مجلة السليمانية للعلوم الهندسية

مجلة علمية هندسية محكمة
تصدر عن فاكلتي الهندسة بجامعة السليمانية-أقليم كوردستان العراق

المجلد الثالث
العدد الثالث
نيسان 2016

من محتويات هذا العدد

◆ تقوية واعادة تأهيل العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافئ باستخدام البوليمرات المعززة بالألياف الكاربونية تحت تأثير الأحمال التكرارية .	أ .د . بيار جعفر سليفاني تارا نجم الدين حمة امين	19 – 9
◆ مؤشرات تحقيق الحاجات الاجتماعية في خصائص تشكيل واجهة لمسكن الحضري .	د . حسن عبد الرزاق السنجري	38 – 20
◆ أثر التشريعات العمرانية على وضوحية الهوية المعمارية في البيئة العمرانية – شارع سالم في مدينة السليمانية حالة دراسية .	نياز حسين حسن	54 – 39

البحوث الواردة في المجلة تعبر عن آراء اصحابها ولا تعكس بالضرورة رأي المجلة

تقوية واعادة تأهيل العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافئ باستخدام البوليمرات المعززة بالالياف الكاربونية تحت تأثير الاحمال التكرارية

● أ .د . **بيار جعفر سليفاني** – استاذ ●
قسم الهندسة المدنية – جامعة الموصل
تارا نجم الدين حمه امين – ماجستير
المديرية العامة لصحة السليمانية

الاستلام في :2015/04/19
قبول النشر في :2015/10/01

المستخلص

تعود هيئة (9 عتبات خرسانية مسلحة ذات شكل قطع مكافىء) بأبعاد (150 x 200mm) اثنان من هذه العتبات عدت للسيطرة بدون تغليف أما العتبات الاخرى تم تقسيمها إلى مجموعتين (AوB) ، حيث تتضمن المجموعة (4) (A) عتبات خرسانية تم تقويتها بالألياف الكاربونية بطرق مختلفة في المنطقة المعرضة إلى تشققات وسحق الخرسانة ، أما المجموعة (B) تتضمن ثلاث عتبات متضررة بنسبة (55%) من الحمل الأقصى لعتبات السيطرة ثم تم اعادة تأهيلها بالألياف الكاربونية ، فحصت جميع العتبات تحت تأثير الأحمال التكرارية وبدورة تحميل واحدة (كل 10 كيلو نيوتن) .

استناداً إلى النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الفحوصات المختبرية التي اجريت في هذه الدراسة يمكن ملاحظة ان لالياف الكاربون قابلية على تقوية العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافىء وبنسب متفاوتة اعتماداً على شكل ونمط التغليف .

الكلمات المفتاحية : العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافىء ، الالياف الكاربونية البوليمرية (CFRP) ، الاحمال التكرارية .

1 . المقدمة

أغلبية المنشآت الخرسانية المسلحة تتعرض إلى أضرار ، معظم هذه الأضرار تكون قاسية على المنشأ تؤدي الى ضعفها مثل : ظهور التشققات ، سحق الخرسانة ، الأود الكبير . . . .الخ . حيث هناك الكثير من العوامل التي تؤدي الى حدوث هذه الأضرار مثل : عمر المنشأ ، تآكل حديد التسليح ، الزلازل ، تأثير عوامل البيئة ، صدمات مفاجئة على المنشأ [1] . كما إن بعض المنشآت والجسور تتعرض الى فشل بسبب وجود أخطاء في التصميم والمكتشفة بعد عملية التنفيذ أو نتيجة للتنفيذ غير الجيد أو نتيجة الإعتماد في التصميم أو التنفيذ على مواصفات ومعايير قديمة اصبحت غير أمينة في الوقت الحالي وبما يتناسب مع الطفرة الحاصلة في البناء الحديث والمعاصر ، أو قد يكون سبب الفشل لأحمال إضافية لم توضع في الحسبان عند عملية التصميم كإضافة طوابق جديدة للبنايات المتعددة الطوابق أو حدوث زيادة غير متوقعة في الحجم المروري للمركبات بالنسبة للجسور الموجودة على الطرق السريعة ، لذا لابد من وجود حلول مناسبة لتقويتها وإعادة تأهيلها وبأقل كلفة ممكنة وبأسرع وقت ممكن [2] .

إن التغليف الخارجي بالألياف المعززة بالبوليمرات للمنشآت من الحلول المناسبة لهذه الحالات من التقوية ولإعادة تأهيلها وذلك لأنها تتميز بمقاومة شد عالية ، خفة وزنها ، مقاومة جيدة للتآكل ضد المواد الكيميائية ، ديمومة عالية ، مقاومة عالية للكلال (Fatigue) ، لاتؤثر على أبعاد المنشأ وذلك لقلة سمكها ،عدم إحتواءها على خواص مغناطيسية أو معدنية ، سهلة الاستخدام في الموقع وقلة الإحتياج للأيدي العاملة [1،3،4] .

تستخدم الألياف المعززة بالبوليمرات لزيادة مقاومة القص والانثناء وحصر وتغليف الاعمدة لتحسين المطيلية لها ولزيادة مقاومة الحمل المحوري وكذلك تستخدم لتقوية الجدران الساندة غير المسلحة لمقاومة الحمل المسلط على السطح وعلى خارج السطح ، كما إنها تستخدم لتقوية وإعادة تأهيل الجسور لمقاومة الأحمال الساكنة والمتحركة ولمقاومة الأحمال الداينميكية للمنشآت عند التعرض للزلازل والأنفجارات [5] .

