مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

سلوك الجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحات والمدعمة بالبيتون الليفي

د. م بسام حويجة*
م. طلال درويش**

(قبل للنشر في 1998/10/18)

☐ ملخص ☐

تتوضع الفتحات في الجوائز البيتونية المسلحة بصورة أفقية لتمرير التمديدات الضرورية وهذا يتطلب من المهندس في حقل تصميم المنشآت البيتونية المسلحة والمسبقة الإجهاد، معرفة كيفية تسليح منطقة الفتحة لتلائم هذه المتطلبات وتعوض بنفس الوقت التخفيض الحاصل في مقدرة تحمل الجائز من جرّاء وجود الفتحة.

الهدف من البحث هو دراسة السلوك الإنشائي(السهوم – المقاومة القصوى – التشققات) للجوائز البيتونية المسلحة بسيطة الارتكاز، والحاوية على فتحات في منطقة القص وفي منتصف الجائز، عند تدعيم منطقة الفتحة باستخدام البيتون المسلح بالألياف الفولاذية. لقد تبين معنا أن إضافة الألياف الفولاذية بنسبة حجمية $V_F=0.5$ % تساهم في تحسين سلوك الجوائز المدعمة بها من حيث زيادة قدرة تحمل هذه الجوائز وكذلك تخفيض قيم السهوم (زيادة الصلابة) كما تبين معنا أن الألياف الفولاذية تلعب دوراً مهماً في زيادة مقاومة البيتون للتشققات من خلال تعديل توزع الشقوق الحاصلة مقارنة مع الجوائز غير المدعمة بها .

---

* أستاذ مساعد – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية
** طالب ماجستير – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية– سورية

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

Behavior of R.C. Beams Containing Web Openings and Strengthened by Using Steel Fibers Reinforced Concrete

Dr. BSSAM HWAIJA*
TALAL DARWISH**

(Accepted 18/10/1998)

❐ABSTRACT❐

This research aims to study the influence of steel fibers on deformational behavior of R. C. beams with web openings, located at different position along the beam span.

Review of previous studies concerning this work has been realized in order to reach complete theoretical knowledge, which enables us to inter the experimental program, taking into consideration that this topic has not been dealt by international codes directly

We found that with Fiber volume of 0.5 percent, Steel Fibers are effective in improving the deformational behavior of beams such as increasing the ultimate strength, the cracking strength of concrete and decreasing deflection (increasing flexural rigidity)

So the research gives practical provisional measures for designers.

*Assistant professor -Faculty of civil engineering – University of Tishreen- Syria.
**Struct.Eng. -Faculty of civil engineering – University of Tishreen- Syria.

1- مقدمة :

تتوضع الفتحات في الجوائز بصورة أفقية لتمرير مختلف أنواع التمديدات الضرورية، إن مرور هذه التمديدات عبر الفتحات في جوائز السقف يخفض ارتفاع الطابق وبالتالي نحصل على تصميم اقتصادي ولذلك يجب أن يعرف المهندس في حقل تصميم المنشآت البيتونية تأثير هذه الفتحات على مقاومة وسلوك الجوائز حتى يتمكن من معالجة التخفيض الحاصل في قدرة تحمل الجائز من جراء وجود الفتحة. إن مراجعة الدراسات المقامة حول هذا الموضوع تشير إلى أن المتغيرات الرئيسية المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحات هي :

- شكل الفتحة (Opening Shape)
- قياس الفتحة (Opening Size)
- عدد وموقع الفتحات (Number and location of openings)
- حالة التحميل (Loading condition)
- مقدار وتوزع قوى القص (The amount and detail of shear)
- التسليح الطولاني والعرضاني الإضافي في المنطقة حول الفتحة.

2-دراسة تحليلية للجوائز الخاضعة لانعطاف وقص والحاوية على فتحات :

أثناء دراسة تأثير الفتحات على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة يجب التمييز بين الفتحات الكبيرة والصغيرة [1] [2].

2.1-الفتحات الصغيرة :

نقول عن الفتحات أنها صغيرة إذا غيرت بشكل طفيف آلية العمل الكلاسيكية للجائز ويتم ذلك من خلال تصور عمل الجائز كشكل من أشكال الشبكيات (trusses) وذلك تبعاً لأبعاد الفتحات وعددها وأشكالها.

2.2-الفتحات الكبيرة:

عندما تكون الأبعاد كبيرة يصبح من الضروري إدخال تأثير وجود هذه الفتحات في الحسابات الستاتيكية عند تصميم الجائز [3] [4].

