

## دراسة سلوك جدران القص (المستوية والمتقاطعة) في الجمل الثنائية من البيتون المسلح تحت تأثير الانهيار المتتابع

أ. د بسام حويجة\*

د. خضر الحج\*\*

م. حسن عبد الهادي\*\*\*

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/٢/٢٤ . قبل للنشر في ٢٠٢٥/٧/١٤)

□ ملخص □

تتعرض المباني لتهديدات مختلفة (زلازل، انفجارات، اعمال ارهابية...), مما يجعل العناصر الإنشائية تخضع لأحمال استثنائية غير تقليدية تتسبب بإجهادات تفوق قدرة تحمل هذه العناصر. إن انهيار عنصر أو مجموعة من العناصر قد يسبب انهيار كامل المبنى أو جزء كبير منه، وخاصة في المباني المهمة (مدارس، مستشفيات، مراكز تجارية ... ) وما ينتج عنها من وفيات و كلف اصلاح عالية بالإضافة إلى توقف الوظيفة التشغيلية لهذه المباني. طورت وزارة الدفاع الأمريكية طرق مختلفة لمقاومة الانهيار المتتابع عن طريق إزالة عناصر شاقولية حاملة (أعمدة أو أجزاء من جدران القص) من مواقع محددة لتقييم قدرة النظام الإنشائي على مقاومة الانهيار الموضعي دون أن يتسبب بسلسلة من الانهيار غير متناسبة مع السبب الرئيس. في هذه الدراسة تم تقييم الاستجابة الإنشائية لمبنى يقع في المنطقة الزلزالية الثالثة ذو جملة ثنائية (اطارات - جدران قص) مصممة وفق الكود العربي السوري وملحقه الثاني عند إزالة أجزاء من جدران القص المتقاطعة والمستوية من طوابق مختلفة والبحث في كيفية تحسين استجابة الجدار بعد الإزالة. اشارت نتائج الدراسة ان ازالة نصف الطول لجدران القص المتقاطعة من جهة واحدة ومن مختلف الطوابق لم تتسبب بفشل إنشائي وبقي المبنى محافظاً على الوظيفة التشغيلية, أما إزالة نصف الطول بالاتجاهين عند مستوي الطابق الأول وعند أول طابق يتغير فيه مقطع الجدار تسبب بفشل إنشائي, ولكن وبالمقابل بزيادة المقاومة المميزة لبيتون جدران القص المتقاطعة بمقدار 25% يتحسن سلوك الجدار ليرضي معايير القبول. بالنسبة لجدران القص المستوي كانت إزالة نصف طول الجدار من مختلف الطوابق ترضي معايير القبول. يتحسن سلوك جدران القص المستوية والمتقاطعة بشكل كبير وتزداد مقاومة الانهيار المتتابع عند الإزالة من مستوي الطوابق العليا.

**الكلمات المفتاحية:** الانهيار المتتابع - الجمل الثنائية - جدران القص.

\* أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سورية

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

\*\*\* طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية - اللاذقية - سورية

## Studying the behavior of Shear walls (planner and intersecting) in RC dual system under progressive collapse

Prof. Bassam HWAIJA\*

Dr. Khudr ALHAJ\*\*

Eng. Hasan Abdulhadi\*\*\*

(Received 24/2/2025 . Accepted 14/7/2025)

### □ ABSTRACT □

Structures are exposed to various threats (earthquakes, explosions, terrorist acts, etc.), in which structural elements subject to exceptional, unconventional loads that cause stresses which exceed the bearing capacity of these elements. The collapse of an element or a group of elements may cause the collapse of the entire structure or a large part of it, especially in important buildings (schools, hospitals, trade centers, etc.), resulting in fatalities and high repair costs, in addition to the cessation of the operational function of these buildings.

The US Department of Defense has developed various methods to resist progressive collapse by removing vertical load-bearing elements (columns or parts of shear walls) from specific locations to assess the ability of the structural system to resist local failure without causing a series of failures disproportionate to the main cause.

In this study, the structural response of a building located in the third seismic zone with dual system (frames - shear walls) designed according to the Syrian Arab Code and its second appendix was evaluated under partial removal of the intersecting and planner shear walls from different stories and how to improve the shear wall response after removal was investigated. The results of the study indicated that half-length removal of the intersecting shear walls from one side from different stories did not cause structural failure and the building maintained its operational function, while half-length removal in both directions at the level of the first story and at the story above the location of change in wall size caused structural failure. By increasing the concrete compressive strength for the intersecting shear walls by 25%, the behavior of the wall improves and satisfies the acceptance criteria.

For the plan shear wall, Half-length removal from different stories satisfied the acceptance criteria. The behavior of the intersecting and planner shear walls improves significantly and the resistance against progressive collapse increases according to partial removal in the upper stories.

**Keywords:** Progressive Collapse ; Dual System ; Shear Walls .

---

\* Professor, Department Of Structural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria

\*\* Lecturer, Department Of Structural Engineering, Latakia University, Latakia, Syria

\*\*\* PHD Degree student , Department Of Civil Engineering, Latakia University, Latakia, Syria.

## ١- المقدمة:

تشكل حالات التحميل الاستثنائية (هجمات إرهابية، زلازل، حرائق، انفجارات، أخطاء بشرية وما إلى ذلك) تهديداً خطيراً على مختلف أنواع المباني. كل حدث مما سبق قد يسبب فشلاً موضعياً والذي يسبب بدوره سلسلة من الفشل وانهيار كامل المنشأ أو جزء كبير منه مترافق مع خسائر بشرية ومادية وهذا ما يعرف بالانهيار المتتابع. هنالك العديد من الحوادث عبر التاريخ ومنها مبنى Alfred Murrah Federal Building في مدينة Oklahoma عام 1995 الذي كان هدفاً لهجوم عندما تم تفجير شاحنة مفخخة أمام الجانب الشمالي للمبنى. المبنى مؤلف من تسعة طوابق من الإطارات البيتونية، بعد الهجوم تدمرت ثلاثة أعمدة على الفور مما سبب انهيار جميع الطوابق التي تعلوها وذلك بسبب أن الإطارات لم تستطيع مقاومة العزوم المتزايدة واجهادات القص بعد فشل الأعمدة الثلاث، والعديد من الأمثلة الأخرى كأحداث أيلول عام 2001 التي أدت إلى انهيار البرجين التوأم لمركز التجارة العالمي في مدينة نيويورك والذي انتهى بمقتل 3000 شخص [1].

عرفت كل من إدارة الخدمات العامة (GSA, 2003) [2] بالإضافة إلى وزارة الدفاع الأميركية (UFC, 2016) [3] الانهيار المتتابع بأنه فشل مكون رئيسي يتسبب بانهايار العناصر الإنشائية المجاورة وبالتالي انهيار كامل المبنى أو جزء كبير منه، حيث طورت طرق تصميمية مختلفة لمقاومة الانهيار المتتابع، وهي كالتالي:

١. طريقة قوى الربط (TF) Tie force: تهدف إلى توفير ربط شاقولي في الأعمدة وأفقي في البلاطات (طولي، عرضي، محيطي) مما يحسن من الاستمرارية والمطاوعة ويساهم في توفير مسارات بديلة.
٢. طريقة المسار البديل (ALP) Alternative load path: يستند إلى مفهوم إزالة عنصر شاقولي من موقع محدد، وتقييم قدرة المنشأ على تجاوز العنصر المتضرر وهي الطريقة المعتمدة في هذه الدراسة.
٣. طريقة تحسين المقاومة الموضعية (ELR) Enhance Local Resistance: وذلك عن طريق زيادة المقاومة على الانعطاف والقص للأعمدة والجدران المحيطية في مستوي الطابق الأرضي.

## ٢- أهمية البحث و أهدافه:

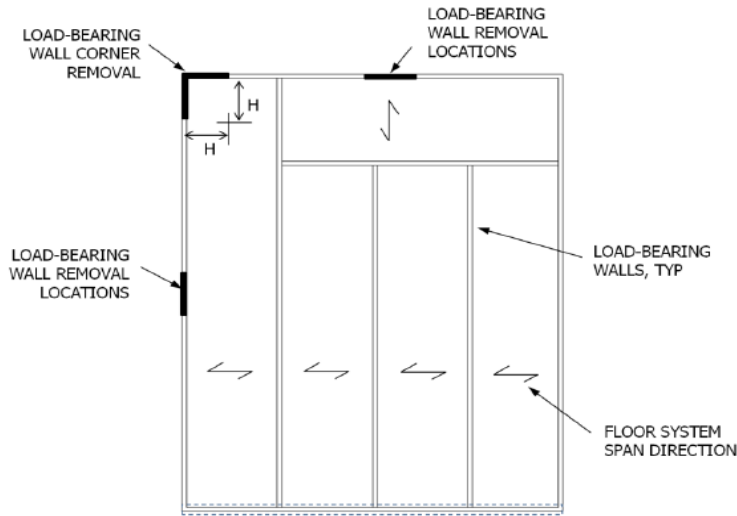
تستخدم جدران القص بشكل واسع في الجمل الإنشائية لمقاومة الأحمال الشاقولية والأفقية، حيث تنتوع فلسفة التصميم الإنشائي لهذه الجدران بحسب الطلب الزلزالي (تسليح موزع بشكل منتظم، وجود أعمدة مخفية في أطراف الجدار). تأتي أهمية هذا البحث في دراسة سلوك جدران القص لمقاومة الأحمال غير التقليدية والتي قد تتسبب بانهايار جزئي بحيث يتم تمكين الجدار من مقاومة الفشل الموضعي دون أن يتسبب بانهايار غير متوافق مع السبب الرئيس. يمكن تلخيص هدف البحث بما يلي:

دراسة سلوك جدران القص المستوية والمتقاطعة في الجمل الثنائية من البيتون المسلح المصممة وفق الكود العربي السوري الأساس لعام 2012 وملحقه الثاني [4] عند فقدان أجزاء منها بحسب (UFC, 2016) [3]، والبحث عن الطرق الأكثر ملاءمة لزيادة متانة وصلابة جدران القص.

## ٣- الدراسة المرجعية:

تستند طريقة المسار البديل إلى مفهوم إزالة عنصر شاقولي حامل (عمود أو جزء من جدار قص)، بالنسبة لجدران القص الخارجية تتم الإزالة من منتصف الاتجاه الطويل ومنتصف الاتجاه القصير ومن زوايا المبنى، طول الجزء المزال مكافئ لضعفي الارتفاع الطابقي 2H إذا كان طول الجدار أكبر من 2H، أما إذا كان طول الجدار أقل

من 2H عندها يتم إزالة الجزء الضعيف حسب الخبرة الهندسية (الشكل 1)، أما بالنسبة للمقاطع (T, I, C) يتم إزالة إما الجسد أو الجناح (UFC, 2016) [3].



الشكل (1) : مواقع الجدران المزالة بحسب توصيات UFC [3]

يتم استخدام تراكب للأحمال الميتة والحية أو أحمال الثلج  $G_N$  (Increased Gravity Loads) مضروبة بعامل تصعيد ومطبقة على البلاطات المتصلة مع العنصر المزال أعلى مستوي الإزالة (معادلة 1). في هذه الدراسة تم اعتماد الأحمال الميتة مع الحية (تؤخذ حمولة الثلج في المنشآت الخفيفة كالخشبية مثلاً).

$$G_N = \Omega_N [1.2 D + (0.5 L \text{ or } 0.2 S)] \quad (1)$$

$\Omega_N$  معامل التضخيم الديناميكي (Dynamic Increase Factor): يطبق على المعادلة السابقة في البلاطات المتصلة مع العنصر المزال وفوق مستوي الإزالة وتؤخذ قيمته من الجدول (1) وفق نوع المادة و العنصر الإنشائي.

الجدول (1) : معامل التضخيم الديناميكي المعتمد في UFC (2016) [3]

Material	Structure Type	$\Omega_N$
Steel	Framed	$1.08 + 0.76/(\theta_{pra}/\theta_y + 0.83)$
Reinforced Concrete	Framed	$1.04 + 0.45/(\theta_{pra}/\theta_y + 0.48)$
	Load-Bearing Wall	2
Masonry	Load-bearing Wall	2
Wood	Load-bearing Wall	2
Cold-formed Steel	Load-bearing Wall	2

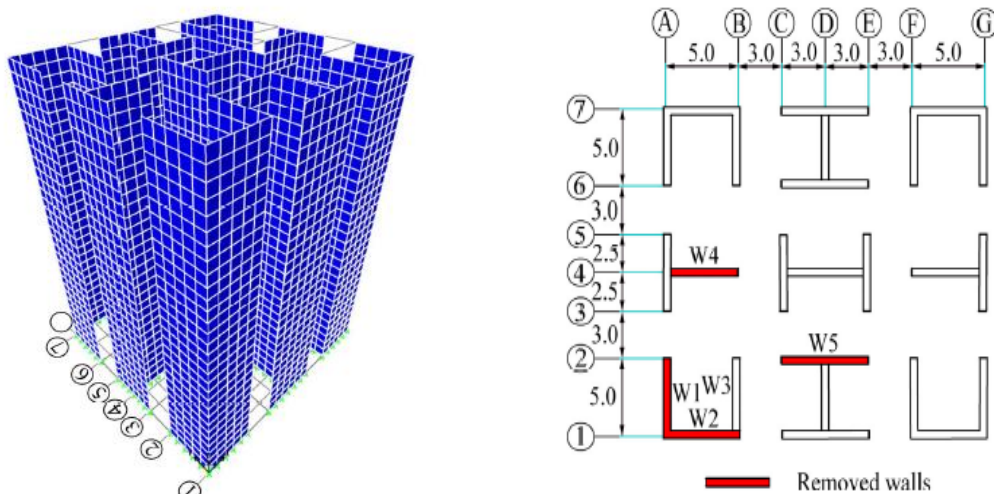
$\theta_{pra}$ : زاوية الدوران اللدن معطاة في جدول معايير القبول في UFC بحسب مستوى الاستجابة الانشائية المناسب،  $\theta_y$ : زاوية الدوران عند الخضوع.