العتبات المقوسة (Curved Beam) تعرف بأن محور التعادل (Neutral Axis) لا يتطابق مع المحور المركزي (Centroidal Axis) بل تزحف نحوها وتوزيع الإجهادات على العتبة تكون غير خطي لان محور التعادل لها مقوس قبل تعرضها للأحمال أو قوة عزم الإنثناء ، أما العتبات المستقيمة(Straight Beam) فإن محور التعادل لها يتطابق مع المحور المركزي وتوزيع الإجهادات على العتبة يمكن أن تكون خطيا [6] . بما أن العتبات المقوسة والأجزاء الدائرية للمنشآت والأقواس لها خاصية صلابة عالية إذاً فهي مؤهلة جدا لنقل الأحمال بقوة الإنثناء والقص والإمتداد فإنها فعال أكثر من العتبات المستقيمة بسبب مقاومتها وصلابتها العالية ،مقاومتها الجيدة للتآكل وتحملها العالية لمقاومة الكلل ، فلها إستخدامات واسعة في مختلف التصاميم الإنشائية الحديثة مثل : السفن ، الطائرات ، بعض المنشآت خفيفة الوزن والجسور فإنها ذات مقاومة أقل للإستقرارية الإيروديناميكية لذا فإن الدراسة الجيدة للإستقرارية الداينميكية للعتبات المقوسة ضروري جدا

[7، 8، 9، 10] . فإن العتبات المقوسة معرضة للتشققات المتداخلة أكثر من العتبات المستقيمة [11] .

2 . المواد المستخدمة

1.2 . الأسمنت

تم استخدام اسمنت عراقي محلي مصنع والمنتج في معمل سنجار في محافظة نينوى ومطابقة للمواصفات العراقية القياسية (12) [IQS , No.5 , 1984] للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي .

2.2 . الركام الناعم (الرمل)

الرمل المستخدم هو رمل نهري من منطقة الكنهش في محافظة نينوى ، ووجد أنه مطابق للمواصفة الأمريكية (ASTM C33-99a) [13] ، ومعامل النعومة له ذات مقدار (2.84) وهي ضمن حدود المواصفة التي هي مابين (2.3 – 3.1) ، ونسبة المواد الطينية له هي (2.8%) وهي ضمن الحد المسموح في المواصفة التي يجب أن لا تتجاوز (3%) .

3.2 . الركام الخشن (الحصى)

الحصى المستخدم هو حصى نهري ويعرف محلياً بـ (البحص) ذو شكل مكور (Rounded Aggregate) ، والمقاس الأقصى له (Max. Agg. Size = 19 mm) ، أجري التحليل المنخلي للحصى ووجد أنه مطابق للمواصفة الأمريكية [ASTMC33-99a] [13] .

4.2 . نسب الخلطة الخرسانية

تم تصميم الخلطة الخرسانية بحدود مقاومة الإنضغاط التصميمية تساوي (30 MPa) عند عمر 28 يوماً حسب الكود الأمريكي [14-18] ، وتم الحصول على هذه المقاومة بعد القيام بصب خلطة تجريبية بهطول يتراوح بين (25- 50 mm) باستخدام اسطوانات ذات أبعاد (300 mm x 150) وبنسب وزنية (الماء/ الحصى : الرمل : الأسمنت) مساوية إلى (0.294 /2.594 : 1.864 : 1) وبمعدل هطول (50mm) أثناء صب العتبات .

5.2 . الخصائص الميكانيكية للخرسانة المستخدمة

تحدد بالتجارب الآتية :

1.5.2 . فحص مقاومة الإنضغاط (Compressive Strength) :

أجري الفحص على ثلاث نماذج اسطوانية بأبعاد (x150mm300) عند عمر (28) يوم بموجب المواصفة الأمريكية (ASTM C617-98) (ASTMC39-99)[19][20] ، ووجد أن معدل مقاومة الإنضغاط يبلغ (31.2 MPa) .

2.2.5 . فحص مقاومة الشد الإنشطاري (Splitting Tensile Strength) :

أجري هذا الفحص على ثلاث نماذج اسطوانية بأبعاد (x100 mm200) عند عمر (28) يوم بموجب المواصفة الأمريكية [ASTM C496-96] [21] ، تم تسليط حمل خطي على طول وجهي الأنموذج لحد الفشل ، ووجد أن معدل مقاومة الشد الأنشطاري يساوي (2.92 MPa) .

3.5.2 . فحص مقاومة الإنثناء (Flexural Strength) :

أجري هذا الفحص على عتبات خرسانية مربعة المقطع بأبعاد (x100 mm100) وبطول (mm500) وفحصت على فضاء مقداره (mm 400) تحت تأثير أربعة أحمال متمركزة عند عمر (28) يوم وفق المواصفة الأمريكية [ASTM C78-94] [22] ، ووجد أن معدل مقاومة الإنثناء يساوي (3.67 MPa) .

4.5.2 . فحص معايير المرونة (Modulus of Elasticity) :

أجري الفحص على ثلاث نماذج اسطوانية بأبعاد (mm 150 x 300) عند عمر (28) يوم بموجب المواصفة الأمريكية [ASTM C469-02] [23] ، ووجد أن معدل معاير المرونة يبلغ (25.98 GPa) .

6.2 . حديد التسليح

استخدم قضبان حديد التسليح بقطر (mm8) في التسليح الطولي والحلقات للعتبات المستخدمة في هذا البحث ، وأجري فحص الشد لحديد التسليح باستخدام جهاز فحص الشد العام حسب الكود الأمريكي [ASTM A615/A615M-05] [24] ، والجدول رقم (1) يبين إجهاد الخضوع ، مقاومة الشد القصوى المستحصلة من فحص الحديد المستخدم وبالإعتماد على نتائج الفحوصات المختبرية تم رسم علاقة (الإجهاد – الإنفعال) موضحة في الشكل رقم (1) .

