

Studying the Effects of Earthquakes Characteristics on the Response of Dual Reinforced Concrete Structures in Relation to their Damping Coefficient

Dr. Issam Nasser*
Jaffar Dayoub**

(Received 10 / 6 / 2023. Accepted 9 / 8 / 2023)

□ ABSTRACT □

In this study, the behavior of two typical reinforced concrete buildings was investigated. These buildings had a dual structural system consisting of shear walls and frames. Two types of dynamic analysis, linear and nonlinear, were employed. The effect of changing the damping coefficient (4%-5%-7%), on the seismic response values (base shear, natural period, damping period, maximum displacement story, story drift, story drift ratio, and stresses) was studied. Real seismic records with different dynamic properties were used to assess the impact.

The results indicated that increasing the damping coefficient resulted in an increase in the damping period. However, the other response values mentioned above decreased with an increase in the damping coefficient, except for the natural period, which was found to be independent of the damping coefficient. Furthermore, it was found that the differences in the characteristics of the seismic records used in the study had a reasonable impact on the response values. Notably, there were differences in the response values between the results obtained from linear and nonlinear analysis, which was expected.

Keywords: Ground Motions - linear dynamic analysis -nonlinear dynamic analysis -dual system- damping coefficient.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

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

**Postgraduate Student (Master), Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University- Latakia- Syria. Email: jaffardayoub76@gmail.com

دراسة تأثير خصائص الهزات الأرضية على استجابة المنشآت الثنائية البيتونية المسلحة بالعلاقة مع معامل تخامدها

د. عصام ناصر*

جعفر ديوب**

تاريخ الإيداع 10 / 6 / 2023. قُبِلَ للنشر في 9 / 8 / 2023

□ ملخص □

تم في هذا البحث دراسة سلوك نموذجين من الأبنية البيتونية المسلحة جملتهما الإنشائية جملة ثنائية (جدران قص + إطارات) وذلك باستخدام نوعين من التحليل الديناميكي (الخطي واللاخطي) وتم دراسة تأثير تغير معامل التخماد الذي تراوحت قيمه كالاتي (4%-5%-7%) على قيم الاستجابة الزلزالية (قص قاعدي - دور الاهتزاز الحر - دور الاهتزاز المتخامد - الانتقال الطابقي الأعظمي - الإزاحة الطابقية - الإزاحة الطابقية النسبية - الإجهادات) وذلك بتأثير عدة سجلات زلزالية حقيقية مختلفة في الخصائص الديناميكية فكانت النتائج أنه مع زيادة معامل التخماد يزداد دور الاهتزاز المتخامد أما بقية قيم الاستجابة المشار إليها أعلاه فقد تبين أنه عند زيادة معامل التخماد تقل هذه القيم باستثناء دور الاهتزاز الحر فتبين أنه ليس له علاقة بمعامل التخماد، كما تبين أيضاً أنّ اختلاف خصائص الهزات الأرضية المستخدمة في البحث له تأثير مقبول على قيم الاستجابة بنسب منطقية كما لوحظ وجود فرق في قيم الاستجابة بين نتائج التحليل الخطي واللاخطي وهذا الأمر منطقي.

الكلمات المفتاحية: هزات أرضية - تحليل ديناميكي خطي - تحليل ديناميكي لاخطي - جملة ثنائية - معامل التخماد

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
**طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
jaffardayoub76@gmail.com

مقدمة:

يعتبر التحليل الزلزالي للمباني الخرسانية المسلحة من أحد الاهتمامات البحثية في الوقت الحاضر وذلك بسبب ما تخلفه من أضرار وخسائر بشرية (أرواح) ومادية أيضاً حيث نلاحظ أنه عندما يضرب زلزال كبير منطقة أهله بالسكان فسوف تكون النتائج كارثية مع أضرار كبيرة تتعلق بالأبنية السكنية وقاطنيها [1] ، لذلك يتطلب من المهندسين المدنيين وخاصةً (الإنشائيين) تأمين جملة إنشائية مناسبة ومقاومة للأحمال الجانبية (زلزل) حيث يوجد العديد من الجمل الإنشائية التي يتم استخدامها في مقاومة الأحمال الأفقية نذكر منها ما يلي:

- 1- جملة الجدران الحاملة: تقوم الجدران الحاملة بتحمل الأحمال الشاقولية بالإضافة إلى مقاومتها للقوى الجانبية.
- 2- جملة البناء الهيكلي: تتحمل الإطارات الحمولات الشاقولية وتقوم جدران القص بمقاومة القوى الجانبية.
- 3- جملة الإطار المقاوم للعزوم: وهي جملة مكونة من إطار فراغي يتحمل الحمولات الشاقولية ويقاوم القوى الجانبية.
- 4- الجملة الثنائية: وتشتمل على إطار فراغي يسند الحمولات الشاقولية ويتم تأمين مقاومة للقوى الجانبية بواسطة جدران القص والإطارات المقاومة للعزوم بحيث تصمم هذه الإطارات لتحتمل 25% على الأقل من القص القاعدي التصميمي [2]، وهناك نوع آخر من الجمل كالجمل الأنبوبية وكل هذه الجمل يجب عليها أن تقاوم الأحمال الأفقية والشاقولية التي يتعرض لها المنشأ المدروس من قبل المهندس الإنشائي بعد أن قام بتصميمها وإعداد مخططاتها التنفيذية معتمداً بذلك على النتائج التحليلية والطرق التحليلية المتبعة عند دراسة وتصميم منشأ ما مقاومة للزلازل وفق الكود العربي السوري [3]، حيث يمكن تلخيص هذه الطرق التحليلية وفق الآتي:

- 1- طرق التحليل الستاتيكية (الخطية، اللاخطية): يتم الاعتماد على تحديد القص القاعدي الأعظمي وعلى تقدير مبسط للدور الأساسي للمنشأ وللتسارع الأرضي الأعظمي المتوقع الحدوث ويتم توزيع قوة القص المحسوبة على كل ارتفاع المبنى كقوى أفقية مركزة عند مناسيب الطوابق، مع التنويه إلى أن الطريقة الستاتيكية اللاخطية تأخذ بعين الاعتبار السلوك اللامرّن (اللدن) للمنشأ وهي تعتبر تحسين للطريقة الستاتيكية الخطية.
- 2- طرق التحليل الديناميكية (الخطية، اللاخطية): يعتبر التحليل الديناميكي باستخدام طيف الاستجابة من إحدى طرائق التحليل الأكثر استخداماً ومعاصرةً عند دراسة الأبنية الخاضعة لأحمال الزلازل حيث يتم حساب القيم العظمى لاستجابات الأنماط باستعمال الترتيب لمنحني طيف الاستجابة المناسب والتي تقابل الفترات المقابلة للأنماط ويتم تجميع المساهمات النمطية العظمى وفق إحدى التراكبات الإحصائية للحصول على استجابة إنشائية تقريبية كلية حيث يجب التحقق من الشرط الممثل بأن كافة الأنماط الهامة مأخوذة بالحسبان بإثبات أنه للأنماط المعتمدة فإن 90% على الأقل من الكتل المساهمة (الفعّالة) في المنشأة قد أخذت في حساب الاستجابة وهناك طريقة أخرى وهي التحليل باستعمال السجلات الزمنية وهو عبارة عن تحليل للاستجابة الديناميكية للمنشأة عند كل زيادة في الزمن وذلك عندما تخضع قاعدة المنشأة إلى حركة محددة للأرض لها تاريخ زمني حيث يتم تنفيذ التحليل باستعمال التاريخ الزمني لأزواج المركبات المناسبة للتأريخ الزمني لحركة الأرض الأفقية التي يتم انتقاؤها وضبطها بما لا يقل عن ثلاثة أحداث زلزالية مسجلة وفي حال عدم توفر أزواج التواريخ الزمنية الثلاثة المناسبة لحركة الأرض والمسجلة زلزالياً يمكن استعمال أزواج ممثلة صناعياً ومناسبة للتواريخ الزمنية لحركة الأرض لإيجاد وتركيب العدد الكلي المطلوب وهنا ينقسم التحليل باستعمال السجل الزمني إلى قسمين:

♦-التحليل الديناميكي الخطي باستعمال السجل الزمني: من المفروض أن يتطابق هذا التحليل مع محتوى التحليل العائد لطيف الاستجابة من حيث تمثيل حركة الأرض وعدد الأنماط وتأثير الاتجاه.

