

## دراسة أثر إضافة مخمدات احتكاكية على رفع الكفاءة الزلزالية لمبنى جملة ثنائية

م. سلام نجم الدين<sup>1</sup>

د.م. أمجد الحلواني<sup>2</sup>

### الملخص

يقدم البحث دراسة تحليلية لسلوك مبنى جملة ثنائية مزود بوصلة قابلة للتشوه ذات مخمدات احتكاكية تربط بين جدار القص والبلاطة (البلاطة مستندة على الأعمدة) تحت تأثير حمل ديناميكي، تم بدايةً نمذجة البلاطة والجدار و تم إضافة الوصلة متضمنة مخمد احتكاكي Friction Device معيّر ومدروس وفق قوة ناظرية محددة وأربع مساند مطاطية منخفضة التخماد مقواة بالكربون Rubber Bearing بحيث تم وضع الوصلة بين البلاطة وجدار القص. عند دراسة التوافق مع التجربة كانت استجابة الوصلة ككل مستقرة تحت تأثير الحمولات المطبقة، والغرض من وجود المساند المطاطية منخفضة التخميد استقرار الجدار خارج مستويه وإعادته لوضعه الأساسي والتقليل من التشوهات المتبقية، ثم نمذجة مبنى جملة ثنائية وذلك عبر استخدام طريقة العناصر المحدودة FEM بالاستعانة ببرنامج ABAQUS 6.19، وأخيراً تمت دراسة أثر إضافة الوصلة للمبنى وأثر تغيير أماكن تموضع المخمدات على سلوك المبنى وعلى رفع الكفاءة الزلزالية له. حيث كانت نتيجة إضافة الوصلة، انخفاض في قيم القص القاعدي، وحصة جدران القص من قوة القص، وقيم التسارعات الطابقية دون زيادة في الانزياح الجانبي.

<sup>1</sup> طالبة ماجستير - قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية - المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق - سورية.

<sup>2</sup> مدرس في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية - المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق - سورية.

الكلمات المفتاحية: مخمد احتكاكي FD، طريقة العناصر المحدودة FEM، الجملة الثنائية، مساند مطاطية منخفضة التخماد مقواة بالكربون RB، وصلة قابلة للتشوه.

## Studying the effect of Friction Dampers on Seismic upgrading of Dual reinforced concrete Building

Salam Najm Al-Deen<sup>1</sup>

Amjad ALhlwani<sup>2</sup>

### Abstract.

This research presents analytic study of Dual reinforced concrete Building behavior equipped with deformable connection consisting of Friction Dampers used to connect the shear walls system to the floor system . Shear wall and floor system were initially modeled then the connections consist Friction Damper(FD) and carbon fiber-reinforced laminated low-damping rubber bearings(RB)were added between floor system and shear wall to achieve a model matching the reality. The response of connection was stable under applied loads and the response of RB provides the required out-of plane stability to shear wall and reset and reduce the residual deformations. After that, shear walled-framed dual system building was modeled using ABAQUS 6.19 software, finally the effect of adding the connection and the effect of adjusting the friction damper position on the dynamic behavior and seismic upgrading of building were studied. It was notable that the addition of the connection was decreasing of the base shear values, shear wall shear of base shear force, and the floor acceleration without increasing of lateral drift.

---

<sup>1</sup> *Master student in the Structural Earthquake Engineering Department at Higher Institute of Earthquake Studies and Research (HIESR) - University of Damascus– Syria.*

<sup>2</sup> *Assistant Prof. in the Structural Earthquake Engineering Department at Higher Institute of Earthquake Studies and Research (HIESR) - University of Damascus– Syria.*

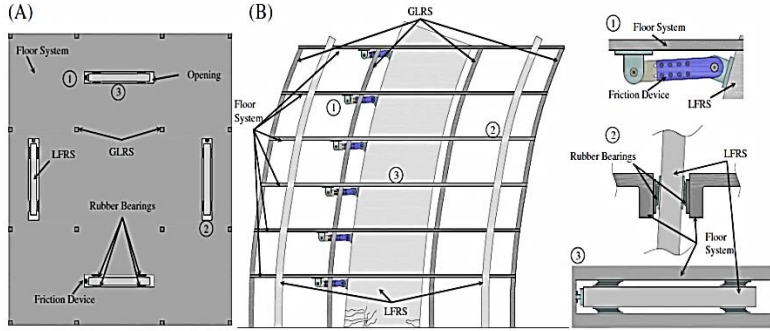
**Keywords:** Friction Device (FD), Finite Element Method (FEM), Dual System, low-damping rubber bearings, Deformable Connection.

## دراسة أثر إضافة مخمدات احتكاكية على رفع الكفاءة الزلزالية لمبنى جملة ثنائية

### 1-مقدمة البحث:

عند تعرض المبنى المقاوم للزلازل للهزات والحركات الأرضية، تنتقل قوى العطالة من البلاطة لجدران القص عبر اتصال صلب، وهذه القوى المتولدة ممكن أن تؤدي لاستجابة غير مرنة وأضرار متعددة بالجدران، [5]. يمكن إضافة أنظمة تحكم زلزالي، تستخدم في مقاومة قوى الزلازل، وتبديد الطاقة الزلزالية، وأيضاً تقليل الأضرار التي قد تحدث في المنشأ. وتقسم أنظمة التحكم إلى: ( أنظمة العزل الزلزالي القاعدي وأنظمة تبديد الطاقة). وتتخلص أنظمة تبديد الطاقة ب: المخمدات الصلبة:(المخمدات المعدنية،مخمدات الاحتكاك)،والمخمدات للزجة:( المخمدات للزجة السائلة واللزجة المرنة)، [3].

