

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

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

Dr. Ihssan AL Tarsha<sup>1</sup>, Prof. Dr. Turath Gharib<sup>1</sup>, Mohammed Nour Alomar<sup>1,\*</sup>

### 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.

---

<sup>1</sup> Faculty of Civil Engineering, Homs University, Homs, Syria.

\* Corresponding author. E-mail address: [AlNour-2017-2011@gmail.com](mailto:AlNour-2017-2011@gmail.com)

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

محمد نور العمر<sup>3</sup>

د. إحسان الطرشة<sup>1</sup> أ.د. تراث غريب<sup>2</sup>

## 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 المتنانة 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 وثيقية النموذج التحليلي المستخدم.

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

## 1. مقدمة

في بعض التطبيقات العملية، قد تبرز الحاجة إلى وجود فتحة في بلاطة فطرية مسلحة من البيتون المسلح، لقومن ممراً لقناء 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 صفات الـ CFRP من أهم المواد المستخدمة في تدعيم العناصر والمنشآت البيتونية على قوى الشد، أو عزوم الانعطاف، أو على القص والانعطاف معًا، نظراً لميزاتها وفعاليتها في استعادة نسبة عالية من المقاومة للعنصر الإنسائي.

خصصت العديد من الأبحاث لدراسة سلوك البلاطات البيتونية المسلحة مع فتحات محدثة ومدعمة بمواد ونمذاج مختلفة، لكن ما زالت معايير ومتطلبات تصميم التدعيم الخارجي غير واضحة في حالة الفتحة المنفذة بعد الصب، فجاء هذا البحث متضمناً اختبارات تحليلية ليكون جزءاً ريفياً 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 اذا كانت نسبتاً بعيداً في الاتجاهين لمجاري البلاطة في الاتجاهين الموازيين لاتبعدي  $1/4$  أما إذا كانت أكبر من  $1/4$  فتصنف الفتحة كبيرة وكانت مختلفة الموقع أيضاً بين داخلية وظرفية مقواة أو غير مقواة بصفائح الـ 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 صفات الـ CFRP كتسليح خارجي لفتحات المحدثة في البلاطات البيتونية المسلحة.

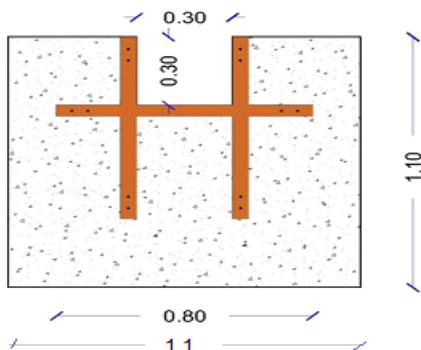
### 1.2. الأبحاث والدراسات المنجزة حول تدعيم منطقة الفتحة في بلاطة بيتوية منفذة

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

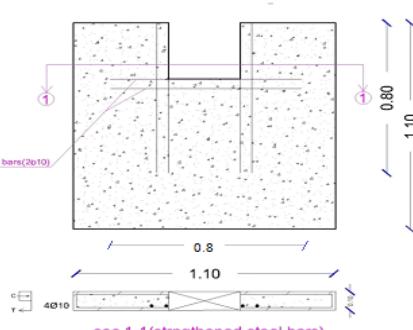
النتائج المقدمة في هذه الدراسة هي لبرنامج تجريبي منجز في مخبر جامعة القاهرة في مصر لتحري كفاءة استخدام الألياف الكربونية في الحد من الشقوق الموضعية حول فتحة طرفية في بلاطة، واستعادة مقاومة البلاطة التي تم فقدانها نتيجةً لإحداث الفتحة.

تم اختبار البلاطات بأبعاد  $1100 \times 1100 \times 100$  mm تحت تأثير حمولة موزعة وكان التسلیح لکافة البلاطات كتسليح سفلي وبالاتجاهين  $10 \times 10 / m$  وتسليحها  $80 \times 10 / m$  كتسليح علوي وبالاتجاهين ، وأخذ عدة متغيرات للدراسة متضمنة أبعاد الفتحة وطرق تدعيمها، حيث تم اختبار ست بلاطات بيتونية مسلحة، أربع منها مدمعة بأربع طرق مختلفة حول الفتحة، وواحدة من دون تدعيم، وواحدة بقیت مرجعیة دون فتحة، وتمت دراسة تأثير التدعیم على السهم والانفعال والتشقق وحمولة الانهيار القصوى، وقد تم دراسة أربع طرق للتدعیم:

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

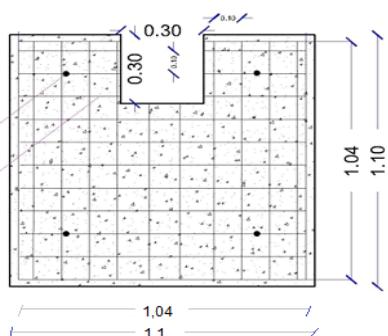


الشكل (2) التدعیم بإضافة قضبان فولاذية [II]



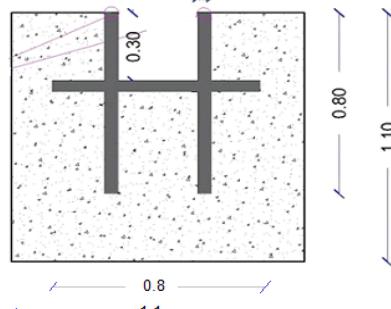
الشكل (1) التدعیم بإضافة قضبان فولاذية [I]

الطريقة الرابعة: إضافة شبكة معدني في منكمة الشد مع تغليفه بمونة اسمنتية عالية المقاومة:



الشكل (4) التدعیم بإضافة شبكة معدني(فيروسمنت) [II]

الطريقة الثالثة: إضافة صفائح CFRP على محیط الفتحة:



الشكل (3) التدعیم بإضافة صفائح CFRP [I] على محیط الفتحة

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

خض وجد 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.

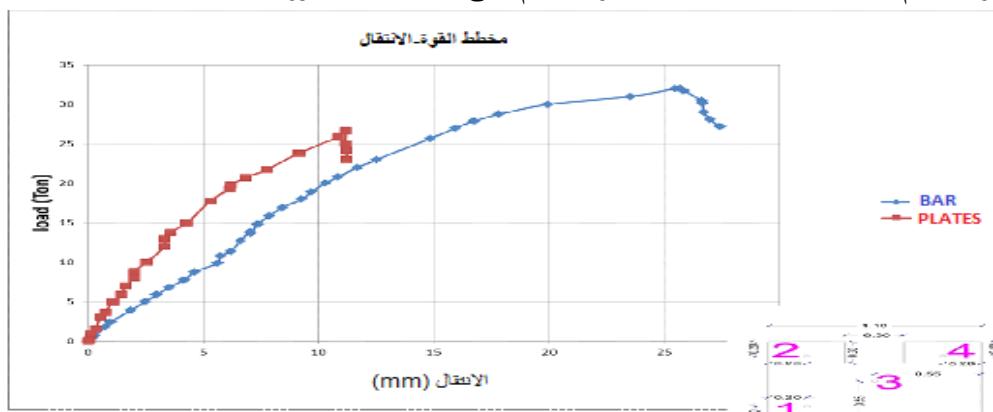


الشكل (5): آلية تطبيق الاختبار للبلاطة في دراسة [1]



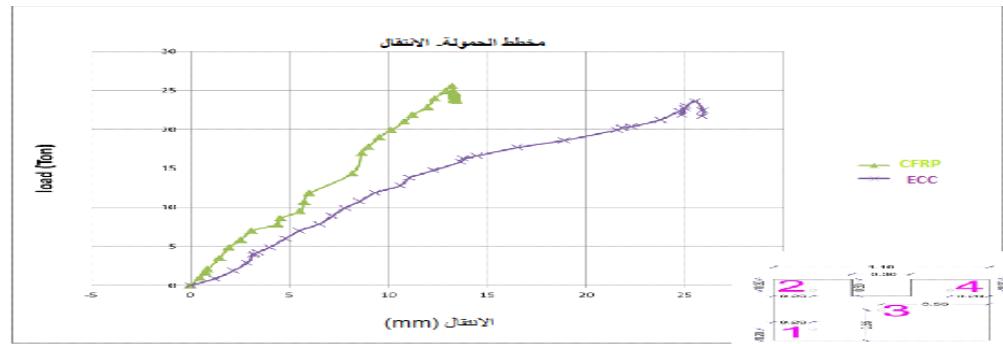
الشكل (6): تفاصيل البلاطات المختبرة: التسلیح الداخلي والخارجي المختبرة [1]