♦-التحليل الديناميكي اللاخطي باستعمال السجل الزمني: وهو الطريقة الأدق لوصف السلوك الفعلي للمنشأ أثناء حدوث الزلزال حيث يجب نمذجة العناصر بشكل ينسجم مع معطيات الاختبارات أو باستعمال التحليل الأساسي ويجب عدم تخفيض الانتقال الناتج عن الاستجابة اللامرنة الأعظمية وعلى أن يتوافق مع حدود الإزاحة الطابقية ومن ميزات هذا التحليل أنه يأخذ ظاهرة الطنين بعين الاعتبار حيث يتم تضخيم في قيم الاستجابة. [4]

–قام الباحثون Srinivas, Suresh, and Reddy [5] بدراسة السلوك الزلزالي للمباني غير المنتظمة ذات الجمل الحاملة الإطارية والمعرضة لحركات أرضية مختلفة حيث تم نمذجة بناء مكون من خمسة طوابق بالإضافة إلى طابق أرضي على شكل حرف L بواسطة برنامج ETABS وتم تحليل المبنى تحليلاً ديناميكياً لاخطياً للسجل الزلزالي وتبينت الدراسة أنّ عدم الانتظام في المسقط الأفقي يعطي قيمة كبيرة للاستجابة الزلزالية كما تبين أنّ زلزال ELCentro أعطى قيم قوى قص في الطوابق أكبر من القيم التي أعطها زلزال Bhuj وذلك بسبب اختلاف خصائص كلا الزلازلين .

–قدم الباحثان patil and kumbhar [6] دراسة حول الاستجابة الزلزالية لمبنى بيتوني مسلح مكون من عشرة طوابق حيث تم تحليله تحليل ديناميكياً لاخطياً باستخدام خمس سجلات زمنية مع شدة زلزالية مختلفة لإنشاء العلاقة بين الشدة الزلزالية والاستجابة الزلزالية للمبنى وأثمر البحث بأنّ قيم الاستجابة الزلزالية للمبنى تزداد مع ازدياد الشدة الزلزالية.

–أجرى الباحثون Kurma ,Vigran, and Teja [7] بحثاً تضمن تحليل مبنى متناظر مكون من عشرة طوابق مع وبدون إضافة جدران قص ومن ثم تم مقارنة نتائج الاستجابة الزلزالية (قص قاعدي-انزياح طابقي) وتوصل الباحثان إلى أنه عند تزويد المبنى بجدران القص انخفضت قيم الاستجابة الزلزالية وهذا ما يؤكد على فعالية جدران القص في مقاومة الأحمال الجانبية بالتعاون مع الجملة الإطارية.

–حلل الباحثان Faizan and Kirtel [8] مبنى سكني مؤلف من ثمانية طوابق من الخرسانة المسلحة تحليلاً ديناميكياً لاخطياً تحت تأثير ثلاث حركات أرضية باستخدام برنامج ETABS من أجل دراسة الاستجابة الزلزالية لهذا المبنى حيث تم ملاحظة أنّ القص القاعدي يزداد مع زيادة PGA (التسارع الأرضي الأعظمي) لجميع السجلات.

–اجتهد الباحثان Abdullah and Kulkarni [9] بدراسة سلوك عدة مباني خرسانية مسلحة لها المسقط الأفقي نفسة وعدد طوابق مختلف تحت تأثير الزلازل باستخدام تحليل Pushover للتنبؤ بمناطق الضعف في المبنى من خلال تتبع سلسلة الأضرار التي لحقت في كل عنصر بالمبنى وتمت مقارنة نتائج الاستجابة الزلزالية حيث تم الاعتماد على كودي ACI,IS وأثمر البحث إلى أنّ قيم الاستجابة الزلزالية بالنسبة للقص القاعدي تختلف بالاتجاه X بنسبة 10% أما في الاتجاه Y أعطت قيمةً متقاربة، أما بالنسبة إلى الانتقالات الجانبية في الاتجاه X فانخفضت النسبة إلى 3% وأعطت أيضاً قيمةً متقاربة في الاتجاه الآخر ويعود هذا الاختلاف في القيم بسبب تغير قيمة عامل المنطقّة الزلزالية Z وقيمة المعامل R في كلا الكودين.

أهمية البحث وأهدافه:

◆ نظراً لأهمية الأنظمة الإنشائية الثنائية المكونة من إطارات بيتونية مسلحة وجدران قص والتي تكمن في قدرتها على مقاومة الأحمال الجانبية مقارنةً مع الجمل الإطارية أو جملة الجدران الحاملة ونظراً لاستخدامها الشائع مؤخراً قمنا بدراسة استجابة هذه الجمل تحت تأثير هزات أرضية حقيقية مختلفة في الخصائص الديناميكية.

◆ يهدف البحث إلى دراسة تأثير خصائص الهزات الأرضية الحقيقية على قيم الاستجابة الديناميكية للمنشأ وذلك بالعلاقة مع تغير قيمة معامل التخماد.

طرائق البحث ومواده:

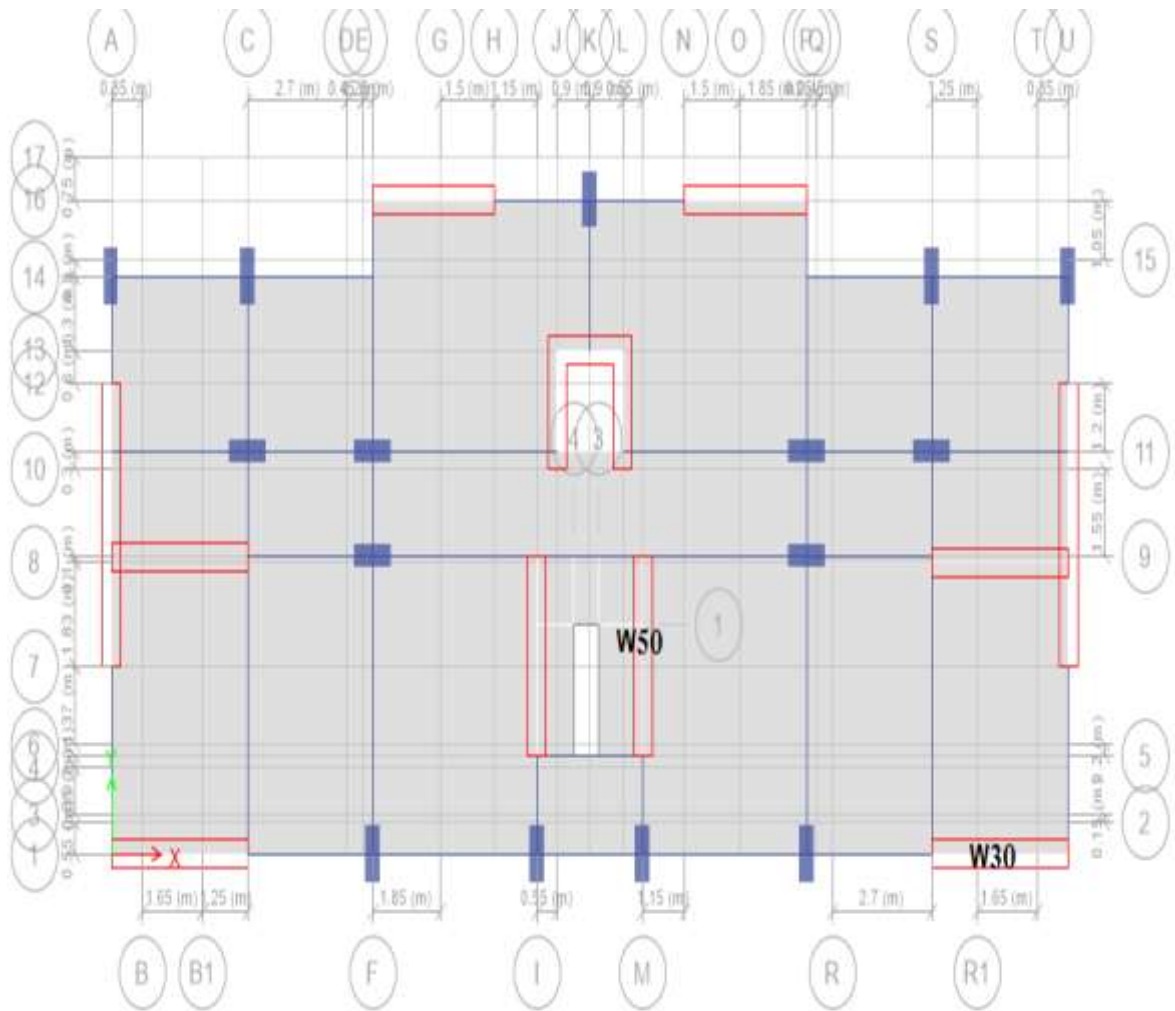
قمنا بإعداد نماذج أبنية ذات جمل ثنائية حاملة وأجرينا التحليل الزلزالي لهذه النماذج بطريقة العناصر المنتهية بمساعدة البرنامج الإنشائي ETABS-2016 ونستعرض فيما يلي مواصفات هذه الأبنية المدروسة:

◆-توصيف المباني المدروسة:

مواصفات المبني الأول:

بناء مؤلف من 12 طابق بارتفاع طابقي 3.5 m والمساحة الطابقية لكل طابق 285 m^2 أما البلاطة المستخدمة فهي بلاطة مصممة بسماكة 15cm في حين أنّ المقاومة الاسطوانية المميزة للبيتون: 20 MPa وإجهاد السيلان لفولاذ التسليح الطولي: 400 MPa ، حيث أنّ البناء مشيد في المنطقة الزلزالية الثالثة والمقطع الشاقولي للتربة هو SB وعامل أهمية المنشأ $I=1$ وقيمة عامل المنطقة الزلزالية $Z=0.3$ فتكون قيمة المعاملات الزلزالية $C_a = C_v = 0.3$

الجملة الإنشائية المستخدمة في المبني لمقاومة الأحمال الجانبية عبارة عن جملة ثنائية (جدران قص + إطارات خاصة مقاومة للعزوم) حيث تم التحقق من اشتراط الكود العربي السوري بأن نسبة مساهمة الإطارات لا تقل عن 25% في تحمل قوى القص القاعدي من خلال حساب مساهمة الجدران كنسبة مئوية وطرحها من مئة، أما بالنسبة لجدران القص المستخدمة في المبني فهي متدرجة السماكة وتتراوح ما بين (30-50)cm والشكل (1) يبين المسقط للمبني بعد النمذجة على برنامج ETABS:

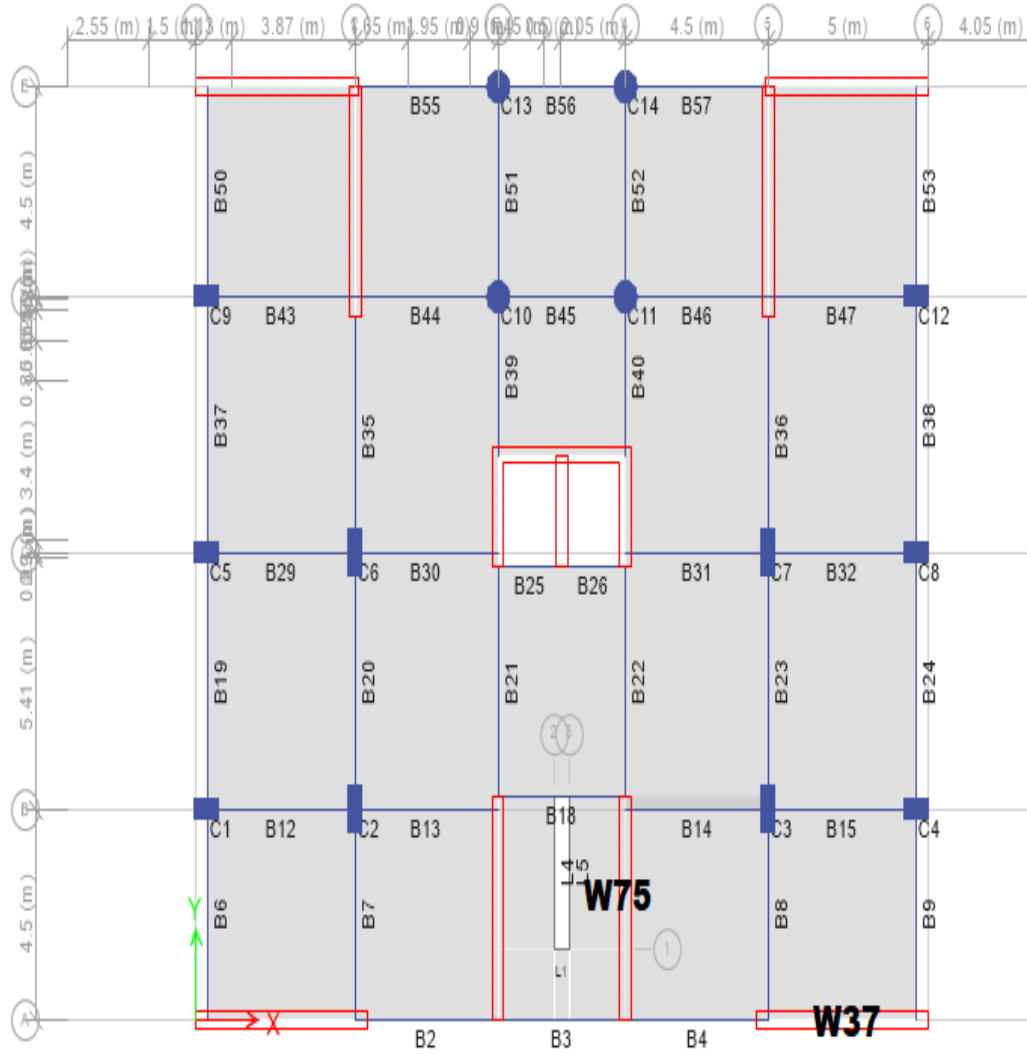


الشكل (1): المسقط الأفقي للمبنى الأول بعد النمذجة

مواصفات المبنى الثاني:

بناء مؤلف من 12 طابق بارتفاع طابقي 3.4 m والمساحة الطابقية لكل طابق 458 m^2 أما البلاطة المستخدمة فهي بلاطة مصممة بسماكة 20cm في الطابق الأرضي أما بقية الطوابق فقد استخدم بلاطة هوردي باتجاه واحد بسماكة 28cm في حين أنّ المقاومة الاسطوانية المميزة للبيتون: 25 MPa وإجهاد السيلان لفلوذا التسليح الطولي: 400 MPa، حيث أنّ البناء مشيد في المنطقة الزلزالية الثالثة والمقطع الشاقولي للتربة هو **SB** وعامل أهمية المنشأ $I=1$ وقيمة عامل المنطقة الزلزالية $Z = 0.3$ فتكون قيمة المعاملات الزلزالية: $C_a = C_v = 0.3$

الجملة الإنشائية المستخدمة في المبنى لمقاومة الأحمال الجانبية عبارة عن جملة ثنائية (جدران قص + إطارات خاصة مقاومة للعزوم) حيث تم التحقق من اشتراط الكود العربي السوري بأن نسبة مساهمة الإطارات لا تقل عن 25% في تحمل قوى القص القاعدي من خلال حساب مساهمة الجدران كنسبة مئوية وطرحها من مئة، أما بالنسبة لجدران القص المستخدمة في المبنى فهي متدرجة السماكة وتتراوح ما بين (20-35)cm و الشكل (2) يبين المسقط الأفقي للمبنى بعد النمذجة على برنامج ETABS:



الشكل (2): المسقط الأفقي للمبنى بعد النمذجة

◆-السجلات الزمنية المستخدمة وخصائصها الديناميكية:

تم استخدام ثلاث سجلات زمنية حقيقية حدثت في العالم وتمتلك خصائص ديناميكية مختلفة تفيدنا في التوصل إلى الهدف المطلوب من هذا البحث.

