مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (2) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (2) 2013

تأثير استخدام النفايات البلاستيكية المعاد تدويرها على خصائص المونة الإسمنتية

الدكتور علي خيربك*
علي طوالو**

(تاريخ الإيداع 6 / 1 / 2013. قُبِل للنشر في 11/ 3 / 2013)

∇ ملخّص ∇

تعتبر العمليات الصناعية المولّد الأساسي للنفايات، وقد ساهم الوعي البيئي المتزايد في التركيز على المخاوف المتعلقة بمسألة رمي النفايات. وتعتبر إدارة هذه النفايات أحد المخاوف البيئية الرئيسية في العالم، ومع قلة المساحات اللازمة والمستخدمة لطمر النفايات، بالإضافة إلى كلفة معالجتها العالية، كانت فكرة إعادة استخدام بعض هذه النفايات حلاً بديلاً لمسألة الطمر أو الحرق. وقد ركزت بعض الدراسات على استخدام بعضها كالإطارات التالفة و الألياف الزجاجية و البلاستيك و نواتج احتراق الفحم وغيرها كإضافات للخلطات البيتونية.

يعالج هذا البحث دراسة استخدام أحد أنواع النفايات البلاستيكية (البولي إيتيلين) كمضاف للمونة الإسمنتية، وذلك باستبدال أوزان مكافئة من الرمل في عينة المونة النظامية بالمادة البلاستيكية، ومراقبة مدى تأثيرها على خصائص المونة الإسمنتية من حيث المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف و التشرب الأعظمي بالماء و مقاومة الحرارة المرتفعة. تُظهر نتائج الدراسة انخفاضاً في المقاومة على الشد بالانعطاف و الضغط البسيط مع زيادة نسبة النفايات البلاستيكية، كما تزداد قيمة التشرب بالماء بزيادة نسبة البلاستيك. مع تسجيل نتيجة هامة تتمثل بزيادة ملموسة بالمقاومة على الشد بالانعطاف و الضغط البسيط بعد تعريضها للحرارة المرتفعة.

الكلمات المفتاحية :نفايات بلاستيكية – إعادة استخدام النفايات– خلطات المونة الإسمنتية.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة و إدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية –جامعة تشرين –اللاذقية–سورية.
** مشرف على الأعمال – قسم الهندسة الإنشائية –كلية الهندسة المدنية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (2) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (2) 2013

The effect of using recycled plastic waste on cement mortar property

Dr. Ali KHEIRBEK [*]
Ali TAWALO [**]

(Received 6 / 1 / 2013. Accepted 11 / 3 / 2013)

∇ ABSTRACT ∇

Manufacturing processes are the main source of waste materials, however the increasing awareness about the environment has tremendously contributed to the concerns related with disposal of the generated wastes. Solid waste management is one of the major environmental concerns in the world. With the scarcity of space for land filling and due to its ever increasing cost, waste utilization has become an attractive alternative to disposal. Research is being carried out on the utilization of waste products in concrete. Such waste products include discarded tires, plastic, glass, and coal combustion by-product. This paper presents a detailed review about recycled plastics (polyethylene), as aggregates to cement mortar by replace equivalent weight of sand by plastic in regular specimen and watch its effect on the property of mortar include compressive strength, splitting tensile strength, absorption and heating effect .It is clear that compressive strength, splitting tensile strength decreased with increase in plastic content but this property increases by exposing samples to high temperatures.

Keywords : recycled plastics, reuse of plastic waste, cement mortar mixtures.

[*] **Associate Professor, Department Of Management Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Academic Supervisor, Department Of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة :

أصبح البلاستيك من العناصر المتلازمة والمكملة في حياتنا اليومية. إذ تتزايد كمية الاستهلاك السنوي له بشكل مضطرد، ويعزى هذا النمو الهائل إلى عدة عوامل منها الكثافة المنخفضة، المقاومة، سهولة التصميم والاستعمال، طول مدة البقاء بالإضافة إلى التكلفة المنخفضة.

وقد ازداد استهلاك العالم السنوي من المواد البلاستيكية من 5 مليون طن في عام 1950 إلى 100 مليون طن في عام 2001.

فعلى سبيل المثال بلغت كمية النفايات في المملكة المتحدة في العام 2003 ثلاثة ملايين طن منها نسبة 56% ذات منشأ بلاستيكي. وبحسب تقرير وكالة البيئة عام 2003 فإن 80 % من النفايات البلاستيكية تدفن و 8% منها يحرق و تقدر الكمية المعاد استخدامها (المدورة) بمقدار 7 % فقط. [1].

يعتبر تطوير مواد إنشائية جديدة يستخدم فيها البلاستيك المدور هاماً جداً بالنسبة للمنشآت الهندسية والصناعات البلاستيكية من الناحية الاقتصادية ومن الناحية البيئية، حيث يعتبر حلاً بيئياً فعالاً في حل مشكلة إدارة تلك النفايات ومنها البلاستيك الذي انتشر استخدامه في كثير من التطبيقات والمجالات الحياتية. [2]

1. مزايا استخدام المواد البلاستيكية في قطاع المواد :

يعزى النمو السريع في استخدام البلاستيك إلى خواصه الجيدة التي تتضمن مايلي:[3]

1- تعددية الاستخدام والقدرة على تلبية معظم الحاجات التقنية .
2- الوزن الخفيف مقارنة مع غيرها من المواد المنافسة وهذا بدوره يخفض من استهلاك الوقود أثناء عملية النقل .
3- تعتبر المواد البلاستيكية ذات النوعية آمنة الاستخدام ونظيفة لاستعمالها في تغليف المواد الغذائية .
4- المتانة وطول العمر .
5- المقاومة الجيدة للمواد الكيماوية – الماء- تأثير الصدمات .
6- تتميز بخواص جيدة لعزل الحرارة والكهرباء.
7- كلفة إنتاجها قليلة نسبياً .
8- القدرة على الاندماج مع المواد الأخرى مثل رقائق الألمنيوم – الورق- المواد اللاصقة .
9- شكل جمالي مقبول جداً .