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



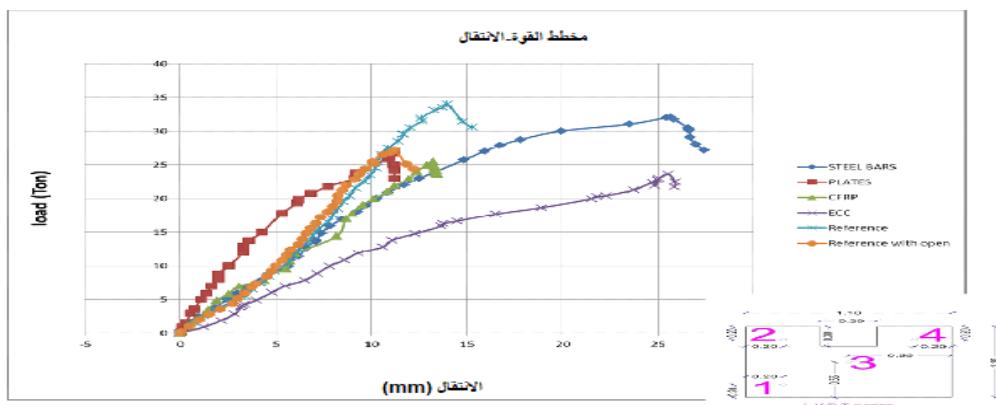
الشكل (7): مخطط (الحمولة - السهم) للبلاطات

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]



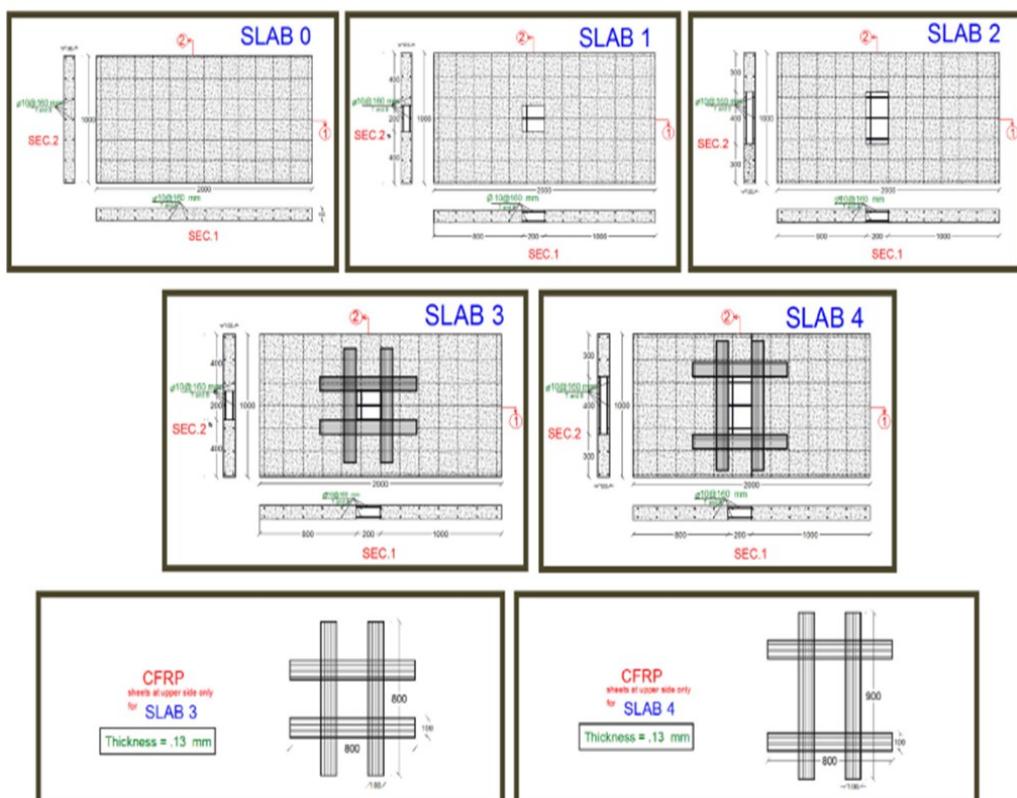
الشكل (9): مخطط (الحمولة - السهم) للبلاطات [1]

### 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 بمقادير 21% بعد إحداث الفتحة.
- 3- كان تشوه العينات (S3 و S6) أكبر من تشوه العينة (S1) بنسبة 46%， 48% على التوالي.  
لكن التشوه للعينات (S4 و S5) كانت أصغر من تشوه العينة (S1) بنسبة 6% 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]

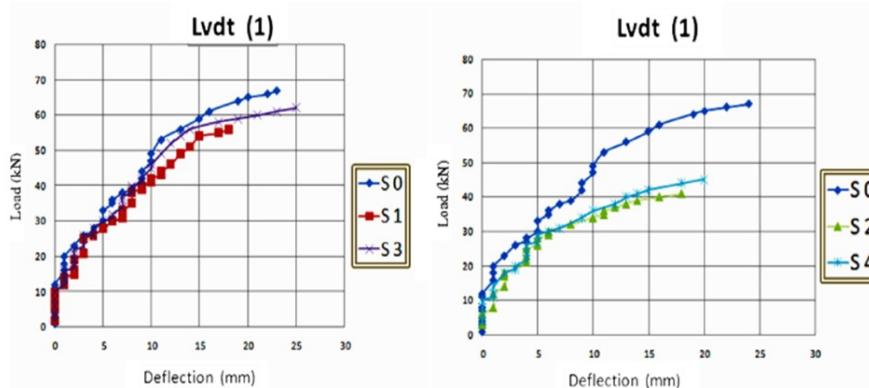
وهي دراسة لكفاءة تدعيم البلاطات الحاوية على فتحة كبيرة وصغيرة محدثة، وذلك باستخدام البوليمرات المسلحة بالألياف الكربونية CFRP، ضمن البرنامج التجاريي خمس بلاطات، الأولى مرجعية دون فتحة، والبلاطات الباقيه فيها فتحة واقعة ضمن البلاطة. وقسمت البلاطات إلى مجموعتين مختلف بأبعاد الفتحة (200\*200)mm (المجموعة/1)، (200\*400)mm (المجموعة/2)، وكل مجموعة تضمنت بلاطة مع فتحة بلا تدعيم، وبلاطة مع فتحة مدعمة بالألياف الكربونية. يبين الشكل (10) البلاطة المختبرة مع تفاصيل التسلیح، ويوضح أيضاً الإجراء المتخذ لمحاکاة حالة إحداث فتحة في بلاطة منفذة، من خلال اقتطاع التسلیح المار بمقطع الفتحة لتأخذ الشكل U أثناء تشكیل قصص التسلیح.



الشكل (10): تفاصيل البلاطات المختبرة [2]

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

		العينات المجموعات	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:**

- انهارت البلاطة المرجعية والبلاطات غير المدعمة بالانعطاف بينما انهارت البلاطات المدعمة نتيجة انقطاع في صفائح CFRP
- الحملات الحدية زادت بنسبة حوالي 10.7% و 9.7% زيادة قليلة ومتواضعة للمجموعتين 1 و 2 على التالي مقارنة مع البلاطة المرجعية خاصة عندما تم تطبيق التدعيم باستخدام صفائح ال CFRP، نقصت التشوهات حوالي 23% و 17% للمجموعتين 1 و 2 على التالي 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 متطرفة 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 الびتונית 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 شعور شعور مبكرة فيها كما تضمن صلاحية الاستثمار وديمومة أطول لها.

### 3. منهجة البحث

تم استخدام برنامج SAFE 16.02 [7] لتحديد سلوك وقدرة تحمل البلاطات الびتונית 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.

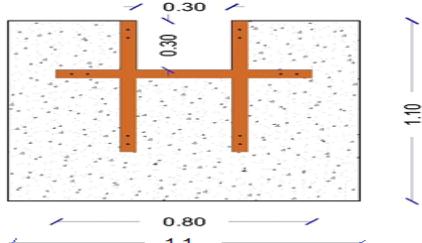
### 4. مواد وطرق البحث

#### 1.4. وصف عام للنماذج المدرسوة (المواصفات البعدية والتسليح)

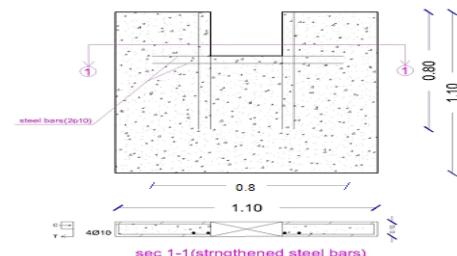
تمت نماذج البلاطات التالية الموجودة بالدراسة المرجعية وذلك للتحقق من دقة النموذج التحليلي وإثبات وثويته وإمكانية استخدامه في دراستنا :

- 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 وبدعم 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.

