

دراسة تأثير درجة انتظام الجملة الإنشائية ونوع مادة الجوائز على سلوك المنشأ المعرض للأحمال الزلزالية

طالب الدراسات العليا: احمد الناصر - كلية الهندسة المدنية - القسم إنشائي - جامعة حمص.

الدكتور المشرف: محمد عيسى

مُلخَصُ البَحْث: يهدف هذا البحث إلى دراسة الانتقالات في طوابق المنشأ عند تعرّضه للقوى الزلزالية، وتأثيرها بدرجة انتظام المنشأ أفقياً ورأسياً. سنتناول بعض حالات عدم الانتظام الواردة في الملحق رقم (2) للكود العربي السوري ومن ثم نقيّم الانتقالات الحاصلة من أجل كل حالة ونقترح الحلول المناسبة لخفض قيمها. تم في هذا البحث دراسة ثلاث حالات، حيث أُستخدم برنامج ETABS 2016 في تحليل جميع الجمل الإنشائية. وقد تم إضافة عناصر معدنية إلى الجملة الإنشائية لكل حالة ومقارنة النتائج.

- الحالة الأولى: المنشأ منتظم أفقياً ورأسياً.
- الحالة الثانية: المنشأ فيه زاوية داخلية.
- الحالة الثالثة: المنشأ فيه طابق طويل.

نتيجة البحث: يمكن التنبؤ بسلوك المنشأ بشكل دقيق كلما اقترب المنشأ من حالة الانتظام أفقياً ورأسياً. من المفيد استخدام العناصر المعدنية في المنشآت لأنها تساهم في خفض قيم الانتقالات بشكل جيّد.

الكلمات المفتاحية: درجة انتظام الجملة الإنشائية، القوى الزلزالية، انتقالات الطوابق، العناصر المعدنية، زاوية داخلية، طابق طويل.

Research Title:

A Study on the Effect of the Degree of Structural System Regularity and Beam Material Type on the Behavior of a Structure Subjected to Seismic Loads

Abstract: This research aims to study the story drifts of a structure when subjected to seismic forces and how they are influenced by the structure's degree of regularity in plan and elevation. We will address some irregularity cases mentioned in Appendix (2) of the Syrian Arab Code, then evaluate the resulting drifts for each case and propose appropriate solutions to reduce their values. In this research, three cases were studied, using ETABS 2016 software for the analysis of all structural systems. Metallic beams were added to the structural system for each case, and the results were compared.

- **Case 1:** A structure regular in both plan and elevation.
- **Case 2:** A structure with a re-entrant corner.
- **Case 3:** A structure with a soft story.

The result of the research: The behavior of the structure can be predicted more accurately as the structure approaches full regularity in both plan and elevation. The use of metallic beams in structures is beneficial as they contribute significantly to reducing story drift values.

Keywords: Degree of Structural Regularity, Seismic Loads, Story Drifts, Metallic Beams, Re-entrant Corner, Soft Story.

1- المقدمة:

1-1 مقدمة:

إن ارتباط سلوك المنشآت بدرجة انتظام جملتها الإنشائية وطبيعة ارتباطها مع العناصر غير الإنشائية فرض على الباحثين ضرورة تقييم درجة الانتظام سواء الانتظام الرأسي أو الأفقي بالإضافة إلى وضع طرق التحليل المناسبة للحصول على قيم أقرب إلى الدقة.

1-2 مشكلة البحث:

إن التوزيع الغير منتظم للجملية الإنشائية في المباني يجعل من الصعب تحديد سلوك المنشأ عند تعرّضه للأحمال الزلزالية، حيث تختلف استجابة المنشأ لهذه الأحمال، ويحصل تركّز للإجهادات في بعض مناطق المنشأ، لذلك تحتاج هذه الحالات للتقييم والبحث.

1-3 أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في توضيح التغيير الحاصل في انتقالات الطوابق والتي تتأثر بتوزع العناصر الإنشائية المقاومة للقوى الأفقية التي سببها.

1-4 الهدف من البحث:

تخفيض أثر حالات عدم الانتظام على الانتقالات لطوابق المنشأ من خلال استعمال العناصر المعدنية والمختلطة، بالإضافة إلى إظهار أهمية تجنّب ظهور حالات عدم الانتظام في الجمل الإنشائية.

1-5 فرضيات البحث:

سنفترض في الدراسة وجود منشأ منتظم أفقياً ورأسياً ومؤلّف من 10 طوابق متماثلة بأبعاد 8 x 8 متر للطابق الواحد، وبافتراض نوع البلاطة هوردي والجملية المقاومة للزلازل هي جملية جدران قص فقط. سنقوم بنمذجة المنشأ على برنامج ETABS ومن ثم نفترض وجود مجموعة من حالات عدم الانتظام وندرس تأثير كل منها على قيم الانتقالات الحاصلة بفعل القوى الزلزالية.

- الحالة الأولى: المنشأ منتظم أفقياً ورأسياً.
- الحالة الثانية: المنشأ فيه زاوية داخلية.
- الحالة الثالثة: المنشأ فيه طابق طويل.

1-6 منهج البحث:

منهج البحث هو منهج تحليلي، حيث أُستخدم برنامج ETABS 2016 في تحليل الجمل الإنشائية.