إن القيمة المعتمدة لمعامل التضخيم الديناميكي هي  $\Omega_N = 2$  (جدران حاملة من البيتون المسلح).

أما بالنسبة لباقي البلاطات يتم تطبيق التراكب بدون عوامل تصعيد (معادلة 2) وفق التالي:

$$G = 1.2 D + (0.5 L \text{ or } 0.2 S) \quad (2)$$

قام الباحثون (Rahai A et al., 2015) [5] بتشكيل نموذج ثلاثي الأبعاد من ١٠ طوابق من البيتون المسلح (الشكل ٢) لتقييم الانهيار المتتابع للجدران الحاملة باستخدام طريقة Fiber Section Method, الارتفاع الطائفي 3m مع بلاطات عاملة بالاتجاهين, المبنى يقع في منطقة زلزالية عالية الشدة ومصمم وفق [6]ASCE7-16. في النموذج التحليلي, خصائص لاختبية المادة ومعرفة ومسندة عن طريق منحنيات إجهاد - انفعال, تم استخدام العلاقات المقترحة من قبل (Mander., 1988) [7] مع الإشارة إلى الاختلاف بين البيتون المطوق في أطراف الجدار والبيتون غير المطوق في جسد الجدار.

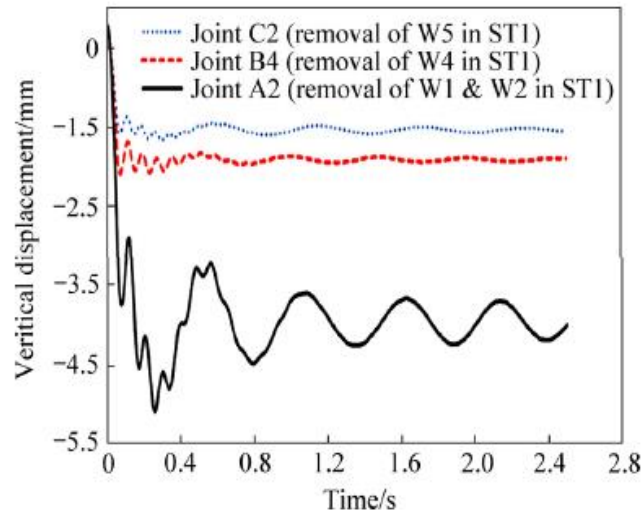


الشكل (٢) : a- مسقط أفقي للطابق المتكرر في المبنى b- نموذج ثلاثي الأبعاد 3-D [5]

في التحليل الديناميكي للاختبي (Nonlinear Dynamic Analysis) حسب GSA [2], تم اعتماد التراكب (DL+0.25LL) وتم محاكاة الإزالة الفورية للجدار كالتالي :

١. تحليل ستاتيكي خطي تحت تأثير الأحمال الدائمة لتحديد القوى الداخلية في نهاية العنصر المزال.
  ٢. إزالة العنصر المستهدف واستبداله بالقوى الداخلية التي تم الحصول عليه من الخطوة الأولى.
  ٣. إجراء تحليل ديناميكي لاختبي مع شروط بدائية (للحفاظ على الجهود الداخلية في المنشأ تحت تأثير الأحمال الدائمة), بالإضافة إلى قوى داخلية مساوية ومعاكسة لتلك القوى المطبقة في الخطوة الثانية في نهاية العنصر المزال وتصل هذه القوى إلى القيمة العظمى خلال زمن قصير جداً وذلك لمحاكاة الإزالة الفورية للجزء المستهدف.
- حالات الإزالة هي الاجزاء الملونة باللون الأحمر وفق ما يلي : إزالة جزئي الجدار (C shaped) W1+W2, إزالة جزء الجدار (T shaped) W4, إزالة جزء الجدار (I shaped) W5. يظهر الشكل (٣) تغير قيم الانتقال الشاقولي في العقد أعلى الجدار لحالات الإزالة الثلاث مع الزمن, حيث كان الانتقال الأعظمي للعقدة C2 في أعلى الجدار (W5) حوالي 1.66mm بينما الانتقال الدائم بعد زمن 2.5s لنفس العقدة 1.54mm, الانتقال الأعظمي للعقدة B4 في أعلى الجدار (W4) حوالي 2.08mm بينما الانتقال الدائم بعد زمن 2.5s لنفس العقدة 1.89mm, الانتقال الأعظمي للعقدة A2 في أعلى الجدار (W1) حوالي 5.07mm بينما الانتقال الدائم بعد زمن ٢.٥s لنفس العقدة 3.95mm.

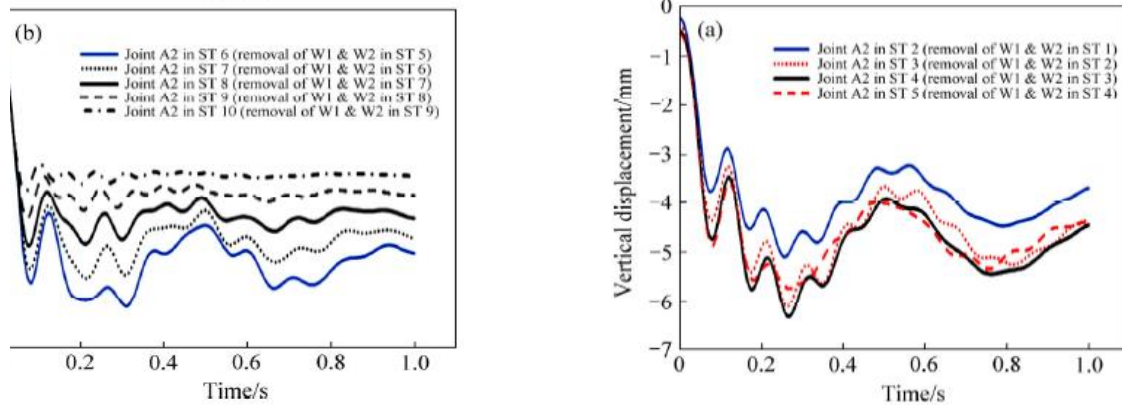
بالمقارنة بين الانتقالات الأعظمية والدائمة للعقد الثلاث بالإضافة إلى زمن الاهتزاز, نجد أن حالة الإزالة الأولى هي الحالة الأكثر خطورة .



الشكل (٣) : مقارنة الانتقال الشاقولي في العقدة أعلى جزء الجدار لحالات الإزالة الثلاث [5]

بعد تحديد حالة الإزالة الأخطر بين الحالات الثلاث، تم إجراء تحليل ديناميكي لا خطي لمحاكاة إزالة الجدارين (W1+W2) عند مستوي كل طابق لتقييم احتمالية الانهيار المتتابع عن طريق تحديد الانتقال الشاقولي في العقدة A2 أعلى الجدار المزال (الشكل ٤).

تزداد قيمة الانتقال الشاقولي في العقدة A2 عند الإزالة من مستوي الطابق الأرضي وحتى مستوي الطابق الثالث (وذلك بسبب تغير مقطع الجدارين في مستوي الطابق الثالث لأول مرة)، بعد ذلك بدأت بالانخفاض وبالتالي انخفاض احتمالية الانهيار المتتابع من الطابق الرابع حتى الطابق التاسع. الحالة الأكثر حرجاً هي إزالة الجدارين (W1+W2) من الطابق الثالث والتي أعطت انتقال شاقولي أعظمي في العقدة A2 بقيمة 6.3mm.

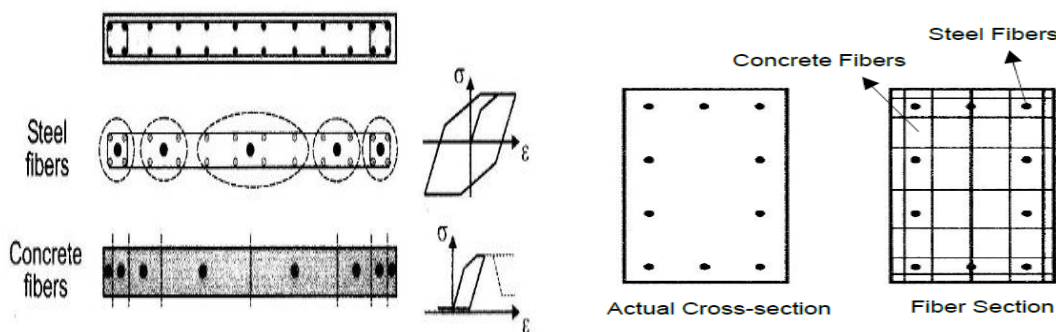


الشكل (٤) : مقارنة الانتقال الشاقولي في العقدة A2 عند إزالة W1 من مختلف الطوابق [5]

لم يذكر الباحث الحدود المسموحة للانتقال الشاقولي أعلى جزء الجدار المزال وكون القيم صغيرة جداً اكتفى في البحث عن الحالة التي أعطت أعلى قيمة للانتقال الشاقولي وتحديد الطابق ذو الصلة، أشارت النتائج أن جدران القص تملك مقاومة جيدة على الانهيار المتتابع بسبب تكامل الأداء بين الدياترام الصلب والفعل الظفري للجزء المتبقي من الجدار مما يمنع الانتقالات الكبيرة. الحالة الأكثر حرجاً هي إزالة الجدار من زاوية البناء ومن مستوي الطابق الذي يتغير فيه مقطع الجدار أول مرة. في هذا البحث سيتم الاستناد في الإزالة على

الجدران الخارجية وهذا يتوافق مع توصيات UFC من الطابق الأول وعند الطابق حيث يتغير مقطع الجدار ومن منتصف ارتفاع المبنى.

يعتبر نهج Fiber modeling الأكثر شيوعاً واستخداماً لمحاكاة جدران القص والذي يستخدم سلوك الإجهاد - انفعال في النموذج اللاخطي لجدار القص، يتم فيه تقسيم المقطع العرضي إلى مجموعة من العناصر الطولية تمثل البيتون و فولاذ التسليح، وإسناد سلوك إجهاد - انفعال لكل منها (Powell, 2010) [8]. تظهر الأشكال (6,5) طريقة تقسيم الأعمدة وجدران القص بحسب هذه طريقة.



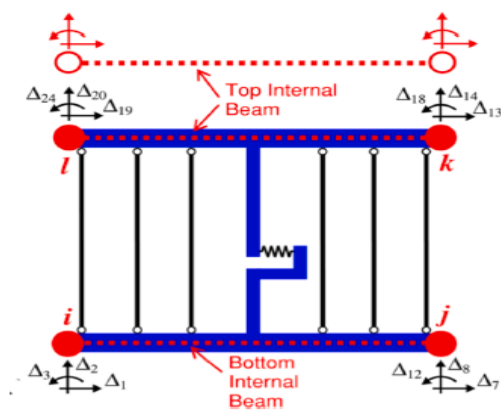
الشكل (٦) : تقسيم المقطع العرضي لجدار القص بطريقة Fiber

#### [8] Section Method

الشكل (٥) : تقسيم المقطع العرضي للعمود بطريقة Fiber

#### [8] Section Method

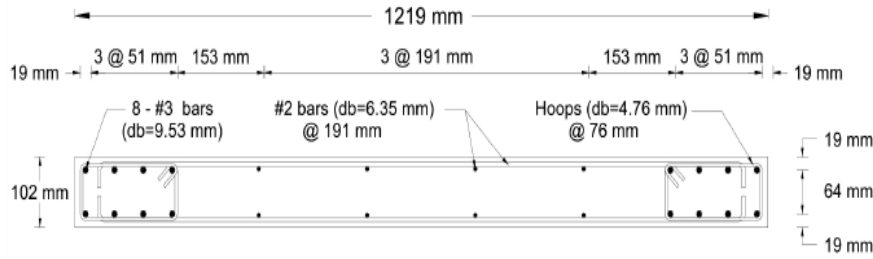
ومن الطرق المستخدمة في نمذجة جدران القص من البيتون المسلح عند دراسة استجابة الجدار غير المرنة طريقة MVLEM (Multi Vertical Line Element) [9] ، حيث يقسم الجدار إلى مجموعة من العناصر الشاقولية المتوازية تمثل البيتون المسلح وفولاذ التسليح ولكل عنصر منها مساحة مكافئة و سلوك إجهاد - انفعال الخاص به ( الشكل ٧) وذلك لمحاكاة كامل الجدار.



