دراسة مقارنة بين طرقتين لتقوية الفتحات في الجوائز الخرسانية المسلحة وذلك باستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف (FRP) والصفائح الفولاذية

م. محمد إيهاب كردي[1]
د. م ربيع الصفدي[2]

الملخص

في الأبنية التي تحتوي على بلاطات ذات جوائز ساقطة العديد من الفتحات في هذه الجوائز تكون ضرورية لإمرار الخدمات مثل شبكات التزويد بالمياه، التهوية، الكهرباء، الهاتف، مياه للمجاري....، ولكن هذه الفتحات ستنقص مقاومة هذه الجوائز بشكل سيؤثر على العمل الإنشائي للجائز وسيكون التدعيم بأحد الوسائل المتاحة الخيار الوحيد لاستعادة المقاومة.

يتضمن هذا البحث إجراء دراسة تحليلية باستخدام طريقة العناصر المحدودة لدراسة مقارنة بين طرقتين لتقوية الفتحات في الجوائز الخرسانية المسلحة وذلك باستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف FRP والصفائح الفولاذية.

هذه الجوائز المدروسة بسيطة الاستناد ذات مقطع مستطيل مع وجود فتحة في الجسد في منطقة القص غير مزودة بأي تسليح إضافي، الفتحة مربعة الشكل.

تم التوصل الى عدة نتائج تؤكد ان استخدام الصفائح المعدنية في تدعيم الفتحة ساهم في رفع مقاومة الجائز بحوالي 95% مقارنة مع الجائز المزود بفتحة غير مقواه اما بالمقارنة مع التقوية باستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف FRP كان الفرق حوالي 33% لهذا نجد ان تقوية الفتحة باستخدام الصفائح المعدنية هو الحل الأمثل لاستعادة العمل الإنشائي السليم للجائز.

الكلمات المفتاحية: الجوائز، الفتحات، البوليمرات المسلحة بالألياف FRP، الصفائح المعدنية.

[1] طالب ماجستير – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق.
[2] أستاذ– قسم الهندسة الإنشائية –كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق.

Study a comparison between two ways to strengthen openings in reinforced concrete beam using fiber reinforced polymers (FRP) and steel plates

Eng. Mohammad Ehab kurdi[(1)]

Dr. Eng. Rabe AL safadie[(2)]

Abstract

In buildings that contain slabs with dropped beams, many openings in these beams are necessary for the passage of services such as water supply networks, ventilation, electricity, telephone, sewage, computer networks. But these openings will reduce the resistance of these beams in a way that will affect the structural work of the beam, and strengthening with one of the available means will be the only option to restore the resistance.

This research includes conducting an analytical study using the finite element method to study a comparison between two methods of strengthen openings in reinforced concrete beams using FRP and steel plates.

These considered beams are simple in support of rectangular section with an opening in the body in the cut area without any additional reinforcement, the open is square in shape.

Several results have been reached confirming that the use of steel sheets to reinforce the hole contributed to raising the resistance of the beam by about 95% compared to the beam equipped with an unreinforced hole. As for the reinforcement using fiber-reinforced polymers FRP, the difference was about 33%, so we find that strengthening the hole using metal sheets It is the ideal solution to restore the proper structural work of the permissible.

Key Words: Beam, openings, steel plate, fiber reinforced polymers (FRP)

[(1)]Master student, Department of structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.

[(2)] professor, Department of structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.

1-المقدمة:

في الأبنية التي تحوي على بلاطات ذات جوائز ساقطة العديد من الفتحات في هذه الجوائز تكون ضرورية لإمرار الخدمات مثل شبكات التزويد بالمياه، التهوية، الكهرباء، الهاتف، مياه للمجاري، شبكات الكمبيوتر.

وتبعا لموقع هذه الفتحات في الجوائز وابعادها يمكن ان يكون تأثيرها على سلوك الجائز رئيساً أو ثانوياً، في كل الحالات يتوجب معرفة تأثير الفتحة على الجائز والقيام بالتدابير الفنية اللازمة لتأمين المقاومة المطلوبة للجائز.

الشكل (1) أشكال وجود الفتحات في الجوائز الخرسانية الساقطة

إن مع معظم المهندسين عند التصميم ولتمرير انابيب صغيرة يعمدون الى وضع تسليح إضافي حول الفتحة.

ولكن في حال وجود الفتحات الكبيرة في الجوائز البيتونية المسلحة، ينظرون بشكل عام بتردد في التعامل مع هذه الفتحات بسبب المتطلبات الهندسية المعلومات التقنية الغير متوفرة بسهولة.

هناك عدة تأثيرات مهمة على وجود الفتحات في الجوائز الخرسانية المسلحة:

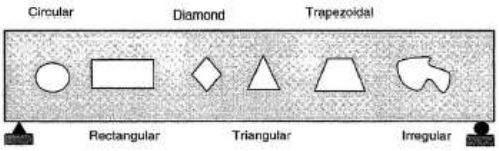
1. تغير في قدرة تحمل الجائز وانخفاض مقاومته أيضاً مما يسبب تشوه مفرط تحت تأثير حمولة الاستثمار.
2. إعادة توزيع العزوم والقوى الداخلية بشكل ملحوظ خاصة في الجوائز المستمرة.
3. تصبح زوايا الفتحة موضعا للتركيز العالي للإجهادات وهذا يؤدي إلى ظهور شقوق عريضة غير مقبولة من الناحية الجمالية ومن ناحية المقاومة.

