

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري



مذكرة ماستر

علوم و تكنولوجيا
شعبة: الهندسة المدنية
تخصص: مواد في الهندسة المدنية

Réf. :

من اعداد و تقديم :
مساعدي رمزي

في: 13 جوان 2024

دراسة تأثير الأكياس البلاستيكية المعاد تدويرها (إضافة / إستبدال الرمل) على ديمومة الملاط

اللجنة: د. طع الله البشير ، د. بن عمار بن خدة

الأستاذة المشرفة: هواره سلمى

السنة الجامعية: 2024/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إهداء

الحمد لله فوق الجميع

لمن كانت مثل الشمعة التي تذوب لتضيء دروب حياتي منذ ولادتي

والتي لا تكفي الكلمات للتعبير عن إمتناني وحي العميق لها.

لك أمي العزيزة

إلى من شجعني ودعمني دائماً معنوياً ومادياً ، الذي منحني القوة للمثابرة في الحياة،

والدي العزيز

إلى عائلتي الكبيرة: إخوتي وأخواتي. وإلى كل أصدقائي وزملائي

و لكل من ساعدني في إنهاء هذه المذكرة.

لكل من ساهم بشكل مباشر أو غير مباشر في جعل هذا المشروع ممكناً،

شكراً لكم.

مساعدي رمزي

شكر وتقدير

تم تنفيذ هذا العمل داخل مختبر مواد البناء التابع لقسم الهندسة المدنية والري

لجامعة محمد خيضر بسكرة .

أشكر الله في المقام الأول الذي أعطاني القوة والصبر لإتمام هذا العمل. كما أعرب عن خالص شكري ل:

إلى أستاذتي الفاضلة هوارة سلمى ، التي بدونها لن تنجح هذه المذكرة أبدًا. أشكرها

جزيل الشكر على الإشراف عليّ، وعلى تكريس كل وقتها لي، وعلى مشاركتها

بنصائحها الثمينة معي. كما أود أن أعبر لها عن شكري على كل المساعدة التي

قدمتها لي لإنجاز هذا العمل.

إلى مهندس مخبر مواد البناء بقسم الهندسة المدنية والري بجامعة محمد خيضر،

على التسهيل لي بتنفيذ عملي في المختبر.

إلى أعضاء لجنة التحكيم على موافقتهم على الحكم على هذا العمل.

لجميع أساتذة قسم الهندسة المدنية

أتوجه بالشكر أيضًا إلى رئيس القسم وموظفي قسم الهندسة المدنية بجامعة محمد خيضر

أخيرًا، أشكر جميع الذين شجعوا وساعدوا وساهموا في هذه الأطروحة

ملخص

تدل نتائج الدراسات المرجعية للبحث على أن المونة الإسمنتية (ملاط / خرسانة) تصلح لطمر النفايات البلاستيكية بشكل جيد و يمكنها أن تقدم على الرغم من انخفاض كفاءتها عند زيادة نسب الإضافة بحبيبات البلاستيكية منتجات خفيفة ذات مقاومة مقبولة سيساهم استخدام هذه المنتجات البلاستيكية في صناعة الملاط و الخرسانة في تقديم حلول بديلة ملائمة بيئياً و إقتصادياً مقارنة بالحرق أو دفن عندما تطرح مشكلة التخلص من النفايات البلاستيكية و هذا ما سيسمح فتح آفاق مشجعة جدا جديدة حول تقنيات صناعة الخرسانة مسبقة الصنع الحاوية في تركيبها على نفايات بلاستيكية مما سيخفض من نفقات إدارة النفايات البلاستيكية أكبر حجما.

يدرس هذا العمل إمكانية استخدام الأكياس البلاستيكية (البولي إيثيلين عالي الكثافة (PEHD) دون معالجة إضافية غير الطحن كركام ناعم. كما يدرس تأثير نسبة النفايات المستخدمة على ديمومة الملاط حيث تمت دراسة المواد المستعملة. وأجريت سلسلة من الاختبارات على عينات مختلفة من الملاط مع إستبدال الرمل بمسحوق الأكياس البلاستيكية و من جهة أخرى إضافة هذا المسحوق إلى خلطة الملاط الرئيسية، ولقياس تأثير وجود البلاستيك على ديمومة الملاط. تم إجراء التجارب التالية:

قياس سرعة الموجات الصوتية الكتلة الحجمية، إختبار إمتصاص الماء عن طريق الغمر الامتصاص الشعيري للماء،(إختبار نفاذ أيونات الكلور (NaCl)), تجربة مقاومة الوسط الضار باستعمال حمض (H2SO4).

Résumé

Les résultats des travaux de recherches ultérieures indiquent que les produits cimentaires (mortier/béton) est bien adapté à l'enfouissement des déchets plastiques et, malgré la diminution du comportement mécanique avec les taux d'ajout de granulés plastiques, il peut fournir des produits légers avec une résistance acceptable, qui contribueront à des solutions alternatives écologiquement et économiquement appropriées par rapport à l'incinération ou à l'enfouissement lorsque qui posent un problème de l'élimination du plastique. Ce qui permettra d'ouvrir de nouveaux horizons très encourageants sur les techniques de fabrication de béton préfabriqué contenant des déchets plastiques dans sa composition. Cela réduira encore davantage les dépenses de gestion des déchets plastiques.

Ce travail étudie la possibilité d'utiliser des sacs en plastique (polyéthylène haute densité (PEHD)) sans traitement supplémentaire autre que le broyage sous forme de granulats fins. il étudie également l'effet du pourcentage de déchets utilisés sur la durabilité du mortier, les matériaux utilisés ayant été caractérisés par des essais. Une série de tests ont été réalisés sur

différentes éprouvettes de mortier, en remplaçant le sable par des granulats issus de déchet des sacs plastiques déchiquetés, et d'autre part, en ajoutant ces granulats à la composition initiale du mortier, pour étudier l'effet de la présence des granulats plastiques sur la durabilité du mortier, les essais suivants ont été réalisés : la vitesse des pulsations ultra-sonores, la porosité accessible à l'eau, absorption capillaire de l'eau, résistance à la pénétration des ions chlorures et enfin, la résistance aux milieux agressifs (milieu acide fort H₂SO₄).

الصفحة	الفهرس
I	ملخص
VI	قائمة الاشكال
VIII	قائمة الجداول
IX	قائمة الاختصارات
2	مقدمة عامة
	الفصل الأول: دراسة نظرية عن الاكياس البلاستيكية
5	1.1.1. مقدمة:
5	2.1. تعريف الاكياس البلاستيكية و انواعها:
5	1.2.1. أنواعها
5	1.1.2.1. أكياس البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE)
5	2.1.2.1. أكياس البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE)
5	3.1.2.1. أكياس البولي بروبيلين (PP)
6	3.1. تاريخ الاكياس البلاستيكية
6	4.1. أنواع البلاستيك المستخدمة في صناعة الاكياس البلاستيكية
7	5.1. أكياس البولي ايثيلين عالي الكثافة PEHD
7	1.5.1. تعريف HDPE
7	2.5.1. أصل تصنيع البولي إيثيلين عالي الكثافة
7	6.1. مزايا اكياس HDPE
8	7.1. سلبيات اكياس HDPE
8	8.1. الأكياس و البيئة
11	9.1. خلاصة
	الفصل الثاني: دراسات نظرية حول تأثير النفايات البلاستيكية في الملاط و الخرسانة
13	1.2. مقدمة
14	2.2. تأثير الركام البلاستيكي على الكتلة الحجمية المطلقة للملاط و الخرسانة:
14	3.2. تأثير الركام البلاستيكي على مسامية الملاط و الخرسانة
14	2.3.2. تأثير على امتصاص الماء
14	4.2. تأثير الركام البلاستيكي على سرعة إنتشار الموجات الصوتية
15	1.4.2. انخفاض سرعة الموجات الصوتية
15	2.4.2. زيادة المسامية والفراغات الهوائية
15	3.4.2. الانعكاس و التشتت

15	4.4.2) الفوائد والمحددات
15	5.2) تأثير الركام البلاستيكي على إمتصاص الماء بالخاصية الشعرية
15	1.5.2) زيادة المسامية والفراغات الهوائية
15	2.5.2) التأثير على هيكل المصفوفة الاسمنتية
16	3.5.2) التأثير على خصائص المادة الإجمالية
16	4.5.2) التطبيقات والفوائد البيئية
16	6.2) تأثير الركام البلاستيكي على مقاومة الوسط الضار (الوسط الحمضي):
16	1.6.2) التفاعل مع الأحماض
16	2.6.2) زيادة المسامية وتأثيرها
16	3.6.2) الخصائص الميكانيكية والمقاومة الكيميائية
17	4.6.2) الفوائد المحتملة
17	7.2) تأثير الركام البلاستيكي على إختراق أيونات الكلور في الملاط و الخرسانة
17	1.7.2) التأثير على المسامية والمتانة
17	2.7.2) تأثير التفاعل الكيميائي
17	3.7.2) الحاجز الوقائي
17	4.7.2) التأثير على التصميم الخلطي
17	5.7.2) الفوائد البيئية والاقتصادية
18	8.2) خلاصة
	الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة والتجارب المتبعة في دراسة الديمومة
20	1.3) مقدمة
20	2.3) المواد المستعملة وخصائصها
20	1.2.3) الإسمنت
21	2.2.3) الرمل
22	1.2.2.3) خصائص الرمل المستخدم
25	3.2.3) الماء
25	4.2.3) مسحوق الأكياس البلاستيكية
26	1.4.2.3) خصائص الركام البلاستيكي
27	3.3) تركيبة خلطات الملاط المدروسة
28	4.3) التجارب المتبعة في دراسة الديمومة
28	1.4.3) تجربة المسامية
29	2.4.3) سرعة إنتشار الموجات الصوتية

30	3.4.3 إمتصاص الماء بالخاصية الشعرية: (ASTM C1585-13)
31	5.4.3 اختراق أيونات الكلور في الملاط
32	6.4.3 مقاومة الوسط الضار (الوسط الحمضي)
32	7.4.3 خلاصة
	الفصل الرابع: نتائج التجارب ومناقشتها
34	1.4 سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية
35	2.4 اختبار إختراق أيونات الكلور (NaCl) عن طرق الغمر الكلي
37	3.4 مقاومة الوسط الضار
39	4.4 إختبار الإمتصاص الشعيري
40	5.4 إختبار إمتصاص الماء عن طريق الغمر
42	6.4 خلاصة
43	الخلاصة العامة
46	قائمة المراجع

قائمة الاشكال

الصفحة	الشكل
8	الشكل 1.1: رمز البلاستيك المستخدم
8	الشكل 2.1: أكياس (HDPE)
9	الشكل 3.1: تلويث البلاستيك للجو
9	الشكل 4.1: تأثير الأكياس على الكائنات البحرية والبرية
10	الشكل 5.1: تراكم النفايات في مكبات القمامة
10	الشكل 6.1: يمثل ظاهرة التلوث الناجمة عن النفايات البلاستيكية
20	الشكل 1.3: الإسمنت المستخدم N CEM II / A-L 42.5
21	الشكل 2.3: رمل المحجرة
22	الشكل 3.3: إختبار الكتلة الحجمية الظاهرية.
23	الشكل 4.3: إختبار الكتلة الحجمية المطلقة للرمل
23	الشكل 5.3: إختبار المكافئ الرملي.
24	الشكل 6.3: غرابل على جهاز الرج الكهربائي
24	الشكل 7.3: أشكال الغرابل
25	الشكل 8.3: منحى التحليل الحبيبي لرمل المحجرة.
26	الشكل 9.3: الركام من أكياس مسحوقة (HDPE)
26	الشكل 10.3: رمز نوع البلاستيك للأكياس
26	الشكل 11.3: أكياس (HDPE)
26	الشكل 12.3: تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية.
27	الشكل 13.3: الكتلة الحجمية المطلقة للأكياس البلاستيكية (باستعمال طريقة البالون).