الشكل (٧) : طريقة MVLEM لنمذجة جدران القص من البيتون المسلح [9]

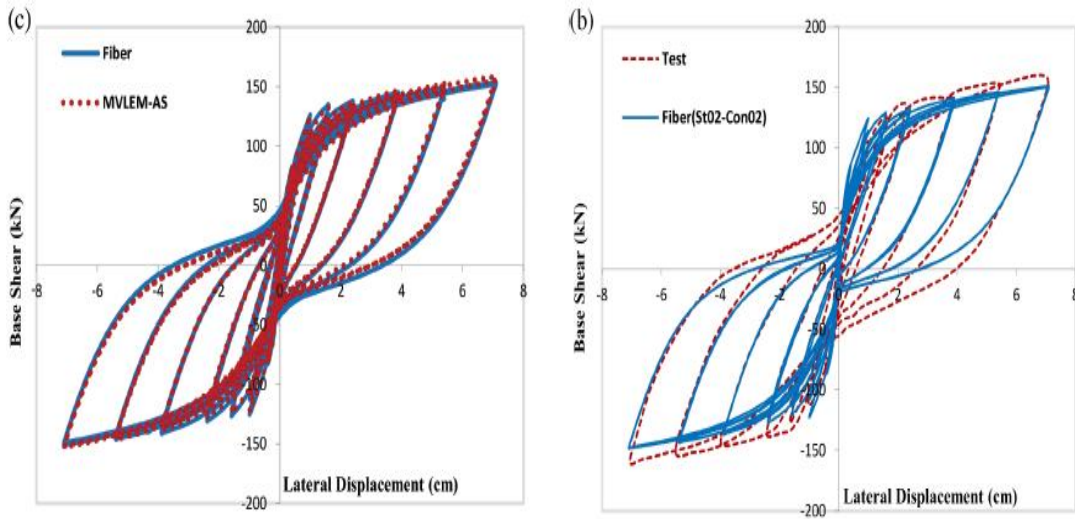
قام الباحث Esmaeiltabar وزملاؤه [10] بمقارنة نتائج التجربة المرجعية [11] Wallace &Thomsen الخاصة بتقييم سلوك جدران القص النحيفة تحت تأثير أحمال الجاذبية والأحمال الأفقية وفق طريقتي التحليل المشار لهما (Fiber Modeling , Multi Vertical Line Element).

العينة المختبرة بمقياس 1/4 بارتفاع 3660mm، يظهر الشكل (٨) المقطع العرضي مع تفاصيل التسليح، يتم تطبيق حمل شاقولي  $0.07f_c A_g$  بشكل منتظم وثابت بوساطة اثنين من المكابس الهيدروليكية في الأعلى ومشغل مثبت في الزاوية أعلى الجدار لتطبيق إزاحة دورية متزايدة.



الشكل (٨) : تفاصيل التسليح والأبعاد للعيينة المختبرة [10]

أظهرت نتائج المقارنة في الأشكال (9,10) التوافق في السلوك بين التجربة المرجعية مع النماذج التحليلية وبالتالي دقة وموثوقية نمذجة جدار القص وفق الطرق المذكورة ( Fiber Modeling , Multi Vertical Line Element ).



الشكل (٩) : مقارنة نتائج المحاكاة بطريقة Fiber Modeling مع التجربة [10]

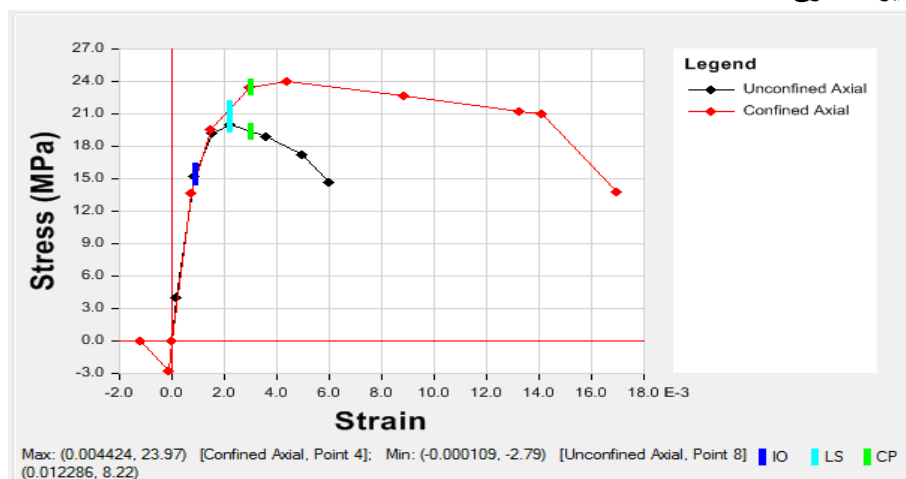
الشكل (١٠) : مقارنة المحاكاة بطريقة MVLEM مع المحاكاة [10] Fiber Modeling

#### ٤- طرائق البحث:

المبنى المدروس مكون من قبو يعلوه خمسة عشر طابق متكرر (مبنى متوسط الارتفاع)، يقع في منطقة ذات زلزالية مرتفعة ( $PGA=0.3g$ )، النظام الإنشائي جملة ثنائية من البيتون المسلح مقاومة للزلازل، صنف التربة

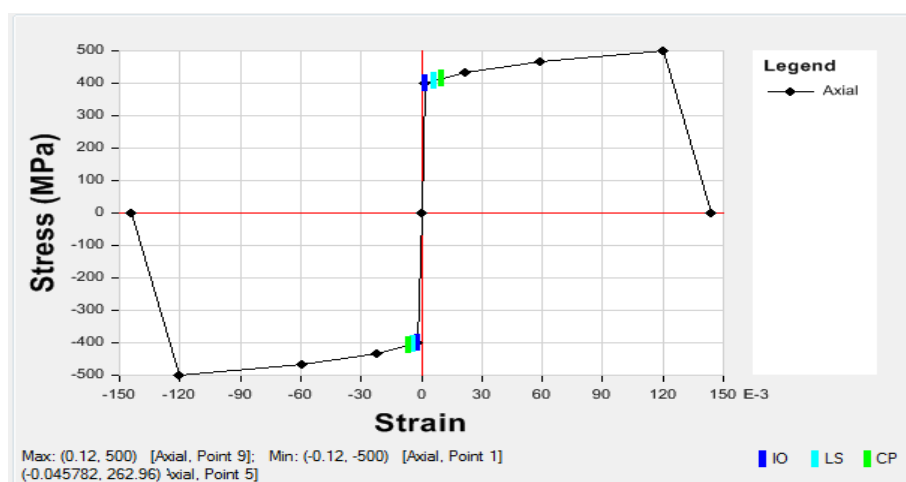
$S_B$ . تم التصميم وفق الكود العربي السوري وملحقه الثاني [٤] وذلك بعد القيام بتشكيل نموذج ثلاثي الأبعاد على برنامج ETABS 2016 [12] يتضمن تأثيرات  $P-\Delta$ . المقاومة المميزة للبيتون  $f'_c = 20 MPa$  استخدمت هذه المقاومة للحصول على عناصر إنشائية حاملة ذات عطالة كبيرة تزيد من الصلابة وتحد من الانتقال الأفقي وذلك لتحقيق الاستجابة الزلزالية كون المبنى في منطقة زلزالية مرتفعة). إجهاد الخضوع لفلواذ التسليح الطولي و العرضي  $f_y = 400 MPa$  (تم استخدام تسليح عرضي عالي المقاومة للتخفيف من كثافة

التسليح العرضي كنتيجة عن إجهادات القص الكبيرة في العناصر الإنشائية الحاملة بسبب زلزالية المنطقة المرتفعة وبالتالي سهولة التنفيذ)، والمبنى من المهم استمرار دوره الوظيفي وبالتالي عامل الأهمية 1,25. في هذه الدراسة تم اعتماد طريقة Fiber Section Method ، يظهر الشكل (١١) سلوك الإجهاد - انفعال الخاص بالبيتون مع معايير القبول ، المنحني باللون الاحمر يمثل سلوك البيتون المطوق، أما المنحني باللون الأسود يمثل البيتون غير المطوق.



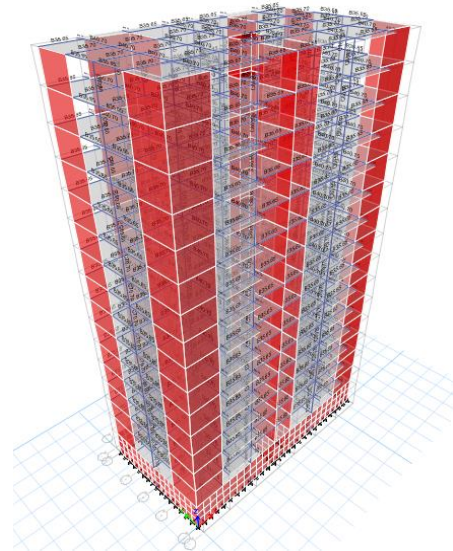
الشكل (١١) : سلوك إجهاد - انفعال الخاص بمادة البيتون

يبين الشكل (١٢) سلوك إجهاد-انفعال لفولاذ التسليح حيث يظهر فولاذ التسليح في الضغط والشد مع معايير القبول.



الشكل (١٢) : سلوك إجهاد - انفعال الخاص بفولاذ التسليح

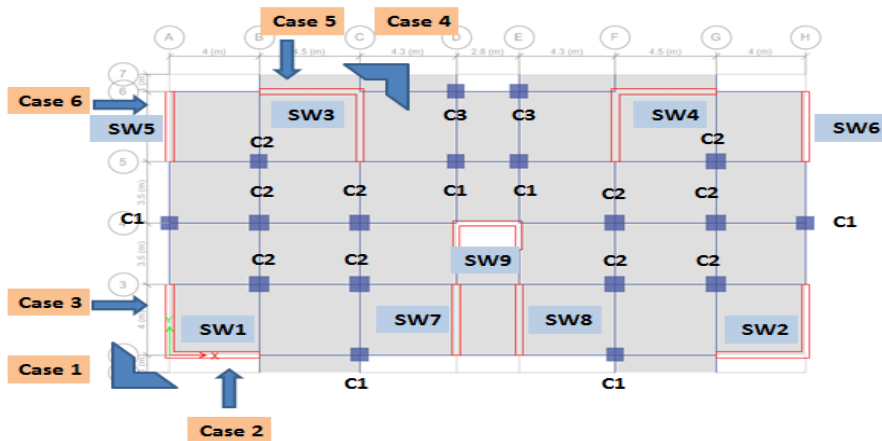
تم التحقق من موثوقية النموذج من خلال تطبيق اشتراطات التحقق الإنشائي والزلزالي بدقة بإجراء تحليل الستاتيكي الخطي والديناميكي الخطي (المبنى يحقق التناظر الإنشائي، الانتقالات الأفقية ضمن الحدود المسموحة ومحقق على الفتل وغيرها). تبلغ مساحة جدران القص حوالي ٤٪ من المساحة الطابوقة، معظمها بالاتجاه القصير للمبنى لتأمين صلابة عالية وبالتالي الحد من الانتقال الأفقي تحت تأثير الزلازل في هذا الاتجاه، بينما تساهم درجة عدم التقدير العالية في الاتجاه الطويل للمبنى (عدد الفتحات) في تحقيق متطلبات الانتقال الأفقي. يظهر الشكل (١٣) نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى مع مسقط أفقي (الشكل ١٤) تظهر عليه مقاطع الجوائز البيتونية المسلحة.



الشكل (١٤): مسقط أفقي للمبنى مع الجوائز البيتونية المسلحة

الشكل (١٣): نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى

ويظهر الشكل (١٥) مسقط أفقي مع مقاطع الأعمدة وجدران القص حيث تشير الأسهم إلى الحالات المدروسة لمواقع جدران القص المراد إزالة أجزاء منها. سيتم إجراء الإزالة لجدران القص SW1&SW3&SW5 من الطابق الأول فوق سطح الأرض (حيث أكبر حمولة شاقولية)، وعند الطابق الرابع (أول طابق يتغير فيه مقطع الجدار) ومن الطابق الثامن (منتصف ارتفاع المبنى) وذلك لجدران القص الخارجية على محيط المبنى وفق توصيات إدارة المرافق العامة UFC، بالنسبة لمدى الإزالة في جدران القص المتقاطعة سيتم إزالة نصف طول الجدار من الجهتين  $2*0.5*L$  (نصف طول فرعي الجدار) في مكان تقاطع الفرعين ومن ثم نصف طول الجدار  $0.5*L$  من جهة واحدة (نصف طول أحد فرعي الجدار)، بينما بالنسبة لجدران القص المستوي SW5 سيتم إزالة نصف طول الجدار.



الشكل (١٥): مسقط أفقي لمقاطع الأعمدة و مواقع جدران القص المراد إزالة أجزاء منها

يبين الجدول (٢) أبعاد وتسليح الجوائز البيتونية المسلحة، بينما يظهر الجدول (٣) التفاصيل الخاصة بالأعمدة من أبعاد وتسليح طولي وعرضي وهي موضحة في الأشكال (16,17,18,19,20)، يحتوي الجدول (٤) على التفاصيل الإنشائية الخاصة بجدران القص.