أهمية البحث وأهدافه :

يكمن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة في تبيان سلوك المونة الإسمنتية المعدلة بإضافة نفايات البولي إيتيلين (كاستبدال نسبي من وزن الرمل) ومقارنتها مع عينات نظامية غير معدلة بهدف التوصيف الحقيقي لهذه الإضافات وتأثير ذلك على الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للمونة الإسمنتية مما سيكون له أهمية كبيرة من خلال الاستفادة من هذه المواد بطريقة علمية ومدروسة تسمح من جهة بالتخلص منها و إدارتها، و من جهة أخرى بالحصول على منتج بيتوني بخصائص معينة يمكن استخدامه في أعمال إنشائية مختلفة.

طرائق البحث ومواده :

اعتمد البحث على دراسة نظرية مستفيضة لأنواع البلاستيك الذي يعاد استخدامه في بعض التطبيقات الهندسية في عدد من الدول العربية والأجنبية. وتم الاستفادة من بعض هذه التجارب في إغناء هذا البحث التجريبي الذي تم إجراؤه في مخابر كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين وباستخدام مواد محلية خلال صيف العام2012.

1. مواصفات المواد الداخلة في خلطات المونة الإسمنتية :

استُخدمت في البحث لتحضير الخلطات البيتونية المختلفة المواد التالية :

a) إسمنت بورتلاندي عادي أسود تصنيف I صنع معمل إسمنت طرطوس مُصنَّع وفق المواصفة السورية رقم 1987/63 بصنف 32.5 .

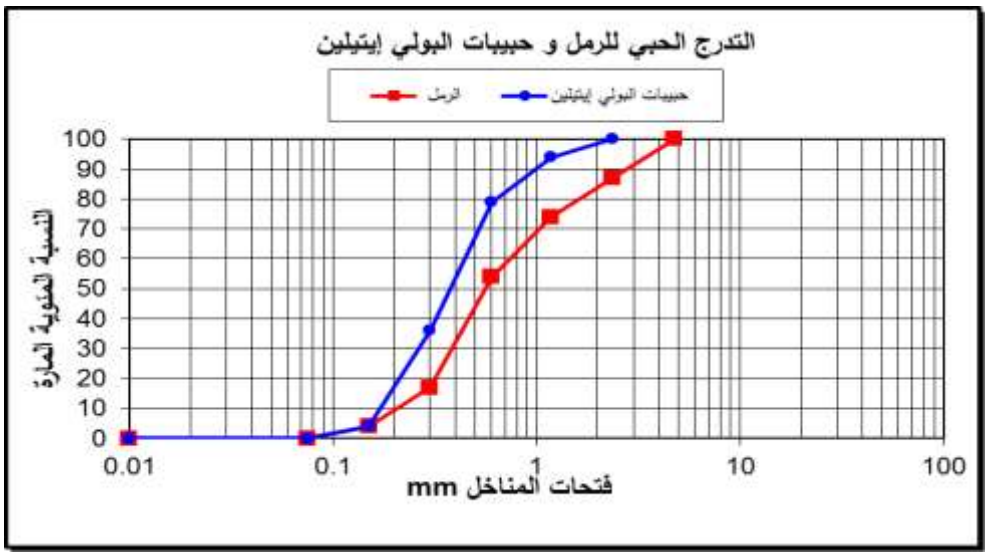
b) ماء للجبل قابل للشرب.

c) رمل مزيج مكون من رمل نهري من مقالع مرقية (منطقة بانياس) و ناعم من مقالع منطقة القريتين (رمل قرواني) للحصول على مزيج رملي بمعامل نعومة قدره Mf=2.5 ، و قيمة متوسطة للمكافئ الرملي ES=98%. حصلنا عليها بعد الغسل، و وزن حجمي صلب ρs=2.64g/cm3.

d) حبيبات من البولي إيتيلين المطحون : تم الحصول عليه من إحدى معامل تدوير النفايات البلاستيكية. نبين فيما يلي خصائص هذه المادة التي تم الحصول عليها من خلال الاختبارات المجراة عليها في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين.

الوزن الحجمي الصلب:	$\rho s=0.9g/cm^3$
المقاومة على الشد المباشر :	$\sigma_t=250:Kg/cm^2$
درجة الذوبان:	$t=120°C$
معامل النعومة:	$Mf=1.87$

نبين فيما يلي منحنيي التحليل الحبي لعينتي مطحون المادة البلاستيكية من البولي إيتيلين و عينة الرمل المستخدم في البحث:



الشكل (1) منحنيات التدرج الحبي للمادة البلاستيكية و الرمل

2. تصميم خلطات المونة الإسمنتية :

استخدمت المواد الموصفة سابقاً في صناعة عينات المونة الإسمنتية مختلفة التركيب (مع و بدون حبيبات من البولي إيتيلين). تمت عملية التحضير باستخدام خلاط المونة الإسمنتية الخاص في مخبر تجريب المواد في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، و بشكلٍ موحد لجميع العينات وفق التسلسل التالي [4]:

