

دراسة سلوك الانثناء لمركب السمنت الحديدي (الفيروسمنت) المعرض لظروف تسخين بدرجات حرارة عالية

د. ميسر محمد جمعة، مدرس
قسم الهندسة المدنية - جامعة تكريت

الخلاصة

ان الهدف الرئيسي من البحث هو دراسة كفاءة مركب السمنت الحديدي المعرض الى درجات حرارة مختلفة تصاعدياً وتحت تأثير أحمال انثناء مختلفة. تضمن البرنامج العملي لهذا البحث أعداد نماذج عتبات من مركب الأسمنت الحديدي (الفيروسمنت) ferrocement والمتكون من مونة السمنت مع المشبكات الحديدية السلكية ذات الفتحات المربعة و بنسبة كسر حجمي مختلفة (variable volume fraction ratio) وتعرض هذه العتبات الى درجات حرارة متفاوتة باستخدام فرن التسخين ، ودراسة تأثير ارتفاع درجة حرارة التسخين على سلوكية الانثناء، أذ اعتمدت عدة حالات لعدد طبقات المشبكات السلكية في مقطع العتبة وكانت (4 ، 6 ، 8 طبقات)، وتم تعريض نماذج العتبات إلى مستويات تسخين تراوحت من (300°C-600°C) وبواقع ثلاث مراحل تسخين وبفرق مقداره (150°C) بين مرحلة وأخرى، بعد أن عرضت العينات للتسخين تم قياس الهبوطات الحاصلة ومقارنتها من الناحية العملية مع الدراسات السابقة. أظهرت نتائج الفحص المختبري عدة محددات من خلال المعاملات الثلاثة المؤثرة والتي هي (نسبة الخلط ، عدد طبقات المشبك السلكي ، درجة حرارة التسخين) لكل عتبة، ممثلاً ذلك بمنحنيات (الحمل - الأود). تأتي دراسة الخواص الحرارية للفيروسمنت كخطوة مهمة في هذا البحث لإمكانية تحديد درجة الحرارة التي من الممكن ان يتعرض لها هذا المركب مع محافظته على الحد الأدنى من الخصائص الإنشائية المهمة لثباتية واستقرار الهيكل الإنشائي.

الكلمات الدالة: تقنية الفيروسمنت، حمل الانثناء الاقصى، مونة السمنت عالية الاداء، استجابة الحمل-الأود.

Study of the Flexural Behavior of Ferrocement Element Subjected to Heating Conditions by High Degrees of Temperature

Abstract

The research study has performed to investigate the ferrocement beam element which is subjected to rise of temperature under different flexural loads. The experimental program includes a ferrocement beams fabricated of cement mortar contained varying number of layers (or variable volume fraction ratio) of steel welded wire mesh of square openings (4, 6, and 8 layers). Four groups of beams were studied ; all beams have the same dimensions, and exposed to three temperature rates namely (300°C, 450 °C and 600°C) and compared to the control ferrocement beams (reference group) without exposing to temperature rate. The main three parameters of the ferrocement beams (mix ratio, number of steel wire mesh layers and rising of temperature degree) as a structural performance parameters used for comparing ultimate flexure failure load and load-deflection relations . Throughout this study, the properties of ferrocement elements subjected to heating conditions are very important for structural stability, structural behavior and durability.

Key words: Ferrocement technology, ultimate flexural load, high performance mortar, load-deflection response.

المقدمة

حددت مدونة معهد الخرسانة الأمريكي (88 - R - 549 - ACI)^[1] متطلبات المواد من ناحية الأسمنت المستخدم والرمل والمشبكات السلكية المستخدمة . يلاحظ أيضاً في فقرة نسب الخلط (في المواصفة المذكورة) بأن النسب المطلوبة تتراوح بين 1.5 الى 2.5 وزناً لنسبة الرمل/الاسمنت و بين 0.35 الى 0.50 وزناً لنسبة الماء/الاسمنت. أن الحصول على فيروسمنت عالي الأداء يتطلب الوصول إلى الحالة المثلى للمونة من خلال تحديدات معهد الخرسانة الأمريكي إذ يعتمد ذلك على إجراء البحوث والاختبارات لتحديد النسب الصحيحة (حسب طبيعة المواد المستخدمة) ليسهل التعامل معها مع الحفاظ على قابلية التشغيل المطلوبة للعمل والوصول إلى أقل سمك ممكن والمحافظة على كل الخواص الإنشائية المطلوبة للجزء الإنشائي المراد تنفيذه .

الجانب العملي

المقدمة

قام الرفاعي وآخرون^[2] 2011، بتحضير عتبات من مركب الفيروسمنت باستخدام خلطات المونة (أسمنت : رمل) المختلفة باستعمال المواد المتوفرة، واستخدمت المشبكات الحديدية السلكية ذات الفتحات المربعة الملحومة، بنسب حجميه مختلفة لغرض دراسة الخواص الإنشائية. وقد أجريت فحوصات مقاومة الانضغاط لعينات مونة الأسمنت القياسية قبل وبعد التسخين وحسبت مقاومة الانثناء (بنقطة تحميل) لعناصر العتبات المصنعة من الفيروسمنت (الأسمنت الحديدي). إن المواد المستعملة في إعداد الفيروسمنت عموماً هي، الأسمنت و الركام الناعم (الرمل) العابر من منخل 2.36 ملم والمشبك السلكي والماء، و قد تم إجراء الفحوصات الضرورية اللازمة للتأكد من مطابقة تلك المواد للمواصفات القياسية وكذلك تم صب وفحص العينات حسب المواصفات