7.2 . المادة الرابطة (الايبوكسي) (Sikadur - 330)

استخدم في هذه الدراسة إيبوكسي من نوع متوسط اللزوجة وهو (Sikadur -330) الذي يتكون بدوره من جزئين رئيسيين هما المادة الصمغية (Resin (A) ذات اللون الأبيض ، والمادة المصلدة (Hardener (B) ذات اللون الرصاصي الغامق ، ولتحضير مزيج من الجزئين الذي يستخدم في عملية التغليف يكون بخلط المادة الصمغية مع المادة المصلدة بنسبة وزن (1:4) لمدة 3 دقائق على الأقل وبسرعة منخفضة وذلك لضمان طرد الفقاعات الهوائية ولضمان الحصول على خليط متجانس إلى ان يصبح لونه رصاصي فاتح باستخدام جهاز الخلاط الكهربائي حسب مواصفات الشركة المنتجة [25] ، والجدول رقم (2) يبين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المادة .

8.2 . الياف الكاربون (CFRP)

تم استخدام ألياف الكاربون من نوع (SikaWrap -230C) في الدراسة العملية الذي سمكه (mm0.131) وعرضه (mm600) ، والجدول (3) يبين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لهذا النوع من الألياف .

3 . البرنامج العملي وآلية الفحص للعتبات

تم تجهيز (9) عتبات خرسانية مسلحة على شكل قطع مكافيء بطول (mm2000) وعرض (mm150) وارتفاع (mm200) وغلاف الخرسانة (mm25) ، تم تقسيمها إلى مجموعتين وبمقاومة إنضغاط تصميمية (MPa30) وفحصت جميعاً تحت تأثير الأحمال التكرارية ، اثنان من هذه العتبات بدون تغليف عدت للسيطرة ، المجموعة الأولى تتضمن (4) عتبات تم تغليفها بالألياف الكاربونية البوليمرية وسميت هذه المجموعة بالمجموعة (A) ، أما المجموعة الأخرى تتضمن ثلاث عتبات متضررة وتم إعادة تأهيلها بالألياف الكاربونية البوليمرية وسميت هذه المجموعة بالمجموعة (B) . اذ تم تسليط الأحمال بصورة تكرارية ولدورة تحميل واحدة (كل 10 كيلو نيوتن) وباستخدام جهاز (Universal Test Machine) ، أخذت القراءات للأود في وسط العتبات عن طريق تثبيت (LVDT) في أسفل العتبات واستخدم أخرى في جهة المسند (Roller) لقياس الإزاحة الجانبية وربطها مع جهاز (Data Logger) ، والشكل (2) يوضح آلية الفحص للعتبات تم تقسيم البرنامج العملي إلى محورين :
المحور الاول (المجموعةA) : سلوكية العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافيء المغلفة بالالياف الكاربونية البوليمرية .
المحور الثاني (المجموعة B) : اعادة تأهيل العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافيء المتضررة بالألياف الكاربونية البوليمرية .

1.3 . تفاصيل التسليح الداخلي للعتبات

صممت العتبات حسب ($\int$ min) و (MPa fy400 =) ، حيث استخدم قضبان الحديد بقطر (mm8) للتسليح الطولي والحلقات ، اثنان في الأعلى واثنان في الأسفل للتسليح الطولي عند زوايا الحلقات ، وبمسافة (mm75) بين منتصف حلقة وأخرى في الأسفل وبمسافة (mm9) بين منتصف حلقة وأخرى في الأعلى بالنسبة للحلقات مع استخدام تسليح اضافي تحت نقاط الحمل وذلك لضمان عدم سحق الخرسانة تحت تأثير الأحمال المسلطة . تم إيجاد طول القوس حسب معادلة القطع المكافيء والتي هي ($Y= a (x-h)2 +k$) . والشكل (3) يوضح أبعاد وتفاصيل التسليح الداخلي والمحاور لإيجاد طول القوس للعتبات .

حيث ان :
a = مقدار ثابت .
x = المسافة الأفقية بين نهايتي القوس .
h = المسافة الأفقية بين منتصف ونهاية القوس .
k = المسافة العمودية لأعلى نقطة للقوس .

To find a-:
x= 1.6 m
h = 0.8 m
k = 0.35 m
Y = 0
...a = - 0.546875

$Y = - 0.546875 (x-0.8)^2 + 0.35$

3.2 . حالات التغليف

الحالة الأولى : التغليف على شكل حرف (U) كامل في الأسفل والجوانب وفي وسط طول القوس السفلي للعتبة وبطول (mm880) والشكل (4) يوضح ذلك .
الحالة الثانية : استخدام (5) حلقات على شكل حرف (U) في الأسفل والجوانب وفي وسط طول القوس السفلي للعتبة حيث ان عرض الشريط (mm100) وطوله (mm550) وبمسافة (mm200) بين وسط حلقة وأخرى في القوس السفلي للعتبة وبمسافة (mm250) بين وسط حلقة وأخرى في القوس العلوي للعتبة والشكل (5) يوضح ذلك .