1-1 تصنيف الفتحات:

توجد الفتحات العرضانية في الجوائز الخرسانية المسلحة بعده اشكال واحجام مختلفة.

ونصادف الفتحات ذات الأشكال: الدائرية، المستطيل، المربعة، شكل غير منتظم، شبه المنحرف والمثلثية، كما هو مبين في الشكل (2) ولكن الشكلين الدائري والمستطيل والمربع هم الأكثر استعمالا في الواقع العملي.

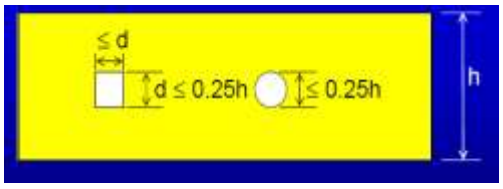
حيث نستخدم الفتحات الدائرية لتمديد الأنابيب والكابلات الكهربائية، في حين نستخدم الفتحات المربعة والمستطيلة في تمديد قنوات التكيف والصحية.



الشكل (2) أشكال الفتحات في الجوائز الخرسانية

للتعبير عن ابعاد الفتحة هنالك طرقتين:

1. تبعاً لنسبة أبعاد الفتحة إلى مقطع الجائز: تكون الفتحة صغيرة إذا كان عمق الفتحة او قطرها أصغر أو يساوي 0.25 من عمق الجائز وإذا تجاوزت ذلك تعد فتحة كبيرة وذلك حسب (somes and corly 1974).
2. تبعا لأثر الفتحات على سلوك الجائز: هنالك باحثون يعتبرون ان جوهر التصنيف للفتحات يعتمد على الاستجابة الإنشائية للجائز، اي ان الفتحة تعد كبيرة إذا احدثت تغيرا ملحوظا في الية عمل الجائز الكلاسيكية كما موضح بالشكل



الشكل (3) التميز بين الفتحات الكبيرة والصغيرة

2-1 تقوية الفتحات في الجوائز الخرسانية المسلحة

تعتمد طريقة تقوية الجوائز مع فتحة محدثة بشكل رئيسي على طريقة احداث الفتحة فيما إذا كانت مشكلة مع الجائز (per-planed) أو بعد تنفيذ الجائز (post planed) في حالة الفتحات التي يتم تشكيلها اثناء تنفيذ الجائز ويتم تصميم العتبتين السفلية والعلوية وتسليحها لتقاوم القوة الداخلية الناتجة، اما في حالة الفتحات المحدثة في جوائز منجزة فإن التقوية الخارجية (التدعيم) ضرورية للعتبتين العلوية والسفلية بالإضافة لحواف وزوايا الفتحة لمنع تركز الاجهادات.

فقد تم استخدام مواد مختلفة في دراسة التدعيم الخارجي للفتحات الكبيرة المحدثة بالجوائز مثل الصفائح الفولاذية (steel plate)، والبوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية والزجاجية(FRP).

الشكل (4) شكل التقوية للفتحات للجوائز الخرسانية المسلحة

2-هدف البحث:

كل الابحاث والجهود السابقة كانت منصبه على التقوية الداخلية للفتحة من خلال التسليح المعتاد مثل الاساور أعلى وأسفل الفتحة وكذلك على جانبيها بالإضافة الى الحديد المكسح على جانبي الفتحة وأيضا التسليح الطولي حول الفتحة، وتم اقتراح أيضاً وضع قضبان بشكل قطري حوالي الفتحة للتحكم في عرض التشققات وتقليل تحنيب الجائز، فهذه الطرق تكون مناسبة لفتحات الجوائز قبل صب هذه الجوائز.

لفرض انه قرر إحداث فتحة في جائز بعد فترة من صبه ويكون من الصعب اضافة حديد التسليح لتقوية الفتحة، فمن الاساليب لتقوية الفتحات إذا ما قرر عملها بعد الصب هي استخدام شرائح البوليمرات المسلحة بالألياف والصفائح الفولاذية.

فماهي الطريقة الأفضل لتقوية هذه الفتحات المحدثة بعد صب الجائز بفترة من الزمن.

3-الدراسات المرجعية:

تمت دراسة مواد مختلفة في كثير من الأبحاث استخدمت للتقوية الخارجية للجوائز البيتونية المسلحة لمقاومة القص، الانعطاف أو كلاهما.

كانت المواد المستخدمة للتدعيم إما صفائح معدنية، البوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية أو الزجاجية تطبق هذه المواد بإلصاقها خارجياً بأشكال وطبقات متعددة.

أشارت الدراسات السابقة إلى أن التدعيم الخارجي للجوائز يمكن أن يحسن بشكل ملحوظ من متانة الجائز ويتحكم بظهور الشقوق وتطورها، وقد وجد أن أحد عيوب هذه التقوية الخارجية عدم التصاق المواد عند نهاياتها وهذا يعود إلى موقع الإرساء وتركيز الإجهادات التي تتحكم بالانهيار للجوائز المقواه.

(1) العلاف واخرون (2015، 119) بإجراء دراسة تجريبية وتحليلية لمجموعة من الجوائز البيتوني المسلحة مع وجود فتحة كبيرة في الجسد والواقعة في منطقة القص، هذه الجوائز المجربة بسيطة الاستناد ذات مقطع مستطيل ومن دون تسليح إضافي في منطقة الفتحة، الفتحة مربعة الشكل متغيرة الابعاد وذات بعد ثابت عن المسند.