الجدول (٢) : أبعاد الجوائز مع التسليح الطولي والعرضي

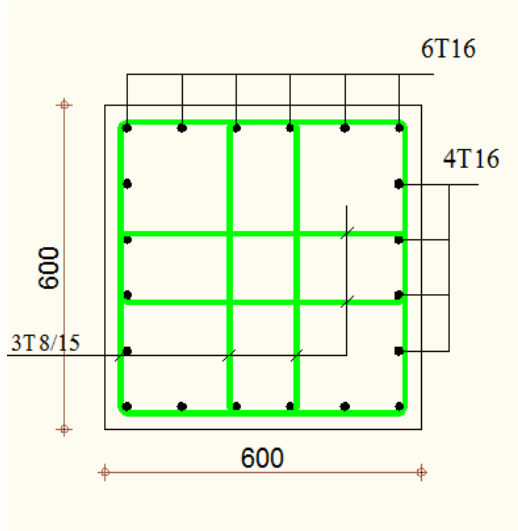
Beam	Height	Width	Bottom Rein.	Top Rein.		Ties
				Middle	Additional-End	
B1	70	40	6T16	4T16	2T16	2T10@10cm
B2	70	35	4T16	4T16	2T16	2T10@10cm
B3	65	35	4T16	4T14	2T14	2T10@10cm
B4	50	25	4T14	4T12	-	2T8@15cm

الجدول (٣) : أبعاد الأعمدة مع التسليح الطولي والعرضي

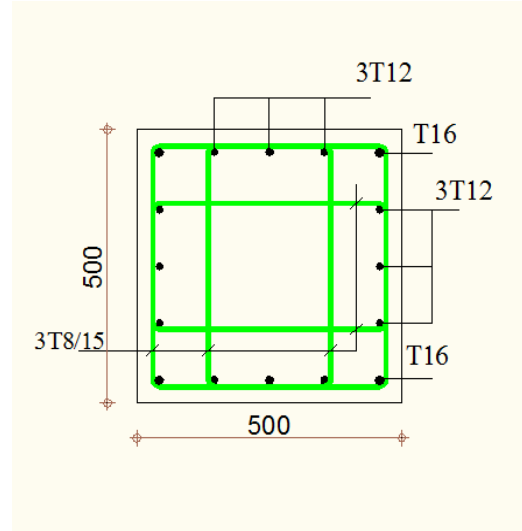
Story	Length(cm)	Width(cm)	Longitudinal Rein.	Ties
C1				
Base+1+2+3+4+5	80	80	4T20+24T16	5T10/15
6+7+8+9+10	70	70	4T20+20T16	3T8/15
11+12+13+14+15	60	60	20T16	3T8/15
C2				
Base+1+2+3+4+5	90	90	4T20+36T16	6T10/15
6+7+8+9+10	80	80	4T20+24T16	5T10/15
11+12+13+14+15	70	70	4T20+20T16	3T8/15
C3				
Base+1+2+3+4+5	70	70	4T20+20T16	3T8/15
6+7+8+9+10	60	60	20T16	3T8/15
11+12+13+14+15	50	50	4T16+12T14	3T8/15

الجدول (٤) : التفاصيل الإنشائية الخاصة بجدران القص

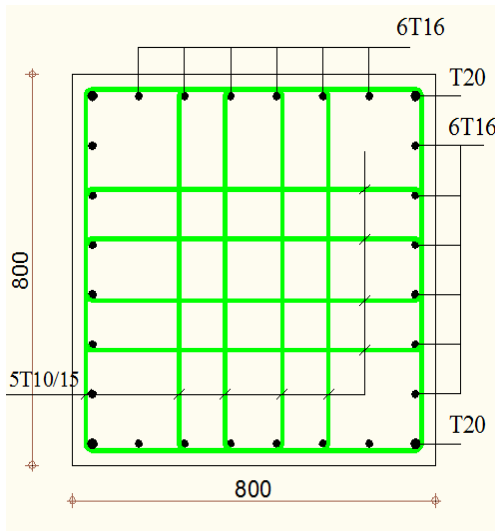
Story	Thick (cm)	Reinforcement		Boundary Element Rein.		
		Long.	Trans.	Dim.	Long.	Ties
SW1&SW2						
Base+1+2+3	35	T16/15cm	T12/20cm	-	-	-
4+5+6+7	30	T14/15cm	T10/20cm	-	-	-
8+9+...+16	25	T12/15cm	T8/20cm	-	-	-
SW3&SW4						
Base+1+2+3	35	T18/15cm	T12/20cm	-	-	-
4+5+6+7	30	T16/20cm	T12/20cm	-	-	-
8+9+...+16	25	T14/20cm	T10/20cm	-	-	-
SW5+SW6						
Base+1+2+3	35	T16/15cm	T14/20cm	80.80	T16@8cm	2T10@20cm
4+5+6+7	30	T14/15cm	T12/20cm	80.80	T14@8cm	2T10@20cm
8+9+...+16	25	T12/15cm	T10/20cm	-	-	-
SW7+SW8						
Base+1+2+3	35	T16/20cm	T12/20cm	-	-	-
4+5+6+7	30	T14/20cm	T10/20cm	-	-	-
8+9+...+16	25	T12/20cm	T10/20cm	-	-	-
SW9						
Base+1+...+7	30	T14/20cm	T12/20cm	-	-	-
8+...+16	25	T12/20cm	T10/20cm	-	-	-



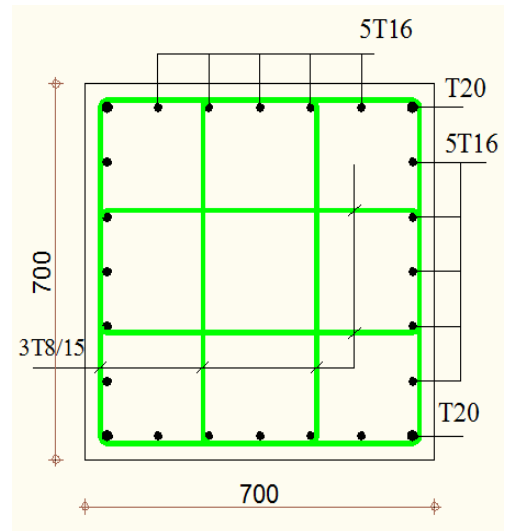
الشكل (١٧) : مقطع عرضي في العمود ذو الأبعاد 60\*60cm



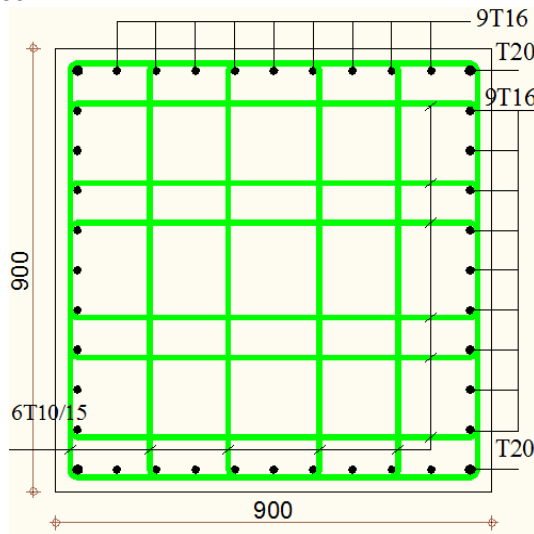
الشكل (١٦) : مقطع عرضي في العمود ذو الأبعاد 50\*50cm



الشكل (١٩) : مقطع عرضي في العمود ذو الأبعاد 80\*80cm

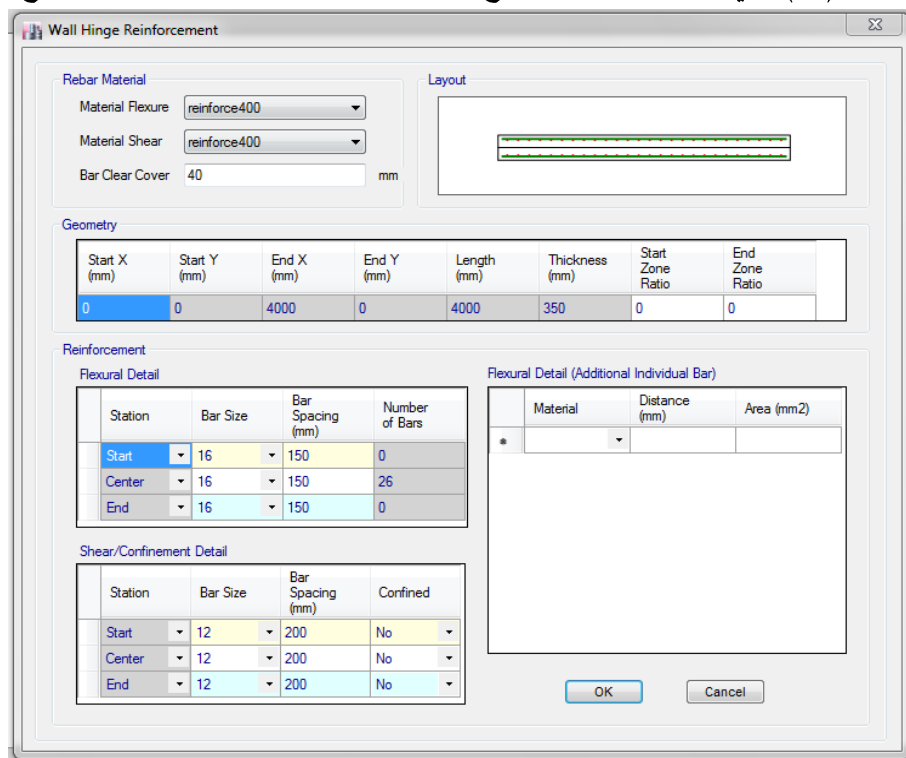


الشكل (١٨) : مقطع عرضي في العمود ذو الأبعاد 70\*70cm



الشكل (٢٠) : مقطع عرضي في العمود ذو الأبعاد 90\*90cm

يظهر الشكل (٢١) طريقة إدخال تفاصيل التسليح بشكل دقيق لجدار القص SW1 ضمن برنامج ETABS.



الشكل (٢١): التفاصيل الإنشائية للجدار SW1 الخاصة بتعريف المفصل للندن

## ٥- التحليل و المناقشة:

إن تحديد مستوى الأداء يبني عليه تقييم الحالة الإنشائية للمبنى في التحليل اللاخطي، وبذلك تم تقسيم مستويات الأداء وفق التالي:

**مستوى الإشغال الفوري (IO) Immediate Occupancy**: يسمح بأضرار إنشائية بسيطة بحيث تحافظ الجملة الإنشائية على قدرتها باستمرار الوظيفة التشغيلية للمبنى.

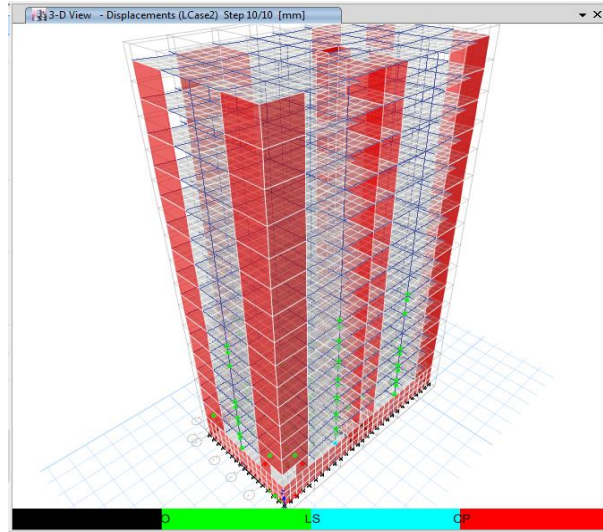
**مستوى سلامة الأرواح (LS) Life Safety**: تظهر في الجملة أضرار واضحة دون حصول انهيار كلي أو جزئي.

**مستوى ما قبل الانهيار (CP) Collapse Prevention**: تظهر أضرار إنشائية كبيرة تؤدي إلى انهيار كلي أو جزئي، وعند هذا المستوى لابد من إجراء التعديل الإنشائي المناسب.