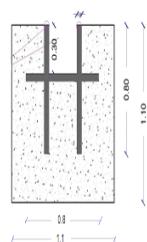
- كافة البلاطات كانت بأبعاد mm (1100\*1100) وبسمكية (100) mm تم تسلیح البلاطات على الانعطاف بتسلیح سفلي ' 10T10/m' و بتسلیح علوي ' 8T10/m' وبالاتجاهين وصفائح . (800x50x1.2) mm بأبعاد CFRP



الشكل (13) البلاطة المرجعية مع فتحة وبدون تدعيم.



الشكل (12) البلاطة المرجعية من دون فتحة وبدون تدعيم.

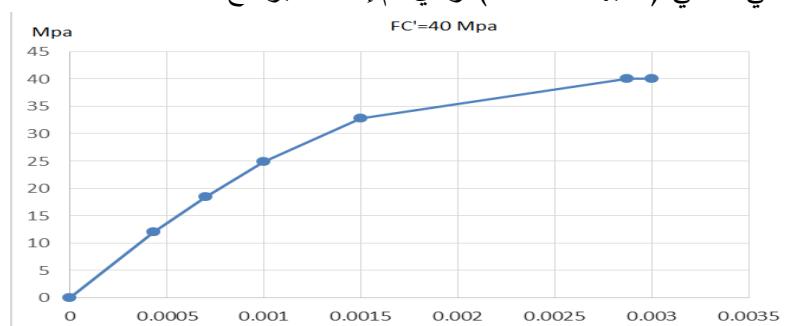


الشكل (14) البلاطة المرجعية مع فتحة وبدعم بصفائح ال CFRP المستخدمة (800\*50\*1.2) MM.

## 2.4. المواصفات الميكانيكية للنموذج المدروس

### 1.2.4. البيتون

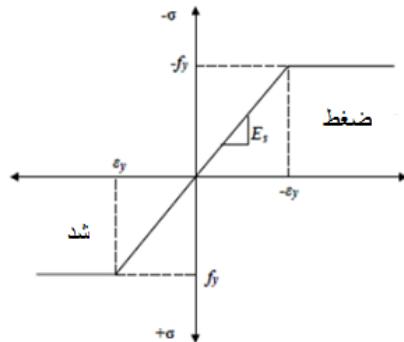
يبين الشكل التالي منحني (الاجهاد-الانفعال) والذي تم إدخاله للبرنامج.



الشكل(15): منحني (الاجهاد-الانفعال ) للبيتون المدخل للبرنامج

#### 2.2.4. فولاذ التسلیح

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



الشكل (16): منحني (الإجهاد المحوري - الانفعال) لفولاذ التسلیح

الجدول (2): خصائص فولاذ التسلیح المدخلة للقضبان الطولية

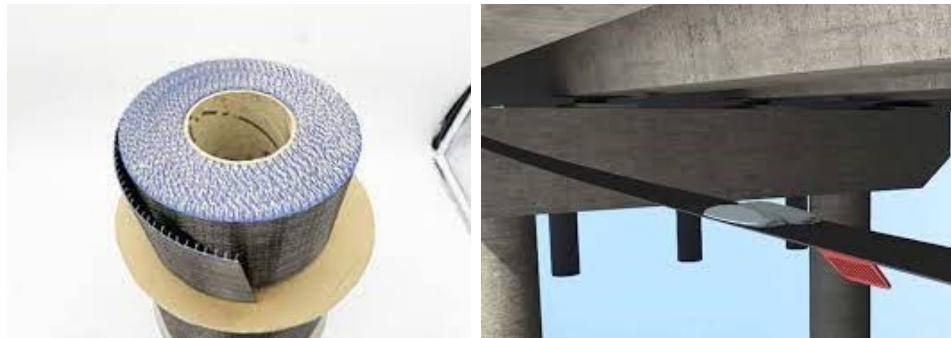
$E = 210000 \text{ Mpa}$	معامل المرنة
$78.5 \text{ KN/m}^3$	الوزن الجبی
$F_y=400 \text{ Mpa}$	إجهاد الخضوع
$F_u=500 \text{ Mpa}$	إجهاد الإنقطاع

#### 3.2.4. صفائح التدعیم CFRP

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

الجدول (3): خصائص صفائح التدعیم CFRP

$E = 165000 \text{ Mpa}$	معامل المرنة
$\mu = 0.3$	معامل بواسون
$F_y=3100 \text{ Mpa}$	إجهاد الخضوع للفولاذ
$F_u=3800 \text{ Mpa}$	إجهاد الإنقطاع للفولاذ



الشكل (18): أشكال صفات CFRP

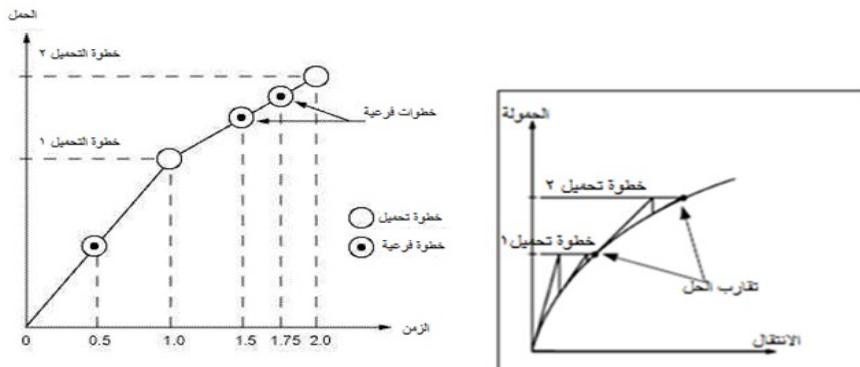
### 3.4. الدراسة النظرية

#### 1.3.4. التحليل اللاخطي

لا يمكن تمثيل السلوك اللاخطي للعناصر مباشرة بمجموعة من المعادلات الخطية، وإنما يجب إدخال تقرير 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 تحمل، وقد تم اعتماد خيار التجزئة وفق طريقة نيوتن - رافسون المعدلة (Modified Newton-Raphson Method)، وتمكن هذه الطريقة من تجزئة الخطوات الرئيسية والفرعية ضمنها أيضاً، وذلك لتفادي تراكم الخطأ في تطبيق خطوة الحمولة، ومن ثم تصبح النتائج الأخيرة أقرب للتوازن، حيث قبل كل حل، يتم تقدير 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 تحمل، ليعكس بذلك التغيرات اللاخطية في القساوة الإنسانية (Structural Stiffness)، وذلك قبل المضي في تطبيق الخطوة التالية، هذه التغيرات في القساوة الإنسانية سببها وجود التشوهات في العنصر وخضوع فولاذ التسليح. يؤمن التكرار في معادلة نيوتن رافسون التقارب عند نهاية كل خطوة تحمل (ترزيز الحمولة) ضمن حدود التسامح tolerance limits [3-6].

ويبيّن الشكل (19) إجراء نيوتن - رافسون في تحليل لخطي بدرجة حرية واحدة .



