مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

Studying The Influence Of Opening On The Behavior Of Composite Steel Plate Shear Walls

Dr. Isam Nasser*
Dr. Ghandyloho **
Ali Tawwalo ***

(Received 2 / 5 / 2017. Accepted 18 / 12 / 2017)

□ ABSTRACT □

Early 1970s, the steel shear walls in buildings were used as resistant systems against lateral loads. However, their weakness on the fast buckling of the web plate forces the designer to use reinforced concrete layer at one or both sides of the steel shear walls. The resultant system, composite steel plate shear walls, are then utilized as efficient systems against lateral loads. In this paper, we investigated the position and dimensions of the rectangular opening on the performance of this complex system. To fulfill this aim, some models of composite shear wall with different opening surface and their location were considered and then analyzed using a pushover analysis by using SAP2000program to find the most criticalopening size and location, and investigating the effect of different opening types on composite shear wall dynamic behavior. The results show that by increasing the size of the opening surfacethe stiffness and load capacity characteristics will reduce.

Keywords: Composite steel plate shear walls; behavior; opening effects.

***Professor,Department of structural engineering, Faculty of civil engineering,Tishreen University.**
****Assistant Professor, Department of structural engineering, Faculty of civil engineering,Tishreen University**
*****PHD student, Department of structural engineering,Faculty of civil engineering,Tishreen University.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

دراسة تأثير الفتحات على سلوك جدران القص المعدنية الصفائحية المختلطة

د. عصام ناصر *
د. غاندي لوحو **
علي طوالو ***

(تاريخ الإيداع 2 / 5 / 2017. قُبِل للنشر في 18/ 12 / 2017)

□ ملخّص □

تستخدم جدران القص المعدنية منذ العام 1970 كأحد الأنظمة الانشائية لمقاومة الحمولات الجانبية في الأبنية المتعددة الطوابق. لكن وبسبب ضعف هذه الجدران من خلال تحنيبها بشكل سريع، عمد المصممون الى زيادة تقويتها من خلال إضافة لوح من البيتون المسلح من جهة واحدة أو من جهتي جدار القص المعدني وهذا ما سمي بجدار القص المعدني المختلط الذي استعمل مؤخرا كأحد الأنظمة الانشائية الفعالة في مقاومة الحمولات الجانبية. وقد تتطلب الشروط المعمارية في المبنى وجود فتحات ضمن جدران القص لذلك فان مساحة وموقع الفتحة له تأثير مهم على سلوك جدار القص.

نحاول من خلال هذا البحث دراسة تأثير موقع وأبعاد الفتحة على أداء هذه الأنظمة الانشائية المركبة. ولتحقيق هذا الهدف تم تصميم مجموعة مختلفة من نماذج الجدران المختلطة مع فتحات وتمت عملية النمذجة والتحليل باستخدامpushover بمساعدة برنامجSAP2000بهدف إيجاد موقع وأبعاد الفتحة الحرجة وانعكاسها على سلوك الجدار.

أظهرت النتائج أن زيادة ابعاد الفتحة وموقعها لها تأثير مهم على انخفاض قدرة تحمل وصلابة الجدار وانعكاس ذلك على مستوى أدائه عند تعرضه للحمولات الخارجية.

الكلمات المفتاحية: جدران القص المختلطة –دراسة السلوك–تأثير الفتحات.

* أستاذ – قسم الهندسة الانشائية –كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية
** مدرس – قسم الهندسة الإنشائية–كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
***طالب دكتوراه – قسم الهندسة الانشائية–كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مقدمة:

مع التقدم الاقتصادي والتطور العمراني في السنوات القليلة الماضية، تسارع تطور الأبنية العالية بشكل كبير واعتبرت هذه الأبنية نموذجا للتوسع الشاقولي للمدن المتطورة وقد وصلت نسبة عامل الشكل لبعض الأبنية العالية الى قيم اعلى من 7 وهذه النحافة تؤثر بشكل كبير على الصلابة الجانبية للمنشأ. وتعتبر جدران القص العناصر الانشائية الأكثر أهمية في تلك الأبنية، فقد لوحظ ان جدران القص المعدنية والمعدنية المختلطة مناسبة لنموذج الأبنية العالية لما لها من دور فعال وجيد في مقاومة القوى الزلزالية وفي زيادة المساحة الفعالة للمبنى.

تتكون جدران القص المعدنية المختلطة من مادتين، الفولاذ والبيتون وهما يكملان بعضهما البعض من خلال عملهما المشترك في مقاومة المؤثرات الخارجية. بمعنى أن الصفيحة الفولاذية تتحمل قوى الشد ويقاوم البيتون ظاهرة التحنيب في الصفيحة. تعتبر جدران القص المعدنية المختلطة ذات فعالية جيدة عندما تكون قوى القص كبيرة حيث يتطلب الأمر استخدام جدران قص بيتونية ذات سماكات كبيرة. وقد أظهرت الاختبارات التجريبية لجدران القص المختلطة زيادة المقاومة والصلابة واللدونة مقارنة مع جدران القص الفولاذية والبيتونية.

لذلك تم دراسة مجموعة من جدران القص المعدنية المختلطة التي تحوي على فتحات بأبعاد ومواضع مختلفة بتأثير الأحمال الزلزالية واجراء التحليل الستاتيكي اللاخطيPUSHOVERباستخدام برنامج SAP 2000 لمقارنة أداء هذه الجدران وإيجاد الموقع والابعاد الحرجة للفتحة.

