Study effectiveness of using many types of wire mesh on the mechanical properties of ferrocement containing mineral admixtures

دراسة تأثير استخدام عدة انواع من المشبكات السلكية على الخصائص الميكانيكية للإسمنت الحديدي الحاوي على مضافات معدنية

أ.م.د.حيدر كاظم عماش
جامعة القادسية /قسم الهندسة المدنية
E-mail:amashhk@gmail.com

م.م. سامر حامد
جامعة القادسية /قسم الهندسة المدنية
E-mail: samerhamedeng1982@yahoo.com

المستخلص

إن الهدف الاساسي من هذا البحث هو التحري عن نوع وشكل المشبك السلكي الاكثر فعالية في مقاومة التحميل بأقل هطول ممكن وذلك بإجراء فحص حمل الانحراف للنماذج في المختبر. اظهرت النتائج بان المشبك الاعتيادي ذو الفتحات المربعة هو الاكثر فعالية في مقاومة تلك الاحمال، حيث حقق اعلى نسبة تحمل بأقل انحراف ممكن. اما الهدف الثاني من هذا البحث هو دراسة تأثير إضافة الباليكورسكايت بنسبة الإحلال المثلى وهي 15% مع المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجه متفوقة على بعض الخواص الميكانيكية لمونة الاسمنت الحديدي خلال فترة اماهة تصل إلى 28 يوما لبعض الخواص (مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الانثناء) وبنسب خلط وزنية 1:2.5. ونسبة ماء/اسمنت 0.45.

بينت النتائج بان الخرسانة الحاوية على الباليكورسكايت العالي الفعالية بنسبة 15% من وزن السمنت مع المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجه متفوقة تحسن كبير في مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الانثناء حيث بلغت نسبة الزيادة بعمر28 يوما بمقدار 31.5% ,55.1% ,108.4% لكل من مقاومة الانضغاط و مقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الانثناء على التوالي بالمقارنة مع الخلطة المرجعية .

Abstract

The main goal of this research is to investigate the type and form of wire mesh most effective in the load resistance less deflection possible by testing load deflection of the samples in the laboratory. The results showed that the ordinary mesh with square wholes most effectiveness in strengthen their loads. Which have higher strength percent with less deflection. The second goal from the research is studying the effect of palygoriskite adding by the optimum content with high range water reducing admixture on some mechanical properties of the ferrocement paste through curing period arrive to 28 days for some properties like (compressive strength , splitting tensile strength , flexural strength) , and mix proportions 1:2.5 with w/c equal to 0.45.

The results showed that concrete containing high reactive palygoriskite 15% from cement weight with high rang water reducing admixture had improvement in (compressive strength , splitting tensile strength and flexural strength). Where the percentage of incresement was (31.5% , 55.1% , 108.4%) at 28 days in compressive strength , splitting tensile strength and flexural strength respectively with reference mix .

1-المقدمة

يعد الاسمنت الحديدي أحد انواع تشييد الخرسانة المسلحة الرقيقة حيث يتم تسليح مونة الاسمنت فيه بطبقات من المشبكات السلكية ذات الاقطار الصغيرة نسبيا موزعة بشكل منتظم خلال المقطع العرضي.

أن السمنت الحديدي ذو فائدة اقتصادية في بعض التطبيقات الانشائية مثل الاحواض وبعض انواع السقوف القشرية باستعمال صفائح السمنت الحديدي كبديل لصفائح الاسبست المتموج والاسبست السمنتي كونها أخف وزنا وقابلة للتشكيل الى اشكال معقدة وليس لها ضرر على الصحة (مقارنة مع صفائح الاسبست).

أن المادة الرابطة المستعملة في السمنت الحديدي تتكون اساسا من سمنت بورتلاندي وركام ناعم(الرمل) ذي تدرج محدد وبذلك تمثل المادة الرابطة حوالي95% او أكثر من السمنت الحديدي ولها تأثير كبير على سلوك المنتوج النهائي لذا يجب توخي الدقة في اختيار مكونات المادة الرابطة.

حددت لجنة الخرسانة الامريكية [1] (ACI_549 R_88) و[2]Swamy متطلبات المواد من ناحية السمنت المستخدم والرمل والمشبكات السلكية المستخدمة. أما في فقرة المضافات الكيميائية فتم وضع نقاط عامة من ناحية مطابقة المضاف للمواصفات المعتمدة واستعمال المضاف المناسب للعمل، وحدد نسبة 15%(بشكل عام) كنسبة لأحلال المضاف البوزولاني بدل الاسمنت دون اعطاء تفاصيل حول نوع المضاف المستخدم ويلاحظ أيضا في فقرة نسب الخلط (في المواصفة اعلاه) بأن النسب المطلوبة تتراوح بين 1.5 الى 2.5وزنا لنسبة الرمل/الاسمنت وبين 0.35 الى 0.50 وزنا لنسبة الماء/السمنت.