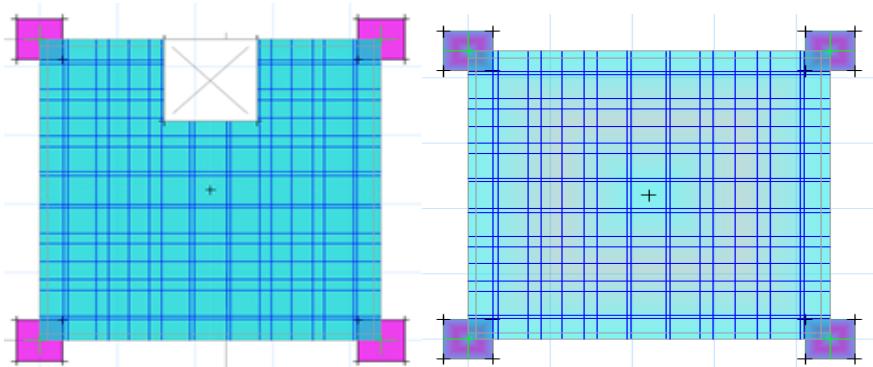
الشكل (19): الحل بطريقة نيوتن - رافسون المعدلة

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

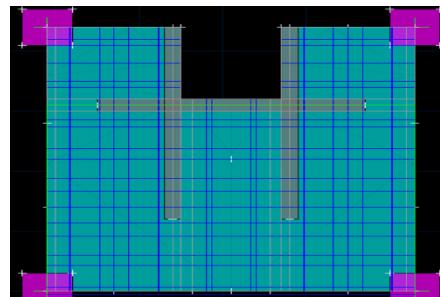
#### 4.4. المواد والطرق التجريبية للبحث

##### 1.4.4. التأكيد من صحة البرنامج التحليلي ومنى مطابقته للدراسة المرجعية

- تمت نمذجة العينات التجريبية للدراسة المرجعية [1] المعتمدة في برنامج SAFE [7].  
خطوة 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 الإجهادات والتتشوهات في النقاط التكاملية لهذه العناصر.  
وتبيّن الأشكال (20-21-22-23) نماذج البلاطات التي تم بناؤها بطريقة العناصر المحدودة في البرنامج:



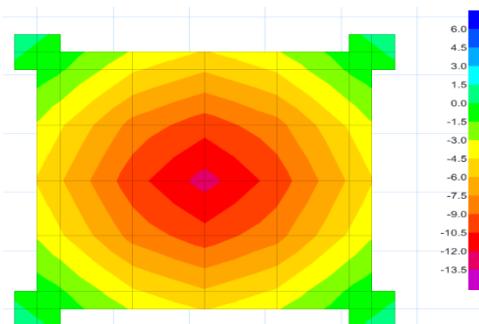
الشكل (20): البلاطة المرجعية بدون فتحة (30\*30 CM)  
بدون تدعيم



الشكل (22): البلاطة المرجعية مع فتحة  $30 \times 30\text{ CM}$  وبنطاعم بصفائح ال  $\text{CFRP}$  المستخدمة  $800 \times 50 \times 1.2\text{ MM}$ .

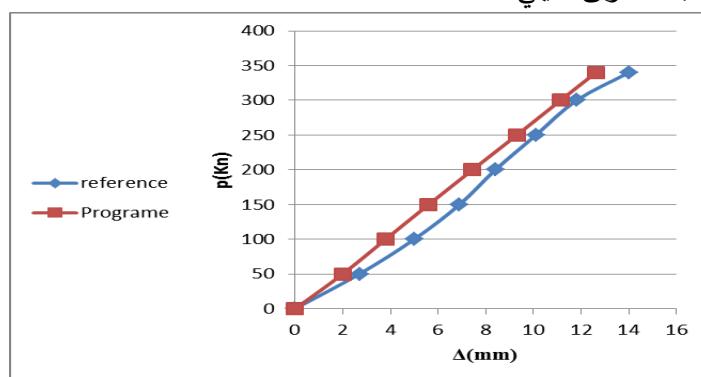
تمت مقارنة منحنيات (الحمولة - الانزياح الشاقولي) التي تم الحصول عليها تطليباً مع [1] في موقع عد، وهي الانزياح الشاقولي لقطع البلاطة عند منتصف البلاطة، وهي مبينة في الأشكال التالية:

- يبيّن الشكل التالي نمذجة البلاطة المرجعية بدون فتحة .



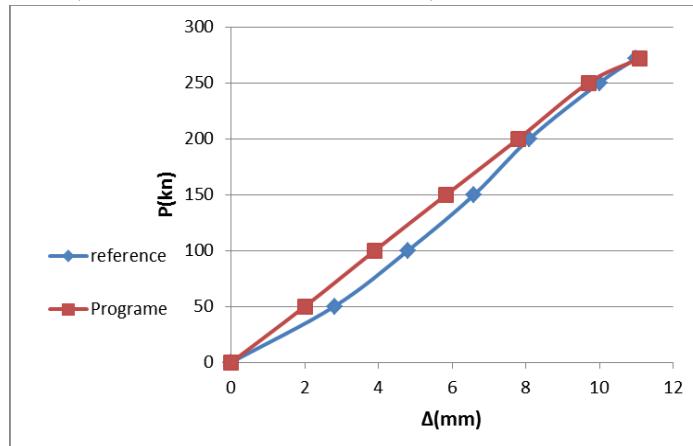
الشكل (23): كونتور الانتقادات للبلاطة المدرستة

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



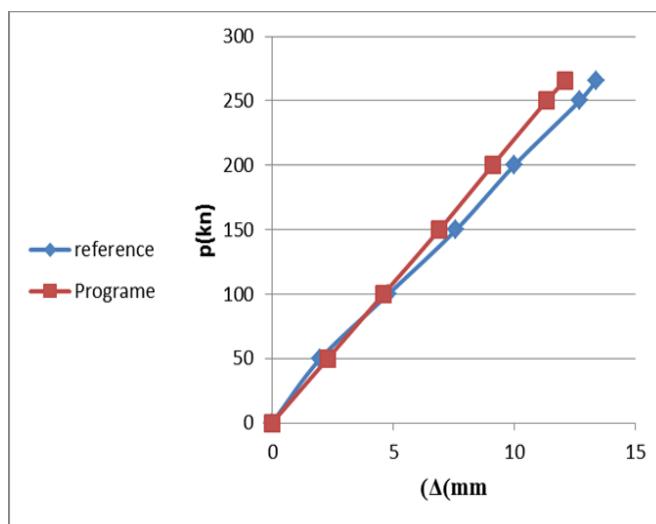
الشكل (24): المقارنة بين انتقالات البلاطة المدرستة مع البلاطة المرجعية

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



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

- وينمذجة البلاطة المرجعية مع فتحة وبتدعم بصفائح ال CFRP وبالمقارنة مع الدراسة المرجعية تبين أن مخطط الحمولة - الانقلالات للنقطة في منتصف وأسفل البلاطة وفق مايلي :



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

- مما سبق وبعد استعراض كافة المقارنات بين نتائج الدراستين التجريبية والتحليلية وجد أن هناك تقاربًا 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 نمنجة ومحاكاة سلوك كلٍ من البيتون المسلح، فولاذ التسليح، صفائح التدعيم، وبالتالي يمكن استخدامه كأدلة عدبية 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 نمنجة 210 نماذج وفق المتغيرات المدروسة في هذا البحث.

#### 3.4.4 المتغيرات المأخوذة في البحث

تم إنشاء جدول يبين رموز المنحنيات للنماذج التي تمت النمنجة 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 بمحاز بدون استمرارية.

الرمز 1 يشير إلى البلاطة بمحاز 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-O-REF				
SO-M-25%	SO-M-20.8%	SO-M-16.67%	SO-M-12.5%	SO-M-8%
SO-R-25%	SO-R-20.8%	SO-R-16.67%	SO-R-12.5%	SO-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 ل بلاطة نموذجية واقعية ذات مجاز بسيط بأبعاد  $(6 \times 6 \times 6)$  cm ل بلاطة فطرية بدون جوانز

$$\frac{L_1}{L_2} = 1 < \frac{4}{3} \dots OK$$

ومن ثم تم حساب السماكة لل بلاطة 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
بدون سقوط	مع سقوط	بدون سقوط	مع سقوط	
40	36	36	32	L/t

حيث : (L) المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين، وبالتالي :  $L=600/32=18.75 \text{ cm}$   $15 \text{ cm} > L=600/30=20 \text{ cm}$  وقد تم اعتماد سماكة كافة البلاطات 20cm أما بالنسبة لأبعاد العمود

$$L/30=600/30=20 \text{ cm}$$

#### 5.4.4 خصائص المواد المستخدمة في النماذج

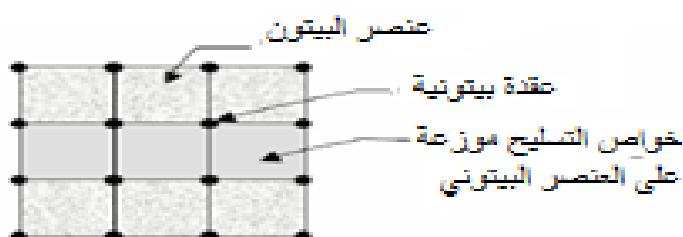
##### 1.5.4.4 فولاذ التسلیح

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

الجدول (6): خصائص مادة فولاذ التسلیح

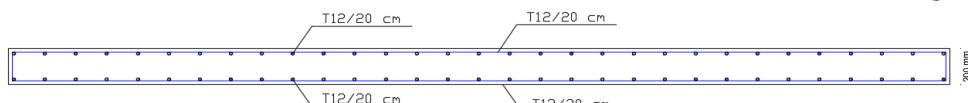
$E = 210000 \text{ Mpa}$	معامل المرنة
$78.5 \text{ KN/m}^3$	الوزن الحجمي
$F_y=400 \text{ Mpa}$	إجهاد الخضوع للفولاذ
$F_u=500 \text{ Mpa}$	إجهاد الإنقطاع للفولاذ

- تم استخدام النموذج الضمني (المنتشر) في دراستنا.