أن تأثير ارتفاع درجة الحرارة من أهم المعاملات التي تؤثر في الخصائص الهندسية والتركييبية للمواد بشكل عام ومونة الأسمنت او الخرسانة بشكل خاص ، حيث تعتبر معاملات التبدلات الحرارية والتأثيرات الحرارية الأخرى أساسية في دراسات استهلاك الطاقة وتوفيرها وفي ديمومة المنشآت المعرضة لارتفاع واضح في درجات الحرارة وفي بدائل المواد البنائية المستخدمة إضافة لتطبيقات العزل الحراري. يعد استخدام مونة الأسمنت في التطبيقات الإنشائية مهماً وخاصة في بعض أجزاء المنشآت أالصناعية التخصصية كجدران المداخل والعوادم الصناعية والأفران الصناعية وغيرها من التطبيقات إضافة لحالات الأبنية التي تتعرض للحرائق والتي تتعرض فيها مونة الأسمنت إلى درجات حرارية عالية جدا والتي بدورها تعتبر الأساسي في حدوث انهيارات تلك المنشآت.

يعد استعمال الأسمنت الحديدي في التطبيقات الإنشائية (ferrocement) ، أحد أنواع تشييد الخرسانة المسلحة الرقيقة حيث تسلك مونة الأسمنت بطبقات من المشبكات الحديدية السلكية ذات الأقطار الصغيرة ، وبالإمكان استخدام أنواع أخرى من التسليح لمونة الأسمنت لتحقيق نفس الغاية والمحافظة على الخصائص الإنشائية والميكانيكية للعناصر أو الأجزاء الإنشائية باختلاف إشكالها واستخداماتها وضمن المحددات التصميمية والعملية لتحقيق عدة غايات مهمة في تصميم المنشآت لعل من أهمها تخفيض الأحمال الميتة(من خلال أعداد عناصر خفيفة الوزن) بسبب استخدام مونة الأسمنت غير الحاوية على الركام الخشن عالي الكثافة وزيادة مقاومة المقاطع لاجهادات الشد وسرعة التنفيذ وتقليل كلف الإنتاج والتركيب.

الانضغاط لمونة الأسمنت مع ارتفاع درجة الحرارة من خلال الفحوصات السابقة، حيث تم اختيار نماذج لعنبتات فيروسمنتية أعدت بأعتماد الخلطات (1:1,1:1.5,1:2) وباعتماد نسبة الماء/الأسمنت بمقدار (0.45) وزناً، وقد أحتوت كل منها على (4,6,8) على التوالي من طبقات المشبكات الحديدية السلكية ألمغلونة ذات الفتحات المربعة الملحومة (بقطر سلك مقداره 0.5 ملم، وطول ضلع الفتحة المربعة 12.5 ملم) ووضعت موزعة بصورة متساوية على جانبي محور التعادل (Neutral Axis)، وبدأت تجارب تعريض هذه العنبتات لدرجات حرارة تصاعدية من خلال اختيار ثلاث مستويات من درجات الحرارة هي (300°C , 600°C) ، وإجراء التسخين 450°C كحد أعلى على التوالي ، وإجراء التسخين التدريجي على العينات وصولاً الى الدرجة المحددة المطلوبة ولزمن تعريض مقداره (2.5 - 3 ساعة) لكل مرحلة تسخين ومن ثم إزالة تأثير التسخين وترك العينة لتعود إلى درجة حرارة المختبر ومن ثم إجراء الفحص عليها. وقد تم الفحص بعد تسليط أحمال نقطية عند الثلث الوسطي (Two points load) وقد تم تسجيل الأود (Deflection) الناتج من الحمل المسلط . أعتمدت المواصفات القياسية لاختيار عدد العينات وإجراء فحص الانتشاء. [5] ، [4]

النتائج والمناقشة

اهتمت هذه الدراسة بدراسة تأثير تغيير عدد طبقات المشبك السلكي و نسبة الخلط على الخواص الحرارية لمونة الأسمنت والفيروسمنت أو (الأسمنت المعدني)، حيث تم استعراض تأثير ذلك التغيير على مقاومة الانتشاء (بنقطة تحميل) عن طريق إجراء الفحوصات الضرورية لملاحظة التغييرات الحاصلة للعنبتات المعرضة لدرجات حرارية عالية ، الجدول (1)، و بعد الحصول على نتائج كل تلك

القياسية. حيث تم فحص الأسمنت والركام الناعم والماء وقياس خصائص المشبكات السلكية ورسم المنحنيات البيانية التي تمثل السلوك الهندسي ومقارنة المواصفات [2].

كما اعتمدت في نفس الدراسة المواصفات القياسية ASTM C192 [3] في مراحل الخلط والصب والمعالجة. وفي فحص الانتشاء اعتمدت المواصفة القياسية (ASTM C78) [4] ، حيث تم إجراء فحص الانتشاء على المواشير ذات الأبعاد (20×50×500ملم) و بعمر 28 يوم بعد تأريخ الصب . تستمر عملية تسليط الحمل لحين ظهور التشقق الأول (First crack) وتسجل قيمة الحمل المسبب لذلك التشقق وبعد ظهور التشقق الأول وتسجيل الحمل عنده تستمر عملية تسليط الحمل الى حد الفشل الكامل، الشكل (1). [13]

دراسة سلوك مقاومة الانتشاء للعنبتات الفيروسمنتية المعرضة الى التسخين بدرجات حرارة عالية:

Study of the flexural behavior of ferrocement beams under temperature rising affect

بعد التعرف على سلوكية الانتشاء للعنبتات الفيروسمنتية من خلال إجراء فحص الانتشاء على العنبتات التي تم اعدادها لمختلف الخلطات المشار اليها آنفاً ولمختلف نسب احتواءها على طبقات المشبكات السلكية أو بما يدعى ب(نسبة الكسر الحجمي (Volume fraction) [2] ، ولغرض تحديد أدق لخصائص مادة الفيروسمنت من ناحية الديمومة ومقاومة الحريق أو تأثير ارتفاع درجة حرارة التسخين لعنبتات الفيروسمنت، وجد من المهم الوقوف على دراسة هذه الحالة ، حيث تم استخدام فرن التسخين شكل (2)، لغرض رفع درجة حرارة العنبتات الفيروسمنتية ولخلطات محددة ولنسب كسر حجمي مختارة بعد أن توفرت رؤياً مناسبة عن تغيير مقاومة

إضافة لأخذ العتبة للشكل المقوس نتيجة أحمال المسلط حتى بعد رفع التحميل دلالة لحصول فشل مطيلي لدن بسبب وصول النموذج إلى مرحلة الفشل و حدوث التشققات. أن سلوك الفشل الحاصل يدل على حدوث سلوكية لدنة بين المادة المعدنية المكونة للمشبك السلبي ومونة الأسمنت بسبب ارتفاع درجة حرارة التسخين لمركب الفيروسمنت.

تحليل نتائج الفحص للعتبات المختلفة حسب الشروط المحددة

بعد تحليل نتائج الفحص المختبري ورسمها بيانياً نماذج الخلطة الأولى (1:1) A ، يتضح من خلال الأشكال (6) و(7) و(8) على التوالي ، تأثير ارتفاع درجة حرارة التسخين لعينات الفيروسمنت مع زيادة عدد طبقات المشبكات السلبية في المقطع المستخدم للعتبات، حيث نلاحظ أن سعة التحمل للحمل المركز المسلط عند منتصف العتبة بعد تعريضها للتسخين إلى درجة (300°C)، شكل (6)، تصل إلى (64 N) ، وأن الأود الأقصى المسجل عند هذه القراءة هو (6.4mm) للعتبات التي تحتوي على (8) ثمانية طبقات من المشبكات السلبية، وان قابلية التحمل تتناقص بشكل واضح للعتبات التي تحتوي على ستة طبقات وأربعة طبقات على التوالي ولنفس درجة التسخين كما مبين في منحنيات (الحمل - الأود الأقصى) مسجلة لقيم أود قصوى تصل إلى (7.5mm). أن زيادة درجة حرارة التسخين إلى (450°C) كما مبين في الشكل (7) ، تبين سلوكية العتبات لمقاومة الحمل الخارجي المسلط حيث يبدأ حمل الفشل بالتناقص ليصل إلى (45 N) (وتزداد قيمة الأود الأقصى إلى (13.4mm) للعينة التي تحتوي ثمانية طبقات من المشبك السلبي، وتخفض قيم حمل الفشل للعينات التي تحتوي على ستة أو أربعة طبقات إلى حدود (40 N) وهي قيمة مقارنة لحمل الفشل في مرحلة التسخين الأولى، غير

الفحوصات، بالإمكان إجراء الحسابات المطلوبة لكل فحص مع مناقشة تلك النتائج ومقارنتها.

العلاقات البيانية التي سيتم استعراضها تبين الفرق الحاصل في سلوك الانتشاء والنتاج عن تداخل التأثير الحراري (التعريض للتسخين) للعينات المختلفة ، ثم التوصل للعلاقة البيانية الأخيرة التي تبين تأثير تغيير عدد طبقات المشبك السلبي ومقاومة الانضغاط، الجدول (2)، على الخواص الحرارية للإسمنت الحديدي (الفيروسمنت).

نتائج فحص مقاومة الانتشاء للعتبات الفيروسمنتية بعد تعريضها للتسخين :

إن نتائج فحص مقاومة الانضغاط لمكعبات مونة الأسمنت مقارنة مع نسب الخلط المأخوذة أعطى مؤشراً واضحاً ومشجعاً لاختيار محدد من نسب الخلط واعتماد عدد محدد من طبقات المشبك السلبي ، وعلى هذا الأساس تم اختيار نماذج العتبات الفيروسمنتية المصنعة باعتماد الخلطات المحددة وهي (1:1 ، 1:1.5 ، 1:2) كما في الجدول (2)، وتم اختيار ثلاث مستويات من درجات الحرارة التي يتطلب تعريض نماذج العتبات لها خلال مراحل التسخين التدريجي وهي على التوالي ، (600 ° C ، 300 ° C ، 450°C) لأجراء الدراسة والمقارنة بين المعاملات المختلفة، ومن خلال هذا التصنيف توفرت (27) سبعة وعشرون نموذج من العتبات التي خضعت للتسخين ومن ثم تم إجراء فحص الانتشاء عليها وتسجيل قراءات الأود لغرض مقارنة هذه النتائج مع نتائج العتبات المفحوصة المناظرة لها غير المعرضة للتسخين، من حيث نسب الخلط وعدد طبقات المشبكات السلبية التي يحتويها المقطع العرضي، الأشكال (3) و(4) و(5) تبين مقدار الأود اللدن الحاصل واستمراره بالزيادة وبداية ظهور التشققات دون حصول فشل كامل أو أنكسار العتبة في منتصف فضاءها بشكل مفاجئ وواضح ،

العتبات الفيروسمنتية تحت تأثير التعريض للحرارة أو التسخين، هي أن الزيادة في نسبة الكسر الحجمي للمشبكات السلوكية ذات تأثير ايجابي لتقليل الأود الحاصل إلى حد درجة تسخين (450°C) مع تناقص قابلية التحمل بزيادة درجة الحرارة كحالة عامة لمختلف العينات ولكافة نسب الخلط المعتمدة . أن محتوى الأسمنت العالي في خلطة المونة له تأثير ايجابي واضح في زيادة كفاءة التحمل لعتبات الفيروسمنت كما هو واضح من المخططات لنسبة خلط (1:1) مقارنةً بنسب الخلط الأخرى [7]، [8].