3-تأثير الفتحات الكبيرة على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة:

عندما تتوضع الفتحة الكبيرة في منطقة القص (shear zone) من جذع جائز بيتوني فإنها تخفض المنطقة الفعالة المتاحة لمقاومة القوى المطبقة. إن إعادة توزع قوى القص على المنطقة المتبقية من المقطع البيتوني غالباً ما يقود إلى إجهادات قص عالية. قوى القص هذه تسبب عزوم انعطاف ثانوية عند نهايات اللمعات (struts) مولدة إجهادات إضافية في هذه اللمعات.

إن مقدار العزوم الإضافية وبالتالي الإجهادات يعتمد بشكل أساسي على مقدار القص في كل لمعة وكذلك على طول الفتحة [5].

أجريت بحوث متعددة لاكتشاف مقدار القص الذي تتحمله كل لمعة، بعض هذه البحوث [2] اقترحت أن مقدار قوى القص العرضية المحمولة من قبل اللمعات يمكن توزيعه بما يتناسب مع مساحات المقاطع العرضية لهذه الأعضاء، بينما ربطت بحوث أخرى [2] [6] ذلك بالصلابة على الانعطاف. وعلى هذا الأساس تصمم اللمعة العلوية على أنها عنصر معرض للضغط اللامركزي واللمعة السفلية على أنها عنصر معرض للشد اللامركزي مع أخذ الأحمال المطبقة مباشرة على اللمعة العلوية بالحسبان وحساب العزم الناتج عنها [7].

4-النتائج – البرنامج التجريبي :

من خلال الدراسة المرجعية الشاملة التي قمنا بها توصلنا إلى النقاط التالية :

- يتزايد سهم الجائز الحاوي على فتحة مع زيادة طول وارتفاع الفتحة [2].
- يقلل التسليح القطري عند زوايا الفتحة من سهم وعرض الشق الأعظمي في الجائز [5].
- عرض الشق الأعظمي لا يطرح مشكلة حقيقة حيث أن عرض الشق الأعظمي المقيد بـ 0.3 mm يوافق حمولة مساوية (75-60%) من الحمولة القصوى [2].
- يزيد التسليح العرضاني المناسب المؤلف من أساور شاقولية وقضبان قطرية مائلة المقاومة القصوى للجوائز الحاوية على فتحات، ومع استخدام معامل تركيز قص مقداره (2) تساهم القضبان القطرية على الأقل بـ (75%) من المقاومة الإجمالية للقص [7].

4.1-البرنامج التجريبي :

تم صب واختبار (12) جائزاً متماثلة الأبعاد بطول (180 cm) وقطاع (29x 15 cm)، اختبرت تحت تأثير حمل مركز في منتصف الجائز، وقد زودت هذه الجوائز بفتحات صغيرة ذات شكل مستطيل.

تم تسليح الجوائز بتسليح أحادي فقط (تسليح شد طولاني) هو 2Ø14mm والفولاذ المستخدم محلزن عالي المقاومة ، وتسليح عرضاني مؤلف من أساور شاقولية ، ذات قطر 6 mm ، موزعة على كامل طول الكمرة، أما النسبة الحجمية للألياف الفولاذية فقد كانت (0.5%) والنسبة بين طول الليف وقطره متغيرة ضمن المجال (100-40)، حيث تم توزيع هذه الألياف بشكل متجانس في الخلطة البيتونية (بواسطة النخل) [8]، علماً أن القطر الأعظمي للركام المستخدم في البيتون المسلح بالألياف كان (10 mm) [9]. الحصويات المستخدمة في البحث من مصدر نهري والإسمنت بورتلاندي عادي بعيار ($350k\ g/\ m^3$) من أجل الحصول على مقاومة متوسطة على الضغط بعد (28) يوم مساوية لـ (25 Mpa.).

توزعت الجوائز المختبرة على ثلاث مجموعات، تم تدعيم منطقة الفتحة في المجموعة الأولى بالبيتون المسلح بالألياف الفولاذية، سميت هذه المجموعة G1 وتضمنت الجوائز:

BFV-1. BFV-2 , BFV-3 , BFV-4 حيث الجائزان BFV-1 و BFV-2 متماثلان ويحويان فتحة طرفية على بعد 45cm من المسند، والجائزان BFV-3 و BFV-4 أيضاً متماثلان ويحويان فتحة في منتصف الجائز، أما المجموعة الثانية فقد تركت بدون تدعيم (بيتون عادي) سميت هذه المجموعة G2 وتضمنت الجوائز BRI-2. , BRI-3 , BRI-4 BRI-1 رافق صب هاتين المجموعتين مجموعة من الجوائز المصمتة غير الحاوية على فتحات بغرض المقارنة، سميت المجموعة G3 وقد تضمنت الجائزين BSC-1 و BSR-1.

