذا التباين. علاوة على ذلك، فإن الرمال الغنية بالجسيمات الدقيقة الطبيعية تتطلب عمومًا كمية أكبر من الماء، مما يؤدي إلى انخفاض في المقاومة.في الممارسة الحالية، من الأكثر أمانًا أن نقتصر على استخدام الرمال النظيفة، كما يمكن استخدامها في صيغ الخرسانة التقليدية.[21]

3-4- الاضافات:

تحتاج خرسانة الرمل إلى بعض المواد المحسنة بأشكالها المختلفة مثلها مثل أنواع الخرسانة الأخرى. هذه المحسنات المستعملة في الخلطات الخرسانية معظمها مركبات كيميائية محايدة لا تدخل في تفاعلات مع مركبات الأسمنت.

تضفي المحسنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الخرسانة، مثل التحسين في التشغيلية الذي نحصل عليه من الملدنات بأنواعها، وبالتالي التقليل من الماء الذي تعتبر زيادته من أهم عوامل إضعاف المقاومة. كما تمكن هذه المحسنات من استعمال الخرسانة في ظل ظروف صعبة كوجود المياه أو الحرارة الشديدة وغيرها، كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة. وهي منصوص عليها بالقواعد EN NF 934-2 و A. 1 وهي أنواع عديدة منها ما هو مسرع للتصلب ومنها ما هو مبطئ ومنها ما يربط الخرسانة القديمة بالحديثة وغيرها.

3-4-1- دور المميعات أو الملدنات:

تعتبر التشغيلية أحد أهم خصائص الخرسانة الطازجة، حيث تتعلق أساسًا بتركيز الماء المستخدم. ونذكر هنا الآثار السلبية لزيادة نسبة الماء في الخرسانة:

-عزل المواد عن بعضها البعض.

-فقدان تجانس الخلطة.

-زيادة المسامية.

-انخفاض المقاومة.

-نقص في ديمومة المنشأة.

أدت هذه السلبيات التي وقفت عائقًا أمام الحصول على خرسانة ذات تشغيلية جيدة الباحثين منذ زمن قديم إلى استخدام عناصر كيميائية عضوية إضافية تساعد في جعل الخرسانة أكثر تشغيلية وذلك دون التقليل من نسبة الدمك.

ويجب أن تتوفر في المحسنات عدة شروط أهمها:

1 .يجب ألا تؤثر تأثيرًا ضارًا على الخرسانة أو حديد التسليح.

2 .أن تتناسب الفوائد الناتجة من استخدام الإضافات مع الزيادة في التكاليف.

3 .يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التي أساسها من الكلوريدات بتاتًا إلى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد أو الخرسانة التي بها معادن مدفونة.

4. يجب التأكد من مدى ملاءمة وفاعلية أي من الإضافات بواسطة خلطات تجريبية.

5- إذا استخدم نوعان أو أكثر من الإضافات في نفس الخلطة الخرسانية، فيلزم أن تتوافر معلومات كافية لبيان مدى تداخلهما والتأكد من مدى توافقهما وعدم تفاعلهما.

6- يجب مراعاة أن سلوك الإضافات يختلف باختلاف نوع الأسمنت.

3-4-2- المواد المضافة:(Les ajouts)

هي مواد تضاف إلى ماء الخلط أو إلى الخرسانة مباشرة أثناء أو قبل عملية الخلط، تكون في غالبها مشابهة في خواصها الفيزيائية والكيميائية إلى الأسمنت، وبوجود الماء أي عند إماهتها نحصل تقريبًا على نفس نتائج إماهة الأسمنت.

3-4-3- الحشو:(Filler)

يتواجد هذا النوع من المحسنات على عدة أشكال معدنية وصناعية وطبيعية، حيث يستخدم في سد الفراغات الناجمة عن الرمل في الخرسانة وذلك من أجل الحفاظ على اندماج (Compacité) عالٍ لهذه الأخيرة عن طريق خلق امتداد حبيبي مستمر. وهذا ما يعطي دفعًا إيجابيًا من الناحية التقنية، حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد، ومن الناحية الاقتصادية، حيث يقود إلى التقليل من تركيز الأسمنت في الخلطة الخرسانية.

الحشو عبارة عن بقايا مساحيق الصخور الصلبة المكسرة والمطحونة، بعضها يكون له دور فيزيائي حيث يقوم بملء الفراغات الدقيقة بين حبيبات الرمل الذي بدوره يملأ الفراغات الموجودة بين حبيبات الحصى في الخرسانة العادية ومثيلاتها، فيخلق استمرارا أو امتدادًا حبيبيًا من شأنه إعطاء كتامة عالية

للخرسانة. كما يمكن أن تلعب بعض أنواع الحشو دورًا كيميائيًا حيث تتفاعل مع الماء لتعمل عمل الأسمنت. حيث أكد كثير من الباحثين على إمكانية استبدال جزء من الأسمنت المحسوب في الخلطة الخرسانية بنسب من الإضافات التي هي عبارة عن مساحيق حشو، مثل البوزولان وفضلات المحاجر التي غالبًا ما تكون ذات طبيعة كلسية.

سامات الكبيرة، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر. [22]

4- مزايا ومجالات الاستعمال:

4-1- الاساسات:

إن استخدام الخرسانة الرملية لإنشاء الأساسات التي يتم صبها داخل القوالب المؤقتة أو في الحفر الكامل، محمية من منسوب المياه الجوفية أو خارج الماء، يشبه استخدام الخرسانة التقليدية، سواء كان ذلك يتعلق بأساسات المباني المدنية. الأعمال الهندسية أو أساسات المباني، وتظل طرق الحجم والتصميم، وكذلك أحكام البناء سارية.

بالنسبة للأساسات السطحية التي يمكن في ظروف معينة صبها تحت الماء فإن شروط استخدام الخرسانة الرملية متطابقة، سواء من حيث الخصائص أو الوسائل المراد تنفيذها، مع تلك الموضحة أدناه للأساسات العميقة باستخدام تقنية أنبوب الغمس [23]

4-2- المباني:

تأخذ الخرسانة الرملية الآن مكانها في هذه العائلات وتقدم، كما هو موضح سابقًا، خصائص محددة يمكن أن تجعلها مادة مطلوبة لاستخدام معين.

هذا هو الحال في مجال البناء حيث سنجد ميزة في استخدام المادة، لا سيما من حيث قابليتها للتشغيل (ملء جيد للقوالب، تغطية جيدة للفولاذ حتى في حالة التسليح الكثيف)، وغيابها الفصل وبشكل رئيسي بلا شك لصفات مظهره التي تسمح بتأثيرات معمارية جذابة.

4-3- الرصف:

يمكن استخدام الخرسانة الرملية في أنواع الأعمال الثلاثة المذكورة أعلاه.بالمقارنة مع الأرصفة الخرسانية التقليدية، فإن تنفيذ الأرصفة الخرسانية الرملية لا يمثل أي صعوبات خاصة. لا يلزم سوى بعض التعديلات على آلات صب الخرسانة المنزلقة.

إن استخدام الخرسانة الرملية كطبقة رصف له ما يبرره في المقام الأول من خلال التوفير المحتمل في تكلفة المواد التي يجب أن يتيح حل الخرسانة الرملية تحقيقها.

بالنسبة للرصف الصناعي، بالإضافة إلى التوفير في تكلفة المواد، فإن سهولة التنفيذ يمكن أن تبرر أيضًا اختيار حل الخرسانة الرملية.

بالنسبة لمعدات الطرق المبثوقة، يتم إجراء تحليل لكل نوع من أنواع العمل على حدة مما يجعل من الممكن تحديد الفائدة الناتجة عن استخدام الخرسانة الرملية، على سبيل المثال من حيث التكلفة وسهولة التنفيذ والجماليات، إلخ. [24]

5- خصائص خرسانة الرمل:

نستطيع تقسيمها الى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب:

5-1- خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب:

5-1-1- التراصية Compacité:

تعرّف التراصية أو اندماجية الخرسانة على أنها الحجم المشغول من طرف العناصر الصلبة بالنسبة للحجم الكلي كما ذكرنا سابقا، فهي بالتالي مكملة للمسامية.

توصل الباحث Caquot حسب ما نص عليه[25]بعد إجراء تجارب على خرسانة، إلى علاقة رياضية بين المسامية، داخل كومة حبيبية، تتميز بقطر d للعناصر الدقيقة وقطر D للعناصر الكبيرة (أنظر العلاقة (2.14)):

$$P = P0(d/D)0.2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.14)$$

P_0: ثابت تجريبي.

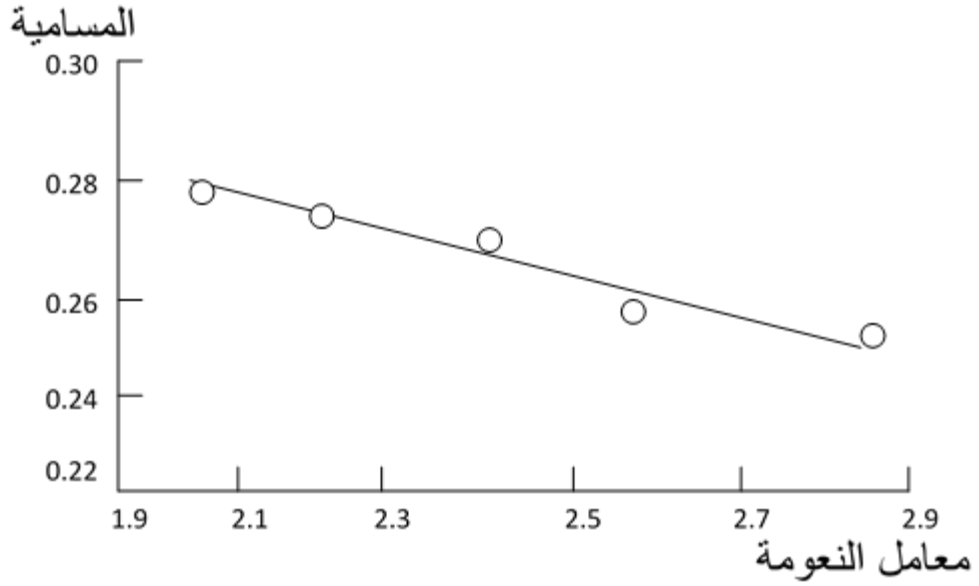
d : قطر العناصر الدقيقة.

D : قطر العناصر الكبيرة.

نشير هنا إلى أن مدى صحة هذه العلاقة يبقى محصور في الخلطات التي تكون فيها أحجام المكونات في الامتداد الحبيبي محسنة من ناحية التراصية. بعبارة أخرى، التراصية المثلى لا تتعلق فقط بالامتداد الحبيبي، بل وبالتوزيع الحبيبي للدقائق أيضا.

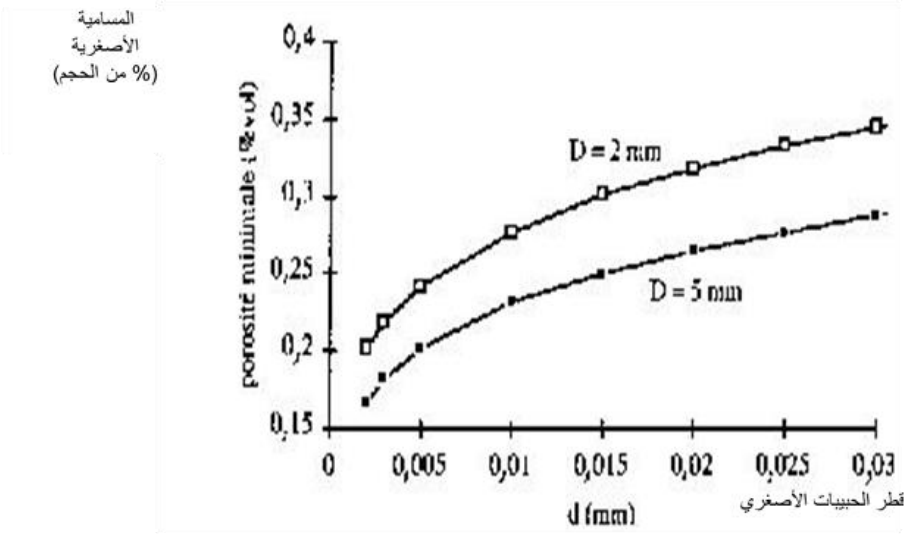
من المعلوم أن قطر الحبيبات في خرسانة الرمل يكون $D \geq 5$ مم، لذلك فإنه من الواضح أن الخليط , رمل ,اسمنت، يكون ذات مسامية عالية مقارنة بخرسانة عادية. حيث تسبب الزيادة في السطوح النوعية في خرسانة الرمل إلى الزيادة في المسامية، أي أنه كلما زاد معامل النعومة (Module de finesse) كلما نقصت المسامية (أنظر الشكل II.1) لذلك إذا أردنا الحفاظ على التراصية- اندماجية- عظمى، فالطريقة الأسهل هي الزيادة من تركيز الاسمنت. لكن تبقى هذه الطريقة غير مستحبة من الناحية التقنية، نظرا لخطر الانكماش الذي ينجم عنها، كما أن الزيادة في تركيز الاسمنت يسبب ارتفاعا في التكلفة الكلية.

في ظل هذه الشروط، يصبح من الضروري اللجوء إلى استعمال حشو ذو حبيبات مشابهة لحبيبات الاسمنت، وذلك من أجل سد جزء من فراغات الرمل، بهدف الحد من الزيادة في تركيز الاسمنت[26] والمنحنى التالي يوضح تغير المسامية بدلالة معامل النعومة :



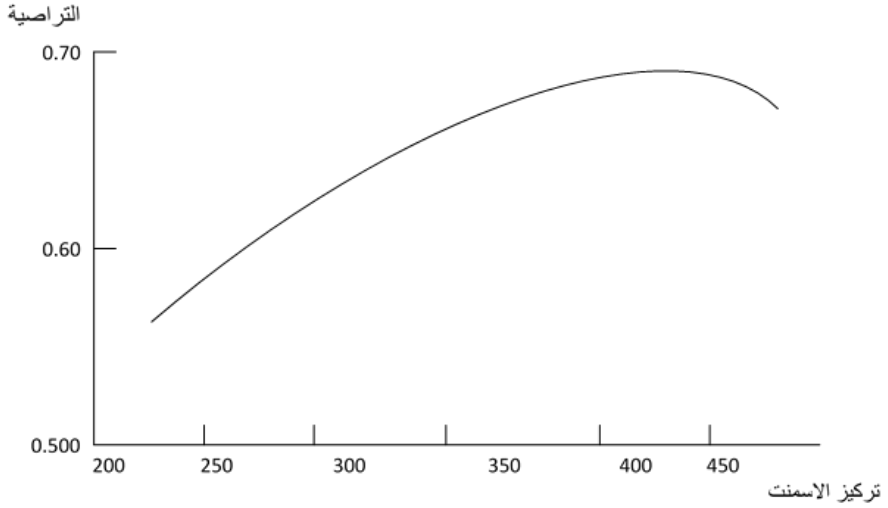
الشكل II.1: تاثير المسامية بمعامل النعومة[27]

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد معامل النعومة نقصت المسامية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن زيادة معامل النعومة يعني أن حبيبات الرمل زادت من الخشونة وبالتالي نقصت المساحة النوعية مما يستدعي نقصان المسامية.



الشكل II.2: تاثير قطر الحبيبات الاصغري على مسامية [28]

والمنحنى التالي يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت:



الشكل 3.II: يوضح تغير التراصية بدلالة تركيز الاسمنت [29]:

من الملاحظ في هذه المنحنى أنه كلما زاد تركيز الاسمنت زادت التراصية وهذا راجع كما أسلفنا الى أن الاسمنت لعب دور الحشو وملأ الفراغات بين حبيبات الرمل مما زاد في التراصية.

ان التراصيه العظمى لخليط من الخرسانة والرمل تعطى بـ 70% .

الجدول 1.II: التراصيه العظمى بدلالة [30].Dmax

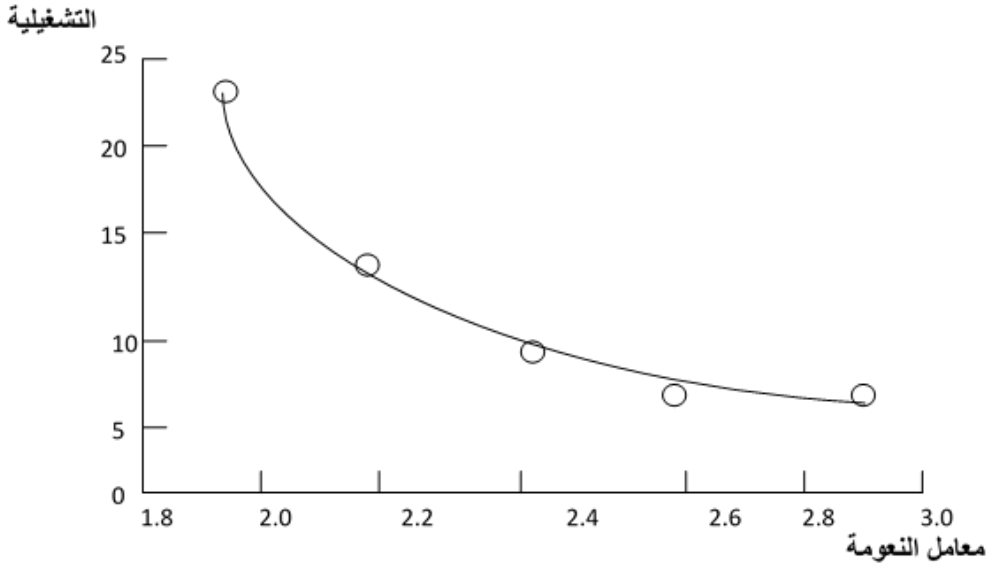
القطر الأعظمي	Dmax = 5mm	Dmax = 12.5mm	Dmax = 20mm
التراصية	0.75	0.79	0.805

5-1-2- التشغيلية Maniabilité :

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة [31]. وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة [32] كما تعرّف على أنها سهولة الخلط للخرسانة الطازجة وتجانسها وسهولة قولبتها.