الجدول (1) يبين مجموعة السجلات الزلزالية المختارة وخصائصها الديناميكية

Earthquake name	EL-Centro	Kobe	Northridge
Date	17/05/1940	17/01/1995	17/01/1994
MW الشدة على مقياس ريختر	6.9	6.8	6.7
Fault Mechanism آلية الانهيار	strike-slip	strike-slip	reverse
Impact Time(s) زمن التأثير	40	48	60

Period(s) دور الزلزال	0.28	0.36	0.22
PGA(g) التسارع الأرضي الأعظمي	0.34832	0.83423	0.8832
PGV (cm/s) السرعة الأرضية الأعظمية	19.056	91.10544	41.61644
PGD (cm) الانتقال الأرضي الأعظمي	46.971	21.11024	15.16349

النتائج والمناقشة:

◆ نتائج التحليل الديناميكي على البناء الأول:

تم إجراء التحليل الديناميكي الخطي للبناء الأول بطريقة طيف الاستجابة بالاتجاهين X,Y، الناتج عن المعاملات الزلزالية C_a, C_v وعامل المنطقة الزلزالية Z الخاصة بموقع البناء بالعلاقة مع تغير نسبة التخميد α للبناء وقيمها كالآتي: (4%-5%-7%) وحصلنا على قيم الاستجابة الزلزالية وهي موضحة في الجدول (2-1) بالاتجاه x وبالاتجاه y بالجدول (2-2).

الجدول (2-1): نتائج التحليل الخطي على المبنى الأول في الاتجاه x

مقدار تأثير تغير α	7%	5%	4%	معامل التخميد α
-6%	2025.568	2179.868	2284.842	القص القاعدي (kN)
0%	1.457	1.457	1.457	دور الاهتزاز الحر (S)
1%	1.460583	1.458824	1.458167	دور الاهتزاز المتخامد (s)
-7%	0.3335	0.3661	0.3871	الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)
-7%	0.000947	0.00104	0.0011	الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي
-7%	3.4709	3.8066	4.0232	الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)
-8%	1178.64	1271.6	1334.65	الإجهادات (kN/m ²)
	142.94	161.64	176.3	

الجدول (2-2): نتائج التحليل الخطي على المبنى الأول في الاتجاه Y

مقدار تأثير تغير α	7%	5%	4%	معامل التخميد α
-6%	2012.423	2179.9005	2292.794	القص القاعدي (kN)
0%	1.52	1.52	1.52	دور الاهتزاز الحر (S)
1%	1.523737	1.5219034	1.521218	دور الاهتزاز المتخامد (S)
-7%	0.3431	0.3751	0.3963	الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)

الانزياح الطائقي النسبي الأعظمي	0.001126	0.001066	0.000975	-7%	
الانتقال الطائقي الأعظمي (cm)	4.0095	3.8112	3.5032	-7%	
الإجهادات (kN/m ²)	W30	270.43	244.52	212.04	-9%
	W50	1013.62	964.01	887.99	

كما أجرينا تحليلاً ديناميكياً لاختباراً للمبنى الأول باستخدام طريقة السجل الزمني لزلزال السنترو وكوبي ونورث ريدج بالاتجاهين X, Y بالعلاقة مع تغير نسبة التخماد للمبنى وكانت نتائج الاستجابة الديناميكية كما هو وارد بالجدول من (3-1) وحتى (3-6) وكذلك بالأشكال من (3-1) وحتى (3-7).

الجدول (3-1): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الأول لزلزال EL-Centro في الاتجاه X

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α	
القصر القاعدي (kN)	7289.498	7124.4236	6722.134	-4%	
دور الاهتزاز الحر (S)	1.457	1.457	1.457	0%	
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.458167	1.458824	1.460583	1%	
الانزياح الطائقي الأعظمي (cm)	1.3499	1.2733	1.1567	-7%	
الانزياح النسبي الأعظمي	0.003835	0.003617	0.003286	-7%	
الانتقال الطائقي الأعظمي (cm)	14.5813	13.8611	12.4822	-7%	
الإجهادات (kN/m ²)	W30	5555.77	5426.7	5157.02	-8%
	W50	542.39	462.65	415.54	

الجدول (3-2): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الأول لزلزال EL-Centro في الاتجاه Y

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α
القصر القاعدي (kN)	8340.661	7569.083	6465.465	-12%
دور الاهتزاز الحر (s)	1.52	1.52	1.52	0%
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.521218	1.5219034	1.523737	1%
الانزياح الطائقي الأعظمي (cm)	1.4739	1.3618	1.1863	-10%

الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.004187	0.003869	0.00337	-10%	
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	15.7964	14.7502	12.9666	-10%	
الإجهادات (kN/m ²)	W30	1007.34	833.88	814.42	-7%
	W50	3438.68	3216.02	3200.45	

الجدول (3-3): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الأول لزلزال Kobe في الاتجاه X

معامل التخامد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α	
القص القاعدي (kN)	46523.207	42726.01	36208.7	-12%	
دور الاهتزاز الحر (S)	1.457	1.457	1.457	0%	
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.458167	1.458824	1.460583	1%	
الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)	8.2292	7.4284	6.344	-12%	
الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.023378	0.021103	0.018023	-12%	
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	78.8305	71.5317	60.6236	-12%	
الإجهادات (kN/m ²)	W30	27368.36	25405.51	21980.49	-13%
	W50	2702.26	2443.2	2021.68	

الجدول (3-4): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الأول لزلزال Kobe في الاتجاه Y

معامل التخامد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α	
القص القاعدي (kN)	48000.37	43613.9	36354.73	-13%	
دور الاهتزاز الحر (S)	1.52	1.52	1.52	0%	
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.521218	1.52190	1.523737	1%	
الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)	7.4173	7.0159	6.3235	-8%	
الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.021072	0.019931	0.017964	-8%	
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	73.1139	67.0393	58.129	-11%	
الإجهادات (kN/m ²)	W30	4855.89	4477.67	3851.58	-11%
	W50	18405.45	16546.02	14463.2	

الجدول (3-5): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الأول لزلزال Northridge في الاتجاه X

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α
القص القاعدي (kN)	13691.33	12639.634	10865.4265	-11%
دور الاهتزاز الحر (S)	1.457	1.457	1.457	0%
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.458167	1.458824	1.460583	1%
الانزياح الطائقي الأعظمي (cm)	2.6789	2.5266	2.2788	-8%
الانزياح الطائقي النسبي الأعظمي	0.007611	0.007178	0.006474	-8%
الانتقال الطائقي الأعظمي (cm)	28.761	27.1889	24.5733	-8%
الإجهادات (kN/m ²)	w15	10088.2	9348.96	-9%
	w17	953.71	896.25	

الجدول (3-6): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الأول لزلزال Northridge في الاتجاه Y

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α
القص القاعدي (kN)	13454.46	12354.53	10651.167	-11%
دور الاهتزاز الحر (S)	1.52	1.52	1.52	0%
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.521218	1.52190	1.523737	1%
الانزياح الطائقي الأعظمي (cm)	2.8481	2.7104	2.4525	-7%
الانزياح الطائقي النسبي الأعظمي	0.008091	0.0077	0.006967	-7%
الانتقال الطائقي الأعظمي (cm)	30.7491	29.1181	26.2937	-8%
الإجهادات (kN/m ²)	w15	1671.9	1549.25	-9%
	w17	6679.88	6229.69	

من الدراسة التحليلية السابقة للنموذج الأول وبعد إجراء التحليل الديناميكي الخطي واللاخطي يمكن ملاحظة تناقص القص القاعدي والانزياحات الطائقية والإجهادات مع زيادة نسبة التخماد α على عكس دور الاهتزاز المتخامد فإنه مع زيادة نسبة التخماد يزداد دور الاهتزاز المتخامد كما يمكننا ملاحظة تزايد قوة القص القاعدي والانزياحات الطائقية والإجهادات مع تزايد قيمة PGA للسجل الزلزالي وعند تقارب قيم PGA مثلما حصل في زلزالي كوبي ونورث ريدج تكون قيمة السرعة الأعظمية PGV هي المسيطرة كما يجب التنويه هنا إلى أنه في حال استخدمنا السجلات المقيسة

للسجلات الحقيقية في التحليل الديناميكي اللاخطي ستكون نتائج التحليل متقاربة لأن السجلات المقیسة ستأخذ بعين الاعتبار نوع تربة التأسيس للنماذج المدروسة وزلزالية المنطقة.

