# دراسة تأثير مواقع الفتحات في جدران القص البيتونية المسلحة على أدائها الزلزالي

د. عصام ناصر*

د. نزيه منصور**

علي منيف خضور***

(تاريخ الإيداع 6 / 1 / 2020. قُبِل للنشر في 7/ 9 / 2020)

## □ ملخّص □

تتناول هذه المقالة دراسة الأداء الزلزالي لنماذج من الجدران البيتونية المسلحة والحاوية على فتحات بمساعدة برنامج SAP2000 حيث تم تحليلها وفق التحليل الستاتيكي اللاخطي PUSHOVER وتمت نمذجتها بطريقة MULTI-SHELL LAYER ELEMENT

جميع الجدران المدروسة كانت بارتفاعات تتجاوز 10 طوابق و بأبعاد فتحات حقيقية تحاكي المتطلبات المعمارية الأساسية (أبواب ونوافذ) وفق توزعات مختلفة لهذه الفتحات (طرفية، وسطية على محور واحد، منتظمة على محورين و متناوبة) حيث جرت مقارنة السلوك الزلزالي لكل جدار من الجدران المزودة بالفتحات السابقة مع ذات الجدار المصمت الذي يملك ذات الارتفاع والسماكة والأبعاد في المسقط الأفقي.

وأظهرت النتائج أن قيم الاجهادات في التسليح الطولي والعرضي وكذلك قيم القص القاعدي والعزوم تقل كل ما زادت أبعاد الجدار وبالأخص طول الجدار في المسقط الافقي إضافةً إلى أن الجدران بفتحات متناوبة أبدت سلوكاً أفضل مقارنةً مع نماذج الجدران الأخرى الحاوية على فتحات.

**الكمات المفتاحية:** جدران القص، الإجهادات، التحليل الاستاتيكي اللاخطي، الفتحات في جدران القص.

* أستاذ – قسم الهندسة الانشائية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين –اللاذقية – سورية i-nasser@scs-net.org

**مدرس–قسم الهندسة الانشائية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين – اللاذقية – سورية Drnazih.mansour@gmail.com

***طالب ماجستير – قسم هندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين –اللاذقية – سوريةakhador92@gmail.com

# Study of the Effect of Openings Positions on the Seismic Performance of RC Shear Walls

**Dr. Issam Nasser***
**Dr. Nazih Mansour****
**Ali Khador*****

**(Received 6 / 1 / 2020. Accepted 7 / 9 / 2020)**

## □ ABSTRACT □

This paper deal with a study of the seismic performance of RC shear walls models ,which contain openings on SAP2000, analyzed by nonlinear static PUSH-OVER analyses, and modeled by MULTI-SHELL LAYER ELEMENT method.
All studied walls are above 10 stories in height with real openings' dimensions, which meet the fundamental architectural demands (doors and windows), and positioned in different ways (side opening, one opening in the middle, two symmetrical openings, and shifted openings).
Comparison is done to every solid shear wall with walls in the same dimensions which contain the aforementioned openings' positions.
The results show that the values of stresses in reinforcement and concrete decrease when the length of the wall increases, and roughly the same thing applies for basic shears and max moments.
The walls with shifted openings also show a better seismic behavior in comparison to the other walls.

**Keywords:** shear walls, stresses, pushover, openings

* **Professor - Structural Engineering - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University -Lattakia – Syria- i-nasser@scs-net.org**
** **Assistant Professor - Structural Engineering - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria- Drnazih.mansour@gmail.com**
*** **Master Student - Structural Engineering - Faculty of Civil Engineering - Tishreen University - Lattakia – Syria- akhador92@gmail.com**

## مقدمة:

تعتبر الزلازل إحدى المسببات الرئيسية لانهيار المنشآت على اختلاف أنواعها سواء كانت بيتونية أو معدنية.

ونظراً لخطورة الزلازل وتأثيرها الكبير على العناصر الانشائية الرئيسة لأي منشأة جعلت دراسة التأثيرات الزلزالية على المنشآت موضوع اهتمام العديد من العلماء والباحثين بغية تحديد القوى الناجمة عنها بدقة وبالتالي الحصول على التصميم الأمثل للمنشآت المقاومة للزلازل.

وهذا يتطلب تعامل المهندس الانشائي في التصميم مع بارامترات مختلفة ابتداءً من نوع المبنى، شكله، ارتفاعه، وظيفته مروراً بموقع المبنى ونوع التربة المشاد عليها وانتهاءً بالمعطيات الزلزالية المتعلقة بمنطقة المبنى.

تعد خاصية المطاوعة من أهم متطلبات التصميم الزلزالي، إضافةً إلى ذلك فإن تحليل القوى الدقيق لكافة العناصر الإنشائية على جميع أنواع الحمولات الستاتيكية والديناميكية هو الأساس في الوصول لتصميم إنشائي متكامل.

إن استخدام جملة هيكلية مؤلفة من جدران القص لمقاومة الحمولات الأفقية والشاقولية في الأبنية العالية يعد من أفضل الحلول الانشائية لما تتمتع به جدران القص من خصائص تتعلق بالصلابة والمقاومة العالية والسلوك الجيد لها أثناء الحدث الزلزالي.

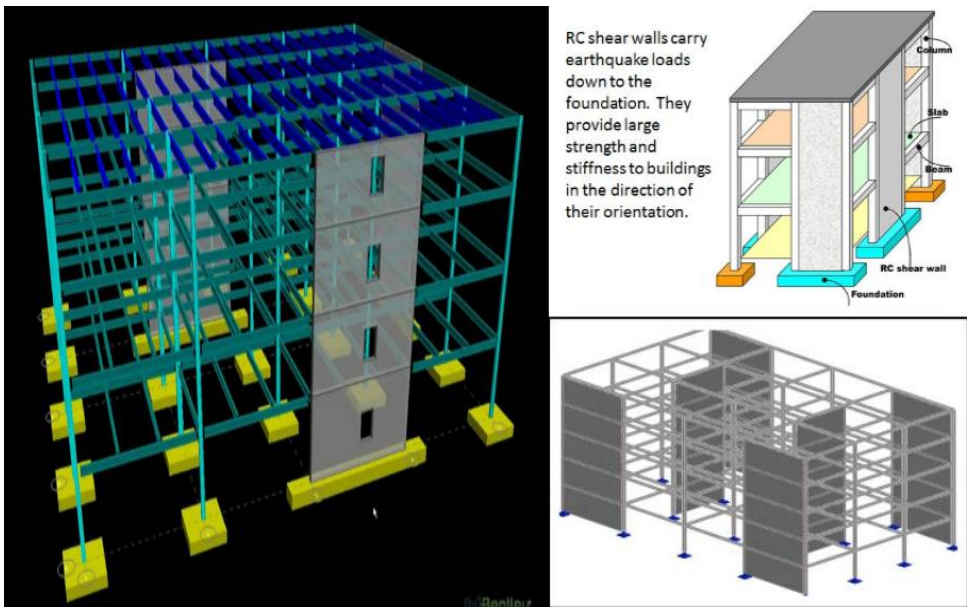
توزع جدران القص عادةً وفق قواعد أولية بسيطة:

