

## **Seismic strengthening of R.C structures with exterior shear walls**

Osama Salem

Dr. Ihssan Tarsha

Dr. Abdo Alrazak Salem

Mst. student

Prof. Structural engineering

Prof. Structural engineering

### **Abstract**

Most of the existing buildings in Syria may not meet the design requirements for seismic load resistance, so they may be subject to a range of serious damage that may reach the point of collapse.

In order to reduce seismic danger, existing buildings must be repaired and strengthened to increase their resistances for seismic acts and thus to reduce physical and human damage.

The study of the method of strengthening by adding external shear walls, analyzed 54 models with several variables (the rise of the phase, seismic zone, foundation soil).

The analysis was done by the ETABS program according to the static method and the dynamic method (the response spectrum method) and then discuss the results of the analysis (base shear, period, total floor displacements, relative floor displacements, the occupancy rate of the shear wall)..

The study showed the effectiveness of the strengthening by external shear walls, which increase the lateral stiffness relatively large and the building is able to resist the horizontal forces and thus reduce the damage caused by earthquakes and prevent the collapse of the building.

**Keywords:** strengthening, base shear, story drift, concrete structures, exterior shear wall

# التدعيم الزلزالي للمنشآت المسلحة بجدران قص خارجية

م. أسامة سالم

د.م. عبد الرزاق سالم

د. م. إحسان الطرشة

جامعة البعث – كلية الهندسة المدنية

## الملخص :

إن معظم الأبنية القائمة في سوريا لا تحقق الاشتراطات التصميمية الخاصة بمقاومة الأحمال الزلزالية، لذلك قد تكون عرضة لجملة من الأضرار الخطيرة التي قد تصل لحد الانهيار، وللمحد من الخطر الزلزالي لابد من إعادة تأهيل المباني القائمة ليتم تقويتها وتدعيمها لزيادة قدرة تحملها للأفعال الزلزالية، وبالتالي تخفيف الأضرار المادية والبشرية، وتناولت هذه الدراسة طريقة التدعيم بإضافة جدران قص خارجية، حيث تم تحليل 54 نموذج بمتغيرات عدة (الارتفاع الطابقي، المنطقة الزلزالية، تربة التأسيس) ، وتم التحليل ببرنامج ETABS بالطريقتين الستاتيكية المكافئة والديناميكية (طريقة طيف الاستجابة) وتمت مناقشة النتائج وتحليلها (القص القاعدي، الدور، الانتقالات الطابقية الكلية، الانزياحات الطابقية النسبية، نسبة إشغال جدار القص لواجهة البناء)، وأظهرت الدراسة فعالية التدعيم بجدران قص خارجية حيث تزيد من الصلابة الجانبية بشكل كبير نسبياً، و يصبح المنشأ قادراً على مقاومة الأحمال الزلزالية والحد من الأضرار الناتجة عن الزلازل ومنع انهيار المبنى.

**الكلمات المفتاحية:** تدعيم، القص القاعدي، الانتقال الطابقي، جدران قص خارجية، منشآت بيتونية.

## 1 - مقدمة :

إن معظم المنشآت القائمة في سوريا التي لا تحقق الاشتراطات التصميمية الخاصة بمقاومة الأحمال الزلزالية، قد تكون عرضة لجملة من الأضرار الخطيرة التي قد تصل لحد الانهيار، وللد من الخطر الزلزالي لابد من إعادة تأهيل المنشآت القائمة حيث يتم تقويتها وتدعيمها بهدف زيادة قدرة تحملها للأفعال الزلزالية، وبالتالي تخفيف الأضرار المادية والبشرية، إن عملية تحديد القدرة الفعلية وبيان العيوب والنواقص في المنشآت القائمة أمر هام وضروري لتحديد أسلوب وتقنية إعادة التأهيل ، في الواقع يهدف تقويم وتأهيل المنشآت القائمة لمقاومة الأفعال الزلزالية لتجنب الانهيار الشامل أو الجزئي بما يحفظ السلامة ويخفف من الأضرار في العناصر الإنشائية وغير الإنشائية أثناء وبعد الزلزال.

### الدراسة مرجعية:

قام (M. Y. Kaltakci, M. Ozturk, and M. H. Arslan) [1] بإجراء بحث تجريبي لمعرفة فعالية التدعيم بجدار قص خارجي للمباني في المناطق المعرضة للزلازل، تم اختبار 7 نماذج قسمت لمجموعتين، الأولى: وضع جدار القص بشكل ملاصق للإطار الخارجي، الثانية: وضع جدار القص بعيد عن الإطار مع إضافة روابط لتأمين الاتصال بين الجملتين، أظهرت النتائج زيادة مقاومة القوى الجانبية والصلابة الأولية والقدرة على تبديد الطاقة للنماذج المدعمة.

أجرى كلا من ( Josh LOMBARD, David T LAU, Jag L HUMAR, Simon FOO And M S ) [2] دراسة لجدوى فعالية استخدام شرائح من ألياف FPR بالاتجاه الشاقولي أو الأفقي على الوجه الخارجي لجدران القص البيتونية المسلحة لمقاومة الزلازل ، وتم استخدام 4 نماذج في الدراسة (جدار مرجعي -جدار متضرر-جدار مدعم بشريحة شاقولية من ألياف FPR على وجهين الجدار - جدار مدعم بشريحة أفقية وشريحتين شاقوليتين من ألياف FPR على وجهين الجدار) ، وأوضحت النتائج بأن تقنية تدعيم جدران القص باستخدام شرائح ال FRP فعالة للتدعيم الزلزالي لجدران القص البيتونية المسلحة وذات كلفة منخفضة مقارنة بباقي طرق التدعيم التقليدية كما أنها تساعد في إصلاح جدران القص التي تعرضت لأضرار نتيجة الزلازل ، ومن مساوئ الطريقة من التدعيم أنها بحاجة لتفريغ المنشأة وخاصة بالمنشآت التي تحتوي جدران قص قديمة.

