

Volume (1) Number (1)
Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.19345338>

An Analytical Study of the Reinforcement of Fungal Slabs with CFRP Sheets after Creating Service Openings in them

Dr. Ihssan AL Tarsha¹, Prof. Dr. Turath Gharib¹, Mohammed Nour Alomar^{1,*}

ABSTRACT

When constructing modern buildings, openings are often used in reinforced concrete slabs to serve as corridors for various building services, but at the same time they are considered a weak source for the slabs, as they lead to a decrease in durability and rigidity unless they are strengthened with reinforcement to compensate for the reinforcement cut off as a result of the opening, whether it was specified before or after pouring. The research included an analytical study, and an analytical model was built according to the finite element method using the safe[7] program for the samples to be studied, and its validity and reliability were verified. The analytical model was also used to study the contribution of the external reinforcement of the openings in several ways to bearing the loads applied to these slabs. The results showed the effectiveness of the reinforcement of the opening area using steel plates and CFRP plates, and the great convergence between the analytical and experimental results in the reference study, where the average relative difference between them reached 5.59%. They also demonstrated the reliability of the analytical model used.

KEYWORDS: Flat Slab, Opens In The Slabs, CFRP Plats, Steel Plats, Nonlinear Analysis, Slabs Strengthening.

Submitted on March 14, 2023; Revised on May 31, 2023; Accepted on June 19, 2023
© 2023 Al-Wataniya Private University, all rights reserved.

1 Faculty of Civil Engineering, Homs University, Homs, Syria.

* Corresponding author. E-mail address: AlNour-2017-2011@gmail.com

دراسة تحليلية لتدعيم البلاطات الفطرية بصفائح CFRP بعد إحداث فتحات الخدمات فيها

د. إحسان الطرشة، أ.د. تراث غريب، محمد نور العمر

الملخص

عند إنشاء الأبنية الحديثة تستعمل غالباً الفتحات في البلاطات الفطرية البيتونية المسلحة لتكون ممرات لخدمات البناء المختلفة، لكنها تعد بنفس الوقت مصدراً ضعيفاً للبلاطات فهي تؤدي إلى انخفاض في المتانة والصلابة ما لم يتم تقويتها بالتسليح لتعويض التسليح المقطوع نتيجة الفتحة سواء أكانت محددة قبل الصب أم بعده.

تضمن البحث دراسة تحليلية، وتم بناء نموذج تحليلي وفق طريقة العناصر المحدودة باستخدام برنامج safe للعينات المراد دراستها، والتحقق من صحته وموثوقيته. تم استخدام النموذج التحليلي أيضاً في دراسة مساهمة التدعيم الخارجي للفتحات بعدة طرق في تحمل الحمولات المطبقة على هذه البلاطات. أظهرت النتائج فعالية التدعيم لمنطقة الفتحة باستخدام الصفائح الفولاذية وCFRP، والتقارب الكبير بين النتائج التحليلية والتجريبية في الدراسة المرجعية حيث بلغ الفارق النسبي الوسطي بينها 5.59%، كما بينت وثوقية النموذج التحليلي المستخدم.

الكلمات المفتاحية: بلاطة فطرية، الفتحات في البلاطات، صفائح ألياف الكربون، صفائح فولاذية، التحليل اللاخطي، تقوية البلاطات.

1. مقدمة

في بعض التطبيقات العملية، قد تبرز الحاجة إلى وجود فتحة في بلاطة فطرية مسلحة من البيتون المسلح، لتؤمن ممراً لقناة تهوية، أو أنابيب التزود بالمياه، الكهرباء، الهاتف. يؤثر وجود هذه الفتحة على مقاومة وصلابة البلاطة تبعاً لعدة متغيرات كالشكل الهندسي للفتحة، أبعاد الفتحة، موقع الفتحة، شروط الاستناد، كمية التسليح وترتيبه حول الفتحة.

تعد صفائح ال CFRP من أهم المواد المستخدمة في تدعيم العناصر والمنشآت البيتونية على قوى الشد، أو عزوم الانعطاف، أو على القص والانعطاف معاً، نظراً لميزاتها وفعاليتها في استعادة نسبة عالية من المقاومة للعنصر الإنشائي.

خصصت العديد من الأبحاث لدراسة سلوك البلاطات البيتونية المسلحة مع فتحات محدثة ومدعمة بمواد ونماذج مختلفة، لكن مازالت معايير ومتطلبات تصميم التدعيم الخارجي غير واضحة في حالة الفتحة المنفذة بعد الصب، ف جاء هذا البحث متضمناً اختبارات تحليلية ليكون جزءاً رديفاً لهذه الدراسات، ويساعد المصممين في فهم أكثر عمقاً لسلوك البلاطات مع فتحات محدثة ومدعمة.

2. هدف البحث

تظهر أهمية البحث من خلال المساهمة في مساعدة المصممين والباحثين على فهم سلوك البلاطات البيتونية المسلحة، بوجود فتحة مستطيلة متغيرة الأبعاد حيث تعد الفتحات في البلاطات صغيرة كما هو وارد في الكود العربي السوري إذا كانت نسبتا بعديها في الاتجاهين لمجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى 1/4 أما إذا كانت أكبر من 1/4 فتصنف الفتحة كبيرة وكانت مختلفة الموقع أيضاً بين داخلية وطرفية مقواة أو غير مقواة بصفائح ال CFRP، وطرق استناد البلاطة لحالة ذات المجاز البسيط مرة وحالة ذات الاستمرارية من طرف مرة أخرى.

وحالات أخرى مثل بلاطة ركنية، أو طرفية أو داخلية، والمقدار المكتسب من المقاومة، والمساهمة في تطوير معايير وتعليمات التدعيم باستخدام صفائح ال CFRP كتسليح خارجي للفتحات المحدثة في البلاطات البيتونية المسلحة.

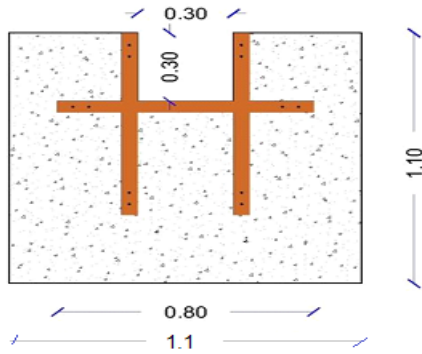
1.2. الأبحاث والدراسات المنجزة حول تدعيم منطقة الفتحة في بلاطة بيتونية منفذة

1.1.2. دراسة "تدعيم البلاطات الفطرية الحاوية على فتحات طرفية" [1]

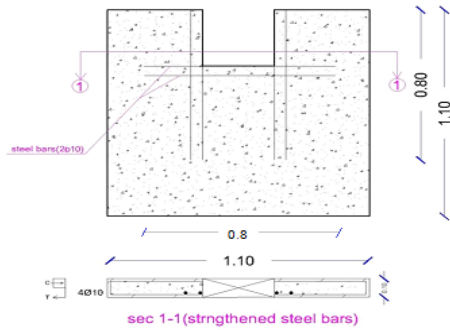
النتائج المقدمة في هذه الدراسة هي لبرنامج تجريبي منجز في مخبر جامعة القاهرة في مصر لتحري كفاءة استخدام الألياف الكربونية في الحد من الشقوق الموضوعية حول فتحة طرفية في بلاطة، واستعادة مقاومة البلاطة التي تم فقدها نتيجة لإحداث الفتحة.

تم اختبار البلاطات بأبعاد (1100*1100*100)mm تحت تأثير حمولة موزعة وكان التسليح لكافة البلاطات كتسليح سفلي وبالاتجاهين 10Ø10/m وتسليحها 8Ø10/m كتسليح علوي وبالاتجاهين ، وأخذ عدة متغيرات للدراسة متضمنة أبعاد الفتحة وطرق تدعيمها، حيث تم اختبار ست بلاطات بينونية مسلحة، أربع منها مدعمة بأربع طرق مختلفة حول الفتحة، وواحدة من دون تدعيم، وواحدة بقيت مرجعية دون فتحة، وتمت دراسة تأثير التدعيم على السهم والانفعال والتشقق وحمولة الانهيار القصوى، وقد تم دراسة أربع طرق للتدعيم:

الطريقة الأولى: إضافة قضبان فولاذية على محيط الفتحة: الطريقة الثانية: إضافة صفائح فولاذية على محيط الفتحة:

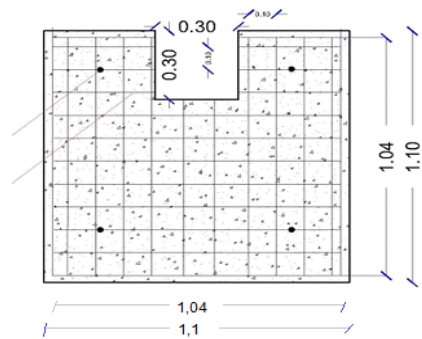


الشكل (2) التدعيم بإضافة صفائح فولاذية [1]

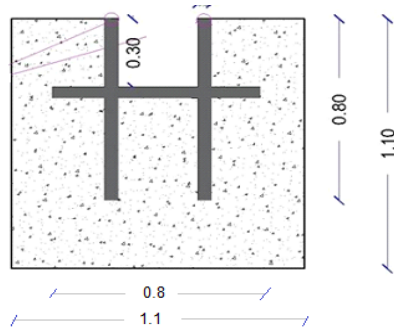


الشكل (1) التدعيم بإضافة قضبان فولاذية [1]

الطريقة الثالثة: إضافة صفائح CFRP على محيط الفتحة: الطريقة الرابعة: إضافة شبك معدني في منقطة الشد مع تغليفه بمونة أسمنتية عالية المقاومة:



الشكل (4) التدعيم بإضافة شبك معدني (فيروسمنت)



الشكل (3) التدعيم بإضافة صفائح CFRP [1]

ظهرت في البلاطات غير المدعمة شقوق واسعة عند منطقة الفتحة، بالإضافة إلى ازدياد شقوق الانعطاف في منتصف المجاز، وكان نمط الانهيار لهذه البلاطات وفق نمط الانهيار بالانعطاف.

خفض وجود الفتحة في البلاطة من مقاومة البلاطة القصوى بشكل ملحوظ، حيث كانت الحمولة القصوى للبلاطة مع الفتحة بقيمة أقل بمقدار 20% من الحمولة القصوى للبلاطة دون فتحة.

