

Performance of Reinforcement Concrete Frame with Infilled Masonry Wall with Openings Strengthened with Carbon Fiber Strips under in Plan Lateral Loads

Dr. Ali Turikieh^{*}
Dr. Nazih Mansor^{**}
Ali Alhayek^{***}

(Received 6 / 8 / 2019. Accepted 13 / 10 / 2019)

□ ABSTRACT □

Masonry walls are used as internal walls for architectural purposes . The effect of these walls is not considered during design or restoration, but only the architectural function is taken into account and the self weight are considered. This is due to the inability to determine the properties of resistance of these walls, and also because of the weak of resistance to tensile, but after the consideration of the impact of carbon fiber strips led to increase the ductility of these walls and change behavior and behavior collapse from the brittle to ductility collapse. Since these walls are the largest case of their presence in our reality is to contain openings, and because of the availability of carbon fiber strips from increasing the ductility of these walls, Where we studied the case of a RC frame surrounded by a wall of concrete block and containing doors and windows supported by carbon fiber strips, and adopted different ratios of these openings to dimensions of the wall, 34%, 22%, 7 for doors case and 7%, 22%, 34%, 40% for windows case . Different positions were also adopted for these openings, namely the case of the terminal and middle opening. We found that the Strengthening of these walls had a positive effect on the behavior of the frame and led to a large increasing of strength and ductility also for a case without a Strengthening.

Keywords: frame , masonry , lateral loads , CFRP Strips

^{*} Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

^{**} Assistant Professor, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{***} Master Student, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

أداء الإطارات البيتونية المملوءة بجران البلوك والحاوية على فتحات والمدعمة بشرائح الألياف الكربونية (CFRP) تحت تأثير الحمولات الجانبية في مستوياتها

د. علي تريكية *

د. نزيه منصور **

علي الحايك ***

(تاريخ الإبداع 6 / 8 / 2019. قُبِلَ للنشر في 13 / 10 / 2019)

□ ملخص □

تستخدم جدران البلوك في الأبنية كقواطع من أجل الأغراض المعمارية ومن أجل لوازم القاطنين، حيث تشكل هذه الجدران إما قواطع داخلية أو خارجية، ولا يتم إدخال تأثير هذه الجدران أثناء التصميم أو إعادة الترميم وإنما تؤخذ فقط الوظيفة المعمارية لها واعتبار احتمالها. ويعود ذلك إلى عدم القدرة على تحديد خواص مقاومة هذه الجدران، وأيضاً بسبب ضعف مقاومتها على الشد لكن إدخال تأثير شرائح الألياف الكربونية أدى إلى زيادة فعالية هذه الجدران وتغيير سلوكها وسلوك انهيارها من الحالة الهشة إلى الحالة المطاوعة. وبما أن الحالة الأكبر لتواجدها في واقعنا هي أن تحتوي على فتحات، ونظراً لما توفره شرائح الألياف الكربونية من رفع مطاوعة هذه الجدران، قمنا في ورقتنا البحثية هذه باعتماد تقوية جدران البلوك الحاوية على فتحات بشرائح الألياف الكربونية. حيث قمنا بدراسة حالة إطار بيتوني مسلح يحيط بجدار من البلوك الاسمنتي ويحتوي على فتحات أبواب ونوافذ ومدعم بشرائح الألياف الكربونية، وتم اعتماد نسب مختلفة لهذه الفتحات وذلك بالنسبة لأبعاد الجدار حيث اعتمدت النسب 7%، 22%، 34% من أجل حالة الأبواب، والنسب 7%، 22%، 34%، 40% من أجل حالة النوافذ. كما تم اعتماد مواقع مختلفة لهذه الفتحات وهي حالة الفتحة الطرفية وحالة الفتحة الوسطية وتبين لنا أن تدعيم هذه الجدران أثر بشكل ايجابي على سلوك الإطار وأدى إلى رفع مطاويعته بشكل كبير ومقاومته أيضاً وذلك بالنسبة لحالة عدم وجود تدعيم.

الكلمات المفتاحية: إطار، جدران بلوك، حمولات جانبية، شرائح الألياف الكربونية.

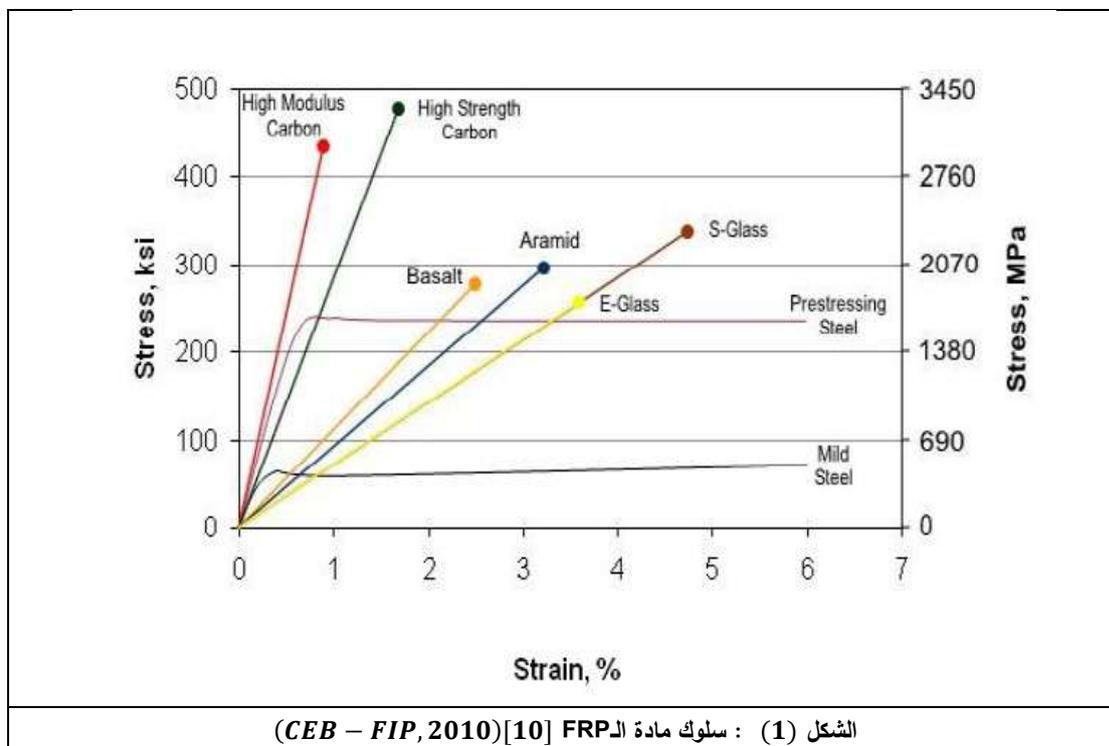
* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالب دراسات عليا (ماجستير)، كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

تعتبر الجدران من المواد المختلطة حيث تتشكل الجدران بشكل عام من وحدات البلوك المصنوعة من مواد مختلفة والمتصلة إلى بعضها باستخدام أنواع متعددة من المونة وبالتالي تعتبر الجدران من الأوساط غير المتجانسة والتي تتمتع بخواص مختلفة في كل اتجاه من اتجاهات المادة ما يجعل من المعقد تقدير قيم الخواص الميكانيكية المختلفة لمادة جدار البلوك ككل [1] (Hendry et al., 2004)، إن من أهم خواص الجدران والتي ترتبط بشكل وثيق بالتصميم الإنشائي لهذه الجدران هي الخواص المرتبطة بالمتانة والمرونة مثل مقاومة الجدار على الضغط والقصر والانعطاف بالإضافة إلى معامل مرونة مادة الجدار و التمدد الحراري وغيرها من الخواص [2] (McKenzie, 2001)، عادة ما تكون مقاومة الجدار على الضغط هي القيمة المسيطرة في التصميم كون الجدران بشكل عام تعمل على الضغط وخاصة في الجدران الحاملة، وكون مقاومة الجدران على الضغط أكبر بكثير مقارنة مع مقاومتها على الشد. وبالتالي فإن استخدام شرائح الألياف الكربونية يؤدي إلى رفع مقاومة هذه الجدران لحمولات الشد من أجل الحالة الإجهادية المستوية، حيث يكون عمل مادة شرائح CFRP بشكل أساسي في اتجاه عمل الألياف فيما يؤدي اختلاف خواص الألياف والوسط الرابط إلى جعل مادة الألياف تعمل بشكل مختلف في الاتجاهين المغايرين لاتجاه الألياف [3], (Batikha, 2008). تتميز مادة FRP بسلوكها المرن الخطي حتى الانهيار، إضافة إلى مقاومتها العالية على الشد مقارنة مع الفولاذ والتي تختلف باختلاف نوع الألياف المستخدمة وكثافتها وطريقة توزيعها ضمن المادة الرابطة ويبين الشكل (1) مقارنة بين سلوك مادة ال FRP باستخدام أنواع مختلفة من الألياف وكذلك مقارنتها مع تصرف فولاذ التسليح والذي يتميز بوجود حد للخضوع.



تستخدم العديد من المواد اللاصقة لثبيت شرائح الـ FRP إلى سطوح المواد الأخرى مثل الببتون. أكثر المواد اللاصقة استخداماً هي الأكريليك (Acrylic) والأيبوكسي (Epoxy) واليورثان (Urethane). وينتج عن استخدام الأيبوكسي مقاومة تماسك كبيرة ومقاومة كبيرة للحرارة، في حين أن استخدام الأكريليك يعطي مقاومة متوسطة للحرارة ومقاومة تماسك جيدة مع زمن قليل للمعالجة [4](Obaidat, 2011).
يبين الجدول (1) خواص بعض المواد اللاصقة المستخدمة في تصنيع و تثبيت شرائح الـ FRP على السطوح المختلفة. يعتبر الإيبوكسي من أكثر المواد اللاصقة استخداماً لثبيت الشرائح كونه يجمع بين المقاومة العالية وتشوه الانهيار الكبير إضافة لمقاومته الجيدة للحرارة والأوساط الكيميائية والظروف المحيطة المختلفة [3](Batikha, 2008).

Resin	Tensile strength (MPa)	Modulus of elasticity (GPa)	Strain to failure (%)	Density (t/m ³)	Poisson's ratio	Coefficient of thermal expansion (10 ⁻⁶ /°C)
Epoxy	60-85	2.6-3.8	1.5-8	1.11-1.2	0.3-0.4	30-70
Polyester	50-75	3.1-4.6	1-2.5	1.11-1.25	0.35-0.38	30-70
Phenolic	60-80	3-4	1-1.8	1-1.25	Not available	80
Polyurethane	15-25	0.5	10	1.15-1.2	0.4	40

أجرى الباحثون [5], (Vladimir et al, 2013) دراسة تجريبية على إطار بيتوني مكون من طابق واحد وفتحة واحدة خاضع لحمولات جانبية. أجريت هذه الدراسة على 6 عينات وهي مصغرة بمقياس 1/2.5. استنتج الباحث أن حالة الفتحات الطرفية انهارت تحت تأثير قوى أكبر من حالة الفتحات الوسطية وكانت قوى الانهيار هذه من أجل حالة وجود فتحات النوافذ أكبر من حالة الأبواب.

قام [6] (Altin et al., 2008) بإجراء دراسة تجريبية للتحقق من تصرف الإطارات البيتونية المملوءة بجدران من وحدات الآجر والمدعمة بشرائح الـ CFRP تحت تأثير الأحمال الدورية وذلك لإطار بيتوني مكون من فتحة واحدة وطابق واحد. تم تدعيم الإطار بشكل قطري بشرائح الـ CFRP على أحد وجهي الجدار أو على الوجهين معاً. تم بناء تسعة نماذج وتم تغيير عرض الشرائح المستخدمة (200-300-400 مم) ولكل عرض تم إنشاء ثلاثة نماذج وذلك بتدعيم الوجه الداخلي أو الخارجي أو الاثنين معاً، كانت فعالية التدعيم على وجه واحد أقل من ذلك حيث كانت النسبة 157% و 185% من أجل الشرائح 200-400 مم على الترتيب.

قام [7] (Ozkaynak et al., 2011) بدراسة تجريبية جرت على 12 نموذج وحيد الطابق ومؤلف من فتحة واحدة تحت تأثير حمولات جانبية، جرت هذه الدراسة على 4 مراحل المرحلة الأولى تم فيها دراسة الإطار البيتوني دون ملئه بجدار، ومن ثم تم إنشاء نموذج جديد لإطار مملوء بجدار من الآجر المفرغ، في المرحلة التالية تم بناء نماذج جديدة لإطارات مملوءة وتم تدعيمها بطريقتين مختلفتين.

أهمية البحث وأهدافه:

تحتوي معظم الأبنية على جدران ملء غالباً ما تكون حاوية على فتحات مما يجعل حالة الإطار مع وجود الفتحات في جدران الملء هي الحالة الأكثر توافراً ويمكن استخدامها في تقوية الأبنية باستخدام شرائح الـ CFRP وبالتالي لا بد من دراستها ومن هنا سنتوجه في بحثنا هذا إلى:

- 1- دراسة سلوك الإطارات المملوءة بجدران من البلوك الحاوية على فتحات و المقواة بشرايح الألياف الكربونية تحت تأثير الحمولات الجانبية.
- 2- دراسة تأثير موقع وتموضع هذه الفتحات على سلوك هذه الإطارات تحت تأثير الحمولات الجانبية.