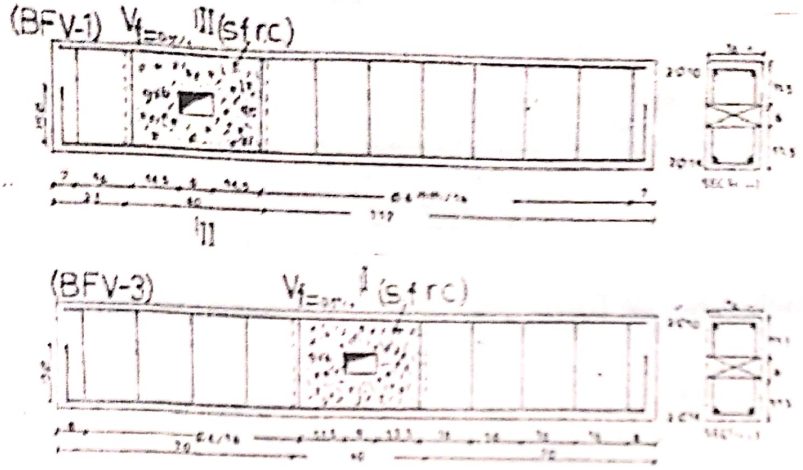
تبين الأشكال (1) و(2) و(3) تفاصيل أبعاد وتسليح جوائز هذه المجموعات.

تم إجراء الاختبارات القياسية للمواد المستخدمة كما تم تحليل ومناقشة النتائج التجريبية فيما يتعلق بمقادير سهم الانحناء والانفعالات على القطاعات المختلفة على طول بحر كل جائز، ودراسة ظاهرة التشقق ومناقشة عرض الشقوق الرئيسية حول الفتحات خلال مراحل التحميل المختلفة بالإضافة إلى مناقشة أشكال الانهيارات المختلفة التي تم تسجيلها خلال الاختبارات.

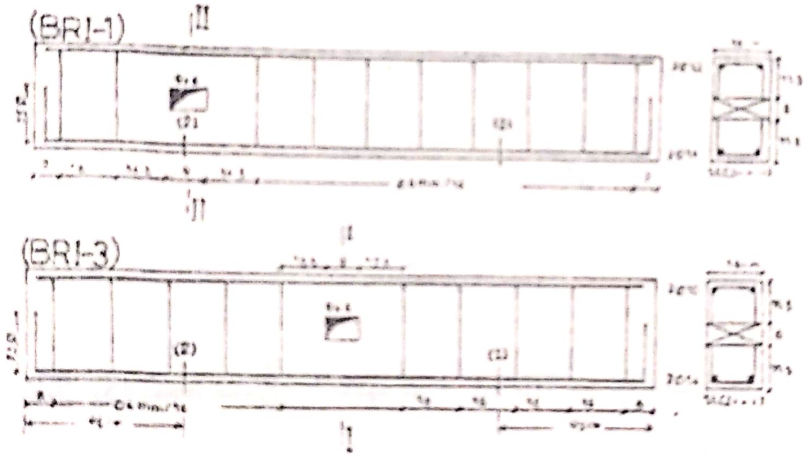
تبين الأشكال (4)، (5)، (6)، (7)، (8)، مخططات الحمولة – السهم لجوائز الاختبار حيث يتبين من خلال هذه المخططات أن تسليح منطقة الفتحة باستخدام تكنولوجيا البيتون الليفي يساهم في تقليل الفارق بين قيم السهوم عند الفتحة وعند الموقع المناظر لموقع الفتحة (الجزء المصمت) وذلك ي حالة الجوائز الحاوية على فتحات طرفية وكذلك نلاحظ أن التسليح

المقترح قد ساهم في تخفيض قيم السهم الأعظمي عند منتصف المجاز ليصبح قريباً جداً من السهم الأعظمي للجوائز المصممة المماثلة وهذا يدل على فاعلية التسليح المقترح في التعويض عن نقصان الصلابة من جراء إحداث الفتحة في جسد الجائز.

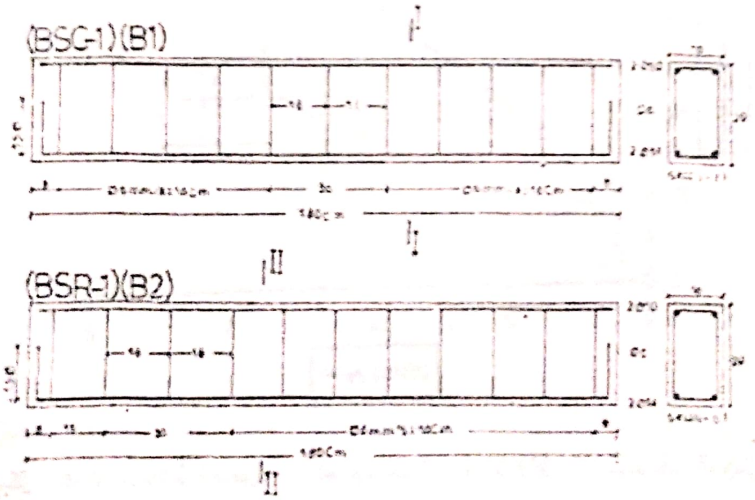
لقد تمت مراقبة تطور التشققات من لحظة البدء بالتجربة مروراً بكل مراحل التحميل حيث كان يعلم نمو الشقوق ويقاس اتساع الشق الأعظمي المتكون، تكونت معظم الشقوق في منطقة الفتحة حيث ظهرت الشقوق العريضة بالقرب من نهاية اللمعات في كل مراحل التحميل ولهذا فإن اتساعات هذه الشقوق هي التي قيست لتحديد العرض الأعظمي.