♦ البناء الثاني:

تم إجراء التحليل الديناميكي الخطي للبناء الثاني أيضاً بطريقة طيف الاستجابة بالاتجاهين X,Y, الناجم عن المعاملات الزلزالية C_a, C_v وعامل المنطقة الزلزالية Z الخاصة بموقع البناء بالعلاقة مع تغير نسبة التخماد للبناء (4%-5%-7%) وحصلنا على قيم الاستجابة الزلزالية وهي موضحة في الجدول (1-4) بالاتجاه x وبالاتجاه y بالجدول (2-4).

الجدول (1-4): نتائج التحليل الخطي على المبنى الثاني في الاتجاه x

مقدار تأثير تغير α	7%	5%	4%	معامل التخماد α
-3%	3417.7186	3559.9076	3651.8667	القص القاعدي (kN)
0%	1.167	1.167	1.167	دور الاهتزاز الحر (S)
1%	1.1698695	1.16846	1.167935	دور الاهتزاز المتخامد (S)
-6%	0.33286	0.35156	0.3737	الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)
-6%	0.000979	0.001034	0.001099	الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي
-8%	3.2269	3.58	3.816	الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)
-7%	1174.4	1261.3	1319.8	الإجهادات (kN/m ²)
	432.67	473.73	500.83	

كما يبين الجدول (2-4) نتائج التحليل الخطي (طيف الاستجابة) على المبنى الثاني في الاتجاه Y:

الجدول (2-4): نتائج التحليل الخطي على المبنى الثاني في الاتجاه Y

مقدار تأثير تغير α	7%	5%	4%	معامل التخماد α
-6%	3199.0574	3471.3692	3650.6887	القص القاعدي (kN)
0%	1.227	1.227	1.227	دور الاهتزاز الحر (S)
1%	1.23	1.228537	1.227983	دور الاهتزاز المتخامد (S)
-7%	0.27336	0.29886	0.3162	الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)
-7%	0.000804	0.000879	0.00093	الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي
-7%	2.8523	3.114	3.295	الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)

الإجهادات (kN/m ²)	W37	433.48	410.93	376.9	-7%
	W75	996.07	944.11	865.98	

● وتم إجراء تحليل ديناميكي لاختي للمبنى باستخدام طريقة السجل الزمني لزلزال السنترو وكوبي ونورث ريدج بالاتجاهين X, Y بالعلاقة مع تغير نسبة التخماد للمبنى وكانت نتائج الاستجابة الديناميكية كما هو وارد بالجدول من (5-1) وحتى (5-6) وكذلك بالأشكال من (4-1) وحتى (4-7).

الجدول (5-1): نتائج التحليل للاختي على المبنى الثاني لزلزال EL-Centro في الاتجاه X

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α	
القص القاعدي (kN)	16903.57	15293.04	13555.25	-10%	
دور الاهتزاز الحر (S)	1.167	1.167	1.167	0%	
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.167935	1.16846	1.1698695	1%	
الانزياح الطائقي الأعظمي (cm)	1.7571	1.6494	1.4628	-9%	
الانزياح الطائقي النسبي الأعظمي	0.005168	0.004851	0.004302	-9%	
الانتقال الطائقي الأعظمي (cm)	17.2594	16.3715	14.3689	-9%	
الإجهادات (kN/m ²)	W37	3697.87	3610.87	3469.65	-4%
	W75	1386.22	1344.31	1251.69	

الجدول (5-2): نتائج التحليل للاختي على المبنى الثاني لزلزال EL-Centro في الاتجاه Y

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α	
القص القاعدي (kN)	20204.82	18411.24	15740.59	-12%	
دور الاهتزاز الحر (S)	1.227	1.227	1.227	0%	
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.227983	1.228537	1.23	1%	
الانزياح الطائقي الأعظمي (cm)	1.6737	1.5553	1.3609	-10%	
الانزياح الطائقي النسبي الأعظمي	0.004923	0.004574	0.004003	-10%	
الانتقال الطائقي الأعظمي (cm)	16.0029	15.1683	13.7042	-8%	
الإجهادات (kN/m ²)	W37	1398.61	1324.47	1194.41	-6%
	W75	5005.03	4727.13	4396.54	

الجدول (3-5): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الثاني لزلزال Kobe في الاتجاه X

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α
القصر القاعدي (kN)	55090.66	51803.33	46203.88	-8%
دور الاهتزاز الحر (S)	1.167	1.167	1.167	0%
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.167935	1.16846	1.1698695	1%
الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)	5.0516	4.7893	4.3324	-7%
الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.014858	0.014086	0.012742	-7%
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	53.69	51.11	46.44	-7%
الإجهادات (kN/m^2)	W37	20592.38	18658.09	-12%
	W75	7034.09	6317.36	

الجدول (4-5): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الثاني لزلزال Kobe في الاتجاه Y

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α
القصر القاعدي (kN)	69968.81	64076.04	54497.46	-12%
دور الاهتزاز الحر (S)	1.227	1.227	1.227	0%
دور الاهتزاز المتخامد (S)	1.227983	1.228537	1.23	1%
الانزياح الطابقي الأعظمي (cm)	4.454	4.0148	3.4563	-12%
الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.0131	0.011808	0.010166	-12%
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	45.9	44.36	41.43	-5%
الإجهادات (kN/m^2)	W37	3919.3	3791.71	-5%
	W75	15398	14789.74	

الجدول (5-5): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الثاني لزلزال Northridge في الاتجاه X

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α
القصر القاعدي (kN)	18873.88	18048.98	16985.88	-5%
دور الاهتزاز الحر (s)	1.167	1.167	1.167	0%

دور الاهتزاز المتخامد(S)	1.167935	1.16846	1.1698695	1%	
الانزياح الطابقي الأعظمي(cm)	1.6787	1.5842	1.4302	-8%	
الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.004937	0.004659	0.004206	-8%	
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	17.2103	16.3761	14.8812	-7%	
الإجهادات (kN/m ²)	W37	6254.69	5894.04	5290.83	-8%
	W75	2279.38	2143.8	1925.51	

الجدول (5-6): نتائج التحليل اللاخطي على المبنى الثاني لزلزال Northridge في الاتجاه Y

معامل التخماد α	4%	5%	7%	مقدار تأثير تغير α	
القصر القاعدي(kN)	22823.51	21343.417	18851.71	-9%	
دور الاهتزاز الحر(S)	1.227	1.227	1.227	0%	
دور الاهتزاز المتخامد(S)	1.227983	1.228537	1.23	1%	
الانزياح الطابقي الأعظمي(cm)	1.4079	1.2902	1.1249	-11%	
الانزياح الطابقي النسبي الأعظمي	0.004141	0.003795	0.003309	-11%	
الانتقال الطابقي الأعظمي (cm)	16.9472	15.7586	13.8516	-10%	
الإجهادات (kN/m ²)	W37	1448.48	1344.82	1180.77	-10%
	W75	5631.81	5295.02	4686.51	

بشكل مشابه لنتائج الدراسة التحليلية للنموذج الأول يمكن ملاحظة تناقص القصر القاعدي والانزياحات الطابقية والإجهادات مع زيادة معامل التخماد α على عكس دور الاهتزاز المتخامد فإنه مع زيادة نسبة التخماد يزداد دور الاهتزاز المتخامد كما يمكننا ملاحظة تزايد قوة القصر القاعدي والانزياحات الطابقية والإجهادات مع تزايد قيمة **PGA** للسجل الزلزالي وعند تقارب قيم **PGA** مثلما حصل في زلزالي كوبي ونورث ريدج تكون قيمة السرعة الأعظمية **PGV** هي المسيطرة.

ومن أجل تبيان تأثير تغير معامل التخماد على قيم الاستجابة الزلزالية ندرج الجدولين (1-6)، (2-6) الذين يوضحان النسبة المئوية الوسطية لتأثير هذا المعامل α على قيم الاستجابة الزلزالية حيث تبين لنا أنه لا يمكن إهمالها وهذا يقودنا إلى التفكير في جعل تخامد المبنى البيتوني المسلح أثناء حدوث الهزة الأرضية أكبر ما يمكن.

