African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 3, Issue 3, 2024, Page No: 591-602
Website: *https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index*
معامل التأثير العربي 2023: (1.55) **SJIFactor 2023: 5.689** **ISI 2022-2023: 0.557**
Special issue: First Libyan Conference on Technology and Innovation (LCTI-2024), Benghazi, Libya

Recycling High-Density Polyethylene (HDPE) Plastic Waste and using it in Self-Compacting Concrete

Mohamed Ahmed Yami [1*], Gazala Sanusi Yami [2]
[1] Department of Mining College Natural Resources, Al-Jufra University, Libya
[2] Department of Civil Engineering, Higher Institute of Science and Technology, Sukna, Al-Jufra, Libya

إعادة تدوير مخلفات البلاستيك البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) واستخدامه في الخرسانة ذاتية الرص

محمد أحمد يامي [1*]، غزالة السنوسي يامي [2]
[1] قسم التعدين، كلية الموارد الطبيعية، جامعة الجفرة، ليبيا
[2] قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للعلوم والتقنية سوكنة، الجفرة، ليبيا

[*]Corresponding author: gazala.sanusi@gmail.com

Received: March 01, 2024	Accepted: May 05, 2024	Published: May 30, 2024

الملخص

تعتبر المخلفات البلاستيكية من أكثر المخلفات كماً في منطقة الجفرة بالإضافة إلى أنها الأكثر خطورة على البيئة بشكل عام، وتكمن أهم خطورتها في أنها تحتاج الى مئات السنين قبل أن تتحلل بشكل نهائي. تهدف هذه الورقة إلى الاستفادة من تلك المخلفات وبالتالي التقليل من خطورتها وذلك بإعادة تدويرها واستخدامها في الخرسانة ذاتية الرص كركام صغير بدلاً من الرمل و بنسب متفاوتة **0%، 25%, 50%, 75% و100%** حيث تم الرمز لهذه النسب **M0 ، M25 ، M50 ، M75 و M100** على التوالي لغرض دراسة تأثيرها على خواص الخرسانة ذاتية الرص و ذلك بإجراء الاختبارات الآتية، أولاً الاختبارات الطرية للخرسانة وهي اختبار هطول الانسياب واختبار زمن الانسياب واختبار القمع على شكل حرف V، ثانياً الاختبارات الميكانيكية وهي اختبار الضغط، الشد واختبار كثافة الخرسانة كانت نتائج الاختبارات مقبولة بالنسبة لاختبار الشد عند **M25** كانت القيمة هي **3.37** ميجا باسكال مقارنه مع الخلطة النموذجية **M0** وكانت القيمة **3.54** ميجا باسكال والذي يدل إمكانية استخدام هذا النوع من الخرسانة في المناطق التي تتمتع بمناخ عام جاف نظراً لقوه تحملها للتشققات والتقليل نسبياً من الاعتماد على الركام الصغير والمحافظة على الموارد الطبيعية والتكاليف الناتجة من تصنيع البلاستيك، ولقد اثبتت أيضا مساهمتها في حمايه البيئة من حيث حماية الأراضي المستخدمة كمكبات للحرق والدفن.

الكلمات المفتاحية: البلاستيك، إعادة التدوير، الخرسانة ذاتية الرص، القابلية، الضغط، الشد.

Abstract

Plastic waste is considered more as waste in Aljofra city it is the most dangerous to the environment in General, the main danger they need hundreds of years before disintegrating once and for all. This paper is going to present plastic waste recycled and used in the self-compacting concrete subjective rather as fine aggregate by percentages 0%, 25%, 50%, 75% and 100%, where M0 is the symbol, M25, M75, M50 and M100 respectively to study its impact On the characteristics of self-monitoring and concrete by the following tests first of all, fresh properties tests these are slump flow, flow time by using V-funnel and T50 test. secondly, mechanical properties tests compressive and tensile strength, the results were Acceptable for the tensile test when the M25 and the value is 3.37 MPa compared with typical sauce M0 value was 3.54 MPa which demonstrates the possibility of using this type of concrete in dry land due to the strength of cracks and reduce small aggregate preservation of natural resources and costs resulting from the manufacture of plastic.

Keywords: Plastic, recycling, self-compacting concrete, adaptability, compression, tension.

1. المقدمة:

تعد مشكلة النفايات البلاستيكية إحدى المشكلات البيئية التي تعاني منها دول العالم اليوم والتي نعطيها اهتماما متزايداً ليس فقط لأثارها الضارة على الصحة العامة وتشويهها للوجه الحضاري بل كذلك لأثارها الاجتماعية والاقتصادية. تقدر الدراسات أن إنتاج البلاستيك يستهلك سنويا 3-5% من مجمل الإنتاج العالمي من النفط الخام وأنه في عام 2012م تم إنتاج 280 مليون طن من البلاستيك عالميا [1]، ومع ازدياد عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة والتقدم الصناعي والتقني السريع تنوعت وازدادت كميات النفايات البلاستيكية الناتجة عن أنشطة البشرية المختلفة، وأصبحت عملية التخلص منها من أبرز المشاكل التي تواجه المدن في وقتنا الحالي نظراً لما تشكله هذه النفايات من أخطار على البيئة والموارد الطبيعية وعلى صحة الإنسان وسلامته. لتجنب أو تقليل أكبر قدر ممكن من التلوث البيئي الناتج من النفايات البلاستيكية يجب إتباع وتطبيق تسلسل إستراتيجيات إدارة المخلفات وإعادة تدويرها [2].