وتتطلب خرسانة الرمل كميات كبيرة من المياه مقارنة بالخرسانة العادية وهذا يترجم بالنسبة E/C الكبيرة ما بين 0.6 الى 0.7 حيث أن هذه النسبة في الحالة العادية تقارب 0.5 هذه الخاصية تعود الى نعومة الخليط الكبيرة (Finesse) .

إضافة إلى ذلك فإنَّ التركيب الحبيبي يلعب دور كبير في الحاجة للماء حيث أنه كلما كان الرمل غني بالعناصر الكبيرة كلما كانت الحاجة للماء أقل أي تتحسن التشغيلية وهو ما يترجم في العلاقة بين معامل النعومة والتشغيلية في الشكل[33].



الشكل II.4: تاثير مقدار الدقائق الناعمه بدلالة التشغلية[34]

ويتضح من الشكل أنه كلما زاد معامل النعومة كلما نقص الزمن اللازم للسيلان (Temps d'écoulement) واستوجب بذلك التحسين في التشغيلية.

5-2-خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:

5-2-1-الخصائص الميكانيكية:

تعتبر المقاومة الميكانيكية أحد أهم الخصائص في الخرسانة. لذلك فإنه من الضروري، أن تؤخذ كل من مقاومة الكسر والشد والضغط بعين الاعتبار أثناء الدراسة. وفي العادة تعتمد مقاومة الخرسانة على مقاومة العجينة حيث أن مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومة العجينة ، ولذلك فان انهيار الخرسانة التقليدية يكون دائما في العجينة ويمر الشرخ حول الركام، فإذا أمكننا إنتاج عجينة ذات مقاومة عالية جدا تقترب من مقاومة الركام فإننا نحصل على خرسانة عالية المقاومة والتي يكون الانهيار فيها مفاجئ حيث يمر الشرخ بالركام وليس حوله. [35]

5-2-2- مقاومة الضغط :

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة على الإطلاق وهي تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها. ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث ان معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح**[36]**.

5-2-3- مقاومة الانحناء:

إنَّ قوة الانحناء هي مقياس غير مباشر لقوة الشد للخرسانة ويمكن تحديدها من خلال اختبار التحميل من نقطة ثالثة وتحميل نقطة المركز. على الرغم من صعوبة إجراء الاختبار بسبب مشاكل في مناولة العينات واختبارها، تُستخدم قوة الانحناء بشكل شائع في تصميم الرصيف الخرساني حيث يحاكي الاختبار انحناء الرصيف تحت حمل السيارة. أيضاً يتم تعريف قوة الإنحناء على أنها الإجهاد الأقصى الذي تظهره المادة عند الفشل بسبب الحمل المرن بثلاث أو أربع نقاط.

5-2-4- معامل المرونة:

يعرف معامل المرونة على أنه الميل لمنحنى التشوه العام مع الإجهاد ويعبر عنه بالعلاقة [37]

$$E = \frac{\sigma_{cj}}{\varepsilon} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.15)$$

حيث :

E : معامل المرونة

σ_{cj} : اجهاد الضغط المطبق يعطى ب MPa

ε : التشوه النسبي وهو يساوي ΔL/L

5-2-5- الانكماش Le retrait :

تتعرض الخرسانة والملاط إلى تغيرات مهمة في الحجم بتغير كمية الماء الداخلة في التركيبة أو رطوبة المحيط او الحرارة هذا التغير في الحجم يصطلح عليه بالانكماش وهو عدة أنواع بحسب المسبب ووقت الحدوث بالنسبة للتصلب.

نذكر أن الانكماش الحراري يحدث قبل التصلب، الانكماش اللدن (التبخر)، انكماش الاماهة بعد التصلب **[38]**.

5-2-5-1-الانكماش الحراري:

تتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت. وغالباً ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخار SteamCuring وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة. وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الاجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر. وقد يحدث إجهاد الشد الحراري شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائياً. ولكن ذلك بوجد أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة، كما أن انكماش الجفاف العادي يؤدي إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر مسبقة الصنع [39]

5-2-5-2-الانكماش اللدن:

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها. وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة **[40]**.

وتكون شروخ الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسيين في آن واحد. وفي حالة عناصر المنشآت سابقة الصب التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرها **[41]**.

5-2-5-3-انكماش الجفاف:

وينجم هذا النوع من الانكماش بسبب ظاهرة خروج الماء إلى المحيط الخارجي نتيجة قوى الشد الداخلية والخاصية الشعرية، وهو غير منتظم في كل العينة إذ أن الجوانب تكون أسرع تأثرا بهذا النوع من الانكماش من داخلها. ويتحكم حجم العينة في سرعة هذه الظاهرة.[42]

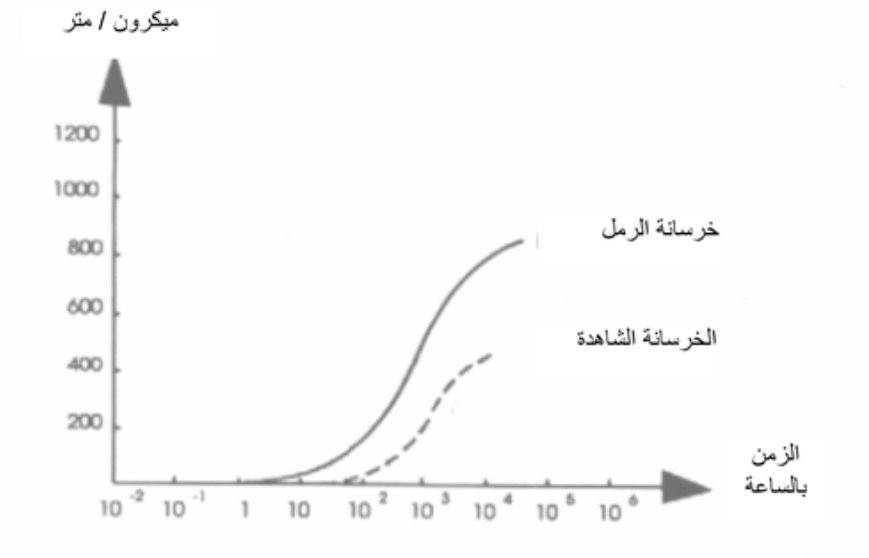
والجدول يلخص أهم أنواع الانكماش [43]:

الجدول II.2: أهم أنواع الانكماش.

النوع	الأسباب	الملاحظات	كيفية المعالجة
الانكماش اللدن (قبل التصلب)	تبخر كمية من الماء الداخل في الخرسانة	تشققات متتابعة لأن الخرسانة منجذبة داخل الكتلة	نستعمل محسن لمنع التبخر الأولي للماء
انكماش حراري (بعد التصلب)	نتيجة رجوع الخرسانة الى الحرارة العادية للمحيط وفقدها لحرارة التفاعل	نلاحظ نقص صغير في الطول	يجب تفادي التراكيز الإضافية للاسمنت
(انكماش الجفاف) (بعد التصلب)	ناجم عن نقص الحجم الذي يسببه خروج الماء بالخاصية الشعرية وتصلب العجينة التي تنتج قوى شد	يزداد الانكماش بازدياد نعومة وتركيز الاسمنت	يجب المحافظة على الدمك في الخرسانة.

فيما يخص الانكماش (Le retrait) : يمكن أن نلاحظ الشكل إذا عزلنا المادة عن المحيط الخارجي فإن الانكماش ذاتي التجفيف لخرسانة الرمل (Le retrait d'autodéssication) يكون مقارب للخرسانة العادية،

لكن إذا تركنا الخرسانة تجف في محيط غير معزول فإن انكماش خرسانة الرمل يصل إلي قيم مضاعفة لتلك في الخرسانة العادية هذه الظاهرة يمكن أن تتعلق بتوزيع ومقاسات الفراغات المختلفة داخل المادتين.

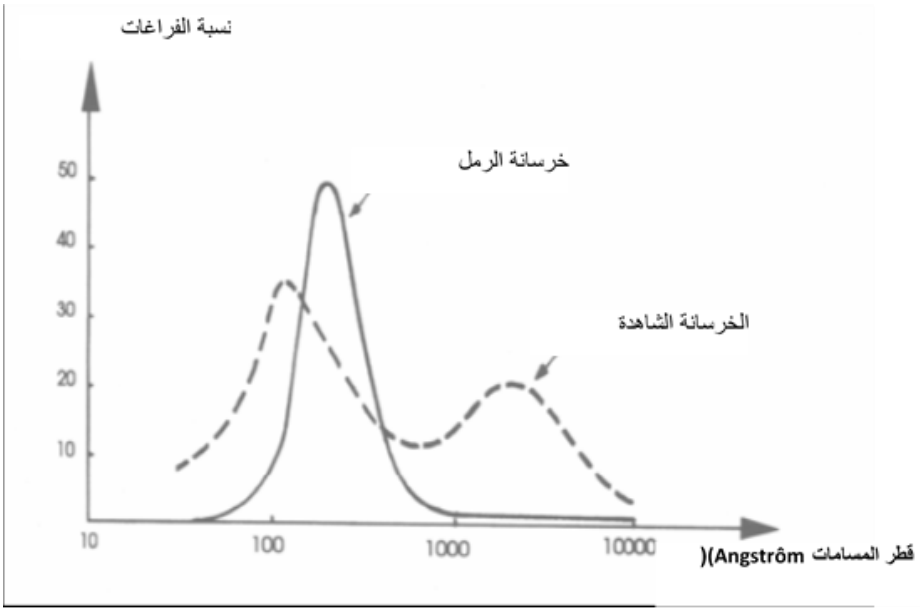


الشكل II.5: يمثل المنحنى الانكماش الكلي. [44]

5-2-6- الديمومة: (Durabilité)

عادة ما تكون ديمومة خرسانة الرمل متعلقة أساسا بالمكونات الفيزيائية للتركيبة مثلها مثل ديمومة الخرسانة العادية، كما تتعلق أيضا بالمسامية والنفاذية وتوزيع الفراغات. إضافة إلى هذا، هناك عوامل أخرى داخلية مؤثرة، كتفاعل القلويات والسلفات مما يغير من طبيعة الخرسانة، وقد تتضاعف هذه التفاعلات عن طريق التبادلات الهيدروليكية بالوسط الخارجي.

تختلف خرسانة الرمل عن الخرسانة العادية، بتركيزها العالي للرمل، وهذا ما يجعلها عموما تحتوي على أكثر عدد من المسامات ذات الأحجام الصغيرة، أي نسبة عالية من الفراغات مقارنة بالخرسانة العادية.



الشكل 6.II: يمثل منحنى توزيع المسامية بدلالة قطر الفراغات [45]

عادة ما يؤثر المحيط (الوسط الخارجي) على الديمومة بعاملين أساسين:

5-2-7- الخاصية الشعرية:

تتعلق الخاصية الشعرية أساسا بنسبة واستمرارية المسامات الصغيرة، حيث تكون الخاصية الشعرية عالية في المواد ذات العدد الكبير للمسامات الصغيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وعلى العكس إذا كانت الفراغات الصغيرة متقطعة، فأن الديمومة تكون أكثر، ونجد هذا في خرسانة الرمل المدموكة جيدا (Bien compacté).

5-2-8- النفاذية (Laperméabilité):

تتعلق النفاذية أساسا بحجم واستمرارية المسامات الكبيرة، حيث تكون النفاذية عالية في المواد ذات العدد المرتفع للمسامات الكبيرة والمتواصلة، وبالتالي ديمومة أقل، وإذا اتبعنا هذه الفرضية فنستنتج أن خرسانة الرمل تكون لها نفاذية أقل أي ديمومة أكبر.

هي الخاصية التي يمكن بواسطتها تسرب أي سائل خلال الخرسانة، والنفاذية خاصية هامة بالنسبة للخرسانة يجب تجنبها قدر الإمكان خصوصا في المنشات المائية والسدود والخزانات وأسقف الحمامات ،ومن المعروف أنه كلما زادت كثافة الخرسانة قلت نفاذيتها، لان زيادة الكثافة تدل على قلة وجود الفراغات الداخلية والممرات الشعرية .[46]

6-خصائص المواد المستعملة .

المواد المستخدمة في هذه التجربة هي: الإسمنت والرمال المعالجة بالحرارة والرمل النظامي والماء.

6-1- الاسمنت:

تم استخدام الأسمنت من الصنف CEMI42.5 NA 442 (أسمنت مقاوم للكبريتات CRS)، من مصنع الأسمنت في تبسة والتي يتم توضيح الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية لها المبينة في الجدول الشكل(II.7).

العناصر	اسمنت الماء الابيض- تبسة
الخصائص الكيميائية	(%) **Elément**
Al2O3	4.54
SiO2	20.16
Fe2O3	5.54
CaO	62.97
SO3	2.66
K2O	0,34
Cl	0.001
Na2O	0.18
PAF	0.87
RI	0.97
CaO Libre	0.69
الخصائص المعدنية	(%) Elément
C3S	68.84
C2S	6.98
C3A	2.58
C4AF	17.69
الخصائص الفيزيائية	(%) Elément
Consistance	25.59
Début de prise (min)	177
Fin de prise (min)	280
Finesse (cm^2/g)	3275
PoidsSpécifique(g/cm^3)	3.22

الشكل 7.II: الخصائص الكيميائية والمعدنية والفيزيائية للاسمنت . [البطاقة التقنية للاسمنت]

6-2- ماء الخلط:

ماء الخلط المستخدم لتحضير الخرسانة المختلفة هو ماء الشرب من الحنفية بدرجة حرارة تتراوح حوالي 20 ± 2 درجة مئوية. جودته يتمتع بالامتثال لمتطلبات المواصفة P18-303.

الملوحة	P H	P CO3-	S O4-	N O3-	I-	N a++	++	M g+	C a++

3-6- الرمل:

الرمل المستعمل هو الرمل النظامي وهو رمل طبيعي سيليسي على وجه الخصوص في حبيباته مختلف القياسات (تدرج حبيبي) ومستديرة الشكل ويتم تجفيفه وغربلته وتحضيره في ورشة عمل حديثة تمكن لنا كافة الضمانات والجودة والانتظام، يشحن الرمل في أكياس تحتوي على وزن 1350غ كما هو موضح في الصورة (1.II)

الصورة 1.II: الرمل النظامي

ويعرف حسب المواصفات القياسية بالقواعد، (196-1 34].(EN .CEN]. في الجدول ادناه يوضح الخائص الفيزيائية والكيميائية لرمل النظامي:

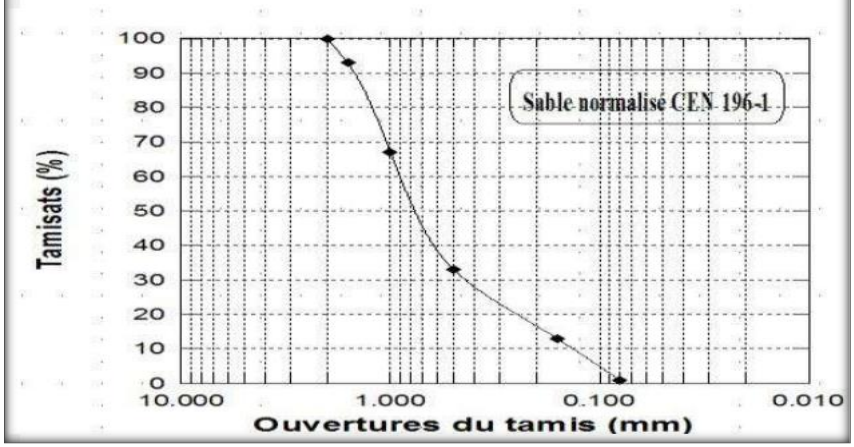
الجدول 3.II: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرمل النظامي

Fabrication Sable Normalisé CEN, conforme EN 196-1				
	Date mesure	**Valeur ponctuelle**	**Valeur min**	**Valeur max**
Masse volumique réelle (Mg/m3) EN 1097-6	novembre-11	2,64		
Absorption eau (%) EN 1097-6	novembre-11	0,2		
Module de finesse (%) EN 12620	novembre-11		2,6	2,7
Ecoulement sable (s) EN 933-6	novembre-11	28		
Teneur en eau (%)	janvier-17		0,02	0,07
	février-17		0,01	0,07
	mars-17		0,03	0,07
Teneur en chlorure (ppm)	janvier-17		< 50	
	février-17		< 50	
	mars-17		< 50	
Teneur en silice (% SiO2)	janvier-16	98,05		
Teneur alumine (% Al2O3) ISO 29581-2	janvier-16	0,54		
Teneur fer (% Fe2O3) ISO 29581-2	janvier-16	0,07		
Perte au feu 950 °C (EN 196-2)	janvier-16	0,16		
teneur P2O5 % ISO 29581-2	janvier-16	0		

البطاقة التقنية للرمل النظامي

2. منحنى التدرج الحبيبي الرمل النظامي

Tamis ouverture des mailles (mm)	Refus cumulés (%)
0.08	99 ± 1
0.16	87 ± 5
0.50	67 ± 5
1.00	33 ± 5
1.60	7 ± 5
2.00	0



البطاقة التقنية للرمل النظامي

6-4- الرمل المعالج بالحرارة

بعد النظر في الدراسة، قمنا باستخدام رمال الآبار البترولية المعالجة بالحرارة من جنوب الوطن (حاسي بركين بولاية ورقلة) في هذه الدراسة. سيتم طحن الرمال المعالجة حرارياً على ثلاثة مقاييس وهي 160 و125 و80 ميكرومتر (um/m)، ودراسة استبدال الأسمنت بالرمال المعالجة حرارياً بنسب مختلفة وهي 10%، 20%، و30% لكل مقاس طحن كما في الصورة (2.II)

الصورة 2.II: رمل الابار البترولية بعد الطحن

في الجدول (II.4) ادناه يوضح النسب المئوية للمكونات الكيميائية لرمل الابار البترولية المعالجة بالحرارة والتي تم اجرائها على مستوى مصنع الاسمنت الماء الابيض بالتبسة.

الجدول 4.II: النسب المئوية للمكونات الكيميائية للرمل الابار البترولية

Composés	Mesures
SiO2	53.37 %
Al2O3	5.025 %
Fe2O3	2.355 %
CaO	26.35 %
MgO	1.75 %
K2O	0.69 %
Na2O	3.169 %
SO3	5.21%
Cl	0.308%
Sum	0.982
C3A	9.332
C2S	419.127
C3S	-352.942
C4AF	7.159
FL	31.194
EA	3.625
TMIN	-417.156
AW	105.026
LAC	-21.403
LSF	16.515
MAF	2.134
MS	7.232

5-6- المكافئ الرملي (Equivalent de Sable) :

يوضح بالقاعدة NFP 598-18، الهدف منه هو تحديد نسبة الشوائب والمواد المترسبة التي نجدها في الرمل لمعرفة ما مدى نقاوة وصلاحية استعماله في التركيبة الخرسانية.