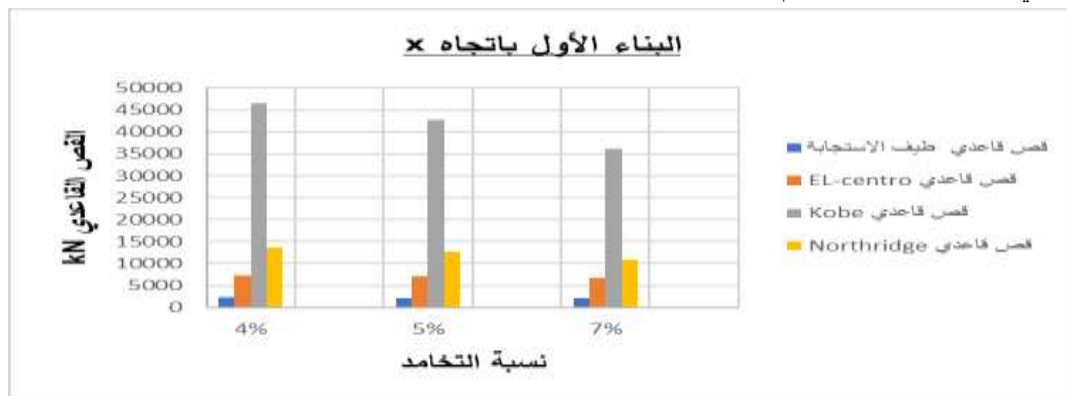
الجدول (6-1): تأثير تغير معامل التخماد α على قيم الاستجابة الزلزالية للبناء الأول

الإجهادات	الانتقال الطابقي الأعظمي	الانزياح الطابقي	دور الاهتزاز المتخامد	القص القاعدي	السجل المطبق
-8%	-7%	-7%	1%	-6%	x-طيف الاستجابة
-9%	-7%	-7%	1%	-6%	y-طيف الاستجابة
-8%	-7%	-7%	1%	-4%	Centro-x
-7%	-10%	-10%	1%	-12%	Centro-y
-13%	-12%	-12%	1%	-12%	Kobe-x
-11%	-11%	-8%	1%	-13%	Kobe-y
-9%	-8%	-8%	1%	-11%	Northridge-x
-9%	-8%	-7%	1%	-11%	Northridge-y

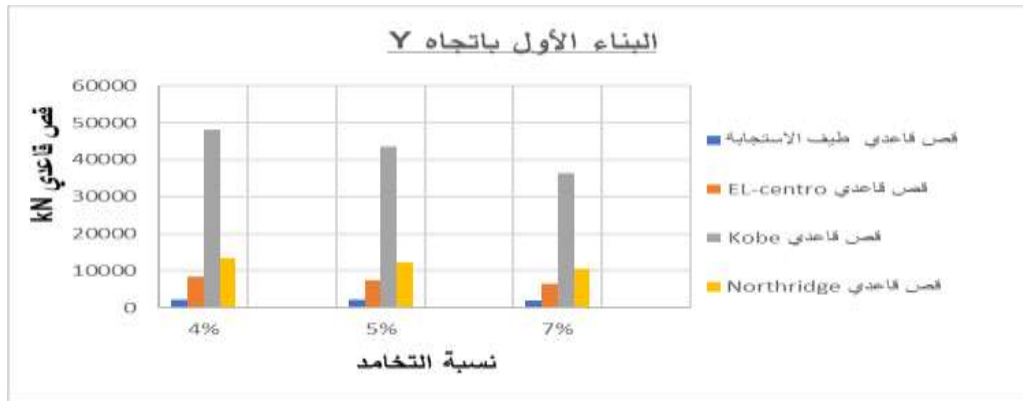
الجدول (6-2): تأثير تغير معامل التخماد α على قيم الاستجابة الزلزالية للبناء الثاني

الإجهادات	الانتقال الطابقي الأعظمي	الانزياح الطابقي	دور الاهتزاز المتخامد	القص القاعدي	السجل المطبق
-7%	-8%	-6%	1%	-3%	x-طيف الاستجابة
-7%	-7%	-7%	1%	-6%	y-طيف الاستجابة
-4%	-9%	-9%	1%	-10%	Centro-x
-6%	-8%	-10%	1%	-12%	Centro-y
-12%	-7%	-7%	1%	-8%	Kobe-x
-5%	-5%	-12%	1%	-12%	Kobe-y
-8%	-7%	-8%	1%	-5%	Northridge-x
-10%	-10%	-11%	1%	-9%	Northridge-y

♦ كما تبين الأشكال البيانية التالية تأثير خصائص الهزات المستخدمة على استجابة المبنىين الأول والثاني بالعلاقة مع معامل التخماد α حيث نلاحظ أن قيم الاستجابة الناتجة عن زلزال Kobe أكبر من قيم الاستجابة الناتجة عن الزلازلين الآخرين في كلا المبنىين وهذا ما تم توضيحه سابقاً.



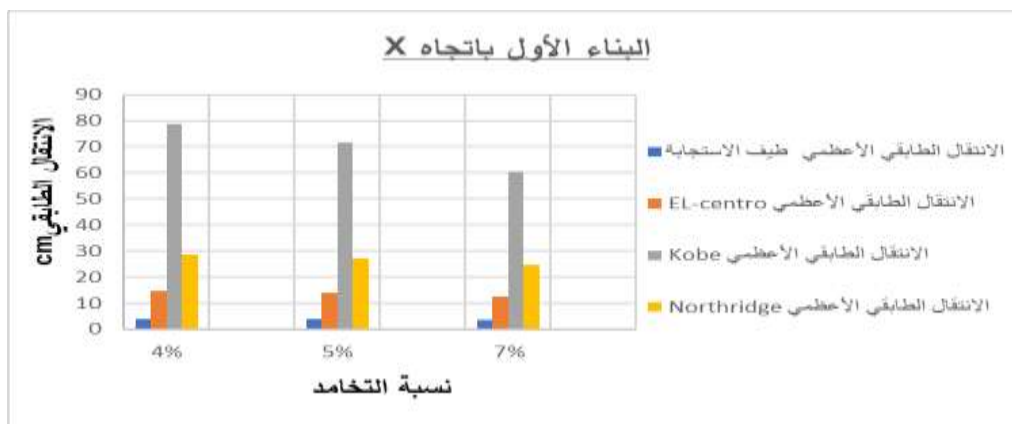
الشكل (3-1): المخطط البياني لقيم القص القاعدي في المبنى الأول والناتجة عن السجلات المطبقة باتجاه X



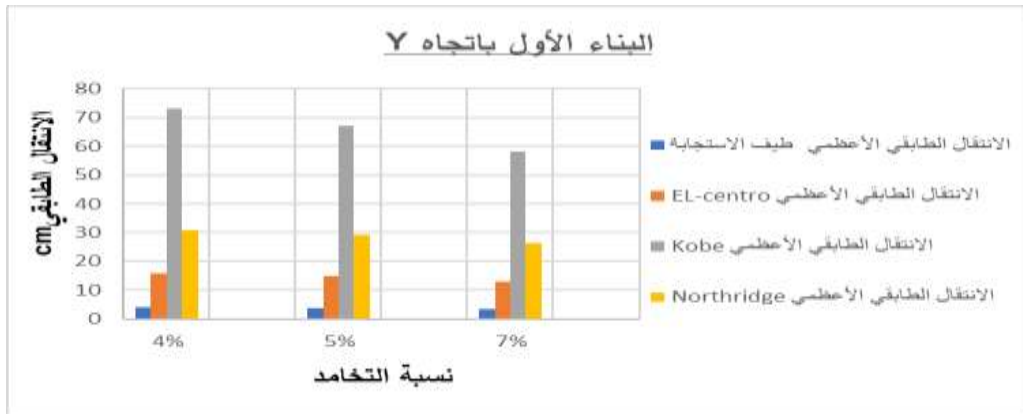
الشكل (2-3): المخطط البياني لقيم القص القاعدي في المبنى الأول والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه Y



الشكل (3-3): المخطط البياني لقيم دور الاهتزاز المتخامد في المبنى الأول بالاتجاهين X,Y