ومن خلال هده الورقة نسعى لنشر إعادة تدوير البلاستيك واستخدامه في الخرسانة على أوسع نطاق وتعد الخرسانة ثاني أكثر العناصر استخداماً في العالم بعد الماء، ومن أولويات هذه الدراسة استخدام المخلفات البلاستيكية عوضا عن الركام الصغير في الخرسانة، ما يجعل المنتج الجديد صديقًا للبيئة حيث يقلل بنسبة 90% من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، التي تنتج عن حرق ودفن هذه المخلفات.

بالإضافة الى المميزات الفنية للخرسانة الذاتية الرص في الحالة الطرية والصلبة هناك مزايا اقتصادية التي تنتج عن استخدام هذه الخرسانة حيث ان أهم ما يميزها هو لزوجتها المنخفضة ومعدل انسيابها العالي وهذا يؤديل تقليل الضغط على المضخات الخاصة بضخ هذا النوع من الخرسانة وتقليل التلف في معدات ضخ الخرسانة فضلًا عن تقليل الفترة المطلوبة الى الصب [3]ومن جانب آخر فأنها تختزل كلفة عمليات الرص المتبعة في حالة الخرسانة التقليدية وتقلل تأثير الضوضاء في موقع العمل. كما ان هذه الخرسانة تساعد المصممين على امكانية انجاز الاشكال [4]، المعقدة المكتظة بحديد التسليح والتي يصعب رصها بالهزازات في حالة الخرسانة العادية [5].

1.1 مخلفات المواد البلاستيكية المستخدمة (HDP)

البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) هو نوع من البلاستيك العالي الكثافة، ويعتبر البولي إيثيلين العالي الكثافة أكثر صلادة من أنواع البولي إيثيلين الأخرى، وهو أثقل وأكثر قساوة بالمقارنة مع البولي إيثيلين المنخفض الكثافة (LDPE) البولي إيثيلين العالي الكثافة أخف من الماء. يتم صناعته بتقنية الصب أو بطريقة البثق، وهو قابل للمعالجة في الآلات الميكانيكية، وتوصيله باستخدام طرق اللحام الخاصة. ومن الصعب للغاية ان يتم توصيله باستخدام المواد اللاصقة. ويمتاز بمظهر طبيعي وبلون شبيه بشمع العسل. ولا ضرر من ملامسته للمواد الغذائية [1].

2. الدارسات السابقة

في هذا العصر الجديد لا يكاد يخلو منزل أو مكان من المنتجات البلاستيكية والألياف الصناعية، حيث أصبحت من متطلبات الحياة لما تقدمه من خدمات للحياة العصرية، ويبقى هاجس المهتمين بالصناعات البلاستيكية و المثقفين من طبقات المجتمع حول ملائمة هذه الصناعات للحياة الإنسانية من الناحية البيئية والغذائية والصحية، لذا تعكف كثيراً من المنظمات العالمية على وضع شروط وضوابط ملزمة لمصنعي المواد الخام من النواحي البيئية والصحية[6].

ويسعى جميع منتجي ومصنعي المواد البلاستيكية والألياف الصناعية إلى الالتزام بالمواصفات الصحية العالمية ومطابقة جميع شروط السلامة البيئية عن طريق اختبار منتجاتهم لدى مراكز أبحاث عالمية معتمدة من قبل هيئات دولية. لقد بدئت شركات البتروكيماويات باعتبارها من صناع مواد البولي إيثلين بمختلف أنواعها والبولي بربيلين والستارين وبولي كلوريد الفينول والألياف الصناعية على الحصول على شهادات المطابقة الصحية والغذائية كل حسب تطبيقاتها النهائية، وعلى كل حال فإن كل أصناف البلاستيك تحتاج إلى مواد مثبتة لحمايتها أثناء الإنتاج والتشكيل كالمواد المانعة للأكسدة والمقاومة للأشعة فوق البنفسجية، كما تضاف مواد أخرى تعتمد على استخدام المنتج النهائي. واعتمدت في الآونة الأخيرة كثير من المنتجات الصناعية المغذية لبعض الصناعات على منتجات البلاستيك ومنها على سبيل المثال صناعة السيارات فقد زاد وزن البلاستيك المستخدم من 86 كجم للسيارة وذلك في عام 1980 إلى 160 كجم عام 1997. ومع زيادة استخدام البلاستيك في المنتجات الصناعية زادت الحاجة إلى تدوير مخلفاته وإعادة تصنيعه فهو من المواد التي لا تتحلل بمرور الوقت وتبقى على حالتها مما يؤثر على البيئة[6].

ولا يُستخدم في مشروع تدوير البلاستيك الأدوات البلاستيكية المستعملة في الأغراض الطبية أو استخدام الحقن الطبية البلاستيكية المستعملة وذلك لتجنب الآثار الصحية التي يُمكن أن تنتج عن استعمالها في عملية تدوير البلاستيك، بالإضافة إلى تجنب استعمال براميل الكيماويات السامة والمصنوعة من البلاستيك.

الجدول (1) الفترة الزمنية المقدرة لزوال بعض المواد الصلبة من الطبيعة.

