

تقييم واقع المنشآت الهيكلية السكنية ذات الارتفاعات المتوسطة وقدرتها على مقاومة القوى الزلزالية مع اقتراح التدعيم المناسب

الدكتور نعمان عيسى*

لما سيد أحمد**

(تاريخ الإيداع 22 / 4 / 2010. قُبِلَ للنشر في 6 / 9 / 2010)

□ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تقييم واقع المنشآت الهيكلية السكنية ذات الارتفاعات المتوسطة وقدرتها على مقاومة القوى الزلزالية، مع اقتراح التدعيم المناسب. فقد تم استخدام النمذجة العددية لعدد من الأبنية بمساعدة برنامج الـ Robot، وتقييم الاستجابة الديناميكية للنماذج المدروسة قبل وبعد التدعيم. كما تناول البحث دراسة تأثير استخدام أكثر من تقانة تدعيم في الاستجابة الديناميكية للأبنية المدعمة تحت تأثير الزلازل. لقد أظهر السلوك الديناميكي للنماذج الرياضية انخفاضاً في نسبة الأعمدة والجوائز غير المحققة، وكذلك بقيمة الدور بشكل يتناسب مع أسلوب التدعيم المستخدم، كما تحقق فرق الانتقال الأعظمي نتيجة استخدام أساليب التدعيم المختلفة، وقد أظهرت النتائج أنه في حال استخدام تقانة التغليف الفولاذي، مع إضافة جدران القص، أو إضافة الأربطة الفولاذية تقترب جميع العناصر غير المحققة من التحقيق.

الكلمات المفتاحية: التأهيل الزلزالي، المنشآت الهيكلية، التكتيف الفولاذي، التغليف الفولاذي، جدران القص.

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

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

Evaluating the Reality of the Residential Structural Constructions which Have Intermediate Heights and its Ability to Resist the Seismic Forces with a Suitable Strengthening Suggestions

Dr. Neman Issa*
Lama Said Ahmad**

(Received 22 / 4 / 2010. Accepted 6 / 9 / 2010)

□ ABSTRACT □

This research aims to evaluate the reality of the residential structural constructions which have intermediate heights and its ability to resist the seismic forces with a suitable reinforcement suggestion. Numerical modelling of a building by using Robot Program is performed, and then the dynamic response of studied model is evaluated, before and after using strengthening. Also, studying the influence of many strengthening methods on the seismic response of reinforcement buildings is achieved. The results showed a reduction in the rate of failed columns and beams and also the period, and it also achieves the difference of maximum displacement, and consequences appeared that in case of using steel jacket technique in addition to shear walls or steel bracing all failed elements neared from investigation.

Key words: seismic rehabilitation, frame structures, steel bracing, steel jacket, shear walls.

*Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Postgraduate student, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تقع الجمهورية العربية السورية ضمن مجموعة حزم زلزالية، تشمل فائق الأناضول التركي الذي تتأثر به المنطقة الساحلية والشمالية (اللاذقية - حلب ومحيطها)، إضافة إلى فائق العقبة الذي تتأثر به المنطقة الجنوبية (دمشق ومحيطها).

إن معظم الأبنية السكنية في القطر العربي السوري غير مصممة لمقاومة الحمولات الزلزالية، لذلك ستلحق الزلازل الكبيرة أضراراً جسيمة بالأبنية القائمة، منها:

1- الضرر الكبير الذي تتعرض له الأعمدة بسبب التباعد الكبير بين القضبان الشاقولية، والتباعد الكبير والتثبيت الضعيف للأتاري، وكذلك بسبب عدم كفاية تسليح القص.

2- تعرض المباني إلى عزوم قتل كبيرة نتيجة لعدم تطابق مركزي الصلابة والكتلة لهذه الأبنية، والذي تم إهماله في أثناء التصميم.

3- الضرر الكبير الحاصل للأساسات، حيث تتعرض أساسات المباني غير المصممة لمقاومة الأحمال الزلزالية للانقلاب والهبوط.

4- ظاهرة طرق (pounding) المباني الناتجة من عدم كفاية الفواصل بين الأبنية المتجاورة، مما يسبب ضرراً كبيراً للمباني في أثناء حدوث الزلازل.

5- انهيار عقد العمود - الجائز بسبب التسليح غير الكافي والتثبيت السيئ له.

6- الأبعاد غير الكافية لأعمدة المباني، مما يسبب أضراراً بالغة.

لذلك لا بد من الاهتمام بموضوع الحماية الزلزالية عند تصميم منشآتنا اللاحقة، لمقاومة الزلازل وحماية المباني والمنشآت القائمة، عن طريق تقويتها وإعادة تأهيلها لتصبح قادرة على تحمل القوى الزلزالية؛ وذلك اعتماداً على النتائج التي يتم إعدادها في تقرير سابق يبين كفاءة كل منشأ قائم وحده. هذا التقرير يهدف إلى تحديد مواقع الضعف في المنشأ، وتشكيل تصور أولي عن واقعه، استناداً إلى دراسات و تحليلات دقيقة تحدد قدرات التحمل الفعلية للمنشأ . يعتمد التصميم الزلزالي للمنشأ على عدد من المتطلبات الإنشائية التي يجب أن تتوافر في المنشأ، بحيث تحقق مجتمعة الاستجابة الإنشائية المطلوبة تحت تأثير الزلازل المستقبلية المتوقعة، ويمكن تبيان أهم هذه المتطلبات من خلال ما يلي:

المقاومة: إن تحقيق مقاومة العناصر الإنشائية من أهم متطلبات التصميم، وتعرف مقاومة العناصر الإنشائية بقابلية هذه العناصر لتحمل الجهود التي تنشأ فيها، من غير أن يحدث الانهيار.

المطاوعة: تعرف المطاوعة نظرياً بأنها نسبة الانفعال الأعظمي لمادة ما إلى الانفعال في لحظة الخضوع ويمثل هذا بطول عتبة السيلان لهذه المادة، وتُعطى بالعلاقة : $\Delta = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y}$ [1].

تزداد مطاوعة الانحناء بزيادة التشوهات الأعظمية على الضغط، عن طريق التطويق، أو بتخفيض نسبة التسليح.

◊ المعالجة أو الإصلاح (Repair):

هي عبارة عن تأمين المقاومة الأساسية اللازمة للعناصر الإنشائية للمنشأ المتضرر، وإعادة تكوين وظيفة العناصر المتضررة غير الإنشائية.

◊ التقوية أو التدعيم (Strengthening):

هي تعديل وتصحيح مقاومة وصلابة العناصر الإنشائية منفردة، أو الجملة الإنشائية ككل، وذلك لتحسين أداء المنشأ أو العنصر ضد الزلازل اللاحقة وصولاً إلى مقاومة أو صلابة أعلى مطلوبة (العنصر أو العناصر المدعمة ضعيفة المقاومة، أو الصلابة، وقد طلب منها مقاومة أعلى دون أن تكون متضررة) [2].

❖ التأهيل الزلزالي (Rehabilitation):

يعبر التأهيل الزلزالي عن أحد الاصطلاحين السابقين أو اجتماعهما معاً.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تقييم واقع المنشآت الهيكلية السكنية ذات الارتفاعات المتوسطة ذات الانتشار الواسع في كثير من المدن والبلدات، حسب ضابطة البناء؛ وذلك من خلال دراسة سلوك نماذج العناصر الإنشائية المكونة للمنشآت المختارة زلزالياً، ثم اقتراح التدعيم المناسب لها، ودراسة الاستجابة الزلزالية للنماذج المدروسة قبل التدعيم وبعده، وإيضاح مدى فعالية أساليب التدعيم في تخفيض الاستجابة الزلزالية، وذلك بمساعدة البرنامج الهندسي الـ Robo t، وبذلك نعمل على تحقيق مايلي:

- منع انهيار الأبنية في أثناء وقوع الزلازل للحفاظ على سلامة المستثمر.
- الحد من الأضرار لضمان استمرارية العمل في أثناء وبعد الزلازل.