تم العمل بهذا البحث على تزويد المبنى المقاوم للزلازل ذو الجملة الثنائية بوسيلة تعمل على الفصل بين الجدران (بوصفها مكونات لمقاومة القوى الأفقية فقط )، وبين البلاطة (بلاطة مستندة على الإطارات حصراً التي تنقل حمولات الثقالة للأساسات)، وتتصرف زلزالياً بسلوكها المرن، وينقل شبه معدوم للقوى بينها وبين الجدران. الوسيلة المعتمدة بين البلاطة والجدار هي: FD+RB)Connection وهي عبارة عن: مخمد احتكاكي (Friction Damper) FD حيث يستخدم كوسيلة لرفع الكفاءة الزلزالية وذلك نظراً لكلفته الاقتصادية المنخفضة ولسلوكه الواضح المستقر المتماثل بين الشد والضغط وقدرته على تبديد الطاقة الزلزالية أثناء الإثارات الزلزالية، وصفائح من المطاط منخفضة التخماد مقواة بالكربون (carbon fiber-)RB reinforced laminated low-damping rubber bearings ويوضح الشكل [1] مثلاً تخطيطياً لمبنى مزود بوصلات احتكاك-مطاط.

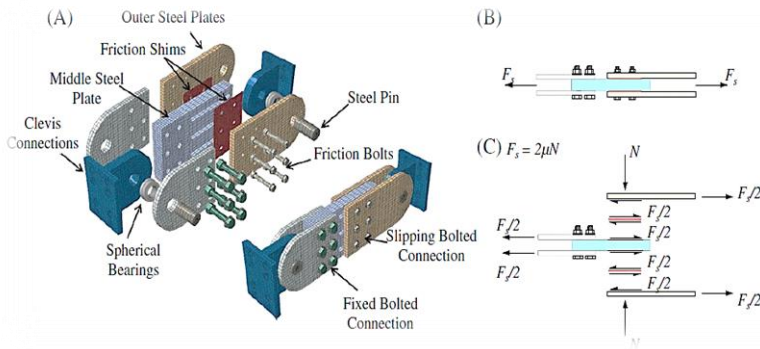


الشكل [1]: وصلة (FD)+(RB) ضمن مبنى جداري بيتوني مسلح، A مسقط للمبنى، B مقطع للمبنى و(1) حركة نسبية بين الجدار والبلاطة، (2) دوران نسبي بين الجدار والبلاطة، و(3) حركة أفقية بينهما.

مكونات الوصلة:

### 1. مخمد احتكاكي (Friction Damper):

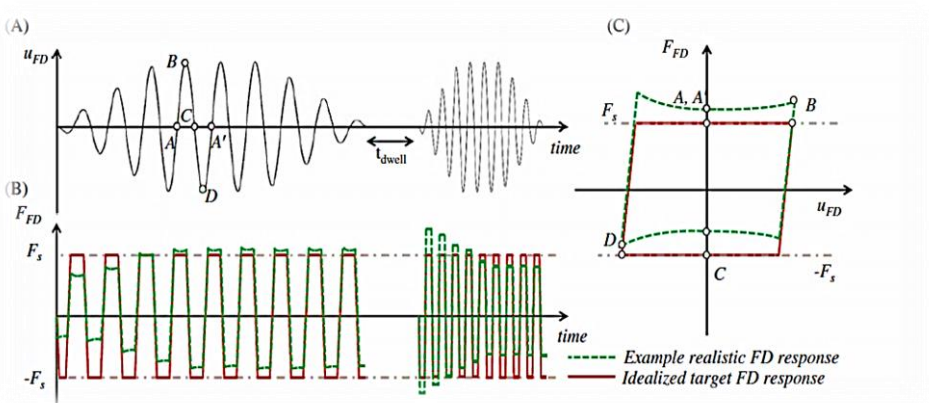
منذ عام 1980 تم البدء بتطوير مخمدات احتكاكية فعالة لتحسين الاستجابة الزلزالية للمنشآت بهدف تبطئ حركة المبنى، وتعتمد في تبديد الطاقة على ميكانيكية الاحتكاك الصلب المتطور بين جسمين صلبين منزلقين على بعضهم البعض حيث تلعب دور مهم بالتحكم بالحركة وبالتالي تبديد الطاقة على شكل حراري خلال الإثارة الزلزالية، [2]. ويوضح الشكل [2] مكونات المخمد الاحتكاكي:



الشكل [2]: تفصيل أجزاء أداة الاحتكاك، (B) و(C) مخطط الجسم الطليق الأمثلي للمخمد الاحتكاكي.

### خواص المخمد الاحتكاكي:

يتصرف بشكلٍ أساسي بسلوكٍ ثنائي الخطية، مع صلابة بدائية مرتفعة جداً، وشكل الحلقة يدل على قدرتها على تبديد الطاقة في كل دورة حركة، كما هو مبين بالشكل [3]، ويتبع لحمولات معينة لتقديم التخميد المطلوب غير حساس للتأثيرات الحرارية، [6].



الشكل [3]: استجابة مخمد الاحتكاك والمقارنة بين السلوك الواقعي والسلوك الأمثلي.