المادة	الفترة الزمنية
البلاستيك	500 عام
كيس التسوق من البلاستيك	400 عام
الألمونيوم	350 عام
علبة من المعدن	100 عام
علكة	5 أعوام
عقب سجائر	من عام إلى عامين
فضلات الطعام	3 أشهر
إطارات السيارات	ربما لا تزول أبدا

3. الاختبارات

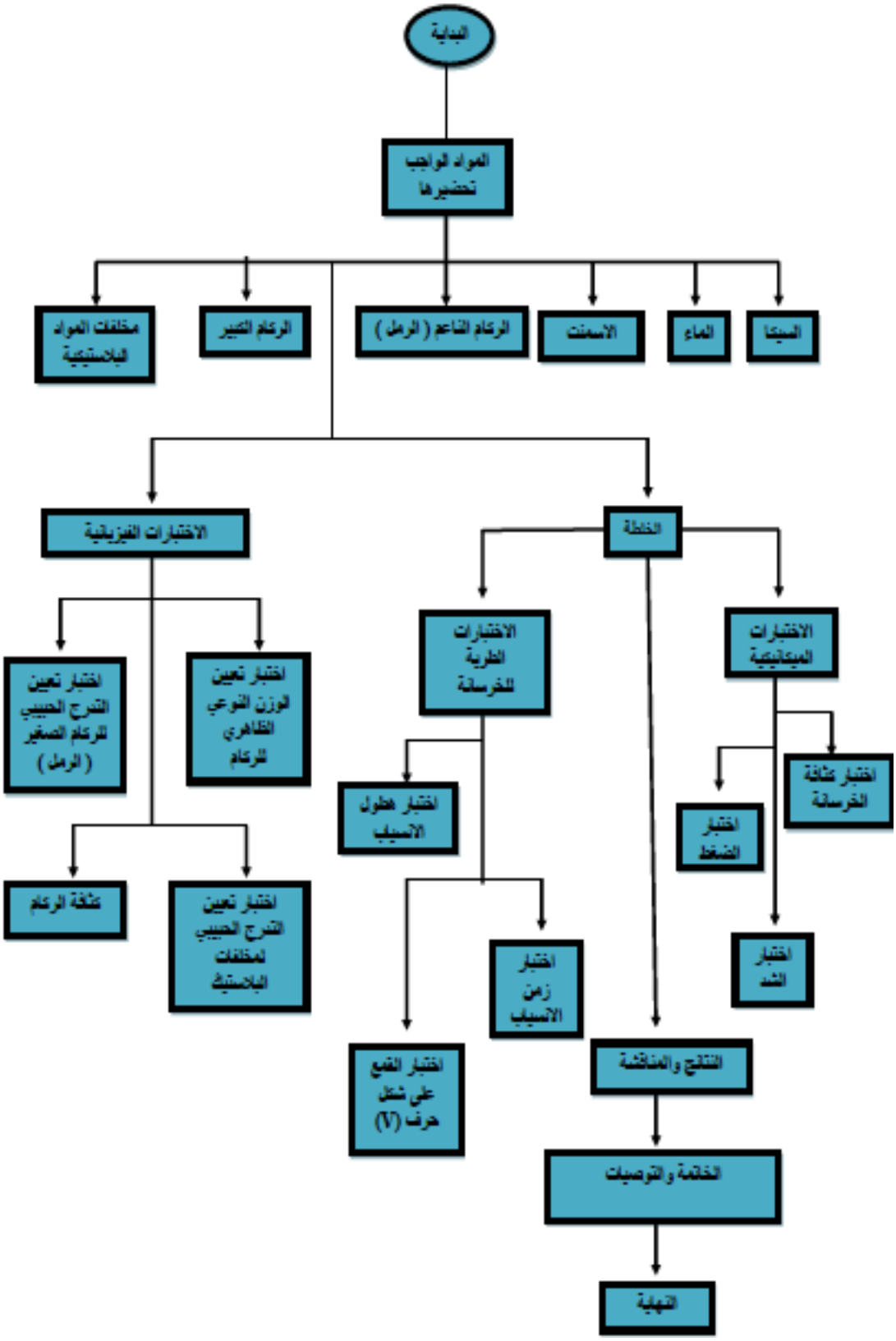
في هده الورقة انجزت العديد من الاختبارات، بحيث تحقق جميع الأهداف وتشمل دراسة إعادة تدوير نفايات البلاستيك لكي يساهم في حماية البيئة إلى حد كبير بدلاً من التخلص منه، والمحافظة على الموارد الطبيعية وهي من المبادئ الأساسية التي تقوم عليها التنمية المستدامة وبالتالي زيادة معدلات الإنتاج وتراجع الأمراض والحفاظ على صحة البشر، ودراسة مقاومة الخرسانة المعززة بالمخلفات البلاستيكية لأحمال الصدم والشد وتقليل من الاعتماد على الحديد وإيجاد طريقة أفضل لإدارة المخلفات البلاستيكية كما بالشكل (1) المخطط الانسيابي لجميع الاختبارات التي تم إنجازها.

1.3 الخلطة الخرسانية

تم استخدام عدد خمسة خلطات خرسانية من المادة المستخدمة (مخلفات البلاستيك) الخلطة الأولى عبارة عن خلطة نموذجية بدون أي إضافات على الخرسانة، الخلطة الثانية تم إضافة 25 % من مادة مخلفات البلاستيك وتخفيض هذه النسبة من مادة الرمل وأضافه 0.05 لتر من الماء، الخلطة الثالثة تم إضافة 50 % من مادة مخلفات البلاستيك وتخفيض هذه النسبة من مادة الرمل وأضافه 0.05 لتر من الماء، الخلطة الرابعة يتم إضافة 75 % من مادة مخلفات البلاستيك وتخفيض هذه النسبة من مادة الرمل وأضافه 0.05 لتر من الماء، الخلطة الخامسة يتم استخدام مخلفات البلاستيك بنسبة 100 % والاستغناء عن مادة الرمل نهائياً وإضافة 0.05 لتر من الماء في الخلطة كما بالجدول (2).

الجدول (2) نسبة المواد الداخلة في الخلطات الخرسانية.