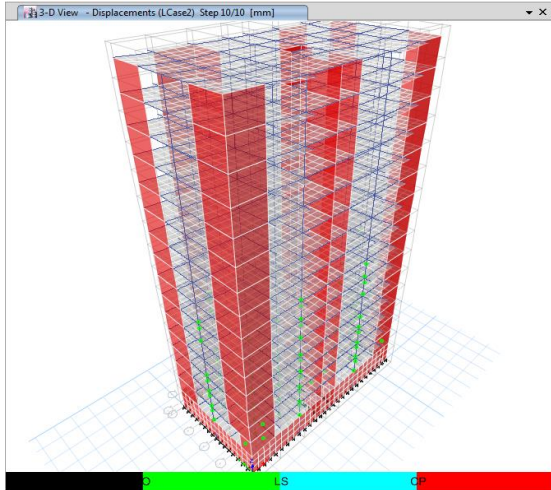
في ما يلي سيتم استعراض نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي للمبنى المدروس وفق حالات الإزالة المعتبرة:

**١.١.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW1 من مستوى الطابق الأول**: بالنسبة لحالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار بالاتجاهين ( $2*0.5*L$ ) من الطابق الأول وصلت الإجهادات في الجزء المتبقي إلى مستوى ما قبل الانهيار CP في الشكل (٢٢) بسبب الحمولة الناظرية الجديدة والتي تفوق قدرة الجزء المتبقي من الجدار SW1 في مستوى الطابق الأول. عند إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار ( $0.5*L$ ) بالاتجاه الطويل للمبنى أو بالاتجاه القصير للمبنى في الأشكال (٢٣، ٢٤) وصلت الحالة الإجهادية في الجزء المتبقي من الجدار إلى IO، حيث ساهم فرع

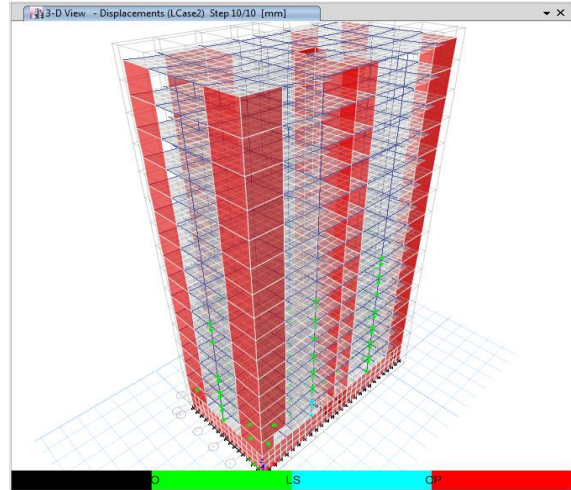
الجدار في الاتجاه المتعامد للجزء المزال في منع الانهيار الناتج عن الانعطاف ضمن أو خارج مستوى الجدار وكانت الحمولة الناظرية الجديدة أقل من قدرة تحمل الجدار.



الشكل (٢٢) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الأول

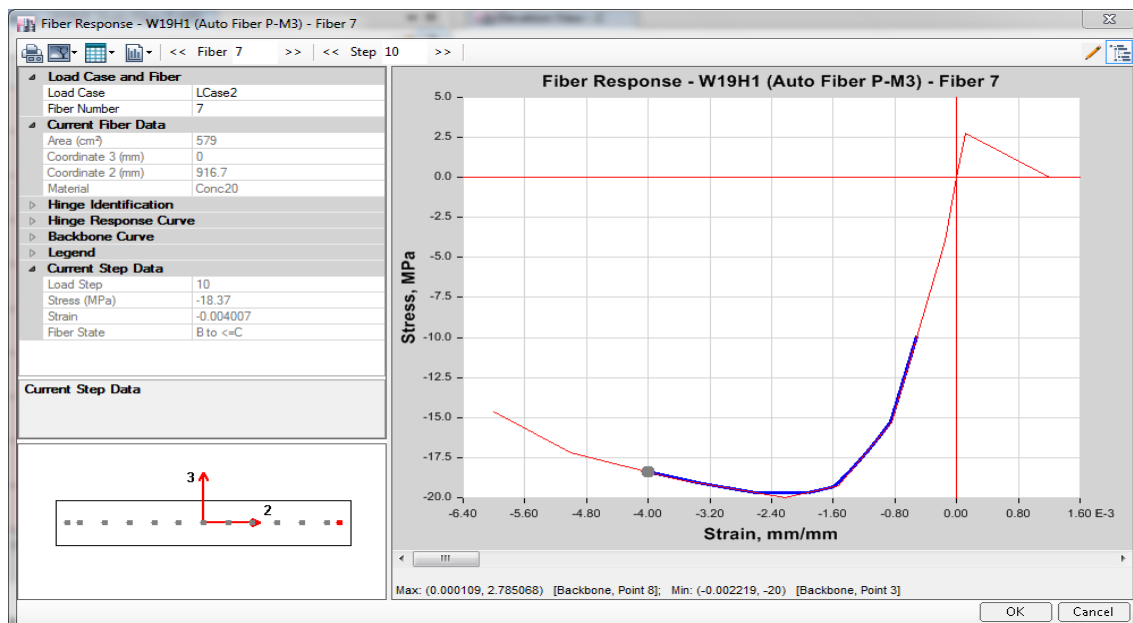


الشكل (٢٤) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه القصير للمبنى من الطابق الأول

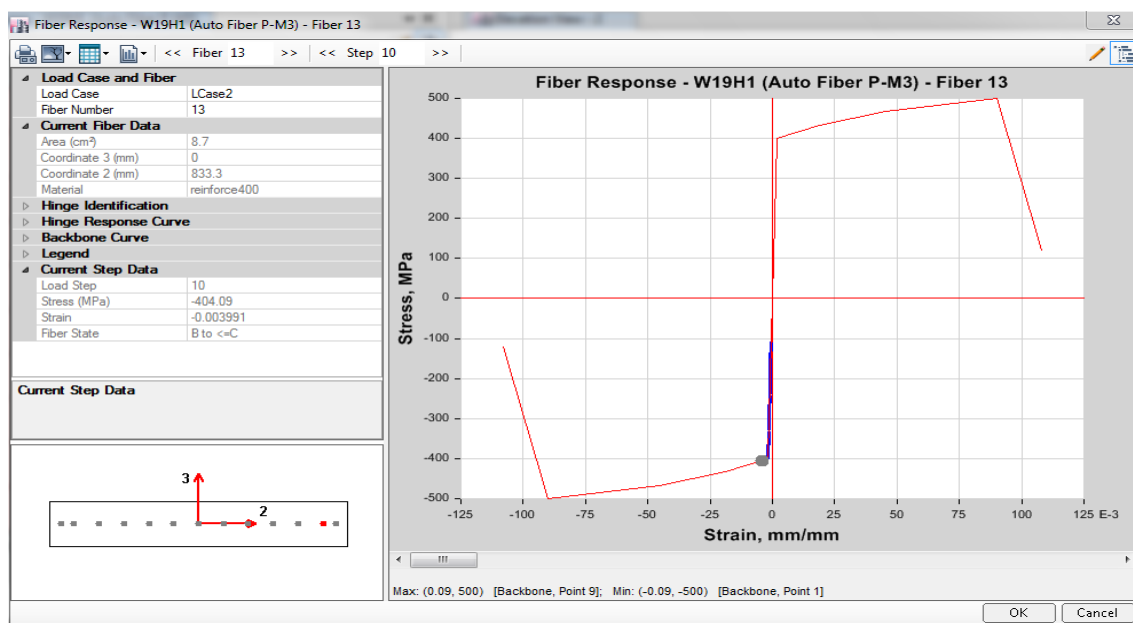


الشكل (٢٣) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الأول

تظهر الأشكال (25,26) سلوك اجهاد - انفعال لعنصر فايبر من البيتون وآخر من الفولاذ وتظهر أيضاً المساحة المكافئة واحداثيات العنصر في المقطع العرضي للجدار مع نوع المادة و قيم الاجهادات والانفعالات. يشير اللون الأحمر في المقطع العرضي إلى موقع عنصر الفايبير المدروس.



الشكل (٢٥): سلوك اجهاد-انفعال لعنصر فايبر من بيتون المتبقي من الجدار عند إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الأول



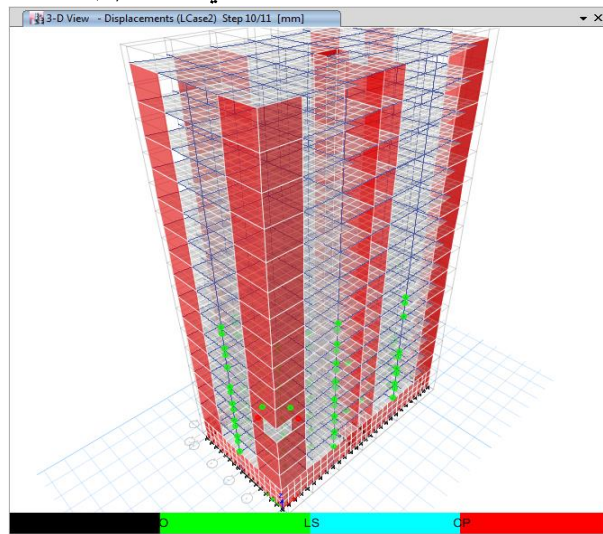
الشكل (٢٦): سلوك اجهاد-انفعال لعنصر فايبر من فولاذ تسليح الجزء المتبقي من الجدار عند إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الأول

في الجدول (٥) تظهر القوى الناظرية وعزوم الانعطاف التي يتعرض لها الجزء المتبقي من الجدار بالإضافة إلى الإجهادات والانفعالات الأكبر قيمة في عنصر فايبر يمثل قسم من بيتون المتبقي من الجدار وعنصر فايبر يمثل قسم من فولاذ التسليح.

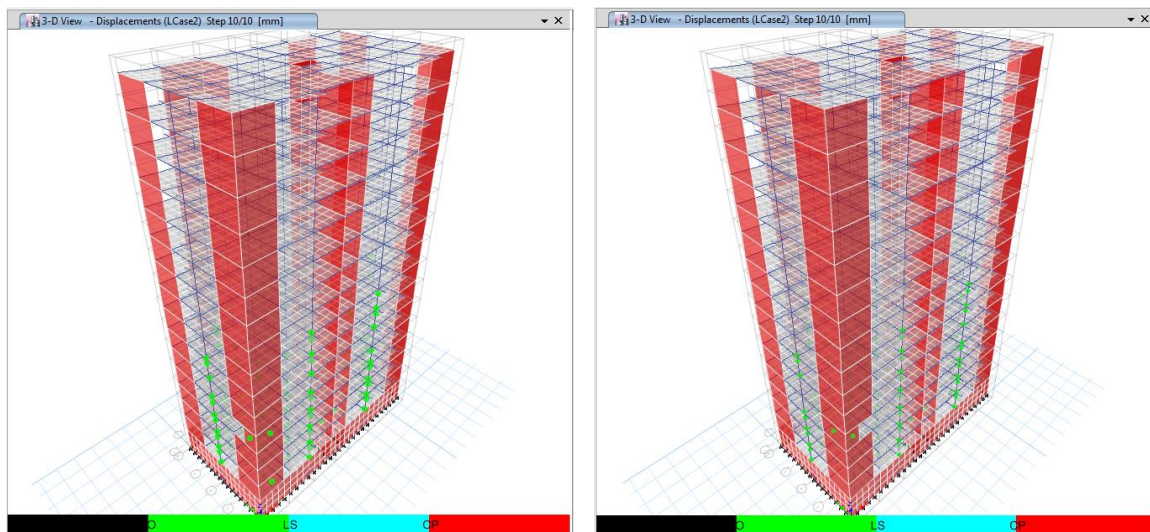
الجدول (٥) : ا لقوى الداخلية مع الاجهادات والانفعالات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW1 في الطابق الأول

مستوى الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء الجدار المتبقي		عزم الانعطاف	القوة الناظرية
	الانفعال	الاجهاد (MPa)	الانفعال	الاجهاد (MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الأول						
ما قبل الانتهاء	٠,٠٠٣٩٩١	٤٠٤,٠٩	٠,٠٠٤٠٠٧	١٨,٣٧	٥٠,٦٨	١٥٠١٩,٩
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الأول						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٩٨٣	٤٠٠,١٥	٠,٠٠٢٠٢٣	١٩,٧٨	٤٧٦,٣	١٤٨٤٧,٩
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه القصير للمبنى من الطابق الأول						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٧٧٦	٣٧٣,٠٣	٠,٠٠١٨١٢	١٩,٥٤	٥٧٧,٨	14275.4

٢.١.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW1 من مستوى الطابق الرابع: عند إزالة نصف الطول من فرعي الجدار بالاتجاهين (2\*0.5\*L) وصلت الإجهادات في الجزء المتبقي إلى CP (الشكل ٢٧). عند إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار (0.5\*L) بالاتجاه الطويل أو القصير للمبنى في الأشكال (٢٨,٢٩) وصلت الإجهادات في الجزء المتبقي من الجدار إلى الإشغال الفوري IO. تظهر تفاصيل القوى والإجهادات في الجدول (٦).