(2) Mansur et al (477, 1998) درس التقوية الخارجية للجوائز بشكل تيه مع فتحات دائرية صغيرة بجانب المساند واستخدم صفائح البوليمرات المسلحة بالألياف بشكل جملون حول الفتحة.

(3) Prentzas (1968 , 230) درس التقوية الخارجية للجوائز المزودة بفتحة مستطيلة كبيرة في منطقة القص، واستخدم شرائح بوليميرية، ودرس تأثير نسبة الطول للعرض على سلوك الجائز، استنتج أن عمق الفتحة لديه تأثير كبير

على مقاومة الجائز، بالإضافة إلى أن تطبيق FRP حول الفتحة يمكن أن يزيد من قدرة الجائز بشكل ملحوظ.

تم دراسة تأثير تغيير ارتفاع الفتحة على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة وتحديد نمط التشققات، علاقة (الحمولة–السهم)، الحمولة القصوى ونمط الانهيار لكل الجوائز.

وأظهرت الدراسة أن وجود فتحة كبيرة في منطقة القص للجوائز يخفض من قدرة تحملها ويؤثر على شكل الانهيار بالقص، وإن إي زيادة في ارتفاع الفتحة سيؤدي الى ظهور شقوق مبكرة وتشوهات أكبر وحمولة انهيار اقل.

3-1 مواد وطرائق البحث:

يتضمن البحث إجراء اختبارات على مجموعة من الجوائز ذات مقطع عرضي مستطيل الشكل وهذه الجوائز بسيطة الاستناد ومتماثلة بالأبعاد وخواص المواد.

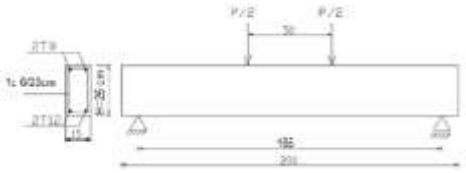
ابعاد مقطع الجوائز (200*25*15cm) وبارتفاع فعال (d=22.5cm) البعد بين المساند (165cm) وهذه الجوائز مزودة بتسليح سفلي على الشد ((2T12 وتسليح علوي على الضغط (2T8) وتسليح على القص (1Ø6/20cm) على كامل امتداد الجائز، وعند الاختبار تتعرض هذه الجوائز لقوتين مركزتين التباعد بينهما 50Cm.

تم صب ثلاث مجموعات من الجوائز كل منها يضم جائزين وفق الجدول التالي:

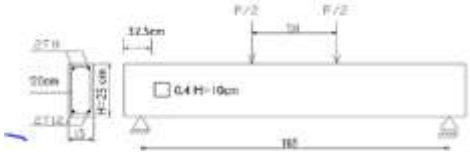
الجدول (1) مواصفات الجوائز المختبرة

رقم العينة	اسم العينة	رقم المجموعة	أبعاد الفتحة cm	بعد الفتحة عن المسند cm	طول الجائز cm	عرض الجائز cm	ارتفاع الجائز cm
1	BS-1	1	بدون فتحة	15	200	15	25
2	BS-3			15	200	15	25
3	B1-2	2	10*10	15	200	15	25
4	B1-3			15	200	15	25
5	B3-2	3	15*15	15	200	15	25
6	B3-3			15	200	15	25

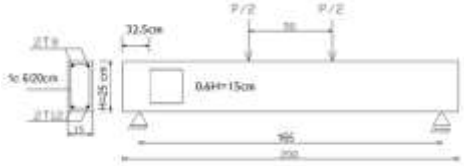
والجوائز المختبرة مبينة في الاشكال التالية:



الشكل (5) المجموعة 1



الشكل (6) المجموعة 2



الشكل (7) المجموعة 3

3-2 خواص المواد المستخدمة في التجربة:

1–البيتون:

تم اختبار عينات نموذجية من الخرسانة خلال مراحل الصب وبلغ متوسط المقاومة المميزة على الضغط للبيتون بعمر 28 يوم (f_c'=19Mpa) مع افتراض معامل بواسون للبيتون مساويا 0.2.

2–فولاذ التسليح:

الجدول (2) مواصفات حديد التسليح

القطر مم	إجهاد الخضوع fy Mpa	إجهاد الانقطاع fu Mpa	الاستطالة النسبية % ε
12	477	563	27.8
8	523	617	25.8
6	365	460	26

معامل بواسون بقيمة 0.3 وعامل المرونة للفولاذ $E_s = 2.1\times10^5$ Mpa

3-3 طريقة التحميل:

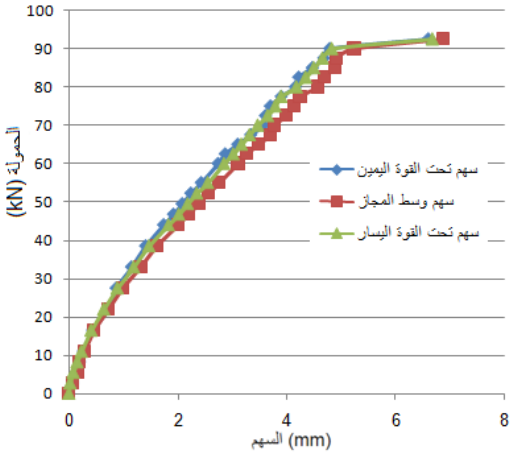
أجريت التجارب في مختبر كلية الهندسة بجامعة البعث، وباستخدام جهاز تجريب الجوائز (Tecnoset) حيث يتألف الجهاز من مكبس هيدروليكي وذراع لتطبيق القوة وأجهزة استناد وهيكل معدني رئيسي حيث طبقت

حمولتين مركزيتين المسافة بينها 50cm وتم قياس السهم والانتقالات في عدة نقاط: منتصف المجاز للجائز، تحت القوتين المركزتين، فوق المسندين، تحت الفتحة على مسافة ثابتة لكل الجوائز وتساوي 39cm من وجه الجائز. وتم تسجيل القراءات عند كل حمولة تم بتزايد مستمر كما تم متابعة انتشار الشقوق وفق مراحل التحميل.