ان المادة البوزولانية المستخدمة تسمى ب(Attapulgite) او(الباليكورسكايت) وهى من المعادن الطينية الطبيعية الموجودة في انحاء القطر في محافظة النجف الاشرف والمثنى والبادية الغربية . الصيغة العامة لهذه المادة حسب Carrol 1970[3]

$$Si_8\,Mg_5\,O_{20}\,(OH)_2\;\;(OH_2)_4.4H_2O$$

المادة البوزولانية لا تمتلك لوحدها خواص إسمنتية او قد تكون ذات خواص إسمنتية قليلة ولكن عندما تكون بدرجة عالية من النعومة وبوجود الرطوبة تتفاعل كيميائيا مع هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ بدرجات الحرارة الاعتيادية لتكوين مركبات ذات خواص اسمنتية. يمكن تطوير فعالية البوزولانا الطبيعية بواسطة (الكلسنة) من خلال حرقها بحدود (550-1100 درجة مئوية) حيث تعتمد درجة حرارة الحرق على طبيعة المواد البوزلانية.

2-اهمية البحث:

2-1 اهداف البحث:

الهدف الاساسي من البحث هو دراسة تأثير تغيير شكل المشبك المعدني على مقاومة مونة الاسمنت الحديدي. تم استخدام عدة أنواع من المشبكات السلكية منها (مربعة الشكل، معينية الشكل، وخلايا نحل). أيضا تم اعتماد اسلوبين عند استخدام المشبكات، أحدهما اعتيادي (غير متموج) والأخر متموج . اما الهدف الثاني هو دراسة بعض الخصائص الميكانيكية لمونة الاسمنت الحديدي باستخدام المضافات الكيمياوية والمضافات المعدنية البوزولانية.

2-2 خطة البحث:

1- تم فحص حمل الانحراف لبلاطات الاسمنت الحديدي والمسلحة بطبقتين من المشبكات السلكيه المربع والمعيني وخلايا النحل و بنوعيها الاعتيادي والمموج وبواقع 18 عينة فحص .
2- تم فحص مقاومة الانضغاط لمونة الاسمنت الاعتيادية للخلطة المرجعية ومونة الاسمنت الحاوية على المضاف الكيميائي المقلل للماء والمضاف المعدني مع المضاف الكيميائي و للاعمار 7 و 28 يوم على التوالي بواقع 18 عينة فحص .
3- تم فحص مقاومة الشد غير المباشر لمونة الاسمنت الاعتيادية للخلطة المرجعية ومونة الاسمنت الحاوية على المضاف الكيميائي المقلل للماء والمضاف المعدني مع المضاف الكيميائي و للاعمار 7 و 28 يوم على التوالي بواقع 18 عينة فحص .
4- تم فحص مقاومة الانثناء لمونة الاسمنت الاعتيادية للخلطة المرجعية ومونة الاسمنت الحاوية على المضاف الكيميائي المقلل للماء والمضاف المعدني مع المضاف الكيميائي و للاعمار 7 و 28 يوم على التوالي بواقع 18 عينة فحص .

3-الدراسات و البحوث السابقة :

أوضح Choosak[4] في بحثه حول استخدام السمنت الحديدي في اغطية نقاط التفتيش في بانكوك-تايلاند ،وكانت الاسباب الموجبة لهذا البحث هي لجعل هذه الاغطية أخف وزنا واقل كلفة واقل عرضة للسرقة.استعمل الباحث المشبك السلكي المغلون المربع الفتحات لتسليح هذه الاغطية ومونة عالية التحمل.

لقد تم استخدم السمنت الحديدي في سنغافورة [5] لأنشاء السقوف الثانوية لغرض العزل الصوتي والحراري بأستعمال قطع بابعاد (3×3 قدم) وبسمك (1انش) تم تسليحها بثلاثة طبقات، طبقتين من المشبك السلكي المربع الفتحات ($\frac{1}{2}$ ×$\frac{1}{2}$ انش) بقطر (0.0639انش) وطبقة من الـ(mesh weld BRC) (6×6انش) بقطر ($\frac{1}{8}$ انش) ولوحظ بأن أداءها كان جيدا من حيث العزل المتحقق والكلفة والتحمل المطلوب وعدم ظهور التشققات فيها.

أجريت عدة بحوث محلية وكان هدفها تحسين خواص واداء السمنت الحديدي كعضو أنشائي مركب، ففي دراسة قام بها and Lami AL-ALRifaie [6] حول استخدام السمنت الحديدي في انشاء خزانات النفط والتحديات الخاصة بذلك من ناحية حساب النفاذية للمونة المستعملة وبيان امكانية عدم نفاذ المشتقات النفطية للسمنت الحديدي والتحري عن الانكماش غير المقيد لأجزاء السمنت الحديدي المعرضة للنفط الخام والمشتقات الاخرى ومدى تأثير ذلك على الخواص الميكانيكية له. من خلال هذه الدراسة تم تقدير النفاذية للسمنت الحديدي بقيمة تتراوح من ($\frac{1}{6} \times 10^{-9}$) مم/ثا الى ($0.94 \times 10^{-9}$) مم/ثا اعتمادا على سمك العنصر وعدد طبقات المشبك السلكي وانه بالإمكان التقليل من الانكماش غير المقيد عند استخدام المشبك السلكي بشكل متناظر.