- وزن المواد (رمل – إسمنت – ماء – حبيبات بولي إيتيلين) بدقة وبشكل منفصل.
- وضع الماء في الخلاط بهدوء (الخلاط متوقف).
- وضع الإسمنت في الخلاط (الخلاط متوقف).
- تشغيل الخلاط بسرعةٍ بطيئة (140 دورة/دقيقة)، مدة 15 sec.
- إضافة الرمل (أو خليط الرمل مع حبيبات البولي إيتيلين).
- ترك الخلاط يدور بسرعة بطيئة (140 دورة/دقيقة)، مدة 30 sec.
- إيقاف الخلاط و تحريك المواد يدوياً لنزع ما التصق في قعر وعاء الخلط .
- إعادة الخلاط للدوران بسرعة (285 دورة/دقيقة)، مدة 30 sec ثمّ ببطء مدة 15 sec.

تم تحضير مجموعة من العينات الموشورية ذات الأبعاد 4*4*16cm و ذلك بتراكيب مختلفة بحسب نسبة المادة البلاستيكية المضافة للخلطة كنسبة مئوية تستبدل وزناً من محتوى الرمل.

بلغ عدد العينات المصبوبة ثلاثين عينة موشورية من جميع الخلطات التي شملت خمس تراكيب اختلفت فيما بينها بمحتواها من حبيبات البولي إيتيلين.

يبين الجدول (1) تراكيب هذه الخلطات حيث تدل الرموز M0, M2, M5, M10, M20 على نسب الاستبدال الوزني للرمل بحبيبات البولي إيتيلين للخلطات.

رمز الخلطة	نسبة الاستبدال وزناً	وزن الرمل (g)	وزن البولي إيتيلين (g)	وزن الإسمنت (g)	وزن الماء (g)
M0	0%	1500	0	500	250
M2	2%	1470	30	500	250
M5	5%	1425	75	500	250
M10	10%	1350	150	500	250
M20	20%	1200	300	500	250

الجدول (1) التركيب الوزني لخلطات المونة الإسمنتية

النتائج و المناقشة :

تم إجراء سلسلة من الاختبارات على العينات المختلفة من خلطات المونة الإسمنتية مع و بدون استبدال و ذلك لقياس تأثير استبدال الرمل بحبيبات البولي إيتيلين على الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية للمونة الإسمنتية.

شملت سلسلة الاختبارات المجراة على العينات ما يلي:

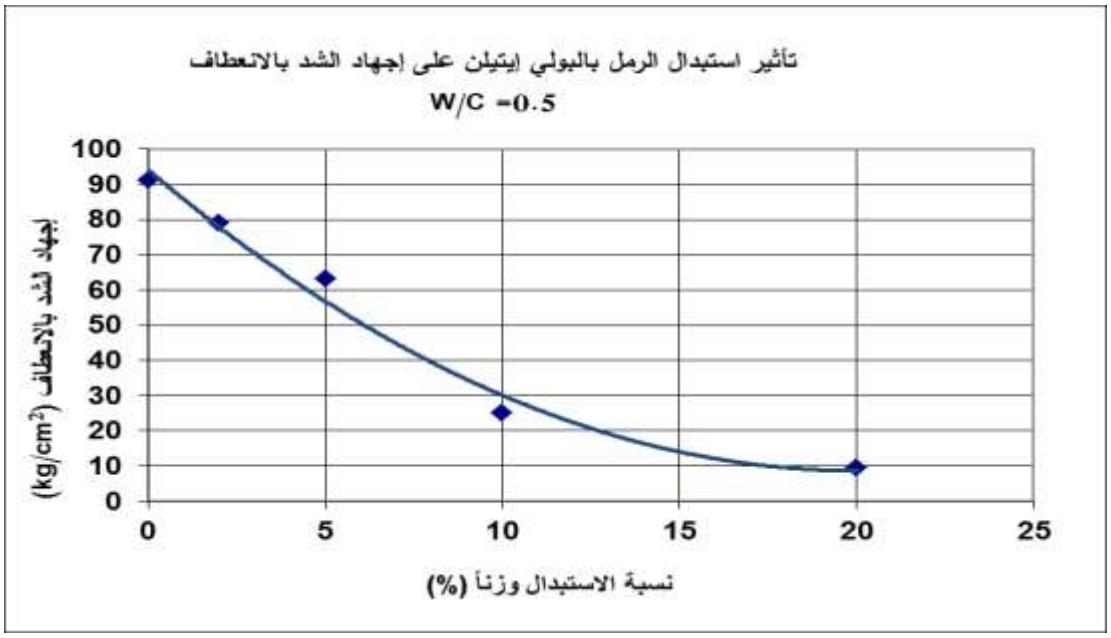
- المقاومة على الشد بالانعطاف.
- المقاومة على الضغط البسيط.

- قياس الوزن الحجمي.
- قياس امتصاص الماء الأعظمي.
- التأثر بدرجات الحرارة المرتفعة.

1. تأثير الاستبدال على المقاومة على الشد بالانعطاف :

أجريت جميع اختبارات قياس الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية للخلطات المحضرة بعمر الـ 28 يوم، و المحفوظة مغمورة بالماء بعد فكها من القالب مباشرة، و بدرجة حرارة 20±2°C .

يبين الشكل (3) تأثير استبدال الرمل بحبيبات البولي إيتيلين على مقاومة المونة الإسمنتية على الشد بالانعطاف.