1- عند المصاعد والأدراج

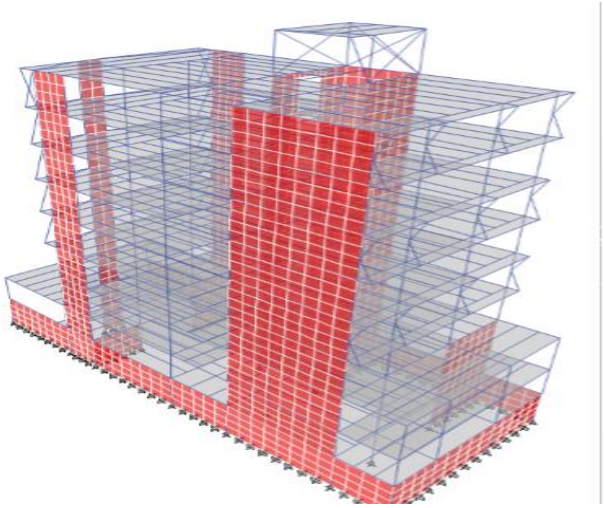
2- عند محيط المبنى

3- توزع بحيث تحقق التناظر في الاتجاهين قدر الامكان لمنع حدوث الفتل

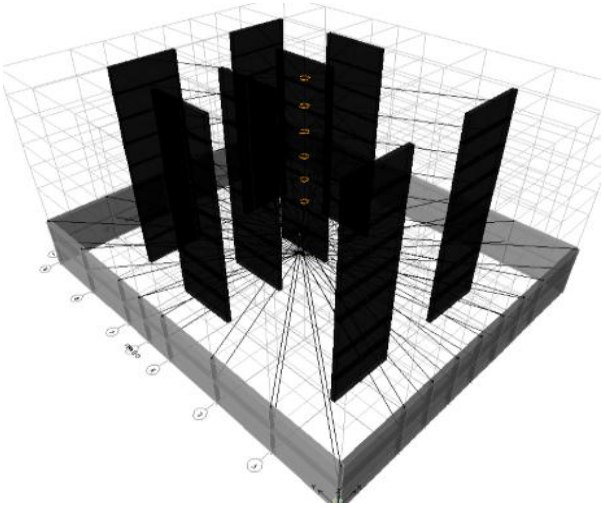
كما هو مبين في الأشكال 1 ، 2، 3




**الشكل (1) جدران القص موزعة على محيط المبنى**



**الشكل (2) جدران القص تتوزع على المحيط وعند الدرج**



**الشكل (3) تناظر مضاعف في توزيع جدران القص**

يمكن أن تحتوي جدران القص هذه على فتحات لأغراض معمارية ( ممرات، أبواب، نوافذ) و هذه الفتحات يمكن أن تكون بأشكال متعددة حسب الغرض الوظيفي والدور المناط بها حيث من الممكن أن تكون هذه الفتحات مركزية في الجدار (تناظر مضاعف أو تناظر أحادي) أو لامركزية أو متناوبة [1] ، [2] و يذكر أن الجدران بفتحات متناوبة أظهرت سلوكاً أفضل من نظيراتها خلال زلزال تشيلي 1985 [3] ، [4]

إن وجود هذه الفتحات في الجدران يفرض علينا دراسة دقيقة لها بغية معرفة توزع الاجهادات الحقيقية وأماكن تركزها وتأثير ذلك على سلوكها عند تعرضها للحمولات الافقية وبالأخص الزلزالية منها وبالتالي الوصول للتصميم الأمثل لها.

**مشكلة البحث:**

نظراً لكثرة استخدام الفتحات في جدران القص البيتونية المسلحة لأسباب معمارية ووظيفية مثل الأبواب والنوافذ و الممرات و نظراً لاعتماد هذه العناصر الانشائية بكثرة في الحياة العملية لمقاومة القوى الأفقية في الأبنية العالية بات من الضروري دراسة تأثير توزع هذه الفتحات و موقعها ضمن الجدار على الأداء الزلزالي لهذه الأبنية.

## أهمية البحث وأهدافه:

**أهمية البحث:**

تكمن أهمية البحث في دراسته لجدران القص التي تعتبر الجمل الإنشائية في مقاومة الزلازل وأثر وجود الفتحات فيها ومواقعها على الأداء الزلزالي لها كما أن هذا البحث يندرج ضمن المحور البحثي المعتمد في قسم الهندسة الانشائية حول دراسة السلوك الزلزالي للجمل الانشائية المقاومة للزلازل والتي تعمل على سلامة هذه الجمل وبقائها في الخدمة أثناء الحدث الزلزالي.

**هدف البحث:**

يهدف البحث الى دراسة الأداء الزلزالي لجدران القص البيتونية الحاوية على فتحات وبيان أثر توزع هذه الفتحات وأبعادها وزاوية الميل بينها على قيم الاجهادات وكيفية توزعها ضمن الجدار وكذلك تغير قيم قوى القص القاعدي والعزوم بهدف تأمين مطاوعة ومقاومة كافية لجدران القص عند تعرضها للهزات الأرضية.

وقد بيّن كود [5]FEMA356 عدة نقاط حول سلوك جدران القص الزلزالي:

1- سلوك الجدران محكوم بالانعطاف ويميل لتشكل المفصل اللدن بالقرب من قاعدة الجدار

2- سلوك الجدران القصيرة محكوم بالقص وتمتلك قدرة محدودة للتشوه بعد المجال المرن

3- زيادة القوى المحورية يسبب تخفيض في المطاوعة بالانعطاف وقدرة امتصاص الطاقة

4- التباعد الاقصى للقضبان الشاقولية والافقية 30 سم

5- نسبة التسليح الدنيا 0.0025% من مقطع الجدار البيتوني

6- الجدران المستطيلة التي فيها $\frac{h}{l} < 2.5$ او الجدران المجنحة التي فيها $\frac{h}{l} < 3.5$ (حيث h تمثل ارتفاع الجدار، l تمثل طوله) فأن تشوهات القص فيها تكون أكثر أهمية

7- بالتصميم الزلزالي يجب أن تحتوي اللمعة (حالة الجدران بفتحات منتظمة) على تسليح قطري بشكل أساسي من أجل كل من الانعطاف والقص للحفاظ على المقاومة والصلابة وقدرة تبديد الطاقة

8- تستجيب الجدران غالبا بانحناء واحد على كامل ارتفاع الطابق

و أما توصيات الكود [6] ACI 318-14 فكانت :

1- يجب أن يكون $\frac{H_w}{t} < 30$ حيث أن $H_w$=0.75H في حالة الجدار مقيد ضد الدوران و $H_w = H$ في حال لم يكن مفيدا ضد الدوران حيث أن H تمثل ارتفاع الجدار.

2- عندما تكون الحمولة الأفقية أصغر من 0.04*Fck*Ag حيث Ag هي مساحة المقطع الكلية فيصمم الجدار كبلاطة.

3- تباعدات القضبان الطولية والعرضية العظمى الأصغر من 450mm أو 3 اضعاف سماكة الجدار.

4- الجدران بسماكة اكثر من 200 mm فهو يحتاج لشبكتي تسليح.

5- سماكة الجدار الدنيا هي الأكبر من 4 inch أو (25/1 من الأصغر من طول الجدار وارتفاعه الطابقي) lesser of unsupported length and unsupported height$\frac{1}{25}$

6- تسليح اللمعة قطري (حالة الجدران بفتحات منتظمة) وكل مجموعة من القضبان القطرية يجب أن تحوي على أربع قضبان على الأقل موزعة على طبقتين أو أكثر.

