

تأثير الملدن على خواص البلاطات الخرسانية المسلحة بالالياف الحديدية والحاوية على الخبث

د. قيس جواد فريح * و بسام عبد الجبار محمد **

تاريخ التسليم: ٢٠٠٥/١/٢

تاريخ القبول: ٢٠٠٥/٥/٢٦

خلاصة

يتضمن هذا البحث دراسة إمكانية تحسين بعض خواص البلاطات الخرسانية المسبقة الصب (Precast Concrete Flags) بإضافة ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية الناتجة عن خراطة القطع الفولاذية من المعامل الإنتاجية والخبث المحلي العراقي، والتأثير المشترك لهما مع المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة، والجدير بالذكر أن الخبث المحلي ينتج بواسطة الفرن القوسي الكهربائي اعتماداً على مخلفات القديم كمادة أولية لاستخلاص الحديد وإنتاج الخبث، والذي يعرف بخبث الصلب، إن فعالية الخبث المحلي واطنة كمادة سمّنتية بسبب انخفاض محتوى الزجاج فيه نتيجة عدم معالجته، وكذلك بسبب احتوائه على نسبة عالية من الحديد، أجريت فحوص مقاومة الإلتصاغات والإنتشاء وفحص التحميل المستعرض وفحص الإمتصاص الكلي، خلال فترات مختلفة من الإماهة للخرسانة المرجعية والخرسانة الحاوية على المضافات المعدنية و الكيميائية والمسلحة بنسب مختلفة من الألياف الفولاذية.

تمت دراسة تأثير إحلال الخبث بديلاً عن الركام الناعم بنسب (صفر، ٣٠، ٢٠، ١٠٪) وزناً من الرمل، مع إضافة ألياف مخلفات المعادن الفولاذية بنسب (١، ٥، ١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠٪) حجماً من الخلطة الخرسانية، إلى نسب الخبث السابقة الذكر مع إضافة الملدن المتفوق بنسبة ثابتة (١، ٥٪) من وزن السمّنت إلى جميع النسب السابقة.

أظهرت النتائج أن الخرسانة تبدي زيادة في مقاومة الإلتصاغات عند نسبة إحلال خبث (٣٠٪) مع نسبة (١٠٪) ألياف مخلفات المعادن الفولاذية مع الملدن المتفوق بنسبة (١، ٥٪) مقارنة بالخلطة المرجعية، وبيّنت النتائج أيضاً أن الخرسانة الحاوية على الملدن المتفوق مع نسبة إحلال خبث (٢٠٪) مع نسبة (١٠٪) ألياف مخلفات المعادن الفولاذية تبدي تحسناً كبيراً في مقاومة الإنتشاء مقارنة مع الخلطة المرجعية بعمر (٢٨، ٧ يوم)، وأظهرت النتائج بصورة عامة تحسناً في قوة التحمل المستعرض للبلاطات الخرسانية، خاصة عند نسبة إحلال خبث (٣٠٪) مع نسبة (١٠٪) ألياف مخلفات المعادن الفولاذية مع الملدن المتفوق، مقارنة مع الخلطة المرجعية بعمر (٢٨، ٧ يوم)، كما بيّنت النتائج إنخفاضاً كبيراً في الإمتصاص عند نسب إحلال الخبث (٣٠٪) مع نسبة (١٠٪) ألياف مخلفات المعادن الفولاذية مع الملدن المتفوق، مقارنة مع الخلطة المرجعية بعمر (٢٨ يوم).

Effect of Super Plasticizer on the Properties of Pre-cast Concrete Flags Reinforced by Steel Fibers and Including Slag

Abstract

This research has studied the possibility of optimizing some of the properties of the precast concrete flags by using by-products of steel fragments from the CNC machines and local slag, the combined influence of these materials with the water reducing agent. The local slag is produced by the blast furnace from the scrap as a raw material, which is called (steel slag). The local slag has a low activity as a cementitious material due to low content of glass since it has not been treated, and contains high ferrous ratio. The study includes the results of compressive and strength as well as transverse loading tests. Also, it includes the measurements of absorption on different curing durations of the reference concrete samples and concrete contains the metal and chemical additives, reinforced by steel fibers. This study has taken place by replacing the slag instead of fine aggregate, using ratios of (0, 10, 20, 30%) by weight of sand with the influence of steel fibers from the CNC by-products, using ratios of (0.5, 1.0, 1.5 %) by volume of the concrete mix with the influence of super plasticizer of (1.5%) ratio by weight of cement. The results had shown that the concrete compressive strength had increased with using (30%) of slag and (1%) of steel fibers of the CNC machine by- product, with (1.5%) of the super plasticizer, compared with the reference mixes. The results had shown also, that the concrete containing super plasticizer with slag (20%) and (1.0%) of the steel fibers had shown better flexural strength compared with the reference mixes at ages (7, 28 days). The results had also shown increasing in the transverse loading test of the pre cast concrete flags, especially when using slag of (30%) and steel fibers of (1%) and super plasticizer, compared with the reference mixes at ages (7, 28 days). The results had shown clear reduction of the absorption at slag ratio (30%) and (1.0%) of steel fibers with the super plasticizer, compared with the reference mixes at age (28 days).

Keywords: Pre-cast Concrete, Steel Fibers, Slag.

* ، ** قسم هندسة البناء والانشاءات -الجامعة التكنولوجية- بغداد- العراق

المقدمة :

يعد كل من الخبث العراقي و ألياف مخلفات خراطة المعادن من المخلفات الصناعية التي تسبب تلوث البيئة. يستخدم خبث أفران الصهر (Granulated Blast Furnace Slag) بصورة واسعة في الخرسانة المستخدمة في الدول الأوروبية.