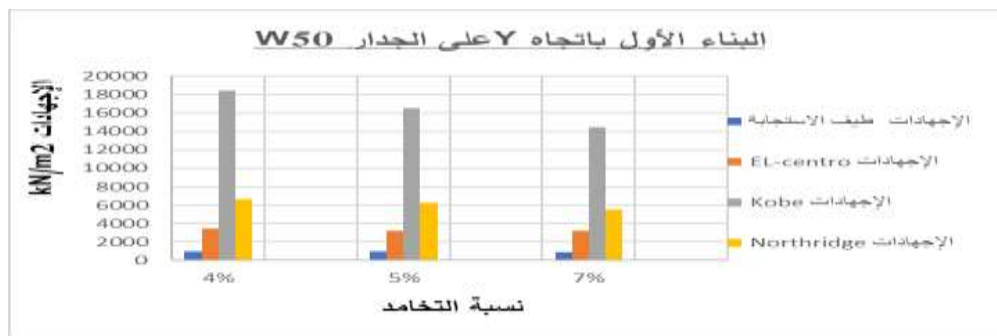
الشكل (4-3): المخطط البياني لقيم الانتقال الطائفي في المبنى الأول والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه X



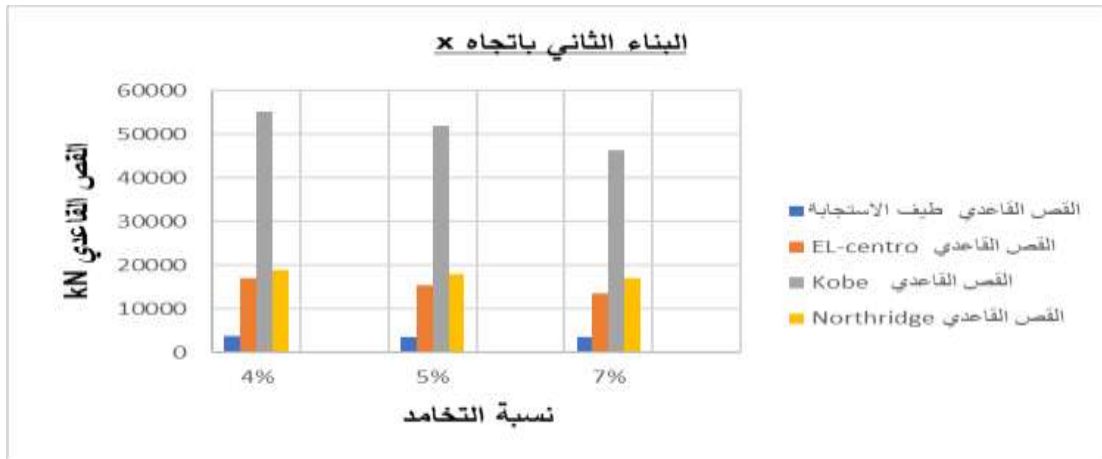
الشكل (3-5): المخطط البياني لقيم الانزياح الطائفي في المبنى الأول والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه Y



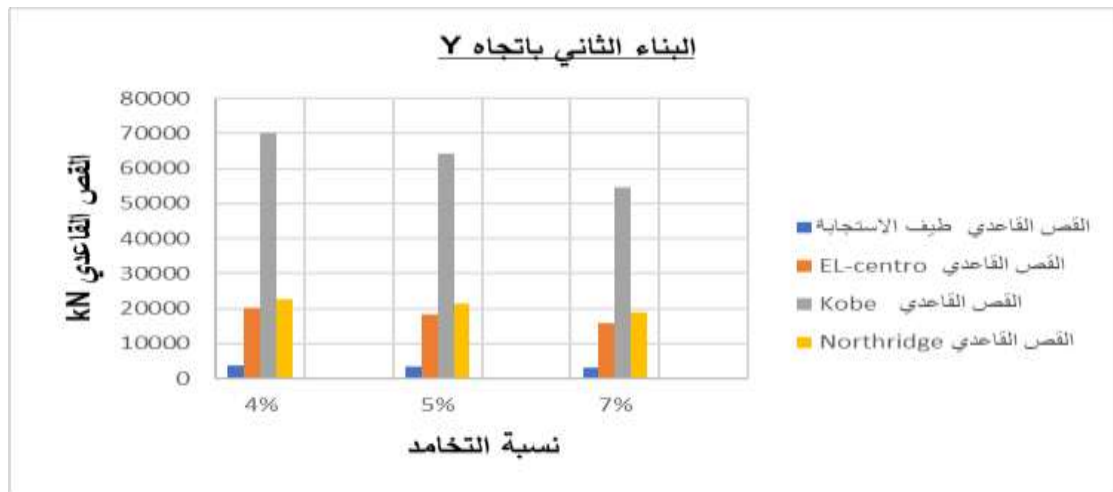
الشكل (3-6): المخطط البياني لقيم الإجهادات في المبنى الأول والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه X



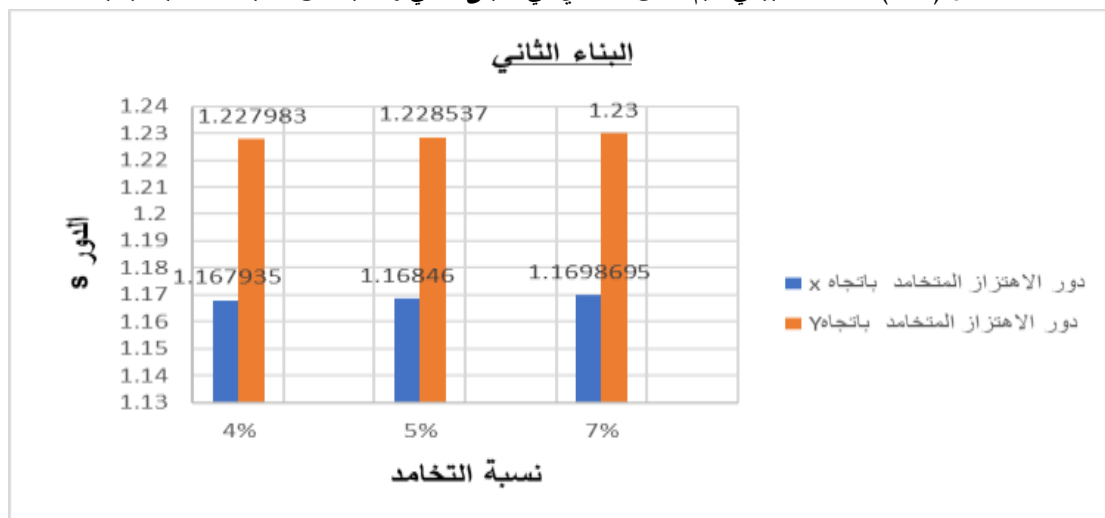
الشكل (3-7): المخطط البياني لقيم الإجهادات في المبنى الأول والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه Y



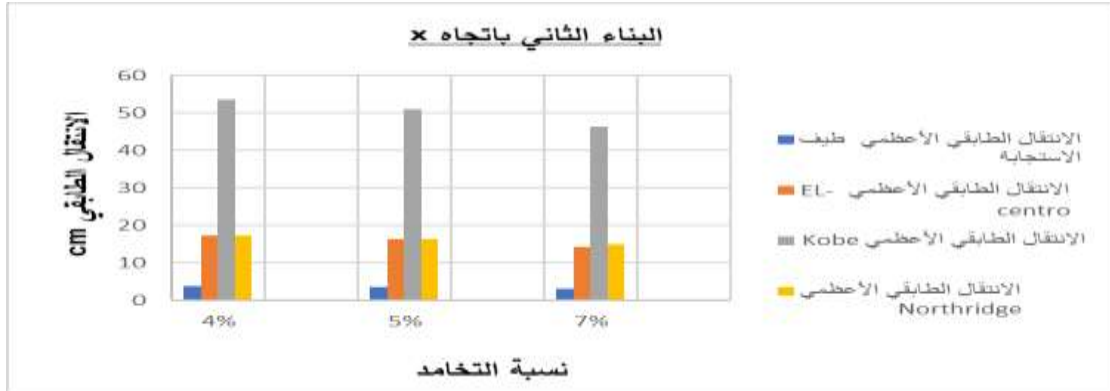
الشكل (4-1): المخطط البياني لقيم القوس القاعدي في المبنى الثاني والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه X



