Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique

مذكرة ماستر

فرع هندسة مدنية

شعبة مواد في الهندسة المدنية

العنوان

تثمين أو تدوير نفايات قنوات بلاستيكية PVC في تركيبة الخرسانة الرملية

اسم ولقب الطالبة

جفافلة أحلام

تحت إشراف الأستاذة

زغيشي ليلى

السنة الدراسية 2024/2023

الشكر والتقدير

الشكر والحمد لله الذي هداني إلى ما أحب ويرضى، فأحببت ما أحبه لي ورضيت بما رضه إلى وكفاني....
تم تنفيذ العمل المقدم في هذه الرسالة في مختبر مواد البناء التابع لقسم الهندسة المدنية في جامعة بسكرة، اسمحوا لي أن أعبر هنا عن امتناني لجميع الأشخاص الذين ساعدوني في إجراء هذه الدراسة بنجاح.
في بداية الأمر، أتوجه بالشكر إلى مشرفتي الأستاذة بروفسوره" زغيشي ليلى" ويسعدني جدا أن أرسل لها امتناني العميق لدعمها ونصائحها الحكيمة أثناء تطوير هذا المشروع.
ولا أنسي آن اشكر طالب الدكتوراه "مطيع" على مجهوداته المبذولة ونصائحه القيمة التي قدمها لي طيلة هذا العمل وفي هذا المشروع.
وكذلك أشكر جميع أعضاء لجنة التحكيم على قبولهم مشروعي عملي، كما أتوجه بالشكر إلى جميع أساتذة قسم الهندسة المدنية.

الإهداء

إلى صاحب السيرة العطرة، والفكر المُستنير؛ والقلب الطيب، فلقد كان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي وفي وصولي إلى ما وصلت إليه ألان وكان هو الداعم وهو المحفز في مشواري الدراسي وهو والدي "مسعود "

نسير في دروب الحياة، ويبقى من يُسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه صاحبة الوجه الطيب، والأفعال الحسنة. فلم تبخل عليَّ طيلة حياتها و إلى من وضع المولى –سبحانه وتعالى –الجنة تحت قدميها، ووقرها في كتابه

العزيز.....أمي الحبيبة "حياة"

و إلى من اعتمد عليهم في كل كبيرة وصغيرة .....إخوتي "بشير عبد الرحمان صدام رياض "

والى من أتشاور معهم واعتمد على قرارهم وعلى نظرتهم إخوتي البنات "نادية حورية سمية جهينة"

والى الصديق ورفيق الدرب الذي كان السند في مشواري من صغري "ف"

أهدي تخرجي هذا إلى كل عائلتي من أبي وأمي إلى اصغر فرد في العائلة "حيدر"

RÉSUMÉ

La valorisation des déchets dans le génie civil est un secteur crucial, notamment lorsque les produits visés ne sont pas soumis à des critères de qualité trop stricts. Le recyclage des déchets a deux impacts majeurs : écologique et économique. Dans plusieurs pays, divers déchets sont utilisés dans la construction, en particulier dans le ciment ou le béton sous forme de poudre, fibres ou agrégats.

Cette étude examine la possibilité d'utiliser le plastique recyclé des conduites (PVC) dans le béton de sable comme granulats de sable pour créer des composites légers destinés à l'isolation, et leur influence sur les caractéristiques des composites produits.

Les résultats expérimentaux montrent que l'ajout de déchets de conduites en plastique (PVC) améliore nettement la légèreté de ce composite, réduit la résistance à la traction et à la compression, et diminue significativement sa capacité d'absorption d'eau et sa conductivité thermique .

Mots clés : béton de sable léger, déchet, conduite en plastique, résistance mécanique, conductivité thermique.

الملخص

تُعَدُّ عمليةُ إعادةِ تدويرِ النفاياتِ في مجالِ الهندسةِ المدنيةِ قطاعًا مهمًّا، خُصوصًا عندما لا تكونُ المنتجاتُ المطلوبةُ مُطالَبةً بمعاييرِ جودةٍ صارمة. يُؤثِّرُ إعادةُ تدويرِ النفاياتِ بشكلٍ كبيرٍ على الجانبَينِ البيئيّ والاقتصادي. في العديدِ من الدولِ حولَ العالم، تُستَخدَمُ نفاياتٌ مختلفةٌ في مجالِ البناء، خُصوصًا في الإسمنتِ أو الخرسانةِ كمَساحيقٍ أو أليافٍ أو مُجَمَّعات.

تَهدِفُ هذهِ الدراسةُ إلى استكشافِ إمكانيةِ استخدامِ البلاستيكِ المُعادِ تدويرُهُ من المواسيرِ

في خرسانةِ الرملِ كبديلٍ للرملِ لصُنعِ مُركَّباتٍ خفيفةٍ مُخصصةٍ للعزلِ، وتأثيرِها على خصائصِ المُركَّباتِ المُنتَجة.

تُظهِرُ النتائجُ التجريبيةُ أنَّ إضافةَ نفاياتِ المواسيرِ البلاستيكيةِ تُحسِّنُ بشكلٍ واضحٍ من خفةِ هذهِ المُركَّباتِ، وتُقلِّلُ من مُقاومتِها للشدِّ والضغط، وتُخفِّضُ بشكلٍ كبيرٍ من قدرتِها على امتصاصِ الماء.

الكلماتُ المفتاحية: الخرسانةُ الرملية الخفيفة، نفايات، مواسير بلاستيكية، مقاومة ميكانيكية، الناقلية الحرارية.

الشكر والتقدير 3
الإهداء 4
RÉSUMÉ 5
الملخص 6
المقدمة العامة 11
المقدمة العامة: 12
الفصل الأول.1.: 14
عموميات حول الركام وأنواعه 14
مقدمة الفصل الأول: 15
I تعريف الخرسانة الرملية.1.1.: 15
I تاريخ الخرسانة.2.1.: 15
I استعمالات الخرسانة في العالم.3.1. : 16
I الإتحاد السوفيتي.1.3.1. : 16
I خرسانة الرمل في فرنسا:.2.3.1 16
I خرسانة الرمل في الخليج العربي:.3.3.1 17
I المقدمة.1.4.1. 17
I الاسمنت.2.4.1.: 17
أ - الكتلة الحجمية:. 18
ب - المساحة السطحية للإسمنت:. 18
ت. زمن التصلب: 18
I الخصائص الميكانيكية.2.2.4.1. 18
أ.الرمل الطبيعي: 19
رمل الأنهار والوديان: 19
ب رمل البحار: 19
ت رمل المحاجر الناتج عن مخلفات تحطيم الأحجار: 20
ج رمل الكثبان: 20
د الرمل الاصطناعي: 20
I العوامل التي تحدد جودة الرمل المستعمل في البناء.2.3.4.1.: 20

20 ..... :أ-الملمس
21 ..... :ب- الخلو من الشوائب
21 ..... ت- الرطوبة.
21 ..... :.4.4.1.الماء I
21 ..... :.5.4.1.الحصى I
21 ..... :.1.5.4.1.خصائص الحصى I
21 ..... :أ- الحبيبية
22 ..... :ب-التدرج الحبيبي
22 ..... :ت- شكل حبيبات الحصى الكبير
22 ..... :ج- رطوبة السطح والامتصاص
22 ..... .6.4.1.: Les adjuvant المحسنات I
22 ..... .7.4.1. Filler : الحشو I
23 ..... :.8.4.1.خصائص خرسانة الرمل I
23 ..... : أ.خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب
24 ..... : ب.خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب
24 ..... الخصائص الميكانيكية
24 ..... : أ - مقاومة الضغط
24 ..... :ب- مقاومة الشد
25 ..... ج- الانكماش
25 ..... د- البنية الداخلية
27 ..... :.2.الفصل الثاني I
27 ..... تثمين النفايات البلاستيك في الخرسانة
28 ..... :.1.2.المقدمة I
28 ..... :.2.2.كيمياء البلاستيك I
29 ..... :.3.2.المنهجية المتبعة الحد من النفايات I
29 ..... :.1.3.2. القاعدة الذهبية I
31 ..... :.4.2.تأثير النفايات البلاستيكية I
31 ..... :النفايات .5.2.تصنيف I
31 ..... :أ- النفايات المنزلية
31 ..... :ب.النفايات الصناعية
32 ..... ت.النفايات الزراعية.
32 ..... :ج. نفايات الإنشاء والبناء

32 ..... I 6.2.استغلال النفايات البلاستيكية:

32 ..... أ.الاستغلال الطاقوي:

32 ..... ب.الاستغلال الميكانيكي:

32 ..... ت.الاستغلال الكيميائي:

33 ..... I 7.2.إدارة النفايات البلاستيكية:

33 ..... I 8.2.:أنواع النفايات البلاستيكية المستخدمة في الخرسانة

33 ..... أ- أنواع البلاستيك:

- 33 ..... ب.البولي كلوريد الفينيل (PVC)

34 ..... ب.2.أهم استخدامات البولي فينيل كلوريد

34 ..... I 9.2.:خصائص الأسمنت/الخرسانة التي تحتوي على مواد ركامية بلاستيكية

- 37 ..... الخلاصة

39 ..... الفصل الثالث

40 ..... II 1.:مقدمة

40 ..... II 2.المواد :هي المستخدمة

40 ..... II 1.2:الاسمنت

41 ..... II 1.1.2.الخصائص :الفيزيائية

41 ..... II 2.2.:الرمل

42 ..... II 1.2.2.الخصائص : الفيزيائية

42 ..... II 3.2.معامل :الماء امتصاص

43 ..... II 4.2.المكافئ : الرملي

44 ..... II 5.2.التدرج : الحبيبي

46 ..... II 6.2.معيار :النعومة

46 ..... II 7.2.:الماء

46 ..... II 1.7.2.التركيبة :للماء الكيميائية

47 ..... II 8.2.:الإضافات

47 ..... - المتفوق الملدن :

47 ..... -كلوريد فينيل البولي: (PVC)

48 ..... PVC: ل الحجمية الكتلة

48 ..... PVCالتحليل الحبيبي ل

48 ..... II 3.تركيبة :الخرسانة

49 ..... II 1.3.الاختبارات : أجريت التي

49 ..... II 1.1.3.الاختبارات : الفيزيائية

53 ..... الميكانيكية: .2.1.3.الاختيارات II

56 ..... الخلاصة:

57 ..... الفصل الرابع

58 ..... المقدمة: .1

58 ..... نتائج الاختبارات III .2.:

58 ..... اختبار السيولة III .1.2:

59 ..... اختبار الكثافة III .2.2. :

60 ..... في الحالة الصلبة:

60 ..... اختبار الانحناء III .3.2.:

61 ..... اختبار الانضغاط III .4.2. :

62 ..... الامتصاص بالغمر III .5.2.:

63 ..... الانكماش III .6.2.:

63 ..... تجربة الناقلية الحرارية حسب المعيار ASTM C518: . 7.2

64 ..... اختبار الكثافة في الحالة الصلبة III .8.2.

65 ..... الخلاصة:

67 ..... الخلاصة العامة

69 ..... المراجع

74 ..... الملاحق

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

على مدى العشرين سنة الماضية، تمثل النفايات البلاستيكية جزءًا كبيرًا من النفايات الصلبة البديلة. بالإضافة إلى ذلك، تشكل هذه النفايات مشكلة خطيرة بسبب مدة تحللها الطويلة، مما يؤدي إلى تلوث بيئي في كل مكان. لذلك، تعتبر إدارة النفايات البلاستيكية رورية من الناحية البيئية والاقتصادية والاجتماعية. كانت الطرق الأولى للتعامل معها هي الطمر والحرق. ومع ذلك، فإن النمو المتسارع في نفايات التغليف البلاستيكي يستدعي استكشاف مسارات أخرى لإعادة التدوير. قد تمثل مواد البناء مجالاً واعدًا لهذا الغرض .بالفعل، أظهرت الدراسات السابقة أنه يمكن استخدام النفايات البلاستيكية في الخرسانة وحتى أنواع أخرى من النفايات مثل الحصى المعاد تدويره من عمليات الهدم و/أو البناء.

في الجزائر، تُستخدم الانابيب البلاستكية بشكل كبير .يستهلك كل جزائري في المتوسط 117 انبوب بلاستيكي سنويًا(1)، مما يؤدي إلى استهلاك إجمالي يبلغ 6 مليار انبوب بلاستيكي سنويًا. هذه الحالة تسبب مشكلة بيئية كبيرة بسبب عدم قابلية هذه الانابيب للتحلل البيولوجي.

يندرج موضوع البحث الحالي على دراسة السلوك الفيزيائي والميكانيكي وبعض جوانب المتانة للخرسانة المصنوعة من الحصى المعتمد على نفايات البلاستيك، خاصة **PVC** البولي كلوريد الفينيل المعاد تدويره من الانابيب البلاستيكية والذي تم استبداله كبديل جزئي للرمل (بنسبة 10% 20%و30%) لإنتاج مادة مركبة خفيفة الوزن تُستخدم في العزل.

تم إجراء تحسين وتحليل تأثير العوامل التي تؤثر على الخصائص الرئيسية للخرسانة الرملية الخفيفة (قابلية التشغيل، الكثافة الحجمية، والمقاومة الميكانيكية بعد 28 يومًا) باستخدام خطة تجريبية كاملة.

المشكلة:

كيف يمكن الحد من انتشار نفايات الأنابيب البلاستيكية في الطبيعة؟

الأهداف :

أصبحت إعادة استخدام أو تدوير النفايات البلاستيكية أحد أهداف لتنمية المستدامة التي لها أثر إيجابي كبير على الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية، كما أصبحت سياسة تعتمدها وتصر عليها كثير من الدول المتقدمة.

وتتلخص هذه العملية بتجميع النفايات البلاستيكية والبناء ومعالجتها وإعادة استخدامها من جديد، أي إعادتها إلى دورتها الحياتية وجعلها مادة صالحة لاستعمال لنفس الغرض أو لأغراض أخرى. وهذه الطريقة مفيدة بيئياً كونها تقلل حجم النفايات المتولدة وبالتالي توفر مساحة الأرض المستغلة كمكب للنفايات، كما أنها تساهم في الحفاظ على المصادر الطبيعية

الأصلية.
وتندرج دراستنا في هذا السياق وهو إعادة التفكير في طريقة تمكننا من استغلال بقايا النفايات البلاستيكية .

سنقوم باستغلالها عن طريق إعادة التدوير في مجال دراستنا في مكونات الخرسانة

منهجية العمل:

من أجل تحقيق الأهداف المرجوة، تم هيكلة هذا البحث في أربعة فصول مقسمة إلى جزأين:

الفصل الأول :مخصص لعموميات حول الركام و أنواعه

الفصل الثاني: تثمين النفايات البلاستيكية في الخرسانة

المبحث الثاني : مراجعة ببليوغرافية حول الدراسات المختلفة المتعلقة باستغلال النفايات البلاستيكية واستخدامها في تصنيع المركبات المختلفة (الخرسانة). نقدم أيضًا تأثير الأنواع المختلفة من النفايات البلاستيكية المعاد تدويرها على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة.

الفصل الثالث: يسلط الضوء على الخصائص الرئيسية للمواد المستخدمة، وكذلك شرح للإجراءات التجريبية المعتمدة، بما في ذلك وصف للتجارب المختلفة التي أجريت خلال هذا العمل.

الفصل الرابع: يعالج تحليل وتفسير النتائج المختلفة التي تم الحصول عليها .

1. الفصل الأول:

عموميات حول الركام وأنواعه

مقدمة الفصل الأول :

تعتبر الخرسانة من أهم مواد البناء لما لها من ميزات إيجابية ولا سيما كونها مادة بناء رخيصة ومحلية. في نهاية العقد الأخير من القرن العشرين ظهر نوع جديد من الخرسانة وهي الخرسانة الرملية التي هي عبارة عن خليط ممزوج بشكل متجانس، فهي تعتبر دقيقة أو خرسانة مجهرية ولها تركيب حبيبي يختلف عن الخرسانة العادية بحيث تتميز بمقاومتها العالية وبمركباتها ذات التركيز العالي، تتكون غالبا من مقدار كبير من الرمل مهما كانت نوعيته وإضافات دقيقة ومحسنات الخلط وطبعا الاسمنت والماء حسب الضرورة ومقدار معين من الحصى أو البرادة أو الملونات.

إن استعمال خرسانة الرمل عوضا عن الخرسانة العادية قد يشكل أحيانا عاملا إيجابيا من الناحية الاقتصادية عندما تكون هناك سهولة للحصول على الرمل كونه أقل ثمنا من الحصى .في حين أن استعمال خرسانة الرمل يمكن تثمين خصائصها الفيزيائية بواسطة التصحيح الحبيبي لها وذلك بإضافة نسبة من رمل الكثبان.

1.1. I .تعريف الخرسانة الرملية :

الخرسانة عبارة عن مجاميع متدرجة من حبيبات صغيرة وحبيبات كبيرة يتم تجميعها معا بواسطة مادة رابطة هي عجينة الأسمنت ، مما يعني أن الخرسانة عبارة عن حصى وأسمنت وماء. على الرغم من أن الأسمنت يتفاعل مع الماء، مكونا عجينة إسمنتية صلبة تكون مسؤولة بشكل كاف عن المقاومة ، إلا أنه من الصعب صنع وتصنيع الخرسانة من الأسمنت والمياه فقط لسببين رئيسيين :التكلفة العالية .والتغير الحجمي العالي لعجينة الأسمنت من جانب الانكماش.

