

فعالية تدعيم الجوائز البيتونية لمقاومة القص

رامية بديع غالبية*

(تاريخ الإيداع 26 / 10 / 2016. قُبِلَ للنشر في 15 / 6 / 2017)

□ ملخص □

تعتبر الجوائز من أهم العناصر البيتونية الحاملة، تلزم تقويتها عند عدم كفاية المقطع البيتوني، أو عدم كفاية حديد التسليح أو زيادة الأحمال، أو نتيجة صدأ سطحي في التسليح الخارجي أو صدأ في حديد التسليح الداخلي، أو غيرها من الأسباب الأخرى التي سنذكر منها ما تحتاجه هذه الدراسة.

إن تضرر العناصر الانشائية وعدم قدرتها على أداء وظيفتها بالشكل الكامل نتيجة تعرضها لعوامل بيئية مختلفة تخرب موادها وتؤدي لانخفاض مقاومتها، أو بسبب وجود عيوب تنفيذية أو الاستثمار غير الملائم لها يؤدي إلى الحاجة إلى إعادة تأهيلها بالصيانة والإصلاح أو التدعيم. لذلك تم اللجوء للتقوية إما بتكبير المقاطع أو التزويد بالتسليح اللازم أو الربط بالصفائح الخارجية الفولاذية المثبتة جيداً إلى المقطع البيتوني وبسبب صعوبة تنفيذها تركزت الدراسات في الآونة الأخيرة على استخدام مواد أكثر فاعلية وهي البوليميرات المسلحة بالألياف.

وسنعرض هنا لطرق التدعيم على القص وصولاً إلى الدراسات العالمية التي قامت بالتدعيم على القص باستخدام هذه المواد من البوليميرات والتي تتميز بالمقاومة العالية على الشد والمقاومة الكبيرة للعوامل والظروف البيئية والجوية وسهولة التطبيق في المواقع المحددة على الجانز.

الكلمات المفتاحية: مقاومة القص - بوليميرات مدعمة بألياف - شرائح FRP - انهيار القص.

* مشرفة على الأعمال - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Efficacy Of Strengthening R.C. Beams to resist Shear

Ramia Badee Ghalia*

(Received 26 / 10 / 2016. Accepted 15 / 6 / 2017)

□ ABSTRACT □

Beams are considered as one of the most loaded concrete elements, which needs to be strengthened either as a result of insufficient of concrete section, or insufficient rebar or increased loads, or the result of a superficial steel or corrosion of internal steel reinforcement, and other reasons that we will mention them what we need to study this. The damaged structural elements and their inability to function fully as a result of exposure to different environmental factors damage materials and lead to lower resistance, or because of the existence of of an executive defects or inappropriate investment for its, leads to the need to rehabilitate maintenance and repair or reinforcement. So it was resorting to strengthen either magnify sections or supply necessary reinforcement or steel platelets linking external supported well to concrete section, and because of the difficulty of execution the recent studies has been implemented on the use of more efficient material which is concentrated fiber reinforced polymers.

We will present here to methods of strengthening the shear up to the global studies conducted using these materials from polymers, which are characterized by high resistance to tensile and large resistance to environmental factors and weather conditions and ease of application in the specified permissible sites.

Keywords: Shear strengthening – Fiber reinforced polymer – FRP Laminate – shear failure.

* Work Supervisor – Department of Structural Engineering – Faculty Of Civil Engineering – Tishreen University – Lattakia – Syria.

مقدمة:

تتعرض الأبنية والمنشآت البيتونية المسلحة أثناء استثمارها لدرجات متفاوتة من الضرر، فقد تحتاج الكثير من الأبنية لتغيير نظام الخدمة أثناء الاستثمار، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الحمولات بحيث تتجاوز القيم التصميمية، أو قد توجد أخطاء تصميمية أو تنفيذية، أو قد يحدث تضرر بمواد البناء مع الزمن نتيجة الحرائق أو الزلازل، مما يفرض الحاجة إلى الصيانة وإعادة التأهيل.

وبسبب كون الجوائز البيتونية المسلحة من أهم العناصر الإنشائية الحاملة لذلك وجبت العناية بها ومعالجة أية شقوق أو شروخ تظهر بها لتفادي الأخطار الجسيمة التي تنجم عن تزايد هذه الشقوق، فكان تدعيم هذه الجوائز هو العملية التي تهدف إلى تحسين قدرة تحملها، ورفع مستوى أدائها. ولتجنب حدوث أي شكل من أشكال الانهيارات المفاجئة الناتجة عن القص، التي غالباً ما تحدث بدون مؤشرات مسبقة، كانت الدراسات العديدة لتحسين مقاومتها على القص أو تدعيمها على القص.