اوضحت AL-Hadithi[10] في دراستها حول استخدام أطيان الكاؤولين المحروقة ورماد قشور الرز مع استخدام المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة في الخرسانة بأن درجة حرارة الحرق المثلى للكاؤولين هي 700•سيلسيوس وان الوقت الامثل للحرق بالدرجة القصوى هي ساعة واحدة، وان نسبة الاحلال للميتاكاؤولين بدل السمنت الأفضل هي 8% مع الاستنتاج بأن أحلال 4% ميتاكاؤولين و4%رماد قشور الرز بدل السمنت مع أضافة 6% من المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة تعمل على تحسين خواص الخرسانة المنتجة.

واوضح AL-Amede[11] في دراسته عن إمكانية استخدام نوع جديد من المضافات المعدنية مع استخدام المضافات الكيميائية لتحسين بعض خصائص الخرسانة حيث استخدم نوع جديد من أطيان الاتابلكايت العراقية كبوزولانا فائقة الفعالية لتحل محل جزء من السمنت بحيث إن الناتج النهائي يفي بالمتطلبات الفيزيائية والكيميائية للبوزولانا. لقد تم ذلك بالقيام بتجارب مختبريه لإيجاد الظروف المناسبة من درجة حرارة وزمن حرق لإنتاج اتابلكايت عالي الفعالية. وقد أظهرت النتائج بان درجة حرارة الحرق المثلى لتحويل طين الاتابلكايت إلى اتابلكايت عالي الفعالية هي 750 °سيليزية وان الوقت الأمثل للحرق هو 1/2 ساعة. وان نسبة الإحلال المثلى بدل السمنت هي 6% وزنيا.

4-البرنامج العملي

العديد من خلطات المونة حضرت في هذا البحث من خلال استخدام المواد المتوفرة محليا. استخدم هنا المشبكات المعدنية المموجة والاعتيادية من نوع (المربع والمعيني وخلايا النحل) ولكلا النوعين. ولدراسة خصائص المونة وتحسينها استخدم الاتابلكايت العراقي المتوفر محليا مع المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجة متفوقةHRWRA وبعدها تم دراسة بعض الخصائص مثل مقاومة الانضغاط ومقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الانثناء.

4-1 المواد المستعملة

4-1-1 الاسمنت

استخدم أسمنت مقاوم للأملاح من نوع الجسر (معمل كربلاء). في الفحوصات التي تم اجراؤها وتفاصيل الفحص الكيمياوي في جدول رقم (1) وتفاصيل الفحص الفيزيائي في جدول (2) تحت مقارنة النتائج مع المواصفة القياسية العراقية رقم 5 لسنة 1984 [13].

4-1-2 الرمل

استخدم الرمل في الفحوصات المختبرية من نوع رمل النجف ذو مقاس اقصى 4.75 مم وهو مطابق للمواصفة القياسية العراقية رقم 45 لسنة 1984[14] منطقة التدرج الثالث ،والجدول (3) يبين خواص الرمل المستعمل.

4-1-3 الماء

أستعمل ماء الشرب الاعتيادي (ماء الحنفية) لجميع الخلطات وكذلك في إنضاج ومعالجة العينات.

4-1-4 المضاف الكيمياوي المقلل للماء بدرجة متفوقة (HRWRA)

تم استخدام الملدن المتفوق والذي يعرف تجاريا باسم structuro520 والغرض منه هو تقليل نسبة الماء الى الاسمنت والملدن المتفوق المستخدم في هذه الدراسة هو لأنتاج قوة عالية ملموسة من خلال تقليل المحتوى المائي للمزيج، مع الحفاظ على قابلية تشغيل متساوية.

Structuro520 يجمع بين خصائص التقليل من الماء وقابلية احتفاظ بقابلية تشغيل، وأنه يسمح لإنتاج الخرسانة عالية الأداء / أو خرسانة مع قابلية تشغيل عالية. يظهر 520 وhyperplasticizer قويا بشكل خاص مما يتيح إنتاج الخرسانة متجانسة بشكل صحيح. الجدول (4) وصفا تقنيا من محلول مائي من الملدن المتفوق.

4-1-5 الاتابلكايت العالي الفعالية (HRA)

تم حرق المادة الاولية (المضاف المعدني) بدرجة حرارة مقدارها 750 درجة سيليزية وبوقت مثالي للحرق مقداره نصف ساعة [15] كما في الجدول رقم (5) حيث يوضح التحليل الكيميائي للمادة بعد الحرق, كما مبين في صورة رقم (1).

صورة رقم(1): توضح المضاف المعدني بعد حرقه بدرجة حرارة 750 درجة سيليزية.

6-1-4 المشبكات السلكية

تم استخدام المشبكات السلكية ذات الفتحات (السداسي، المعيني والمربع) وخصائص هذه المشبكات السلكية مبينة في الجداول (6 و7) على التوالي 0

5-الخلطات والفحوصات المختبرية

5-1 خلط المونة

تم خلط الرمل مع الاسمنت بنسبة (1:2.5). وتم ايضا اضافة المضاف الكيمياوي المقلل للماء بدرجة متفوقة والمضاف المعدني (الاتابلكايت) بعد الحرق كما مبين في الجدول رقم (8) طبقا لمحددات لجنة الخرسانة الامريكية[16]ACI 318-02 .