الشكل (27): نموذج محاكاة التسلیح

تم تصميم البلاطة وحساب التسلیح واعتماد شبکتی تسلیح علوية وسفلية وبالاتجاهين بقيمة أصغرية .  $5T12/m$  للتلیح



الشكل (28): مقطع عرضي يبيّن التسلیح في البلاطة المستخدمة

##### 2.5.4.4 صفائح التدعیم CFRP

يعتبر سلوك صفائح CFRP مرجناً - 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 المنفذة والمدعمة بصفائح CFRP أبعادها  $50*1.2)(mm$  ) وتم تطبيق التدعیم حول حواف الفتحة المحدثة.

**الجدول (8): الخواص المدخلة لصفائح CFRP**

$E = 165000 \text{ Mpa}$	معامل المرونة
$\mu = 0.3$	معامل بواسون
$F_y=3100 \text{ Mpa}$	إجهاد الخضوع للفولاذ
$F_u=3800 \text{ Mpa}$	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 الحدية وقيم الانزياح الشاقولي الموفق .

### 1.5. العلاقة بين الحمولة والانزياح الشاقولي

تم حساب الإنقال المسموح كما هو وارد بالكود العربي السوري [8] كما في الجدول في البند (2-7-1) من العلاقة  $L/180$  وكانت قيمة هذا الإنقال  $33.3\text{mm}$  وتم استخراج الحمولة الموافقة للإنقال المسموح من البرنامج فكانت القيمة  $16.1 \text{ kN/m}^2$  وكانت حمولة الانهيار  $64 \text{ kN/m}^2$ , حيث تم التحميل حتى الوصول إلى  $70\%$  من حمولة الانهيار، وهي مبينة في الجداول رقم [9]:

الجدول 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 وزنات الفتحات الصغيرة غير المدعمة**

اسم النموذج	الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار ( $16.1\text{kn/m}^2$ )				الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار ( $45\text{kn/m}^2$ )				
	$\Delta(\text{mm})$	$\Delta/\text{L}\%$	حالات السهم	%	$\Delta(\text{mm})$	$\Delta/\text{L}\%$	حالات السهم	%	
S-0-REF	33.39	0.5556	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	غير متحقق	-----
S0-M-8%	32.61	0.5435		محقق	2.34	91.14	1.5190	غير متحقق	2.36
S0-M-12.5%	32.87	0.5479		محقق	1.55	91.87	1.5312	غير متحقق	1.58
S0-M-16.67%	33.11	0.5518		محقق	0.84	92.53	1.5422	غير متحقق	0.87
S0-M-20.8%	33.26	0.5543		محقق	0.39	92.96	1.5493	غير متحقق	0.42
S0-M-25%	33.30	0.5549		محقق	0.28	93.06	1.5510	غير متحقق	0.31
S0-R-8%	33.02	0.5503		محقق	1.11	90.21	1.5035	غير متحقق	3.36
S0-R-12.5%	32.37	0.5395		محقق	3.05	90.49	1.5082	غير متحقق	3.06
S0-R-16.67%	32.78	0.5463		محقق	1.83	91.63	1.5272	غير متحقق	1.84
S0-R-20.8%	33.65	0.5608		غير متحقق	0.77	94.09	1.5682	غير متحقق	0.79
S0-R-25%	35.09	0.5848		غير متحقق	4.84	98.07	1.6345	غير متحقق	4.82

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

الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار للانتقال المسموح به (16.1kn/m <sup>2</sup> )						الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%			
S-1-REF	29.71	0.4952	0.5556	محقق	-----	83.05	1.3842	غير محقق	-----		
S1-M-8%	29.07	0.4845		محقق	2.15	81.31	1.3552	غير متحقق	2.10		
S1-M-12.5%	29.24	0.4873		محقق	1.58	81.76	1.3627	غير متحقق	1.55		
S1-M-16.67%	29.37	0.4895		محقق	1.14	82.14	1.3690	غير متحقق	1.10		
S1-M-21.8%	29.40	0.4900		محقق	1.04	82.22	1.3703	غير متحقق	1.00		
S1-M-25%	29.42	0.4903		محقق	0.98	81.98	1.3663	غير متحقق	1.29		
S1-R-8%	28.81	0.4802		محقق	3.03	80.59	1.3432	غير متحقق	2.96		
S1-R-12.5%	28.86	0.4810		محقق	2.86	80.68	1.3447	غير متحقق	2.85		
S1-R-16.67%	29.16	0.4860		محقق	1.85	81.57	1.3595	غير متحقق	1.79		
S1-R-21.8%	29.90	0.4983		محقق	0.64	83.59	1.3932	غير متحقق	0.65		
S1-R-25%	31.24	0.5207		محقق	4.90	87.29	1.4548	غير متحقق	4.86		

**الجدول (9-3): الانقلالات في البلاطات الركينية وذات الفتحات الصغيرة غير المدعمة**

الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (16.1kn/m <sup>2</sup> )						الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%			
S-C-REF	26.39	0.4398	0.5556	محقق	-----	74.46	1.2410	غير متحقق	-----		
SC-M-8%	26.01	0.4335		محقق	1.44	72.75	1.2125	غير متحقق	2.30		
SC-M-12.5%	26.15	0.4358		محقق	0.91	73.12	1.2187	غير متحقق	1.80		
SC-M-16.67%	26.26	0.4377		محقق	0.48	73.45	1.2242	غير متحقق	1.35		
SC-M-2C.8%	26.29	0.4382		محقق	0.37	73.53	1.2255	غير متحقق	1.25		
SC-M-25%	26.29	0.4381		محقق	0.39	73.25	1.2209	غير متحقق	1.62		
SC-R-8%	26.40	0.4399		محقق	0.03	73.84	1.2307	غير متحقق	0.83		
SC-R-12.5%	25.86	0.4310		محقق	2.02	72.29	1.2048	غير متحقق	2.92		
SC-R-16.67%	26.07	0.4345		محقق	1.22	72.92	1.2153	غير متحقق	2.07		
SC-R-20.8%	26.79	0.4465		محقق	1.50	74.90	1.2484	غير متحقق	0.59		
SC-R-25%	28.17	0.4695		محقق	6.32	78.71	1.3119	غير متحقق	5.40		

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

الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (16.1kn/m <sup>2</sup> )						الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%			
S-E-REF	23.00	0.3833	0.5556	محقق	-----	65.80	1.0967	غير متحقق	-----		
SE-M-8%	22.87	0.3812		محقق	0.57	63.97	1.0661	غير متحقق	2.79		
SE-M-12.5%	23.37	0.3895		محقق	1.58	65.35	1.0891	غير متحقق	0.00		
SE-M-16.67%	23.39	0.3899		محقق	1.68	65.42	1.0904	غير متحقق	0.00		
SE-M-20.8%	23.30	0.3883		محقق	1.28	65.15	1.0859	غير متحقق	0.41		
SE-M-25%	23.15	0.3859		محقق	0.66	64.51	1.0752	غير متحقق	0.97		
SE-R-8%	23.29	0.3881		محقق	1.23	65.14	1.0856	غير متحقق	0.00		
SE-R-12.5%	23.19	0.3866		محقق	0.84	64.84	1.0807	غير متحقق	0.45		
SE-R-16.67%	23.35	0.3892		محقق	1.51	65.33	1.0888	غير متحقق	0.00		
SE-R-20.8%	23.83	0.3972		محقق	3.48	66.62	1.1103	غير متحقق	1.23		
SE-R-25%	24.67	0.4111		محقق	6.75	68.92	1.1487	غير متحقق	4.53		