2.1. I .تاريخ الخرسانة :

تعتبر خرسانة الرمل أقدم من الخرسانة العادية حسب **POITEVIN** ، حيث ذكر أن أصل خرسانة الرمل يعود إلى السنوات 1850 - 1875 تحت اسم الخرسانة المتكتلة **(Beton Agglomere** والمتكونة أساسا من الرمل والماء والاسمنت] .

في سنة 1853 قام المهندس الفرنسي **COIGNT** بإنجاز بنايات اقتصادية بخرسانة تراكم **(Beton (Agglomere**التي تعتبر أصل خرسانة الرمل والتي تتكون من خليط بدون حجارة من رمل رماد بركاني لمسحوق الفحم و تربة غضارية محروقة و جير طبيعي وماء هذه الخرسانة استعملت في عدة إنجازات من بينها منزل كبير من خرسانة مقولبة رقم 72 شارع شارل ميشال في باريس.

وقد ذكر **POITEVIN** أيضا أنه في سنة 1869 و 1872 تم إنجاز جزء من قناة ذات طول يبلغ 40 كلم باستعمال الخرسانة المتكتلة وذلك بغرض ربط النافورة الزرقاء **(Fontaine bleu)** بأورليان (فرنسا)

وفي نفس السياق أنجزت في مصر سنة 1869 منارة بور سعيد بخرسانة رمل البحر والجير بطول قدره 52 متر. وقد نقل **POITEVIN** تقنيته إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث أنجز بين سنتي 1871 و 1872 جسر بخرسانة الرمل ببروكلين.

وخلال عشرية 1970 - 1980 قلصت السلطات العمومية الفرنسية من رخص استغلال مواقع استخراج الحصى في مجاري الأنهار و بسبب مشاكل بيئية عويصة ناتجة عن استخراج الحصى و كذلك لأن رمل المحاجر موجود بكميات كبيرة وزائدة عن الحاجة، لهذا ظهرت الحاجة لخرسانة تقلص من استعمال الحصى وتستهلك الكميات الزائدة من الرمل ألا وهي خرسانة الرمل التي لها بعض الخصائص المماثلة للخرسانة التقليدية.

وفي نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بدأ ظهور الخرسانة التي تستعمل الحصى ذو الحجم الكبير مما أعطى نتائج مقاومة عالية تصل حتى 20 **MPa**ومنذ ذلك الحين تلاشى استعمال خرسانة الرمل تاركا مكانه للخرسانة الجديدة ذات المقاومة العالية المعروفة إلى أيامنا هذه.

وبالرغم من مرور مدة زمنية طويلة على إنجاز منشات بخرسانة الرمل إلا أنها مازالت على قيد الاستخدام شاهدة على مدى صمود هذه الخرسانة(1).

3.1. I .استعمالات الخرسانة في العالم :

عند البحث (1)على تاريخ خرسانة الرمل نجدها قد استعملت في العديد من المناطق في العالم التي نذكر منها : الاتحاد السوفياتي سابقا وفرنسا والشمال الإفريقي والخليج العربي

1.3.1. I .الإتحاد السوفيتي :

ان دول الاتحاد السوفيتي هي أول من أعاد اكتشاف خرسانة الرمل نظرا للحاجة الماسة للحصى حيث كان شبه مفقود في هذه الدول ويستدعي أحيانا نقله من مسافات تزيد عن 1000 كلم.

ولقد قام **NICOLAS DE ROCHEFIELD** سنة 1918 بتجربة سحق خليط من الرمل و الكلينكر بنسبة متساوية و بعد ذلك كون بها خلطة خراسانية مكونة بنسبة 1 من المسحوق و **3**من الرمل ، وكانت مقاومة هذه الخرسانة مساوية لمقاومة خرسانة الرمل المكونة من 3/2 رمل و 1/3 إسمنت. ولقد قام **ROBINDER** سنة 1954 بتطوير هذه التجربة حيث اقترح سحق جزء من الرمل مع الاسمنت ثم الهز أثناء عملية الصب مما يؤدي إلى الحصول على خرسانة عالية الكتامة وذات تجانس أعظمي .

2.3.1. I :خرسانة الرمل في فرنسا :

ان استعمال الحصى في الخرسانة وانتشاره بشكل كبير ولد مشاكل بيئية عديدة كانت الأصل في عودة ظهور خرسانة الرمل في سبعينات القرن الماضي في الجنوب الغربي من فرنسا. لكن بخلاف تجارب الاتحاد السوفيتي التي استدعت سحق الرمل من أجل الحصول على خرسانة ذات كتامة ومقاومة عاليتين

إن التجارب في فرنسا كان هدفها تصحيح التدرج الحبيبي للرمل وذلك بإضافة بعض المحسنات **(Filler)**.

ونتيجة لهذه التجارب تم صدور مستندات وتوصيات من طرف مراكز وجمعيات علمية **(CEBTP, LCPC)**كانت قاعدة انطلاق أبحاث هدفها تطوير الاستعمال الأمثل للرمل في الخرسانة. ومن ثم تم إنجاز العديد من المنشآت من طرقات وعمارات تجريبية بين 1989 و1993.

I .3.3.1 :خرسانة الرمل في الخليج العربي

إن استعمال خرسانة الرمل في الخليج العربي هو استعمال اقتصادي بحت، نظرا لوفرة الرمال من جهة ولقلة الحصى الكبير من جهة أخرى

. استخدمت خرسانة الرمل في هذه المناطق في إنجاز الأساسات والجدران السائدة والأسقف مع العلم أنه كان مثل الملاط حيث كان المقدار الحجمي **S/C** يساوي 1/3 ، وكثافته حوالي 2.15. ولم يتم الانتباه إلى التشققات الكبيرة الناتجة إلا بمقارناتها بالخرسانة العادية الموضوعة والمنجزة في نفس الشروط.

I .4.1 .مكونات الخرسانة الرملية :

ا .1.4.1 .المقدمة:

الخرسانة خليط مكون من عدة مواد بناء متنوعة (اسمنت حصى، رمل, ماء, محسنات) . وحيث أن كل الأبحاث العلمية في هذا المجال تسعى إلى إيجاد واستصدار نوع من هذا الخليط ذو أوصاف تمتاز بالديمومة والبقاء من أجل جعل هذه المواد المركبة لهذا الخليط مطابقة لمواصفات قانونية عالمية أو محلية تتضمن تلك الأوصاف المدروسة.

وفي ما يلي نعطي المركبات الأساسية التي تدخل في إنشاء خرسانة الرمل.

I .2.4.1 .الاسمنت:

الإسمنت رابط مائي ضروري مصنع غير عضوي له خاصة التفاعل مع الماء وتكوين عجينة لدنة قادرة عند تصلبها على ربط الرمل والحصى والحجارة التي تخلط بها، وبذلك يتشكل الملاط والخرسانة المقاومان التأثير العوامل الطبيعية والماء تأثيرا مديدا بعد الإسمنت من اهم مواد البناء، وترجع تصلبها إلى التفاعلات الكيماوية القائمة على تميهها **Hydration** سيليكات الكلسيوم

وألوماناتها وكبرتاتها التي يتركب منها وأنواعه كثيرة أشهرها وأكثرها انتشارا "الإسمنت البورتلاندي".

إن الاسمنت المستعمل في صناعة خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد **301-NF P15** وتركيز الاسمنت يجب أن يكون مقاربا لتركيزه في الخرسانة العادية **(300-Kg/m400)** وفي العموم فإن تركيز خرسانة الرمل من الاسمنت أعلى منه في الخرسانة العادية ، لأن تركيز الاسمنت متعلق بقطر الحبيبات(7).

ولهذه الخواص الأساسية طرق اختبارات قياسية لتعينها بكل دقة، وفيما يلي نتطرق الى اهم هذه الاختبارات :

1.2.4.1 .I .الخصائص الفيزيائية:

. أ - الكتلة الحجمية:

وهذه الخاصية لها علاقة وثيقة بنعومة الإسمنت.

- **الكتلة الحجمية المطلقة محددة بالمعيار** EN19-660
- **الكتلة الحجمية الظاهرية محددة بالمعيار**EN459-2

.ب - المساحة السطحية للإسمنت:

هي خاصية فيزيائية تحدد نعومة الاسمنت تؤثر نعومة حبيبات الأسمنت على معدل ومدى تفاعل حبيبات الأسمنت مع الماء، فبزيادة نعومة حبيبات الأسمنت تزداد المساحة السطحية النوعية لها مما يوفر مساحة أكبر لالتقاء وتفاعل الماء مع وزن محدد من الأسمنت وعموماً فإن زيادة نعومة الأسمنت تحسن كلا من:

- قابلية التشغيل.
- الترابط والتماسك بين حبيبات الأسمنت والركام مقاومة الضغط.
- التحمل مع الزمن..

ت. زمن التصلب:

يتفاعل الإسمنت كيمائيا مع الماء ثم بعد مرور ساعة أو أكثر يبدأ العجين في إظهار شيء من التماسك الأولي نعبر عنه بزمن بداية التصلب. هذا الوقت المنقض بين بداية خلط الماء مع الاسمنت وبداية التصلب يسمى اصطلاحا زمن التصلب وهو مهم بالنسبة لعملية تشغيل الخرسانة

2.2.4.1 .I .الخصائص الميكانيكية

أ.مقاومة الضغط:

يميز الإسمنت بمقاومته الضغط بعد يومين وبعد سبعة أيام وبعد ثمانية وعشرين يوما من لحظة إعداد الخلطة ويتم ذلك على مواد اختبارية من ملاط نظامي وعينات خرسانية ذات مواصفات خاصة تنص عليها المقاييس الدولية والحكومية وتتبع في ذلك طرائق اختبار فيزيائية وميكانيكية محددة..

3.4.1. I . الرمل:

عبارة عن كتلة سائلة من المواد المعدنية غير المنظمة، والحبيبية بدقة اقل من **5.00**مم، وتتكون عادة من الكوارتز (السيليكا)، ونسبة صغيرة من الميكا والفلسبار والمعادن الصلبة الأخرى. وإنه نتيجة تأكل الصخور وتدهورها، تأكلها عن طريق العمليات الكيميائية والميكانيكية. يعتبر الرمل عنصرا مهما جدا في بناء الخرسانة.

ليس هناك أي شروط وضعت على أصل الرمال المستخدمة في الخرسانة، سواء كانت رمال الوديان أو المحاجر أو المواد المسترجعة من بقايا هدم الطرقات والمباني لاستعمالها كحبيبات حصوية في صناعة الخرسانة، ونقل هذه المواد إلى أماكن التفريغ يطرح عدة مشاكل تخصيص مساحات التخزين، تكاليف معتبرة، تشويه للبيئة لذا يجب إيجاد إمكانية لإعادة تقييمها واستعمالها أي إيجاد مصدر آخر للركام.

من أجل إيجاد أو تكوين خرسانة الرمال، يشار أنه من بين أهم العوامل التي تأخذ بعين الاعتبار عامل النقاوة، إذ أن استعمال رمال غير نقية ينجم عنه خرسانة ضعيفة المقاومة.

1.3.4.1. I .أنواع الرمال المستعملة في الخرسانة :

يوجد أنواع عديدة من الرمال التي تستعمل في تركيبة الخرسانة سواء كانت رمال طبيعية محلية أو غير محلية أو صناعية.

أ.الرمل الطبيعي:

يوجد عدة أنواع من الرمال تستعمل في الخرسانة نذكر من بينها:

رمل الأنهار والوديان:

رمل الأنهار والوديان الناتج عن حركة الحبيبات على الصخور، وهذا بسبب جريان المياه والسيول، حيث تترسب هذه الرمال في السهول ومجاري الأنهار والوديان وتتميز بالعديد من المميزات: نقاوة جيدة، شكل صلابة العالية، خلوه من الغضار التجانس في الهيكل صغر حجم الحبيبات، مكافئ الرملي العالي عدم وجود حبيبات دقيقة.

ب: رمل البحار:

هي رمال تتواجد على شواطئ البحار نتيجة حركة المياه المستمرة وتتميز عن سابقتها بأقل أهمية من رمل الوديان لأنها تحتوي على نسبة عالية من الأملاح الضارة لديمومة الخرسانة المسلحة،

وهو الأقل استعمالا لمنعه من طرف السلطات لكي لا تحدث خلل بيني نتيجة جرف رمال البحار. ولا يحتوي على حبيبات خشنة.

ت: رمل المحاجر الناتج عن مخلفات تحطيم الأحجار:

يمكن تعريف رمل المحجر (مقالع أو كسارات الحجارة على أنه رواسب أو مخلفات أو غيرها من النفايات غير القيمة الموجودة بعد استخراج ومعالجة الصخور لتشكل حبيبات ناعمة ذات قطر أقل من **4.75**مم. حيث يظهر غبار المحجر عند تكسير الركام الخشن ويحتوي على حبيبات خشنة وزاوية حادة مما يؤدي لاكتساب مقاومة جيدة نظرا لقوة التماسك والإحكام.

إن استخدام مواد بديلة للرمل في أعمال البناء يحتاج للعناية بما يتعلق بتوفرها وتطبيقاتها. وقد يؤدي استخدام غبار المحجر في بعض الأحيان إلى زيادة كمية الإسمنت المطلوبة للحفاظ على قابلية التشغيل .بالمقارنة مع الخرسانة العادية، فقد أثبتت التجارب أن خرسانة غبار المحجر أفضل في مقاومة الأحماض والكبريتات، كما أن لدينا نفاذية أقل. ومع ذلك فإن درجة امتصاص الماء في خرسانة غبار المحجر أعلى قليلا من الخرسانة العادية.

ج :رمل الكثبان:

وهي عبارة على صخور رملية بيضاء نقية تحتوي على نسبة عالية من السيليكا **(SiO2)**أكثر من 99% والذي يميزها أنها متماثلة ومتجانسة من حيث الشكل ويتراوح حجم حبيباتها 80 ميكرون إلى غاية 160 ميكرون حيث تعتبر هذه الميزة غير مرغوب فيها لهذا النوع في الخلطة الخراسانية وهذا بسبب مجاله الحبيبي المحدود جدا والأبحاث ما زلت جارية لتصحيحه وإمكانية استعماله كرمل في الخلطة الخراسانية .

د: الرمل الاصطناعي:

الرمل الصناعي عن طريق طحن كتل الخبث المنصهر في أفران صناعة الفولاذ وكذلك الخبث المحبب الخاضع للتبريد السريع في صناعة الفولاذ، حيث أجريت دراسات حديثة وعديدة على خرسانة الرمل الصناعي وتميزت بالخصائص الميكانيكية المماثلة لخرسانة المنجزة بالرمل الطبيعي.

I .2.3.4.1.العوامل التي تحدد جودة الرمل المستعمل في البناء:

أ-الملمس:

يفضل استخدام الرمل الخشن بشكل عام في جميع أنواع الأعمال الإنشائية سواء كانت خرسانة عادية أو مسلحة للصق المباني والجدران الحاملة، وذلك لأنه يعطي مرونة وخرسانة أكثر قوة من الخرسانات المصنوعة بالرمال الناعمة التي تؤدي إلى سحب ماء الخلط من الخلطة الخراسانية، وكما أن الرمال الخشنة تعطي تماسك أعلى للمرونة الخراسانية.

ب- الخلو من الشوائب:

يجب أن تكون الرمال نقية وخالية من الشوائب مثل الأتربة وقطع الخشب والطين والطفلة، وتكون جميع حبات الرمل ذات نفس اللون والملمس الواحد الأصفر الخشن.

ت- الرطوبة:

يجب أن يكون الرمل المستعمل في الخرسانة جاف ولا تكون فيه نسبة عالية من الرطوبة، ليعطي خلطة متجانسة حيث لا تتسرب الرطوبة الزائدة إلى الخرسانة وتغير من خواصها.

4.4.1. I .الماء:

كغيره من مركبات الخلطة الخراسانية، يجب أن يتوفر في الماء شرط النقاوة مع احترام التركيز اللازم حيث أن الزيادة من هذه المادة في الخرسانة وبعد خروج الكميات الزائدة عن الحاجة مخلفة مكانها فراغات من شأنها تسبيب ضعف في المقاومة، وأما نقصان هذه المادة فهو يقلل من إنحلالية الخلطة مما يعني بقاء بعض الحبيبات من الاسمنت دون تفاعل أي بعض حبيبات الرمل لا يتسنى لها التماسك، مما يقلل من المقاومة.

ذكر أن الماء المستخدم في خرسانة الرمل يجب أن يكون متوافقا مع القواعد **NF P18.** 303-وبما أن قطر الحبيبات التي تدخل في تركيب خرسانة الرمل يكون أقل أو يساوي 5 مم، فإن السطوح النوعية تكون أكبر ، مما يجعل الخلطة الخراسانية الطازجة جافة جدا وصعبة التشغيل وبالتالي تكون التشغيلية ضعيفة مما يستدعي إضافة كمية أكبر من الماء وهذه الإضافة ستؤثر على الخصائص الميكانيكية الأخرى ، ولهذا يصبح من الضروري الاستعانة ببعض الإضافات والمحسنات للتقليل من قيمة المعامل **E/C** من أجل رفع المقاومة **(6)**

يشارك الماء في عمليات التفاعلات الكيمائية المنتشرة داخل كتلة الخرسانة الطازجة والتي تنجم عنها الخرسانة المتصلبة ذات المقاومة المطلوبة. كما يقوم الماء في الخلطة بدور تأمين سهولة تشغيل الخرسانة وصبها في مكانها المحدد

5.4.1. I .الحصى:

الحصى هو تراكم الحبوب التي تكون من 5 مم إلى 125مم، وتطلق تسمية الحصى **D/d** باعتبار أصغر قطر وأكبر قطر للحصى ، فمثلا التي تستعمل في الخرسانة الرملية 3/8 بنسب مدروسة .