طرائق البحث ومواده:

تم في البداية تصنيف الأضرار الزلزالية في العناصر الإنشائية البيتونية المسلحة، ثم تم عرض العوامل المعتمدة في تقوية و تأهيل المباني و الطرق المستخدمة في تقوية و تأهيل المباني والمنشآت القائمة.

1- تصنيف الأضرار الزلزالية في العناصر الإنشائية البيتونية المسلحة:

من الصعب تصنيف الأضرار الناتجة من زلزال ما، والأصعب إيجاد العلاقة الكمية لهذه الأضرار مع السبب الذي ولدها.

1-1- الأضرار في الأعمدة:

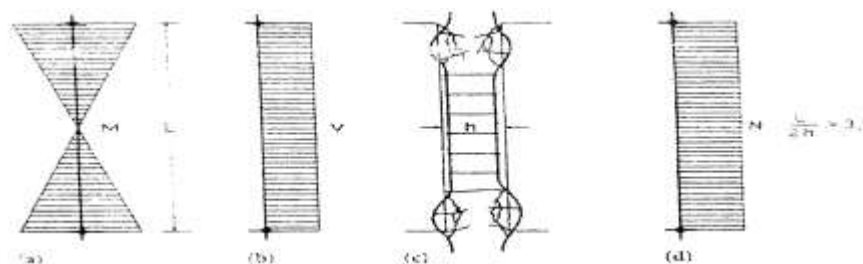
تنتج الأضرار في الأعمدة من أحد الأمرين التاليين:

- الضرر الناتج من الانعطاف الدوري مع الضغط المحوري الكبير:

يتجلى النموذج الأول للأضرار في انهيار يحدث أعلى وأسفل العمود؛ إذ يحدث هذا النموذج في الأعمدة التي تتأرجح نسبة نحافتها بين متوسطة و كبيرة. الشكل (1).

إذ تحسب نسبة النحافة من العلاقة التالية [3]:

$$\lambda = M / (V * h) = L / (2 * h) > 3.5$$



الشكل (1) الضرر في الأعمدة بسبب الضغط المحوري الكبير المترافق مع الانعطاف الدوري

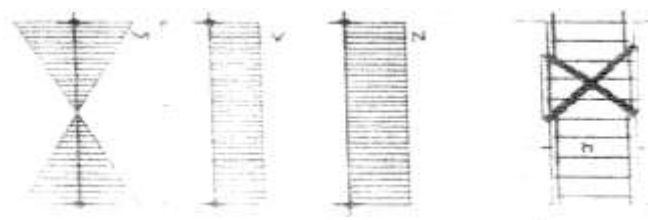
يؤدي عزم الانعطاف الكبير في هذه النقاط والمترافق بقوة ضغط كبيرة إلى تهشم البيتون في منطقة الضغط بشكل متتابع، وعلى كلا الوجهين، وخاصة عندما يكون عدد الأساور أقل مما يجب. يبدأ الإنهيار بتهشم البيتون عند الأطراف، ثم النواة البيتونية، ثم تكسر الأساور، مما يعرض المقطع إلى إجهادات كبيرة بفعل القوة الضاغطة، الذي يجعل بدوره العمود يميل إلى التقاصر، وبالتالي تحدث عملية إعادة توزيع الحملات في المنشأ بسبب التقاصر.

• الضرر الناتج من القص الدوري مع الانعطاف، بوجود ضغط محوري كبير:

يسمى هذا النموذج من الضرر بنموذج القص. وهو على هيئة تشققات بشكل إشارة (X) في المنطقة الأضعف من العمود الشكل (2).

ويحدث هذا الضرر عادة في الأعمدة التي تتأرجح نسبة نحافتها بين المتوسطة والصغيرة، والتي تكون محققة للمتراحة:

$$\lambda = M / (V * h) = L / (2 * h) < 3.5$$



الشكل (2) أضرار الأعمدة الناجمة عن الضغط المحوري الكبير مع القص المرفق

يُعدّ الانهيار في الأعمدة القصيرة على هيئة تشقق انفلاقاً (انفجار explosive).

ويعزى السبب الرئيس لهذا النموذج من الأضرار إلى مقاومة الانعطاف في الأعمدة ذات نسبة النحافة بين متوسطة وضعيفة، لذلك يسود الانهيار على القص [3].

يُعد تكرار حدوث هذا النوع من الأضرار أقل من سابقه؛ إذ يلاحظ -عادة- في أعمدة الطابق الأرضي بسبب زيادة المقطع العرضي، وفي الأعمدة المصممة بصورة قصيرة، والأعمدة التي تمّ تغيير مقاطعها بسبب إنشاءات حجرية مجاورة لم تكن محسوبة في التصميم. ونشير إلى أنّ الانهيار في الإطارات المبني داخلها جدران من جهة واحدة فقط، يحدث أولاً في الجدران، ثم يتبعه انهيار على القص في العمود الملاصق له.

أخيراً يجب التأكيد على أن الأضرار التي تحدث في الأعمدة، تعد شديدة الخطورة على المبنى؛ لأنها تغير من عمل العناصر الإنشائية، إن لم تدمر كلياً العناصر الشاقولية في الجملة الإنشائية؛ لذا يجب تأمين تدعيم مؤقت بشكل فوري لحظة اكتشاف هذا النوع من الأضرار.

1-2- أضرار جدران البيتون المسلح:

تأخذ الأضرار التي تصيب الجدران المسلحة نتيجة الزلازل الأشكال التالية:

- تشققات قص بشكل إشارة (x).
- انزلاقات عند فواصل الصب.
- أضرار تتعلق بخاصة المرونة.
- شقوق أفقية.
- تهشم في المنطقة المضغوطة.

1-3- أضرار الجوائز:

تأخذ الأضرار في الجوائز البيتونية المسلحة الأشكال التالية [4]:

- تشققات معامدة لمحور الجوائز في منطقة الشد وعلى طول المجاز:

ينتج هذا الضرر من المركبة الشاقولية للفعل الزلزالي ذات الطبيعة الدورية، حيث تظهر الشقوق الشعرية دالة على مدى الضرر الزلزالي، ويُعد هذا النوع من الأضرار الأكثر شيوعاً؛ إذ يمثل 83% من المباني المذكورة سابقاً. يعد التكرار الواسع لهذا الضرر خادعاً أحياناً؛ لأنه قد لا ينتج من فعل زلزالي. لا يؤثر تشكل الشقوق من هذا النوع في منطقة الشد ضمن المجاز في الاستقرار العام للمبنى.

- الانهيار على القص مع الانعطاف قرب المساند:

يتميز هذا الضرر بالهشاشة، وهو نموذج الأضرار الثاني من حيث كثرة تكرار حدوثه، فقد بلغت نسبته في الإحصائيات 43% من أضرار الجوائز، مع ذلك نسبة قليلة منه ذات خطورة على استقرار المبنى.

- تشققات انعطاف قرب المساند على الوجهين السفلي والعلوي:

يُعد هذا النموذج نادراً مقارنةً بنموذج القص السابق؛ إذ بلغت نسبته 28%، وغالباً ما تكون هذه الشقوق على الوجه السفلي نتيجة التثبيت الخاطئ للتسليح السفلي.

- انهيار القص أو الانعطاف عند النقاط التي تستند عندها الجوائز الثانوية أو الأعمدة غير المستمرة

لأسفل:

ينتج من المركبة الشاقولية للفعل الزلزالي التي تعمل على تضخيم وتكبير الحمولات المركزة.

- شقوق القص بشكل (x) في الجوائز القصيرة التي تربط جدران القص (جائز الربط):

يعبر هذا الضرر عن انهيار على القص مشابهاً لانهيار الأعمدة القصيرة.