وعند إجراء المقارنة مع العتبات الفيروسمنتية غير المعرضة للتسخين والمعدة من نفس الخلطات القياسية التي تم اعتمادها كما ذكر آنفاً، فقد تم قياس قابلية التحمل بتأثير نفس نوع الحمل المستخدم وبنفس طريقة التوزيع ، وسجل الأود الحاصل لعدة حالات وأخذ المعدل لكل ثلاث عينات من العتبات الفيروسمنتية لإثبات دقة النتائج عند المقارنة، العلاقات البيانية التالية (الحمل - الأود) للأشكال (15) ، (16)، (17) ، تبين تصرف العتبات وحدود الفشل لقيم الأحمال القصوى والأود الأقصى المسجل للنماذج غير المعرضة للتسخين والمفحوصة في درجة حرارة المختبر (20°C) .

بالنظر إلى نتائج فحص العتبات المعرضة للتسخين ومقارنتها مع العتبات التي تم فحصها في درجة حرارة المختبر الاعتيادية^[2] ، نجد هنالك فروقات واضحة جداً في قابلية تحمل العتبات للحمل المسلط وقيم الهطول (أو الأود) الحاصلة وذلك حسب الزيادة التدريجية في درجة حرارة التسخين ، حيث أن أعلى معدل تم تسجيله لقابلية التحمل ، هو للعتبات ذات نسبة خلط (1:1) وتحتوي ثمانية طبقات من المشبكات السلوكية والمعرضة الى التسخين بمستوى 300 درجة مئوية، إذ بلغت نسبة الانخفاض بقابلية التحمل بحدود خمسة مرات عن العتبة المناظرة قبل

أن قيم الأود تزداد إلى (12mm) مقارنة بدرجة التسخين السابقة ، وعند وصول درجة التسخين إلى المرحلة الأخيرة المحددة في هذه الدراسة وهي (600°C)، يبدو واضحاً من المخطط البياني حصول اختلاف في تصرف العينات لتأثير الحمل المسلط من ناحية قيمة حمل الفشل وقيمة الأود الأقصى، أن هذا الاختلاف يتحدد من خلال ملاحظة العينات التي تحتوي على أربعة وستة طبقات من المشبك السلوكي على التوالي أنها قد سجلت قيم أود اقل من العينة التي تحتوي ثمانية طبقات ، ولا ينطبق ذلك على عينات المزجة (1:1.5)، وفي هذا دلالة للحد الأمثل الذي من الممكن اعتماده والتوصية بعدم تجاوزه من حيث درجة التسخين ، وتعرض المنشآت لتأثيرات الحرارة إضافة إلى إمكانية تفسير هذه الحالة باعتبار ان قيمة الكسر الحجمي العالية (زيادة محتوى الخلطة من المشبك السلوكي) لحدود درجات حرارة معينة ، تؤثر سلباً على كفاءة التحميل وتزيد من احتمالية الفشل بسبب احتفاظ المعدن المكون للمشبكات المعدنية المطمورة في خلطة المونة بالحرارة العالية ومساهمته في تفكيك قوى الترابط الداخلية لجزيئات مونة الأسمنت باعتبارها المكون الأساسي لمركب الفيروسمنت.

ولغرض إجراء مقارنة دقيقة للتصرف الإنشائي لمركب الفيروسمنت المعرض للتسخين، فقد تم فحص عينات أخرى بنسب خلط مختلفة هي ، (1:1.5) (1:2) على التوالي وتحتوي على نفس العدد من طبقات المشبكات السلوكية للمجموعة الأولى ، أي (4,6,8) طبقات ، ولنفس مراحل التسخين الثلاثة. كانت نتائج الأود بتأثير الأحمال المسلطة كما هو مبين في المخططات البيانية التالية، الأشكال (9,10,11) للمجموعة الثانية والأشكال (12,13,14) للمجموعة الثالثة. أن خلاصة سلوكية

وبالتالي التقليل من كلف إعداد العناصر الإنشائية وتخفيض كلف الإنتاج وذلك له مردود اقتصادي مهم ، الأشكال (15,16,17) ، والجدول (3).^{[9],[10],[11]}

4. أن قيم الأود ظهرت متقاربة الى حد ما ، فيما كانت قابلية التحمل متفاوتة بشكل كبير، حيث وصلت قيم معدل الحمل الأقصى الى (300N) للعتبات الاعتيادية فيما كانت أعلى قراءة للعتبات التي تعرضت للتسخين هي (62.5N) .