عرض كلا من (HASAN KAPLAN, SALIH YILMAZ, NIHAT CETINKAYA and ERGIN ATIMTAY) [3]

دراسة طريقة جديدة لتدعيم المنشآت البيتونية المسلحة لمقاومة الزلازل بإضافة جدران قص خارجية، وأجريت الاختبارات على نموذجين، الأول عبارة عن نموذج مرجعي (RM)، والثاني النموذج المدعم (SM).

ووجد من الدراسة أن استخدام جدران القص الخارجية في تدعيم المنشآت يساهم إلى حد كبير برفع قدرة وصلابة المنشآت البيتونية المسلحة بالإضافة الى رفع قدرتها في مقاومة الزلازل.

ناقش الباحثون (Yuriko HATTORI, Yasutoshi YAMAMOTO, Tadaki KOH) [4] طريقة تدعيم المباني البيتونية المتوسطة الارتفاع، بإضافة عناصر بيتونية خارجية تحتوي على صفائح معدنية لرفع كفاءة المبنى لمقاومة الزلازل، حيث تم وضع ثلاثة نماذج إطارية بفتحة واحدة وطابقين، نموذج بيتوني بدون تدعيم ونموذجين مدعمين.

هذه الطريقة من التدعيم تحتاج لزمناً أقل من غيرها ويسمح بمواصلة استثمار المنشأة خلال فترة التدعيم وتحسن الصلابة الجانبية، والقوة، الليونة الشاملة وقدرة تبديد الطاقة، اقتصرَت الدراسة على نموذج محدود.

بين الباحثون (C.A. Cruz–Noguez, D.T. Lau & E. Sherwood) [5] النتائج التجريبية و التحليلية الأولية لدراسة شاملة لجدران القص البيتونية المسلحة التي تم ترميمها وتقويتها باستخدام صفائح البوليمر المقوى بالألياف (FRP)، أجريت الاختبارات على 9 جدران وتم استخدام نظام تثبيت مبتكر لنقل الحمولات من صفائح FRP لأساسات الجدران المدعمة ، وأظهرت النتائج أن التدعيم بصفائح (FRP) يزيد من مقاومة الجدار للانعطاف ويزيد من صلابة الجدران المتضررة و بينت المحاكاة العددية أن طريقة التدعيم بواسطة صفائح FRP المنفذة بشكل أفقي يمكن أن تزيد من استجابة الجدران الغير لدنة وضعيفة على مقاومة القص من خلال منع حدوث الانهيار بسبب القص.

أجرى الباحثون (Chao–HsunHuang, Min–Lang Lin and Wei–Hong Chen) [6] دراسة لتدعيم الأعمدة البيتونية بتطويقها بقميص بيتوني لزيادة مقاومتها على الزلازل، و يتم تقوية الأعمدة دون تقوية الجوائز المرتبطة بهذه الأعمدة، تقوم الأعمدة المدعمة على مقاومة الحمل الجانبي بشكل منفرد مما يجعل هذه التقنية أقل فعالية.

في هذه الدراسة، تم إجراء تعديل بإضافة جوائز إضافية بين الأعمدة المطوقة المجاورة لتأمين مقاومة عزوم إضافية في العقدة عمود-جائر، حيث بينت النتائج ازدياد مقاومة القوى الجانبية للإطار بشكل ملحوظ، مما يساعد على تحسين كل من استقرار المبنى وفعالية الأعمدة المطوقة خلال الزلازل المحتملة.

قامت (د.م ميادة كوسا ) [10] بمقارنة السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة المقواة بشبكات تريبط معدنية أو بإضافة جدران قص ، وقد أظهرت الدراسة أهمية استخدام شبكات التريبط في الأنظمة الإنشائية المستخدمة للتدعيم لمقاومة الأحمال الزلزالية، حيث تتميز بأنها تزيد صلابة المبنى دون أن تسبب زيادة كبيرة في الوزن، بالتالي عدم تأثيرها على الأساسات وكذلك دون أن تؤثر على الوظيفة المعمارية، كما ان لها دور مهم في تبديد الطاقة ، ويتضح من الدراسة التحليلية أن التدعيم باستخدام شبكات تريبط بشكل X هو الأفضل، حيث أنه يزيد القساوة النسبية ويقلل من الانزياحات الطابقية دون زيادة كبيرة على وزن المنشأ.

## 2 - مشكلة البحث:

وجود عدد كبير من المنشآت القائمة والمصممة فقط على الأحمال الشاقولية دون الأخذ بالاعتبار الأحمال الأفقية الناتجة عن الزلازل وعدم تحقيقها لمتطلبات التصميم الزلزالي وبالتالي تكون عرضة لجملة من الأضرار الخطيرة، وللحد من الخطر الزلزالي يجب تدعيم المنشآت بهدف زيادة قدرة تحملها للأفعال الزلزالية.

