JWPU
Journal of Al-Wataniya Private University
ISSN: 3105-2150

Volume (1) Number (1)
Available at: https://wpu.edu.sy/wpuj/index.php/wpuh/en

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

Dr. Ihssan AL Tarsha [1], Prof. Dr. Turath Gharib [1], 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, Openings 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. This work is licensed under the Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license.

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 مالم 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 وصفائح CFRP، 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، فجاء هذا البحث متضمناً اختبارات تحليلية ليكون جزءاً رديفاً لهذه الدراسات، ويساعد المصممين في فهمٍ 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 اذا كانت نسبتا بعديها في الاتجاهين لمجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لاتتعدى 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 الـ CFRP كتسليح خارجي للفتحات المحدثة في البلاطات البيتونية المسلحة.

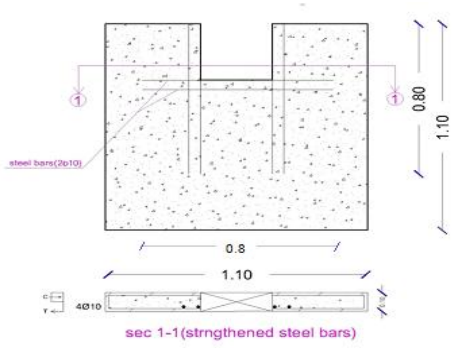
1.2. الأبحاث والدراسات المنجزة حول تدعيم منطقة الفتحة في بلاطة بيتونية منفذة

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 الموضعية حول فتحة طرفية في بلاطة، واستعادة مقاومة البلاطة التي تم فقدها نتيجةً لإحداث الفتحة.

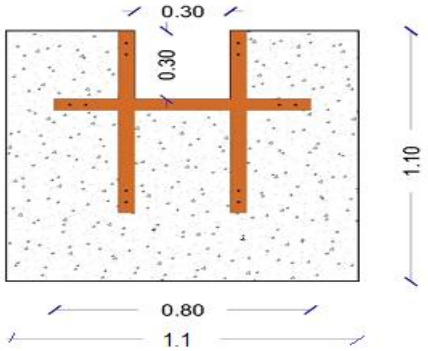
تم اختبار البلاطات بأبعاد mm(100*1100*1100) تحت تأثير حمولة موزعة وكان التسليح لكافة البلاطات كتسليح سفلي وبالاتجاهين 10Ø10/m وتسليحها 8Ø10/m كتسليح علوي وبالاتجاهين ، وأخذ عدة متغيرات للدراسة متضمنة أبعاد الفتحة وطرق تدعيمها، حيث تم اختبار ست بلاطات بيتونية مسلحة، أربع منها مدعمة بأربع طرق مختلفة حول 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:



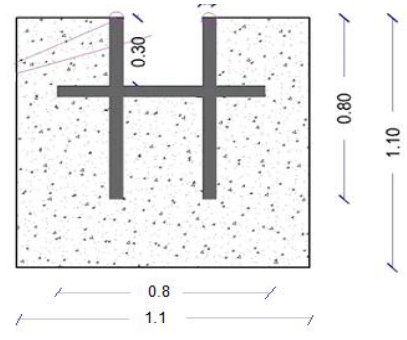
الشكل (1) التدعيم بإضافة قضبان فولاذية [1]

الطريقة الثانية: إضافة صفائح فولاذية على محيط الفتحة:



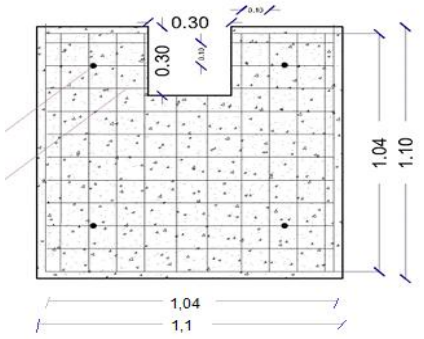
الشكل (2) التدعيم بإضافة صفائح فولاذية [1]

الطريقة الثالثة: إضافة صفائح CFRP على محيط الفتحة:



الشكل (3) التدعيم بإضافة صفائح CFRP [1]

الطريقة الرابعة: إضافة شبك معدني في منكقة الشد مع تغليفه بمونة اسمنتية عالية المقاومة:



الشكل (4) التدعيم بإضافة شبك معدني(فيروسمنت) [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.

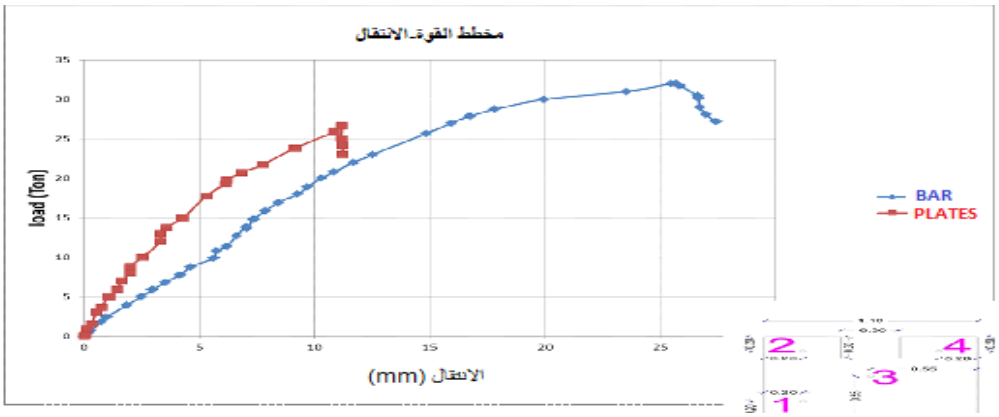


الشكل (5): آلية تطبيق الاختبار للبلاطة في دراسة [1]