النسبة المئوية من الخلطة %	الاسمنت Kg	ركام Kg	رمل Kg	المادة المستخدمة Kg	الماء L	السيكا ML
M 0	1	1.80	2.13	0	0.45	180
M 25	1	1.80	1.60	0.53	0.50	180
M 50	1	1.80	1.065	1.065	0.55	180
M 75	1	1.80	0.53	1.60	0.60	180
M 100	1	1.80	0	2.13	0.65	180



الشكل (1) المخطط الانسيابي للعمل.

4. النتائج والمناقشة

1.4 اختبار تعيين الوزن النوعي الظاهري للركام

- تغسل عينة من الركام الصغير أو الركام الكبير بإزالة الأتربة منه ثم تجفف في فرن تجفيف درجة حرارته تتراوح بين 100_110 درجة مئوية، ثم تبرد العينة في مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات إلى أن يثبت الوزن ولا يكن هذا الوزن (W1).
- في حالة الركام الصغير يسكب ماء درجة حرارته بين 15درجة و25 درجة في قنينة الوزن النوعي بحيث يعلو الى أي علامة مناسبة على الجزء المدرج من القنينة ثم يضاف الركام الصغير إلى داخل القنينة، ويترك مغموراً لمدة ساعة. ويجب إزالة فقاقيع الهواء الموجود وذلك بطرق القنينة طرقا خفيفاً. ويعين حجم الركام الصغير من الفرق بين القراءة الأولى للماء على الجزء المدرج (A). والقراءة الثانية بعد ساعة من إضافة الركام الصغير (B).
- وفي حالة الركام الكبير تصب كمية معلومة الحجم من الماء في وعاء معلوم حجمه وليكن (D). إلى ما يقرب من منتصفه، ثم تضاف كمية من الركام الكبير الجاف ذات وزن معلوم (W2) لتملأ نصف الوعاء تقريباً. ويترك الركام الكبير مغموراً في الماء لمدة ساعة، ويزال الهواء المحبوس بتقليب الماء بعناية بواسطة قضيب ثم تضاف كمية أخرى من الماء إلى أن يمتلأ الوعاء تماماً، ثم يعين حجم الماء المستعمل جميعه وليكن (R).

الوزن النوعي للركام الكبير =W1/(R-D)

الجدول (3) يبين مقدار الوزن النوعي الظاهري للركام الصغير والركام الكبير.

نوع الركام	الوزن النوعي الظاهري للركام
الرمل	2.6
الركام	2.75

2.4 اختبار تعيين التدرج الحبيبي للركام الصغير (الرمل)

يقصد باختبار التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض، أي تعين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام. ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمنخل Sieve Analysis بواسطة مجموعه من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاساً من الأعلى.

الجدول (4) يبين نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الصغير (الرمل).

رقم المنخل	النسبة المئوية المارة للركام الصغير (الرمل)
6.30 mm	100
5.0 mm	100
3.35 mm	100
2.36 mm	99.4
1.18 mm	84.2
600 mic	36
425 mic	20.20
300 mic	12.00
150 mic	2.20

3.4 اختبار تعيين التدرج الحبيبي لمخلفات البلاستيك

تم أجراء هذا الاختبار لتحديد التدرج الحبيبي ومعيار المقاومة والمقاس الاعتباري الأكبر للاستخدام في الخلطات الخراسانية وفق المواصفات الأمريكية (ASTM C136).

الجدول (5) يبين نتائج اختبار التدرج الحبيبي لمخلفات البلاستيك.

رقم المنخل	النسبة المئوية المارة من المخلفات البلاستك
6.30 mm	100
5.0 mm	100
3.35mm	98.20
2.36mm	87.1
1.18 mm	82.50
600 mic	34
425 mic	19.40
300 mic	10.80
150 mic	1.9

نلاحظ من الجدول (4) والجدول (5) ان التدرج الحبيبي للمخلفات البلاستيكية اقل بنسبة 2.87 % من التدرج الحبيبي للركام الصغير (الرمل) وذلك عن طريق اخذ متوسط القيم المتحصل عليها..

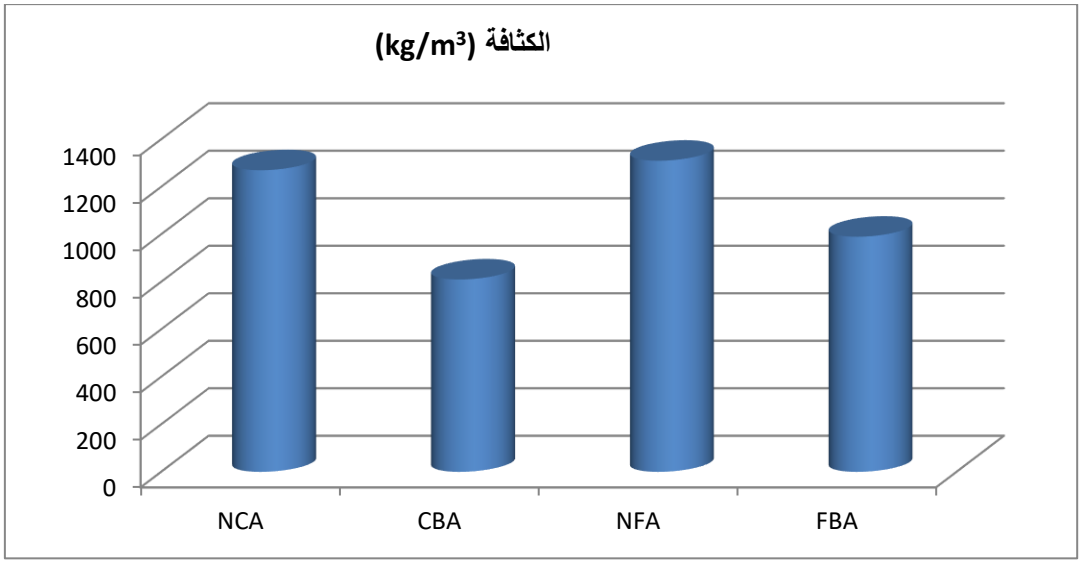
4.4 كثافة الركام

نقوم بحسابه كثافة الركام بأخذ عينة من الركام في المتر المكعب الواحد ونقوم بحسابه وزنها بالكيلو جرام كما بالجدول (6)

الجدول (6) كثافة الركام الكبير والصغير (الطبيعي + مخلفات البلاستيك).