خلال العقدين الماضيين كان هناك عدة أبحاث حول نمذجة وتحليل سلوك جدران القص المعدنية المختلطة. ويعتبر([Astaneh– Asl [2,3]) من اهم هذه الأبحاث في هذا المجال حيث درس سلوك هذه الجدران من خلال تحليل اطار فولاذي يحوي على جدار قص مختلط مؤلف من صفيحة معدنية ولوح بيتوني من جهة واحدة مع وجود فراغ بين الاطار المحيط والصفيحة البيتونية وأظهرت النتائج أن وجود الفتحة يساهم في زيادة لدونة الجدار[3].

في عام 2009 قدم Rahayei and Hatami [4] دراسة تحليلية لمجموعة 42 جدار قص مختلط باستخدام طريقة العناصر المنتهية وأجرى اختباراً تجريبياً على 5 نماذج منها.وتبين لهم من خلال هذه الدراسة ان صلابة جدار القص المختلط تتناسب بشكل مباشر مع سماكة اللوح البيتوني وبشكل عكسي مع تباعد وصلات القص وكذلكإن زيادة المسافة بين وصلات القص يحسن من لدونة الجدار والقدرة على تبديد الطاقة.

1- ميزات جدران القص المعدنية المختلطة:

يمكن أن نلخص ميزات جدران القص المعدنية المختلطة بالنقاط التالية:

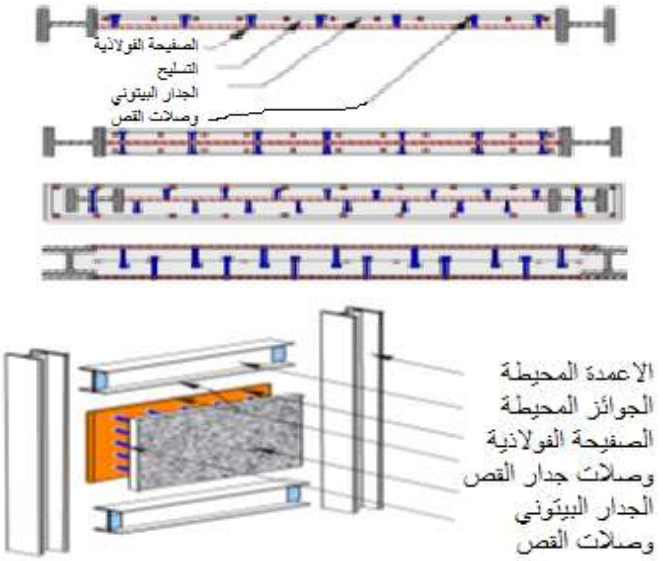
- تتميز هذه الجدران بخفة الوزن والصلابة الجيدة.
- يمكن لجدران القص المختلطة أن تصب في المكان أو أن تكون مسبقة الصنع
- يتم نقل قوى القص في جدران القص المعدنية من خلال عمل حقول الشد المتشكلة بعد حدوث التحنيب القطري. أما في جدار القص المختلط فإن الجدار البيتوني يمنع تحنيب الصفيحة قبل الخضوع. كنتيجة لذلك تقاوم الصفيحة الفولاذية القص الطابقي بالخضوع على القص وليس بالخضوع على الشد.
- تكون الاضرار في جدار القص المختلط محدودة نسبياً تتمثل في آلية خضوع الصفيحة المعدنية على القص وغالباً بدون حصول أية تشققات في الجدار البيتوني.
- يمكن تغيير مكان توضع الجدار المختلط بسهولة في حال كان مسبق الصب.

2- **المكونات الأساسية لجدار القص المعدني المختلط:**[1]

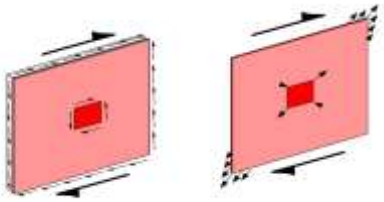
a) صفيحة جدار القص المعدنية:Steel plate shear wall

هذا العنصر عبارة عن صفيحة معدنية رقيقة السماكة وتعتبر الصفائح ذات السماكة أقل من 3/8 in غير مرغوبة إنشائياً حيث يكون التعامل معها صعب خلال عملية التركيب والوصل ويمكن أن تحتاج الى عدد كبير من وصلات التثبيت لمنع تحنيبها قبل الخضوع.

تعمل الصفيحة الفولاذية في جدار القص المعدني المختلط على تأمين الصلابة والمقاومة على القص بالإضافة الى اللدونة على القص وتساهم في مقاومة عزم الانقلاب للجدار ولو بنسبة ضئيلة.