30	الشكل 14.3 : جهاز إختبار الموجات فوق الصوتية [41]
31	الشكل 15.3 : إمتصاص الماء بالخاصية الشعيرية
31	الشكل 16.3: المقطع العرضي للعينة بعد اختبار نترات الفضة
34	الشكل 1.4: تأثير استبدال وإضافة الرمل بمسحوق PEHD على سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية
36	الشكل 2.4: عمق اختراق أيونات الكلور بدالة فترة الغمر في كلوريد الصوديوم .
38	الشكل 3.4: ضياع في الكتلة كدالة لفترة الغمر في المحلول
40	الشكل 4.4 :
41	الشكل 5.4 :

قائمة الجداول:

7	الجدول 1.1: التركيب الأولي لأكياس البولي إيثيلين.
21	الجدول 1.3: التركيب الكيميائي (%) للإسمنت
21	الجدول 2.3: التركيب المعدني (%) للإسمنت
22	الجدول 3.3: الكتلة الحجمية الظاهرية لرمال المحجرة.
22	الجدول 4.3: الكتلة الحجمية المطلقة لرمال المحجرة.
23	الجدول 5.3: نتائج تجربة المكافئ الرملي وتصنيفه.
24	الجدول 6.3: التحليل الحبيبي لرمال المحجرة.
27	الجدول 7.3: الكتلة الحجمية للركام البلاستيكي.
28	الجدول 8.3: تركيبات الاملاط المدروسة
34	الجدول 1.4: تأثير استبدال وإضافة الرمل بمسحوق PEHD على سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية
35	الجدول 2.4: عمق اختراق أيونات الكلور بدالة فترة الغمر في كلوريد الصوديوم
37	الجدول 3.4: ضياع في الكتلة كدالة لفترة الغمر في المحلول
39	الجدول 4.4:
40	الجدول 5.4:

قائمة الاختصارات

سرعة الموجات فوق الصوتية: (UPV)

بولي إيثيلين عالي الكثافة: (PEHD)

بولي إيثيلين منخفض الكثافة: (BDPE)

بولي إيثيلين ذات كثافة متوسطة: (PEMD)

البولي إيثيلين: (PE)

والبولي فينيل كلوريد: (PVC)

البولي بروبيلين: (PP)

البولي إيثيلين تيريفثاللات: (PET)

البوليسترين: (PS)

بولي كربونات: (PC)

الاسمنت العادي: (T-M)

الرمال: (S)

الإسمنت (C):

الماء (E):

البلاستيك: (PA)

المكافئ الرملي المقاس بالعين المجردة: (ESV)

المكافئ الرملي المقاس بالمكبس: (ESP)

معامل النعومة: (MF)

الملاط مع استبدال نسبة من البلاستيك: MR

الملاط مع اضافة نسب من البلاستيك: Mj / الملاط المرجعي: Mt

مقدمة عامة

تشكل النفايات البلاستيكية نسبة كبيرة من حجم النفايات المنتجة سنويًا. و تمييزها في مجال مواد البناء موضوعًا للبحث النظري والتجريبي، نظرًا لوجود اهتمام متجدد في العالم باستخدام البلاستيك في الملاط كركام أو جزء منه في صناعة مواد البناء لأعمال التغليف والترميم والتطبيقات الأخرى. في هذا السياق، يتناسب عملنا مع اقتراح تطوير الملاط المركب لإنتاج مواد البناء الخضراء أو ما يسمى مواد صديقة للبيئة.

أهم الوظائف الجديدة اليوم لا تتم إلا عن طريق البلاستيك بعضها يومية جدا كالتغليف، تشمل التطبيقات الأخرى للبلاستيك الملابس والسيارات والدراجات والأجهزة والبناء، والأرضيات، ولعب الأطفال والهواتف المحمولة، وأجهزة الكمبيوتر، واللافتات الإعلانية. إلخ، إذن كثرة إستعمال البلاستيك هو سبب زيادة حجم النفايات البلاستيكية.

تعد إدارة النفايات البلاستيكية أحد الاهتمامات البيئية الرئيسية في العالم مع تقلص مساحات المكب وبسبب تكلفته المتزايدة باستمرار، أصبح استخدام النفايات بديلاً جذاباً متاحاً لمختلف التطبيقات. يتمثل الشاغل الرئيسي للباحثين في مجال مواد البناء في تحسين الخصائص الناتجة عن إضافة نفايات بلاستيكية مختلفة وأحياناً تكييفها مع تطبيق معين. لهذا، فإن الأساليب المعتمدة تتمثل في تحديد الدور والآثار الناجمة عن وجود هذه النفايات.

إن ديمومة المواد الإسمنتية لا تقل أهمية عن خصائصها الميكانيكية. وهي قدرة المادة على الحفاظ على خصائصها الفيزيائية وأدائها الميكانيكي في ظروف سلامة مرضية خلال العمر المتوقع للهيكل مع مراعاة الوسط الذي تعمل فيه. إن الخاصية التي تتحكم في الديمومة هي بالطبع النفاذية. كلما قلت النفاذية، كلما زادت الديمومة بشكل أفضل.

المواد الإسمنتية (خرسانة أو ملاط) عبارة عن مركب يتكون من هيكل حبيبي عجينة إسمنتية مائية. هذه العجينة عبارة عن مادة مسامية مشبعة بشكل خاص أو كلي في الطور السائل، و هي المحلول الخلالي (La solution interstitielle). هذا الأخير عبارة عن محلول مائي في حالة توازن مع المراحل الصلبة، وقاعدي بقوة (الرقم الهيدروجيني حوالي 13).

إن التغيرات الكيميائية للمواد الإسمنتية تظهر بشكل رئيسي عن طريق:

- إذابة الجير الناتج عن الإماهة $Ca(OH)_2$ ، مع زيادة تدريجية في المسامية وتسارع آلية التحلل.
- تكوين مركبات منتفخة (خاصة مع C_3A للإسمنت) مما يؤدي إلى تدمير الخرسانة تدريجيًا.

من أجل دراسة تأثير وجود حبيبات بلاستيكية (مسحوق الأكياس البلاستيكية) البولي إيثيلين عالي الكثافة (PEHD) على سلوك الملاط في المحيط الضار للمباني، قمنا بسلسلة من التجارب لدراسة الديمومة. تم إجراء الاختبارات على ملاط مصنوع من أسمنت CPJ-CEM II/A، بالإضافة إلى نسب مختلفة من مسحوق أكياس التسوق على طريقتين مرة كإضافة للتركيب الأساسية للملاط و مرة أخرى كإستبدال لحجم من الرمل.

كانت الدراسة على ثمن خلطات للملاط المركب مقارنة مع ملاط مرجعي أساسي مع الحفاظ على نفس نسبة الماء/الأسمنت لجميع الخلطات ($E/C = 0.5$).

المواد المستخدمة هي الأسمنت والرمل و مسحوق نفايات الأكساز البلاستيكية. تظل نسب و طريقة الخلط وكذا طريقة المعالجة وطرق الاختبار كما هي، وتظهر بالتفصيل في الفصل الثالث.

يتكون الملاط الأساسي المستخدم في دراستنا من نسبة الكتل التالية: 1 أسمنت، 3 رمل مع الحفاظ على نسبة الماء إلى الأسمنت $E/C = 0.5$ ثابتة لجميع خلطات الملاط.

تم صب الملاط في قوالب مكعبة مقاس (5×5×5)سم³ وأخرى موشورية (16×4×4)سم³ تم رصها ميكانيكيًا باستخدام طاولة الصدم (NF EN 196.1). تمت تغطية القوالب التي تحتوي على العينات بفيلم بلاستيكي وتخزينها في بيئة المختبر. بعد 24 ساعة، تم فك العينات وتخزينها في الماء حتى عمر الاختبار.

الفصل الأول: دراسة

نظرية عن الاكياس

البلاستيك

الفصل الأول: دراسة نظرية عن الاكياس البلاستيكية

1.1. مقدمة:

للبلاستيك دور هام وحيوي في حياتنا المعاصرة وقلما تجد منتجا صناعيا يخلو من احد انواع البلاستيك إلا أن الحجم المتزايد والمتراكم من النفايات البلاستيكية وما تحدثه من ضرر على الإنسان والبيئة أدى إلى إهتمام متزايد في كثير من دول العالم لدراسة المشكلة وإيجاد الحلول لهذا النوع من النفايات الذي يستغرق قرون للإختفاء. تحتاج الأكياس البلاستيكية فترة كبيرة جداً لكي تتحلل وقد تصل إلى 400 سنة أو أكثر بسبب الروابط الكيميائية التي تتكون منها اللدائن. [1]

على الصعيد العالمي ، من بين 8.3 مليار طن من البلاستيك تم إنتاجها حتى عام 2016 ، تم استخدام 28٪ فقط بشكل مستدام. وتم إعادة تدوير 7٪ فقط ، وتم حرق 9٪ ، وتم إغراق الغالبية (55٪) في مدافن نفايات سيئة التحكم في كثير من الأحيان ، أو حتى تم التخلي عنها في مكبات برية. [2]

الهدف من الفصل الأول هو القيام بدراسة عامة عن البلاستيك وتقديم مجموعة من المعلومات التي لها صلة بدراستنا بحيث تكون شاملة لكي يستفاد منها في هذه الدراسة.

2.1. تعريف الاكياس البلاستيكية وانواعها:

لكيس النايلون وعاء مصنوع من مادة النايلون البلاستيكية تستخدم لاحتواء وتغليف وحفظ المواد المختلفة، حيث تصنع منها الأكياس وبمختلف الأحجام. تشكل هذه الأكياس بمختلف الألوان والأحجام وتكتب عليها الدعايات الرسومات الجميلة والملفتة للنظر. (3)

1.2.1. أنواعها: (4)

توجد عدة أنواع من الأكياس البلاستيكية، وتختلف هذه الأنواع في المواد المستخدمة في صناعتها والاستخدامات التي تُصمم لها كل نوع من بين الأنواع الرئيسية للأكياس البلاستيكية:

1.1.2.1. أكياس البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE)

تعرف هذه الأكياس أيضاً باسم أكياس البلاستيك رقم 2، وهي مصنوعة من البولي إيثيلين عالي الكثافة تستخدم عادة في التعبئة والتغليف للمواد الغذائية والمنتجات الصناعية، وتتميز بقوة ومتانة عالية.

2.1.2.1. أكياس البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE)

تعرف أيضاً باسم أكياس البلاستيك رقم 4، وهي مصنوعة من البولي إيثيلين منخفض الكثافة تستخدم هذه الأكياس في التعبئة والتغليف والتخزين للعديد من المنتجات بسبب مرونتها وقابليتها للتمدد.

3.1.2.1. أكياس البولي بروبيلين (PP)

كياس البولي بروبيلين (PP) هي نوع من الأكياس البلاستيكية المصنوعة من مادة البولي بروبيلين، وهي بوليمر لدن حراري يستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات الصناعية والمنزلية. تتميز أكياس البولي بروبيلين بقوة الشد العالية، المقاومة الكيميائية، والمتانة، مما يجعلها مثالية لتخزين ونقل المواد الثقيلة والجافة مثل الحبوب، الأسمدة، والرمل.

بالإضافة إلى ذلك، تعتبر أكياس البولي بروبيلين مقاومة للرطوبة والأشعة فوق البنفسجية، مما يساعد في حماية المحتويات من التلف بفعل العوامل البيئية.

3.1. تاريخ الأكياس البلاستيكية: (5)

هل تعلم أن الأكياس البلاستيكية تم اختراعها في الخمسينيات من قبل مهندس سويدي يدعى ستين غوستاف ثولين؟ كان يعمل لدى شركة التغليف السويدية Celloplast وقام بتطوير أول كيس بلاستيكي كبديل أكثر عملية وصحية للأكياس الورقية.

حقق الكيس البلاستيكي نجاحًا فوريًا بسبب متانته وسهولة نقله وتكلفته المنخفضة. ومنذ ذلك الحين، أصبح لها وجود في كل مكان في حياتنا، حيث يتم استخدامها لنقل كل شيء تقريبًا، من الطعام إلى الملابس. ومع ذلك، في العقود الأخيرة، تعرضت الأكياس البلاستيكية لانتقادات بسبب تأثيرها البيئي، حيث أنها تستغرق مئات السنين لتتحلل وغالبًا ما ينتهي بها الأمر في مدافن النفايات أو المحيط. ونتيجة لذلك، تتخذ العديد من البلدان خطوات للحد من استخدام الأكياس البلاستيكية وتشجيع استخدام بدائل أكثر استدامة، مثل الأكياس القماشية أو الورقية القابلة لإعادة الاستخدام.

4.1. أنواع البلاستيك المستخدمة في صناعة الأكياس البلاستيكية: (6)

اسم بلاستيك	التفاصيل	تطبيقات البلاستيك
PET: البولي إيثيلين	يمكن استخدام البلاستيك الصلب والشفاف في صناعة الألياف.	قارورات للمشروبات الغازية والمياه المعدنية، وسائد لأكياس النوم، وألياف النسيج.
PEHD: بولي إيثيلين عالي الكثافة	بلاستيك شائع جدًا، وعادة ما يكون أبيض أو ملونًا.	أكياس الفريزر المموجة وأكياس التسوق الحليب المجعد وزجاجات الكريمة.
PEBD: بولي إيثيلين قليل الكثافة	بلاستيك ناعم ومرن.	أكياس القمامة، وعلب القمامة، وأغطية برطمانات الأيس كريم والرقائق المعدنية
PPVC:	بلاستيك مرن وشفاف.	نعال الأحذية وخرطوم الحديقة والأنابيب وأكياس الدم
كلوريد البولي فينيل المملدن		

أكياس البطاطس المقرمشة ، القش ، برطمانات الأيس كريم ، أكياس رقائق البطاطس.	البلاستيك الصلب ولكن اللين والعديد من الاستخدامات	PP: البولي بروبيلين
---	---	------------------------

5.1. أكياس البولي إيثيلين عالي الكثافة PEHD : (7)

1.5.1. تعريف HDPE

HDPE هو الاختصار الأكثر استخدامًا للإشارة إلى البولي إيثيلين عالي الكثافة ، والبولي إيثيلين مادة لدن بالحرارة وهي جزء من عائلة البلاستيك. وهناك أنواع مختلفة من البولي إيثيلين. يتم تفسير هذه الاختلافات من خلال عملية التصنيع التي ستختلف. نحن نتحدث عن البولي إيثيلين:

كثافة منخفضة (BDPE)

كثافة عالية (HDPE)

ذات كثافة متوسطة (MDPE) .