الشكل (2) تأثير استبدال الرمل بالبولي إيتيلن على إجهاد الشد بالانعطاف.

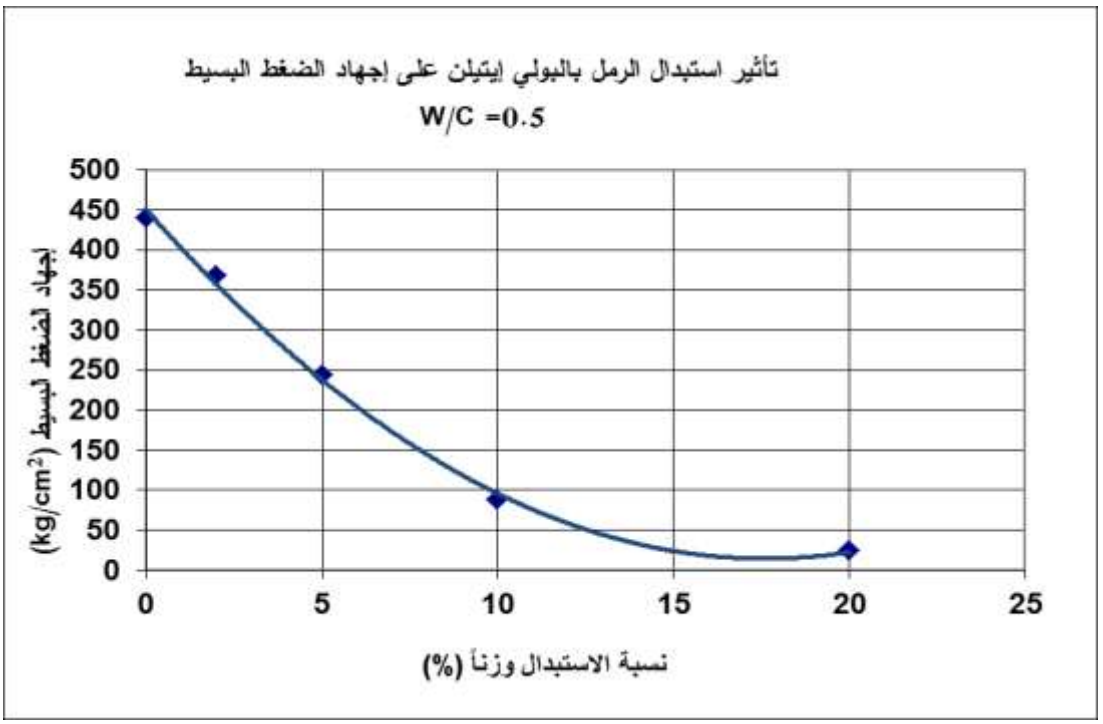
تمثل كل نقطة من نقاط المنحني وسطي قيمة إجهاد الشد بالانعطاف لثلاث عينات متماثلة (عينات الموشورية ذات أبعاد 4*4*16cm).

يبدو من منحني الشكل (2) نقصان قيم المقاومة على الشد بالانعطاف بشكل واضح مع زيادة نسبة الاستبدال الوزني بالبولي إيتيلين في الخلطة. كما يبدو أن قيم المقاومة تنخفض من حوالي $90kg/cm^2$ بدون استبدال إلى حوالي الـ $10kg/cm^2$ عند نسبة الاستبدال 20% و التي تشكل القيمة القصوى للاستبدال.

يُعزى ذلك إلى الترابط الضعيف بين حبيبات البلاستيك والعجينة الإسمنتية الرابطة مقارنة بترابط العجينة مع حبيبات الرمل. كما تبدو النتائج متوافقة مع أبحاث مماثلة سابقة [5].

2. تأثير الاستبدال على المقاومة على الضغط البسيط:

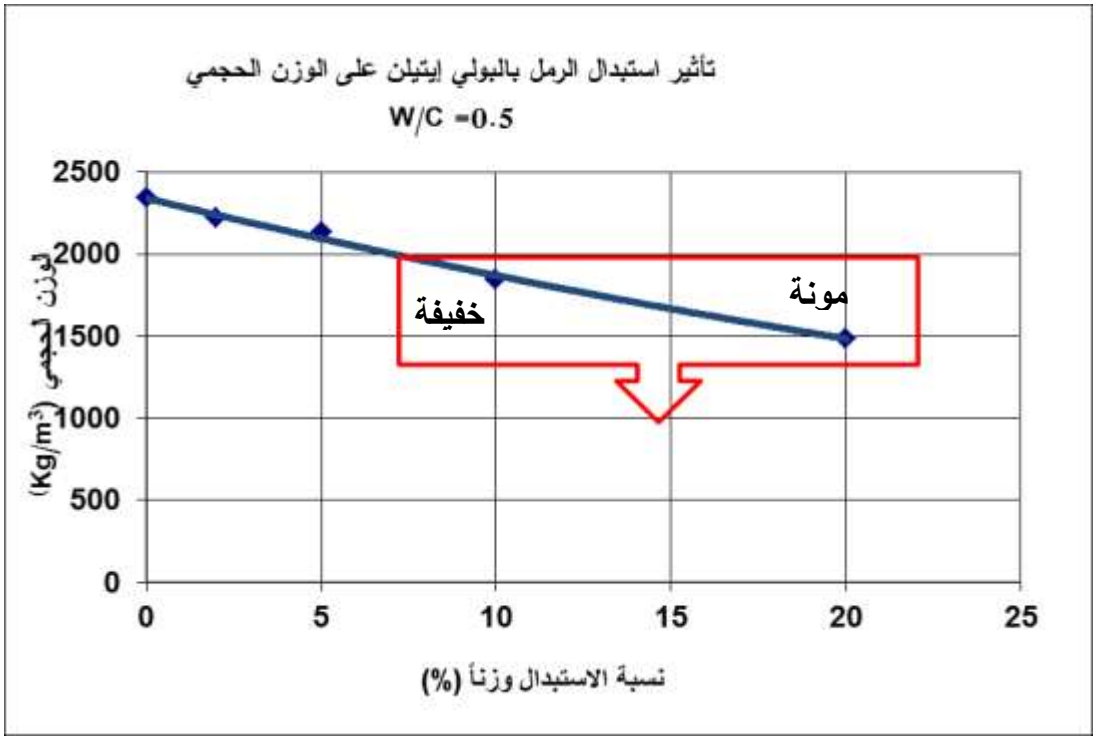
يبين المنحني في الشكل (3) الانخفاض الواضح في قيم المقاومة على الضغط البسيط مع زيادة نسبة الاستبدال الوزني بالبولي إيتيلين في الخلطة.كما يبدو تأثر المقاومة على الضغط البسيط أكثر حدة إذ أن العينات تفقد ما يقارب 95% من مقاومتها على الضغط البسيط عند نسبة الاستبدال 20%، مقابل فقدان 89% من المقاومة على الشد بالانعطاف عند نسبة الاستبدال ذاتها. و هو ما يبدو متوافقاً أيضاً مع نتائج الأبحاث السابقة المجراة على استخدام الإضافات البلاستيكية في صناعة البيتون [7 - 6]