حيث تمت عملية الخلط داخل المختبر بموجب المواصفة القياسية العراقية (م ق ع/1992/280) [17]،أستعملت خلاطة كهربائية حوضية تدور افقيا خاصة بالأعمال المختبرية. بعد تحضير ووزن مواد الخلطة يتم ترطيب وعاء الخلطة لمنع حصول امتصاص لماء الخلطة وتغير نسب الخلط. يوضع الرمل في الخلاطة ومن ثم يضاف السمنت ويخلط مع الرمل بشكل جاف لمدة دقيقتين بعدها تشغل الخلاطة ويضاف ماء الخلط ويستمر الخلط لمدة دقيقتين يعقبها ايقاف الخلاطة وبواسطة مالج صغير يتم رفع المواد الملتصقة على طول محيط الخلاطة وغير المخلوطه جيدا ووضعها في وسط الخلاطة ثم يتم تشغيل الخلاطة لمدة دقيقتين أخريين للحصول على خلطة متجانسة.

وفي الخلطات التي يضاف اليها المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة يتم اتباع نفس الاسلوب السابق في خلط المواد الجافة ،بعدها تشغل الخلاطة ويضاف ماء الخلط ويستمر الخلط ورفع المواد الملتصقة بالجوانب بنفس الطريقة اعلاه ،بعدها يتم اضافة المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة ويستمر الخلط لمدة 5 دقائق اخرى لغرض ضمان حصول التجانس والتشغيل المطلوب ،مع تدقيق الانسياب للخلطة بموجب ASTM C230-83[18]في نهاية عملية الخلط.

5-2 الفحوصات المختبرية

5-2-1 فحص مقاومة الانضغاط

اعتمدت في هذا الفحص المواصفة القياسية (ASTMC109-87) [19] حيث تم تعيين مقاومة الانضغاط عند الاعمار 7, 28 يوما منذ بدأ الصب ولكل خلطة. وثبتت مقاومة الانضغاط للنماذج ولكل عمر كمعدل لمقاومة الانضغاط لثلاث عينات مكعبة من مونة السمنت طول ضلعها 50 مم فحصت بتسليط حمل منتظم بواسطة ماكينة فحص مختبرية (سعة 200 kN) وذات سرعة تحميل 15 نت/مم^2/الدقيقة ،حيث يتم تسليط الحمل على وجهين متقابلين من الاوجه الجانبية والمتعامدة مع اتجاه صبها وبحالة مشبعة وجافة السطح. كما مبين في صورة رقم(2).

صورة رقم (2): توضح جهاز فحص مقاومة الانضغاط للمكعبات الخرسانية

2-2-5 فحص مقاومة الشد غير المباشر

اعتمدت في هذا الفحص المواصفة (ASTMC496-86) [20]حيث تم فحص نماذج اسطوانية بأبعاد 100×200 مم عند الاعمار 7،28 يوما منذ بدأ الصب ولكل خلطة حيث توضع بشكل افقي في ماكينة الفحص المختبرية وبين لوحين خشبيين لا يزيد سمكها عن(3مم) وبسرعة تحميل للفحص 1.5 نت /مم^2/دقيقة وثبتت مقاومة الشد للنماذج ولكل عمر كمعدل لثلاث عينات كما مبين في صورة رقم (3). ويتم حساب مقاومة الشد غير المباشر بموجب المعادلة (1-1) الاتية:

$$\mathbf{F_t = \frac{2P}{\pi dl}} \quad \text{----} \quad \mathbf{1\text{-}1}$$

F_t: مقاومة الشد غير المباشر (نت/مم^2)
P: الحمل الاقصى للفشل (نت)
d: قطر نموذج الفحص (مم)
l: طول نموذج الفحص (مم)

صورة رقم (3): توضح جهاز فحص مقاومة الانضغاط لفحص مقاومة الشد غير المباشر للأسطوانات الخرسانية

3-2-5 فحص مقاومة الانثناء بنقطة واحدة

تم اجراء هذا الفحص على نماذج موشورية بأبعاد 600×100×100مم بموجب المواصفة البريطانية (B.S.1881:PART118) باستخدام ماكنة الفحص الخاصة بذلك سعة 300 كنت واعتمدت طريقة التحميل بنقطة واحدة ويتم اخذ الحمل الاقصى كمعدل لثلاث نماذج كما مبين في صورة رقم 4. وتم حساب مقاومة الانثناء بنقطة تحميل واحدة بموجب المعادلة (1-2): -

$$\mathbf{F_r = \frac{3Pl}{2bd2}} \quad ----- \quad \mathbf{2\text{-}1}$$

F_r: مقاومة الانثناء (نت/مم^2)
P: الحمل الاقصى للفشل (نت)
l: المسافة بين المساند (مم)
b: عرض مقطع النموذج (مم)
d: عمق مقطع النموذج (مم)

صورة رقم (4): توضح جهاز فحص معاير الكسر للمواشير الخرسانية

4-2-5 فحص الحمل –الانحراف: -

تم اجراء هذا الفحص على بلاطات مربعة الشكل بأبعاد(50 × 50 ×5)سم مسلحة بطبقتين من المشبك السلكي حيث تم فحص الحمل عند عمر 28 يوم منذ بدأ الصب ولكل خلطة. يتم تثبيت النماذج مع تسليط الحمل بشكل مركز على وجه البلاطة. ثم تؤخذ قراءة الحمل من مقياس الجهاز والانحراف الحاصل في منتصف البلاطة بواسطة مقياس (Dial gauge) ذي حساسية (0.001 مم) كما مبين في صورة رقم(5).

