

## دراسة تأثير تغيير نسبة صلابة جوائز وأعمدة الجمل الإطارية الفراغية ودور اهتزازها على قيم الاستجابة الديناميكية

د. عصام ناصر\*

علا محمد\*\*

(تاريخ الإيداع 16 / 2 / 2021. قبل للنشر في 6 / 6 / 2021)

### □ ملخص □

تعدّ النماذج الإطارية أحد أهم أنواع الجمل الإنشائية المقاومة للأحمال الزلزالية وذلك نظراً لمطاوعتها العالية وقدرتها على التشوه قبل حدوث الانهيار، لذا اتجه عدد من الباحثين لدراسة سلوك هذا النوع من الجمل للاستفادة منها في زيادة قدرة تحمل القوى الزلزالية.

تناولت غالبية الأبحاث التي درست هذا الجانب نماذج إطارية مستوية بسيطة تمثلت بمجاز واحد للإطار المدروس أو بعدد منخفض للطوابق، ونظراً لأهمية هذا النوع من الجمل الإنشائية كان لا بدّ من توسيع مجال البحث والتعمق بدراسة الإطارات ذات النماذج الأكثر تعقيداً بغرض فهم استجاباتها الديناميكية تحت تأثير زلزال ما.

تمّ في هذا البحث دراسة سلوك عدة نماذج إطارية مختلفة بعدد المجازات وبتعدد الطوابق وتغيير قيمة نسبة صلابة الجوائز إلى الأعمدة في الطابق وتحديد قيم الاستجابة الديناميكية لها، قمنا بإجراء تحليل ديناميكي خطّي باستخدام طريقة طيف الاستجابة (Linear Dynamic Analysis-Response Spectrum)، لوحظ أنّ الزيادة في قيمة نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة ( $\rho$ ) أدّى إلى زيادة كل من القص وعزم الانقلاب القاعدي والتناقص التدريجي بقيم الدور الأساسي للإطار إضافة لتناقص انتقال السقف الأخير، ووجدنا أنّ تعدد مجازات الإطار لم يؤثر على قيم استجابته الديناميكية.

**الكلمات المفتاحية:** نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة - الصلابة - الجمل الإطارية الفراغية - التحليل الديناميكي الخطّي - طيف الاستجابة.

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

بريد إلكتروني: i.nasser90@yahoo.com

\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية .

بريد إلكتروني: Olaaa.265@gmail.com

## Studying the Effect of Changing the Stiffness Ratio of Beams and Columns of Space Frame Systems and its Vibration Period on Dynamic Response Values

Dr. Isam Nasser\*  
Dr. Ola Mohammad\*\*

(Received 16 / 2 / 2021. Accepted 6 / 6 / 2021)

### □ ABSTRACT □

Frame models are considered one of the most important types of structural systems that are resistant to seismic loads due to their high plasticity and ability to deform before the collapse. Therefore, a number of researchers have tended to study the behavior of this type of systems to have advantages from them in increasing the bearing capacity of seismic forces.

The majority of the researches that studied this aspect have dealt with simple plane frame models represented by a single space for the studied frame or a low number of storeys. Due to the importance of this type of structural systems, it was necessary to expand the field of research and study the frames with more complex models in order to understand their dynamic response under the influence of an earthquake. The behavior of several different frame models has been studied with a different number of spaces and storeys in this research. Stiffness ratio of beams to columns on each story has been changed and determined the dynamic response values for it. We performed a linear dynamic analysis using the response spectrum method, it was noticed that increasing in the value of stiffness ratio of beams to columns ( $\rho$ ) led to an increase in the base shear, the overturning moment, a gradual decrease in the values of the basic period of the frame in addition to a decrease in displacement of the last roof. We found that multiple frame spaces did not affect its dynamic response values.

**Keywords:** The ratio of the stiffness of the beams to the columns- Stiffness- Space Frame Systems- a linear dynamic analysis- response spectrum.

---

\* Professor, Department of Construction Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-Mail: i.nasser90@yahoo.com

\*\* Postgraduate Student (Master), Department of Construction Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-Mail: Olaaa.265@gmail.com

**مقدمة:**

صُممت الأنظمة الإنشائية في أوائل القرن العشرين لمقاومة الأحمال الرأسية فقط، واليوم ومع التطور الكبير في هذا المجال أصبحت الأحمال الجانبية التي تسببها الرياح والزلازل هي الأساس في التصميم وخاصة في المباني الشاهقة، وبدأت تشكل قلقاً كبيراً للمهندسين الإنشائيين على حد سواء، لذا أصبح تأمين المتانة والمطاوعة لمقاومة الأحمال الجانبية مدخلاً أساسياً في تصميم الأنظمة الإنشائية.

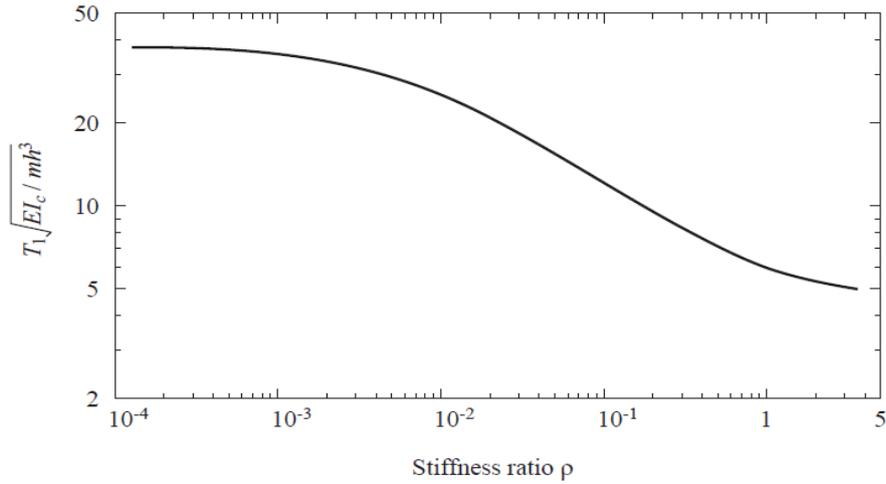
توجد عدّة أنظمة للجمل الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية كجمل جدران القص والإطارات المقاومة للعزوم إضافةً للجمل المختلطة. ونظراً للمطاوعة (Ductility) العالية التي تبديها الجمل الإطارية في مقاومة الأحمال الجانبية وإمكانية حدوث تشوهات كبيرة فيها قبل حدوث الانهيار تمّ التوجّه لدراسة هذا النوع من الجمل وفهم سلوكها الزلزالي ومدى تأثير المعامل  $\rho$  الذي يمثل نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة في الطابق على الاستجابة الديناميكية للإطار. قام الباحثان (Sameh & Pedro) [1] بدراسة هذا البارامتر ( $\rho$ ) باستخدام نماذج إطارية بوابية (بفتحة واحدة) بأسقف مستوية ومائلة معتمدين ثلاث قيم له ( $0, \frac{2}{3}, \infty$ ) وتوصلوا لعلاقات حسابية تعطينا قيم دوران زوايا الإطار وقيمة رد الفعل الأفقي عند مسانده كما هو مبين في الجدول (1).