## طرائق البحث ومواده:

في البداية تم الحصول على نماذج حقيقية لجدران قص مختلفة الارتفاع تخدم أغراض البحث حيث قمنا بنمذجة هذه الجدران بطريقة ال MULTI-SHELL LAYER ELEMENT وأجرينا التحليل الستاتيكي اللاخطي (pushover) بمساعدة برنامج SAP2000 ويوضح الجدول (1) أبعاد الجدران المدروسة مع الفتحات:

**الجدول (1) – أبعاد الجدران المدروسة وأبعاد الفتحات**

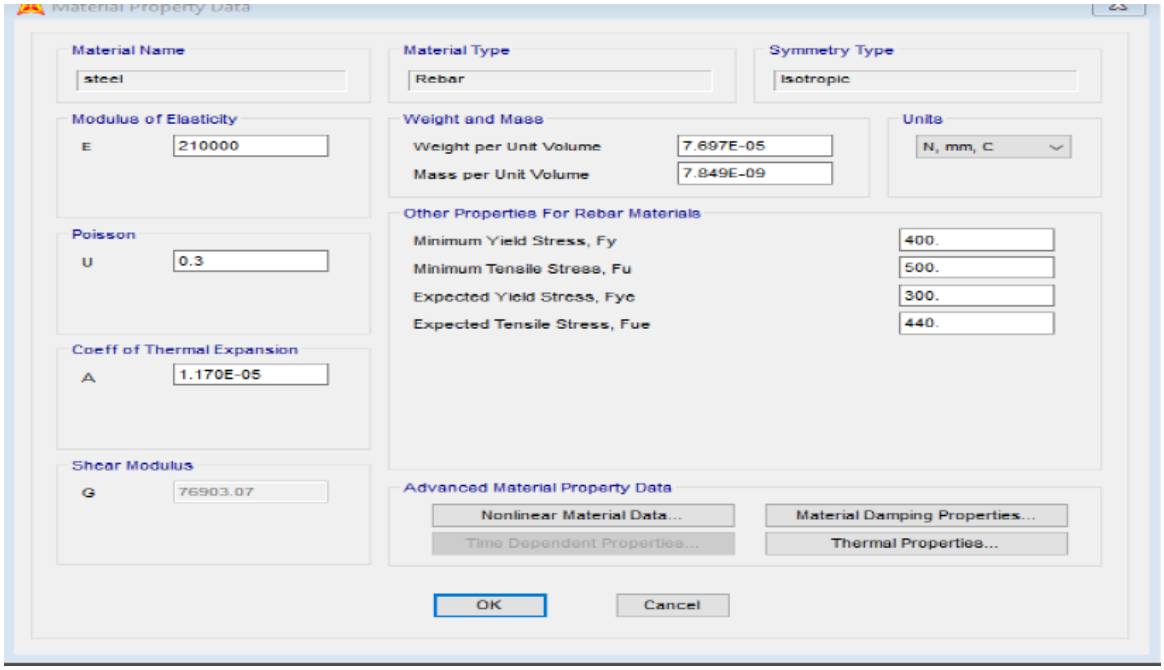
| رقم الجدار | ارتفاع الجدار (m) | عرض الجدار (m) | نوع الفتحات وأبعادها (m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 36.85 | 8.3 | أبواب 2.1*0.95 |
| 2 | 33 | 6.6 | أبواب 2.1*0.95 |
| 3 | 36.96 | 5.25 | أبواب 2.1*0.95 |
| 4 | 47.84 | 8.25 | أبواب 2.1*0.95 |
| 5 | 39.6 | 8.3 | أبواب 2.1*0.95 |
| 6 | 36.96 | 5.65 | أبواب 2.1*0.95 |

حيث تم تعريف كل طبقة في الجدار على حدة ( التسليح الطولي، التسليح العرضي والبيتون ) [7] كخطوة أولى في النمذجة على برنامج SAP2000 بحيث أنه نكون قد أخذنا بعين الاعتبار أن كل الطبقات تراعي السلوك اللاخطي وتم تعريف خواص التسليح والبيتون كالتالي:

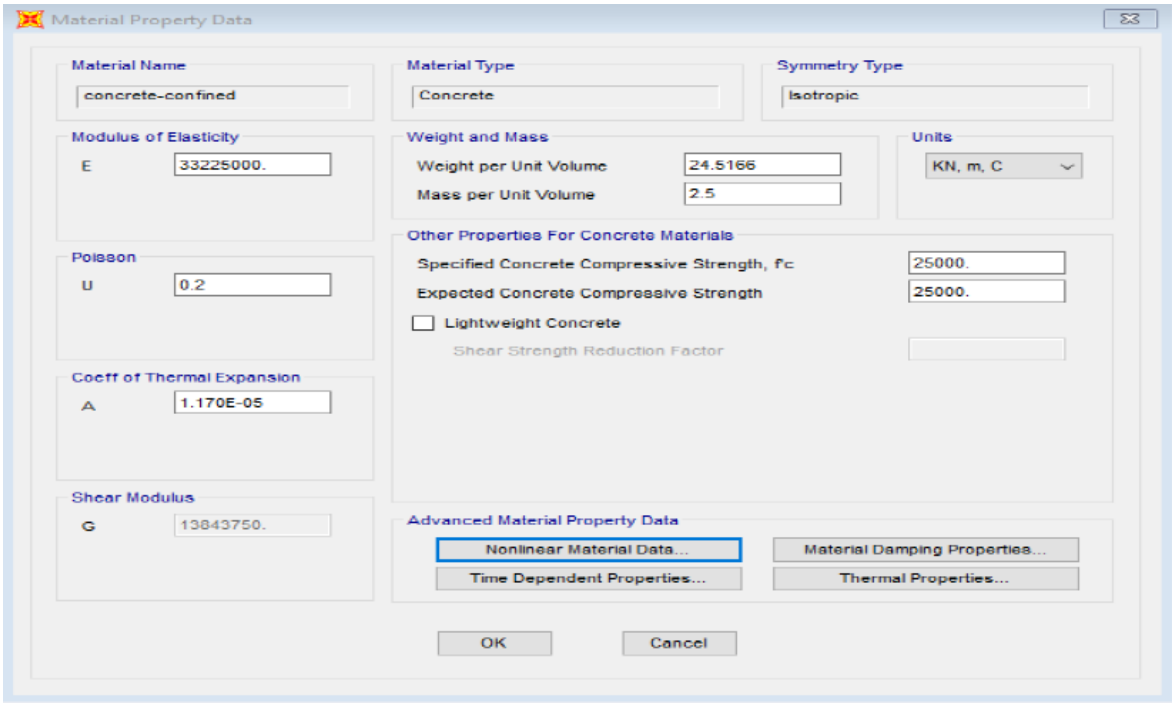
1- بيتون: f`c=25 MPa , E=33225 MPa

2- حديد التسليح : $f_y$=400 MPa , E=21000 MPa , $f_u$=500 MPa

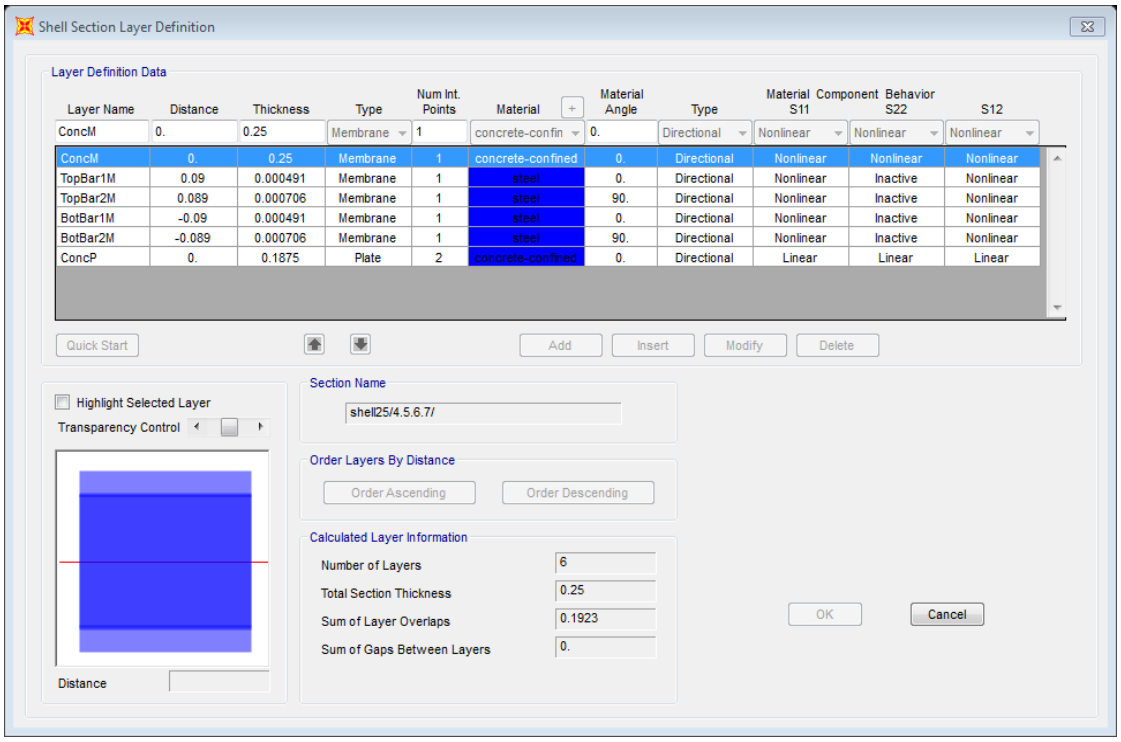
حيث تمثل الرموز: f`c المقاومة المميزة للبيتون، $f_y$ إجهاد الخضوع في التسليح، E معامل المرونة، $f_u$ مقاومة الشد عند الانقطاع




**الشكل (4) – تعريف خواص التسليح**



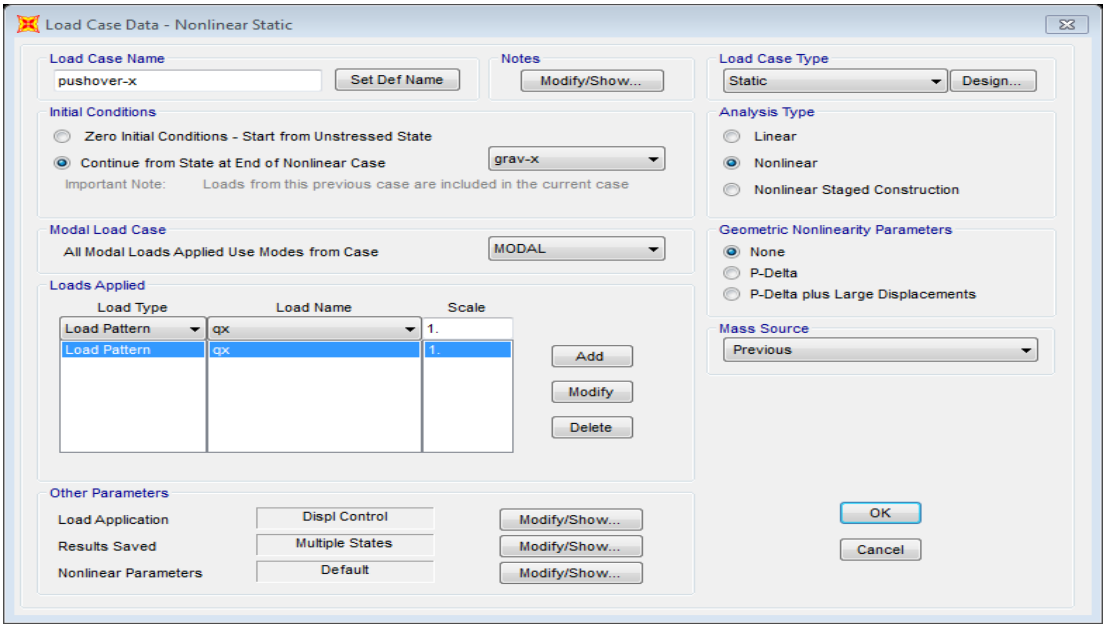

**الشكل (5) – تعريف خواص البيتون**




**الشكل (6) أيقونة مدخلات مواصفات جدران القص**

بعدها نرسم شبكة المحاور الخاصة بالجدار و هي لجميع الحالات شبكة ثنائية المحاور (جملة مستوية) و من ثم يتم إنجاز التحليل الستاتيكي اللاخطي من خلال تطبيق حمولة أفقية متزايدة تدريجياً وهي عبارة عن نمط من القوى المطبقة

على العقد بالتناسب مع ناتج ضرب شكل النمط المعين بمربع التردد الحلقي ($\omega^2$) بحصة الكتلة للعقدة ويطبق هذا التراكب بشكل متزامن حتى بلوغ الانتقال الهدف في نقطة مرجعية من الجدار (أعلى نقطة) إلى قيمة محددة تسمى بالانتقال الهدف والتي تحدد قيمته ب 4% من ارتفاع الجدار كما هي مذكورة في الكود FEMA356 [5].




**الشكل (7) أيقونة مدخلات الحمولة الستاتيكية اللاخطية**

وبالتحليل للنماذج المدروسة حصلنا على القيم العظمى للإجهادات في التسليح الطولي والعرضي وفي البيتون ومواقعها بالإضافة للقص القاعدي والعزوم حيث تم تنظيم النتائج في الجداول (2,3,4,5,6,7) والمخططات البيانية والرسومات المرافقة في الأشكال (6,7,8,……,20) واعتمدنا الترقيم التالي للتمييز بين حالة الجدران للأشكال المذكورة:

1 جدار مصمت

2 جدار بفتحات منتظمة على محورين شاقوليين

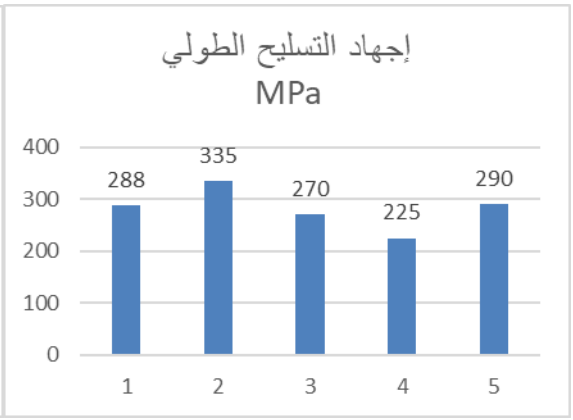
3 جدار بفتحات منتظمة على محور شاقولي واحد