بدأ استخدام الخبث المنتج من أفران القوس الكهربائي كمضاف للخرسانة في منتصف القرن الماضي، ويشابه تركيبه الكيميائي تركيب السمنت البورتلاندي من حيث احتوائه على المكونات الأساسية وهي (CaO, SiO_2, Al_2O_3) ، إلا أنه يحتوى على نسبة من أكاسيد الحديد التي يجب أن تعزل بصورة كاملة في مصهورة الحديد الذائب، إن نسب (CaO) هي أقل مما هي في السمنت البورتلاندي لأنه في حالة إضافة كميات كبيرة من حجر الكلس أو النورة سيؤدي ذلك إلى تكوين منصهر ذو درجة انصهار واطئة لا يمكن معها فصل الحديد عن الخبث. إن التركيب الكيميائي للخبث يعتمد بصورة أساسية على نوعية الخام المستخدم، و كمية الشوائب الموجودة في حجر الكلس المضاف، مما يؤدي إلى حدوث اختلافات في أنواع الخبث والتي تحدد كيفية استخدام وصلاحيه الخبث للأغراض المختلفة^(١).

إن معظم الدراسات السابقة التي أجريت لتحسين خواص الخرسانة بإضافة الألياف، تستخدم ألياف فولاذية قياسية تصنع خصيصا لهذا الغرض ضمن طول وقطر ثابتين وأشكال خاصة بها، أما الدراسة الحالية فانها تبحث في تحديد نسبة التحسن في خواص الخرسانة عندما تضاف إليها فضلات المخارط (الرأيش) بعد تنظيفها وتقطيعها، وهما عمليتان من السهل القيام بهما، وبالأخص عند استخدامها في المعامل الإنتاجية وتحت ظروف وشروط معملية كما في إنتاج البلاطات الخرسانية المسبقة الصب^(٢).

استخدم في هذا البحث الخبث العراقي والملدن المتفوق المقل للماء (Super plasticizer)، بالإضافة إلى ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية (Stainless Steel) لمعرفة مدى تأثير ذلك في تحسين قوة التحمل المستعرض ومقاومة الانضغاط ومقاومة الانثناء وتحسين المطيلية وزيادة مقاومة الشد (الحد من التشقق) للبلاطات الخرسانية المسبقة الصب. يهدف البحث إلى الاستفادة من المواد المحلية ذات الكلفة الواطئة المتمثلة باستغلال ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية، بالإضافة إلى الخبث العراقي كناتج عرضي من صناعة الحديد وذلك للحصول على مواصفات ملائمة لإنشائها من خلال تحسين بعض خواص البلاطات الخرسانية المسبقة الصب، وإمكانية استغلال هذه الفضلات الصناعية في تقليل الكلفة.

الجزء العملي :

تم استخدام السمنت البورتلاندي الاعتيادي من إنتاج معمل سمنت كبيسة المطابق للمواصفات القياسية العراقية رقم (٥) لسنة ١٩٨٤م في جميع الخلطات اللازمة لصب نماذج الفحص، واستعمل الحصى الاعتيادي المأخوذ من مقالع النباعي والركام الناعم الذي استخدم هو رمل طبيعي من منطقة الاخضر ذو تدرج يقع ضمن تدرج المنطقة (٢) بموجب المواصفة القياسية العراقية رقم (٤٥) لسنة ١٩٨٥، واستخدمت المخلفات الفولاذية الليلية الناتجة عرضيا عن المعامل الميكانيكية الخاصة بتصنيع القطع الفولاذية، وهذا الناتج العرضي عبارة عن أشرطة مستقيمة ذات سمك حوالي (٠,٨-١,٢ ملم) وذات وزن نوعي (٧,٨) و كثافة وزنية حوالي (٥٦٠٠ كغم/م^٣) وبطول ثابت حوالي (٧٥ ملم) وتكون هذه الألياف ذات مقاطع مستطيلة تتراوح أبعادها بين (٢-٣ ملم).^(٣) استخدم الخبث المحلي العراقي كناتج عرضي من أفران صهر المعادن الفولاذية من شركة

قابلية التشغيل المطلوبة للقيام بعملية الخلط وتوزيع المكونات وسهولة في عملية الصب والرص والإنهاء.

تم استخدام الخبث كتعويض جزئي عن الرمل بنسب (١٠٪، ٢٠٪، ٣٠٪) وزنا من الرمل مع إضافة مخلفات خراطة المعادن الفولاذية بنسب (٠,٥ ٪ ، ١ ٪ ، ١,٥ ٪) حجما من الخلطة الكلية مع إضافة الملدن المتفوق بنسبة (١,٥ ٪) وزنا من السمنت، وتضمنت فحص (٢٤٣) نموذجا (بأستخدام القوالب الحديدية) وعلى النحو التالي:

* (٨١) نموذجا من البلاطات الخرسانية بأبعاد (٤٠٠*٤٠٠*٤٠ مم) لتحديد قوة التحمل المستعرض تحت تأثير الحمل في منتصف فضاء الفحص.

* (٨١) نموذجا بأبعاد (٤٠٠*١٠٠*١٠٠ مم) لتحديد مقاومة الإنثناء.

* (٨١) نموذجا بأبعاد (١٠٠*١٠٠*١٠٠ مم) لتحديد مقاومة الإنضغاط.

تم استخدام كافة القوالب المصنوعة من الحديد وتم طلائها لجميع الأوجه بطبقة رقيقة من الزيت، ثم تم ملئها بطبقة واحدة من الخرسانة بسمك ٤ سم (بالنسبة للبلاطات الخرسانية) مع الرص لكل طبقة بواسطة هزارة منضدية نوع (CT-164)، وقت الهز عادة (١٠ ثوان) لكل طبقة. تم صب مكعبات الإنضغاط القياسية ومواشير الإنثناء القياسية من خلال رص طبقتين بسمك ٥ سم لكل منها ثم تغطيتها بالنايلون لمنع فقدان جزء من ماء الخليط بسبب التبخر، وبعد ذلك يتم تركها لمدة (٢٤ ساعة).