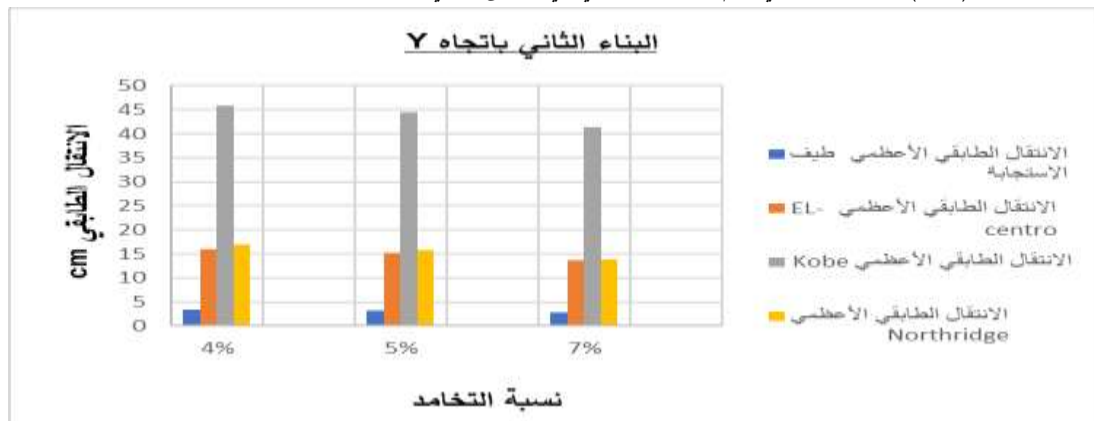
الشكل (4-2): المخطط البياني لقيم القوس القاعدي في المبنى الثاني والنتيجة عن السجلات المطبقة باتجاه Y



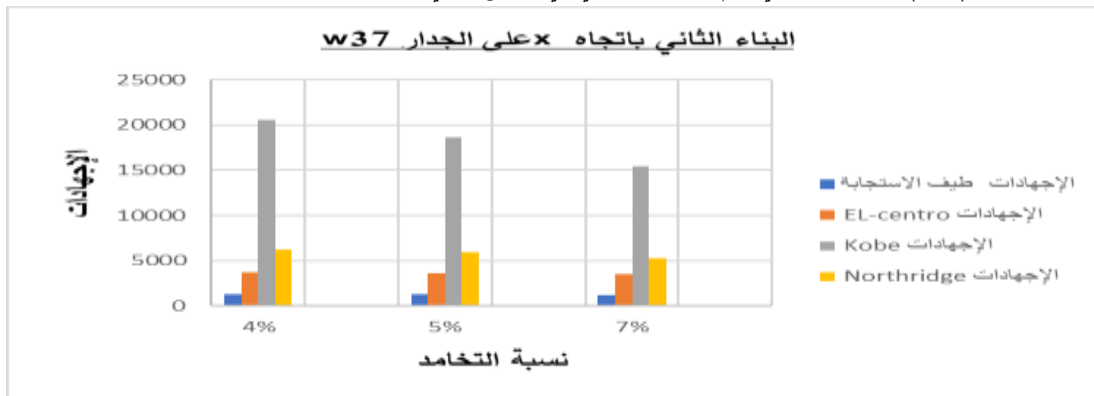
الشكل (4-3): المخطط البياني لقيم دور الاهتزاز المتخامد في المبنى الثاني بالاتجاهين X,Y



الشكل (4-4): المخطط البياني لقيم الانتقال الطائفي في المبنى الثاني الناتجة عن السجلات المطبقة باتجاه X



الشكل (4-5): المخطط البياني لقيم الانتقال الطائفي في المبنى الثاني الناتجة عن السجلات المطبقة باتجاه Y



الشكل (4-6): المخطط البياني لقيم الإجهادات في المبنى الثاني والناتجة عن السجلات المطبقة باتجاه X



الشكل (4-7): المخطط البياني لقيم الإجهادات في المبنى الثاني والناتجة عن السجلات المطبقة باتجاه Y

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- عند ازدياد قيمة **PGA** للسجل الزلزالي، تزداد قيم الاستجابة الزلزالية ولكن عند اقتراب هذه القيمة لسجلين زلزاليين يكون البارامتر المسيطر هو قيمة **PGV** فعند زيادة هذه القيمة تزداد قيم الاستجابة الزلزالية.
- 2- أظهرت نتائج التحليل الخطي أنّ نسبة تغير قيمة القص القاعدي مع تزايد معامل التخماد للنموذج الأول هي - 6% بالاتجاهين **X,Y** وللنموذج الثاني هي أيضاً -6% في الاتجاه **Y** و-3% في الاتجاه الآخر بينما اختلفت هذه النسبة عند نتائج التحليل اللاخطي لقيمة القص القاعدي فتراوحت للنموذج الأول ما بين (-4%,-13%) وللنموذج الثاني ما بين (-5%,-12%).
- 3- فيما يخص دور الاهتزاز المتخامد فعند زيادة معامل التخماد تزداد قيمة هذا الدور بنسبة 1% لكلا النموذجين وذلك في حالي التحليل الخطي واللاخطي بينما دور الاهتزاز الحر لا يتغير أي ليس له علاقة بتغير معامل التخماد.
- 4- نسبة تغير قيم الانتقالات الطابقية العظمى مع تزايد معامل التخماد للنموذج الأول في حالة التحليل الخطي هي - 7% بالاتجاهين وما بين (-8%,-12%) لذات النموذج بالتحليل اللاخطي أما فيما يخص النموذج الثاني فكانت النسبة في حال التحليل الخطي 7% وفي حالة التحليل اللاخطي ما بين (-5%,-10%).
- 5- بلغت نسبة تغير قيم الإجهادات مع تزايد معامل التخماد للنموذج الأول -8% في الاتجاه **X** و -8% في الاتجاه **Y** وبين (-7%,-13%) في التحليل اللاخطي وفيما يخص النموذج الثاني فكانت نسبة تغير قيم الإجهادات في حالة التحليل الخطي 7% بالاتجاهين وتراوحت ما بين (-8%,-11%) في حالة التحليل اللاخطي.
- 6- يمكن تعميم نتائج هذه الدراسة على نماذج مشابهة للنماذج المدروسة أي على الأبنية متوسطة الارتفاع.
- 7- يوصى بدراسة تأثير تغير نسبة التخماد على المباني الفولاذية التي لها نسب تخامد مختلفة كما يوصى بإجراء التحليل الديناميكي اللاخطي للنماذج المدروسة وفق سجلات مقيسه ويوصى أيضاً بدراسة نماذج لجمل إنشائية أخرى.

References:

- [1] Hassen.H, Gussein.Y, *Improving Seismic Response of Structures by Semi Active Control*, Damascus University, syria,2015,143.
- [2] Nasser. I, *Structural Dynamics*, Tishreen University, Syria,2008,415.
- [3] Appendix No. / 2 / to the Syrian Arab Code for the design and implementation of installations in reinforced concrete and the design and realization of installations to resist earthquakes, Damascus, 2012.
- [4] Hawija.B, *Structures &Lateral Loads*, Tishreen University, Syria,2017,490.
- [5] Srinivas. A, Suresh. B, Reddy. A, *Time History Analysis of Irregular Rc Building for Different Seismic Intensities-* International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol (8) 2017, 736-741
- [6] Patil. A, Kumbhar.P, *Time History Analysis of Multistoried RC Buildings for Different Seismic Intensities-* Int. J. Struct. & Civil Engg. Res, Vol (2), August 2013,195-201.
- [7] Kurma. C, Vignan. G, Teja. S, *Nonlinear Analysis of Multistoried Building with and without Shear Wall-* IJERT, Vol (7) 2018,23-28.
- [8] FAIZAN. A, KIRTEL. O, *Seismic Non-Linear Time History Analysis of Multi Storied RC Residential Buildings Subjected to Different Earthquake Ground Motions Using ETABS-* International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, Vol (7) 2019,1-8.

[9] Abdullah. M, Kulkarni. P, *Behavior of Multi-Storey RC Buildings Under Seismic Load Using Pushover Analysis-* IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Engm10m2021,1-11.

[10] CSI Software, *Computers and Structures*, Inc. [Quoted, 2015]. Available at:<<http://www.csiamerica.com/products/etabs>>.