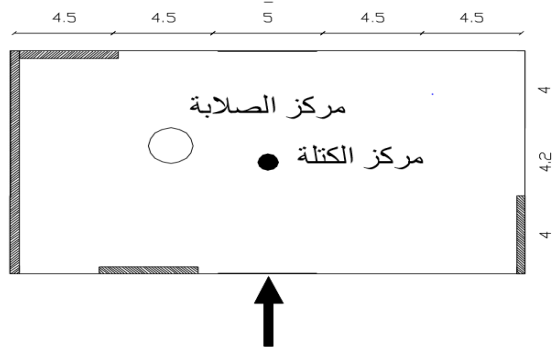
- **الحالة الأولى:** تمت دراسة المنشأ بافتراض أنه منشأ منتظم وجدران القص موزعة على الأطراف ومن ثم افتراض جدران القص مركزة في الوسط وتم حساب انتقالات الطوابق للحالتين باعتبار أن الجوائز من البيتون المسلح ثم تم إعادة الحسابات باعتبار أن الجوائز معدنية.
- **الحالة الثانية:** تم حساب انتقالات الطوابق للمنشأ بافتراض وجود زاوية داخلية ثم أُعيد الحساب باستخدام جوائز معدنية.
- **الحالة الثالثة:** تم حساب انتقالات الطوابق للمنشأ بافتراض وجود طابق طويل هو الطابق الثاني ومن ثم أُعيد الحساب باستخدام جوائز معدنية وأعمدة مختلطة.

سنعتمد التحليل الديناميكي من أجل الحالات الثلاث السابقة.

2- حالات عدم الانتظام:

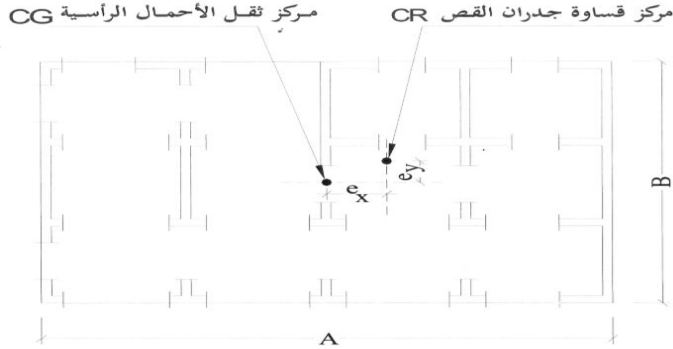
2-1 عدم الانتظام الأفقي:

1. تطابق مركز كتلة المبنى مع مركز قساوته: يعرف مركز كتلة طابق في المبنى بأنه مركز تطبيق محصلة الأوزان الرأسية لهذا الطابق. أما مركز القساوة لهذا الطابق، فإنه يمثل مركز القساوة لعناصر الجملة الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية في هذا الطابق، وهي النقطة التي إذا طبقت فيها قوة أفقية يحصل انتقال في هذا الطابق باتجاه القوة دون دوران. إن انطباق مركز القساوة لطابق مع مركز الكتلة، يؤدي إلى تقليل أثر القوة الزلزالية المطبقة على العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية إلى حدودها الدنيا وذلك بإلغاء أثر ظاهرة الفتل. وكلما ابتعد المركزان أحدهما عن الآخر كما هو موضح في الشكل (1) تزداد آثار هذه القوى بسبب اللي (الفتل)، وقد تصل هذه الزيادة إلى أضعاف قيمتها. وهذا ما يفسر لماذا تتطلب الاشتراطات الفنية دائماً اختيار المنشآت المتناظرة في المسقط قدر الإمكان.



الشكل رقم (1) حالة عدم تطابق مركز الكتلة مع مركز الصلابة.

2. يُعد التناظر الإنشائي محققاً إذا تم التأكد بأن المسافة الأفقية ما بين مركز ثقل الأحمال الشاقولية ومركز القساوة لا تتجاوز (0.05) من بعد الكتلة في كل اتجاه وإذا كان لابد من وجود بعض عدم التناظر في المقطع العرضي للجملة المقاومة للقوى الأفقية كما في الشكل (2)، فيجب أخذ الفتل الذي سينتج عن ذلك بالحسبان عند حساب مقاومة الجملة المقاومة للقوى الأفقية.



الشكل رقم (2) حالة عدم تطابق مركز الكتلة مع مركز الصلابة.

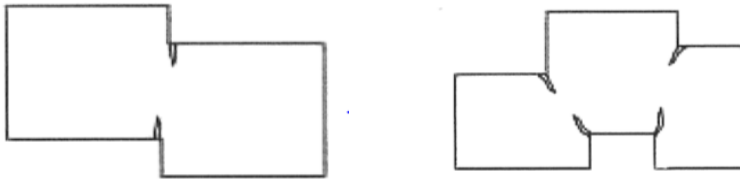
$$e_x \leq 0.05 A \quad \text{تحقق شرط التناظر:}$$

$$e_y \leq 0.05 B$$

لامركزية صغيرة للفتل في المسقط الأفقي (شبه متناظر)

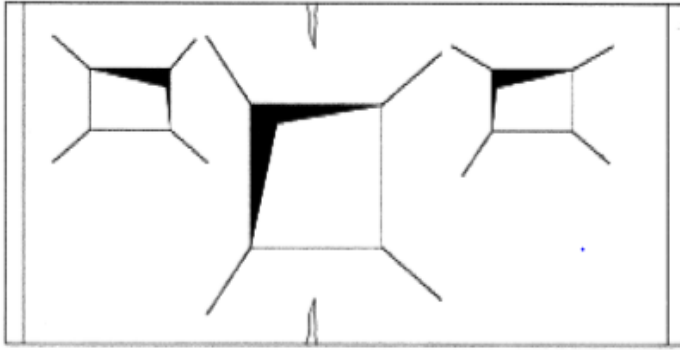
3. وجود زوايا داخلية: يؤدي وجود زوايا داخلية في المسقط الأفقي للمنشأة إلى تغير مفاجئ في مقطع البلاطة التي تعمل كجوائز أفقية تحت تأثير الزلزال، وبالتالي يتولد تركيز إجهادات في هذه البلاطة عند مناطق التغير كما في الشكل(3).

أما في جدران القص التي تعمل كعناصر إنشائية مقاومة، وبسبب تناوب الأحمال الزلزالية عليها فإن البلاطة في إحدى الحالتين تكون معلقة بجدار القص فتتسأ في البلاطة قوة شد أو (ضغط) عالية في حواف البلاطة. لذا تعد الزوايا الداخلية في المسقط الأفقي للمنشأ نقاط ضعف يتوجب معالجتها.