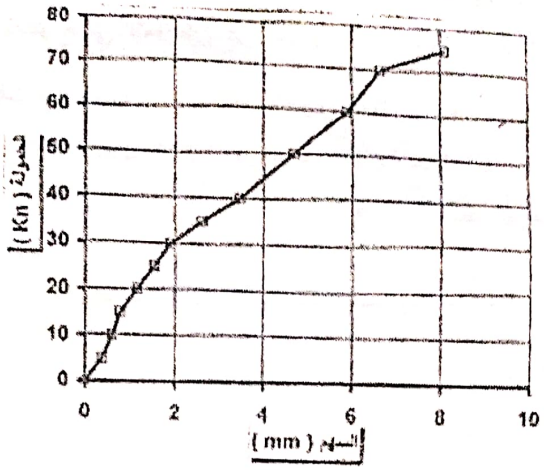
الشكل (1) تفاصيل تسليح جوائز المجموعة G_1



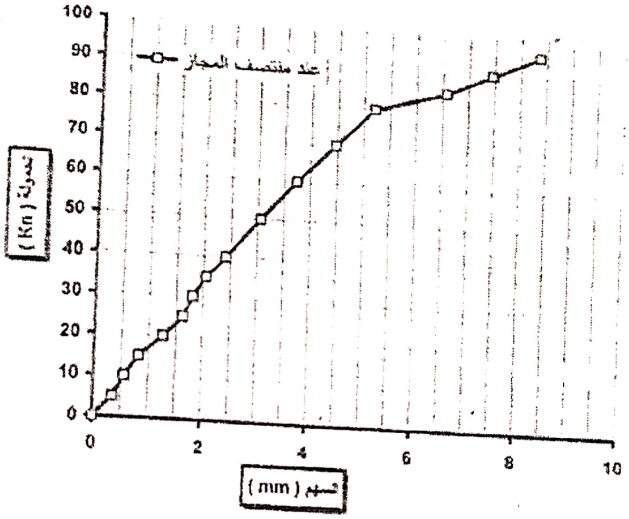
0الشكل (2) تفاصيل تسليح جوائز المجموعة G_2



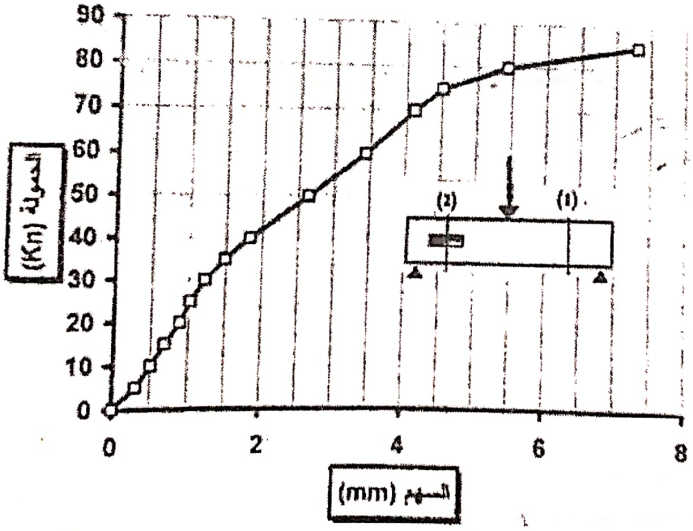
الشكل (3) تفاصيل تسليح جوائز المجموعة G_3



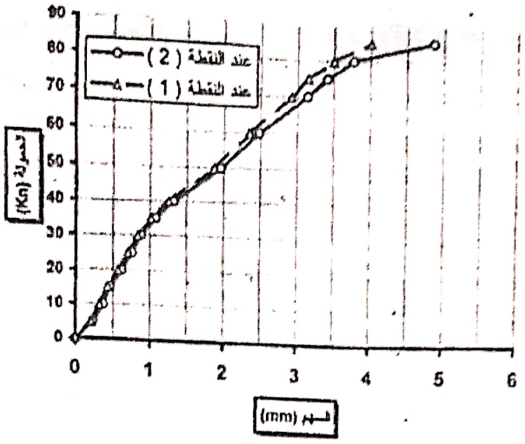
الشكل (4) مخطط الحمولة – السهم للجائز BRI-1 عند منتصف المجاز