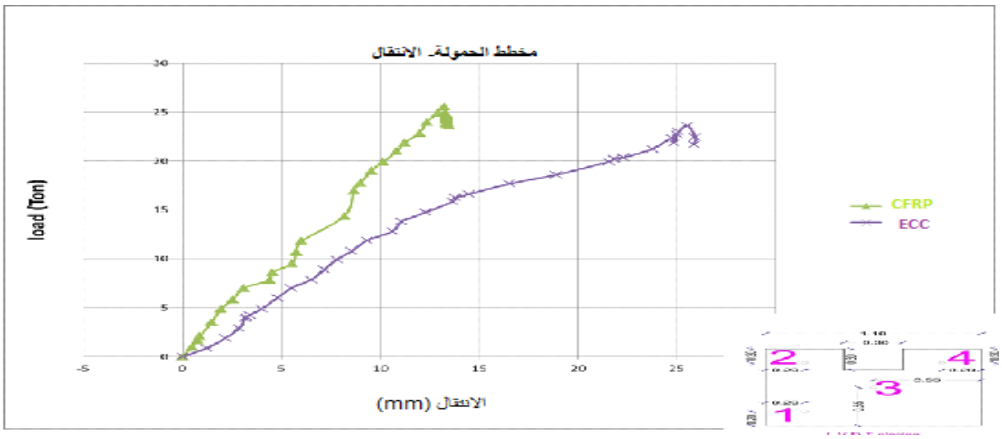
الشكل (6): تفاصيل البلاطات المختبرة: التسليح الداخلي والخارجي المختبرة [1]

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



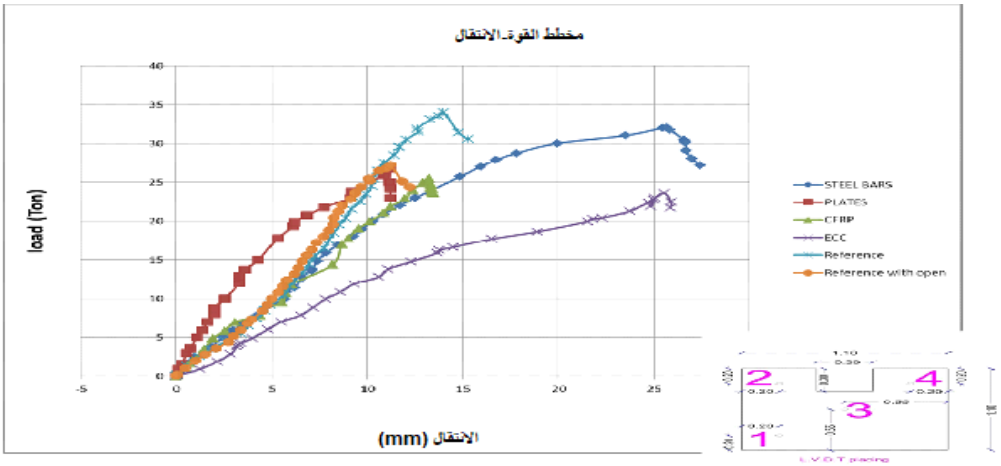
الشكل (7): مخطط (الحمولة – السهم) للبلاطات •

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]

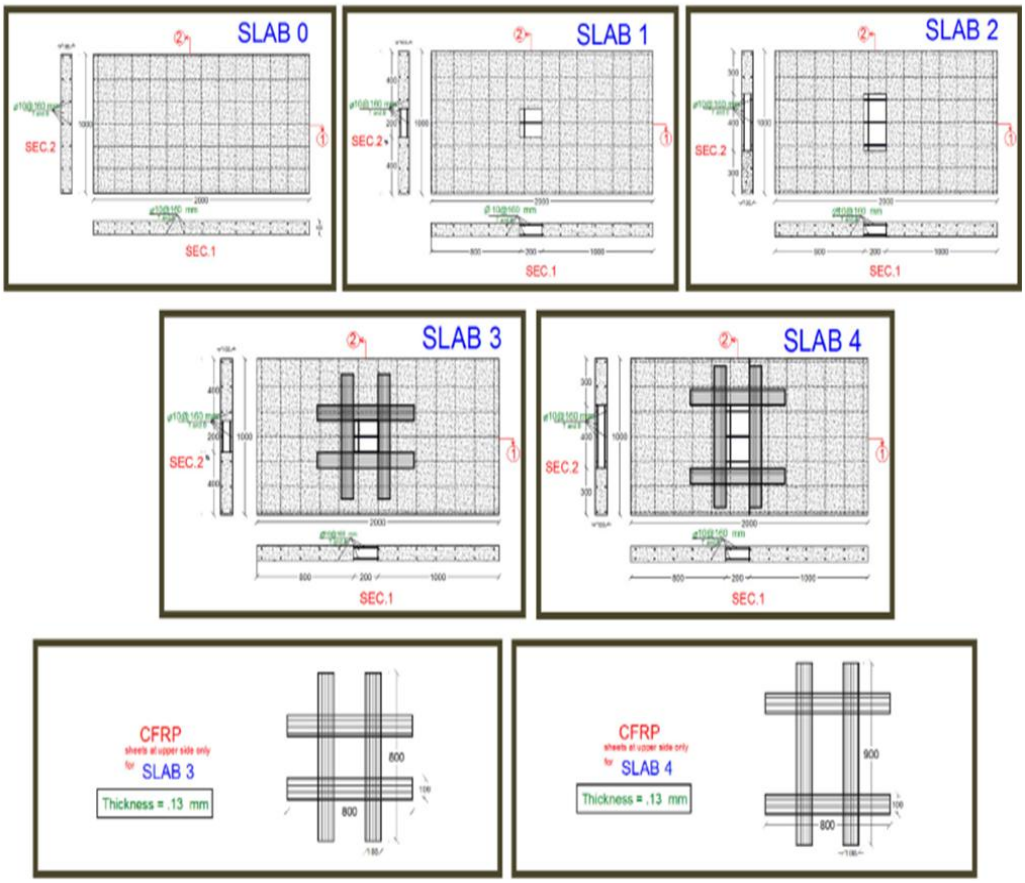
نتائج الدراسة :

1. استخدام أساليب تدعيم مختلفة تعطي استطاعة التحميل الحدية 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 (S3 وS6) أكبر من تشوه العينة (S1) بنسبة 46%، 48% على التوالي. لكن التشوه للعينات (S4 وS5) كانت أصغر من تشوه العينة (S1) بنسبة 9% و4% 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.