2.5.1. أصل تصنيع البولي إيثيلين عالي الكثافة

إن اكتشاف البولي إيثيلين عالي الكثافة ، والمختصر بـ PE-HD ، هو نتيجة لأبحاث أخرى بدأت في عام 1932 بعد العمل على البولي إيثيلين منخفض الكثافة. يعود إختراع HDPE إلى الكيميائيين Karl Ziegler و Giulio Natta. منذ بدايات هذا الإختراع ، تم استخدام هذه المادة وتسويقها على نطاق واسع ، لأنها تلبى مجموعة متنوعة من الاحتياجات. نجاحها قوي: 80 مليون طن يتم إنتاجها كل عام على هذا الكوكب! وخاصة أكياس البولي إيثيلين التي تصنع من حبيبات البولي إيثيلين ، ولكن أثناء عملية التصنيع ، يمكن إضافة بعض الجزيئات لتعديل الخصائص الفيزيائية للأكياس ، نعرض في الجدول التالي تحليل أولي لأكياس البولي إيثيلين [8].

الجدول 1.1: التركيب الأولي لأكياس البولي إيثيلين.

العناصر	أكياس البولي إيثيلين
الكربون	٪73.8
الهيدروجين	٪11.5
نيتروجين	٪0.2
كبريت	٪0.2
الأكسجين	٪4.8
الكلور	300 ppm
الماء	٪2.5
الرماد	٪6.7

6.1. مزايا اكياس HDPE [9]

إن النمو في استخدام البولي إيثيلين عالي الكثافة يرجع إلى خصائصه المفيدة التي تتضمن:

- براعة قصوى وقدرة على التكيف لتلبية الاحتياجات الفنية المحددة
- أخف وزناً من المواد المنافسة مما يقلل من استهلاك الوقود أثناء النقل.
- سلامة صحية جيدة لتغليف الأطعمة.
- المتانة وديمومة عالية.
- مقاومة المواد الكيماوية والمياه والصدمات.
- عزل حراري و غير ناقل للكهرباء.
- تكلفة إنتاج منخفضة نسبياً
- مرن للغاية.

7.1. سلبيات اكياس HDPE [10]

- التلوث ، يتطلب عوامل التنظيف.
- قابل للاشتعال.
- مقاومة ضعيفة للأشعة فوق البنفسجية.



8.1. الأكياس والبيئة

يمكن أن تكون الاكياس ضار بالبيئة بشكل خاص. لأنه منتشرة في كل مكان بسبب إستخداماتها المتعددة. فتلوث الطبيعة و تسبب في مخاطر صحية.

الأثار المخلفات للاكياس على البيئة كثيرة منها:

سهولة تطايرها في الجو مما يجعلها تشوه منظر المدن كما أنها تسبب في نقل بعض الأمراض المعدية.



الشكل 3.1: تلويث البلاستيك للجو [11]

تتسبب نفايات الاكياس في موت الملايين من الكائنات البحرية والبرية.



الشكل 4.1: تأثير الاكياس على الكائنات البحرية والبرية [12].

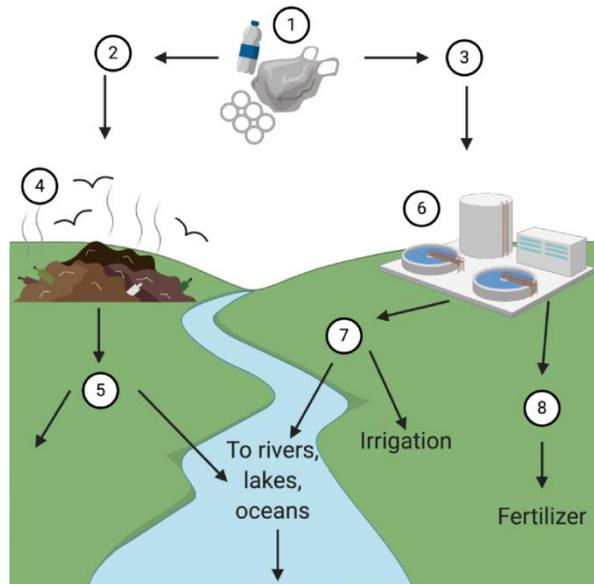
تؤثر سلبيًا على التربة و المحاصيل الزراعية حيث أنها تشكل طبقة عازلة بين التربة وجذور النباتات. في حالة حرقها في أماكن تجميعها تنتج عنها أكاسيد الكلور و الكربون المدمرة لطبقة الأوزون كما يصدر عنها مركبات غازية أخرى وأحماض ومركبات سامة عديدة مضرّة بصحة الإنسان والبيئة. [13]

- تراكم النفايات في مدافن القمامة والمساحات الطبيعية.



الشكل 5.1: تراكم النفايات في مكبات القمامة [14].

- ابتلاع الاكياس من مختلف الحيوانات البرية والبحرية
- تلوث السلسلة الغذائية عن طريق نقل الجسيمات البلاستيكية الدقيقة من الحياة البرية إلى الإنسان.
- على وجه الخصوص، البحر الأبيض المتوسط ملوث بالمواد البلاستيكية لأنه بحر شبه مغلق. [15]
- تشير التقارير إلى أن حوالي نصف السلاحف البحرية في جميع أنحاء العالم قد ابتلعت المواد البلاستيكية. فمثلا في سواحل البرازيل وصلت النسبة إلى 100% . [16]



الشكل 6.1: يمثل ظاهرة التلوث الناجمة عن النفايات البلاستيكية

9.1. خلاصة:

لظالما كان التلوٲ البلاستيكي مصدر قلق عالمي لعقود. لذلك يجب أن تركز الإستراتيجية الفعالة إلى حل هذه المشكلة وذلك في التحكم في المصدر.

أكدت العديد من الدراسات أن للمخلفات البلاستيكية أضرارًا جسيمة على البيئة والإنسان إذا لم يتم التعامل معها بالطرق السلمية لذلك أضحت إدارة النفايات البلاستيكية من المواضيع الرئيسية التي تلقى إهتمامًا متزايدًا في جميع الدول وهذا ما يترجمه ضخ الإستثمارات في تأسيس بنية تحتية متكاملة لإعادة إستعمال وتدوير النفايات البلاستيكية وتقديم حوافز للمستثمرين في هذا القطاع مدعومة بإقرار تشريعات تمنع رمي النفايات البلاستيكية في الأماكن الغير مخصصة لها أو التخلص منها من خلال عمليات الدفن أو الحرق. كما يوصي الباحثون بتوعية المواطن بمخاطر النفايات البلاستيكية على الإنسان والبيئة والتعامل معها بأسلوب علمي. ومن الحلول المطروحة للحد من مخاطر النفايات البلاستيكية هو التقليل منها وذلك باللجوء إلى بدائل آمنة للبلاستيك كالزجاج مثلاً؛ وتعويض الأكياس البلاستيكية بحقائب التسوق الخاصة.

إنه لمن الضروري التحكم بشكل أفضل في اقتصاد المواد البلاستيكية من خلال منع تشتتها في البيئة أو حرقها بعد نهاية دورها. لذلك إعادة التدوير و التثمين هو أفضل حل. في هذا السياق ، يجب دراسة إدخال البلاستيك في مواد البناء بعناية. ففي الواقع، هذه المواد من حيث الكمية ، هي الأكثر استخدامًا على كوكبنا.

لذلك وجب التفكير لإيجاد الحلول حول دمج نفايات البلاستيكية في مواد البناء سواء بتعويض جزئي للركام الطبيعي أو إضافتها لمركبات الملاط أو الخرسانة أو في صناعة المواد الرابطة. يعتبر استخدام النفايات البلاستيكية كبديل جزئي بالركام طريقة مفيدة وفعالة في التخلص من النفايات البلاستيكية و هذه العملية ناجحة للحفاظ على البيئة ، ويمكن العثور عليها بكميات كبيرة و بسهولة.

الفصل الثاني: دراسات

نظرية حول تأثير

النفايات البلاستيكية

في الملاط والخرسانة

الفصل الثاني: دراسات نظرية حول تأثير النفايات البلاستيكية في الملاط و الخرسانة

1.2. مقدمة:

يشغل الركام حوالي 65-80% من حجم الخرسانة وله تأثير كبير على خصائص الخرسانة مثل المقاومة الميكانيكية والنفاذية واستقرار الحجم وقابلية التشغيل والديمومة [17]. هناك حاجة إلى كميات كبيرة من الركام الناعم والخشن لإنتاج كميات كبيرة من الخرسانة للاستهلاك العالمي [18]. إن استخدام النفايات في تحضير الخرسانة والملاط يمكن أن يزيل كميات كبيرة من النفايات.

تعتبر إعادة استخدام النفايات البلاستيكية في صناعة مواد البناء طريقة مثالية للتخلص من النفايات البلاستيكية. وهذه الطريقة، يمكن إعادة استخدام البلاستيك المعاد تدويره دون تدهوره، والأهم من ذلك، أن البلاستيك المعاد تدويره يحل محل استخدام مواد البناء الطبيعية. لقد كان استخدام البلاستيك المعاد تدويره في مكونات المواد الاسمنتية موضوعًا لكثير من الأبحاث. تم استخدام البلاستيك في الخرسانة والملاط بشكل رئيسي كركام بلاستيكي، الذي حل محل الركام الطبيعي، وقد تمت مناقشة خصائص الخرسانة الطازجة والمتصلبة التي تحتوي على البلاستيك من قبل العديد من الباحثين [19، 20، 21].

الهدف من هذا الفصل هو تلخيص الأبحاث السابقة التي تم إجراؤها حول استخدام البلاستيك المعاد تدويره كركام ناعم في المواد الاسمنتية. تمت مراجعة ومناقشة دراسات سابقة، وشرح تأثير استخدام البلاستيك المعاد تدويره على ديمومة الخرسانة أو الملاط للاستدلال بها في الفصل الرابع.

تأثير النفايات البلاستيكية على خصائص الديمومة

امتصاص الماء بالخاصية الشعرية

تعتمد خاصية امتصاص الماء على المسامية (مسامات موصولة ببعضها و كذلك حجم المسامات). في معظم الدراسات السابقة ذكر أن امتصاص الماء يزداد مع معدل استبدال الرمل بالبلاستيك؛ و يعود ذلك إلى عدم تكامل الرمل و حبيبات البلاستيك لكي يجمع الخليط بشكل كافٍ في مصفوفة المركبات الأسمنتية، وبالتالي أصبح الملاط أو الخرسانة الناتجة مسامية [22، 23، 24، 25، 26، 27]. ألبانو (Albano) وآخرون. ذكر أن الخرسانة المحتوية على ركام PET لها نسبة امتصاص أعلى من الخرسانة التقليدية. بالإضافة إلى ذلك، يزداد امتصاص الماء بزيادة كل من؛ (1 حجم جسيمات PET، و (2 كمية PET، و (3 نسبة الماء على الإسمنت (E/c).

سيلفا (Silva) وآخرون، درسوا تأثير طريقة المعالجة وشكل الحبيبات البلاستيكية على امتصاص الماء للخرسانة المحتوية على PET كبديل للرمل، فإن زيادة محتوى الركام البلاستيكي يؤدي إلى زيادة الامتصاص. بمعدل استبدال قدره 15%، يتمتع البلاستيك على شكل رقائق بامتصاص أعلى للماء من البلاستيك الحبيبي.

ذكر فريجونى (Frigione) أن الخرسانة التي تحتوي على نسب منخفضة من الركام البلاستيكي لا تؤثر على امتصاص الماء [27]. ومن ناحية أخرى، قال مرزوق (Marzouk) وآخرون، أن استبدال الرمل بالركام البلاستيكي بنسبة أقل من 100٪ قلل من امتصاص الماء مقارنة بالملاط الذي لا يحتوي على أي ركام بلاستيكي، وجد الباحثون قيم امتصاصية (*la sorptivité*) أقل للملاط الذي يحتوي على PET مقارنة بالملاط العادي. علاوة على ذلك، انخفضت الامتصاصية مع زيادة حجم الاستبدال حتى 50٪ [23].

كما يرى الباحثون أن زيادة المسامية نسبياً مع محتوى الركام البلاستيكي يعود إلى الفراغ في ملاط LDPE الذي ينتج عن ضعف الالتصاق بين جزيئات LDPE و عجينة الأسمنت [29].

3.2 تأثير الركام البلاستيكي على مسامية الملاط و الخرسانة: [31]

1.3.2 زيادة المسامية:

• البنية الهيكلية للركام البلاستيكي: الركام البلاستيكي غالباً ما يكون أقل كثافة وأكثر مسامية من الركام التقليدي مثل الرمل والحصى. هذا يمكن أن يؤدي إلى زيادة المسامية الإجمالية للملاط أو الخرسانة.

• التوزيع والحجم: توزيع حجم الجسيمات والبنية السطحية للركام البلاستيكي يمكن أن يسهم أيضاً في زيادة الفراغات الهوائية والمسامية داخل الخليط.

2.3.2 تأثير على امتصاص الماء:

• زيادة امتصاص الماء: مع زيادة المسامية، يمكن أن يمتص الملاط أو الخرسانة كمية أكبر من الماء. هذا يمكن أن يؤثر سلباً على القوة والمتانة، حيث يمكن أن يؤدي إلى تفاعلات كيميائية غير مرغوب فيها داخل الخرسانة.

• نقل الرطوبة: المسامية الزائدة يمكن أن تزيد من قدرة المادة على نقل الرطوبة، مما قد يؤدي إلى تدهور بطيء للخرسانة بمرور الوقت.