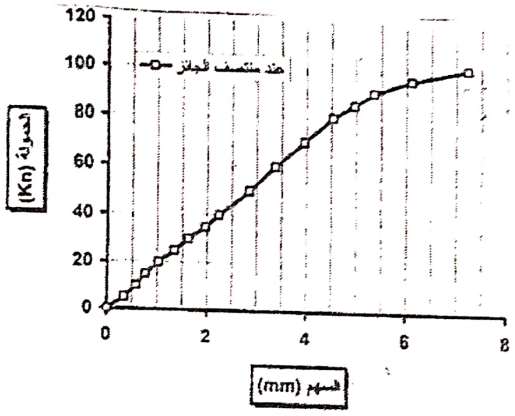
الشكل (5) مخطط الحمولة – السهم للجائز BRI-3 عند منتصف المجاز



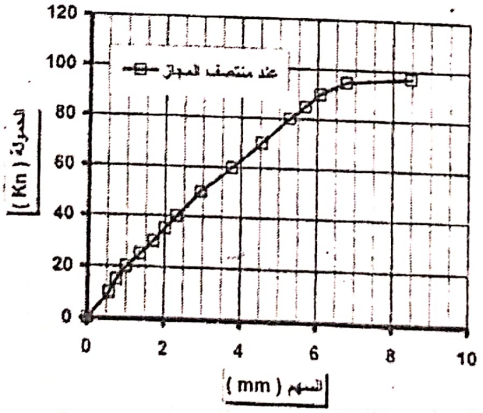
الشكل (6-a) مخطط الحمولة – السهم للجائز BFV-1 عند منتصف المجاز



الشكل (6-b) مخطط الحمولة – السهم للجائز BFV-1 عند النقطتين (1) و(2)