1.5.4.1. I .خصائص الحصى:

أ- الحبيبية:

تحدد مسامية الخليط، إذا كان جميع الركام (الحصى) له نفس الحجم، سيكون لدينا أقصى مسامية فمن الضروري تكوين تدرج حبيبي جيد بمختلف الأبعاد ضمن الحد المطلوب وبالتالي لنحصل

على خليط يقلل حجم فراغاته، يجب التحقق من جودة خواصه الفيزيائية كنقاوته وتركيبه الحبيبي وخواصه الميكانيكية.

ب-التدرج الحبيبي :

ويقصد به توزيع أحجام حبيبات الحصى المختلفة، حيث أن حدود التدرج وأقصى حجم الحصى الخشن هام للغاية، وذلك لأنهما يؤثران على كمية الحصى الذي سيستخدم، علاوة على ذلك الحاجة للأسمنت والمياه، وقابلية الضخ وقابلية التشغيل ومتانة الخرسانة

ت- شكل حبيبات الحصى الكبير:

فهذه الخاصية تؤثر بشكل كبير جداً على الخرسانات الطازجة، وذلك أكبر من التأثير الذي يحدث لصفات الخرسانة المتصلبة واستطالة حبيبات الحصى، وقوامها الخشن وكثرة الزوايا يتطلب مياه لإنتاج قابلية تشغيل الخرسانة، بشكل أكثر من الحبيبات المستديرة والناعمة. وبالتالي كلما زادت نسبة المياه. لا بد من تزويد نسبة الأسمنت أيضاً، للوصول لنسبة المياه المرغوب فيها للأسمنت، وبشكل حب تجنب الحبيبات الطويلة والمسطحة أو تحديدها بنسبة لا تزيد عن 15%.

ج- رطوبة السطح والامتصاص:

من أهم خواص الحصى هو تغيير واختلاف أحجامها تحت تأثير المياه أو الرطوبة، فمثلاً في الأجواء الجافة يمكننا إيجاد أن حجم الرمال أقل من الطبيعي والمعتاد بالأجواء الرطبة. ويتم قياس معدلات الامتصاص عند انتقاء الحصى المناسب للخرسانة، وذلك لأن الحصى في الأجزاء الداخلية له يتكون من الأجزاء الصلبة بالإضافة للفراغات التي يمكن أن تحتوي على مياه أو لا، ولكي نحافظ على نسبة المياه في الأسمنت المعد للخرسانة، يمكن عمل توازن في تلك النسبة، عن طريق قياس ومعرفة نسبة الرطوبة في الحصى وإضافتها للحسابات الموضوعة للخلطة.

I .6.4.1. المحسنات Les adjuvant :

كغيرها من أنواع الخرسانة، فإن خرسانة الرمل تحتاج الى بعض المواد المحسنة في مختلف أشكالها : الملدنات بأنواعها وما إلى ذلك تضفي المحسنات أو المواد المساعدة لمسة فيزيائية واقتصادية معتبرة على الخرسانة، مثل التحسين في التشغيلية واستخدام الخرسانة في ظل ظروف صعبة ، كما أنها تسمح باستعمال أنواع أخرى من المواد في الخرسانة

I .7.4.1. الحشو: Filler

يوجد هذا النوع من المحسنات على عدة أشكال معدنية وصناعية وطبيعية، حيث يستخدم في من الفراغات الناجمة عن الرمل في الخرسانة وذلك من أجل الحفاظ على اندماج **(Compacite)** عالي لهذه الأخيرة عن طريق خلق امتداد حبيبي مستمر وهذا ما يعطي دفعا إيجابيا من الناحية التقنية، حيث يزيد في مقاومة الخرسانة للشد ومن الناحية الاقتصادية، حيث يقود إلى التقليل من تركيز الاسمنت في الخلطة الخراسانية**(5)**

8.4.1. I .خصائص خرسانة الرمل:

نستطيع تقسيمها إلى نوعين من الخصائص قبل وبعد التصلب

أ.خصائص خرسانة الرمل قبل التصلب:

- ***التراصية:***

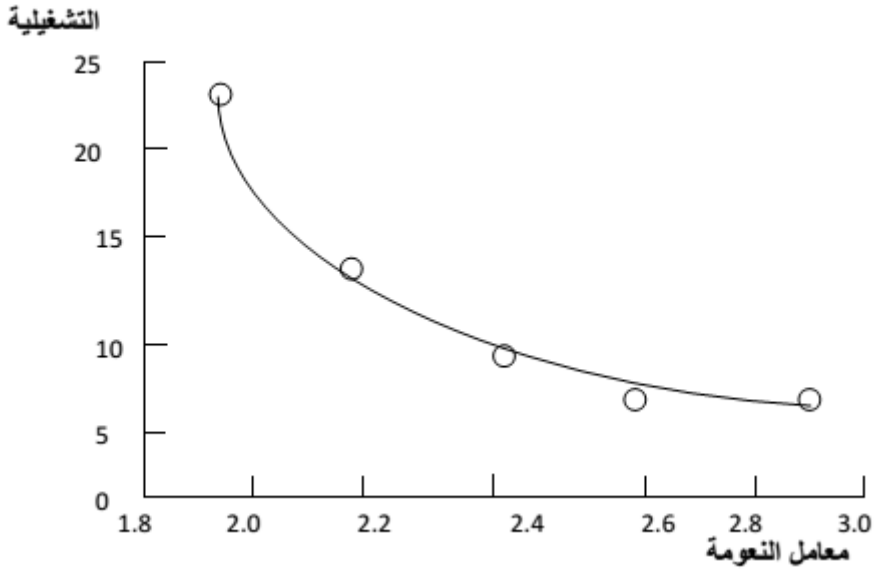
تعرف التراصية أو اندماجية الخرسانة على أنها الحجم المشغول من طرف العناصر الصلبة بالنسبة للحجم الكلي كما ذكرنا سابقا ، فهي بالتالي مكملة للمسامية.

التشغيلية:

تعتبر التشغيلية أحد الخصائص الفيزيائية النوعية للخرسانة ، وذلك إذا أهملنا شروط الاستعمال الخاصة (8)وتنتج من تأثير تشحيم العجينة للركام وتتأثر بمقدار سيولة العجينة (9)كما تعرف 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 تشحيم العجينة للركام **(Finesse)**

اضافة إلى ذلك فإن 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 و التشغيلية .



الشكل I .1 . التشغيلية بدلالة النعومة(5)

ويتضح من الشكل أنه كلما زاد معامل النعومة كلما نقص الزمن اللازم للسيلان واستوجب بذلك التحسين في التشغيلية.

ب.خصائص خرسانة الرمل بعد التصلب:

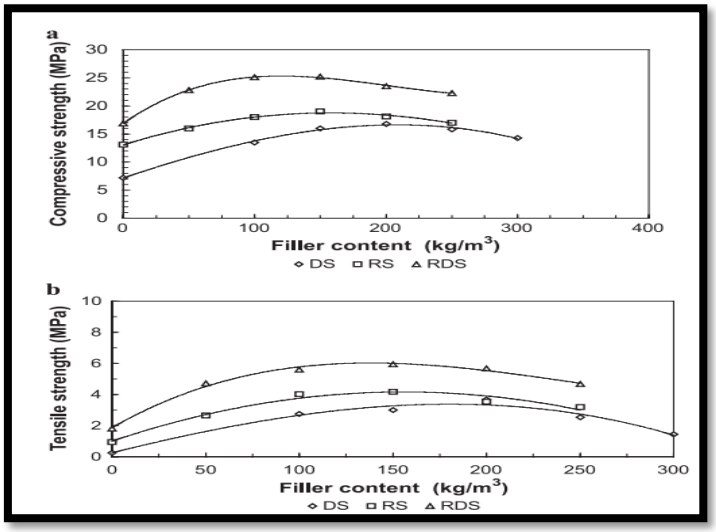
الخصائص الميكانيكية

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.

أ - 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 أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد والانحناء والقص تتحسن وتزيد بزيادة هذه مقاومة والعكس صحيح.

تتأثر مقاومة الخرسانة بنوع الرمل المستخدم حيث ان استعمال خليط من رمل الكثبان و رمل الانهار يعطي مقاومة عالية سواء في الضغط او الشد كما هو موضح على الشكل -2-



الشكل.2- I - تاثير نوع الرمل على المقاومة للضغط والشد (1)

ب- مقاومة الشد:

هناك عدة دراسات أجريت بخصوص مقاومة خرسانة الرمل للشد، والتي نذكر منها الأعمال المنجزة من طرف :

- أعمال (CHAOUCH) ، الذي أجراها على أربع أنواع من خرسانة الرمل فكانت النتائج كما هو موضح الجدول(11)

الجدول 1. I . نتائج مقاومة الشد لبعض التركيبات الخراسانية لأعمال CHAOUCH

	التركيز ب Kg/m^3				مقاومة الشد في 28 يوم ب(bar)			
	الأنواع				الأنواع			
	1	2	3	4	1	2	3	4
الاسمنت	350	400	350	300	10.25	15.67	11.50	10.67
رمل الكثبان	1505	1420	1470	1560				
الماء	245	280	280	240				
E/C	0.7	0.7	0.8	0.8				

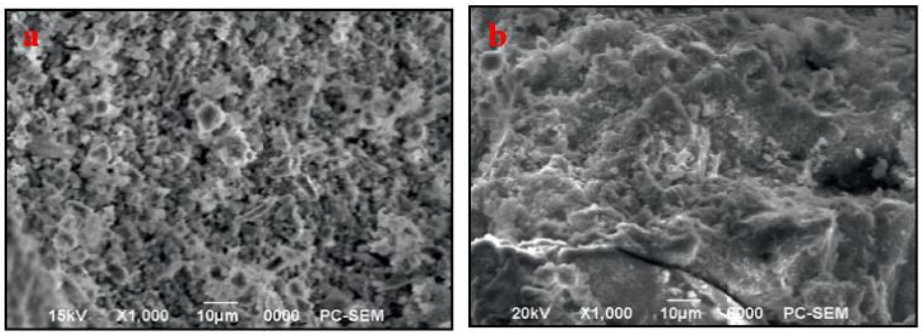
نستنتج من خلال النتائج الموضحة في الجدول أن مقاومة خرسانة الرمل للشد أقل نسبيا من المقاومة في الخرسانة العادية.

ج- الانكماش

(GADRI 2018) قدم دراسة مقارنة بين الخرسانة الرملية والخرسانة التقليدية. على وجه الخصوص، بالنسبة للخرسانة ذات الرمال الرملية، عند عمر ستة أشهر، يبلغ انكماش التجفيف 475 ميكرومتر/م و592 ميكرومتر/م للانكماش الإجمالي، مقارنة بـ 295 ميكرومتر/م و410 ميكرومتر/م على التوالي للخرسانة العادية. كما أشار إلى أن الخرسانة الرملية تظهر تطوراً سريعاً جداً في انكماش الجفاف في وقت المبكر بسبب حركية التجفيف المبكر العالية. ومع ذلك، فإن حركية التجفيف تتباطأ ويستقر التقلص.(2)

د- البنية الداخلية

وبإتباع الشكل3 (أ و ب)، ان باستخدام 5% من دخان السيليكا، يمكن الحصول على خرسانة ذات بنية أكثر انغلاقًا وكثافة والتي يمكن أن تكون مقاومة لاختراق العوامل العدوانية. وبالتالي، هناك تحسن كبير في الخصائص الميكانيكية والأبعاد، حيث أن الخرسانة التي تحتوي على F.S والتي تظهر سلوكيات مماثلة، قد طورت تشوهات أقل بكثير من تلك المقاسة على الخرسانة بدون F.S. ولا تتجاوز قيم الانكماش هذه 100 ميكرومتر / م عند عمر 28 يومًا (3).



الشكل 3- I - MEB للخرسانة الرملية أ-بدون دخان السيليكا -ب ب دخان السيليكا (3)

2. I .الفصل الثانـي:

تثمين النفايات البلاستيك في الخرسانة

1.2.المقدمة:

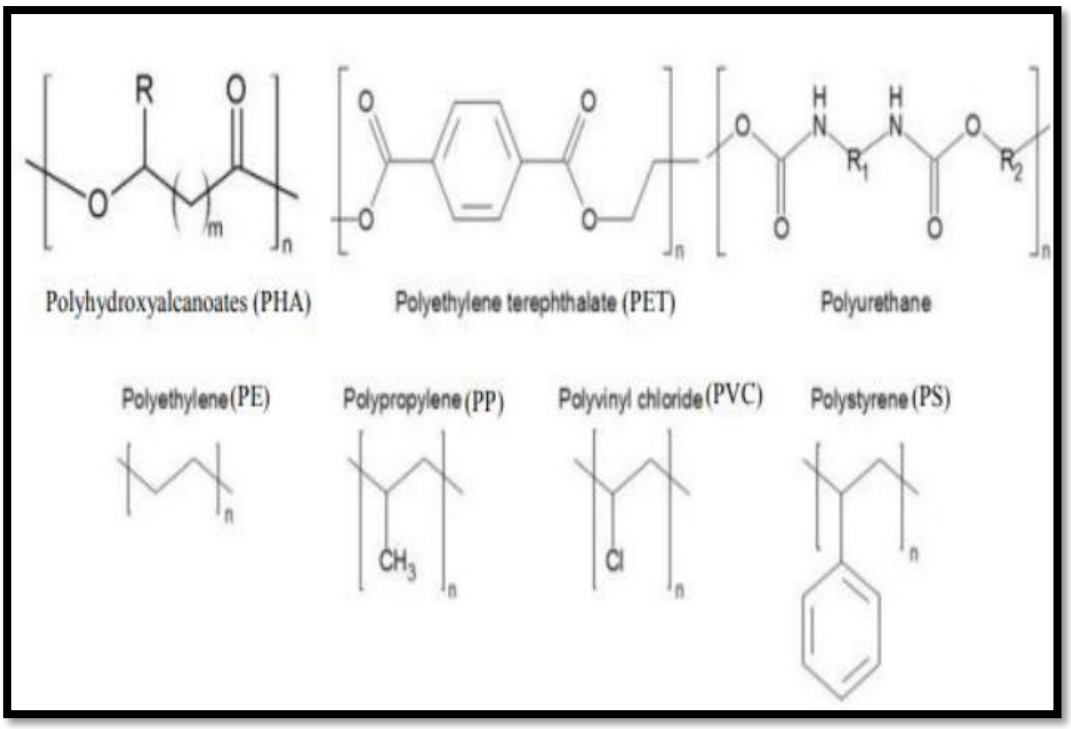
يعتبر التخلص من النفايات البلاستيكية في البيئة مصدر قلق بسبب قابليتها للتحلل البيولوجي المحدود والإنتاج بكميات زائدة. يعتبر تراكم الأحجام الهائلة من النفايات البلاستيكية مشكلة تلوث رئيسية ومن الضروري إيجاد طريقة بديلة لمعالجة هذه القضايا بطريقة صديقة للبيئة وفعّالة من حيث التكلفة.

فالبلاستيك يتسم بأنه قوي وقادر على التحمل ومقاوم للمياه وخفيف الوزن وتسهل إعادة تشكيله، كما أنه قابل لإعادة التدوير؛ أي أنه يتمتع بكل الخصائص الرئيسية، لأي مادة من مواد البناء. ويطرح هذا تساؤلا مفاده: ما الذي سيكون الحال عليه إذا أصبح بمقدورنا تحويل كل هذه المخلفات البلاستيكية إلى مواد بناء، من شأنها خدمة الشرائح الأقل دخلا في المجتمع؟ لكن علينا الإشارة هنا إلى أنه بالرغم من أن المشروعات الجارية في هذا الإطار واعدة، فإنها لا تزال غير قابلة للتعميم، على نطاق صناعي.

2.2. I .كيمياء البلاستيك:

البلاستيك عبارة عن بوليمرات تتكون من تسلسل مجموعات متطابقة من الذرات، وهي المونومرات. لذا، فهي جزيئات ضخمة جدًا مقارنة بالجزيئات المكونة للمنتجات العضوية

الشائعة (2012)(25). هذه الجزيئات تتكون بشكل رئيسي من الكربون، الهيدروجين، السيليكون، الأكسجين، الكلور، والنيتروجين (2015)(25). يمكن أن تحتوي البوليمرات أيضًا على مونومرات من أنواع مختلفة، وتسمى في هذه الحالة كوبوليمرات، على عكس الهوموبوليمرات. قد تحتوي هذه السلسلة أيضًا على تفرعات. تم توضيح التركيب الكيميائي لبعض البوليمرات في الشكل التالي:



الـشكل 1.2. ا .مثل التركيب الكيميائي للبوليمر (25)

3.2. ا .المنهجية المتبعة الحد من النفايات:

1.3.2. I . القاعدة الذهبية:

القاعدة الخاصة بإدارة المخلفات الصلبة ويعتبر إعادة تدوير المخلفات أحد الأركان الثمانية التي تقوم عليها عملية إدارة المخلفات أو ما يعرف بالقاعدة الذهبية **R8** والتي يجب زيادة الوعي بها، وهي :

أ.التقليل:

هو تقليل المواد الخام المستخدمة، وبالتالي تقليل المخلفات، ويتم ذلك:

- إما باستخدام مواد خام أقل .