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

الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (16.1kn/m <sup>2</sup> )						الانقلالات الموافقة لحمولة مقارتها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	حالة السهم	%			
S-M-REF	19.32	0.3220	0.5556	محقق	-----	54.55	0.9092	غير متحقق	-----		
SM-M-8%	19.41	0.3234		محقق	20.61	54.28	0.9047	غير متحقق	0.49		
SM-M-12.5%	19.76	0.3293		محقق	18.45	55.25	0.9208	غير متحقق	1.26		
SM-M-16.67%	19.74	0.3290		محقق	17.92	55.21	0.9201	غير متحقق	1.19		
SM-M-20.8%	19.66	0.3277		محقق	17.62	54.98	0.9163	غير متحقق	0.78		
SM-M-25%	19.55	0.3259		محقق	17.61	54.49	0.9081	غير متحقق	0.11		
SM-R-8%	19.94	0.3323		محقق	18.27	55.77	0.9296	غير متحقق	2.20		
SM-R-12.5%	19.86	0.3310		محقق	17.79	55.52	0.9254	غير متحقق	1.75		
SM-R-16.67%	19.89	0.3315		محقق	17.63	55.63	0.9272	غير متحقق	1.95		
SM-R-20.8%	20.03	0.3338		محقق	18.07	55.99	0.9331	غير متحقق	2.57		
SM-R-25%	20.33	0.3388		محقق	19.40	56.80	0.9467	غير متحقق	3.96		

- نستنتج من الجداول السابقة:

- أى إحداث الفتحات الصغيرة في البلاطات ذات المجاز الواحد وذات المجازين غير المدمعة لزيادة الانتقالات فقط في النماذج ذات الفتحات الطرفية
- أى إحداث الفتحات الصغيرة في البلاطات الركنية غير المدمعة لزيادة الانتقالات فقط في النماذج ذات الفتحات الطرفية وذات فتحة بنسبة 20.8% و 2.5%.
- أى إحداث الفتحات الصغيرة في البلاطات الداخلية غير المدمعة 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/m<sup>2</sup> بينما تجاوزت قيمة الانتقالات المسموحة بها عند الحمولة الموقعة لـ 70% من حمولة الانهيار.

### 2.1.5. قيم الانتقالات في البلاطات غير المدمعة ذات الفتحات الكبيرة

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

اسم النموذج	الانتقالات الموقعة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار				الانتقالات الموقعة لحمولة مقدارها 70% من حمولة المسموحة			
	(16.1kn/m <sup>2</sup> )	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسنوح	(45kn/m <sup>2</sup> )	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسنوح
S-0-REF	33.39	0.5556	0.5556	محقق	93.35	1.5558	0.5556	غير متحقق
S0-M-29%	34.09	0.5682		غير متحقق	92.89	1.5482		غير متحقق
S0-M-33.3%	33.15	0.5525		محقق	92.67	1.5445		غير متحقق
S0-M-37.5%	33.15	0.5525		محقق	92.66	1.5443		غير متحقق
S0-M-41.67%	33.33	0.5555		محقق	93.17	1.5528		غير متحقق
S0-M-46%	33.77	0.5628		غير متحقق	94.37	1.5728		غير متحقق
S0-R-29%	35.80	0.5967		غير متحقق	103.55	1.7258		غير متحقق
S0-R-33.3%	39.53	0.6588		غير متحقق	110.39	1.8398		غير متحقق
S0-R-37.5%	42.47	0.7078		غير متحقق	118.52	1.9753		غير متحقق
S0-R-41.67%	46.02	0.7670		غير متحقق	128.34	2.1390		غير متحقق
S0-R-46%	46.44	0.7740		غير متحقق	129.49	2.1582		غير متحقق

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

اسم النموذج	الانتقالات الموقعة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار				الانتقالات الموقعة لحمولة مقدارها 70% من حمولة المسموحة			
	(16.1kn/m <sup>2</sup> )	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسنوح	(45kn/m <sup>2</sup> )	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسنوح
S-1-REF	29.71	0.4952	0.5556	محقق	83.05	1.3842	0.5556	غير متحقق
S1-M-29%	34.03	0.5672		غير متحقق	81.27	1.3545		غير متحقق
S1-M-33.3%	28.84	0.4807		محقق	80.62	1.3436		غير متحقق
S1-M-37.5%	28.68	0.4780		محقق	80.17	1.3361		غير متحقق
S1-M-41.67%	28.71	0.4785		محقق	80.25	1.3374		غير متحقق
S1-M-46%	29.00	0.4833		محقق	81.05	1.3508		غير متحقق
S1-R-29%	37.78	0.6297		غير متحقق	90.55	1.5091		غير متحقق
S1-R-33.3%	34.14	0.5690		غير متحقق	95.37	1.5895		غير متحقق
S1-R-37.5%	36.02	0.6003		غير متحقق	100.58	1.6763		غير متحقق
S1-R-41.67%	37.93	0.6322		غير متحقق	105.87	1.7645		غير متحقق
S1-R-46%	38.60	0.6433		غير متحقق	107.73	1.7955		غير متحقق

**الجدول (9-8): الانتقالات في البلاطات الركنية ذات المجازين وذات الفتحات الكبيرة غير المدمعة**

اسم النموذج	الانتقالات الموقعة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار				الانتقالات الموقعة لحمولة مقدارها 70% من حمولة المسموحة			
	(16.1kn/m <sup>2</sup> )	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسنوح	(45kn/m <sup>2</sup> )	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L% المسنوح
S-C-REF	26.39	0.4398	0.5556	محقق	74.46	1.2410	0.5556	غير متحقق
SC-M-29%	29.72	0.4954		محقق	70.98	1.1831		غير متحقق
SC-M-33.3%	25.42	0.4236		محقق	71.05	1.1841		غير متحقق
SC-M-37.5%	24.68	0.4113		محقق	68.98	1.1497		غير متحقق
SC-M-40.67%	24.19	0.4032		محقق	67.61	1.1268		غير متحقق
SC-M-46%	24.33	0.4056		محقق	68.01	1.1334		غير متحقق
SC-R-29%	29.80	0.4966		محقق	71.41	1.1902		غير متحقق
SC-R-33.3%	35.39	0.5899		غير متحقق	98.86	1.6477		غير متحقق
SC-R-37.5%	32.41	0.5402		محقق	90.50	1.5084		غير متحقق
SC-R-40.67%	32.42	0.5403		محقق	90.48	1.5079		غير متحقق
SC-R-46%	36.59	0.6098		غير متحقق	102.11	1.7019		غير متحقق

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	
S-E-REF	23.00	0.3833	0.5556	محقق	-----	65.80	1.0967	1.0967	غير متحقق	-----	
SE-M-29%	25.66	0.4276		محقق	10.36	61.27	1.0212	1.0212	غير متحقق	6.88	
SE-M-33.3%	21.66	0.3610		محقق	5.83	60.54	1.0090	1.0090	غير متحقق	1.12	
SE-M-37.5%	20.82	0.3470		محقق	9.48	58.20	0.9699	0.9699	غير متحقق	3.56	
SE-M-40.67%	20.29	0.3382		محقق	11.78	56.71	0.9452	0.9452	غير متحقق	2.26	
SE-M-46%	20.29	0.3381		محقق	11.79	56.70	0.9450	0.9450	غير متحقق	0.02	
SE-R-29%	25.36	0.4226		محقق	9.30	60.78	1.0129	1.0129	غير متحقق	0.00	
SE-R-33.3%	28.16	0.4694		محقق	18.33	78.67	1.3112	1.3112	غير متحقق	16.36	
SE-R-37.5%	25.68	0.4280		محقق	10.43	71.70	1.1951	1.1951	غير متحقق	17.95	
SE-R-40.67%	27.95	0.4659		محقق	17.72	78.02	1.3003	1.3003	غير متحقق	15.66	
SE-R-46%	27.30	0.4551		محقق	15.76	76.21	1.2701	1.2701	غير متحقق	16.03	