* مبدأ التجربة:

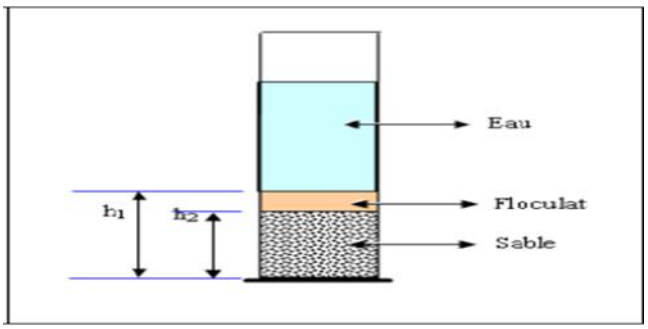
يتضمن هذا الاختبار:

- وضع وزن محدد من الرمل في محلول floculant.
- بعدها نقوم بعملية الرج باستخدام الجهاز لمدة 30 ث.
- نقوم بانتظار العينة حتى تستوي ونتركها لمدة 20دقيقة.
- نقيس ارتفاعات الرواسب.

*طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1).

* طبقة علية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2).

المكافئ الرملي يعطى عن طريق:Es=(H1/H2)*100



الشكل 8.II: تجربة المكافئ الرملي

بعد القيام بالتجربة نتحصل على النتائج الموضحة في الجدول التالي:

تركيبة الرمل	المكافئ الرملي
رمل ابار البترول المعالجة بالحرارة	%74

نلاحظ بانها رمال ناعمة ربما بها شوائب ولم تدخل في المجال المعمول به

6-6- التدرج الحبيبي (Analyse granulométriqu):

تقوم تجربة التدرج الحبيبي على فصل الحبيبات ذات المقاسات المختلفة من الركام المتجانس من بعضها البعض أي التوزيع الحجمي لحبيبات الركام ويكون ذلك باستخدام التحليل بالغربلة بواسطة مجموعة من الغرابيل متتالية أي تنازليا فوق بعضها البعض بحيث يكون المقاس الاصغر في الاسفل والمقاس الاكبر في الاعلى.

من خلال هذه التجربة يمكننا حساب مختلف النسب لمقاييس الحبيبات المكونة للعينة المدروسة وتعرف هذه التجربة بواسطة المعايير المحددة- (NFP 18- 560)[47]

سندرس عينة من الرمل المعالج بالحرارة المأخوذ من منطقة حاسي مسعود.

العينة: 100% رمل الابار البترولية المعالجة بالحرارة.

إن القاعدة تنص على أن الوزن الاصغر المستعمل في العينة يجب ان يحقق العلاقة التالية:[48]

$$M \geq 0.2Dma$$

بحيث:

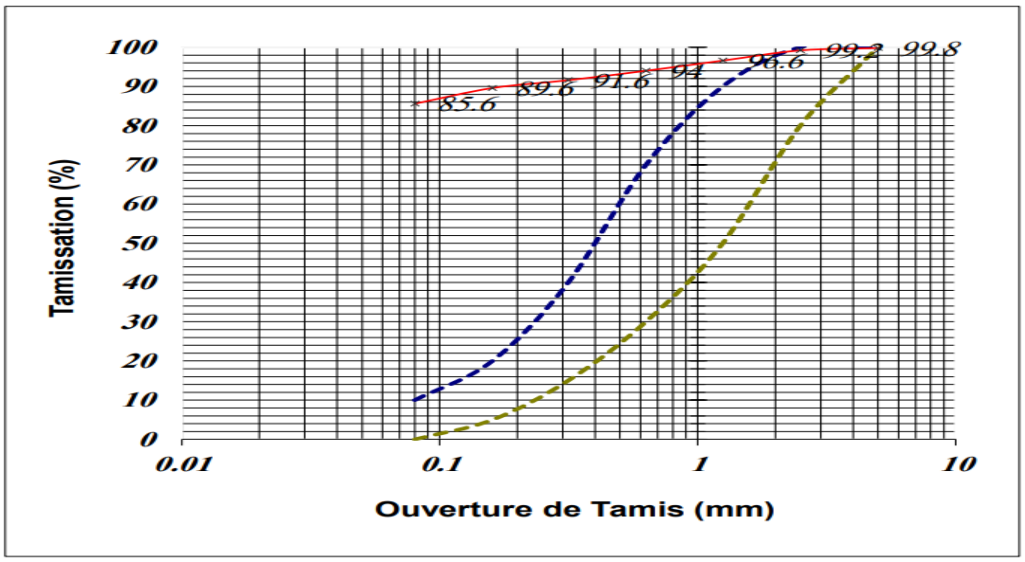
M =وزن العينة ب كلغ

Dmax =القطر الاعظمي للحبيبات مأخوذ بـ ملم

استخدمنا في هذه التجربة 500 غ من الرمل المعالج بالحرارة وتحصلنا على هذا الجدول الذي يوضح بعض النتائج المتوسطة لعملية الغربلة:

*نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة 100% رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة (STv):

فتحات الغربال (mm)	المجمع الجزئي (g)	المتبقي المجمع RC(g)ب	نسبة المتبقي المجمع(%) RC	المار المجمع T(%)
10	0	0	0	100
5	1	1	0.1	99,9
2.5	3	4	0.4	99,6
1.25	13	17	1.7	98,3
0.63	13	30	3	97,0
0.315	12	42	4,2	95,8
0.16	10	52	5,2	94,8
0.08	20	72	7,2	92,8



الشكل II.9: المنحنى التدريجي الحبيبي للعينة 100% رمل الابار البترولية.

*نتائج تجربة التدرج الحبيبي للعينة 100% رمل آبار البترول المعالجة بالحرارة(STr):

نلاحظ من خلال منحنى التدرج الحبيبي لهذه الرمال المعالجة انه خارج عن المجال المرجعي وأنه يحتوي على تدرج حبيبي ناعم.

6-7- معامل النعومة (Module de finesse) :

ويتم تعيينه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوي مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للغرابيل القياسية الستة (0.16، 0.315، 0.63، 1.25، 2.5، 5) مقسومة على 100.

ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو يدل على مدى تدرج الركام من عدمه، ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخرسانية ومن أجل الرمل نستطيع تعريف ثالثة مجالات لمعايير النعومة للرمل حيث[49]

- المجال A من (2.2-8.1) وهو ذات طبيعة دقيقة.
- المجال Bما بين (2.8-2.2)وهو ذات طبيعة. متوسطة وهو المفضل والمستعمل في الخرسانة .
- المجال Cما بين(3.2-8.2)وهو ذات طبيعة خشنة.

Mf=[RC/100

Rc: المتبقي المجمع ب (%) للغرابيل (38 إلى 23)

ومن هنا نرى معيار النعومة لكل عينة وبعد الحساب هو:

معيار النعومة للعينة:

العينة	معامل النعومة MF
رمال بترولية معالجة بالحرارة	1.36

- بالنسبة للعينة الاولى: التي تحتوي على نسبة 100% من رمل الرمال الابار البترولية ومن خلال قيمة معامل النعومة Mf التي تساوي 1.36 نستنتج أن هذا الرمل دقيق جدا وذو تدرج حبيبي ضيق لغياب العناصر ما بين 0.5 إلى 5 مم، وعند مقارنة المجال للمنحنى المرجعي مع المنحنى المتحصل عليه نجده خارج المجال، واستخدام هذا الرمل يتطلب ذلك القيام بتصحيح ونقترح التصحيح ربما برمل النظامية.

الجدول II.5: الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للرمال المعالجة بالحرارة

الخصائص الفيزيائية-الميكانيكية لرمال المعالجة بالحرارة (ST)		Normes
الكتلة الحجمية المطلقة ($^3g/cm$)	2.58	NF P 18-554
		P 18-555
الكتلة الحجمية الظاهرية ($^3g/cm$)	1.61	NF P 18-554 P 18-555
		P 18-555
الكثافة (%)	59%	NF P 18-554
المسامية(%)	41%	NF P 18-554
معامل النعومة	1.36	NF P 18-540
معادل الرمل (بصري)	74%	NF P 18-598
معامل الامتصاص (%)	0.52%	NF P 18-554
		P 18-555

7- اختبارات أجريت في الحالة الطازجة

7-1- تجربة التشغيلية :

تهدف هذه التجربة لقياس انتشار الخرسانة على طاولة الهز وقياس قيمة ذلك الانتشار ثم الاستدلال بمسافة هذا الانتشار على نوعية البلاط ثم الحكم على التشغيلة ومن ثم تحديد نسبة الماء المناسبة للتشغلية المقبولة بحيث تكون في المجال الذي يمكننا من تشغيليته جيده للقولبة والخرسانة الطاجزة تصنف حسب التشغيلية إلى عدة أصناف:

خرسانة صلبة جدا، خرسانة صلبة، خرسانة مرنة خرسانة مائعة.[50]

الجهاز المستعمل:

ويسمى الجهاز بطاولة الاهتزاز كما هو موضح في الشكل (9.II). وهو مقياس يختبر بشكل خاص قدرة خرسانة الرمل على الانتشار بواسطة التدفق، من أجل تحديد كمية المياه اللازمة لتكون الأخيرة.

تم إجراء اختبارات قابلية رمل الخرسانة وفقًا للمعايير المعمول بها.

مبدأ التجربة:

يتم ملء المخروط الفولاذي ذو الأبعاد التالية السفلي 10 سم القطر العلوي 7 سم ارتفاع المخروط 6 سم بالخرسانة في طبقتين متساويتين، كل واحدة منها تدك 10 مرات بقضيب فولاذي، يتم رفع القالب رأسيا، ثم نطبق سلسلة من 15 هذا رأسيًا ارتفاع سقوط الهزة 12.5مم في 15 ثانية، وأخيرا، يتم قياس القطر الكلي D بعد الانتشار.

طريقة حساب التشغيلية:

DS قطر العينة قبل الهز

D = S قطر العينة قبل الهز

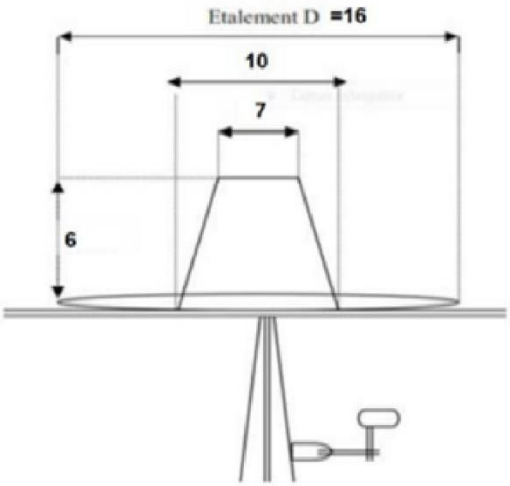
حيث Dc=قطر انتشار العينة بعد الهز

Dc=قطر العينة قبل الهز (10 cm)

S=Dc/D

الشكل II.10: صنف الخرسانة بدلالة تشغيلية.

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 II.11: طاولة الهز لتجربة تشغيليةُ.

8- اختبارات أجريت في الحالة الصلبة

8-1 تحديد مقاومة الضغط والشد بالانحناء للملاط وفقًا للمواصفة NF EN 196-1

لتقييم جودة وأداء الملاط، من الضروري تحديد مقاومته للضغط والشد بالانحناء. تقدم المواصفة NF EN 196-1 الإرشادات لهذه الاختبارات باستخدام عينات برزماتية ذات أبعاد (4x4x16) سم^{3}أُجريت لاختبارات في فترات زمنية معينة وهي 7 و28 و60 يومًا.

8-2-1- مقاومة الضغط

إجراء الاختبار للضغط:

تحضير العينات:

صب الملاط في قوالب برزماتية بأبعاد 4x4x16 سم^3.

دع العينات تصلب في ظروف مراقبة (عادة بنسبة رطوبة نسبية تقدر بحوالي 95% ودرجة حرارة تبلغ 20 درجة مئوية).أزل العينات من القوالب بعد 24 ساعة واحفظها في الماء حتى فترات الاختبار (7 و28 و60 يومًا).[51]

ترتيب العينة:

جفف العينات قبل الاختبار لإزالة أي رطوبة سطحية.

- ضع العينة على آلة الضغط بحيث يتم توزيع القوة بشكل موحد على كامل المقطع العرضي.

كما هو موضح في الصورة (3.II)

الصورة 3.II: الة الضغط

- استخدم آلة ضغط معايرة.
- ضع الحمل بسرعة تحميل تبلغ 0.5 ميغاباسكال في الثانية.
- استمر في تطبيق الحمل حتى يحدث تكسير العينة.
- سجل الحمل الأقصى المحقق في وقت الكسر.

حساب مقاومة الضغط:

$$\text{مقاومة الضغط (ميغاباسكال)} = \frac{\text{الحمل الأقصى (نيوتن)}}{\text{المقطع العرضي (مم}^2\text{)}}$$

المقطع العرضي للعينة هو 40 مم × 40 مم = 1600 مم².

8-2-2- مقاومة الشد بالانحناء:

إجراء الاختبار للشد بالانحناء:

تحضير العينات:

- استخدم نفس العينات البرزماتية المستخدمة في اختبار الضغط.
- تكون شروط التخزين مطابقة لتلك المذكورة سابقًا.

ترتيب العينة:

- ضع العينة على دعامات آلة الانحناء بثلاث نقاط.
- يجب توزيع الدعامات على مسافة متساوية من كل طرف للعينة.

تطبيق الحمل:

- استخدم آلة اختبار الانحناء المعايرة.
- ضع الحمل بسرعة تحميل تبلغ 0.05 ميغاباسكال في الثانية.
- استمر في تطبيق الحمل حتى يحدث تكسير العينة.
- سجل الحمل الأقصى المحقق في وقت الكسر.

توضيح هاته التجربة بالصورة(4.II)

الصورة 4.II: مقاومة الشد بالانحناء

*حساب مقاومة الشد بالانحناء:

مقاومة الشد بالانحناء (ميغاباسكال)

$$\text{مقاومة الشد بالانحناء (ميغاباسكال)} = \frac{3 \times \text{الحمل الأقصى (نيوتن)} \times \text{المسافة بين الدعامات (مم)}}{2 \times \text{المقطع العرضي (مم}^2\text{)}}$$

المقطع العرضي للعينة هو 40 مم × 40 مم = 1600 مم².

يجب قياس المسافة بين الدعامات واحتسابها في الحساب.

2-8- الاختبار بالموجات فوق الصوتية

يتم استخدام جهاز الموجات فوق الصوتية "MATEST C372N". يتم إجراء هذا الاختبار وفقًا للمعيار EN 12504-4 (EN 12504-4، 2004). يتمثل مبدأ الاختبار في إنتاج نبضة من الاهتزازات الطولية من قبل محول كهروصوتي محافظ على اتصال مع سطح الخرسانة المختبرة. بعدما تقطع مسافة معروفة في الخرسانة، يتم تحويل نبضة الاهتزاز إلى إشارة كهربائية بواسطة محول ثانوي وتسمح الدوائر الإلكترونية بالتزامن بقياس وقت انتقال النبضة.

في هذه الدراسة، قمنا باختبار براميل بأبعاد 4*4*16 سم بعد تجفيفها حتى الوزن الثابت في مجفف عند 70 درجة مئوية. يتم إجراء ثلاث قياسات على كل برميل، ويتم استخدام ثلاث براميل لكل تركيبة من الخرسانة.

يتم إجراء هذه القياسات في المواعيد النهائية 7و28 و60 يومًا. بعد قياس الوقت، يتم حساب سرعة الموجات فوق الصوتية عن طريق تطبيق العلاقة التالية:

$$V=L/T \text{ (m/s)}$$

L: طول البرميل

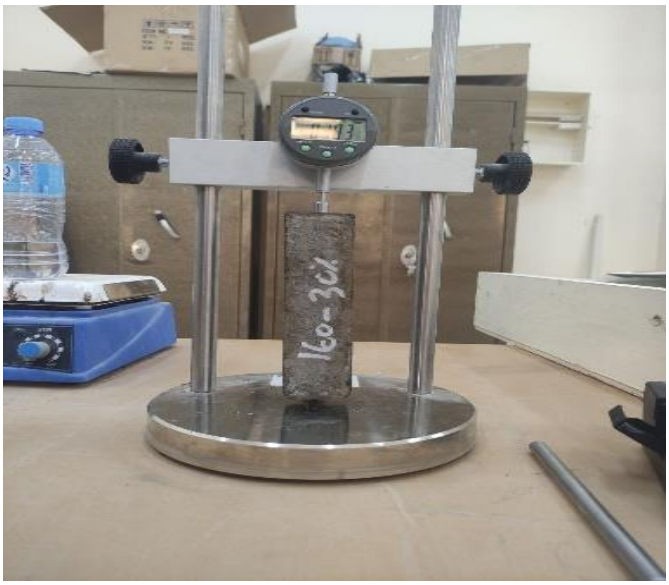
T: الوقت اللازم لنبضة الموجات فوق الصوتية للانتقال من المحول الإرسالي إلى المحول الاستقبالي

الصورة II.5: جهاز الموجات فوق الصوتية

3-8- الانكماش:

تتم تجربة الانكماش على عينات لها مقطع مربع 4×4cm وطول 16 cm مزودة في سطوحها العلوية والسفلي 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 Retrocontrôle : كما هو موضح في الملحق انظر الصورة (6.II)

الصورة 6.II: اختبار الانكماش



خلاصة الفصل

تظهر هذا التجارب خصائص كل مادة تم استخدامها في صنع الخرسانة المدروسة. كما ان تجربة التشغيلية ضرورية لتنفيذ جميع الاختبارات التجريبية تحت تغطية موحدة. سيتم تقديم نتائج هذه الاختبارات في الفصل 4 حيث تم إجراء تفسير للنتائج وسيتم مناقشتها وتحليلها بهدف جني فوائد هذا الإسهام، وفهم تأثير استخدام رمل المعالج حراريا على سلوك الخرسانة في الحالة الطازجة وأيضًا في الحالة الصلبة

الفصل الثالث

خصائص المواد المستعملة

وصياغة خرسانة الرمل

النتائج والتحليل

مدخل

استخدام الرمال المعالجة بالحرارة في صناعة الخرسانة تعتبر تجربة جديد حول العالم. قليل من المقالات العلمية تم نشرها لتقدير هذا النوع من المواد، وهذا يعود لعدة أسباب لعدم المعرفة بفوائد استخدامها ومدى تأثيرها على الخرسانة بشكل عام.

