تأثير البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة

د. ندى مهدي الجيلاوي
استاذ
كلية الهندسة / جامعة بغداد

هديل ابراهيم احمد
مدرس مساعد
معهد التكنولوجيا / هيئة التعليم التقني

الخلاصة

ان تزايد استخدام اللدائن البلاستيكية في مختلف جوانب الحياة العصرية اسفر عن توفر كم هائل من مخلفاتها وبما يؤثر بشكل سلبي على البيئة و الانسان . لذا كان لابد من ايجاد حلول لمعالجة هذه المخلفات وبما يضمن الاستفادة منها وكأحد هذه الحلول محاولة استخدامها الخلطة الخرسانية .

تم في هذا البحث استخدام الفحوصات المختبرية لإنتاج خرسانة حاوية على مثروم البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة وقد استخدم بمقدار (5 ، 10 ، 15) % كنسبة استبدال جزئي من حجم الرمل وذلك للحصول على خرسانة اخف وزناً وذات مقاومة انضغاط جيدة فضلاً عن فوائد اخرى مثل تحسين امكانية ضخ الخرسانة وتقليل سرعة فقدان الخرسانة لقابلية تشغيلها كون ان هذا البوليمر مادة غير قابلة لامتصاص الماء والاستفادة ايضاً من هذه المخلفات الضارة بشكل ايجابي يحقق فوائد للبيئة و الانسان على حد سواء .

الكلمات الرئيسيـــة : الخرسانـــة , البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعـــة , البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضـــة , مقاومـــة الانضغاط , الكثافة .

Effect of high and low density polyethylene on some mechanical properties of concrete

Prof.Nada Mahdi Algalawi
College of Engineering-Baghdad University
Email : naljalawi @yahoo.com

Assist Lecturer.Hadel Ibraheem Ahmad
Institute of Technology-Foundation of Technical Education
Email : hadeel_ebraheem @yahoo.com

ABSTRACT

The increasing use of plastics in various aspects of modern life resulted in the availability of enormous amount of wastes, including a negative effect on the environment and humans. So it is necessary to find solutions to deal with these wastes and ensure to use them as solutions to use in concrete mix .

In this research the production of concrete containing high and low density polyethylene has been used by (5, 10, 15)% as a replacement of part of the volume of sand, so as to obtain concrete good compressive strength as well as other benefits such as improved possibility of pumping concrete and reduce the loss of concrete for workability polymer is a material that is non-absorbable of water . It is also intended to dispose of these wastes positively to achieve benefits to the environment and humans alike .

Keywords : Concrete , High Density Polyethylene , Low Density Polyethylene ,Compressive Strength , Density .

1. المقدمة

الخرسانة تعبير إنشائي مكون من خليط متدرج من الركام مثل الحصى والرمل المترابطة حبيباته بواسطة مادة رابطة وهذه المواد الرابطة يمكن ان تكون مواد غير عضوية مثل السمنت و كما يمكن تسمية الخرسانة طبقاً لنوع الحصى المستخدم مثل الخرسانة الخفيفة والثقيلة وعادة يطلق اسم الخرسانة على الخرسانة السمنتية التي يدخل في تركيبها السمنت والركام والماء .

تعتبر الخرسانة هي المادة الوحيدة التي يمكن ان تفي باحتياجات الانشاءات من الوحدات السكنية الصغيرة والبسيطة الى الهياكل الكبيرة والمعقدة ومن المعروف ان استعمالات الخرسانة لا تقتصر على المباني و انما تمتد الى انشاء السدود والطرق والجسور والمطارات وكذلك في مشاريع الري والصرف والموانئ وغير ذلك مما لا يمكن حصره وتعتبر صناعة الخرسانة وخاصة في المنشأت الصغيرة المحدودة من اهم العوامل التي ادت الى انتشار الانشاء في مجال المباني السكنية حيث لا توجد مادة بديلة يمكن ان تستوعب وتخدم هذا الانتشار العمراني الكبير الذي يحدث في جميع انحاء العالم ، الا ان مادة الخرسانة يمكن ان تصنع بمهارات بسيطة من خلال التفاعل الكيميائي (Hydration) فان العجينة تتصلب وتكتسب قوة لتشكل كتلة كالصخرة ولها خصائص تتحدد بجودة العجينة السمنتية المستخدمة ، وقوة الخرسانة تعتمد على نسبة الماء الى السمنت (w\c) في العجينة ولكن معظم انواع الخلطات تحوي اضافات عديدة ذات تأثير هام على مواصفاتها ، وللحصول على افضل المواصفات يجب ان تستعمل الاضافات المناسبة في المكان المناسب ، ومن المهم معرفة كل الاثار الممكنة لأنها يمكن ان تغير من سلوك الخرسانة المطلوبة وربما يكون ضرورياً تعديل اسلوب الصب ليكون ملائماً للصفات المميزة المطلوبة (**الخلف و يوسف ، 1982**) (**ليفون ، ساكو ،1983**) .