الجدول (1): قيم دوران زوايا الإطار البوابي وقيمة رد الفعل الأفقي عند المساند

	(a) $K_b / K_c = \text{zero}$	(b) $K_b / K_c = \frac{2}{3}$	(c) $K_b / K_c = \text{infinity}$
Bending moment diagram			
$\alpha_B$	$\approx \text{zero}$	$\frac{\omega L_b^2 / 12}{\left(\frac{8}{6}\right) K_c}$	$\approx \text{zero}$
$X_A$	$\frac{\omega L_b^2 / 12}{\frac{2}{3} L_c}$	$\frac{\omega L_b^2 / 12}{\frac{8}{9} L_c}$	zero

رد الفعل الأفقي عند المساند :  $X_A$ دوران زوايا الإطار :  $\alpha_B$ 

ومن توصيات هذا البحث دراسة تأثير المعامل ( $\rho$ ) على إطارات أكثر تعقيداً من حيث عدد المجازات وعدد الطوابق. كما يتحكم البارامتر ( $\rho$ ) بقيم الدور الأساسي للمنتشأ وبأشكال الأنماط الطبيعية له، إذ يتناقص الدور الأساسي مع تزايد قيمة ( $\rho$ ) كما يبين الشكل (1) التالي:



الشكل (1): يوضح العلاقة بين نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة وقيم الدور الأساسي (T).

تناول المرجع "DYNAMICS OF STRUCTURES" للباحث Chopra [2] والباحث Mario PAZ [3] دراسة

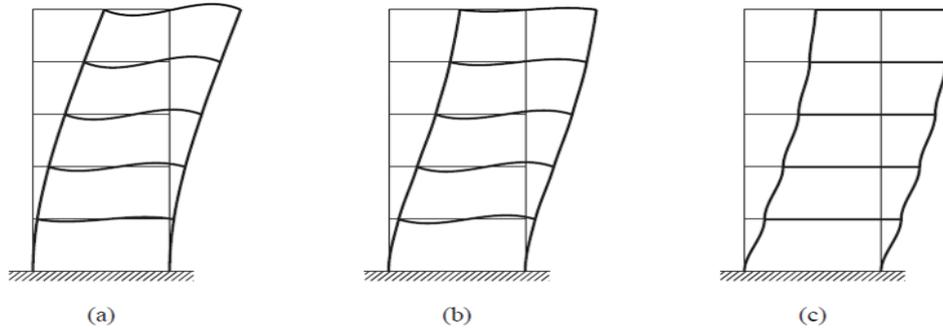
$$\left( \rho = \frac{\sum EI_b / L_b}{\sum EI_c / L_c} \right)$$

تأثير نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة (  $I_b$  : عزم عطالة الجائز -  $I_c$  : عزم عطالة العمود -  $L_b$  : طول الجائز -  $L_c$  : طول العمود - E : معامل مرونة المادة الإنشائية للجوائز والأعمدة).

على قيم الاستجابة الديناميكية وقيم الدور الأساسي للإطارات المستوية بمجاز واحد، باعتماد القيم التالية:  $(\rho = 0, \frac{1}{8}, \infty)$ .

عندما  $(\rho = 0)$ : الجوائز لا تفرض أية قيود لدورانات العقد، والإطار يسلك سلوك جائز انعطافي.

عندما  $(\rho = \infty)$ : الجوائز تقيّد دورانات العقد بشكل كامل والجائز يسلك سلوك قص مع انحناء مزدوج للأعمدة كما يظهر الشكل (2).



الشكل (2): يوضح أشكال التشوه لقيم ρ المختلفة

(a): حالة  $(\rho = 0)$  - (b): حالة  $(\rho = \frac{1}{8})$  - (c): حالة  $(\rho = \infty)$

يُعطى الدور الأساسي الدقيق (الديناميكي) للجملة الإنشائية وفقاً للكود السوري ملحق الزلازل [4] بالعلاقة:

$$T = 2\pi \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n W_i * \delta_i^2 \right) / (g * \sum_{i=1}^n F_i * \delta_i)} \quad (1)$$

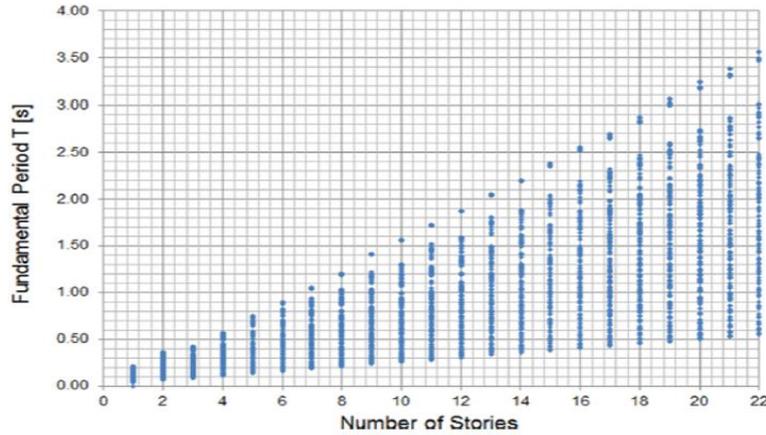
$W_i$  - الحمل الطابقي،  $\delta_i$  - الإزاحة المرنة عند الطابق (i)،  $g$  - تسارع الجاذبية الأرضية ( $g=9.815m/sec^2$ )  
 $F_i$  - القوة الجانبية عند الطابق (i) والموزعة بشكل تقريبي وفق علاقات الكود.  
تُوازن قيمة هذا الدور مع الدور التجريبي الذي تُعطى علاقته بالشكل :

$$T = C_t * (h_n)^{0.75} \quad (2)$$

$C_t$  - معامل يتعلق بنوع الجملة الإنشائية ( $C_t = 0.0731$  في حالة الإطارات الخرسانية المقاومة للعزوم)،  
 $h_n$  - ارتفاع كامل المنشأ (m).