4.2 تأثير الركام البلاستيكي على سرعة انتشار الموجات الصوتية: [32]

1.4.2 انخفاض سرعة الموجات الصوتية:

• الكثافة: الركام البلاستيكي عادةً أقل كثافة من الركام التقليدي. هذا الانخفاض في الكثافة يؤدي إلى انخفاض في

سرعة الموجات الصوتية التي تنتقل عبر المادة.

- المرونة: المواد البلاستيكية عادةً تكون أقل صلابة ومرونة مقارنةً بالركام المعدني. هذا النقص في المرونة يساهم أيضاً في تقليل سرعة انتشار الموجات الصوتية.

2.4.2) زيادة المسامية والفراغات الهوائية:

- المسامية: استخدام الركام البلاستيكي يمكن أن يزيد من المسامية والفراغات الهوائية في الخرسانة. هذه الفراغات تعمل كمشتتات للموجات الصوتية وتقلل من سرعتها.

- الانتشار الداخلي: الفراغات الهوائية والمسامية العالية تؤدي إلى انتشار غير متساوي للموجات الصوتية، مما يقلل من سرعتها الكلية في المادة.

3.4.2) الانعكاس و التشتت:

- الانعكاس: الفراغات والمسامات الناتجة عن الركام البلاستيكي تؤدي إلى زيادة الانعكاس والتشتت للموجات الصوتية داخل المادة، مما يقلل من سرعة انتقالها.

- التشتت: الموجات الصوتية تتشتت عند مواجهة التباين في الكثافة والمرونة بين الركام البلاستيكي والمادة الأسمنتية المحيطة، مما يؤدي إلى تقليل سرعتها.

4.4.2) الفوائد والمحددات:

- تحسين العزل الصوتي: على الرغم من أن سرعة الموجات الصوتية قد تقل، إلا أن هذا يمكن أن يكون مفيداً في تحسين العزل الصوتي للمباني والهياكل الخرسانية.

- المتانة: التأثير السلبي على المتانة يجب أن يُدرس بعناية لضمان تحقيق التوازن بين الفوائد الصوتية والمحددات الهيكلية.

5.2) تأثير الركام البلاستيكي على إمتصاص الماء بالخاصية الشعرية: [33]

1.5.2) زيادة المسامية والفراغات الهوائية:

- مسامية الركام البلاستيكي: البلاستيك المستخدم كركام يمكن أن يزيد من المسامية داخل الخرسانة، مما يتيح مزيداً من الفراغات الهوائية. هذه المسامية تؤدي إلى زيادة امتصاص الماء بالخاصية الشعرية حيث يمكن أن تتغلغل المياه بسهولة عبر الفراغات.

2.5.2) التأثير على هيكل المصفوفة الاسمنتية:

- توزيع الركام البلاستيكي: عند استبدال الركام التقليدي بالبلاستيكي، قد لا يتم توزيع الركام بالتساوي، مما يؤدي إلى تكوين قنوات شعرية غير منتظمة يمكن أن تزيد من امتصاص الماء.

- التفاعل مع الماء: البلاستيك نفسه لا يمتص الماء، ولكن المساحات حول الركام البلاستيكي يمكن أن تساهم في زيادة

مسارات الشعيرية التي تسهل حركة الماء.

3.5.2) التأثير على خصائص المادة الإجمالية:

- التغيرات في التماسك: قد يؤثر الركام البلاستيكي على التماسك العام للخرسانة والملاط، مما يؤدي إلى تغيرات في كيفية انتشار الماء عبر المادة.
- الفراغات البينية: زيادة الفراغات البينية بين الركام البلاستيكي والمادة الأسمنتية يمكن أن تسهل حركة الماء عبر الخاصية الشعيرية.

4.5.2) التطبيقات والفوائد البيئية:

- العزل المائي: زيادة امتصاص الماء يمكن أن يكون ضارًا في بعض التطبيقات حيث يتطلب ذلك حماية من الرطوبة. من المهم تعديل المزيج لتحقيق التوازن بين الفوائد البيئية لاستخدام البلاستيك المعاد تدويره وخصائص الأداء المطلوبة.
- الاستدامة: استخدام الركام البلاستيكي يساهم في تقليل النفايات البلاستيكية، مما يعزز الاستدامة البيئية رغم بعض التحديات في الأداء

6.2) تأثير الركام البلاستيكي على مقاومة الوسط الضار (الوسط الحمضي): [34]

1.6.2) التفاعل مع الأحماض:

- الكيمياء الخاملة للبلاستيك: الركام البلاستيكي نفسه عادةً يكون خاملاً كيميائياً، مما يعني أنه لا يتفاعل بسهولة مع الأحماض. هذا قد يمنح الخرسانة مقاومة أفضل في البيئات الحمضية مقارنةً بالركام التقليدي الذي قد يتعرض لتدهور كيميائي.
- التدهور السطحي: على الرغم من أن البلاستيك مقاوم نسبياً للأحماض، فإن المادة الإسمنتية المحيطة قد لا تكون كذلك. إذا كانت هناك مسامية عالية أو فراغات، يمكن أن تخترق الأحماض إلى المناطق الأقل مقاومة وتسبب تدهوراً.

2.6.2) زيادة المسامية وتأثيرها:

- المسامية العالية: الركام البلاستيكي يمكن أن يزيد من المسامية الإجمالية للخرسانة، مما يمكن أن يسمح بدخول الأحماض وتغلغلها بشكل أعمق. هذا يمكن أن يسبب تدهوراً سريعاً للمادة الإسمنتية التي تربط الركام.
- الفراغات البينية: الفراغات الموجودة حول الركام البلاستيكي يمكن أن تصبح نقاط ضعف حيث يمكن أن تتجمع الأحماض وتسبب تآكلاً موضعياً.

3.6.2) الخصائص الميكانيكية والمقاومة الكيميائية:

- الضعف الميكانيكي: زيادة المسامية قد تؤدي إلى انخفاض في القوة الميكانيكية العامة، مما يجعل الخرسانة أكثر عرضة للتلف عند تعرضها للبيئات الحمضية.
- تحسين المقاومة الكيميائية: في بعض الحالات، يمكن تحسين المقاومة الكيميائية للخرسانة عن طريق تحسين

تصميم الخلطة وإضافة مواد مقاومة إضافية، مثل المواد البوزولانية أو المواد المثبطة للتآكل.
4.6.2 الفوائد المحتملة:

- الاستدامة البيئية: استخدام الركام البلاستيكي يساهم في تقليل النفايات البلاستيكية، مما يعزز الاستدامة البيئية. من المهم التوازن بين الفوائد البيئية وتحسين الأداء في البيئات الضارة.
- تطبيقات محددة: في البيئات التي لا تتعرض لكميات كبيرة من الأحماض، يمكن أن يكون استخدام الركام البلاستيكي خيارًا مناسبًا وصديقًا للبيئة

7.2 تأثير الركام البلاستيكي على إختراق أيونات الكلور في الملاط و الخرسانة: [35]

1.7.2 التأثير على المسامية والمتانة:

- استخدام الركام البلاستيكي قد يزيد من المسامية الإجمالية للملاط و الخرسانة، مما يسهل اختراق الأيونات الكلورية داخل الهيكل.
- الفراغات الهوائية والمسامات المتواجدة حول الركام البلاستيكي قد تكون نقاط دخول للأيونات الكلورية، مما يؤدي إلى تسريع عملية التآكل.

2.7.2 تأثير التفاعل الكيميائي:

- الكلور يمكن أن يتفاعل مع مركبات الكالسيوم الموجودة في الخرسانة لتكوين مركبات ذات تركيبات غير مستقرة، مما يؤدي إلى تدهور المادة.
- تفاعلات الكلور مع مواد الأسمنت والمعادن في الخرسانة يمكن أن تسبب تشققات وتآكل، مما يؤثر سلبيًا على المتانة والحياة الافتراضية للملاط و الخرسانة.

3.7.2 الحاجز الوقائي:

- إضافة الركام البلاستيكي يمكن أن يشكل حاجزًا وقائيًا ضد اختراق الأيونات الكلورية إلى داخل الهيكل، خاصة إذا كان هناك تغطية كافية للركام البلاستيكي بالمادة الاسمنتية.

4.7.2 التأثير على التصميم الخلطي:

- يمكن تعديل تصميم الخلطة لتحسين مقاومة الملاط و الخرسانة لاختراق أيونات الكلور، على سبيل المثال، باستخدام مواد مثبطة للتآكل أو تقليل نسبة الماء إلى الاسمنت.

5.7.2 الفوائد البيئية والاقتصادية:

- ربط البلاستيك في الخرسانة يساهم في تقليل النفايات البلاستيكية وتعزيز الاستدامة البيئية والاقتصادية.

8.2 خلاصة:

استخدام الركام البلاستيكي في الملاط والخرسانة يؤثر بشكل ملحوظ على خصائصهما الفيزيائية والميكانيكية. حيث يؤدي إلى تقليل الكتلة الحجمية المطلقة بسبب كثافة البلاستيك المنخفضة، وزيادة المسامية مما يضعف الالتصاق الداخلي ويزيد من الفراغات. هذا بدوره يبطئ سرعة انتشار الموجات الصوتية، ويقلل من مقاومة الخرسانة في الأوساط الحمضية، ويزيد من امتصاص الماء بالخاصية الشعرية. كما يؤدي إلى زيادة نفاذية ايونات الكلور، مما يعرض حديد التسليح للتآكل الكهروكيميائي، وبالتالي يؤثر سلباً على متانة الخرسانة على المدى الطويل،

الفصل الثالث:

خصائص المواد

المستعملة والتجارب

المتبعة في دراسة

الديمومة

الفصل الثالث: خصائص المواد المستعملة والتجارب المتبعة في دراسة الديمومة

(1.3) مقدمة:

في ظل التحديات البيئية المتزايدة والبحث المستمر عن حلول مستدامة، تبرز الحاجة إلى استخدام مواد بديلة في صناعة البناء. أحد الابتكارات الحديثة هو استخدام الركام البلاستيكي في إنتاج الخرسانة والملاط. يهدف هذا الفصل إلى دراسة تأثير الركام البلاستيكي على خصائص وديمومة الخرسانة، مع التركيز على خصائص المواد المستخدمة والتجارب المتبعة لتقييم أدائها. من خلال تحليل تأثير الركام البلاستيكي على الكتلة الحجمية، المسامية، سرعة انتشار الموجات الصوتية، المقاومة في الأوساط الحمضية، امتصاص الماء، واختراق أيونات الكلور، يسعى هذا الفصل إلى تقديم فهم شامل لكيفية تحسين متانة الخرسانة واستخدامها باستخدام مواد معاد تدويرها.

(2.3) المواد المستعملة وخصائصها:

(1.2.3) الإسمنت:

الاسمنت عبارة عن مادة رابطة هيدروليكية، أي مادة غير عضوية مطحونة ناعماً تشكل، عند مزجها بالماء، عجينة تتماسك وتتصلب نتيجة تفاعلات، بعد التصلب، تحافظ على مقاومتها واستقرارها حتى تحت الماء [36 ، 37].



الشكل 1.3: الإسمنت المستخدم CEM II / A-L 42.5 N

الإسمنت المستخدم في دراستنا هو الإسمنت البورتلاندي المركب (CEM II / A-L 42.5 N)؛ الصنف التجاري CPJ42.5. كثافته المطلقة 3.15 غ/سم³ ونعومته 4000 سم²/غ، من إنتاج مصنع عين التوتة وتمثل خصائصه المختلفة في الجداول التالية حسب الوثيق التقنية للمصنع:

الجدول 1.3: التركيب الكيميائي (%) للإسمنت

المركبات الكيميائية	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Cl	الجير الحر	بقايا غير قابلة للذوبان
المحتوى (%)	61.69	20.34	5.45	5.37	1.8	2.2	0.76	0.14	0.027	0.97	5.03

الجدول 2.3: التركيب المعدني (%) للإسمنت

C4AF	C3A	C2S	C3S
18	03	22	52

2.2.3 الرمل

الرمل المستخدم في دراستنا هو رمل المحجرة لمنطقة عين التوتة.



الشكل 2.3: رمل المحجرة

1.2.2.3 خصائص الرمل المستخدم

أ) الخصائص الفيزيائية للرمل

1.أ) الكتلة الحجمية الظاهرية (NF P 18-554)

الجدول 3.3: الكتلة الحجمية الظاهرية لرمل المحجرة.

رمل المحجرة	نوع الرمل
1.63	الكتلة الحجمية الظاهرية (ρ_{app} g/cm ³)



الشكل 3.3: إختبار الكتلة الحجمية الظاهرية.

2.أ) الكتلة الحجمية المطلقة (NF P 18-555)

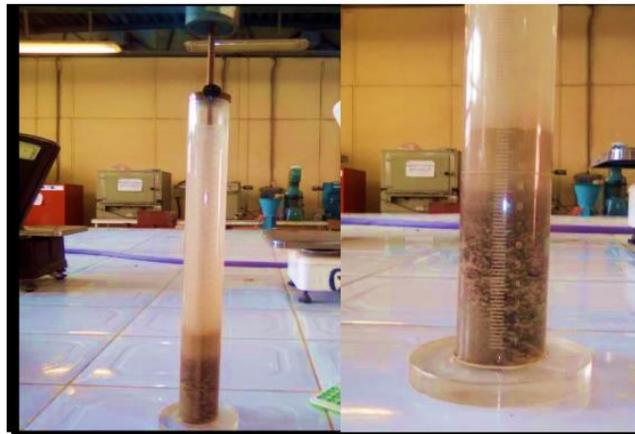
الجدول 4.3: الكتلة الحجمية المطلقة لرمل المحجرة.