4-3 نتائج الاختبارات:

الجائز المرجعي BS-1:

ظهر اول شق تحت القوة اليمنى تحت حمولة (18KN) ومع زيادة الحمولة ظهرت شقوق انعطاف جديدة بشكل أكبر، الى ان حدث الانهيار على القص عن حمولة قصوى (96.5KN).

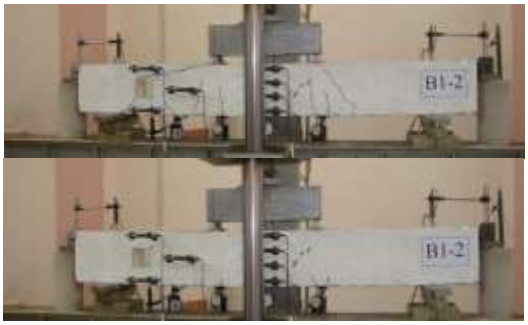


الشكل (8) مخطط الحمولة –السهم للجائز التجريبي BS-1

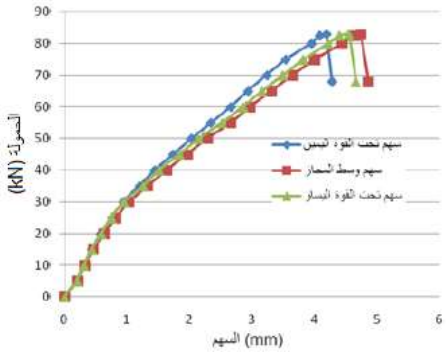
الجائز B1-2:

ظهر أول شق عند ا زاوية الفتحة العمودية اليمنى بسبب تركيز الإجهادات وذلك عند حمولة (16KN)

وفي النهاية ظهرت شقوق قص قطرية جديدة ومفاجئة في العتبتين العليا والسفلية للفتحة مما أدى لانهيار الجائز بالقص عند حمولة انهيار قصوى (83KN)



الشكل (9) نمط التشققات وفق مراحل التحميل للجائز B1-2



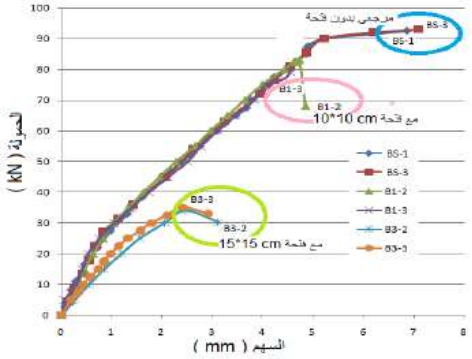
الشكل (10) مخطط الحمولة–السهم للجائز B1-2

5-3 مقارنة النتائج:

يظهر من خلال التجارب السابقة أن تغير ارتفاع الفتحة يؤثر على سلوك ومقاومة الجائز بشكل واضح والجوائز الحاوية على الفتحات الأكبر ظهرت فيها شقوق بشكل مبكر وانخفضت مقاومتها بشكل ملحوظ وتم ترتيب النتائج في الجدول التالي:

الجدول (3) نتائج التجارب للجوائز مع وبدون الفتحات

	الجوائز المختبرة					
	الجائز الأولى BS		الجائز الثانية B1		الجائز الثالثة B3	
	BS-1	BS-3	B1-2	B1-3	B3-2	B3-3
أبعاد الفتحة (cm)	بدون فتحة	بدون فتحة	10*10	10*10	15.15	15.15
الحمولة عند أول شق (KN)	17	18	16	15.3	8	6.5
الحمولة القصوى عند أول شق (KN)	17.5		15.65		7.25	
نسبة الانخفاض في الحمولة عند أول شق	-		10.57 %		58.57 %	
حمولة الانهيار (kN)	86.5	93	83	79.5	34.7	35
الحمولة القصوى (kN)	94.75		81.25		34.85	
نسبة الانخفاض في حمولة الانهيار	-		14.25 %		63.22 %	
السهم الأعظمي تحت قوة البيتون (mm)	6.61	6.64	4.19	4.18	2.21	1.99
السهم الأعظمي تحت قوة البيتون (mm)	6.61	6.64	4.55	4.5	2.81	2.51
السهم الأعظمي في المنتصف عند الانهيار	6.86	7.08	4.74	4.65	2.48	2.41
السهم الأعظمي في المنتصف عند الانهيار	6.97		4.695		2.435	



الشكل (11) مخطط الحمولة – سهم للجوائز المختبرة عند منتصف الجوائز

من خلال المخطط السابق نلاحظ تطابق تقريبي لمنحني السهم في منتصف المجاز للجوائز الحاوية على فتحة ارتفاعها 10cm مع الجوائز المرجعية بدون فتحة اما الجوائز التي تحتوي فتحة ارتفاعها 15cm فنلاحظ بأن وجود الفتحة يقلل من صلابة الجائز مما يتسبب بقيم أكبر للسهوم عند نفس الحمولة بالمقارنة مع الجائز المرجعي، ونلاحظ بأن قدرة تحمل الجائز تنخفض مع زيادة ارتفاع الفتحة.