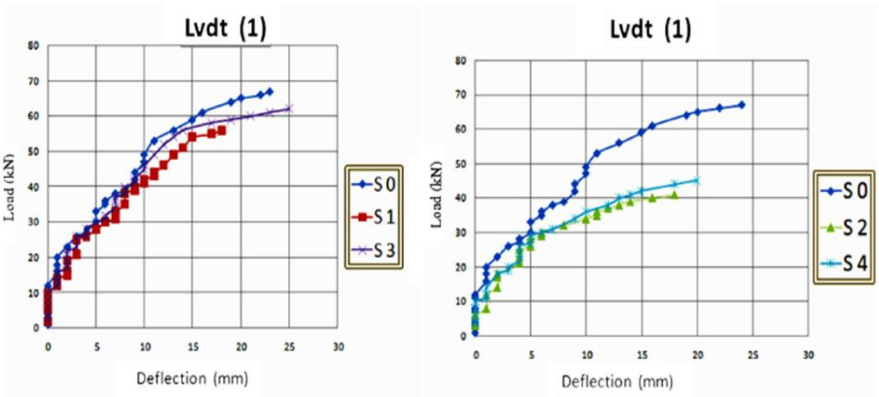
وقسمت البلاطات إلى مجموعتين تختلف بأبعاد الفتحة mm(200*200) للمجموعة/1/، mm(200*400) للمجموعة/2/، وكل مجموعة تضمنت بلاطة مع فتحة بلا تدعيم، وبلاطة مع فتحة مدعمة بالألياف الكربونية. يبين الشكل (10) البلاطة المختبرة مع تفاصيل التسليح، ويوضح أيضاً الإجراء المتخذ لمحاكاة حالة إحداث فتحة في بلاطة منفذة، من 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–انهارت البلاطة المرجعية والبلاطات غير المدعمة بالانعطاف بينما انهارت 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 التتالي مقارنة مع البلاطة المرجعية خاصة عندما تم تطبيق التدعيم باستخدام صفائح ال CFRP، نقصت التشوهات حوالي %(23 و 17) للمجموعتين 1 و 2 على التتالي خاصة عندما تم تطبيق التدعيم باستخدام صفائح CFRP.

خلاصة البحثين السابقين:

- لابد 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 والـ 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 :

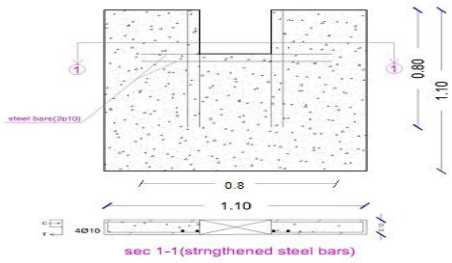
1- بلاطة بيتونية مسلحة من دون فتحة لمحاكاة البلاطة المرجعية [1] المطروقة سابقاً بأبعاد (1100*1100*100)mm .

2- بلاطة بيتونية مسلحة مع فتحة بدون تدعيم لمحاكاة البلاطة المرجعية التجريبية [1] المطروقة سابقاً بأبعاد (1100*1100*100)mm.

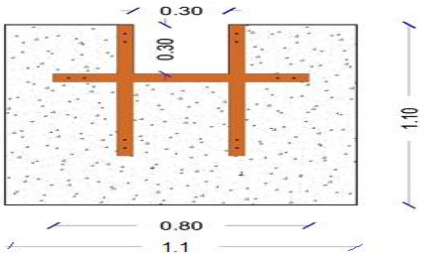
3- بلاطة بيتونية مسلحة مع فتحة وبتدعيم بصفائح CFRP لمحاكاة البلاطة المرجعية التجريبية [1] المطروقة سابقاً بأبعاد (1100*1100*100)mm .

- في هذه النماذج تمت محاكاة سلوك كل من البيتون المسلح، فولاذ التسليح، وصفائح التدعيم.

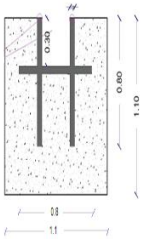
- كافة البلاطات كانت بأبعاد mm (1100*1100) وبسماكة mm(100) تم تسليح البلاطات على الانعطاف بتسليح سفلي ’10T10/m وبتسليح علوي ’8T10/m وبالاتجاهين وصفائح CFRP بأبعاد mm (800x50x1.2) .



الشكل (12) البلاطة المرجعية من دون فتحة



الشكل (13) البلاطة المرجعية مع فتحة وبدون تدعيم.

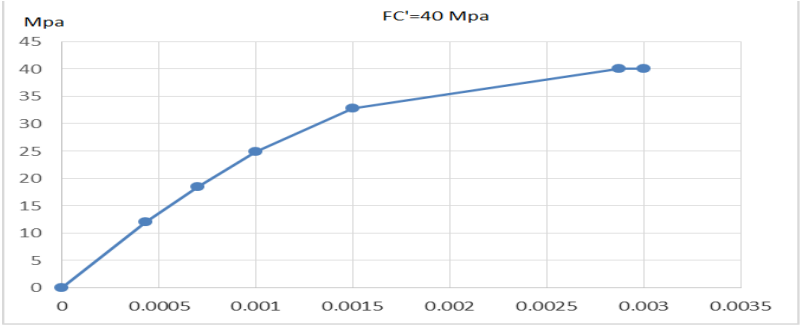


*الشكل (14) البلاطة المرجعية مع فتحة وبتدعيم بصفائح ال CFRP المستخدمة MM(1.2*50*800).*

2.4. المواصفات الميكانيكية للنموذج المدروس

1.2.4. البيتون

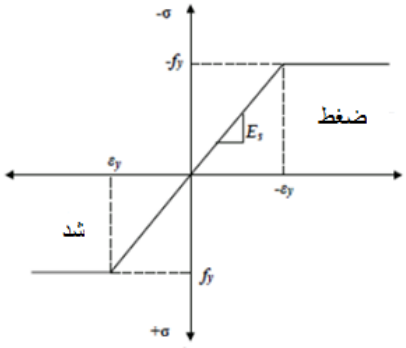
يبين الشكل التالي منحني (الاجهاد–الانفعال) والذي تم إدخاله للبرنامج.



الشكل(15): منحني (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): منحني (الإجهاد المحوري – الانفعال) لفولاذ التسليح