4 جدار بفتحات متناوبة

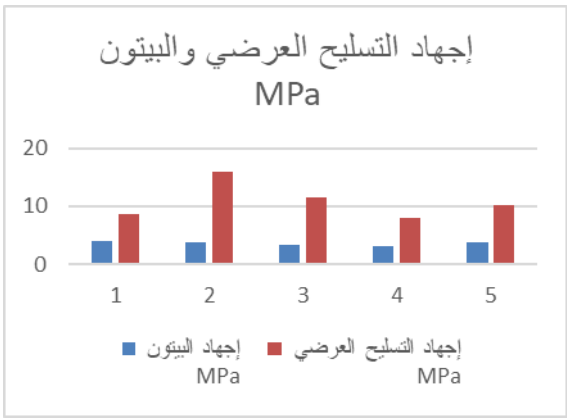
5 جدار بفتحات طرفية

**الجدول (2) الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح و قيم قوى القص والعزوم للجدار رقم 1**

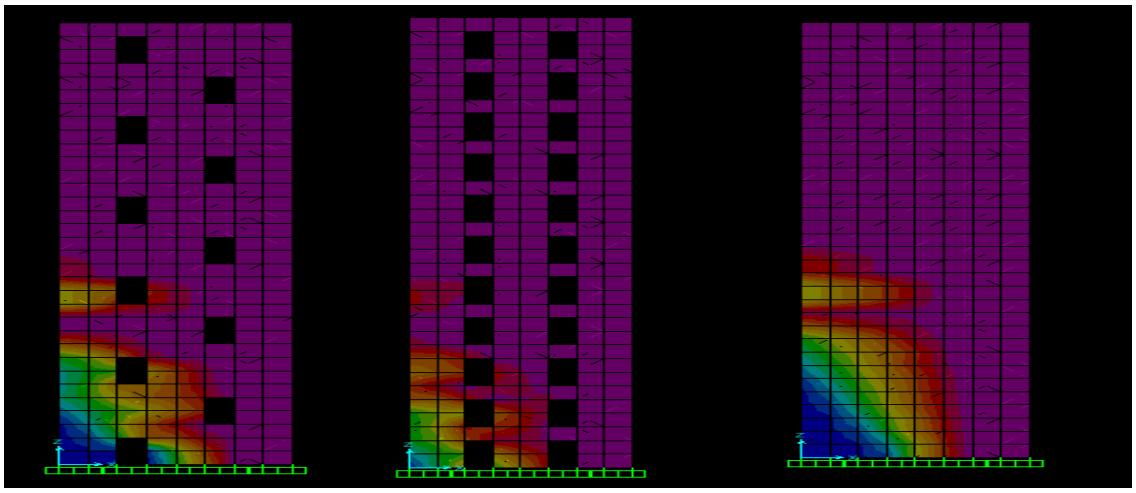
| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | إجهاد التسليح الطولي MPa | إجهاد التسليح العرضي MPa | إجهاد البيتون MPa | القص القاعدي KN | عزوم الانعطاف KN.m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.3*36.85 | مصمت | 288 | 8.7 | 4 | 2135 | 57998 |
| | فتحات منتظمة على محورين شاقوليين | 335 | 16 | 3.7 | 1385 | 39235 |
| | فتحات منتظمة على محور شاقولي واحد | 270 | 11.6 | 3.3 | 1434 | 40384 |
| | فتحات متناوبة | 225 | 8 | 3.1 | 1225 | 37558 |
| | فتحات طرفية | 290 | 10.3 | 3.7 | 1335 | 43501 |




**الشكل (8) اجهاد التسليح الطولي للجدران وفق توزع الفتحات**



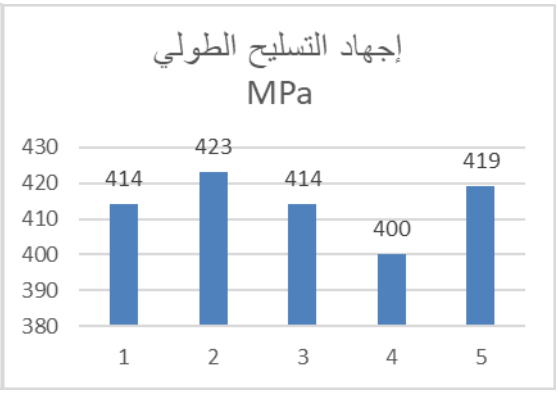

**الشكل (9) اجهاد التسليح العرضي واجهاد الشد في البيتون للجدران وفق توزع الفتحات**



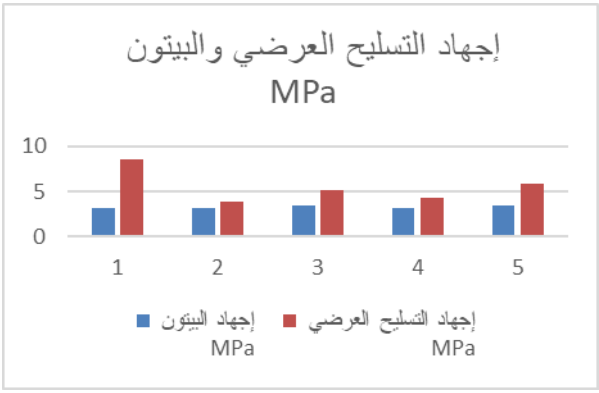
**الشكل (10) اجهاد التسليح الطولي للجدار ذو الأبعاد8.3*36.85 متر بحالات فتحات متناوبة وفتحات منتظمة على محورين ومصمت**

**الجدول (3) الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح و قيم قوى القص والعزوم للجدار رقم 2**

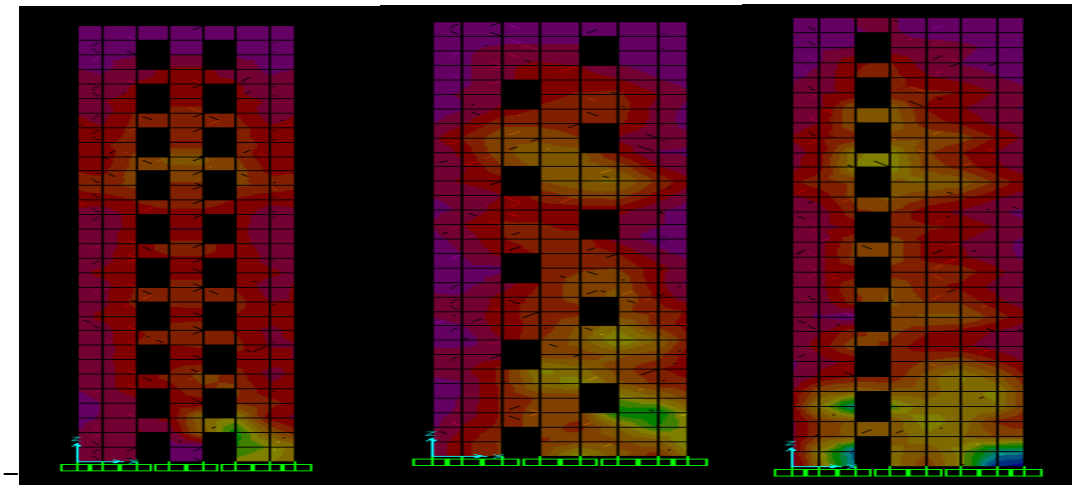
| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | إجهاد التسليح الطولي MPa | إجهاد التسليح العرضي MPa | إجهاد البيتون MPa | القص القاعدي KN | عزوم الانعطاف KN.m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.6*33 | مصمت | 414 | 8.5 | 3.2 | 1001 | 25438 |
| | فتحات منتظمة على محورين شاقوليين | 423 | 3.9 | 3.1 | 605 | 16257 |
| | فتحات منتظمة على محور شاقولي واحد | 414 | 5.1 | 3.5 | 783 | 20445 |
| | فتحات متناوبة | 400 | 4.3 | 3.2 | 700 | 17588 |
| | فتحات طرفية | 419 | 5.8 | 3.4 | 740 | 19676 |