طرائق البحث ومواده:

سوف يتم توثيق النموذج وفق المقالة المرجعية [7] (Ozkaynak et al., 2011) بواسطة البرنامج الإنشائي (ABAQUS, V6.12-1)، ثم يتم استثمار النموذج الموثق من أجل دراسة تأثير تقوية جدران البلوك الحاوية على فتحات و المقواة بشرايح CFRP على الإطارات البيتونية المسلحة .

حيث تم دراسة عدة نماذج للفتحات باعتماد نسب مختلفة لهذه الفتحات وذلك بالنسبة لأبعاد الجدار حيث اعتمدت النسب 7%، 22%، 34% من أجل حالة الأبواب، والنسب 7%، 22%، 34%، 40% من أجل حالة النوافذ. كما تم اعتماد مواقع مختلفة لهذه الفتحات وهي حالة الفتحة الطرفية وحالة الفتحة الوسطية.

شروط النمذجة:

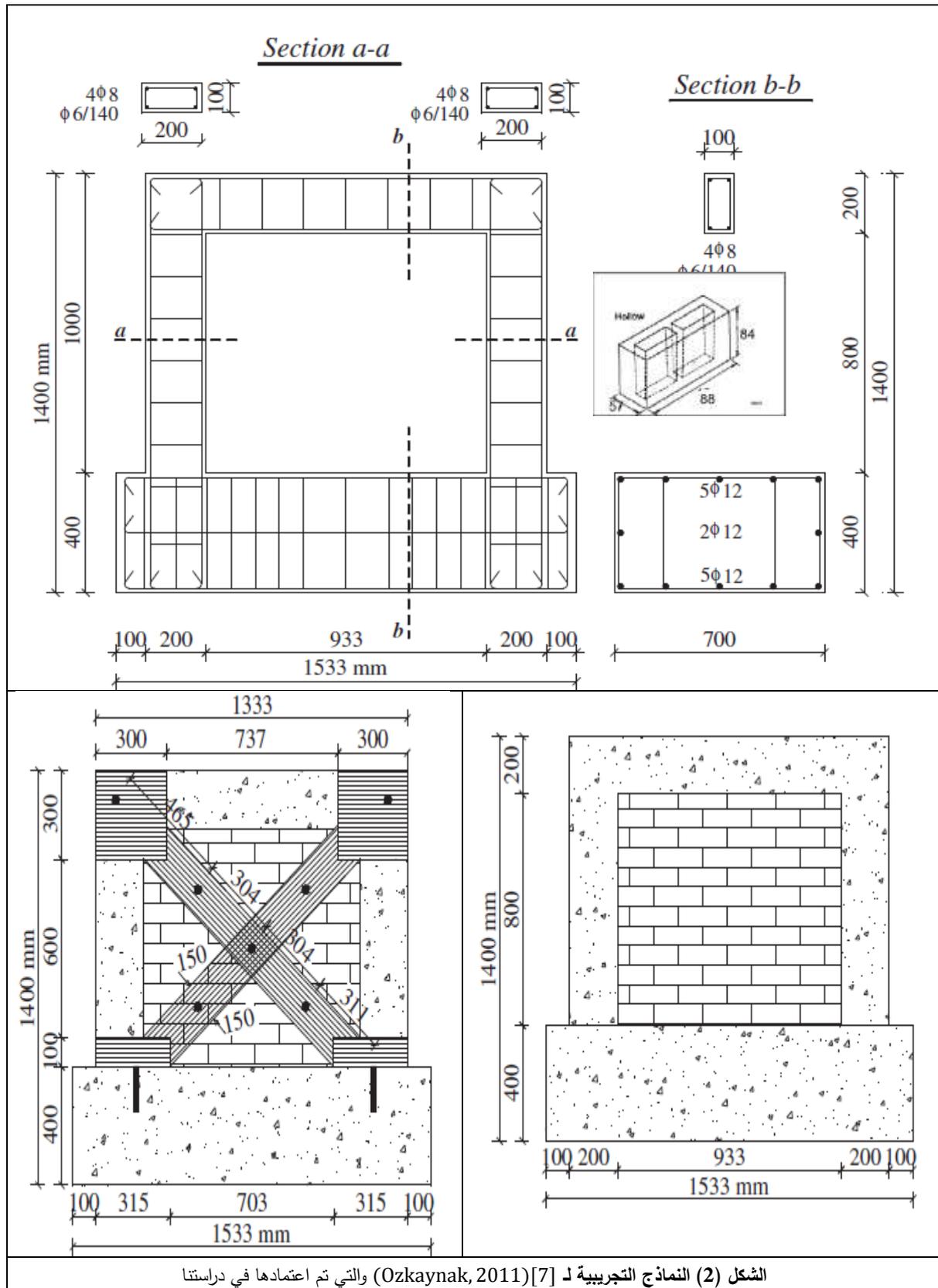
تم اعتماد طريقة العناصر المحددة (FEM) لإجراء تحليل لاخطي (Nonlinear) يأخذ بعين الاعتبار لا خطية المادة، وإجراء تحليل ضمني يعتمد على حل تكاملات معادلة الحركة باستخدام طريقة Hilber–hughles–taylor حيث يقوم بحل جملة معادلات التوازن اللاخطية عند كل زيادة في الزمن ويتم الحل بالإعادة والتكرار باستخدام طريقة نيوتن وهي طريقة مناسبة للأحمال الستاتيكية والديناميكية ذات السرعات القليلة.

نموذج المواد المستخدمة:

تم اعتماد النمذجة لجدار البلوك بواسطة النموذج (Homogenized Model) والتي تعتبر مادة الجدار وسطاً واحداً باعتبار مواصفات مادة الجدار المكافئة والتي تعبر عن تصرف كل من وحدات البلوك والمونة الرابطة والتفاعل بينهما وأثبتت الدراسات أن هذه الطريقة تعطي نتائج صحيحة في كل من الأحمال الستاتيكية والديناميكية وزمن التحليل مقبول نسبياً إذا ما قورنت بطريقة نمذجة كل من وحدات البلوك والمونة الاسمنتية كعناصر مختلفة مرتبطة فيما بينها [8] (Su, 2008) .

خصائص وسلوك المواد المستخدمة:

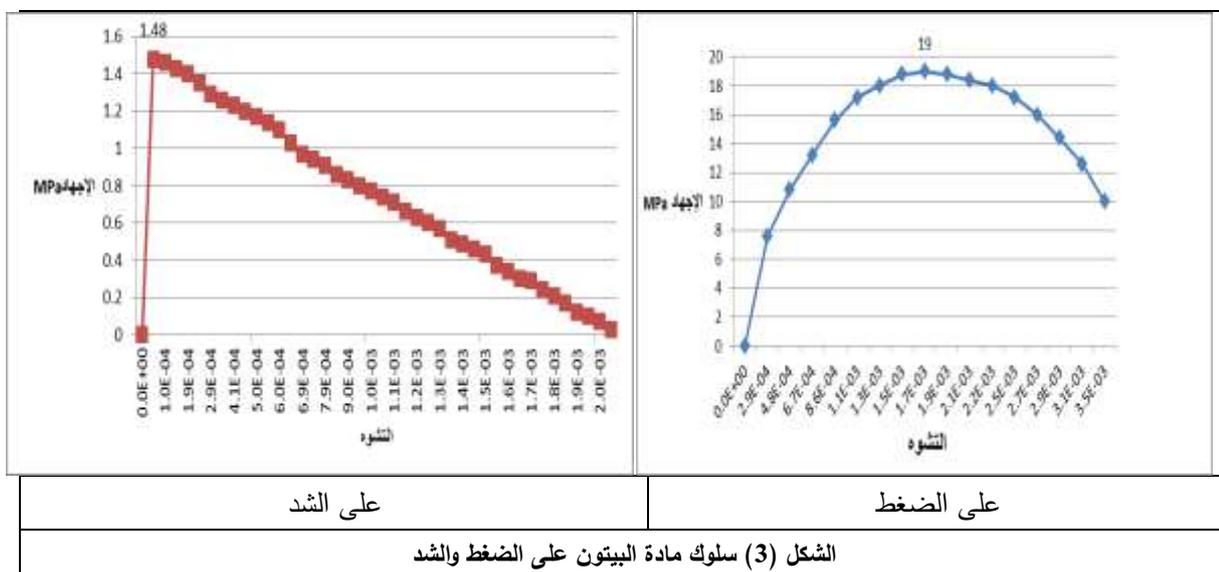
تم استخدام النماذج التجريبية المستخدمة من قبل [7] (Ozkaynak, 2011) واعتمادها لإجراء الدراسة التحليلية عليها .



تم استخلاص منحنيات الإجهاد تشوه بناءً على المواصفات الأوروبية [9] (BS EN 1996 – 1 – 1) وتم اعتماد قيمة المواصفات التالية للمواد:

سلوك البيتون:

تم اعتماد نموذج (Concrete Damaged Plasticity Model , CDP) والذي يعتمد على دمج مفهوم التلف المرن للمادة مع مفهوم لدونة المادة في حالتي الضغط والشد ، يستخدم هذا النموذج عند تعرض البيتون لأحمال متغيرة مثل الأحمال الدورية ، و يعتمد مفهوم الانهيار في هذا النموذج على ميكانيزمين هما تشكل الشقوق في حالة الانهيار على الشد أو تحطم المادة في حالة الانهيار على الضغط ، و يأخذ بعين الاعتبار تناقص القساوة المرنة بسبب التشوهات اللدنة الحاصلة في كل من حالتي الشد والضغط كما أنه يدخل تأثير استعادة القساوة عند تغير الحالة الإجهادية من شد إلى ضغط أو بالعكس . تم تعريف سلوك البيتون على الضغط وعلى الشد وفق الشكل (2) . وهو موافق للمقالة المرجعية.



على الشد

على الضغط

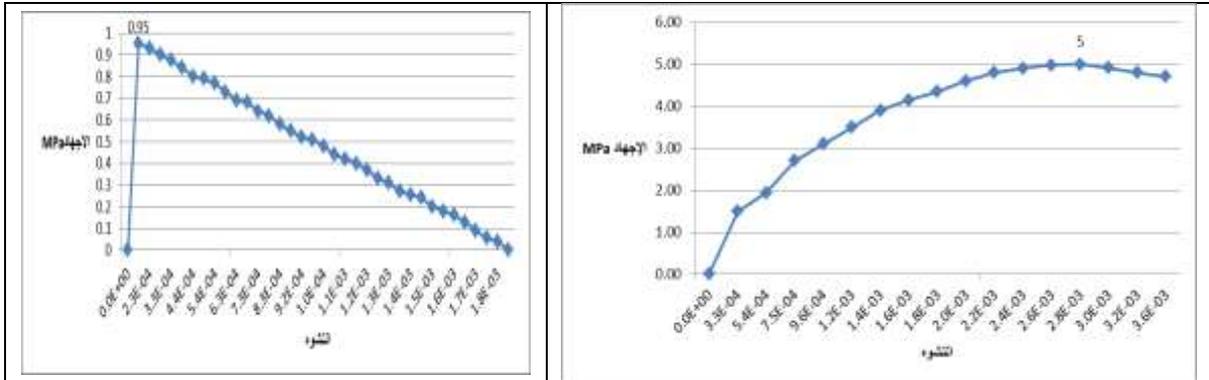
الشكل (3) سلوك مادة البيتون على الضغط والشد

وكان معامل مرونة البيتون $E_{cm} = 26675 \text{ MPa}$ ومعامل بواسون 0.2 ، وبلغت قيمة التشوه الاعظمي عند الانهيار $\epsilon_{cu1} = 0.0035$ ، بينما بلغ التشوه الموافق للإجهاد الأعظمي $\epsilon_{c1} = 0.0017$.
حالة البيتون على الشد بلغت مقاومة البيتون على الشد 1.48 Mpa ، $\epsilon_{tu} = 0.0021$.
سلوك البلوك:

وتم اعتماد نموذج (Homogenized Model) والتي تعتبر مادة الجدار وسطا واحدا باعتبار مواصفات مادة الجدار المكافئة والتي تعبر عن تصرف كل من وحدات البلوك والمونة الرابطة والتفاعل فيما بينهما. وقد أثبتت الدراسات أن هذه الطريقة تعطي نتائج صحيحة في كل من الأحمال الساكنة والديناميكية وزمن تحليل معقول نسبيا [4] (Su, 2008)، بالإضافة إلى ذلك فإن انهيار جدار البلوك ضمن فتحة الإطار نادراً ما يحدث ضمن صفوف المونة وإنما بشكل قطري يتقاطع مع وحدات البلوك بسبب المقاومة المنخفضة للبلوك على الضغط .