الشكل رقم (3) حالة وجود زوايا داخلية.

4. وجود انقطاعات مفاجئة (أو فتحات كبيرة) في البلاطات: تعمل بلاطات السقوف في المنشآت كجائز أفقي مهمته نقل أحمال الزلزال الأفقية إلى الجملة الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية. لذا يجب أن تحقق هذه السقوف صلابة ملائمة ومقاومة كافية. فإذا كانت في هذه السقوف انقطاعات مفاجئة أو فتحات كما في الشكل (4) فإنها تؤثر على كفاءتها وتحدث تركيز إجهادات فيها وتغير سلوكها العام. وتكون هذه المناطق نقاط ضعف تؤدي إلى انهيارات موضعية.

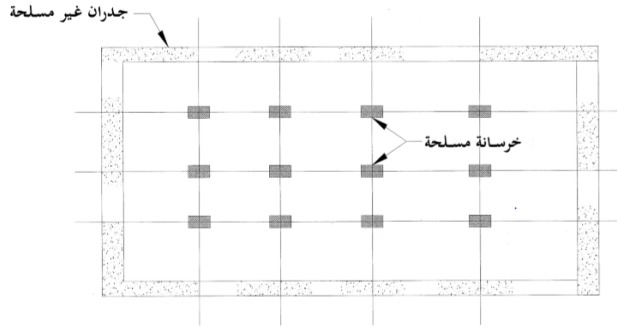


الشكل رقم (4) حالة وجود انقطاعات مفاجئة في البلاطات.

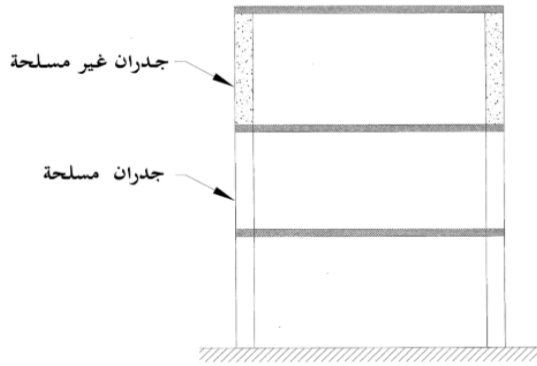
2-2 عدم الانتظام الشاقولي:

1. عدم الانتظام في القساوة للطوابق بسبب القساوة (الجساءة) الفعلية للعناصر أو تغير مادة الإنشاء: إن وجود منشآت فيها طابق أو أكثر من الخرسانة المسلحة، وطوابق أخرى منفذة من مواد إنشاء مختلفة يسبب تغير مفاجئ في القساوة وبالتالي عند تعرض هذه المنشآت إلى زلزال، فإن مناطق التغير في القساوة تُركّز فيها القوى والإجهادات مما يؤدي إلى تشققات أو تكسرات فيها. لذا يتوجب التحقق الحسابي منها، واقتراح حلول مناسبة لها. (يبين الشكل (5) نماذج لعدم الانتظام في القساوة للطوابق، سواء بسبب تغير القساوة الفعلية للعناصر، أو تغير مادة الإنشاء)

دراسة تأثير درجة انتظام الجملة الإنشائية ونوع مادة الجوائز على سلوك المنشأ المُعرَّض للأحمال الزلزالية



تأثير إختلاط الحمل والمواد الإنشائية في المسقط



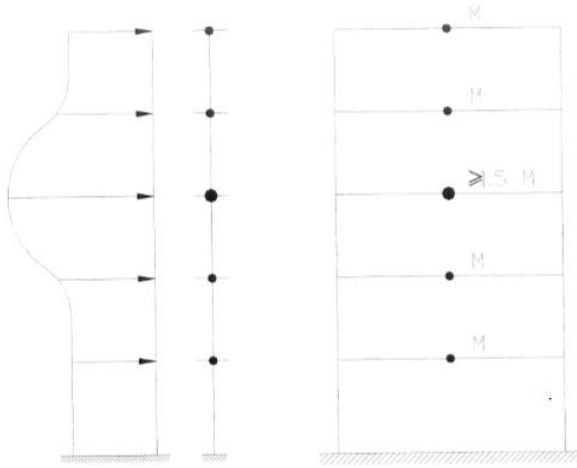
تأثير تغيير المواد الإنشائية في الطوابق

الشكل رقم (5) حالة عدم انتظام في قساوة العناصر .

2. الطابق اللين والطابق الضعيف والطابق الطويل: يُعرف الطابق اللين بأنه الطابق الذي يحدث فيه تغيير مفاجئ في القساوة للعناصر المقاومة للأحمال الجانبية حيث تقل النسبة بين قساوته وقساوة الطابق الذي يعلوه عن 0.7 أو عن 80% من معدل القساوة النسبية للطوابق الثلاثة الواقعة فوقه. يعرف الطابق الضعيف بأنه الطابق الذي تكون نسبة مقاومة عناصره على مقاومة عناصر الطابق الذي يعلوه أقل من 80%. أما الطابق الطويل فهو الطابق الذي يزيد ارتفاعه بنسبة لا تقل عن 25% من ارتفاع الطابق المجاور، وبالتالي يتغير سلوك هذا الطابق عند تعرضه إلى زلزال. لذا

يتوجب الانتباه إلى الإزاحة الأفقية الناجمة في هذا الطابق والإجهادات المركزة في المناطق الحرجة. قد يكون الطابق طابقاً ليناً أيضاً، تبعاً لقساوته النسبية مقارنة مع قساوات الطوابق التي تعلوه.

3. عدم الانتظام في كتل الطوابق: يؤدي عدم الانتظام في كتل الطوابق في المنشآت القائمة كما هو موضح في الشكل (6) إلى تركيز القوى وتضخمها في بعض الطوابق بقيم كبيرة جداً، وبالتالي إلى حدوث انهيارات موضعية وجزئية في بعض عناصر المنشأة. لذا يتوجب إعادة التحقق من المنشأة باستعمال الطرائق الديناميكية، والعمل على إعادة تأهيل المناطق الحرجة لهذه المنشأة.