**الشكل (11) اجهاد التسليح الطولي للجدران وفق توزع الفتحات**



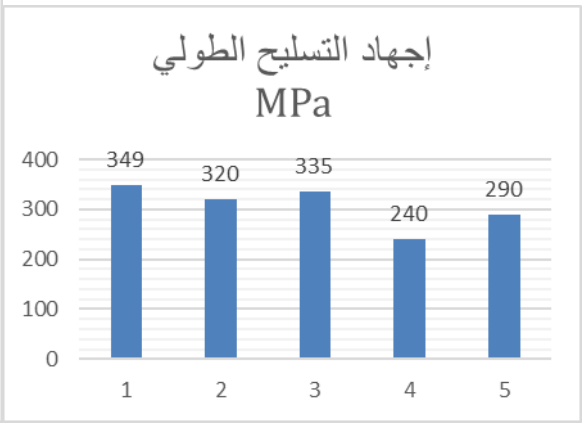

**الشكل (12) اجهاد التسليح العرضي واجهاد الشد في البيتون للجدران وفق توزع الفتحات**



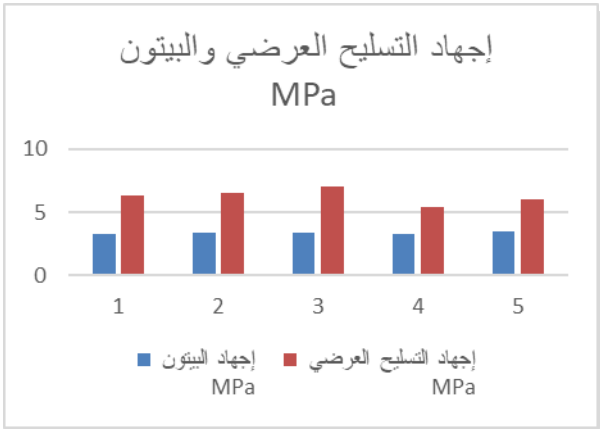
**الشكل (13) اجهاد التسليح العرضي للجدار ذو الأبعاد 6.6*33 متر بحالات فتحات منتظمة على محورين وفتحات متناوبة وفتحات طرفية**

**الجدول (4) الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح و قيم قوى القص والعزوم للجدار رقم 3**

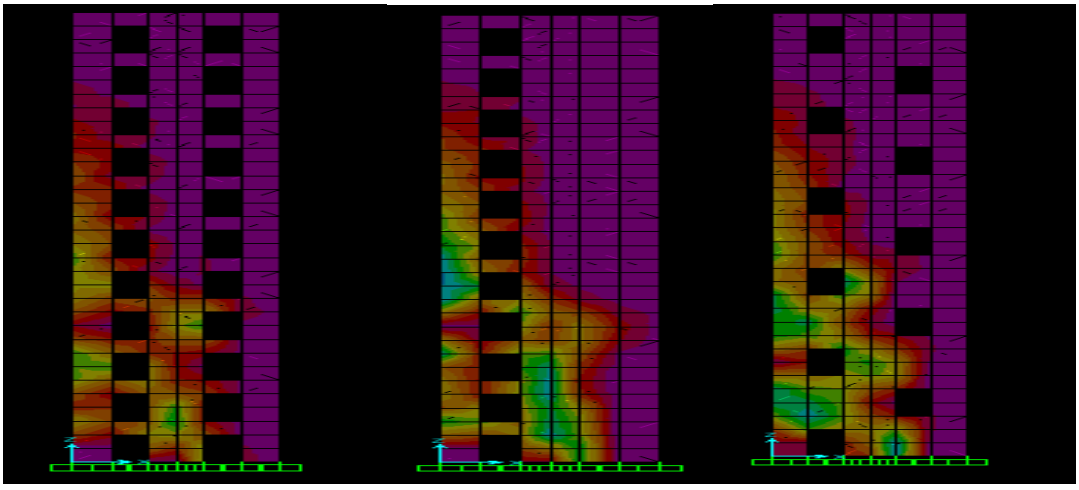
| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | إجهاد التسليح الطولي MPa | إجهاد التسليح العرضي MPa | إجهاد البيتون MPa | القص القاعدي KN | عزوم الانعطاف KN.m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.25*36.96 | مصمت | 349 | 6.3 | 3.3 | 623 | 17814 |
| | فتحات منتظمة على محورين شاقوليين | 320 | 6.5 | 3.4 | 381 | 11449 |
| | فتحات منتظمة على محور شاقولي واحد | 335 | 7 | 3.35 | 325 | 12506 |
| | فتحات متناوبة | 240 | 5.4 | 3.3 | 435 | 11226 |
| | فتحات طرفية | 290 | 6 | 3.5 | 425 | 12943 |




**الشكل (14) اجهاد التسليح الطولي للجدران وفق توزع الفتحات**



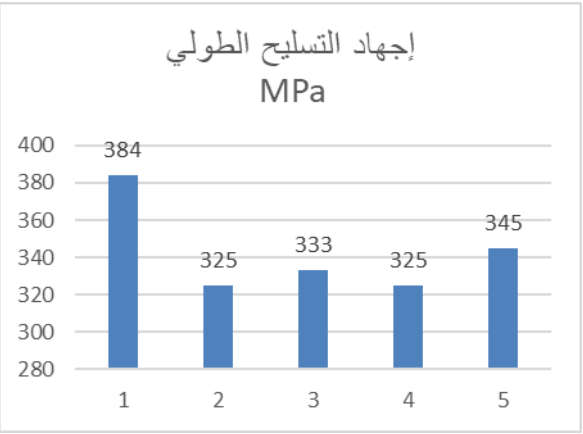

**الشكل (15) اجهاد التسليح العرضي واجهاد الشد في البيتون للجدران وفق توزع الفتحات**



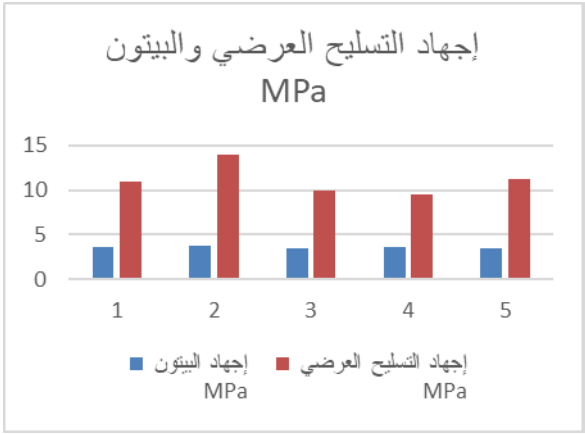
**الشكل (16) اجهاد البيتون للجدار ذو الأبعاد 5.25*36.96 متر بحالات فتحات منتظمة على محورين وفتحات طرفية وفتحات متناوبة**

**الجدول (5) الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح و قيم قوى القص والعزوم للجدار رقم 4**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | إجهاد التسليح الطولي MPa | إجهاد التسليح العرضي MPa | إجهاد البيتون MPa | القص القاعدي KN | عزوم الانعطاف KN.m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.25*47.84 | مصمت | 384 | 11 | 3.6 | 2100 | 74150 |
| | فتحات منتظمة على محورين شاقوليين | 325 | 14 | 3.8 | 1343 | 49838 |
| | فتحات منتظمة على محور شاقولي واحد | 333 | 10 | 3.5 | 1556 | 56968 |
| | فتحات متناوبة | 325 | 9.5 | 3.6 | 1443 | 47996 |
| | فتحات طرفية | 345 | 11.25 | 3.5 | 1422 | 53303 |