الجدول (2): خصائص فولاذ التسليح المدخلة للقضبان الطولية

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

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

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



الشكل (18): أشكال صفائح CFRP

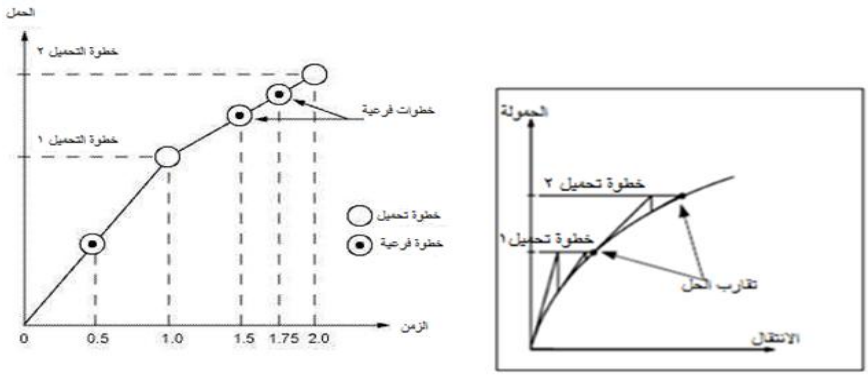
3.4. الدراسة النظرية

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،

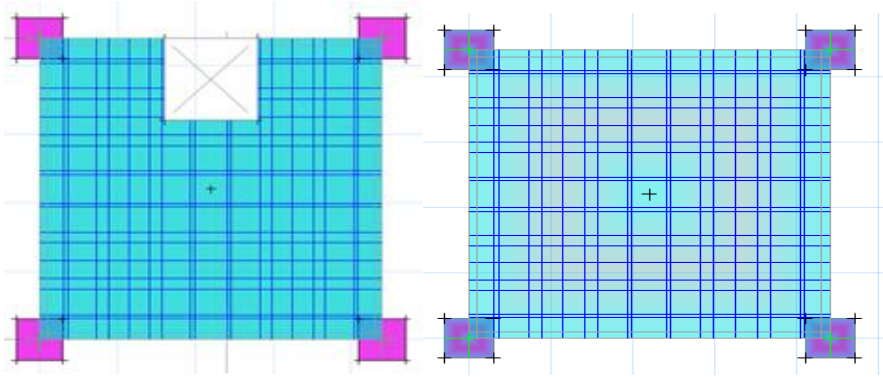
4.4. المواد والطرق التجريبية للبحث

1.4.4. التأكد من صحة البرنامج التحليلي ومدى مطابقته للدراسة المرجعية

- تمت نمذجة العينات التجريبية للدراسة المرجعية [1] المعتمدة في برنامج SAFE [7].

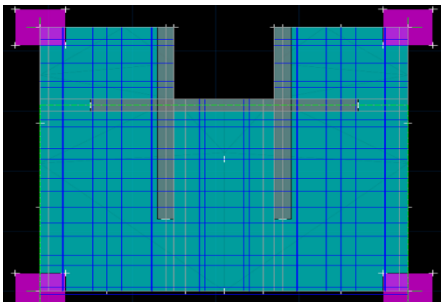
كخطوة اولية، يتطلب التحليل بطريقة العناصر المحدودة تقسيم العنصر إلى شبكة من العناصر المحدودة، بمعنى آخر يقسم النموذج إلى عدد كبير من العناصر الصغيرة وبعد التحليل تحسب الاجهادات والتشوهات في النقاط التكاملية لهذه العناصر.

وتبين الأشكال (23-22-21-20) نماذج البلاطات التي تم بناؤها بطريقة العناصر المحدودة في البرنامج:



الشكل (20): البلاطة المرجعية بدون فتحة

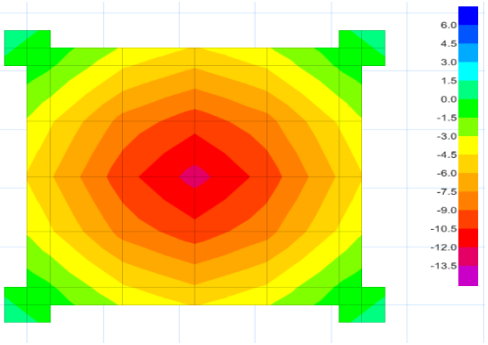
الشكل (21): البلاطة المرجعية مع فتحة CM(30*30) بدون تدعيم



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

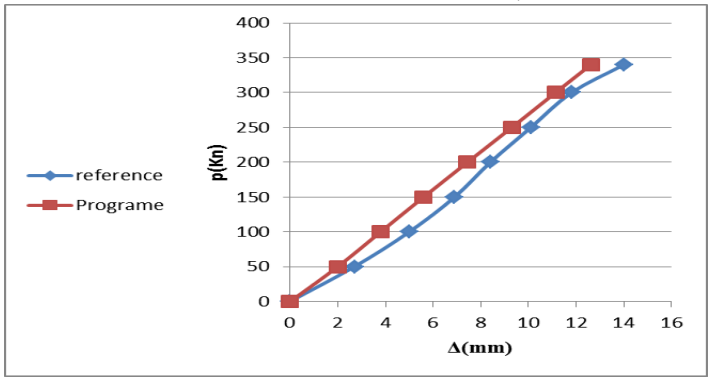
تمت مقارنة منحنيات (الحمولة – الانزياح الشاقولي) التي تم الحصول عليها تحليلياً مع [1] في مواقع عدة، وهي الانزياح الشاقولي لمقطع البلاطة عند منتصف البلاطة، وهي مبينة في الأشكال التالية:

- يبين الشكل التالي نمذجة البلاطة المرجعية بدون فتحة .



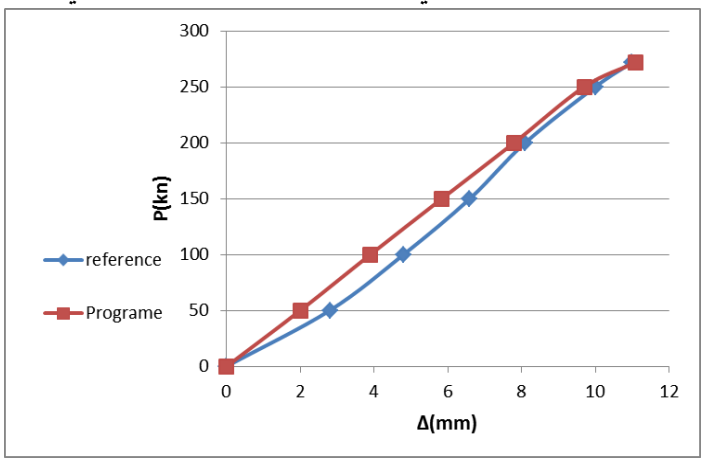
الشكل (23): كونتور الانتقالات للبلاطة المدروسة