رمل الحجرة	نوع الرمل
2.61	الكتلة الحجمية المطلقة (ρ_{abs} g/cm ³)



الشكل 4.3: إختبار الكتلة الحجمية المطلقة للرمل.

أ.3) المكافئ الرملي (NF EN 933-8)



الشكل 5,3: إختبار المكافئ الرملي.

الجدول 5.3: نتائج تجربة المكافئ الرملي وتصنيفه.

نوع الرمل	رمل المحجرة
ESP%	80.92
ESV%	81,35
طبيعة ونوع الرمل	الرمل نظيف

ب) الخصائص الهندسية للرمل

ب.1) التحليل الحبيبي لرمل المحجرة : (EN 933.1 et EN 933.2) ، [معايير AFNOR]



الشكل 7.3: أشكال الغربال



الشكل 6.3: غربال على جهاز الرج الكهربائي

يظهر الجدول التالي تحليل 2 كغ من الرمل.

الجدول 6.3: التحليل الحبيبي لرمل المحجرة.

المار الكلي (%)	الباقى الكلي (%)	الباقى الكلي (غ)	الباقى الجزئي (%)	الباقى الجزئي (غ)	وزن الغربال مع الرمل	وزن الغربال فارغ	قطر الغربال Mm
100	0	0	0	0	636.59	636.59	5
96.0535	3.9465	78.93	3.9465	78.93	666.55	587.62	2.5
65.982	34.018	680.36	30.0715	601.43	1102.24	500.81	1.25
43.128	56.872	1137.44	22.854	457.08	963.27	498.71	0.63
27.575	72.425	1448.5	15.553	311.06	774.37	463.31	0.315
17.208	82.792	1655.84	10.367	207.34	555.08	347.74	0.16
8.0285	91.9715	1839.43	9.1795	183.59	453.52	269.93	0.08
0.03	0.49	1999.94	8.0545	160.51	610.51	450.42	الصحن

المنحنى التالي يمثل التحلل الحبيبي للرمل.



الشكل 8.3: منحنى التحليل الحبيبي لرمل المحجرة.

ب.2) معامل نعومة الرمل : (NF P18-540)

$$Mf = \frac{(3.9465 + 34.018 + 56.872 + 72.425 + 82.792 + 91.971)}{100} = 3.42\%$$

نستنتج أن رمل المحجرة هو رمل خشن.

3.2.3) الماء :

حسب المعيار NF EN 1008 ، فإن المياه المستخدمة أثناء تصنيع خلطات الملاط هي مياه حنفية مخبر مواد البناء التابع لقسم الهندسة المدنية والري بجامعة بسكرة.

4.2.3) مسحوق الأكياس البلاستيكية:

عبارة عن ركام ناتج عن طحن الأكياس البلاستيكية (PEHD) وتم ذلك عن طريق تقطيع البلاستيك إلى جزيئات مسطحة غير منتظمة الشكل بأحجام مختلفة الكيس البلاستيكي عبارة عن كيس خفيف مصنوع من مادة بلاستيكية مخصص لاستيعاب أنواع مختلفة من المحتوى. والأكثر انتشارًا هو كيس التسوق (الشكل 11.3)، التي تقدمها المحلات لتسهيل نقل مشتريات الزبائن.

يتم طحن أكياس البولي إيثيلين عالية الكثافة (HDPE) (الشكل 10.4) في مطحنة ذات سكين لإنتاج حبيبات يقل حجمها عن 5 مم (الشكل 11.3).

		
<p>الشكل 11.3: أكياس (HDPE)</p>	<p>الشكل 10.3: رمز نوع البلاستيك للأكياس</p>	<p>الشكل 9.3: الركام من أكياس مسحوقة (HDPE)</p>

1.4.2.3 خصائص الركام البلاستيكي

(أ) الكتلة الحجمية الظاهرية للركام للبلاستيكي (NF P 18-554)



الشكل 12.3: تجربة الكتلة الحجمية الظاهرية.

ب) الكتلة الحجمية المطلقة للركام البلاستيكي باستعمال طريقة البالون (NF P 18-555)



الشكل 13.3: الكتلة الحجمية المطلقة للأكياس البلاستيكية (باستعمال طريقة البالون).

الجدول 7.3: الكتلة الحجمية للركام البلاستيكي.

0.014	الكتلة الحجمية الظاهرية ρ_{app} (g/cm ³)
0.15	الكتلة الحجمية المطلقة ρ_{abs} (g/cm ³)

3.3) تركيبة خلطات الملاط المدروسة :

1.3.3) إعداد الخلطات :

تم تحضير الملاط وفقاً للنسبة الوزنية التالية :

- جزء واحد من الأسمنت، 3 أجزاء من الرمل، ونسبة ماء إلى أسمنت (E/C) ثابتة بمقدار 0.5 لجميع أنواع الخلطات. تم صب الخلطة في قوالب مكعبة بأبعاد 5×5×5 سم³ وضغطها ميكانيكياً باستخدام طاولة اهتزاز وفقاً للمعيار NF EN 196-1. تم تغطية القوالب بغلاف بلاستيكي وتخزينها في بيئة المختبر. بعد 24 ساعة، تم إزالة العينات من القوالب وحفظها في الماء حتى موعد الاختبار، وفقاً للمعايير المذكورة. يركز هذا البحث على نوع واحد من البلاستيك وهو البولي إيثيلين عالي الكثافة (PEHD) على شكل نفايات أكياس بلاستيكية مفرومة

2.3.3) نفايات الأكياس المفرومة:

تم تحضير الخلطات باستخدام نسب مختلفة من نفايات الأكياس البلاستيكية المفرومة حسب الكميات الوزنية التالية: تعبر هذه الكميات عن النسب التالية:

إضافة نفايات الأكياس البلاستيكية المفرومة إلى الخلطات بنسب حجمية من الحجم الكلي: 1%، 2%، 3%، و4% . و استبدال الرمل بحجم من مسحوق نفايات الأكياس البلاستيكية بنسب: 1.5%، 3%، 4.45%، و6% . و يتم تصنيف الخلطة المركبة بناءً على محتوى الركام البلاستيكي، وتسمى كالتالي MT، MJ(X) و MR(X).

حيث: MT هي خلطة الملاط المرجعي و هي خلطة تحتوي فقط على الركام التقليدي (الرمل الطبيعي).

MR(X) خلطة ملاط مركب باستبدال X% من الرمل بنفايات الأكياس المفرومة و تمثل MJ(X) ملاط مركب مع إضافة X% من نفايات الأكياس المفرومة إلى الخلطة الأساسية للملاط بنسبة X% من الحجم الكلي .

الجدول 8.3: تركيبات الاملاط المدروسة

العينات	الخلطة	تسمية الملاط	كمية الرمل ب غ		الإسمنت (غ)	E/C= 0.5 (مل)
			مسحوق البلاستيك	الرمل		
06 عينات مكعبة 5x5x5	الملاط المرجعي	MT	0,00	1319,0	440	220
	ملاط باستبدال الرمل بالمسحوق البلاستيكي	MR (1,5)	1.13	1299.0		
		MR (3)	2.25	1280.0		
		MR (4,45)	3.43	1260.0		
		MR (6)	4.61	1240.3		
	ملاط بإضافة المسحوق البلاستيكي	MJ (1)	1.13	1319,0		
		MJ (2)	2.25	1319,0		
		MJ (3)	3.43	1319,0		
		MJ (4)	4.61	1319,0		

4.3 التجارب المتبعة في دراسة الديمومة:

1.4.3 تجربة المسامية: [38]

تجربة المسامية في الخرسانة والملاط تهدف إلى تحديد نسبة الفراغات في هذه المواد، مما يساعد في فهم خصائصها الإنشائية والمتانة. يعتبر قياس المسامية مهماً في الهندسة المدنية لتقييم قدرة الخرسانة والملاط على تحمل الأحمال وتقليل احتمالية التشقق أو التلف بمرور الوقت. إليك الطريقة والمرجع الخاص بهذه التجربة:

خطوات تجربة المسامية في الخرسانة والملاط

1. تحضير العينة:

- يتم إعداد عينات مكعبة أو أسطوانية من الخرسانة أو الملاط.
- يتم معالجة العينات (curing) حسب المواصفات القياسية، عادة لمدة 28 يومًا.

2. التجفيف:

- تجفف العينات في فرن عند درجة حرارة تتراوح بين 100-110 درجة مئوية حتى يتم الوصول إلى وزن ثابت. يتم وزن العينات بعد التجفيف لتحديد الكتلة الجافة (M_{dry}).

3. تشبع العينة بالماء:

- توضع العينات في ماء مخصص للتشبع لمدة 24-48 ساعة لضمان تشبع كامل.

- يتم وزن العينات المشبعة لتحديد الكتلة المشبعة (M_{saturated}).

4. قياس الحجم:

- يتم قياس أبعاد العينة (الطول، العرض، والارتفاع) لحساب حجمها الهندسي (V_t).

- بدلاً من ذلك، يمكن استخدام طريقة إزاحة الماء لقياس حجم العينة بدقة.

5. حساب المسامية:

$$P\% = ((M_{air} - M_{sec}) / (M_{air} - M_{eau})) \times 100$$

2.4.3 سرعة إنتشار الموجات الصوتية :

المراقبة بالموجات فوق الصوتية هي طريقة غير ظارة بالعينة، وهي تهدف إلى اختبار تجانس الخرسانة أو الملاط ، وهي تتكون من تحديد سرعة انتشار الموجات الطولية (الانضغاطية) من خلال عنصر ملموس. يتيح الفحص بالموجات فوق الصوتية ، توصيف العيوب التي يحتويها وبالتالي إصدار حكم بشأن قبول العينة. [40]

كما يمكن استخدام طريقة سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية لتحديد تجانس الملاط ، ووجود تشققات أو فراغات ، والتغيرات في الخصائص بمرور الوقت ولتحديد الخصائص الفيزيائية والديناميكية. تم قياس سرعات الموجات فوق الصوتية على الصيغ المختلفة للملاط بواسطة طريقة النقل ، ووضع محولين (جهاز إرسال ومستقبل) على جانبي عينات الاختبار المنشورية (16x4x4 سم 3) لقياس الوقت الذي تستغرقه الموجة من أجل تحديد السرعة. الشكل (5.2).



الشكل 14.3 : جهاز إختبار الموجات فوق الصوتية [41]

3.4.3 إمتصاص الماء بالخاصية الشعيرية: (ASTM C1585-13) [42]

يتكون اختبار الامتصاصية الشعيرية من قياس الزيادة في كتلة عينة الاختبار في الملامس بسبب الامتصاص بعد غمرها جزئياً في

خزان ماء بحيث يلمس الماء عينة الاختبار فقط على ارتفاع 5 مم. [43]

حيث يقاس إختبار الإمتصاص بعد معالجة العينات بأبعاد (16 سم × 4 سم × 4 سم) في الماء لمدة 28 يوم ؛ في نهاية فترة المعالجة ، يتم وضع المادة المانعة للتسرب على الأسطح الطويلة الأربعة ويتم تكسير العينات إلى نصفين (موشورات 4 × 4 × 8 سم مكعب). يتم تجفيف العينات عند 60 ± 5 درجة مئوية حتى كتلة ثابتة (>0.2٪ على فترات 24 ساعة). يتم قياس الكتلة الجافة ، M0 ، لكل عينة. توضع العينات على دعائم مناسبة في خزان مياه مزود بغطاء مانع للتبخر ونظام الإمداد التلقائي بالمياه من أجل احترام المستوى الغمر الجزئي من 5 إلى 10 مم. يتم تحديد كتل قطع الإختبار بعد مدة زمنية من الغمر.

$$S = I/\sqrt{t}$$

S: معامل الامتصاص للعينة ($cm/s^{1/2}$)

t : الأوقات (s)

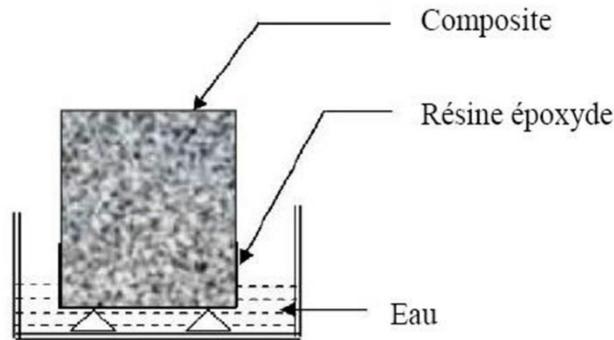
I:الكمية التراكمية للمياه التي تمتصها مساحة العينة بـ (cm)

$$I = \frac{Mt}{(A \times \rho)}$$

Mt: الزيادة في كتلة العينة كدالة للوقت (g)

A: الزيادة في كتلة العينة كدالة للوقت (cm^3)

ρ : كثافة الماء (g/cm^3)



الشكل 15.3 : إمتصاص الماء بالخاصية الشعيرية [44]

4.4.3 اختراق أيونات الكلور في الملاط:

إن إختراق أيونات الكلور يسبب صدأ تسليح الخرسانة و بالتالي تدهور الخرسانة المحيطة بالتسليح. تم تحديد مقاومة اختراق أيون الكلوريد وفقاً لمعيار UNI 7928 بعد المحافظة على العينات (50 × 50 × 50 مم³) في الماء لمدة 28 يوماً، يتم طلاء أربع أوجه جانبية للعينات بمادة عازلة للسوائل و ترك الوجهين المتبقين عرضة لإختراق أيونات الكلوريد (الشكل)، ثم توضع العينات في محلول من كلوريد الصوديوم NaCl بتركيز 5٪ . يتم تغيير محلول كلوريد الصوديوم كل 7 أيام إلى غاية 28 يوماً. عند كل اختبار (7 و 21 و 28 يوماً) سيتم قطع العينة إلى جزأين على طول الجانبين المعرضين للمحلول. برش محلول نترات الفضة AgNO₃ على كل سطح مر عليه القطع. يتغير لون حافة السطح المقطوع بظهور لون أبيض نتيجة تفاعل أيونات الكلوريد مع محلول نترات الفضة. يُقاس هذا العمق باستخدام القنوية على طول السطح المقطوع. عمق الاختراق (X) هو متوسط جميع القراءات.