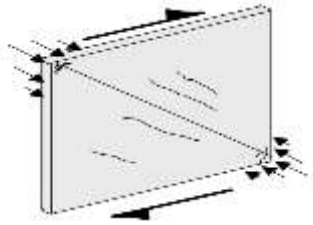
الشكل (1) المكونات الرئيسية لجدار القص المعدني المختلط.[3]



الشكل (2) القوى المتولدة في الصفيحة المعدنية لجدار القص المختلط[3]

b) جدار القص البيتوني المسلح:

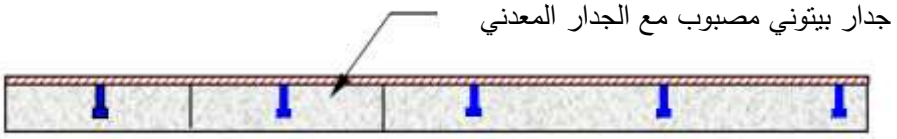
يعتبر جدار القص البيتوني المكون الثاني لجدران القص المعدنية المختلطة ويمكن أن يتصل بالصفيحة المعدنية من جهة واحدة أو من جهتين أو قد يكون مغموساً ضمن صفيحتين معدنيتين كما هو مبيّن بالشكل(1).



الشكل (3) مقاومة القص من خلال حقل الضغط القطري في البيتون

c) وصلات القص:

تستخدم وصلات القص من أجل عملية الوصل بين جدار القص المعدني والبيتوني لتامين العمل المشترك بينهما.



الشكل (4) وصل جدار القص البيتوني مع المعدني باستخدام وصلات القص[3]

d) الأعمدة المحيطة:

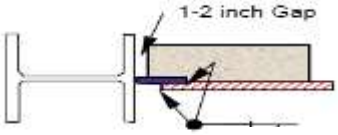
تقوم الاعمدة في جملة جدران القص المختلطة بمقاومة عزوم الانقلاب الفائضة بالإضافة الى الحمولات الشاقولية. كذلك تؤمن نقاط إرساء لحقول الشد المتولدة في الصفيحة وكذلك عنصر استناد لحقل الضغط القطري المتولد في الجدار البيتوني.

e) الجوائز المحيطة:

تعمل الجوائز المحيطة العلوية والسفلية بجدار القص إضافة الى عملها في نقل حمولات البلاطات، كنقاط إرساء لحقول الشد المتشكلة في الصفيحة المعدنية وكمسند لحقل الضغط القطري المتولد في الجدار البيتوني وأيضاً تتعرض نهايات الجوائز الى قوى قص ناجمة عن عزوم الانقلاب المؤثرة في الإطار.

f)وصلات جدار القص الى العناصر المحيطة:

يتم وصل الجدار الى العناصر المحيطة به من الجوائز والأعمدة باستخدام اللحام أو باستخدام البراغي (الشكل 5)، ويكون العمل الأساسي لهذه الوصلات نقل وتحمل قوى الشد والقص.



منطقة لحام الجدار المعدني مع صفيحة الوصل

الشكل (5) ألية وصل الجدار مع العناصر المحيطة[3]

g) وصلات الجائز مع العمود:

تلعب هذه الوصلات دوراً هاماً في أداء الجدار بحيث يمكن أن تكون وصلات انعطاف.

3- **أهمية البحث وأهدافه:** قد نحتاج في بعض الأحيان حسب المتطلبات المعمارية الى انشاء فتحة ضمن الجدار ويمكن ان تكون هذه الفتحة بأبعاد كبيرة كفاية لاستخدامها كنافذة أو باب أو كموزع. إن مساحة وموضع هذه الفتحة يمكن ان يحدث تغيراً كبيراً في توزع الاجهادات ضمن الجدار وهذا سيؤثر على أداء وسلوك جدار القص، لذلك تكمن الأهمية في تحديد مقدار تأثر استجابة الجدار بوجود هذه الفتحة بحيث يضمن بقاء هذا الجدار مقاوم للتشوهات والاجهادات الزائدة.

طرائق البحث ومواده:

1 النموذج العددي وطريقة التحليل:

1-1-نوع العناصر المنتهية المستخدمة: جميع العناصر المستخدمة في نمذجة الجدار البيتوني والمعدني باستخدام برنامج SAP2000 هي عناصر سطحية (nonlinear layered shell element)مؤلفة من عدة طبقات ويمكن استخدام لاخطية المادة عند اعتبار هذه العناصر كطبقات (layered shell).ان التحليل Pushoverموجود في بيئة برنامج SAP ويتضمن توصيات FEMA 356. وتم استخدام العناصر (nonlinear layered shell element) لاعتبار السلوك اللدن للجدران في التحليل pushover ويتم حساب علاقات القوة –تشوه من اجل هذه العناصر عند تشكل المقاصل اللدنة.

من أجل التحري عن موضع وابعاد الفتحة المستطيلة على أداء جدران القص المختلطة، تم تصميم مجموعة من النماذج اخذين بعين الاعتبار الفرضيات التالية:

– كافة النماذج عبارة عن جدار بفتحة واحدة وطابق واحد.