1-4- أضرار عقد الجوائز - العمود:

يجب أن تؤخذ هذه الأضرار بالحسبان في المراحل المبكرة من التشقق؛ إذ تُعدّ من أخطر أنواع الأضرار، ويجب أن تعالج فوراً. يعمل هذا النوع من الضرر على تخفيض صلابة العنصر الإنشائي، بالتالي توزيع الحمولات بشكل يتعذر التحكم به.

2- تقوية و تأهيل المباني والمنشآت القائمة:

عندما يراد تقوية بناء قائم يتوجب أخذ العوامل التالية بالحسبان [5]:

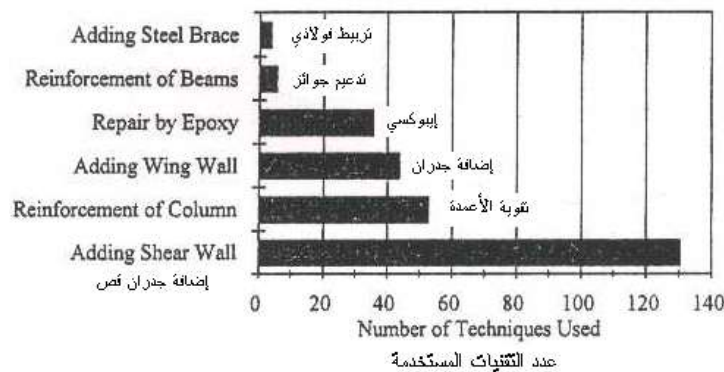
1. المستوى المطلوب للمقاومة الإنشائية للبناء.
2. الشكل الإنشائي العام والتغيير المطلوب.
3. مواد عناصر التقوية و درجة اتصالها بالبناء القائم.
4. أثر التقوية في مظهر البناء ووظيفته.
5. حالة الأساسات و إمكانية الإشادة فوقها .
6. التقوية المطلوبة للعناصر غير الإنشائية و التجهيزات و الخدمات الأخرى.
7. الفترة الزمنية لعدم استثمار البناء.
8. كلفة التقوية.

يمكننا رفع كفاءة المباني و المنشآت القائمة باتباع إحدى الطرق الآتية (يمكن استخدام أكثر من طريقة) [6] :

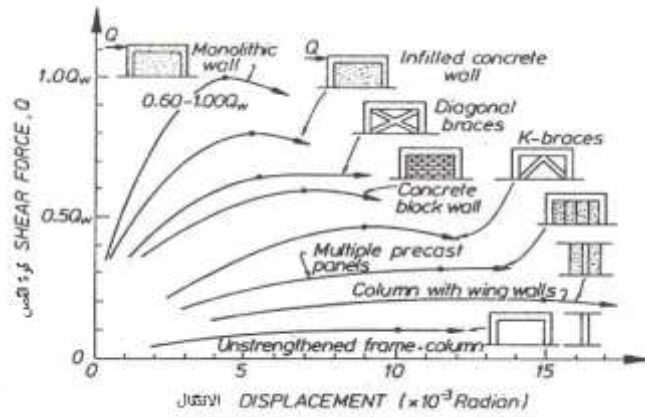
- أ. التقليل من تأثير الفعل الزلزالي:
 - رفع عامل تخامد البناء بتزويده بأجهزة نشر الطاقة.
 - تغيير قيمة دور اهتزاز الجملة.
 - تخفيض قيمة الدور بزيادة الصلابة عن طريق إضافة جدران قص، أو تربيط فولاذي.
 - زيادة قيمة الدور عن طريق عزل الأساسات مثلاً.
- ب. تحسين الخواص الديناميكية للبناء (المقاومة، الصلابة، المطاوعة، دور الاهتزاز):
 - تخفيض كتلة البناء يخفف من عامل تجاوب البناء، ويتم ذلك بإزالة عدد معين من الأرضيات أو بتخفيف وزن الجدران و كثافة توزيعها، أو ببساطة تغيير وظيفة استخدام البناء.
 - تصغير المسافة بين مركز الثقل ومركز الصلابة لتقليل أثار الفتل.
 - زيادة المطاوعة عن طريق تكتيف ووصل العناصر الإنشائية المقاومة للقوى الأفقية بعضها ببعض.

3- تقانات التدعيم الزلزالي:

نبين فيما يلي بعض تقانات التدعيم الزلزالي المنفذة على المستوى العالمي (الشكلين 3 ، 4):



الشكل (3): تقانات الإصلاح المعتمدة لمجموعة من الأبنية في اليابان (157 بناية) [7]



الشكل (4): العلاقة بين الحمولة والانتقال الموافقة لطرق تدعيم مختلفة [8]

1- إضافة التثبيت الفولاذي [9] (steel bracing (X أو Λ) تزيد هذه التقانة من الصلابة الجانبية، ومن مقاومة المنشأ المدعم، لكنها تخفض مطاوعته. ويتوجب دراسة هذا النوع بدقة مع تحقيق عناصر التثبيت على التحنيط الديناميكي في حالة الزلازل الكبيرة، كذلك تحصل زيادة في قيم القوى المحورية للأعمدة المتجاورة، مما يوجب تقويتها بإضافة قضبان تسليح محيطة (على شكل قفص) وتثبيتها جيداً بالعناصر الأساسية. يغير هذا النوع من التدعيم من مظهر البناء، لأنه محدود على الجدران الخارجية، ولكنه مناسب من وجهة نظر اقتصادية (الشكل 5).



الشكل (5): تقوية بإضافة تثبيت فولاذي [9]

2- تزويد الأعمدة و الجوائز بقمصان بيتونية مسلحة أو فولاذية [10] steel jacket : يُعد هذا الحل اقتصادياً، ويرفع من مقاومة المنشأ، ويحسن مطاوعته. بالمقابل يؤثر هذا العمل قليلاً في الخواص الديناميكية للمنشأ عندما يستخدم بمفرده. ويجب التحقق من تلاحم البيتون القديم بالجديد (الشكلين 6,7).



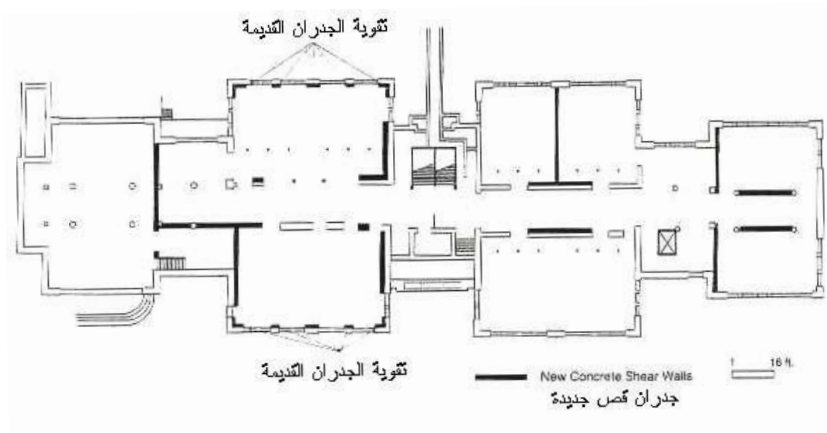
الشكل (7): تقوية الأعمدة باستخدام مقاطع فولاذية [10]



الشكل (6): تدعيم الأعمدة بقميص بيتوني

مسح لبناء مكون من أربعة طوابق في أحمد آباد [10]

3- إضافة الجدران البيتونية المسلحة (الشكلين 8،9) : تزيد هذه الجدران المضافة من الصلابة الجانبية ومن مقاومة المنشأ. وبالمقابل تزداد الكتلة ، ويمكن أن يضعف هذا الحل المطاوعة الإجمالية، وليس من المؤكد الوصول إلى تغير معتبر لقيمة الدور الطبيعي للمنشأ، وقد لا يكون هو الحل الناجع في المناطق التي تحصل فيها ظاهرة الطنين. ومع هذا فإننا نلاحظ أن طريقة التدعيم هذه هي الأكثر استخداماً لتقوية الأبنية القائمة، والتي يتألف هيكلها الحامل من جملة من الإطارات البيتونية المسلحة. ونذكر أنه يجب تأمين ارتباط وثيق بين الجملة القديمة والجديدة (تفصيلات واضحة) مع مراقبة دقيقة للمواد [11].