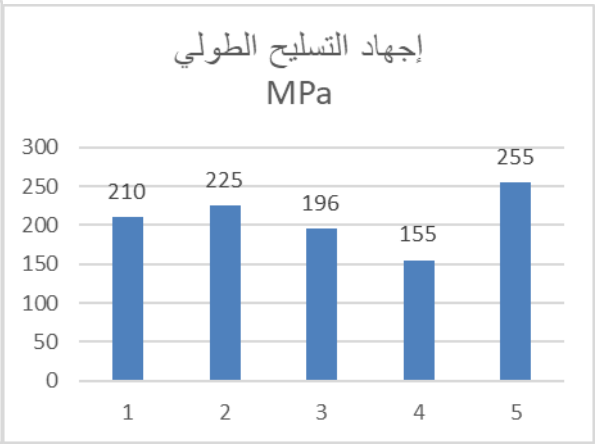

**الشكل (17) اجهاد التسليح الطولي للجدران وفق توزع الفتحات**



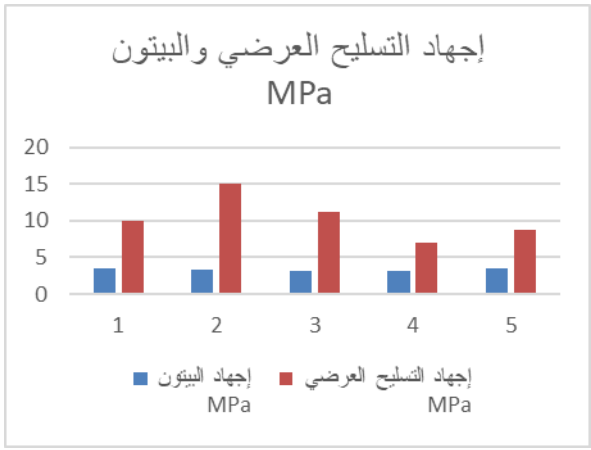

**الشكل (18) اجهاد التسليح العرضي واجهاد الشد في البيتون للجدران وفق توزع الفتحات**

**الجدول (6) الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح و قيم قوى القص والعزوم للجدار رقم 5**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | إجهاد التسليح الطولي MPa | إجهاد التسليح العرضي MPa | إجهاد البيتون MPa | القص القاعدي KN | عزوم الانعطاف KN.m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8.3*39.6 | مصمت | 210 | 10 | 3.5 | 1699 | 51211 |
| | فتحات منتظمة على محورين شاقوليين | 225 | 15 | 3.4 | 1144 | 35974 |
| | فتحات منتظمة على محور شاقولي واحد | 196 | 11.2 | 3.1 | 1440 | 44070 |
| | فتحات متناوبة | 155 | 7 | 3.2 | 1215 | 34369 |
| | فتحات طرفية | 255 | 8.7 | 3.5 | 1335 | 38305 |



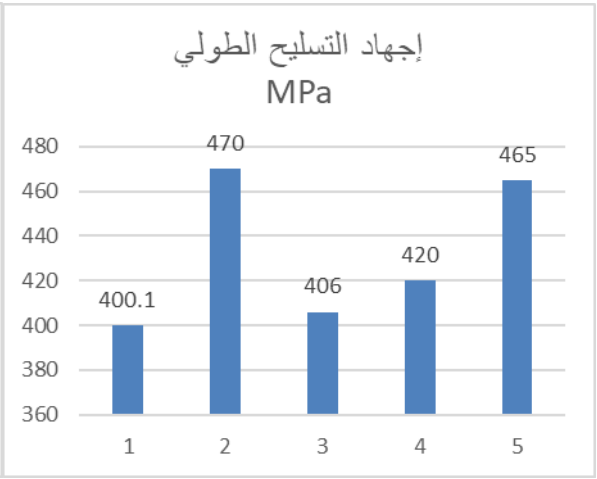

**الشكل (19) اجهاد التسليح الطولي للجدران وفق توزع الفتحات**



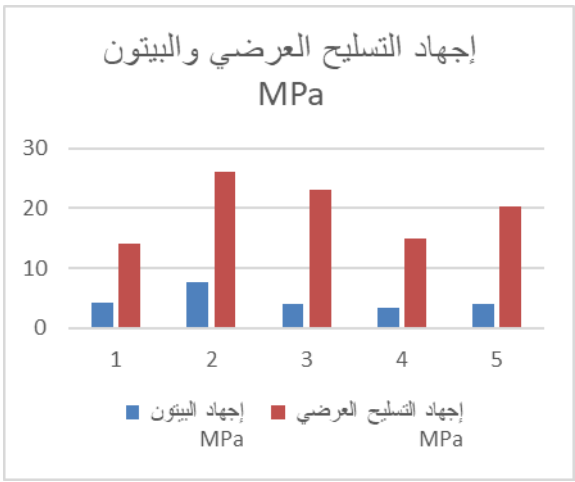

**الشكل (20) اجهاد التسليح العرضي واجهاد الشد في البيتون للجدران وفق توزع الفتحات**

**الجدول (7) الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح و قيم قوى القص والعزوم للجدار رقم 6**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | إجهاد التسليح الطولي MPa | إجهاد التسليح العرضي MPa | إجهاد البيتون MPa | القص القاعدي KN | عزوم الانعطاف KN.m |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.65*36.96 | مصمت | 400.1 | 14 | 4.3 | 1647 | 42251 |
| | فتحات منتظمة على محورين شاقوليين | 470 | 26 | 7.6 | 1228 | 31745 |
| | فتحات منتظمة على محور شاقولي واحد | 406 | 23 | 4 | 1486 | 38136 |
| | فتحات متناوبة | 420 | 15 | 3.4 | 1265 | 30978 |
| | فتحات طرفية | 465 | 20.3 | 4 | 1347 | 35029 |




**الشكل (21) اجهاد التسليح الطولي للجدران وفق توزع الفتحات**




**الشكل (22) اجهاد التسليح العرضي واجهاد الشد في البيتون للجدران وفق توزع الفتحات**

ونبين فيما يلي في الجداول (8,9,10,11,12,13) مواقع توضع الإجهادات الأعظمية في التسليح الطولي والعرضي والبيتون

**الجدول (8) مواقع الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح للجدار رقم 1**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | موقع إجهاد التسليح الطولي الأعظمي | موقع إجهاد التسليح العرضي الأعظمي | موقع إجهاد البيتون الأعظمي |
|---|---|---|---|---|
| 8.3*36.85 | مصمت | طرف الجدار عند أول 3 طوابق | وسط الجدار | وسط الجدار وطرفه |
| | فتحات منتظمة على محورين | أول طابقين وطرف الجدار لأول اربع طوابق | حول الفتحات | حول الفتحات و طرف الجدار |
| | فتحات منتظمة على محور واحد | طرف الجدار عند أول طابقين | حول الفتحات | اللمعات و طرف الجدار |
| | فتحات متناوبة | طرف الجدار عند أول 3 طوابق | حول الفتحات | وسط الجدار و طرفه |
| | فتحات طرفية | طرف الجدار و حول الفتحات عند أول 5 طوابق | وسط الجدار و حول الفتحات | أول 3طوابق عند الوسط وحول الفتحات وبعدها تتركز على طرف الجدار وحول الفتحات |

**الجدول (9) مواقع الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح للجدار رقم 2**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | موقع إجهاد التسليح الطولي الأعظمي | موقع إجهاد التسليح العرضي الأعظمي | موقع إجهاد البيتون الأعظمي |
|---|---|---|---|---|
| 6.6*33 m | مصمت | اول طابقين | وسط الجدار | طرف الجدار أول 6 طوابق |
| | فتحات منتظمة على محورين | طابق ارضي | حول الفتحات | حول الفتحات و طرف الجدار |
| | فتحات منتظمة على محور واحد | أول طابقين عند الفتحات وطرف الجدار | أول طابقين و حول الفتحات | أول طابقين و طرف الجدار و حول الفتحات |
| | فتحات متناوبة | طابق ارضي | حول الفتحات | حول الفتحات و طرف الجدار |
| | فتحات طرفية | أول طابقين طرف الجدار | أول طابقين و حول الفتحات | حول الفتحات و طرف الجدار |