– الخواص: أبعاد المقطع–المادة–الحجم–التقسيمات–طريقة التحليل –الحمولات والشروط الطرفية لجميع العينات هي نفسها.[7,8]

– لمقارنة أداء هذه الجدران بوجود الفتحات تم اجراء تحليل pushover(الدفع الجانبي) لكل نموذج من النماذج التحليلية بالاستعانة ببرنامج SAP2000، حيث يعتبر التحليل PUSHOVER هو تحليل ستاتيكي لا خطي يتم من خلاله تحليل المنشأ تحت تأثير حمولات شاقولية محدودة وحمولة جانبية متزايدة بالتدريج ويستمر تطبيق التحليل حتى الانهيار، ويتم فيه تحديد مقدار انتقال محدد ويفترض عادة 2%من ارتفاع المنشأ وتطبق في اتجاه التحليل U1 or U2، وبذلك يكون قادر على تحديد حمولة الانهيار ومقدار اللدونة ويمكن تحديد أماكن الضعف في المنشأ وخصوصا في المنشآت الاطارية واتخاذ إجراءات التدعيم المناسبة.[10]

2-1 : التفاصيل الانشائية للجدار:

تم دراسة جدار مختلط بطابق واحدوبأبعاد B*H = 4* 3 m مكون من لوح بيتوني بسماكة 10 cm وصفيحة فولاذية بسماكة 8mm ، تم الوصل بينهما بروابط قص عددها $n=15/m^2$.حيث تم اعتماد الخصائص المتوفرة في بيئة البرنامج.

خواص المقطع البيتوني:

الجدول (1) خصائص البيتون المستخدم

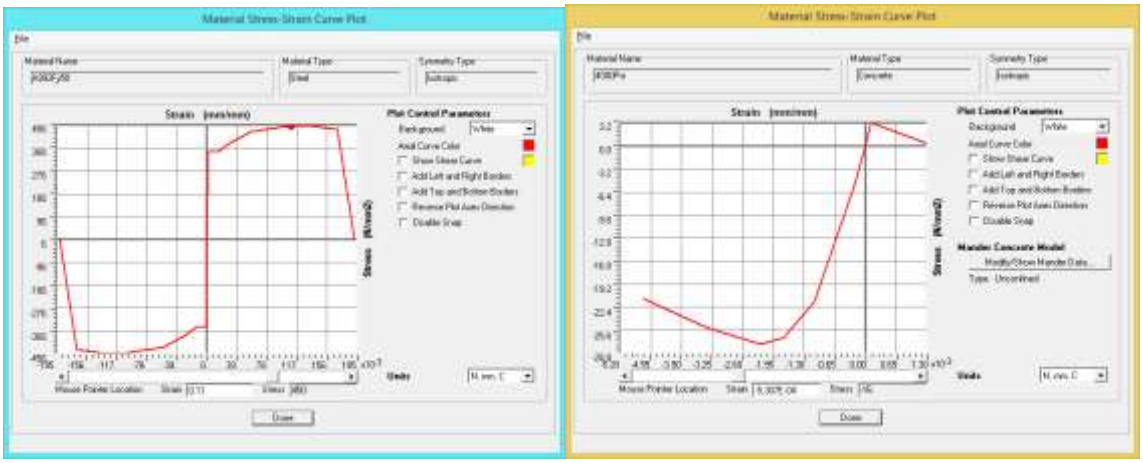
نوع البيتون	معامل المرونة E(Mpa)	F'c (MPa)	معامل بواسون	سماكة المقطع t(mm)
Psi4000	24855	27.5	0.2	100

خواص المقطع الفولاذي:

الجدول (2) خصائص الفولاذ المستخدم

نوع الفولاذ	E(Mpa)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	معامل بواسون	t(mm)
A992Fy50	2 E +5	345	450	0.3	8

ويبين الشكل(6)مخططات الاجهاد–تشوه للمادتين:



(b) (a)

الشكل(6) مخطط الاجهاد–تشوه: (a) فولاذ ، (b) بيتون

1–3الحمولات والشروط الطرفية:

GL = 1.6 tn حمولة ميتة مركزة في أعلى الجدار كل 50 cm.

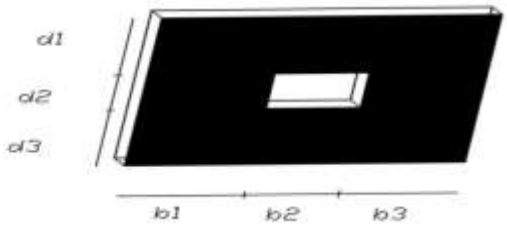
LL =0.4 tn حمولة حية مركزة في أعلى الجدار كل 50 cm.

وتم اعتبار النموذج موثوق من الأسفل وتم اخذ التحليل بالحالة المستوية (X–Z).

– تم فرز النماذج حسب موقع، عامل الشكل ونسبة حجم الفتحة حسب الجدول(3) الموضح لاحقاً. حيث يوجد فتحات متمركزة مع مركز الجدار وفتحات متوضعة بشكل غير متناظر.

2–4 : دراسة تاثير موقع وعامل الشكل للفتحات على سلوك جدار القص المختلط المدروس:

–نموذج الفتحات وموقعها:



نسمي جدران القص المختلطة بـ ko,

CSW,α جدار قص مختلط يحوي على فتحة بعامل شكلα ونسبة حجم ko(أي نسبة مساحة الفتحة الى مساحة الجدار).