الشكل (8): إعادة تأهيل مدرسة في شيكاغو بإضافة جدران قص لمقاومة الزلازل [12]



الشكل (9): تقوية بناء إيطالي عن طريق إحاطته بجملة من جدران القص (القصر العدلي في مكسيكو) [11]

- 4- إزالة أو إعادة تصميم الجدران غير الإنشائية: في الواقع تولد هذه القواطع مشاكلات كبيرة في الأبنية، وغالباً غير مأخوذة بالحسبان عند الدراسة، إلا أنها تشارك في تحمل القوى الزلزالية بسبب صلابتها ومقاومتها العاليتين مسببة تغييراً في السلوك المرغوب [13].
- 5- زيادة صلابة البناء العالي المشاد على تربة رخوة (بإحدى الطرق السابقة): تحسن هذه الطريقة من سلوك البناء، وذلك من خلال تخفيض قيمة دور اهتزازه الطبيعي إلى قيمة أصغر من تلك الخاصة بالتربة.
- 6- إضافة إطارات محيطية: تحسين الصلابة الجانبية والمقاومة مع زيادة في الكتلة. وتم اعتماد هذا الحل في تدعيم بعض الأبنية في مدينة مكسيكو (14 طابقاً) لكنه لم يمتحن حتى الآن أمام زلازل كبيرة [14].
- 7- تخفيض عامل الاستجابة الديناميكي للمنشأ عن طريق تزويد عناصره الرئيسية (عادة متوضعة على عناصر التريبط القطري الفولاذي) بمجموعة من أجهزة نشر الطاقة التي تحسن السلوك الكلي للمنشأ بزيادة التخميد الداخلي، وتزداد الصلابة أيضاً.

النتائج والمناقشة:

تأتي أهمية هذا البحث كونه يعالج نماذج محددة من الأبنية غير مصممة لمقاومة الحمولات الأفقية وارتفاع طابقي محدد (4 طوابق)؛ إذ تم اختيار (10) نماذج من الأبنية (غير المنتظمة) والتي تقع في المناطق والبلدات (الحفة وسلمى) بعض هذه النماذج قيد الإنشاء، وبعضها الآخر مشاد سابقاً، وقد تم اختيار هذه النماذج في عام 2007 ، وتعود أهمية انتقاء هذه النماذج إلى انتشارها الواسع وضرورة تدعيمها لمقاومة القوى الأفقية فيما لو تعرضت لاحقاً لأي ضرر زلزالي. تمت دراسة سلوك الأبنية المختارة بمساعدة البرنامج الهندسي Robot، كما تم تقييم استجابة النماذج المدروسة قبل وبعد التدعيم.

البيانات الضرورية المستخدمة في حساب النماذج:

- الارتفاع الطابقي: يبين الجدول (1) الارتفاع الطابقي للنماذج المدروسة.

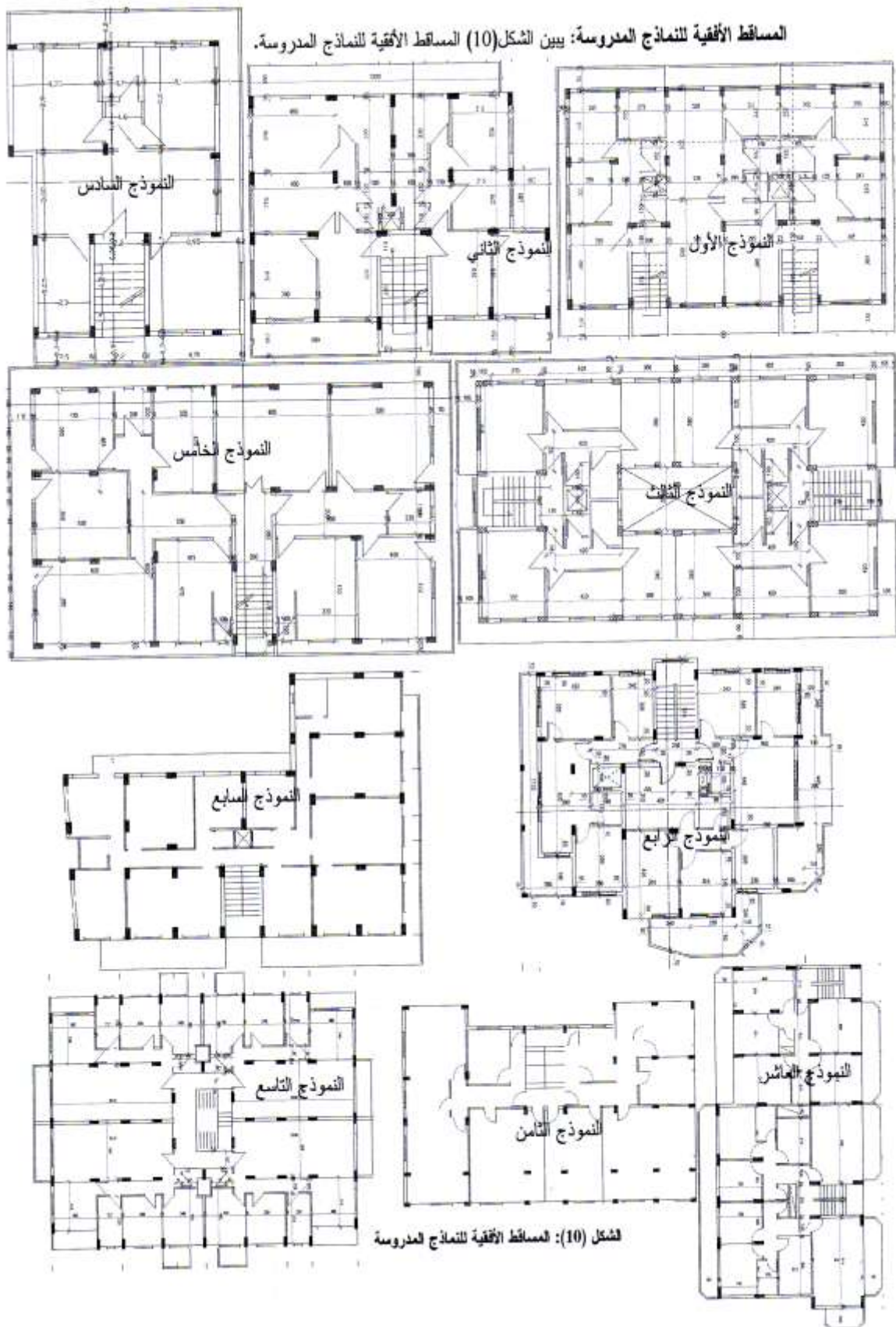
الجدول (1) الارتفاع الطابقي للنماذج المدروسة

النموذج	النموذج الأول	النموذج الثاني	النموذج الثالث	النموذج الرابع	النموذج الخامس	النموذج السادس	النموذج السابع	النموذج الثامن	النموذج التاسع	النموذج العاشر
الارتفاع الطابقي (m)	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3	3.25	3	3.25

- معامل مرونة البيتون للنماذج المدروسة: $E_c = 2.1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$

- معامل بواسون المستخدم في الحساب: $\nu = 0.2$

- الوزن الحجمي للبيتون المستخدم: $\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$



خصائص النماذج قيد الدراسة:

يظهر الجدول (2) خصائص النماذج المدروسة:

الجدول (2) خصائص النماذج المدروسة

النموذج	المنطقة العقارية	أبعاد المسقط الأفقي (m)	أبعاد مقاطع الأعمدة (cm)	أبعاد مقاطع الجوائز الرئيسية (cm)	أبعاد مقاطع الجوائز الثانوية (cm)
الأول	سلمى	18*10.8	50*20	80*25 60*20	80*25 50*20 45*25
الثاني	سلمى	16.25*10.9	50*25	60*25	60*25
الثالث	سلمى	22.5*11.6	50*25	60*25	50*20 50*25
الرابع	سلمى	18.5*17.55	50*20 30*20	100*25 80*25 60*25	50*20 45*25 35*25
الخامس	سلمى	21.8*12	50*20	80*25 60*20	45*25
السادس	الحفة	11*8.85	40*20	70*25 60*25	50*20 45*25
السابع	الحفة	21.5*14.35	60*30	100*25 60*25	40*25
الثامن	الحفة	22.6*13.2	60*40 60*30 50*30 50*25 40*25	70*25 60*25 50*25 40*25	70*30 50*25
التاسع	الحفة	25.6*18.2	75*25	100*25 45*20	75*25 35*25
العاشر	الحفة	23.8*12	100*20 80*25 70*25	70*25 60*25 50*25	40*25

الحالات المعتبرة في دراسة النماذج:

I- دراسة النماذج الموصوفة تحت تأثير الزلازل (الجملة الإنشائية المعتبرة في التحليل جملة إطارية بجوائز وأعمدة بدون عناصر سطحية)، و تقييم فعالية العناصر الإنشائية (أعمدة - جوائز) وقدرتها على مقاومة القوى الأفقية، نرسم لهذه المرحلة ب: (A).

II- دراسة تأثير تقوية الإطارات العرضية للمباني الخرسانية بإضافة الأريطة الفولاذية بشكل حرف X داخل وخارج المبنى على التجاوب الزلزالي للمبنى، وفعالية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني، وذلك في فتحات، وعلى مناسيب مختلفة:

1- في فتحتين وفي طابقين نرسم لهذه المرحلة ب: (B). 2- في فتحتين وفي ثلاث طوابق (C).

- 3- في فتحتين وفي أربعة طوابق (D).
 4- في ثلاث فتحات وفي طابقين (E).
 5- في ثلاث فتحات وفي ثلاثة طوابق (F).
 6- في ثلاث فتحات وفي أربعة طوابق (G).
 7- في أربع فتحات وفي طابقين (H).
 8- في أربع فتحات وفي ثلاثة طوابق (I).
 9- في أربع فتحات وفي أربعة طوابق (J).

ملاحظة: تم استخدام العنصر الفولاذي (W6*20) في التبريد الفولاذي، وقد تم اختيار العنصر من الجداول المعدنية الأمريكية مواصفات المقطع I المقترح في التدعيم، طول الجناح 15.26cm وارتفاع الجسد مع سماكة الجناحين 15.75cm.

III- زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، وذلك بزيادة أبعاد الأعمدة غير المحققة، و دراسة مدى فاعلية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني. نرّم لهذه المرحلة ب: (K).
IV- زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، بإضافة جدران قص للنماذج المذكورة، وذلك في فتحات، وعلى مناسيب مختلفة :

- 1- في فتحتين وفي طابقين نرّم لهذه المرحلة (L).
 2- في فتحتين وفي أربعة طوابق (M).
 3- في ثلاث فتحات وفي طابقين (N).
 4- في ثلاث فتحات وفي أربعة طوابق (O).
 5- في أربع فتحات وفي طابقين (P).
 6- في أربع فتحات وفي أربعة طوابق (Q).

V- زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، وذلك باستخدام التغليف الفولاذي للأعمدة والجوائز غير المحققة، و دراسة مدى فاعلية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني. نرّم لهذه المرحلة ب: (R).

دمج حالات التدعيم

الحالة الأولى:

زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، وذلك باستخدام التغليف الفولاذي للأعمدة والجوائز غير المحققة، إضافة إلى تقوية الإطارات العرضية للمباني البيتونية بإضافة الأربطة الفولاذية (أربع فتحات، طابقان)، و دراسة مدى فاعلية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني. نرّم لهذه المرحلة ب: (S).

الحالة الثانية:

زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، وذلك باستخدام التغليف الفولاذي للأعمدة والجوائز غير المحققة، إضافة إلى استخدام جدران القص (أربع فتحات، طابقان)، و دراسة مدى فاعلية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني. نرّم لهذه المرحلة ب: (T).

الحالة الثالثة:

زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، وذلك باستخدام التغليف الفولاذي للأعمدة والجوائز غير المحققة، إضافة إلى استخدام جدران القص (فتحتان، طابقان)، و دراسة مدى فاعلية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني. نرّم لهذه المرحلة ب: (U).

الحالة الرابعة:

زيادة الصلابة الإنشائية للهيكل الإنشائي، وذلك باستخدام التثبيت الفولاذي (فتحتان، طابقان)، إضافة إلى استخدام جدران القص (فتحان، طابقان)، و دراسة مدى فاعلية هذا الأسلوب في تخفيض القوى الداخلية في أعمدة وجوائز المباني. نرّمز لهذه المرحلة ب: (V).

تم إنجاز التحليل الزلزالي للمباني العشرة من أجل الحالات المذكورة، وذلك باستخدام برنامج التحليل الإنشائي ROBOT-22 وتم استخدام الطريقة الستاتيكية الثانية في التحليل، واعتمدت قيمة لعامل المنطفة الزلزالية مقدارها $Z=0.3$. تم تمثيل التسارع الأرضي التصميمي المعتمد في الحساب باستخدام طيف استجابة تصميمي مرّن، أما الطريقة النظرية لهذه الحسابات فهي Modal Analysis، كما تم اعتماد قيمة للعامل الإنشائي مقدارها $Rw=5.5$ (وهي القيمة التي يوصي بها الكود العربي السوري من أجل الإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزم والتي لا تحقق المتطلبات الخاصة بالسلوك المطاوع) وتم اعتماد قيمة للعامل الإنشائي مقدارها $Rw=6.5$ (وهي القيمة التي يوصي بها الكود العربي السوري من أجل الجدران البيتونية المسلحة).

تظهر الجداول (3,4,5) نسبة الأعمدة والجوائز غير المحققة بنتيجة تحليل النماذج المدروسة:

الجدول (3) نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة في حال استخدام التثبيت الفولاذي

المرحلة	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
نسبة الجوائز (%)	85	40	48	49	33	39	41	26	32	33
نسبة الأعمدة (%)	87	37	44	49	29	45	48	23	38	43

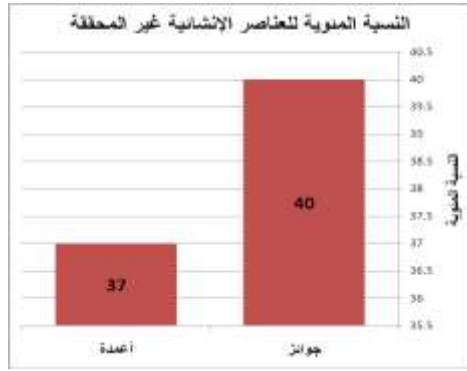
الجدول (4) نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة في حال استخدام جدران القص والتغليف الفولاذي والبيتوني

المرحلة	K	L	M	N	O	P	Q	R
نسبة الجوائز (%)	87	23	28	20	23	20	22	5
نسبة الأعمدة (%)	37	17	29	20	25	10	18	4