3-6 نتائج التجربة والتوصيات:

1. يكون سلوك الجائز الحاوي على فتحة ارتفاعها (40%) من الارتفاع الكلي للجائز قريبا جدا من السلوك الجائز المرجعي بدون فتحة لكن بقدرة تحمل أقل بنسبة (14.25%) من قدرة التحمل الكلي.
2. ينهار الجائز الحاوي على فتحة مربع (40%) من الارتفاع الكلي وفق نمط القص عند الفتحة.
3. وجود فتحة مربعة كبيرة في جائز بيتوني مسلح من تسليح خاص حول الفتحة بارتفاع (60%) من الارتفاع الكلي للجائز يخفض المقاومة بحدود (63.22%) ونمط الانهيار هو نمط انهيار بالقص عند الفتحة

التوصيات:

بالاعتماد على النتائج السابقة:

اقتراح طريقة التدعيم لمنطقة الفتحة وتأثير ذلك على التخفيف أو الإلغاء الأثر السلبي لوجود الفتحات

4-مواد البحث وطرائقه:

سيتم إجراء دراسة تحليلية باستخدام برنامج Abaqus لعدة جوائز خرسانية يوجد فيها فتحة في الجسد في منطقة القص حيث سيتم إجراء مقارنة بين نتائج التحليل ونتائج الدراسة التجريبية التي قام بها (العلاف واخرون 2015،119)).

4-1 النمذجة والتحليل الحاسوبي:

ومما تقدم في الدراسة التجريبية السابقة نجد الفتحات لها تأثير جدي على سلوك الجائز في تقليل قدرة التحمل والسهوم الناتجة عنها لذلك سوف ندرس بالتحليل باستخدام برنامج Abaqus CAE جوائز ذات فتحات مقواه باستخدام شرائح FRP وجوائز ذات فتحات مقواه باستخدام الصفائح المعدنية والجوائز لها نفس المواصفات الواردة في الدراسة التجريبية السابقة.

تم استخدام برنامج Abaqus CAE في عملية النمذجة والتحليل الإنشائي للجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحات مقواه باستخدام بالبوليمرات المسلحة بألياف FRP

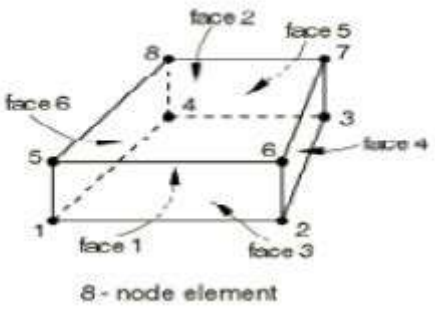
واستخدام الصفائح الفولاذية وذلك للمقارنة بين طرقتين التقوية.

هناك ثلاث أنواع من العناصر المطلوب نمذجتها ضمن الدراسة التحليلية وهي:

البيتون، حديد التسليح، شرائحFRP، الصفائح الفولاذية

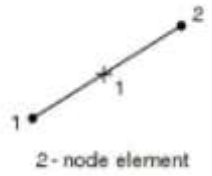
4-2 مواصفات النمذجة:

نمذجة البيتون: تم استخدام العنصر (C3D8) لنمذجة مادة البيتون، حيث (C3D8) هو عنصر فراغي من (SOILD SECTION) مؤلف من ثماني عقد وكل عقدة تحوي 3 درجات حرية.



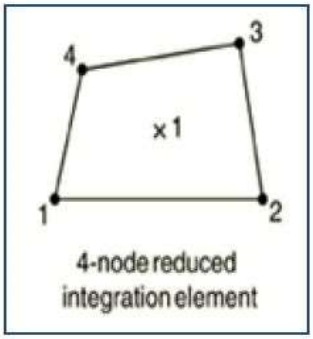
الشكل (12)

حديد التسليح: تم استخدام العنصر (T3D2) لنمذجة التسليح الطولي والعرضي في الجوائز، حيث (T3D2) هو عبارة عن عنصر شبكة فراغي (Truss Element) مؤلف من عقدتين وكل عقدة تحوي 3 درجات من الحرية.



الشكل (13)

شرائح FRP: لنمذجة شرائح FRP تم استخدام العنصر S4R وهو عنصر مؤلف من أربع عقد ((shell Element وكل عقدة تحتوي على 6 درجات حرية (3 انتقالات و3 دورانات) والرمز R يدل انه قد تم تخفيض عدد نقاط غاوس الى نقطة واحدة كما هو مبين بالشكل



الشكل (14)

الصفائح الفولاذية:

لنمذجة الصفائح الفولاذية تم استخدام العنصر S4R وهو عنصر مؤلف من أربع عقد ((shell Element وكل عقدة تحتوي على 6 درجات حرية (3 انتقالات و3 دورانات) والرمز R يدل انه قد تم تخفيض عدد نقاط غاوس الى نقطة واحدة.