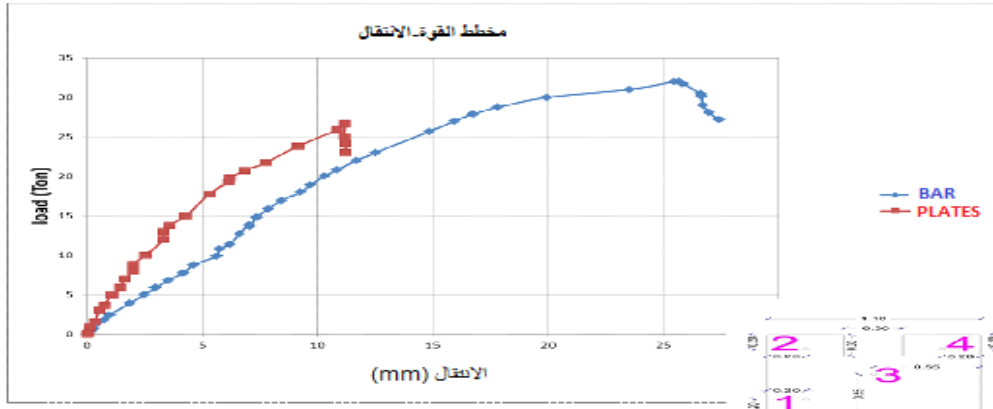


الشكل (5): آلية تطبيق الاختبار للبلاطة في دراسة [1]



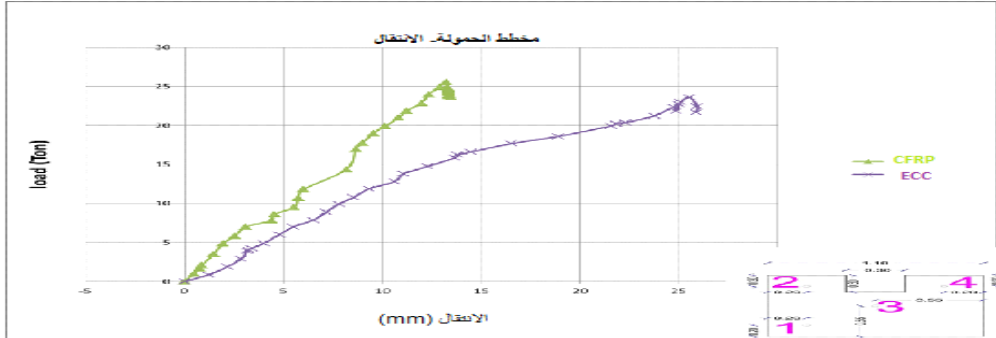
الشكل (6): تفاصيل البلاطات المختبرة: التسليح الداخلي والخارجي المختبرة [1]

تأثير التدعيم: تبين المخططات التالية تأثير التدعيم على البلاطات المذكورة سابقاً



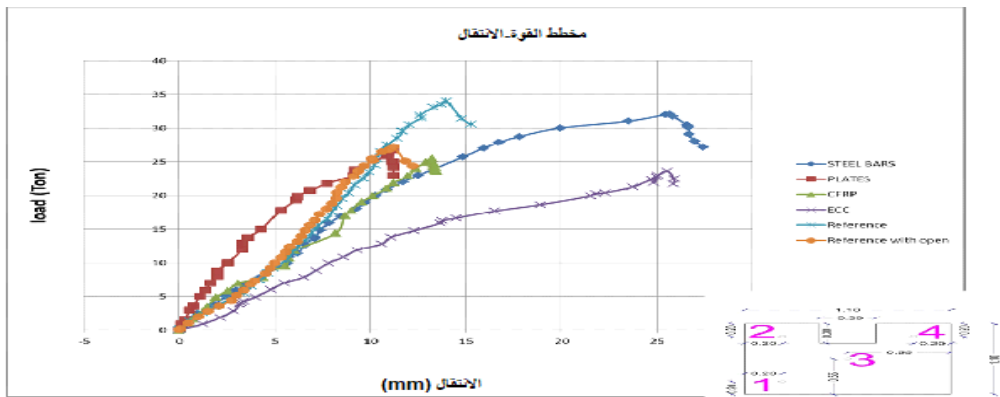
الشكل (7): مخطط (الحمولة - السهم) للبلاطات •

S-3 and S-4 (at point no.3) : [1]



الشكل (8): مخطط (الحمولة - السهم) للبلاطات

S-6 and S-5 (at point no.3) : [1]



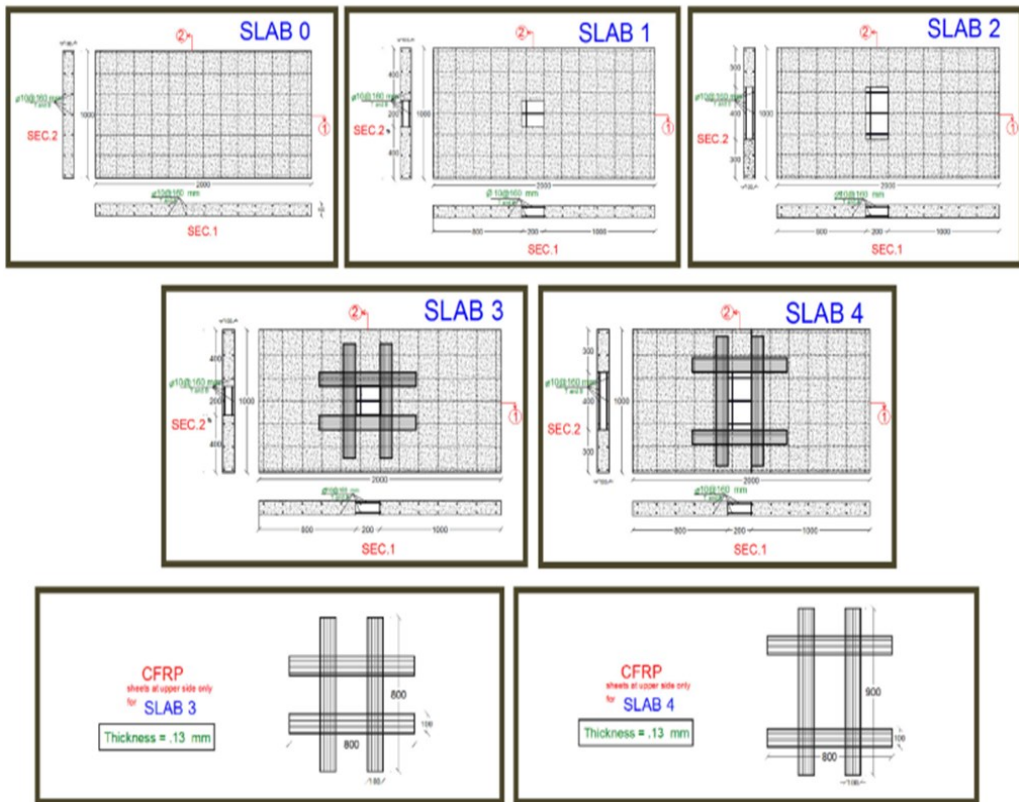
الشكل (9): مخطط (الحمولة - السهم) للبلاطات [1]

نتائج الدراسة :

1. استخدام أساليب تدعيم مختلفة تعطي استطاعة التحميل الحديدية للبلاطات المدعمة.
2. التشوهات تزداد في النقطة القريبة من الفتحة في البلاطة، واستطاعة البلاطة لتحمل الحمولات تتناقص بمقدار 21% بعد إحداث الفتحة.
3. كان تشوه العينات (S6 و S3) أكبر من تشوه العينة (S1) بنسبة 46%، 48% على التوالي. لكن التشوه للعينات (S4 و S5) كانت أصغر من تشوه العينة (S1) بنسبة 9% و 4% على التوالي.
4. التدعيم باستخدام صفائح CFRP هي الطريقة الأسرع وهي الطريقة التي تعطي مقاومة أعلى من التدعيم بصفائح فولاذية بمقدار 15% ولكن بكلفة تدعيم عالية مقارنة بباقي الطرق.

2.1.2. تدعيم البلاطات الحاوية على فتحات محدثة باستخدام صفائح CFRP [2]

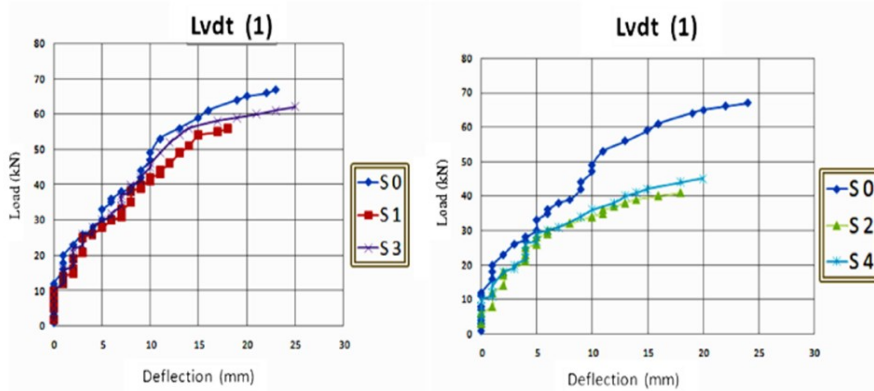
وهي دراسة لكفاءة تدعيم البلاطات الحاوية على فتحة كبيرة وصغيرة محدثة، وذلك باستخدام البوليميرات المسلحة بالألياف الكربونية CFRP، تضمن البرنامج التجريبي خمس بلاطات، الأولى مرجعية دون فتحة، والبلاطات الباقية فيها فتحة واقعة ضمن البلاطة. وقسمت البلاطات إلى مجموعتين تختلف بأبعاد الفتحة (200*200)mm للمجموعة 1/، (200*400)mm للمجموعة 2/، وكل مجموعة تضمنت بلاطة مع فتحة بلا تدعيم، وبلاطة مع فتحة مدعمة بالألياف الكربونية. يبين الشكل (10) البلاطة المختبرة مع تفاصيل التسليح، ويوضح أيضاً الإجراء المتخذ لمحاكاة حالة إحداث فتحة في بلاطة منفذة، من خلال اقتطاع التسليح المار بمقطع الفتحة لتأخذ الشكل U أثناء تشكيل قفص التسليح.



الشكل (10): تفاصيل البلاطات المختبرة [2]

الجدول (1): قيم الحمولات الحدية وحالات الانهيار بالبلاطات المدروسة

المجموعات	العينات	الحمولة الحدية (KN)	أسلوب الانهيار
Reference	S0	67	الانعطاف
1	S1	56	الانعطاف
	S2	41	الانعطاف
2	S3	62	انقطاع في صفائح CFRP
	S4	45	انقطاع في صفائح CFRP



الشكل (11): مخطط (الحمولة - سهم) للبلاطات المختبرة [2]

نتائج الدراسة:

1- انهيارت البلاطة المرجعية والبلاطات غير المدعمة بالانعطاف بينما انهيارت البلاطات المدعمة نتيجة انقطاع في صفائح CFRP

2- الحمولات الحدية زادت بنسبة حوالي % (10.7 و 9.7) زيادة قليلة ومتواضعة للمجموعتين 1 و 2 على التوالي مقارنة مع البلاطة المرجعية خاصة عندما تم تطبيق التدعيم باستخدام صفائح ال CFRP، نقصت التشوهات حوالي % (23 و 17) للمجموعتين 1 و 2 على التوالي خاصة عندما تم تطبيق التدعيم باستخدام صفائح CFRP.

خلاصة البحثين السابقين:

- لا بد من تقوية منطقة الفتحة عند إحداثها في أي بلاطة بيتونية مسلحة .
- استخدام الألياف الكربونية أو الصفائح الفولاذية فعال جداً في استعادة كامل مقاومة البلاطة الأصلي في حالة الفتحات المحدثة في هذه البلاطات، كونها متجانسة ومتساوية الخواص في جميع الاتجاهات، وأصبح استخدامها أكثر فعالية بعد توفر مواد لاصقة متطورة مما أدى إلى انتشارها على نطاق واسع في الأعمال الإنشائية.