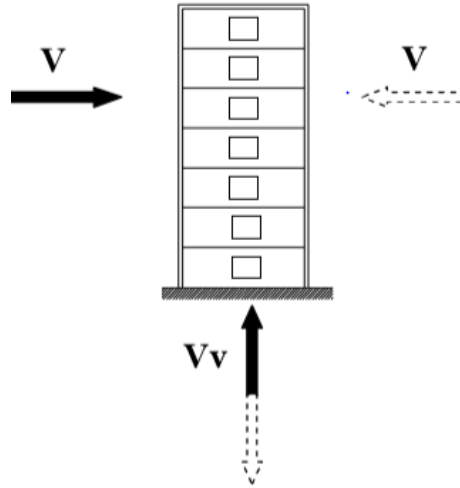


الشكل رقم (6) حالة عدم انتظام في كتل الطابق.

3- التحليل وفق الطريقتين الاستاتيكية والديناميكية:

3-1 التحليل وفق الطريقة الاستاتيكية المكافئة:

يتم في هذه الطريقة إيجاد القوى الزلزالية الاستاتيكية المكافئة للقوى الزلزالية ولهذه القوى مركبتان: أفقية ورأسية كما في الشكل (7)، ولكن معظم الكودات تهمل المركبة الرأسية للقوى الزلزالية. وبشكل عام تنحصر دقة نتائج الطريقة الاستاتيكية المكافئة بالمنشآت المنتظمة أو الشبه منتظمة، وتتخلص فكرة هذه الطريقة في تمثيل القوى الزلزالية وكأنها قوى أفقية تؤثر في المباني.



الشكل رقم (7) توزيع مركبات القوة الزلزالية.

تُحسب قيمة هذه القوى وفقاً لكودات التصميم الزلزالي من خلال استخدام المعادلة :

$$V = C_s \times W$$

حيث:

V : القوة الزلزالية الاستاتيكية الأفقية المكافئة، وتعرف باسم قوة القص القاعدي (Base Shear Force).

W : وزن المنشأ.

C_s : المعامل الزلزالي، وقيمة هذا العامل تمثل نسبة أو جزءاً من قيمة الجاذبية الأرضية (g).

نلاحظ من المعادلة السابقة أن زيادة وزن المنشأ تؤدي لزيادة قيمة القوى الزلزالية الأفقية، وقيمة المعامل الزلزالي C_s أقل من واحد وبالتالي فإن قيمة القوة الزلزالية الأفقية V هي نسبة من وزن المنشأ. إذا كانت قيمة المعامل الزلزالي أقل من 0.05 يكون تأثير القوة الزلزالية في المنشأ محدوداً ويمكن للمنشأ أن يتحمل هذه القوة بسهولة.

تتأثر قيمة كل من المعامل C_s والقوة الزلزالية V بعدة عوامل تظهر في العلاقة التالية:

$$V = \frac{C_v I}{R \cdot T} W$$

وبحيث لا يتجاوز القص القاعدي التصميمي الكلي القيمة التالية:

$$V = \frac{2.5 C_a I}{R} W$$

ولا تقل عن القيمة التالية:

$$V = 0.11 C_a I W$$

وإضافة لما سبق يجب ألا تقل قيمة القص القاعدي الكلي للمنطقة الزلزالية (4) عن:

$$V = \frac{0.8 Z N_v I}{R} W$$

C_v : معامل زلزالي تتم إيجاد قيمته من الجداول من خلال العوامل Z و S .

Z : معامل زلزالية المنطقة ، و يمثل هذا المعامل ذروة التسارع الزلزالي الأرضي للمنطقة على الصخر، و يؤخذ من الخرائط الزلزالية.

S : معامل نوعية و تأثير تربة الموقع، حيث S_A ، S_B ، S_C ، S_D ، S_E ، S_F تمثل أصناف المقاطع الشاقولية للتربة.

I : عامل أهمية المنشأ.

T : الفترة الأساسية للاهتزاز المرن (الزمن الدوري الطبيعي الأساسي)، مقدراً بالثواني وذلك للمنشأ بالاتجاه المدروس.

R: معامل يمثل مقدار الممطولية العامة للنظام المقاوم للقوى الأفقية.

و تُحسب قيمة T (الفترة الأساسية لاهتزاز المنشأ) بشكل تقريبي لكافة المباني من العلاقة:

$$T = C_t (h_n)^{\frac{3}{4}}$$

حيث:

$C_t = 0.0853$ للإطارات المعدنية المقاومة للزوم.

$C_t = 0.0731$ للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للزوم.

$C_t = 0.0488$ لكافة الأبنية الأخرى.

h_n : (مقدرة بالمتر) هي الارتفاع فوق القاعدة حتى المنسوب n.

3-2 التحليل الديناميكي:

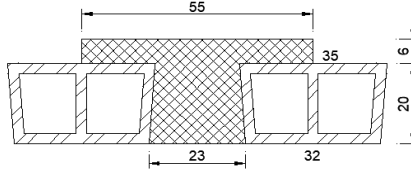
إن استجابة المنشأ الديناميكية وهي مجموعة الانتقالات والتشوهات والإجهادات تابعة للزمن لأن الأحمال الديناميكية التي سببتها تابعة للزمن أيضاً، مما يؤدي إلى مجموعة غير منتهية من الحلول خلال المجال الزمني المدروس. يتم في الطرق الاستاتيكية تحديد قوى العطالة كقوى ساكنة مكافئة باستخدام علاقات تجريبية لا تأخذ بشكل ظاهري الخصائص الديناميكية للجملة الإنشائية المدروسة (الطريقة الاستاتيكية الأولى)، لكن تم تطوير هذه العلاقات لتمثل السلوك الديناميكي للمنشآت المنتظمة ذات التوزيع المنتظم للكتلة و الصلابة، و في هذه الحالة تعتبر الطريقة المكافئة الساكنة كافية في معظم الأحوال (الطريقة الاستاتيكية الثانية)، بينما يؤدي تطبيقها على المنشآت غير المنتظمة إلى نتائج غير صحيحة ، و يتم اللجوء إلى التحليل الديناميكي في هذه الحالة.