أو باستخدام مواد خام تنتج مخلفات أقل.

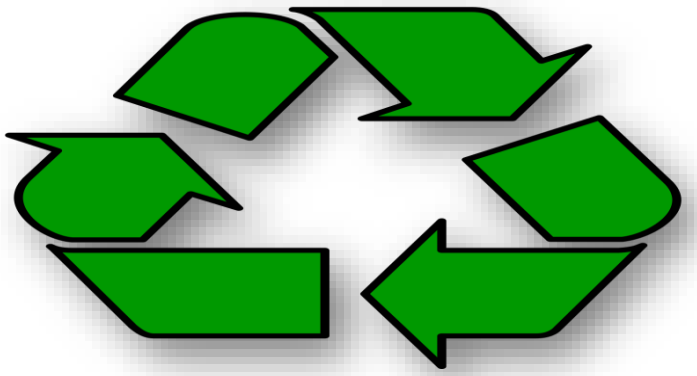
- أو عن طريق الحد من المواد المستخدمة في عمليات التعبئة و التغليف مثل البلاستيك والورق والمعادن وهذا يستدعي وعيا بيئيا؛ فمثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية التزم الكثير من منتجي الصابون السائل بتركيزه؛ حتى يتم تعبئته في عبوات أصغر، أو إنتاج معجون أسنان بدون عبوته الكرتونية الخارجية.

ب.إعادة استخدام:

استخدام الشيء نفسه اي استخدامه مرة أخرى. إعادة الاستخدام هي استخدام المادة أكثر من مرة يتضمن هذا إعادة الاستخدام العادية عندما تستخدم نفس المادة للغرض نفسه، واستخدامها لأغراض جديدة، وتحمل إعادة الاستخدام فوائد اقتصادية وبيئية، مما يشجع على إعادة الاستخدام، ومن الأمثلة التقليدية على إعادة الاستخدام استخدام العلب أو الصناديق الفارغة كحصالة لجمع النقود أو كعلب للهدايا مع تغليفها وتزيينها.

ت.إعادة تدوير

استخدام الشيء في تكوين شيء آخر فنجد في كل من اليابان والولايات المتحدة الأمريكية صناديق قمامة ملونة في كل منطقة وشارع؛ بحيث يتم إلقاء المخلفات الورقية في الصناديق الخضراء، والمخلفات البلاستيكية والزجاجية والمعدنية في الصناديق الزرقاء، ومخلفات الأطعمة أو ما يطلق عليه المخلفات الحيوية في الصناديق السوداء.



الشكل 2.2. I .يمثل رمز إعادة التدوير

ج.الاسترجاع الحراري

وتستخدم تكنولوجيا الاسترجاع الحراري في الكثير من الدول، خاصة اليابان للتخلص الآمن من المخلفات الصلبة، والمخلفات الخطرة صلبة وسائلة والحماة الناتجة من الصرف الصحي والصناعي، وذلك عن طريق حرق هذه المخلفات تحت ظروف تشغيل معينة مثل درجة الحرارة ومدة الاحتراق، وذلك للتحكم في ومدى مطابقتها لقوانين البيئة وتتميز هذه الطريقة من 90% من المواد الصلبة، وتحويلها إلى طاقة حرارية يمكن استغلالها في العمليات الصناعية أو توليد البخار أو الطاقة الكهربائية.

د.الاستبدال :

استبدال أي شيء مكسور أو غير فعال أو ضائع أو لم يعد يعمل بأخر : استخدم دهانات مائية بدلاً من الدهانات التي تذوب بعد فترة استخدم عناصر متينة بدلا من المواد التي يمكن التخلص **منها**

مرة واحدة على سبيل المثال استبدل أكواب الورق / البلاستيك بأكواب زجاج استبدال المناشف الورقية بالمجففات اليدوية أو مناشف القماش.

I .4.2 .تأثير النفايات البلاستيكية:

تُعتبر النفايات البلاستيكية مشكلة بيئية جادة عالميًا. إن إنتاج البلاستيك يتضمن استخدام مواد كيميائية قد تكون ضارة، تُضاف كمثبتات أو ملونات. ومن الكثير منها لم يتم تقييمه من حيث المخاطر البيئية وتأثيره على الصحة البشرية والبيئة، على سبيل المثال، البالاتالات التي تُستخدم في صناعة **PVC**.

مع زيادة استخدام المنتجات البلاستيكية، خاصة التعبئة والتغليف، وتخلصها بعد فترة قصيرة من الشراء، فإن الحاجة إلى مساحات التخزين النهائي للنفايات البلاستيكية تشكل قلقًا متزايدًا.

أكبر تكوين لهذه النفايات البلاستيكية هو البولي إيثيلين عالي الكثافة بنسبة تقارب 23٪ **(PEHD)**، تليه بنسبة 17.3٪ البولي إيثيلين المنخفض الكثافة **(PEBD)**، و 18.5٪ بولي بروبيلين**(PP)** ، و 12.3٪ بولي ستايرين**(PS)** ، و 10.7٪ بولي كلوريد الفينيل**(PVC)** ، و 8.5٪ بولي إيثيلين ترفثالات**(PET)** ، و 9.7٪ من أنواع أخرى من النفايات البلاستيكية.

I .5.2 .تصنيف النفايات:

أ- النفايات المنزلية:

يقصد بالنفايات المنزلية المخلفات الناتجة عن أنشطة السكان في المنازل وعن المطاعم والفنادق وغيرها. وتتكون النفايات المنزلية من مواد معروفة مثل مخلفات المطابخ وعمليات تحضير الطعام وكذلك القمامة وما تحويه من ورق وزجاج ومواد بلاستيكية وغيرها.

ب.النفايات الصناعية:

تتعدد الأنشطة الصناعية في الدول، وينتج عنها نفايات تختلف نوعيتها وكميتها باختلاف نوعية الصناعة وطريقة التصنيع. إذ تتشابه مكونات بعض النفايات الصناعية مع النفايات المنزلية ويمكن بالتالي جمع هذه النفايات مع النفايات المنزلية دون تشكيل خطر على الصحة والسلامة العامة مثل النفايات النسيجية والورقية، أما باقي النفايات الصناعية فيجب جمعها ونقلها ومعالجتها منفصلة عن النفايات المنزلية. تصنف نفايات معالجة مياه الصرف الصحي الحاوية على مواد عضوية وأخرى لا عضوية (الحماة) مع النفايات الصناعية.

الشكل 3.2. I .النفايات المنزلية

ت.النفايات الزراعية

هي المخلفات الناتجة عن كافة الأنشطة الزراعية النباتية منها والحيوانية .ومن أهم هذه النفايات مخلفات الحصاد وجني المحاصيل الزراعية. تختلف كمية النفايات حسب نوعية الزراعة والطريقة المتبعة في الإنتاج الزراعي،

ج. نفايات الإنشاء والبناء :

هي عبارة عن مخلفات خاملة تنتج عن عمليات هدم وبناء المنشآت ونظرا لعدم احتواء هذه النفايات على مواد خطرة على البيئة يمكن استخدامها في عمليات الردم المختلفة، وأشغال الطرق العامة، وتسوية المنحدرات على جوانب الطرق وغيرها.

6.2. I .استغلال النفايات البلاستيكية:

بوجه عام، هناك ثلاث طرق رئيسية لاستغلال البلاستيك [9] (Bruneau, 2015]:

أ.الاستغلال الطاقوي:

يتضمن حرق النفايات البلاستيكية لاستعادة الطاقة التي تحتويها على شكل حرارة. البلاستيك، المكون من البترول المكرر، يمتلك قدرة حرارية قريبة منه. تُمكن هذه الطريقة من إعادة تدوير جزء كبير من النفايات البلاستيكية.

ب.الاستغلال الميكانيكي:

يتضمن إعادة استخدام النفايات البلاستيكية مع أقل قدر ممكن من التحول في المادة. تُستخدم هذه التقنية لمعالجة النفايات البلاستيكية الحرارية. تعتمد في الأساس على جمع أو فرز النفايات البلاستيكية من النفايات المنزلية. غالبًا ما يكون من الضروري وجود نفايات بلاستيكية مصنفة حسب نوع الراتينج البلاستيكي. كلما كان الفرز أكثر فعالية، كان المنتج الناتج ذو جودة أفضل.

ت.الاستغلال الكيميائي:

يتضمن تحويل المادة البلاستيكية إلى جزيئات أساسية (بوليمر، إستر...) يمكن استخدامها في تصنيع مادة بلاستيكية جديدة أو في صناعة البتروكيماويات. لا تزال هذه التقنيات قليلة التطور

أو محدودة ببعض أنواع الراتينجات البلاستيكية. تُستخدم فقط في البلدان الشمالية والبلدان الناشئة(27).

7.2. I .إدارة النفايات البلاستيكية:

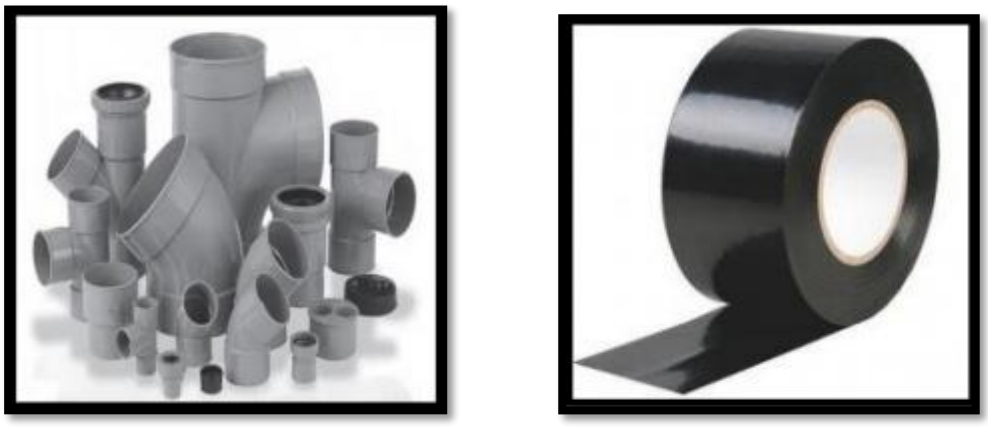
يتم تمثيل مخطط نظام تشغيل وإدارة النفايات البلاستيكية بشكل تخطيطي في الشكل II.13.
تشمل العمليات الرئيسية المشاركة في عملية إدارة النفايات جمع النفايات البلاستيكية من خارج أو داخل تدفق النفايات المنزلية، وضعها في مدافن النفايات، استعادتها، إعادة تدويرها إلى منتجات مفيدة، وإنشاء أسواق للمنتجات المعاد تدويرها.

8.2. I .أنواع النفايات البلاستيكية المستخدمة في الخرسانة :

أ- أنواع البلاستيك:

- **PET (البولي ايثيلين ترفءالات)**
- **PE(البولي ايثيلين) (PEBD+PEBDL)**
- **PP(البولي بروبيلين)**
- **PVC البولي كلوريد الفينيل**

- **ب.البولي كلوريد الفينيل** :(PVC) هو بوليمر الكلوريد الفينيل، وهذه البلاستيكات غير متبلورة وتحتوي على نسبة كبيرة من الكلور (56%)، ولها حجم حبيبي يتغير وفقًا لطريقة التصنيع. يتميز بمقاومة ملحوظة للتآكل، ومقاومة جيدة للتآكل، وعزل كهربائي، وصلابة جيدة عند درجة حرارة الغرفة.



الشكل 4.2. I .يمثل البولي فينيل كلوريد

ب.1.خصائص البولي فينيل كلوريد:

على الرغم من أن الخصائص الميكانيكية لقوالب البناء البلاستيكية القائمة على PVC أقل قليلاً من تلك الموجودة في المواد الأساسية الثلاثة الأخرى ، فإن وزنها وأداء تشغيلها أفضل من خصائص المواد الأساسية الأخرى .خاصة عندما تتغير درجة الحرارة ، لن يكون هناك تقوس ، تزييف ، موجات وظواهر أخرى.

ب.2.أهم استخدامات البولي فينيل كلوريد

تتميز مادة البولي فينيل كلوريد بقدرتها على التشكل في أشكالٍ عدةٍ لتلائم الكثير من الاستخدامات، فمثلًا يمكنها أن تكون في حالةٍ جامدةٍ لتلائم صناعة الأنابيب، أو في الحالة المرنة لصناعة غلافٍ بلاستيكيٍّ، ويمكن أن تتواجد في شكلٍ رقيقٍ للغاية ليلائم صناعة كسوة للجدران، بل وأيضًا يمكن التحكم في اللون، فقد يكون شفافًا أو ملونًا حسب الطلب.

- البناء والتشيد:

يتميز البولي فينيل كلوريد بأنه قويٌّ ومقاومٌ للرطوبة ولا يتآكل مثل بقية مواد البناء، ويمكن تنظيفه بمنتجات التنظيف البسيطة، كما أنه يتميز بثبات الألوان، إذ أنه لا يتطلب دهنه كثيرا. ومن مميزاته أيضًا أنه يحمي البيئة من انبعاثات غازات الدفيئة.

يستخدم البولي فينيل كلوريد للبناء في الاحتفاظ بالخرسانة الموضوعة حديثًا في موضعها حتى تصل إلى قوة كافية وبمساعدة الخرسانة ، يمكن بسهولة التلاعب بالخرسانة ويمكن إنشاء أشكال وأشكال مختلفة.

- التعبئة والتغليف:

تتميز المادة بمتانتها وقوتها، في نفس الوقت، إنها خفيفة الوزن، وهذه المميزات تؤهلها لتكون قادرةً على الحفاظ على المنتج بداخلها، ومن أكثر المنتجات شيوعًا في هذا الاستخدام، الأدوية، فكما نعرف أن الأدوية تحتاج لعنايةٍ خاصةٍ، ويلزم أن تكون محفوظةً بسلامةٍ دائمًا، وأفضل ما يمكن أن يساعد في ذلك هو مركب البولي فينيل كلوريد، كما أنه يستخدم في تغليف الكثير من المنتجات الأخرى، ليست الأدوية فقط.

I .9.2 .خصائص الأسمنت/الخرسانة التي تحتوي على مواد ركامية بلاستيكية:

تُعتبر المواد المركبة من الأسمنت/الخرسانة التي تحتوي على مواد ركامية بلاستيكية موادًا تتمتع بخصائص مختلفة عن الأسمنت/الخرسانة العادية نتيجةً لاستخدام المواد الركامية البلاستيكية(26). الجدول التالي يوضح مختلف الاستخدامات للنفايات البلاستيكية في الخرسانة مع تبيان تاثيرها على خواص الخرسانة في الحالة الطرية و الحالة الصلبة .

جدول1.2. I . ملخص مراجعة ببليوجرافية حول تقييم خصائص المواد المركبة (الخرسانة/الأسمنت) التي تحتوي على النفايات البلاستيكية (31).

الباحثون	المركب	الخاصية	نوع النفايات البلاستيكية	نسبة الجزيئات البلاستيكية	الملاحظات
Choi (13)	خرسانة	السيولة	PET	/	يزيد الهبوط مع زيادة المحتوى PET
Senthil (14)	خرسانة	السيولة	البلاستيك E-	+%40+%30+%20+%10 %50	انخفاض قابلية التشغيل حتى نسبة 50%
Coppola(15)	العجينة الاسمنتية	الكثافة	PP+PE	%25	انخفاض في الكثافة حوالي %20
Hannawi(16)	خرسانة	الكثافة	PET+PC	%50	انخفاض في الكثافة
Hannawi(16)	العجينة الاسمنتية	مقاومة الضغط	PET+PC	%50+%20+%10+%3	انخفاض في مقامة الضغط للعجينة الاسمنتية المحتواة على PETاكبر من تلك التي تحتوي على PC
Senthil(14)	خرسانة		البلاستيك E-	%50	فقدان في مقاومة الضغط بنسبة حوالي 47.41%
Hannawi(16)	العجينة الاسمنتية	مقاومة الشد والانحناء	PET+PC	%50+%20	انخفاض في المقاومة بنسبة 9.5%و17.9% للعجينة الاسمنتية المحتوية على 20%و50%من PETوانخفاض بنسبة 32.8%ل50%من PC
Albano (17)	خرسانة	مقاومة الشد والانحناء	BET	/	انخفاض المقاومة بسبب زيادة المسامية في الخرسانة بسبب PET
Badache(18)	العجينة الاسمنتية	معامل المرونة الديناميكي (Ed)	PEHD		انخفاض في معامل
Choi(19)	خرسانة		PET	%75+%50+%25+%0	انخفاض في معامل

المرونة مع زيادة المادة البلاستيكية					
انخفاض في سرعة الموجات فوق الصوتية (UPv)بسبب زيادة نسبة PET	%7.5+%5+%2.5+%0	PET؛	سرعة النبضات فوق الصوتية (UPV)	خرسانة	Rahmani (20)
انخفاض في UPV للخلطات المركبة مقارنة بالعجينة الاسمنتية المرجعية	%7.5+%5+%2.5+%0	PET	سرعة النبضات فوق الصوتية (UPV)	العجينة الاسمنتية	Renosman(21)
صورة المجهر الالكتروني الماسح (MEB)تظهر كثافة عالية عندما تكون نسبةPET اقل من 50%وتظهر مسامية عالية عندما تكون نسبة PET اكبر من 50%	%100+%50+%30	PET	البنية المجهرية التوصيلية الحرارية	خرسانة	Marzouk(22)
تمت ملاحظة خصاءص العزل الحراري افضل مقارنة بالعجينة الاسمنتية الغير معدلة بواسطة PET	/	PET	التوصيلية الحرارية الشعري	العجينة الاسمنتية	Bensoman(21)
انخفاض في التوصيل الحراري بسبب الطبيعة المسامية لرغوة PUR	/	PUR	التوصيلية الحرارية	خرسانة	Mounamga(23)
انخفاض في	/	PET	المسامية	العجينة	Marzouk (22)

	الاسمنتية	النافذة للماء والامتصاص الشعري			الامتصاصية للعجينة الاسمنتية المحتوية على PETمقارنة بالعجينة الاسمنتية المرجعية
Saika(24)	العجينة الاسمنتية	المسامية النافذة للماء والامتصاص الشعري	PET	/	امتصاص الماء والمسامية اعلى للعجينة الاسمنتية المحتوية على PETمقارنة بالعجينة الاسمنتية المرجعية

- **الخلاصة :**

من مناقشة مما سبق نستنتج أن دمج النفايات البلاستيكية كركام في الخرسانة او العجينة الاسمنتية يمكن أن يحسن الخصائص المختلفة التي يمكن أن تحل جزءًا من مشكلة التخلص من النفايات البلاستيكية. بعض هذه الخصائص موضحة أدناه:

1.دمج البلاستيك يمكن أن يقلل من الكثافة، والخصائص الميكانيكية، ومعامل المرونة الديناميكي .