الحالة الثالثة : استخدام شريط بعرض (mm100) في وسط السطح السفلي للعتبة وبطول (mm880) مع استخدام (5) حلقات على شكل حرف (U) على الشريط بحيث عرض كل حلقة (mm100) وطولها (mm550) وبمسافة (mm200) بين وسط حلقة وأخرى في القوس السفلي للعتبة وبمسافة (mm250) بين وسط حلقة وأخرى في القوس العلوي للعتبة والشكل (6) يوضح ذلك .
الحالة الرابعة : استخدام شريط بعرض (mm100) في وسط السطح السفلي للعتبة وبطول (mm880) مع استخدام (3) حلقات على شكل حرف (U) في الوسط وعند نهايات الشريط وذلك لزيادة قوة التماسك بين الشريط والعتبة والشكل (7) يوضح ذلك .

4 . النتائج والمناقشة

الجدول رقم (4) يبين نتائج فحوصات معدل ثلاث نماذج لكل من مقاومة الانضغاط ، مقاومة الشد الانشطاري ،مقاومة الانثناء ومعاير المرونة التي فحصت مع كل نموذج من العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافيء لجميع النماذج .

1.4 . الحمل القصى

الجدول (5) يبين نتائج الحمل الاقصى لجميع النماذج ومقارنتها مع نماذج السيطرة لكل محور من محاور البرنامج العملي . حيث أظهرت النتائج زيادة واضحة لنسب الحمل الاقصى تتراوح بين (0.3 – 47.5) اعتماداً على حالة التغليف .

2.4 . الأود في المنتصف

تم أخذ قراءات الاود في منتصف العتبات باستخدام مقياس الاود (LVDT) و (Data Logger) ، الجدول رقم (6) والاشكال رقم (9) و (10) توضح النتائج المستحصلة وعلاقة الحمل والاود مصحوبة بأشكال الفشل لجميع النماذج على التوالي حيث تظهر نقصان واضح للاود تتراوح بين (19.2% - 66 %) اعتماداً على شكل التغليف مقارنةً مع نماذج السيطرة .

3.4 . الأنزلاق عند النهاية

لغرض معرفة مقدار الإنزلاق عند جهة المسند (Roller) تم احتسابها باستخدام مقياس الأود (LVDT) لجميع النماذج حيث تراوحت نسب النقصان في مقدار الإنزلاق بين (10% - 57.9%) ، الجدول رقم (7) والاشكال رقم (11) و (12) يبينان نتائج وعلاقة الحمل والانزلاق لنماذج المجموعة (A ، B)) على التوالي حيث لوحظ نقصان مقدار الحركة الجانبية للنماذج المغلفة بالالياف الكاربونية البوليمرية مقارنةً مع نماذج السيطرة .

5 . الأستنتاجات

من خلال الفحوصات المختبرية والنتائج التي تم الحصول عليها ، يمكن استخلاص الاستنتاجات الآتية :

1 . 5 لألياف الكاربون قابلية جيدة على زيادة مقاومة العتبات الخرسانية المسلحة ذات شكل قطع مكافيء ، فقد أسهمت على زيادة تحمل العتبات بنسبة تتراوح بين (47.5% - 0.3%) مقارنةً مع عتبات السيطرة ، حيث ان أفضل نتيجة ظهرت في العتبة المغلفة بشكل كامل في المنطقة المعرضة إلى تشققات على شكل حرف (U) ولكن هذه الطريقة غير اقتصادية عند تطبيقها في المشاريع الكبيرة .

2 . 5 ان تغليف العتبات بالألياف الكاربونية له تأثير على تقليل الأود في منتصف العتبات بنسبة تتراوح بين (66% - 19.2%) .

3 . 5 لألياف الكاربون تأثير واضح في تقليل الانزلاق الحاصل بالاتجاه الأفقي في العتبات بنسبة تتراوح بين (57.9% - 10%) .

4 . 5 أظهرت ألياف الكاربون قابلية قليلة في مجال إعادة تأهيل العتبات الخرسانية المتضررة مقارنةً مع عتبات السيطرة فقد أسهمت على زيادة مقاومتها بنسب تتراوح بين (13.7% - 0.3%) اعتماداً على طرق التغليف .

Strengthening and Repair of Parabolic RC Beam Using Carbon Fiber – Reinforced Polymer Under Repeated Load

Dr. Bayar Jafar Sulaivani – Professor
Department of Civil Engineering - Mosul University
Tara Najmadin Hama Amin - Master
Directorate General of Health Sulaymaniyah

Abstract
The aim of this study is to evaluate the effect of (CFRP) on parabolic beams under repeated load. In this study nine parabolic reinforced concrete beams were prepared having (150 x 200mm) dimensions , two unstrengthened as control beams and others were divided in to two groups (A and B) .

Group (A) consisted of four beams wrapped with (CFRP) in different ways , group (B) included three damaged beams loaded to about (55%) of the maximum load of control beams and then repaired by (CFRP) . All beams tested under repeated load by (10kN) in one cycle.

The test results showed the (CFRP) increased the strength of the parabolic RC beams based on the shape and type of the strengthening.

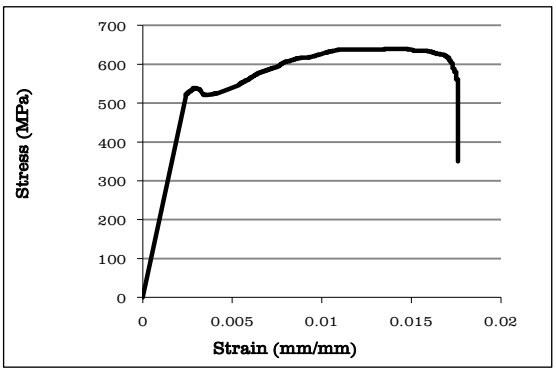
Key words: Parabolic RC beam, CFRP, Repeated load.