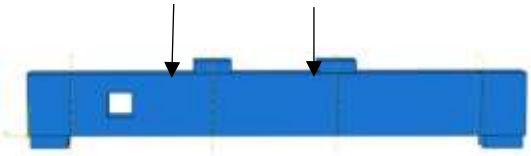
4-2 مواصفات المواد المعتمدة في النمذجة الحاسوبية:

الجدول (4) مواصفات المواد المعتمدة في النمذجة الحاسوبية

المواد	القطر (mm)	المقاومة على الضغط Map	المقاومة على الشد Map	معامل المرونة Map
البيتون	–	19	–	$20*10^3$
حديد التسليح	6	–	365	$2.1*10^5$
	8	–	523	$2.1*10^5$
	12	–	477	$2.1*10^5$
شرائح FRP	–	–	2800	$165*10^3$
الصفائح الفولاذية	–	–	280	$200*10^3$

4- النمذجة الهندسية:

عند نمذجة الجوائز من الضروري تطبيق الشروط الحدية عند نقاط الاستناد حتى يكون النموذج يعبر عن نفس الجائز في الدراسة التجريبية. تم نمذجة المساند أحداها مسند متدحرج والأخر ثابت مع تطبيق القوة على الجائز في قوتين مركزتين.

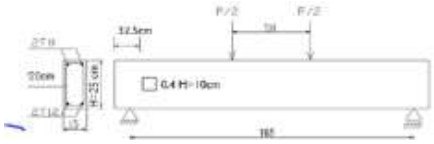


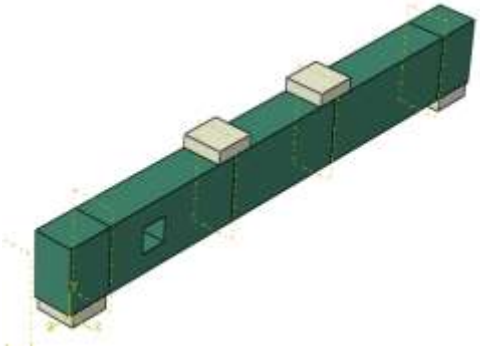
الشكل (15) نموذج الجائز المدروس

5- النتائج والمناقشة:

5-1 النموذج الأول:

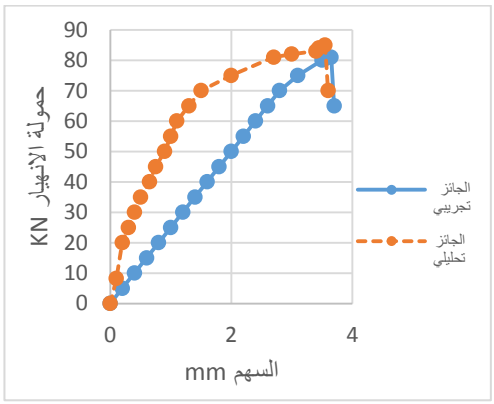
للتأكد من صحة النمذجة الحاسوبية سيتم المقارنة بين نتائج الدراسة التجريبية التي حصل عليها (العلاف واخرون، 2015، 119) للجائز B1-2 وبين نتائج الدراسة التحليلية وذلك للانطلاق الى النماذج الاخرى.





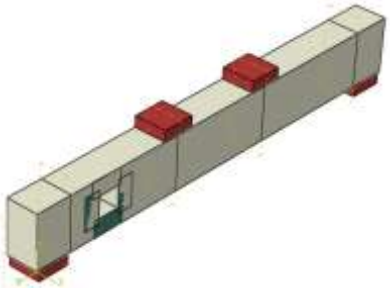
الشكل (15) النموذج الهندسي للجائز التحليلي BS

يبين الشكل (16)علاقة حمولة –سهم للجائز المرجعي B1-2 التجريبي والتحليلي في وسط المجاز. نلاحظ من هذا الشكل هنالك تقارب بشكل عام في قيم السهم للجائزين التجريبي والتحليلي.



الشكل (16) علاقة حمولة الانهيار مع السهم الناتج للجائز التجريبي والجائز BS0

سيتم في هذا النموذج عرض طرقتين للتقوية الفتحة بواسطة FRP وهما التقوية بشكل قطري حول الفتحة والتقوية بشكل مستطيل والاشكال التالية توضح الطرقتين في التدعيم.

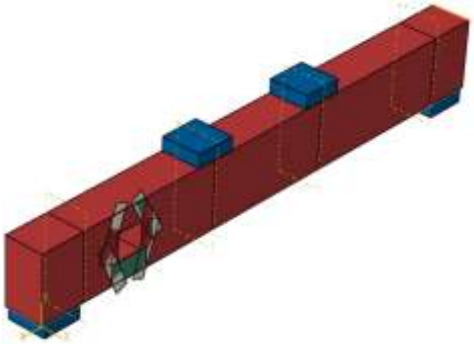


الشكل (17) النمزذج الهندسي للجائز التحليلي BS2

من خلال الشكل السابق نجد ان حمولة الانهيار كانت للجائز B1-2 التجريبي 83KN بينما كانت حمولة الانهيار للجائز B1-2 التحليلي 86KN نستنتج ان الفرق 4.87% وهذه الفرق طبيعي ومقبول ويعود بشكل أساسي الى الفروق في نمذجة السلوك الإنشائي للمواد الداخلة في تركيب الجوائز فمثلا تمت نمذجة فولاذ التسليح كمادة (مرنة–لدنة) حيث اعتمد المنحني المثالي المفترض في التحليل، بينما يجب التعبير عن سلوك فولاذ التسليح من خلال الاختبارات الفعلية على قضبان التسليح.