صورة رقم (5): توضح جهاز فحص بلاطات الفيروسمنت

6-النتائج والمناقشة

في هذا العمل المختبري عدة فحوصات اجريت في المختبر. تم اكمال العمل المختبري بعمل بعض الفحوصات الميكانيكية مثل فحص مقاومة الانضغاط وفحص مقاومة الشد غيرالمباشر وفحص الانحناء بنقطة واحدة (باستخدام مونة الاسمنت الحديدي مع المضاف الكيميائي والمضاف المعدني. وتم اجراء فحص الانحراف و كانت النتائج المستحصلة بعد تغيير نوع المشبك السلكي، الشكل العام و نوع الفتحة وتم اختبار العينة التي حققت اقل انحراف).

6-1 مقاومة الانضغاط:

تم دراسة مقاومة الانضغاط لمونة الاسمنت الاعتيادية (الخلطة المرجعية) ومونة الاسمنت الحاوية على المضاف الكيميائي المقلل للماء والمضاف المعدني مع المضاف الكيميائي.

بينت نتائج مقاومة الانضغاط لخلطات المونة المرجعية (Reference) وخلطة HRWRA وخلطة .HRA-HRWRA زيادة في مقاومة خلطة المضاف الكيميائي عن خلطة Reference بمقدار (25.6%, % 15.9) بعمر 7 و 28يوما على التوالي و زيادة في مقاومة خلطةHRA-HRWRA عن خلطة Reference بمقدار (31.5%, 18.9%) بعمر7 و 28يوما على التوالي وزيادة في مقاومة خلطة HRA-HRWRA عن خلطة HRWRA بمقدار (4.7% , 2.5%) بعمر 7 و 28 يوما على التوالي .

ان سبب زيادة مقاومة الانضغاط لخلطة HRWRA عن الخلطة المرجعية حيث ان وجود المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجة متفوقة حيث يعمل على انسياب جزيئات الاسمنت بعضها فوق بعض مما يقلل من الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات وهذا يزيد من قابلية التشغيل للخلطة وبالتالي زيادة الكثافة[22] . وزيادة مقاومة انضغاط خلطة HRA-HRWRA عن الخلطة المرجعية وخلطة HRWRA بسبب وجود المضاف المعدني الذي يعمل على التفاعل مع حبيبات الاسمنت حيث يسلك سلوك لمادة الاسمنتية ويؤدي الى انتاج جل اسمنتي اضافي وبالتالي زيادة كثافة المونة[23] كما مبين في جدول (6-1).

جدول (6 -1) يبين نتائج مقاومة الانضغاط للخلطات بعمر28&7 يوم

Symbol of mix	Cementation material content		w/c	HRWRA L/m^3 by weight of cement to give flow (100-110)%	Compressive strength	
	Cement Kg/m^3	HRA Kg/m^3			7 Day	28 Day
Reference	400	0.0	0.45	0.0	41.36	45.6
HRWRA	400	0.0	0.35	2.1	47.95	57.28
15 % HRA-HRWRA	400	60.0	0.35	3.2	49.19	60.0

2-6 مقاومة الشد غير المباشر:

تم دراسة مقاومة الشد غير المباشر لمونة الاسمنت الاعتيادية (Reference) ومونة الاسمنت الحاوية على المضاف الكيميائي المقلل للماء والمضاف المعدني مع المضاف الكيميائي.

بينت نتائج مقاومة الشد غير المباشر لخلطات المونة المرجعية وخلطة HRWRA وخلطة .HRA-HRWRA زيادة في مقاومة خلطة المضاف الكيميائي عن الخلطة المرجعية بمقدار (54.11%, 45.3%) بعمر 7 و 28يوما على التوالي و زيادة في مقاومة خلطةHRA-HRWRA عن خلطة Reference بمقدار (55.13%, 64.9%) بعمر7 و 28يوما على التوالي وزيادة في مقاومة خلطة HRA-HRWRA عن خلطة HRWRA بمقدار (0.66%, 13.5%) بعمر 7 و 28يوما على التوالي.

ان سبب زيادة مقاومة الشد غير المباشر لخلطة HRWRA عن الخلطة المرجعية حيث ان وجود المضاف الكيميائي HRWRAادى الى زيادة قوة الاواصر الفيزيائية والكيميائية بين جزيئات المونة) الاسمنت والرمل (وبالتالي زيادة مقاومة الشد . وزيادة مقاومة الشد غير المباشر لخلطة HRA-HRWRA عن خلطة Reference وخلطة HRWRA بسبب وجود المضاف المعدني الذي يعمل التفاعل مع حبيبات الاسمنت حيث يسلك سلوك لمادة الاسمنتية ويؤدي الى انتاج جل اضافي يؤدي الى زيادة الترابط بين حبيبات المونة. كما مبين في جدول رقم (6 -2).