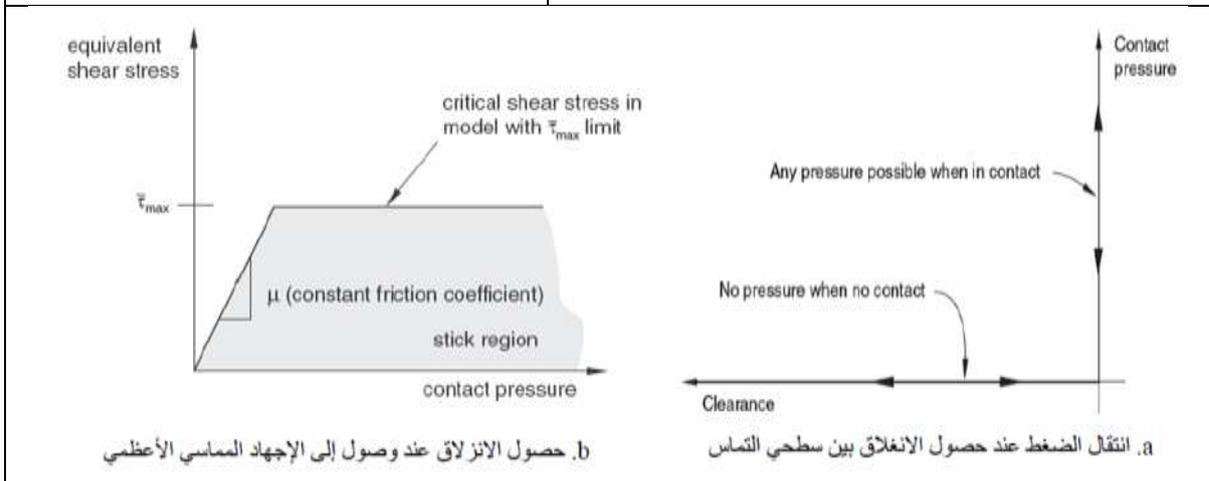
تم تعريف مخطط الإجهاد _ تشوه حيث بلغت مقاومة الجدار على الضغط 5.1 MPa ، ومعامل مرونة الجدار $E_m = 5000 \text{ Mpa}$ ، واعتبار معامل بواسون 0.2 ، وقد بلغت قيمة التشوه النسبي الأعظمي عند الانهيار

$\epsilon_{m1} = 0.0028$. ، بينما بلغ التشوه الموافق للإجهاد الأعظمي على الضغط $\epsilon_{mu} = 0.0035$
 [1](Hendry et al., 2004) وفي حالة الجدار على الشد $f_{tm} = 0.95\text{MPa}$.



على الشد

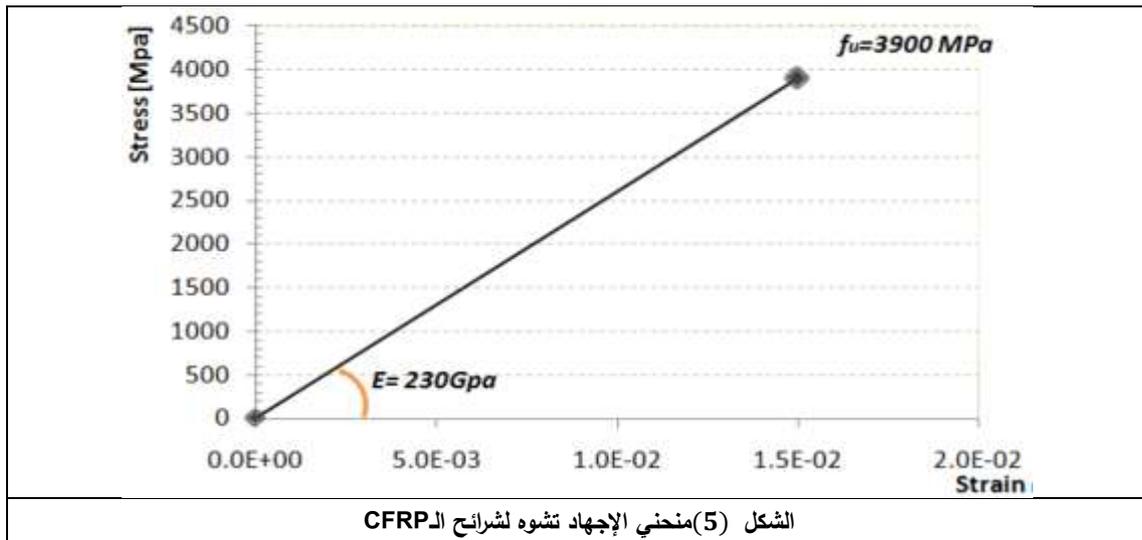
على الضغط



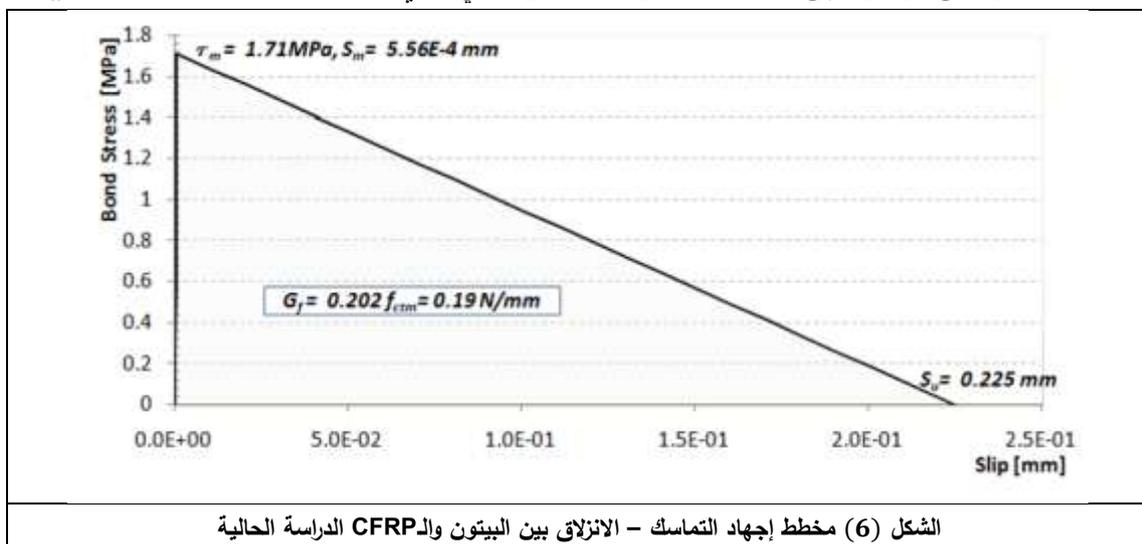
الشكل (4) سلوك مادة البلوك على الضغط والشد وآلية الاتصال مع الإطار

لتأمين هذه الميكانيكية تم استخدام سطح التماس من النوع (Surface to Surface) المبين بالشكل ، والذي يضمن منع اختراق عقد أحد السطحين للسطح الآخر ، وتم تعريف معامل احتكاك $\mu = 0.4$ موافق للاحتكاك بين مادتي البلوك و البيتون ، وكان لدينا الفولاذ التسليح $F_y = 420\text{Mpa}$.
سلوك الألياف:

سلوك شرائح الـ CFRP أحادية الاتجاه هو سلوك تام المرنة حتى الوصول إلى انهيار المادة ، و لنمذجة التصرف المرن في الـ ABAQUS يكفي إدخال كل من معامل مرونة الشرائح باتجاه الألياف ، والذي بلغ حسب الدراسة التجريبية 230GPa ، ومعامل بواسون 0.35 ، ومخطط الإجهاد تشوه موضح بالشكل (5) .

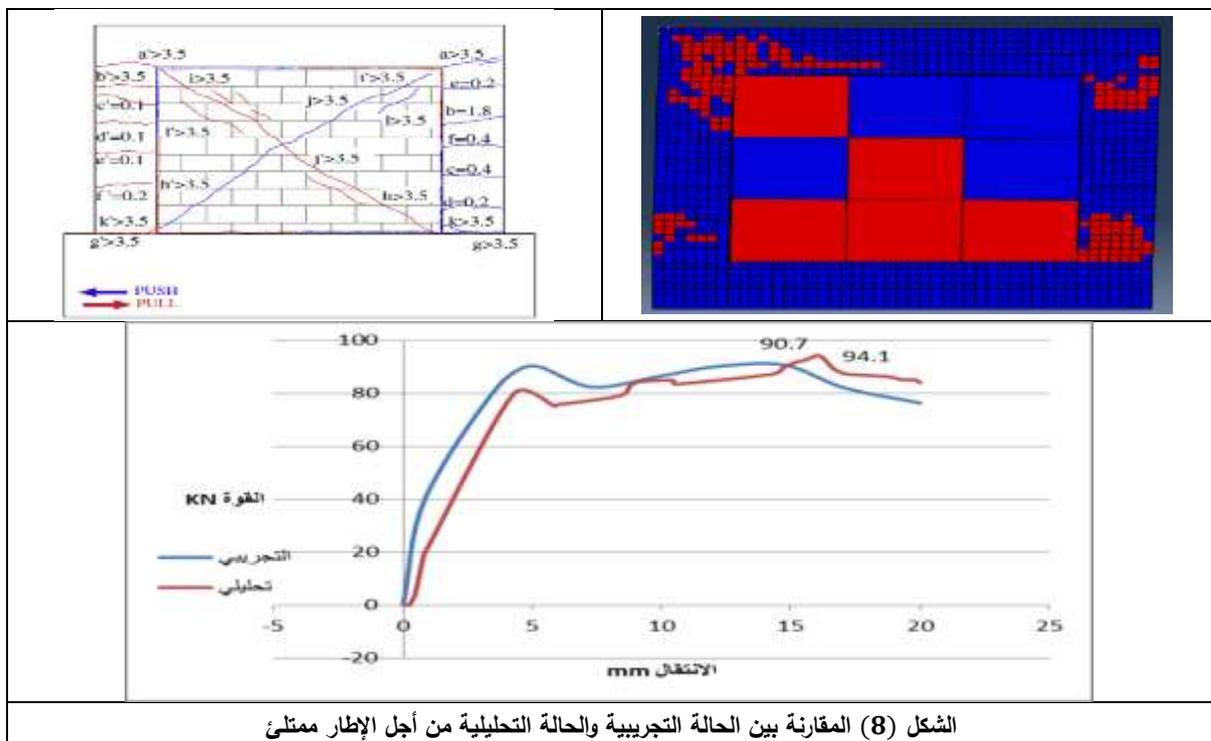
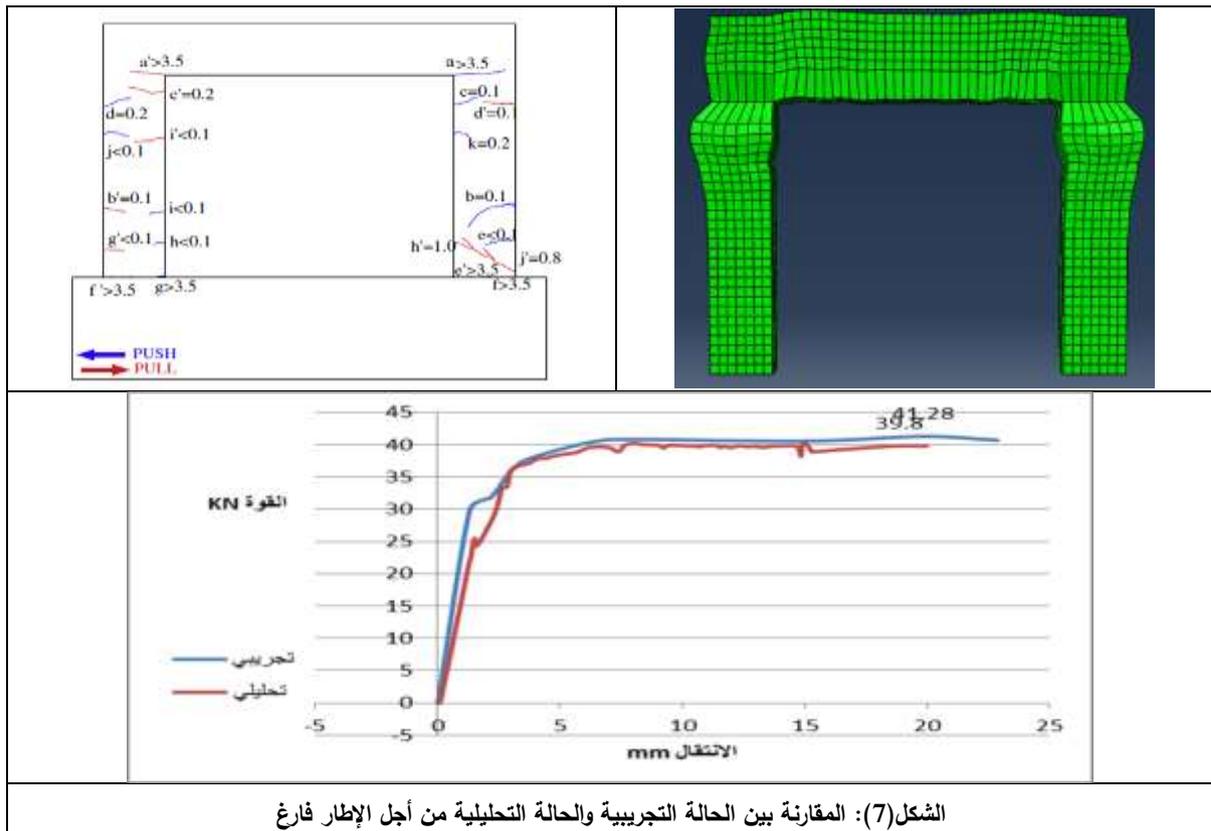