- لوحظ في هذه الأبحاث نقص المعطيات والتوصيات الخاصة باستخدام الصفائح الفولاذية وال CFRP في منطقة الفتحة، من حيث الأبعاد ونموذج التدعيم، لذلك كان
- الهدف من هذا البحث هو:
- دراسة سلوك البلاطات البيتونية المسلحة بوجود فتحة متغيرة الأبعاد كبيرة أم صغيرة وشكل استمرارية البلاطة وطريقة التدعيم، بفتحة محدثة ضمن هذه البلاطات، ومدعمة بنماذج وأبعاد مختلفة من الصفائح الفولاذية وال CFRP، للوصول إلى نتائج وتوصيات، والتي تضمن استعادة البلاطة لقدرة تحملها التصميمية وبقاء تشوهاتها ضمن الحدود المسموحة، وعدم ظهور شقوق مبكرة فيها كما تضمن صلاحية استثماره وديمومة أطول لها.

3. منهجية البحث

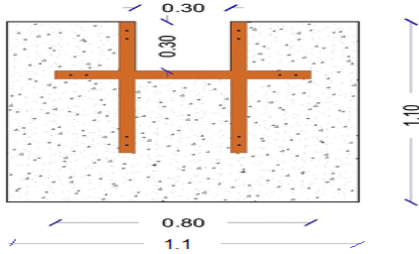
تم استخدام برنامج SAFE 16.02 [7] لتحديد سلوك وقدرة تحمل البلاطات البيتونية المسلحة باستخدام طريقة العناصر المحدودة، مع فتحة أو بدونها، المدعمة منها أو غير المدعمة بصفائح CFRP، حيث تم اعتماده بسبب مقارنة النتائج الذي يعطيها بأحد الدراسات المرجعية الموثوقة، ومن ثم المقارنة بين متغيرات نتائج الدراسة التحليلية وذلك للحصول على نموذج تحليلي صحيح وموثوق، والتي تضمن الأمان واستمرارية الاستثمار في حال إحداث فتحة في جسم البلاطة.

4. مواد وطرق البحث

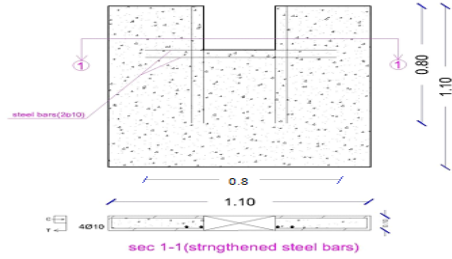
1.4. وصف عام للنماذج المدروسة (المواصفات البعدية والتسليح)

- تمت نمذجة البلاطات التالية الموجودة بالدراسة المرجعية وذلك للتحقق من دقة النموذج التحليلي وإثبات وثوقيته وإمكانية استخدامه في دراستنا :
- 1- بلاطة بيتونية مسلحة من دون فتحة لمحاكاة البلاطة المرجعية [1] المطروقة سابقاً بأبعاد (1100*1100*100)mm .
 - 2- بلاطة بيتونية مسلحة مع فتحة بدون تدعيم لمحاكاة البلاطة المرجعية التجريبية [1] المطروقة سابقاً بأبعاد (1100*1100*100)mm .
 - 3- بلاطة بيتونية مسلحة مع فتحة وتدعيم بصفائح CFRP لمحاكاة البلاطة المرجعية التجريبية [1] المطروقة سابقاً بأبعاد (1100*1100*100)mm .
- في هذه النماذج تمت محاكاة سلوك كل من البيتون المسلح، فولاذ التسليح، و صفائح التدعيم.

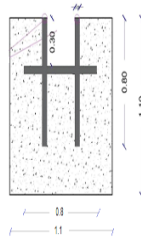
- كافة البلاطات كانت بأبعاد (1100*1100) mm وبسماكة (100)mm تم تسليح البلاطات على الانعطاف بتسليح سفلي 10T10/m' وبتسليح علوي 8T10/m' وبالاتجاهين وصفائح CFRP بأبعاد (800x50x1.2) mm .



الشكل (13) البلاطة المرجعية مع فتحة وبدون تدعيم.



الشكل (12) البلاطة المرجعية من دون فتحة

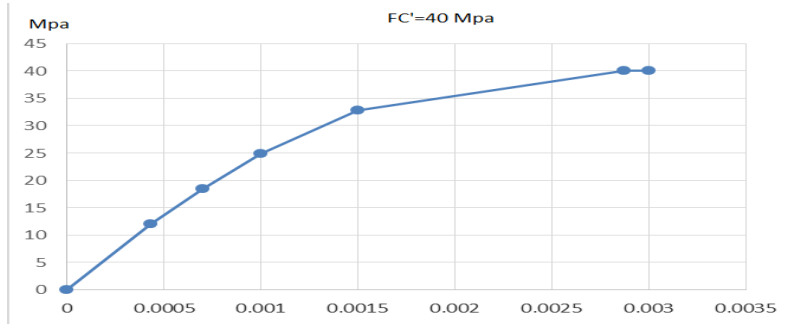


الشكل (14) البلاطة المرجعية مع فتحة وتدعيم بصفائح ال CFRP المستخدمة (800*50*1.2)MM.

2.4. المواصفات الميكانيكية للنموذج المدروس

1.2.4. البيتون

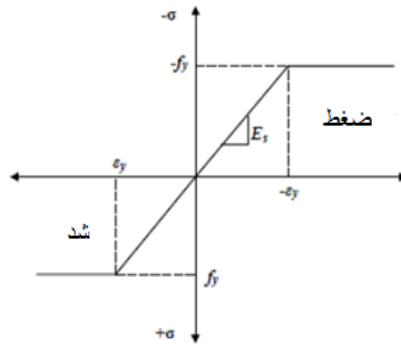
يبين الشكل التالي منحنى (الاجهاد-الانفعال) والذي تم إدخاله للبرنامج.



الشكل(15): منحنى (الإجهاد-الانفعال) للبيتون المدخل للبرنامج

2.2.4. فولاذ التسليح

من أجل فولاذ التسليح تم اعتماد نموذج براندل المعدل الذي يفترض أن الفولاذ مادة مرنة - تامة اللدونة، حيث يعتبر أن التسليح نحيفاً نسبياً ويفترض أن يكون قادراً على نقل الحمولة المحورية فقط، لذلك تعتبر علاقة (الاجهاد المحوري - الانفعال) كافية للاستخدام العام، ويبين الجدول التالي خصائص فولاذ التسليح المدخلة للقضبان الطولية (علوية وسفلية) والتي تم استخدامها في النمذجة.



الشكل (16): منحنى (الإجهاد المحوري - الانفعال) لفولاذ التسليح

الجدول (2): خصائص فولاذ التسليح المدخلة للقضبان الطولية

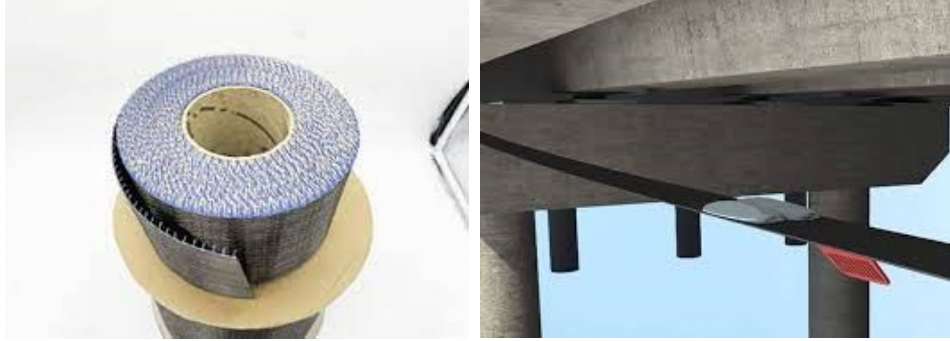
E = 210000 Mpa	معامل المرونة
78.5 KN/m³	الوزن الحجمي
Fy=400 Mpa	إجهاد الخضوع
Fu=500 Mpa	إجهاد الإنقطاع

3.2.4. صفائح التدعيم CFRP

يعتبر سلوك صفائح CFRP مرناً - تام اللدونة، والخواص المطلوب إدخالها للبرنامج مدرجة في الجدول المبين التالي. تم استخدام معيار الانهيار فون-ميسس (Von-Misses failure criterion) لتحديد خضوع صفائح CFRP , واعتبرنا أنه يوجد تلاصق تام بين صفائح CFRP والبلاطة.

الجدول (3): خصائص صفائح التدعيم CFRP

E = 165000 Mpa	معامل المرونة
μ =0.3	معامل بواسون
Fy=3100 Mpa	إجهاد الخضوع للفولاذ
Fu=3800 Mpa	إجهاد الإنقطاع للفولاذ



الشكل (18): أشكال صفائح CFRP

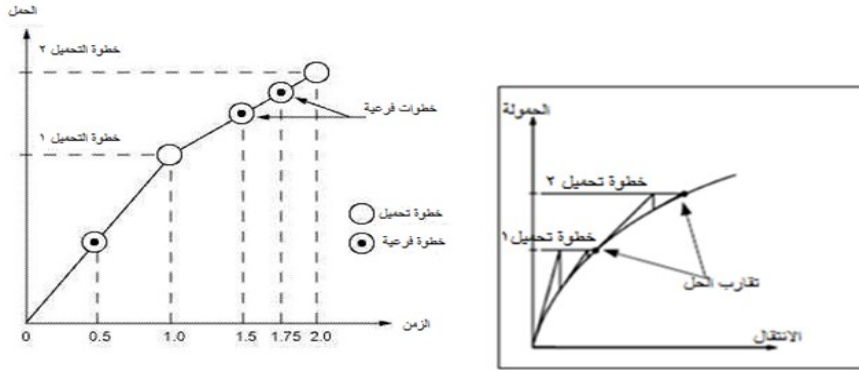
3.4. الدراسة النظرية

1.3.4. التحليل اللاخطي

لا يمكن تمثيل السلوك اللاخطي للعناصر مباشرة بمجموعة من المعادلات الخطية، وإنما يجب إدخال تقريب وتصحيح متكرر، وإحدى أهم طرق التحليل اللاخطي طريقة التحميل التدريجي والتوازن التكراري (Increment Loading and Equilibrium (Iteration))، حيث يتم في هذه الطريقة تجزئة الحمولة ضمن مجموعات متسلسلة وبخطوات متعددة رئيسية تدعى خطوات تحميل، وقد تم اعتماد خيار التجزئة وفق طريقة نيوتن - رافسون المعدلة (Modified Newton-Raphson)، وتمكن هذه الطريقة من تجزئة الخطوات الرئيسية والفرعية ضمنها أيضاً، وذلك لتلافي تراكم الخطأ في تطبيق خطوة الحمولة، ومن ثم تصبح النتائج الأخيرة أقرب للتوازن، حيث قبل كل حل، يتم تقييم شعاع القوى الناتج عن التوازن، والذي هو الفرق بين القوى الناتجة (القوى الموافقة لإجهادات العنصر) وبين القوى المطبقة، وبناء عليه توجه نتائج التحليل نحو الدقة الأكبر.