### 2- المساند المطاطية منخفضة التخماد (Rubber Bearing).

يتألف المسند المطاطي منخفض التخماد من طبقات من المطاط الطبيعي أو الصناعي، يؤمن الاستناد المرن بسبب الصلابة الجانبية المنخفضة، مسلح بصفائح من الفولاذ أو الكربون لتأمين الصلابة الناظرية اللازمة لتحمل الحمولات والضغط المطبق، يسلك سلوكاً مرناً وليس لديه القدرة على تبديد الطاقة بشكلٍ كافٍ وتتراوح قيمة التخماد % (2-3) من قيمة التخماد الحرج، [6]. يوضح الشكل [4] توضع مخمد الاحتكاك والمساند المطاطية بين البلاطة وجدار القص.



الشكل [4]: توضع مكونات الوصلة ضمن مبنى بيتوني مسلح.

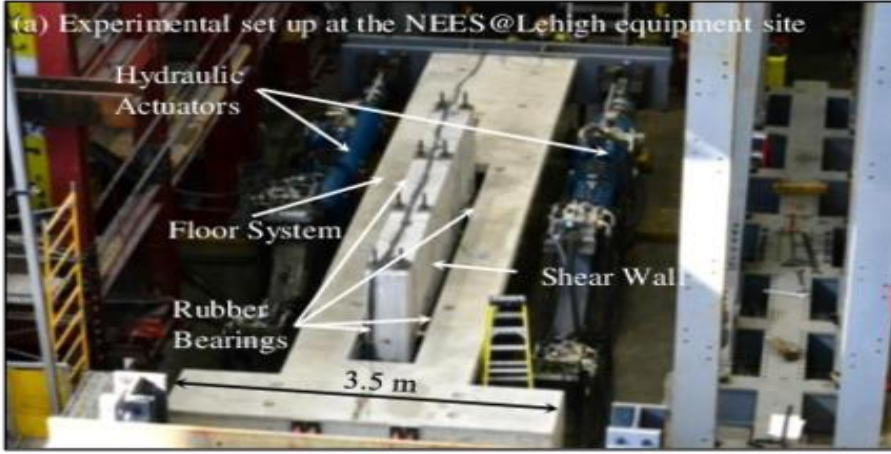
## 2-هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة مبنى جملة ثنائية مزود بوصلة ذات مخمدات احتكاكية ومساند مطاطية بين البلاطة و جدار القص، وذلك باستخدام طريقة العناصر المحدودة عن طريق برنامج ABAQUS 2019 [1]، ودراسة تأثير الوصلة على السلوك الكلي للمبنى، وعلى رفع الكفاءة الزلزالية، ويهدف أيضاً لإيجاد التوزيع الأفضل للمخمدات على كامل المقطع الطولي لنموذج المبنى.

## 3- مواد وطرائق البحث:

### **3-1: معايير الوصلة التجريبية:**

تم اختيار نموذج تجريبي من إحدى الدراسات المرجعية التجريبية Tsamper2017 [3]، حيث تمت نمذجة البلاطة وجدار القص ومكونات الوصلة باستخدام طريقة العناصر المحدودة FEM وبالاعتماد على برنامج ABAQUS 6.19، ومن ثم معايرة نتائج النموذج التحليلي مع نتائج النموذج التجريبي تحت تأثير انتقالات دورية. يوضح الشكل [5] النموذج التجريبي للبلاطة والجدار والوصلة القابلة للتشوه ضمن المخبر، والشكل [6] النموذج التحليلي للبلاطة-جدار قص والوصلة بينهما.



الشكل [5]: التجهيزات المخبرية للوصلة بالمخبر.

### 3-1-1: توصيف النموذج التحليلي:

تمت نمذجة البلاطة والجدار مع تمثيل الشروط المحيطية:

- نمذجة البلاطة (Shell) بسماكة 15cm وأبعادها (3.5\*7) m ، والجدار (Shell) بسماكة 40cm محاط بفتحة (0.5\*5)m ضمن البلاطة. خواص المادة المستخدمة:

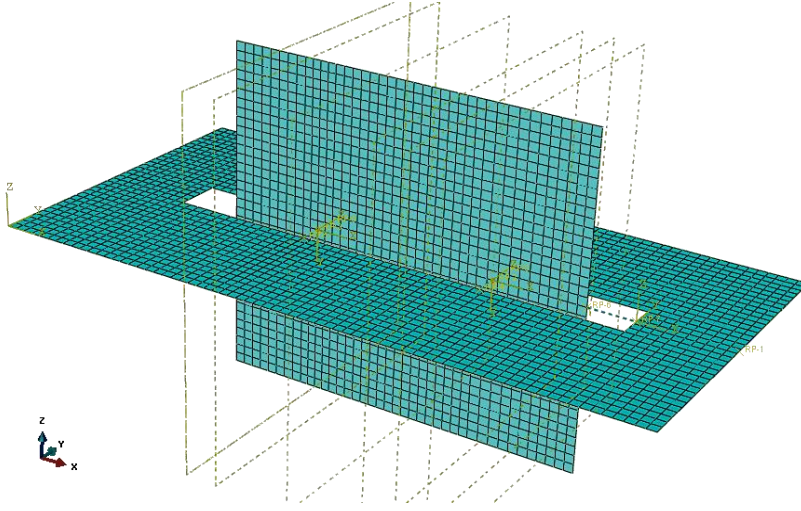
E(N/m <sup>2</sup> )	Density(kg/m)	المادة
30*10 <sup>9</sup>	2500	Concrete

- نمذجة المخمد الاحتكاكي والمساند المطاطية بواسطة Connectors:

تعريف connector نوع Friction بمعامل تخميد 0.45 وقوة ناظمية N=1800kN، وأربعة connectors لها خواص المساند مطاطية ولكل منها: سلوك elasticity ب: Kc=656 kN/mm قساوة ناظمية ، Keff=1.5 kN/mm قساوة قصية