الشكل (3) تأثير استبدال الرمل بالبولي إيتيلن على إجهاد الضغط البسيط.

3. تأثير الاستبدال على الوزن الحجمي:

يساهم الوزن النوعي المنخفض لمادة البلاستيك $\rho s=0.9g/cm^3$ في إنقاص الوزن الحجمي للخلطة كلما زادت نسبة استبدال الرمل [9 - 8]. يبين الشكل (4) الأثر الإيجابي لاستبدال الرمل نسبياً بحبيبات البلاستيك و الذي يتمثل بانخفاض الوزن الحجمي للمونة المعدلة بحبيبات البولي إيتيلين مع نسب الاستبدال. تفقد العينات ما يقارب 36% من وزنها الحجمي عند نسبة الاستبدال 20%، و هو ما يتمثل بالحصول على مونة خفيفة يصل وزنها الحجمي إلى ما دون الـ $1500Kg/m^3$، مع إمكانية الدخول إلى شريحة المونة الخفيفة اعتباراً من نسبة الاستبدال 10% و التي تمثل القيمة التي نبدأ عندها بالحصول على مونة خفيفة ($\rho<2000Kg/m^3$).



الشكل (4) تأثير استبدال الرمل بالبولي إيتيلن على الوزن الحجمي.

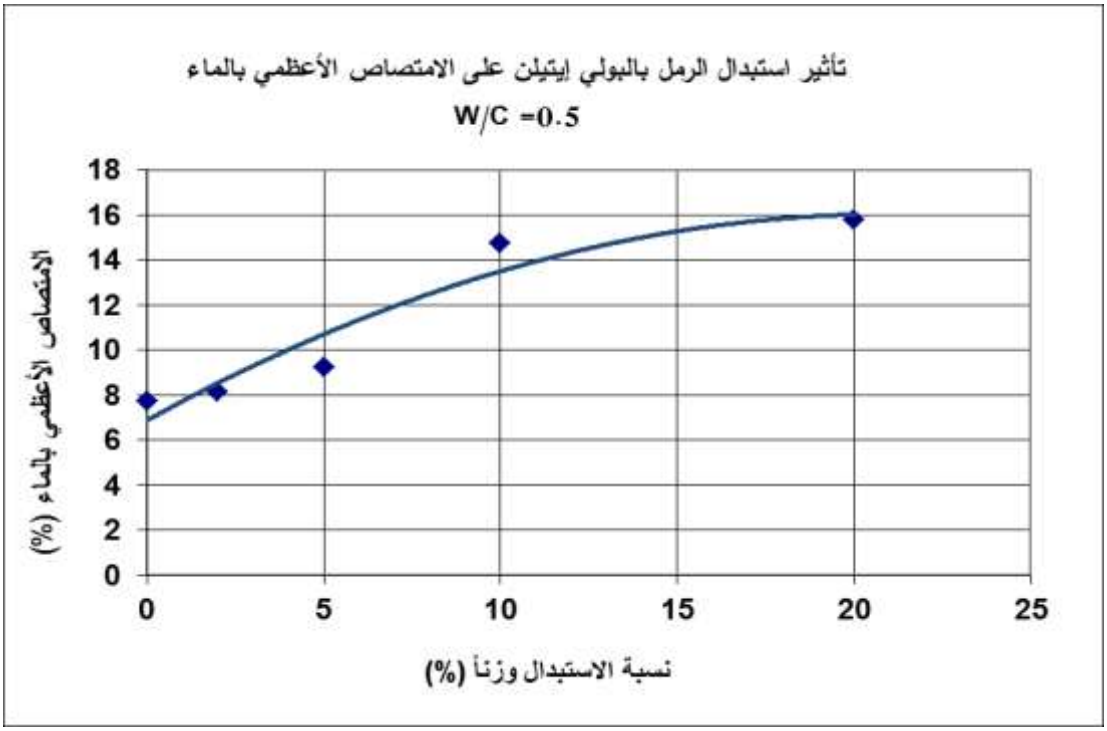
4. تأثير الاستبدال على امتصاص الماء الأعظمي:

تم ذلك بغمر العينات الموشورية ذات التراكيب المختلفة بالماء حتى ثبات وزنها لتتشرب الماء بشكل أعظمي، ثم قياس وزنها المشبع، ثم تجفيفها حتى ثبات وزنها بدرجة حرارة t=105°C و حساب تشربها الأعظمي بالماء كنسبة مئوية من العلاقة :

الامتصاص الأعظمي = (الوزن المشبع – الوزن الجاف)/(الوزن الجاف)

يبين الشكل (5) تأثر امتصاص المونة الأعظمي بالماء عند استبدال الرمل نسبياً بحبيبات البولي إيتيلين، يتوافق هذا التأثر مع مواصفات المونة الخفيفة التي يزداد تشربها بالماء مع نقصان وزنها الحجمي بفعل الالتصاق الضعيف بين الجزيئات البلاستيكية وجزيئات الرابط مما سيتيح للماء بالتغلغل من خلال الفراغات على السطوح الفاصلة بين جزيئات البلاستيك جزيئات الرابط. و هو ما يُلاحظ على منحني الشكل (5) الذي يبدي زيادة في الامتصاص الأعظمي بالماء حتى نسبة الاستبدال 20%.

يبدو من المنحني رقم (5) أن زيادة الامتصاص قد تتضاعف عندما تتجاوز زيادة نسبة الاستبدال الوزني بالبولي إيتيلين في الخلطة القيمة 15%.



الشكل (5) تأثير استبدال الرمل بالبولي إيتيلين على الامتصاص الأعظمي للماء.

5. تأثير الاستبدال على خصائص المونة بدرجات الحرارة المرتفعة:

تم لهذا الغرض تعريض عينات المونة الإسمنتية بتراكيبها المختلفة بحسب نسب الاستبدال إلى تسخين و تبريد بين الدرجتين 20 و 200 درجة مئوية.

تم الانتقال الحراري بين الدرجة 20 و الدرجة 200 بشكل متدرج و خلال ساعة من الزمن، لتترك بعدها العينات لمدة ساعتين إضافيتين عند الدرجة 200 درجة مئوية، ثم تُترك لتبرد بشكل تدريجي معاكس لبرنامج التسخين و ذلك بين الدرجتين 200 و 20 درجة مئوية و اختبارها في اليوم التالي.

تم اختيار الدرجة 200 درجة مئوية باعتبارها درجة اختبار الثبات الحراري لمادة البولي إيتيلين حيث تكون المادة ذائبة و غير متأكسدة، كذلك يمكن للمونة الإسمنتية تحمل هذه الدرجة دون أن تتخرب.

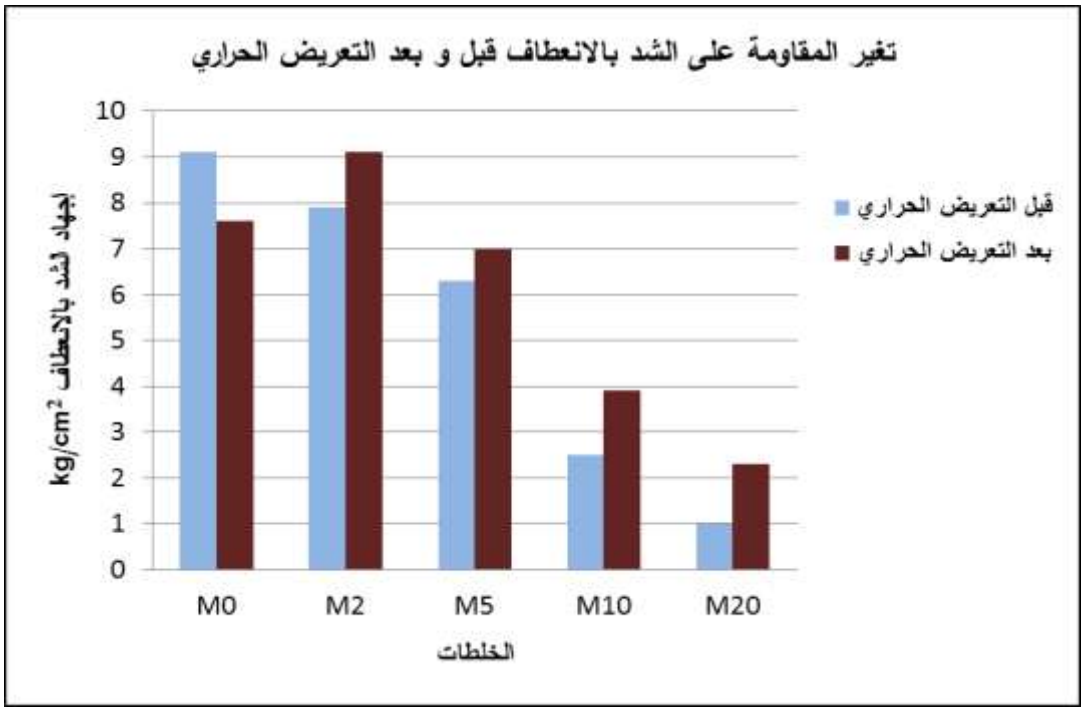
اختُبرت العينات المعرضة للتسخين و التبريد وفق الآلية السابقة لتحديد تأثر خصائصها الميكانيكية و الفيزيائية بالحرارة المرتفعة.