2.استخدام النفايات البلاستيكية في الخرسانة والعجينة الاسمنتية يمكن أن يحسن من سلوك الكسر وبالتالي يمكن لهذا النوع من الخرسانة و العجينة الاسمنتية امتصاص كميات كبيرة من الطاقة، مما له عدة تطبيقات عملية .

3.الركام من النفايات البلاستيكية لديه موصلية حرارية أقل بكثير من الركام الطبيعي المستخدم في إعداد الخرسانة العجينة الاسمنتية . وبالتالي، فإن جميع المواد الأسمنتية التي تحتوي على ركام بلاستيكي ستكون لها خصائص عزل حراري أفضل من المواد التقليدية، ويمكن استخدامها للتحكم في فقدان الحرارة في المباني خلال الشتاء وعكس الحرارة خلال الصيف.

4.امتصاص الماء والمسامية في الخرسانة و العجينة الاسمنتية التي تحتوي على ركام من النفايات البلاستيكية تزداد. لأن الركام البلاستيكي والطبيعي لا يختلطان بشكل كافٍ في مصفوفة الخرسانة و العجينة الاسمنتية ، مما يؤدي إلى مصفوفة مسامية.

5.استخدام النفايات البلاستيكية يؤدي إلى مقاومة أقل للحريق للمواد الأسمنتية المركبة مقارنة بالمواد التقليدية.

6.اختراق أيونات الكلوريد يمكن أن يزيد في المواد المركبة، ويقل في أخرى حسب نوع النفايات البلاستيكية المستخدمة .تحسين الخصائص الناتجة عن إضافة النفايات البلاستيكية يمكن أن يكون له آثار عملية كبيرة على البيئة والاقتصاد؛ لذا ينبغي إجراء دراسات مستقبلية للحصول على خرسانة و العجينة الاسمنتية منتجة من نفايات بلاستيكية تكون مستدامة، ذات جودة، لكن مربحة أيضًا.

الفصل الثالث

دراسة خصائص المواد المستعملة وصياغة الخلطة الخرسانية

1.مقدمة:

يلعب توصيف المواد المستخدمة في تكوين الخرسانة دورا مهما للغاية في خصائصه وأدائه اللاحق .وبالفعل تتأثر الخصائص الأساسية للخرسانة إلى حد كبير بخصائص هذه المكونات.

نعرض في هذا الفصل المواد المختلفة التي سيتم استخدامها في صناعة الخرسانة الرملية.

يجب دراسة المواد وكذلك الاختبارات التي يجب إجراؤها وفقا للمعايير الأوروبية والمعايير الفرنسية وطرق التشغيل المعمول بها.

II .2.المواد المستخدمة هي:

- الاسمنت المركب

Le *Ciment* Portland au Calcaire CEM *I/A-L 42.5* N

- رمل الكثبان) كسر(0/5
- اضافات superplastifiant
- حشو الحجر الجيريfiller calcaire
- خالي من جميع الشوائب(ماء نقي)

II 1.2.الاسمنت:

الاسمنت المستعمل هو اسمنت من نوع CEM *II/A-L 42.5* N متواجد في السوق المحلي مصنوع من طرف مصنع الاسمنت جيكا –عين التوتة- .

الشكل .Ⅱ .1.2. تمثل الاسمنت المستعمل

- **التركيبة الكيميائية (%) للاسمنت:**

SIO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Cl	K_2O	Na_2O	Chaux libre	Perte au feu	Résidu insoluble
20.34	5.37	3.00	61.69	1.80	2.20	0.027	0.76	0.14	0.97	5.03	1.12

- **التركيبة المعدنية (%) للاسمنت:**

C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
58.3	14.16	8.7	11.26

أن الخواص الرئيسية للأسمنت البورتلاندي والتي يجب أن نقف عندها للحكم على جودة الأسمنت هي :

- نعومة الاسمنت
- الكثافة النوعية للأسمنت
- الشك و التصلد
- ثبات الحجم للأسمنت
- مقاومة الاسمنت

ولهذه الخواص الأساسية طرق اختبارات قياسية لتعينها بكل دقة، وفيما يلي نتطرق اهم هذه الاختبارات

Ⅱ .1.1.2.الخصائص الفيزيائية:

وهذه الخاصية لها علاقة وثيقة بنعومة الاسمنت

الكتلة الحجمية المطلقة و الظاهرية

تحديد وزن معلوم من مادة الاسمنت وقياس حجمها باستخدام تقنية picnomètre ويتم تعيينها للاستفادة منها في تصميم الخلطات الخراسانية أو لأي مقارنات بين أنواع الاسمنت المختلفة.

الكتلة الحجمية المطلقة = 3.1 (g/m^3)

تم تعيين الكتلة الحجمية الظاهرية للاسمنت تجريبيا في المخبر وهي في حالتها الطبيعية بما فيها من فراغات بدون أي دمك حتى لا تؤثر على وحدة الحجوم للعينة المختبرة.

- ***الكتلة الحجمية الظاهرية = 1216 (kg/m^3)***

Ⅱ .2.2.الرمل:

نوع الرمل المستعمل في دراستنا هو رمل الوديان منطقة جامعة ولاية" تقرت"

الشكل2.2. II .تمثل رمل الوديان"تقرت "

II .1.2.2.الخصائص الفيزيائية:

الكتلة الحجمية:

الهدف منها هو معرفة نوع الركام المستعمل وكثافته وكذا معرفة الأحجام والكتل التي تدخل في تركيب الخرسانة وهي معرفة بالقواعد (NFP 18-301)

الكتلة الحجمية الظاهرية:

هي النسبة بين وزن العينة الكلي على الحجم الكلي.

الكتلة الحجمية المطلقة:

وهي النسبة بين وزن الحبيبات الصلبة على حجم الحبيبات الصلبة

- **النتائج المتحصل عليها من التجربة موضحة في الجدول التالي:**

الكتلة الحجمية الظاهرية غ/سم^3	1.586
الكتلة الحجمية المطلقة غ/سم^3	**2.504**

II .3.2.معامل امتصاص الماء:

يعرف بواسطة القاعدة NFP 18-55 ، هذه التجربة تحسب المسامية الداخلية في الحبيبات و هي تعرف بكونها النسبة بين الوزن الرطب للعينة على الوزن الجاف.

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

Ab: امتصاص الماء (%)

M_a:كتلة العينة قبل التجفيف

M_s: كتلة العينة بعد التجفيف وقبل الوصول إلى°105

وكانت النتائج المتحصل عليها كما يلي:

Ma	Ms	%Ab
305.05	284.7	7.147

II .4.2.المكافئ الرملي:

يعرف بواسطة القاعدة NFP18-598 الهدف منه هو تحديد نسبة الغضار والمواد العالقة الموجودة في الرمل المعرفة ما مدى نقاوة وصلاحية استعماله في الخرسانة والملاط.

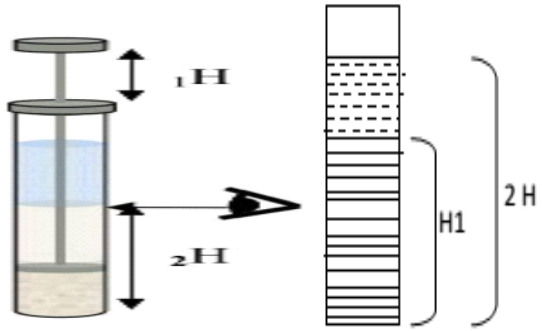
- **مبدأ التجربة :**

يتضمن هذا الاختيار

- غمس وزن محدد من الرمل في محلول flocculant
- بعدها نقوم بالإثارة والرج بواسطة الجهاز لمدة 30 ث.
- نقوم بتسوية العينة ثم نتركها لمدة 20 دقيقة.
- ثم نقيس ارتفاعات الرواسب.
- طبقة سفلى تمثل الرمل الصافي ارتفاعها (H1)
- طبقة علية تمثل الرمل مع الشوائب ارتفاعها (H2)

- **المكافئ الرملي يعطى عن طريق:**

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



الشكل II .3.2. يمثل الأداة المستعملة في تجربة المكافئ

بعد القيام بتجربة المكافئ الرملي وجدنا النتائج التالية :

Msable=120g

H_1=8.7cm

H_2=10cm

Es=87%

- من خلال النتيجة المتحصل عليها نلاحظ ان نقاوة الرمل جيدة

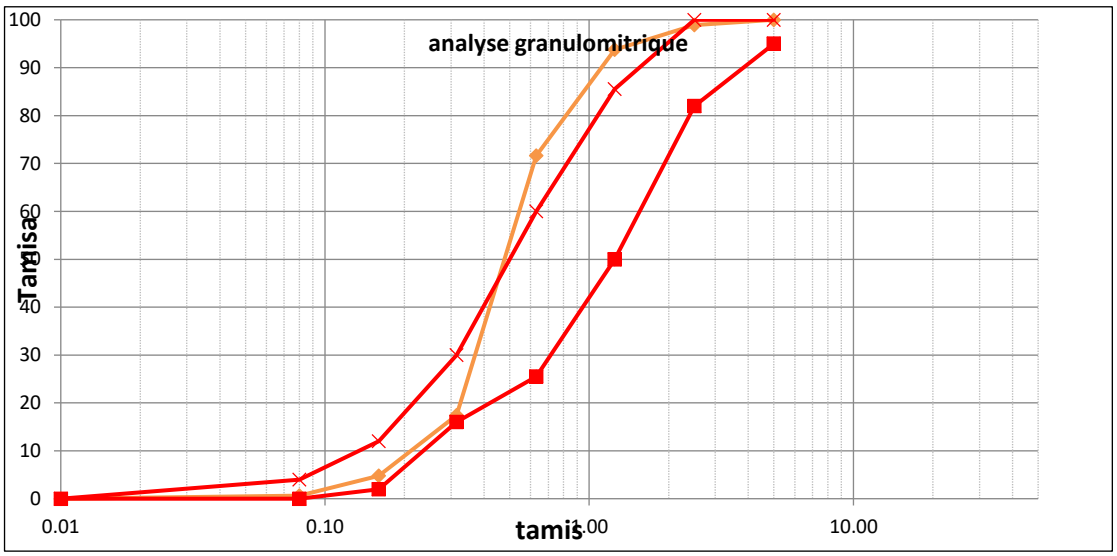
II .5.2.التدرج الحبيبي:

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

الشكل4.2. II .تمثل الغرابيل المستعملة لتحليل الحبيبي

- النتائج المتحصل عليها موضحة في الجدول التالي

tamis	sable djaama	fuseau 1	fuseau 2
5	100	100	95
2,5	98,87151128	100	82
1,25	93,71856281	85,5	50
0,63	71,62228378	60	25,5
0,315	17,44232558	30	16
0,16	4,767452325	12	2
0,08	0,607493925	4	0
0,01	0	0	0



الشكل5.2. II .يمثل منحنى التدرج الحبيبي

- ملاحظة : من منحنى التدرج الحبيبي نلاحظ أن الرمل المستعمل ينتمي إلى المجال A وهو المجال المفضل للاستعمال في الخرسانة أو الملاط .

II .6.2.معيار النعومة:

ويتم تقيمه بواسطة معيار يسمى المقياس، حيث يساوى مجموع النسب المئوية للمتبقي المجمع للمناخل القياسية السنت(5 2.5 1.25 0.63 0.315 0.16) مقسوما على 100 ويعبر معيار النعومة عن الحجم المتوسط لحبيبات الركام وهو لا يدل على مدى تدرج الركام من عدمه ويستخدم معيار النعومة في بعض طرق تصميم الخلطات الخراسانية ومن أجل الرمل تستطيع تعريف ثلاثة مجالات المعاير النعومة للرمل حيث

- المجال :A المفضل المستعمل في الخرسانة أو الملاط بين2.2-2.8
- المجال :B رمل تميل حبيباته إلى الدقة بين1.8-2.2
- المجالC: رمل تميل حبيباته الى الخشونة2.8-3.2

II .7.2.الماء:

الماء له أهمية كبيرة في تصنيع وإنتاج المخاليط المختلفة من الملاط والخرسانة، خاصة في الأعمال الخرسانية من خلال تفاعل كيميائي يسمى الترطيب، ويبدأ تفاعل الأسمنت البورتلاندي داخل الخرسانة مع أول وجود للماء في الخليط، والذي يمثل 15-10 من حجم الخرسانة .وهكذا، يشكل الأسمنت والماء عجينة الأسمنت التي تغطي كل جزء من الرمل والركام الخشن داخل الخرسانة .تعتمد خصائص الخرسانة على جودة وجودة عجينة الأسمنت المستخدمة، وقوة عجينة الأسمنت في المقابل.

يعتمد ذلك على نسبة الماء إلى الأسمنت .نسبة الماء / الأسمنت هي وزن الماء مقسوما على وزن الأسمنت .يجب أن يكون للخرسانة عالية الجودة أقل نسبة ماء إلى أسمنت يمكن الحصول عليها دون التأثير على قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة,ومن بين خواصه يجب ان يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.

II .1.7.2.التركيبة الكيميائية للماء:

- الماء المستعمل هو ماء صالح للشرب هو الخيار الأول والمقبول في الخرسانة في الملحق B المعيار EN 10008 2002 من خلال الصفات الحسية الأولية فإن الماء لا لون له وطعم والرائحة وسطح خالي من الزيوت الشحوم فهو ماء نظيف.

الملوحة	PH	$HCO3^-$	$SO4^-$	$NO3^-$	Cl^-	Na^{++}	K^{++}	Mg^{++}	Ca^{++}
2799	7.75	124	755	14.5	755	536	31	125	242

II .8.2.الإضافات :

-الملدن المتفوق:

الملدن المتفوق (Superplastifiant) هو نوع من الإضافات الكيميائية المستخدمة في صناعة الخرسانة لتحسين خصائصها .يُستخدم الملدن المتفوق لتحسين قابلية التشغيل للخرسانة دون الحاجة إلى إضافة المزيد من الماء، مما يسمح بإنتاج خرسانة ذات قوة عالية ومتانة أفضل .

تعمل الملدنات المتفوقة من خلال تقليل التوتر السطحي لجزيئات الماء، مما يساعد على تفريق جسيمات الأسمنت ومنع تكتلها .هذا يؤدي إلى تحسين تدفق الخليط الخرساني وجعله أكثر تجانساً وسهولة في الصب والتشكيل.

تتم إضافة الملدنات الفائقة إلى المواد الإسمنتية بنسب تتراوح بين 0.8 و3٪ من كتلة الأسمنت المستخدم(28)

في شكل سائل بني، كثافته 2.1 وPH=2.8

-البولي فينيل كلوريد (PVC) :

بلاستيكPVC ، أو كلوريد البولي فينيل(Polyvinyl Chloride) ، هو نوع من البلاستيك الصناعي الذي يتميز بكونه متعدد الاستخدامات وقابلاً للتشكيل .يتم إنتاج PVC عن طريق بلمرة مونومر كلوريد الفينيل، ويعتبر من أكثر أنواع البلاستيك استخداماً في العالم.