في الآونة الأخيرة ظهرت مواد مختلطة ذات خصائص مميزة منها المواد البوليميرية المدعمة بالألياف FRP، وهي مؤهلة لأن تكون بديلاً للفضبان الفولاذية خاصة في الأوساط الضارة بالفولاذ، وذلك بسبب خصائصها الإيجابية مثل مقاومة الصدأ وخفة الوزن واللامغنطة وعدم ناقلتها للكهرباء بالإضافة للمقاومة العالية على الشد ومقاومة التعب.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقديم طرق التدعيم على القص وعرض ميزاتها وعيوبها، ومقارنتها للتوصل إلى أفضلها حسب الحالة والظروف البيئية المحيطة بالعناصر الإنشائية المدروسة لتأمين الجدوى الاقتصادية من استخدام الطرق الحديثة. تبرز أهمية البحث بمحاولة اللحاق بعجلة الأبحاث العالمية ومواكبة التطور الهام في هذا المجال.

طرائق البحث ومواده:

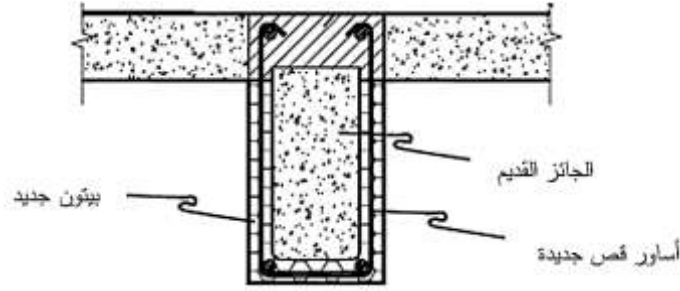
1- الطرق التقليدية والحديثة لتدعيم الجوائز البيتونية على القص

[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]:

نصادف أشكال مختلفة لانهيار الجوائز البيتونية على القص نذكر منها: انهيار الشد القطري - انهيار الشد القصي - انهيار الضغط القصي - الانهيار بالانعطاف.

يمكن ان نعرض طرق التدعيم التقليدية بما يلي:

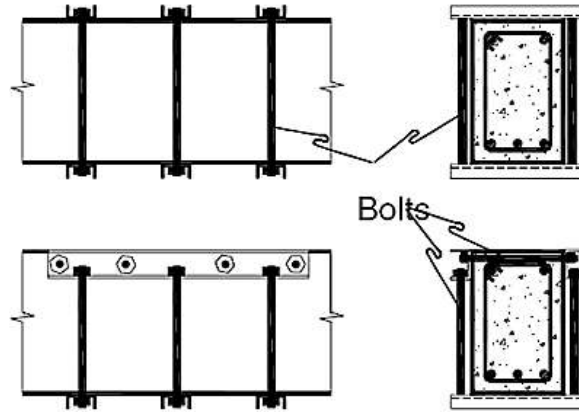
1- التقوية بالمواد المضافة: إنها الطريقة الأكثر استخداماً، تتم بزيادة أبعاد المقطع ففي البلاطات والجوائز يزال البيتون الموجود أعلى البلاطة وتوضع أساور إضافية حول المقطع العرضي الموجود، ثم يضخ أو يصب بيتون جديد، وتعتبر هذه الطريقة جيدة من وجهة نظر تقنية في حال تم تأمين الالتصاق بين البيتون القديم والجديد، حيث سيعطي المقطع المعرض وفولاذ التسليح الموضوعين في المنطقة المضغوطة مقاومة قص عالية للعنصر.



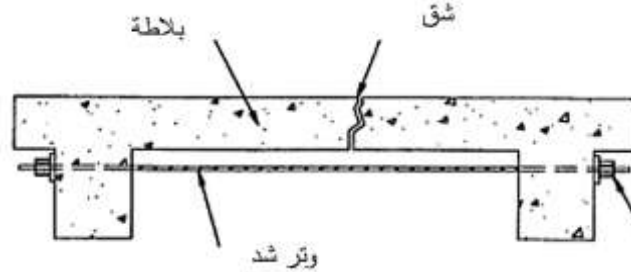
الشكل(1): طريقة التقوية بالمواد المضافة.

يؤخذ على الطريقة احتمال عدم ضمان تماسك البيتون الجديد مع القديم، لذلك يحسب البيتون والتسليح الجديد لمقاومة الحملات لوحدهما، وتعتبر غير مكلفة لكن تحتاج وقت طويل للتنفيذ، كما يؤثر تغيير المقطع العرضي على الشكل الجمالي للمنشأ.