وبعد المقارنة يجب ألا يتجاوز الدور الأساسي للمنشأ المحسوب وفق العلاقة (1) أكثر من (30%) من قيمته المحسوبة وفق العلاقة (2) في المنطقة الزلزالية الرابعة، والمقدار (40%) في باقي المناطق.  
يعتبر الدور الأساسي للمنشأ من النتائج الهامة التي نستطيع من خلالها توصيف النموذج المدروس وأخذ فكرة عن صلابته وتؤثر عليه عدة عوامل نُذكر أهمها في المرجع العلمي للباحثين (Goswami & Mehta) [5] الذي حدّد تأثير بعض هذه العوامل على قيم الدور لنماذج إطارية مختلفة، وأبرز ما جاء فيه: تزداد قيم الدور مع نقصان صلابة المنشأ وزيادة كتلته، لذلك المباني الأكثر ارتفاعاً تكون ذات كتلة أكبر وصلابة أقل فيكون دور اهتزازها أكبر من دور المباني الأخفض ارتفاعاً.

ومن المراجع الأخرى التي أكدت زيادة قيمة دور الاهتزاز (T) مع زيادة عدد الطوابق دراسة بحثية قام بها Panagiotis [6] اعتمد التحليل باستخدام طيف الاستجابة النمطي الذي طبّقه على 4026 نموذجاً من الإطارات الخرسانية المسلحة بجدران ملء مع أو بدون فتحات وتم ربط قيم دور الاهتزاز مع عدد الطوابق كما في الشكل(3).



الشكل(3): يبين العلاقة بين الدور الأساسي وعدد الطوابق

كما أنّ زيادة أبعاد العناصر الإنشائية تؤدي إلى زيادة صلابة المنشأ ككل، وزيادة صلابة الإطار تقلل انتقال السقف الأخير وتؤدي إلى التناقص التدريجي بقيم الدور الأساسي [7] وهذا يتوافق مع ما حصلنا عليه من نتائج تحليل الإطارات المدروسة.

### أهمية البحث وأهدافه:

نظراً لكثرة استخدام الجمل الإطارية في الأبنية والمنشآت الهندسية وسلوكها المطاوع بتأثير الحمولات الديناميكية، من هنا تأتي أهمية البحث في دراسة أثر نسب صلابات جوائز الإطارات إلى أعمدتها، والتي ستعكس بدورها على قيم

الدور الأساسي للاهتزاز الحر لهذا النوع من الجمل الإنشائية وعلى قيم الاستجابة الديناميكية المتمثلة بالقص القاعدي، الانتقالات، التشوهات والإجهادات عند تعرضها للهزات الأرضية.

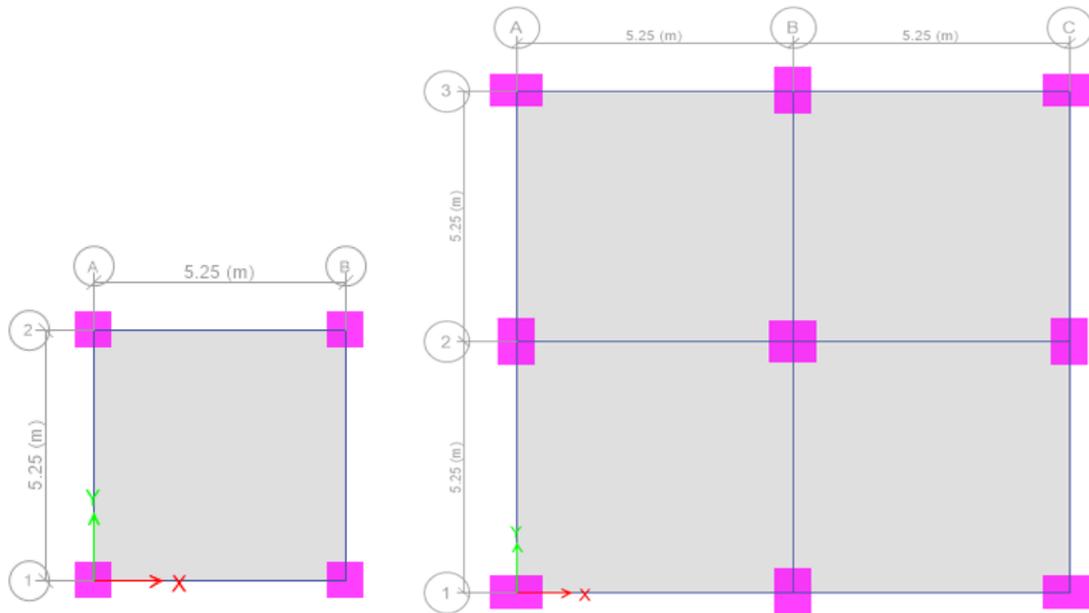
يهدف البحث إلى دراسة السلوك الزلزالي للجمل الإطارية الفراغية وتحديد استجابتها الديناميكية المتمثلة بالقص القاعدي، الإجهادات، الانتقالات الطابقيّة الأعظمية تحت تأثير الهزات الأرضية، وذلك بالعلاقة مع تغيير نسب صلابات جوائزها إلى صلابة أعمدتها