يهدف هذا الفصل في المقام الأول إلى اختيار نسبة مناسبة لاستبدال الاسمنت بالرمال المعالجة دون تأثير على المتانة الخرسانة. ناقشنا أولاً تأثير الاستبدال على قابلية التحكم والضغط للخرسانة العادية. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بتقييم المقاومة الميكانيكية وبعض المعايير المتعلقة بالمتانة (امتصاص الانكماش،...). في الختام، نعتبر أن هناك نسبة للاستبدال يجب تحسينها.

1-الإجراءات التجريبية

1-1- تكوين الخرسانة

تم إجراء هذا العمل في البهو التكنولوجي قسم التكنولوجيا بجامعة حمة لخضر الوادي.

الطريقة المستخدمة لهذا التكوين هي الطريقة الرسمية للملاط النظامي.

تم طحن الرمال المعالجة لثلاثة مقايس مختلفة وهي 80، 125، 160 ميكرومتر (um/m).

استخدام تسعة مزجات مختلفة تميزت بالرمز C1، C2، C3، ....C9 بنسب استبدال مختلفة (10، 20 و30)% للإسمنت بالرمال المعالجة لكل مقياس طحن .

الجدول III.1: النسب المختلفة للمواد المستخدمة.

			E/C	C/S	S	C	ST	E
مقياس الطحن الرمال المعالجةST	**نسبة الاستبدال**	**الرمز**	**%**	**%**	**g**	**g**	**g**	**G**
الشاهد	0%	C_0	0.5	1/3	1350	450	0	225
160 ميكرومتر (um/m)	10%	C_1	0.5	1/3	1350	405	45	225
	20%	C_2	0.5	1/3	1350	360	90	225
	30%	C_3	0.5	1/3	1350	315	135	225
125 ميكرومتر (um/m)	10%	C_4	0.5	1/3	1350	405	45	225
	20%	C_5	0.5	1/3	1350	360	90	225
	30%	C_6	0.5	1/3	1350	315	135	225
ميكرومتر (um/m)	10%	C_7	0.5	1/3	1350	405	45	225
	20%	C_8	0.5	1/3	1350	360	90	225
	30%	C_9	0.5	1/3	1350	315	135	225

2-1 صياغة وتحضير الملاط النظامي:

الملاط النظامي [52] معرف حسب القاعدة EN 196 -1 وهو عبارة عن خليط من الاسمنت والماء والرمل كل من هذه المكونات يخضع لشروط نظامية منصوص عليها. فالرمل المستخدم هو رمل نظامي يجب أن يكون يوفي الشروط المنصوص عليها في النظام (CEN EN (1961 هذا الرمل تجاري يباع في أكياس من البلاستيك ذات وزن g1350. يتم خلط هذه الكمية من الرمل معg450±2g من الاسمنت و g225 g1± من الماء إذن يكون المعامل E/C يساوي 0.5. وقبل الشروع في تجارب التشغيلية والزمن الابتدائي للتصلب أو تجارب الانكماش، يخلط هذا المزيج لمدة 4 دقائق [09] وفق للشروط التي تمليها القاعدة: نبدأ أولا بوضع الماء في حاوية آلة الخلط ثم نتبعها بالاسمنت ونشغل مباشرة المحرك بسرعة بطيئة. وبعد 30 ثانية من الخلط نبدأ بوضع الرمل بصفة تدريجية لمدة 30 ثانية أخرى، ثم نشغل المحرك بسرعته القصوى لمدة 30 ثانية إضافية.

نوقف آلة الخلط لمدة دقيقة ونصف. حيث نجمع الملاط الملتصق بجدران آلة الخلط وندفعه إلى الداخل. نشغل بعد ذلك آلة الخلط بسرعتها القصوى لمدة 60 ثانية.

وكملاحظة يستعمل هذا الملاط من أجل تحديد بعض خصائص الاسمنت وخاصة المقاومة. [53]

3-1- تحضير وشكل العينة :

بعد الحصول على الصياغة المثلى لخرسانة رمل الابار البترولية قمنا بالتحضير لعملية الخلط وصب العينات اللازم دراستها حيث كانت بالابعاد (40*40*160 ملم) أما العجينة فتم خلطها باليد وتم تحضير هذا الخليط بالطريقة التالية:

- تم خلط الرمل النظامي لوحده لمدة 60 ثانية.
- إضافة الاسمنت تم الخلط لمدة 60 ثانية.
- إضافة الماء أثناء الخلط تدريجيا للمجموعة (E+C+S)تم الخلط لمدة 4 دقائق.
- ملئ القالب يكون عبر طبقتين مع هز كل طبق عند ملئها لمدة دقيقة وبوتيرة 60 هزة في هذه المدة ارتفاع 15 mm ±0.3 mm.

توضح أشكال القوالب المستعملة:

تترك العينة في الهواء الحر وفي شروط T =°25 و65= HR ثم ينزع القالب بعد 24 ساعة

عدد العينات كان ثلاثة عينات لكل مرحلة زمنية من عمر الخرسانة والاعمار المدروسة هي ،14 28، 45،60 يوم. الصورة (III.1) توضح شكل القوالب المستعملة.

الصورة III.1: القوالب المستعلمة في الصب

2- النتائج والمناقشة

2-1- تأثير الاستبدال على خواص الخرسانة الطازجة

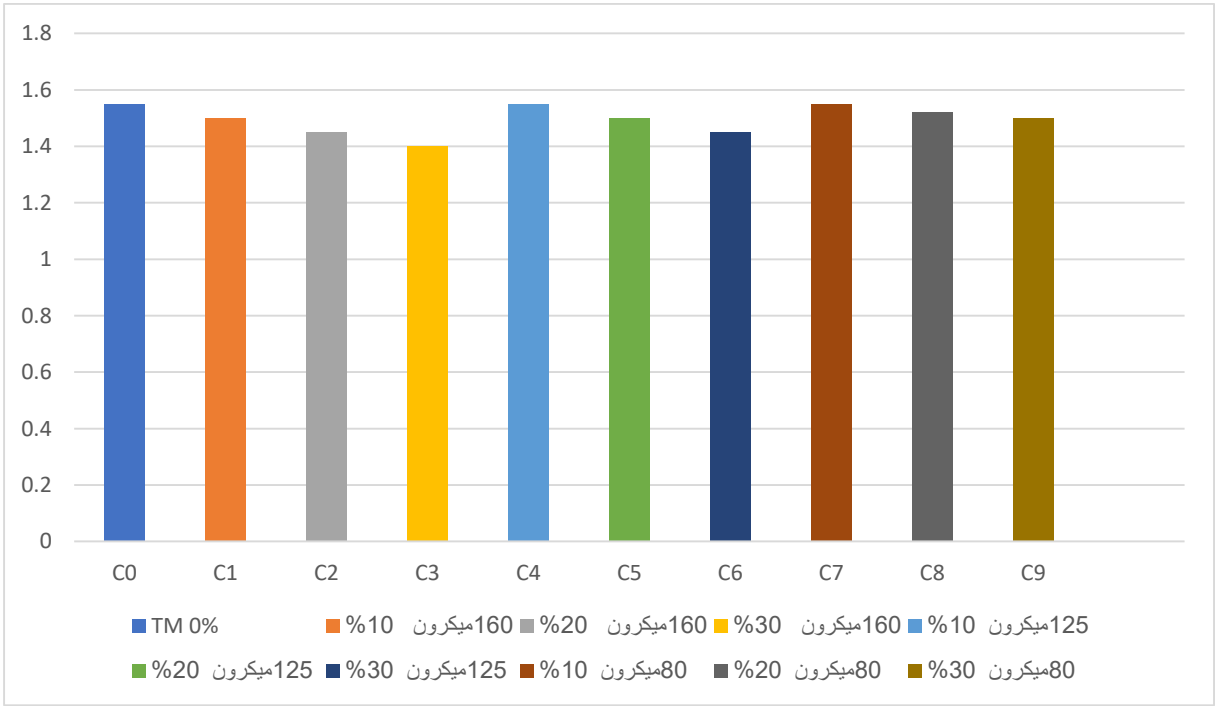
فاصيل خلطات الخرسانة المدروسة، بالإضافة إلى نتائج القابلية للتشكيل التي تم الحصول عليها خلال هذه التجربة (الجدول Figure:Valeurs d'affaissements en fonction de type du béton)، تظهر لنا أنه عند زيادة محتوى الرمل المعالجة بالحرارة، يصبح الخليط أكثر صعوبة في السيطرة عليه وسيكون هناك حاجة إلى الماء لتحقيق المرونة المطلوبة.

يجعل الزائد من الماء حبيبات الإسمنت أكثر انفصالًا، ويضعف تماسك الركام والمعجون، وبالتالي يصبح المواد أكثر سلاسة (Gmira A.، 2003). بالإضافة إلى ذلك، تشير النتائج إلى أنه بنسبة E/C تساوي 0.5 وإضافة مثبت معين بشكل جيد، يصبح الخليط الذي يحتوي على نسب استبدال تتراوح بين (10-30٪) أكثر قابلية للتنفيذ . ويُفسر ذلك على الأرجح بأن الشكل جسيمات الرمل المعالج المكسر لها شكل زاوي وملمس سطح خشن وحجم كبير مقارنة بالاسمنت يعزز الاحتكاك الداخلي في الخليط. ولهذا السبب، يتم تقليل القابلية للتشكيل (Swapnil S. Fate., 2014). سيكون من الضروري إضافة مثبت مخفض للماء في حالتنا للحفاظ على التشكيل الأفضل، وتحقيق ترطيب جيد للإسمنت ومقاومة عالية ؛

2-1-1- تأثير الاستبدال على التشغيلية:

الجدول III.2: تأثير الاستبدال على التشغيلية

العينات	النسبة	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
الشاهد	0%	1,55									
160 ميكرومتر (um/m)	10%		1,5								
	20%			1,45							
	30%				1,4						
125ميكرومتر (um/m)	10%					1,55					
	20%						1,5				
	30%							1,45			
80 ميكرومتر (um/m)	10%								1,55		
	20%									1,52	
	30%										1,5



اعمدة نتائج تجربة التشغيلية

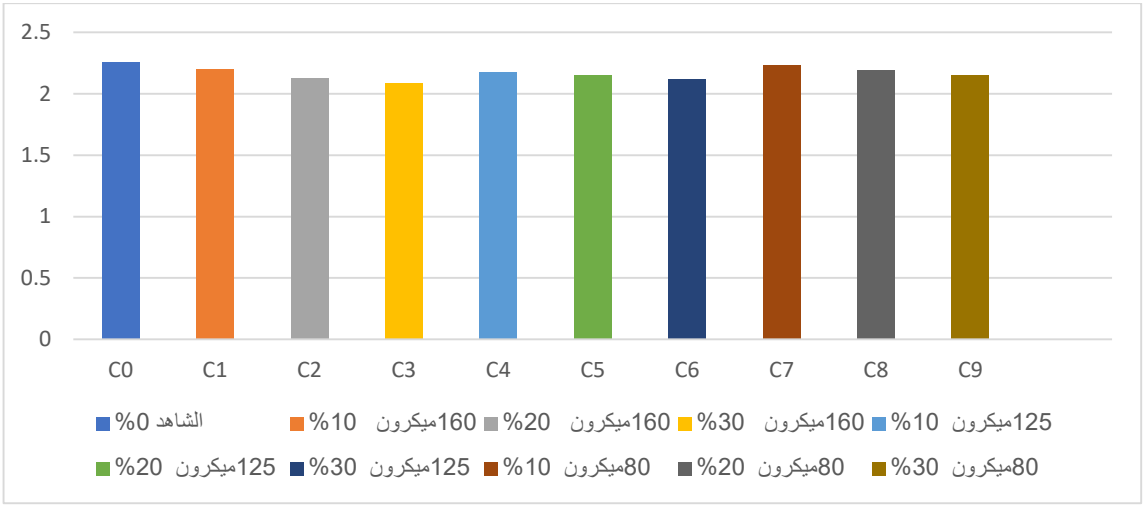
تفسير نتائج التشغلية

نلاحظ انه كلما زادت دقة حبيبات الرمال المعالجة بالحرارة كلما زادت التشغيلية وانه كلما زادت نسبة استبدال الاسمنت بالرمال المعالجة كلما زادت التشغيلية وهذا راجع الى نعومة هذه الرمال المعالجة مقارنة بنعومة الاسمنت حيث نعلم انه كلما زادت نعومة المواد الرابطة زادت التشغيلية .[54]

2-1-2-تأثير استبدال الرمال على الكتلة الحجمية لكل عينات الكتلة المدروسة :

الجدول III.3: تأثير الاستبدال على الكتلة الحجمية

العينات	النسبة	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
الشاهد	0%	2,26									
160 ميكرومتر (um/m)	10%		2,2								
	20%			2,13							
	30%				2,09						
125 ميكرومتر (um/m)	10%					2,18					
	20%						2,15				
	30%							2,12			
80 ميكرومتر (um/m)	10%								2,23		
	20%									2,19	
	30%										2,15



اعمدة نتائج تجربة الكتلة الحجمية

نلاحظ من خلال نتائج استبدال نسبة من الاسمنت بالرمال المسحوقة المعالجة بالحرارة وفي كل التركيبات ان نسبة زيادة الرمال تنقص من الكتلة الحجمية لخرسانة الرمل المدروسة ففي التركيبة ذات الرمال 160 ميكرومتر (um/m)لاحظنا انه عند إستبدال 10% من الاسمنت بهذا الرمل نقصت الكتلة الحجمية للخرسانة 2.72% وعند استبدال 20% كانت نسبة النقصان 6.1% وعند استبدال 30% كانت نسبة النقصان 8.13% والشيء نفسه ملاحظ في التركيبات الرملية المسحوقة سواء 125ميكرون او 80 ميكرومتر (um/m) وهذا راجع لكون ان حبيبات الرمل المسحوقة هي اكبر حجما من حبيبات الاسمنت بمعنى ان حبيبات الاسمنت الأصغر حجما قد دخلت في الفراغات التي بين حبيبات الرمل المسحوق .

ان هذا التفسير نلاحظه أيضا عند تثبيتنا للتركيز وان اختلفت اقطار الرمال المسحوقة حيث كلما كان الرمل ادق أي اميل الى النعومة كلما كانت الكتلة الحجمية أكبر أي ان تلك الحبيبات الرمال المسحوقة قد دخلت بين حبيبات الاسمنت الأكبر حجما.

2-2- تأثير الاستبدال على المقاومة الميكانيكية:

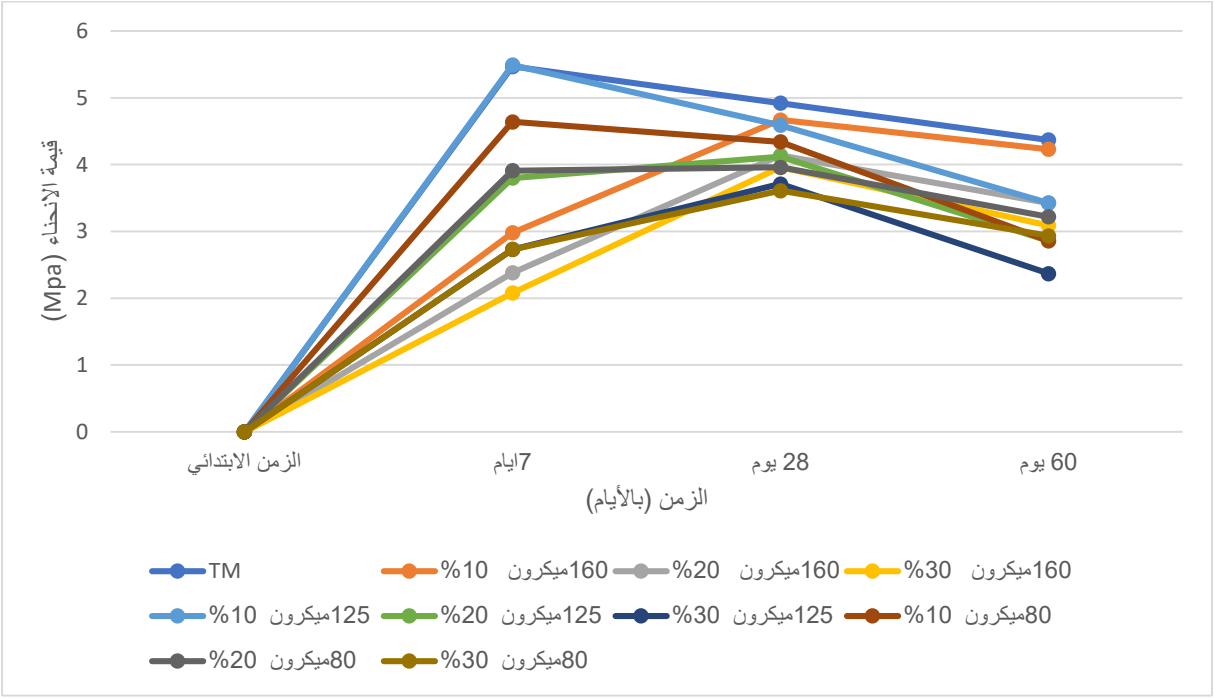
تم تحديد المقاومة الميكانيكية (ضغط وثني) وفقًا للمعايير3-NF EN 12390 (NF EN 12390-3 ، (2003 و5-EN 12390-5 (NF EN 12390-5، (2001على التوالي، وتم تنفيذها أيضًا لعينات مختلفة من الخرسانة المصبوبة باستخدام نسب مختلفة من استبدال الإسمنت برمل المعالج. تُظهر النتائج أن المقاومة الميكانيكية تزداد مع زيادة نسبة الطحن، حيث يُعطى نتيجة مشابهة تقريباً للشاهد عند استبدال 20٪ من الإسمنت برمل طحن بقطر 80 ميكرومتر (um/m)، وأيضاً عند استبدال 10٪ من الإسمنت برمل طحن بقطر 125 ميكرومتر (um/m). بعد هذه القيمة، ينخفض المستوى بشكل ملحوظ.