5-2 النموذج الثاني:

الجائز B1-2 لكن مع وجود شرائح البوليمرات المدعمة بالألياف الكربونية CFRP لتقوية الفتحة.

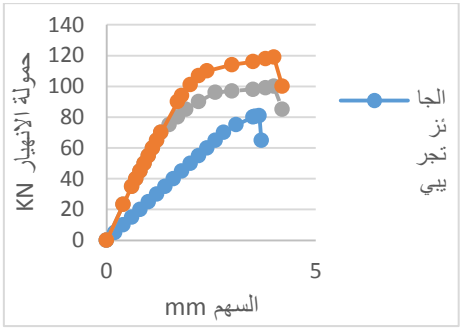


الشكل (18) النموذج الهندسي للجائز التحليلي BS3

الجدول (5) شرح للجوائز BS1,BS2

اسم الجائز	مادة التدعيم	طريقة التدعيم	السماكة mm	العرضcm
BS1	CFRP	قطري	1.2	7.5
BS2	CFRP	مستطيل	1.2	7.5

CFRF: البوليمرات المسلحة بألياف الكربون



الشكل (19) علاقة حمولة الانهيار مع السهم الناتج للجائز التجريبي مع الجوائز BS1,BS2

يمثل الشكل السابق منحني حمولة الانهيار ومع السهم الناتج للجائز التجريبي والجائز BS1 والجائز BS2

نلاحظ ان التقوية بشرائح الألياف الكربونية الأفقية حول الفتحة مع شرائح شاقوليه ذادت من قدرة التحمل على الانهيار تقريبا 21% في حين ساهمت التقوية بشرائح الالياف الكربونية لمنطقة الفتحة المقواة مع شرائح مائلة حول أطراف الفتحة، بزيادة المقاومة نحو 46%.

5-3 النموذج الثالث:

الجائز B1-2 لكن مع وجود الصفائح الفولاذية لتقوية الفتحة وليكن اسم الجائز BS3 .

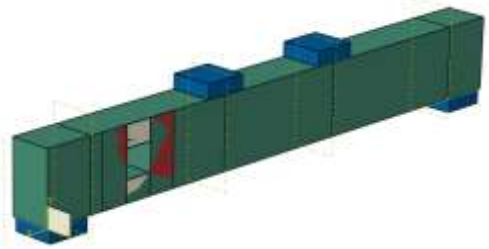
تم استخدام الصفائح الفولاذية في التدعيم الخارجي للجوائز مع فتحات حيث تم وضع صفيحتين جانبيتين على السطح البيتوني حول الفتحة من كلا الجانبين وعلى كامل ارتفاع الجائز.

مواصفات الصفائح المعدنية:

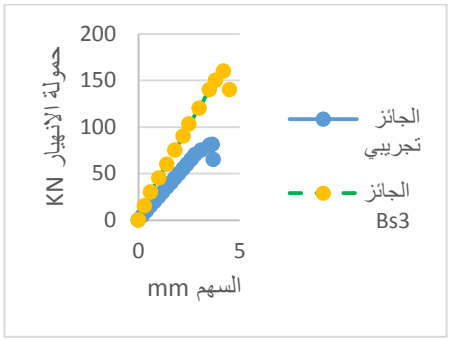
سماكة الصفائح =4mm، عرض الصفائح =CM 7.5،

إجهاد الخضوع للصفائح =$200*10^3$ Mpa

حد الانقطاع للصفائح = 300 Mpa



الشكل (20) النموذج الهندسي للجائز التحليلي BS3



الشكل (21) علاقة حمولة الانهيار مع السهم الناتج للجائز التجريبي مع الجائز BS3

نلاحظ من الشكل السابق ان حمولة الانهيار للجائز BS3 مع فتحة مقواه بصفائح معدنية كانت 160 KN بينما حمولة الانهيار للجائز B2-1 التجريبي كانت 81KN أي ان التقوية باستخدام الصفائح المعدنية ذات من المقاومة حوالي 95%.

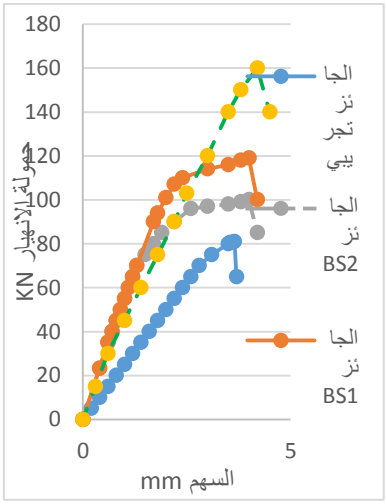
5-4 المقارنة بين جميع نتائج السابقة:

الجدول (6) حمولات الانهيار التحليلية والتجريبية

اسم الجائز	B2-1	BS	BS1	BS2	BS3
الحمولة عند الانهيار (KN)	82	86	120	100	160
الفرق بين الجائز التجريبي والجوائز التحليلية المدروسة	.....	4.87%	46.3%	21.9%	95%

يبين الجدول السابق رقم (6) مقارنة بين حمولات الانهيار للجائز التجريبي والجوائز المدروسة باستخدام برنامج Abaqus. نجد من الجدول تأثير وجود التقوية بأشكالها للفتحات على قدرة تحمل الجوائز. حيث ذادت قدرة تحمل للجائز BS1 المزود بتقوية للفتحة باستخدام CFRP بشكل قطري حول الفتحة حوالي 46.3% بينما ذادت قدرة تحمل للجائز BS2 المزود بتقوية للفتحة باستخدام CFRP بشكل مستطيل حول الفتحة حوالي 21.9% بينما ساهمت التقوية باستخدام الصفائح المعدنية برفع المقاومة حوالي 95%.