5. أن الفشل الحاصل في العينات المعرضة للتسخين أو ما يدعى بال(التلدين) ، تحت تأثير الانتشاء قد بدا واضحا" بأنه فشل لدن اذ لم يحصل الانكسار الكامل للعيينة كما هي في حالة قبل التسخين ؟ وقد أخذت العينات الشكل المقوس الذي يثبت اندماج المشبك المعدني داخل المونة مع جزئيات المونه بشكل كامل مما يعطي للمقطع العرضي خاصية مطيلية عالية لمقاومة الحمل وعدم حدوث الفشل المفاجئ رغم وجود التشققات العميقة في منتصف فضاء العتبة.

المصادر

1. Comittee 549 (ACI 549R-88), "State-of-the-Art Report on Ferrocement", American Concrete Institute, 1988.
2. أ.د.وائل نورالدين الرفاعي، م.د.ميسر محمد ، جمعه آل عبدالعظيم، مصطفى حميد الصميدعي ، وسام صفاء الناصري ، 2011، "دراسة سلوكية عنصر الفيروسمنت المسلح بالمشبكات السلكية ذات الفتحات المربعة"، دراسة مقدمة الى قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة تكريت

التسخين ، شكل رقم (6) و (15). وباستمرار النظر في المنحنيات (7) و(16) ومقارنتها و(8) و(17) كذلك، بالامكان القول إن معدل قابلية التحمل لتأثير الحمل المركزي المسلط في نقطتين للعتبات المعرضة للتسخين عموماً" قد تراوح بين (22.5N - 62.5N) اعتماداً" على درجة حرارة التسخين ونسبة الخلط وعدد طبقات المشبكات السلكية في مقطع العتبة وأن قيم الهطول تراوحت بين (3.8-14 mm) بتغاير نفس العوامل المذكورة وحسب قيم الحمل لكل حالة من الحالات. في حين تراوحت قيم مقاومة الحمل المسلط للعتبات الاعتيادية بين (140-300N) وقيم الهطول بين (2.75- 14.4 mm).

استنتاجات أساسية

1. عدم تعريض مركب الفيروسمنت لدرجة حرارة عالية تتجاوز 450 درجة مئوية ، لأن مستويات الحرارة العالية تؤدي الى تدهور مقاومة مونة الأسمنت (باعتبارها المكون الرئيسي للمركب) بشكل كبير .
2. ان عدد طبقات المشبكات السلكية الملائم استخدامه لمثل هذه المقاطع التي قد تتعرض لتأثيرات الحرارة العالية بحدود 600 درجة مئوية هو (4) أو (6) طبقات حسب الترتيب ، حيث انها أعطت تصرف أمثل مقارنة بالعتبات التي تحتوي على (8) طبقات من المشبك السلكي في مقطعها.
3. من ملاحظة نتائج فحص العتبات الاعتيادية ، نجد ان العتبات التي أعدت باستخدام نسبة الخلط (1:2) والتي تحتوي على (8) طبقات من المشبكات السلكية قد توافقت تقريباً" من حيث كفاءة التحمل مع العتبات المنتجة باستخدام نسبة خلط (1:1) ، هذا يعني إمكانية تقليل نسبة السمنت في إعداد مونة السمنت

9. ASTM C33, "**Standard Specification For Concrete Aggregates**", March, 2001.
10. **Iraqi standard specifications for fine aggregate**, No.45, 1984.
11. ASTM C33, "**Standard Specification For Concrete Aggregate**", March, 2001.
12. ASTM, C150, "**Standard Specification For Portland Cement**", Dec. , 2000.
13. Cheah C.B., Ramli M., "**Load Capacity and Crack Development Characteristics of HCWA-DSF High Strength Mortar Ferrocement Panels in Flexure**" , School of Housing , Building and Planning , Universities Sains Malaysia, 11800 Penang , Malaysia , Journal of Construction and Building Materials 36 , June 2012, p.p. 348-357, www.elsevier.com/locate , Crown Copyright _ 2012 Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.
3. ASTM C192, "**Standard Practice For Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory**", Oct. , 2000.
4. ASTM C78, "**Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)**", June, 2001.
5. International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures (**R.I.L.E.M**), <http://www.rilem.ens-cahan.fr>
6. ASTM C109, "**Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)**", May , 1999.
7. Al-Rifaie, W. N., and Nimnim, H. T., "**An Experimental and Theoretical Investigation of the Behavior of Ferrocement Box-Beams**", Journal of Ferrocement, vol.31, No.1, January 2001, p.p.1-36.
8. Abdul Karim, A. K., "**Behavior of ferrocement beams under Pure Torsion**", Ph. D. Thesis, University of Technology , Building and Construction Department, Baghdad, Iraq, June 2005.



شكل(1): جهاز فحص الانثناء مع العتبة أثناء إجراء فحص الانثناء الى حد الفشل



شكل (2):الفرن المستخدم في تسخين عتبات الفيروسمنت ذو سعة تسخين (900° C)