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	
S-M-REF	19.32	0.3220	0.5556	محقق	-----	54.55	0.9092	0.9092	غير متحقق	-----	
SM-M-29%	11.10	0.1850		محقق	42.55	49.21	0.8202	0.8202	غير متحقق	9.78	
SM-M-33.3%	11.53	0.1922		محقق	40.30	51.57	0.8595	0.8595	غير متحقق	5.46	
SM-M-37.5%	11.42	0.1904		محقق	40.89	50.09	0.8348	0.8348	غير متحقق	8.18	
SM-M-40.67%	11.39	0.1898		محقق	41.07	49.25	0.8209	0.8209	غير متحقق	9.71	
SM-M-46%	11.28	0.1880		محقق	41.61	49.21	0.8201	0.8201	غير متحقق	9.80	
SM-R-29%	12.39	0.2065		محقق	35.87	43.78	0.7297	0.7297	غير متحقق	19.74	
SM-R-33.3%	12.80	0.2133		محقق	33.76	49.70	0.8283	0.8283	غير متحقق	8.90	
SM-R-37.5%	13.09	0.2182		محقق	32.25	49.22	0.8203	0.8203	غير متحقق	9.77	
SM-R-40.67%	13.40	0.2234		محقق	30.63	50.44	0.8407	0.8407	غير متحقق	7.53	
SM-R-46%	13.50	0.2250		محقق	30.12	54.15	0.9024	0.9024	غير متحقق	0.74	

- نستنتج من الجداول السابقة:

- أدى إحداث الفتحات الكبيرة في البلاطات ذات المجاز الواحد والمجازين والبلاطات الركينية والاطرفية 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/m<sup>2</sup> 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 ذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP**

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	
S-O-REF	33.39	0.5556	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	1.5558	غير متحقق	-----	
SO-M-8%-CFRP	9.36	0.1560		محقق	71.30	23.86	0.3977	0.3977	محقق	70.66	
SO-M-12.5%-CFRP	9.43	0.1572		محقق	71.31	23.99	0.3998	0.3998	محقق	70.66	
SO-M-16.67%-CFRP	9.49	0.1582		محقق	71.34	24.09	0.4015	0.4015	محقق	70.67	
SO-M-20.8%-CFRP	9.53	0.1588		محقق	71.35	24.12	0.4020	0.4020	محقق	70.66	
SO-M-25%-CFRP	9.52	0.1587		محقق	71.40	24.13	0.4022	0.4022	محقق	70.57	
SO-R-8%-CFRP	9.26	0.1544		محقق	71.94	25.52	0.4253	0.4253	محقق	75.36	
SO-R-12.5%-CFRP	9.28	0.1547		محقق	71.33	26.33	0.4388	0.4388	محقق	76.15	
SO-R-16.67%-CFRP	9.35	0.1558		محقق	71.48	27.09	0.4515	0.4515	محقق	77.14	
SO-R-20.8%-CFRP	9.52	0.1587		محقق	71.71	27.71	0.4618	0.4618	محقق	78.41	
SO-R-25%-CFRP	10.04	0.1673		محقق	71.39	27.47	0.4578	0.4578	محقق	78.79	

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

الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (16.1kn/m <sup>2</sup> )					الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (45kn/m <sup>2</sup> )				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم
S-O-REF	33.39	0.5556	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	-----	غير محقق
SO-M-8%-CFRP	9.36	0.1560		محقق	71.30	23.86	0.3977	محقق	70.66
SO-M-12.5%-CFRP	9.43	0.1572		محقق	71.31	23.99	0.3998	محقق	70.66
SO-M-16.67%-CFRP	9.49	0.1582		محقق	71.34	24.09	0.4015	محقق	70.67
SO-M-20.8%-CFRP	9.53	0.1588		محقق	71.35	24.12	0.4020	محقق	70.66
SO-M-25%-CFRP	9.52	0.1587		محقق	71.40	24.13	0.4022	محقق	70.57
SO-R-8%-CFRP	9.26	0.1544		محقق	71.94	25.52	0.4253	محقق	75.36
SO-R-12.5%-CFRP	9.28	0.1547		محقق	71.33	26.33	0.4388	محقق	76.15
SO-R-16.67%-CFRP	9.35	0.1558		محقق	71.48	27.09	0.4515	محقق	77.14
SO-R-20.8%-CFRP	9.52	0.1587		محقق	71.71	27.71	0.4618	محقق	78.41
SO-R-25%-CFRP	10.04	0.1673		محقق	71.39	27.47	0.4578	محقق	78.79

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

الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (16.1kn/m <sup>2</sup> )					الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (45kn/m <sup>2</sup> )				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم
S-C-REF	26.39	0.4398	0.5556	محقق	-----	74.46	1.2410	-----	غير متحقق
SC-M-8%-CFRP	7.56	0.1261		محقق	70.92	21.16	0.3527	محقق	70.91
SC-M-12.5%-CFRP	7.61	0.1269		محقق	70.89	21.26	0.3544	محقق	70.92
SC-M-16.67%-CFRP	7.59	0.1265		محقق	71.10	21.21	0.3535	محقق	71.13
SC-M-20.8%-CFRP	7.57	0.1262		محقق	71.21	21.14	0.3523	محقق	71.25
SC-M-25%-CFRP	7.57	0.1262		محقق	71.20	21.15	0.3526	محقق	71.12
SC-R-8%-CFRP	7.43	0.1238		محقق	71.86	20.76	0.3459	محقق	71.89
SC-R-12.5%-CFRP	7.41	0.1236		محقق	71.33	20.72	0.3453	محقق	71.34
SC-R-16.67%-CFRP	7.48	0.1247		محقق	71.29	20.93	0.3489	محقق	71.29
SC-R-20.8%-CFRP	7.63	0.1272		محقق	71.51	21.38	0.3563	محقق	71.46
SC-R-25%-CFRP	7.97	0.1329		محقق	71.70	22.28	0.3713	محقق	71.70

**الجدول (9-14): الانقلالات الطرفية وذات الفتحات الصغيرة المدعمة بصفائح CFRP**

الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (16.1kn/m <sup>2</sup> )					الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (45kn/m <sup>2</sup> )				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم
S-E-REF	23.00	0.3833	0.5556	محقق	-----	65.80	1.0967	-----	غير متحقق
SE-M-8%-CFRP	6.53	0.1089		محقق	71.44	18.27	0.3045	محقق	71.44
SE-M-12.5%-CFRP	6.55	0.1092		محقق	71.97	18.30	0.3050	محقق	71.99
SE-M-16.67%-CFRP	6.52	0.1086		محقق	72.13	18.21	0.3035	محقق	72.16
SE-M-20.8%-CFRP	6.39	0.1065		محقق	72.57	17.85	0.2975	محقق	72.61
SE-M-25%-CFRP	6.46	0.1076		محقق	72.11	18.04	0.3007	محقق	72.03
SE-R-8%-CFRP	6.41	0.1069		محقق	72.46	17.92	0.2987	محقق	72.49
SE-R-12.5%-CFRP	6.41	0.1068		محقق	72.37	17.90	0.2984	محقق	72.39
SE-R-16.67%-CFRP	6.44	0.1073		محقق	72.43	18.01	0.3001	محقق	72.44
SE-R-20.8%-CFRP	6.50	0.1083		محقق	72.74	18.19	0.3032	محقق	72.70
SE-R-25%-CFRP	6.64	0.1106		محقق	73.10	18.54	0.3090	محقق	73.10

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

الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (16.1kn/m <sup>2</sup> )					الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الأنهيار بـ (45kn/m <sup>2</sup> )				
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L <sup>2</sup> المسمو	حالة السهم
S-M-REF	19.32	0.3220	0.5556	محقق	-----	54.55	0.9092	-----	غير متحقق
SM-M-8%-CFRP	4.86	0.0810		محقق	74.97	13.59	0.2265	محقق	74.97
SM-M-12.5%-CFRP	4.87	0.0811		محقق	75.37	13.59	0.2266	محقق	75.39
SM-M-16.67%-CFRP	4.82	0.0803		محقق	75.60	13.46	0.2243	محقق	75.62
SM-M-20.8%-CFRP	4.77	0.0795		محقق	75.75	13.32	0.2219	محقق	75.78
SM-M-25%-CFRP	4.72	0.0786		محقق	75.88	13.18	0.2197	محقق	75.81
SM-R-8%-CFRP	4.82	0.0804		محقق	75.82	13.47	0.2245	محقق	75.85
SM-R-12.5%-CFRP	4.81	0.0802		محقق	75.77	13.45	0.2241	محقق	75.78
SM-R-26.67%-CFRP	4.81	0.0802		محقق	75.80	13.46	0.2244	محقق	75.80
SM-R-20.8%-CFRP	4.81	0.0802		محقق	75.99	13.47	0.2244	محقق	75.95
SM-R-25%-CFRP	4.83	0.0805		محقق	76.23	13.50	0.2250	محقق	76.23