C=0.944 kN.S/mm معامل التخماد

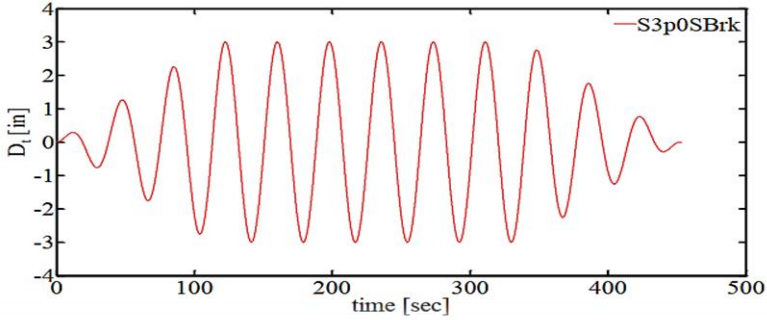




الشكل [6]: نموذج بلاطة- جدار قص.

- تطبيق نموذج التحميل:

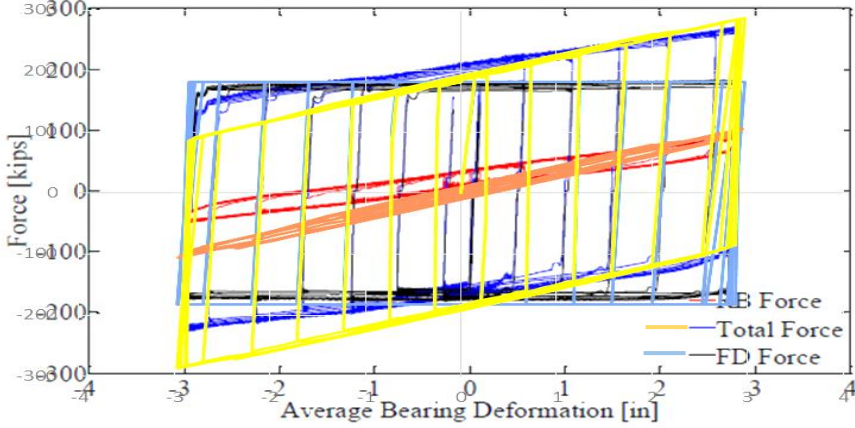
التحميل المطبق كما هو موضح بالشكل [7] وهو تحميل دوري وباتجاه المحور X مطبق بنقطة reference point على حافة البلاطة.



الشكل [7]: التحميل المطبق.

### 3-1-2: نتائج معايرة التجربة ومناقشتها:

يوضح الشكل [8] الاستجابة لوصلة الاحتكاك مطاط بين البلاطة-جدار القص في الدراستين التجريبية والتحليلية، ويلاحظ مدى التوافق الكبير بين الدراستين، وهذا يشير لكفاءة البرنامج المستخدم في تمثيل الواقع، وفي الوصول إلى نتائج مرضية.



الشكل [8]: حلقات الاستجابة التجريبية (القوة الكلية باللون الأزرق)، والتحليلية (القوة الكلية باللون الأصفر).

نلاحظ : القوة الكلية للاحتكاك منطبقة بين النموذج والتجربة  $FD=180kips$ ، بينما سلوك المطاط بنموذج المخبر غير متناظر بين الشد والضغط (المبين باللون الأحمر ضمن الشكل (8)) ، أما بالنموذج التحليلي يظهر سلوك المطاط متناظراً تماماً هذا مايفسر انطباق الحلقة بحالة الشد تقريبا أما بحالة الضغط الاختلاف بسلوك المطاط أدى لاختلاف بالسلوك الكلي للوصلة بحالة الضغط. تمت المقارنة بين القساوت التجريبية والقساوت التحليلية عند كل دورة تحليل، وإيجاد الفروق النسبية بينهما كما هو مبين بالجدول (1)، كما ويبين الجدول (2) الفرق النسبي بين كمية الطاقة المبددة بين النموذجين التجريبي والتحليلي.

الجدول (1): القساوات التجريبية والتحليلية والفروق النسبية بينهما.

القساوة الجانبية (Kip/in)			
الحلقة	القساوة التجريبية Kip/in	القساوة التحليلية Kip/in	الفروق النسبية (%)
1	1060.54	776.9	26.8%
2	315.07	285.29	9.36%
3	186.62	183.2	1.8%
4	134.81	141.65	4.83%
5	108.3	119.66	9.5%
6	91.45	102.3	10.6%
7	88.86	96.14	7%

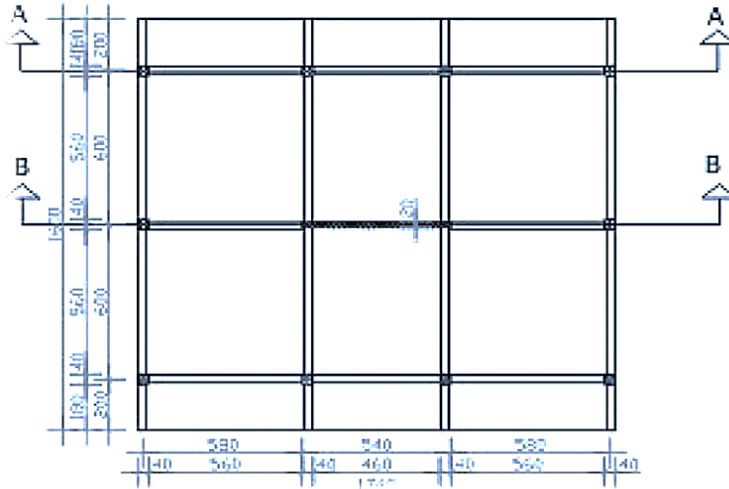
الجدول (2): مقارنة كمية الطاقة المبددة في النموذجين التجريبي والتحليلي.