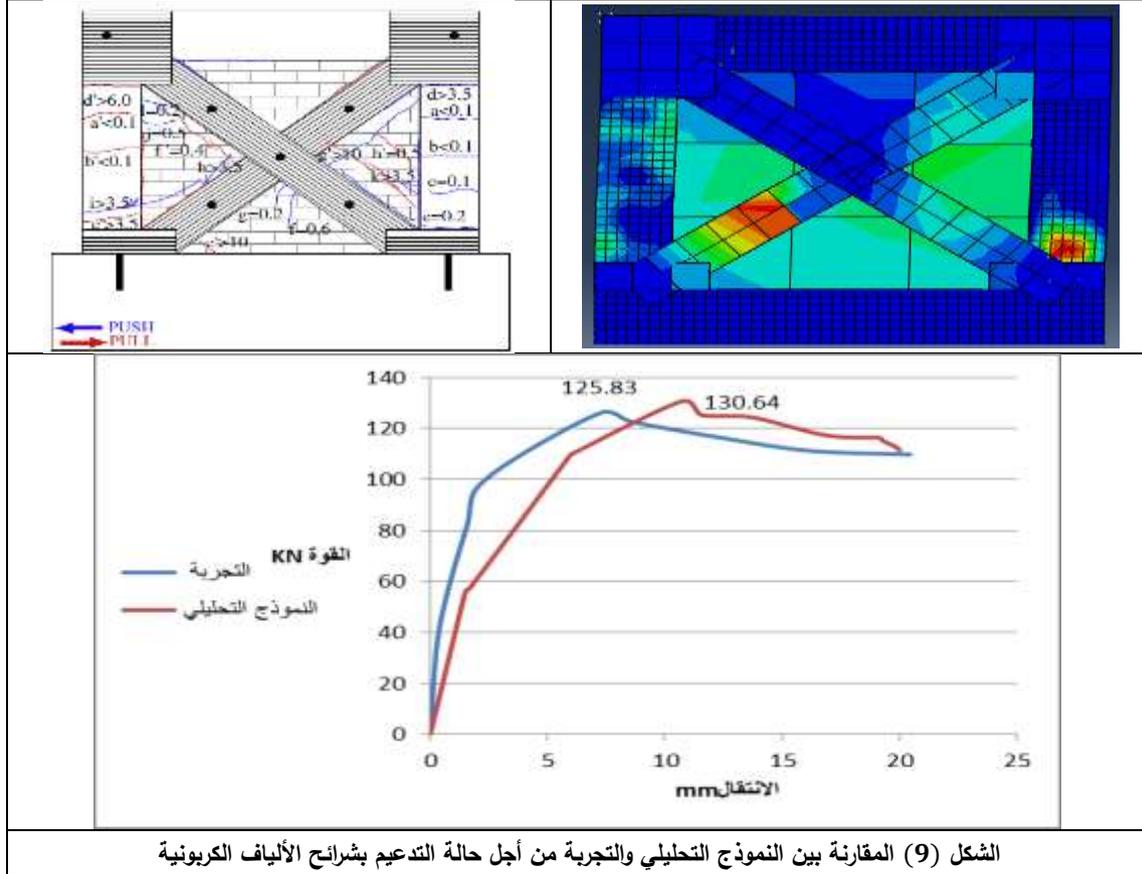
تم في هذه الدراسة اعتماد نموذج لمحاكاة انهيار التماسك الموجودة في [10] (CEB – FIP, 2010) ، والذي يعتمد مفهوم طاقة الانهيار G_f ، وعلاقة إجهاد التماسك – الانزلاق تم الحصول على المنحنى الممثل للتماسك – الانزلاق بين مادة الجدار ومادة الـ CFRP والموافق للخصائص الميكانيكية الواردة في الدراسة التجريبية [7] (Ozkaynak et al., 2011) والمبين بالشكل (6) حيث يمثل المحور الأفقي الانزلاق ، بينما يمثل المحور الشاقولي إجهاد التماسك الذي يزداد مع ازدياد الانتقال وصولاً إلى إجهاد التماسك الأعظمي بين المادتين $\tau_m = 1.71 \text{MPa}$ موافق لانزلاق نسبي بين المادتين مقداره $S_m = 5.56 \times 10^{-4}$ ، ومن بعدها يبدأ إجهاد التماسك بالتناقص حتى الوصول إلى انفصال المادتين عند انزلاق نسبي حدي صغير مقداره $S_u = 0.225 \text{mm}$.



توثيق النموذج :

تم بناء النموذج وفق المعايير السابقة وتمت معايرته مع الدراسة المرجعية لـ [7] (Ozkaynak et al., 2011) وكانت النتائج كالتالي :



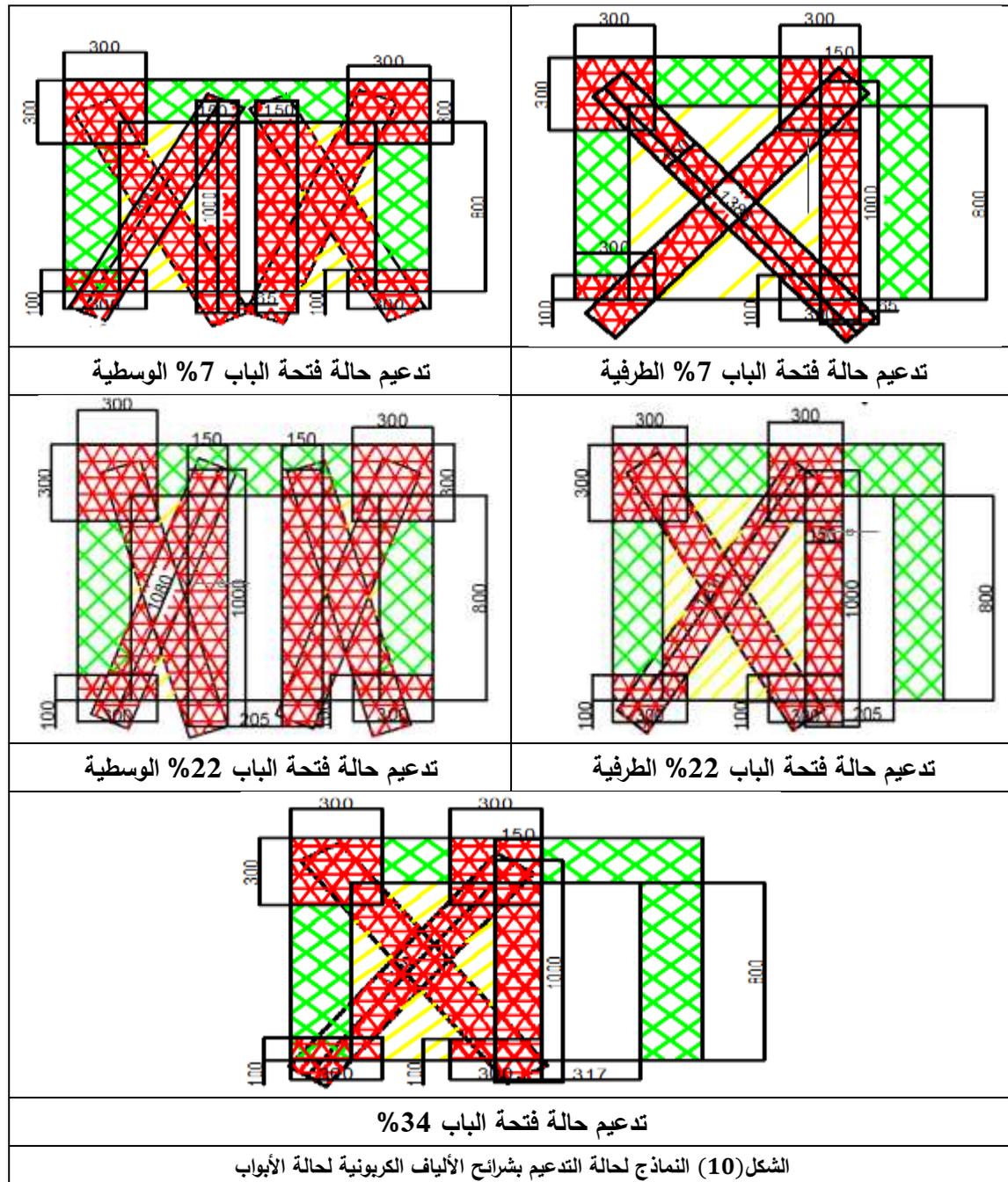


من الشكل (7) و(8) و(9) نلاحظ التقارب في السلوك وفي أماكن تشكل التشققات بين النموذج العددي والدراسة التجريبية حيث بلغت قيمة قوة القص التي يتحملها الإطار الممتلئ من أجل حالة النموذج العددي $(130.64)KN$ وبمقارنتها مع حالة الدراسة التجريبية لـ [7] (Ozkaynak et al., 2011) التي بلغت $(125.83)KN$ كان هناك تقارب من أجل حالة إطار فارغ كان الفرق حوالي 3.5% ومن أجل حالة الإطار ممتلئ حوالي 1.1% ومن أجل حالة الإطار مدعم 3.7%. ويعد هذا النموذج مقبولاً حيث أن الفروقات صغيرة وأن مخطط السلوك متقارب بينهم ونلاحظ أن السلوك العام هو مشابه تماماً للحالة التجريبية .

وبالتالي مما سبق نستنتج أن الفروقات صغيرة وبالتالي يمكن اعتبار النموذج مقبولاً لاعتماده في دراستنا الحالية .

الحالات المدروسة من أجل التدعيم بشرائح الألياف الكربونية :

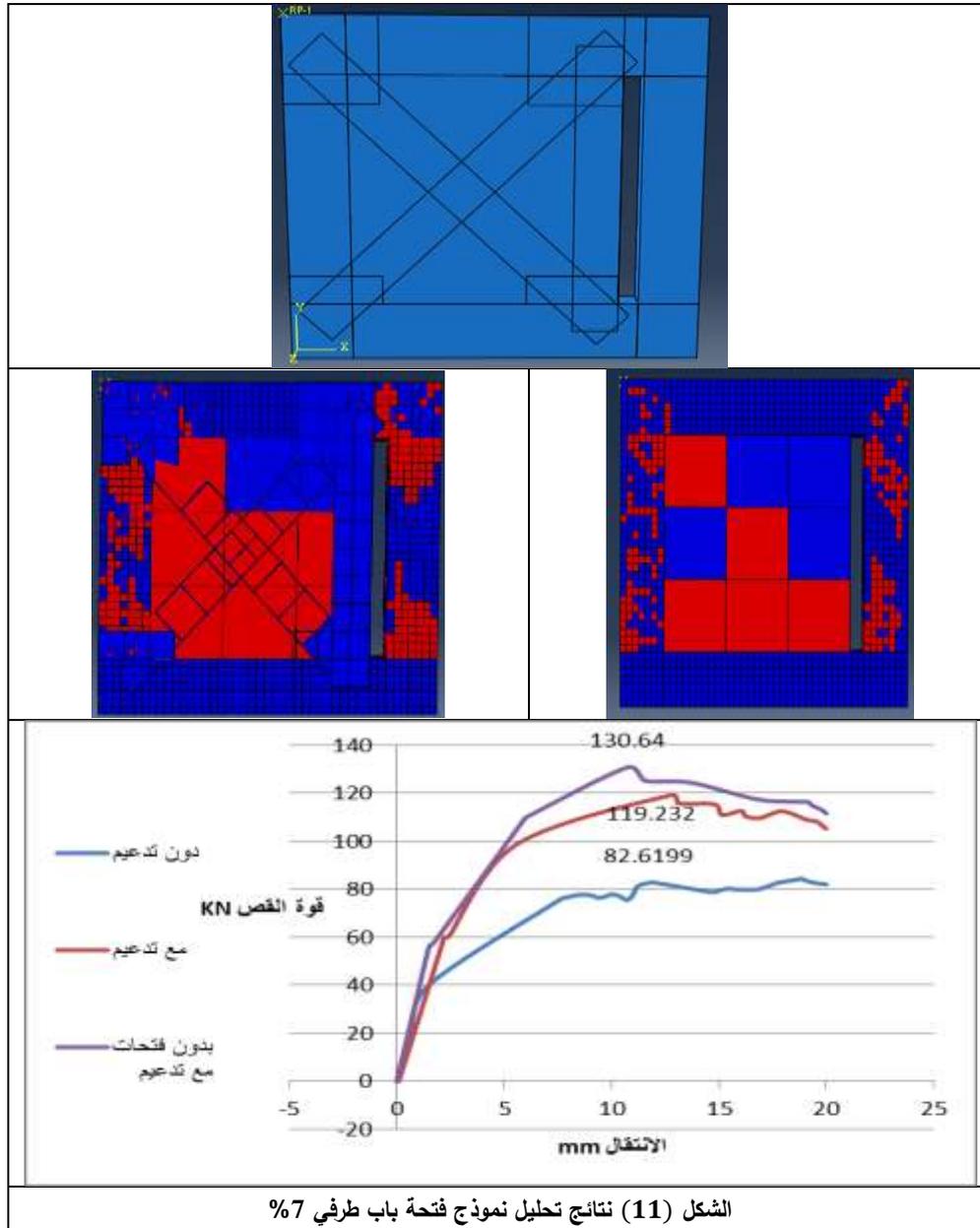
من أجل حالة الأبواب :



يوضح الشكل (10) النماذج التي تم اعتمادها وآلية التدعيم المستخدمة والأبعاد المعتمدة، تم اعتماد التدعيم القطري بواسطة شرائح الألياف الكربونية كونه تبين أن هذه الطريقة فعالة من خلال الدراسات المرجعية السابقة.