**الجدول (10) مواقع الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح للجدار رقم 3**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | موقع إجهاد التسليح الطولي الأعظمي | موقع إجهاد التسليح العرضي الأعظمي | موقع إجهاد البيتون الأعظمي |
|---|---|---|---|---|
| 5.25*36.96 | مصمت | طرف الجدار أول 4 طوابق | وسط الجدار | وسط الجدار وطرفه |
| | فتحات منتظمة على محورين | طرف الجدار عند أول 4 طوابق | حول الفتحات | أول طابقين و طرف الجدار |
| | فتحات منتظمة على محور واحد | طرف الجدار اول طابقين | حول الفتحات | أول طابقين و طرف الجدار |
| | فتحات متناوبة | الطابق الأرضي | حول الفتحات | أول طابقين و طرف الجدار |
| | فتحات طرفية | طرف الجدار عند أول 3 طوابق | حول الفتحات ووسط الجدار | طابق أرضي و حول الفتحات و طرف الجدار |

**الجدول (11) مواقع الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح للجدار رقم 4**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | موقع إجهاد التسليح الطولي الأعظمي | موقع إجهاد التسليح العرضي الأعظمي | موقع إجهاد البيتون الأعظمي |
|---|---|---|---|---|
| 8.25*47.84 | مصمت | طابق أرضي و أطراف الجدار اول 5 طوابق | وسط الجدار | وسط الجدار أول 5 طوابق و طرفه عند بقية الطوابق |
| | فتحات منتظمة على محورين | طرف الجدار عند أول 5 طوابق | حول الفتحات و بينها | وسط الجدار و حول الفتحات |
| | فتحات منتظمة على محور واحد | طرف الجدار عند أول 3 طوابق | حوافّ الفتحات | بالقرب من الفتحات و عند طرف الجدار |
| | فتحات متناوبة | طرف الجدار عند أول 7 طوابق | حول الفتحات | بين الفتحات و طرف الجدار |
| | فتحات طرفية | طرف الجدار عند أول 5 طوابق | حول الفتحات | حول الفتحات عند أول 7 طوابق |

**الجدول (12) مواقع الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح للجدار رقم 5**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | موقع إجهاد التسليح الطولي الأعظمي | موقع إجهاد التسليح العرضي الأعظمي | موقع إجهاد البيتون الأعظمي |
|---|---|---|---|---|
| 8.3*39.6 | مصمت | طرف الجدار عند أول 4 طوابق | منتصف الجدار | منتصف الجدار و طرفه أول 7 طوابق |
| | فتحات منتظمة على محورين | طرف الجدار أول 4 طوابق | حول الفتحات | وسط الجدار و طرفه |
| | فتحات منتظمة على محور واحد | طرف الجدار أول 4 طوابق | حول الفتحات بين فتحتين متتاليتين | بين الفتحات و عند طرف الجدار |
| | فتحات متناوبة | طرف الجدار أول 5 طوابق | حول الفتحات | حول الفتحات و طرف الجدار أول 7 طوابق |
| | فتحات طرفية | طرف الجدار أول 5 طوابق و حول الفتحات | حول الفتحات ووسط الجدار | وسط الجدار و طرفه |

**الجدول (13) مواقع الاجهادات الأعظمية في البيتون وحديد التسليح للجدار رقم 6**

| أبعاد الجدار (m) | نوع الجدار | موقع إجهاد التسليح الطولي الأعظمي | موقع إجهاد التسليح العرضي الأعظمي | موقع إجهاد البيتون الأعظمي |
|---|---|---|---|---|
| 5.65*36.96 | مصمت | طرف الجدار أول 6 طوابق وخاصة أول طابقين | وسط الجدار | وسط الجدار |
| | فتحات منتظمة على محورين | طابق أرضي بين الفتحات و طرف الجدار أول 6 طوابق | حول الفتحات | حول الفتحات |
| | فتحات منتظمة على محور واحد | طرف الجدار أول 6 طوابق | حول الفتحات و طرف الجدار | حول الفتحات |
| | فتحات متناوبة | طابق أرضي و طرف الجدار أول 6 طوابق | الطابق الأرضي و بين الفتحات | حول الفتحات |
| | فتحات طرفية | حول الفتحات و طرف الجدار أول 7 طوابق | حول الفتحات | وسط الجدار و حول الفتحات |

ومنه نلاحظ أن جميع القيم التي تمت مقارنتها تنخفض كل ما زاد طول الجدار بالإضافة الى أن الجدران بفتحات متناوبة كانت الأفضل نسبياً من ناحية السلوك الزلزالي.

## الاستنتاجات والتوصيات:

**الاستنتاجات:**

1- الجدران بفتحات متناوبة قدمت أداءً أفضل نسبياً من بقية الجدران عند تعرضها للزلازل.

2- كانت قيم الإجهادات متقاربة إلى حد ما مع فروقات متفاوتة لجميع أنواع جدران القص في كل الحالات ما عدا الجدران بفتحات متناوبة التي شهدت ثباتاً في القيم حيث أنها كانت تسجل أقل اجهادات.

3- يلعب طول الجدار في المسقط الأفقي دوراً ايجابياً في تخفيف قيم العزوم والقص والاجهادات حيث أن هناك تناسب عكسي بين الطول و هذه القيم.

4- تركزت الاجهادات في التسليح الطولي بالطوابق الأولى وأطراف الجدار فيما تركزت الإجهادات في التسليح العرضي حول الفتحات.

5- يقل تركز جميع الإجهادات في جدران القص بفتحات متناوبة بالمقارنة مع بقية الجدران وتميل هذه الجدران لتوزيع الإجهادات على مساحة أكبر نسبياً.

**التوصيات:**

1- مقارنة أداء الجدران المدروسة مع جدران غير منعزلة (ضمن المبنى) لأخذ اعتبارات الحمولات الحقيقية التي يتعرض لها الجدار.

2- تحليل جدران قائمة بأبعاد فتحات مختلفة و مواقع مختلفة بحيث تميل مواقع الفتحات إلى أطراف الجدار.

3- التحليل الديناميكي اللاخطي للجدران المدروسة و ذلك للتأكد من كفاءة و دقة التحليل الاستاتيكي اللاخطي لها كما في البحث.

## References:

[1] Aejaz.A , K.WIGHT. *RC structural walls with staggered door openings* . J. Struct. Eng. 1991.117:1514-1531

[2] HARINI.A , KUMAR.G . *Behavior of RC shear walls with staggered openings under seismic loads* . INTERNATIONAL JOURNAL FOR RESEARCH IN EMERGING SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOLUME-2, ISSUE-3, MARCH-2015

[3] MOSORACA.M . *Failure analysis of RC shear walls with staggered openings under seismic loads .Eng Fail Anal(2013),* http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.07.037

[4] MOSORACA.M. *Seismic behavior of reinforced concrete shear walls with regular and staggered openings after the strong earthquakes between 2009 and 2011* . Eng FailAnal(2013) , http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.05.014 .

[5]FEMA356 *.prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings.* November.2000

[6] ACI 318-14 Code . *Building Code Requirements for Structural Concrete*

[7] Z. W. Miao1, X. Z. Lu, J. J. Jiang, L. P. Ye . *Nonlinear FE Model for RC Shear Walls Based on Multi-layer Shell Element and Microplane Constitutive Model.* COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING AND SCIENCE. Aug. 21-23, 2006, Sanya, Hainan, China.