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

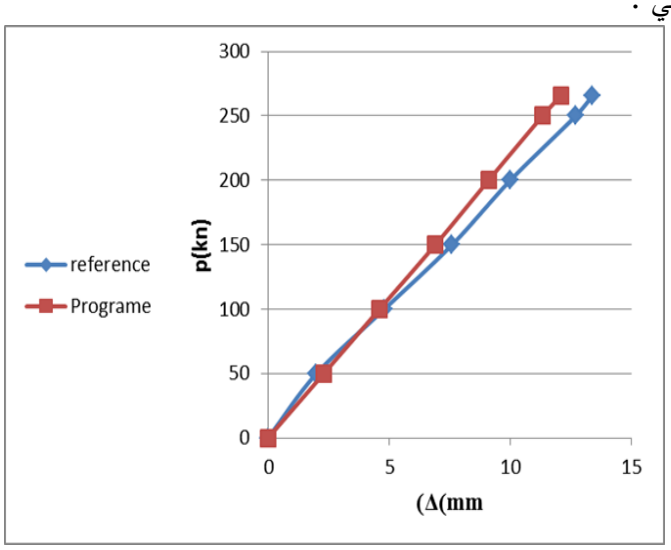
- وبنمذجة البلاطة المرجعية مع فتحة وبدون تدعيم وبالمقارنة مع الدراسة المرجعية تبين أن مخطط الحمولة – الانتقالات للنقطة في منتصف وأسفل البلاطة وفق مايلي:



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

- وبنمذجة البلاطة المرجعية مع فتحة وبتدعيم 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 الدراستين 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 وصفائح 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 1 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 محيطية, وبالتالي $\frac{L_1}{L_2} = 1 < \frac{4}{3} \ldots\ldots OK$

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

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

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

حيث : (L) المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين, وبالتالي :

t=600/32=18.75 cm >15cm وقد تم اعتماد سماكة كافة البلاطات 20cm أما بالنسبة لأبعاد العمود تم أخذ مقطعه مربع بأبعاد L/30=600/30=20 cm

5.4.4. خصائص المواد المستخدمة في النماذج

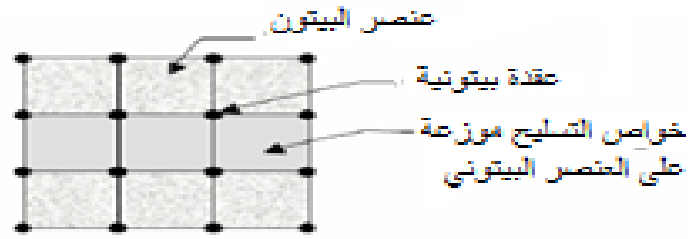
1.5.4.4. فولاذ التسليح

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

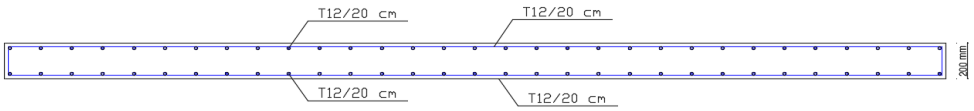
معامل المرونة	E = 210000 Mpa
الوزن الحجمي	78.5 KN/m3
إجهاد الخضوع للفولاذ	Fy=400 Mpa
إجهاد الإنقطاع للفولاذ	Fu=500 Mpa

- 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 أعتماد مقطع عرضي ثابت لكافة البلاطات المنمذجة والمدعمة بصفائح CFRP أبعادها (50*1.2)mm وتم تطبيق التدعيم حول حواف الفتحة المحدثة.

الجدول (8): الخواص المدخلة لصفائح CFRP

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

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 الحدية 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 -7-2) (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 الانهيار64 kN/m2, حيث تم التحميل حتى الوصول إلى 70% من حمولة الانهيار، وهي مبينة في الجداول رقم [9]:

الجداول رقم (9) تبين 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 (1-9): الانتقالات في البلاطات ذات المجاز الواحد وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.5558	93.35	------	محقق	0.5556	0.5556	33.39	S-0-REF
2.36	غير محقق		1.5190	91.14	2.34	محقق		0.5435	32.61	S0-M-8%
1.58	غير محقق		1.5312	91.87	1.55	محقق		0.5479	32.87	S0-M-12.5%
0.87	غير محقق		1.5422	92.53	0.84	محقق		0.5518	33.11	S0-M-16.67%
0.42	غير محقق		1.5493	92.96	0.39	محقق		0.5543	33.26	S0-M-20.8%
0.31	غير محقق		1.5510	93.06	0.28	محقق		0.5549	33.30	S0-M-25%
3.36	غير محقق		1.5035	90.21	1.11	محقق		0.5503	33.02	S0-R-8%
3.06	غير محقق		1.5082	90.49	3.05	محقق		0.5395	32.37	S0-R-12.5%
1.84	غير محقق		1.5272	91.63	1.83	محقق		0.5463	32.78	S0-R-16.67%
0.79	غير محقق		1.5682	94.09	0.77	غير محقق		0.5608	33.65	S0-R-20.8%
4.82	غير محقق		1.6345	98.07	4.84	غير محقق		0.5848	35.09	S0-R-25%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.3842	83.05	------	محقق	0.5556	0.4952	29.71	S-1-REF
2.10	غير محقق		1.3552	81.31	2.15	محقق		0.4845	29.07	S1-M-8%
1.55	غير محقق		1.3627	81.76	1.58	محقق		0.4873	29.24	S1-M-12.5%
1.10	غير محقق		1.3690	82.14	1.14	محقق		0.4895	29.37	S1-M-16.67%
1.00	غير محقق		1.3703	82.22	1.04	محقق		0.4900	29.40	S1-M-21.8%
1.29	غير محقق		1.3663	81.98	0.98	محقق		0.4903	29.42	S1-M-25%
2.96	غير محقق		1.3432	80.59	3.03	محقق		0.4802	28.81	S1-R-8%
2.85	غير محقق		1.3447	80.68	2.86	محقق		0.4810	28.86	S1-R-12.5%
1.79	غير محقق		1.3595	81.57	1.85	محقق		0.4860	29.16	S1-R-16.67%
0.65	غير محقق		1.3932	83.59	0.64	محقق		0.4983	29.90	S1-R-21.8%
4.86	غير محقق		1.4548	87.29	4.90	محقق		0.5207	31.24	S1-R-25%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.2410	74.46	------	محقق	0.5556	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-2C.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 (4-9): الانتقالات في البلاطات الطرفية وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.0967	65.80	------	محقق	0.5556	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 (5-9): الانتقالات في البلاطات الداخلية وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	0.9092	54.55	------	محقق	0.5556	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 (6-9): الانتقالات في البلاطات ذات المجاز الواحد وذات الفتحات الكبيرة غير المدعمة