من أجل حالة فتحة باب طرفي 7%:

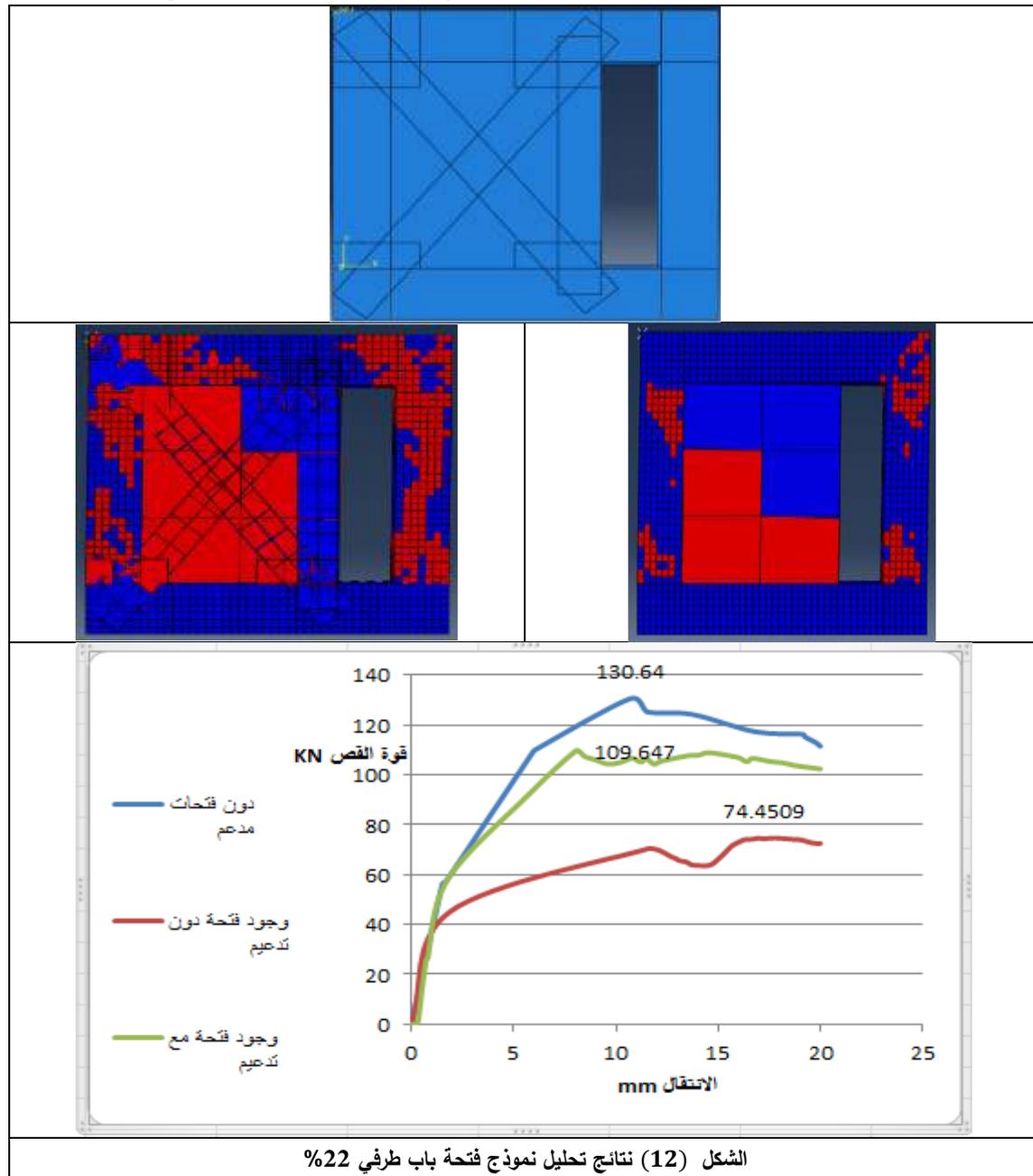
تمت نمذجة حالة وجود فتحة طرفية مقدارها 7% وتم تقوية الجدار بشرائح الألياف الكربونية كما هو موضح بالشكل (11).



من المخطط في الشكل (11) تبين أن مقاومة الإطار بعد التدعيم أصبحت 119KN أي بزيادة 45% عن حالته دون تدعيم وأن الانهيار حصل نتيجة الانفصال بين شرائح الألياف الكربونية وجدار البلوك ونلاحظ من الشكل المتشوه أن وجود شرائح الألياف الكربونية سمح لجدران البلوك بالتشقق بشكل أكبر أي أنه زاد من مطاوعة الجملة .

حالة باب طرفي 22%:

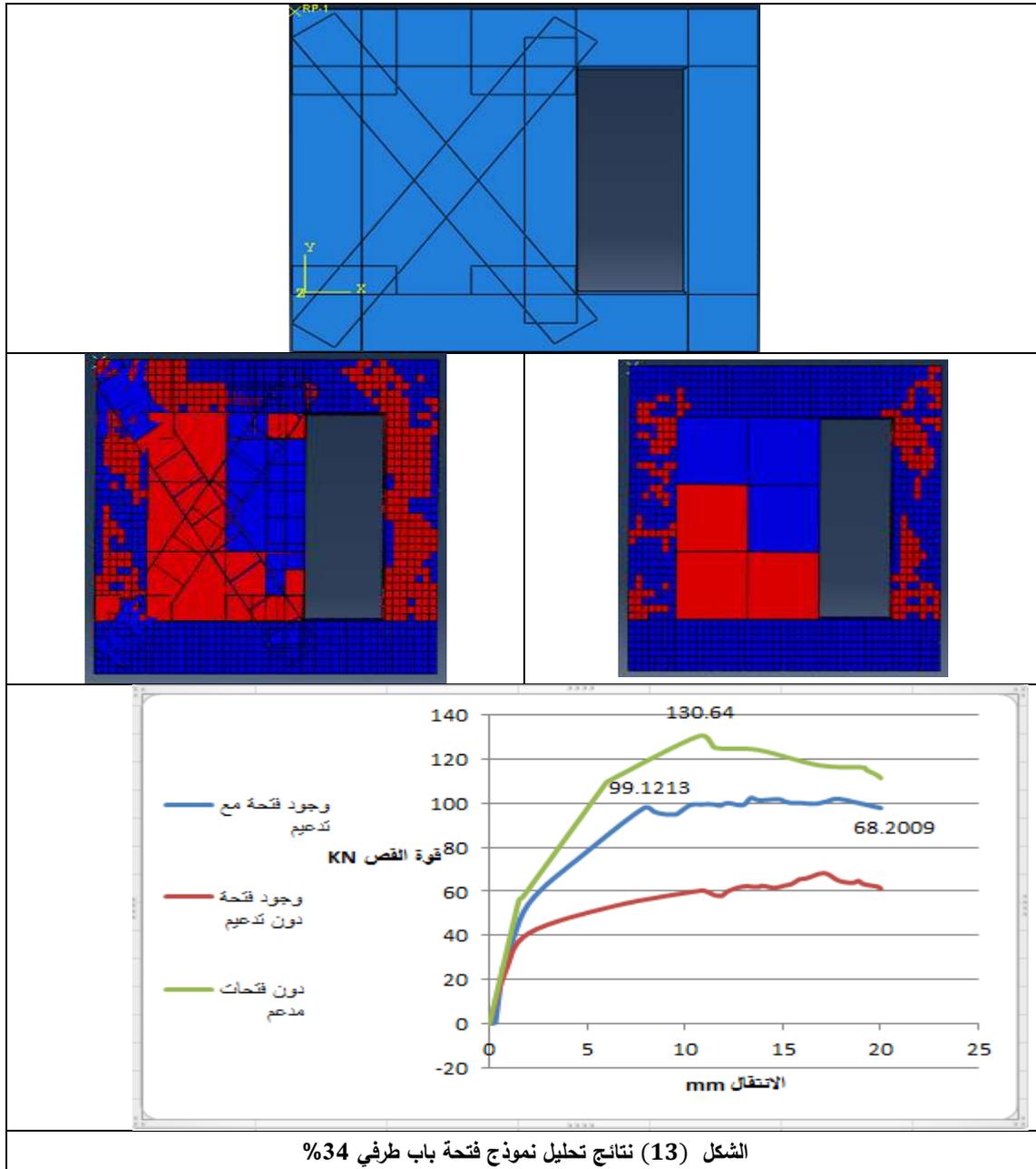
تمت نمذجة حالة وجود فتحة طرفية مقدارها 22% وتم تقوية الجدار بشرايح الألياف الكربونية كما هو موضح بالشكل (12)



من المخطط في الشكل (12) تبين أن مقاومة الإطار بعد التدعيم أصبحت 109KN أي بزيادة 47% عن حالته دون تدعيم وأن الانهيار حصل نتيجة الانفصال بين شرايح الألياف الكربونية وجدار البلوك ونلاحظ من الشكل المتشوه أن وجود شرايح الألياف الكربونية سمح لجدران البلوك بالتشقق بشكل أكبر أي أنه زاد من مطاوعة الجملة .

حالة باب طرفي 34%:

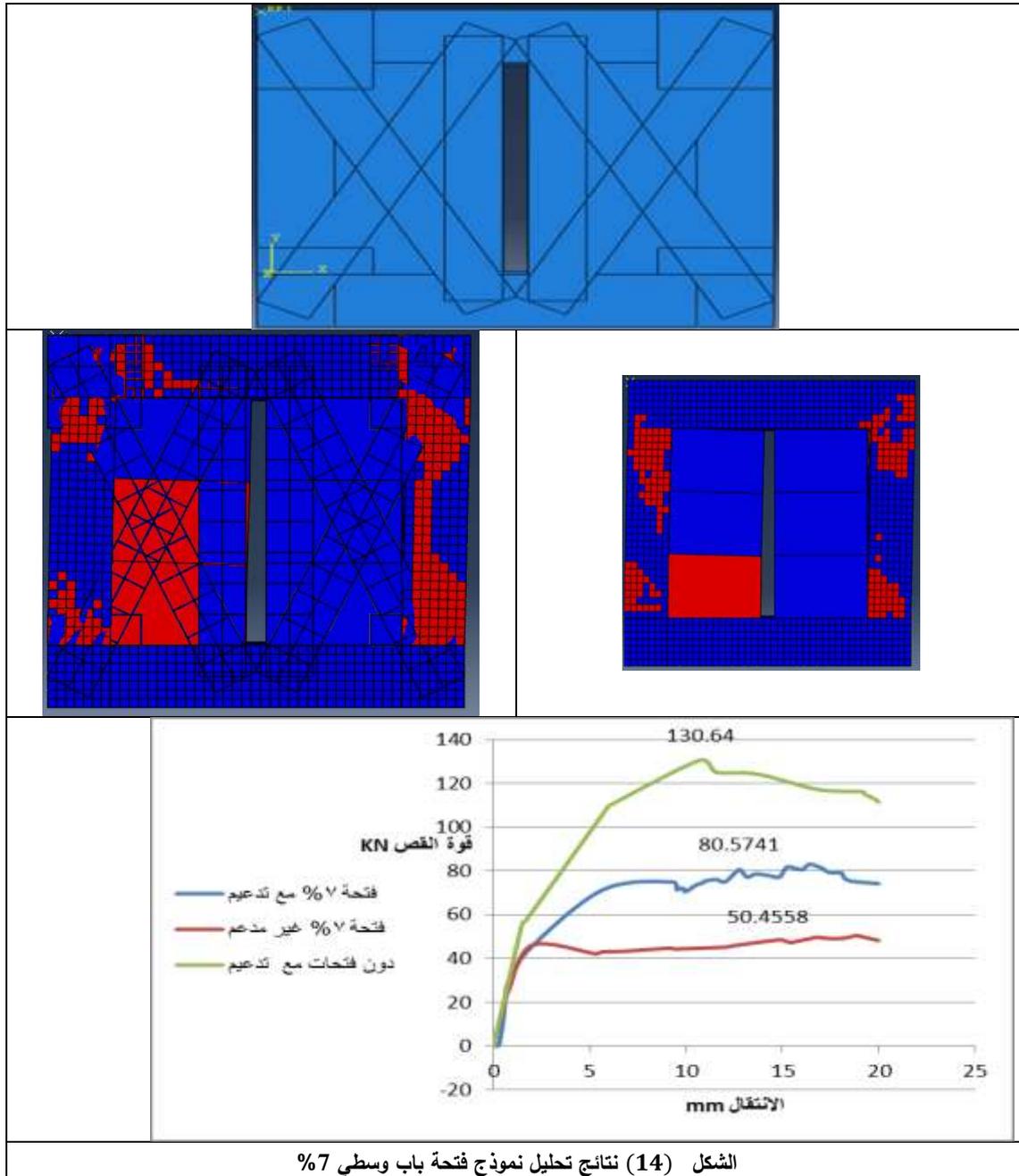
تمت نمذجة حالة وجود فتحة طرفية مقدارها 34% وتم تقوية الجدار بشرائح الألياف الكربونية كما هو موضح بالشكل (13).



من المخطط في الشكل (13) تبين أن مقاومة الإطار بعد التدعيم أصبحت 99KN أي بزيادة 46% عن حالته دون تدعيم وأن الانهيار حصل نتيجة الانفصال بين شرائح الألياف الكربونية وجدار البلوك ونلاحظ من الشكل المنشوه أن وجود شرائح الألياف الكربونية سمح لجران البلوك بالتشقق بشكل أكبر أي أنه زاد من مطاوعة الجملة .