يتم استبدال جزء من الرمل الطبيعي بنسبة متزايدة من الركام البلاستيكي (PVC)بحدود 10% 20%و30.%

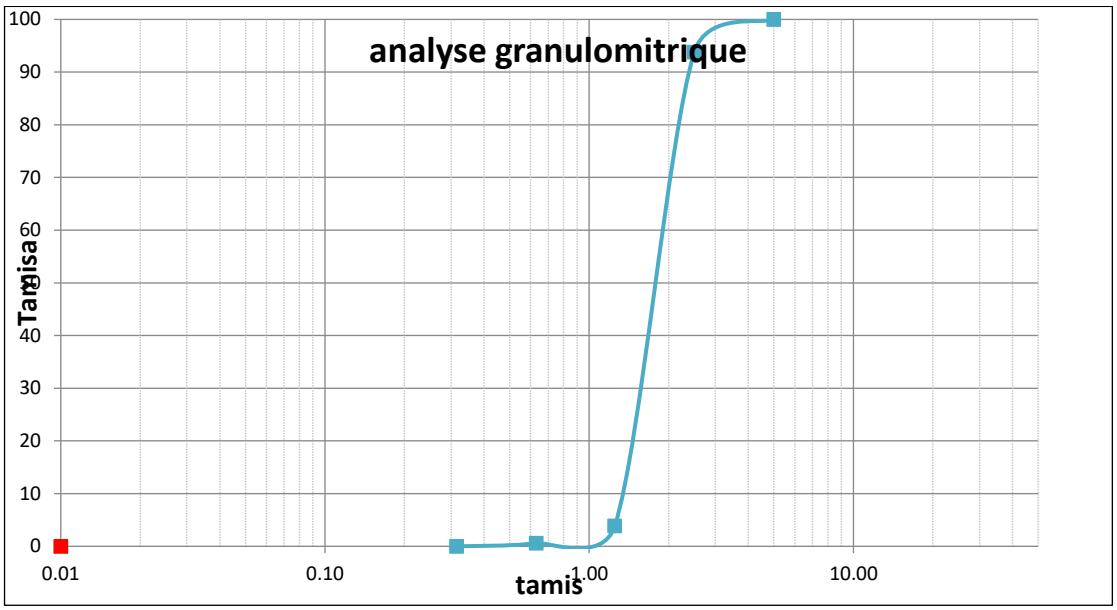
الشكل6.2. II .تمثل البولي فينيل كلوريد(PVC)

الكتلة الحجمية ل PVC:

النتائج المتحصل عليها كما يلي:

الكتلة الحجمية الظاهرية غ/سم^3	0.15
الكتلة الحجمية المطلقة غ/سم^3	**0.84**

التحليل الحبيبي ل PVC



الشكل7.2. II .يمثل منحنى بياني للتحليل الحبيبي ل PVC

3. II .تركيبة الخرسانة:

لتكوين الخلطة الخرسانية الرملية العادية) (شاهدة)الطريقة المستخدمة لصنع خرسانة الرملية هي الطريقة التجريبيةSABLOCRETE 1994

ونوضح ذلك عبر المراحل التالية:

- نحضر رمل + الاسمنت + حشو الحجر الجيري
- نخلط المزيج جافا لمدة دقيقة واحدة
- نضيف الماء والمواد المساعدة
- المزج لمدة دقيقتين حتى يتم الحصول على الخليط

- الهدف من تجربتنا هذه معرفة تأثير البلاستيك على الخرسانة الرملية باستبدال الرمل الطبيعي بنفايات PVC بنسب مختلفة (10% 20% -- 30 % بالنسبة للحجم).

الجدول3. II . يمثل تكوين الخرسانة الرملية الشاهدة

$1m^3$	حشو الحجر الجيري	الرمل	الاسمنت	الماء	الملدن
حجم لتر/م3	55	636	112.90	203	1.2%
الكتلة كغ/م3	150	1653.6	350	203	4.2%

تكوين الخلطة الخراسانية المستعملة في التجارب:

- **قوالب ذات الأبعاد:(4x4x16)**

الرمل (g)	plastic 5(g)	Plastic 3 (g)	نسبة البلاستيك
1421,900668	0	0	0%
1279,710601	15,31277642	30,6255528	10%
1137,520534	30,62555285	61,2511057	20%
995,3304675	45,93832927	91,8766585	30%

- **قوالب ذات الأبعاد(5x5x5):**

الرمل(g)	بلاستيك(g)	نسبة البلاستيك
711,6446214	0	0%
640,4801592	22,99159546	10%
569,3156971	45,98319092	20%
498,151235	68,97478638	30%

II .1.3.الاختبارات التي أجريت:

II .1.1.3. الاختبارات الفيزيائية:

اختبار السيولة ASTM C 1437 :

في دراستنا التجريبية، يتم قياس قابلية تشغيل الخرسانة الرملية باستخدام طاولة الاهتزاز التي تحدد قابلية التشغيل وفقا للطريقة التالية :

- صب الخليط في قالب الترانكونيكال
- تسطيح المزيج بالمسطرة من الأعلى وضع 15 صدمة لمدة 15 ثانية

قم بالقياس عموديا وأفقيا(d1، d2)

الشكل8.3. II .تمثل جهاز اختبار السيولة

الشكل 9.3. II .تمثل تجربة السيولة

اختبار الكثافة:

كثافة الكتلة، وتسمى الكتلة الحجمية، هي خاصية فيزيائية للأجسام تعبر عن علاقة وحدة الحجم بكتلة الوحدة لمادة أو جسم ما .

كثافة الجسم تساوي كتلته الإجمالية مقسومة على حجمه الإجمالي .وحدته هي جرام لكل سنتيمتر مكعب (g/cm3) أو كيلوجرام لكل متر مكعب ..(Kg/cm3) يتم تحديد الكثافة من خلال .P=m/V

m :كتلة العينة (kg, g)

v :حجم العينة(cm3)

P :الكثافةKg/cm3 (((g/cm3)

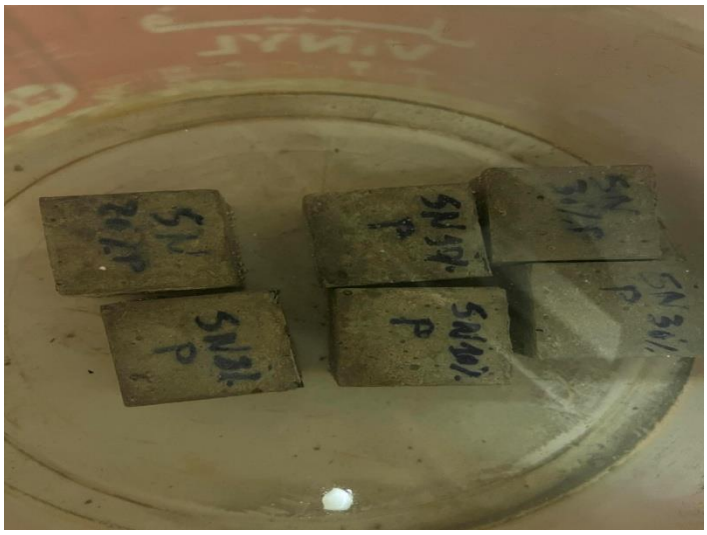
الامتصاص بالغمر:

تم إجراء هذا الاختبار من أجل الحصول على فكرة عن المسامية الداخلية للمادة . الاختبار يتكون من وضع عينات الخرسانة الرملية (5x5x5) سم في الفرن ووزنها حتى وزن ثابت، ثم اغمرهم تماما في الماء عند درجة حرارة 20 درجة مئوية لمدة 24 ساعة) أي حتى تشبع المادة (من أجل حساب حجم الفراغات في الخرسانة الرملية، يُعطى معامل الامتصاص بالغمر A بالعلاقة التالية

$Ab=M_h-Ms/Ms \times 100$ (%)

M_h كتلة عينة في الماء

Ms كتلة العينة في الهواء



الشكل10.3. Ⅱ .تمثل تجربة الامتصاص بالغمر

- **ملاحظة:**

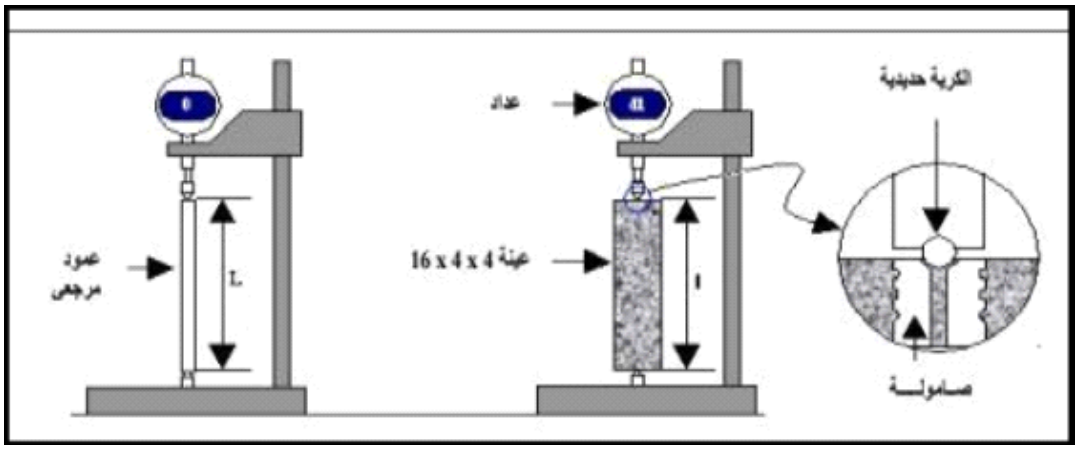
امتصاص0=PVC

مع استبدال نسبة من الرمل الطبيعي) تقرت (بنسبة من النفايات البلاستيكية PVC تحصلنا على نتائج التالية:

النسبة	Mh(g)	Ms(g)	Ab(%)
SN-0%	305.05	284.7	7.14
10%	281.3	259.65	8.33
20%	274.4	253.35	8.30
30%	261.4	239.6	9.09

تجربة الانكماش:

تتم تجربة الانكماش على عينات (cm 16x4x4) مزودة في سطوحها العلوي والسفلي بصمولتين توضع عليهما كريتان حديديتان وتدخل العينة وهي على هذا الحال إلى جهاز رقمي يقيس الطول مباشرة اعتبارا من طول ابتداء يضبط عليه، هذا الجهاز من النوع Retrocontrole :كما هو موضح في الصورة يمثل شكلا تخطيطيا لجهاز قياس الانكماش .هذه التجربة منصوص عليها حسب القاعدةNFP .15-433



0

الشكل 11.3.Ⅲ .يمثل شكلا تخطيطيا لجهاز قياس الانكماش

الشكل12.3. Ⅱ .يمثل تجربة الانكماش

يشار إلى الاختلاف النسبي في الطول عموما بالرمز ع وله التعبير

$$\varepsilon(t) = \Delta L(t)/L = dL(t) - dL(t0)/L \ (mm/m*10^3)$$

حيث:

L:طول القضيب في Invar يساوي 160 ملم

dl (t) :هي القيمة المقروءة على المقارنة في الوقت(t)

dl (to):طول العينة في الوقت المحدد في وقت إزالة القوالب أي 24 ساعة

Ⅱ .2.1.3.الاختيارات الميكانيكية:

اختبار قوة الانحناء وفقا لمعيار NF EN 1961

تم تقييم قوة الشد الانحناء للخرسانة الرملية من خلال اختبارات الانحناء 3 نقاط على عينات 16.4.4سم ^{3}لحساب إجهاد الانحناء يتم استخدام RDM ، معبراً عنه على النحو التالي

$$RF=(M/\ i)\ y\ (MPa)$$

حيث:

M: لحظة الانحناء (l=3a)(pl/4)=M

i:لحظة القصور الذاتي في المقطع العرضي

Y: المسافة من أبعد الألياف إلى المحور المحايد .

الشكل 13.2.1.3.Ⅲ.جهاز تجربة الانحناء(MPa)

اختبار قوة الانضغاط:

تم إجراء هذا الاختبار وفقا لمعيار NF EN 1961 ، يتم إعطاء الضغط بالصيغة التالي

$$RC = FC/A \ (MPa)$$

بحيث:

FC : أقصى حمل للكسر(N)

A :مساحة قسم تطبيق قوة الضغط($1600\ mm^2$)

الشكل 14.2.1.3. II .تمثل جهاز تجربة الضغط(MPa)

تجربة التوصيل الحراري حسب المعيار ASTM C518:

- **نطاق الاستخدام:**

يُستخدم هذا المعيار لتحديد الخصائص الحرارية، مثل التوصيل الحراري والمقاومة الحرارية، للمواد العازلة في الحالة المستقرة.

- **مبدأ الاختبار:**

يتم وضع العينة بين صفيحتين ساخنة وباردة داخل جهاز مقياس التدفق الحراري.

يتم تطبيق فرق درجة حرارة معروف بين الصفيحتين.

يتم قياس تدفق الحرارة عبر العينة باستخدام أجهزة استشعار تدفق الحرارة.

بناءً على هذه القياسات، يتم حساب التوصيل الحراري والمقاومة الحرارية للعينة.

- **إجراءات الاختبار:**

إعداد العينة: يجب تحضير العينة بعناية للتأكد من أن سطحها متساوٍ ونظيف.

معايرة الجهاز: يجب معايرة جهاز مقياس التدفق الحراري باستخدام مواد مرجعية معروفة ذات خصائص نقل حراري مماثلة.

إجراء الاختبار: توضع العينة بين الصفيحتين، ويتم ضبط درجة الحرارة لتوليد فرق معروف بين الصفيحتين، ثم تُسجل القراءات.

- **العوامل المؤثرة على النتائج:**

تحضير العينة: يجب أن تكون العينة معدة جيدًا ومتجانسة لتجنب أي تأثيرات سلبية على النتائج.

معايرة الجهاز: يجب أن يكون الجهاز معايرًا بدقة باستخدام مواد مرجعية لضمان الدقة.

- **الأهمية:**

تساعد نتائج **ASTM C518** في تقييم أداء المواد العازلة، مما يدعم تطوير مواد أكثر كفاءة في توفير الطاقة وتحسين الراحة الحرارية في المباني والهياكل الأخرى.

بتنفيذ هذا الاختبار بشكل صحيح، يمكن الحصول على بيانات دقيقة وموثوقة حول الخصائص الحرارية للمواد، مما يسهم في تحسين تصميم وبناء الأنظمة العازلة الحرارية.

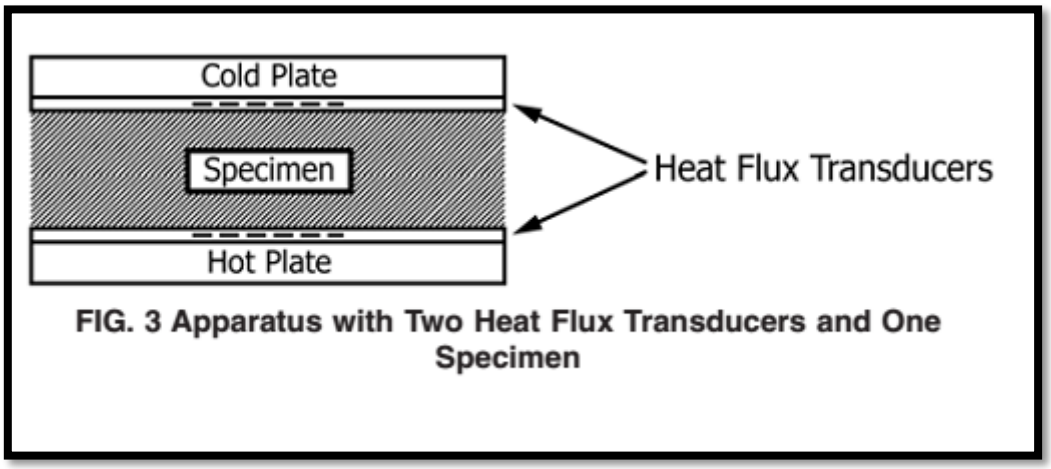


FIG. 3 Apparatus with Two Heat Flux Transducers and One Specimen

الشكل3.1.2.15. II . يمثل جهاز تجربة التوصيل الحراري

الخلاصة:

يتناول العمل المقدم في هذا الفصل بشكل منفصل خصائص المواد الأساسية المستخدمة في الدراسة التجريبية، بما في ذلك توصيف المواد المختلفة المستخدمة، وكذلك صياغة الخرسانة الرملية التي تعتمد على النفايات البلاستيكية

في هذا الفصل، قدمنا وصفا تفصيليا لجميع التجارب التي تم إجراؤها .سيتكون الفصل التالي من إظهار النتائج التي تم الحصول عليها وتقديم تفسير وتحليل لهذه النتائج.

الفصل الرابع

سلوك الخرسانة وتحليل النتائج

1.المقدمة:

الهدف من هذاال الفصل هو تحليل وشرح نتائج عملنا الذي أُجري في المختبر وفقًا للبرنامج التجريبي الذي ساعدنا في معرفة تأثير النفايات البلاستيكية من حيث خفة وزنها من جهة وفعاليتها في العزل من جهة أخرى . لذا تم انجاز عدة أنواع من الخرسانة الرملية

- خرسانة رملية عادية (كشاهد)
- خرسانة رملية مصنوعة من خليط من الرمل والبلاستيك **PVC** بنسب مختلفة (حيث تم استبدال الرمل الطبيعي ب **PVC**) 10 %و20%و30%.

-تنقسم الاختبارات التي أجريت على الخلطات المختلفة إلى جزأين

الاختبارات في الحالة الطرية (قابلية التشغيل) اختبار الكثافة – السيولة

الاختبارات في الحالة المتصلبة: الكثافة ـــ الانكماش – قوة الشد عن طريق الانحناء – الامتصاص – قوة الانضغاط ـــالامتصاص بالغمر- التوصيل الحراري .