2. تطور علم وتكنولوجيا البوليمرات (اللدائن)

يتزايد استعمال منتجات اللدائن في مختلف جوانب الحياة العصرية بصور و اشكال مختلفة يصعب حصرها وتحديدها سواء بشكل مواد ومنتجات بلاستيكية او مطاطية او الياف تركيبية وصناعية و خلائط بوليمرية ذات خصائص تتفوق كثيراً على المعادن والمواد التقليدية المعروفة ، وبدأت تحل تدريجياً محل الكثير من المواد في مجالات مختلفة مثل الملبس والسكن والنقل والتجهيزات المنزلية و الاثاث ، وفي الكثير من اجزاء السيارات والطائرات والمعدات المختلفة ، وحيث كانت المادة الاشارة الدالة على عصور التقدم في الحضارة البشرية وكثيراً ما سميت العصور بأسمائها مثل الحجر والقصدير والبرونز والحديد والفولاذ ، فان الاعتقاد يسود في العالم بأننا مقبلون على عصر اللدائن ، وان عالم الغد ستغزو فيه البوليمرات ومنتجاتها العديد من جوانب حياتنا وتلبي متطلبات التقدم ، مثل الكثير من العلوم ، وكان للطبيعة الفضل الاول في تطور البوليمرات (اللدائن) اذ انه من المعلوم وجود العديد من البوليمرات الطبيعية "Natural Polymer" المستعملة من قبل الانسان منذ قرون عديدة مثل القطن والحرير والخشب والمطاط مما دفع العلماء قديماً الى محاكاة الطبيعة ومحاولة تقليد ودراسة ما هو موجود .

3. البولي ايثيلين

1.3البوليمـر

ان كلمة البوليمر لاتينية الاصل وهي مركبة من مقطعين هما "poly" وتعني متعدد ، ومير "mer" تعني الوحدة ، لذلك ال "polymer" يعني متعدد الاجزاء ، ولغرض السهولة تستعمل كلمة بوليمر بدلاً من متعدد

الاجزاء . ان علم البوليمرات يبحث عن المواد التي تكون جزيئاتها كبيرة وبوليمرية والتي تتكون عادة نتيجة لارتباط جزيئات صغيرة ببعضها كيميائياً ، وتدعى واحدة من هذه الجزيئات الصغيرة بالمونومير "Monomer" ، فالوحدة البنائية الصغيرة للبوليمر والمسماة بالمونومير يمكن ان تمثل بحلقة واحدة في سلسلة معدنية طويلة . فالجزيئة او السلسلة البوليمرية "Polymer chain" تنتج عن ارتباط كيميائي بين عدد كبير من الجزيئات الصغيرة والتي سميت بالمونومرات مكونة السلاسل البوليمرية الطويلة، ويجوز ان تكون الجزيئة الناتجة متفرعة ويدعى عندئذ البوليمر بالبوليمر المتفرع "Branched polymer" ويشار عادة الى عدد الوحدات المتكررة "Repeating units" او عدد الوحدات البنائية والتي هي في الواقع عدد المونومرات المتحدة في سلسلة واحدة ، بالمصطلح "درجة البلمرة""Degree of polymerization" ويرمز لها بـ Dp او Xn ولما كانت جزيئات البوليمر الواحد غير متساوية جميعاً في درجة البلمرة لذلك يعبر عم درجة البلمرة بمعدل درجة البلمرة ويرمز بـ Dp او Xn. وتكون في بعض الاحيان درجة البلمرة واطئة ، وبذلك يكون الوزن الجزيئي للبوليمر واطئاً وتتراوح درجة البلمرة هذه بين (10 – 20) .

4. استعراض البحوث السابقة

ان التطور الصناعي والتكنولوجي يعتمد بشكل كبير على تقدم المواد ونتيجة لهذا التطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في كافة المجالات ظهرت الحاجة لإيجاد البدائل للمواد ذات الاستخدامات الصناعية المتعددة بحيث تكون تلك البدائل ذات مواصفات جيدة من حيث الكلفة وخفة الوزن والخواص بصورة عامة وذلك لاستخدامها في التطبيقات الصناعية المتعددة (**سعيد ، رفيق ، 2011**) . ومن هذه البدائل هي المواد البلاستيكية التي زاد استهلاكها سنوياً الى ما يقارب 5 مليون طن في عام 1950 الى ان وصل الى ما يقارب 100 مليون طن في 2001 . وان المواد البلاستيك 3 غير ضارة بالبيئة حتى بعد فترة طويلة من التعرض للظروف البيئية . فان عملية التحلل البطيئة لهذه المواد تتسبب في مشكلة التخلص من هذه المخلفات من جهة نظر بيئية . وبالتالي فان استخدام مخلفات هذه المواد في الخرسانة يكون حلاً جيداً لهذا الخطر البيئي . وقد اجريت بحوث عديدة حول استخدام المخلفات البولميرية المعادة تدويرها **(Batayneh, et al, 2007)** .