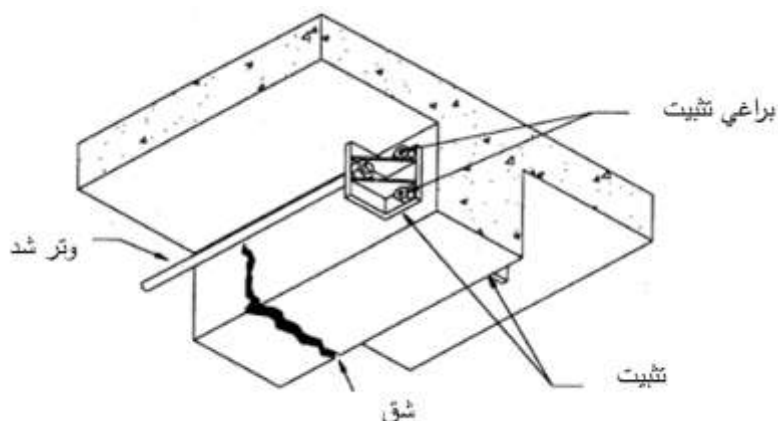
2- التقوية بالشد اللاحق: يتعرض تسليح الشد للصدأ تدريجياً بسبب ظهور التشققات ووجود أوساط ضارة، لذلك فإن تطبيق قوى ضاغطة على الكثير من العناصر بطريقة الشد اللاحق تسمح بزيادة مقاومتها على الشد، حيث تستخدم أسلاك أو كابلات فولاذية ولتجنب مشكلة الصدأ يمكن أن تكون الأسلاك أو الكابلات من ألياف الكربون. ونبين في الأشكال (2,3,4) بعض انواع الشد اللاحق.



الشكل(2) شد لاحق لمقطع مستطيل باستخدام البراغي و العزقات



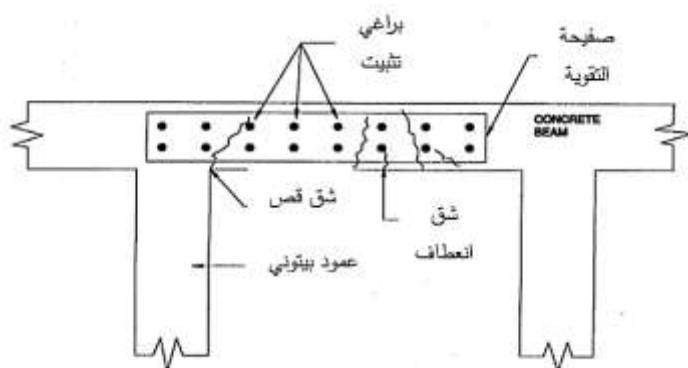
الشكل(3) شد لاحق لبلاطة متشققة.



الشكل (4) شد لاحق لجانز بيتوني متشقق.

تعتبر طريقة تدعيم تقليدية ويمكن تنفيذها بتقييد خفيف لحركة المرور ومن مساوئها الحاجة إلى تثبيت صلب وقوي عند النهايات وحساسيتها للصدم عندما تكون خارجية.

3- التقوية بالربط بصفحة خارجية: يتم استخدام صفحة ذات مقاومة عالية على الشد حيث توضع على جسد الجانز لزيادة مقاومته على القص. الشكل (5) ، عند استخدام الصفحة الفولاذية للتقوية وبالرغم من فعاليتها ومناسبتها في كثير من الحالات إلا أن لها سلبيات منها صعوبة التطبيق على السطوح المنحنية وامكانية صدأ الصفحة ووزنها الثقيل.



الشكل (5) الربط بصفحة فولاذية.

لذلك تم استخدام صفائح وشرائح من FRP.

نبين هنا بعض الطرق الحديثة لتدعيم الجوائز البيتونية على القص:

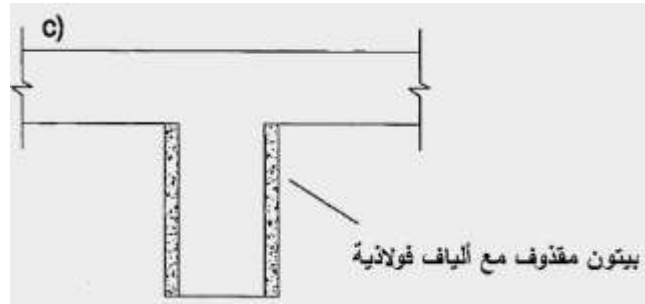
4- التقوية بالربط بصفائح وشرائح FRP: تتمتع البوليميرات المسلحة بالألياف بمقاومة شد عالية وصلابة عالية ووزن خفيف يجعل تطبيقها أكثر سهولة، حيث تلتصق على السطح الخارجي للجانز باستخدام مواد لاصقة مناسبة مثل الإيبوكسي وغيره. وتتميز هذه الطريقة بالوزن الخفيف للألياف وسهولة تطبيقها وعدم تغير أبعاد المقطع العرضي وامكانية التطبيق دون تقييد حركة المرور وسرعة التنفيذ والمقاومة الجيدة للتعب، أما سلبياتها فهي التأثر بالحريق ومحدودية انتشارها وضعف الخبرة في التنفيذ. ونبين بالشكل (6) استخدام شرائح ألياف الكربون لتقوية الجوائز على القص.