المصادر

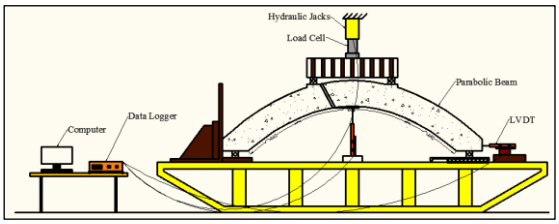
1. Benjeddou , O., Ouezdou , M.B. , and Bedday , A., "Damaged RC beams repaired by bonding of CFRP laminates" , Construction and Building Materials , Vol. 21 , 2007 , PP. 1301-1310 .
2. Brena , S.F. , Wood , S.L. , and Kreger , M.L. , "Full –scale tests of bridge components strengthened using carbon fiber – reinforced polymer composites" , ACI Structural Journals , Vol. 100, No. 6 , 2003 , PP. 775-784 .
3. Kesavan , k. , Ravisankar , k. , Sentil , R. , and Farvaze Ahmed , A.K., " Experimental studies on performance of reinforced concrete beam strengthened with CFRP under cyclic loading using FBG array" , Measurement , Vol. 46 , 2013 , PP. 3855-3862 .
4. Emadi , J., and Hashemi , S.H., "Flexural study of high strength RC beams strengthened with CFRP plates" World Academy of Science , Engineering and Technology , Vol. 54 , 2011, PP. 380-384 .
5. Neagoe , C.A. , "Concrete beams reinforced with CFRP laminates" , M.Sc., Thesis , University of Politecnica , Catalunya , 2011.
6. Mathiyazhagan , G. , and Vasiraja , N., "Finite element analysis on curved beams of various sections", Conference: Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS), International Conference , 2013 , PP. 168 – 173
7. Karaagac , C., Ozturk , H., and Sabuncu , M., "Crack effects on the in-plane static and dynamic stabilities of a curved beam with an edge crack",

Annual Book of ASTM Standards , Vol. 04.02 , Vol. 03.01 , Vol. 14.02 , 2002, 5 pp.

24. ASTM A615 ,"Standard Specification for Deformed and Plain Carbon – Steel Bars for Concrete Reinforcement" , (A615/A615 M-05) , Manual of Steel –Plate Sheet , Strip , Wire , Stainless Steel Bar , Vol. 01.03 , October , 2004 .
25. Sika (2006) , "Product Data Sheets" , Sika Egypt for Construction Chemicals , Egypt , www.sika.com.eg
26. Sika (2006) , " Product Data Sheets " , Sika Ireland Limited , Ireland , www.sika.ie]



شكل رقم (1) : علاقة (الإجهاد – الإنفعال) للحديد المستخدم (8.mm)



شكل رقم (2) : آلية الفحص للعتبات التي تم فحصها على مساند . (Hinge x Roller)

Journal of Sound and Vibration , Vol. 330 , 2011, PP.1718-1736.

8. Hui , C.K., Ng , C.F., "Autoparametric vibration absorber effect to reduce the first symmetric mode vibration of a curved beam / panel" , Journal of Sound and Vibration", Vol. 330 , 2011 , PP. 4551-4573.
9. Piovan , M.T., and Cortinez , V.H., "Linear viscoelastic analysis of straight and curved thin – walled laminated composite beams" , International Journal of Solids and Structures , Vol. 45 , 2008 , pp. 3466-3493.
10. Lin , K.C., and Hsieh , C.M., " The closed form general solutions of 2-D curved laminated beams of variable curvatures" , Compos. Structures , Vol. 79, No. 4 , 2007, PP.606-618 .
11. Bruno , D., Carpino, R., Greco, F. , and Lonetti , P., "Energy release rate and mode partition for interlaminar crack in circular laminated beams" , International Journal of Solids and Structures , Vol. 43 , 2006 , PP. 1201-1223.

12 . المواصفات القياسية العراقية (رقم 5) ، (1984) ، " خصاص الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي " ، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، بغداد ،العراق ، 1984 .

13. American Society of Testing and Materials (ASTM) (1999a) , "Standard Specification for Concrete Aggregates" , ASTM C33-99a , West Conshohocken , PA 19428-2959, United States
14. ACI Committee 211 , "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal , Heavy weight , and Mass Concrete" , (ACI 211.1-91) , American Concrete Institute , Reapproved 2002 .
15. ACI Committee 301 ,"Specifications for Structural Concrete" , (ACI 301-99) , American Concrete Institute , 1999 .
16. ACI Committee 214 , "Recommended Practice for evaluation of strength test results of concrete" , (ACI 214-02) , 2002 .
17. ASTM Committee C494 , "Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete" , (ASTM C494/C494M-99a) , Corrected July 2001.

18 . أ .م الدكتور مؤيد نوري الخلف ، م .م هناء عيد يوسف ، " تكنلوجيا الخرسانة" ، مركز التعريب والنشر ، الجامعة التكنولوجية ، بغداد ، 1984 .

19. ASTM Committee C39 , "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ", (C39/C39M-99) , Annual Book of ASTM Standards , Vol. 04.02 , 1999 , 5 pp.
20. ASTM Committee C617 , "Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens" , (C617-98) , Annual Book of ASTM Standards , Vol 04.01, Vol 04.02 , 1998 , 5pp.
21. ASTM Committee C496 , "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens" , (C 496-96) , Annual Book of ASTM Standards , Vol. 04.02 , 1996 , 4pp.
22. ASTM Committee C78 , "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third –Point Loading) , (C 78-94) , Annual Book of ASTM Standards , Vol. 04.02 , Vol. 03.01, 1994 , 3pp.
23. ASTM C469 , " Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression" ,(ASTM C469-02),

جدول رقم (1) : النتائج المستحصلة للحديد المستخدم .