2-2-1- تأثير الاستبدال على المقاومة والانحناء:

في هذه الجداول، تم استبدال الأسمنت جزئيًا بالرمال المستخرجة من حفر الآبار البترولية والمعالجة بطريقة الطحن. يتم قياس تأثير هذا الاستبدال على خصائص الضغط والشد للملاط على مدى 7، 28، و60 يومًا، مع تغيير مقياس الطحن ونسبة الاستبدال.

الجدول 4.III: تاثير الاستبدال على الانحناء

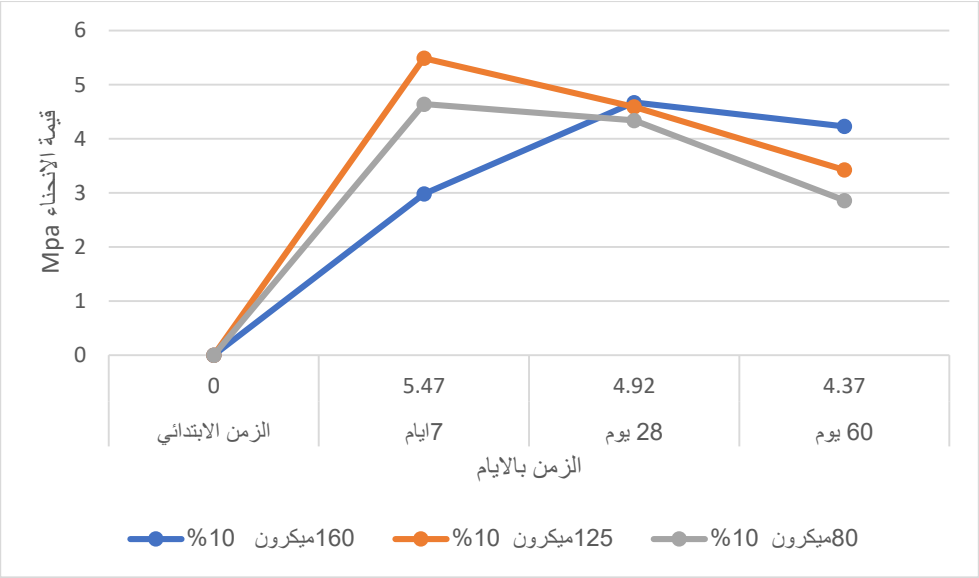
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5.47	4.92	4.37
160 ميكرومتر (um/m)	10%	0	2.98	4.67	4.23
	20%	0	2.38	4.14	3.425
	30%	0	2.08	3.96	3.09
125 ميكرومتر (um/m)	10%	0	5.49	4.59	3.425
	20%	0	3.8	4.12	2.86
	30%	0	2.73	3.71	2.37
ميكرومتر (um/m)	10%	0	4.64	4.34	2.86
	20%	0	3.91	3.96	3.22
	30%	0	2.73	3.61	2.935



منحنى الشد بالانحناء

الجدول III.5: الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 10%

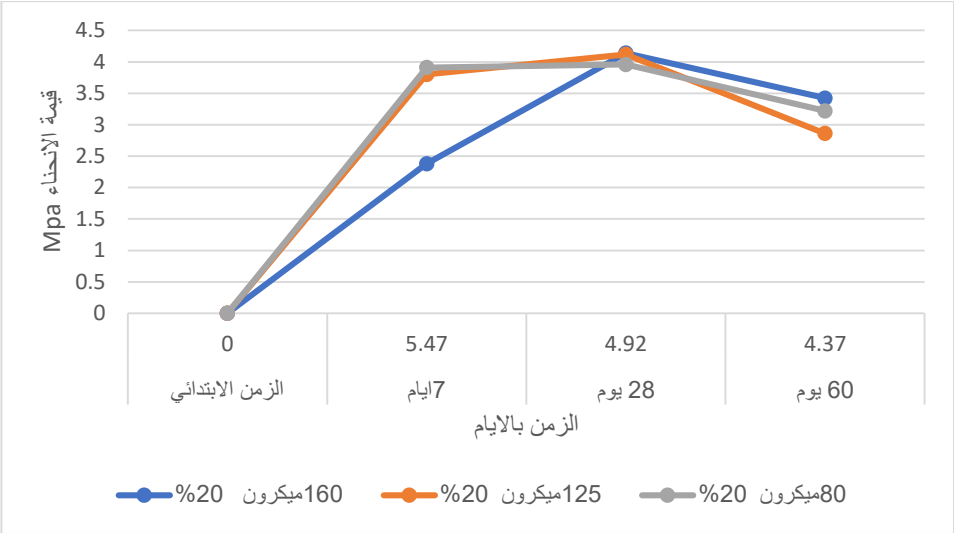
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5,47	4,92	4,37
160 ميكرومتر (um/m)	10%	0	2,98	4,67	4,23
125 ميكرومتر (um/m)	10%	0	5,49	4,59	3,425
80 ميكرومتر (um/m)	10%	0	4,64	4,34	2,86



منحنى الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 10%

الجدول III.6: الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 20%

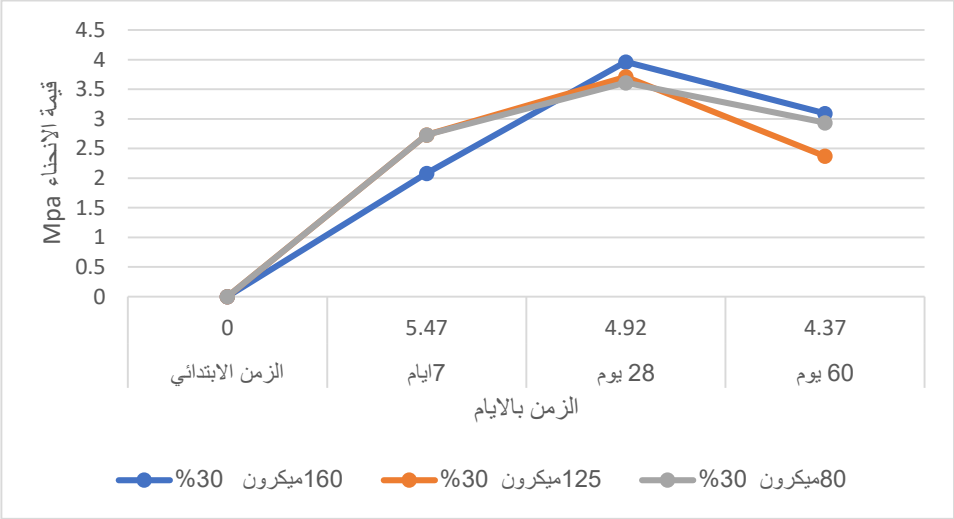
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5,47	4,92	4,37
160 ميكرومتر (um/m)	20%	0	2,38	4,14	3,425
125 ميكرومتر (um/m)	20%	0	3,8	4,12	2,86
ميكرومتر (um/m)	20%	0	3,91	3,96	3,22



منحنى الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 20%

الجدول III.7: الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 30%

العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5,47	4,92	4,37
ميكرومتر (um/m)	30%	0	2,08	3,96	3,09
125 ميكرومتر (um/m)	30%	0	2,73	3,71	2,37
ميكرومتر (um/m)	30%	0	2,73	3,61	2,935



منحنى الشد بالانحناء نسبة الاستبدال 30%

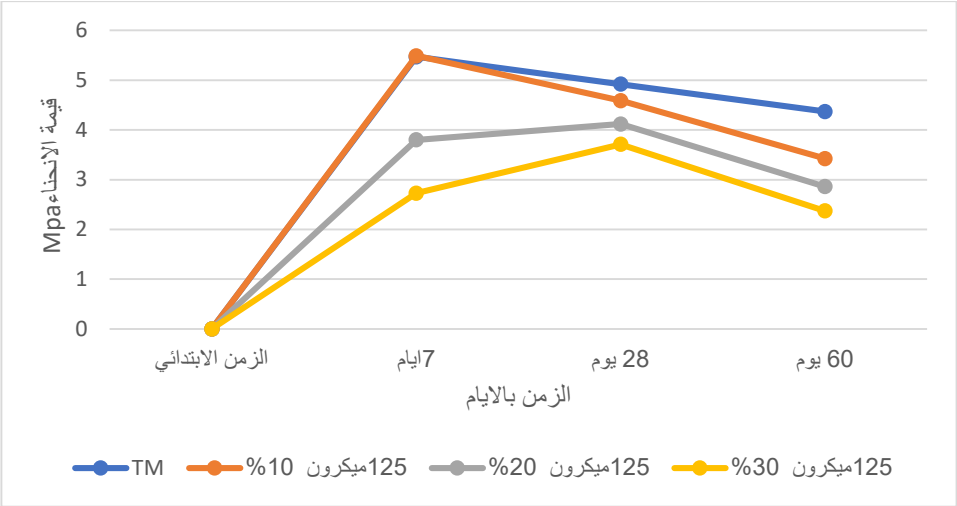
الجدول III.8: الشد بالانحناء بالنسبة للغربال 160 ميكرومتر (um/m)

العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5,47	4,92	4,37
160 ميكرومتر (um/m)	%10	0	2,98	4,67	4,23
	%20	0	2,38	4,14	3,425
	%30	0	2,08	3,96	3,09

منحنى الشد بالانحناء بالنسبة للغربال160 ميكرومتر ((um/m

الجدول III.9: الشد بالانحناء بالنسبة للغربال 125 ميكرومتر (um/m)

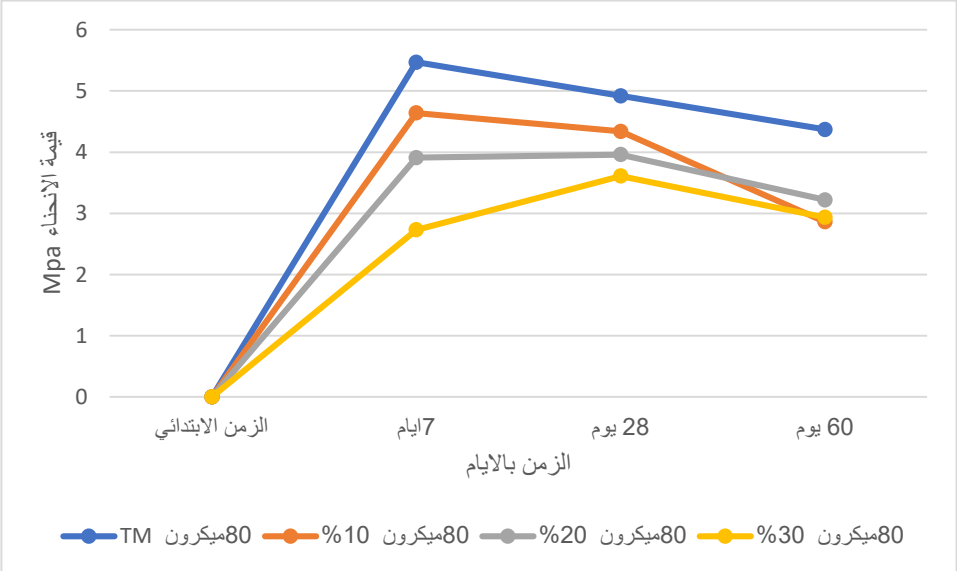
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5,47	4,92	4,37
125 ميكرومتر (um/m)	%10	0	5,49	4,59	3,425
	20%	0	3,8	4,12	2,86
	30%	0	2,73	3,71	2,37



منحنى الشد بالانحناء بالنسبة للغربال125 ميكرومتر ((um/m

الجدول III.10: الشد بالانحناء بالنسبة للغربال 80 ميكرومتر (um/m)

العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	5,47	4,92	4,37
80 ميكرومتر (um/m)	10%	0	4,64	4,34	2,86
	20%	0	3,91	3,96	3,22
	30%	0	2,73	3,61	2,935

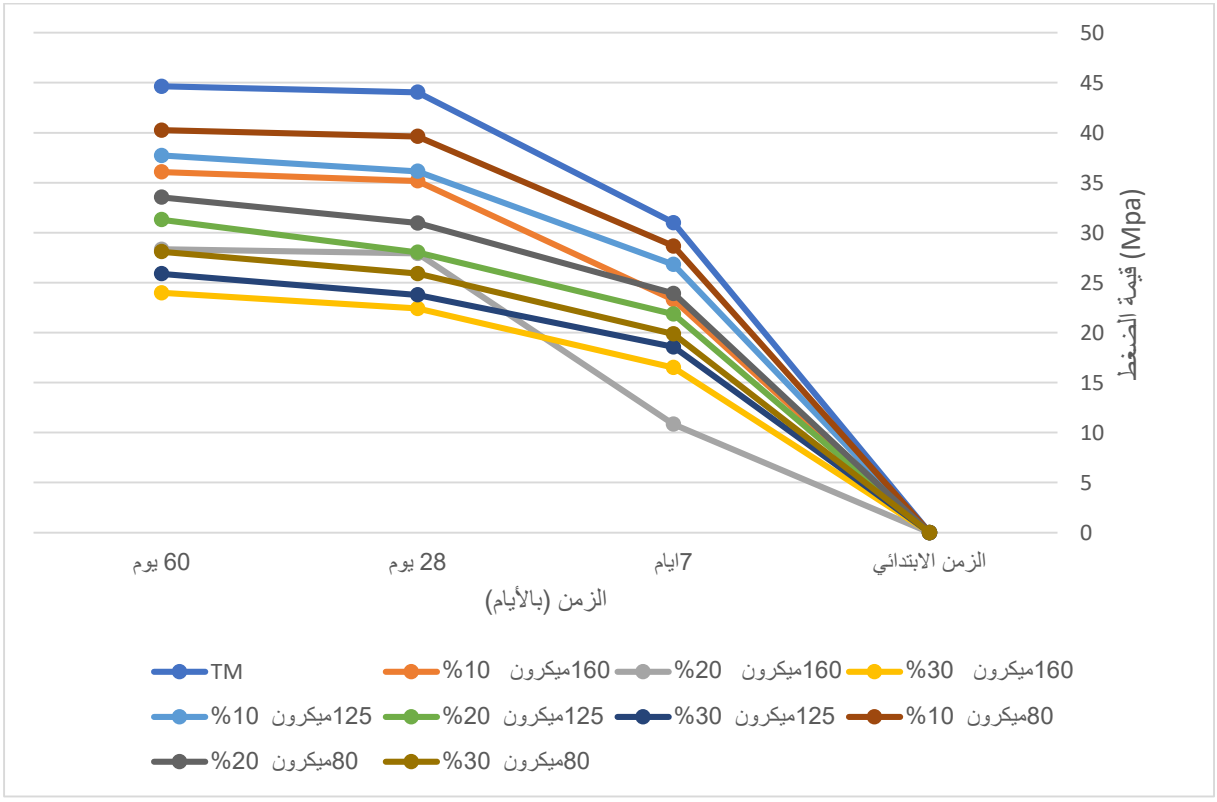


منحنى الشد بالانحناء بالنسبة للغربال80 ميكرومتر ((um/m

2-2-2-تأثير الاستبدال على المقاومة:

الجدول III.11: تأثير الاستبدال على المقاومة

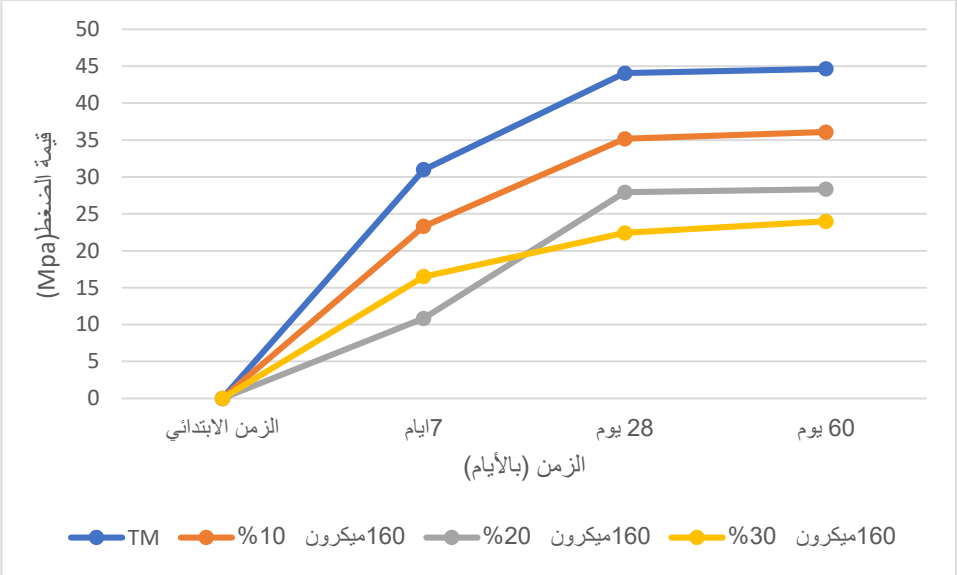
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
160 ميكرومتر (um/m)	10%	0	23,3	35,17	36,075
	20%	0	10,84	27,92	28,345
	30%	0	16,5	22,42	23,98
125 ميكرومتر (um/m)	10%	0	26,82	36,14	37,715
	20%	0	21,86	28,04	31,3
	30%	0	18,57	23,78	25,88
80 ميكرومتر (um/m)	10%	0	28,66	39,62	40,25
	20%	0	23,91	30,96	33,535
	30%	0	19,86	25,9	28,09



منحنى تاثير الاستبدال على المقاومة

المقاومة بالنسبة للغربال160 ميكرومتر (um/m)