بين الباحثان **(Kumar and Praksh,2006)** ان اختيار الركام للخرسانة العادية مهم جداً وذلك لان خواص الركام المتنوعة تؤثر على اداء الخرسانة حيث استخدمت المخلفات البلاستيكية و هي البولي ايثيلين ذات الكثافة المرتفعة و بنسب (6,4,2) % كنسبة استبدال من الرمل و السمنت . و قد لاحظوا ان قيم مقاومة الانضغاط للخلطات الخرسانية تزداد بإضافة المضافات المعدلة لخواص الخرسانة , فان مقاومة الانضغاط زادت بمقدار 20% مقارنة بخلطات الخرسانة العادية .

وقد استخدم الباحثون **(Batayneh et al., 2007)** في تلك الدراسة ثلاثة انواع من مخلفات المواد و هي الزجاج , البلاستك و الخرسانة المعادة . فالبلاستك و الزجاج تم استخدمهما كنسبة استبدال كحد اعلى 20% من الركام الناعم و استخدمت الخرسانة المعادة كنسبة استبدال كحد أعلى 20% من الركام الخشن . وقد استخدم السمنت البورتلاندي في الخلطات الخرسانية بمحتوى 446 كغم/م^3 و نسب الاستبدال الحجمي تتراوح ما بين (5–20)% . و قد بينت الدراسة ان اعادة استخدام مثل هذه المواد تحسن و بنجاح خواص الخرسانة من مقاومة الانضغاط و الانثناء و الشد المباشر .

وقد استخدم الباحثون (**Rahman, et al., 2012**) انواع من المخلفات البولميرية مثل , البولي استايرين و مطاط الاطارات و على نسب (10–40)% كنسبة استبدال حجمي من الحجم الكلي للنموذج و قد اظهرت لنتائج ان هذه المواد تقلل من مقاومة الانضغاط و الكثافة و امتصاص الماء و المسامية للخرسانة .

5. المواد المستخدمة

1.5 السمنت

السمنت المستخدم في هذا البحث هـــو سمنت بورتلاندي اعتيادي (Type I) المصنع من قبل شركة الماس للاستثمار الصناعي . و قد أجريت له الفحوصات الفيزيائية والكيمائية في مختبر الشركة العامة للسمنت العراقية والنتائج موضحة في الجدولين (1) و (2) على التوالي و يــلاحظ ان الخـواص الفيزيائية و الكيمائية مطابقة للمواصفة العراقية (م.ق.ع /5 / 1984) .

2.5 الركام الناعم

تـم استخدام الركام الناعم (الرمل) من مقالع منطقة الاخيضـر و تـم فحص خواصـه الفيزيائيـة فـي مختبر الخرسانة التابع لمعهد التكنولوجيا وهو مطابق للمواصفة العراقية القياسية (م.ق.ع /45 / 1984) كما موضح بالجدول (3) و (4) على التوالي .

3.5 الركام الخشن

تم استخدام حصى مكسر مقاسه الاسمي (14ملم) و قد تم الحصول عليه من منطقة النباعي. و تم فحص خواصه الفيزيائية في مختبر الخرسانة التابع لمعهد التكنولوجيا وهو مطابق للمواصفة العراقيـة القياسيـة (م.ق.ع /45 / 1984) كما موضح بالجدول (5) و (6) على التوالي.

4.5 المـــاء

تم استخدام ماء بغداد الصالح للشرب في جميع الخلطات التجريبية في هذا البحث .

5.5 الملدن المتفوق

استخدم في هذا البحث ملدن متفوق عالي الاداء والمعروف تجاريا (Flocrete PC 200) وصمم خصيصاً لتقليل محتوى ماء الخرسانة لاداء اكثر فعالية و بهذا يعطي مقاومة عالية وانسيابية لجميع الخلطات الخرسانية وبذلك يحقق اعلى ديمومة و اداء للخرسانة . ان المحتوى الأمثل للملدن المتفوق المستخدم في هذا البحث هي 0.9 لتر لكل 100 كغم من السمنت لجميع الخلطات التجريبية التي سوف يتم ذكرها في فقرة خلطات الخرسانة . يوضح الجدول (7) الخصائص التقنية للملدن المتفوق المستخدم في هذه الدراسة .

6.5 البولي ايثيلين

استخدم مثروم البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة وبنسبة(5 , 10 , 15)% كنسبة استبدال حجمي من الرمل . تم الحصول عليه من الشركة العامة لصناعة الزيوت النباتية . و يوضح الجدول (8) بعض خواص البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة.

7.5 الخلطات الخرسانية

تم تقسيم التجارب المختبرية إلى أربعة خلطات تم تصميمها بموجب المعهد الاميركي للخرسانة (**ACI 211 1R/91**) و مزجها و صبها و فحصها . و تفاصيل هذه الخلطات تم عرضها بالجدول (9) .