$$\rho = \frac{\sum EIb/Lb}{\sum EIc/Lc} \quad (3)$$

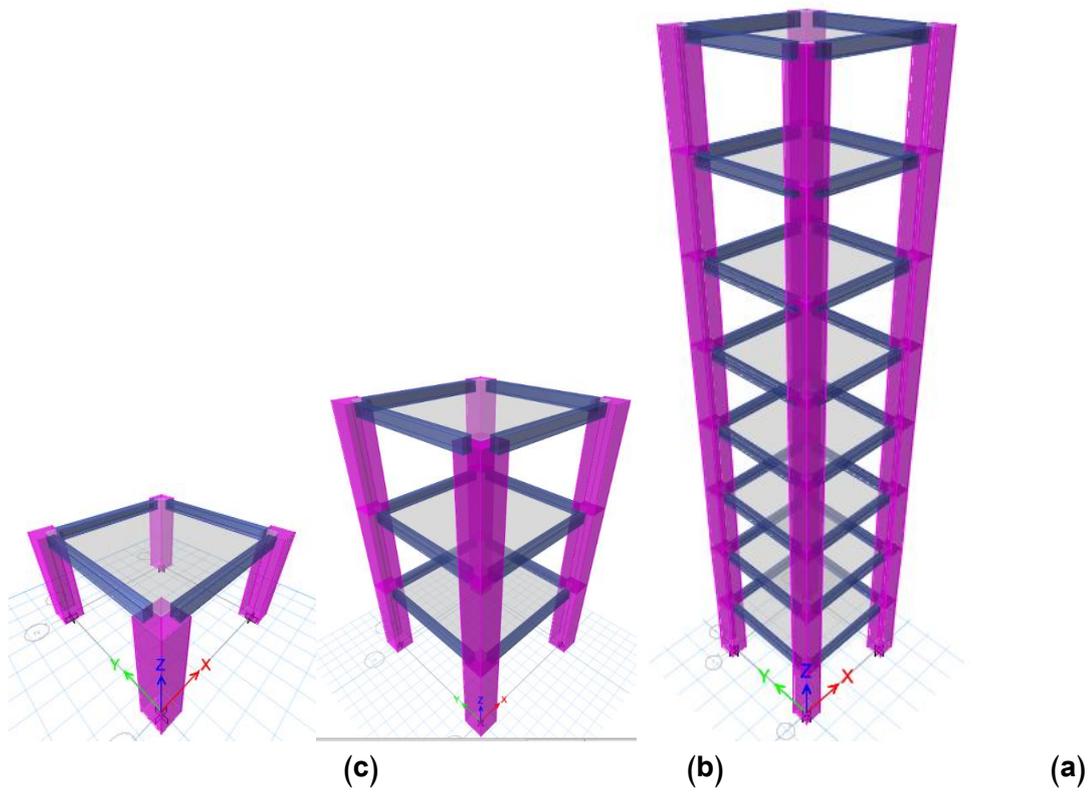
حيث سنعتمد قيم  $\rho$  مساوية إلى  $(0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, \infty)$  الأمر الذي سيؤدي إلى تغيير الدور الأساسي للمنشأ وبالتالي قيم الاستجابة الزلزالية.

### طرائق البحث ومواده:

قمنا في هذه الدراسة بتحليل ديناميكي خطي بالاعتماد على طيف الاستجابة باستخدام برنامج ETABS2016 لمجموعتين من النماذج الإنشائية لإطارات فراغية متوسطة مقاومة للعزوم تختلفان عن بعضهما من حيث عدد المجازات بارتفاع طابقي 3.5 m لجميع النماذج المدروسة والتي تقع في المنطقة الزلزالية الثالثة وصنف مقطع تربة الموقع لها  $S_e$  ، الشكل (4) يبين المسقط الأفقي لكل مجموعة، والتي تُقسّم بدورها لعدة نماذج مختلفة حسب عدد الطوابق والأشكال (5 و 6) يُظهران عدد الطوابق المعتمدة في كل مجموعة، من أجل كل نموذج تم تغيير قيم  $\rho$  لتأخذ القيم التالية  $(0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, \infty)$  وذلك من خلال تغيير أبعاد مقاطع الجوائز والأعمدة، وقمنا باستخلاص قيم الاستجابة الديناميكية لكل حالة والمتمثلة بقيم عزم الانقلاب القاعدي، انتقال السقف الأخير، الدور الأساسي.

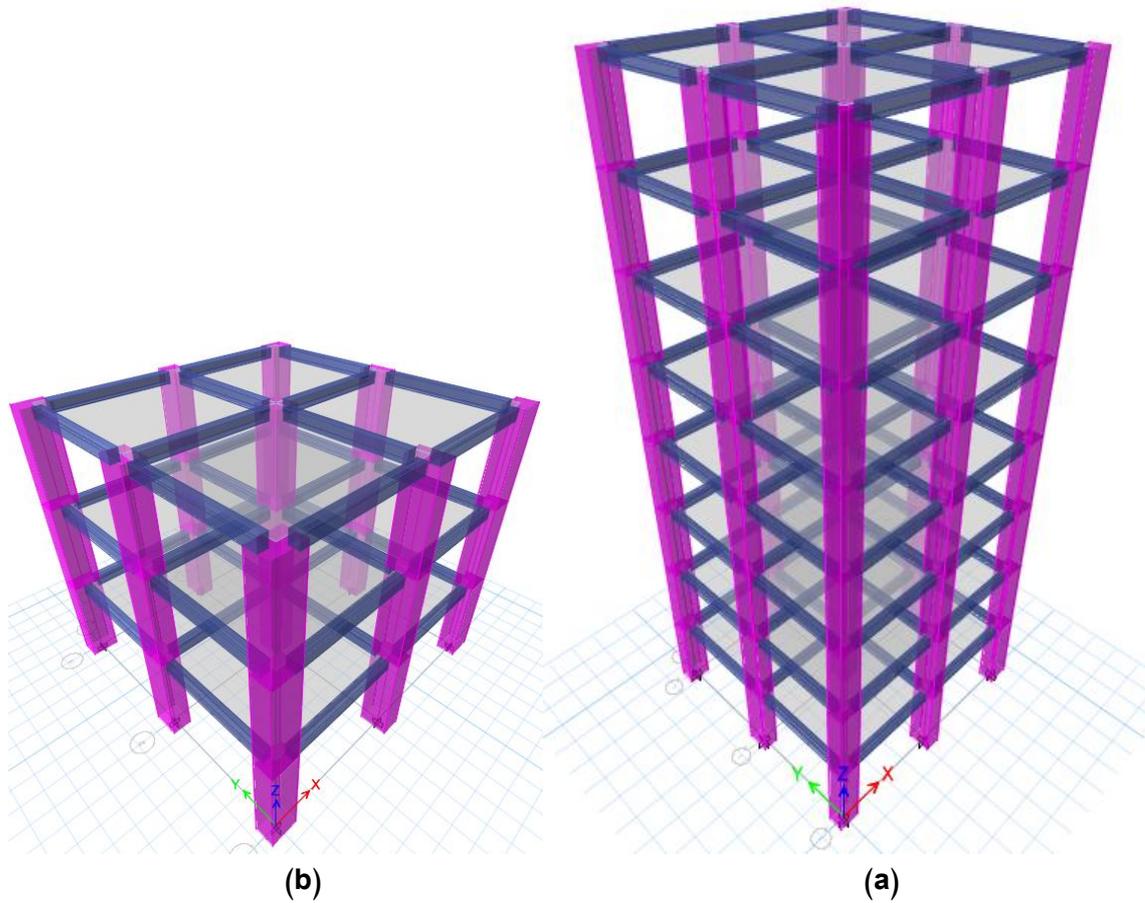


الشكل (4): المسقط الأفقي للنماذج ذات المجاز الواحد (A) والمجازين (B)