Approximate diameter (mm)	Measured diameter (mm)	Area (mm^2)	(f_y) (MPa)	(f_u) (MPa)
8	**7.996**	**50.235**	**529**	**639**

جدول رقم (2) : الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للإيبوكسي المستخدم [25] .

Density	**Mixed Resin: 1.31 kg/l (at +23 °C)**	
Pot Life	**+10 °C : 90 min. (5 kg)** **+35 °C : 30 min. (5 kg)**	
Tensile Strength	**30 MPa (7 days at +23 °C)**	**(DIN 53455)**
E-Modulus	**Flexural: 3800 MPa (7 days at +23 °C).**	**(DIN 53452)**
	Tensile: 4500 MPa (7 days at +23 °C)	**(DIN 53452)**
Elongation at Break	**0.9% (7 days at +23 °C)**	

جدول رقم (3) : الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لألياف الكاربون المستخدم[26] .

FIBER TYPE	MID STRENGTH CARBON FIBERS
Fiber Orientation	**0° (Unidirectional)**
Areal Weight	**230 g/m^2 ± 10 g/m^2**
Fiber Density	**1.76 g/cm^3**
Fabric Design Thickness	**0.131 mm (based on fiber content)**
Tensile Strength	**4300 MPa (nominal)**
Tensile E-modulus	**238000 MPa (nominal)**
Elongation at Break	**1.8% (nominal)**

جدول رقم (4) : قيم مقاومة الإنضغاط ومقاومة الشد الإنشطاري ومقاومة الإنثناء ومعاير المرونة حسب عمر العتبات .

Groups	Specimen	Age of Specimen (day)	Comp. Strength (MPa)	Splitting Strength (MPa)	Flexural Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (MPa)
Control	**PB-1-C** **PB-2-C**	**63**	**33.4**	**2.8**	**4.1**	**27158**
A	**PB-3-W-U**	**81**	**33.8**	**3.3**	**4.4**	**27316**
	PB-4-W-5U **PB-5-W-5U**	**77**	**33.7**	**3.3**	**4.4**	**27294**
	PB-6-W-3U	**76**	**33.7**	**3.2**	**4.3**	**27288**
B	**PB-7-R-5U** **PB-8-R-5U** **PB-9-R-3U**	**83**	**33.8**	**3.3**	**4.5**	**27328**

جدول رقم (5) : نتائج فحص نماذج المحور الأول ونسب الزيادة في الحمل الأقصى ونوع الفشل للعتبات .

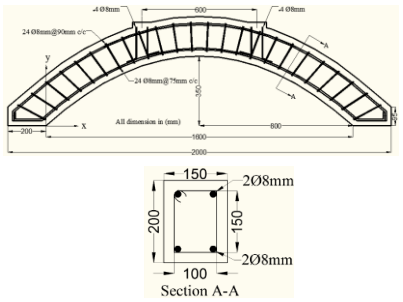
groups	Specimens	Maximum Load (KN)	% Increasing in Maximum Load with Respect to Control beams	Mode of Failure
Control	PB-1-C PB-2-C	37.9	———	Perpendicular cracking & Debonding of concrete cover with Crushing in Concrete
A	PB-3-W-U	55.9	47.5	Diagonal cracking &Crushing in concrete with Debonding of CFRP
	PB-4-W-5U	38.3	1.1	Perpendicular Cracking &Debonding of concrete cover
	PB-5-W-5U	47	24	Perpendicular cracking with Debonding of concrete Cover & Debonding of CFRP strip
	PB-6-W-3U	43.3	14.2	Crushing in concrete with Debonding of CFRP strip
B	PB-7-R-5U	38	0.3	Concrete crushing
	PB-8-R-5U	43.1	13.7	Debonding of CFRP
	PB-9-R-3U	39.5	4.2	Crushing in concrete & Debonding of CFRP

جدول رقم (6) : قيم الأود في منتصف العتبات مع نسب النقصان فيه للعتبات المقواة مقارنةً مع عتبات السيطرة .

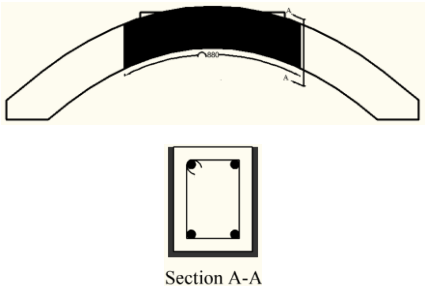
Groups	Specimens	Mid Span Deflection (at Maxi. Load) (mm)	% Decreasing in Mid Span Deflection with Respect to Control Beams
Control	PB-1-C PB-2-C	31.2	———
A	PB-3-W-U	16.4	47.4
	PB-4-W-5U	25.2	19.2
	PB-5-W-5U	10.6	66
	PB-6-W-3U	22.5	27.9
B	PB-7-R-5U	22.4	28.2
	PB-8-R-5U	12.2	60.9
	PB-9-R-3U	15.1	51.6

جدول رقم (7) : يبين قيم ونسب النقصان للإنزلاق عند جهة المسند (Roller) .