5. 1. تأثير الحرارة المرتفعة على مقاومة المونة للشد بالانعطاف:

تظهر نتائج الاختبارات على المونة الإسمنتية المعدلة بحبيبات البولي إيتيلين أن المونة تعود و تكتسب مقاومة على الشد بالانعطاف بعد تعريضها للتسخين و التبريد وفق الآلية الموضحة سابقاً.

يوضح الشكل (6) المقاومة المكتسبة على الشد بالانعطاف بعد تعريض العينات للحرارة المرتفعة و تبريدها و ذلك بالنسبة للخلطات التي تحوي في تركيبها حبيبات البولي إيتيلين بنسب استبدال مختلفة.

كما يبين الجدول (2) نسب زيادة المقاومة التي تسجل أعلى القيم عند نسب الاستبدال 10 و 20%.



الشكل (6) تغير المقاومة على الشد بالانعطاف قبل التعريض الحراري وبعده.

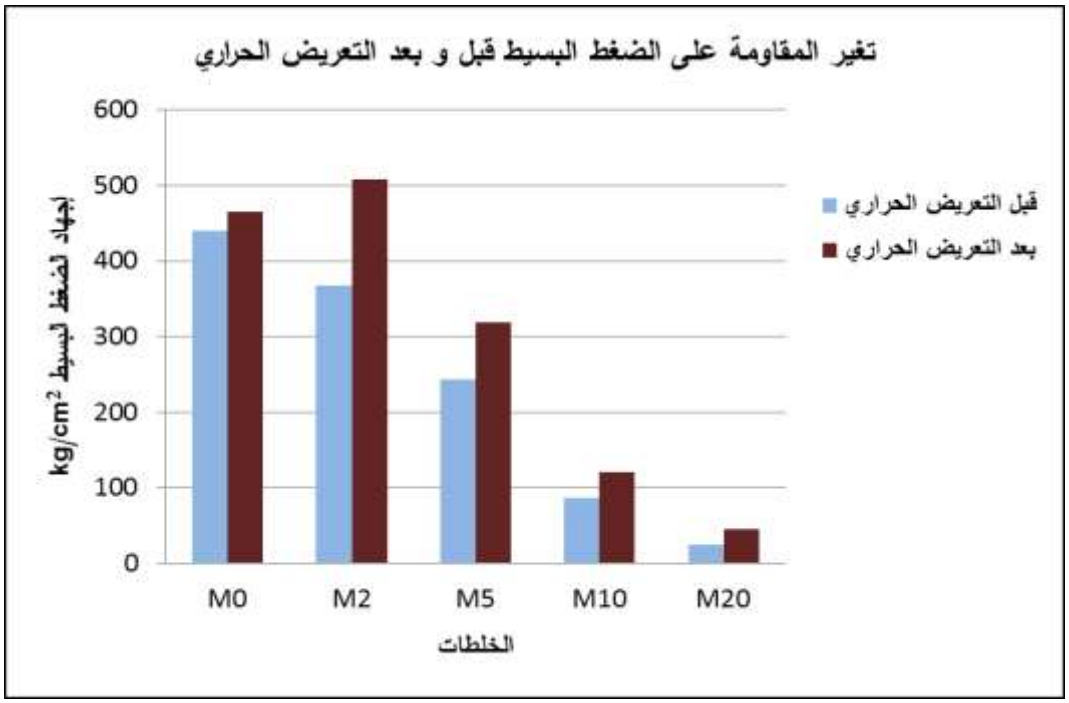
الخلطة	الشد بالانعطاف بدون تعريض حراري (kg/cm^2)	الشد بالانعطاف مع تعريض حراري (kg/cm^2)	نسبة تغير المقاومة بعد التعريض للحرارة (%)
M0	91	76	-16.5
M2	79	91	15.2
M5	63	70	11.1
M10	25	39	56.0
M20	10	23	130.0

الجدول (2) تغير المقاومة على الشد بالانعطاف قبل التعريض الحراري وبعده

5. 2. تأثير الحرارة المرتفعة على مقاومة المونة للضغط البسيط:

تظهر نتائج الاختبارات على المونة الإسمنتية المعدلة بحبيبات البولي إيتيلين أن المونة تعود و تكتسب مقاومة على الضغط البسيط بعد تعريضها للتسخين و التبريد وفق الآلية الموضحة سابقاً.

يظهر على الشكل (7) و الجدول 3 سلوكاً مماثلاً بالنسبة للضغط البسيط مقارنة بالزيادات المسجلة على قيم المقاومة المكتسبة على الشد بالانعطاف بعد تعريض العينات للحرارة المرتفعة و تبريدها و ذلك بالنسبة إلى الخلطات التي تحوي في تركيبها حبيبات البولي إيتيلين بنسب استبدال مختلفة.



الشكل (7) تغير المقاومة على الضغط البسيط قبل التعريض الحراري وبعده.