## 3- الهدف من البحث:

تدعيم المنشآت غير المدروسة زلزالياً بطريقة ذات كفاءة عالية ودون إزعاج مستثمري المنشأة عن طريق إضافة جدران قص خارجية، وبالتالي منع انهيار الأبنية والحد من الأضرار الناتجة عن الزلازل.

## 4- فرضيات البحث:

تم تقسيم النماذج الإنشائية المدروسة إلى ثلاث مجموعات، وإحدى هذه المجموعات:

- المجموعة الأولى (A1 إلى A18): تضم 18 نموذجاً جميع النماذج بارتفاع 4 طوابق، ذات مسقط معماري واحد، تختلف عن بعضها البعض بالمنطقة الزلزالية (3,2C)، وترتبة التأسيس (S<sub>B</sub>, S<sub>C</sub>, S<sub>D</sub>).

الجدول (1) مواصفات المجموعة الأولى من النماذج.

رقم النموذج	المنطقة الزلزالية	نوع التربة	التحليل	ملاحظات
A1	Z=0.3	SB		بدون تدعيم
A2	Z=0.3	SB	ستاتيكي	مدعم
A3	Z=0.3	SB	ديناميكي	مدعم
A4	Z=0.25	SB		بدون تدعيم
A5	Z=0.25	SB	ستاتيكي	مدعم
A6	Z=0.25	SB	ديناميكي	مدعم
A7	Z=0.3	SC		بدون تدعيم
A8	Z=0.3	SC	ستاتيكي	مدعم
A9	Z=0.3	SC	ديناميكي	مدعم
A10	Z=0.25	SC		بدون تدعيم
A11	Z=0.25	SC	ستاتيكي	مدعم
A12	Z=0.25	SC	ديناميكي	مدعم
A13	Z=0.3	SD		بدون تدعيم
A14	Z=0.3	SD	ستاتيكي	مدعم
A15	Z=0.3	SD	ديناميكي	مدعم
A16	Z=0.25	SD		بدون تدعيم
A17	Z=0.25	SD	ستاتيكي	مدعم
A18	Z=0.25	SD	ديناميكي	مدعم

##### 5- خطوات التحليل:

- 1- نمذجة النموذج باستخدام برنامج [8] ETABS، وتشمل كافة العناصر من بلاطات وجوائز وأعمدة وجدران قص كما في الشكل (1) والشكل (2) واللذان يوضحان شكل النموذج رقم A3 من المجموعة الأولى.
- 2- تحليل النموذج حسب الطريقة الستاتيكية المكافئة [11].
- 3- تحليل النموذج تحليلاً ديناميكياً باستخدام طريقة طيف الاستجابة [9].
- 4- تصميم العناصر الإنشائية حسب الكود الموحد للبناء UBC 97 [7] وإدخال قيم التسليح في مقاطع العناصر.
- 5- إجراء المعايير اللازمة (اللامركزية، عدم الانتظام بأشكاله، الانتقالات).

6- مناقشة النتائج وتشمل قوة القص القاعدي، الدور، الانتقالات الطابقية الكلية، الانزياحات الطابقية النسبية، نسبة إشغال الواجهة.

### 6- نتائج تحليل النماذج (A1,A2,A3):

تم تحليل ثلاثة نماذج وهي عبارة عن نموذج بدون تدعيم (A1) ونموذج مدعم وتم تحليله وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة (A2) ونموذج مدعم وتم تحليله وفق الطريقة الديناميكية طريقة طيف الاستجابة (A3) وجميع النماذج لها نفس المسقط المعماري .

إن مسقط المبنى المختار للدراسة له شكل مستطيل، ويتألف من ثلاث فتحات بالاتجاه  $y$  وخمسة فتحات بالاتجاه  $x$  كما في الشكل (1) والشكل (2)، والتباعد بين الفتحات في الاتجاهين 4 متر وعدد الطوابق في هذا النموذج 4 والارتفاع الطائقي لجميع الطوابق 3.25m، وتم اعتماد الجملة المقاومة للزلازل جدارين قص في الاتجاه  $y$  و4 جدران في الاتجاه  $x$ .