كمية الطاقة الكلية المبددة (Kip.in)			
الحلقة	النموذج التجريبي	النموذج التحليلي	الفروق النسبية (%)
1	109.17	179.5	36%
2	463.89	509.11	9%
3	833.62	876	4.9%
4	1212.82	1224.68	1%
5	1585.51	1572.21	1%
6	1928.02	1960.55	1.6%
7	2093.68	2152.15	2.7%

كانت النتائج متقاربة ولم تتجاوز الفروقات النسبية الـ 10% لجميع الحلقات باستثناء الحلقة الأولى بسبب الاختلاف بالقساوة الابتدائية للمخمد الاحتكاكي بين النموذج والتجربة.

### 3-2 معايير مبنى جملة ثنائية:

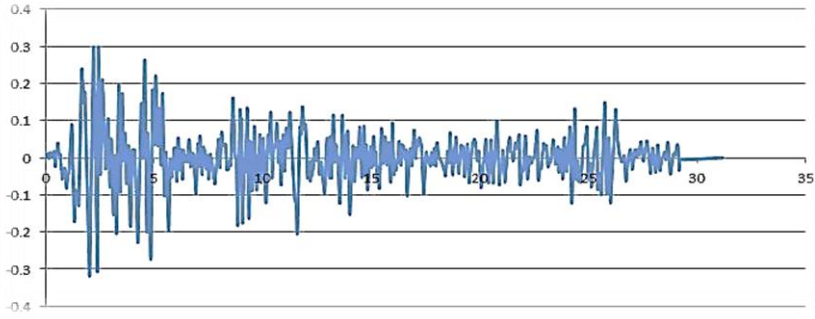
مبنى جملة ثنائية من 10 طوابق، المسقط الأفقي للمبنى من إطارين وإطار-جدار قص بالاتجاه المدرس x، [4]، كما هو موضح بالشكل [9].



الشكل [9]: المسقط الأفقي للمبنى المدرس.

### 3-2-1: توصيف نموذج المبنى المعتمد:

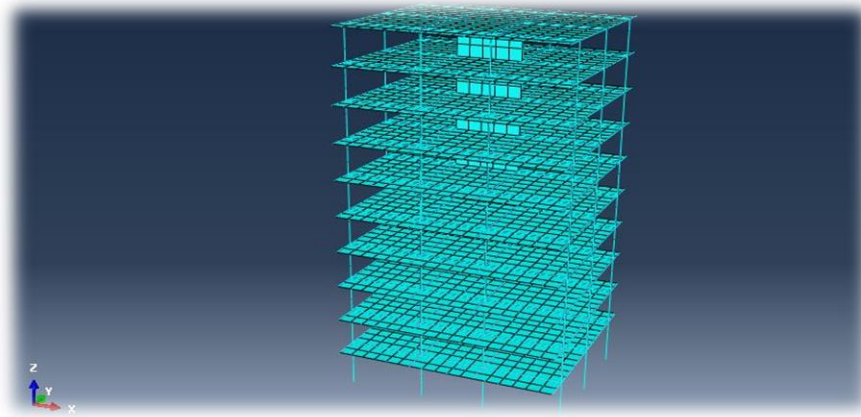
الارتفاعات الطابقية 3m فقط الطابق الأرضي 3.75m ، أبعاد الأعمدة (60\*60)cm، وجميع الجوائز (30\*50)cm سماكة الجدار 20cm، الحمولات:  $DL= 9kN/m^2$  ،  $LL=3.5kN/m^2$ ، التحليل الديناميكي Time History والزلزال المطبق: (Elcentro) شدته 0.3g كما هو موضح بالشكل [10].



الشكل [10]: السجل الزمني لزلزال Elcentro.

تمت النمذجة على برنامج Abaqus 6.19، النموذج موضح بالشكل [11]، البلاطات والجدران نوع shell بينما الإطارات نوع Frame Beam element.

المواد المستخدمة: البيتون :  $f_c=35 \text{ mPa}$  ، فولاذ التسليح:  $f_y= 400\text{mPa}$  مع تمثيل الشروط المحيطية حيث المبنى موثوق من الأسفل، ومطبق الحمل الزلزالي بالاتجاه x.

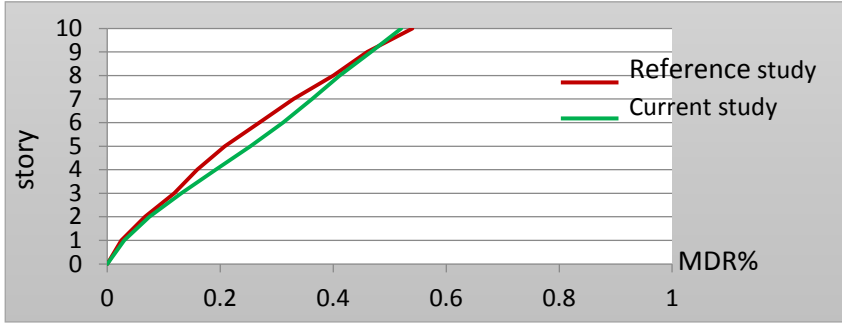


الشكل [11]: النموذج التحليلي للمبنى.