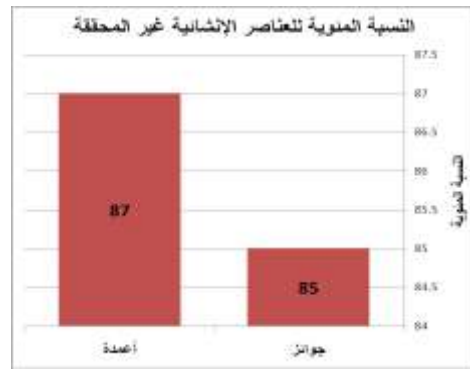
الجدول (5) نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة في حال دمج حالات التدعيم

المرحلة	S	T	U	V
نسبة الجوائز (%)	6	2	4	20
نسبة الأعمدة (%)	3	1	2	12

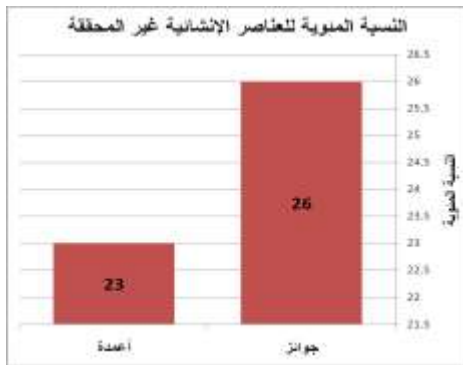
يبين الشكل (11) التمثيل البياني لنسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة لبعض حالات التدعيم:



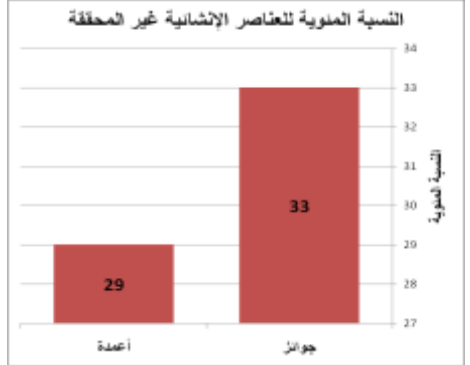
نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة B)



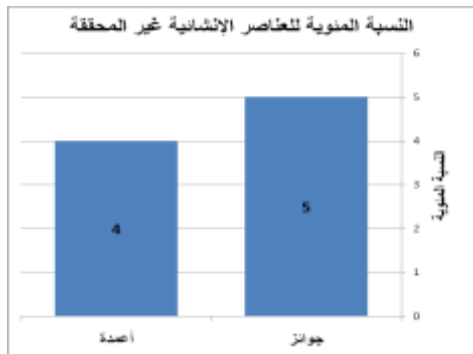
نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة A)



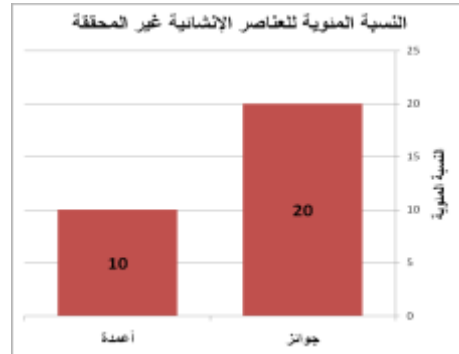
نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة H)



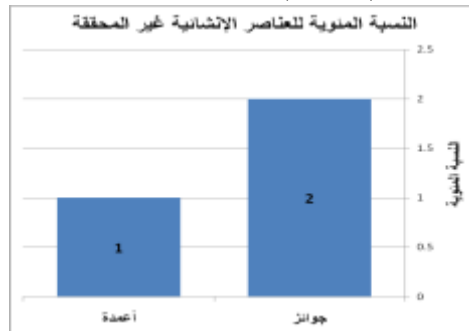
نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة E)



نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة R)



نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة P)



نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة (المرحلة T)

الشكل (11): نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة لبعض حالات التدعيم

يبين الجدول (6) أدوار الاهتزاز الثلاثة الأولى للنماذج المدروسة وفق المراحل (A,B,P) حيث لا مجال لذكر نتائج كافة المراحل، ولا مجال لذكر أدوار الاهتزاز كافة، لذلك اكتفينا بذكر ثلاثة أدوار فقط .

الجدول (6) أدوار الاهتزاز الثلاثة الأولى للنماذج المدروسة وفق المراحل (A,B,P)

المرحلة P				المرحلة B				المرحلة A			
النموذج الأول				النموذج الأول				النموذج الأول			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.73	1.37	1	5	0.81	1.24	1	5	0.98	1.02	1	5
0.67	1.48	2	5	0.8	1.26	2	5	0.93	1.07	2	5
0.66	1.51	3	5	0.74	1.35	3	5	0.85	1.17	3	5
النموذج الثاني				النموذج الثاني				النموذج الثاني			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.57	1.75	1	4	0.73	1.37	1	4	0.9	1.11	1	4
0.51	1.97	2	4	0.65	1.53	2	4	0.77	1.3	2	4
0.46	2.17	3	4	0.61	1.64	3	4	0.75	1.34	3	4
النموذج الثالث				النموذج الثالث				النموذج الثالث			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.78	1.29	1	4	1.06	0.95	1	4	1.08	0.93	1	4
0.6	1.65	2	4	0.8	1.25	2	4	1.06	0.94	2	4
0.6	1.67	3	4	0.76	1.32	3	4	1.04	0.96	3	4
النموذج الرابع				النموذج الرابع				النموذج الرابع			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.75	1.33	1	4	1.1	0.91	1	4	1.3	0.77	1	4
0.68	1.46	2	4	0.85	1.17	2	4	1.17	0.85	2	4
0.57	1.76	3	4	0.77	1.3	3	4	0.96	1.04	3	4
النموذج الخامس				النموذج الخامس				النموذج الخامس			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.73	1.37	1	4	1.1	0.91	1	4	1.19	0.84	1	4
0.68	1.48	2	4	0.85	1.18	2	4	1.1	0.91	2	4
0.61	1.63	3	4	0.77	1.3	3	4	1.04	0.96	3	4
النموذج السادس				النموذج السادس				النموذج السادس			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.73	1.36	1	4	0.97	1.03	1	4	1.33	0.75	1	4
0.66	1.51	2	4	0.85	1.18	2	4	1.18	0.85	2	4
0.58	1.71	3	4	0.66	1.51	3	4	1.06	0.95	3	4
النموذج السابع				النموذج السابع				النموذج السابع			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.79	1.27	1	4	1.09	0.92	1	4	1.24	0.8	1	4
0.63	1.58	2	4	0.89	1.12	2	4	1.14	0.87	2	4
0.57	1.75	3	4	0.8	1.26	3	4	0.98	1.02	3	4
النموذج الثامن				النموذج الثامن				النموذج الثامن			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.62	1.61	1	4	0.81	1.24	1	4	0.98	1.02	1	4
0.55	1.82	2	4	0.72	1.38	2	4	0.91	1.09	2	4
0.51	1.96	3	4	0.67	1.48	3	4	0.83	1.2	3	4
النموذج التاسع				النموذج التاسع				النموذج التاسع			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.6	1.66	1	4	0.81	1.23	1	4	0.97	1.03	1	4
0.54	1.86	2	4	0.81	1.24	2	4	0.86	1.17	2	4
0.47	2.11	3	4	0.69	1.45	3	4	0.82	1.21	3	4
النموذج العاشر				النموذج العاشر				النموذج العاشر			
Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case	Period(sec)	Frequency(Hz)	Mode	Case
0.93	1.08	1	4	1.13	0.89	1	4	1.39	0.72	1	4
0.85	1.17	2	4	1.03	0.97	2	4	1.26	0.79	2	4
0.73	1.37	3	4	0.86	1.17	3	4	1	1	3	4