جدول (2- 6) يبين نتائج مقاومة الشد غير المباشر للخلطات بعمر 7 و28 يوم

Symbol of mix	Cementation material content		w/c	HRWRA L/m^3 by weight of cement to give flow (100-110)%	Splitting tensile strength(MPa)	
	Cement Kg/m^3	HRA Kg/m^3			7 Day	28 Day
Reference	400	0	0.45	0	2.14	2.92
HRWRA	400	0	0.35	2.1	3.11	4.5
15% HRA-HRWRA	400	60	0.35	3.2	3.53	4.53

3-6 مقاومة الانثناء:

تم دراسة مقاومة الانثناء لمونة الاسمنت الاعتيادية (Reference) ومونة الاسمنت الحاوية على المضاف الكيميائي المقلل للماء والمضاف المعدني مع المضاف الكيميائي.

بينت نتائج مقاومة الانثناء لخلطات المونة المرجعية (Reference) وخلطة HRWRA وخلطة HRA-HRWRA. زيادة في مقاومة خلطة المضاف الكيميائي عن خلطة Reference بمقدار (100.8%, 102.5%) بعمر 7 و 28يوما على التوالي و زيادة في مقاومة خلطة HRA-HRWRA عن خلطة Reference بمقدار (108.4%, 123.9%)بعمر7 و 28يوما على التوالي وزيادة في مقاومة خلطة HRA-HRWRA عن خلطة HRWRA بمقدار (3.8%, 10.5%)بعمر 7و 28يوما على التوالي.

ان سبب زيادة مقاومة الانثناء لخلطة HRWRA عن Reference وجود المضاف الكيميائي HRWRA ادى الى زيادة قوة الاواصر الفيزيائية والكيميائية بين جزيئات المونة الاسمنت والرمل (وبالتالي زيادة مقاومة الانثناء .وزيادة مقاومة انثناء خلطة HRA-HRWRAعن خلطة Reference وخلطة HRWRA) بسبب وجود المضاف المعدني الذي يعمل التفاعل مع حبيبات الاسمنت حيث يسلك سلوك لمادة الاسمنتية ويؤدي الى انتاج جل اضافي يؤدي الى زيادة الترابط بين حبيبات المونة .كما مبين في جدول رقم (6-3) .

جدول (6-3) يبين نتائج مقاومة الانثناء للخلطات بعمر28&7 يوم

Symbol of mix	Cementation material content		w/c	HRWRA L/m^3 by weight of cement to give flow (100-110)%	Flexural strength(MPa)	
	Cement Kg/m^3	HRA Kg/m^3			7 Day	28 Day
Reference	400	0	0.45	0	2.34	3.53
HRWRA	400	0	0.35	2.1	4.74	7.09
15% HRA-HRWRA	400	60	0.35	3.2	5.24	7.36

4-6 علاقة الحمل – الانحراف لبلاطات السمنت الحديدي :

تم دراسة منحني الحمل– الانحراف (Load-Deflection) لبلاطات الاسمنت الحديدي بأبعاد (500×500) ملم وبسمك 50 ملم والمسلحة بطبقتين من المشبكات السلكية المربع والمعيني وخلايا النحل وبكلا النوعين المموج والاعتيادي وبعمر 28 يوما وبطريقة الاسناد والتحميل بنقطة واحدة .

باستخدام المشبكات السلكية المموجة والاعتيادية بالأنواع المربع والمعيني وخلايا النحل استخدمت خلطة اعتيادية بنسب وزنية 2.5:1اسمنت الى رمل وبنسبة ماء الى اسمنت 0.45 باستخدام الاسمنت المقاوم للأملاح .كما موضح في الجدول (6-4) و (6-5) ادناه.

جدول(6-4) نتائج الحمل-الانحراف للعتبات الحاوية على المشبكات السلكية الاعتيادية

البلاطة 50×500×500مم المسلحة بطبقتين من المشبك السلكي المعيني الفتحات الاعتيادي		البلاطة 50×500×500مم المسلحة بطبقتين من المشبك السلكي خلايا النحل السداسي الفتحات الاعتيادي		البلاطة 50×500×500مم المسلحة بطبقتين من المشبك السلكي المربع الفتحات الاعتيادي	
الحمل نت	الانحراف مم	الحمل نت	الانحراف مم	الحمل نت	الانحراف مم
0	0	0	0	0	0
678.5	0.35	210	0.6	583.5	0.2
743.5	0.65	416	0.8	817.5	0.46
753.5	1.35	522	1.3	929	0.78
776.5	1.9	630	1.5	989	0.85

جدول(6-5) نتائج الحمل-الانحراف للعتبات الحاوية على المشبكات السلكية المموجة

البلاطة 50×500×500مم المسلحة بطبقتين من المشبك السلكي المعيني الفتحات المموج		البلاطة 50×500×500مم المسلحة بطبقتين من المشبك السلكي خلايا النحل السداسي الفتحات المموج		البلاطة 50×500×500مم المسلحة بطبقتين من المشبك السلكي المربع الفتحات المموج	
الحمل نت	الانحراف مم	الحمل نت	الانحراف مم	الحمل نت	الانحراف مم
0	0	0	0	0	0
492	0.26	478	0.38	551	0.42
545.5	0.71	521	0.5	612	0.6
595	1.25	618	0.73	780	0.78
793.5	1.65	700	1	827	0.9

بعض الصور الخاصه بفحص الحمل – الانحراف لبلاطات السمنت الحديدي

7- الاستنتاجات:

1- مونة الاسمنت الحديدي الحاوي على المشبكات الاعتيادية المربعة هي الافضل من بين خلطات المشبكات الاخرى الاعتيادية المعينية والاعتيادية خلايا النحل والمربعة المموجة والمعينية المموجة وخلايا النحل المموجة).