الشكل (٢٧) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الرابع



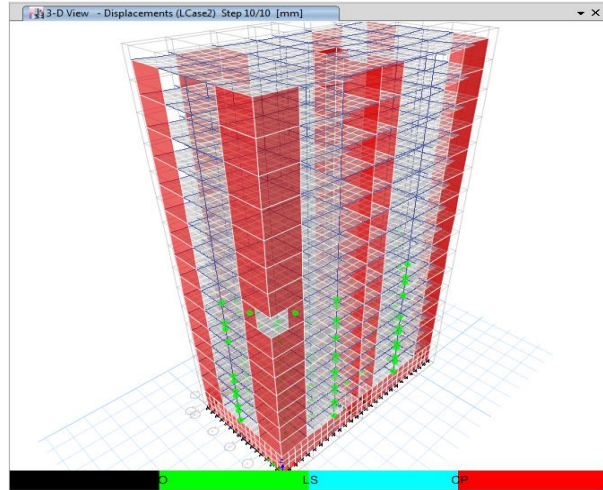
الشكل (٢٩) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه القصير للمبنى من الطابق الرابع

الشكل (٢٨) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الرابع

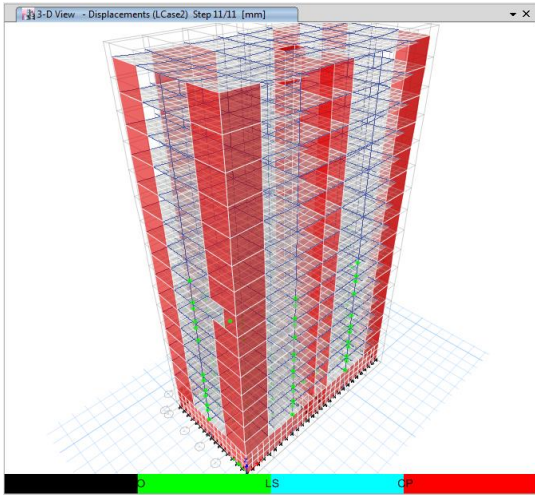
الجدول (٦) : القوى الداخلية مع الاجهادات والانفعالات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW1 في الطابق الرابع

مستوي الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء المتبقي		عزم الانعطاف	القوة الناظرية
	الانفعال	الاجهاد (MPa)	الانفعال	الاجهاد (MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الرابع						
ما قبل الانهيار	٠,٠٠٤٠٩٤	٤٠٥,٨٩	٠,٠٠٤٩٣١	١٧,٢٥	١١٣,٥٥	١٢١٤٧,٦
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الرابع						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٧٤٦	٣٦٦,٦١	٠,٠٠١٧٧٣	١٩,٥	٣٣١,٢٧	١٢٠٦٦,٨
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه القصير للمبنى من الطابق الرابع						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٦٦٤	٣٤٩,٥٢	٠,٠٠١٦٩٣	١٩,٤١	٣٩٤,١	11781.2

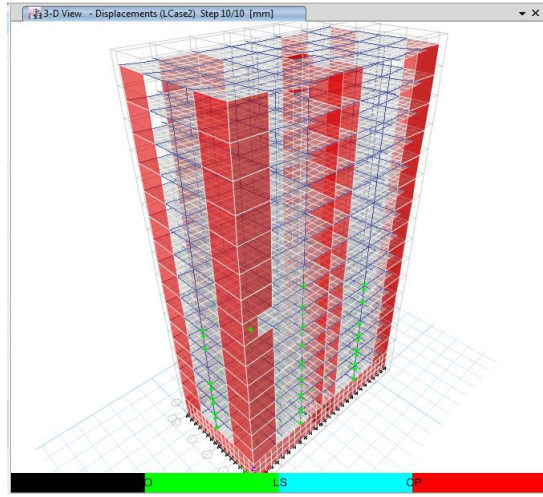
٣.١.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW1 من مستوى الطابق الثامن : بالنسبة لحالة الإزالة الثلاث في الأشكال (30,31,32) من مستوى الطابق الثامن لم يحدث أي انهيار وحافظ المبنى على الوظيفة التشغيلية وصلت الحالة الإجهادية في الجزء المتبقي من الجدار إلى مستوى الإشغال الفوري IO , حيث أن قيمة الحمولة الناظرية الجديدة وعزوم الانعطاف المتشكلة (الجدول) بقيت ضمن الحدود المسموحة (مستوي الإشغال الفوري). يبين الجدول (٧) قيم القوى الداخلية و الإجهادات والانفعالات في أحد عناصر الفايبر من الجزء المتبقي للجدار.



الشكل (٣٠) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الثامن



الشكل (٣٢) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه القصير للمبنى من الطابق الثامن



الشكل (٣١) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الثامن

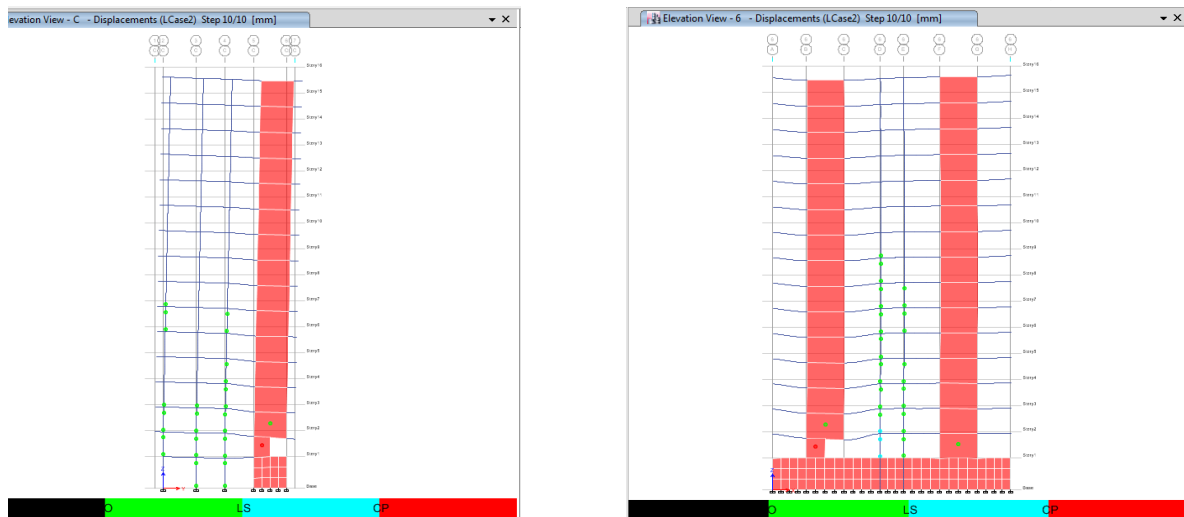
الجدول (٧) : القوى الداخلية مع الاجهادات والانفعالات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW1 في الطابق الثامن

مستوى الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء الجدار المتبقي		عزم الانعطاف	القوة الناظمية
	الانفعال	الاجهاد (MPa)	الانفعال	الاجهاد (MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 من زاوية المبنى في الاتجاهين من الطابق الثامن						
الإشغال الفوري	٠,٠٠٠١١٩٨	٢٥١,٥٢	٠,٠٠٠١٢٢	١٧,٤٣	٤٩,٤٦	١٠٠٩٨,٥
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الثامن						
الإشغال الفوري	٠,٠٠٠٠٩٦٢	٢٠٢,٠٥	٠,٠٠٠٠٩٧٩	١٦,٠٤	٥٦٨,٥٩	٨٩٢١,٤٣
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW1 وفق الاتجاه القصير للمبنى من الطابق الثامن						
الإشغال الفوري	٠,٠٠٠٠٩٤٣	١٩٨,٠٥	٠,٠٠٠٠٩٦١	١٥,٩٤	٦١٩,٨	8711.07

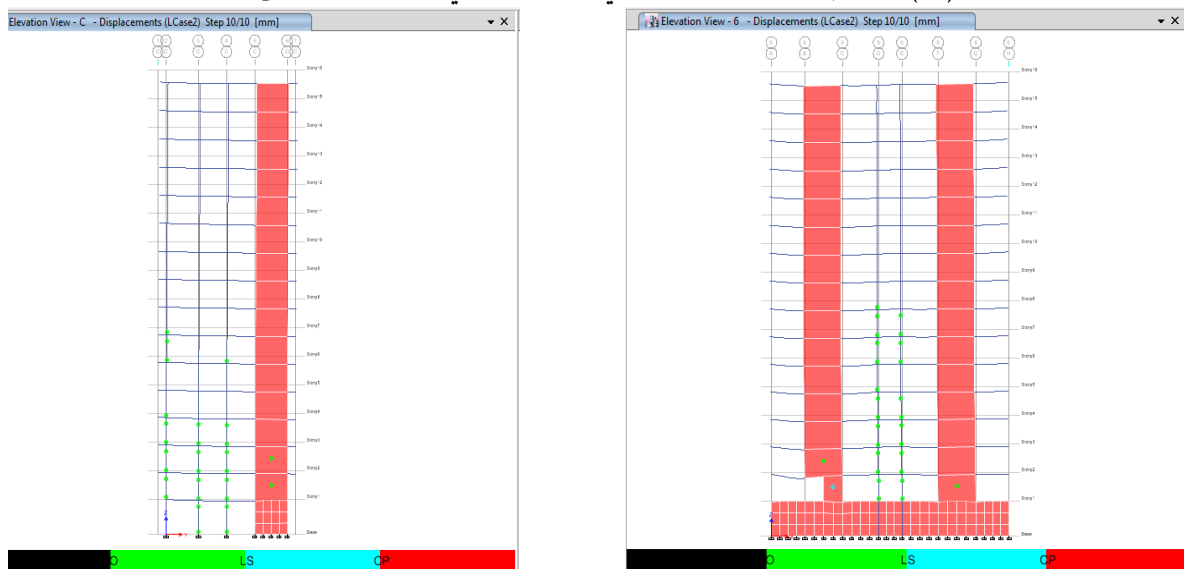
### ١.٢.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW3 من مستوي الطابق الأول : بالنسبة لحالة إزالة

نصف الطول من فرعي الجدار بالاتجاهين (2\*0.5\*L) من الطابق الأول وصلت الإجهادات في الجزء المتبقي إلى مستوي ما قبل الانهيار CP في الشكل (٣٣) بسبب الإجهادات المتشكلة بفعل الحمولة الناظمية

الجديدة. عند إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار ( $0.5 * L$ ) بالاتجاه الطويل للمبنى في الشكل (٣٤) وصلت الحالة الإجهادية في الجزء المتبقي من الجدار إلى سلامة الأرواح LS حيث ساهم فرع الجدار المتعامد في منع الانهيار بسبب الانعطاف ضمن أو خارج مستوى الجدار ولم تتسبب الحمولة الناظرية الجديدة المشكلة بأي انهيار وفق محددات مستويات الأداء.



الشكل (٣٣) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين من الطابق الأول



الشكل (٣٤) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW3 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الأول

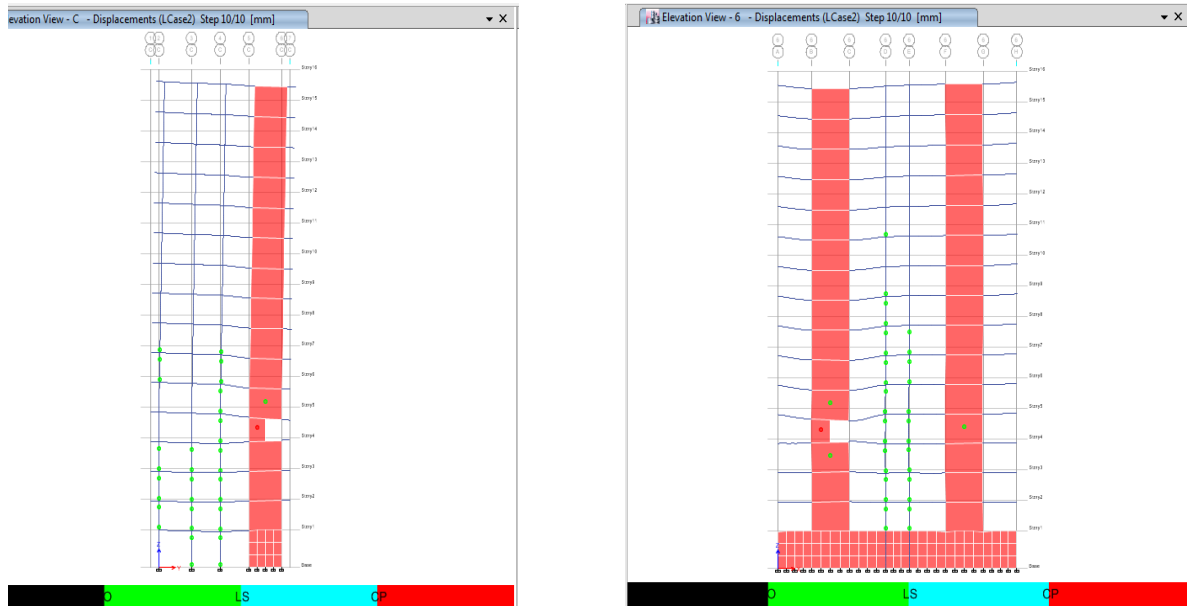
يبين الجدول (٨) قيم القوى الداخلية و الإجهادات والانفعالات في عنصر فايبر من البيتون وآخر من فولاذ التسليح للجزء المتبقي من الجدار المدروس.