من أجل حالة فتحة باب وسطي 7% :

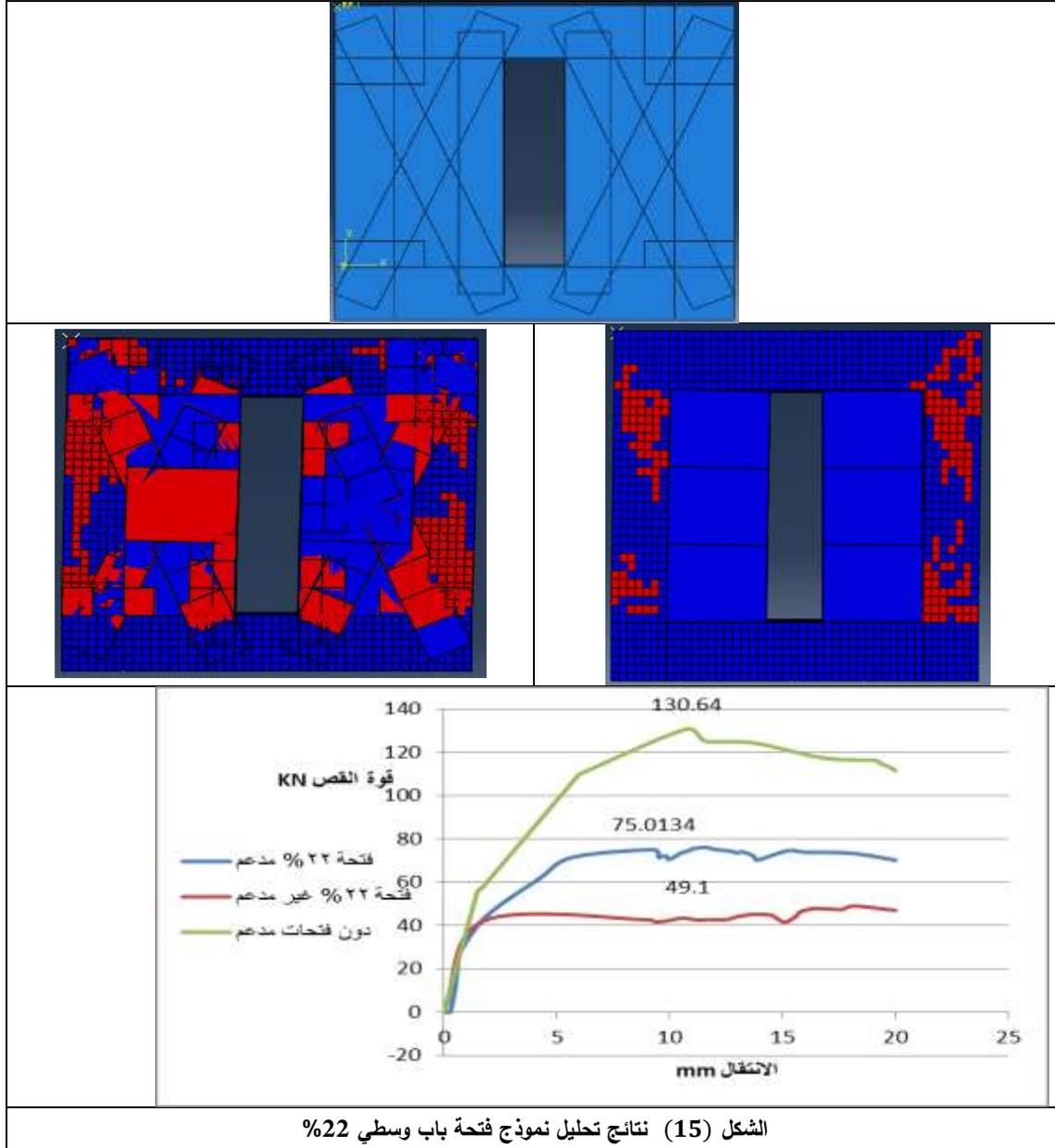
تمت نمذجة حالة وجود فتحة طرفية مقدارها 7% وتم تقوية الجدار بشرائح الألياف الكربونية كما هو موضح بالشكل (14).



من المخطط في الشكل (14) تبين أن مقاومة الإطار بعد التدعيم أصبحت 80KN أي بزيادة 60% عن حالته دون تدعيم وأن الانهيار حصل نتيجة الانفصال بين شرائح الألياف الكربونية وجدار البلوك ونلاحظ من الشكل المتشوه أن وجود شرائح الألياف الكربونية سمح لجدران البلوك بالتشقق بشكل أكبر أي أنه زاد من مطاوعة الجملة .

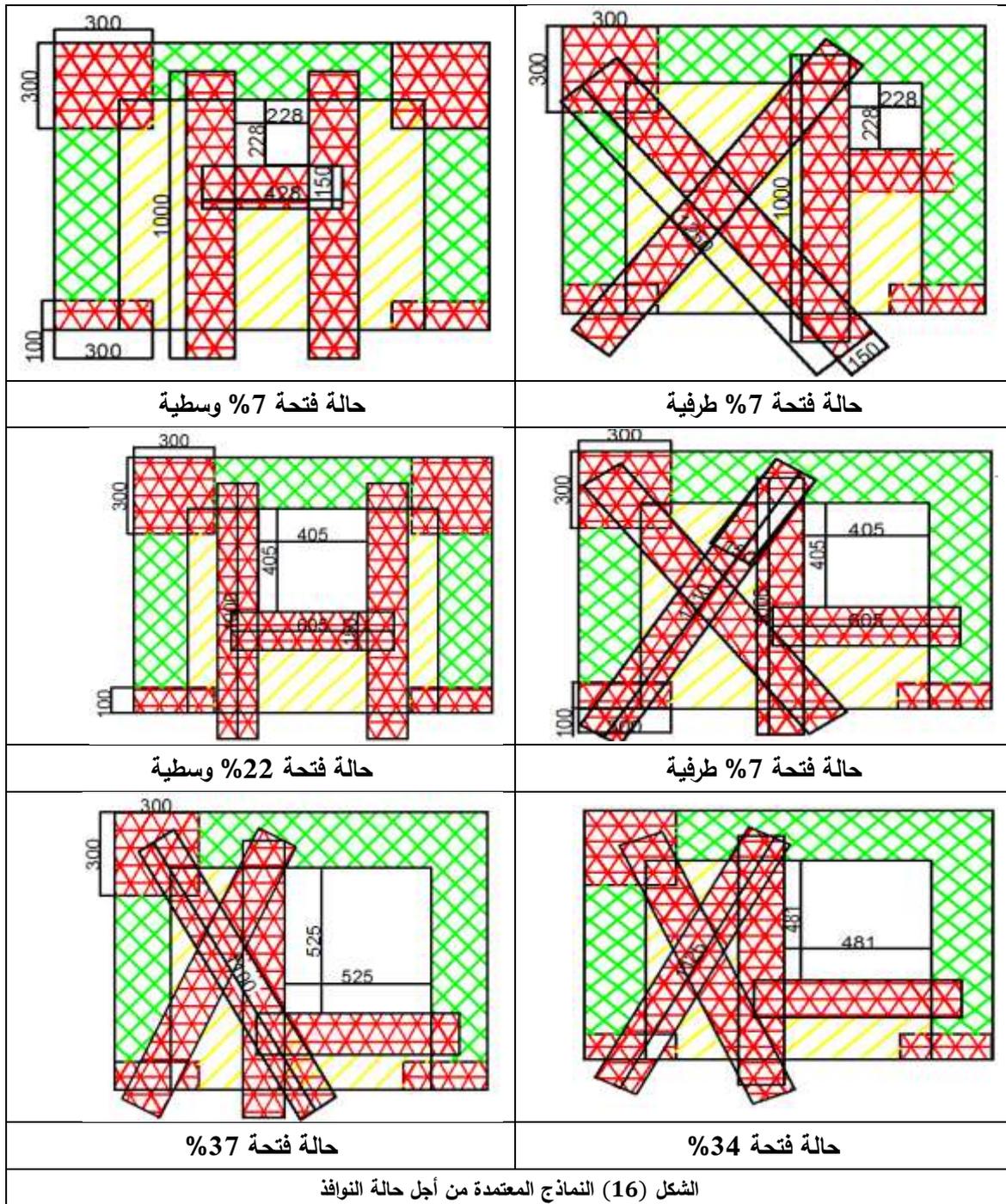
من أجل حالة فتحة باب وسطي 22% :

تمت نمذجة حالة وجود فتحة طرفية مقدارها 22% وتم تقوية الجدار بشرائح الألياف الكربونية كما هو موضح بالشكل (15).



من المخطط في الشكل (15) تبين أن مقاومة الإطار بعد التدعيم أصبحت 75KN أي بزيادة 53% عن حالته دون تدعيم وأن الانهيار حصل نتيجة الانفصال بين شرائح الألياف الكربونية وجدار البلوك ونلاحظ من الشكل المتشوه أن وجود شرائح الألياف الكربونية سمح لجدران البلوك بالتشقق في حين أنها قبل التدعيم كانت تنزلق دون تشقق .

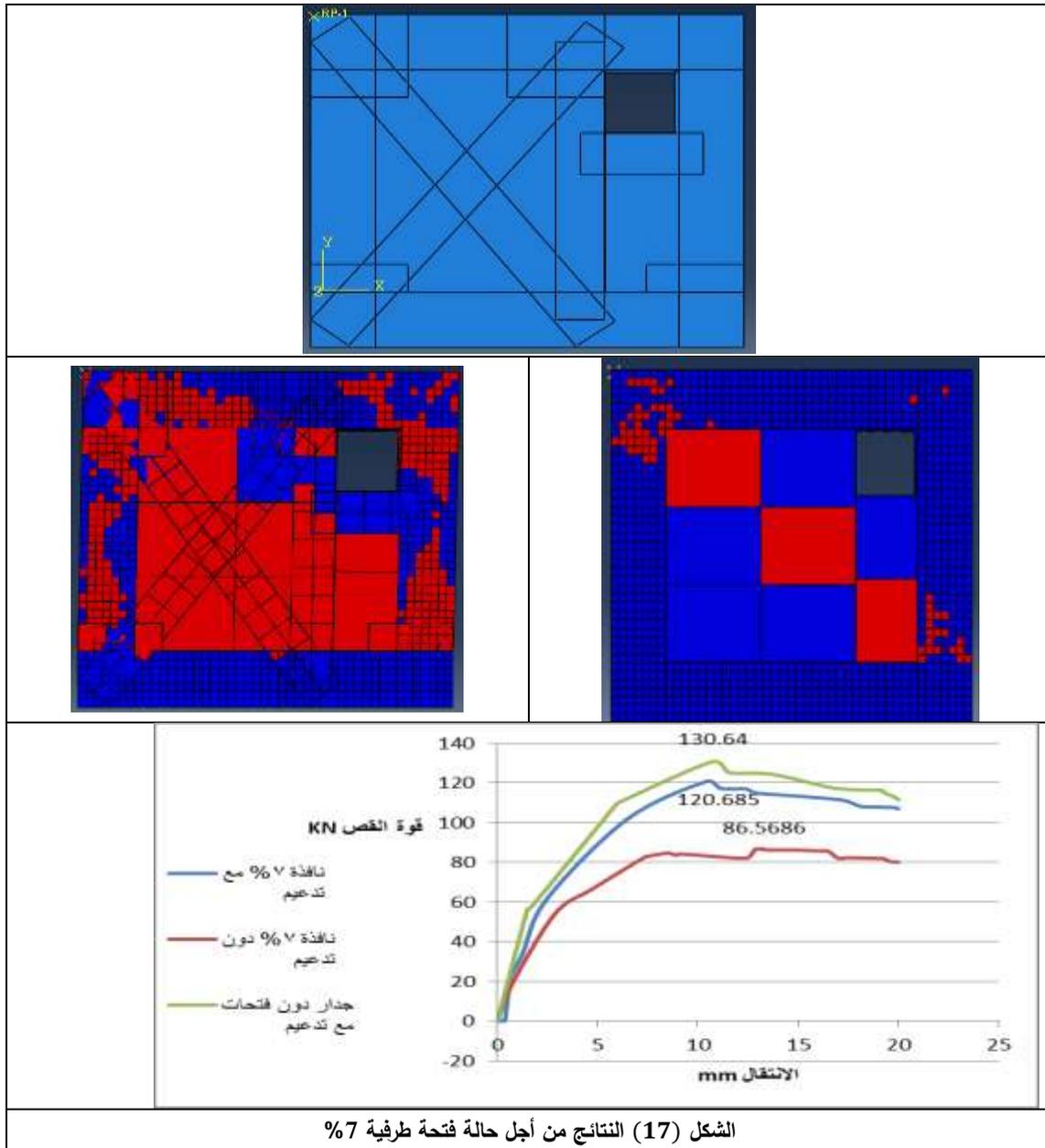
من أجل حالة الفتحة عبارة عن فتحة نافذة :
تم اعتماد النماذج الموضحة بالشكل (14) .



يوضح الشكل (16) النماذج التي تم اعتمادها وآلية التدعيم المستخدمة والأبعاد المعتمدة ، تم اعتماد التدعيم القطري بواسطة شرائح الألياف الكربونية وإحاطة الفتحة كون هذه الطريقة فعالة وذلك من خلال الدراسات المرجعية السابقة.