الشكل(6) الربط بشرائح ألياف الكربون لتقوية جوائز على القص.

5- التقوية بالبيتون المقذوف المسلح بالألياف: تعتمد تقنية البيتون المقذوف المسلح بألياف الفولاذ الموضوع

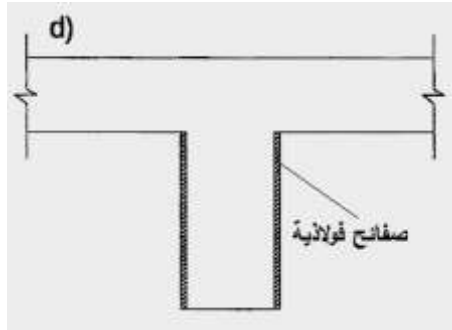
على جانبي المقطع، وتستخدم هذه الطريقة عندما يتم البحث عن تقوية محدودة للقص، السلبية الوحيدة لهذه الطريقة هي أن مواد التقوية لا تثبت في المنطقة المضغوطة.



الشكل(7): طريقة تقوية المقطع العرضي ببيتون مقذوف مع ألياف فولاذية.

6- التقوية بلصق صفائح على جانبي المقطع: تعتمد هذه الطريقة على تأمين التقوية بلصق صفائح فولاذية

على جانبي المقطع العرضي باستخدام لاصق الإيبوكسي، ولهذه الطريقة سلبية وحيدة أيضاً هي أن الصفائح الفولاذية لا تصل للمنطقة المضغوطة. وتعتبر الصفائح الفولاذية المثبتة على جانبي المقطع هي الطريقة الأسبق لطريقة صفائح أو شرائح CFRP المثبتة على جانبي المقطع.



الشكل(8): طريقة تقوية المقطع العرضي بصفائح فولاذية مثبتة بلاصق الإيبوكسي.

ملخص بعض الدراسات التي استخدمت التقوية باستخدام FRP لمقاومة القص [14-4]:

في الآونة الأخيرة تم التركيز في الأبحاث على استخدام FRP للتقوية على القص، حيث اعتمدت الدراسات على التقوية بصفائح أو شرائح من CFRP (مسلحة بألياف كربونية) أو GFRP (مسلحة بألياف زجاجية). وأظهرت النتائج أنه يمكن استبدال صفائح الفولاذ بصفائح من FRP لمقاومة القص. إذ أثبتت البوليميرات المسلحة بالألياف فعالية كبيرة في زيادة مقاومة العنصر المقوى خارجياً على القص. وتم تسليح الجوائز البيتونية لمقاومة القص بتقنيات مختلفة نذكر منها:

- أ - جوائز محملة مسبقاً للحصول على تشققات مسبقة ثم إصلاحها بأشرطة من CFRP.
- ب - تقوية جوائز بيتونية مستطيلة المقطع خارجياً بمواد CFRP ثنائية الاتجاه.
- ج - جوائز بيتونية مقواة بصفائح GFRP بشكل حرف U.
- د- جوائز بيتونية مقواة بصفائح GFRP تميل بزاوية 45 أو 60 أو 90 على محور الجوائز.
- هـ - التقوية بصفائح البوليمير المدعمة بألياف الكربون CFRP والمطبقة على الجوائز بتقنية EBR والمتوضعة على الجوانب والأسفل.
- و - التقوية باستخدام صفائح البوليمير المدعم بألياف الكربون CFRP والمطبقة بعدة طبقات على جانبي وأسفل الجوائز بشكل حرف U.

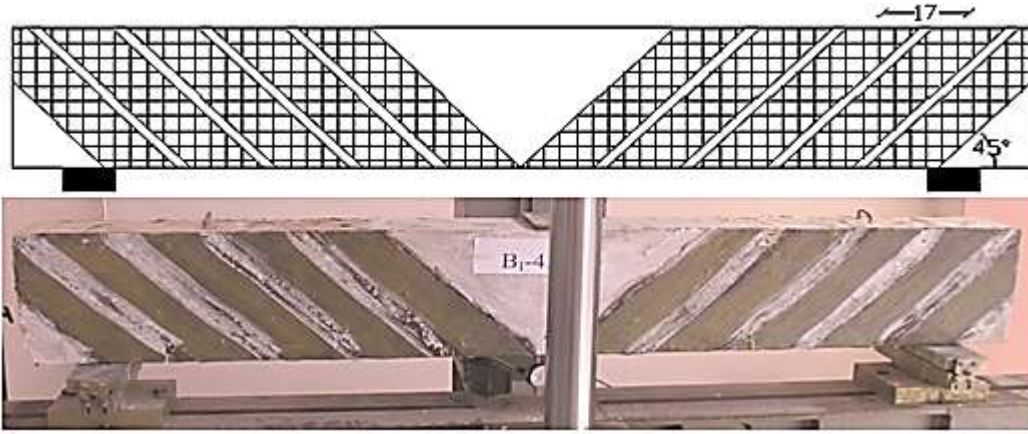
- ز - التقوية الخارجية بصفائح البوليمير المدعم بألياف الكربون CFRP والمطبقة على جانبي الجوائز بزوايا 45 أو 90 درجة على محور الجوائز باستخدام تقنية NSM ونوضح تقنيات التقوية NSM و EBR فيما يلي :