8.5 طريقة خلط و صب و إنضاج النماذج الخرسانية

عملية الخلط تمت بالمزج اليدوي بموجب المواصفة الأميركية(ASTM C-192-02) و بذلك يتم الحصول على خلطة خرسانية متماسكة,حيث تم خلط المواد التالية (السمنت , الرمل , الحصى و البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة) ثم اضيف جزء من ماء الخلط ومع الاستمرار بالمزج عدة مرات وبعدها اضيف الملدن المتفوق و من ثم اضافة الجزء الاخير من الماء و استمرت عملية الخلط لمدة 5 دقائق تقريبا حتى اصبحت المزجة الخرسانية متجانسة تماماً , و بعدها تم وضع الخرسانة بعدة طبقات و استعمال الهزاز لمدة (15−30) ثانية لغرض رص القوالب للتخلص مـن الفقاعات الهوائية بعد ان تم طلاء الجدران الداخلية لها بالدهان (Grease) وذلك لمنع التصاق الخرسانة بعد تصلبها ثم تم تعديل سطح الخرسانـــة وبعد الانتهاء من عملية الصب تغطى القوالب بغطاء من النايلون لمنع تبخر الماء من الخرسانة الطرية مع تركها لمدة 24 ساعة و بعدها يتم إخراج النماذج من القوالب و يتم وضعها بالماء لفترة إنضاج قدرها (7 , 28 , 60) يوم . اما عن ابعاد النماذج المستخدمة فقد تم استخدام نماذج مكعبة الشكل أبعادها (100 ×100× 100) ملم لأجراء فحص مقاومة الانضغاط وفحص الموجات فوق الصوتية وفحص الكثافة .

9.5 الفحوصات غير الاتلافية

1.9.5 فحص الكثافة

تم إيجاد الكثافة الكلية للنماذج الخرسانية بموجب متطلبات (الدليل الاسترشادي المرجعي 274) .

9.5. فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية

تم أجراء هذا الفحص في مختبر الخرسانة التابع لمعهد التكنولوجيـا و بموجـب المواصفـــة البـريطانيـــة (BS:1881part 203:1986) . باستخدام جهاز (PUNDIT) لقياس سرعة الذبذبات فوق الصوتية خلال نماذج مكعبة الشكل بأبعاد (100×100×100) ملم للخلطات الخرسانية وكان تردد المجسات المستخدمة لهذا الجهاز (55 كيلوهرتز) ويعتمد قياس سرعة الذبذبات فوق الصوتية في الخرسانة على قياس الزمن (T) الذي تستغرقه الذبذبات لعبور مسافة محددة (L) في الخرسانة ولغرض الحصول على درجة عالية من الدقة تقاس المسافة بالمليمترات ويقاس الزمن بواسطة جهاز (PUNDIT) والى حد جزء من المليون من الثانية ويمكن التعبير عن السرعة بوحدات كيلومتر/ ثانية كما في المعادلة الآتية :−

$$V = \frac{L}{T} \qquad (1)$$

10.5 الفحوصات الاتلافية

5−10−1 فحص مقاومة الانضغاط

اجري فحص مقاومة الانضغاط بموجب المواصفة البريطانية(BS1881:part116:1989) و باستعمال جهاز (ELE Digital Testing) و بسعة تحميل (2000 كيلونيوتن) . وتـم استخـــدام نماذج مكعبة الشكل بإبعاد (100×100× 100) ملم للخلطات الخرسانية و تم الفحص بأعمار(7 , 28 , 60) يوم واخذ معدل ثلاث مكعبات .

6. النتائج و مناقشتها

1.6 فحص مقاومة الانضغاط

تعد مقاومة الانضغاط من الخواص الرئيسية والمهمة للخرسانة المتصلبة والتي من خلالها يمكن تقييم اغلب الخواص لتحديد صلاحيتها كمادة إنشائية. ومن النتائج التي تم الحصول عليها ان مقاومة الانضغاط تقل مع

زيادة نسب الاستبدال الحجمي و لكلا نوعين البولي ايثيلين (LDPE , HDPE) و كما موضح **بالشكل (1)** وهذا السلوك يعود الى انخفاض مقاومة انضغاط جزئيات البولي ايثيلين مقارنتاً مـع عجينـة السمنت و طبيعة الركام الناعم و الخشن وهذا يشابه ما توصل اليه الباحث **(Naik et al. 1996)** واخرون . يوضح **الجدول (10)** نتائج فحص مقاومة الانضغاط للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و ذو الكثافة المنخفضة. و بينت الدراسة ايضاً ان مقاومة الانضغاط للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة أفضل من مقاومة الانضغاط للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة بمقدار (16.6,12.5,14.8) % و يعزى ذلك الى الكثافة العاليـة للمنتج يعني ان له بلورية عالية نتيجة تجمع السلاسل البلورية و تراصها بشكل قريب جدا من بعضها البعض (**سعيد و رفيق , 2011**) .