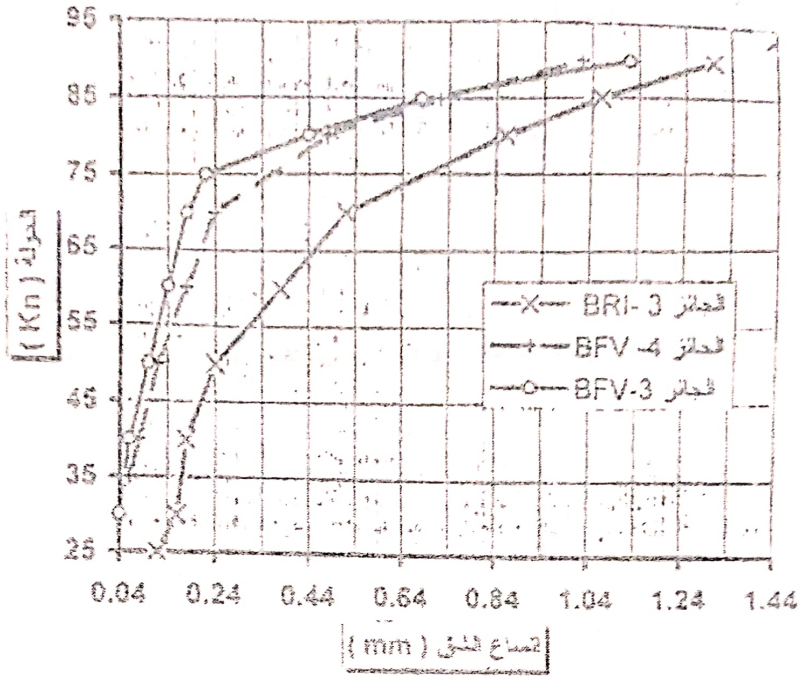


الشكل (7) مخطط الحمولة – السهم للجائز BFV-3 عند منتصف المجاز

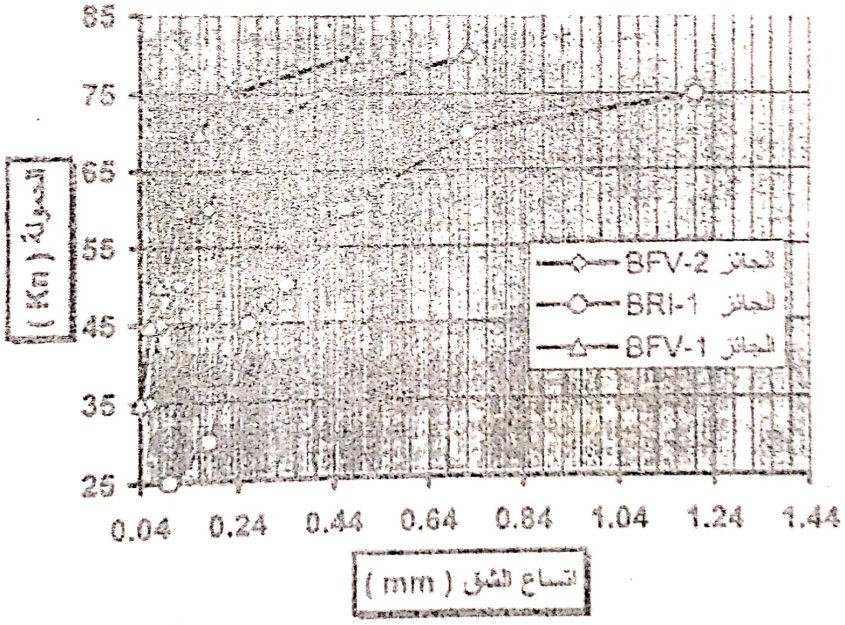


الشكل (8) مخطط الحمولة – السهم للجائز BSR-1 عند منتصف المجاز

يبين الشكلان (9) و(10) مخططات الحمولة – اتساع الشق الأعظمي لجوائز الاختبار حيث يتبين من خـــلال هـــذين الشكلين أن الألياف الفولاذية تساهم في التقليل من سعة الشقوق حتى حوالي (% 70) من الحمولة القصوى للجوائز المدعمـــة بها مقارنة مع الجوائز غير المدعمة وهذا بالطبع يعزى إلى ظاهرة الاقتلاع التي تتعرض لها هذه الألياف نتيجة فقدان التلاحم مع البيتون عند هذا المستوى من التحميل.



الشكل (9) مخطط الحمولة – اتساع الشق الأعظمي للجوائز BRI-3 و BFV-3 و BFV-4

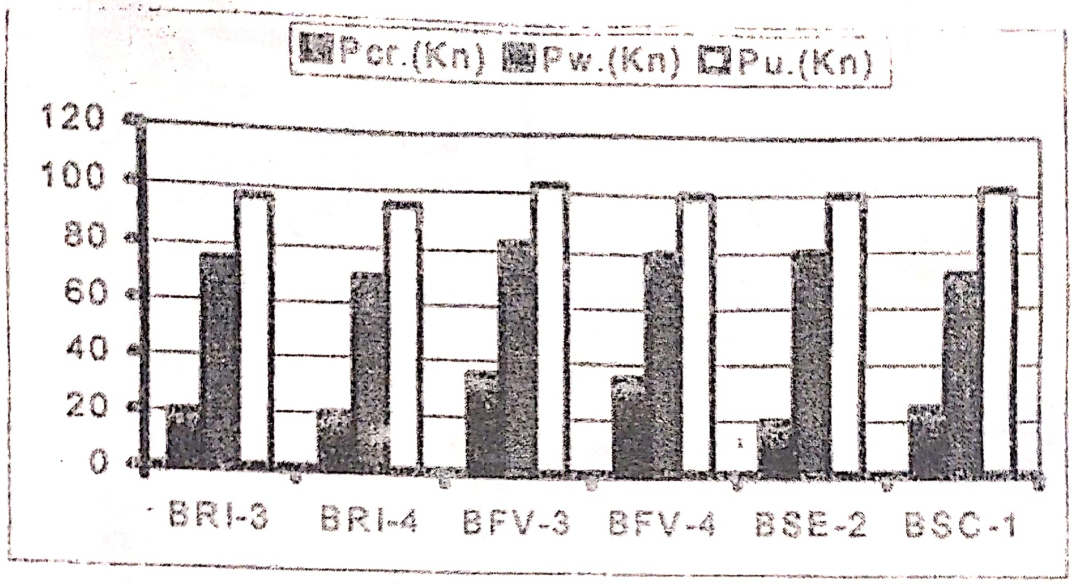


الشكل (10) مخطط

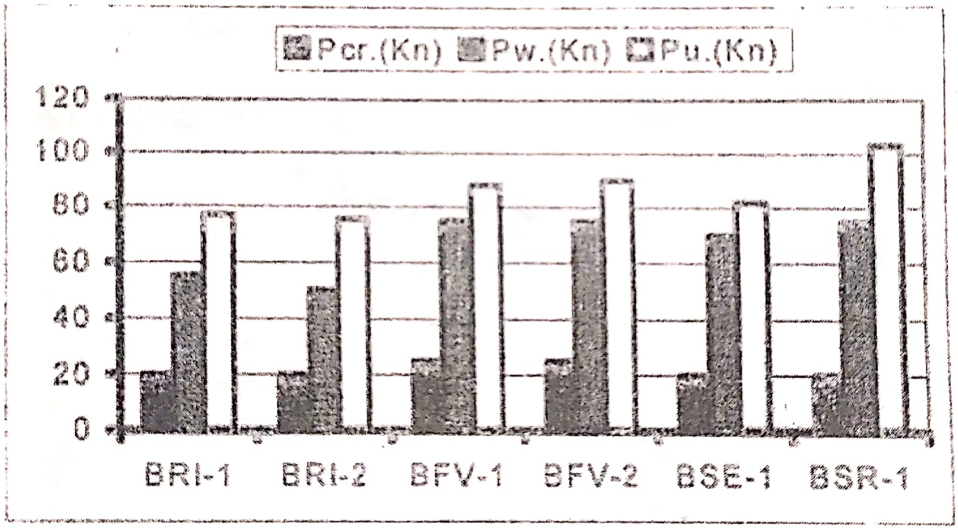
الحمولة – اتساع الشق الأعظمي للجوائز BRI-1 و BFV-1 و BFV-2