بينما كان الفرق بين التقوية باستخدام CFRP بشكل قطري والتقوية باستخدام الصفائح المعدنية 33.3%.



الشكل (22) علاقة حمولة الانهيار مع السهم الناتج للجوائز (التجريبي،BS1، BS2، BS3)

6-حمولة ظهور الشقوق:

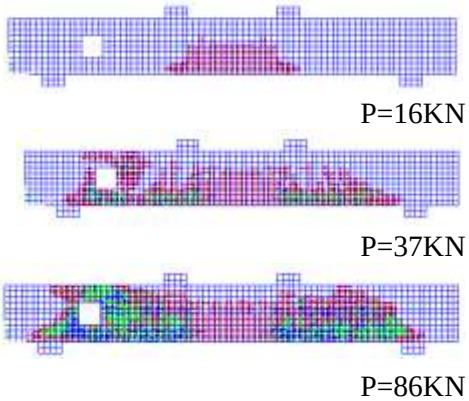
يبين الجدول التالي قيمة الحمولة عند ظهور أول شق في الجوائز التجريبية والتحليلية حسب Abaqus

الجدول رقم (7) الحمولة عند ظهور أول شق في (الجوائز التجريبية والتحليلية)

اسم الجائز	B2-1	BS	BS1	BS2	BS3
الحمولة عند ظهور أول شق (KN)	16	17.2	18	18.9	21

نلاحظ بشكل عام من الجدول السابق رقم (7) ارتفاع قيمة حمولة ظهور أول شق عند التحليل باستخدام برنامج Abaqus بالمقارنة مع نتائج الدراسة التجريبية ولم يتجاوز الفرق بينهما حوالي 8%، والسبب هو أنه من الصعب في برامج التحليل الحاسوبي تمثيل السلوك الإنشائي للمواد الداخلة في تركيب الجوائز بشكل دقيق كانت مادة البيتون او مواد حديد التسليح.

كما انه من الملاحظ ان حمولة ظهور أول شق كانت تزداد تدريجيا بين الجوائز المدروسة تبعا لطريقة تقوية الفتحة الموجودة في الجائز أي ان حمولة ظهور أول شق تتناسب مع طريقة التقوية للفتحة.



الشكل (23) الشقوق في الجوائز التحليلية على Abaqus

7- الاستنتاجات:

1- تم التوصل الى تقارب بين نتائج الدراسة التجريبية التي قام بها [1](العلاف واخرون ،2015،119) مع نتائج الدراسة التحليلية باستخدام برنامج Abaqus حيث كان الفرق بين حمولة الانهيار لكلا الجائزين 4.87%.

2- في النموذج الثاني الجائز مع فتحات مقواه باستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية CFRP تمت التقوية بطرقتين هما التقوية للفتحة بشكل مستطيل والثاني التقوية بشكل قطري حوالي الفتحة تم استنتاج ان التقوية بشكل القطري أفضل من التقوية بالشكل المستطيل وساهمت التقوية بشكل مستطيل برفع المقاومة حوالي 21.9% حيث رفعت التقوية بشكل قطري المقاومة حوالي 46.3%.

3- في النموذج الثالث الجائز مع فتحة مقواه باستخدام الصفائح المعدنية حول الفتحة ساهمت هذا التقوية للفتحة برفع المقاومة للجائز حوالي 95% مقارنة مع الجائز التجريبي.

4- بالمقارنة بين اشكال التقوية للفتحة كانت التقوية باستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية والتقوية باستخدام الصفائح المعدنية نجد ان التقوية باستخدام الصفائح المعدنية أفضل حل لتقوية الفتحة واستعادة الجائز لمقاومته.

Reference المراجع

1. العلاف، بلال (2015). تأثير الفتحات على مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة، مجلة جامعة البعث، مج:37، عدد:8، ص-ص:119-148. حمص: سوريا. جامعة البعث.
2. MANSUR, M. A (2006). Design of Reinforced Concrete Beams with Web Openings, Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference, APSEC, 5-6 September , Malaysia.
3. Prentzas, S, A, (1968). Behaviour and reinforcement of concrete beams with large rectangular apertures .Ph.D.Thesis,University of Sheffield, UK, Sept, 230pp.
4. MANSUR, M. A. TAN, K. H. WENG, W (2001). Effect of Creating an Opening in Existing Beams, ACI Structural Journal, vol.98, No.3, 407-415.
5. Abdalla, H. A., A. M. Torkeya, H. A. Haggagb and A. F. Abu-Amira. (2003), Design against cracking at openings in reinforced concrete beams strengthened with composite sheets) ,Composite Structures 60: 197- 204.
6. Rakesh Diggikar Shivaraj Mangalagi, Rajendrakumar, (2013) (BEHAVIOR OF R.C.C. BEAM WITH RECTANGULAR OPENING STRENGTHENED BY CFRP AND GFRP SHEETS), International Journal of Research in .Engineering and technology .