الشكل 16.3: المقطع العرضي للعينة بعد اختبار نترات الفضة.

5.4.3 مقاومة الضار (الوسط الحمضي)

بعد 28 يومًا من المعالجة في الماء، يتم وزن عينات (5 × 5 × 5) لتحديد M1، ثم يتم غمرها في محلول 5% H_2SO_4 ثم يتم تقييم مقاومة الوسط الحمضي للعينات المغمورة في هذا المحلول وفقًا لمعيار ASTM C 267-96 [45]، لتحديد الكتلة M2 يجب تنظيف العينات 3 مرات بالماء المقطر ثم نتركها تجف لمدة نصف ساعة؛ ثم نقوم بوزنها. يتم تنفيذ هذه العملية بعد 7 و 14 و 21 و 28 يومًا من الغمر. يتم تجديد المحلول كل 7 أيام. أخيرًا يتم قياس فقدان الكتلة من خلال الصيغة التالية:

$$Pm(\%) = [(M1 - M2) / M1] \times 100$$

حيث: M1، M2: كتل العينات قبل الغمر في المحلول الحمضي وبعده، على التوالي.

5.3 خلاصة:

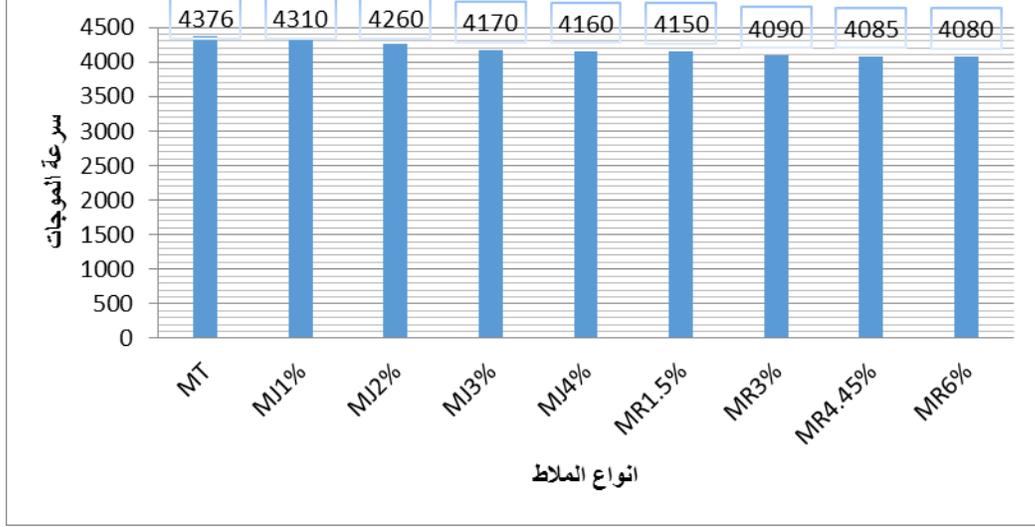
تضمنت دراسة ديمومة الخرسانة باستخدام الركام البلاستيكي فحص خصائص المواد والتجارب المتبعة. المواد شملت الاسمنت البورتلاندي العادي، الركام البلاستيكي، الركام الطبيعي (الرمل)، والماء. التجارب شملت اختبار، اختبار المسامية لقياس نسبة الفراغات، اختبار سرعة انتشار الموجات الصوتية لتقييم تماسك ومرونة المادة، اختبار المقاومة في الوسط الحمضي لقياس تأثير الوسط الضار، اختبار امتصاص الماء بالخاصية الشعرية لتحديد مسامية الملاط، واختبار اختراق أيونات الكلور لتقييم مقاومة الملاط لحماية فلاذ التسليح

الفصل الرابع: نتائج التجارب ومناقشتها

الفصل الرابع: نتائج التجارب ومناقشتها

1.4. سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية:

تتأثر سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية بوجود فراغات داخل المادة المدروسة. بعد 28 يوم من المحافظة على العينات في الماء، قمنا بإجراء اختبار سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية و من خلال المخطط البياني المبين أعلاه لاحظنا أن:



الشكل 1.4: تأثير إضافة واستبدال الرمل بمسحوق PEHD على سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية

تعليق على النتائج :

- انخفضت السرعة بالنسب 1.5% ، 2.65% ، 4.70% ، 4.93% مع زيادة نسبة إضافة مسحوق الأكياس البلاستيكية بالنسب 1% ، 2% ، 3% و 4% مقارنة بالملاط المرجعي (0%)
- انخفضت السرعة بالنسب 5.16% ، 6.53% ، 6.64% ، 6.76% بزيادة نسبة إستبدال مسحوق الأكياس البلاستيكية بالنسب 1.5% ، 3% ، 4.45% و 6% مقارنة بالملاط المرجعي (0%)
- تنخفض سرعة نبض الموجات الصوتية في حالة الاستبدال أكثر من حالة الإضافة و بالتقريب ثلاث مرات في الكمية الأولى و الثانية للمسحوق، و ذلك بسبب نقص الركام الطبيعي (الرمل) و تعويضه بالمسحوق الأكياس البلاستيكية

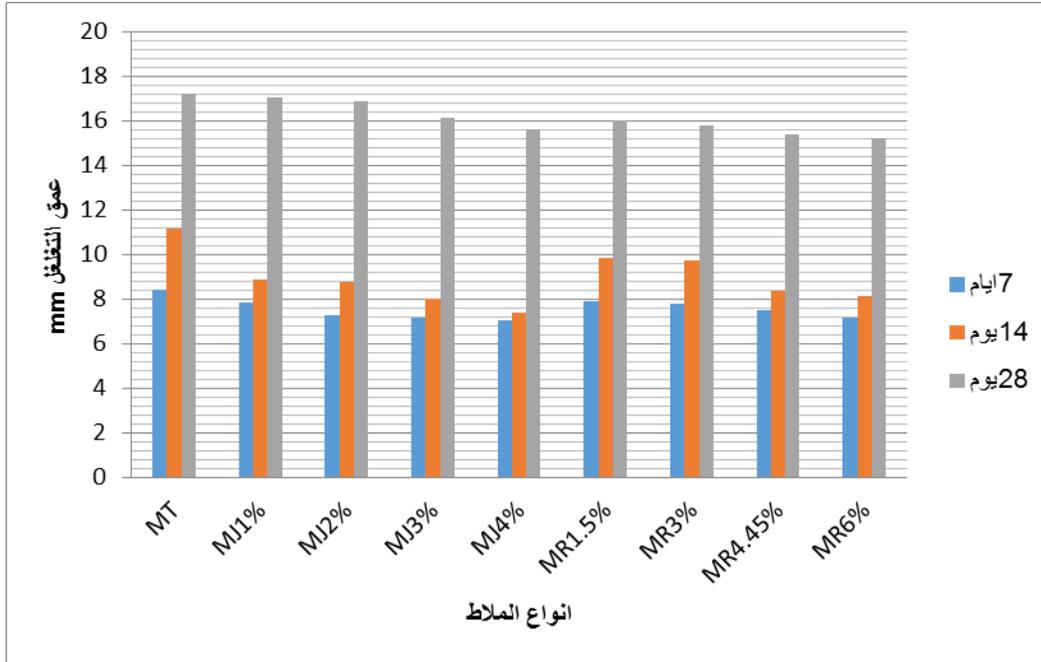
إذن ستنجح أن :

- سرعة الموجات الصوتية تنقص مع زيادة نسبة تواجد مسحوق الأكياس البلاستيكية سواء كان إضافة أو استبدال للرمل بسبب الفراغات الموجودة بين حبيبات مسحوق البلاستيك و العجينة الإسمنتية نتيجة نقص الالتصاق بينهما
- يؤثر استبدال الرمل بمسحوق الأكياس البلاستيكية على سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية أكثر من إضافة الأخير إلى الخلطة الأساسية للملاط، و هذا بسبب نقصان الركام الطبيعي الذي يزيد في تراس الملاط،

2.4. اختبار إختراق أيونات الكلور (NaCl) عن طرق الغمر الكلي

إن إختراق أيونات الكلور يؤدي إلى صدأ فلاذ التسليح لذلك نهتم كثيرا بمقاومة الملاط لاخترق أيونات الكلور في الملاط الذي يعتبر الدرع الأول الحامي ثم يليه الغلاف الخرساني (l'enrobage) الذي يعتبر الدرع الثاني لحماية فلاذ التسليح و بالتالي ضمان ديمومة الخرسانة المسلحة .

MR	MR	MR	MR	MJ	MJ	MJ	MJ	MT	المدة
6%	4.45%	3%	1.5%	4%	3%	2%	1%		
4.14	7.48	7.75	7.9	7.06	7.15	7.26	7.83	8.38	أيام 07
8.10	8.35	9.71	9.84	7.38	7.99	8.76	8.89	11.17	يوم 14
15.18	15.36	15.76	15.99	15.63	16.10	16.84	17.05	17.23	يوم 28



الشكل 2.4: تأثير نسبة المسحوق البلاستيكي على إختراق أيونات الكلور.

تعليق على النتائج:

- تشير النتائج إلى نقصان في إختراق أيونات الكلور بوجود مسحوق الأكياس البلاستيكية سواء كان إضافة أو إستبدال.
- يتزايد إختراق أيونات الكلور مع الزمن من 7 أيام إلى 28 يوم
- عند 7 أيام نلاحظ أن كميات المضافة لمسحوق الأكياس البلاستيكية تقاوم إختراق أيونات الكلور أحسن من وجودها كإستبدال للرمل (MJ يقاوم أحسن من MR) لنفس الكمية ماعدا للكمية القصوى حيث MR6% أعطى مقاومة للإختراق أحسن من MJ4%.
- عند 14 يوم نلاحظ أن كميات المضافة لمسحوق الأكياس البلاستيكية تقاوم إختراق أيونات الكلور أحسن من وجودها كإستبدال للرمل (MJ يقاوم أحسن من MR) لجميع كميات مسحوق الأكياس و يتناقص الإختراق مع تزايد كمية المسحوق في الملاط
- عند 28 يوم نلاحظ أن كميات مسحوق الأكياس البلاستيكية المعوضة للرمل أي الموجودة على شكل إستبدال للرمل تقاوم إختراق أيونات الكلور أحسن من وجودها كإضافة (MR يقاوم أحسن من MJ) لجميع كميات مسحوق الأكياس و يتناقص الإختراق مع تزايد كمية المسحوق في الملاط. إذن يمكن القول أن عند التصلب وجود مسحوق الأكياس البلاستيكية تعويضا للرمل يلعب دورا فعالا في مقاومة إختراق لأيونات الكلور أحسن من وجوده كإضافة.

إذن ستنجح أن: قبل التصلب مسحوق الأكياس البلاستيكية الموجود في الملاط يقاوم إختراق أيونات الكلور في الملاط إضافة أحسن من وجوده كإستبدال للرمل لكن عند التصلب من الأحسن وجوده كإستبدال للرمل في الملاط، و منه نقول أن أستبدال الرمل بمسحوق الأكياس البلاستيكية يشكل حاجز يعيق توغل أيونات الكلور في الملاط خاصة بعد التصلب

3.4. مقاومة الوسط الضار (وسط حمضي)

بعد 28 يومًا من المعالجة في حوض من الماء، يتم وزن العينات لمختلف الخلطات لتحديد M1، ثم يتم غمرها في محلول حمض كبريتي H₂SO₄ بتركيز 5%. يتم تقييم مقاومة الملاط للهجوم الكيميائي للعينات المغمورة في هذا المحلول وفقًا لمعيار [51] ASTM C 267-96. بنسبة فقدان الكتلة، حيث يتم تنظيف العينات 3 مرات بالماء المقطر لإزالة الكمية الضائعة من الملاط بفعل الوسط الحمضي. ثم نتركها تجف لمدة نصف ساعة. ثم نقوم بوزنها، لإيجاد الكتلة Mi. يتم تنفيذ هذه العملية بعد 7 و 14 و 21 و 28 يومًا بعد الغمر. يتم تجديد المحلول الحمضي كل 7 أيام.