ملاحظة: يمكن مقارنة أدوار الاهتزاز بالطرق التقريبية التي ذكرها الكود، حيث لا مجال لإجراء هذه المقارنة.
يبين الجدولان (7,8) قيم فرق الانتقال الأعظمي باتجاه X (cm) وبتجاه Y (cm) ولا مجال لذكر النتائج كافة ونكتفي بالإشارة إلى أن كافة القيم محققة :

الجدول (7) قيم فرق الانتقال الأعظمي باتجاه X (cm)

النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	
الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
0.283	0.434	0.436	0.656	0.71	0.683	0.523	0.461	0.599	0.653	A
0.177	0.387	0.524	0.785	0.618	0.456	0.468	0.511	0.382	0.611	B
0.171	0.395	0.477	0.788	0.618	0.441	0.434	0.482	0.514	0.702	C
0.527	0.375	0.383	0.454	0.442	0.467	0.791	0.363	0.375	0.624	D
0.547	0.611	0.572	0.719	0.637	0.521	0.401	0.541	0.425	0.538	E

الجدول (8) قيم فرق الانتقال الأعظمي باتجاه Y (cm)

النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	
الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
0.363	0.522	0.52	0.641	0.665	0.758	0.784	0.683	0.851	0.571	A
0.196	0.351	0.435	0.435	0.575	0.644	0.556	0.553	0.611	0.608	B
0.121	0.349	0.458	0.393	0.605	0.607	0.494	0.437	0.335	0.625	C
0.109	0.295	0.322	0.337	0.398	0.541	0.424	0.331	0.421	0.522	D
0.151	0.363	0.582	0.521	0.543	0.638	0.478	0.612	0.65	0.645	E

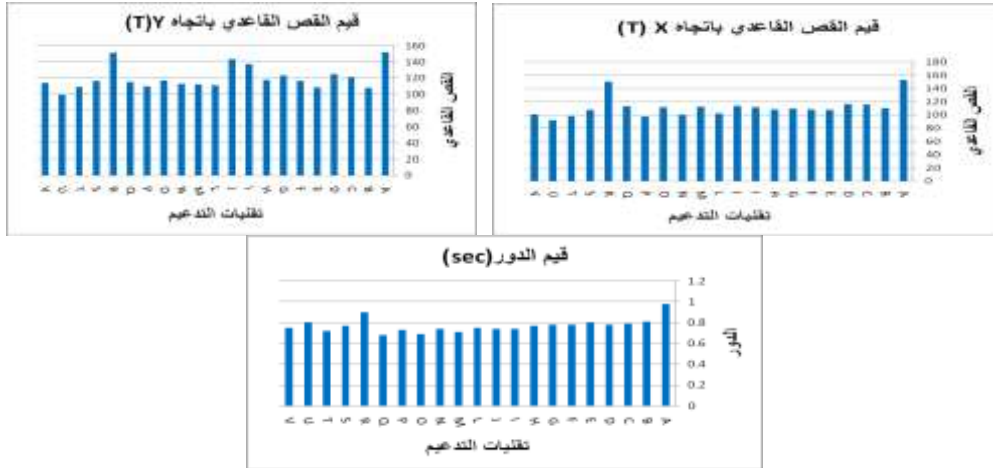
يظهر الجدول (9) قيم الكتلة الكلية للنماذج المدروسة:

الجدول (9) قيم الكتلة الكلية للنماذج المدروسة (ton)

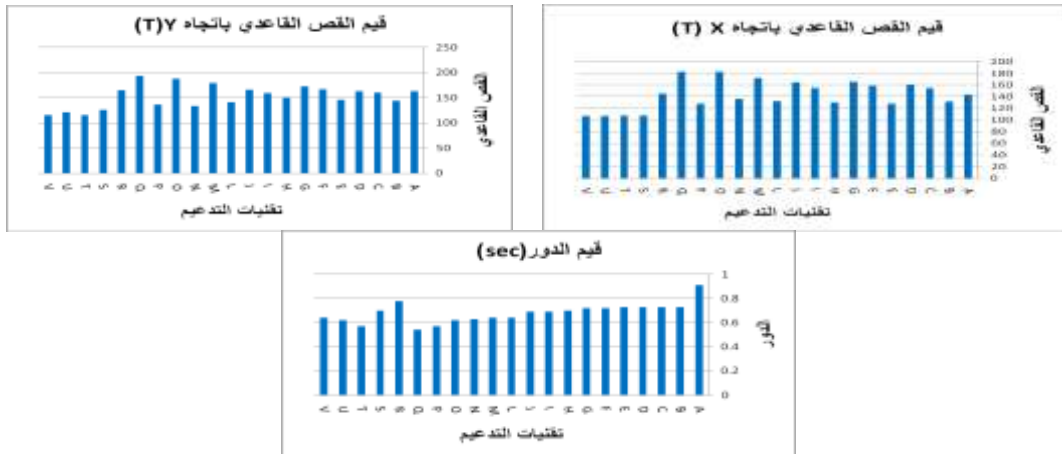
النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	النموذج	
الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	
1609	1376	1852	1487	1637	736	2564	1997	3588	2275	A
1610	1380	1855	1490	1641	740	2567	2001	3600	2279	B
1612	1383	1858	1493	1641	743	2570	2003	3601	2282	C
1613	1386	1860	1495	1645	745	2572	2006	3603	2278	D
1611	1382	1857	1492	1643	742	2569	2003	3601	2273	E
1613	1386	1861	1496	1646	746	2572	2006	3603	2278	F
1615	1390	1864	1500	1650	750	2576	2010	3605	2283	G
1612	1384	1859	1494	1645	744	2571	2006	3599	2283	H
1614	1389	1863	1500	1650	749	2575	2011	3602	2288	I
1617	1394	1868	1505	1655	754	2580	2016	3607	2295	J
1662	1482	1976	1593	1749	859	2685	2119	3657	2421	L
1713	1589	2100	1704	1860	985	2797	2238	3721	2597	M
1690	1523	2028	1641	1988	907	2736	2366	3697	2494	N
1766	1668	2203	1803	1988	1080	2889	2366	3788	2758	O
1717	1579	2080	1687	1876	945	2786	2233	3730	2557	P
1819	1782	2306	1899	2110	1156	2990	2468	3853	2886	Q
1540	1307	1762	1392	1555	699	2413	1872	3375	2163	R
1585	1354	1853	1492	1636	728	2543	1952	3501	2231	S
1692	1576	2058	1653	1873	945	2777	2208	3661	2522	T
1640	1489	1953	1558	1759	856	2675	2088	3597	2407	U
1637	1474	1937	1561	1763	860	2657	2096	3595	2407	V

ملاحظة: نستطيع الحصول على قيم الكتلة المضافة بنتيجة التدعيم لأي مرحلة من مراحل التدعيم، وذلك بطرحها من الكتلة الكلية قبل التدعيم، إذ لا مجال لحسابها.