إن إجراء مراجعة دقيقة للمعطيات التي يقدمها الشكلان (11) و(12) تبين أن الألياف الفولاذية قد ساهمت في زيـــادة قدرة التحمل القصوى للجوائز المدعمة بها بشكل ملحوظ وكذلك في زيادة حمولة التشقق ($P_{cr.}$) بنسبة بلغت % 25 بالنسبة

للجائزين (BFV-1) و(BFV-2) مقارنة مع الجائزين (BRI-1) و(BRI-2) وبنسبة بلغت % 75 بالنسبة للجائزين (BFV-3 و(BFV-4) مقارنة مع الجائزين (BRI- 3) و(BRI-4).



الشكل(11) حمولات التشقق – التشغيل – القصوى للجوائز الحاوية على فتحات واقعة في منتصف المجاز

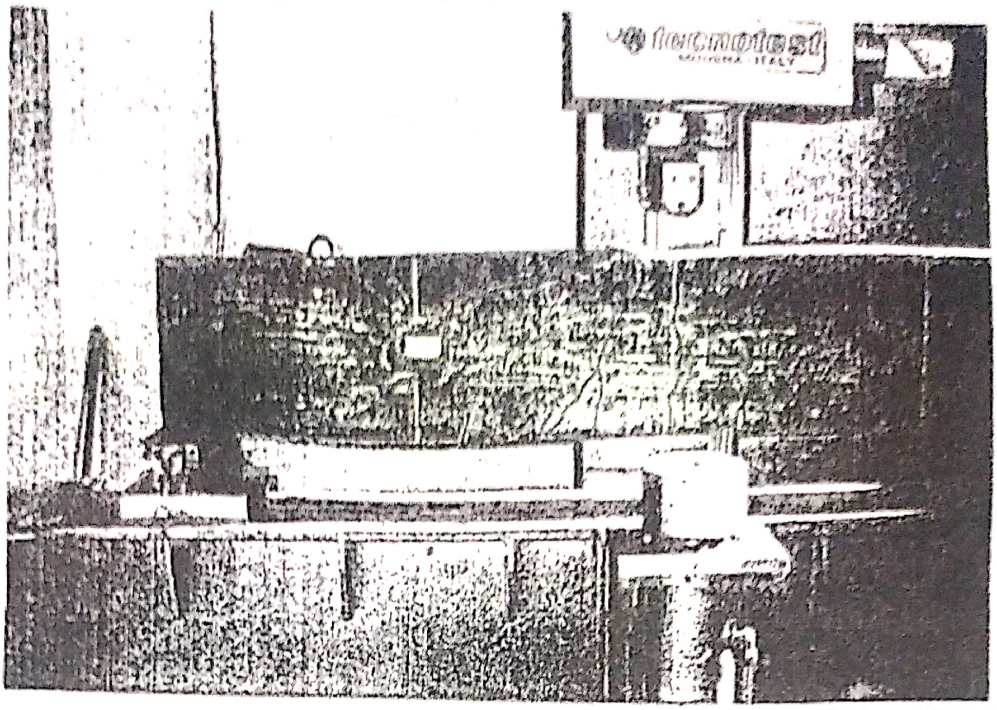


الشكل(

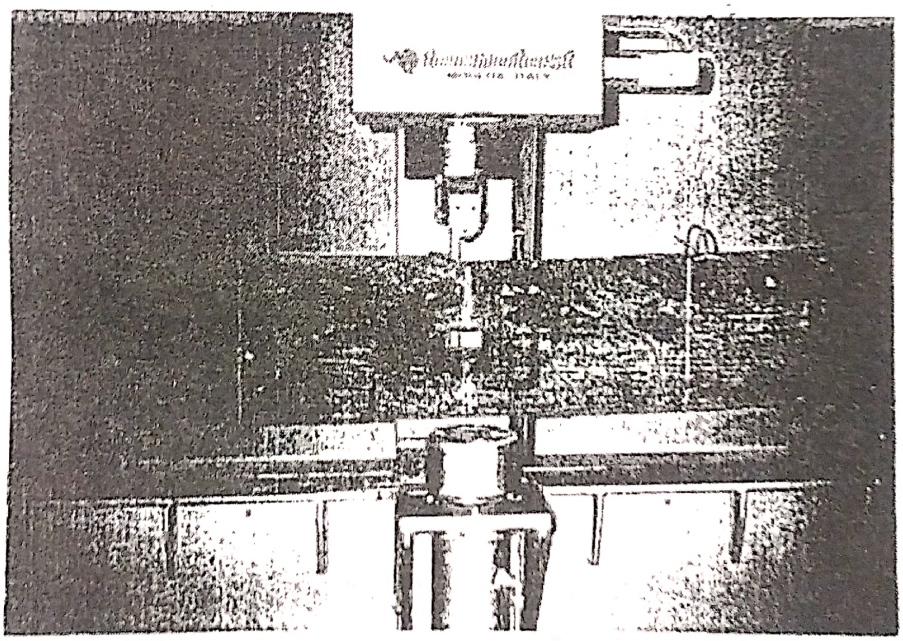
12) حمولات التشقق – التشغيل – القصوى للجوائز الحاوية على فتحات طرفية

وبالتالي نستطيع التوصل إلى نتيجة مفادها أن تدعيم منطقة الفتحة باستخدام تكنولوجيا البيتون الليفي قد ساهم في تحسين سلوك الجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحات مقارنة مع الجوائز المماثلة وغير المدعمة باستخدام هذه التكنولوجيا.

يبين الشكلان (13) و(14) آلية التشقق والانهيار في الجائزين BFV-2 وBFV-4 حيث نلاحظ من خلال هذين الشكلين أن معظم الشقوق تكونت في منطقة الفتحة وخاصة في الجوائز الحاوية على فتحات واقعة في منتصف المجاز حيث ظهر أول شق إما في اللمعة العلوية أو اللمعة السفلية والانهيار تم بالانعطاف، أما في الجوائز الحاوية على فتحات طرفية فقد كانت تبتدأ الشقوق بالتكون عند نقاط التقاء حواف الفتحات ومن ثم يتطور أحد هذه الشقوق وصولاً للانهيار بالشق القطري الحرج، أما الأجزاء المصمتة في هذه الجوائز فقد تشققت في المراحل اللاحقة من التحميل.



الشكل (13) آلية التشققات والانهيار في الجائز BFV-2 بعد التحميل



الشكل (14) آلية التشققات والانهيار في الجائز BFV-4 بعد التحميل

- لقد تبين من خلال تحليل النتائج أن الألياف الفولاذية تساهم بما يلي:

1. تزيد قدرة التحمل القصوى للجائز (زيادة الصلابة).