من أجل حالة فتحة 7% طرفية :

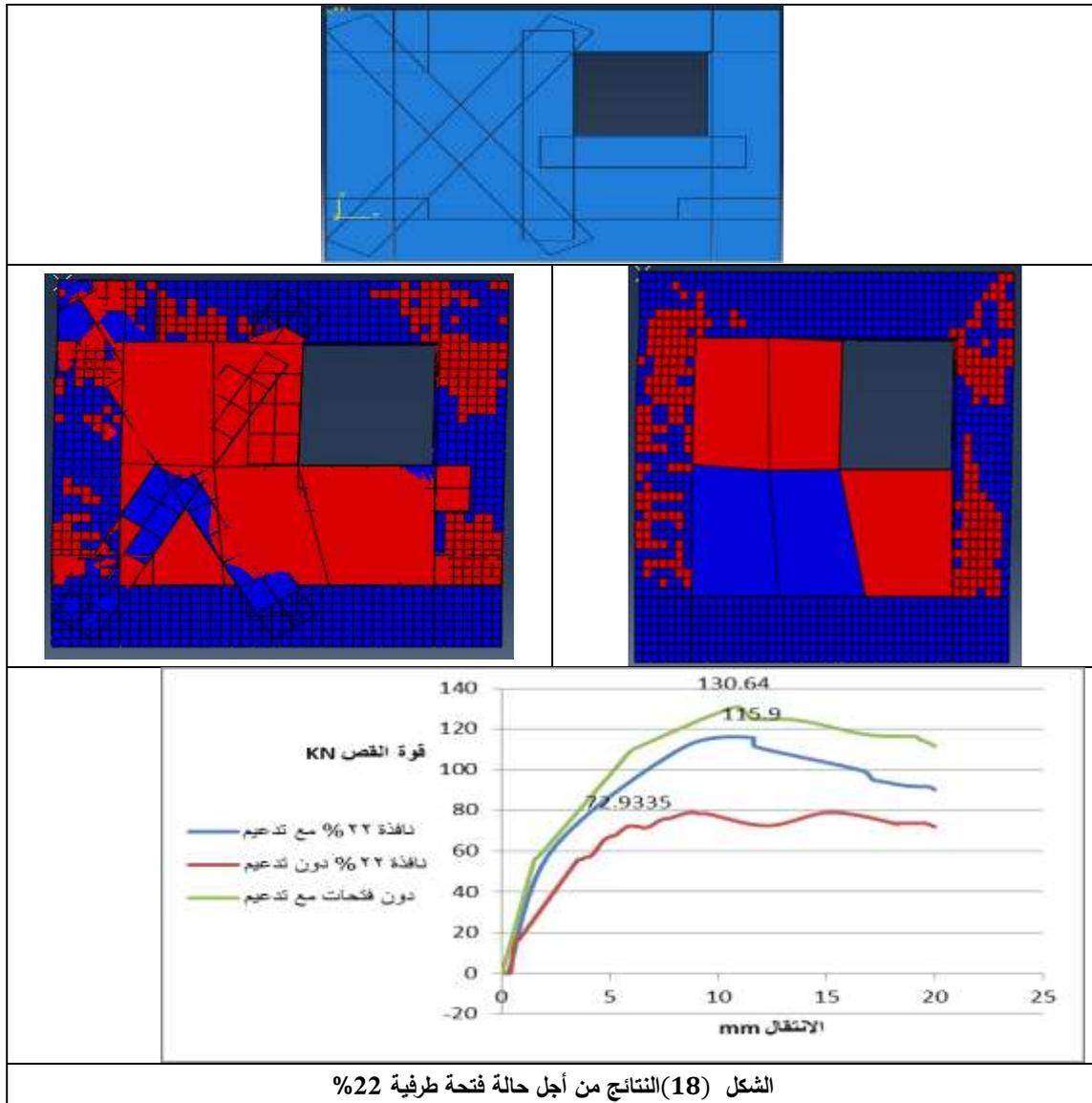
تمت نمذجة حالة وجود نافذة طرفية واعتماد تموضع الألياف وفق الشكل (17) وذلك من خلال احاطة الفتحة أولاً ثم وضع الألياف بشكل قطري متقاطع في الجزء المتبقي من الجدار وذلك كونها الآلية الموافقة لحالة الانهيار الأكثر احتمالاً .



من المخطط في الشكل (17) أعطى هذا التدعيم رفع مقاومة للإطار حيث كان مقاومة الإطار 86.568KN دون تدعيم وأصبحت 120.685KN ، بزيادة مقدارها 140%. وأدى هذا إلى زيادة التشوه في جدار البلوك حيث أن التشوهات وصلت لباقي أجزاء الجدار وتوسعت التشوهات في الإطار .

من أجل حالة فتحة طرفية 22% :

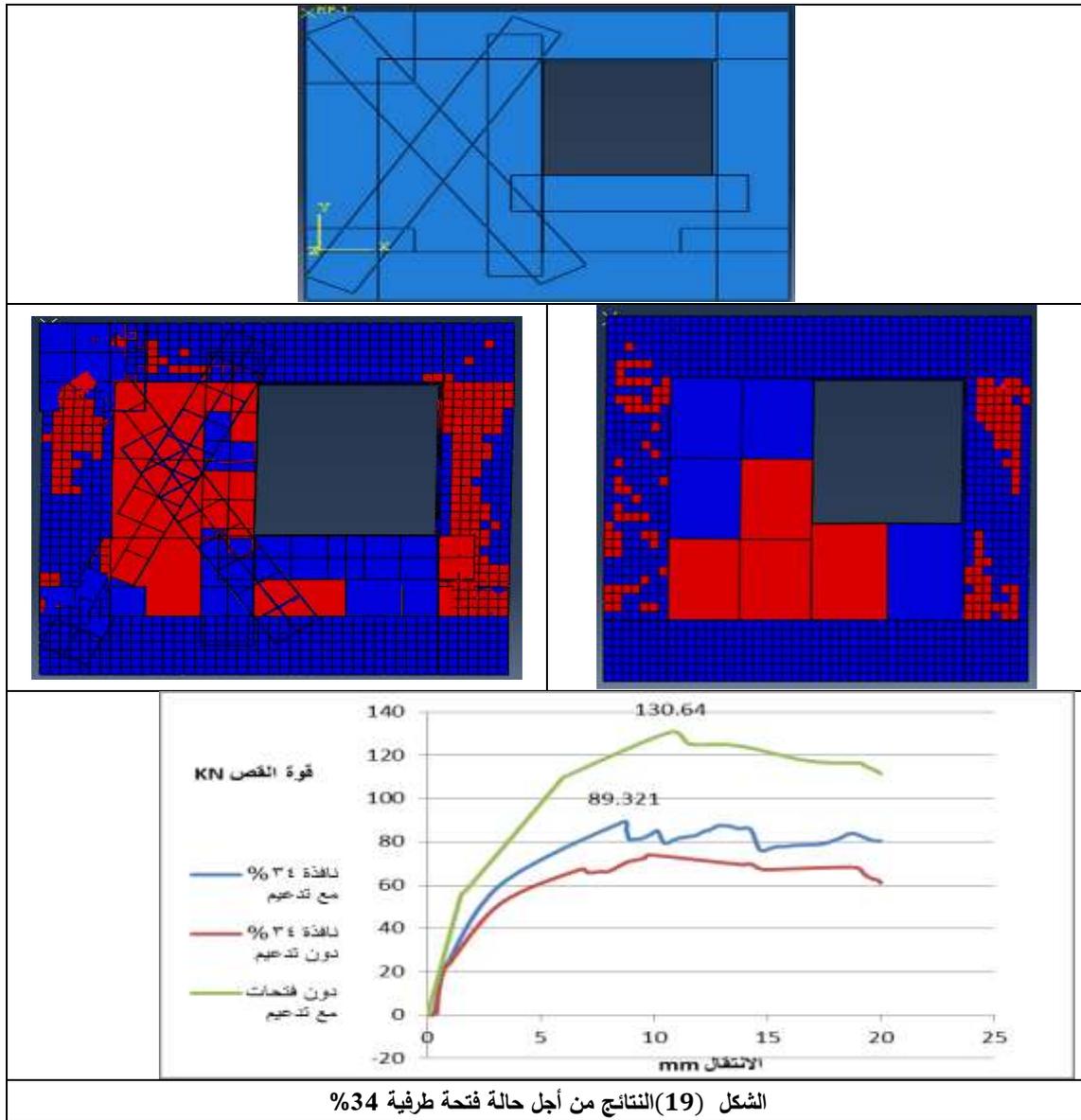
تمت نمذجة حالة وجود نافذة طرفية واعتماد تموضع الألياف وفق الشكل وذلك من خلال احاطة الفتحة أولاً ثم وضع الألياف بشكل قطري متقاطع في الجزء المتبقي من الجدار وذلك كونها الآلية الموافقة لحالة الانهيار الأكثر احتمالاً .



من المخطط في الشكل (18) أعطى هذا التدعيم رفع مقاومة للإطار حيث كان مقاومة الإطار 72.93KN دون تدعيم وأصبحت 115.9KN ، بزيادة مقدارها 156%. و أدى هذا إلى زيادة التشوه في جدار البلوك حيث أن التشوهات وصلت لباقي أجزاء الجدار وتوسعت التشوهات في الإطار .

من أجل حالة فتحة 34%:

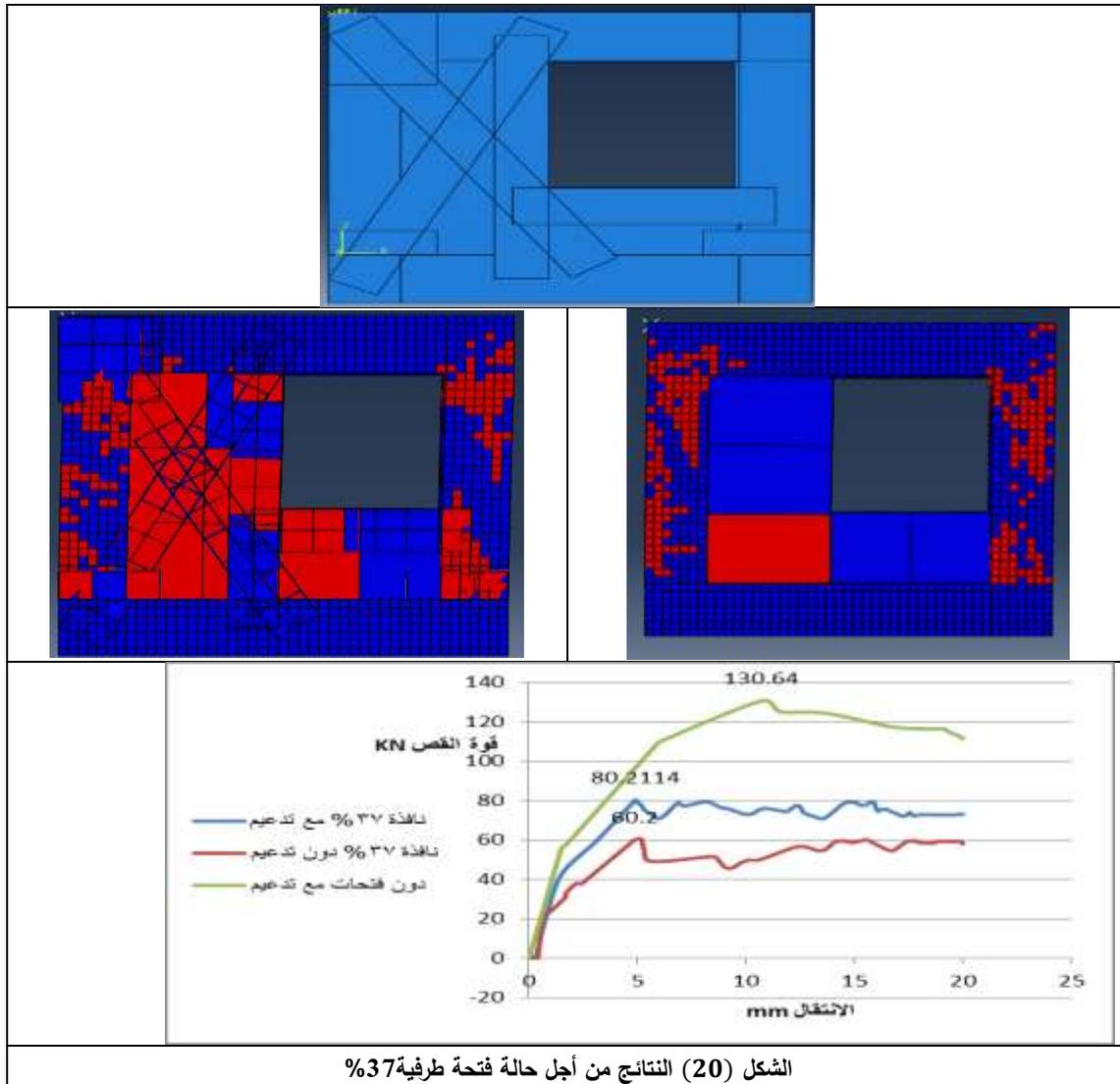
تمت نمذجة حالة وجود نافذة طرفية واعتماد تموضع الألياف وفق الشكل وذلك من خلال احاطة الفتحة أولاً ثم وضع الألياف بشكل قطري متقاطع في الجزء المتبقي من الجدار وذلك كونها الآلية الموافقة لحالة الانهيار الأكثر احتمالاً .



من المخطط في الشكل (19) أعطى هذا التدعيم رفع مقاومة للإطار حيث كان مقاومة الإطار 63KN دون تدعيم وأصبحت 89.32KN ، بزيادة مقدارها 141%. وأدى هذا إلى زيادة التشوه في جدار البلوك حيث أن التشوهات وصلت لباقي أجزاء الجدار وتوسعت التشوهات في الإطار .