الفحوصات المختبرية:

فحص مقاومة الانضغاط:

تم اعتماد المواصفة البريطانية (B.S. 1881 part - 116:1989)^(١) في فحوص مقاومة الانضغاط. استعمل الجهاز لفحص نماذج مكعبة بأبعاد

الصمود العامة للصناعات الفولاذية في منطقة التاجي، مصدره (الحديد السكراب ومخلفات المعدات الحربية)، والكمية المتوفرة حاليا تتراوح بين (٢٥٠٠-٣٠٠٠ طن سنويا) وينتج بواسطة الفرن القوسي الكهربائي وتبريده بطيء (طبيعي)، تم تكسيهه بواسطة كسارات فكية إلى حجم مقارب للحصى الاعتيادي، ثم استخدام طاحونة ذات كرات فولاذية بقطر

(٥ سم) لغرض الحصول على تدرج مشابه لتدرج الرمل. تم استخدام المادة الملدنة المقللة لنسبة الماء في الخلطة الخرسانية بنسبة (١,٥ ٪) من وزن السمنت، وهو منتج يدعى (سلفوميلامين فورمالدهايد المكثف Melment L10)، تخضع هذه المادة لمواصفات الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM-C494-86)^(٤) للصنف (F). تم اعتماد الحد الأدنى لمقاومة إنضغاط مقدارها (٣٠ نت/ملم^٢) بعمر (٢٨) يوم أساسا للتصميم وقابلية تشغيل مناسبة بموجب طريقة المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI 211.91)^(٥) تم إيجاد مكونات الخلطة الخرسانية المرجعية لمتر مكعب على النحو التالي:

سمنت/كغم/م ^٣	رمل/كغم/م ^٣	حصى/كغم/م ^٣	الماء/كغم/م ^٣	الهطول/م
٤٠٦,٥	١٢٤	١٢٠٧,٥	١٦٥	٢٢

إن نسبة الخلط (٣:١,٦:١) هي نسبة الخلط نفسها التي استخدمتها شركة الرشيد العامة للمقاولات الإنشائية مع نسبة (ماء/السمنت) مساوية إلى (٠,٤١) لإنتاج بلاطات خرسانية مسبقة الصب مسلحة بفولاذات حديد الستراندا.

تم تثبيت الهطول بحوالي (٥٠±٥ ملم) وذلك بتغير نسبة (الماء/السمنت) لكي تعطي

(١٠٠*١٠٠*١٠٠ ملم) مع دقة قراءة إلى حد (٠,١ كيلو نيوتن) وبسرعة تحميل مقدارها (٢٠ كيلو نيوتن/ثانية). تم الفحص لثلاثة نماذج بالأعمار (٧، ٢٨، ٩٠ يوم)، حيث ترفع النماذج من الماء قبل الفحص وتجفف السطوح بقطعة قماش.

فحص مقاومة الانثناء:

تم اعتماد المواصفة البريطانية (B.S. 1881 part 118:1989)^(٧) في فحوص مقاومة الانثناء بطريقة التحميل بنقطتين (-Two point Loading) والتي تضمن الحصول على عزم انحناء ثابت بين نقاط التحميل. اجري الفحص بجهاز ذو دقة عالية تصل إلى مائة نيوتن. تم الفحص بثلاثة نماذج في الأعمار (٧، ٢٨، ٩٠ يوم)، بطريقة التحميل بنقطتين وبمعدل تحميل مقداره (٠,٢ طن/ثانية).

فحص التحميل المستعرض:

تم اعتماد المواصفة القياسية العراقية الخاصة بتصنيع البلاطات الخرسانية المسبقة الصب رقم (١١٠٧). يتم الفحص لثلاث نماذج بالأعمار (٧، ٢٨، ٩٠ يوم) بمعدل تحميل (٢ كيلونيوتن/١٠ ثواني) للبلاطات، حيث تبلغ أقصى قيمة تحميل الجهاز (٦٠ كيلو نيوتن).

فحص الامتصاص:

تم إجراء الفحص على مكعبات خرسانية بأبعاد (١٠٠*١٠٠*١٠٠ ملم) بموجب المواصفات البريطانية (B.S. 1881, part 122:1989). يتم إيجاد الامتصاص لكل عينة من حساب زيادة الوزن الناتج من الغمر كنسبة إلى الوزن الجاف للعينة. تم إجراء الفحص على العينات بعمر (٢٨) يوم.

النتائج و المناقشة:

يوضح الجدول (١-١) والأشكال (١)، (٢)، (٣) نتائج فحص مقاومة

الإنضغاط للخلطات الخرسانية مع إضافة الملدن المتفوق المقلل للماء بنسبة ثابتة مقدارها (١,٥٪) من وزن السمنت، يمكن ملاحظة تأثير الملدن المتفوق على مقاومة الإنضغاط، حيث أظهرت أن مقاومة الإنضغاط تزداد بشكل كبير وملحوظ مقارنة مع الخلطة المرجعية، بمقدار (٥٢٪) بالنسبة للخلطة الخرسانية الحاوية على نسبة إحلال الخبث (٣٠٪)، مع نسبة (١,٥٪) ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية بعمر (٧ أيام)، كما تم الحصول على زيادة في مقاومة الإنضغاط بمقدار (٥٠٪)، بالنسبة للخلطة الخرسانية الحاوية على نسبة إحلال الخبث (١٠٪) مع نسبة (٠,٥٪) ألياف خراطة المعادن الفولاذية بعمر (٧ أيام).