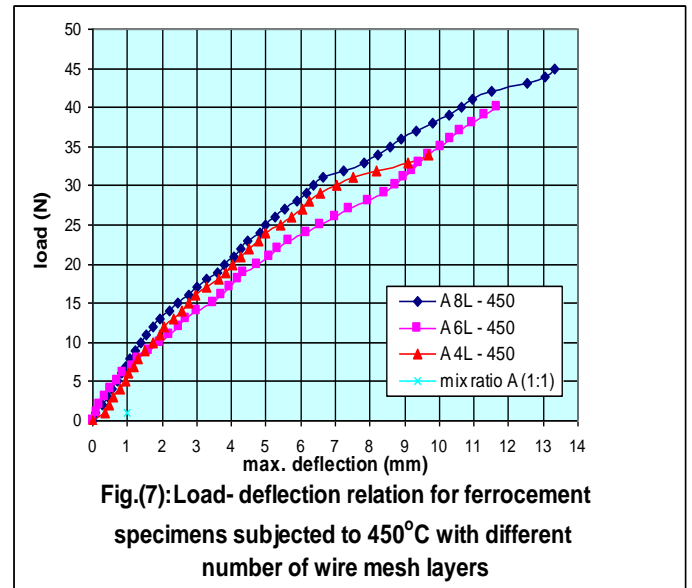
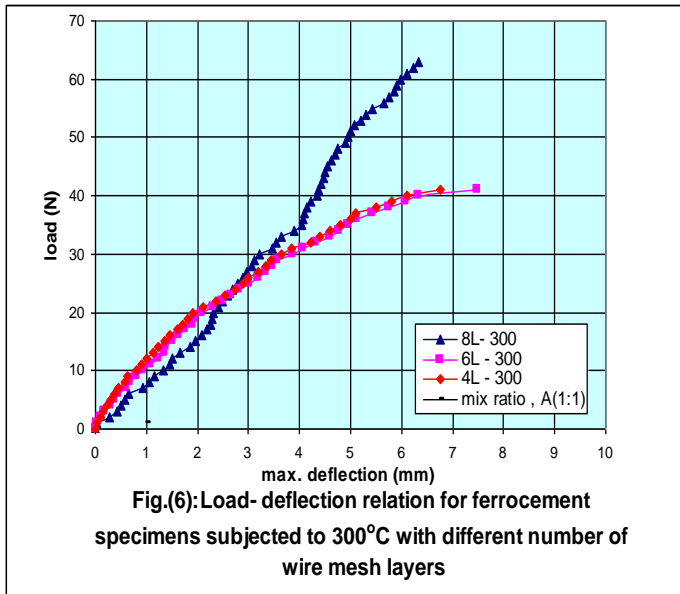
شكل(3): مراحل فحص الانتشاء لعتبة الفيروسمنت بعد التسخين