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.5558	93.35	------	محقق	0.5556	0.5556	33.39	S-0-REF
0.49	غير محقق		1.5482	92.89	2.05	غير محقق		0.5682	34.09	S0-M-29%
0.72	غير محقق		1.5445	92.67	0.72	محقق		0.5525	33.15	S0-M-33.3%
0.73	غير محقق		1.5443	92.66	0.72	محقق		0.5525	33.15	S0-M-37.5%
0.19	غير محقق		1.5528	93.17	0.18	محقق		0.5555	33.33	S0-M-41.67%
1.09	غير محقق		1.5728	94.37	1.13	غير محقق		0.5628	33.77	S0-M-46%
9.85	غير محقق		1.7258	103.55	6.73	غير محقق		0.5967	35.80	S0-R-29%
15.44	غير محقق		1.8398	110.39	15.53	غير محقق		0.6588	39.53	S0-R-33.3%
21.24	غير محقق		1.9753	118.52	21.38	غير محقق		0.7078	42.47	S0-R-37.5%
27.27	غير محقق		2.1390	128.34	27.44	غير محقق		0.7670	46.02	S0-R-41.67%
27.91	غير محقق		1.5582	129.49	28.10	غير محقق		0.7740	46.44	S0-R-46%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.3842	83.05	------	محقق	0.5556	0.4952	29.71	S-1-REF
2.14	غير محقق		1.3545	81.27	12.69	غير محقق		0.5672	34.03	S1-M-29%
2.93	غير محقق		1.3436	80.62	2.93	محقق		0.4807	28.84	S1-M-33.3%
3.47	غير محقق		1.3361	80.17	3.47	محقق		0.4780	28.68	S1-M-37.5%
3.38	غير محقق		1.3374	80.25	3.37	محقق		0.4785	28.71	S1-M-41.67%
2.41	غير محقق		1.3508	81.05	2.39	محقق		0.4833	29.00	S1-M-46%
8.28	غير محقق		1.5091	90.55	21.36	غير محقق		0.6297	37.78	S1-R-29%
12.92	غير محقق		1.5895	95.37	12.98	غير محقق		0.5690	34.14	S1-R-33.3%
17.43	غير محقق		1.6763	100.58	17.52	غير محقق		0.6003	36.02	S1-R-37.5%
21.55	غير محقق		1.7645	105.87	21.67	غير محقق		0.6322	37.93	S1-R-41.67%
22.91	غير محقق		1.7955	107.73	23.03	غير محقق		0.6433	38.60	S1-R-46%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.2410	74.46	------	محقق	0.5556	0.4398	26.39	S-C-REF
4.67	غير محقق		1.1831	70.98	11.21	محقق		0.4954	29.72	SC-M-29%
4.58	غير محقق		1.1841	71.05	3.69	محقق		0.4236	25.42	SC-M-33.3%
7.35	غير محقق		1.1497	68.98	6.48	محقق		0.4113	24.68	SC-M-37.5%
9.20	غير محقق		1.1268	67.61	8.34	محقق		0.4032	24.19	SC-M-40.67%
8.67	غير محقق		1.1334	68.01	7.79	محقق		0.4056	24.33	SC-M-46%
4.09	غير محقق		1.1902	71.41	11.43	محقق		0.4966	29.80	SC-R-29%
24.69	غير محقق		1.6477	98.86	25.43	غير محقق		0.5899	35.39	SC-R-33.3%
17.73	غير محقق		1.5084	90.50	18.58	محقق		0.5402	32.41	SC-R-37.5%
17.70	غير محقق		1.5079	90.48	18.59	محقق		0.5403	32.42	SC-R-40.67%
27.08	غير محقق		1.7019	102.11	27.87	غير محقق		0.6098	36.59	SC-R-46%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.0967	65.80	------	محقق	0.5556	0.3833	23.00	S-E-REF
6.88	غير محقق		1.0212	61.27	10.36	محقق		0.4276	25.66	SE-M-29%
1.12	غير محقق		1.0090	60.54	5.83	محقق		0.3610	21.66	SE-M-33.3%
3.56	غير محقق		0.9699	58.20	9.48	محقق		0.3470	20.82	SE-M-37.5%
2.26	غير محقق		0.9452	56.71	11.78	محقق		0.3382	20.29	SE-M-40.67%
0.02	غير محقق		0.9450	56.70	11.79	محقق		0.3381	20.29	SE-M-46%
0.00	غير محقق		1.0129	60.78	9.30	محقق		0.4226	25.36	SE-R-29%
16.36	غير محقق		1.3112	78.67	18.33	محقق		0.4694	28.16	SE-R-33.3%
17.95	غير محقق		1.1951	71.70	10.43	محقق		0.4280	25.68	SE-R-37.5%
15.66	غير محقق		1.3003	78.02	17.72	محقق		0.4659	27.95	SE-R-40.67%
16.03	غير محقق		1.2701	76.21	15.76	محقق		0.4551	27.30	SE-R-46%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	0.9092	54.55	------	محقق	0.5556	0.3220	19.32	S-M-REF
9.78	غير محقق		0.8202	49.21	42.55	محقق		0.1850	11.10	SM-M-29%
5.46	غير محقق		0.8595	51.57	40.30	محقق		0.1922	11.53	SM-M-33.3%
8.18	غير محقق		0.8348	50.09	40.89	محقق		0.1904	11.42	SM-M-37.5%
9.71	غير محقق		0.8209	49.25	41.07	محقق		0.1898	11.39	SM-M-40.67%
9.80	غير محقق		0.8201	49.21	41.61	محقق		0.1880	11.28	SM-M-46%
19.74	غير محقق		0.7297	43.78	35.87	محقق		0.2065	12.39	SM-R-29%
8.90	غير محقق		0.8283	49.70	33.76	محقق		0.2133	12.80	SM-R-33.3%
9.77	غير محقق		0.8203	49.22	32.25	محقق		0.2182	13.09	SM-R-37.5%
7.53	غير محقق		0.8407	50.44	30.63	محقق		0.2234	13.40	SM-R-40.67%
0.74	غير محقق		0.9024	54.15	30.12	محقق		0.2250	13.50	SM-R-46%

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.5558	93.35	------	محقق	0.5556	0.5556	33.39	S0-REF
70.66	محقق		0.3977	23.86	71.30	محقق		0.1560	9.36	S0-M-8%-CFRP
70.66	محقق		0.3998	23.99	71.31	محقق		0.1572	9.43	S0-M-12.5%-CFRP
70.67	محقق		0.4015	24.09	71.34	محقق		0.1582	9.49	S0-M-16.67%-CFRP
70.66	محقق		0.4020	24.12	71.35	محقق		0.1588	9.53	S0-M-20.8%-CFRP
70.57	محقق		0.4022	24.13	71.40	محقق		0.1587	9.52	S0-M-25%-CFRP
75.36	محقق		0.4253	25.52	71.94	محقق		0.1544	9.26	S0-R-8%-CFRP
76.15	محقق		0.4388	26.33	71.33	محقق		0.1547	9.28	S0-R-12.5%-CFRP
77.14	محقق		0.4515	27.09	71.48	محقق		0.1558	9.35	S0-R-16.67%-CFRP
78.41	محقق		0.4618	27.71	71.71	محقق		0.1587	9.52	S0-R-20.8%-CFRP
78.79	محقق		0.4578	27.47	71.39	محقق		0.1673	10.04	S0-R-25%-CFRP