2.6 فحص كثافة الخرسانة

تعتبر الكثافة من الخواص المهمة للخرسانة لعلاقتها بالخواص الميكانيكية ومن ضمنها مقاومة الانضغاط وسرعة الذبذبات فوق الصوتية . **الجدول (11)** يوضح نتائج فحص كثافة الخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و ذو الكثافة المنخفضة . 7 انخفاض كثافة الخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و الخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة مع زيادة نسب الاستبدال له وبمقدار (5 ، 10 ، 15) % من حجم الرمل . وذلك بسبب خفة وزن البولي ايثيلين فمثلا ذو الكثافة المرتفعة الذي تبلغ كثافته (970 – 950) كغم/ م^3 وهو اقل من كثافة الركام الناعم (الرمل) والبالغة (1630 كغم /م^3) وهذا بدوره يؤدي الى تقليل في الاحمال الميتة للمنشأ وبالتالي ادخال ذلك في حسابات التصميم . ومن النتائج ممكن ملاحظة ان العينات التي تحتوي البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة تمتلك كثافة اعلى من العينات التي تحتوي البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة كما موضح **بالشكل (2)** و ذلك لتاثير الكثافة للبولي ايثيلين و ايضا لزيادة البلورية لمادة البولي ايثيلين .

3.6 فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية

يعد فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية هو احد الفحوصات غير الاتلافية التي يتم بواسطتها توقع بعض الخواص الفيزيائية للخرسانة وكذلك امكانية اعادة اجراء الفحوص للنماذج نفسها في فترات زمنية متعاقبة . **الجدول (12)** يوضح نتائج فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة . يلاحظ انخفاض سرعة الذبذبات فوق الصوتية للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة مع زيادة نسب الاستبدال له وبمقدار (5 ، 10 ، 15) % من حجم الرمل . و ايضاً يمكن ملاحظة تصرف عينات الخرسانة الحاوية البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة افضل و بمقدار (2.4,2.3,2) % اذا ما قورنت مع عينات الخرسانة الحاوية البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة و كما مبين **بالشكل (3)** و ذلك لتأثير كثافة المادة الأساس حيث كلما زادت الكثافة كلما زادت السرعة .

7. الاستنتاجات

قد أظهرت النتائج ان زيادة نسبة هذا البوليمر في الخلطة الخرسانية يؤدي إلى :-

1-إعطاء مقاومة انضغاطية جيدة لكن ليس بقوة مقاومة الانضغاط للخرسانة المرجعية حيث كانت تتراوح بين (10 , 20 , 21.7) % للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و تتراوح بين (25 , 30 , 33.3) % للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة لنسب الاستبدال (5 ، 10 ، 15) % من حجم الرمل وبزمن انضاج 50

8

2- إنتاج خلطة خرسانية خفيفة الوزن حيث بلغت النسب المئوية للكثافة الخرسانية الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة (0.5 , 1.4 , 2.4) % للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و تتراوح بين (0.8 , 2.3 , 3.2) % للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة لنسب الاستبدال (5 ، 10 ، 15) % من حجم الرمل وبزمن انضاج 60 يوم .

3- انخفاض سرعة الذبذبات فوق الصوتية للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة حيث تتراوح بين (5.6 ، 7.5 ، 9.4) % و تتراوح (7.5 , 11.3 , 13.2) % للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة لنسب الاستبدال (5 ، 10 ، 15) % من حجم الرمل وبزمن إنضاج 60 يوم .

8. المصادر العربية

- المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة 1984، السمنت البورتلاندي" ، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد.
- المواصفة القياسية العراقية رقم (45) لسنة 1984، ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة والبناء , الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد.
- الدليل الاسترشادي المرجعي رقم 274 , فحوص الخرسانة و طرق تعيين كثافة الرسانة المتصلبة , الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية , 1992.
- سعيد, رفيق , دراسة الخصائص الميكانيكية لمتراكبات البولي اثيلين المدعم بدقائق مسحوق الصدف , مجلة الهندسة والتكنولوجيا , المجلد 29, العدد 15 , 2011 .
- الخلف , يوسف , تكنولوجيا الخرسانة , الجامعة التكنولوجية , 1982.
- ليفون, ساكو, انشاء المباني , مطبعة جامعة بغداد , ط 1 , 1983 .

9. المصادر الاجنبية

- American Concrete Institute Committee 211.1R-91 ,Properties for Normal , Heavyweight and Mass Concrete ,Reported by ACI committee 211, ACI Manual of Concrete Practice.
- American Concrete Institute , Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory, Annual Book of ASTM Standards C 192/C 192M -07 .
- British Standards Institution. BS 1881,Part 203, 1983, Recommendations for measurements of velocity of ultrasonic pulses in concrete .
- British Standards Institution. BS 1881,Part 116, 1989, Method for determination of compressive strength of concrete cubes" British standards institution .
- Kumar , B.V. Kiran., and Prakash, . ,2006, Use of Waste Plastics in Cement Concrete Pavement , PP. 1-6 .
- Batayneh , Malek., Marie , Iqbal.,and Asi, Ibrahim.,2007, Use of selected waste materials in concrete mixes , Waste Management 27 , PP. 1870–1876 .
- Rahman , Md. Mostafizur., Islam, Md. Akhtarul., and Ahmed , ,Mainuddin., 2012 , Recycling of Waste Polymeric Materials as a Partial Replacement for Aggregate in Concrete " , International Conference on Chemical, Environmental and Biological Sciences (ICCEBS'2012) , PP. 99-102 .