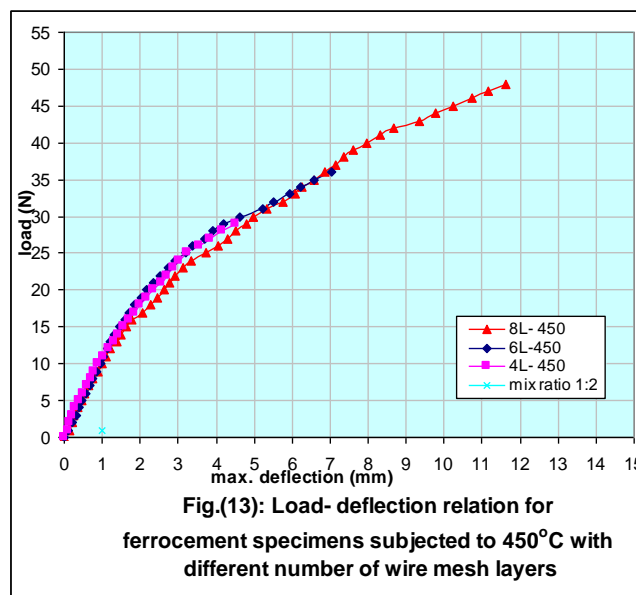
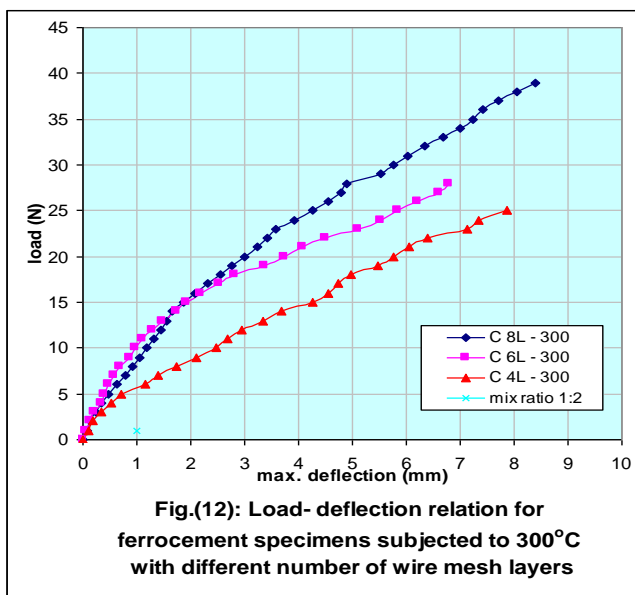
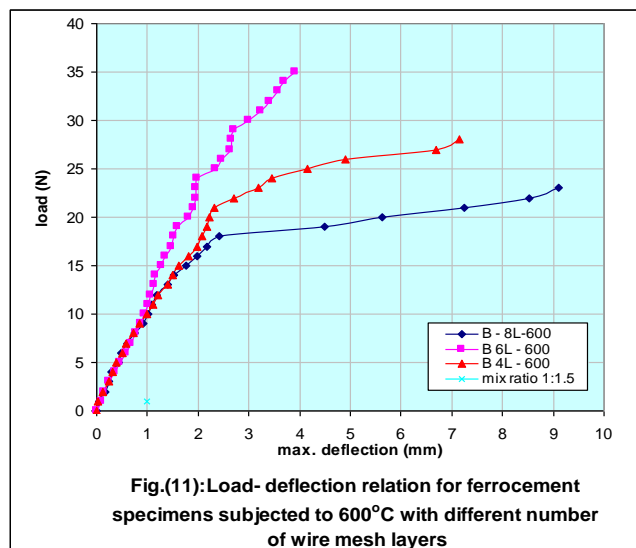
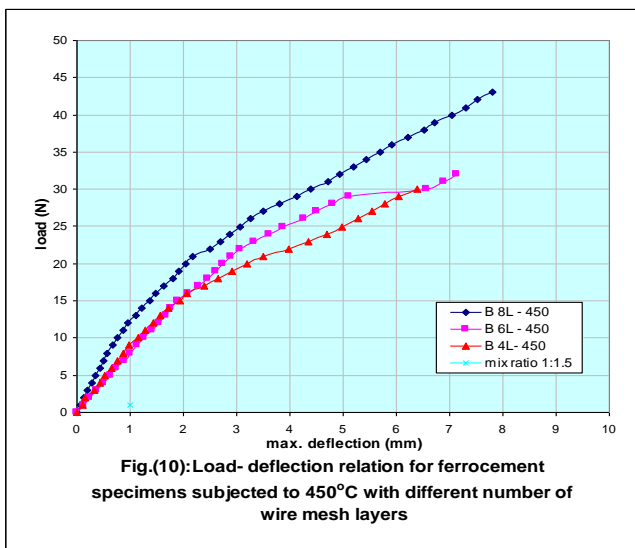
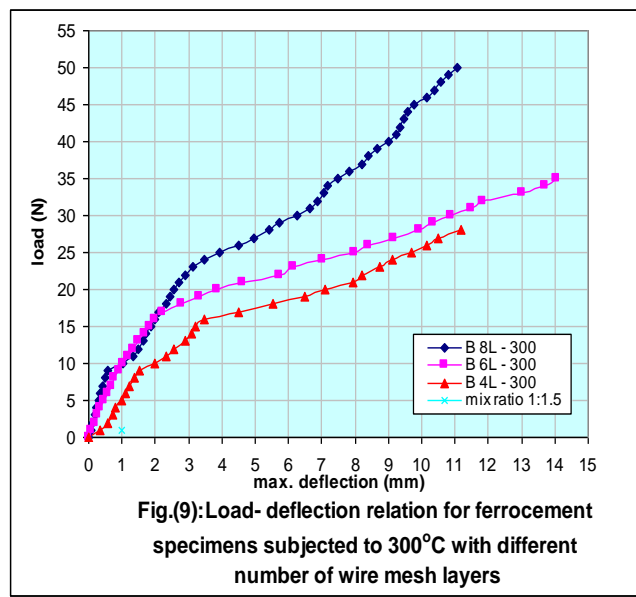
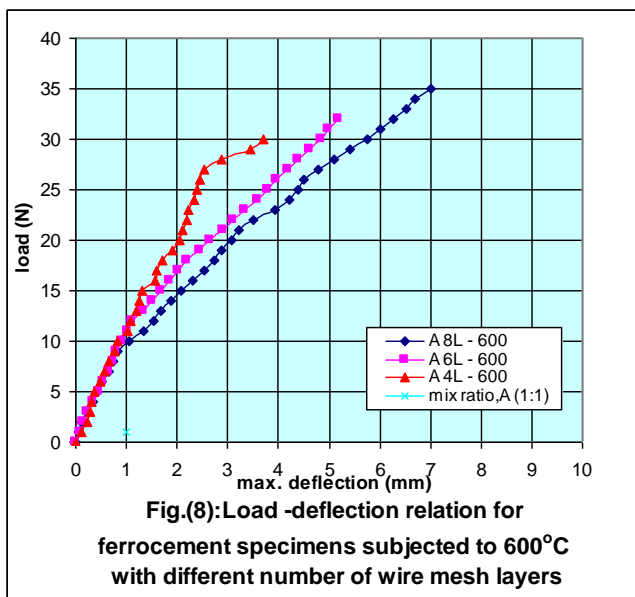


شكل(4): العتبة أثناء إجراء الفحص ويظهر فيها الهطول الوسطي وسلوك الفشل التدريجي (فشل لدن)



شكل (5): نموذج العتبة المعرضة للتسخين بدرجة حرارة (600° C) بعد اكمال فحص الانتشاء واحتفاظها بالشكل المقوس رغم ظهور التشققات الوسطية





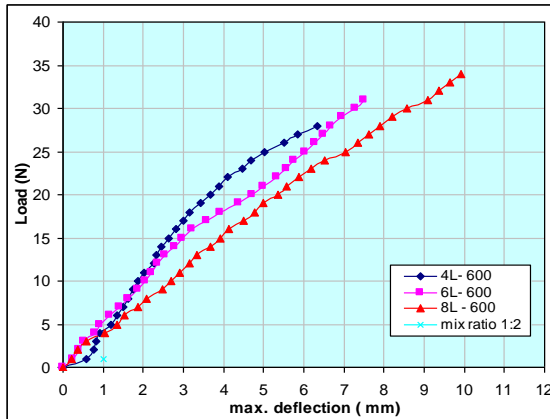


Fig.(14): Load- deflection relation for ferrocement specimens subjected to 600°C with different number of wire mesh layers