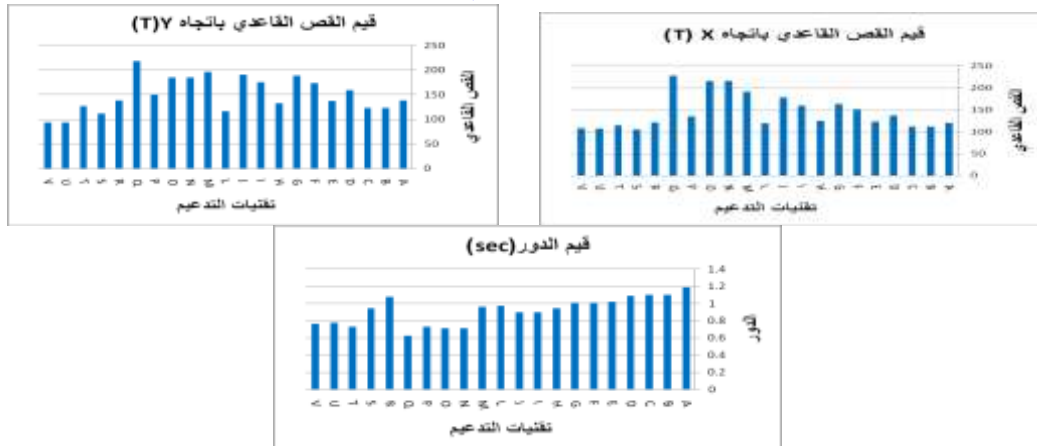
يبين الشكل (12) قيم القص القاعدي باتجاه X (ton) وبتجاه Y (ton) وقيم الدور (sec) لبعض النماذج:



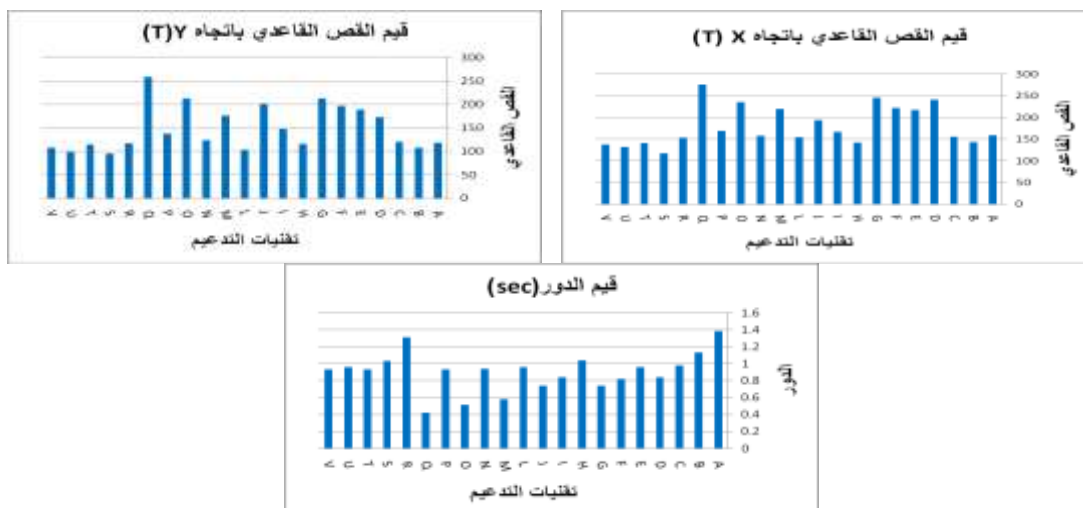
النموذج الأول



النموذج الثاني



النموذج الخامس



النموذج العاشر

الشكل (12): قيم القص القاعدي بالاتجاهين (Y,X) وقيم الدور لبعض النماذج

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- يبين الجدول (3) أن 87% من الأعمدة و 85% من الجوائز للنماذج غير المدعمة غير محققة، ويعود هذا إلى الصلابة غير الكافية لهذه العناصر، إضافة إلى عزوم الانعطاف الكبيرة التي تتعرض لها .
- 2- إن استخدام أي تقانة من تقانات التدعيم أدت إلى تحقيق فرق الانتقال الأعظمي، والذي يعد مقياساً لمدى فعالية هذه الأساليب في تخفيض الأضرار التي قد تصيب العناصر الإنشائية، في كل نموذج من النماذج المدروسة.
- 3- أسهمت الأساليب المتبعة في عملية التدعيم في تخفيض قيمة الدور عنه في الحالة الأولية (قبل التدعيم).
- 4- نلاحظ الانخفاض في نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة في حال استخدام أي أسلوب تدعيم، ولكنها بقيت مرتفعة نسبياً.
- 5- نلاحظ زيادة نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة مع ثبات في عدد الفتحات المدعمة في حال زيادة التدعيم عن طابقين (سواء أكانت أربطة أم جدران قص).
- 6- يظهر الجدول (4) أن استخدام التدعيم بوساطة التغليف البيتوني للأعمدة أسهم في تخفيض نسبة الأعمدة غير المحققة ولكن أسهم في زيادة نسبة الجوائز غير المحققة.
- 7- يمكن القول إن استخدام طريقة جدران القص في التدعيم تعمل على تخفيض نسبة الجوائز والأعمدة غير المحققة بشكل أكبر منه في حال الأربطة الفولاذية.
- 8- أسهم التدعيم باستخدام جدران القص أو الأربطة مع التغليف الفولاذي للعناصر غير المحققة في تحقيق جميع هذه العناصر تقريباً.
- 9- يبين الجدولان (4) و (5) مدى فعالية التغليف الفولاذي للعناصر الإنشائية غير المحققة في تخفيض نسبة الأعمدة، والجوائز غير المحققة في حال استخدامه بمفرده.
- 10- أعطت حالات الدمج (U,T,S) الحالة المثلى للتدعيم .

المراجع:

- [1]- PAULAY,T.; PRIESTLEY, M.J.N. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*.2nd.ed., John Wiley & Sons,Inc New York , 1991, 744.
- [2]- HWANG, S.; WEIKUO,W. *Recent Advances in Seismic Retrofit of RC Structure in Taiwan*. Japan Association for Earthquake Engineering Japan. Vol.1, N^o.2, 2005, 58-69.
- [3]- MEMARI, A.M.; MOTLAGH, A.M. *Seismic Evaluation of an Existing Reinforced Concrete Frame Tube Building Based on Inelastic Dynamic Analysis*. Engineering Structures U.S.A. Vol.22, N^o.1, 2000, 621-637.
- [4]- HUANG,S.; TSAI,C. *Post-Earthquake Structural Investigation on A Reinforced Concrete Building*. Structural Engineering U.S.A. Vol.117, N^o.4, 1991, 542-564.
- [5]- FRANCIS, K.; HUMAY, j. *Experimental Study of Perforated Infill Panels for Retrofitting Flat Plates*. Aci Structural U.S.A. Vol.13, N^o.2, 2001, 727-734.
- [6]- PICARD, A.; BOUCHER, E. *Strengthening of Reinforced Concrete Beams With Composite Materials* . Composite Structures U.S.A. Vol.33, N^o.2, 1995, 63-75.
- [7]- FUKUYAM, H.; SUGANO, S. *Japanese Seismic Rehabilitation of Concrete Buildings After the Hyogoken – Nanbu Earthquake*. Cement and Concrete Composites Japan. Vol.22, N^o.1, 2000, 59-79.
- [8]- JOHN, B.; RICHARD, E. *Lateral Load Response of Strengthened and Repaired Reinforced Concrete Columns* . Aci Structural U.S.A. Vol.85, N^o.1, 1988, 499-509.
- [9]- DAVARAN, A. *Effective Length Factor for Discontinuous X-Bracing Systems*. Engineering Mechanics U.S.A .Vol.127, N^o.2, 2001, 106-112.
- [10]- GENDORN, G.; PICARD, A. *A Theoretical Study on Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Composite Plates*. Composite Structures U.S.A. Vol.45, N^o.1, 1999, 303-309.
- [11]- MITCHELL, D.; DANDURAND, A. *Repair and Upgrading of Concrete Structures in Mexico City after the 1985 Earthquake*. Structural Engineering U.S.A. Vol.190, N^o.3, 2005, 99-105.
- [12]- SEZEN, H.; MOEHLE, P. *Shear Strength Model for Lightly Reinforced Concrete Columns*. Structural Engineering U.S.A. Vol.130, N^o.11, 2004, 1692-1703.
- [13]- BENEDETTI, D.; CARYDIS, P. *Shaking Table Tests on 24 Simple Masonry Buildings*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics U.S.A. Vol.27, N^o.2, 1998, 67-90.
- [14]- NAKANO, Y. *Seismic Rehabilitation of School Buildings in Japan* . Japan Association for Earthquake Engineering Japan. Vol.4, N^o.3, 2004, 218-229.