نوع الركام	الكثافة (kg/m^3)	النسبة المئوية
الركام الكبير الطبيعي (NCA)	1270	—
الركام الكبير لمخلفات البلاستك (NSA)	810	36
الركام الصغير (الرمل) الطبيعي (NFA)	1310	—
الركام الصغير لمخلفات البلاستيكية (FSA)	990	24

نـــلاحظ بعد هذه التجربة أن النسبة المئوية للركام الكبير لمخلفات البلاستيك أقل بنسبة 36 % من الركام الكبير الطبيعي المستخدم من المحاجر بمنطقة الجفرة (سوكنه)، وان نسبة الركام الصغير لمخلفات البلاستيك اقل بنسبه 24 % من الركام الصغير (الرمل) كما في الشكل (2).



الشكل (2) كثافة الركام الكبير والصغير (الطبيعي+ مخلفات البلاستيك).

5.4 الاختبارات الطرية للخرسانة ذاتية الرص (SCC)

1.5.4 اختبار الهبوط

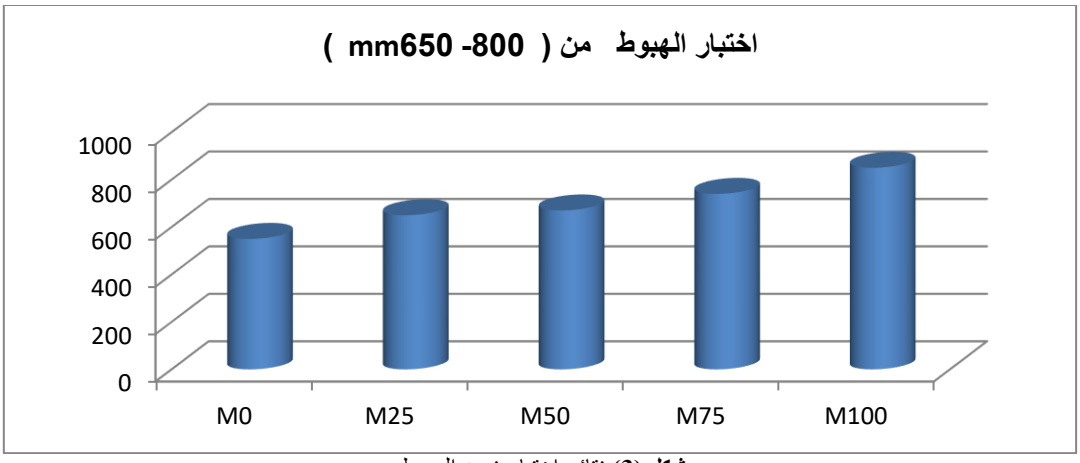
يجرى اختبار الانسياب بوضع الخرسانة الطازجة عقب الخلط مباشرةً داخل مخروط ناقص بأبعاد قياسية موضوع فوق قرص جهاز الانسياب فإذا رفع المخروط تم عرضت الخرسانة للاهتزازات ترددية معينة برفع قرص الجهاز وخفضه لمسافة معينه عده مرات محدده فإن الخرسانة تنساب على القرص حيث يقل الانسياب إذا كان القوام جافاً ويزداد إذا كان مبتلاً ويقاس قطر الخرسانة ثم يحسب مقدار الانسياب عن طريق حساب النسبة المئوية للزيادة التي حدثت لقطر القالب الخراساني عند قاعدته
.[9]

الجدول (7) يبين نتائج اختبار زمن الهبوط.

الخلطات	اختبار الهبوط (800- 650) mm	اختبار زمن الهبوطT50-2) (5sec	التحقق من التجربة
M 0	550	9	لا تحقق
M 25	650	6	لا تحقق
M 50	670	4	تحقق
M 75	740	3	تحقق
M 100	850	2	تحقق

حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C136)، كان المعدل المسموح به بالنسبة لاختبار الهبوط (650 – 800) mm واختبار زمن الهبوط من (2-5) Sec.

نلاحظ من الجدول (7) والشكل (3) انه مع زيادة نسبة المادة المضافة (مخلفات البلاستيك) في الخلطة الخراسانية زيادة في نسبة اختبار الهبوط وانخفاض في معدل زمن الانسياب بالنسبة للخلطة السابقة لها.



شكل (3) نتائج اختبار زمن الهبوط.