### 2-2-3: نتائج المعايرة للمبنى:

#### 1-2-2-3: نسبة الانزياح الأعظمية MDR%:

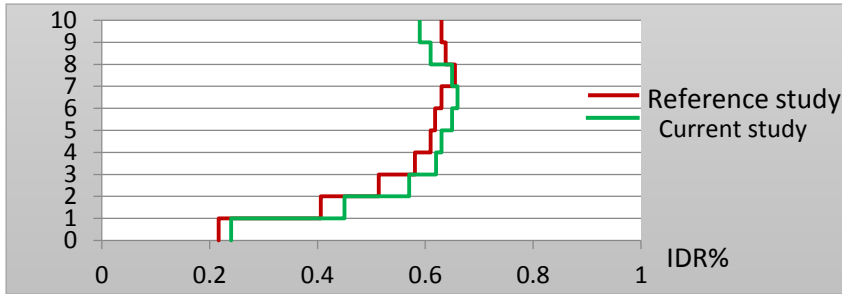
يوضح الشكل [12] نسبة الانزياح الأعظمية لمبنى الدراسة المرجعية، ولنموذج المبنى التحليلي حيث لم يتجاوز الفرق النسبي بينهما الـ 3.7%.



الشكل [12]: نسبة الانزياح الأعظمية الـ MDR% لنموذج الدراسة، ولنموذج التحليلي للمبنى المعتمد.

#### 2-2-2-3: نسبة الانزياح الداخلية IDR%:

عند مقارنة قيم الانزياحات الداخلية للنموذج التحليلي مع نموذج الدراسة المرجعية كما هو موضح بالشكل [13] نلاحظ أن أكبر نسبة اختلاف هي 10% عند الطابق الثالث.



الشكل [13]: نسبة الانزياح الداخلية الـ IDR% لنموذج الدراسة، ولنموذج التحليلي للمبنى المعتمد.

### 3-2-2-3: نسبة حصة جدار القص من قوة القص القاعدي:

حصة جدار القص لنموذج المبنى كانت 77% من قوة القص القاعدي وهي مطابقة للدراسة المرجعية.

بعد الانتهاء من معايرة المبنى والتحقق من دقة النموذج تم دراسة أثر تزويد الوصلة على سلوك المبنى.

### 3-3: إضافة الوصلة للمبنى:

#### 1-3-3: توصيف النموذج:

1- إعادة النمذجة لمبنى الجملة الثنائية كما في الخطوة السابقة ولكن دون تعريف اتصال صلد بين الجدار ونظام البلاطة.

2- تعريف مكونات الوصلة (المخمد الاحتكاكي والمساند المطاطية) عن طريق الـ connectors كما تم تعريفها عند معايرة تجربة [3], Tsamper 2017.

3- الربط بين البلاطة والجدار بالـ connectors عند كل مستوي اتصال.

### 2-3-3: نتائج إضافة الوصلة لنموذج المبنى:

#### 1- القص القاعدي وحصة جدار القص:

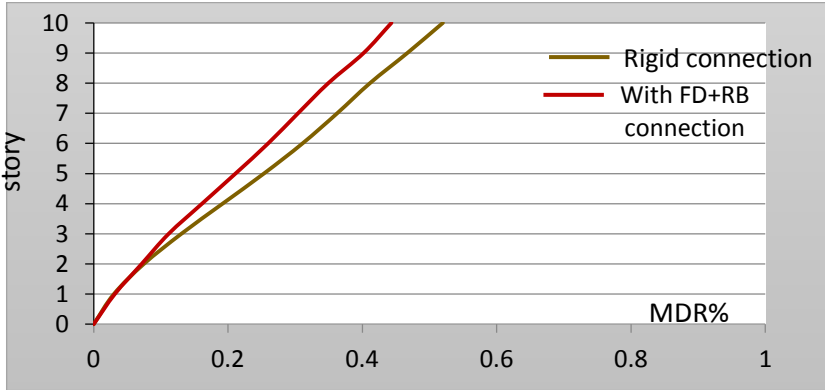
انخفض القص القاعدي بنسبة 19% بعد اعتماد طريقة الوصل بين البلاطة وجدار القص عن طريق وصلة احتكاك - مطاط كما هو مبين بالجدول (3).

الجدول (3): المقارنة بين قيم القص القاعدي لنموذج المبنى التحليلي ولنموذج المبنى مع وصلات الـ FD و RB.

الفرق النسبي %	النموذج مع وصلات	النموذج باتصال صلد	
19%	7140	8815	القص القاعدي (kN)
	5350	6845	حصة جدار القص (kN)

## 2- نسبة الانزياح الجانبي الأعظمية %MDR:

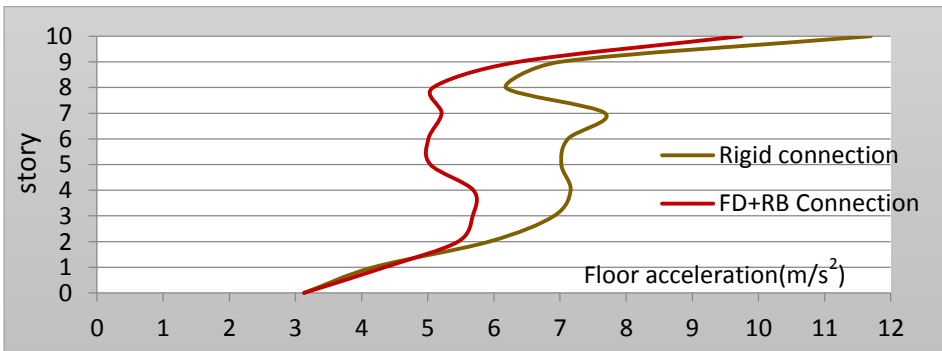
أثرت الوصلة على الانزياح الجانبي للمبنى حيث انخفضت الـ MDR بنسبة 15%، كما هو موضح بالشكل [15].