تقنيات التقوية باستخدام FRP [6][4][2]:**أ - تقنية (NSM) Near surface mounted:**

تتم هذه التقنية باستخدام قضبان مستطيلة أو دائرية المقطع من البوليميرات المدعمة بألياف زجاجية أو كربونية، والتي توضع ضمن شقوق طولية مفتوحة مسبقاً في الغطاء البيتوني للعنصر، وهي لا تحتاج لتحضير مسبق ولا تحتاج لوقت كبير في التركيب كما في تقنية EBR حيث: يتم تنفيذ الشقوق بعرض 4-5mm وعمق 12-15mm على سطح البيتون، وتنظف بالهواء المضغوط، وتنظف شرائح FRP بالأسيتون، ويستخدم لاصق الإيبوكسي حيث تملأ الشقوق به ويوضع على وجوه الشرائح، ثم توضع الشرائح في الشقوق ويزال اللاصق الزائد.

ب - تقنية (EBR) Externally bonded reinforcement:

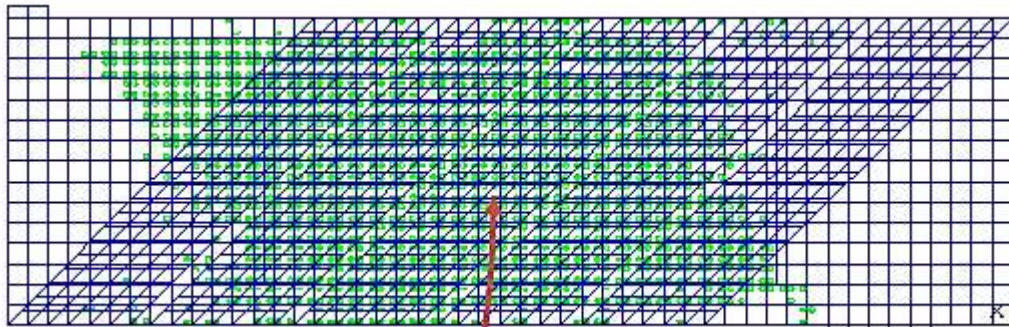
يتم فيها وضع الشرائح خارجياً حيث تتعم المناطق التي ستلصق إليها الشرائح من سطح الجوائز، وذلك لإزالة كمية الإسمنت السطحي، و تدور حواف الجوائز أيضاً، ثم تزال البقايا بالهواء المضغوط، وتوضع طبقة أولية لتنظيم سطح البيتون وزيادة امكانية الارتكاز على البيتون، ثم تلصق الشرائح على وجوه الجوائز باستخدام لاصق الإيبوكسي. نبين في الشكل (9) بعض أشكال التقوية باستخدام GFRP في بعض الأبحاث المدروسة [7].



أحد جوائز المجموعة B-45 جوائز مدعم بشرائح GFRP بزواوية 45



آلية انتشار التشققات في جوائز المجموعة B-45.



نموذج انهيار الجوائز المقوى بشرائح بزواوية 45 (B-45)

a - وفق برنامج ANSYS و b - تجريبياً

الشكل(9): بعض أشكال الجوائز والتقوية باستخدام GFRP لمقاومة القص وشكل الانهيار الحاصل.

- ومن مجمل الدراسات بمجال التقوية على القص نتوصل إلى مجموعة من النتائج نلخصها بمايلي:
- 1 - زادت مقاومة القص لجوائز البيتون بشكل كبير باستخدام طرق التدعيم الحديثة.
 - 2 - أثبتت الشرائح الموضوعه بزوايه 45° أنها أكثر فاعلية من الشرائح الموضوعه بزوايه 90° على محور الجائز.
 - 3 - كانت الزيادة في الحمولة في حالة استخدام تقنية EBR تساوي 54% أما في حال استخدام تقنية NSM فكانت 83%.
 - 4 - تقنية التقوية لمقاومة القص بطريقة NSM أكثر فاعلية من حيث الحمولة وسعة التشوهات عند انهيار الجائز من تقنية التقوية بطريقة EBR.
 - 5 - لم يكن الانهيار بحالة NSM هشاً كما في حالة EBR، وكان الانهيار متغيراً بين انهيار الألياف إلى انهيار ضغط في البيتون.
 - 6 - يجب أن توضع الشرائح بشكل عمودي على شق القص.
 - 7 - أن تقنية استخدام CFRP ثنائي الاتجاه أكثر فعالية واقتصادية لإصلاح الجوائز البيتونية المسلحة.
 - 8 - زادت تقنية التقوية بـ CFRP ثنائية الاتجاه في مقاومة إجهاد القص بالنسبة للجوائز البيتونية.
 - 9 - ازدياد المقاومة القصوى للجوائز المقواة بشرائح جانبية من GFRP بزوايا (90-60-45) بنسب وسطية (29-30-40)%.
 - 10 - انخفض اتساع شق القص القطري عند التدعيم بشرائح جانبية من GFRP.
 - 11 - تلخص انهيار الجوائز المقواة بشرائح جانبية من GFRP بتشكيل شق القص القطري وتمزق الشرائح المتقاطعة معه.