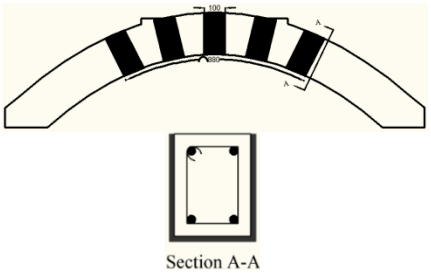
Groups	Specimens	Slip (at Maxi. Load) (mm)	% Decreasing in Slip with Respect to Control Beams
Control	PB-1-C PB-2-C	32.1	———
A	PB-3-W-U	21.6	32.7
	PB-4-W-5U	25.2	21.5
	PB-5-W-5U	13.5	57.9
	PB-6-W-3U	28.9	10
B	PB-7-R-5U	22.4	30.2
	PB-8-R-5U	14.6	54.5
	PB-9-R-3U	18	43.9



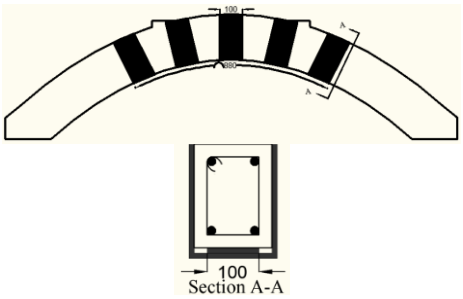
شكل رقم (3) : أبعاد وتفاصيل التسليح الداخلي والمحاور لإيجاد طول القوس للعتبات .



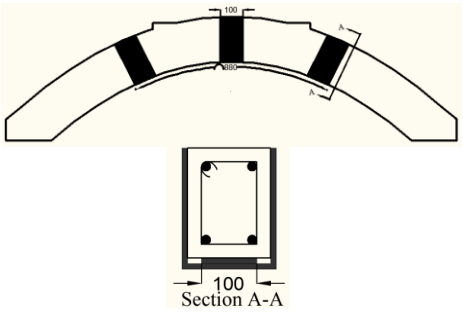
شكل رقم (4) : الحالة الأولى من التغليف .



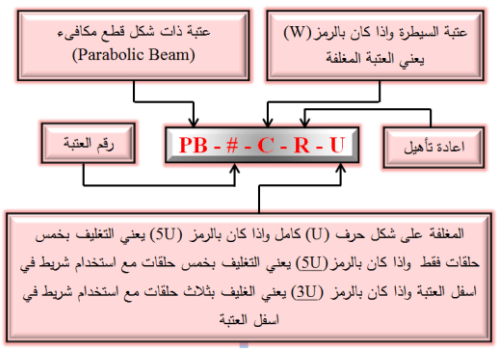
شكل رقم (5) : الحالة الثانية من التغليف .



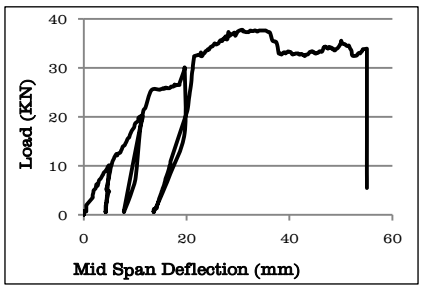
شكل رقم (6) : الحالة الثالثة من التغليف .



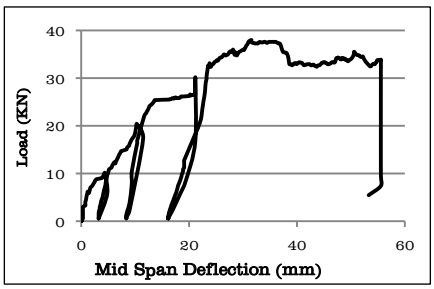
شكل رقم (7) : الحالة الرابعة من التغليف .



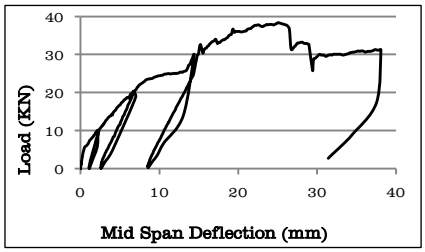
شكل رقم (8) : تفاصيل تسمية العتبات .