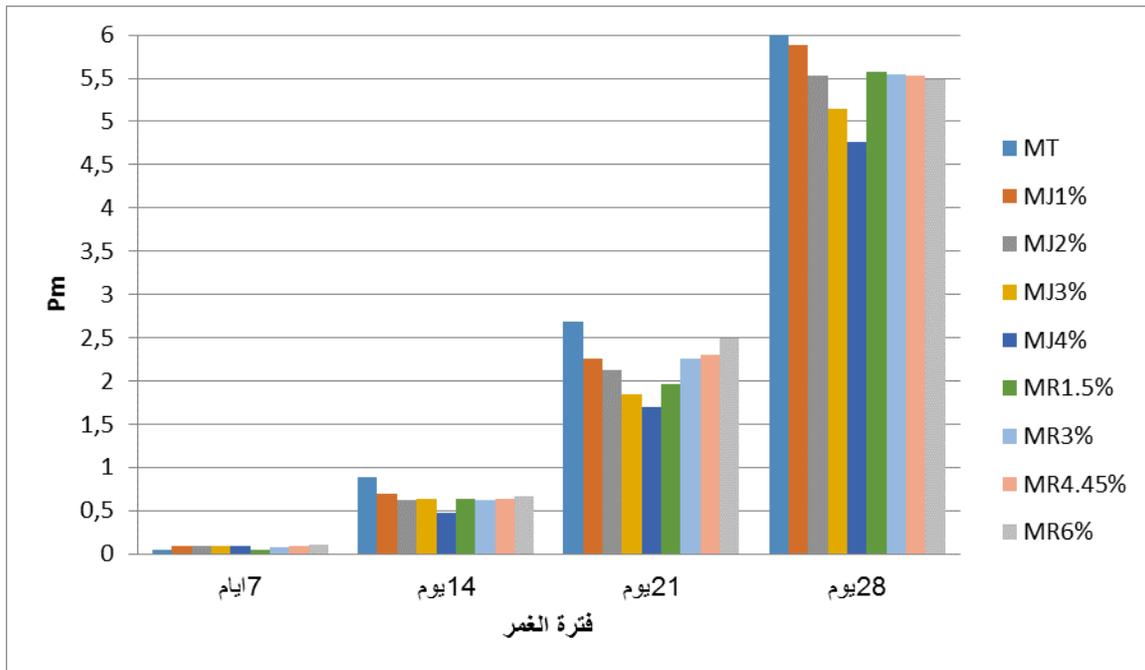
وأخيرًا، يتم تقييم المقاومة الكيميائية عن طريق قياس فقدان كتلة للينة حسب العملية التالية:

$$Pm_j (\%) = [(M_1 - M_j) / M_1] \times 100$$

حيث :

Pm_j (%) هي نسبة فقدان الكتلة بعد غمرها في المحلول الحمضي

M₁ و M₂ هما وزنا العينة بعد و قبل الغمر في المحلول الحمضي عند العمر المحدد

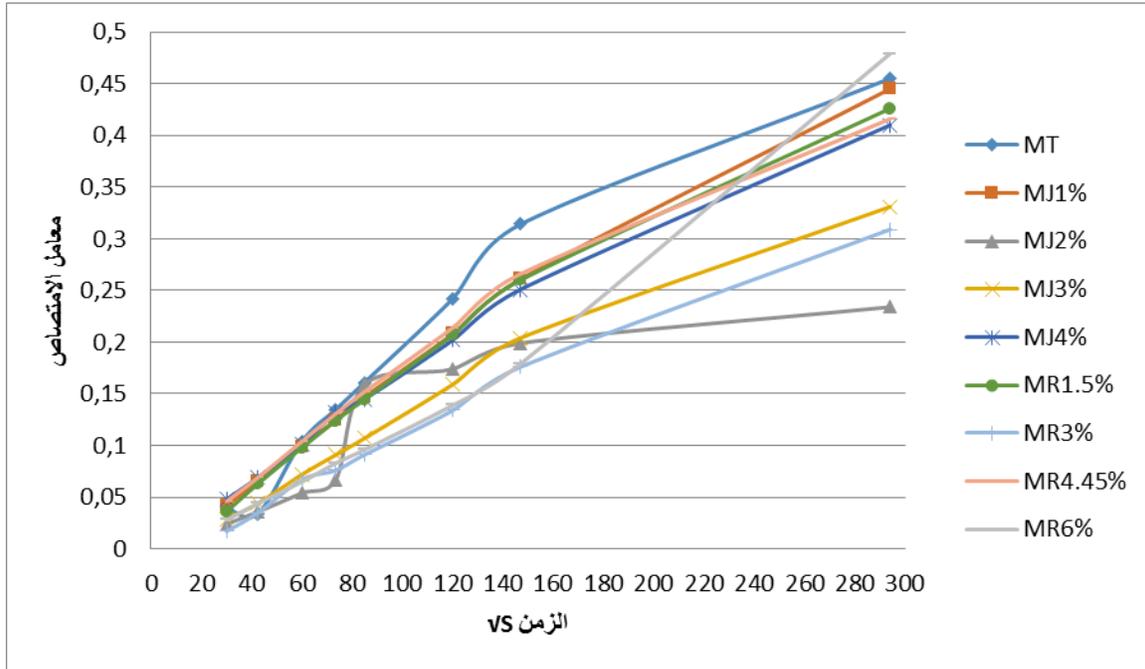


الشكل 3.4: تأثير نسبة المسحوق البلاستيكي على مقاومة المحلول الحمضي

تعليق على النتائج:

- عند 7 أيام قيم ضياع الكتلة ضعيفة لجميع الخلطات لكن تفوق نوعا ما الملاط المرجعي
- عند 14 يوم نلاحظ أن الملاط المرجعي يسجل أكبر قيمة لضياع الكتلة ثم تتناقص تدريجيا مع زيادة نسبة الإضافة لتسجل أدنى قيمة لضياع الكتلة في نسبة 4%. أما في حالة الإستبدال فإن ضياع الكتلة متقارب لجميع خلطات الملاط المركب لكن يبقى أقل من الملاط المرجعي
- عند 21 يوم نلاحظ أن الملاط المرجعي يسجل أكبر قيمة لضياع الكتلة ثم تتناقص تدريجيا مع زيادة نسبة الإضافة لتسجل أدنى قيمة لضياع الكتلة في نسبة 4%. أما في حالة الإستبدال فإن ضياع الكتلة متزايد مع زيادة نسبة الإستبدال لكن يبقى أقل من الملاط المرجعي
- عند 28 يوم نلاحظ أن الملاط المرجعي يسجل أكبر قيمة لضياع الكتلة ثم تتناقص تدريجيا مع زيادة نسبة الإضافة. أما في حالة الإستبدال فإن ضياع الكتلة متقارب في جميع نسب الإستبدال و أقل من الملاط المرجعي
- إذا قارنا تأثير الإضافة بتأثير الإستبدال نلاحظ أن في الكمية الأولى للمسحوق البلاستيكي ، فإن الإستبدال يعطي مقاومة أكثر من الإضافة أما في باقي الكميات نلاحظ أن الإضافة تعطي أحسن مقاومة من الإستبدال سواء قبل أو بعد التصلب
- إذن نستنتج أن : قبل تصلب الملاط المركب من مسحوق الأكياس البلاستيكية يقاوم أحسن الوسط الحمضي من الملاط المرجعي الخالي من البلاستيك و كلما تزيد نسبة الإضافة يقاوم الملاط أكثر أما في حالة الإستبدال فمقاومة الملاط للوسط الحمضي أحسن من الملاط المرجعي متزايدة مع نسبة الإستبدال . أما عند التصلب فهي أحسن من الملاط المرجعي و لا تتأثر بنسبة الإستبدال بسبب الفراغات المسامات الموجودة في الملاط و التي تترك المكان للمواد المنتفخة (الاترنجيت) الناتجة عند تفاعلات مركبات العجينة الإسمنتية و كبريتات الوسط الحمضي
- في حالة الإضافة، نلاحظ أن مقاومة الوسط الحمضي تزيد مع نسبة إضافة المسحوق البلاستيكي
- وجود مسحوق الأكياس البلاستيكية في الملاط كإضافة يقاوم أكثر الوسط الحمضي على وجوده كإستبدال

4.4. إختبار إمتصاص الماء بالخاصية الشعيرية



الشكل 4.4: إمتصاص الماء بالخاصية الشعيرية بدلالة وجود المسحوق البلاستيكي

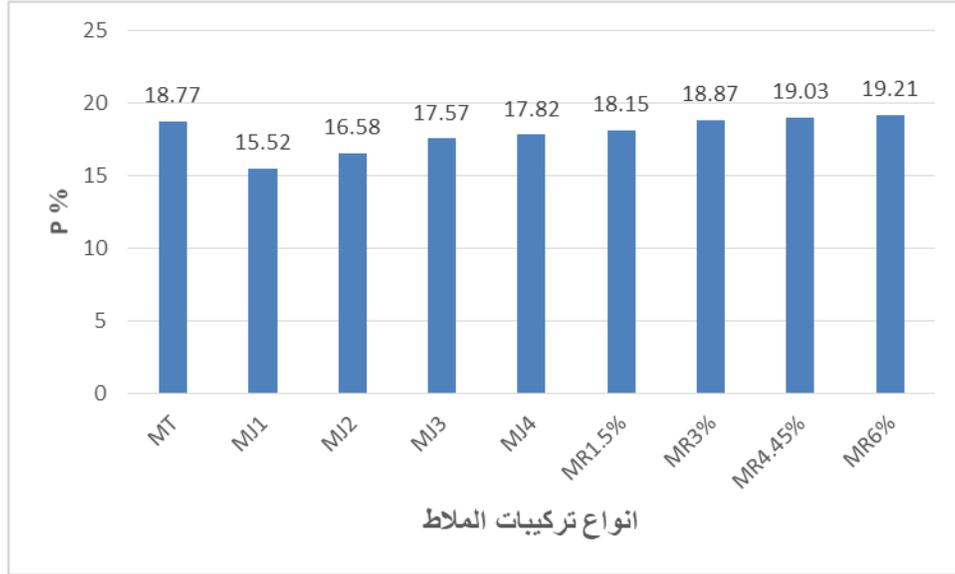
تعليق على النتائج:

- نلاحظ في حالة إضافة مسحوق الأكياس البلاستيكية للملاط، أن الإمتصاص بالخاصية الشعيرية تتناقص عن الملاط المرجعي بزيادة نسبة الأستبدال فقط في النسبة الأولى و الثانية ثم تتزايد في النسبة الثالثة و الرابعة لكن تبقى أقل من إمتصاص الملاط المرجعي
 - نلاحظ في حالة إستبدال الرمل بمسحوق الأكياس البلاستيكية، أن الإمتصاص بالخاصية الشعيرية تتناقص عن الملاط المرجعي بزيادة نسبة الأستبدال فقط في النسبة الأولى و الثانية و تتزايد في النسبة الثالثة و الرابعة حيث في هذه الأخيرة تفوق إمتصاص الملاط المرجعي
 - إذن النسبة الثانية للإضافة (2%) و النسبة الثانية للإستبدال (3%) و اللتان تمثلان نفس كمية المسحوق البلاستيكي تعتبران قيم حدية لتناقص إمتصاص الماء بالخاصية الشعيرية لأن بعدها تتزايد قيمة الإمتصاص في كلتا الحالتين
 - نلاحظ أن في جميع كميات مسحوق البلاستيك، أن نسبة الإضافة تنقص أكثر من نسبة الإستبدال
- و منه نستنتج أن مسحوق البلاستيك ينقص من إمتصاص الملاط للماء عن طريق الخاصية الشعيرية لكن عند قيمة حدية لا يمكن تجاوزها و هي ممثلة بنسبة إضافة تساوي 2% و نسبة إستبدال تساوي 3% و وجود البلاستيك كإضافة ينقص أكثر الإمتصاص بالخاصية الشعيرية من وجوده كإستبدال للرمل بسبب وجود فراغات أكثر و قلة التراص في تركيبة الملاط

5.4. المسامية عن طريق إمتصاص الماء عن طريق الغمر

نسبة حجم مسامات عينة إلى حجمها الظاهري. ويتم التعبير عنها كنسبة مئوية

المسامية يمكن أن تكون: مفتوحة (أو يمكن الوصول إليها بالمياه)، مغلقة أو الإجمالي (مجموع المسامية المفتوحة والمغلقة).