النتائج والمناقشة:

العلاقات المعتمدة في الكود الأمريكي لمقاومة القص في البيتون [1,2,13,14]

تتعلق حسابات المقاطع العرضية للعناصر الخاضعة للقص من العلاقة الأساسية التالية:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

وتحسب مقاومة المقطع للقص بالعلاقة التالية:

$$V_n = V_c + V_s$$

حيث أن V_c مساهمة البيتون في مقاومة القص للعناصر غير المسلحة على القص باعتبار أن مقاومة البيتون على الضغط $f'_c < 70 \text{ Mpa}$ وذلك للعناصر المعرضة للقص والانعطاف بالعلاقة التالية:

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

أما قوة القص في الأساور العمودية على محور الجائز فتعطي بالعلاقة التالية:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi f_y d}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

حيث أن: V_n - قوة القص الحسابية (N). V_u - قوة القص التصميمية في المقطع (N).

- V_s : قوة القص التي يقاومها التسليح (N). - V_c : قوة القص التي يقاومها البيتون (N).
 - f'_c : المقاومة المميزة للبيتون (MPa). f_y : اجهاد الخضوع للفلواذ (MPa).
 - S : تباعد الأساور (mm). - A_v : مساحة التسليح العرضي الموافق لـ S بـ (mm^2)
 - b_w : عرض الجذع (mm). - d : الارتفاع الفعال للمقطع (mm). - ϕ : عامل تخفيض القوة.
 وقد قدمت بعض الكودات علاقات لحساب مساهمة التقوية الخارجية باستخدام FRP لمقاومة القص نذكر منها:
 1- العلاقة المقترحة في ACI 440.1R-01 [2] لمساهمة التقوية باستخدام FRP باعتماد تقنية EBR هي:

$$V_{fd} = \phi \cdot \Psi_f \cdot (A_{fv} \cdot f_{fe} \cdot d_f / S_f)$$

حيث: ϕ - عامل تخفيض المقاومة على القص = 0.85 ، Ψ_f - عامل تخفيض إضافي = 0.85 لحالة التقوية بشكل U أيضاً، S_f - تباعد صفائح FRP (mm) و A_{fv} - مساحة صفائح FRP ضمن التباعد (mm^2)،
 d_f - الارتفاع الفعال (mm)، f_{fe} - الاجهاد الفعال لـ FRP (MPa).
 2- وضع **Fib** علاقة لمساهمة التقوية باستخدام FRP باعتماد تقنية EBR بالشكل التالي:

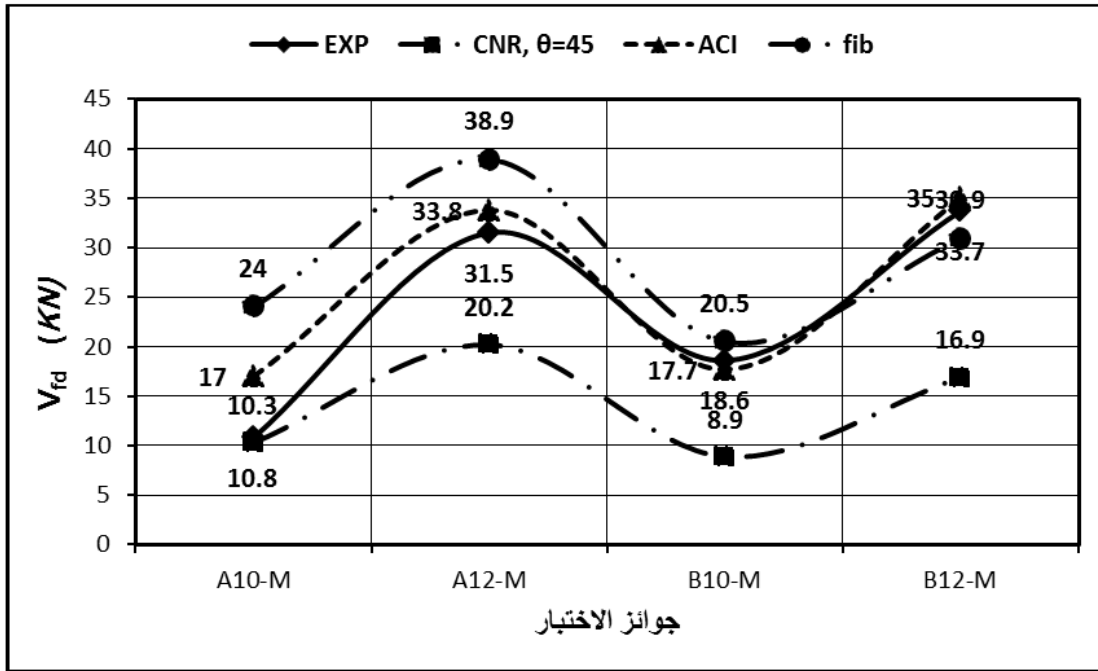
$$V_{fd} = 0.9 \cdot \epsilon_{fe,d} \cdot E_f \cdot \rho_f \cdot b_w \cdot d$$