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.5558	93.35	------	محقق	0.5556	0.5556	33.39	S-0-REF
70.66	محقق		0.3977	23.86	71.30	محقق		0.1560	9.36	S0-M-8%-CFRP
70.66	محقق		0.3998	23.99	71.31	محقق		0.1572	9.43	S0-M-12.5%-CFRP
70.67	محقق		0.4015	24.09	71.34	محقق		0.1582	9.49	S0-M-16.67%-CFRP
70.66	محقق		0.4020	24.12	71.35	محقق		0.1588	9.53	S0-M-20.8%-CFRP
70.57	محقق		0.4022	24.13	71.40	محقق		0.1587	9.52	S0-M-25%-CFRP
75.36	محقق		0.4253	25.52	71.94	محقق		0.1544	9.26	S0-R-8%-CFRP
76.15	محقق		0.4388	26.33	71.33	محقق		0.1547	9.28	S0-R-12.5%-CFRP
77.14	محقق		0.4515	27.09	71.48	محقق		0.1558	9.35	S0-R-16.67%-CFRP
78.41	محقق		0.4618	27.71	71.71	محقق		0.1587	9.52	S0-R-20.8%-CFRP
78.79	محقق		0.4578	27.47	71.39	محقق		0.1673	10.04	S0-R-25%-CFRP

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.2410	74.46	------	محقق	0.4398	26.39	S-C-REF
70.91	محقق		0.3527	21.16	70.92	محقق		0.1261	7.56	SC-M-8%-CFRP
70.92	محقق		0.3544	21.26	70.89	محقق		0.1269	7.61	SC-M-12.5%-CFRP
71.13	محقق		0.3535	21.21	71.10	محقق		0.1265	7.59	SC-M-16.67%-CFRP
71.25	محقق		0.3523	21.14	71.21	محقق		0.1262	7.57	SC-M-20.8%-CFRP
71.12	محقق		0.3526	21.15	71.20	محقق	0.5556	0.1262	7.57	SC-M-25%-CFRP
71.89	محقق		0.3459	20.76	71.86	محقق		0.1238	7.43	SC-R-8%-CFRP
71.34	محقق		0.3453	20.72	71.33	محقق		0.1236	7.41	SC-R-12.5%-CFRP
71.29	محقق		0.3489	20.93	71.29	محقق		0.1247	7.48	SC-R-16.67%-CFRP
71.46	محقق		0.3563	21.38	71.51	محقق		0.1272	7.63	SC-R-20.8%-CFRP
71.70	محقق		0.3713	22.28	71.70	محقق		0.1329	7.97	SC-R-25%-CFRP

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	1.0967	65.80	------	محقق	0.3833	23.00	S-E-REF
71.44	محقق		0.3045	18.27	71.44	محقق		0.1089	6.53	SE-M-8%-CFRP
71.99	محقق		0.3050	18.30	71.97	محقق		0.1092	6.55	SE-M-12.5%-CFRP
72.16	محقق		0.3035	18.21	72.13	محقق		0.1086	6.52	SE-M-16.67%-CFRP
72.61	محقق		0.2975	17.85	72.57	محقق		0.1065	6.39	SE-M-20.8%-CFRP
72.03	محقق		0.3007	18.04	72.11	محقق	0.5556	0.1076	6.46	SE-M-25%-CFRP
72.49	محقق		0.2987	17.92	72.46	محقق		0.1069	6.41	SE-R-8%-CFRP
72.39	محقق		0.2984	17.90	72.37	محقق		0.1068	6.41	SE-R-12.5%-CFRP
72.44	محقق		0.3001	18.01	72.43	محقق		0.1073	6.44	SE-R-16.67%-CFRP
72.70	محقق		0.3032	18.19	72.74	محقق		0.1083	6.50	SE-R-20.8%-CFRP
73.10	محقق		0.3090	18.54	73.10	محقق		0.1106	6.64	SE-R-25%-CFRP

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	0.9092	54.55	------	محقق	0.3220	19.32	S-M-REF
74.97	محقق		0.2265	13.59	74.97	محقق		0.0810	4.86	SM-M-8%-CFRP
75.39	محقق		0.2266	13.59	75.37	محقق		0.0811	4.87	SM-M-12.5%-CFRP
75.62	محقق		0.2243	13.46	75.60	محقق		0.0803	4.82	SM-M-16.67%-CFRP
75.78	محقق		0.2219	13.32	75.75	محقق		0.0795	4.77	SM-M-20.8%-CFRP
75.81	محقق		0.2197	13.18	75.88	محقق	0.5556	0.0786	4.72	SM-M-25%-CFRP
75.85	محقق		0.2245	13.47	75.82	محقق		0.0804	4.82	SM-R-8%-CFRP
75.78	محقق		0.2241	13.45	75.77	محقق		0.0802	4.81	SM-R-12.5%-CFRP
75.80	محقق		0.2244	13.46	75.80	محقق		0.0802	4.81	SM-R-26.67%-CFRP
75.95	محقق		0.2244	13.47	75.99	محقق		0.0802	4.81	SM-R-20.8%-CFRP
76.23	محقق		0.2250	13.50	76.23	محقق		0.0805	4.83	SM-R-25%-CFRP

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

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%
S-0-REF	33.39	0.5556		محقق	------	93.35	1.5558		غير محقق	------
S0-M-29%-CFRP	9.48	0.1580		محقق	72.19	26.48	0.4413		محقق	71.49
S0-M-33.3%-CFRP	9.41	0.1568		محقق	71.61	26.29	0.4382		محقق	71.63
S0-M-37.5%-CFRP	9.33	0.1554		محقق	71.87	26.05	0.4342		محقق	71.89
S0-M-41.67%-CFRP	9.24	0.1541		محقق	72.27	25.82	0.4303		محقق	72.29
S0-M-46%-CFRP	9.16	0.1527	0.5556	محقق	72.87	25.58	0.4263	0.5556	محقق	72.89
S0-R-29%-CFRP	10.20	0.1700		محقق	71.51	28.43	0.4738		محقق	72.54
S0-R-33.3%-CFRP	10.68	0.1780		محقق	72.98	29.66	0.4943		محقق	73.13
S0-R-37.5%-CFRP	11.19	0.1865		محقق	73.65	30.94	0.5157		محقق	73.89
S0-R-41.67%-CFRP	11.53	0.1922		محقق	74.95	31.75	0.5291		محقق	75.26
S0-R-46%-CFRP	11.33	0.1888		محقق	75.60	31.20	0.5200		محقق	75.91