2-الدمج بين المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجة متفوقة HRWRA والمضاف المعدني HRA-HRWRA ادى الى زيادة في مقاومة الانضغاط (2.5% ,4.7%) و(18.9% ,31.5%) نسبة الى خلطة المضاف الكيميائي المقلل للماء ولخلطة المرجعية وللاعمار 7 و28 يوما على التوالي .

3-الدمج بين المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجة متفوقة HRWRA والمضاف المعدني HRA-HRWRA ادى الى زيادة في مقاومة الشد غير المباشر (13.5% ,0.66%) و(64.9% ,55.13%) نسبة الى خلطة المضاف الكيميائي المقلل للماء ولخلطة المرجعية وللأعمار 7 و28 يوما على التوالي .

4- الدمج بين المضاف الكيميائي المقلل للماء بدرجة متفوقة HRWRA والمضاف المعدني HRA-HRWRA ادى الى زيادة في مقاومة الانثناء (10.5% ,3.8%) و(123.9% ,108.4%) نسبة الى خلطة المضاف الكيميائي المقلل للماء ولخلطة المرجعية وللأعمار 7 و28 يوما على التوالي .

المصادر

1-ACI Committee 549 (ACI 549R-88), "**State-of- the-Art Report on Ferrocement**", American Concrete Institute,1988.

2-Swamy,R.N.,"**New Reinforced Concretes**",Vol.2concrete Technology and Desian, surrey University Press, England ,1984, p.p.1-50.

3- Carroll, H.,**''Clay Minerals :A Guide to Their X-ray Identification**", The Geological Society of America 1970, Colorado.

4-Choosak, Ka-State-Wit,"**Development of Ferrocement Manhole Covers for Use inBangkok** ", http :// www.sce.ait.ac.th.,2000

5-Mehta ,J.K.,"**Ferrocement : an Advance Study Through a modeland Different Case Studies**",NirmaInstitute of Technology , Ahmedabed,2000 .

6- AL-Rifaie , W. N.,and AL-lami M. S., "**Feasibility of UsingFerrocement in The construction of Oil Tanks**",Journal of ferrocement,Vol.31,No.2, april 2001,p.p.109-124 .

7- AL-Rifaie , W. N.,and AL-Shukur, A.H.K., "**Effects of Wetting and Drying in Fresh Water on The Flexural Strength of Ferrocement**", Journal of Ferrocement ,Vol. 31, No.2 , April 2001 ,p.p .101-108 .

8- AL-Rifaie , W. N.,andMohammad ,K.A.,"**Strength of Ferro cement –Brick Composite Columns**",",Journal of Ferrocement ,vol.30,No.1,April2000,p.p.69-83.

9-Sayamipuk, S., "**Development of Durable Mortar and Concrete Incorporating Metakaolin from Thailand**",Asian institute of Technology ,School of Civil Eng.,pathumthani, Thailand,July2000.

10-AL-Hadithi ,R. Y.,"**Durability of High Performance Concrete Incorporating High Reactivity Metakaoline and Rice HuskAsh**",M.Sc. Thesis, University of Technology ,September 2002.

11-Al-Amedee.Samer."**Some Properties of Concrete Containing Fired Local Attapulgite Clay**", M.ScThesis,Unversity of Technology,december2012.PI,pp25-31.

12- Al-Noaimi , Kawkab ,**''Influence of the Activated Qatari AttapulgiteClayAdmixture on the Mechanical Properties and Hydration Kinetics of the Ordinary Portland Cement"**, Qatar University .Sci. J. , pp.23-35 , 2009 .

13-المواصفة القياسية العراقية رقم (5) لسنة (1984) الاسمنت البورتلاندي , الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية.

14-المواصفة القياسية العراقية رقم (45) لسنة 1984, الجهاز المركزي للتقييس و السيطرة النوعية ,بغداد 1984.

15-ASTM C204-00 ,'' **Standard Test Method for Fineness of Portland Cement by Air Permeability"** , Apparatus Annual Book of ASTM Standards ,Vol. 04 .01 , 2000 .

16-ACI 318M-02 and Commentary ACI 318 RM-02,"**Building Code Requirements for Structural Concrete** ", Article 9.5.2.3, U.S.A., 2002.

17-المواصفة القياسية العراقية (م ق ع/1992/280)''فحوص الخرسانة/طرق خلط واخذ نماذج الخرسانة الطرية في المختبر"' الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية.