الشكل [15]: نسبة الانزياح الأعظمي لنموذج المبنى مع وبدون وجود الوصلات.

## 3- التسارعات الطابقية:

نتيجة التخماد الحاصل وتبديد الطاقة انخفضت قيم التسارعات الطابقية بنسبة تصل لـ 30% للطوابق الوسطية وبنسبة 17% بالنسبة للطابق الأخير، موضحة بالجدول (4)، وأيضاً بالشكل [16].



الشكل [16]: قيم التسارعات الطابقية لنموذجي المبنى (الاتصال الصلد التقليدي وحالة

وجود الوصلات)



الجدول(4): المقارنة بين قيم التسارعات الطابقية لنموذج المبنى التحليلي ونموذج المبنى مع وصلات الـFD وRB.

Floor Acceleration(m/s <sup>2</sup> )			
الفرق النسبي %	النموذج باتصال صلد	النموذج مع وصلات	الطابق
-4%	4.18	4.35	1
8%	5.93	5.46	2
18%	6.91	5.68	3
21%	7.16	5.69	4
28%	7.02	5.04	5
30%	7.12	5.01	6
32%	7.68	5.21	7
18%	6.18	5.08	8
9%	7	6.37	9
17%	11.7	9.74	10

بعد إضافة الوصلة على كافة الطوابق تم البحث عن أفضل طريقة ممكنة لتوزيع الوصلات على كامل المقطع الشاقولي للمبنى لإعطائه سلوكاً أفضل.

3-3: تغيير أماكن توزيع الوصلة على كامل المقطع الطولي للمبنى..

بناءً على عدة محاولات تم التوصل لأفضل حل ممكن وهو:

إضافة مخمدي احتكاك على كامل ارتفاع المبنى مخمد في الطابق الخامس وآخر في الطابق العاشر فقط، والإبقاء على المساند المطاطية عند كل مستوى ترابط بين الجدار والبلاطة للحفاظ على استقرار الجدار خارج المستوي.

فكانت نتائج المقارنة:

□ القص القاعدي وحصّة جدار القص:

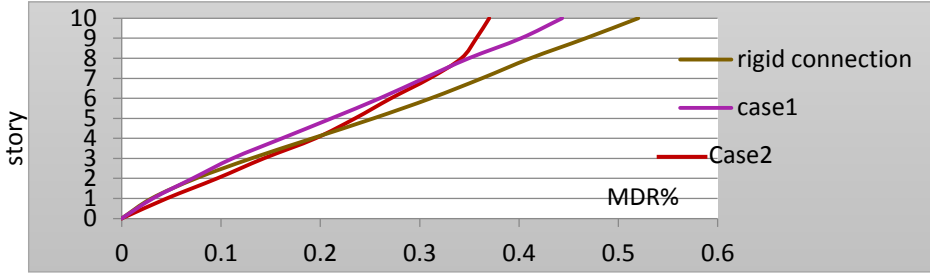
جدول (5): الفرق بين قوة القص القاعدي بحالة المبنى باتصال صلد ونموذج المبنى مع الوصلات، وحصّة جدار القص من قوة القص في كل حالة .

الفرق النسبي %	نموذج التوزيع المعتمد للمخمدات	الفرق النسبي %	النموذج مع وصلات	النموذج باتصال صلد	
48%	4600	19%	7140		القص القاعدي (kN)
	31% 1430		75% 5350	78% 6845	حصّة جدار القص (kN)

انخفضت قوة القص القاعدي بنسبة 48% وذلك بسبب السماح بالحركة النسبية عند المستويات الطابقية.

□ نسبة الانزياح الأعظمية MDR%:

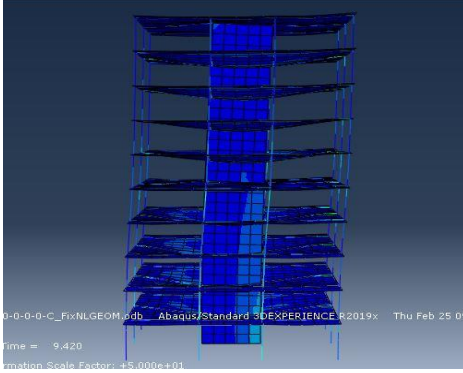
قيم MDR% للحالات الثلاث السابقة موضحة بالشكل [17].



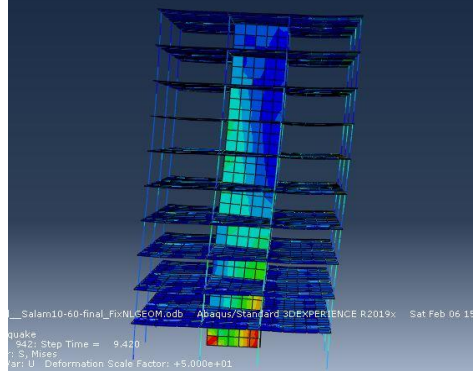
الشكل [17]: نسب الانزياح الأعظمية MDR% لنماذج مبنى الـ 10 طوابق حالات وجود الوصلات وبدون وجود وصلات.

نلاحظ أن الانزياحات الجانبية انخفضت بنسبة 29% بحالة التوزيع المعتمدة للمخمدات عن حالة الاتصال الصلد، حيث إضافة وصلات التخميد غيرت من نمط

الاهتزاز للنموذج، ويبين الشكل [18] الفرق بين الإجهادات المتولدة بالجدار بحالة اتصال صلد وحالة وجود مخمدي احتكاك في نفس اللحظة الزمنية.