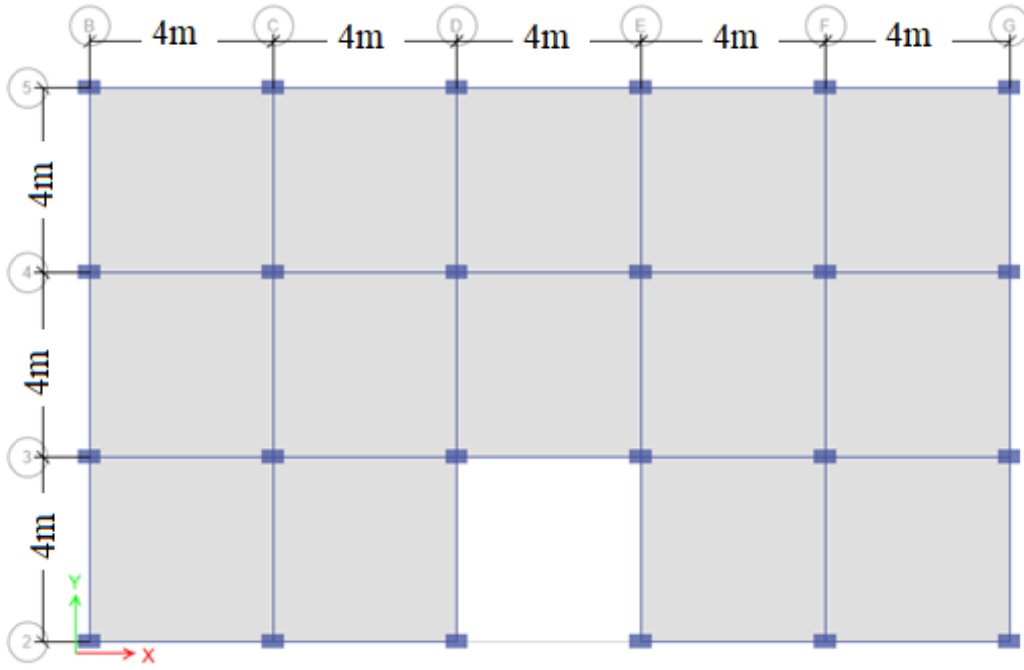
يتعرض المبنى لحمولاتٍ موزعةٍ مطبقة على بلاطاتٍ دائمة  $3.5\text{KN/m}^2$  وحية  $2\text{KN/m}^2$ ، بالإضافة للوزن الذاتي للعناصر حيث يُحسب تلقائياً في البرنامج و  $R=4.5$  باعتبار أن الجملة المقاومة للزلازل هي جدران قص فقط ومعامل الأهمية  $(I=1)$ .

المقاومة الأسطوانية المميزة للبيتون المستخدم في الأعمدة والجوائز والبلاطات  $(f_c = 20\text{Mpa})$  وللبيتون المستخدم في جدران القص  $(f_c = 25\text{Mpa})$

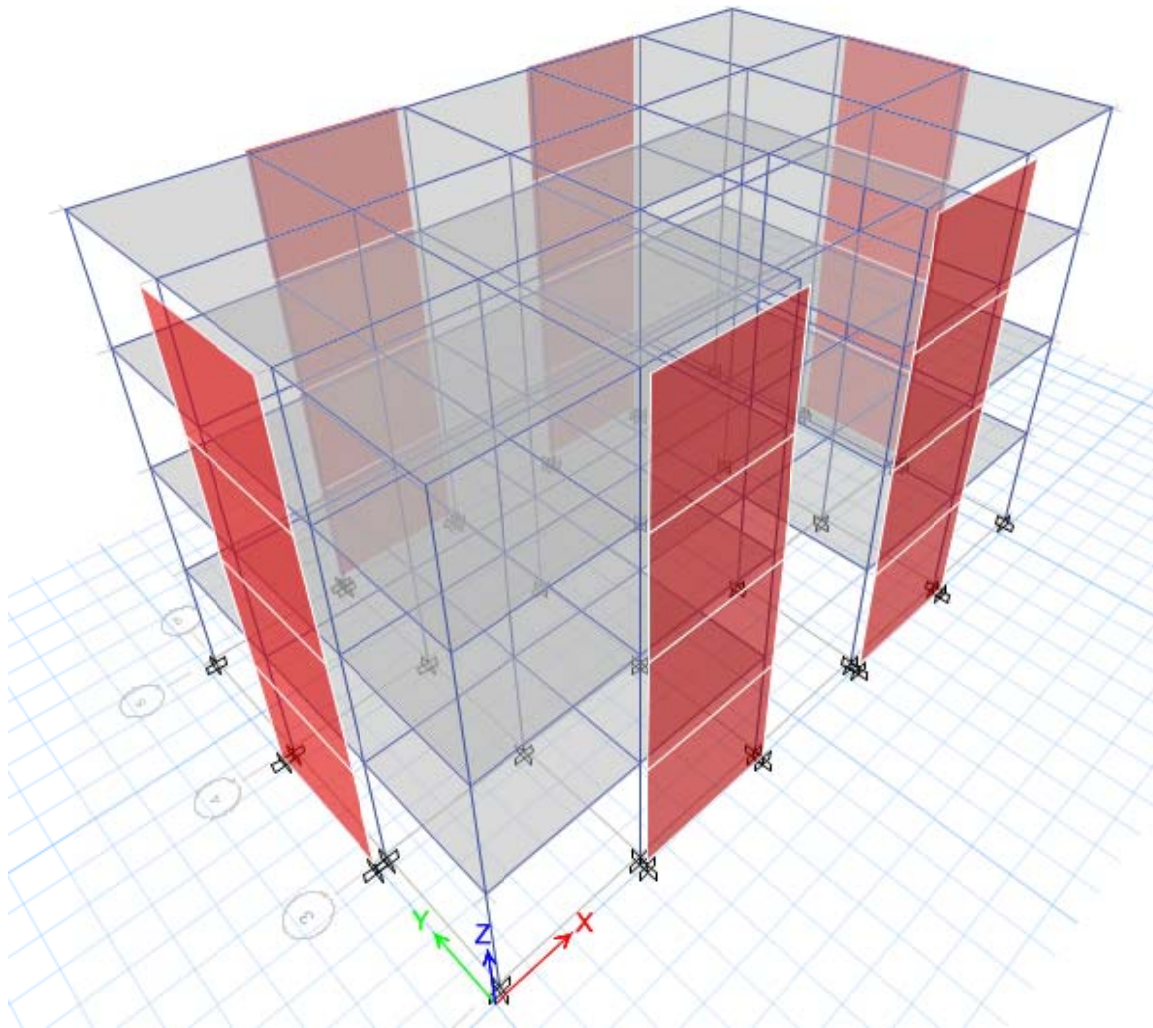
حد الخضوع لفولاذ التسليح الطولي  $(f_y = 400\text{Mpa})$  وفولاذ التسليح العرضي  $(f_{yc} = 240\text{Mpa})$ .