الشكل (5): يوضح عدد الطوابق المعتمدة من أجل النماذج A ذات المجاز الواحد

- a إطار بطابق واحد
- b إطار بثلاثة طوابق
- c إطار بثمانية طوابق



الشكل (6): يوضح عدد الطوابق المعتمدة من أجل النماذج B (ذات المجازين) -a إطار بمجازين وثلاثة طوابق -b إطار بمجازين وثمانية طوابق

تم تغيير قيم النسبة  $\rho$  لكل نموذج من النماذج السابقة من خلال تغيير أبعاد مقاطع الأعمدة والجوائز للحصول على القيمة المطلوبة، من أجل حالة النماذج بمجاز واحد تم التوصل من العلاقة (3) إلى العلاقة المبسطة الآتية:

$$\rho = \frac{I_b}{3 I_c} \quad (4)$$

$I_b$  - عزم عطالة الجائز ،  $I_c$  - عزم عطالة العمود.

أما علاقة  $\rho$  التي تم استخراجها واعتمادها في دراسة النماذج ذات المجازين هي على النحو الآتي:

$$\rho = \frac{(b * h^3)_B}{(b * h^3 + h * b^3)_C + 16402500} \quad (5)$$

(b , h) - أبعاد مقطع العنصر الإنشائي (جائز أو عمود).

أبعاد العناصر الإنشائية المعتمدة في الدراسة قد لا تكون شائعة الاستخدام في التطبيقات العملية ولكن قمنا باعتمادها بهدف تحقيق قيم  $\rho$  المذكورة سابقاً.

توضّح الجداول (2 و 3 و 4) أبعاد مقاطع الجوائز والأعمدة لحالة الإطارات الفراغية بمجاز واحد الموافقة لكل قيمة لـ  $\rho$  مع ضرورة التنويه إلى أنّ هذه الأبعاد ليست تنفيذية وإنما تمّ اعتمادها للتمكن من تحقيق قيم النسبة ( $\rho$ ) المدروسة بما يحقق اشتراطات الكود العربي السوري، والتي تمّ حسابها باستخدام العلاقة (4).

الجدول(2): يبيّن أبعاد الجوائز والأعمدة المحققة لكل قيمة من قيم  $\rho$ -حالة إطار فراغي بمجاز واحد مطابق واحد

$\rho$	$\approx 0$	0.25	0.5	1	$\approx \infty$
أبعاد الجوائز (cm)	$B_{25*35}$	$B_{62*75}$	$B_{80*87}$	$B_{92*105}$	$B_{170*185}$
أبعاد الأعمدة (cm)	$C_{77*77}$	$C_{77*77}$	$C_{77*77}$	$C_{77*77}$	$C_{77*77}$

الجدول(3): يبيّن أبعاد الجوائز والأعمدة المحققة لكل قيمة من قيم  $\rho$ -حالة إطار فراغي بمجاز واحد و 3 طوابق

$\rho$	$\approx 0$	0.25	0.5	1	$\approx \infty$
أبعاد الجوائز (cm)	$B_{25*37}$	$B_{60*80}$	$B_{85*90}$	$B_{93*110}$	$B_{180*190}$
أبعاد الأعمدة (cm)	$C_{80*80}$	$C_{80*80}$	$C_{80*80}$	$C_{80*80}$	$C_{80*80}$

الجدول(4): يبيّن أبعاد الجوائز والأعمدة المحققة لكل قيمة من قيم  $\rho$ -حالة إطار فراغي بمجاز واحد و 8 طوابق

$\rho$	$\approx 0$	0.25	0.5	1	$\approx \infty$
أبعاد الجوائز (cm)	$B_{25*40}$	$B_{65*85}$	$B_{90*95}$	$B_{105*115}$	$B_{195*200}$
أبعاد الأعمدة (cm)	$C_{85*85}$	$C_{85*85}$	$C_{85*85}$	$C_{85*85}$	$C_{85*85}$

قمنا بتثبيت أبعاد الأعمدة من أجل قيم  $\rho$  المختلفة للنموذج الواحد لسهولة الحل وكان التغيير مقتصرًا على أبعاد الجوائز، لأن صلابة الأعمدة لها التأثير الأكبر على صلابة الإطار ككل والتغيير بقيمتها يؤدي إلى تغيرات غير منتظمة بقيم الدور الأساسي للإطار .

توضّح الجداول (5 و 6) أبعاد مقاطع الجوائز والأعمدة لحالة الإطارات الفراغية بمجازين الموافقة لكل قيمة لـ  $\rho$ ، والتي تمّ حسابها باستخدام العلاقة (5).

الجدول(5): يبيّن أبعاد الجوائز والأعمدة المحققة لكل قيمة من قيم  $\rho$ -حالة إطار فراغي بمجازين و 3 طوابق

$\rho$	$\approx 0$	0.25	0.5	1	$\approx \infty$
أبعاد الجوائز (cm)	$B_{30*40}$	$B_{60*80}$	$B_{70*95}$	$B_{95*110}$	$B_{175*190}$
أبعاد الأعمدة المستطيلة (cm)	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$
أبعاد العمود المربع (cm)	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$

الجدول(6): يبيّن أبعاد الجوائز والأعمدة المحققة لكل قيمة من قيم  $\rho$ -حالة إطار فراغي بمجازين و 8 طوابق

$\rho$	$\approx 0$	0.25	0.5	1	$\approx \infty$
أبعاد الجوائز (cm)	$B_{30*40}$	$B_{60*80}$	$B_{70*95}$	$B_{95*110}$	$B_{160*180}$
أبعاد الأعمدة المستطيلة (cm)	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$	$C_{70*100}$
أبعاد العمود المربع (cm)	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$	$C_{90*90}$

### النتائج والمناقشة:

أنجزنا التحليل الديناميكي الخطي للنماذج المدروسة وفق طريقة طيف الاستجابة والجدول (7 و 8 و 9 و 10 و 11) تبين نتائج الاستجابة الديناميكية للإطارات المدروسة المتمثلة بـ القص القاعدي، القص عند سقف الطابق الأخير، عزم الانقلاب القاعدي، انتقال السقف الأخير، الدور الأساسي، والموافقة لكل قيمة لـ  $(\rho)$ .