إن هذه الزيادة الملحوظة في مقاومة الإنضغاط تعود إلى التأثير المزدوج للملدن المتفوق المقلل للماء مع الخبث، حيث بلغت نسبة الزيادة في مقاومة الإنضغاط مقارنة مع الخلطة المرجعية بمقدار يتراوح بين (٢٠-٤٠٪). إن استخدام الملدن المتفوق أدى إلى تقليل نسبة (الماء/السمنت) بشكل ملحوظ بمقدار (١٦٪) مع المحافظة على قابلية التشغيل المطلوبة، مع العلم إن نسبة الملدن المتفوق هي قليلة نسبياً (١,٥٪ من وزن السمنت) مقارنة مع البحوث السابقة التي استخدمت نسب أعلى من هذه النسبة، بالإضافة إلى تأثير الخبث بنسبة إحلال تراوحت بين (٢٠-٣٠٪) التي ساعدت كثيراً على زيادة حجم المونة وبالتالي تقليل الاحتكاك بين الألياف الحديدية والخرسانة وبالتالي تقليل حجم المسامات المتولدة بعد عملية الخلط والرص. إن هذا يعني زيادة كثافة الخلطة الخرسانية بسبب زيادة حجم وكمية نواتج عملية الإماهة لمزيج (السمنت/خبث+رمل). إن وجود الملدن المتفوق وكما تم التطرق إليه في بحوث سابقة، يعمل على إحاطة حبيبات السمنت والالتصاق على سطوحها وتفريقها والمساعدة على تفككها ويقلل التجاذب بينهما، وبذلك يقلل من

الاحتكاك ويساعد على تقليل نسبة (الماء/السمنت) (١١,١٠,٩,٨)

يوضح الجدول (١-٢) والأشكال (٤) و(٥) و(٦) تأثير إضافة الملدن المتفوق المقل للماء بنسبة ثابتة (١,٥٪) الى الخلطات الحاوية على الخبث بنسب إحلال (٣٠,٢٠,١٠٪) بالإضافة إلى نسب (١,٥, ١,٠) من ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية. يمكن ملاحظة زيادة في مقاومة الإنثناء مقارنة مع الخلطة المرجعية بالنسبة للخلطة الحاوية على (٢٠٪) نسبة إحلال خبث، مع (١,٠٪) ألياف خراطة المعادن الفولاذية مع الملدن بمقدار زيادة (٤٤٪) بعمر (٧ أيام) و (٢٤,٤٪) بعمر (٢٨ يوم) و (٢٣,١٧٪) بعمر (٩٠ يوم). كما يمكن ملاحظة زيادة في مقاومة الإنثناء مقارنة بالخلطة المرجعية بمقدار (٣٣,٤٦٪) بعمر (٧ أيام) و (٢٤,٤٪) بعمر (٢٨ يوم) و (٢٠,٥٥٪) بعمر (٩٠ يوم)، للخلطات الحاوية على نسبة إحلال خبث (٢٠٪) مع (١,٥٪) ألياف خراطة المعادن الفولاذية مع الملدن المتفوق.

بصورة عامة هناك زيادة ملحوظة في مقاومة الإنثناء مقارنة مع الخلطة المرجعية بمقدار يتراوح بين (٢٠-٤٠٪)، السبب يعود إلى التأثير المشترك للخبث مع الألياف الحديدية مع إضافة الملدن بنسبة (١,٥٪)، حيث ساعدت هذه النسبة من الملدن على تقليل نسبة المحتوى المائي للخلطة الخرسانية، مع تقليل النضح الحاصل في الخرسانة والمحافظة على قابلية التشغيل المطلوبة.

يبين الشكل (٥) إن نسبة إحلال خبث (٢٠٪) مع (١,٠٪) ألياف خراطة المعادن الفولاذية مع إضافة ملدن متفوق بنسبة (١,٥٪)، قد أعطتنا أكبر مقاومة للإنثناء مقارنة مع الخلطة المرجعية، وهذا يدل على أن نسبة الألياف مناسبة لمقاومة التشققات الحاصلة في النموذج دون الكسر مع تقليل

عرض الشق للنموذج في مرحلة الشق الأول، كما لاحظنا خضوع الألياف الحديدية وهذا يدل على قوة الترابط والتماسك بين الألياف وعجينه السمنت التي ساعدت على عدم سحب الليف من الخرسانة، وهذه النتائج أعطت تحسنا واضحا مقارنة مع البحوث السابقة.

نلاحظ ان زيادة نسبة الألياف الحديدية إلى (١,٠٪) يساعد على زيادة مقاومة الإنثناء بنسبة (٢٠٪) ويعود السبب إلى زيادة عدد الألياف التي تظهر في منطقة الكسروالتي تكون مسؤولة عن مقاومة النموذج وارتباطه ضد الكسر بعد مرحلة الشق الأول، كذلك فإن الألياف ذات النسبة الباعية القليلة يحدث فيها الفشل نتيجة لسحب الليف واقتلاعه من الخرسانة، أما الألياف ذات النسبة الباعية الكبيرة فإن الفشل يحدث نتيجة لتقطيع الألياف وخضوعها، ومن ملاحظة شكل الفشل للنماذج المتعددة المستخدمة في البحث، نجد حصول نوعي الفشل في ألياف خراطة المعادن الفولاذية.

يوضح الجدول (١-٣) والأشكال (٧) و (٨) و (٩) تأثير إضافة الملدن المتفوق المقل للماء بنسبة ثابتة (١,٥٪) على الخلطات الحاوية على الخبث بنسب (٣٠,٢٠,١٠٪) بالإضافة إلى نسب (١,٥, ١,٠, ٠,٥) من مخلفات ألياف خراطة المعادن الفولاذية، تبين النتائج وبصورة عامة زيادة ملحوظة في قوة التحمل المستعرض لجميع الخلطات الحاوية على الملدن المتفوق مقارنة مع الخلطة المرجعية وكما يلي:

تم الحصول على زيادة في قوة التحمل المستعرض بمقدار (١٧٥٪)، للخلطة الحاوية على نسبة إحلال خبث (١٠٪) مع نسبة (١,٠٪) ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية و بعمر (٧ أيام)، مع زيادة مقدارها (٣٦٪) بعمر (٢٨ يوم) وزيادة بمقدار (٧٥٪) بعمر (٩٠ يوم).