- Naik et al., taken from Yadav,Ishwar Singh, 2008 , Laboratory Investigating Investigations of the Properties of Concrete Containing Recycled Plastic Aggregates , M.Sc. Thesis, Thapar University , India .

الجدول (1) الخواص الفيزيائية للسمنت

الخواص الفيزيائية	نتائج الفحص	حدود المواصفة العراقية(م.ق.ع /5 / 1984)
النعومة (بطريقة Blaine) سم² / غم	3255	لا تقل عن 2300 سم² / غم
زمن التماسك الابتدائي , (دقيقة:الساعة) النهائي , (دقيقة:الساعة)	 2:10 4:45	 لا يقل عن 45 دقيقة لا يزيد عن 10 ساعات
السلامة (الثبات) بطريقة المحمم (%)	0.03	لا تزيد عن 0.8
مقاومة الانضغاط (ميكا باسكال) 3 أيام 7 أيام	 22.31 28.61	 لا يقل عن 15 ميكا باسكال لا يقل عن 23 ميكا باسكال

الجدول (2) الخواص الكيمائية للسمنت

الخواص الكيمائية	الصيغة الكيميائية	المحتوى %	حدود المواصفة العراقية (م.ق.ع /5 / 1984)
اوكسيد الكالسيوم (%)	CaO	62.10	-
اوكسيد السليكون (%)	SiO2	20,12	-
اوكسيد الالومنيوم (%)	Al2O3	4,97	-
اوكسيد الحديد (%)	Fe2O3	3.35	-
الاملاح الكبريتية(%)	SO3	2.5	محتوىSO3 (%) لا يزيد 2.8 عندما تكون نسبة (C3A) اكثر من 5 %
اوكسيد المغنسيوم (%)	MgO	1.86	لا يزيد عن 5 %
المواد القابلة للذوبان (%)	I.R.	0.32	لا تزيد عن 1.5 %
الفقدان بالحرق (%)	L.O.I.	3.74	لا يزيد عن 4 %
عامل الاشباع الجيري (%)	L.S.F.	0.94	1.02 -0.66
المركبات الرئيسية % بموجب معادلات Bogue			
سليكات ثلاثي الكالسيوم (C3S)		54.52	
سليكات ثنائي الكالسيوم (C2S)		16.64	

الومينات ثلاثي الكالسيوم (C3A)	7.51
حديد الومينات رباعي الكالسيوم (C4AF)	10.18

الجدول (3) خواص الركام الناعم

الخواص الفيزيائية	نتائج الفحص	حدود المواصفة العراقية (م.ق.ع /45 / 1984)
الوزن النوعي	2.5	–
معامل النعومة	3.1	–
الامتصاص	% 1	–
الكثافة الجافة المرصوصة	1630 كغم/م^3	–
محتوى الأملاح الكبريتية	% 0.35	لا تزيد عن 0.5 %

الجدول (4) تدرج الركام الناعم

مقاس فتحات الغربال (ملم)	النسبة المئوية العابرة وزنا	حدود المواصفة العراقية (م.ق.ع /45 / 1984) منطقة التدرج رقم (2)
10	100	100
4.75	92.39	100–90
2.36	75.21	100–75
1.18	59.24	90–55
0.6	46.19	50–35
0.3	10.16	30–8
0.15	0.07	10–0

الجدول (5) تدرج الركام الخشن

مقاس فتحات الغربال (ملم)	النسبة المئوية العابرة وزنا	حدود المواصفة العراقية (14/5) ملم (م.ق.ع /45/ 1984)
20	100	100
14	94.5	100-90
10	57.34	85-50
5	0	10-0

الجدول (6) خواص الركام الخشن

الخواص الفيزيائية	نتائج الفحص	حدود المواصفة العراقية (م.ق.ع /45 / 1984)
الوزن النوعي	2.65	–
الامتصاص	%0.5	–
الكثافة الجافة المرصوصة	1700كغم/م^3	–
محتوى الأملاح الكبريتية	% 0.05	لا تزيد عن 0.1 %

الجدول (7) الخصائص التقنية للملدن المتفوق المستخدم في البحث

الخاصية الأساسية	خواص الملدن المتفوق المستخدم
اللون	اصفر فاتح
الكثافة النسبية	1.05±0.02@ 25 C°
درجة الانجماد	-3 C°

الجدول (8) خواص البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة و المنخفضة.