الجدول(7): يُظهر نتائج الاستجابة الديناميكية لحالة إطار فراغي (مجاز واحد-طابق واحد)

قيمة $\rho$		$\rho = 0$	$\rho = 0.25$	$\rho = 0.5$	$\rho = 1$	$\rho = 10$
القص القاعدي (KN)	$V_{bx}$	46.25	71.617	87.14	105.284	251.71
	$V_{by}$	46.25	71.617	87.14	105.284	251.71
القص في الطابق الأخير (KN)	$V_x$	46.25	71.617	87.14	105.284	251.71
	$V_y$	46.25	71.617	87.14	105.284	251.71
عزم الانقلاب القاعدي (KN.m)	$M_x$	187.012	283.0617	343.5536	414.62	959.919
	$M_y$	187.012	283.0617	343.5536	414.62	959.919
انتقال السقف الأخير (mm)	$U_x$	0.264	0.196	0.182	0.171	0.21
	$U_y$	0.264	0.196	0.182	0.171	0.21
الدور الأساسي T (sec)	$T_x$	0.084	0.073	0.07	0.068	0.075
	$T_y$	0.084	0.073	0.07	0.068	0.075

الجدول(8): يُظهر نتائج الاستجابة الديناميكية لحالة إطار فراغي (مجاز واحد-ثلاثة طوابق)

قيمة $\rho$		$\rho = 0$	$\rho = 0.25$	$\rho = 0.5$	$\rho = 1$	$\rho = 10$
القص القاعدي (KN)	$V_{bx}$	176.942	254.54	311.615	363.27	843.286
	$V_{by}$	176.942	254.54	311.615	363.27	843.286
القص في الطابق الأخير (KN)	$V_x$	89.1592	117.275	142.147	164.5612	397.5434
	$V_y$	89.1592	117.275	142.147	164.5612	397.5434
عزم الانقلاب القاعدي (KN.m)	$M_x$	1446.025	2049.978	2511.5697	2935.0422	7008.884
	$M_y$	1446.025	2049.978	2511.5697	2935.0422	7008.884
انتقال السقف الأخير (mm)	$U_x$	10.85	2.845	2.282	1.835	1.94
	$U_y$	10.85	2.845	2.282	1.835	1.94
الدور الأساسي T (sec)	$T_x$	0.403	0.222	0.202	0.183	0.19
	$T_y$	0.403	0.222	0.202	0.183	0.19

الجدول(9): يُظهر نتائج الاستجابة الديناميكية لحالة إطار فراغي (مجاز واحد-ثمانية طوابق)

قيمة $\rho$		$\rho = 0$	$\rho = 0.25$	$\rho = 0.5$	$\rho = 1$	$\rho = 10$
القص القاعدي (KN)	$V_{bx}$	234.478	662.44	870.925	1113.51	2123.76
	$V_{by}$	234.478	662.44	870.925	1113.51	2123.76
القص في الطابق الأخير (KN)	$V_x$	65.9516	129.1375	175.2165	234.235	520.01
	$V_y$	65.9516	129.1382	175.2164	234.235	520.01
عزم الانقلاب القاعدي (KN.m)	$M_x$	4064.25	12799.86	16956.73	21879.1	42248.16
	$M_y$	4064.25	12799.86	16956.7	21879.1	42248.14
انتقال السقف الأخير (mm)	$U_x$	61.12	21.87	20.383	19.64	24.612
	$U_y$	61.12	21.87	20.383	19.64	24.612
الدور الأساسي T (sec)	$T_x$	1.246	0.638	0.585	0.549	0.653
	$T_y$	1.246	0.638	0.585	0.549	0.653

الجدول(10): يُظهر نتائج الاستجابة الديناميكية لحالة إطار فراغي (مجازين-ثلاثة طوابق)

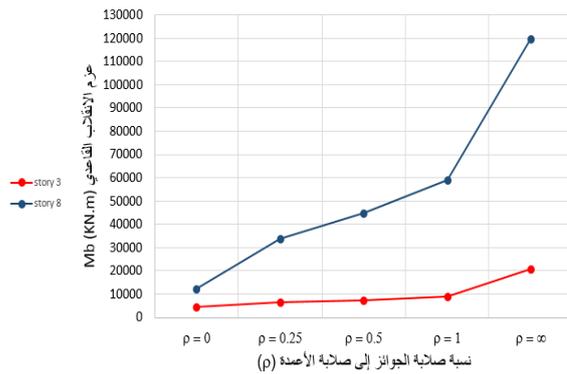
قيمة $\rho$		$\rho = 0$	$\rho = 0.25$	$\rho = 0.5$	$\rho = 1$	$\rho = 10$
القص القاعدي (KN)	$V_{bx}$	554.64	769.018	879.169	1105.424	2463.037
	$V_{by}$	554.65	769.013	879.153	1105.445	2462.948
القص في الطابق الأخير (KN)	$V_x$	285.8548	361.136	404.422	503.4968	1132.4507
	$V_y$	285.4813	359.557	402.663	501.7555	1127.4747
عزم الانقلاب القاعدي (KN.m)	$M_x$	4711.7026	6366.82	7263.8685	9142.35	20917.4297
	$M_y$	4712.7488	6368.375	7263.8199	9136.935	20886.0889
انتقال السقف الأخير (mm)	$U_x$	10.1	2.966	2.267	1.925	1.797
	$U_y$	10	2.85	2.15	1.801	1.715
الدور الأساسي T (sec)	$T_x$	0.392	0.227	0.202	0.189	0.185
	$T_y$	0.391	0.223	0.197	0.183	0.181

الجدول(11): يُظهر نتائج الاستجابة الديناميكية لحالة إطار فراغي (مجازين-ثمانية طوابق)