4- التحليل باستخدام برنامج ETABS 2016:

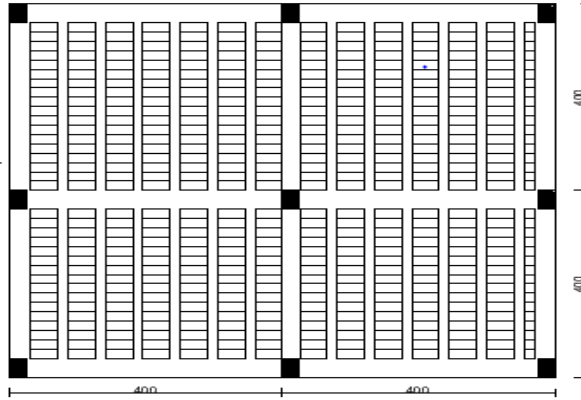
4-1 نمذجة المنشأ:

البلاطة المستخدمة في النماذج هي بلاطة مفرغة (هوردي) عاملة باتجاه واحد. تم حساب سماكة بلاطة الهوردي الموضحة في الشكل (8)، (9) من اشتراط الكود:

تأخذ سماكة البلاطة $t = 26 \text{ cm}$.
مستمرة من طرف واحد ومستندة على جوائز من سمك البلاطة.
 $t \geq \frac{400 \text{ cm}}{18} = 22.22 \text{ cm}$



الشكل رقم (8) أبعاد مقطع بلاطة الهوردي المدروسة، الأبعاد بوحدة (cm).



الشكل رقم (9) أبعاد مسقط بلاطة الهوردي المدروسة، الأبعاد بوحدة (cm).

بافتراض حمولة التغطية 2 KN/m^2 والحمولة الحية 2 KN/m^2

$DL = 3.12 \text{ KN/m}^2$ و $LL = 2 \text{ KN/m}^2$

تم اختيار مقاطع الأعمدة ونسبة التسليح 1.5% كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول رقم (1) أبعاد مقاطع الأعمدة ونسب التسليح.

C2		C1		Story
(a x b) cm	T (mm)	(a x b) cm	T (mm)	
30 x 30	10 T16	25 x 40	10 T16	1-2
30 x 40	10 T16	30 x 40	4 T18 + 6 T16	3-4
35 x 45	10 T18	35 x 40	10 T18	5-6
40 x 45	12 T18	40 x 40	12 T18	7-8
45 x 45	12 T18	40 x 45	12 T18	9-10

الجدول رقم (2) سماكات جدران القص في كل طابق.

W (cm)	Story
25	8-9-10
30	5-6-7
35	3-4
40	1-2

تحديد العوامل الزلزالية بالاعتماد على موقع المنشأ $a = 300 \text{ m/sec}^2$ في منطقة القصير بحمص، والجملة المقاومة للزلازل وهي جملة جدران قص فقط، وقدرة تحمل التربة 3 kg/cm^2 فكانت قيمة العوامل:

$$R = 5.5$$

$$C_a = \begin{cases} Z \\ \frac{a}{g} = \frac{300}{1000} = 0.3 \\ S_c \end{cases} \Rightarrow C_a = 0.33$$

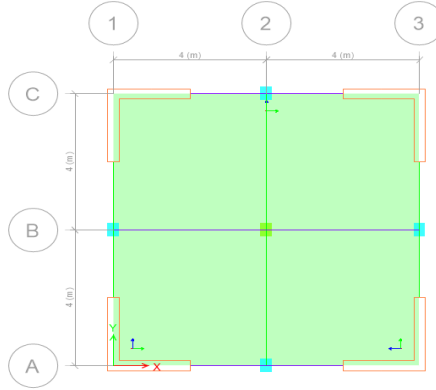
$$C_v = 0.45$$

بالاعتماد على عوامل المنطقة الزلزالية C_a, C_v نقوم بتعريف طيف الاستجابة الديناميكي

الخطي وفق كود UBC 97.

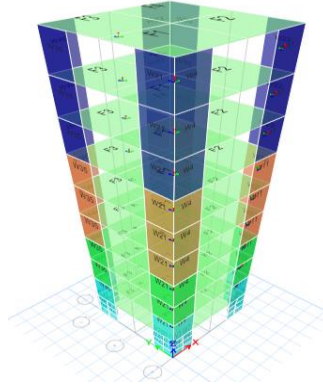
2-4 دراسة الحالة الأولى:

بعد تعريف المواد والمقاطع وإسناد الأحمال تم رسم المنشأ على برنامج ETABS كما في الشكل (10)،(11).



الشكل رقم (10) مسقط للمنشأ في حالة جدران القص موزعة على الأطراف.

الجوائز من البيتون المسلح بأبعاد (40 X 26) و (30 X 26)، الأعمدة الطرفية متماثلة تماماً ورُمز لها C1، أما الوسطية C2. الوزن الحجمي للبيتون المسلح 25 KN/m^2 والمقاومة المميزة $F_c' = 25 \text{ mpa}$ كما أن إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح الطولي $F_y = 400$ و $H = 240$ لفولاذ التسليح العرضي. المنشأ منتظم أفقياً ورأسياً وجدران القص موزعة على الأطراف بشكل متناظر.

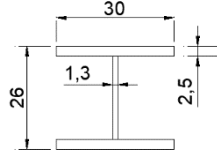


الشكل رقم (11) منظور للمنشأ في حالة جدران القص موزعة على الأطراف.

بعد تحليل المنشأ على البرنامج كانت انتقالات الطوابق مبينة في الجداول (3) و (4).
الجدول (4) انتقالات الطوابق بالاتجاه (Y). الجدول (3) انتقالات الطوابق بالاتجاه (X).