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

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%
S-1-REF	29.71	0.4952		محقق	------	83.05	1.3842		غير محقق	------
S1-M-29%-CFRP	8.48	0.1413		محقق	75.08	23.69	0.3948		محقق	70.85
S1-M-33.3%-CFRP	8.38	0.1396		محقق	70.95	23.40	0.3900		محقق	70.97
S1-M-37.5%-CFRP	8.26	0.1377		محقق	71.20	23.07	0.3845		محقق	71.22
S1-M-41.67%-CFRP	8.15	0.1358		محقق	71.61	22.76	0.3794		محقق	71.64
S1-M-46%-CFRP	8.06	0.1343	0.5556	محقق	72.22	22.47	0.3746	0.5556	محقق	72.27
S1-R-29%-CFRP	9.15	0.1525		محقق	75.78	25.52	0.4253		محقق	71.82
S1-R-33.3%-CFRP	9.47	0.1578		محقق	72.26	26.33	0.4388		محقق	72.39
S1-R-37.5%-CFRP	9.77	0.1628		محقق	72.88	27.09	0.4515		محقق	73.07
S1-R-41.67%-CFRP	10.01	0.1668		محقق	73.61	27.71	0.4618		محقق	73.83
S1-R-46%-CFRP	9.34	0.1557		محقق	75.80	27.47	0.4578		محقق	74.50

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

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%
S-C-REF	26.39	0.4398		محقق	------	74.46	1.2410		غير محقق	------
SC-M-29%-CFRP	7.75	0.1291		محقق	73.93	21.65	0.3608		محقق	69.51
SC-M-33.3%-CFRP	7.40	0.1234		محقق	70.88	20.68	0.3446		محقق	70.90
SC-M-37.5%-CFRP	7.20	0.1200		محقق	70.82	20.11	0.3352		محقق	70.85
SC-M-41.67%-CFRP	6.99	0.1165		محقق	71.11	19.52	0.3253		محقق	71.13
SC-M-46%-CFRP	6.80	0.1134	0.5556	محقق	72.05	18.97	0.3162	0.5556	محقق	72.10
SC-R-29%-CFRP	8.36	0.1393		محقق	71.96	23.30	0.3883		محقق	67.37
SC-R-33.3%-CFRP	8.55	0.1425		محقق	75.84	23.78	0.3963		محقق	75.95
SC-R-37.5%-CFRP	8.71	0.1451		محقق	73.13	24.15	0.4025		محقق	73.31
SC-R-41.67%-CFRP	8.85	0.1476		محقق	72.69	24.51	0.4085		محقق	72.91
SC-R-46%-CFRP	8.19	0.1365		محقق	77.61	24.09	0.4016		محقق	76.40

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

الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسموح	حالة السهم	%
S-E-REF	23.00	0.3833		محقق	------	65.80	1.0967		غير محقق	------
SE-M-29%-CFRP	6.26	0.1043		محقق	75.60	17.49	0.2915		محقق	71.46
SE-M-33.3%-CFRP	5.84	0.0973		محقق	73.05	16.30	0.2717		محقق	73.07
SE-M-37.5%-CFRP	5.81	0.0969		محقق	72.07	16.24	0.2707		محقق	72.10
SE-M-41.67%-CFRP	5.62	0.0936		محقق	72.32	15.69	0.2614		محقق	72.34
SE-M-46%-CFRP	5.41	0.0902	0.5556	محقق	73.33	15.10	0.2516	0.5556	محقق	73.38
SE-R-29%-CFRP	6.83	0.1138		محقق	73.09	19.03	0.3172		محقق	68.68
SE-R-33.3%-CFRP	6.87	0.1144		محقق	75.62	19.09	0.3181		محقق	75.74
SE-R-37.5%-CFRP	6.89	0.1148		محقق	73.18	19.10	0.3183		محقق	73.37
SE-R-41.67%-CFRP	7.01	0.1168		محقق	74.93	19.40	0.3233		محقق	75.14
SE-R-46%-CFRP	7.09	0.1182		محقق	74.02	20.86	0.3477		محقق	72.62

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					الانتقالات الموافقة للحمولة المسببة للانتقال المسموح به (16.1kn/m2)				
%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	%	حالة السهم	Δ/L% المسموح	Δ/L%	Δ(mm)	اسم النموذج
------	غير محقق	0.5556	0.9092	54.55	------	محقق	0.5556	0.3220	19.32	S-M-REF
73.70	محقق		0.2157	12.94	58.27	محقق		0.0772	4.63	SM-M-29%-CFRP
76.60	محقق		0.2011	12.07	62.54	محقق		0.0720	4.32	SM-M-33.3%-CFRP
77.41	محقق		0.1886	11.32	64.52	محقق		0.0675	4.05	SM-M-37.5%-CFRP
77.63	محقق		0.1836	11.02	65.36	محقق		0.0657	3.94	SM-M-4M.67%-CFRP
78.20	محقق		0.1788	10.73	65.92	محقق		0.0641	3.84	SM-M-46%-CFRP
71.62	محقق		0.2071	12.42	64.04	محقق		0.0743	4.46	SM-R-29%-CFRP
76.19	محقق		0.1972	11.83	66.75	محقق		0.0709	4.26	SM-R-33.3%-CFRP
76.43	محقق		0.1933	11.60	68.05	محقق		0.0697	4.18	SM-R-37.5%-CFRP
77.65	محقق		0.1879	11.27	69.62	محقق		0.0679	4.07	SM-R-4M.67%-CFRP
78.13	محقق		0.1973	11.84	70.18	محقق		0.0671	4.03	SM-R-46%-CFRP

- 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=27.35mm) ،وفي البلاطة ذات المجاز المستمر من طرف فكانت (L/237=25.34mm) ، بينما بالبلاطات الداخلية المستمر من طرفين ومن جهتين (L/443=13.55mm).
- 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/m2 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 بـCFRP 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).