والجدير بالذكر أن البرنامج يقوم بتحديث مصفوفة الصلابة للعناصر المحدودة في نهاية كل خطوة تحميل، ليعكس بذلك التغيرات اللاخطية في القساوة الإنشائية (Structural Stiffness)، وذلك قبل المضي في تطبيق الخطوة التالية، هذه التغيرات في القساوة الإنشائية سببها وجود التشققات في العنصر وخضوع فولاذ التسليح. يؤمن التكرار في معادلة نيوتن رافسون التقارب عند نهاية كل خطوة تحميل (تزايد الحمولة) ضمن حدود التسامح tolerance limits [3-6].

ويبين الشكل (19) إجراء نيوتن - رافسون في تحليل لاخطي بدرجة حرية واحدة .



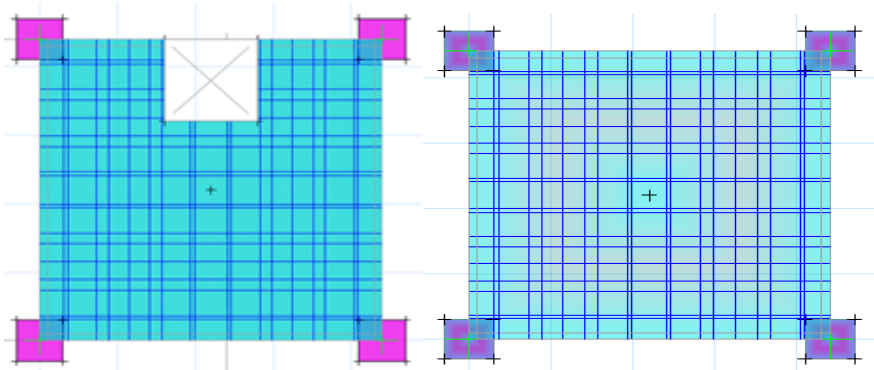
الشكل (19): الحل بطريقة نيوتن - رافسون المعدلة

في هذه الدراسة من أجل عناصر البيتون المسلح الصلبة فإن معاملات التقارب اعتمدت على القوة والانتقال،

4.4. المواد والطرق التجريبية للبحث

1.4.4. التأكد من صحة البرنامج التحليلي ومدى مطابقته للدراسة المرجعية

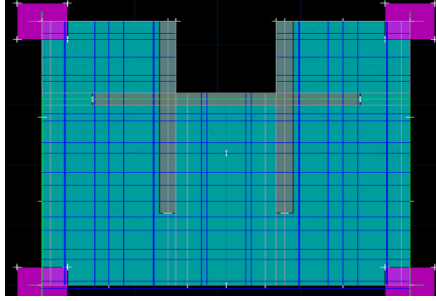
- تمت نمذجة العينات التجريبية للدراسة المرجعية [1] المعتمدة في برنامج SAFE [7]. كخطوة أولية، يتطلب التحليل بطريقة العناصر المحدودة تقسيم العنصر إلى شبكة من العناصر المحدودة، بمعنى آخر يقسم النموذج إلى عدد كبير من العناصر الصغيرة وبعد التحليل تحسب الاجهادات والتشوهات في النقاط التكاملية لهذه العناصر. وتبين الأشكال (20-21-22-23) نماذج البلاطات التي تم بناؤها بطريقة العناصر المحدودة في البرنامج:



الشكل (21): البلاطة المرجعية مع فتحة $CM(30*30)$

الشكل (20): البلاطة المرجعية بدون فتحة

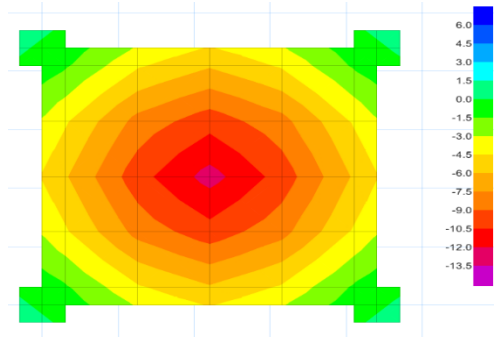
بدون تدعيم



الشكل (22): البلاطة المرجعية مع فتحة $CM(30*30)$ وبتدعيم بصفائح ال $CFRP$ المستخدمة $MM(800*50*1.2)$.

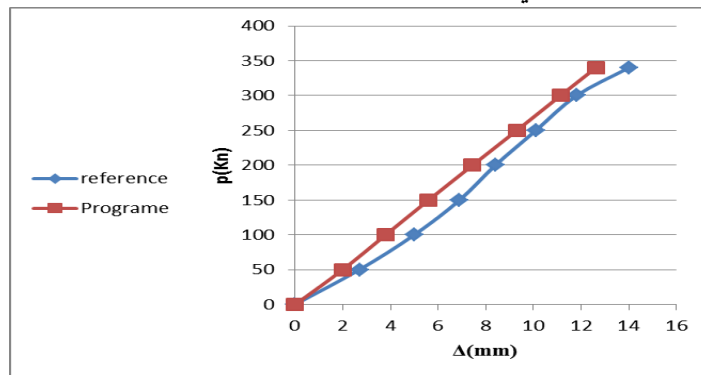
تمت مقارنة منحنيات (الحمولة - الانزياح الشاقولي) التي تم الحصول عليها تحليلياً مع [1] في مواقع عدة، وهي الانزياح الشاقولي لمقطع البلاطة عند منتصف البلاطة، وهي مبينة في الأشكال التالية:

- يبين الشكل التالي نمذجة البلاطة المرجعية بدون فتحة .



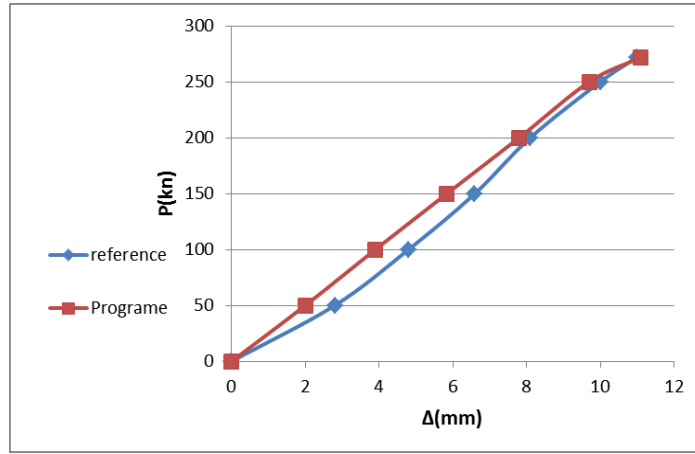
الشكل (23): كونتور الانتقالات للبلاطة المدروسة

وبالمقارنة مع الدراسة المرجعية تبين أن مخطط الحمولة - الانتقالات للنقطة في منتصف وأسفل البلاطة وفق مايلي:



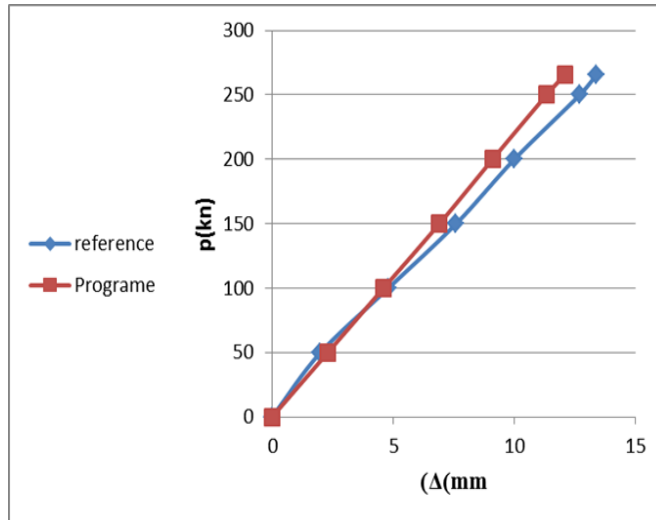
الشكل (24): المقارنة بين انتقالات البلاطة المدروسة مع البلاطة المرجعية

- وبمنذجة البلاطة المرجعية مع فتحة وبدون تدعيم وبالمقارنة مع الدراسة المرجعية تبين أن مخطط الحمولة - الانتقالات للنقطة في منتصف وأسفل البلاطة وفق مايلي:



الشكل (25): المقارنة بين انتقالات البلاطة المدروسة مع البلاطة المرجعية

- وبمنذجة البلاطة المرجعية مع فتحة وتدعيم بصفائح ال CFRP وبالمقارنة مع الدراسة المرجعية تبين أن مخطط الحمولة - الانتقالات للنقطة في منتصف وأسفل البلاطة وفق مايلي :



الشكل (26): المقارنة بين انتقالات البلاطة المدروسة مع البلاطة المرجعية

- مما سبق وبعد استعراض كافة المقارنات بين نتائج الدراساتين التجريبية والتحليلية وجد أن هناك تقارباً كبيراً بينهما.

2.4.4. الخلاصة

- باستخدام النموذج التحليلي تم الحصول على مستوى مقبول من الدقة بنسبة فارق أعظمية بحدود 10% بالاعتماد على طريقة العناصر المحدودة، تمت من خلاله نمذجة ومحاكاة سلوك كلٍ من البيتون المسلح، فولاذ التسليح، صفائح التدعيم، وبالتالي يمكن استخدامه كأداة عددية موثوق بها لتحري سلوك البلاطات الفطرية البيتونية المسلحة مع فتحة أو دونها المدعمة أو غير المدعمة بالصفائح الفولاذية و صفائح CFRP، أي أن هذه المحاكاة يمكن استخدامها كمنصة عمل تجريبية لدراسة متغيرات نموذج التدعيم الخارجي حيث تم نمذجة 210 نماذج وفق المتغيرات المدروسة في هذا البحث.

3.4.4. المتغيرات المأخوذة في البحث

تم إنشاء جدول يبين رموز المنحنيات للنماذج التي تمت النمذجة لها. حيث أن: الرمز M يشير إلى موقع الفتحة في وسط المجاز. الرمز R يشير إلى موقع الفتحة في طرف المجاز. الرمز S يشير إلى البلاطة. الرمز 0 يشير إلى البلاطة بمجاز بدون استمرارية. الرمز I يشير إلى البلاطة بمجاز باستمرارية من طرف واحد. الرمز C يشير إلى بلاطة ركنية. الرمز E يشير إلى بلاطة طرفية. الرمز M يشير إلى بلاطة داخلية. الرمز CFRP يشير إلى التدعيم بألياف الكربون. الرمز % يشير إلى نسبة الفتحة من بعد البلاطة.