الخلطة	الضغط البسيط بدون تعريض حراري (kg/cm^2)	الضغط البسيط مع تعريض حراري (kg/cm^2)	نسبة تغير المقاومة بعد التعريض للحرارة (%)
M0	440	465	5.7
M2	368	508	38.0
M5	244	318	30.3
M10	87	120	37.9
M20	24	45	87.5

الجدول (3) تغير المقاومة على الضغط البسيط قبل التعريض الحراري وبعده

بعد قراءة النتائج المعروضة و تحليلها نرى أن استخدام النفايات البلاستيكية كمادة مستبدلة جزئياً للرمل في خلطات المونة الإسمنتية قد حقق فائدتين هامتين تكمن الأولى في المساهمة بالحصول على مونة خفيفة نسبياً إذا ما تجاوزت نسبة الاستبدال القيمة 10%، حيث تبين أن قيمة الوزن الحجمي للمونة الإسمنتية يمكن أن تنخفض إلى ما دون الـ $1500kg/m^3$. أما الفائدة الأخرى و الهامة فهي إمكانية رفع المقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف بعد صب العينات و تصلبها و ذلك بتعريضها لتسخين بينت النتائج أنه يكسبها مقاومات إضافية و بنسب هامة قد تصل إلى ضعفي المقاومة الأساسية قبل التعريض الحراري.

أما الخصائص الميكانيكية الأساسية كالمقاومة على الضغط البسيط و الشد بالانعطاف فتنخفض بشكل واضح كلما زادت نسبة الاستبدال، و تزداد معها بشكل طبيعي قيم الامتصاص الأعظمي بالماء. أي أن هناك انخفاض واضح في الكفاءة الميكانيكية للمونة الإسمنتية كلما زادت نسب الاستبدال، مع تسجيل قيم مقبولة للمقاومة على الضغط البسيط عند نسبة الاستبدال 5% بحدود الـ $245kg/cm^2$ و هي قيمة تسمح باستثمار المونة المعدلة في المنشآت الهندسية.

الاستنتاجات و التوصيات :

- تدل النتائج الأولية للبحث على أن المونة الإسمنتية تصلح لطمر النفايات البلاستيكية بشكل جيد، و يمكنها أن تقدم على الرغم من انخفاض كفاءتها عند زيادة نسب استبدال الرمل بحبيبات البولي إيتيلين منتجات خفيفة ذات متانة مقبولة تصلح للعديد من الأغراض الهندسية كالقواطع المعمارية و فواصل العزل و الأرضيات غير المعرضة للإجهادات العالية و اللبنات الإسمنتية المفرغة و المصمتة.
- سيساهم استخدام هذه المنتجات البلاستيكية في صناعة المونة و البيتون في تقديم حلول بديلة ملائمة بيئياً واقتصادياً مقارنة بالحرق أو الدفن عندما تُطرح مشكلة التخلص من النفايات البلاستيكية.
- تبدو النتيجة الهامة التي حصلنا عليها عند تعريض المونة التي تحوي في تركيبها على حبيبات بولي إيتيلين للحرارة مشجعة جداً، و التي تثبت إمكانية استعادة جزء هام من المقاومة على الضغط أو الشد. و هذا ما سيسمح بفتح آفاق جديدة حول تقنيات صناعة البيتون مسبق الصنع، و تعديل شروط النضج بالحرارة التي تسرع عادة عمليات الإماهة و تسمح بالحصول على مقاومات مبكرة عالية تفيد في استثمار العناصر بسرعة بعد إنتاجها. إذ سيسمح إدخال المواد البلاستيكية في صناعة البيتون أو المونة الإسمنتية في كسب مقاومات إضافية في الأعمار المبكرة عند تعديل شروط المعالجة الحرارية للعناصر مسبقة الصنع الحاوية في تركيبها على نفايات بلاستيكية.
- من المهم دراسة ظاهرة كسب المقاومة بعد التعريض الحراري على البيتون، و سيكون عند ذلك متاحاً استخدام نفايات بلاستيكية أكبر حجماً من الحبيبات المستخدمة في المونة الإسمنتية. مما سيخفض من نفقات إدارة النفايات البلاستيكية إذا ما أظهرت النتائج على البيتون زيادات ممكنة في المقاومات بعد التعريض الحراري بنسب تقارب النسب التي بينتها نتائج هذا البحث على المونة الإسمنتية المعدلة بحبيبات البولي إيتيلين.

المراجع :

1. BABOO, R. , RUSHAD, S. , BHAVESH, K. , DUGGAL, S. , K. *Study of waste plastic mix concrete with plastcizer*, National Institute of Technology patna, India, vol.2012, Article ID469272, 5.
2. KHATIB, J. , KAUR, I. *Use of recycled plastic in concrete*, Elservier, India, 2008, 1835-1852.
3. PEZZI, L. , LUCA, P.D. , VUONO, D. , CHIAPPETTA, F. , NASTRO, A. *Concrete products with waste plastic material (bottle, glass, plate)*, Materials Science Forum, 2006, vol. 514-516, no.2, 1753-1757.

4. خيربك، علي. *أثر الاستخدام الأمثل للملدنات على مواصفات المونة الإسمنتية في الحالة الطرية والصلبة*، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية– سلسلة العلوم الهندسية، جامعة تشرين، المجلد (30) العدد (1) 2008، 29 – 39.

5. MARZOUK, O.Y. , DHEILLY, R.M. , QUENEUDEC, M. *Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites*, wast management, 2007, vol.27, 310-318.
6 GUPTA, E. *Study of the use of plastic from municipal solid waste in concrete as a disposal technique*, department of civil Engineering, New Delhi, India, 2006. 310.
7. BATAYNEH, M. , MARIE, I. ASI, I. *Use of selected waste materials in concrete mixes*, Waste Management, 2007, vol. 27, no.12, 1870-1876.
8. REBEIZ, K. *Recycling Plastics in The Construction Industry*, Waste Age, Feb. 1992, Vol. 23, 35-37.
9. MEHTA, P. K. *Concrete Structure Properties and Materials*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1986. 362.