C10:D+L+SPEC X+Z Max		C11:D+L+SPEC Y+Z-1	
Displacement (mm)	Story	Displacement (mm)	Story
58.866	Story10	56.334	Story10
51.481	Story9	49.29	Story9
43.947	Story8	42.087	Story8
36.337	Story7	34.79	Story7
28.818	Story6	27.575	Story6
21.593	Story5	20.63	Story5
14.931	Story4	14.219	Story4
9.131	Story3	8.651	Story3
4.479	Story2	4.212	Story2
1.312	Story1	1.241	Story1

تم استخدام جوائز معدنية على شكل حرف ا كما هو موضح في الشكل(12):



مقطع الجوائز المعدنية

الشكل رقم (12) أبعاد

المستخدمة، الأبعاد بوحدة (cm).

كانت انتقالات الطوابق الموافقة للتركيب الزلزالية التالية كما في الجداول (5) و (6)

الجدول (6) انتقالات الطوابق بالاتجاه (Y). الجدول (5) انتقالات الطوابق بالاتجاه (X).

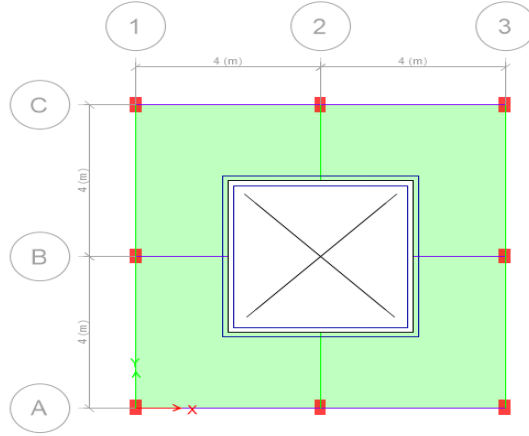
C10:D+L+SPEC X+Z Max	
Displacement (mm)	Story
49.879	Story10
44.137	Story9
38.166	Story8
31.983	Story7
25.723	Story6
19.549	Story5
13.708	Story4
8.506	Story3
4.239	Story2
1.268	Story1

C11:D+L+SPEC Y+Z	
Displacement (mm)	Story
46.182	Story10
40.927	Story9
35.438	Story8
29.727	Story7
23.923	Story6
18.175	Story5
12.724	Story4
7.918	Story3
3.96	Story2
1.189	Story1

نلاحظ

أن قيم الانتقالات في الطوابق قد انخفضت بشكل ملحوظ، حيث انخفضت في الطابق الأخير بالاتجاه X والاتجاه Y بحدود 9 mm.

سنقوم بإعادة توزيع جدران القص حيث سيتم تركيزها في الوسط كما هو موضح في الشكل (13)، (14).

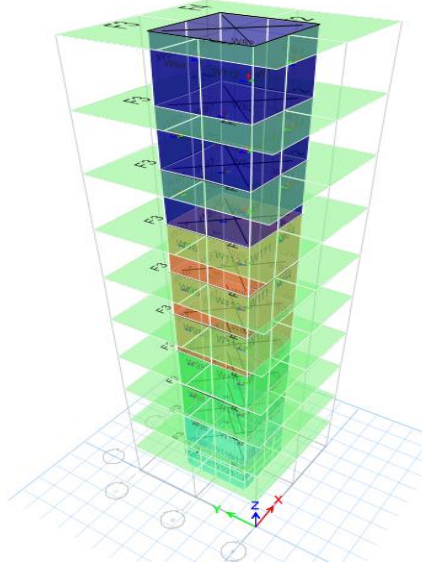


الشكل رقم (13) مسقط للمنشأ في حالة جدران القص مركزة في الوسط.

المنشأ مطابق للمنشأ السابق بمواصفات المواد والمقاطع والمنطقة الزلزالية المفروضة، والأعمدة متماثلة في الطابق، ومقاطعها في كل طابق موضحة في الجدول (7).

الجدول رقم (7) أبعاد مقاطع الأعمدة في حالة جدران القص مركزة في الوسط.

C1		Story
(a x b) cm	T (mm)	
25 x 40	10 T16	1-2
30 x 40	4 T18 + 6 T16	3-4
35 x 40	10 T18	5-6
40 x 40	12 T18	7-8
40 x 45	12 T18	9-10



الشكل رقم (14) منظور للمنشأ في حالة جدران القص مركزة في الوسط.
فكانت نتائج التحليل كما هو موضَّح في الجداول (8) و (9).

الوزن (Kn)
710.4

الجدول (9) انتقالات الطوابق بالاتجاه (Y). الجدول (8) انتقالات الطوابق بالاتجاه (X).

C10:D+L+SPEC X+Z Max	
Displacement (mm)	Story
28.011	Story10
24.231	Story9
20.412	Story8
16.629	Story7
13.008	Story6
9.612	Story5
6.564	Story4
4.001	Story3
1.982	Story2
0.628	Story1

C11:D+L+SPEC Y+Z	
Displacement (mm)	Story
25.468	Story10
22.077	Story9
18.636	Story8
15.215	Story7
11.93	Story6
8.837	Story5
6.051	Story4
3.701	Story3
1.841	Story2
0.588	Story1

دراسة تأثير درجة انتظام الجملة الإنشائية ونوع مادة الجوائز على سلوك المنشأ المُعرَّض للأحمال الزلزالية

تم إضافة جوائز معدنية على شكل مقطع ا مطابقة للجوائز المعدنية السابقة، فكانت النتائج كما في الجداول (10) و (11)

الوزن (Kn)
677.289

الجدول (11) انتقالات الطوابق بالاتجاه (Y). الجدول (10) انتقالات الطوابق بالاتجاه (X).