الجدول (٨) : ا لقوى الداخلية مع الاجهادات والانتفاعلات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW3 في الطابق الأول

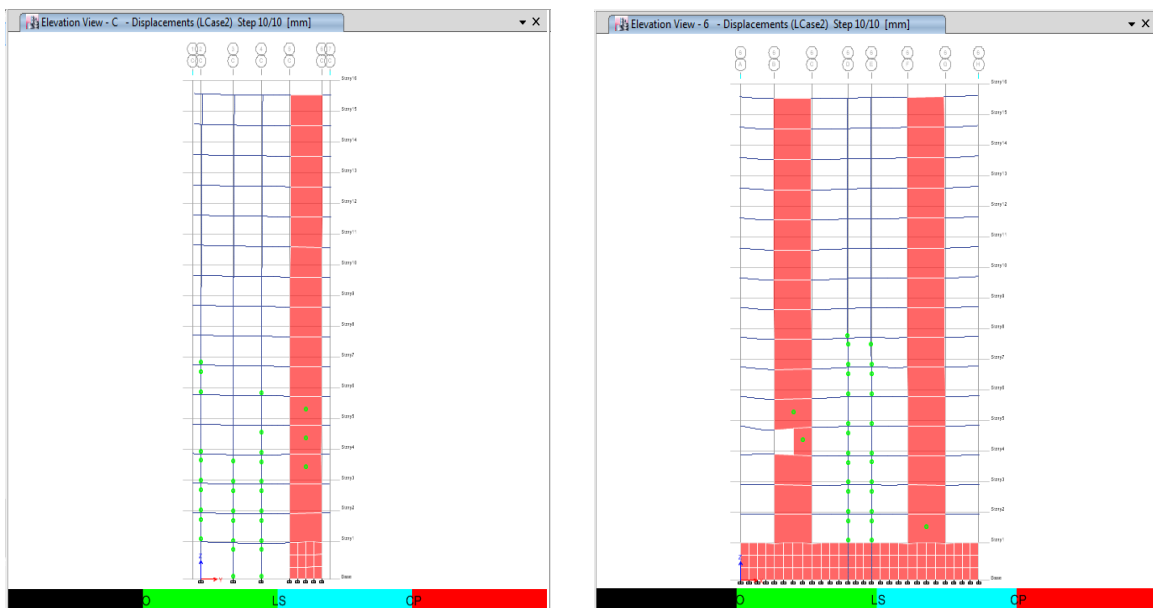
مستوي الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء الجدار المتبقي		عزم الانعطاف	القوة الناظمية
	الانتفاع	الاجهاد(MPa) (	الانتفاع	الاجهاد(MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين من الطابق الأول						
ما قبل الانهيار	٠,٠٠٤٩٤ ٧	٤٠٥,٩٧	٠,٠٠٥٠٧ ٥	١٦,٩٨	١١٠,٩٧	١٦٦٧٣, ٨
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW3 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الأول						
الإشغال الفوري	٠,٠٠٢٣٥ ٨	٤٠٠,٨٩	٠,٠٠٢٣٩ ٣	١٩,٨٦	١٨٠,٦٩	١٨٣٣١, ١

### ٢.٢.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW3 من مستوي الطابق الرابع : بالنسبة لحالة إزالة نصف

الطول من فرعي الجدار بالاتجاهين ( $2*0.5*L$ ) وصلت الإجهادات في الجزء المتبقي إلى CP في الشكل (٣٥). عند إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار ( $0.5*L$ ) بالاتجاه الطويل في الشكل (٣٦) وصلت الحالة الإجهادية في الجزء المتبقي من الجدار إلى مستوي الإشغال الفوري



الشكل (٣٥) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين من الطابق الرابع



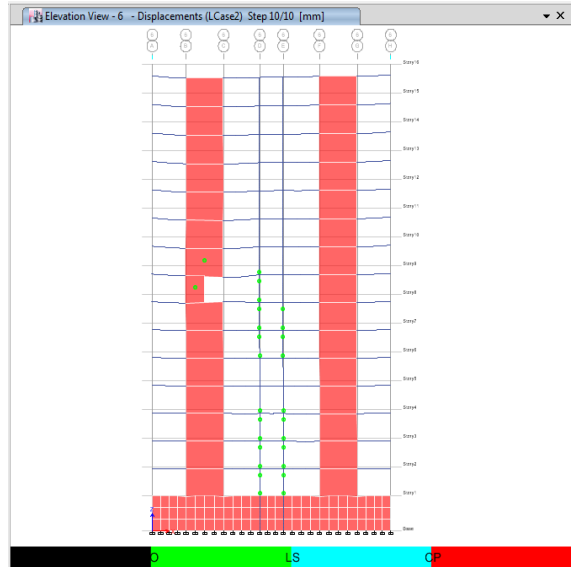
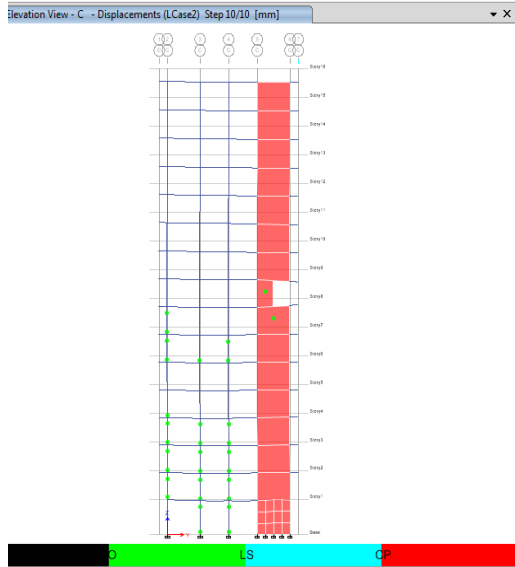
الشكل (٣٦) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW3 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الرابع

يبين الجدول (٩) قيم القوى الداخلية و الإجهادات والانفعالات في عنصر فايبر من البيتون وآخر من فولاذ التسليح للجزء المتبقي من الجدار SW5 ومن مختلف الطوابق.

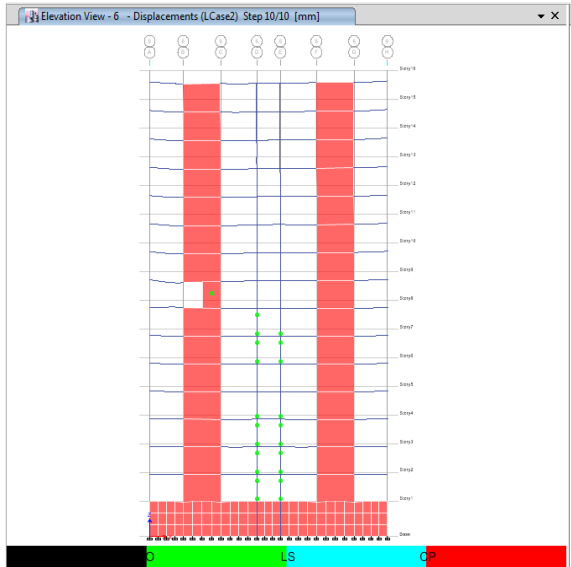
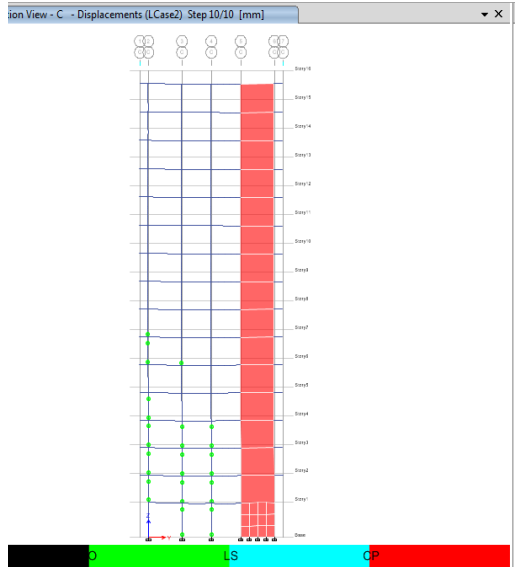
الجدول (٩) : ا لقوى الداخلية مع الاجهادات والانفعالات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW3 في الطابق الرابع

مستوي الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء الجدار المتبقي		عزم الانعطاف	القوة
	الانفعال	الاجهاد (MPa)	الانفعال	الاجهاد (MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين من الطابق الرابع						
ما قبل الانهيار	٠,٠٠٤٩٠٨	٤٠٥,٨٩	٠,٠٠٤٩٥٢	١٧,٢٣	١٢٤,٤١	١٢٢٤٩,٨
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW3 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الرابع						
الإشغال الفوري	٠,٠٠٢٠١	٤٠٠,٢١	٠,٠٠٢٠٤	١٩,٨	٢٨٤,٥	١٤٥٠٧,٦

**٣.٢.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW3 من مستوي الطابق الثامن :** بالنسبة لحالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار بالاتجاهين ( $2*0.5*L$ ) في الشكل (٣٧) وإزالة نصف طول أحد فرعي الجدار ( $0.5*L$ ) بالاتجاه الطويل في الشكل (٣٨) لم يحدث انهيار وكانت الاستجابة ضمن مستوي الإشغال الفوري IO . حيث أن قيمة الحمولة الناظمية الجديدة وعزوم الانعطاف المتشكلة بقيت ضمن الحدود المسموحة وفق مستوي الإشغال الفوري. تفاصيل القوى الناظمية وعزوم الانعطاف بالإضافة للإجهادات والانفعالات موجودة في الجدول (١٠).



الشكل (٣٧) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين من الطابق الثامن



الشكل (٣٨) : حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW3 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الثامن

الجدول (١٠) : القوى الداخلية مع الاجهادات والانفعالات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW3 في الطابق الثامن

مستوي الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء الجدار المتبقي		عزم الانعطاف	القوة الناعمية
	الانفعال	الاجهاد (MPa)	الانفعال	الاجهاد (MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين من الطابق الثامن						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٠٢٦	٢١٥,٣٨	٠,٠٠١٠٤٣	١٦,٤١	٦٣٠,٤	١٠٧٠٣,٨
حالة إزالة نصف طول أحد فرعي الجدار SW3 وفق الاتجاه الطويل للمبنى من الطابق الثامن						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٥١٣	٣١٧,٧٦	٠,٠٠١٥٤١	١٩,٢٤	٤٥٦,٧	١١٤٩٦,٩

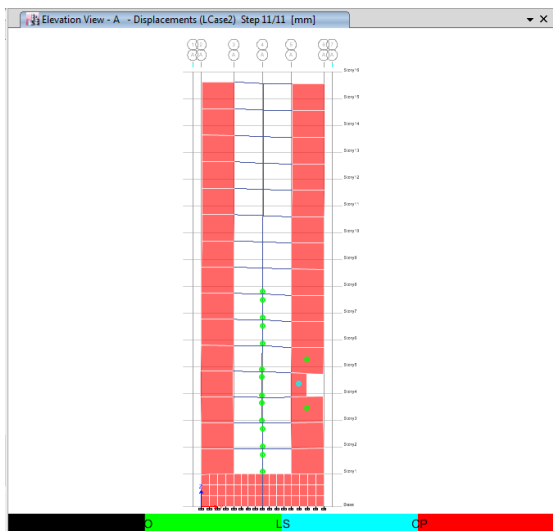
٣.٥ إزالة أجزاء من جدار القص SW5 من مستوي الطابق الأول والرابع والثامن : بالنسبة لحالة

إزالة نصف طول الجدار من الطابق الأول والرابع وصلت الإجهادات في الجزء المتبقي إلى مستوي سلامة الأرواح في الأشكال (39,40) وإلى مستوي الإشغال الفوري عند الإزالة من الطابق الثامن (الشكل ٤١).

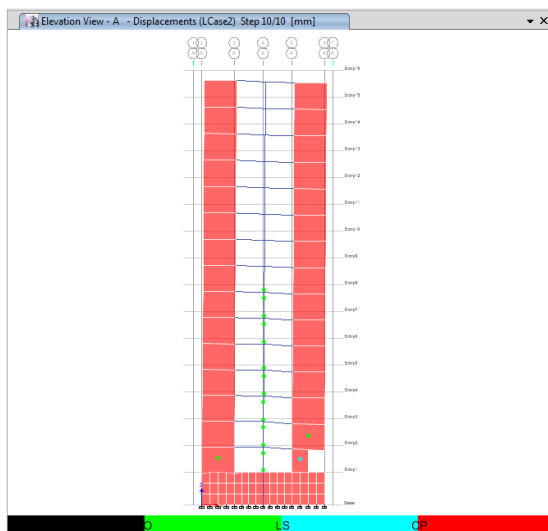
يساهم جدار القص SW1 في عدم وصول الجدار SW5 إلى مستوي قبل الانهيار بفعل الانعطاف ضمن المستوي. يبين الجدول (١١) قيم القوى الداخلية و الإجهادات والانفعالات في عنصر فايبر من البيتون وآخر من فولاذ التسليح للجزء المتبقي من الجدار SW5 ومن مختلف الطوابق المدروسة.