خضوع الألياف وهذا يدل على زيادة قوة التماسك بين الألياف وعجينه السمنت وبوجود الملدن والخبث ساعدت على عدم سحب الليف من الخرسانة، وهذه النتائج أعطت تحسناً ملحوظاً مقارنة مع البحوث السابقة. الجدول (١-٤) يوضح نتائج الامتصاص الكلي للخلطات الخرسانية المستخدمة في البحث، يبين الحصول على انخفاض ملحوظ في الإمتصاص بنسبة (١٥٪) بعد استخدام الملدن المتفوق المقل للماء للخلطة الحاوية على نسبة (٥،٥) ألياف، حيث كان للملدن دور كبير في تقليل نسبة (الماء/السمنت) مع المحافظة على الهطول وقابلية التشغيل المطلوبة، بالإضافة إلى دور الخبث بنسبة إحلال (٢٠٪) والتي ساعدت على زيادة كثافة الخلطة الخرسانية مع زيادة قوة التماسك بين العجينة والألياف الحديدية، مما ساعدت على تقليل المسامات والفجوات بين سطوح الألياف الحديدية والعجينة السمنتية، وبالتالي تقليل المسامية والإمتصاص بصورة عامة.

الاستنتاجات:

١. إحلال الخبث المحلي بدلاً عن الركام الناعم، يؤدي إلى زيادة مقاومة الانضغاط لمختلف الخلطات ولمختلف ظروف الفحص مع استخدام المادة المضافة (الملدن المتفوق) حيث تم الحصول على زيادة في مقاومة الانضغاط بشكل ملحوظ عند نسبة إحلال خبث (٣٠٪) مع نسبة (١،٥) ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية وبعمر (٧ و ٢٨ يوم) حيث بلغت أفضل مقاومة إنضغاط بزيادة مقدارها (٤،٥٢ - ٤٨٪) مقارنة مع الخلطة المرجعية.

٢. إحلال الخبث المحلي كبديل عن الركام الناعم يؤدي إلى زيادة في مقاومة الإنثناء ولمختلف الخلطات الخرسانية مع استخدام المادة المضافة (الملدن المتفوق) حيث طرأ تحسن كبير بمقاومة الإنثناء عند نسبة إحلال الخبث (٢٠٪) مع (١،٥) ألياف خراطة

أما بالنسبة للخلطة الحاوية على نسبة إحلال خبث (٢٠٪) مع نسبة (٥،٥) ألياف خراطة المعادن الفولاذية، فقد تم الحصول على زيادة في قوة التحمل المستعرض مقارنة مع الخلطة المرجعية بمقدار (١٨٩٪) بعمر (٧ أيام) وزيادة بمقدار (٣٠٪) بعمر (٢٨ يوم) وزيادة بمقدار (٤٦،٨٪) بعمر (٩٠ يوم).

أما بالنسبة للخلطة الحاوية على نسب إحلال خبث (٣٠٪) ونسبة (٥،٥) ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية فبلغت نسبة الزيادة في قوة التحمل المستعرض (١٥١،٧٪) بعمر (٧ أيام) و (٥٩،٢٪) بعمر (٢٨ يوم) و (٦١٪) بعمر (٩٠ يوم).

أما بالنسبة للخلطة الحاوية على نسبة إحلال الخبث (٣٠٪) مع نسبة (١،٥) ألياف مخلفات خراطة المعادن الفولاذية فبلغت نسبة الزيادة في قوة التحمل المستعرض بمقدار (١٧١،٨٪) بعمر (٧ أيام) و (٣٠،٣٪) بعمر (٢٨ يوم) و (١١١،٦٪) بعمر (٩٠ يوم).

إن السبب الرئيسي لهذه الزيادة في قوة التحمل المستعرض لهذه الخلطات يعود إلى التأثيرات المشتركة للملدن المتفوق والخبث والرايش، حيث ساعد الملدن المتفوق على تقليل نسبة (الماء/السمنت) مع المحافظة على قابلية التشغيل للخلطة الخرسانية، بالإضافة إلى زيادة قوة الترابط في المنطقة البينية بين الركام وعجينه السمنت، ومع وجود الخبث زادت كثافة الخلطة الخرسانية (زيادة حجم المونة) الذي ساعد على زيادة قابلية التشغيل، وخاصة بنسبة إحلال الخبث (٢٠٪) والمبينة في الشكل (٨)، مع ملاحظة إن نسبة إحلال الألياف الحديدية الفولاذية بنسبة تراوحت بين (٥،٥ - ١،٥) قد ساعدت في الحصول على أعلى قوة للتحمل المستعرض مقارنة مع الخلطة المرجعية، وهذا يدل على أن هذه النسب مناسبة لمقاومة التشققات الحاصلة في النموذج دون حدوث الكسر، وقد لاحظنا

Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, 1989, PP. 248-255.

5. ACI Committee (211.1-91), "Standard Practice For Selecting Proportions For Normal, Heavy Weight, And Mass Concrete ", ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, 1991.

6. B.S. 1881, Part 116, 1989, "Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes", British Standard Institution, 3pp.

7. B.S. 1881, Part 118, 1989, "Method for Determination of Flexural Strength", British Standard Institution, 3pp.

8. . عبد الهادي، زيد حيدر، "الخواص الهندسية للخرسانة فائقة المقاومة المسلحة بالألياف"، أطروحة الماجستير، الجامعة التكنولوجية، قسم هندسة البناء والإنشاءات، ٢٠٠٢.

٩. . شيرزاد، احمد قاسم، "ديمومة الخرسانة عالية الأداء الحاوية على رماد قشور الرز والخبث " أطروحة الماجستير، الجامعة التكنولوجية، قسم هندسة البناء والإنشاءات، ٢٠٠٢.

10. Kreijer, P .C. , "Plasticizer And Dispersing Admixture", Concrete International Ci-80 Admixture, 1980, pp.14. 11. Collepardi , M. and Corradi , M. "Influence of Naphthalene Sulphonated Polymer Based Super plasticizers on The Strength of Ordinary and Light Weight Concrete ", ACI SP-62, 1979, PP.315 - 336.

المعادن الفولاذية، وبزيادة (٤٦،٢٤،٢٣٪) عن الخلطة المرجعية وللأعمار (٧ و ٢٨ و ٩٠ يوم).