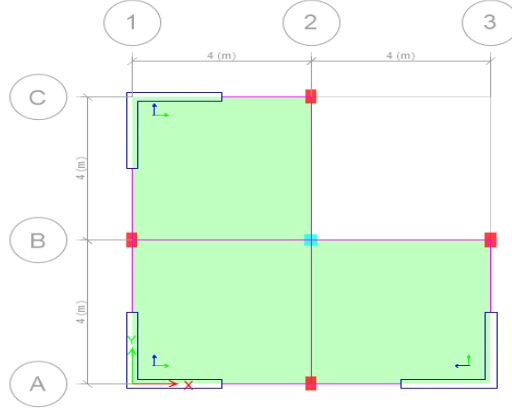
C10:D+L+SPEC X+Z Max	
Displacement (mm)	Story
26.737	Story10
23.13	Story9
19.485	Story8
15.875	Story7
12.419	Story6
9.177	Story5
6.267	Story4
3.821	Story3
1.894	Story2
0.601	Story1

C11:D+L+SPEC Y+Z	
Displacement (mm)	Story
24.387	Story10
21.137	Story9
17.841	Story8
14.565	Story7
11.42	Story6
8.459	Story5
5.792	Story4
3.542	Story3
1.763	Story2
0.563	Story1

إن وجود الجوائز المعدنية في المنشآت التي تكون فيه جدران القص مركزة في الوسط لا يؤثر على انتقال المنشأ بشكل كبير، وإنما تأثير الجوائز المعدنية يشكّل فارق كبير في انتقالات الطوابق للمنشآت التي تكون فيها جدران القص موزعة على الأطراف حيث يصل إلى حدود 9 mm أي ما يقارب 18.02%.

3-4 دراسة الحالة الثانية:

المنشأ فيه زاوية داخلية، وتوزع جدران القص فيه غير منتظم كما هو موضح في الشكل (15).



الشكل رقم (15) مسقط للمنشأ في حالة وجود زاوية داخلية.

طابق للمنشأ السابق بمواصفات المواد والمقاطع والمنطقة الزلزالية المفروضة، ولكن يوجد عدم انتظام في المسقط الأفقي. كانت انتقالات الطوابق الموافقة للتراكيب الزلزالية التالية كما هو في الجداول (12) و (13).

الجدول (12) انتقالات الطوابق بالاتجاهين.

C10:D+L+SPEC X+Z Max		
Dis-X (mm)	Story	Dis-Y (mm)
82.665	Story10	59.109
71.169	Story9	51.259
59.715	Story8	43.354
48.491	Story7	35.501
37.742	Story6	27.872
27.714	Story5	20.654
18.759	Story4	14.11
11.19	Story3	8.498
5.31	Story2	4.076
1.465	Story1	1.14

الجدول (13) انتقالات الطوابق بالاتجاهين.

C11:D+L+SPEC Y+Z		
Dis-X (mm)	Story	Dis-Y (mm)
64.705	Story10	59.962
55.633	Story9	52.007
46.615	Story8	43.993
37.806	Story7	36.028
29.396	Story6	28.289
21.57	Story5	20.964
14.596	Story4	14.323
8.707	Story3	8.629
4.134	Story2	4.142
1.142	Story1	1.163

دراسة تأثير درجة انتظام الجملة الإنشائية ونوع مادة الجوائز على سلوك المنشأ المُعرَّض للأحمال الزلزالية

نلاحظ أن كل طابق في المنشأ يملك انتقال باتجاه X وانتقال باتجاه Y من أجل اتجاه واحد لتطبيق القوى الزلزالية.

تم استخدام جوائز معدنية على شكل حرف I مطابقة للجوائز المعدنية المستخدمة في المنشأ المنتظم، فكانت الانتقالات في طوابق المنشأ كما هو موضَّح في الجداول (14) و (15).

الجدول (14) انتقالات الطوابق بالاتجاهين.

C10:D+L+SPEC X+Z Max		
Dis-X (mm)	Story	Dis-Y (mm)
55.74	Story10	44.877
48.953	Story9	39.57
41.993	Story8	34.088
34.898	Story7	28.446
27.826	Story6	22.774
20.952	Story5	17.219
14.545	Story4	12.003
8.909	Story3	7.384
4.35	Story2	3.624
1.245	Story1	1.044

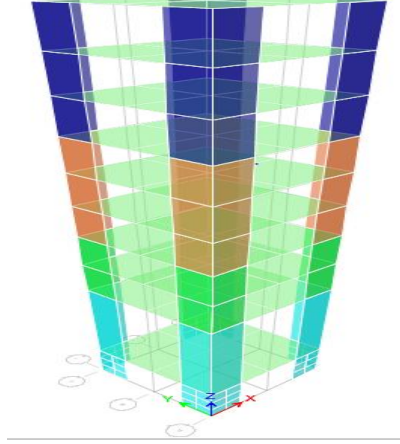
الجدول (15) انتقالات الطوابق بالاتجاهين.

C11:D+L+SPEC Y+Z		
Dis-X (mm)	Story	Dis-Y (mm)
45.997	Story10	47.567
40.369	Story9	41.949
34.604	Story8	36.142
28.738	Story7	30.164
22.901	Story6	24.152
17.236	Story5	18.261
11.96	Story4	12.729
7.324	Story3	7.832
3.575	Story2	3.845
1.023	Story1	1.11

نلاحظ أنه في جميع الحالات كانت انتقالات الطوابق بالاتجاه Y أقل من الاتجاه X ، وذلك لأن بلاطة الهوردي افترضنا أنها عاملة باتجاه واحد هو الاتجاه Y فهي تمنع الانتقال باتجاه عملها.

4-4 دراسة الحالة الثالثة:

المنشأ فيه طابق طويل كما في الشكل(16)، سنفترض الطابق الثاني طابق طويل ارتفاعه 8 m ومطابق للمنشأ السابق بمواصفات المواد والمقاطع والمنطقة الزلزالية المفروضة.



الشكل رقم (16) منظور للمنشأ في حالة وجود طابق طويل.

فكانت النتائج كما هو موضَّح بالجداول (16) و (17).