2. تزيد من مقاومة البيتون للتشققات من خلال تعديل توزع الشقوق الحاصلة مقارنة مع الجوائز غير المدعمة بها.

3. تلعب الألياف الفولاذية دوراً مهماً في زيادة مقاومة القص، تخفيض التشوهات في فولاذ التسليح وكذلك سهم الانحناء للجائز المدعم بها.

كما تبين لدينا أن الفتحات الصغيرة المتوضعة بشكل مناسب في الجوائز تخفض قليلاً قدرة تحملها القصوى مع وجود تشابه في السلوك مع الجوائز المصمتة.

REFERENCES المراجع

[1] Nasser , K.W.; Acavalos , A.; and Daniel H.R.; "Behavior and Design of Large Openings in Reinforced Concrete Beams. " ACI Journal , proceedings V.64 , No. 1, jan. 1967 , pp. 25-33.

[2] Mansur , M. A.; Tan, H.K.; and Lee, S.L.; " Design Method for Reinforced concrete Beams with Openings , " ACI Journal , August 1985.

[3] ACI Committee 318 " Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83)" American Concrete Institute , Detroit , 1983.

[4] Ray , S.P. " Behavior and strength of Deep Beams with Web Openings: Further Evidence," Bridge and struct. Eng. (IABSI), India 12, No. 1 March: 1, 1982.

[5] Douglas , Terry , R.; and Gambrell Samuel , C.; "Design of Beams with off – center Web openings," proceedings ASCE , V. 100 , ST6 , June. 1974 , pp. 1189- 1203.

[6] EL- Ghazouly , M.H., "Behavior of Partially prestressed Continuous Beams With Web opening " , ph.D. Thesis , Cairo University 1991.

[7] د.حويجة، بسام " تأثير الفتحات الصغيرة على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة " (مجلة جامعة تشرين) سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (16)، العدد (2)، 1994، ص 113-129

[8] ACI. 5442 R – 82, " Measurement of properties of Fiber Reinforced Concrete , " ACI. Materials Journal / November- December (1988).

[9] Naaman, A.E., " Fiber Reinforcement for Concrete, " Concrete International / March 1985.