المصطلحات المستعملة:

- **خرسانة الرملية العادية** (MN)
- **خرسانة تحتوي على نسب مختلفة من البلاستيك** PVC

M1=10%

M2=20%

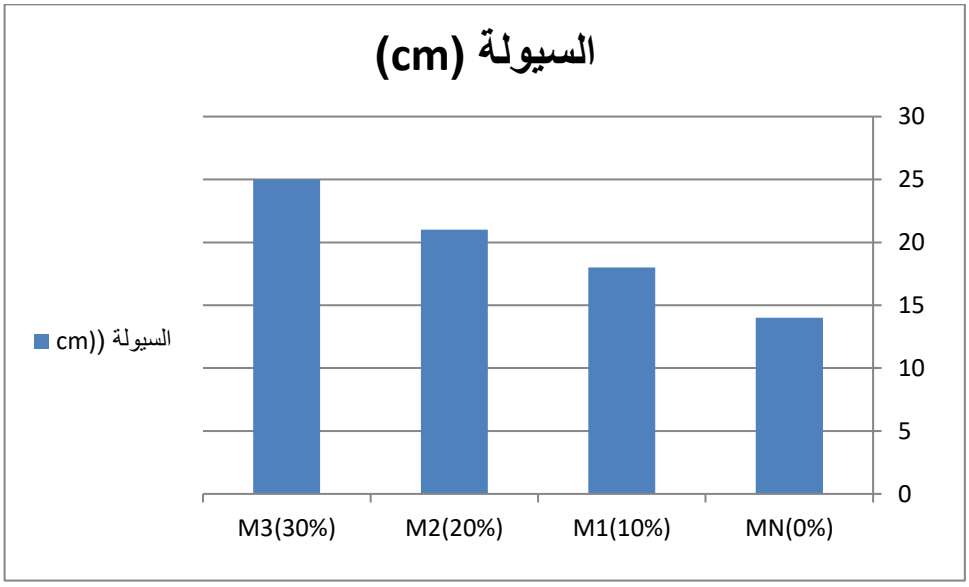
M3=30%

2.Ⅲ.نتائج الاختبارات:

- **في الخرسانة الطازجة (الطرية)**

1.2Ⅲ.اختبار السيولة:

تظهر نتائج اختبار السيولة في حالة الخرسانة الطرية في الشكل التالي:



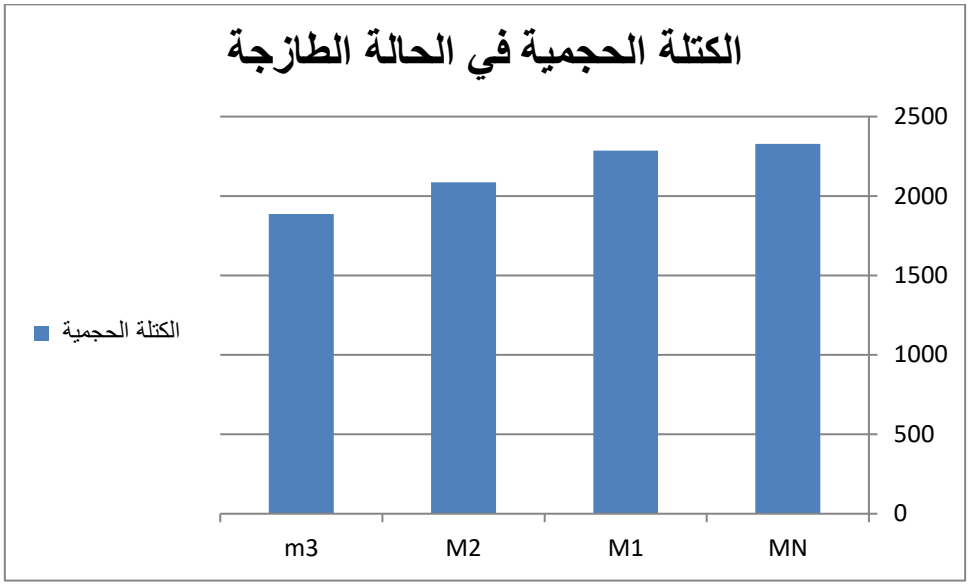
الشكلIV.1.2: يمثل اختبار السيولة في الخرسانة الطازجة (cm)

- **التعليق :**

تزداد السيولة في الخرسانة الرملية بزيادة نسبة البلاستيك تدريجيا و هذا راجع إلى وجود كمية من الماء الحر في الخليط، حيث لا يمكن للركام البلاستيكي امتصاص الماء أثناء الخلط .كما أن سطح حبيبات البلاستيك ملساء مقارنة بالحبيبات الطبيعية تفضّل وجود الماء الحر، مما يزيد من السيولة.

2.2 .III.اختبار الكثافة:

تقدر الكثافة في الحالة الطازجة بواسطة الوزن و تظهر النتائج التي تم الحصول عليها في الشكل التالي :



الشكل III.2.2 : يمثل الكثافة في الحالة الطازجة ب(كغ/م3)

- **التعليق :**

من خلال النتائج المتحصل عليها، يتبين لنا تناقص الكثافة (الكتلة الحجمية) بزيادة نسبة البلاستيك إلى أن تبلغ أصغر قيمه لها 2052.60 (كيلوغرام / م3) مقارنه مع الخرسانة الشاهدة.

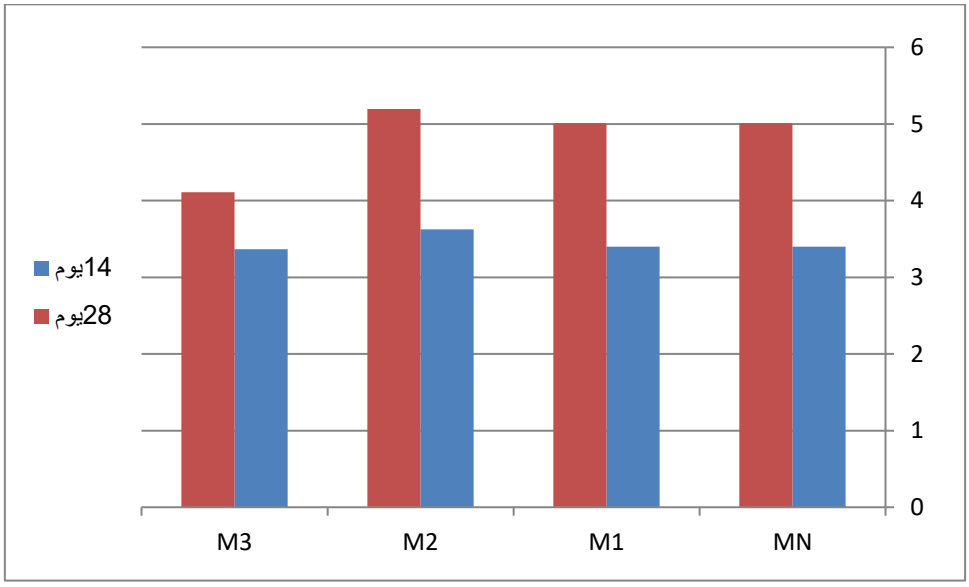
تفسير هذه الحالة يعود لكتلة الحجمية لي الخرسانة الرملية المحتواة على البلاستيك والتي هي أصغر من الكتلة الحجمية للخرسانة العادية (الشاهدة)، فكلما عوضنا الرمل بالبلاستيك تنقص الكتلة الحجمية.

في الحالة الصلبة:

تم حفظ العينات في وسط رطب بعد يوم من صنعها وتم تركها لمدة 28 يوم (يوم اجراء التجارب)

III.3.2.اختبار الانحناء:

تقاس مقاومة شد بالانحناء بعد 14 و28 يوما من التصلب في وتظهر النتائج في الشكل التالي:



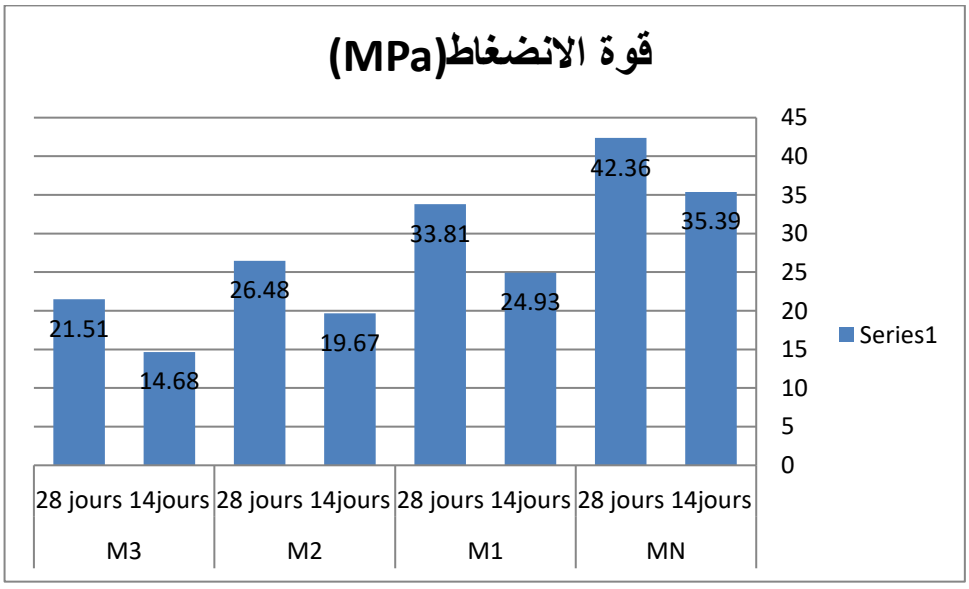
الشكل 3.2.Ⅲ.يمثل مقاومة الانحناء عند 14 و28 يوما (MPa)

- **التعليق :**

يؤدي دمج هذا النوع من الركام البلاستيكي إلى خفض مقاومة الشد للانحناء في الخرسانة كما هو واضح في نتائجنا يرجع هذا الانخفاض إلى زيادة المسامية في الخرسانة الناتجة عن دمج حبيبات (PVC) ، كما أن ضعف الالتصاق بين الركام البلاستيكي والمصفوفة الأسمنتية (بسبب سطح الركام الملساء) يشكل سببًا إضافيًا كما رأينا في دراستنا.

4.2 .Ⅲ.اختبار الانضغاط :

تقاس مقاومة الانضغاط بعد 14 و28 يوما من التصلب وتظهر النتائج في الشكل التالي :



الشكلIII.4.2 : يمثل مقاومة الانضغاط عند 14 و28 يوما (MPa)

- **التعليق :**

بناءً على النتائج التي تم العثور عليها، نلاحظ أن مقاومة الضغط، سواءً في 14يوما أو 28 يومًا، تنخفض مع زيادة محتوى الركام البلاستيكي هذا يدل على أن PVC لديه تأثير سلبي على الخاصية الميكانيكية المدروسة.

بشكل عام تتاثر مقاومة الضغط بعدة معايير من بينها

معدل الاستبدال

شكل الحبيبات

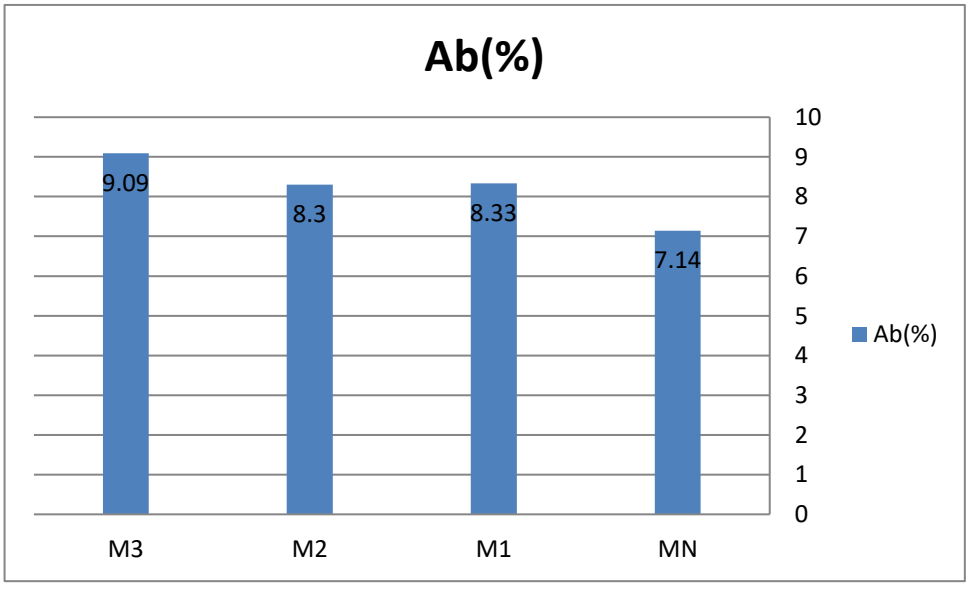
نوع النفايات البلاستيكية

نسبة الماء في الاسمنت

النتائج المتحصل عليها تتوافق مع الدراسات السابقة (29)

III.5.2.الامتصاص بالغمر :

تستخدم العينات المكعبة 5*5*5 سم لقياس امتصاص بالغمر بعد 28 يوًما من التصلب في بيئة رطبة، وقد تم توضيح النتائج في الشكل التالي:



الشكلIII.5.2. يمثل الامتصاص بالغمر بعد 28 يوما (%)

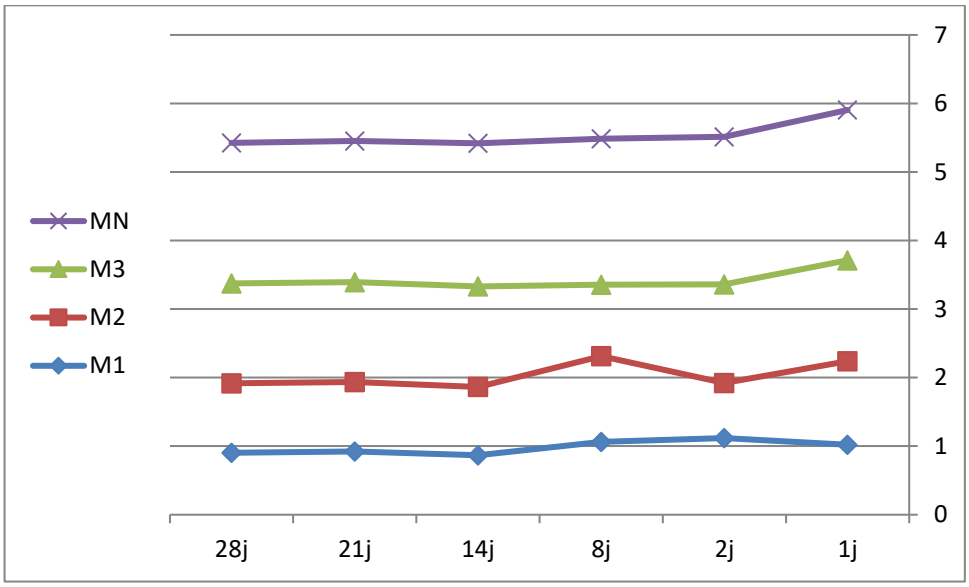
- **التعليق :**

يتضح من الشكل السابق أن الامتصاص بالغمر يزداد مع زيادة محتوى (PVC) (MN = 7.14٪ ، M1 = 8.33٪ ، M2=8.3٪ M3=9.09٪) لكن هذه الزيادة تبقي ضعيفة نسبيا ,لأن حبيبات (PVC) لها معامل امتصاص منخفض (لا يمكن للبلاستيك امتصاص الماء).

أحد الأسباب التي يمكن أن تفسر الزيادة في امتصاص الماء هو ضعف الرابطة بين العجينة الأسمنتية والركام البلاستيكي كما أن تركيب الخرسانة غني بالفراغات مما يسمح بامتصاص كمية كبيرة من الماء

III.6.2.الانكماش :

يقدر اختبار الانكماش بعد (1*2*8*14*21*28) يوًما من التصلب وتظهر النتائج التي تم الحصول عليها في الشكل التالي :



الشكل III .6.2. منحنى الانكماش ب (mm/m*10^3)

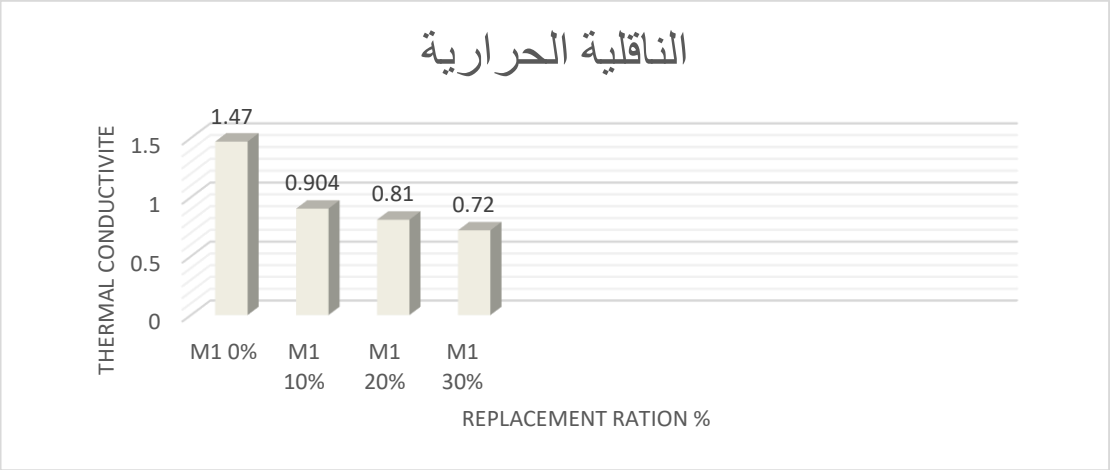
- **التعليق :**

يتناقص الانكماش مع مرور الزمن بالنسبة لجميع الخلطات، إلى أن يثبت بعد 21 يوم من التصلب.غير أن الانكماش في الأيام الأولى يكون اكبر مقارنة بالأيام التالية
وهذا راجع لعدم تواجد الماء الحر في الخلطات مما يؤدي إلى النقص في عملية التبخر تبعها نقص في الانكماش. ان الخرسانة التي تحتوي نسب من PVC أعطت انكماش اقل من الخرسانة الشاهدة .
(30)الذي استبدل الرمال الطبيعية بالركام البلاستيكي PVC لاحظ انخفاضًا في انكماش التجفيف مع زيادة محتوى الركام.