من أجل حالة فتحة 37% :

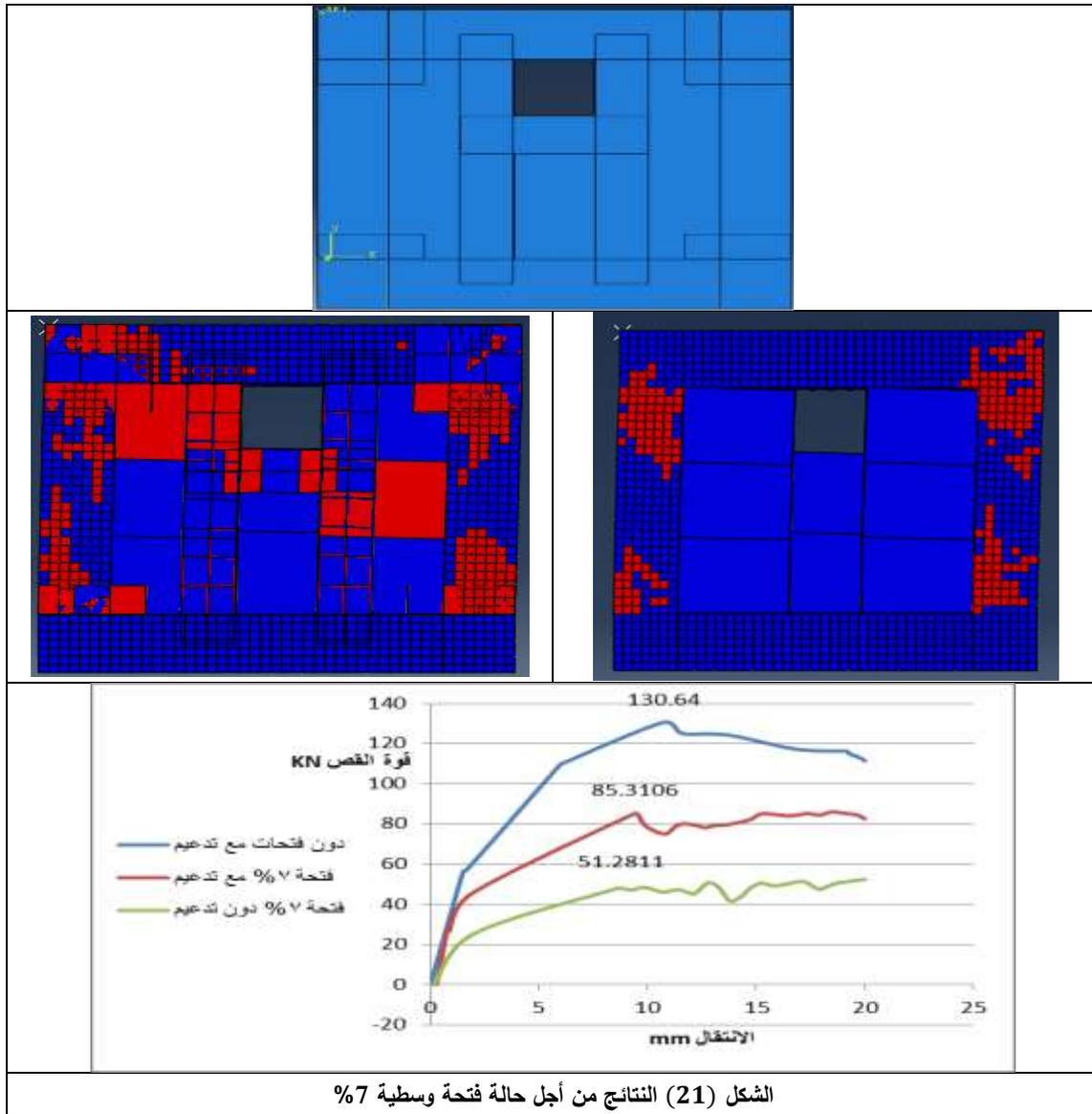
تمت نمذجة حالة وجود نافذة طرفية واعتماد تموضع الألياف وفق الشكل وذلك من خلال احاطة الفتحة أولاً ثم وضع الألياف بشكل قطري متقاطع في الجزء المتبقي من الجدار وذلك كونها الآلية الموافقة لحالة الانهيار الأكثر احتمالاً .



من المخطط في الشكل (20) أعطى هذا التدعيم رفع مقاومة للإطار حيث كان مقاومة الإطار 60.2KN دون تدعيم وأصبحت 80.2KN ، بزيادة مقدارها 133%. وأدى هذا إلى زيادة التشوه في جدار البلوك حيث أن التشوهات وصلت لباقي أجزاء الجدار وتوسعت التشوهات في الإطار .

من أجل حالة فتحة 7% وسطية :

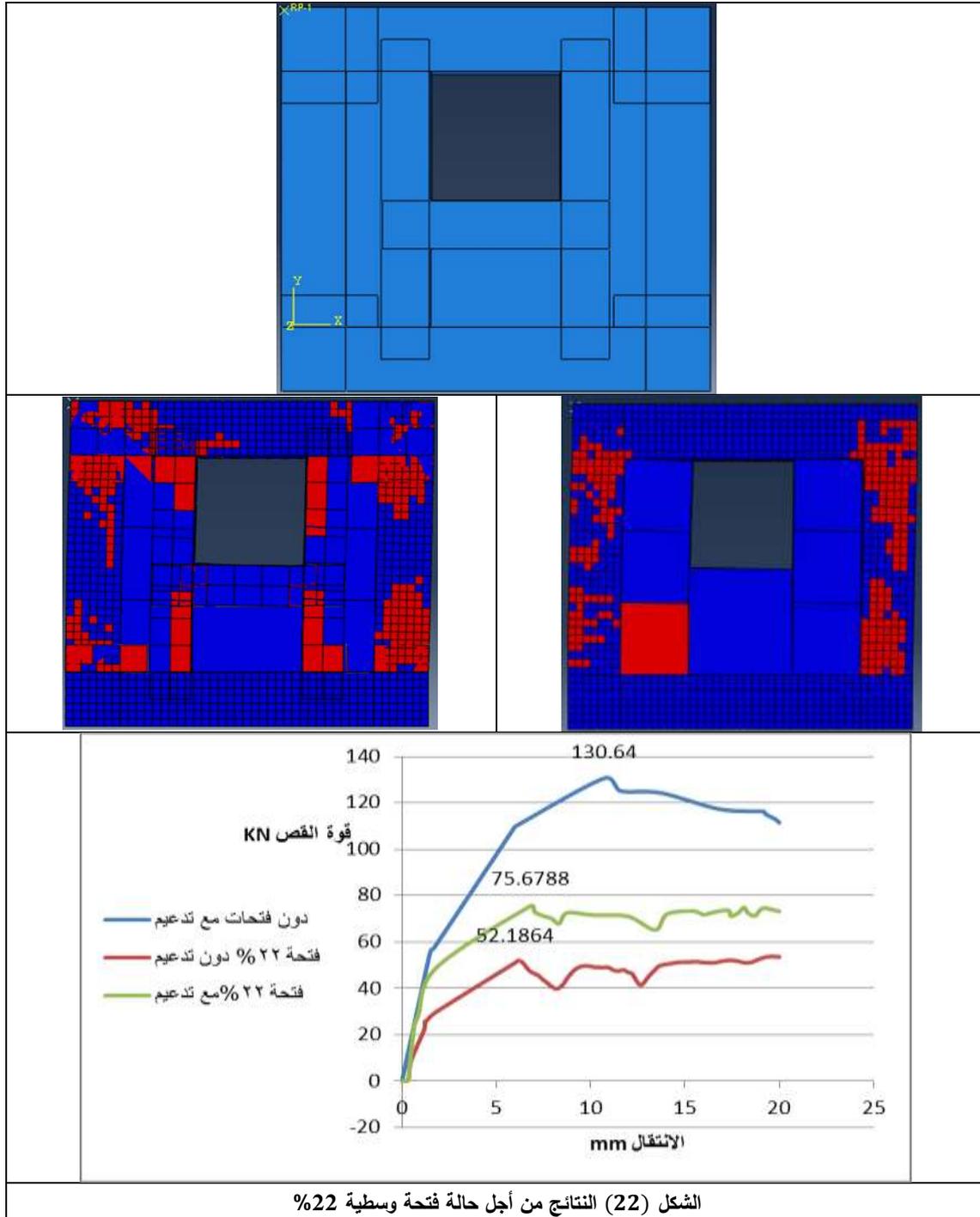
تمت نمذجة حالة وجود نافذة طرفية وتمت تموضع الألياف وفق الشكل وذلك من خلال احاطة الفتحة أولاً ثم وضع الألياف بشكل قطري متقاطع في الجزء المتبقي من الجدار وذلك كونها الآلية الموافقة لحالة الانهيار الأكثر احتمالاً .



من المخطط في الشكل (21) أعطى هذا التدعيم رفع مقاومة للإطار حيث كان مقاومة الإطار 86.568KN دون تدعيم وأصبحت 120.685KN ، بزيادة مقدارها 140%. وأدى هذا إلى زيادة التشوه في جدار البلوك حيث أن التشوهات وصلت لباقي أجزاء الجدار وتوسعت التشوهات في الإطار .

من أجل حالة فتحة 22% وسطية :

تمت نمذجة حالة وجود نافذة طرفية واعتماد تموضع الألياف وفق الشكل وذلك من خلال احاطة الفتحة أولاً ثم وضع الألياف بشكل قطري متقاطع في الجزء المتبقي من الجدار وذلك كونها الآلية الموافقة لحالة الانهيار الأكثر احتمالاً .



من المخطط في الشكل (22) أعطى هذا التدعيم رفع مقاومة للإطار حيث كان مقاومة الإطار 75.6788 دون تدعيم وأصبحت 52.1864 ، بزيادة مقدارها 145%. وأدى هذا إلى زيادة التشوه في جدار البلوك حيث أن التشوهات وصلت لباقي أجزاء الجدار وتوسعت التشوهات في الإطار.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- 1- تبين أن التدعيم بواسطة شرائح الألياف الكربونية كان ذو فعالية كبيرة ، حيث أعطى زيادة في مقاومة الإطارات البيتونية المملوءة الحاوية على فتحات وصلت حتى 156%.
- 2- إن وجود الشرائح الكربونية سمح لجدار البلوك بالتشقق والخضوع بنسبة أكبر من حالة عدم وجوده.
- 3- نلاحظ أنه في أغلب حالات الانهيار كان الانهيار يحدث بسبب انفصال الشرائح الكربونية عن الجدار.

التوصيات:

- 1- دراسة تأثير تدعيم جدران البلوك الحاوية على فتحات في مبنى متعدد الطوابق.
- 2- دراسة تأثير تغيير طريقة التدعيم على مقاومة هذه الجدران.
- 3- دراسة تأثير التدعيم على جدران بلوك محلية الصنع بعد تحديد مواصفاتها.
- 4- إن تدعيم جدران البلوك الحاوية على فتحات بشرائح الألياف الكربونية هو أمر مهم لذلك نوصي بدراسة أكبر على هذا الموضوع وذلك من خلال دراسة أنواع محلية من البلوك وعلى نماذج واقعية ودراسة مدى تأثير عرض هذه الشرائح.

المراجع:

- [1] Hendry A.W., Sinha B.P., Davies S.R. " Design Of Masonry Structures ", Third Edition, E& FN Spon , London , UK, (2004) .
- [2] McKenzie W.M.C. "Design of Structural Masonry", Palgrave Houndmills, New York, USA, (2001).
- [3] Batikha M. (2008). "Strengthening of thin metallic cylindrical shells using fiber reinforced polymers", Phd. Thesis, Institute for Infrastructure & Environment, The School of Engineering and Electronics, The University of Edinburgh, Scotland, UK.
- [4] Obaidat T.Y. "Structural Retrofitting Of Concrete Beams Using FRP - Debonding Issues", Phd. Thesis, Department of Construction Sciences, Division of Structural Mechanics, Lund University, Sweden, (2011).
- [5] Vladimir Sigmund, Davorin Penava 2013. " ASSESSMENT OF MASONRY INFILLED REINFORCED-CONCRETE FRAMES WITH OPENINGS" ISSN 1330-3651(Print), ISSN 1848-6339 (Online) UDC/UDK 624.012.45.072.33:624.042.7
- [6] Altin S., Anil Ö. Kara M. E., Kaya M. "An experimental study on strengthening of masonry infilled RC frames using diagonal CFRP strips", Journal of Composites, (2008). Part B, 39, 680-693.
- [7] Ozkaynak H., Yuksel E., Buyukozturk O., Yalcin, C., Dindar A.A. "Quasi-static and pseudo-dynamic testing of infilled RC frames retrofitted with CFRP material", Journal of Composites, (2011), Part B, 42, 238-263.

- [8] Su Y. “Numerical Simulation Strengthened Unreinforced Masonry (URM) Walls by New Retrofitting Technologies For Blast Loading”, Master Thesis, School of Civil, Environment and mining Engineering, The University of Adelaide, (2008).
- [9] BS EN 1996-1-1,"Eurocode 6 , Design of masonry structures, Part1-1 : general rules for reinforced and unreinforced masonry structure ", European committee for standardization CEN ,(2005).
- [10] CEB-FIP. (2010), “Fib Bulletin 55: Model Code 2010, First complete draft – Volume 1”. The International Federation for Structural Concrete (fib), Switzerland.