٣. طرأ تحسن على قوة التحمل المستعرض للبلاطات الخرسانية وبشكل عام ولجميع الخلطات الخرسانية مع استخدام المادة المضافة (الملدن المتفوق) حيث طرأ تحسن كبير في قوة التحمل المستعرض عند نسبة إحلال خبث (٣٠٪) مع نسبة (١،٠٪) ألياف خراطة المعادن الفولاذية، وبزيادة (٩٠٪) بعمر (٢٨ يوم) مقارنة مع الخلطة المرجعية.

٤. إنخفاض الامتصاص لجميع الخلطات الخرسانية عند إحلال الخبث بديلا عن الركام الناعم مع استخدام الملدن المتفوق حيث طرأ تحسن كبير على نتائج الامتصاص حيث أعطت نسبة إحلال خبث (٣٠٪) مع نسبة (١،٠٪) ألياف خراطة المعادن الفولاذية، انخفاضاً في الامتصاص بمقدار (١١٪) عن الخلطة المرجعية.

المراجع:

1. ACI Committee 226.1R-87 "Ground Granulated Blast-Furnace Slag as a cementitious constituent in concrete ", ACI, MCP, PP.2, part 1, 1989.

2. Ihsan A.Saib, "Yield Line Theory for Steel Fiber Reinforced Concrete Slabs ", Msc., Baghdad University, April- 1977.

٣. كاظم، عقيل موسى، "تحسين بعض خواص البلاطات الخرسانية بإضافة ألياف مخلفات خراطة المعادن " أطروحة الماجستير، الجامعة التكنولوجية، قسم هندسة البناء والإنشاءات، ٢٠٠٠.

4. ASTM: C 494-86, "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete ", Annual Book of ASTM Standard American

جدول (١-١) نتائج فحص مقاومة الإنضغاط للخلطات الخرسانية

رمز الخلطة	نسبة إحلال الخبث %	نسبة المخلفات الفولاذية	نسبة إضافة الملدن المتفوق	مقاومة الإنضغاط نت/ملم ^٢ في الأعمار/ يوم
				٧ ٢٨ ٩٠
REF.	.٠	.٠	.٠	٢٤.٧٦ ٣٣.٧٣ ٣٨.٦٦
M	١٠	%٠.٥	%١.٥	٣٧.٣٨ ٤٨.١١ ٤٨.٨٧
N	١٠	%١.٠	%١.٥	٣٠.٢٣ ٣٨.٧١ ٤٠.٨١
O	١٠	%١.٥	%١.٥	٢٧.٢٥ ٣٦.٢٢ ٤٢.٧٨
P	٢٠	%٠.٥	%١.٥	٣٠.٦٢ ٣٨.٧١ ٤١.٣١
Q	٢٠	%١.٠	%١.٥	٣٣.٣١ ٤٥.٨٣ ٤٨.٧٤
R	٢٠	%١.٥	%١.٥	٢٩.١٤ ٣٨.٢ ٤٤.٣٣
S	٣٠	%٠.٥	%١.٥	٣٣.٦٦ ٤٣.٦٩ ٤٣.٩٤
T	٣٠	%١.٠	%١.٥	٣٧.٧٣ ٥٠.١١ ٥١.٤٤
U	٣٠	%١.٥	%١.٥	٣٤.٧٤ ٤٣.٧١ ٤٤.٤٤

جدول (٢-١) نتائج فحوص مقاومة الإنشاء للخلطات الخرسانية

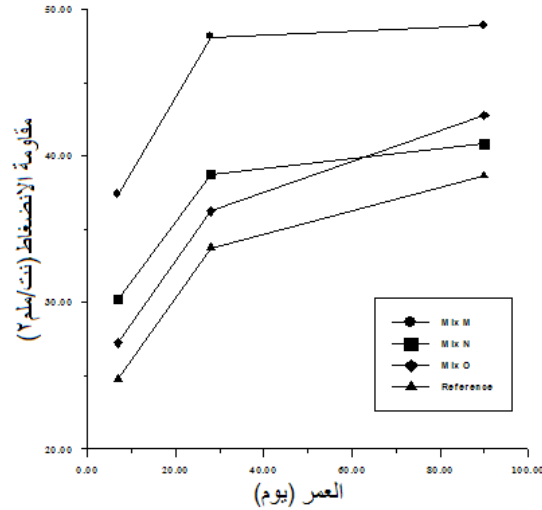
رمز الخلطة	نسبة إحلال الخبث %	نسبة المخلفات الفولانية %	نسبة إضافة الملمن المتفوق	مقاومة الإنشاء نت/ملم ^٢ في الأعمار / يوم		
				٧	٢٨	٩٠
REF.	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٥.٢٩	٧.٢٥	٧.٦٤
M	١٠	٠.٥	%١.٥	٦.٦٦	٨.٣١	٨.٩٣
N	١٠	١.٠	%١.٥	٧.٤٥	٨.٦٢	٩.٦
O	١٠	١.٥	%١.٥	٩٧.٦	٩٤.٨	٩.٢١
P	٢٠	٠.٥	%١.٥	٦.٠٨	٧.٦٤	٨.٤٣
Q	٢٠	١.٠	%١.٥	٧٤.٧	٩.٠٢	٩.٤١
R	٢٠	١.٥	%١.٥	٧.٠٦	٩.٠٢	٩.٢١
S	٣٠	٠.٥	%١.٥	٧.٢٥	٩.٠٢	٩.٠٩
T	٣٠	١.٠	%١.٥	٦.٨٦	٨.٨٢	٩.٦
U	٣٠	١.٥	%١.٥	٧.٠٦	٩.٢١	٩.٣١