قيمة $\rho$		$\rho = 0$	$\rho = 0.25$	$\rho = 0.5$	$\rho = 1$	$\rho = 10$
القص القاعدي (KN)	$V_{bx}$	678.0427	1719.325	2254.27	3017.85	5931.49
	$V_{by}$	678.0351	1751.61	2309.53	3017.9	5931.48
القص في الطابق الأخير (KN)	$V_x$	194.5895	337.0519	437.24	599.748	1301.287
	$V_y$	194.1477	341.3867	446.44	600.87	1307.04
عزم الانقلاب القاعدي (KN.m)	$M_x$	12447.3346	33921.1295	44902.01	59103.627	119676.925
	$M_y$	12426.7436	33290.3351	43804.57	59047.53	119522.918
انتقال السقف الأخير (mm)	$U_x$	58.14	22.17	19.267	17.827	19.042
	$U_y$	57.5	21.76	18.826	16.87	18.405
الدور الأساسي T (sec)	$T_x$	1.246	0.673	0.584	0.541	0.545
	$T_y$	1.246	0.66	0.57	0.525	0.535

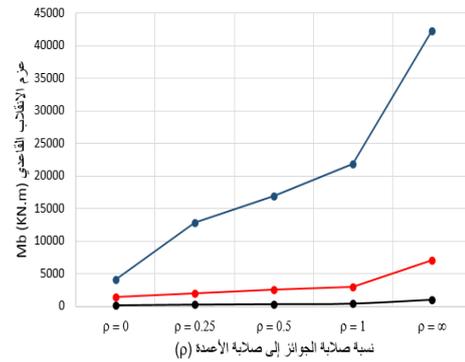
تم إجراء مقارنة بين النتائج السابقة والربط بينها بمنحنيات بيانية، الأشكال (7 و 9 و 11) تربط بين قيم عزم الانقلاب وانتقال السقف الأخير والدور الأساسي للإطارات من النوع (A)، والأشكال (8 و 10 و 12) تربط بين نتائج الإطار من النموذج (B).

**تغير عزم الانقلاب بالعلاقة مع  $\rho$  وعدد الطوابق**



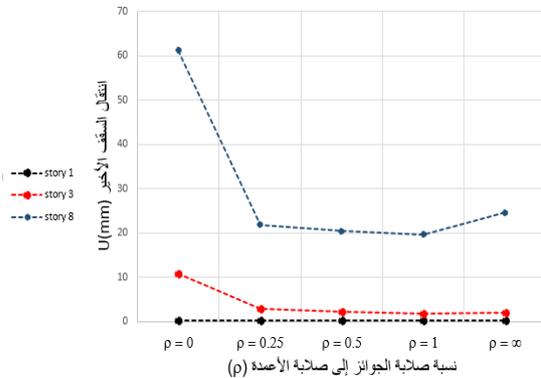
**الشكل (8): عزم الانقلاب - إطار فراغي (مجازين)**

**تغير عزم الانقلاب بالعلاقة مع  $\rho$  وعدد الطوابق**



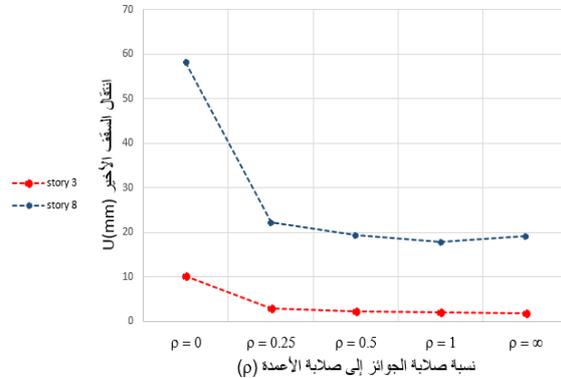
**الشكل (7): عزم الانقلاب - إطار فراغي (مجاز واحد)**

**تغير قيمة انتقال السقف الأخير بالعلاقة مع  $\rho$  وعدد الطوابق**



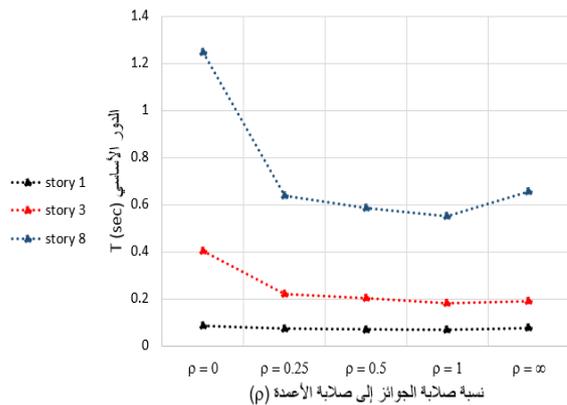
**الشكل (10): انتقال السقف الأخير - إطار فراغي (مجازين)**

**تغير قيمة انتقال السقف الأخير بالعلاقة مع  $\rho$  وعدد الطوابق**



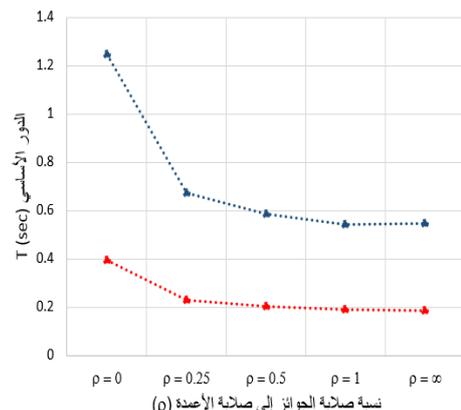
**الشكل (9): انتقال السقف الأخير - إطار فراغي (مجاز واحد)**

**تغير قيمة الدور الأساسي بالعلاقة مع  $\rho$  وعدد الطوابق**



**الشكل (12): الدور الأساسي - إطار فراغي (مجازين)**

**تغير قيمة الدور الأساسي بالعلاقة مع  $\rho$  وعدد الطوابق**



**الشكل (11): الدور الأساسي - إطار فراغي (مجاز واحد)**

من دراسة النتائج الواردة في الجداول والمنحنيات السابقة نجد:

1. تزداد قيمة القص القاعدي مع زيادة قيمة نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة في الطابق أي زيادة قيمة  $\rho$ ، ويعود ذلك إلى زيادة وزن المنشأ، إذ يتناسب القص القاعدي طردياً مع الوزن ( $W$ ).