حيث: b_w - عرض المقطع (mm)، d - الارتفاع الفعال (mm)، ρ_f - نسبة تقوية القص من FRP ، $\epsilon_{fe,d}$ - التشوه الفعال التصميمي لـ FRP (mm/mm)، E_f - عامل المرونة لـ FRP (MPa).
 3- ووضع الكود الإيطالي CNR العلاقة التالية لمساهمة التقوية باستخدام FRP باعتماد تقنية EBR:

$$V_{fd} = (1/\alpha_{Rd}) * 0.9 * d_s * f_{fe} * 2 * t_f * (\cot \theta + \cot \alpha) * w / s_f$$

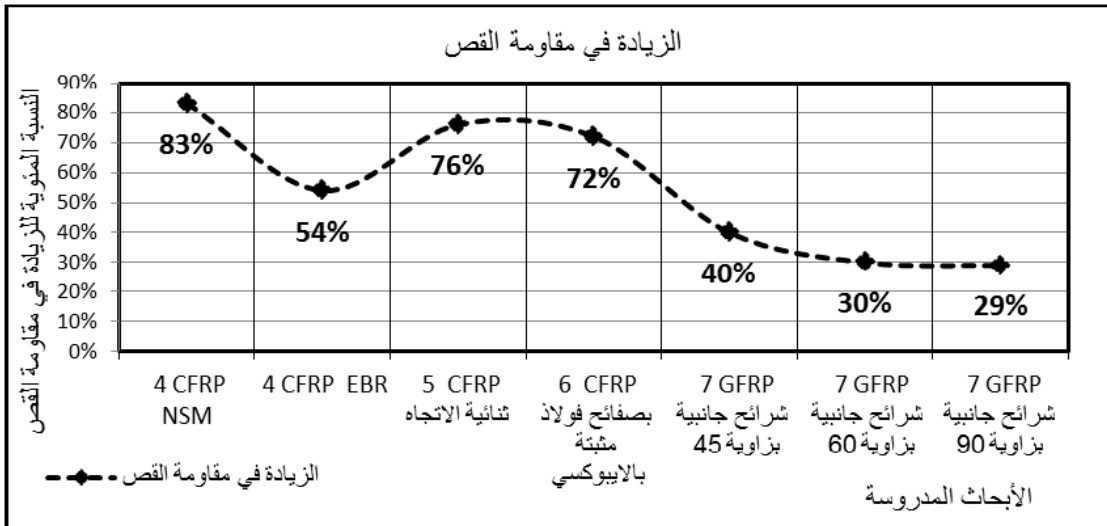
حيث: α_{Rd} - عامل أمان جزئي يأخذ بعين الاعتبار عدم دقة النموذج ويؤخذ (1.2). f_{fe} - إجهاد التصميم الفعال للتقوية على القص بـ FRP (MPa). β - الزاوية المحددة بين عناصر FRP للتقوية على القص ومحور الجوائز. θ - زاوية شق القص الحرج. w_f ، s_f - هي عرض الاساور وتباعدها على الترتيب بـ (mm).
 t_f - سماكة صفيحة التقوية (mm).

و بمقارنة النتائج التجريبية للتقوية بـ CFRP المنجزة في البحث [4] مع العلاقات المقترحة من الكودات السابقة: نحصل على المخطط البياني التالي:



الشكل (10) مقارنة النتائج التجريبية والنتائج التحليلية.

نلاحظ من الشكل أن النتائج التحليلية من علاقة CNR هي دائماً أقل من النتائج التجريبية المسجلة، ونستنتج أن العلاقة التحليلية المقترحة من قبل CNR تقدم تعبيراً أفضلًا للتنبؤ بمساهمة التقوية باستخدام CFRP على القص. وبمقارنة قيم الزيادة في مقاومة القص نتيجة الدراسات التجريبية لبعض الأبحاث [4][5][6][7] نجد:



الشكل (11) مقارنة بين نسبة الزيادة في مقاومة القص للأبحاث المدروسة.