الوزن (Kn)
809.853

دراسة تأثير درجة انتظام الجملة الإنشائية ونوع مادة الجوائز على سلوك المنشأ المُعرَّض للأحمال الزلزالية

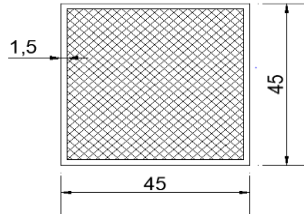
الجدول (17) انتقالات الطوابق بالاتجاه (X). الجدول (16) انتقالات الطوابق بالاتجاه (Y).

C10:D+L+SPEC X+Z Max	
Displacement (mm)	Story
72.882	Story10
65.467	Story9
57.866	Story8
50.103	Story7
42.273	Story6
34.498	Story5
26.95	Story4
19.838	Story3
13.366	Story2
1.344	Story1

C11:D+L+SPEC Y+Z	
Story	Displacement (mm)
Story10	77.78
Story9	69.379
Story8	60.855
Story7	52.257
Story6	43.705
Story5	35.334
Story4	27.328
Story3	19.898
Story2	13.239
Story1	1.258

تم إضافة

جوائز معدنية ذات مقطع ا واستبدال مقاطع الأعمدة في الطابقين الأول والثاني بمقطع مختلط مستطيل مقطعه كما في الشكل(17).



الشكل رقم (17) مقطع الأعمدة في الطابقين الأول والثاني،مقطع مختلط مستطيل، الأبعاد بوحدة (cm).

فكانت النتائج كما هو موضَّح في الجداول (18) و (19)

الوزن (Kn)
789.122

الجدول (19) انتقالات الطوابق بالاتجاه (X). الجدول (18) انتقالات الطوابق بالاتجاه (Y).

C10:D+L+SPEC X+Z Max	
Displacement (mm)	Story
60.332	Story10
54.898	Story9
49.212	Story8
43.244	Story7
37.055	Story6
30.734	Story5
24.411	Story4
18.283	Story3
12.538	Story2
1.313	Story1

C11:D+L+SPEC Y+Z	
Story	Displacement (mm)
Story10	56.396
Story9	51.373
Story8	46.106
Story7	40.548
Story6	34.764
Story5	28.838
Story4	22.896
Story3	17.134
Story2	11.796
Story1	1.245

نلاحظ انخفاض قيم الانتقالات عند استخدام عناصر معنية ومختلطة في المنشأ بشكل كبير حيث تراوحت بين (20% - 37%) تقريباً.

5- النتائج والتوصيات:

5-1 النتائج:

1. عندما يكون المنشأ منتظماً أفقياً ورأسياً ويكون توزيع جدران القص على الأطراف بشكل متناظر فإن استجابة المنشأ يمكن التنبؤ بها وتكون أقرب ما يمكن إلى الواقع.
2. عندما يكون المنشأ غير منتظم كما في الحالة الثانية (وجود زاوية داخلية في المسقط الأفقي) فإن باستجابة المنشأ يصعب التنبؤ بها.
3. إن وجود طابق طويل في المنشأ يسبب انتقالات كبيرة في طوابق المبنى، كما أن وجود طابق طويل قد يجعل هذا الطابق ليناً أيضاً.
4. إن استخدام الجوائز المعدنية أدى إلى انخفاض قيمة انتقالات الطوابق بشكل جيد.
5. إن تأثير الجوائز المعدنية على المنشأ الذي تكون فيه جدران القص موزعة على الأطراف أكبر من تأثيرها في حالة تركيز جدران القص في الوسط.
6. إن استخدام الأعمدة المختلطة (أعمدة فولاذية مملوءة بالبيتون) المستمرة من الطابق الأرضي حتى الطابق الطويل (الطابق الثاني في حالتنا) سبب انخفاض في قيم انتقالات الطوابق بشكل كبير جداً.
7. إن اختيار البلاطات العاملة باتجاهين يساهم في خفض قيم انتقالات الطوابق.
8. عند تطبيق القوى الأفقية على المنشأ في الحالة الثانية (وجود زاوية داخلية في المسقط الأفقي) فإن الإجهادات ستكون مركزة على البلاطة وفق اتجاه عملها مهما كانت جهة القوى.

5-2 التوصيات:

1. يُنصح بدراسة السلوك اللاخطي للمنشأ من أجل حالات عدم الانتظام السابقة.
2. ضرورة دراسة تأثير حالات عدم انتظام أخرى على سلوك المنشأ.
3. ضرورة دراسة تأثير حالات عدم الانتظام على توزيع الإجهادات في عناصر المنشأ.
4. يجب تطوير استخدام العناصر المعدنية والمختلطة في المنشآت.

المراجع:

- 1) نقابة المهندسين.(2012). الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة. دمشق: سوريا. نقابة المهندسين. ص:404.
- 2) نقابة المهندسين.(2013). الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل. دمشق: سوريا. نقابة المهندسين. ص:271.
- 3) م.المحمدي، سليمان قائد. (2012). دليل التحليل والتصميم الإنشائي وفق الكود الأمريكي بمساعدة ETABS. ط: 1، صنعاء: اليمن. ص: 520.
- 4) م.الدبيك، جلال نمر.(2010). التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل. نابلس: فلسطين. مطبعة النصر. ص: 169.
- 5) م.فطوم، شادي.(2017). استخدام التحليل الزلزالي الستاتيكي اللاخطي في الجمل الثنائية (جدران قص - إطارات). ماجستير. قسم الهندسة الإنشائية. كلية الهندسة المدنية. حمص: سوريا. جامعة حمص. ص: 129.

- (6) م. الخضور، حيدر. (2020). دراسة سلوك الجمل المختلطة ذات جدران القص غير المستمرة باستخدام تحليل استاتيكي لاخطي. ماجستير. قسم الهندسة الإنشائية. كلية الهندسة المدنية. حمص: سوريا. جامعة حمص. ص: 167.