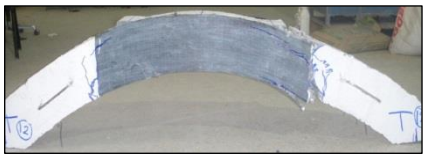
PB-2-C

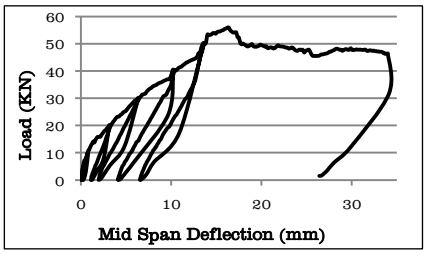


PB-1-C

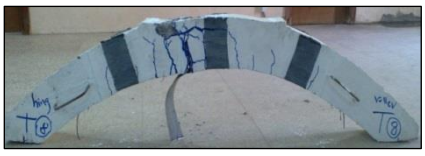


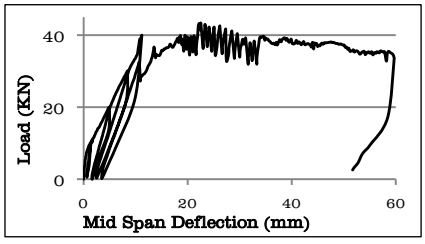
PB-4-W-5U



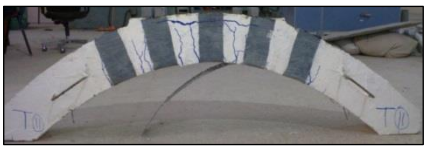


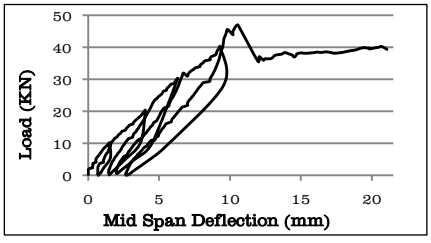
PB-3-W-U





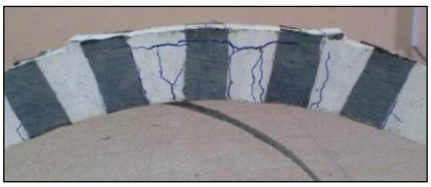
PB-6-W-3U

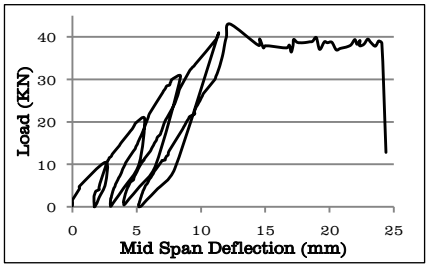




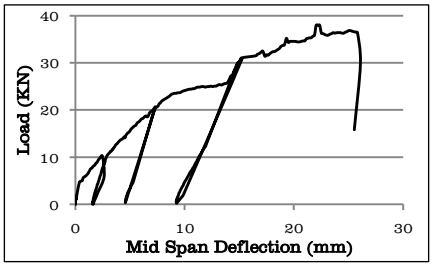
PB-5-W-5U

اشكال رقم (9) : علاقة الحمل والأود لجميع عتبات المحور الأول مصحوبة بأشكال الفشل لكل نموذج .

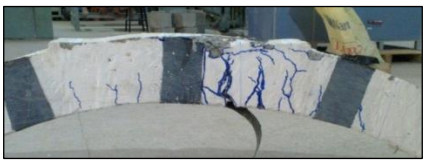


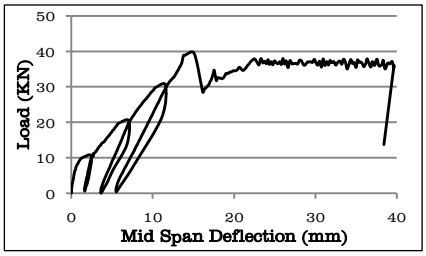


PB-8-R-5U



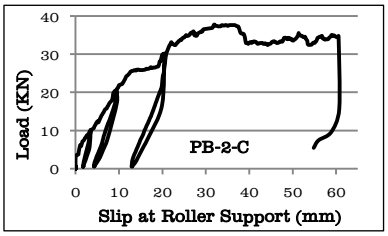
PB-7-R-5U

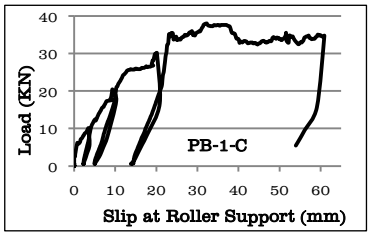


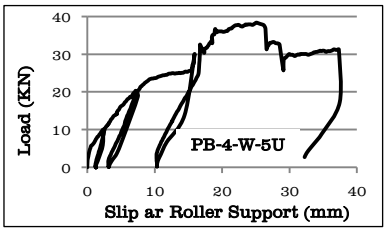


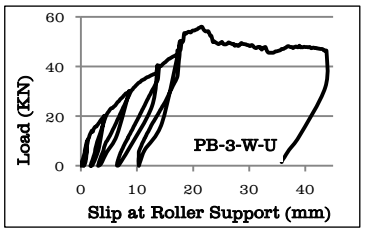
PB-9-R-3U

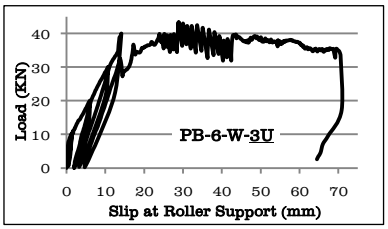
اشكال رقم (10) : علاقة الحمل والأود مصحوبة بأشكال الفشل لنماذج المعاد تأهيلها.

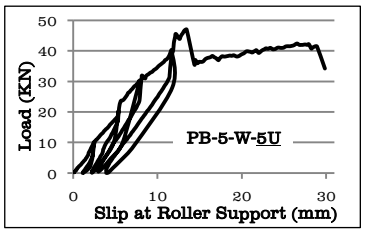




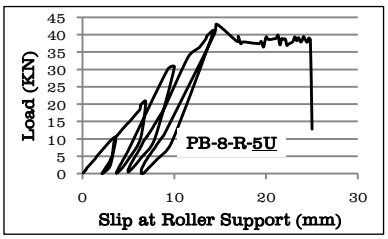


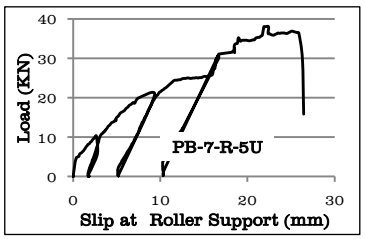


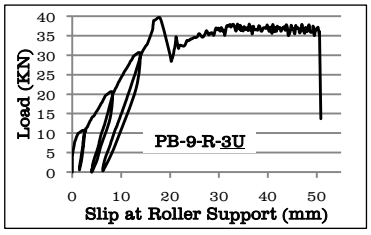




الاشكال (11) : علاقة الحمل والانزلاق عند جهة المسند (Roller) لجميع نماذج المجموعة (A) .







اشكال رقم (12) : علاقة الحمل والانزلاق للعتبات المعاد تأهيلها .