من المخطط السابق نجد أن: شرائح CFRP هي الأفضل للتقوية على القص من شرائح GFRP أو صفائح الفولاذ المثبتة بالايبيوكسي.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- إن تقنية التقوية لمقاومة القص بطريقة NSM أكثر فاعلية من تقنية EBR.
- أخذت التقوية بشرائح CFRP بتقنية EBR المرتبة الرابعة بعد التقوية بصفائح الفولاذ المثبتة بالايبيوكسي.
- إن التقوية بشرائح CFRP بتقنية NSM هي الأفضل ثم التقوية بشرائح CFRP ثنائية الاتجاه.
- إن الشرائح الموضوعة بزاوية 45° أو 135° أكثر فاعلية من الشاقولية.
- التقوية بشرائح GFRP تعطي مقاومة أقل من شرائح CFRP.
- العلاقة المقدمة من قبل CNR هي الأفضل بالمقارنة مع علاقات ACI , fib .

التوصيات:

- يفضل استخدام التقوية بشرائح CFRP بتقنية NSM في حال التقوية لمقاومة القص.
- يفضل اعتماد التقوية لمقاومة القص بوضع شرائح التقوية بزاوية 45° أو 135° .
- إجراء أبحاث ودراسات أكثر للتوصل إلى علاقات أكثر دقة لوصف مساهمة التقوية باستخدام FRP لمقاومة القص بتقنية NSM.
- إجراء أبحاث للتوصل إلى علاقات لوصف مساهمة التقوية باستخدام FRP لمقاومة القص بتقنية EBR.

المراجع

- 1 - ACI 318M-02, "BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE (ACI 318M-02), AND COMMENTARY (ACI 318RM-02)", 2003
- 2 - ACI 440.1R-01, *Emerging Technology Series, "Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars"*, 2003
- 3 - الكود العربي السوري " لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة " دمشق 2012
- 4- J.A.O. BARROS , S.J.E. DIAS , " *Near surface mounted CFRP laminates for shear strengthening of concrete beams*" , Cement and Concrete Composites Volume 28, Issue 3, March 2006, Pages 276 -292.
- 5 - J. JAYAPRAKASH, ABDUL AZIZ ABDUL SAMAD, ASHRABOV ANVAR ABBASOVICH, ABANG ABDULLAH ABANG ALI, " *Shear capacity of precracked and non-precracked reinforced concrete shear beams with externally bonded bi-directional CFRP strips*" Construction and Building Materials Volume 22, Issue 6, June 2008, Pages 1148-1165
- 6 - BIMALBABU ADHIKARY , HIROSHI MUTSUYOSHI, " *Shear strengthening of reinforced concrete beams using various techniques*" , Construction and Building Materials Volume 20, Issue 6, July 2006, Pages 366-373.
- 7 - PROF.DR.E. GHANDI JAHJAH, DR.E.AKRAM SAKKOUR , C.E.WAAD ALKHATIB, " *A Contribution to Study the Efficiency of Shear Strengthening of R.C. Beams with Inclined (GFRP) Strips*". A Thesis Prepared to Acquire Master Degree In Structural Engineering- faculty of civil engineering- Tishreen University- Lattakia-2008.
- 8- J.A.O. BARROS , S.J.E. DIAS, J.L.T. LIMA " *Efficacy of CFRP-based techniques for the flexural and shear strengthening of concrete beams*" Cement and Concrete Composites, Volume 29, Issue 3, March 2007, Pages 203-217.

9 - BJÖRN TÄLJSTEN , " *Strengthening concrete beams for shear with CFRP sheets*" Construction and Building Materials Volume 17, Issue 1, February 2003, Pages -26 15.

10- AHMAD KHALIFA AND ANTONIO NANNI, " Improving Shear Capacity Of Existing RC T-section Beams Using (CFRP)" Cement and Composites, Vol.22, No.2, July 2000, pp.165-174.

11 - A.F. ASHOUR , , " *Flexural and shear capacities of concrete beams reinforced with GFRP bars*" , Construction and Building Materials Volume 20, Issue 10, December 2006, Pages 1005-1015 .

12- DAMIN . L KACHLAKEV, BRYAN K.GREEN, WILLIAM A BARNES, "Behavior Of Concrete Specimens Reinforced With Composite Materials- Laboratory Study" , Federal Highway Administration 400 Seventh SW, Washington, USA, February 2000.

13 - FIB – BULLETIN 14." *Externally bonded FRP reinforcement for RC structures. Technical report by Task Group 9.3 FRP (fiber reinforced polymer) reinforcement for concrete structures*". Fédération Internationale du Béton – fib, July 2001. 130 pp.

14 - CNR-DT 200." *Instructions for design, execution and control of strengthening interventions by means of fibre-reinforced composites*". Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, Italy, 2004.