الجدول (4): رموز المنحنيات للنماذج

S-0-REF				
S0-M-25%	S0-M-20.8%	S0-M-16.67%	S0-M-12.5%	S0-M-8%
S0-R-25%	S0-R-20.8%	S0-R-16.67%	S0-R-12.5%	S0-R-8%
S-1-REF				
S1-M-25%	S1-M-20.8%	S1-M-16.67%	S1-M-12.5%	S1-M-8%
S1-R-25%	S1-R-20.8%	S1-R-16.67%	S1-R-12.5%	S1-R-8%
S-C-REF				
SC-M-25%	SC-M-20.8%	SC-M-16.67%	SC-M-12.5%	SC-M-8%
SC-R-25%	SC-R-20.8%	SC-R-16.67%	SC-R-12.5%	SC-R-8%
S-E-REF				
SE-M-25%	SE-M-20.8%	SE-M-16.67%	SE-M-12.5%	SE-M-8%
SE-R-25%	SE-R-20.8%	SE-R-16.67%	SE-R-12.5%	SE-R-8%
S-M-REF				
SM-M-25%	SM-M-20.8%	SM-M-16.67%	SM-M-12.5%	SM-M-8%
SM-R-25%	SM-R-20.8%	SM-R-16.67%	SM-R-12.5%	SM-R-8%

S0-M-25%-CFRP	S0-M-20.8%-CFRP	S0-M-16.67%-CFRP	S0-M-12.5%-CFRP	S0-M-8%-CFRP
S0-R-25%-CFRP	S0-R-20.8%-CFRP	S0-R-16.67%-CFRP	S0-R-12.5%-CFRP	S0-R-8%-CFRP
S1-M-25%-CFRP	S1-M-20.8%-CFRP	S1-M-16.67%-CFRP	S1-M-12.5%-CFRP	S1-M-8%-CFRP
S1-R-25%-CFRP	S1-R-20.8%-CFRP	S1-R-16.67%-CFRP	S1-R-12.5%-CFRP	S1-R-8%-CFRP
SC-M-25%-CFRP	SC-M-20.8%-CFRP	SC-M-16.67%-CFRP	SC-M-12.5%-CFRP	SC-M-8%-CFRP
SC-R-25%-CFRP	SC-R-20.8%-CFRP	SC-R-16.67%-CFRP	SC-R-12.5%-CFRP	SC-R-8%-CFRP
SE-M-25%-CFRP	SE-M-20.8%-CFRP	SE-M-16.67%-CFRP	SE-M-12.5%-CFRP	SE-M-8%-CFRP
SE-R-25%-CFRP	SE-R-20.8%-CFRP	SE-R-16.67%-CFRP	SE-R-12.5%-CFRP	SE-R-8%-CFRP
SM-M-25%-CFRP	SM-M-20.8%-CFRP	SM-M-16.67%-CFRP	SM-M-12.5%-CFRP	SM-M-8%-CFRP
SM-R-25%-CFRP	SM-R-20.8%-CFRP	SM-R-16.67%-CFRP	SM-R-12.5%-CFRP	SM-R-8%-CFRP

S0-M-46%-CFRP	S0-M-41.67%-CFRP	S0-M-37.5%-CFRP	S0-M-33.3%-CFRP	S0-M-29%-CFRP
S0-R-46%-CFRP	S0-R-41.67%-CFRP	S0-R-37.5%-CFRP	S0-R-33.3%-CFRP	S0-R-29%-CFRP
S1-M-46%-CFRP	S1-M-41.67%-CFRP	S1-M-37.5%-CFRP	S1-M-33.3%-CFRP	S1-M-29%-CFRP
S1-R-46%-CFRP	S1-R-41.67%-CFRP	S1-R-37.5%-CFRP	S1-R-33.3%-CFRP	S1-R-29%-CFRP
SC-M-46%-CFRP	SC-M-41.67%-CFRP	SC-M-37.5%-CFRP	SC-M-33.3%-CFRP	SC-M-29%-CFRP
SC-R-46%-CFRP	SC-R-41.67%-CFRP	SC-R-37.5%-CFRP	SC-R-33.3%-CFRP	SC-R-29%-CFRP
SE-M-46%-CFRP	SE-M-41.67%-CFRP	SE-M-37.5%-CFRP	SE-M-33.3%-CFRP	SE-M-29%-CFRP
SE-R-46%-CFRP	SE-R-41.67%-CFRP	SE-R-37.5%-CFRP	SE-R-33.3%-CFRP	SE-R-29%-CFRP
SM-M-46%-CFRP	SM-M-41.67%-CFRP	SM-M-37.5%-CFRP	SM-M-33.3%-CFRP	SM-M-29%-CFRP
SM-R-46%-CFRP	SM-R-41.67%-CFRP	SM-R-37.5%-CFRP	SM-R-33.3%-CFRP	SM-R-29%-CFRP

4.4.4. الأبعاد المأخوذة للنماذج المراد دراستها

تم اعتماد أبعاد لبلاطة نموذجية واقعية ذات مجاز بسيط بأبعاد (6*6)m لبلاطة فطرية بدون جوائز

$$\frac{L_1}{L_2} = 1 < \frac{4}{3} \dots \dots OK \quad \text{محيطية, وبالتالي}$$

ومن ثم تم حساب السماكة للبلطة الأخطر والتي هي بدون استمرارية وفق شرط السهم كما هو موضح بالجدول رقم (27) :

الجدول (5): معاملات K لحساب السماكة [8]

بلاطة داخلية		بلاطة طرفية		الاستناد
مع سقوط	بدون سقوط	مع سقوط	بدون سقوط	
40	36	36	32	L/t

حيث : (L) المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين, وبالتالي :
 $t=600/32=18.75 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$ وقد تم اعتماد سماكة كافة البلاطات 20cm أما بالنسبة لأبعاد العمود

تم أخذ مقطعه مربع بأبعاد $L/30=600/30=20 \text{ cm}$

5.4.4. خصائص المواد المستخدمة في النماذج

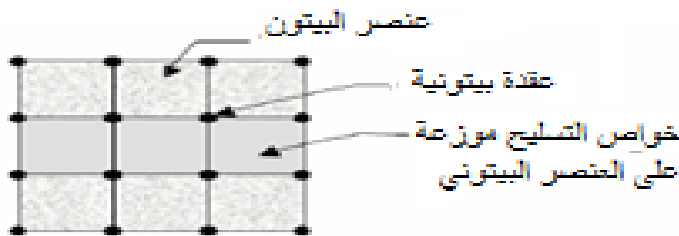
1.5.4.4. فولاذ التسليح

من أجل فولاذ التسليح تم اعتماد نموذج براندل المعدل ويبين الجدول (6) خصائص فولاذ التسليح المدخلة للقضبان الطولية (علوية وسفلية) والأساور والتي تم استخدامها في النمذجة.

الجدول (6): خصائص مادة فولاذ التسليح

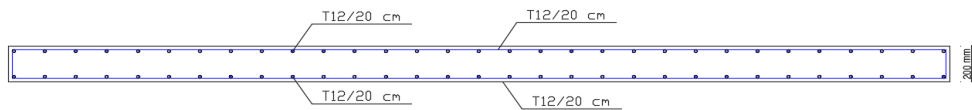
E = 210000 Mpa	معامل المرونة
78.5 KN/m ³	الوزن الحجمي
F _y =400 Mpa	إجهاد الخضوع للفولاذ
F _u =500 Mpa	إجهاد الإنقطاع للفولاذ

- تم استخدام النموذج الضمني (المنتشر) في دراستنا.



الشكل (27): نموذج محاكاة التسليح

تم تصميم البلاطة وحساب التسليح واعتماد شبكتي تسليح علوية وسفلية وبالاتجاهين بقيمة أصغرية للتسليح 5T12/m.



الشكل (28): مقطع عرضي يبين التسليح في البلاطة المستخدمة

2.5.4.4. صفائح التدعيم CFRP

يعتبر سلوك صفائح CFRP مرناً - تام اللدونة، والخواص المطلوب إدخالها للبرنامج مدرجة في الجدول (8)، واعتبرنا أنه يوجد تلاصق تام بين صفائح CFRP والبلاطة، وقد تم اعتماد مقطع عرضي ثابت لكافة البلاطات المنمذجة والمدعمة بصفائح CFRP أبعادها 50*1.2mm وتم تطبيق التدعيم حول حواف الفتحة المحدثة.

الجدول (8): الخواص المدخلة لصفائح CFRP

E = 165000 Mpa	معامل المرونة
$\mu = 0.3$	معامل بواسون
Fy=3100 Mpa	إجهاد الخضوع للفولاذ
Fu=3800 Mpa	إجهاد الإنقطاع للفولاذ

5. تحليل النتائج

بعد معرفة مدى دقة النموذج التحليلي الممثل للبلاطات المرجعية التي تمت المقارنة بين النتائج العددية والمرجعية، وذلك من ناحية : العلاقة بين الحمولة - الانزياح الشاقولي أو السهم بما تتضمنها من قيم للحمولة القصوى الحديدية وقيم الانزياح الشاقولي الموافق .

1.5. العلاقة بين الحمولة والانزياح الشاقولي

تم حساب الإنتقال المسموح كما هو وارد بالكود العربي السوري [8] كما في الجدول في البند (2-7) (1) من العلاقة $L/180$ فكانت قيمة هذا الإنتقال 33.3mm وتم استخراج الحمولة الموافقة للإنتقال المسموح من البرنامج فكانت القيمة 16.1 kN/m² وكانت حمولة الانهيار 64 kN/m², حيث تم التحميل حتى الوصول إلى 70% من حمولة الانهيار، وهي مبينة في الجداول رقم [9]:
الجدول رقم (9) تبيين انتقالات جميع حالات البلاطات المدروسة تحت تأثير الحمولات المطبقة عليها وفق المتغيرات المأخوذة بالبحث

1.1.5. قيم الانتقالات في البلاطات غير المدعمة ذات الفتحات الصغيرة

الجدول (9-1): الانتقالات في البلاطات ذات المجازين وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ (mm)	$\Delta/L\%$	حالة السهم	%	Δ (mm)	$\Delta/L\%$	حالة السهم
S-O-REF	33.39	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	غير محقق
S0-M-8%	32.61	0.5435	محقق	2.34	91.14	1.5190	غير محقق
S0-M-12.5%	32.87	0.5479	محقق	1.55	91.87	1.5312	غير محقق
S0-M-16.67%	33.11	0.5518	محقق	0.84	92.53	1.5422	غير محقق
S0-M-20.8%	33.26	0.5543	محقق	0.39	92.96	1.5493	غير محقق
S0-M-25%	33.30	0.5549	محقق	0.28	93.06	1.5510	غير محقق
S0-R-8%	33.02	0.5503	محقق	1.11	90.21	1.5035	غير محقق
S0-R-12.5%	32.37	0.5395	محقق	3.05	90.49	1.5082	غير محقق
S0-R-16.67%	32.78	0.5463	محقق	1.83	91.63	1.5272	غير محقق
S0-R-20.8%	33.65	0.5608	غير محقق	0.77	94.09	1.5682	غير محقق
S0-R-25%	35.09	0.5848	غير محقق	4.84	98.07	1.6345	غير محقق

الجدول (9-2): الانتقالات في البلاطات ذات المجازين وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ (mm)	$\Delta/L\%$	حالة السهم	%	Δ (mm)	$\Delta/L\%$	حالة السهم
S-1-REF	29.71	0.4952	محقق	-----	83.05	1.3842	غير محقق
S1-M-8%	29.07	0.4845	محقق	2.15	81.31	1.3552	غير محقق
S1-M-12.5%	29.24	0.4873	محقق	1.58	81.76	1.3627	غير محقق
S1-M-16.67%	29.37	0.4895	محقق	1.14	82.14	1.3690	غير محقق
S1-M-21.8%	29.40	0.4900	محقق	1.04	82.22	1.3703	غير محقق
S1-M-25%	29.42	0.4903	محقق	0.98	81.98	1.3663	غير محقق
S1-R-8%	28.81	0.4802	محقق	3.03	80.59	1.3432	غير محقق
S1-R-12.5%	28.86	0.4810	محقق	2.86	80.68	1.3447	غير محقق
S1-R-16.67%	29.16	0.4860	محقق	1.85	81.57	1.3595	غير محقق
S1-R-21.8%	29.90	0.4983	محقق	0.64	83.59	1.3932	غير محقق
S1-R-25%	31.24	0.5207	محقق	4.90	87.29	1.4548	غير محقق