الجدول (3) ابعاد وعامل الشكل وموضع الفتحة ضمن الجدار

Ko%	α	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)	B3(cm)	B2(cm)	B1(cm)	الجدار	
----	--	300			400			CSW0	
2	1	125	50	125	175	50	175	CSW,1,0.02	مركزية
8.3	1	100	100	100	150	100	150	CSW,1,0.08	
18.7	1	75	150	75	125	150	125	CSW,1,0.187	
9.3	2	75	150	75	162.5	75	162.5	CSW,2,0.093	
4.16	2	100	100	100	175	50	175	CSW,2,0.041	

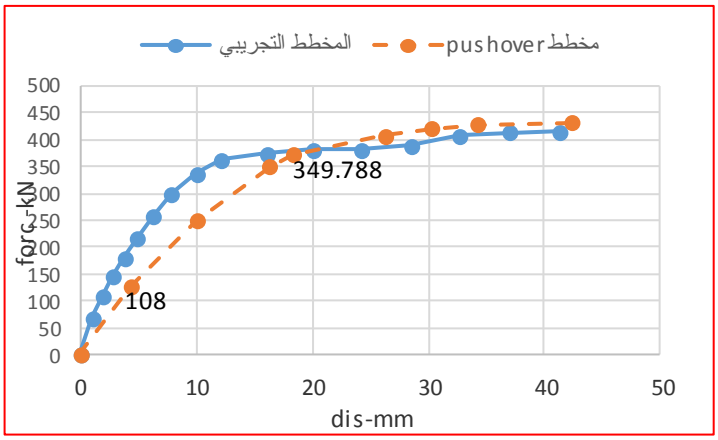
	CSW,2,0.166	150	100	150	50	100	150	50	200	2	16.6
	CSW,0.5,0.04	150	100	150	125	50	125	50	125	0.5	4.16
	CSW,0.5,0.16	100	200	100	100	100	100	100	100	0.5	16.6
	CSW,0.5,0.09	125	150	125	112.5	75	112.5	75	112.5	0.5	9.37
غير مركزية	CSW,2,0.041	75	50	275	00	100	200	100	200	2	4.16
غير مركزية	CSW,2,0.093	75	75	250	00	150	150	150	150	2	9.37
غير مركزية	CSW,2,0.166	75	100	225	00	200	100	200	100	2	16.6
غير مركزية	CSW,1,0.02	175	50	175	00	50	175	50	250	1	2
غير مركزية	CSW,1,0.08	150	100	150	00	100	150	100	200	1	8.3
غير مركزية	CSW,1,0.187	125	150	125	00	150	150	150	150	1	18.75
غير مركزية	CSW,1,0.33	100	200	100	00	200	200	200	100	1	33.3
غير مركزية	CSW,0.5,0.041	75	100	225	00	100	250	50	250	0.5	4.16
غير مركزية	CSW,0.5,0.093	75	150	175	00	150	225	75	225	0.5	9.37
غير مركزية	CSW,0.5,0.166	75	200	125	00	200	200	100	200	0.5	16.6

α: عامل الشكل للفتحة (α= d2/b2) ، Ko: نسبة حجم الفتحة %، CSW : composite shear wall

5- النمذجة:

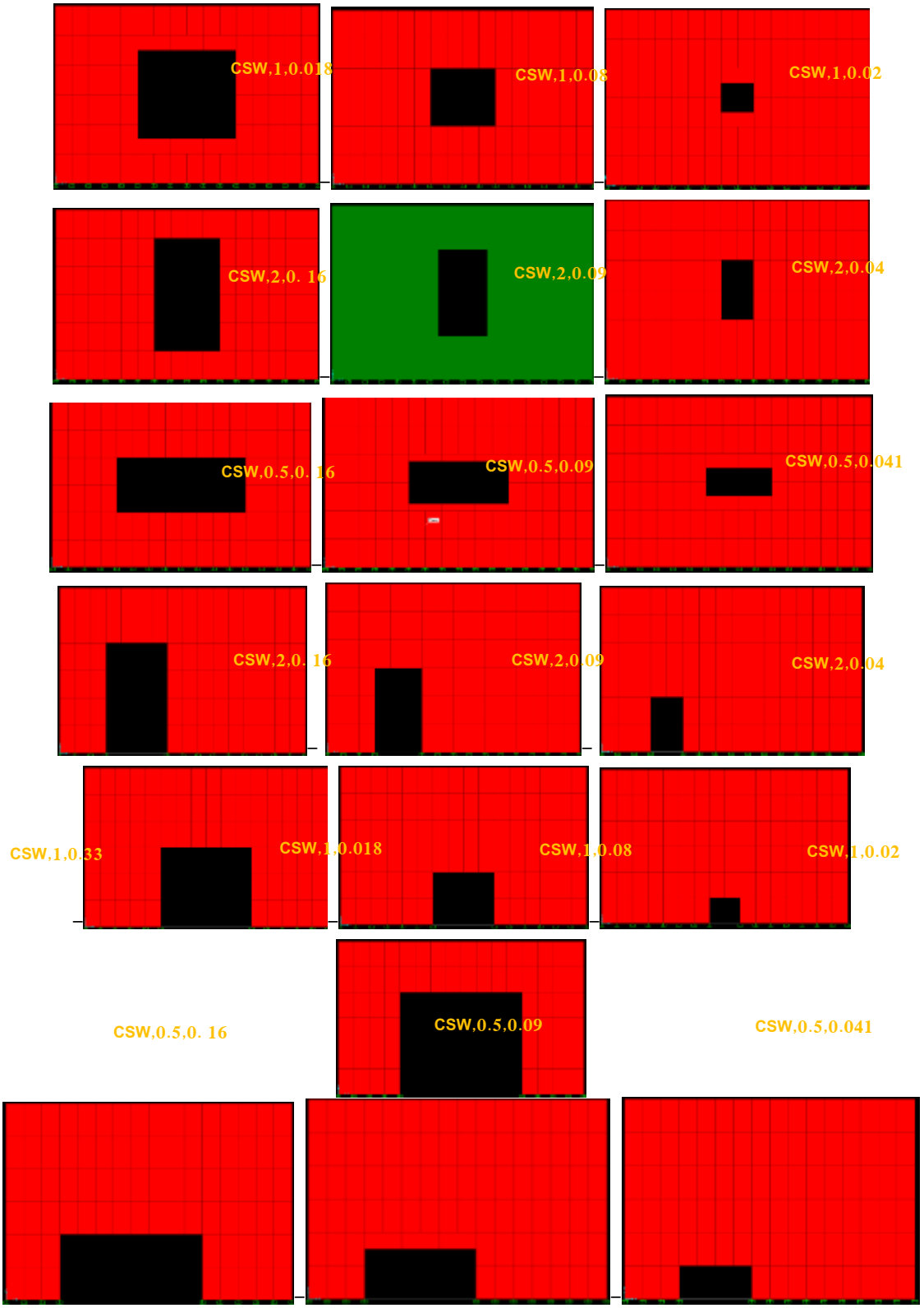
تمت النمذجة باستخدام برنامج SAP2000

واستخدم التحليل Pushover ومن أجل التأكد من صحة النموذج قمنا بإجراء نمذجة لتجربة من مقالة علمية موثقة[11] وذلك بنفس أسلوب النمذجة المستخدم في التحليل حيث لاحظنا وجود فروق بين القيم بحدود 10% في البداية و4% تقريبا عند القيم النهائية ويوضح الشكل (7)علاقة القوة-انتقال لمنحي pushover والمنحني التجريبي.



الشكل (7) مخطط القوة-انتقال التجريبي ونتيجة تحليل pushover لجدار مختلط

تم تحليل مجموعة من النماذج عددها 20 نموذج الموضحة في الجدول(3) مختلفة فيما بينها حسب معامل الشكل وموقع الفتحة في الجدار.



الشكل (8) نماذج الجدران مع الفتحات المدروسة

النتائج والمناقشة:

1 تأثير عامل الشكل و نسبة حجم الفتحة:

تم رسم مخطط مقاومة القص للجدار مقابل نسب الحجم للفتحة من أجل عوامل شكل مختلفة ومواقع مختلفة:

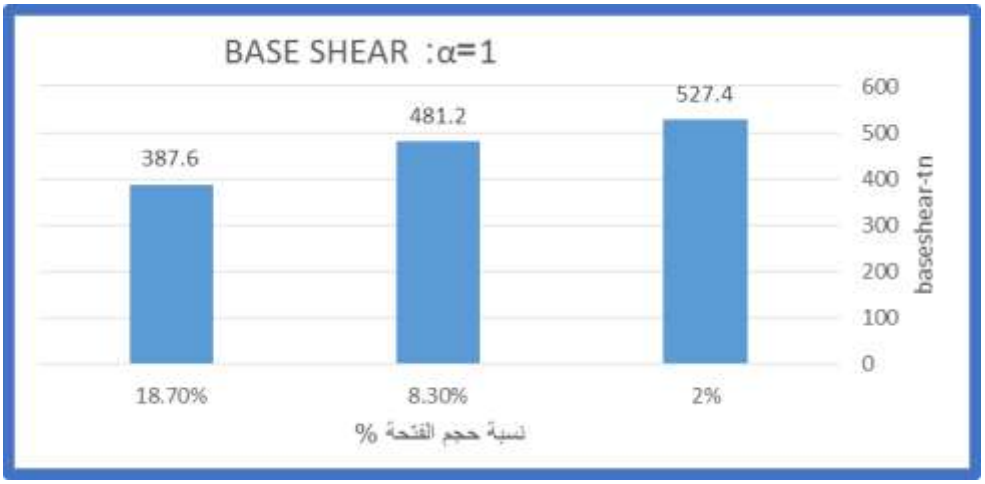
يوضح الجدول التالي قيم القص القاعدي الأعظمية مع الانتقال الموافق في أعلى الجدار.