جدول (٣-١) نتائج قوة التحميل المستعرض للخلطات الخرسانية

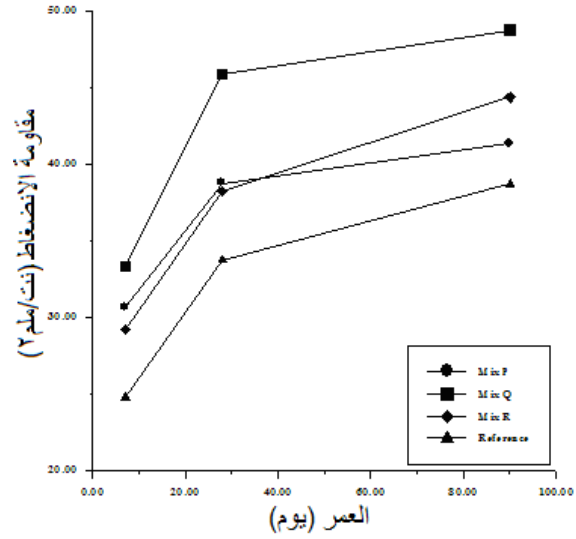
رمز الخلطة	% نسب إحلال الخبث	% نسبة المخلفات الفولاذية	% نسبة إضافة الملدن المتفوق	قوة التحمل المستعرض كنت في الأعمار / يوم
				٧ ٢٨ ٩٠
REF.	٠	٠	٠	١.٤٩ ٣.٩٠ ٣.٩٥
M	١٠	٠.٥	%١.٥	٣.٩٥ ٤.٣١ ٤.٧٧
N	١٠	١.٠	%١.٥	٩٠.٤ ٣٥.٥ ٦.٩٣
O	١٠	١.٥	%١.٥	٤.٠٠ ٤.٤٦ ٧.٤٤
P	٢٠	٠.٥	%١.٥	٤.٣١ ٥.٠٨ ٥.٧٩٧
Q	٢٠	١.٠	%١.٥	٢٣.٤ ٩٨.٥ ٦.٠٠
R	٢٠	١.٥	%١.٥	٣.٠٣ ٤.١٠ ٤.٧٧
S	٣٠	٠.٥	%١.٥	٣.٧٥ ٦.٢١ ٦.٣٦
T	٣٠	١.٠	%١.٥	٥١.٣ ٧.٤٤ ٨.٠٠
U	٣٠	١.٥	%١.٥	٨٥.٤ ٩.٦ ٨.٣٦

الجدول (٤-١) نتائج الإمتصاص الكلي لمختلف الخلطات الخرسانية

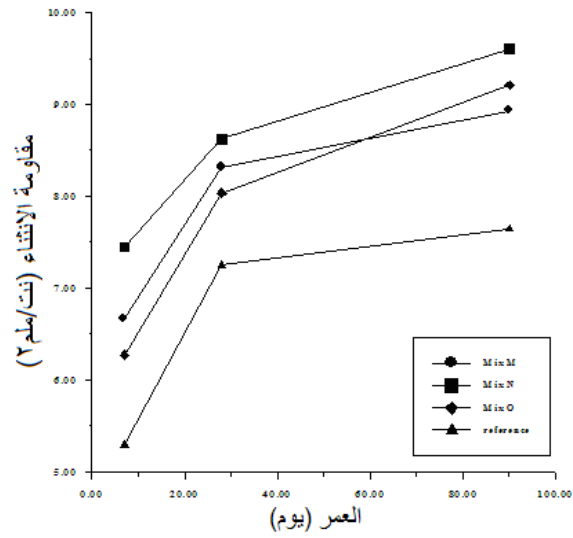
رمز الخلطة	% نسبة إحلال الخبث	% نسبة المخلفات الفولاذية	% نسبة الملدن المتفوق	% الإمتصاص بعمر (٢٨ يوم) ١/٢ ساعة ٢٤ ساعة	
REF.	—	—	—	٣.١٦	٤.٤٦
M	١٠	٠.٥	١.٥	٢.٨٧٧	٤.٠٦
N	١٠	١.٠	١.٥	٢.٨٧٢	٤.٠٥
O	١٠	١.٥	١.٥	٣.٠١٧	٤.٢٦
P	٢٠	٠.٥	١.٥	٢.٧٥٧	٣.٧٨
Q	٢٠	١.٠	١.٥	٣.٠٨١	٤.٣٥
R	٢٠	١.٥	١.٥	٢.٨٦٣	٤.٠٤
S	٣٠	٠.٥	١.٥	٢.٨٤٦	٤.٠٢
T	٣٠	١.٠	١.٥	٢.٨٤٣	٤.٠١
U	٣٠	١.٥	١.٥	٢.٨٨	٤.١٧



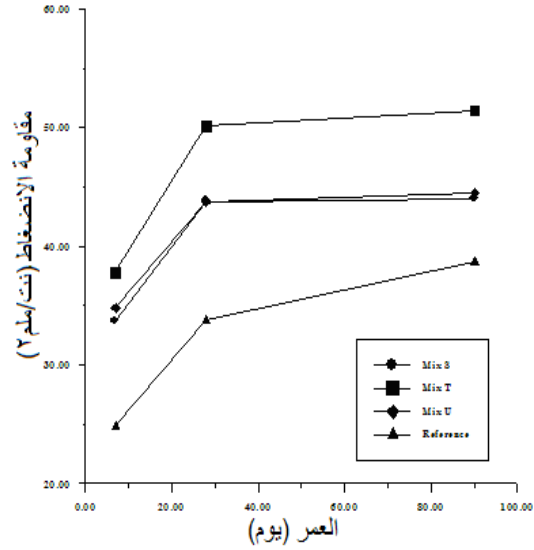
الشكل (١) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥ %) على مقاومة الإنضغاط لخلطات خرسانية حاوية على ١٠ % خبث مع نسب مختلفة من الألياف الفولاذية



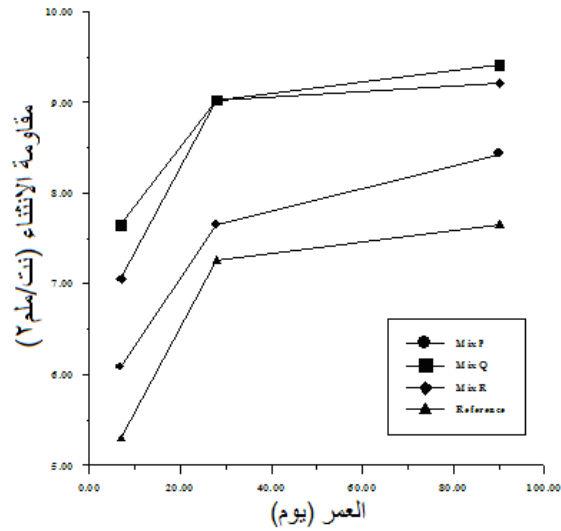
الشكل (٢) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥ ٪) على مقاومة الإنضغاط لخلطات خرسانية حاوية على ٢٠ ٪ خبث مع نسب مختلفة من الألياف الفولاذية