الجدول (١١) : القوى الداخلية مع الإجهادات والانفعالات في عناصر الفايبر للجزء المتبقي من الجدار SW5

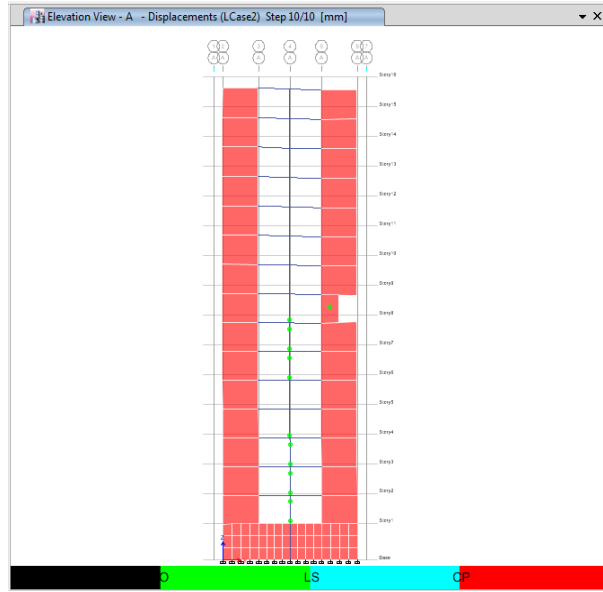
مستوي الأداء الموافق	عنصر من فولاذ التسليح لجزء الجدار المتبقي		عنصر من البيتون لجزء الجدار المتبقي		عزم الانعطاف	القوة الناظرية
	الانفعال	الاجهاد (MPa)	الانفعال	الاجهاد (MPa)	M(kN.m)	P (kN)
حالة إزالة نصف طول الجدار SW5 من الطابق الأول						
سلامة الأرواح	٠,٠٠٢٧٥٥	٤٠١,٦٧	٠,٠٠٢٥٧٤	١٩,٧١	٨٣٩,١	١٧٣١٤,١
حالة إزالة نصف طول الجدار SW5 من الطابق الرابع						
سلامة الأرواح	٠,٠٠٢٧٩٦	٤٠١,٧٥	٠,٠٠٢٨٢٢	١٩,٥	٧٠٧,٥	١٣٣٦٩,٧
حالة إزالة نصف طول الجدار SW5 من الطابق الثامن						
الإشغال الفوري	٠,٠٠١٢٢٦	٢٥٧,٤٣	٠,٠٠١٢٤٩	١٧,٦	٤٦٤,٤	10351.3



الشكل (٤٠): إزالة نصف طول الجدار SW5 من الرابع

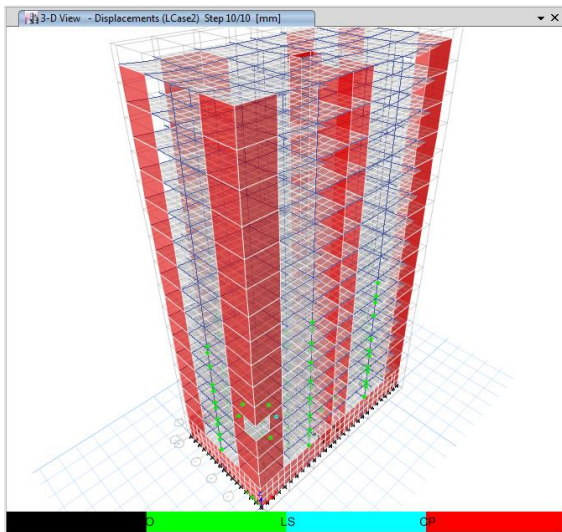


الشكل (٣٩): إزالة نصف طول الجدار SW5 من الأول

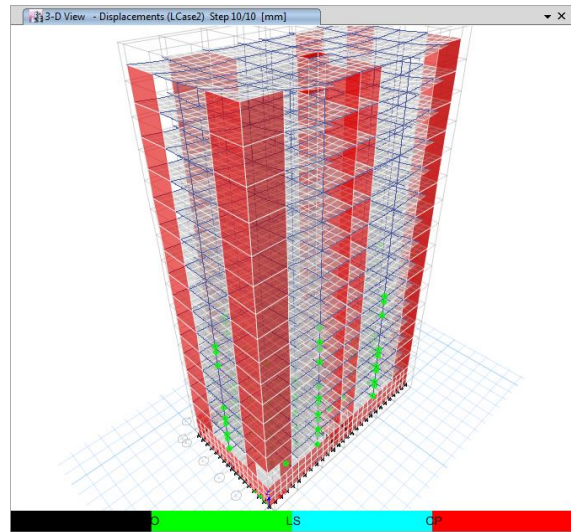


الشكل (٤١) : حالة إزالة نصف طول الجدار SW5 في اتجاه المحور Y من الثامن

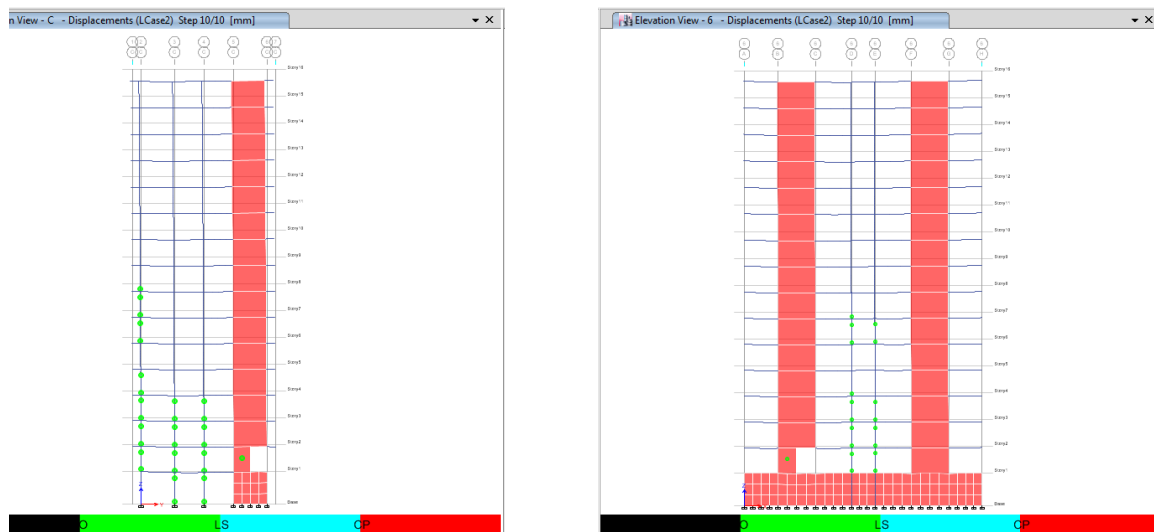
بالنسبة لجدران القص المتقاطعة SW1&SW3 ولتحسين الاستجابة وزيادة المقاومة ضد الانهيار المتتابع (بالنسبة لحالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار بالاتجاهين  $(2*0.5*L)$ ), تم دراسة تأثير زيادة المقاومة المميزة لبيتون الجدران بمقدار 25% ( $f'_c = 25 \text{ MPa}$ ) على مقاومة الجدار للأحمال النازمية الجديدة المتشكلة. أظهرت النتائج أن هذا التعديل يساهم في تخفيف الإجهادات المتشكلة لترضي معايير القبول مما يحافظ على الوظيفة التشغيلية للمبنى كما تظهر الأشكال (42,43,44,45).



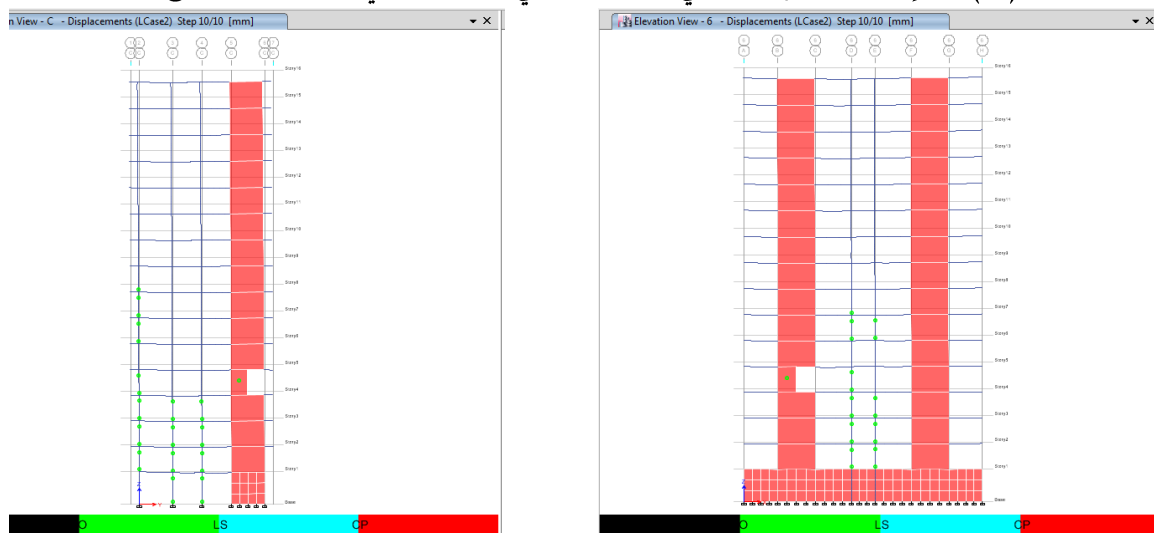
الشكل (٤٣) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 في الاتجاهين بعد زيادة المقاومة من الطابق الرابع



الشكل (٤٢) : حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW1 في الاتجاهين بعد زيادة المقاومة من الطابق الأول



الشكل (٤٤): حالة إزالة نصف الطول من فرعي الجدار SW3 في الاتجاهين بعد زيادة المقاومة من الطابق الأول



الشكل (٤٥): حالة إزالة نصف الطول من فرعي SW3 في الاتجاهين بعد زيادة المقاومة من الطابق الرابع

## ٦- الاستنتاجات والتوصيات:

في هذه الدراسة تم التحقق من استجابة الجمل الثنائية لمبنى من الببتون المسلح واقع في منطقة زلزالية مرتفعة الشدة تحت تأثير الانهيار المتتابع باستخدام تحليل دفعي متزايد نحو الأسفل عند إزالة أجزاء من جدار القص من طوابق مختلفة.

• تمتلك الجمل الثنائية من الببتون المسلح مقاومة جيدة على الانهيار المتتابع حيث بقي الانهيار الناتج عن حالات الإزالة الجزئية لجدران القص محصور في الجزء المتبقي من الجدار والذي يمثل المسار الرئيسي للأحمال الجديدة.

• وصلت الإجهادات في جدران القص المتقاطعة إلى مستوي ما قبل الانهيار عند إزالة نصف طول فرعي الجدار من الجهتين من الطابق الأول وعند أول طابق يتغير فيه مقطع الجدار، بينما حافظ المبنى على الوظيفة التشغيلية عند إزالة نصف الطول من جهة واحدة ومن مختلف الطوابق حيث يساهم جزء الجدار في الاتجاه المتعامد

على مقاومة عزوم الانعطاف المتشكلة ضمن مستوي الجدار أو خارجه وتبقى الحمولة الناظمية أقل من قدرة تحمل الجدار.

• زيادة المقاومة المميزة لبيتون جدران القص المتقاطعة بمقدار 25% يحسن من سلوك الجدار و يحافظ على الوظيفة التشغيلية للمبنى وذلك عند إزالة نصف طول فرعي الجدار من الجهتين ومن مختلف الطوابق.

• إن تواجد جدار قص قريب وبنفس اتجاه الجدار المراد إزالة أجزاء منه يساهم في زيادة مقاومة الانعطاف للجدار المتضرر ضمن مستويه وإعادة توزيع مناسب للحمولة الشاقولية الجديدة المتشكلة.

نوصي بما يلي :

١. دراسة تأثير التفاعل مع التربة على سلوك جدران القص عند إزالة أجزاء منها تحت تأثير الانهيار المتتابع.

٢. دراسة تأثير تغير الشدة الزلزالية على سلوك جدران القص تحت تأثير الانهيار المتتابع.

## ٧- المراجع:

- [1] Jose, A., Fulvio, P., Juan, S., Xinzheng, L., *Research and practice on progressive collapse and robustness of building structures in the 21st century*, Engineering Structures, 2018, 173: 122–149.
- [2] General Services Administration (GSA), *Progressive collapse analysis and design guidelines for new federal office buildings and major modernization projects*, DC: Office of Chief Architects, Washington, 2013.
- [3] Department of Defense (DoD), *Design of buildings to resist progressive collapse* (UFC 4-023-03), DC: Unified Facilities Criteria, Washington, 2016.
- [4] Syrian Arab Code for design and implementation of the facilities in the reinforcement concrete , Fourth Edition, Damascus, 2012.
- [5] Rahai, A., Shahin, A., Hatami, F., *Progressive collapse resistance capacity of reinforced concrete load bearing wall* . Central South University Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015, 10.1007/s11771-015-2803-4.
- [6] American Society of Civil Engineers (ASCE). *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-16)*, Structural Engineering Institute of the ASCE; 2016.
- [7] Mander J B, Priestley M J N, Park R. *Theoretical stress–strain model for confined concrete* , ASCE Journal of Structural Engineering, 1988, 114(8): 1804–1826.
- [8] Powell, G., *Modeling for Structural Analysis*, Computers and Structures, Berkeley , California, 2010, ISBN-10: 0923907882.
- [9] Kolozvari K., Kalbasi K., Orakcal K., Wallace JW. *Three-dimensional model for nonlinear analysis of slender flanged reinforced concrete walls*. Eng Struct J (2021);112105.
- [10] Esmaeiltabar , P; Vaseghi, J & Khosravi, H. (2019). *“Nonlinear macro modeling of slender reinforced concrete shear walls.”*. Structural Concrete, 20(3), 899-910.
- [11] Thomsen, J. H; & Wallace, J. W. (1995). *Displacement based design of reinforced concrete structural walls: An experimental investigation of walls with rectangular and T-shaped cross sections [R]*. New York: Department of Civil Engineering, Clarkson University.
- [12] CSI Analysis Reference Manual (SAP 2000, ETABS, SAFE, and CSI Bridge), *Computers and Structures Inc.*, Berkeley , California, 2016