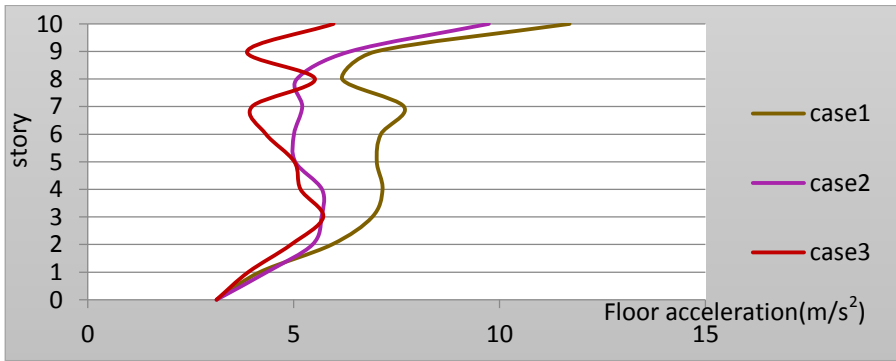
الشكل [18-2]: الإجهادات المتشكلة في الجدار بحالة مخمدي احتكاك.



الشكل [18-1]: الإجهادات المتشكلة في الجدار بحالة الاتصال الصلد.

#### التسارعات الطابقية:

تمت مقارنة قيم التسارعات الطابقية للحالات الثلاث (1-حالة اتصال صلد-2-حالة مخمدات على كامل الطوابق-3-حالة مخمدي احتكاك فقط) كما هو مبين بالشكل [19]، والجدول (7).



الشكل [19]: قيم التسارعات الطابقية لنماذج مبنى الـ 10 طوابق للحالات الثلاث.

جدول (7): الفرق بين قيم التسارعات الطابقية بحالة المبنى بالاتصال الصلب وحالات وجود الوصلات.

Floor Acceleration(m/s <sup>2</sup> )					
الفرق النسبي %	Case3	الفرق النسبي %	Case2	Case1	الطابق
7%	3.9	-4%	4.35	4.18	1
17%	4.94	8%	5.46	5.93	2
17%	5.72	18%	5.68	6.91	3
28%	5.17	21%	5.69	7.16	4
28%	5.02	28%	5.04	7.02	5
39%	4.33	30%	5.01	7.12	6
48%	3.99	32%	5.21	7.68	7
11%	5.52	18%	5.08	6.18	8
45%	3.87	9%	6.37	7	9
49%	5.97	17%	9.74	11.7	10

انخفضت قيم التسارعات الطابقية بنسب وصلت لـ 49% بالطابق الأخير في حالة وجود مخمدي احتكاك فقط على كامل ارتفاع المبنى.

#### 4- نتائج البحث:

تم في هذا البحث دراسة سلوك وصلة قابلة للتشوه مكون من مخمد احتكاكي وأربعة مساند مطاطية بين البلاطة وجدار القص، والتأكد من سلوكها المستقر تحت تأثير حمل دوري، حيث تم إجراء التحليل العددي باستخدام طريقة العناصر المحدودة FEM، كذلك تمت معايرة مبنى جملة ثنائية تحت تأثير حمل ديناميكي ومن ثم تم إضافة الوصلة للمبنى ودراسة أثر وجودها رفع الكفاءة الزلزالية، تم التوصل إلى النتائج التالية:

1. عدم اعتماد الاتصال الصلد بين مكونات الجملة التثائية والاستعاضة عنه بوصلة قابلة للتشوه تحوي مخمد احتكاك يرفع من الكفاءة الزلزالية للجملة.
2. اعتماد نمذجة مكونات الوصلة (مخمد الاحتكاك والمساند المطاطية) ضمن نموذج المبنى تعطي السلوك المستقر والمماثل للواقع.
3. إضافة وصلة احتكاك - مطاط لمبنى جملة ثنائية خفضت من قيمة القص القاعدي، ومن حصة جدار القص من قوة القص عند تطبيق تحليل ديناميكي، ومن قيم التسارعات الطابقية، وحافظت على استقرار المنشأ.
4. توزيع الوصلات بحيث مخمدي احتكاك فقط ضمن نموذج مبنى الـ10 طوابق (على الطابقين 5 و10) رفع من الكفاءة الزلزالية للنموذج أكثر مما هو حاصل في حالة توزيع الوصلات على كامل الطوابق.

## 5- المراجع:

- 1- Abaqus. (2019). ABAQUS user's manual. Version 6.19.
- 2- Castaldo, P. (2014). Integrated seismic design of structure and control systems. New York: Springer International Publishing.
- 3-Franklin Y.cheng,Hongping jiang and Kangyu lou.(2008).,SMART STRUCTURES innovative systems for seismic response control.
- 4-Sigmund, V., Guljas, I., & Hadzima-Nyarko, M. (2008, January). Base shear redistribution between the R/C dual system structural components. In *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*.
- 5- Tsampras, G., Sause, R., Fleischman, R. B., & Restrepo, J. I. (2017). Experimental study of deformable connection consisting of buckling-restrained brace and rubber bearings to connect floor system to lateral force resisting system. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 46(8), 1287-1305.
- 6- نجار داليا. (2017)،تطور نموذج عددي لمسند عزل مطاطي باستخدام خلطة ذاكرة الشكل لرفع الكفاءة الزلزالية للمنشآت الخرسانية المسلحة ،أطروحة دكتوراه مجازة في الهندسة الإنشائية الزلزالية ، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية ، جامعة دمشق.