الجدول(4)قيم القص القاعدي في النماذج

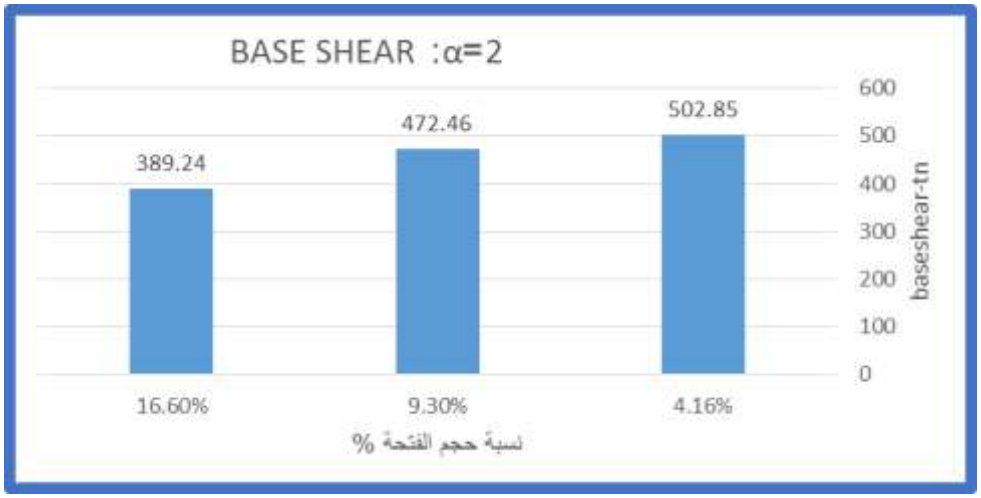
	PUSHOVER			
	الجدار	القص القاعدي الأعظمي(tn)	الانتقال الموافق(mm)	متوسط قيمة القص
	CSW00	530.7	8.75	
مركزية	CSW,1,0.02	527.4	8.75	465.4
	CSW,1,0.08	481.2	30.25	
	CSW,1,0.187	387.6	29.5	
	CSW,2,0.041	502.85	9.25	454.85
	CSW,2,0.093	472.46	35.75	
	CSW,2,0.166	389.24	30.5	
	CSW,0.5,0.04	519.24	9.25	466.5
	CSW,0.5,0.09	477.8	29	
	CSW,0.5,0.16	402.5	32.75	
غير مركزية	CSW,2,0.041	470.85	8.25	435.85
	CSW,2,0.093	444.7	10.5	
	CSW,2,0.166	392	22.13	
	CSW,1,0.02	507.56	8.25	423
	CSW,1,0.08	426.74	8.875	
	CSW,1,0.187	334.66	43.34	
	CSW,1,0.33	202.87	19.5	
	CSW,0.5,0.04	430.97	6.5	370.56
	CSW,0.5,0.09	373.33	7	
	CSW,0.5,0.16	307.4	10.5	

– توضح الاشكال قوى القص القاعدية حسب معامل الشكل ونسبة الحجم(موقع الفتحة في مركز الجدار)

-a-



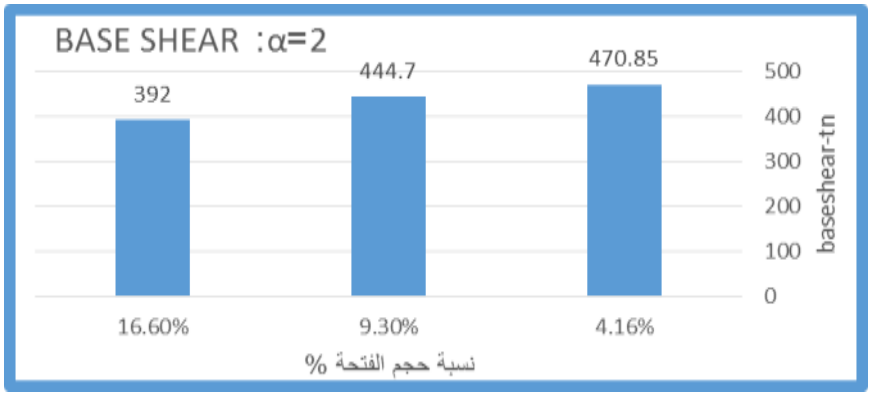
-b-



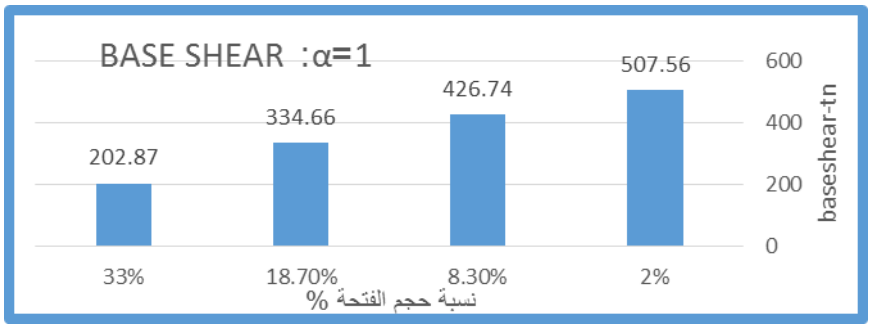
-c-

الشكل(9) a-b-c القص القاعدي لجدران تحوي فتحات مركزية

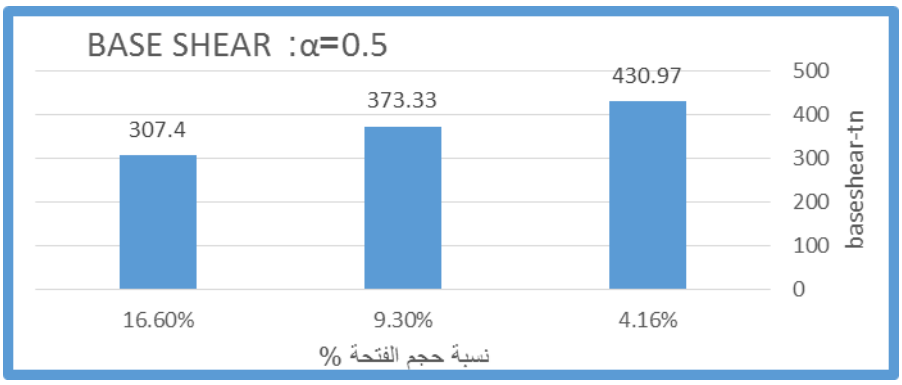
– توضح الاشكال قوى القص القاعدية حسب معامل الشكل ونسبة الحجم (موقع الفتحة غير مركزي).