2. مع زيادة قيمة النسبة ( $\rho$ ) تزداد قيمة القص في الطابق الأخير ويرافق ذلك زيادة بقيمة عزم الانقلاب القاعدي بشكل تدريجي، وتُلاحظ هذه الزيادة بشكل واضح مع اقتراب هذه النسبة من الـ ( $\infty$ ).
  3. بالنسبة لانتقال السقف الأخير تتناقص قيمته بشكل تدريجي مع زيادة قيمة ( $\rho$ ) نظراً لزيادة صلابة المنشأ مع زيادة أبعاد العناصر الإنشائية المتمثلة بالجوائز فقط وثبات أبعاد مقاطع الأعمدة في النماذج المدروسة.
  4. قيمة الدور الأساسي لاهتزاز المنشأ تتناقص بشكل تدريجي مع زيادة قيمة ( $\rho$ ) بسبب زيادة صلابة المنشأ، ولاسيما أن هناك علاقة عكسية بين الدور الأساسي وصلابة المنشأ وهذا يتوافق مع ما ذكره الباحث CHOPRA في كتابه (DYNAMICS OF STRUCTURES) [2] الذي تناول فيه دراسة الإطارات المستوية.
  5. في دراسة الإطارات الفراغية لوحظ أنه عندما تقترب قيمة النسبة ( $\rho$ ) من الـ ( $\infty$ ) أي تصبح صلابة الجوائز أكبر بكثير من صلابة الأعمدة تحدث زيادة طفيفة على قيمة دور اهتزاز المنشأ، ذلك لأنه مع نقصان صلابة الأعمدة مقارنة مع صلابة الجوائز قلت صلابة المنشأ ككل مما أدى لزيادة قيمة دور الاهتزاز.
  6. مع زيادة قيمة النسبة ( $\rho$ ) لتصبح قريبة من الـ ( $\infty$ ) تقل صلابة الإطار وهذا ما يؤدي إلى زيادة صغيرة بقيمة انتقال السقف الأخير بعد أن كانت متناقصة بشكل تدريجي.
  7. تعدد مجازات الإطار لم يؤثر بشكل واضح على شكل منحنيات الاستجابة الديناميكية، إنما أخذت منحنيات الاستجابة نفس الشكل بحالة المجاز الواحد والمجازين.
  8. زيادة عدد الطوابق تجعل الإطار أكثر تأثراً بتغيير قيم النسبة ( $\rho$ )، ولوحظ من أجل القيمتين ( $\infty$  ,  $\rho \approx 0$ ) تكون قيمة انتقال السقف الأخير أكبر من باقي القيم، في حين يكون أقل انتقال للسقف الأخير يتوافق مع حالة ( $\rho = 1$ ) أي صلابة الجوائز مساوية لصلابة الأعمدة.
- تُبين الأشكال (7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12) تأثير زيادة عدد الطوابق على الاستجابة الديناميكية المتمثلة بعزم الانقلاب القاعدي وانتقال السقف الأخير ودور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة بالعلاقة مع تغيير قيمة النسبة ( $\rho$ ).

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1. زيادة قيمة نسبة صلابة الجوائز إلى صلابة الأعمدة ( $\rho$ ) في الإطارات الفراغية من خلال زيادة أبعاد مقاطع الجوائز، أدت إلى زيادة كل من القص القاعدي والقص في الطابق الأخير وعزم الانقلاب القاعدي.
2. تتناقص قيمة دور الاهتزاز الأساسي للمنشأ مع زيادة قيمة ( $\rho$ ) وهذا يتوافق مع الإطارات المستوية بسبب زيادة وزن المنشأ الناتج عن زيادة أبعاد المقطع العرضي للعناصر الإنشائية.
3. تغيير أبعاد الأعمدة مع أبعاد الجوائز لم يعط نتائج واضحة يمكن اعتمادها، نظراً لأن صلابة الإطار تتمثل بصلابة أعمدته بالاتجاه الأفقي، بالتالي تغيير أبعاد الأعمدة من أجل كل قيمة لـ ( $\rho$ ) أدى لتغيير صلابة الإطار مما أدى لتغيير كبير بقيم دور الاهتزاز صعوداً ونزولاً دون إعطاء نتائج واضحة يمكن اعتمادها.
4. تتناقص قيمة انتقال السقف الأخير للإطار الفراغي مع زيادة قيمة ( $\rho$ )، لكن مع زيادة عدد الطوابق تقل صلابة الإطار تدريجياً ولاسيما من أجل حالة ( $\rho = \infty$ ) أي صلابة الجوائز أكبر من صلابة الأعمدة مما يزيد من قيمة انتقال السقف.
5. زيادة عدد مجازات الإطار لم يؤثر على سلوك الإطار الفراغي واستجابته الديناميكية تحت تأثير القوى الزلزالية المطبقة عليه.

6. نتائج الاستجابة الديناميكية الموافقة للقيم ( $\rho = \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$ ) كانت متقاربة، ومع زيادة عدد الطوابق أصبح الفرق بينها واضحاً.

#### التوصيات

1. دراسة تأثير نسبة صلابة الجوائز إلى الأعمدة ( $\rho$ ) على إطارات فراغية بارتفاعات أكبر من المعتمدة .
2. دراسة تأثير نسبة صلابة الجوائز إلى الأعمدة ( $\rho$ ) على جُمل إنشائية ثنائية و جملة جدران القص.
3. دراسة تأثير نسبة صلابة الجوائز إلى الأعمدة ( $\rho$ ) على إطارات غير منتظمة (ذات مجازات مختلفة أو ارتفاعات طابقية مختلفة).
4. تحليل نماذج إطارية قائمة باستخدام طرق تحليلية مختلفة كطريقة السجلات الزمنية أو باستخدام برامج تحليل أخرى.

#### References:

- [ 1 ] BADIE, S . and SILVA , P . “ *Optimum Beam-to-Column stiffness Ratio for portal Frames* “ . STRUCTURE magazine , 2008.
- [ 2 ] ANIL K. CHOPRA. “ *DYNAMICS OF STRUCTURES* “ . Fourth Edition, University of California at Berkeley, 2012.
- [ 3 ] MARIO PAZ . “ *structural Dynamics* “ , New Delhi, 1999.
- [ 4 ] The second annexe to the Syrian Arab Code for designing and executing the construction of the reinforced concrete , Fourth Edition , Damascus , 2013 .
- [ 5 ] GOSWAMI, M. R and Mehta, V. V. “ *Earthquake Behaviour of Buildings* “ . India , 2012, 18-26 .
- [ 6 ] ASTERIS, P. " *The FP4026 research database on the fundamental period of RC infilled frame structures* ". School of pedagogical, Greece, 2016.
- [ 7 ] NASSER, I . “ *structural Dynamics* “ , Tishreen University, 2008.