الجدول (9-3): الانتقالات في البلاطات الركنية وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	%	حالة السهم	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	اسم النموذج	
-----	غير محقق	1.2410	74.46	-----	محقق	0.4398	26.39	S-C-REF	
2.30	غير محقق	1.2125	72.75	1.44	محقق	0.4335	26.01	SC-M-8%	
1.80	غير محقق	1.2187	73.12	0.91	محقق	0.4358	26.15	SC-M-12.5%	
1.35	غير محقق	1.2242	73.45	0.48	محقق	0.4377	26.26	SC-M-16.67%	
1.25	غير محقق	1.2255	73.53	0.37	محقق	0.4382	26.29	SC-M-20.8%	
1.62	غير محقق	1.2209	73.25	0.39	محقق	0.4381	26.29	SC-M-25%	
0.83	غير محقق	1.2307	73.84	0.03	محقق	0.4399	26.40	SC-R-8%	
2.92	غير محقق	1.2048	72.29	2.02	محقق	0.4310	25.86	SC-R-12.5%	
2.07	غير محقق	1.2153	72.92	1.22	محقق	0.4345	26.07	SC-R-16.67%	
0.59	غير محقق	1.2484	74.90	1.50	محقق	0.4465	26.79	SC-R-20.8%	
5.40	غير محقق	1.3119	78.71	6.32	محقق	0.4695	28.17	SC-R-25%	

الجدول (9-4): الانتقالات في البلاطات الطرفية وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	%	حالة السهم	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	اسم النموذج	
-----	غير محقق	1.0967	65.80	-----	محقق	0.3833	23.00	S-E-REF	
2.79	غير محقق	1.0661	63.97	0.57	محقق	0.3812	22.87	SE-M-8%	
0.00	غير محقق	1.0891	65.35	1.58	محقق	0.3895	23.37	SE-M-12.5%	
0.00	غير محقق	1.0904	65.42	1.68	محقق	0.3899	23.39	SE-M-16.67%	
0.41	غير محقق	1.0859	65.15	1.28	محقق	0.3883	23.30	SE-M-20.8%	
0.97	غير محقق	1.0752	64.51	0.66	محقق	0.3859	23.15	SE-M-25%	
0.00	غير محقق	1.0856	65.14	1.23	محقق	0.3881	23.29	SE-R-8%	
0.45	غير محقق	1.0807	64.84	0.84	محقق	0.3866	23.19	SE-R-12.5%	
0.00	غير محقق	1.0888	65.33	1.51	محقق	0.3892	23.35	SE-R-16.67%	
1.23	غير محقق	1.1103	66.62	3.48	محقق	0.3972	23.83	SE-R-20.8%	
4.53	غير محقق	1.1487	68.92	6.75	محقق	0.4111	24.67	SE-R-25%	

الجدول (9-5): الانتقالات في البلاطات الداخلية وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	%	حالة السهم	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	اسم النموذج	
-----	غير محقق	0.9092	54.55	-----	محقق	0.3220	19.32	S-M-REF	
0.49	غير محقق	0.9047	54.28	20.61	محقق	0.3234	19.41	SM-M-8%	
1.26	غير محقق	0.9208	55.25	18.45	محقق	0.3293	19.76	SM-M-12.5%	
1.19	غير محقق	0.9201	55.21	17.92	محقق	0.3290	19.74	SM-M-16.67%	
0.78	غير محقق	0.9163	54.98	17.62	محقق	0.3277	19.66	SM-M-20.8%	
0.11	غير محقق	0.9081	54.49	17.61	محقق	0.3259	19.55	SM-M-25%	
2.20	غير محقق	0.9296	55.77	18.27	محقق	0.3323	19.94	SM-R-8%	
1.75	غير محقق	0.9254	55.52	17.79	محقق	0.3310	19.86	SM-R-12.5%	
1.95	غير محقق	0.9272	55.63	17.63	محقق	0.3315	19.89	SM-R-16.67%	
2.57	غير محقق	0.9331	55.99	18.07	محقق	0.3338	20.03	SM-R-20.8%	
3.96	غير محقق	0.9467	56.80	19.40	محقق	0.3388	20.33	SM-R-25%	

- نستنتج من الجداول السابقة:

- أدى إحداث الفتحات الصغيرة في البلاطات ذات المجاز الواحد وذات المجازين غير المدعمة لزيادة الانتقالات فقط في النماذج ذات الفتحات الطرفية
- أدى إحداث الفتحات الصغيرة في البلاطات الركنية غير المدعمة لزيادة الانتقالات فقط في النماذج ذات الفتحات الركنية والطرفية وذات فتحة بنسبة 20.8% و 25%.
- أدى إحداث الفتحات الصغيرة في البلاطات الداخلية غير المدعمة لزيادة الانتقالات فقط في النماذج ذات الفتحات الطرفية، كما أن إحداثها في البلاطات أدى لبقاء قيم الانتقالات ضمن الحدود المسموحة من أجل الحمولة 16.1KN/m2 بينما تجاوزت قيم الانتقالات القيم المسموح بها عند الحمولة الموافقة ل 70% من حمولة الانهيار.

2.1.5. قيم الانتقالات في البلاطات غير المدعمة ذات الفتحات الكبيرة

الجدول (9-6): الانتقالات في البلاطات ذات المجاز الواحد وذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%
S-O-REF	33.39	0.5556	محقق	-----	S-O-REF	33.39	0.5556
S0-M-29%	34.09	0.5682	غير محقق	2.05	S0-M-29%	34.09	0.5682
S0-M-33.3%	33.15	0.5525	محقق	0.72	S0-M-33.3%	33.15	0.5525
S0-M-37.5%	33.15	0.5525	محقق	0.72	S0-M-37.5%	33.15	0.5525
S0-M-41.67%	33.33	0.5555	محقق	0.18	S0-M-41.67%	33.33	0.5555
S0-M-46%	33.77	0.5628	غير محقق	1.13	S0-M-46%	33.77	0.5628
S0-R-29%	35.80	0.5967	غير محقق	6.73	S0-R-29%	35.80	0.5967
S0-R-33.3%	39.53	0.6588	غير محقق	15.53	S0-R-33.3%	39.53	0.6588
S0-R-37.5%	42.47	0.7078	غير محقق	21.38	S0-R-37.5%	42.47	0.7078
S0-R-41.67%	46.02	0.7670	غير محقق	27.44	S0-R-41.67%	46.02	0.7670
S0-R-46%	46.44	0.7740	غير محقق	28.10	S0-R-46%	46.44	0.7740

الجدول (9-7): الانتقالات في البلاطات ذات المجازين وذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%
S-1-REF	29.71	0.4952	محقق	-----	S-1-REF	29.71	0.4952
S1-M-29%	34.03	0.5672	غير محقق	12.69	S1-M-29%	34.03	0.5672
S1-M-33.3%	28.84	0.4807	محقق	2.93	S1-M-33.3%	28.84	0.4807
S1-M-37.5%	28.68	0.4780	محقق	3.47	S1-M-37.5%	28.68	0.4780
S1-M-41.67%	28.71	0.4785	محقق	3.37	S1-M-41.67%	28.71	0.4785
S1-M-46%	29.00	0.4833	محقق	2.39	S1-M-46%	29.00	0.4833
S1-R-29%	37.78	0.6297	غير محقق	21.36	S1-R-29%	37.78	0.6297
S1-R-33.3%	34.14	0.5690	غير محقق	12.98	S1-R-33.3%	34.14	0.5690
S1-R-37.5%	36.02	0.6003	غير محقق	17.52	S1-R-37.5%	36.02	0.6003
S1-R-41.67%	37.93	0.6322	غير محقق	21.67	S1-R-41.67%	37.93	0.6322
S1-R-46%	38.60	0.6433	غير محقق	23.03	S1-R-46%	38.60	0.6433

الجدول (9-8): الانتقالات في البلاطات الركنية وذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%
S-C-REF	26.39	0.4398	محقق	-----	S-C-REF	26.39	0.4398
SC-M-29%	29.72	0.4954	محقق	11.21	SC-M-29%	29.72	0.4954
SC-M-33.3%	25.42	0.4236	محقق	3.69	SC-M-33.3%	25.42	0.4236
SC-M-37.5%	24.68	0.4113	محقق	6.48	SC-M-37.5%	24.68	0.4113
SC-M-40.67%	24.19	0.4032	محقق	8.34	SC-M-40.67%	24.19	0.4032
SC-M-46%	24.33	0.4056	محقق	7.79	SC-M-46%	24.33	0.4056
SC-R-29%	29.80	0.4966	محقق	11.43	SC-R-29%	29.80	0.4966
SC-R-33.3%	35.39	0.5899	غير محقق	25.43	SC-R-33.3%	35.39	0.5899
SC-R-37.5%	32.41	0.5402	محقق	18.58	SC-R-37.5%	32.41	0.5402
SC-R-40.67%	32.42	0.5403	محقق	18.59	SC-R-40.67%	32.42	0.5403
SC-R-46%	36.59	0.6098	غير محقق	27.87	SC-R-46%	36.59	0.6098

الجدول (9-9): الانتقالات في البلاطات الطرفية وذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%
S-E-REF	23.00	0.3833	محقق	-----	S-E-REF	23.00	0.3833
SE-M-29%	25.66	0.4276	محقق	10.36	SE-M-29%	25.66	0.4276
SE-M-33.3%	21.66	0.3610	محقق	5.83	SE-M-33.3%	21.66	0.3610
SE-M-37.5%	20.82	0.3470	محقق	9.48	SE-M-37.5%	20.82	0.3470
SE-M-40.67%	20.29	0.3382	محقق	11.78	SE-M-40.67%	20.29	0.3382
SE-M-46%	20.29	0.3381	محقق	11.79	SE-M-46%	20.29	0.3381
SE-R-29%	25.36	0.4226	محقق	9.30	SE-R-29%	25.36	0.4226
SE-R-33.3%	28.16	0.4694	محقق	18.33	SE-R-33.3%	28.16	0.4694
SE-R-37.5%	25.68	0.4280	محقق	10.43	SE-R-37.5%	25.68	0.4280
SE-R-40.67%	27.95	0.4659	محقق	17.72	SE-R-40.67%	27.95	0.4659
SE-R-46%	27.30	0.4551	محقق	15.76	SE-R-46%	27.30	0.4551

الجدول (9-10): الانتقالات في البلاطات الداخلية وذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم
S-M-REF	19.32	0.3220	محقق	-----	54.55	0.9092	-----
SM-M-29%	11.10	0.1850	محقق	42.55	49.21	0.8202	غير محقق
SM-M-33.3%	11.53	0.1922	محقق	40.30	51.57	0.8595	غير محقق
SM-M-37.5%	11.42	0.1904	محقق	40.89	50.09	0.8348	غير محقق
SM-M-40.67%	11.39	0.1898	محقق	41.07	49.25	0.8209	غير محقق
SM-M-46%	11.28	0.1880	محقق	41.61	49.21	0.8201	غير محقق
SM-R-29%	12.39	0.2065	محقق	35.87	43.78	0.7297	غير محقق
SM-R-33.3%	12.80	0.2133	محقق	33.76	49.70	0.8283	غير محقق
SM-R-37.5%	13.09	0.2182	محقق	32.25	49.22	0.8203	غير محقق
SM-R-40.67%	13.40	0.2234	محقق	30.63	50.44	0.8407	غير محقق
SM-R-46%	13.50	0.2250	محقق	30.12	54.15	0.9024	غير محقق

- نستنتج من الجداول السابقة:

- أدى إحداث الفتحات الكبيرة في البلاطات ذات المجاز الواحد والمجازين والبلاطات الركنية والطرفية ذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة لزيادة الانتقالات فقط في النماذج ذات الفتحات الطرفية.
- لم يؤد إحداث الفتحات الكبيرة في البلاطات ذات الفتحات الداخلية غير المدعمة لزيادة الانتقالات
- إن إحداث الفتحات الكبيرة في البلاطات أدى لتجاوز قيم الانتقالات قيم الحدود المسموحة من أجل الحمولة 16.1KN/m² وهي الحمولة المسببة للسهم المسموح في البلاطة بدون فتحة.