18-ASTM C230-83,"**Standard Specification for Flow table for Use in Test of Hydraulic Cement**", Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, Concrete and Aggregate, U.S.A., 1989.
19-ASTM C109-87,"**Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars**",Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, Concrete and Aggregate, U.S.A., 1989.
20- ASTM C496-86,"**Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens** ", Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, Concrete and Aggregate, U.S.A., 1989.
21-B. S. 1881: Part 118,"**Method for Determination of Flexural Strength**", British Standards Institution, 1989.
22- Mehta, P.K., "**Concrete Structure, Properties and Materials"**, Prentice – Hall , Inc. , Newjersy , 1986 , pp.450- 491 .
23 -الخلف , د. مؤيد نوري ويوسف ,هناء عبد ,"**تكنولوجيا الخرسانة**", الجامعة التكنولوجية, 1984, صفحة 122.

ملحق الجداول

Table(1): Percentage oxide composition and main compounds of the cement used throughout this work

Oxide Composition	Abbreviation	Percentage by weight	Limit of Iraqi Specification No. 5/1984
Lime	CaO	61.89	-
Silica	SiO_2	21.37	-
Alumina	Al_2O_3	4.60	-
Iron Oxide	Fe_2O_3	3.35	-
Sulphate	SO_3	2.42	$\leq$ 2.8 %
Magnesia	MgO	3.05	$\leq$ 5.0 %
Potash	K_2O	0.36	-
Soda	Na_2O	0.27	-
Loss on ignition	L.O.I.	2.16	$\leq$ 4.0 %
Insoluble residue	I.R.	0.60	$\leq$ 1.5 %
Main Compounds (Bogue′s equations) [7]			
Tricalcium Silicate	C_3S	46.88	-
Dicalcium Silicate	C2S	26.17	-
Tricalcium Aluminate	C_3A	6.53	-
Tetracalcium Aluminate - Ferrite	C_4AF	10.18	-

* Chemical test of cement was carried out at the State Company of Geological Survey and Mining.

Table (2): Physical properties of cement

Physical properties	Test results	Limits of Iraqi Specification No. 5/1984
Specific surface area (Blaine method) (m^2/ kg)	321	≥ 230
Soundness (Le – chatelier Method) (mm)	0.5	< 10
Setting time (Vicat′s method) Initial setting (hrs: min) Final setting (hrs: min)	 1: 55 2: 24	 ≥ 45 min ≤ 10 hrs
Compressive strength (MPa) 3 days 7 days	 17.6 23.3	 ≥ 15 ≥ 23

*Physical tests of cement were made at Structures Laboratory in University of Al-Qadisiyah.

Table (3): Grading of fine aggregate

Sieve size (mm)	Cumulative Passing%	Limits of Iraqi Specification No. 45/1984
5	100	-
2.36	83.2	65 - 100
1.18	68	45 - 100
0.60	50	25 - 80
0.30	18	5 - 48
0.15	3.4	-
Fineness modulus = 2.774		

Table (4) Technical description of the HRWRA 520

Property	Description
Appearance	Light brown colored liquid
ph value	6.5
S.G. at 20˚C	1.1
Chloride content	Nil
Alkali content	Typically less than 1.5 gm Na_2O equivalent per Liter of admixture.

Table (5):Chemical analysis of Attapulgite after burning .

Oxide Composition	Oxide content (%)
SiO_2	62.48
Al_2O_3	11. 95
Fe_2O_3	4.07
TiO_2	2.74
CaO	7.46
MgO	4.92
Na_2O	1.2
SO_3	0.45
K_2O	2.47
L.O.I	0.1

*Chemical analysis of Attapulgite after burning was carried at the State Company of Geological Survey and Mining .

جدول (6) خواص المشبك السلكي السداسي الاعتيادي

الخاصية	القيمة
القطر (مم)	0.70
أجهاد الخضوع (نت/مم^2)	310
المقاومة القصوى (نت/مم^2)	520
معامل المرونة (نت/مم^2)	67000

جدول (7)خواص المشبك السلكي المربع الاعتيادي

الخاصية	القيمة
القطر (مم)	0.375
أجهاد الخضوع (نت/مم2)	375
المقاومة القصوى (نت/مم2)	625
معامل المرونة (نت/مم2)	68600

جدول (8)خواص المشبك السلكي المعيني الاعتيادي

الخاصية	القيمة
القطر (مم)	0.4
أجهاد الخضوع (نت/مم2)	390
المقاومة القصوى (نت/مم2)	640
معامل المرونة (نت/مم2)	67300

- تم تصنيع المشبكات المموجه من المشبكات الاعتياديه بنفس التقنيه مع الاختلاف بالشكل وبالتالي فانها تمتلك نفس الخصائص .
- تم اجراء فحص المشبك السلكي بالتعاون مع المختبر الهندسي الانشائي (جامعة الكوفة)

جدول (9) الخلطات المستخدمة في البحث

نوع الخلطة	نسبة المضاف المعدني (الاتابلكايت) %	نسبة المضاف المقلل للماء بدرجة متفوقة من وزن الاسمنت (لتر)	نسبة الماء /الاسمنت w/c	الانسياب (%)	نسبة الخلط سمنت:رمل
Reference	0	0	0.45	110-100	2.5:1
HRWRA	0	2.1	0.35	110-100	2.5:1
HRA-HRWRA	15	3.2	0.35	110-100	2.5:1