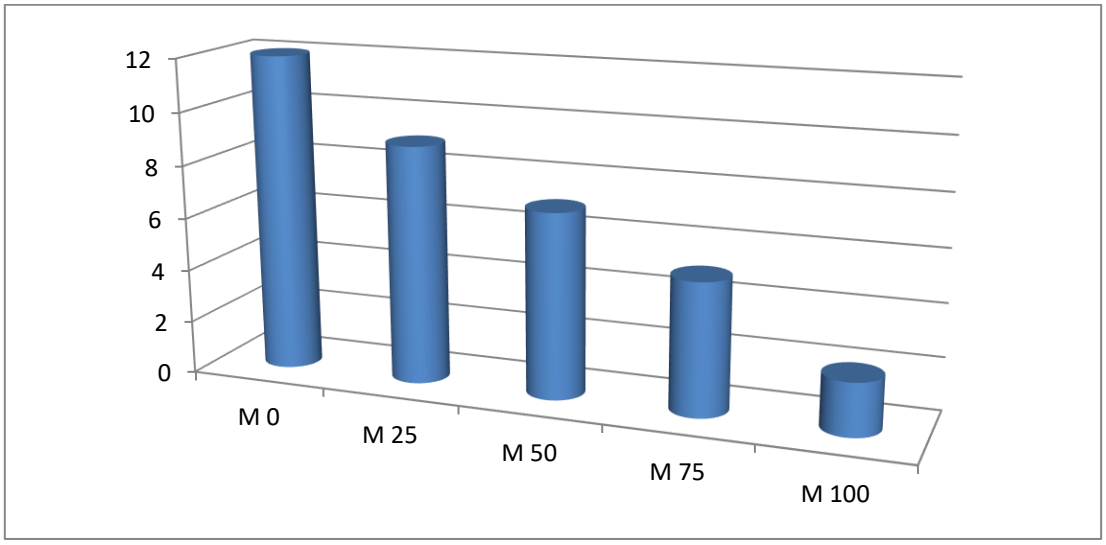
2.5.4 اختبار القمع

الغرض من هذا الاختبار تحديد قوام ومدة مرور الخرسانة من القمع، وأيضا تحديد النسبة المئوية لانسياب الخرسانة وذلك بعد فتح القاعدة، كما موضح في الجدول (8).

الجدول (8) يبين نتائج اختبار القمع زمن الهبوط.

الخلطات	زمن المرور (2 - 10) Sec	التحقق
M 0	12	لا تحقق
M 25	9	تحقق
M 50	7	تحقق
M 75	5	تحقق
M 100	2	تحقق

نلاحظ انه كلما زادة نسبة المادة المضافة زادة سرعة مرور الخرسانة من القمع وبذلك نحصل على أفضل النتائج.



الشكل (4) نتائج اختبار القمع زمن المرور.

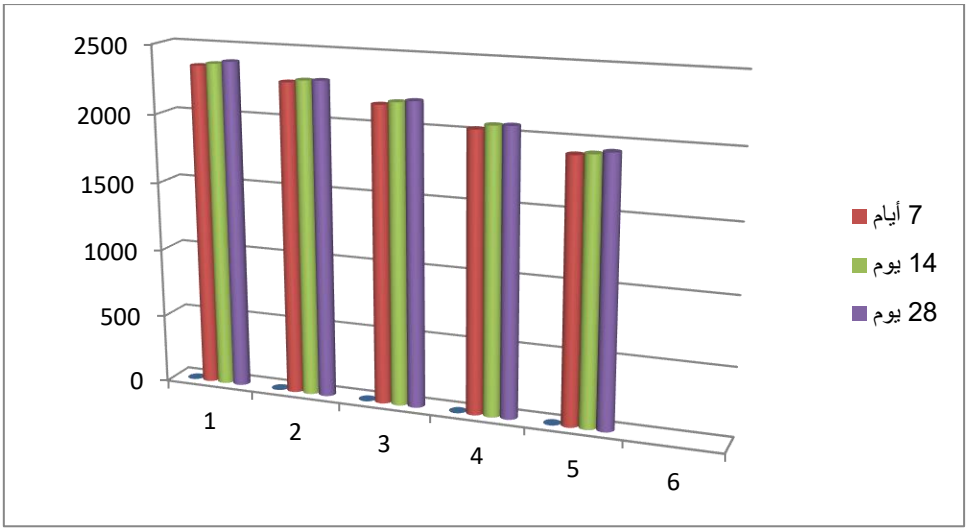
6.4 الاختبارات الميكانيكية

1.6.4 اختبار كثافة الخرسانة

لكي يتم قياس الكثافة في جميع الخلطات للكميات المستخدمة بحيث استخدمنا في كل خلطة خراسانية ثلاث مكعبات ويتم قياس كثافة هذه المكعبات في زمن كل من 7 أيام و14 يوم و28 يوم وكانت النتائج كالتالي كما موضح بالجدول (4. 7)حيث بعد عمل المكعبات تم وضعها في الماء لمدة 28 يوم.

الجدول (9) يبين نتائج اختبار كثافة الخرسانة بالنسبة للفترة الزمنية (7ايام – 14 يوم– 28 يوم).

الخلطات	الكثافة (kg \ m)		
	7 أيام	14 يوم	28 يوم
M 0	2350	2370	2390
M 25	2270	2290	2295
M 50	2155	2180	2195
M 75	2030	2065	2070
M 100	1905	1920	1940



الشكل (5) نتائج اختبار كثافة الخرسانة بالنسبة للفترة الزمنية
(7 ايام – 14 يوم – 28 يوم).

نلاحظ من الجدول (9) أن العلاقة تكون طردية بين كثافة القالب والفترة الزمنية للقالب في المياه بحيث كلما زادت فترة بقاء القالب في المياه كلما زادت كثافة القالب كما موضح بالشكل (5).