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

- نلاحظ أن التدعيم بصفائح CFRP بالنسبة لفتحات الصغيرة أعطى فعالية تدعيم جيدة، حيث انخفضت الانقلالات في النقطة المرجعية وسط البلاطة يقدر % (76.2) في النموذج (SM-R-25%-CFRP)

- إن قيمة الانقلال للبلاطات ذات الفتحات الصغيرة والمدعمة بصفائح CFRP تقل بزيادة استمرارية البلاطات، وفي البلاطة ذات المجاز البسيط كانت قيمة الانقلال

(L/191=31.75mm) ، أما بالبلاطة ذات المجاز المستمر من طرف فكانت (L/237=25.34mm) ، بينما بالبلاطات الداخلية المستمر من طرفي ومن جهتين .(L/441=13.59mm)

#### 4.1.5. قيم الانتقالات للبلاطات ذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

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

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ/L%
S-O-REF	33.39	0.5556	0.5556	محقق	-----	93.35	1.5558	0.5556	غير محقق	-----	
SO-M-29%-CFRP	9.48	0.1580		محقق	72.19	26.48	0.4413		محقق	71.49	
SO-M-33.3%-CFRP	9.41	0.1568		محقق	71.61	26.29	0.4382		محقق	71.63	
SO-M-37.5%-CFRP	9.33	0.1554		محقق	71.87	26.05	0.4342		محقق	71.89	
SO-M-41.67%-CFRP	9.24	0.1541		محقق	72.27	25.82	0.4303		محقق	72.29	
SO-M-46%-CFRP	9.16	0.1527		محقق	72.87	25.58	0.4263		محقق	72.89	
SO-R-29%-CFRP	10.20	0.1700		محقق	71.51	28.43	0.4738		محقق	72.54	
SO-R-33.3%-CFRP	10.68	0.1780		محقق	72.98	29.66	0.4943		محقق	73.13	
SO-R-37.5%-CFRP	11.19	0.1865		محقق	73.65	30.94	0.5157		محقق	73.89	
SO-R-41.67%-CFRP	11.53	0.1922		محقق	74.95	31.75	0.5291		محقق	75.26	
SO-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 لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ/L%
S-1-REF	29.71	0.4952	0.5556	محقق	-----	83.05	1.3842	0.5556	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		محقق	72.22	22.47	0.3746		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 الركينية وذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP

الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )						الانتقالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m <sup>2</sup> )					
اسم النموذج	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ(mm)	Δ/L%	Δ/L%	حالة السهم	%	Δ/L%
S-C-REF	26.39	0.4398	0.5556	محقق	-----	74.46	1.2410	0.5556	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		محقق	72.05	18.97	0.3162		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): الانقلالات في البلاطات الطرفية ذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP**

الانقلالات الموافقة لحمولة المسببة للانقلال المسموح به (16.1kn/m2)						الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					
اسم النموذج	$\Delta$ (mm)	$\Delta/L\%$	$\Delta/L\%$ المسموح	حالة السهم	%	$\Delta$ (mm)	$\Delta/L\%$	$\Delta/L\%$ المسموح	حالة السهم	%	
S-E-REF	23.00	0.3833	0.5556	محقق	-----	65.80	1.0967	0.5556	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		محقق	73.33	15.10	0.2516		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 (9-20): الانقلالات في البلاطات الداخلية ذات الفتحات الكبيرة المدعمة بصفائح CFRP**

الانقلالات الموافقة لحمولة المسببة للانقلال المسموح به (16.1kn/m2)						الانقلالات الموافقة لحمولة مقدارها 70% من حمولة الانهيار (45kn/m2)					
اسم النموذج	$\Delta$ (mm)	$\Delta/L\%$	$\Delta/L\%$ المسموح	حالة السهم	%	$\Delta$ (mm)	$\Delta/L\%$	$\Delta/L\%$ المسموح	حالة السهم	%	
S-M-REF	19.32	0.3220	0.5556	محقق	-----	54.55	0.9092	0.5556	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 الانقلالات في النقطة المرجعية وسط البلاطة بمقدار % (76.1) في النموذج (SM-R-25%-STEEL).

- وإن انتقال البلاطات بالفتحات الصغيرة المدعمة بالصفائح الفولاذية STEEL PLATES نقل بزيادة استمرارية البلاطات، ففي البلاطة ذات المجاز البسيط كانت قيمة الانقلال (L/219=27.35mm) ، وفي البلاطة ذات المجاز المستمر من طرف وكانت بينما بالبلاطات الداخلية المستمرة من طرفيين ومن جهتين (L/237=25.34mm) . (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، وفي البلاطات ذات المجاز زادت من مقاومة البلاطة بمقدار % (72) ، ولل بلاطة ذات المجازين كان التدعيم قد استعاد مقاومته للبلاطة بمقدار % (71) ، وبالبلاطة ركبة بمقدار % (72.5) ، أما بالبلاطة الطرفية أعاد بمقدار % (73) ، بينما بالبلاطات الداخلية فإن التدعيم أعاد مقاومتها بحوالي % (76).

## 16. النتائج والتوصيات

### 1.16. النتائج

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

- 1- أدى إحداث فتحات كبيرة في البلاطات لتجاوز قيم الانقلال الحود المسموحة من أجل حمولة 16.1 kN/m<sup>2</sup> وهي حمولة مسببة للسهم المسموح في البلاطات بدون فتحة، وبقيت الانقلال ضمن الحود المسموحة لنفس الحمولة في الفتحات الصغيرة.
- 2- إن إحداث فتحة طرفية صغيرة أدى لزيادة الانقال وتجاوز القيم المسموحة عند الحمولة 70% من حمولة الانهيار بقيمة 5.4% (SC-R-25%) للنموذج (SC-R-25%) أن إحداث فتحة طرفية كبيرة أدى لزيادة بالانقال بقيمة 27.9% (S0-R-41.67%) في النموذج (S0-R-41.67%) عند حمولة 70% من حمولة الانهيار.
- 3- كان لموقع الفتحة أثر على قيم الانقلال في النماذج، ويكون لموقع الفتحة أثر أكبر على الانقلالات بازدياد أبعاد الفتحة (فتحة كبيرة).
- 4- أدى تدعيم كافة النماذج بصفائح CFRP التي بسماكة (0.12mm) وبمقاومة (3100 Mpa) ولكلة البلاطات ذات الفتحات إلى انخفاض قيم الانقال في النقطة المرجعية إلى قيمة أقل من القيمة المسموحة للانقال (L=180/33.3)، وبفعالية متقاربة وفق نموذج التدعيم حول كافة حواف الفتحة.
- 5- أدى التدعيم بصفائح CFRP إلى فعالية تدعيم جيدة، بلغت قيمتها الأعظمية بانخفاض الانقلالات بمقدار 78.2% (SM-R-46%-CFRP) للنموذج (SM-R-46%-CFRP).
- 6- تتحفظ انقلالات البلاطات ذات الفتحات الصغيرة والكبيرة والمدعمة بـ CFRP 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 تسلیح فولاذیة وغيرها، أو بتغيير موقع البلاطة أو موقع الفتحة.

## المراجع

- [1] Faisal Walid Hafez, (2019), "Strengthening Of R.C. Flat Slabs With Cut-Out Edge Openings", International Journal of Civil Engineering, University of Cairo.
- [2] Shehab, H.K, A.S. Eisa, and K.A. El-Awady(2017), "Strengthening of Cutouts in Existing One-Way Spanning RC Flat Slabs Using CFRP Sheets". International Journal of Concrete Structures and Materials. 11(2): p. 327-341.
- [3] J. G. MacGregor and J. K. Wight, (2009), "Reinforced Concrete; Mechanics and Design", New Jersey: Pearson Education Inc.
- [4] W.F.Chen, (2007), "Plasticity in Reinforced Concrete", New York, J.Ross Publishing.
- [5] ACI Committee 318, (1995), "Building Code requirements for reinforced concrete" (ACI 318-95) ,American Concrete Institute,Detroit,369 pp.
- [6] [M.H.Ashour, (2015), "Nonlinear Finite Element Analysis of RC Beams Strengthened with SFRC overlays" A thesis in Civil Engineering Design and Rehabilitation of Structure, The Islamic University – Gaza.
- [7] Safe Program V.16.02 , slab Analysis by The Finite Elements Method.

[8] [الكود العربي السوري نسخة 2018]