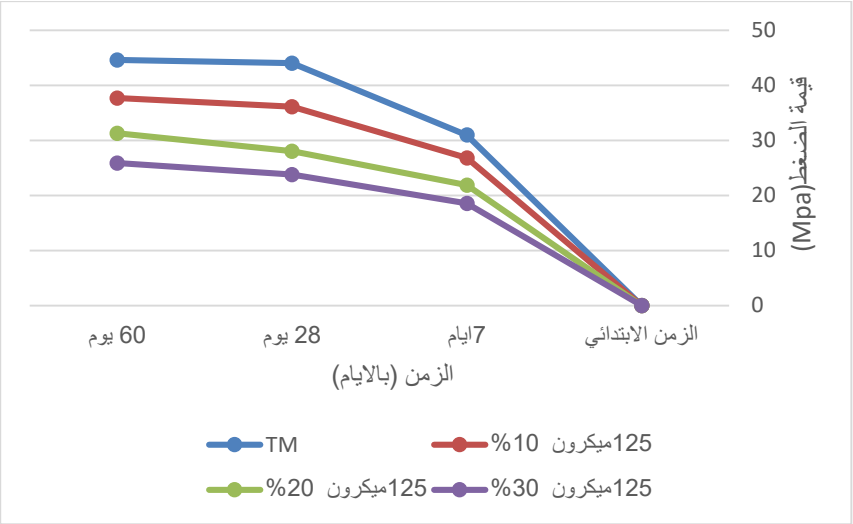
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
160 ميكرومتر (um/m)	10%	0	23,3	35,17	36,075
	20%	0	10,84	27,92	28,345
	30%	0	16,5	22,42	23,98



منحنى المقاومة بالنسبة للغربال160 ميكرومتر ((um/m

الجدول III.13: المقاومة بالنسبة للغربال125 ميكرومتر (um/m)

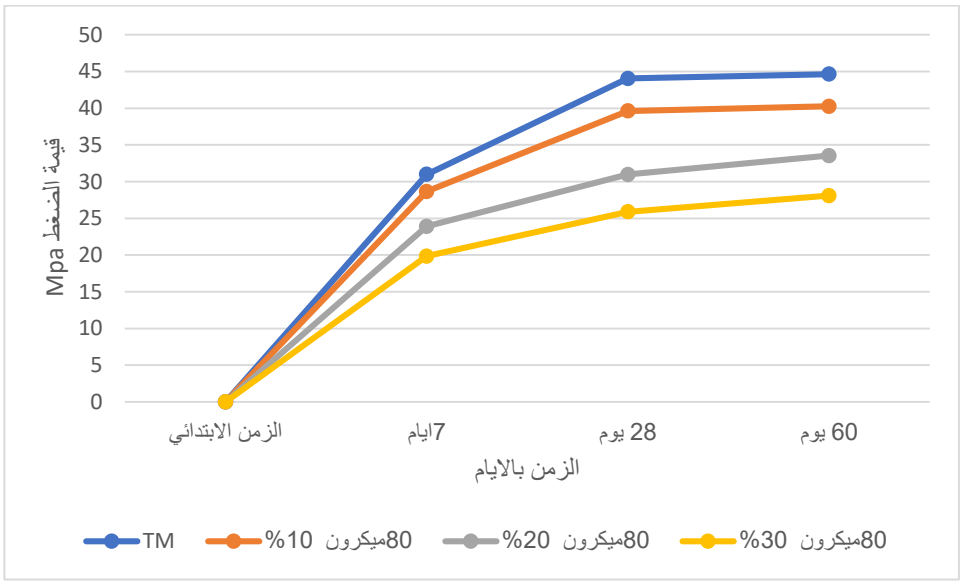
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
125 ميكرومتر (um/m)	10%	0	26,82	36,14	37,715
	20%	0	21,86	28,04	31,3
	30%	0	18,57	23,78	25,88



منحنى المقاومة بالنسبة للغربال125 ميكرومتر ((um/m

الجدول 14.III: المقاومة بالنسبة للغربال80 ميكرومتر (um/m)

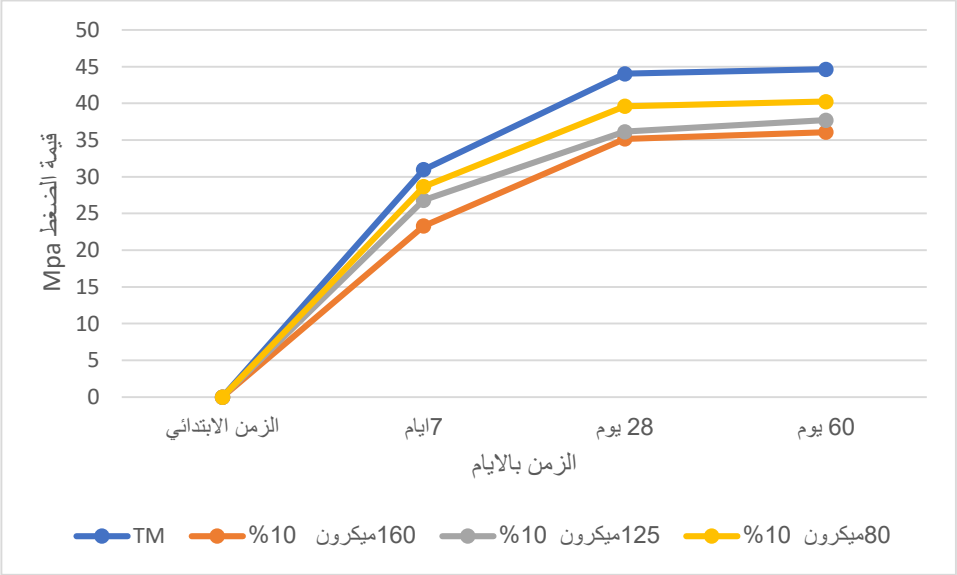
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
80 ميكرومتر (um/m)	10%	0	28,66	39,62	40,25
	20%	0	23,91	30,96	33,535
	30%	0	19,86	25,9	28,09



منحنى المقاومة بالنسبة للغربال80 ميكرومتر (um/m)

الجدول III.15: المقاومة بنسبة الاستبدال 10%

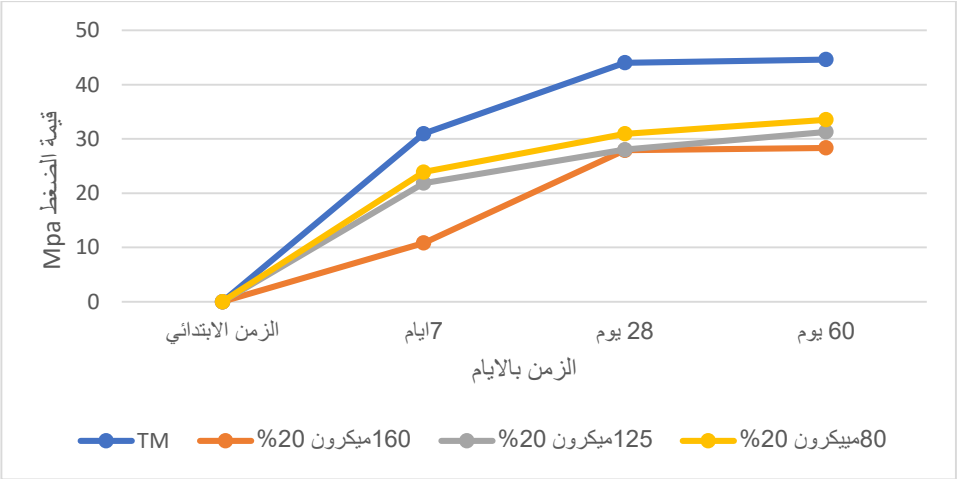
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
160 ميكرومتر (um/m)	10%	0	23,3	35,17	36,075
125 ميكرومتر (um/m)	10%	0	26,82	36,14	37,715
80 ميكرومتر (um/m)	10%	0	28,66	39,62	40,25



منحنى المقاومة بنسبة الاستبدال 10%

الجدول III.16: المقاومة بنسبة الاستبدال 20%

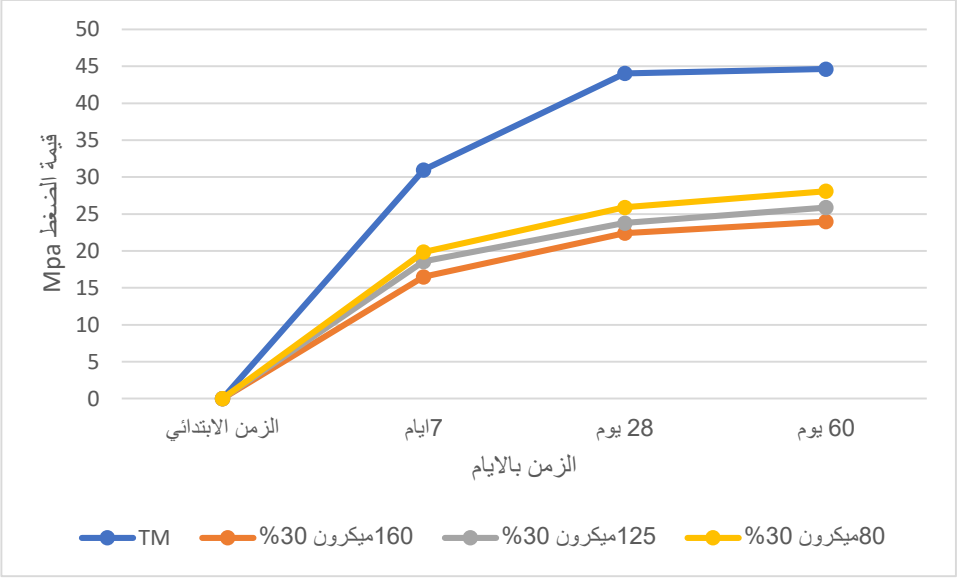
العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
160 ميكرومتر (um/m)	20%	0	10,84	27,92	28,345
125 ميكرومتر (um/m)	20%	0	21,86	28,04	31,3
ميكرومتر (um/m)	20%	0	23,91	30,96	33,535



منحنى المقاومة بنسبة الاستبدال 20%

الجدول III.17: المقاومة بنسبة الاستبدال 30%

العينات	النسبة	الزمن الابتدائي	7ايام	28 يوم	60 يوم
الشاهد	0%	0	30,99	44,05	44,64
ميكرومتر (um/m)	30%	0	16,5	22,42	23,98
ميكرومتر (um/m)	30%	0	18,57	23,78	25,88
ميكرومتر (um/m)	30%	0	19,86	25,9	28,09



منحنى المقاومة بنسبة الاستبدال 30%

تفسير النتائج:

نلاحظ من خلال منحنيات للمقاومة الميكانيكية سواء الضغط او الانحناء انه عند زيادة نسب مختلفة من الرمال البترولية المعالجة بالحرارة والمسحوقة تنقص هذه المقاومة بنسب مختلفة فعند إضافة 10% من الرمال المسحوقة 160 ميكرومتر (um/m)فقد تراجعت نسبة مقاومة الضغط خلال 28 يوم ب 25.24% والشيء نفسه ملاحظ بالنسبة لمقاومة الانحناء بنسبة 5.35% مقارنة بالشاهد والشيء نفسه ملاحظ بالنسبة الى الرمال المسحوقة 125ميكرون و80ميكرون.

والملاحظ أيضا ان نسبة تركيز الرمال البترولية المعالجة بالحرارة والمسحوقة تاثر أيضا على المقاومة الميكانيكية حيث كلما زاد التركيز كلما قلت المقاومة فمثلا في التركيبة 160ميكرون نلاحظ ان مقاومة الضغط تراجعت بنسبة 56.86% عند إضافة 30% من هذه الرمال بدلا من 10% خلال 28 يوم والشيء نفسه ملاحظ عند مقامة الانحناء فقد كانت نسبة النقصان 17.92% خلال 28 يوم.

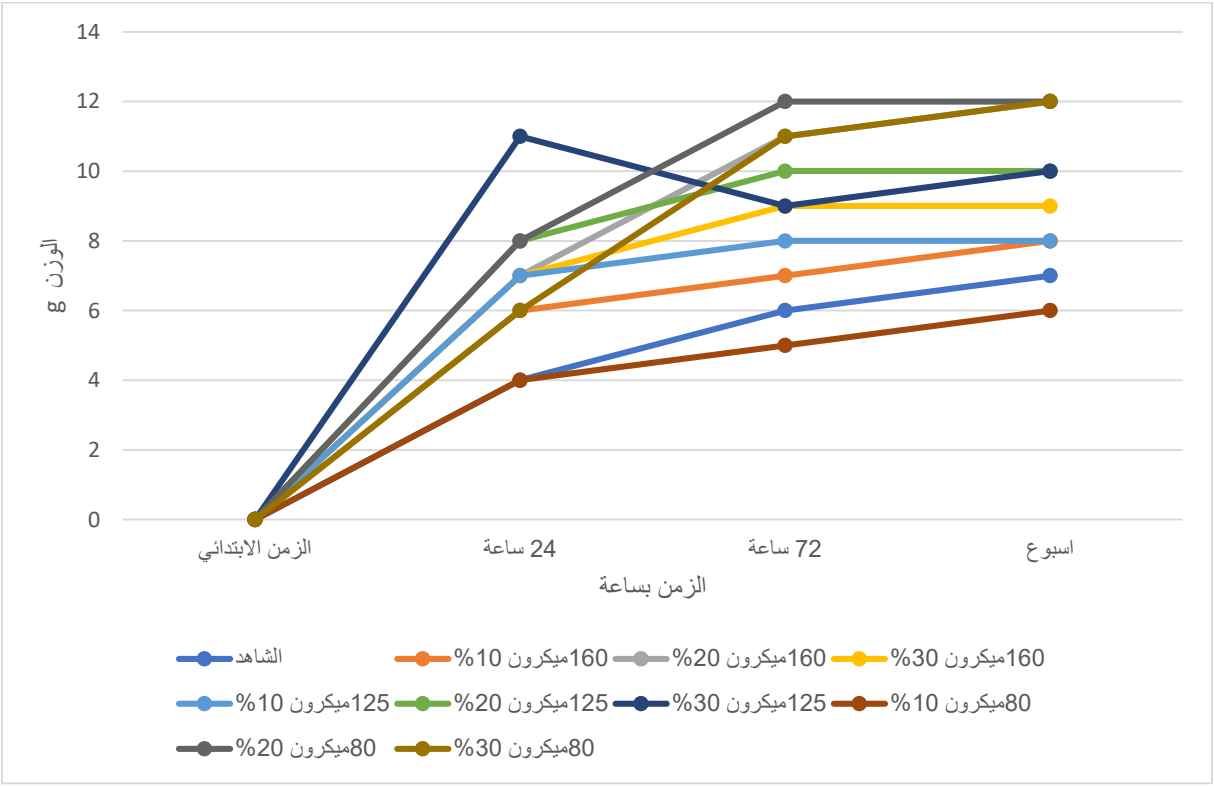
ان هذا الاختلاف في نتائج المقاومة مقارنة بالخرسانة الشاهد يرجع الى كون ان هذه الرمال المضافة لا تحتوي على التركيبة الكيميائية اللازمة للقيام بالربط الهيدروليكي فنحن نلاحظ انه كلما اضفنا نسبة اكبر من هذه الرمال قلت المقاومة.

كما ان الاختلاف في المقاومة عند اختلاف مقاييس الطحن فقد لاحظنا انه كلما كان الرمل المضاف او المستبدل بالاسمنت اقل قطرا كلما كانت المقاومة اكثر وهذا راجع الى دور الطحن حيث انه قام بكسر وإيجاد تركيبات كيميائية جديدة بإمكانها إعطاء روابط هيدروليكية او إعطاء عناصر بإمكانها التفاعل مع نواتج اماهة الاسمنت تفاعلا إيجابيا مما يزيد المقاومة الميكانيكية سواء في الضغط او الانحناء.

2-2-3- تأثير الاستبدال على الخاصية الشعرية:

الجدول 18.III: يمثل نسبة الاستبدال على الخاصية الشعرية

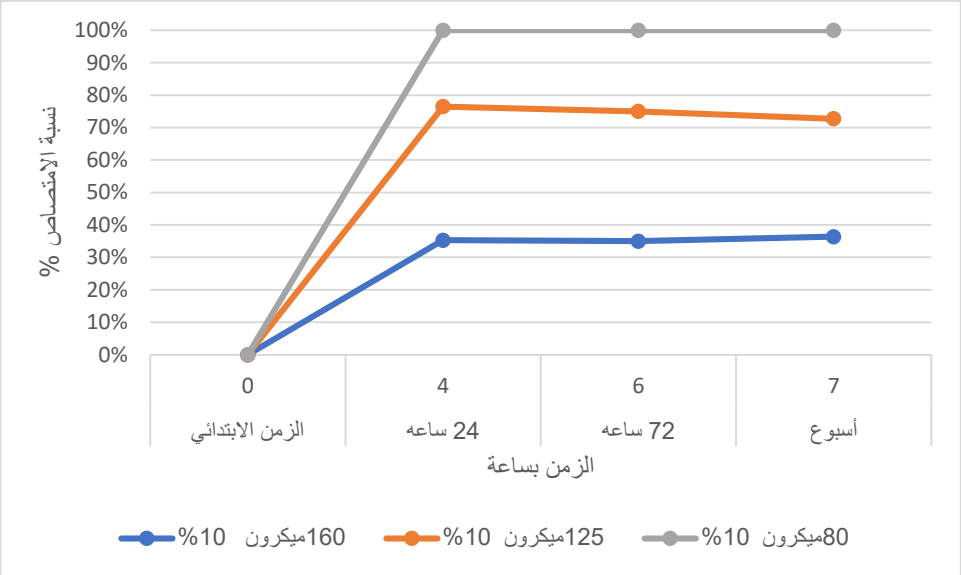
مقياس الطحن الرمال المعالجة ST	نسبة الاستبدال	الرمز	24 ساعة	72ساعة	اسبوع
الشاهد	0%	C_0	558	560	561
160 ميكرومتر (um/m)	10%	C_1	561	562	563
	20%	C_2	560	564	565
	30%	C_3	548	550	550
125 ميكرومتر (um/m)	10%	C_4	566	567	567
	20%	C_5	565	567	567
	30%	C_6	575	573	574
80 ميكرومتر (um/m)	10%	C_7	568	569	570
	20%	C_8	558	560	560
	30%	C_9	562	564	565