LPED	HPED	الخواص العامة للمنتج
17	31	مقاومة الشد (ميكا باسكال)
14	40	مقاومة الانثناء (ميكا باسكال)
0.29	1.86	معامل المرونة (كيكا باسكال)
500	100	نسبة الاستطالة عند القطع (%)
(0.94 -0.92)	(0.97-0.95)	الكثافة (غم / سم^3)

الجدول (9) تفاصيل الخلطات المستخدمة .

رمز الخلطة	السمنت كغم/ م^3	الحصى كغم/ م^3	الرمل كغم/ م^3	البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة (نسبة استبدال حجمي من الرمل)		الماء لتر/ م^3	الملدن المتفوق لتر/ م^3	w/c
R	485	748	820	0	0	182.4	4.365	0.37
HDPE1	485	748	779	%5	0.025	182.4	4.365	0.37
HDPE 2	485	748	811.8	%10	0.05	182.4	4.365	0.37
HDPE3	485	748	697	%15	0.075	182.4	4.365	0.37
LDPE1	485	748	779	%5	0.025	182.4	4.365	0.37
LDPE 2	485	748	811.8	%10	0.05	182.4	4.365	0.37
LDPE3	485	748	697	%15	0.075	182.4	4.365	0.37

الجدول (10) نتائج فحص مقاومة الانضغاط للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين

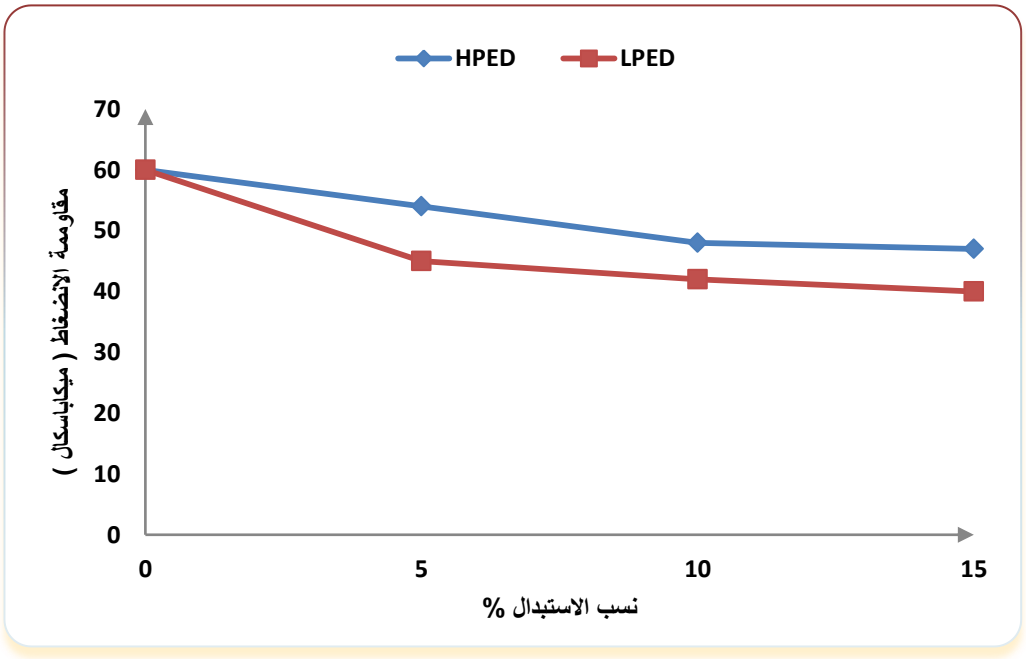
مقاومة الانضغاط (نيوتن/ملم^2)			
البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة	7	28	60
%0	43.35	47	60
%5	40	43	54
%10	38	40	48
%15	34	38.6	47
البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة	7	28	60
%5	28	31	45
%10	25	28	42
%15	21	26	40

الجدول (11) نتائج فحص كثافة الخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين

الكثافة (كغم/م^3)			
البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة	7	28	60
%0	2450	2470	2480
%5	2448	2460	2467
%10	2430	2440	2445
%15	2410	2415	2420
البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة	7	28	60
%5	2400	2442	2460
%10	2370	2396	2421
%15	2330	2380	2400