3.1.5. قيم الانتقالات للبلاطات ذات الفتحات الصغيرة المدعمة بالصفائح الكربونية CFRP

الجدول (9-11): الانتقالات في البلاطات ذات المجاز الواحد وذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم
S-O-REF	33.39	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	-----
SO-M-8%-CFRP	9.36	0.1560	محقق	71.30	23.86	0.3977	غير محقق
SO-M-12.5%-CFRP	9.43	0.1572	محقق	71.31	23.99	0.3998	غير محقق
SO-M-16.67%-CFRP	9.49	0.1582	محقق	71.34	24.09	0.4015	غير محقق
SO-M-20.8%-CFRP	9.53	0.1588	محقق	71.35	24.12	0.4020	غير محقق
SO-M-25%-CFRP	9.52	0.1587	محقق	71.40	24.13	0.4022	غير محقق
SO-R-8%-CFRP	9.26	0.1544	محقق	71.94	25.52	0.4253	غير محقق
SO-R-12.5%-CFRP	9.28	0.1547	محقق	71.33	26.33	0.4388	غير محقق
SO-R-16.67%-CFRP	9.35	0.1558	محقق	71.48	27.09	0.4515	غير محقق
SO-R-20.8%-CFRP	9.52	0.1587	محقق	71.71	27.71	0.4618	غير محقق
SO-R-25%-CFRP	10.04	0.1673	محقق	71.39	27.47	0.4578	غير محقق

الجدول (9-12): الانتقالات في البلاطات ذات المجازين وذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)			
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم
S-O-REF	33.39	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	-----
SO-M-8%-CFRP	9.36	0.1560	محقق	71.30	23.86	0.3977	غير محقق
SO-M-12.5%-CFRP	9.43	0.1572	محقق	71.31	23.99	0.3998	غير محقق
SO-M-16.67%-CFRP	9.49	0.1582	محقق	71.34	24.09	0.4015	غير محقق
SO-M-20.8%-CFRP	9.53	0.1588	محقق	71.35	24.12	0.4020	غير محقق
SO-M-25%-CFRP	9.52	0.1587	محقق	71.40	24.13	0.4022	غير محقق
SO-R-8%-CFRP	9.26	0.1544	محقق	71.94	25.52	0.4253	غير محقق
SO-R-12.5%-CFRP	9.28	0.1547	محقق	71.33	26.33	0.4388	غير محقق
SO-R-16.67%-CFRP	9.35	0.1558	محقق	71.48	27.09	0.4515	غير محقق
SO-R-20.8%-CFRP	9.52	0.1587	محقق	71.71	27.71	0.4618	غير محقق
SO-R-25%-CFRP	10.04	0.1673	محقق	71.39	27.47	0.4578	غير محقق

الجدول (9-13): الانتقالات في البلاطات الركنية وذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				الانتقالات الموافقة للمسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)			
%	حالة السهم	$\Delta/L\%$ المسموح	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	%	حالة السهم	$\Delta/L\%$ المسموح
70.91	محقق	0.3527	21.16	70.92	محقق	0.4398	26.39
70.92	محقق	0.3544	21.26	70.89	محقق	0.1269	7.61
71.13	محقق	0.3535	21.21	71.10	محقق	0.1265	7.59
71.25	محقق	0.3523	21.14	71.21	محقق	0.1262	7.57
71.12	محقق	0.3526	21.15	71.20	محقق	0.1262	7.57
71.89	محقق	0.3459	20.76	71.86	محقق	0.1238	7.43
71.34	محقق	0.3453	20.72	71.33	محقق	0.1236	7.41
71.29	محقق	0.3489	20.93	71.29	محقق	0.1247	7.48
71.46	محقق	0.3563	21.38	71.51	محقق	0.1272	7.63
71.70	محقق	0.3713	22.28	71.70	محقق	0.1329	7.97

الجدول (9-14): الانتقالات في البلاطات الطرفية وذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				الانتقالات الموافقة للمسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)			
%	حالة السهم	$\Delta/L\%$ المسموح	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	%	حالة السهم	$\Delta/L\%$ المسموح
71.44	محقق	0.3045	18.27	71.44	محقق	0.3833	23.00
71.99	محقق	0.3050	18.30	71.97	محقق	0.1089	6.53
72.16	محقق	0.3035	18.21	72.13	محقق	0.1092	6.55
72.61	محقق	0.2975	17.85	72.57	محقق	0.1086	6.52
72.03	محقق	0.3007	18.04	72.11	محقق	0.1065	6.39
72.49	محقق	0.2987	17.92	72.46	محقق	0.1076	6.46
72.39	محقق	0.2984	17.90	72.37	محقق	0.1069	6.41
72.44	محقق	0.3001	18.01	72.43	محقق	0.1068	6.41
72.70	محقق	0.3032	18.19	72.74	محقق	0.1073	6.44
73.10	محقق	0.3090	18.54	73.10	محقق	0.1083	6.50
						0.1106	6.64

الجدول (9-15): الانتقالات في البلاطات الداخلية وذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				الانتقالات الموافقة للمسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)			
%	حالة السهم	$\Delta/L\%$ المسموح	$\Delta/L\%$	$\Delta(mm)$	%	حالة السهم	$\Delta/L\%$ المسموح
74.97	محقق	0.2265	13.59	74.97	محقق	0.3220	19.32
75.39	محقق	0.2266	13.59	75.37	محقق	0.0810	4.86
75.62	محقق	0.2243	13.46	75.60	محقق	0.0811	4.87
75.78	محقق	0.2219	13.32	75.75	محقق	0.0803	4.82
75.81	محقق	0.2197	13.18	75.88	محقق	0.0795	4.77
75.85	محقق	0.2245	13.47	75.82	محقق	0.0786	4.72
75.78	محقق	0.2241	13.45	75.77	محقق	0.0804	4.82
75.80	محقق	0.2244	13.46	75.80	محقق	0.0802	4.81
75.95	محقق	0.2244	13.47	75.99	محقق	0.0802	4.81
76.23	محقق	0.2250	13.50	76.23	محقق	0.0805	4.83

كما سبق ومن خلال دراسة النماذج ذات الفتحات الصغيرة والكبيرة تبين أن:

- نلاحظ أن التدعيم بصفائح CFRP بالنسبة للفتحات الصغيرة أعطى فعالية تدعيم جيدة، حيث انخفضت الانتقالات في النقطة المرجعية وسط البلاطة بمقدار (76.2%) في النموذج (SM-R-25%-CFRP)
- إن قيمة الانتقال للبلاطات ذات الفتحات الصغيرة والمدعمة بصفائح CFRP نقل بزيادة استمرارية البلاطات، ففي البلاطة ذات المجاز البسيط كانت قيمة الانتقال (L/191=31.75mm)، أما بالبلاطة ذات المجاز المستمر من طرف فكانت (L/237=25.34mm)، بينما بالبلاطات الداخلية المستمر من طرفين ومن جهتين (L/441=13.59mm).

4.1.5. قيم الانتقالات للبلاطات ذات الفتحات الكبيرة المدعمة بالصفائح الكربونية CFRP

الجدول (16-9): الانتقالات في البلاطات ذات المجاز البسيط وذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%
S-O-REF	93.35	1.5558	محقق	-----	S-O-REF	33.39	0.5556	محقق	-----
SO-M-29%-CFRP	26.48	0.4413	محقق	72.19	SO-M-29%-CFRP	9.48	0.1580	محقق	71.49
SO-M-33.3%-CFRP	26.29	0.4382	محقق	71.61	SO-M-33.3%-CFRP	9.41	0.1568	محقق	71.63
SO-M-37.5%-CFRP	26.05	0.4342	محقق	71.87	SO-M-37.5%-CFRP	9.33	0.1554	محقق	71.89
SO-M-41.67%-CFRP	25.82	0.4303	محقق	72.27	SO-M-41.67%-CFRP	9.24	0.1541	محقق	72.29
SO-M-46%-CFRP	25.58	0.4263	محقق	72.87	SO-M-46%-CFRP	9.16	0.1527	محقق	72.89
SO-R-29%-CFRP	28.43	0.4738	محقق	71.51	SO-R-29%-CFRP	10.20	0.1700	محقق	72.54
SO-R-33.3%-CFRP	29.66	0.4943	محقق	72.98	SO-R-33.3%-CFRP	10.68	0.1780	محقق	73.13
SO-R-37.5%-CFRP	30.94	0.5157	محقق	73.65	SO-R-37.5%-CFRP	11.19	0.1865	محقق	73.89
SO-R-41.67%-CFRP	31.75	0.5291	محقق	74.95	SO-R-41.67%-CFRP	11.53	0.1922	محقق	75.26
SO-R-46%-CFRP	31.20	0.5200	محقق	75.60	SO-R-46%-CFRP	11.33	0.1888	محقق	75.91

الجدول (17-9): الانتقالات في البلاطات ذات المجازين وذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%
S-1-REF	83.05	1.3842	محقق	-----	S-1-REF	29.71	0.4952	محقق	-----
S1-M-29%-CFRP	23.69	0.3948	محقق	75.08	S1-M-29%-CFRP	8.48	0.1413	محقق	70.85
S1-M-33.3%-CFRP	23.40	0.3900	محقق	70.95	S1-M-33.3%-CFRP	8.38	0.1396	محقق	70.97
S1-M-37.5%-CFRP	23.07	0.3845	محقق	71.20	S1-M-37.5%-CFRP	8.26	0.1377	محقق	71.22
S1-M-41.67%-CFRP	22.76	0.3794	محقق	71.61	S1-M-41.67%-CFRP	8.15	0.1358	محقق	71.64
S1-M-46%-CFRP	22.47	0.3746	محقق	72.22	S1-M-46%-CFRP	8.06	0.1343	محقق	72.27
S1-R-29%-CFRP	25.52	0.4253	محقق	75.78	S1-R-29%-CFRP	9.15	0.1525	محقق	71.82
S1-R-33.3%-CFRP	26.33	0.4388	محقق	72.26	S1-R-33.3%-CFRP	9.47	0.1578	محقق	72.39
S1-R-37.5%-CFRP	27.09	0.4515	محقق	72.88	S1-R-37.5%-CFRP	9.77	0.1628	محقق	73.07
S1-R-41.67%-CFRP	27.71	0.4618	محقق	73.61	S1-R-41.67%-CFRP	10.01	0.1668	محقق	73.83
S1-R-46%-CFRP	27.47	0.4578	محقق	75.80	S1-R-46%-CFRP	9.34	0.1557	محقق	74.50