الجدول (2) مواصفات العناصر المستخدمة في النماذج A1,A2,A3

سماعة البلاطة الهوردي cm	أبعاد الجدار بالاتجاه $y$ cm		أبعاد الجدار بالاتجاه $x$ cm		أبعاد الأعمدة cm		أبعاد الجوائز cm		الطابق
	سماعة	طول	سماعة	طول	عرض	طول	عرض	ارتفاع	
25	25	320	25	260	30	50	50	25	1
	20		20						2
					30	40			3
									4



الشكل (1) مسقط النموذج المدروس



الشكل (2) تمثيل ثلاثي الأبعاد للنموذج باستخدام برنامج ETABS 2016.

بعد القيام بالتحليل والمعايير اللازمة (اللامركزية، عدم الانتظام بأشكاله، الانتقالات) كان الدور الأساسي وقوة القص القاعدي في النماذج كما هو مبين في الجدول (3):

الجدول (3) قيم الدور وقوة القص القاعدي في النماذج A1، A2، A3 وفق برنامج ETABS.

النموذج	الاتجاه	الدور الأساسي T (Sec)	قوة القص القاعدي (kN)
A1	X	1.423	1209
	Y	3.033	1209
A2	X	0.714	1367.107
	Y	0.754	1367.107
A3	X	0.715	1369.5513
	Y	0.756	1365.1176

- انخفض الدور الأساسي في النماذج المدعمة في الاتجاه X بنسبة 50% عن النموذج غير المدعم.
- انخفض الدور الأساسي في النماذج المدعمة في الاتجاه Y بنسبة 75% عن النموذج غير المدعم.
- ازدادت قوة القص القاعدي في النماذج المدعمة بنسبة 11.5% عن النموذج غير المدعم.

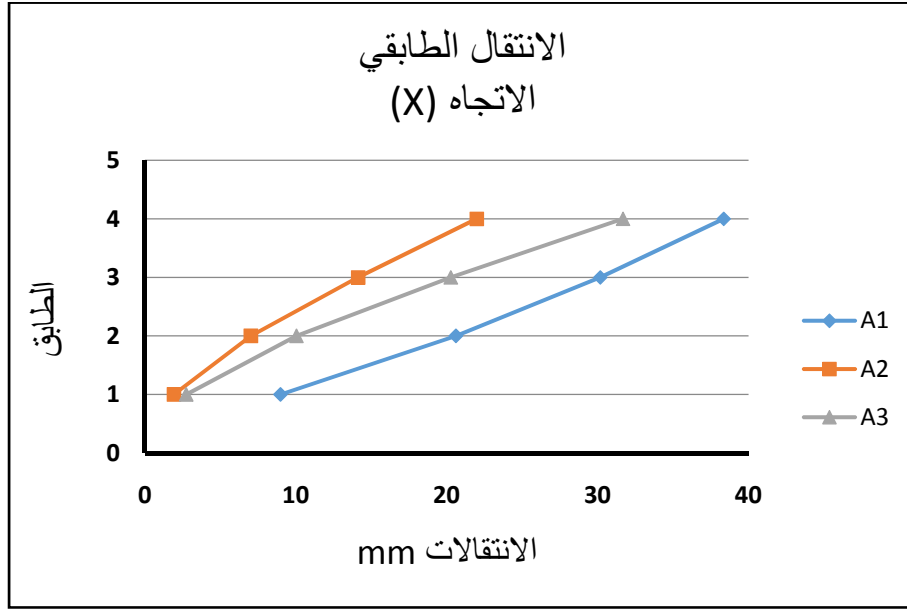
يبين الجدول (4) قيم الانتقالات الطابقية الكلية في النماذج الثلاثة وفي الاتجاهين X, Y :

الجدول (4) الانتقال الطابقية للنماذج A1، A2، A3 وفق برنامج ETABS.

الانتقال الطابقية mm						الطابق
الاتجاه Y			الاتجاه X			
A3	A2	A1	A3	A2	A1	
34.575	23.179	127.63	31.68	21.984	38.353	4
22.308	15.008	101.347	20.272	14.125	30.174	3
11.254	7.589	65.888	10.042	7.025	20.61	2
3.237	2.167	25.94	2.742	1.916	8.987	1



يبين الشكل (3) الانتقال الطابقي في النماذج A1، A2، A3 بالاتجاه X:

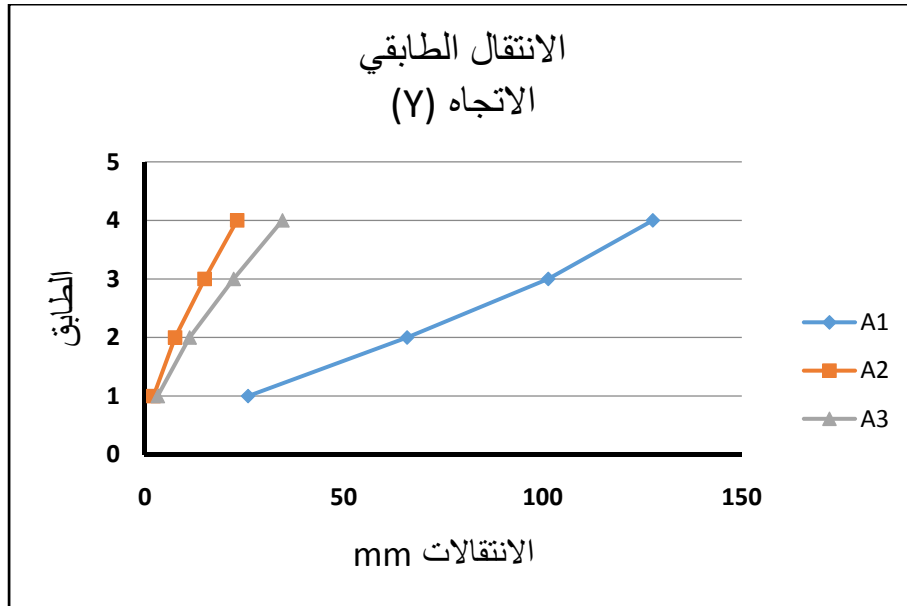


الشكل (3) الانتقال الطابقي في الاتجاه X في النماذج A1، A2، A3.

انخفض في النموذج A2 الانتقال الطابقي بنسبة 42.6% عن الانتقال الطابقي في النموذج A1.

وانخفض في النموذج A3 الانتقال الطابقي بنسبة 17.4% عن الانتقال الطابقي في النموذج A1.

يبين الشكل (4) الانتقال الطابقي في النماذج A1، A2، A3 بالاتجاه Y:



الشكل (4) الانتقال الطابقي في الاتجاه Y بين النماذج A1، A2، A3.

- الانتقال الطابقي في الاتجاه Y:

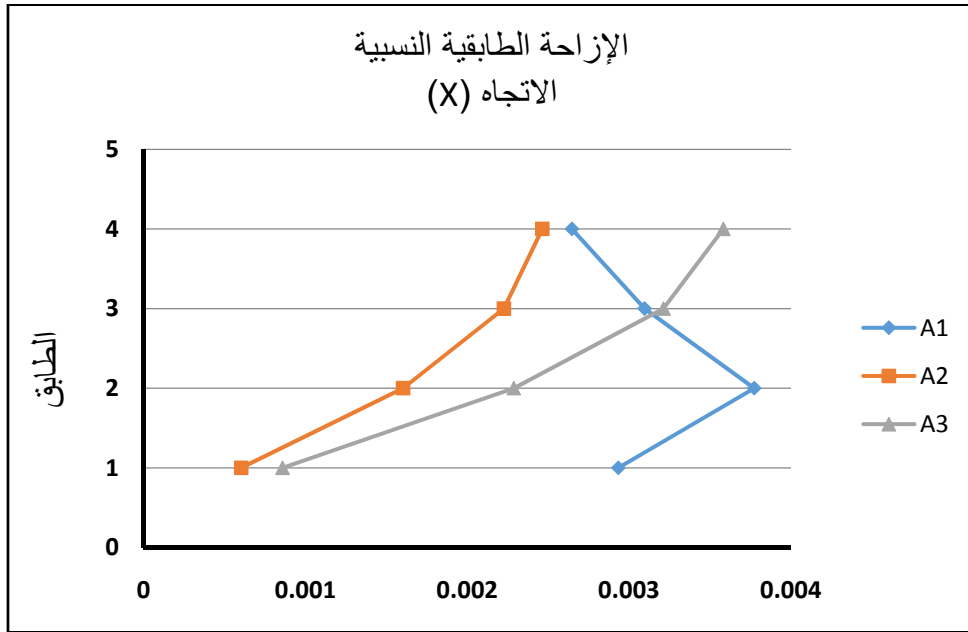
انخفض في النموذج A2 الانتقال الطابقي بنسبة 81.7% عن الانتقال الطابقي في النموذج A1.

وانخفض في النموذج A3 الانتقال الطابقي بنسبة 73% عن الانتقال الطابقي في النموذج A1.

يبين الجدول (5) الانزياحات الطابقية النسبية للنماذج A3،A2،A1 وفي الاتجاهين X,Y :

الجدول (5) الانزياحات الطابقية النسبية للنماذج A3،A2،A1 وفق برنامج ETABS.

الإزاحة الطابقية النسبية						الطابق
الاتجاه Y			الاتجاه X			
A3	A2	A1	A3	A2	A1	
0.003797	0.002572	0.008321	0.003582	0.002463	0.002646	4
0.00342	0.002335	0.011206	0.003212	0.002226	0.003095	3
0.002473	0.001707	0.012635	0.002287	0.001602	0.003773	2
0.000996	0.000682	0.008218	0.000858	0.000602	0.002933	1