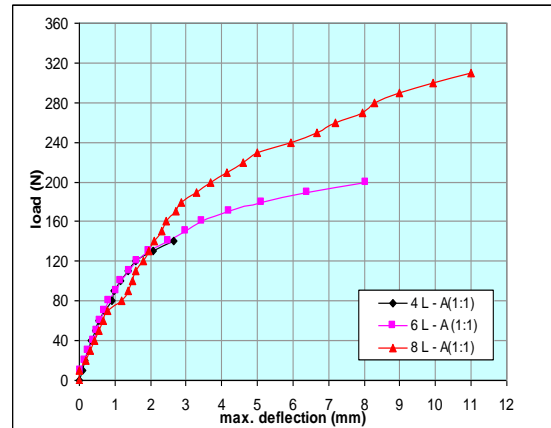


Fig.(15): Load- deflection relation for ferrocement specimens with different number of wire mesh layers (mix ratio 1:1)

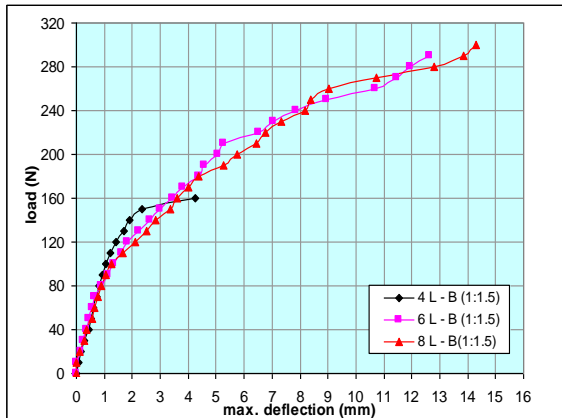


Fig.(16): Load- deflection relation for ferrocement specimens with different number of wire mesh layers (mix ratio 1:1.5)

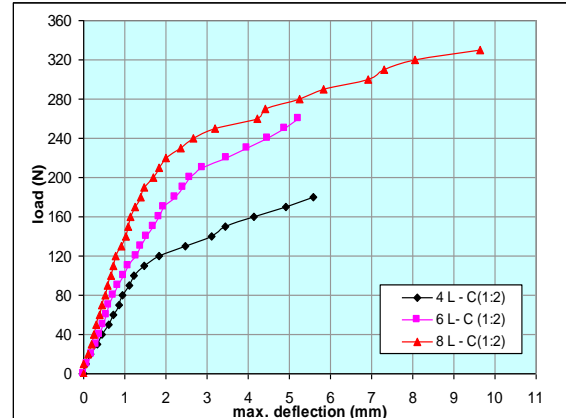


Fig.(17): Load- deflection relation for ferrocement specimens with different number of wire mesh layers (mix ratio 1:2)

جدول (1) أعداد العتبات التي تم فحصها لكل خلطة

المجموع	3	2	1	التسلسل نسبة الخلط
27	9	9	9	عدد عتبات فحص الانتشاء بعد التسخين (تأثير درجة الحرارة °C)
9	3	3	3	عدد عتبات فحص الانتشاء قبل التسخين (النماذج المرجعية reference samples)

جدول (2) يبين نتائج فحص مقاومة الانضغاط لخلطات مونة الأسمنت

المعتمدة في البحث (في درجة حرارة المختبر 20 °C) [2]

مقاومة الانضغاط f_{cu} ، (MPa)	نسبة الخلط	الخلطة
42	1:1	A
36	1:1,5	B
32.5	1:2	C

الجدول (3) مقارنة نتائج فحص مقاومة الانضغاط لمكعبات مونة السمنت المعرضة للتسخين التدريجي، لدرجات حرارة تتراوح بين درجة حرارة المختبر (20 درجة مئوية) ولغاية (800 درجة مئوية) كحد أقصى^[2]

Temp. C°	Normal ≈ 20 C°			300 C°			400 C°			500 C°			600 C°			700 C°			800 C°		
Mix Ratio	Cube Sample No. and compressive strength (MPa)			Cube Sample No. and compressive strength (MPa)			Cube Sample No. and compressive strength (MPa)			Cube Sample No. and compressive strength (MPa)			Cube Sample No. and compressive strength (MPa)			Cube Sample No. and compressive strength (MPa)			Cube Sample No. and compressive strength (MPa)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 : 1 A	70.000	70.000	70.000	60.000	72.000	64.000	41.200	49.440	62.780	54.936	39.828	37.670	31.784	30.607	35.316	29.430	23.540	28.250	10.660	16.850	4.450

	Aver.= 70.000 MPa			Aver.= 65.330 Mpa			Aver.= 51.140 MPa			Aver.= 44.144 MPa			Aver.= 32.569 MPa			Aver.= 27.073 MPa			Aver.= 10.650 Mpa		
1 : 1.5 B	56.000	56.000	48.000	60.000	56.000	52.000	35.700	35.700	37.670	29.822	34.727	28.645	20.797	24.721	20.404	17.069	17.069	18.050	7.830	7.530	8.160
	Aver.= 53.330 MPa			Aver.= 56.000 MPa			Aver.= 36.350 MPa			Aver.= 31.064 MPa			Aver.= 21.974 MPa			Aver.= 17.396 MPa			Aver.= 7.840 MPa		
1 : 2 C	50.000	38.400	41.200	32.960	29.430	35.310	20.000	24.000	16.000	24.328	24.721	20.012	19.620	16.677	17.265	16.480	15.303	12.753	5.760	5.840	5.800
	Aver.= 43.200 MPa			Aver.= 32.560 MPa			Aver.= 20.000 MPa			Aver.=23.020 MPa			Aver.= 17.854 MPa			Aver.= 14.85 MPa			Aver.= 5.800 MPa		