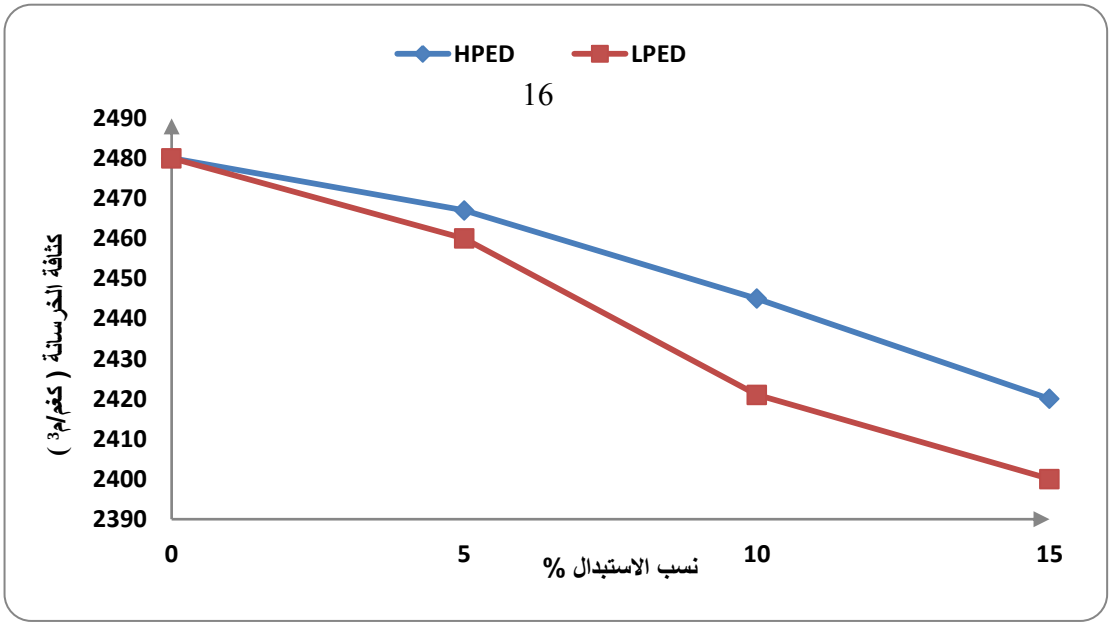
الجدول (12) نتائج فحص سرعة الذبذبات فوق الصوتية للخرسانة الحاوية على البولي ايثيلين

سرعة الذبذبات فوق الصوتية (كم/ثا)			
البولي ايثيلين ذو الكثافة المرتفعة	7	28	60
%0	4.8	5.1	5.3
%5	4.7	4.9	5
%10	4.5	4.8	4.9
%15	4.4	4.7	4.8
البولي ايثيلين ذو الكثافة المنخفضة	7	28	60
%5	4.6	4.7	4.9
%10	4.4	4.6	4.7
%15	4.3	4.5	4.6

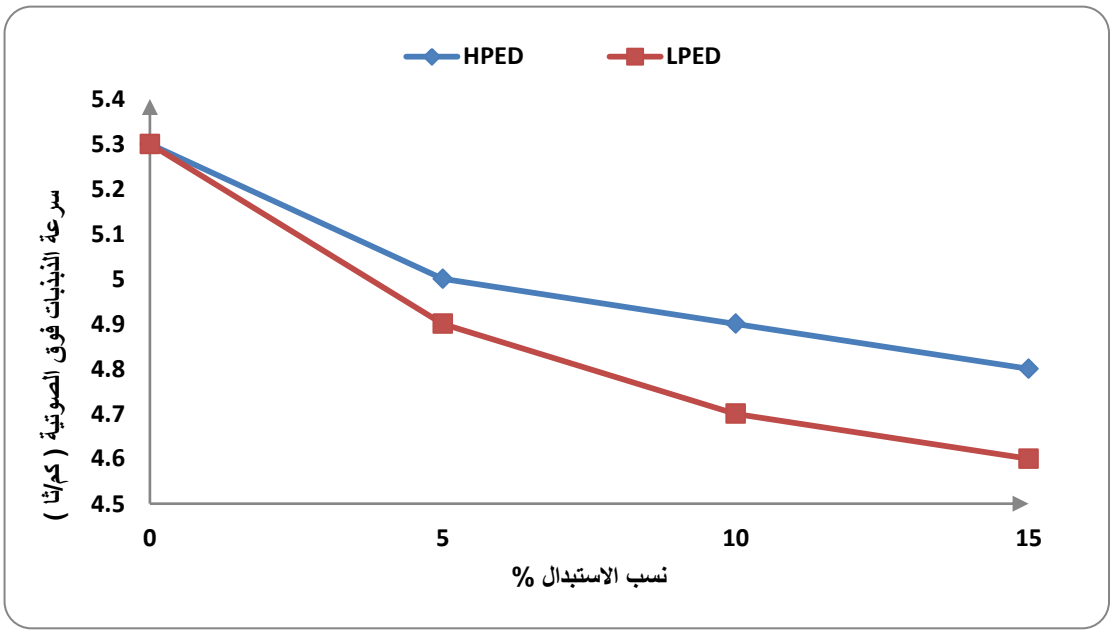


الشكل (1) العلاقة بين نسب الاستبدال الحجمي للبولي ايثيلين مع مقاومة الانضغاط

16



الشكل (2) العلاقة بين نسب الاستبدال الحجمي للبولي ايثيلين مع كثافة الخرسانة



الشكل (3) العلاقة بين نسب الاستبدال الحجمي للبولي ايثيلين مع سرعة الذبذبات فوق الصوتية