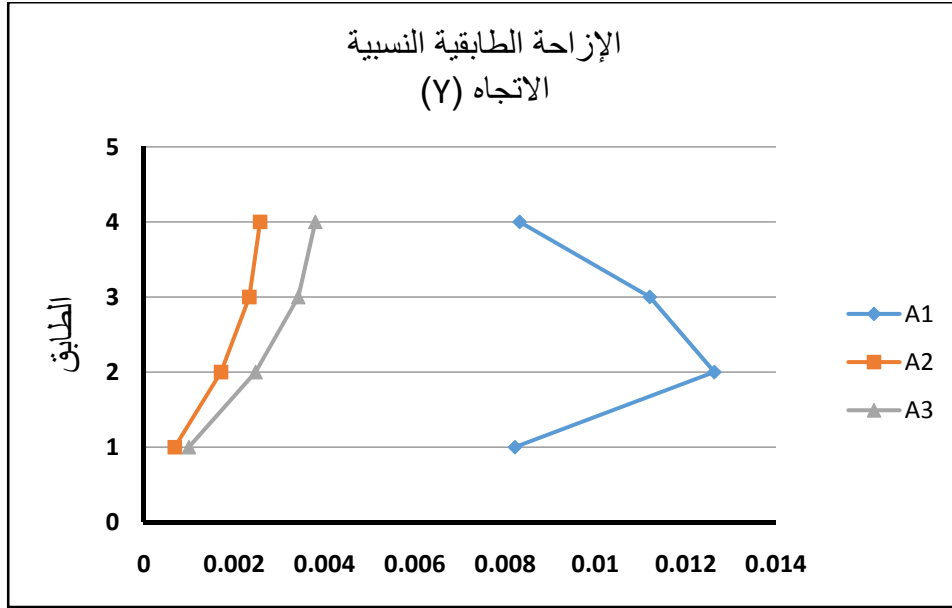


الشكل (5) مقارنة الإزاحة الطابقية النسبية في الاتجاه X بين النماذج A3،A2،A1.

- الإزاحة الطابقية النسبية في الاتجاه X:

انخفضت في النموذج A2 الإزاحة الطابقية النسبية بنسبة 7% عن الإزاحة الطابقية النسبية في النموذج A1.

وزادت في النموذج A3 الإزاحة الطابقية النسبية بنسبة 26% عن الإزاحة الطابقية النسبية في النموذج A1.



الشكل (6) مقارنة الإزاحة الطابقية النسبية في الاتجاه Y بين النموذجين A3،A2،A1.

- الإزاحة الطابقية النسبية في الاتجاه Y:

انخفضت في النموذج A2 الإزاحة الطابقية النسبية بنسبة 70% عن الإزاحة الطابقية النسبية في النموذج A1.

وانخفضت في النموذج A3 الإزاحة الطابقية النسبية بنسبة 54% عن الإزاحة الطابقية النسبية في النموذج A1.

#### 7- النتائج:

في هذه الدراسة تم إجراء تحليل لعدة نماذج مختلفة المنطقة الزلزالية ونوع التربة، حيث تم تدعيم هذه النماذج بواسطة جدران قص خارجية.

استناداً للدراسة الحاسوبية والمقارنة بين نتائج التحليل تم استنتاج ما يأتي:

- إن استخدام جدران القص في التدعيم يساهم وبنسبة كبيرة لخفض انتقالات المنشآت وبالتالي منع انهيار الأبنية والحد من الأضرار الناتجة عن الزلزال.

- إن تأثير التدعيم على النماذج المدروسة في الاتجاه القصير للبناء أكبر من تأثيره في الاتجاه الطويل، ويمكن تفسير ذلك بانخفاض صلابة البناء في الاتجاه القصير.

- يتم تحقيق الجدران على أمرين أساسين قوة القص، والانتقالات الكلية والإزاحات الطابقية النسبية وفي المسقط المدروس كانت الإزاحات الطابقية النسبية هي الحاكمة في اختيار طول الجدار.

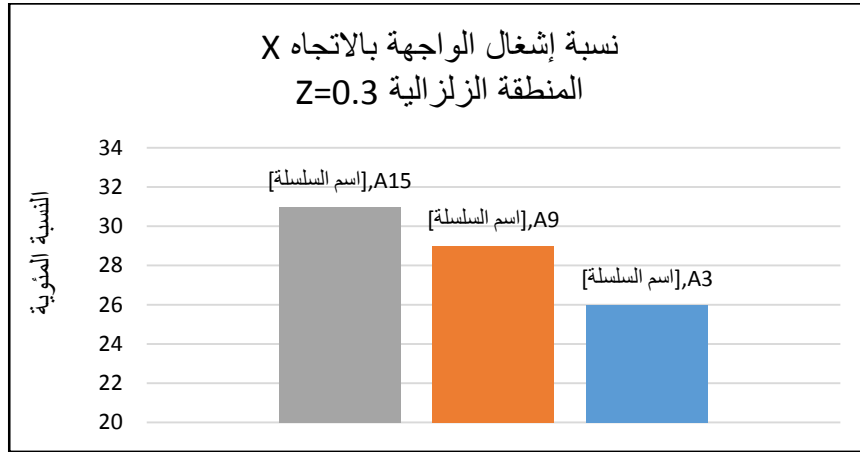
#### قوة القص ، الدور ، الانتقالات:

- تزداد قوة القص القاعدي في النماذج المدعمة بنسبة تتراوح من 11.5% إلى 13.6% عن النموذج الغير مدعم.