الجدول (18-9): الانتقالات في البلاطات الركنية وذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%
S-C-REF	74.46	1.2410	محقق	-----	S-C-REF	26.39	0.4398	محقق	-----
SC-M-29%-CFRP	21.65	0.3608	محقق	73.93	SC-M-29%-CFRP	7.75	0.1291	محقق	69.51
SC-M-33.3%-CFRP	20.68	0.3446	محقق	70.88	SC-M-33.3%-CFRP	7.40	0.1234	محقق	70.90
SC-M-37.5%-CFRP	20.11	0.3352	محقق	70.82	SC-M-37.5%-CFRP	7.20	0.1200	محقق	70.85
SC-M-41.67%-CFRP	19.52	0.3253	محقق	71.11	SC-M-41.67%-CFRP	6.99	0.1165	محقق	71.13
SC-M-46%-CFRP	18.97	0.3162	محقق	72.05	SC-M-46%-CFRP	6.80	0.1134	محقق	72.10
SC-R-29%-CFRP	23.30	0.3883	محقق	71.96	SC-R-29%-CFRP	8.36	0.1393	محقق	67.37
SC-R-33.3%-CFRP	23.78	0.3963	محقق	75.84	SC-R-33.3%-CFRP	8.55	0.1425	محقق	75.95
SC-R-37.5%-CFRP	24.15	0.4025	محقق	73.13	SC-R-37.5%-CFRP	8.71	0.1451	محقق	73.31
SC-R-41.67%-CFRP	24.51	0.4085	محقق	72.69	SC-R-41.67%-CFRP	8.85	0.1476	محقق	72.91
SC-R-46%-CFRP	24.09	0.4016	محقق	77.61	SC-R-46%-CFRP	8.19	0.1365	محقق	76.40

الجدول (19-9): الانتقالات في البلاطات الطرفية وذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)					الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%
S-E-REF	65.80	1.0967	محقق	-----	S-E-REF	23.00	0.3833	محقق	-----
SE-M-29%-CFRP	17.49	0.2915	محقق	75.60	SE-M-29%-CFRP	6.26	0.1043	محقق	71.46
SE-M-33.3%-CFRP	16.30	0.2717	محقق	73.05	SE-M-33.3%-CFRP	5.84	0.0973	محقق	73.07
SE-M-37.5%-CFRP	16.24	0.2707	محقق	72.07	SE-M-37.5%-CFRP	5.81	0.0969	محقق	72.10
SE-M-41.67%-CFRP	15.69	0.2614	محقق	72.32	SE-M-41.67%-CFRP	5.62	0.0936	محقق	72.34
SE-M-46%-CFRP	15.10	0.2516	محقق	73.33	SE-M-46%-CFRP	5.41	0.0902	محقق	73.38
SE-R-29%-CFRP	19.03	0.3172	محقق	73.09	SE-R-29%-CFRP	6.83	0.1138	محقق	68.68
SE-R-33.3%-CFRP	19.09	0.3181	محقق	75.62	SE-R-33.3%-CFRP	6.87	0.1144	محقق	75.74
SE-R-37.5%-CFRP	19.10	0.3183	محقق	73.18	SE-R-37.5%-CFRP	6.89	0.1148	محقق	73.37
SE-R-41.67%-CFRP	19.40	0.3233	محقق	74.93	SE-R-41.67%-CFRP	7.01	0.1168	محقق	75.14
SE-R-46%-CFRP	20.86	0.3477	محقق	74.02	SE-R-46%-CFRP	7.09	0.1182	محقق	72.62

الجدول (9-20): الانتقالات في البلاطات الداخلية وذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m ²)					الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m ²)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	
S-M-REF	19.32	0.3220	محقق	-----	54.55	0.9092	غير محقق	-----	
SM-M-29%-CFRP	4.63	0.0772	محقق	58.27	12.94	0.2157	محقق	73.70	
SM-M-33.3%-CFRP	4.32	0.0720	محقق	62.54	12.07	0.2011	محقق	76.60	
SM-M-37.5%-CFRP	4.05	0.0675	محقق	64.52	11.32	0.1886	محقق	77.41	
SM-M-4M.67%-CFRP	3.94	0.0657	محقق	65.36	11.02	0.1836	محقق	77.63	
SM-M-46%-CFRP	3.84	0.0641	محقق	65.92	10.73	0.1788	محقق	78.20	
SM-R-29%-CFRP	4.46	0.0743	محقق	64.04	12.42	0.2071	محقق	71.62	
SM-R-33.3%-CFRP	4.26	0.0709	محقق	66.75	11.83	0.1972	محقق	76.19	
SM-R-37.5%-CFRP	4.18	0.0697	محقق	68.05	11.60	0.1933	محقق	76.43	
SM-R-4M.67%-CFRP	4.07	0.0679	محقق	69.62	11.27	0.1879	محقق	77.65	
SM-R-46%-CFRP	4.03	0.0671	محقق	70.18	11.84	0.1973	محقق	78.13	

- إن التدعيم بالصفائح الفولاذية STEEL PLATES بالنسبة للفتحات الصغيرة أعطى فعالية تدعيم جيدة، حيث انخفضت الانتقالات في النقطة المرجعية وسط البلاطة بمقدار % (76.1) في النموذج (SM-R-25%-STEEL).
- وإن انتقال البلاطات بالفتحات الصغيرة المدعمة بالصفائح الفولاذية STEEL PLATES تقل بزيادة استمرارية البلاطات، ففي البلاطة ذات المجاز البسيط كانت قيمة الانتقال $(L/219=27.35\text{mm})$ ، وفي البلاطة ذات المجاز المستمر من طرف فكانت $(L/237=25.34\text{mm})$ ، بينما بالبلاطات الداخلية المستمر من طرفين ومن جهتين $(L/443=13.55\text{mm})$.
- وكان التدعيم بصفائح CFRP التي بسماكة (0.12mm) وبمقاومة (3100 Mpa) وبالصفائح الفولاذية Steel Plates التي سماكتها (3mm) وبمقاومة (400 Mpa) بالنسبة للفتحات الصغيرة أعطت نفس الفعالية تقريباً، ففي البلاطات ذات المجاز زادت من مقاومة البلاطة بمقدار % (72)، وللبلاطة ذات المجازين كان التدعيم قد استعاد مقاومة للبلاطة بمقدار % (71)، وبالبلاطة ركنية بمقدار % (72.5)، أما بالبلاطة الطرفية أعاد بمقدار % (73)، بينما بالبلاطات الداخلية فإن التدعيم أعاد مقاومتها بحوالي % (76).

16. النتائج والتوصيات

1.16. النتائج

تختلف فعالية التدعيم في الحد من التشققات وتقليل السهوم واستعادة المقاومة الأصلية للبلاطة باختلاف استمرارية البلاطة وحسب أبعاد الفتحة ومكانها ونموذج التدعيم، وقد تم التوصل إلى النتائج التالية:

- 1- أدى إحداث فتحات كبيرة في البلاطات لتجاوز قيم الانتقالات الحدود المسموحة من أجل حمولة 16.1 kN/m^2 وهي حمولة مسببة للسهم المسموح في البلاطات بدون فتحة، وبقيت الانتقالات ضمن الحدود المسموحة لنفس الحمولة في الفتحات الصغيرة.
- 2- إن إحداث فتحة طرفية صغيرة أدى لزيادة الانتقال وتجاوز القيم المسموحة عند الحمولة 70% من حمولة الانهيار بقيمة 5.4% للنموذج (SC-R-25%) أن إحداث فتحة طرفية كبيرة أدى لزيادة بالانتقال بقيمة 27.9% في النموذج (S0-R-41.67%) عند حمولة 70% من حمولة الانهيار.
- 3- كان لموقع الفتحة أثر على قيم الانتقالات في النماذج، ويكون لموقع الفتحة أثر أكبر على الانتقالات بازدياد أبعاد الفتحة (فتحة كبيرة).
- 4- أدى تدعيم كافة النماذج بصفائح CFRP التي بسماكة (0.12mm) وبمقاومة (3100 Mpa) ولكافة البلاطات ذات الفتحات إلى انخفاض قيم الانتقال في النقطة المرجعية إلى قيمة أقل من القيمة المسموحة للانتقال $(L/180=33.3)$ ، وبفعالية متقاربة وفق نموذج التدعيم حول كافة حواف الفتحة.
- 5- أدى التدعيم بصفائح CFRP إلى فعالية تدعيم جيدة، فبلغت قيمتها الأعظمية بانخفاض الانتقالات بمقدار 78.2% للنموذج (SM-R-46%-CFRP).
- 6- تنخفض انتقالات البلاطات ذات الفتحات الصغيرة والكبيرة والمدعمة بCFRP بازدياد استمرارية البلاطة.
- 7- أدى التدعيم بصفائح CFRP للبلاطات ذات الفتحات الصغيرة إلى فعالية متقاربة.

2.16. التوصيات

لابد من متابعة البحث بهدف دراسة السلوك الإنشائي للبلاطات مع فتحة في حالات أخرى مثل حالة الفتحة ذات الشكل الدائري وغيرها، أو بشكل التدعيم بقضبان تسليح فولاذية وغيرها، أو بتغيير موقع البلاطة أو موقع الفتحة.

المراجع

- [1] F. W. Hafez, "Strengthening of R.C. flat slabs with cut-out edge openings," M.Sc. thesis, Faculty of Engineering, Cairo University, 2019.
- [2] H. K. Shehab, A. S. Eisa, and K. A. El-Awady, "Strengthening of cutouts in existing one-way spanning R.C. flat slabs using CFRP sheets," *Int. J. Concr. Struct. Mater.*, vol. 11, no. 2, pp. 327–341, Jun. 2017, doi: 10.1007/s40069-017-0186-7.
- [3] J. G. MacGregor and J. K. Wight, *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*, 5th ed. Pearson Prentice Hall, 2009.
- [4] W. Chen, *Plasticity in Reinforced Concrete*. J. Ross Publishing, 2007.

[5] ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95)*. American Concrete Institute, 1995.

[6] M. H. Ashur, "Nonlinear finite element analysis of RC beams strengthened with steel fiber-reinforced concrete (SFRC) overlays," M.Sc. thesis, Faculty of Engineering, Islamic University of Gaza, 2015.

[7] Computers and Structures, Inc., *SAFE 2016*, ver. 16.0.2, structural analysis and design software, 2017.

[8] Syrian Engineers Syndicate and Syrian Council of Ministers, *Syrian Arab Code for the Design and Implementation of Reinforced Concrete Structures*, 2018 ed., 2018 (in Arabic).