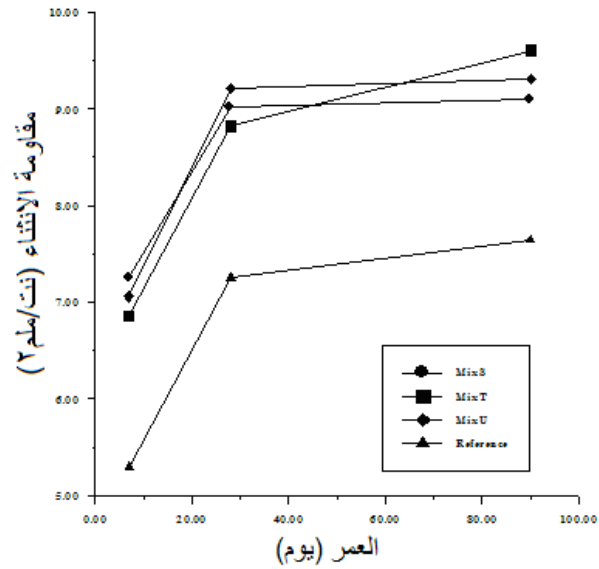
الشكل (٣) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥ ٪) على مقاومة الإنضغاط لخلطات خرسانية حاوية على ٣٠ ٪ خبث مع نسب مختلفة من الألياف الفولاذية



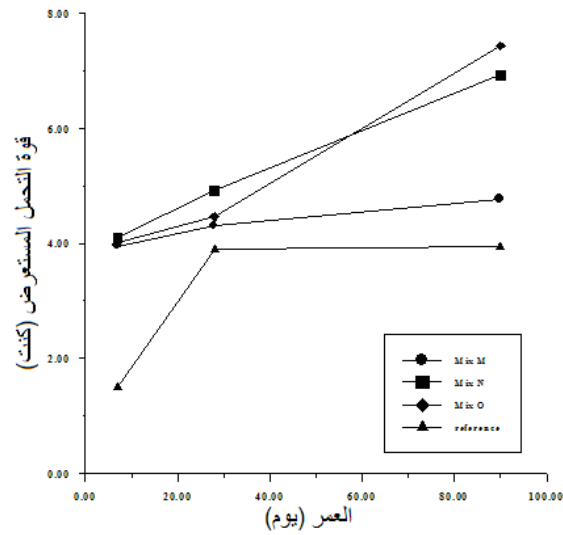
الشكل (٤) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥٪) على مقاومة الإنثناء لخلطات خرسانية حاوية على ١٠٪ خبث مع نسب مختلفة من الالياف الفولاذية



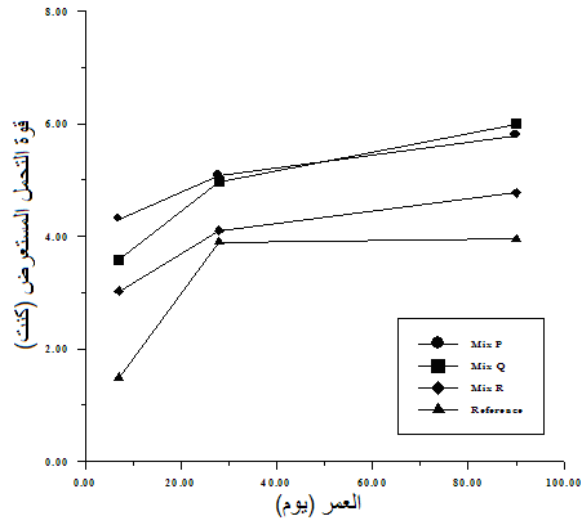
الشكل (٥) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥٪) على مقاومة الإنثناء لخلطات خرسانية حاوية على ٢٠٪ خبث مع نسب مختلفة من الالياف الفولاذية



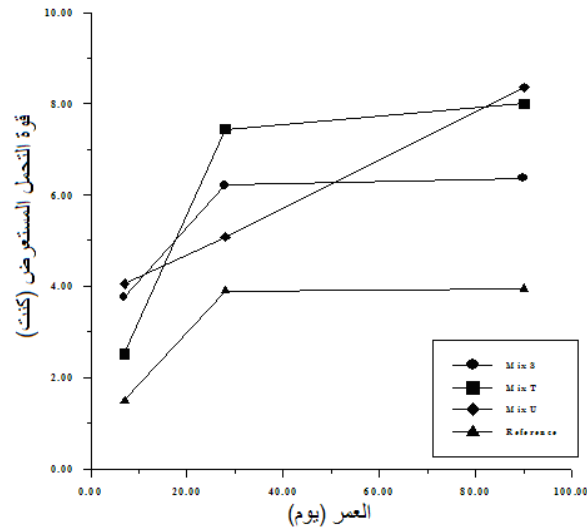
الشكل (٦) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥٪) على مقاومة الإنثناء لخلطات خرسانية حاوية على ٣٠٪ خبث مع نسب مختلفة من الالياف الفولاذية



الشكل (٧) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥٪) على قوة التحمل المستعرض لخلطات خرسانية حاوية على ١٠٪ خبث مع نسب مختلفة من الالياف الفولاذية



الشكل (٨) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥٪) على قوة التحمل المستعرض لخلطات خرسانية حاوية على ٢٠٪ خبث مع نسب مختلفة من الالياف الفولاذية



الشكل (٩) تأثير إستعمال الملدن المتفوق بنسبة (١,٥٪) على قوة التحمل المستعرض لخلطات خرسانية حاوية على ٣٠٪ خبث مع نسب مختلفة من الالياف الفولاذية