2.6.4 اختبار مقاومة الخرسانة للضغط:

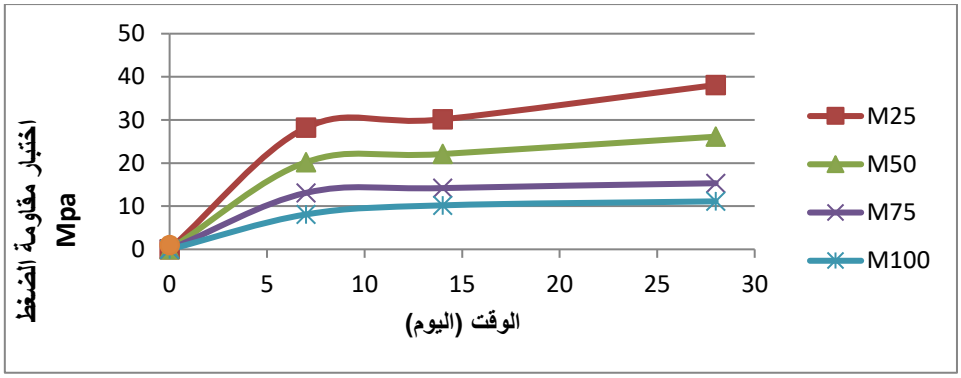
يعتبر اختبار الضغط من أهم الاختبارات الإنشائية لما له من حكم على جودة الخرسانة والمنشأ بوجه عام، وتعتبر الخرسانة أساس قوة المنشآت الهندسية الهيكلية.
ويجب التأكد من مطابقة قوة الضغط للقيم المطلوبة قبل وأثناء وبعد العمل في المنشأ.
يحدد بهذا الاختبار إجهاد الضغط للخرسانة بعد تصلدها ولهذا الاختبار فوائد كثيرة فهو يحدد الآتي:

- تحديد الاجهادات المطلوبة للخرسانة.
- تحديد صلاحية الركام.
- صلاحية باقي مكونات الخرسانة.
- صلاحية الإضافات.

وقد استخدمنا في هذه الدراسة مكعبات ذات ابعاد 100×100×100 (mm) حسب المواصفات الأمريكية (ASTM C138).
توضع العينات بعد فك القوالب في أحواض المعالجة حيث تكون درجة حرارة المياه (°2±27) ويراعى تجديد المياه كل 10 أيام على الأقل للتخلص من زيوت مانع الالتصاق العالقة بالعينات، ويتم حفظ المكعبات في أحواض المعالجة حتى موعد اختبارها بحيث كانت فترة الاختبار7أيام في المرحلة الأولى ولكل خلطة يتم اختبار مكعب واحد وفي المرحلة الثانية قمنا بالاختبار على 14 يوم لجميع الخلطات والمرحلة الثالثة قمنا بالاختبار على 28 يوم وكانت النتائج كما بالجدول (10) .

الجدول (10) نتائج اختبار مقاومة الضغط بالنسبة للفترة الزمنية (7 ايام – 14 يوم -28 يوم).

الخلطات	اختبار مقاومة الضغط بالنسبة للمخلفات البلاستيكية Mpa		
	7 أيام	14 يوم	28 يوم
M0	33.1	36.20	44.90
M25	28.2	30.15	38.10
M50	20.20	22.10	26.12
M75	13.10	14.20	15.33
M100	8.10	10.2	11.13



الشكل (6) نتائج اختبار مقاومة الضغط بالنسبة للفترة الزمنية (7 ايام – 14 يوم – 28 يوم).

نلاحظ من الجدول (10) ان الخلطة M25 تعتبر افضل الخلطات من حيث مقاومة الضغط بالمقارنة مع الخلطات M50 ، M75 ، M100 ، وزيادة معدل مقاومة الضغط للخلطة M0 بالنسبة للخلطة M25 كما موضح بالشكل (6) بحيث يكون معدل الزيادة في 7 ايام و 14 يوم و 28 يوم هو Mpa 4.9 ، Mpa 6.05 ، Mpa 6.8 على الترتيب .

3.6.4 اختبار مقاومة الخرسانة للشد

من المعروف إن الخرسانة العادية (بدون تسليح) لا تقاوم قوة الشد المباشر حيث إن مقاومتها للشد صغيرة بالنسبة لمقاومتها للضغط وذلك بطبيعة ومع ذلك فان للشد أهمية يجب أخذها في عين الاعتبار لان حدوث التشققات ما هو إلا نتيجة لضعف أو لعدم مقاومة الخرسانة للشد وتحدث معظم التشققات نتيجة الانكماش بالجفاف. وتتراوح مقاومة الخرسانة للشد بين 7 و10 % من مقاومة الضغط. حيث تم في هذا الاختبار عند 14 يوم و28 يوم لجميع الخلطات حيث في كل خلطة تم تجهيز عدد 2 من المكعبات وتم اختبارها على مدة 14و28 يوم وكانت النتائج كالتالي كما في الجدول.

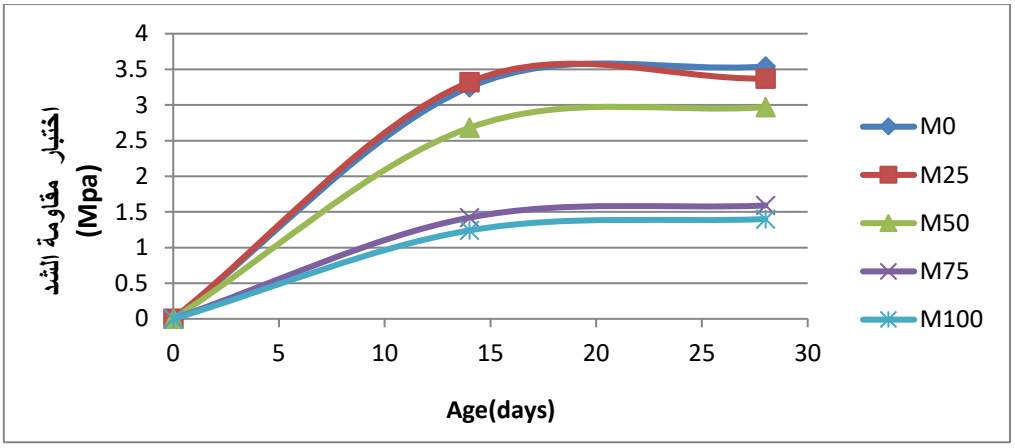
ولقد استخدمنا اسطوانات قطرها 15cm وطولها 30cm وتم وضع عينة الاختبار بين رأسي ماكينة الاختبار في وضع أفقي وعلى جانبيها شريحتين من الخشب بعرض 2cm وبتحديد حمل الضغط المسبب لكسر العينة عند انهيارها يسجل الحمل الأقصى ويسمى هذا الاختبار بالاختبار البرازيلي.