-

III. 7.2.تجربة الناقلية الحرارية حسب المعيار ASTM C518:

أجريت هذه التجربة على عينات(4.4.16) بعد 28 يوم من الجفاف و كانت النتائج كالأتي



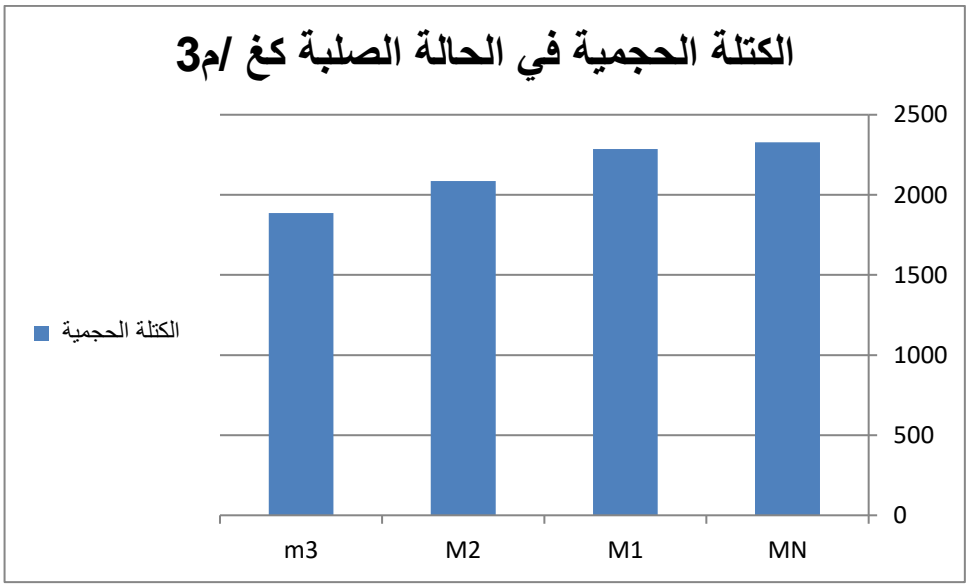
الشكل Ⅲ.7.2.يمثل الناقلية الحرارية لمختلف أنواع الخرسانة

- التعليق :

ينخفض التوصيل الحراري بشكل عام مع زيادة نسبة PVC, وهذا يدل على أن PVC لديه خاصية العزل الحراري . و هذا بالتأكيد بسبب انخفاض الموصلية الحرارية للـ PVC مقارنة بالرمل الطبيعي.

Ⅲ.8.2.اختبار الكثافة في الحالة الصلبة

تقاس الكثافة بعد 28 يوما من التصلب وتظهر النتائج في الشكل التالي



الشكلⅢ.8.2.يمثل الكتلة الحجمية في الحالة الصلبة (كغ/م3)

التعليق

من خلال النتائج المتحصل عليها، يتبين لنا تناقص الكثافة (الكتلة الحجمية) بزيادة نسبة البلاستيك إلى أن تبلغ أصغر قيمه لها **1886.4** (كيلوغرام / م3) مقارنه مع الخرسانة الشاهدة.

تفسير هذه الحالة يعود للكتلة الحجمية للخرسانة الرملية المحتواة على البلاستيك والتي هي أصغر من الكتلة الحجمية للخرسانة العادية (الشاهدة)، فكلما عوضنا الرمل بالبلاستيك تنقص الكتلة الحجمية لان حبيبات PVC اخف من الرمل الطبيعي.

الخلاصة:

من نتائج الاختبارات التي أجريت، تم العثور على نفايات البلاستيك (PVC) المستخدم في صناعة الخرسانة الرملية في هذا العمل له نسبة عالية التأثير على جميع الجوانب الفيزيائية والميكانيكية.
وتعكس هذه النتائج اهتمام استخدام هذه الخرسانة في مجال البناء كعناصر فصل مع قوة عزل كبيرة (30).
النتائج التي تم الحصول عليها تظهر أن:

- السيولة تزداد بزيادة نسبة الاستبدال
- الكثافة الحجمية تقل بزيادة نسبة الاستبدال.
- الانكماش يتزايد بزيادة نسبة الاستبدال،
- مقاومة الضغط تتأثر بالاستبدال، حيث تتناقص بزيادة نسبة الاستبدال ,نفس الملاحظات تنطبق على مقاومة الشد بالانحناء.

- الخصائص الأخرى (مؤشرات المتانة) هي :الامتصاص: يزداد مع نسبة الاستبدال.
- الناقلية الحرارية تتناقص بزيادة نسبة **PVC**

النتائج التجريبية في المختبر تظهر أن نفايات البلاستيكية **(PVC)** لها تأثير كبير على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة و يمكن استخدامها في العزل الحراري .

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة :

في إطار مشكلة تتصدر الاهتمامات "التلوث البلاستيكي"، وجه الباحثون في الهندسة المدنية دراساتهم نحو طريقة استغلال النفايات البلاستيكية في مجالاتهم لتقليل الأضرار البيئية من جهة والاستفادة من المزايا الاقتصادية والفنية للنفايات البلاستيكية من جهة أخرى.

- في عملنا، ركزنا على التلوث الناجم عن الانابيب البلاستيكية. إعادة التدوير هي أفضل طريقة لتقليل انتشار هذه النفايات في الطبيعة والاستفادة منها في مجال مواد البناء .في هذه الدراسة، استبدلنا الرمل الطبيعي في الخرسانة بحبيبات بلاستيكية ناتجة عن إعادة تدوير الانابيب البلاستيكية البلاستيكية (**PVC** البولي كلوريد الفينيل)

المراجع

عنوان المرجع	رقم المرجع
Bédérina, M., M. Khenfer, et al. (2005). "Reuse of local sand: effect of limestone filler proportion on the rheological and mechanical properties of different sand concretes." Cement and concrete research35(6): 1172-1179.	[1]
GADRI, K. (2018). Etude Expérimentale Sur La Compatibilité Déformationnelle Des Réparations En Béton De Sable, Université Mohamed Khider-Biskra.	[2]
Gadri, K. and A. Guettala (2014). Etude des caractéristiques physico-mécaniques des bétons de sable à base de fumée de silice. MATEC Web of Conferences, EDP Sciences.	[3]
CHAOUCH A."Etude des caractéristiques du béton de sable de dunes", Thèse de magister, ENP, Algérie, 1993.	[4]
Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, "Béton de sable, Caractéristiques et pratiques d'utilisation", France, 1994	[7]
GORISSE F. "Essais et contrôle des bétons", Edition Eyrolles, Paris, 1978.	[8]
Georges Dreux, Jean Festa, Nouveau guide du béton et de ses constituants,]11[Eyrolles, 1998 (8e édition)	[11]
Jean-Paul Baïlon, Jean-Marie Dorlot, Des matériaux, Presses Internationals']19[polytechniques, 3e édition, 2000	[12]
Y-W. Choi, D-J. Moon, J-S. Chung, S-K. Cho, 'Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete', Cement and concrete research 2005, 35(4):776-781.	[13]
K. Senthil Kumar, K. Baskar, 'Recycling of E-plastic waste as a construction material in developing countries', J Mater	[14]

Cycles Waste Manag 2015, 17:718 –724.	
B. Coppola, L. Courard, F. Michel, L. Incarnato, L. Di Maio, 'Investigation on the use of foamed plastic waste as natural aggregates replacement in lightweight mortar', Composites Part B: Engineering 2016, 99:75-83.	[15]
K. Hannawi, S. Kamali-Bernard, W. Prince, 'Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates', Waste management 2010, 30(11):2312-2320.	[16]
C. Albano, N. Camacho, M. Hernandez, A. Matheus, A. Gutierrez, 'Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behavior at different w/c ratios', Waste Management 2009, 29(10):2707-2716.	[17]
A. Badache, AS. Benosman, Y. Senhadji, M. Mouli, 'Thermo-physical and mechanical characteristics of sand-based lightweight composite mortars with recycled high-density polyethylene (HDPE)', Construction and Building Materials 2018, 163:40-52.	[18]
YW. Choi, DJ. Moon, YJ. Kim, M. Lachemi, 'Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles', Construction and Building Materials 2009, 23(8):2829-2835.	[19]
E. Rahmani, M. Dehestani, M. Beygi, H. Allahyari, I. Nikbin, 'On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles', Construction and Building Materials 2013, 47:1302- 1308.	[20]
AS. Benosman, H. Taïbi, Y. Senhadji, M. Mouli, M. Belbachir, and MI. Bahlouli, 'Plastic Waste Particles in Mortar Composites: Sulfate Resistance and Thermal Coefficients', Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology 2017, 33(3):171 -202.	[21]
OY. Marzouk, R. Dheilly, M. Queneudec, 'Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete	[22]

composites', Waste management 2007, 27(2):310-318.	
P. Mounanga, W. Gbongbon, P. Poullain, P. Turcry, 'Proportioning and characterization of lightweight concrete mixtures made with rigid polyurethane foam wastes', Cement and Concrete Composites 2008, 30(9):806-814.	[23]
N. Saikia, Jd. Brito, 'Waste polyethylene terephthalate as an aggregate in concrete', Materials Research 2013, 16(2):341 - 350.	[24]
S. Benimam, F. Debib, M. Bentchikou, M. Guendouz, 'Valorisation et recyclage des déchets plastiques dans le béton', MATEC Web of Conférences 11,01033, Université de Médéa, 2014.	[25]
M. Gouasmi, 'Effet des agrégats légers à base de polyterephtalate d'éthylène sur les propriétés des mortiers' mémoire de master, Université d'Oran, 23 mai 2013	[26]
B. Traore, ' Elaboration et caractérisation d'une structure composite (sable et déchets plastiques recyclés) : Amélioration de la résistance par des charges en argiles', thèse de doctorat, Université de Félix Houphouët- Boigny, 30 novembre 2018.	[27]
Jean-Michel Torrenti , Laetitia D'Aloia-Schwartzentruber, Le grand livre des bétons, Connaissances et pratiques – Advance's environnementales – Réglementation et cadre normatif, Éditions du Moniteur, 2014	[28]
Influence of aluminum waste on the thermo-mechanical properties of lightweight composite mortars based on sand and recycled high-density polyethylene salma Haouara, L Zeghichi, ouarda Izemmouren, ikram souici European Journal of Environmental and Civil Engineering 28	[29]

(4), 844-858	
Kou, S.C., Lee, G., Poon, C.S. and Lai, W.L. (2009) Properties of Lightweight Aggregate Concrete Prepared with PVC Granules Derived from Scraped PVC Pipes. Waste Management , 29, 621-628. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.014	[30]
بلة نبيل ."المعالجة الحرارية لخرسانة الرمل",جامعة محمد بوضياف وهران,الجزائر 2005	[5]
المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدبير المهني"خواص واختبار المواد104 مدن"المملكة العربية السعودية	[6]
محمود امام "تكنولوجيا الخرسانة" قسم الهندسة الانشاءية كلية الهندسة, جامعة المنصورة, مصر 2002	[9]
"البطاقة التقنية للاسمنت مصنع بسكرة"	[10]
مذكرة ماستر إكرام سويسي	[31]

الملاحق

C NTROLS

الملحق **1.الخلاط المستعمل في خلط الخرسانة**

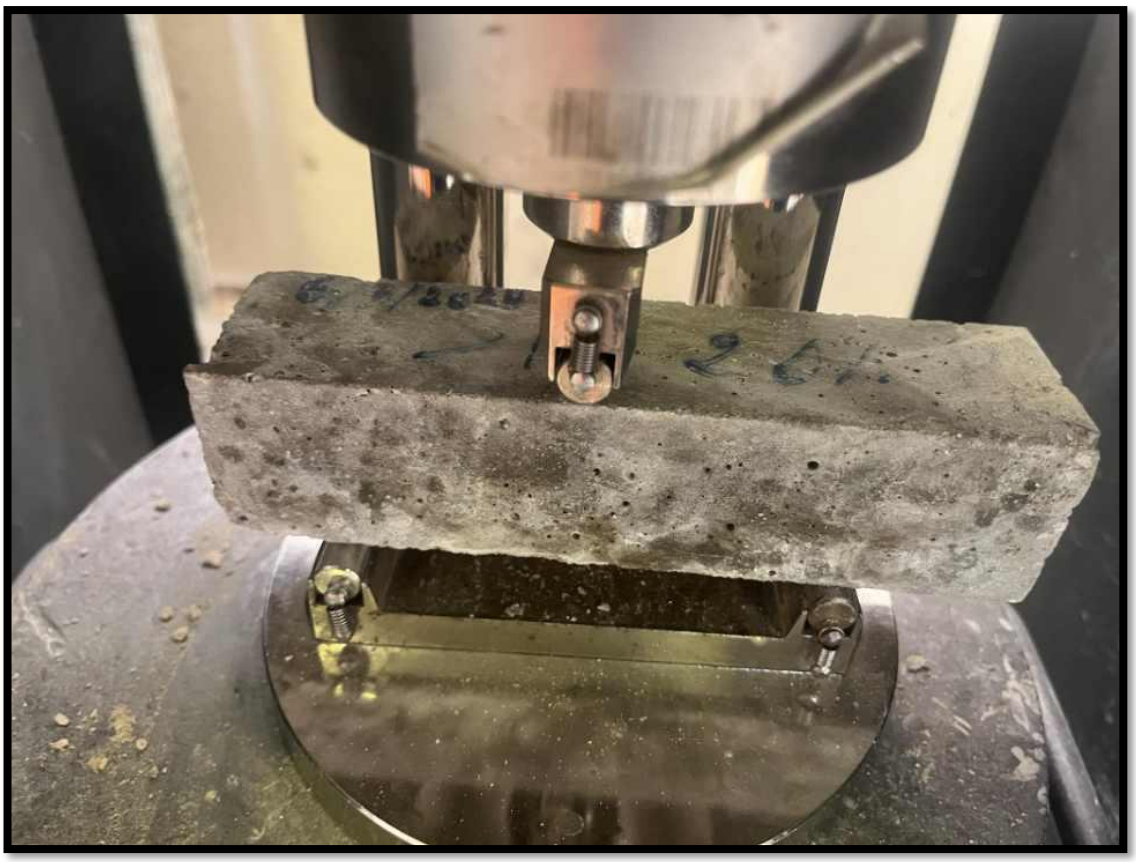
الملحق 2.القوالب المستعملة

الملحق 3.الميزان المستعمل

الملحق 5.عينة (5*5*5)

الملحق6.عينة (4*4*16)

الملحق7.عينة في تجربة الانكماش



الملحق8.تجربة الانحناء

الملحق9.PVC(5ملم)

الملحق10.PVC (3ملم)

الملحق 11.يبين خفة PVC

- **نتائج التجارب في الحالة الخضراء**
  - **نتائج اختبار السيولة**

نسبة بلاستيك PVC	d1قالب (4x4x16)(cm)	d2 قالب (5x5x5)(cm)
10%	18	**17**
20%	21	**21.5**
30%	25	**25**

  - **نتائج اختبار الكثافة**

نسبة البلاستيك(PVC)%	الكتلة الحجمية في الحالة الطازجة (كغ/م3)
0	**2284.76**
10	**2184.89**
20	**2162.76**
30	**2052.60**

- **نتائج التجارب في الحالة الصلبة**
  - **نتائج الكثافة**

نسبة البلاستيك(PVC)%	الكتلة الحجمية في الحالة الصلبة (كغ/م3)
0	**2327.34**
10	**2286.75**
20	**2086.01**
30	**1886.4**

- **- نتائج الانضغاط**

الضغط(MPa)	MN	%10	%20	%30
14يوم	**35.39**	**24.93**	**19.67**	14.68
28 يوم	**42.36**	**33.81**	**26.48**	21.51

- **نتائج الانحناء**

الانحناء(MPa)	MN	%10	%20	%30
14يوم	**3.4**	**3.4**	**3.62**	3.36
28 يوم	**5.01**	**5.01**	**5.19**	4.11

- **نتائج الامتصاص بالغمر**

النسبة	Mh(g)	Ms(g)	Ab(%)
SN-0%	305.05	284.7	**7.14**
10%	281.3	259.65	**8.33**
20%	274.4	253.35	**8.30**
30%	261.4	239.6	**9.09**

- **نتائج تجربة الانكماش**

الأيام	M1	M2	M3	MN
1j	1,021	1,221	1,471	2,192
2j	1,118	0,805	1,436	2,155
8j	1,063	1,25	1,044	2,129
14j	0,868	0,996	1,467	2,088
21j	0,924	1,012	1,457	2,06
28j	0,902	1,014	1,459	2,05