الشكل 5.4: المسامية بدلالة وجود المسحوق البلاستيكي

تعليق على النتائج:

- جميع خلطات الملاط المركب تعطي مسامية أقل من مسامية الملاط المرجعي
- بانسبة لإضافة المسحوق البلاستيكي للملاط، تسجل نسبة الإضافة 1% أدنى قيمة للمسامية ثم تتزايد مع زيادة نسبة إضافة المسحوق البلاستيكي لكن تبقى أقل من مسامية الملاط المرجعي، إذن تعتبر هذه النسبة حدية للحصول على أقل مسامية
- بانسبة لاستبدال الرمل بالمسحوق البلاستيكي في الملاط فإن نسبة 1.5% تسجل أدنى قيمة للمسامية ثم تتزايد مع زيادة نسبة إستبدال المسحوق البلاستيكي للرمل و تفوق مسامية الملاط المرجعي، إذن تعتبر هذه النسبة حدية للحصول على أقل مسامية
- و منه نستنتج:
- أن نفس كمية مسحوق البلاستيك تعتبر قيمة حدية للإضافة 1% و الاستبدال 1.5% للحصول على أقل مسامية لكن إضافة المسحوق تقلل من المسامية أكثر مقارنة مع نسب الاستبدال
- تبقى المسامية للملاط المضاف فيه المسحوق البلاستيكي أقل مسامية من خلطات الملاط المستبدل فيها الرمل

- للحصول على مسامية أقل يستحسن إضافة مسحوق البلاستيك للملاط على إستبدال الرمل به و بنسبة حدية لا تتجاوز 1%

6.4. الخلاصة

- بالنسبة للموجات الصوتية: سرعة الموجات تنقص مع زيادة نسبة تواجد مسحوق الأكياس البلاستيكية سواء كان إضافة أو استبدال للرمل بسبب الفراغات الموجودة بين حبيبات مسحوق البلاستيك و العجينة الإسمنتية نتيجة نقص الالتصاق بينهما ، لكن استبدال الرمل بمسحوق الأكياس البلاستيكية ينقص أكثر من سرعة النبض بالموجات فوق الصوتية من إضافته إلى الخلطة الأساسية للملاط، و هذا بسبب نقصان الركام الطبيعي الذي يزيد في تراص الملاط و بسبب قلة كثافته مقارنة بالرمل.
- بالنسبة لإختراق أيونات الكلور : قبل التصلب مسحوق الأكياس البلاستيكية الموجود في الملاط يقاوم إختراق أيونات الكلور في الملاط كإضافة أحسن من وجوده كإستبدال للرمل لكن عند التصلب من الأحسن وجوده كإستبدال للرمل في الملاط، و منه نقول أن إستبدال الرمل بمسحوق الأكياس البلاستيكية يشكل حاجز يعيق توغل أيونات الكلور في الملاط خاصة بعد التصلب
- بالنسبة لمقاومة الوسط الحمضي : مقاومة الوسط الحمضي تتزايد مع نسبة إضافة المسحوق البلاستيكي و وجود مسحوق الأكياس البلاستيكية في الملاط كإضافة يقاوم أكثر الوسط الحمضي على وجوده كإستبدال لكن في كلتا الحالتين مسحوق الأكياس البلاستيكية يزيد من مقاومة الملاط للوسط الحمضي
- بالنسبة للخاصية الشعيرية : إن مسحوق البلاستيك ينقص من إمتصاص الملاط للماء عن طريق الخاصية الشعيرية لأنه لا يمتص الماء لكن عند قيمة حدية لا يمكن تجاوزها و هي ممثلة بنسبة إضافة تساوي 2% و نسبة إستبدال تساوي 3% و وجود البلاستيك كإضافة يتقص أكثر الإمتصاص بالخاصية الشعيرية من وجوده كإستبدال للرمل بسبب وجود فراغات أكثر و قلة التراص في تركيبة الملاط و يمكن أن تساهم في زيادة مسارات الشعيرية التي تسهل حركة الماء.
- بالنسبة للمسامية : نفس كمية مسحوق البلاستيك تعتبر قيمة حدية للإضافة 1% و الاستبدال 1.5% للحصول على اقل مسامية لكن إضافة المسحوق تقلل من المسامية أكثر مقارنة مع نسب الاستبدال و تبقى المسامية للملاط المضاف فيه المسحوق البلاستيكي أقل مسامية من خلطات الملاط المستبدل فيها الرمل و للحصول على مسامية أقل يستحسن إضافة مسحوق البلاستيك للملاط على إستبدال الرمل به و بنسبة حدية لا تتجاوز 1%. وجود المسحوق البلاستيكي بشكل ورقي يزيد من تراص الخليط لكن عند قيمة حدية.

خلاصة عامة

خلاصة عامة :

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقيم نفايات الأكياس البلاستيكية PEHD لإنتاج خليط جديد من الملاط المركب عالي الديمومة. و لتدوير هذه النفايات في مجال الهندسة المدنية. الإستنتاجات الرئيسية التي يمكن استخلاصها من هذا العمل البحثي هي: الركام الخفيف و ذا شكل ورقي غير مستدير يقلل من إمتصاص الماء بالخاصية الشعرية خاصة بإضافته للخلطة الأساسية للملاط و بإستبدال الرمل بتركيز أقل من 6%

إختراق أيونات الكلور للملاط بالتركيبات المختلفة يتناقص مع زيادة وجود مسحوق الأكياس البلاستيكية PEHD و يكون منخفضاً مقارنةً بالملاط المرجعي لأن البلاستيك عبارة عن حاجز يبطئ إختراق أيونات الكلور. إذن يمكن إستعمال هذا النوع من الملاط كتبليس في مناطق تواجد الكلور لحماية الخرسانة من الصدأ والتآكل.

وجود مسحوق الأكياس البلاستيكية PEHD يقلل من سرعة إنتشار الموجات الصوتية و خاصة بإستبدال الرمل به في خلطة الملاط. إذن يمكن إستعماله للعزل الصوتي

مسحوق الأكياس البلاستيكية يقلل من المسامية بسبب شكله الورقي و سمكه الضعيف رغم قلة الإلتصاق بالمصفوفة الإسمنتية لأنه ينحصر بين حبيبات الركام الطبيعي مما يساعد في مقاومة الوسط الضار (الحمضي) و إختراق ايونات الكلور

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

دينا إبراهيم أمين عبد المجيد مدرس القانون المدني. " الحماية التشريعية للبيئة من النفايات البلاستيكية". مجلة جامعية، العدد (37)، الجزء الثاني 28، كلية الحقوق جامعة الزقازيق، مصر، 2022، ص 440.	1
Geyer R et al.(2017). Production, use and fate of all plastics ever made. Science Advances 3 (7): e1700782.	2
McCall ،Emma M.؛ Alderdice ،Fiona؛ Halliday ،Henry L.؛ Jenkins ،John G.؛ Vohra ،Sunita (2010). "Interventions to prevent hypothermia at birth in preterm and/or low birthweight infants". The Cochrane Database of Systematic Reviews 3 .ع: CD004210. DOI:10.1002/14651858.CD004210.pub4. PMID:20238329.	3
يوليو 2019 في Google oliaatra.com فهرس محرك بحث	4
ماي 2017 في Google blog.cicloorganico.com.br فهرس محرك بحث	5
Jwalil	6
Aissa	7
Salifou K. Ouiminga, Thomas Rogaume, Tizane Daho, Franck Richard, Jean Kouliadiati "Thermal Degradation of Polyethylene Bags and Millet Stalks: Influence of the Temperature and the Local Concentration of Oxygen on the Conversion Rate of Carbon"Research Article, Advances in Chemical Engineering and Science, 2012, 2, 155-165.	8
Mohamed Touhami Gouasmi, Effet d'agrégats légers a base de poly téréphtalate d'éthylène sur les propriétés des mortiers, Université d'Oran (faculté sciences exactes et	9
Tafitason Mahefanjaka Sandrio ; 08 juin 2017 ; mémoire de Master ; « contribution a la valorisation des déchets emballages films plastique de la société jB- essai de fabrication de pave en plastique »; université d'Antananarivo ; Madagascar	10
المصدر: سليمان الماحي- رأس الخيمة ؛ التاريخ: 05 مارس 2010 https://www.emaratalyoud.com/hotline/2010-03-05-1.64201	11
ترجمة: عوض خيرى عن «الغارديان»؛ التاريخ: 30 أبريل 2019؛ https://www.emaratalyoud.com/politics/weekly-supplements/world-press/2019-04-30-1.1208075	12
محمد رشيد العود؛ صالح محمد قشوط؛ احمد محمد سلامة؛ فتحي عبد العزيز مسعود. " النفايات البلاستيكية وأثارها على البيئة والإنسان والطرق الحديثة للإستفادة والتخلص منها". مجلة علوم البحار	13

والتقنيات البيئية. المجلد (1). العدد(2). ديسمبر-2015. ص49	
ملوثات البيئة الاكياس البلاستيكية وطرق معالجتها؛ كتابة: مها حسني آخر تحديث: 12 ديسمبر 2022 https://www.almsal.com/post/895068	14
Lebreton LCM et al. (2012). Numerical modelling of floating debris in the world's oceans. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 64 (3) pp. 653–661.	15
[27] Wilcox C et al. (2018). A quantitative analysis linking sea turtle mortality and plastic debris ingestion. <i>Scient. Reports</i> 8:12536 DOI:10.1038/s41598-018-30038.	16
R.H. Faraj, A.F.H. Sherwani, A. Daraei, Mechanical, fracture and durability properties of self-compacting high strength concrete containing recycled polypropylene plastic particles, <i>J. Build. Eng.</i> 25 (2019) 100808.	17
P. Spiesz, S. Rouvas, H.J.H. Brouwers, Utilization of waste glass in translucent and photocatalytic concrete, <i>Constr. Build. Mater.</i> 128 (2016) 436–448.	18
L. Gu, T. Ozbakkaloglu, Use of recycled plastics in concrete: a critical review, <i>Waste Manag.</i> 51 (2016) 19–42.	19
R. Sharma, P.P. Bansal, Use of different forms of waste plastic in concrete—a review, <i>J. Cleaner. Prod.</i> 112 (2016) 473–482.	20
N. Saikia, J. De Brito, Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: a review, <i>Constr. Build. Mater.</i> 34 (2012) 385–401.	21
S. Akçaözog˘lu, C.D. Atis, K. Akçaözog˘lu, An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete, <i>Waste Managee.</i> 30 (2) (2010) 285–290.	22
O.Y. Marzouk, R.M. Dheilily, M. Queneudec, Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites, <i>Waste Manage.</i> 27 (2) (2007) 310–318.	23
Y.W. Choi, D.J. Moon, Y.J. Kim, M. Lachemi, Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles, <i>Constr. Build. Mater.</i> 23 (8) (2009) 2829–2835.	24
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, <i>Waste Manage.</i> 29 (10) (2009) 2707–2716.	25
K. Hannawi, S. Kamali-Bernard, W. Prince, Physical and mechanical properties of mortars containing [52] R.V. Silva, J. de Brito, N. Saikia, Influence of curing conditions on the durability-related performance of concrete made with selected plastic waste aggregates, <i>Cem. Concr. Compos.</i> 35 (1) (2013) 23–31. PET and PC waste aggregates, <i>Waste Manage.</i> 30	26

(11) (2010) 2312–2320.	
M. Frigione, Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete, <i>Waste Manage.</i> 30 (6) (2010) 1101–1106.	27
N. Saikia, J. de Brito, Waste polyethylene terephthalate as an aggregate in concrete, <i>Mater. Res.</i> 16 (2) (2013) 341–350.	28
E.A. Ohemeng, S.O. Ekolu, Strength prediction model for cement mortar made with waste LDPE plastic as fine aggregate, <i>J. Sustainable Cem. Mater.</i> 8 (4) (2019) 228–243.	29
Z. S. Al-Hadithi, N. Hilal, and A. H. Mohammed, "The use of waste plastic as fine aggregate in concrete," <i>International Journal of Sustainable Built Environment</i> , vol. 6, no. 2, pp. 299-305, 2017.	30
M. Saikia and J. de Brito, "Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review," <i>Construction and Building Materials</i> , vol. 34, pp. 385-401, 2012.	31
S. P. Raut and R. V. Dhapudkar, "Effects of waste plastic as fine aggregate on the acoustic properties of concrete," <i>Materials Today: Proceedings</i> , vol. 5, no. 1, pp. 2209-2215, 2018.	32
F. Pacheco-Torgal, Y. Ding, and S. Jalali, "Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (typewriter, white rubber, and tire powder) as partial replacement for sand," <i>Construction and Building Materials</i> , vol. 30, pp. 714-720, 2012.	33
A. S. El-Dieb, "Mechanical, durability and microstructural characteristics of ultra-high-strength self-compacting concrete incorporating recycled rubber," <i>Journal of Cleaner Production</i> , vol. 20, no. 6, pp. 328-337, 2012.	34
M. R. Karim, M. H. Rahman, and M. R. Al-Mamun, "Effect of plastic waste on penetration of chloride ion in concrete," <i>International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology</i> , vol. 9, no. 1, pp. 1-7, 2018.	35
I. Djakam, 'Elaboration d'un béton léger à partir des matériaux locaux', mémoire de master, Université de M'sila, 2016.	36
M. Nouali, Z. Derriche, 'Analyse des possibilités de valorisation des déchets de sachets plastiques dans l'amélioration des caractéristique des enrobes bitumineux', 1 ^{er} séminaire international sur les matériaux routiers, Université de Houari Boumediene, octobre 2015.	37
KHELAIFA, H et TAGBA, M (2015)"Etude expérimentale sur les mortiers à base de granulats de caoutchouc, de déchets de brique et d'adjuvant résineux", mémoire de master, l'Université de Guelma.	38

ASTM C642-13, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013	39
Taleb, K. Etude à l'état frais et à l'état durci de l'influence des Fines de Mortiers de Démolition sur les propriétés des mortiers. mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou, (2016).	40
Beddar, A et Nadji, A. Effet des caractéristiques des granulats fins sur propriétés du mortier Auto-plaçant mémoire de master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, (2020).	41
ASTM C1585-13, Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, ASTM International, West Conshohocken, PA,2013.www.astm.org.	42
SOUICI, I. (2020)"Etude et modélisation de l'effet de la poudre d'aluminium sur les propriétés des mortiers légers à base des granulats des déchets plastiques" , Mémoire de master, Université Mohamed khider –Biskra.	43
LATROCH, N . Effet des agrégats à base de déchets plastiques sur les différentes propriétés des matériaux composites mortier-polymère. mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, (2019).	44
ASTM C 267-96, Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts,and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Structures, June 1996.	45