منحنى نتائج تجارب الخاصية الشعرية

الجدول III.19: الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال10%

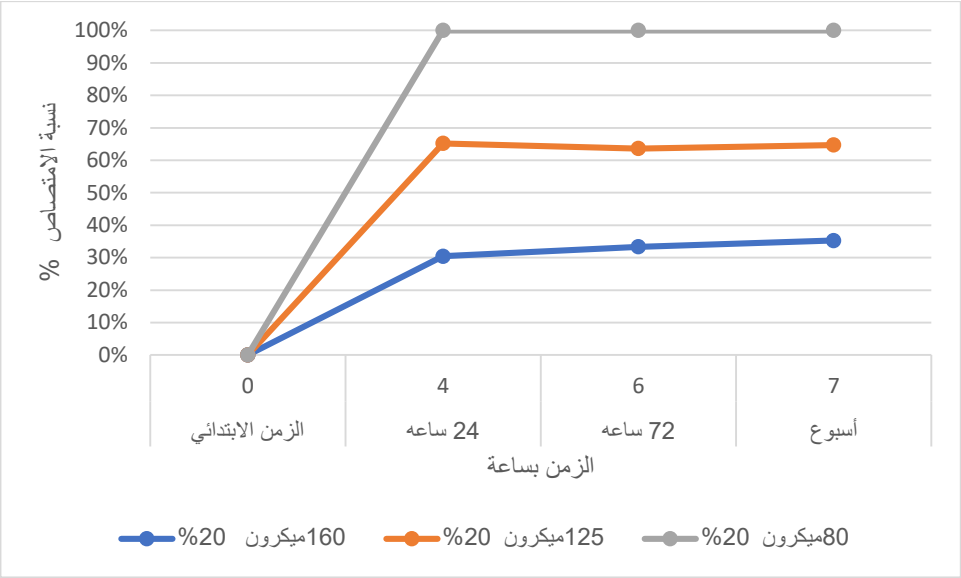
العينات	النسبة	24 ساعه	72 ساعه	أسبوع
الشاهد	0%	4	6	7
160 ميكرومتر (um/m)	10%	6	7	8
125 ميكرومتر (um/m)	10%	7	8	8
80 ميكرومتر (um/m)	10%	4	5	6



منحنى الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال10%

الجدول III.20: الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال20%

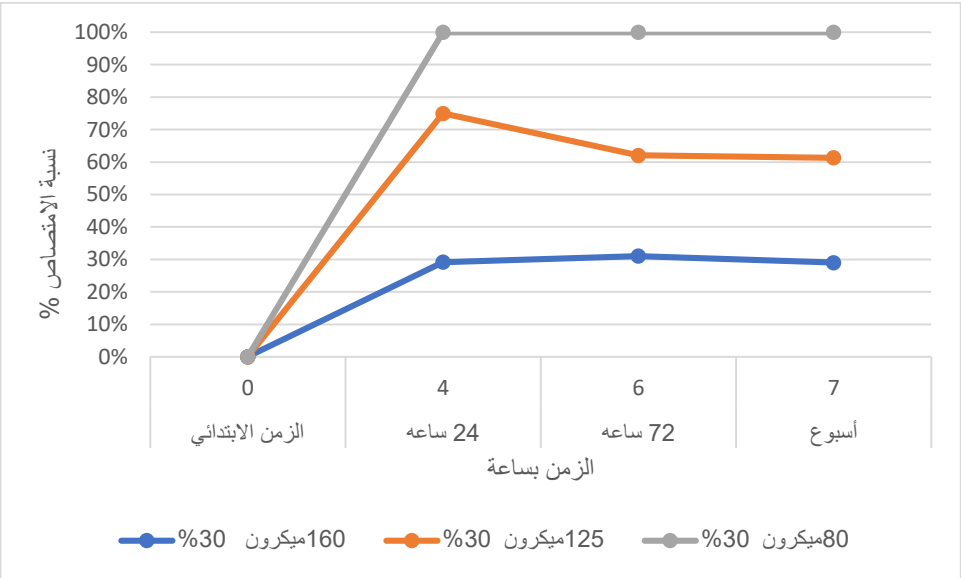
العينات	النسبة	24 ساعه	72 ساعه	أسبوع
الشاهد	0%	4	6	7
160 ميكرومتر (um/m)	20%	7	11	12
125 ميكرومتر (um/m)	20%	8	10	10
80 ميكرومتر (um/m)	20%	8	12	12



منحنى الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال20%

الجدول III.21: الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال30%

العينات	النسبة	24 ساعه	72 ساعه	أسبوع
الشاهد	0%	4	6	7
160 ميكرومتر (um/m)	30%	7	9	9
125 ميكرومتر (um/m)	30%	11	9	10
80ميكرومتر (um/m)	30%	6	11	12



منحنى الامتصاص الشعيري نسبة الاستبدال30%

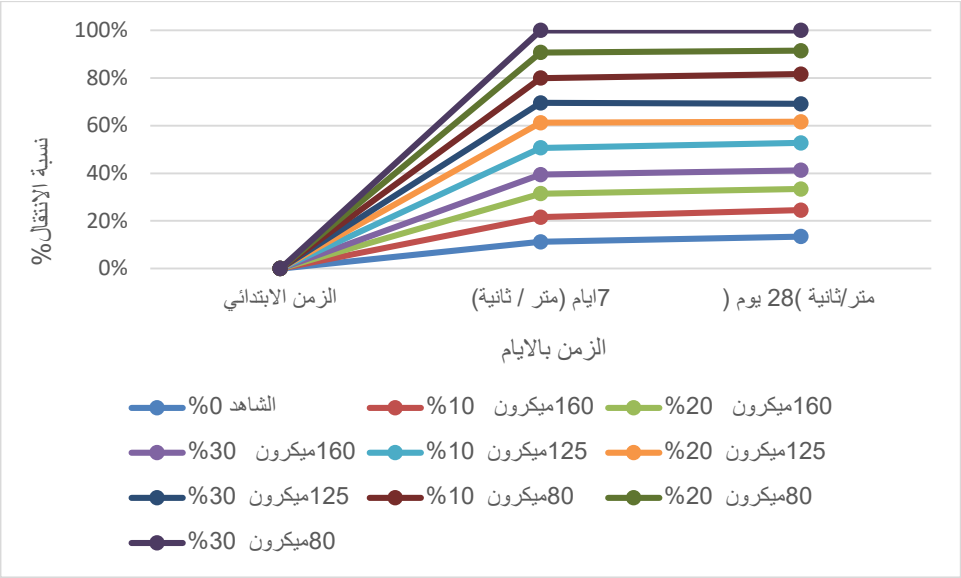
تفسير نتائج الامتصاص الشعري:

نلاحظ من خلال النتائج انه كلما كانت الرمال ادق كلما كانت نسبة الامتصاص عموما اكثر فقد لاحظنا انه تغيرت نسبة الامتصاص بين التركيبة التي تحتوي على 20% من الرمال المضافة فعند مقارنة العينة ذات المقياس 160 ميكرومتر (um/m) بالعينة ذات المقياس 80ميكرومتر (um/m) فقد زادت بحوالي 9.1% وهذا راجع الى دقة الرمال التي تكو نداخل الجسم الخرساني قنوات شعيرية كثيرة ودقيقة كلما نقص حجم الرمال.

2-2-4- تأثير الاستبدال على تجربة الموجات فوق الصوتية:

الجدول III.22: تأثير الاستبدال على الموجات فوق الصوتية

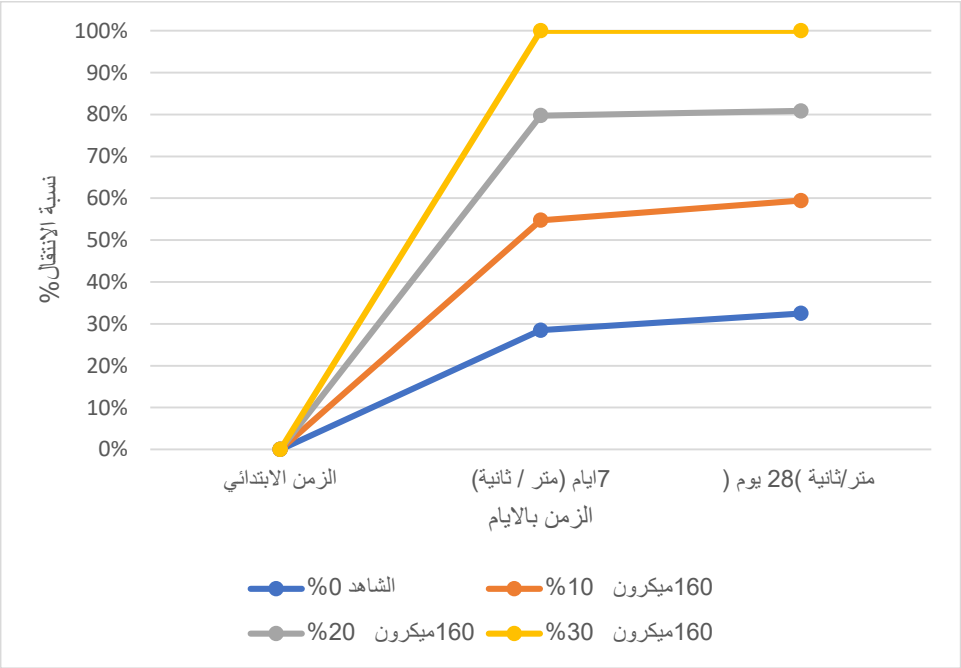
مقياس الطحن الرمال المعالجة ST	نسبة الاستبدال	الرمز	7ايام (متر / ثانية)	متر/ثانية 28 يوم	ملاحظة
الشاهد	0%	C_0	3678	5014	جودة ممتازة
160 ميكرومتر (um/m)	10%	C_1	3389	4163	جودة عالية
	20%	C_2	3232	3305	جودة متوسطة
	30%	C_3	2614	5392	جودة ضعيفة
125 ميكرومتر (um/m)	10%	C_4	3678	4277	جودة عالية
	20%	C_5	3440	3319	جودة متوسطة
	30%	C_6	2740	2815	جودة ضعيفة
80 ميكرومتر (um/m)	10%	C_7	3411	4690	جودة عالية
	20%	C_8	3516	3665	جودة جيدة
	30%	C_9	3024	7313	جودة متوسطة



منحنى تأثير الاستبدال على الموجات فوق الصوتية

الجدول III.23: الموجات فوق الصوتية نسبة 160 ميكرومتر (um/m)

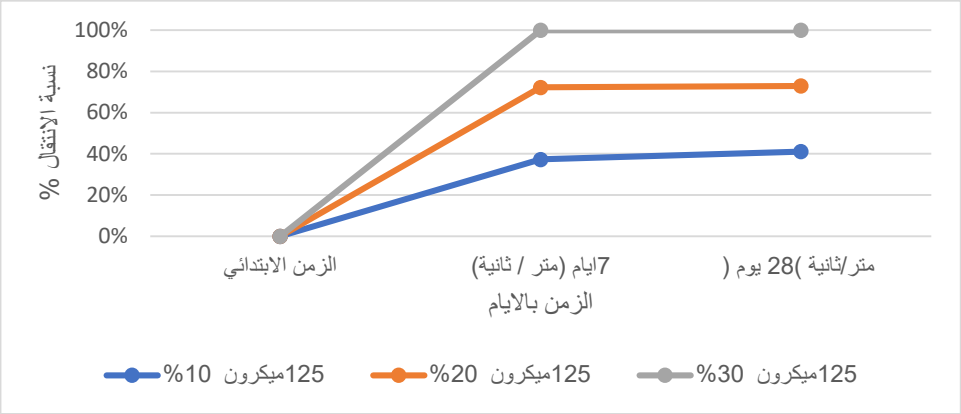
العينات	النسبة	7ايام (متر / ثانية)	28(يوم)/ثانية متر
الشاهد	0%	3678	5014
160 ميكرومتر (um/m)	10%	3389	4163
	20%	3232	3305
	30%	2614	2953



منحنى الموجات فوق الصوتية نسبة 160 ميكرومتر (um/m)

الجدول III.24: الموجات فوق الصوتية نسبة 125 ميكرومتر (um/m)

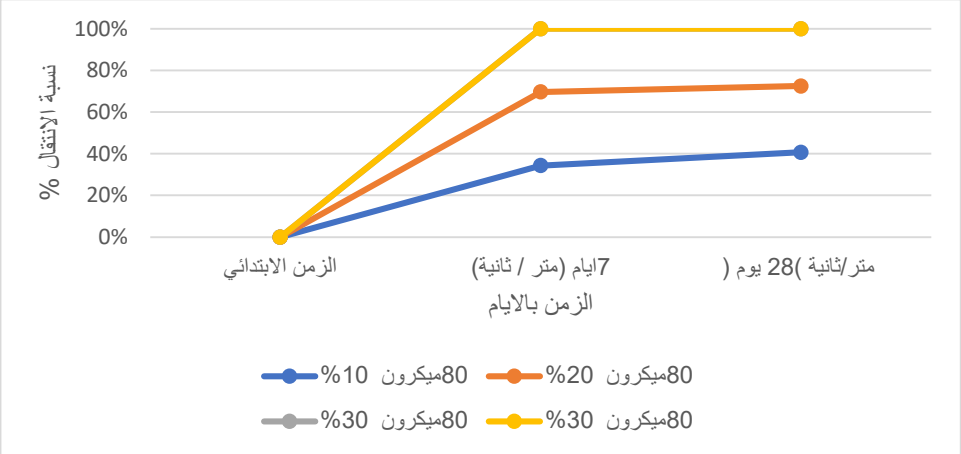
العينات	النسبة	7ايام (متر / ثانية)	متر/ثانية)28 يوم (
125ميكرومتر (um/m)	10%	3678	4277
	20%	3440	3319
	30%	2740	2815



منحنى الموجات فوق الصوتية نسبة 125 ميكرومتر (um/m)

الجدول III.25: الموجات فوق الصوتية نسبة 80 ميكرومتر (um/m)

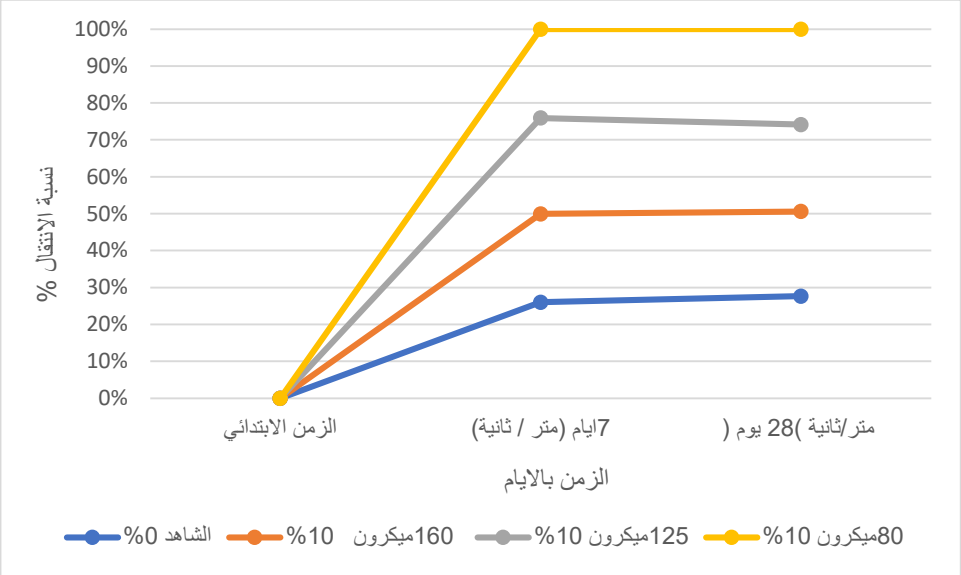
العينات	النسبة	7ايام (متر / ثانية)	متر/ثانية)28 يوم (
80ميكرومتر (um/m)	10%	3411	4690
	20%	3516	3665
	30%	3024	3173



منحنى الموجات فوق الصوتية نسبة 80 ميكرومتر (um/m)

الجدول III.26: الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 10%

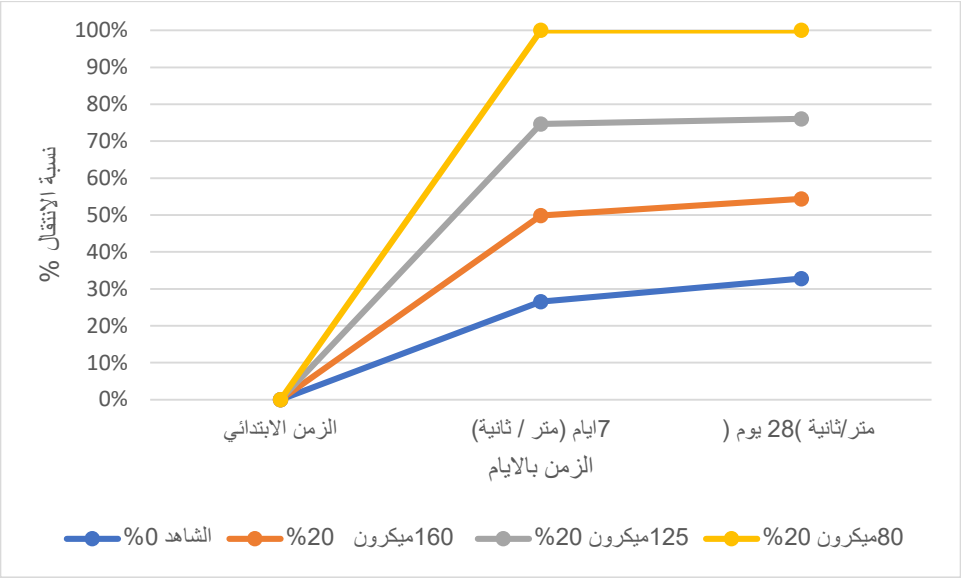
العينات	النسبة	7ايام (متر / ثانية)	متر/ثانية)28 يوم (
الشاهد	0%	3678	5014
160 ميكرومتر (um/m)	10%	3389	4163
125 ميكرومتر (um/m)	10%	3678	4277
80 ميكرومتر (um/m)	10%	3411	4690



منحنى الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 10%

الجدول III.27: الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 20%

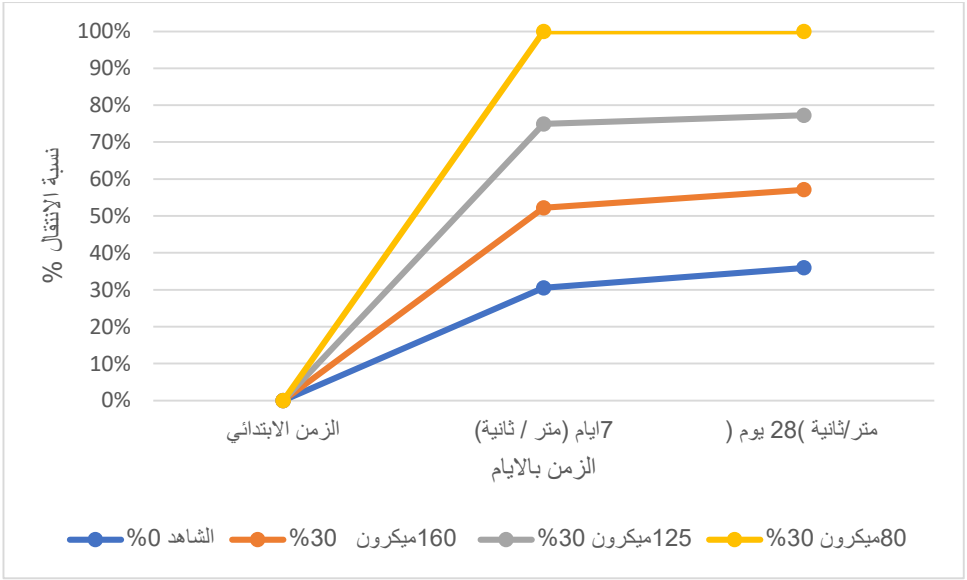
العينات	النسبة	7ايام (متر / ثانية)	متر/ثانية)28 يوم (
الشاهد	0%	3678	5014
160 ميكرومتر (um/m)	20%	3232	3305
125 ميكرومتر (um/m)	20%	3440	3319
80ميكرومتر (um/m)	20%	3516	3665



منحنى الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 20%

الجدول III.28: الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 30%

العينات	النسبة	7ايام (متر / ثانية)	متر/ثانية)28 يوم (
الشاهد	0%	3678	5014
160 ميكرومتر (um/m)	30%	2614	2953
125ميكرومتر (um/m)	30%	2740	2815
80 ميكرومتر (um/m)	30%	3024	3173



منحنى الموجات فوق الصوتية نسبة الاستبدال 30%

تفسير النتائج:

"الجدول يعرض نتائج اختبارات سرعة الموجات فوق الصوتية (UPV) للملاط بعد 28 يومًا، حيث تم استبدال الأسمنت جزئيًا برمال معالجة حراريًا بمقاييس مختلفة ونسب استبدال مختلفة. تشير سرعة الموجات فوق الصوتية إلى جودة وتماسك المادة، حيث تعكس سرعة الموجات قدرة المادة على نقل الموجات الصوتية. كلما زادت سرعة الموجات، كانت المادة أكثر كثافة وتماسكًا.