- تتخفض قيمة الدور في الاتجاه X في النماذج المدعمة عن النماذج الغير مدعمة بنسبة تتراوح بين 50% إلى 60.5%

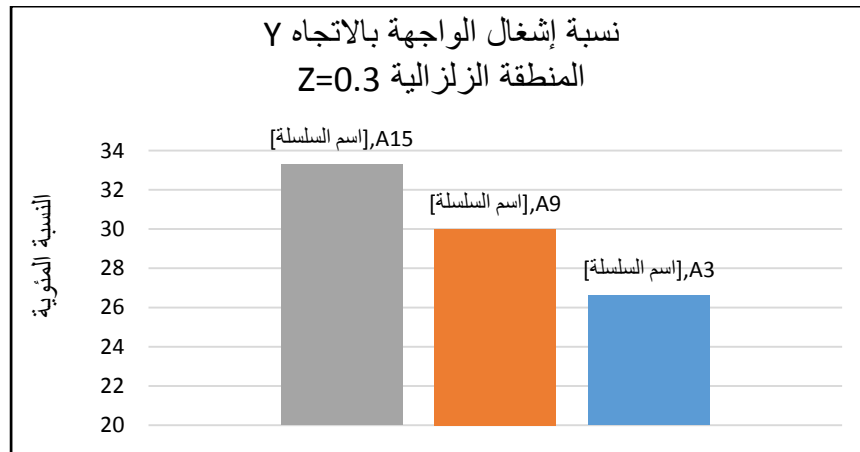
- تتخفص قيمة الدور في الاتجاه  $y$  في النماذج المدعمة عن النماذج الغير مدعمة بنسبة تتراوح بين 74% إلى 81.6%.
- تتراوح قيمة انخفاض الانتقالات في النماذج المدعمة في الاتجاه  $x$  بين 14% إلى 55.3% عن النماذج الغير المدعمة.
- تتراوح قيمة انخفاض الانتقالات في النماذج المدعمة في الاتجاه  $y$  بين 69.7% إلى 80.6% عن النماذج الغير المدعمة.

■ مقارنة نسبة إشغال الواجهة (طول جدار القص) للمجموعة الأولى من النماذج :



الشكل (7) مقارنة نسبة إشغال الواجهة بالاتجاه  $X$ .

- نلاحظ أنه زادت نسبة إشغال الواجهة في النموذج A9 ذو التربة SC بنسبة 3% عن النموذج A3 ذو التربة SB.
- نلاحظ أنه زادت نسبة إشغال الواجهة في النموذج A15 ذو التربة SD بنسبة 2% عن النموذج A9 ذو التربة SC و 5% عن النموذج A3 ذو التربة SB.



الشكل (8) مقارنة نسبة إشغال الواجهة بالاتجاه  $Y$ .

- نلاحظ أنه زادت نسبة إشغال الواجهة في النموذج A9 ذو التربة SC بنسبة 3.4 % عن النموذج A3 ذو التربة SB.
- نلاحظ أنه زادت نسبة إشغال الواجهة في النموذج A15 ذو التربة SD بنسبة 3.3% عن النموذج A9 ذو التربة SC و6.7% عن النموذج A3 ذو التربة SB.

#### 8- التوصيات:

- دراسة كيفية الربط بين الجملة المراد تدعيمها وجدران القص الجديدة.
- دراسة تأثير وجود فتحات ضمن جدران القص المستخدمة في التدعيم.
- دراسة تأثير شكل المسقط الأفقي وعدم انتظامه.
- دراسة الجدوى الاقتصادية لطريقة التدعيم.

## المراجع

## References

- [1] - M. Y. Kaltakci, M. Ozturk, and M. H. Arslan (2010) "An experimental investigation for external RC shear wall Applications" , Natural Hazards and Earth System Sciences.
- [2] - Josh LOMBARD, David T LAU, Jag L HUMAR, Simon FOO And M S CHEUNG "SEISMIC STRENGTHENING AND REPAIR OF REINFORCED CONCRETE SHEAR WALLS" ,12WCEE2000
- [3] - HASAN KAPLAN, SALIH YILMAZ , NIHAT CETINKAYA and ERGIN ATIMTAY (2011) " Seismic strengthening of RC structures with exterior shear walls" , Indian Academy of Sciences .
- [4] - Yuriko HATTORI, Yasutoshi YAMAMOTO, Tadaki KOH (2004)" SEISMIC STRENGTHENING METHOD WITH EXTERIOR CONCRETE MEMBER INCLUDED STEEL PLATE" , 13th World Conference on Earthquake Engineering .
- [5] - C.A. Cruz-Noguez, D.T. Lau & E. Sherwood " Testing and Anchor System Performance of RC Shear Walls Repaired and Strengthened with Externally Bonded FRP Sheets" , 15WCEE 2012 .
- [6] - Chao-Hsun Huang , Min-Lang Lin and Wei-Hong Chen (2015) ," Experimental Study on Seismic Retrofit of Reinforced Concrete Buildings using Combination of Column-Jacketing and Supplemental Beams" , International Conference on Architectural, Civil and Hydraulics Engineering (ICACHE 2015) .
- [7] - UBC 97 - Uniform Building Code 1997 , International Conference of Building Officials, California FL.
- [8] - CSI Analysis Reference Manual For SAP2000®, ETABS®, SAFE® and CSi Bridge®. Berkeley, California, USA.
- [9] - Ihssan Tarsha, Shadi Fattoum, Usage of Nonlinear Static Analysis for Dual Systems, AL- Baath university journal, Vol.38,2016.

- [10] - الكوسا ميادة، (2014) " مقارنة السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة المقواة بشبكات تريبط معدنية أو بإضافة جدران قص"، مجلة جامعة البعث - المجلد 63-العدد 2 .
- [11]-الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الطبعة الرابعة 2012).