$$Tsp=2p/\pi d$$

Tsp= مقاومة الشد الغير مباشر
P = الحمل الاقصى
d = قطر الاسطوانة
L = طول الاسطوانة

جدول (11) نتائج الحمل الاقصى لاختبار مقاومة الشد الغير مباشر بالنسبة للفترة (14 يوم- 28 يوم).

الخلطات	مقاومة الشد الغير مباشر		مقاومة الشد الغير مباشر Mpa	
	الحمل الأقصى	الحمل الأقصى	14 يوم	28 يوم
	14 يوم	28 يوم		
M0	230.22	250.12	3.25	3.54
M25	235.10	238.4	3.32	3.37
M50	190	210	2.68	2.97
M75	100.33	112.36	1.42	1.59
M100	88.12	99.33	1.24	1.4



الشكل (8) نتائج الحمل الاقصى لاختبار مقاومة الشد الغير مباشر بالنسبة للفترة الزمنية (14 يوم – 28 يوم).

5 التوصيات

من خلال العمل في هذه الورقة نوصي بالنقاط التالية:

1. إعادة تدوير مخلفات البلاستيك بدلاً من التخلص منها بالدفن أو الحرق لان ذلك يساهم في حماية البيئة والاراضي التي تستخدم كمكبات للمخلفات البلاستيكية.
2. استخدام الخرسانة المعززة بالمخلفات البلاستيكية لأنها تساهم في التقليل نسبياً من الاعتماد على الركام الصغير والمحافظة على الموارد الطبيعية والتكاليف التي تنتج من تصنيع البلاستيك.
3. استخدام الخرسانة المعززة بالمخلفات البلاستيكية في المناطق التي تتمتع بمناخ جاف نظرا لقوة تحملها للتشققات ويعود ذلك الى ان الخرسانة المعززة بالمخلفات البلاستيكية اثبتت قدرتها على مقاومة الشد أعلى بالمقارنة بالخرسانة العادية الغير معززة بالمخلفات البلاستيكية.
4. استخدام الخرسانة رقم M25 والتي تحتوي على 25% من نسبة الركام الصغير مخلفات بلاستيكية حيث اثبتت مقاومتها لاختبارات الشد والضغط أعلى من الخلطات الاخرى.
5. في هذا البحث تم استخدام نوع واحد من السمنت وهو السمنت البورتلاندي الاعتيادي ليبي المنشأ المطابق للمواصفة القياسية الأمريكية (ASTM) لذا نوصي باستخدام انواع اخرى من السمنت لإنتاج خرسانة الذاتية الرص.

6 الاستنتاجات

تبين من النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة الملاحظات التالية:

1. كانت النتائج مقبولة بالنسبة للاختبارات الطرية على الخلطات من M0 الخلطة النموذجية الى الخلطة M100 حسب الكود الامريكي ASTM .
2. الخرسانة متجانسة في جميع الخلطات.
3. تم الحصول على قيمة مقبولة في اختبار الشد عند M25 وكانت القيمة هي 3.37 ميجا باسكال مقارنة مع الخلطة النموذجية M0 وكانت القيمة 3.54 ميجا باسكال.
4. بالمقارنة مع الخلطة النموذجية M0 كانت النتائج بالنسبة لاختبار الضغط جداً ضعيفة.

المراجع

1 Markus K., David G., Andreas P., Cecilia H., and Ulrika D. (2014). Everything you (don't) want to know about plastics. Report by; *Aturskyddsforeningen.*

2 Rudolph D. (1975). Additives in Plastic. Environmental Health Perspectives, 11: 35-39.

3 Kbaleel, O. "*The Effect of Coarse Aggregate Properties on the Behavior of Self–Compacting Concrete"* M. Sc. Thesis, Submitted to the Department of Building and Construction Engineering, University of Technology, 2007.

4 Horta A., "*Evaluation of Self – Consolidating Concrete for Bridge structure Applications"* ,M. Sc. Thesis, Georgia Institute of Technology, 2005.

5 Bouzoubaa N. , and Lachemi M. , *"Self – Compacting Concrete Incorporating High – volumes of class F fly Ash : Preliminary Results"* , Cement and Concrete Research ,Vol. 31 , No. 3 , Mar. 2001 , pp. 413 – 420 .

6 أحمد إبراهيم أحمد "*إعادة تدوير البلاستيك :الرؤي والاهداف*" الهيئة السودانية للمواصفات و المقاييس اللجنة الفنية للبلاستيك و المطاط و منتجاتهما (يونيو 2009)
7 ASTM C 136 – 03 "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete" Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials , Vol. 04 – 02 , 2003 .
8 " The European Guidelines for Self – Compacting Concrete ; Specification , Production and Use" , May , 2005 .
9 Tviksta , L.G., "Guide line for SCC", Brite EuRam, Task , End product , (2000) pp. 3–11 .
10 Vachon M. , "ASTM puts Self – Compacting Concrete to the Test" ASTM Standardization News , 2002 .
11 Wusthoiz T. , "Fresh Properties of Self – Compacting Concrete (SCC) " Otto – Graf – Journal Vol. 14 , 2003 .