تحليل البيانات

مقياس الطحن 160 ميكرومتر (um/m):

نسبة استبدال 10% (C1) : سرعة الموجات (4163 متر/ثانية) أقل من الشاهد (5014 متر/ثانية)، ولكنها تشير إلى جودة عالية. هذا الانخفاض يعزى إلى تقليل كمية الأسمنت المتوفرة لتكوين روابط قوية.

نسبة استبدال 20% (C2) و30% (C3): تستمر سرعة الموجات في الانخفاض إلى 3305 و2653 متر/ثانية على التوالي، مما يشير إلى جودة متوسطة إلى ضعيفة. زيادة نسبة الاستبدال تقلل من المواد الرابطة الفعالة مما يقلل من كثافة المادة.

مقياس الطحن 125 ميكرومتر (um/m):

نسبة استبدال 10%(C4): سرعة الموجات (4277 متر/ثانية) تظهر جودة عالية، وهذا يشير إلى أن الجسيمات الصغيرة تتفاعل بشكل جيد وتكون روابط قوية.

نسبة استبدال 20% (C5) و30% :(C6) سرعات الموجات (3319 و2815 متر/ثانية)، مما يشير إلى جودة متوسطة إلى ضعيفة. تقليل الأسمنت الفعال يقلل من الكثافة والصلابة.

مقياس الطحن 80 ميكرومتر (um/m):

نسبة استبدال 10% (C7) : سرعة الموجات (4690 متر/ثانية) تقترب من الشاهد، مما يشير إلى جودة عالية. الجسيمات الدقيقة تزيد من تفاعل المواد وتحسين الكثافة.

نسبة استبدال 20% (C8) : سرعة الموجات (3665 متر/ثانية) تشير إلى جودة جيدة، مما يعني أن المادة ما زالت تحتفظ بخصائص ميكانيكية جيدة.

نسبة استبدال 30% (C9): سرعة الموجات (3073 متر/ثانية) تشير إلى جودة متوسطة، وهي أفضل من العينات ذات مقياس الطحن الأكبر عند نفس نسب الاستبدال.

تفسير علمي مستند إلى الدراسات السابقة:

التفاعلات البوزولانية وتحسين الخصائص الميكانيكية:

الرمال المعالجة حراريًا قد تحتوي على مكونات بوزولانية تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم لتكوين سيليكات الكالسيوم المائية (C-S-H)، مما يعزز من كثافة وقوة المادة.

الجسيمات الأصغر (80 ميكرومتر (um/m)) تكون أكثر فعالية في التفاعلات البوزولانية، مما يؤدي إلى زيادة في كثافة المادة وسرعة الموجات فوق الصوتية.

تأثير توزيع الجسيمات:

الجسيمات الدقيقة تملأ الفراغات بين الجسيمات الأكبر، مما يقلل من المسامية ويزيد من كثافة المادة. هذا يفسر لماذا العينات ذات مقياس الطحن (80 ميكرومتر (um/m)) تحتفظ بجودة عالية حتى مع نسب الاستبدال الأعلى.

تأثير نسبة الاستبدال:

زيادة نسبة الاستبدال تؤدي إلى تقليل كمية الأسمنت الفعالة، مما يقلل من كمية الروابط الهيدروليكية المتكونة. لكن في حال استخدام جسيمات دقيقة ومعالجة بشكل جيد، يمكن تقليل التأثير السلبي لهذه الزيادة إلى حد ما.

خلاصة الفصل:

- مقياس الطحن الأصغر (80 ميكرومتر (um/m)) يقدم أفضل النتائج في تحسين جودة الملاط حتى مع نسب استبدال عالية نسبيًا.

- نسبة الاستبدال تؤثر سلبًا على جودة الملاط مع زيادة النسبة، ولكن استخدام جسيمات معالجة بدقة يقلل من هذا التأثير.

- سرعة الموجات فوق الصوتية (UPV) تعطي مؤشرًا جيدًا على كثافة وتماسك المادة، وهي مرتبطة بشكل وثيق بتفاعلات الروابط الهيدروليكية.".

الخلاصة العامة والتوصيات

الخلاصة العامة والتوصيات

يعتمد هذا البحث على الأبحاث السابقة التي أظهرت أن المعالجة الحرارية للرمال تؤدي إلى تغييرات مهمة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية. هذه التغييرات يمكن أن تجعل الرمال قابلة للاستخدام كمواد بوزولانية في الخرسانة، وهي مواد تساهم في تحسين خواص الخرسانة من خلال تفاعلات كيميائية محددة. في ضوء هذه المعرفة السابقة، يقدم هذا البحث تحليلًا شاملاً لتأثير استخدام الرمال المعالجة حرارياً على خصائص الخرسانة وأدائها الميكانيكي.

أظهرت نتائج البحث أن استخدام الرمال المعالجة بمقياس طحن(80 ميكرومتر (um/m))، وبنسبة استبدال 10% من الوزن للاسمنت، يمكن أن يؤدي إلى تحسين ملحوظ في أداء الخرسانة. هذا التحسين يتجلى في زيادة الكثافة والقوة الميكانيكية للخرسانة. يؤول هذا التحسن إلى التفاعل البوزولاني بين مكونات الرمال المعالجة وسيليكات الكالسيوم الهيدراتية (C-S-H) التي تتكون نتيجة لهذا التفاعل. هذه المركبات تسهم بشكل كبير في تحسين جودة وقوة المواد البنائية، مما يجعل الخرسانة أكثر متانة وصلابة.إضافةً إلى الفوائد التقنية والمعمارية، يحمل هذا البحث في طياته فوائد بيئية مهمة. من خلال تقليل كمية الأسمنت المستخدمة في صناعة الخرسانة، يمكننا تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما يساهم في الحد من التأثيرات السلبية على البيئة. صناعة الأسمنت هي واحدة من أكبر مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالمياً، وبالتالي فإن أي خفض في استخدام الأسمنت يمكن أن يكون له تأثير إيجابي كبير على البيئة. علاوة على الفوائد البيئية، يقدم البحث فوائد اقتصادية واضحة. استخدام الرمال المعالجة كبديل جزئي للاسمنت يمكن أن يقلل من تكاليف الإنتاج. الرمال المعالجة هي بديل اقتصادي، ويمكن أن تكون متاحة بكميات كبيرة، خاصة في المناطق التي تنتج كميات كبيرة من الرمال الناتجة عن عمليات الحفر النفطي. بدلاً من أن تصبح هذه الرمال مشكلة بيئية تحتاج إلى حل، يمكن تحويلها إلى مورد قيّم لصناعة البناء.من المهم الإشارة إلى أن هذا البحث لا يقتصر فقط على تقديم حل لمشكلة تراكم الرمال الناتجة عن الحفر النفطي، بل يسعى أيضًا إلى تعزيز الاستدامة في صناعة البناء. يساهم هذا البحث في تحقيق أهداف الاستدامة البيئية والاقتصادية في آن واحد. يفتح هذا النهج آفاقًا جديدة لاستخدام المواد البديلة في البناء، مما يعزز الابتكار والاستدامة في هذا القطاع الحيوي.

- لذا نوصي بما يلي:
- مواصلة البحث في هذا المجال المتعلق بتثمين هذا النوع من الرمال البترولية.
- كما نوصي بدراسة ديمومة هذا النوع من الخرسانة.

نوصي بإضافة مواد محلية أخرى من شأنها مساعدة هذه الرمال على التحفيز الكميائي لتصبح شبه رابط هدروليكي صالح للبناء.

قائمة المراجع

قائمة المصادر والمراجع

[1] رحمان أمال مذكرة لنيل شهادة ماجستير، تأثير المحروقات على البيئة خالل مرحلة الحفر والاستخراج، قسم العلوم الاقتصادية جامعة قاصدي مرباح-ورقلة- 2008.

[2] د.محمد خضكر ، ىندسة الحفر 1 (طرق الحفر) منشورات جامعة البعث.

[3] Revue de Sonatrach – Faites connaissances avec les hydrocarbures – Direction Générale, 1989 .p:6

[4] World's Deepest Well" *Popular Science*، August 1938, article on the late 1930s technology of drilling oil wells.

[5]. B. Aadnoy، R. Looyeh, Petroleum Rock Mechanics: Drilling Operations and Well Design, Gulf Professional Publishing 2011.

[6] N. J. Hyne, Dictionary of Petroleum Exploration, Drilling & Production, Oklahoma, PennWell Books, 1991.

[7] إبراهيم الأدهمي، مروان الشرع، جريس شاهين، الجيولوجيا الاقتصادية (1)، منشورات جامعة دمشق، 2010 – 2011

[8] https://peacademyiq.com/pdfs/Mud%20Contamination%20.pdf

[9] محمد قبي، دراسة تأثير الصناعة النفطية على البيئة، اطروحة نهاية الدراسات للحصول على شهادة الماستر أكاديمي في اقتصاد وتسير بترولي، جامعة قاصدي مرباح ورقلة2013/06/18.

[10] محمد قبي، نفس السابق ص

[11] محمد قبي، نفس المرجع ص.

[12] احمامة حسام، تسير النفايات البترول خلال مرحلة الحفر والانتاج، اطروحة نهاية الدراسات للحصول على شهادة الماستر اكاديمي في قتصاد وتسير بترولي، جامعة قاصدي مرباح ورقلة2015/6/9.

[13] Bou khalfa.z, tordjemani.y" Etude de Methode de troitement des boues de forage cosideration environnementale " Mémoire de Master, université M'hamed Bougara de Boumerdes Algérie, 2017

[14] سالمي جعفر محمد الامين شايبي محمد رزوق سعيد المساهمه في تحسين خصائص خرسانه الرمل الابار البترولیه مذكره تخرج ماستر جامعه الوادي الجزائر 2021

[15] SOPHIE Ranchy, Le Statut Juridique Des Zones Industrielles Littorales Et La Pollution Des Sols, Thèse Pour Obtenir Le Grade De Docteur En Droit Public, Faculté Des Sciences Juridiques, Politiques Et Sociales, Université Lille2, P.22

[16]عبد الغني حسونة، الحماية القانونية للبيئة في اطار التنمية المستدامة، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم في الحقوق، تخصص قانون الأعمال، كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة محمد خيضربسكرة، 2013، ص15

[17]منصور مجاجي، المدلول العلمي والمفهوم القانوني للتلوث البيئي، مجلة المفكر، كلية الحقوق والعلوم السياسية، جامعة محمد خيضر بسكرة ، العدد الخامس، 2008صفحة، 108

[18]أمال رحمان، تأثير المحروقات على البيئة خلال مرحلة الحفر والاستخراج، مذكرة لنيل شهادة ماجيستير في العلوم الاقتصادية تخصص اقتصاد وتسيير البيئة، كلية الحقوق والعلوم الاقتصادية، قسم العلوم الاقتصادية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2008، ص.51.

[19] SABLOCRETE, (1994). Béton de sable, Presse de l'école nationale des ponts et des chaussées, Paris, France.

[20] **Achoura D.، Redjel B.**, « *béton de sable : caractérisation et comportement* », 1 er colloque maghrébin de génie civil، université de Annaba, pp.17-25، Nov. 1999

[21] SABLOCRETE, (1994). Béton de sable, Presse de l'école nationale des ponts et des chaussées, Paris, France.

[22]ماني محمد، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي كالتعزيز بالالياف، مذكرة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر.

[23]DREUX G, FESTA J. "Nouveau guide du béton et de ses constituants", Edition Eyrolles, Huitième Edition, 1998.

[24] **Ben Amara Dalila**.، « *Formulation et comportement d'un béton de sable de la région de Biskra renforce de fibre métallique* », Thèse de magister de génie civil, Université de Annaba, 2002.

[25] BelfriekhAhleme et Talla Nadjet، Etude des bétons de sable, Mémoire de fin d'Etudes pour l'obtention de Diplôme de MASTER Académique en Génie Civil, Université Mohammed Seddik Ben Yahia – Jijel, 2019

[26] BelfriekhAhleme et Talla Nadjet, Etude des bétons de sable, Mémoire de fin d'Etudes pour l'obtention de Diplôme de MASTER Académique en Génie Civil, Université Mohammed Seddik Ben Yahia – Jijel, 2019.

[27] BENTATA A." Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2004.

[28]ماني محمد، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالآلياف، مذكرة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر، 2018.

[29] GUENOUN R. "Etude et formulation d'un béton de sable de dune", Projet de fin d'étude d'ingéniorat, ENP, Algérie، 2003

[30] KETTAB R. "Contribution à la valorisation du sable de dunes", Thèse de doctorat, ENP, Algérie, 2007.

[31]المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدبير المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن " المملكة العربية السعودية.

[32] BOUDJEMAA. Yamina et DJILANI. Souad, Micro-Béton à base de sable mixte (sable de dune et sable concassée) avec poudre de marbre et adjuvant, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en: génie civil, Université Mohamed Boudiaf- M'sila، 2019.

[33] BENTATA A." Etude expérimentale d'un béton avec le sable de dune", Mémoire de magister, université de Ouargla, Algérie, 2004.

[34]ماني محمد، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالآلياف، مذكرة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر

[35] BOUDJEMAA. Yamina et DJILANI. Souad, Micro-Béton à base de sable mixte (sable de dune et sable concassée) avec poudre de marbre et adjuvant, Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en: génie civil, Université Mohamed Boudiaf- M'sila, 2019

[36] BABA ARBI Ali et MANSOUR Noussaiba, Comportement du béton de sable de dunes renforcé par des fibres métalliques soumis à haute température, Mémoire Présenté en vue de.

[37]المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدبير المهني "خواص واختبار المواد 104 مدن " المملكة العربية السعودية.

[38]CHAOUCH A."Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1993

[39] SALHI K".Etude de l'influence de l'ajout du sable de dune et le laitier granulé finement broyés au ciment sur la stabilité de béton", Mémoire de magister، université de Biskra, Algérie, 2007.

[40] NAFA A, BATATA A. "Béton de sable de concassage", Projet de fin d'étude, ENP، Algérie, 1989

[41] DREUX G, FESTA J. "Nouveau guide du béton et de ses constituants", Edition Eyrolles, Huitième Edition, 1998.

[42]HACHANA A." Etude des Bétons à base des agrégats de démolition", Mémoire de magister, université de Biskra, Algérie, 2007

[43]جلة المهندس " الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها" العدد 4، 1996.

[44] ماني محمد، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف، مذكرة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر، 2018.

[45] ماني محمد، المساهمة في تحسين خصائص خرسانة رمل الكثبان بواسطة التصحيح الحبيبي والتعزيز بالألياف، مذكرة دكتوراه، جامعة ورقلة، الجزائر، 2018.

[46]DREUX G, FESTA J. "Nouveau guide du béton et de ses constituants", Edition Eyrolles, Huitième Edition, 1998.

[47]STAN DARD-SAND.COM.

[48]EDGINTON J ; D.J. HANNANT "Steel Fibre reinforced Concrete The effect on fibre orientqtion of compaction by vibration.

[49] ZANE Messaouda et DJEMAA Nabila, Elaboration et caractérisation d'un.

[50] Mangat, M. MOTAMEDI AZARI « Rétrécissement des composites de ciment renforcés de fibres d'acier ».

[51]Mangat, M . MOTAMEDI AZARI "Shrinkqge of Steel Fibre reinforced cement composites."

[52] DAD Celia Etude comparative de l'utilisation du sable de dune en substitution du sable de rivière cas des mortiers normalisés، Mémoire de Fin D'études En vue de L'obtention du diplôme de Master en Génie Civil, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2019

[53] ZANE Messaouda et DJEMAA Nabila, Elaboration et caractérisation d'un mortier léger par introduction de billes de polystyrène، Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ de Bouira, 2019

[54]محمود الايمان تكنولوجيا الخرسانة قسم الهندسة الانشائية كلية الهندسة جامعة المنصورة مصر سنة 2002.