–a–

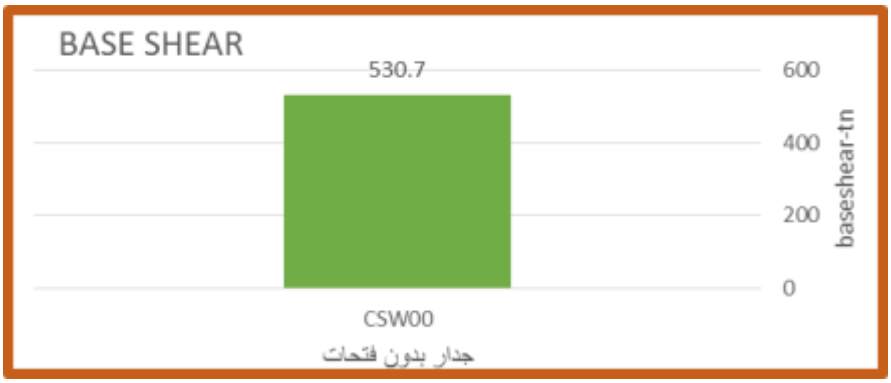


–b–



–c–

الشكل(10) a–b–c القص القاعدي لجدران تحوي فتحات غير مركزية



الشكل(11) القص القاعدي لجدار لا يحوي فتحات

نستنتج من هذه المخططات أنه بزيادة حجم الفتحة تقل قدرة تحمل الجدار، حيث لاحظنا أن استجابة الجدار المدروس الحاوي على فتحات بعوامل شكل مختلفة ومن خلال قوى القص القاعدية، تعتمدبشكل أساسي على نسبة حجم الفتحة، وبالمقارنة مع الجدار بدون فتحاتتبين أنه عندما يكون نسبة حجم الفتحة صغير يكون تأثيرها على الاستجابة قليل جدا فمن أجل نسبة حجم 2% كانت قوة القص القاعدية 527 tn ، 507 tn في حال الفتحة مركزية وغير مركزية على الترتيب، بينما قوة القص في الجدار بدون فتحات كانت 530 tn، أي باختلاف 0.56% و 4.34% في حال الفتحة مركزية وغير مركزية على الترتيب، وهذا الاختلاف يمكن ان يكون مهملاً في الحالات التي لم يصل فيها الاجهاد في الجدار الى حد الانهيار.

2- تحديد عامل الشكل الأمثل:

من أجل تحديد نسبة عامل الشكل الأمثل للفتحة، تم رسم مخطط مقاومة القص للجدار مقابل نسب عامل الشكل:

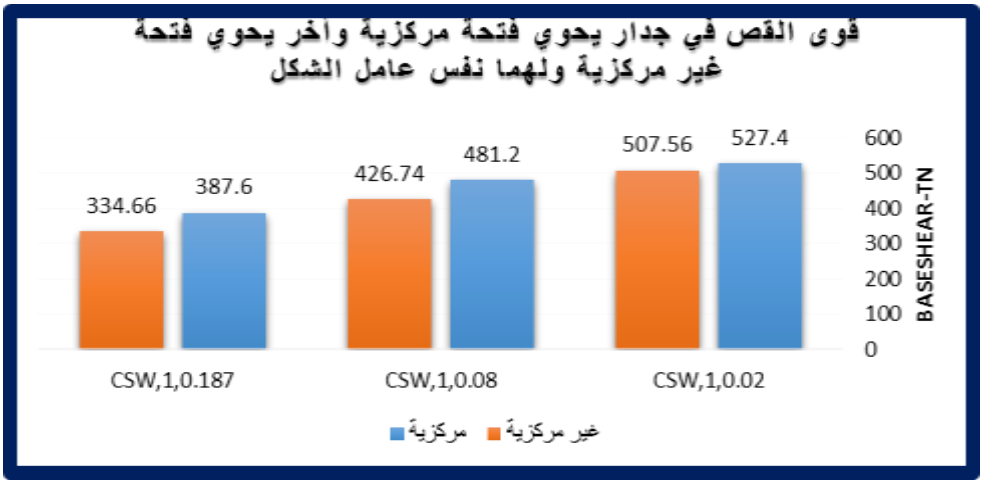
الشكل(12) القص القاعدي –عامل الشكل

نلاحظ من خلال الشكل (12) أن عامل الشكل الأمثل لفتحة المركزية $\alpha <= 1$. وهذه توافق فتحات النوافذ.

أما في حال الفتحات غير المركزية المتناظرة (الأبواب والكوريدورات) يكون عامل الشكل الأمثل $\alpha > 1$.

3- تاثير موقع الفتحة :

نأخذ فتحة مركزية وفتحة غير مركزية لهما نفس عامل الشكل (α=1) ومن أجل نسب حجمية مختلفة، نقارن قيمة قوة القص القاعدي المتولدة في الجدار.



الشكل(13) قوى القص القاعدية لجدار يحوي على فتحة مركزية وجدار يحوي على فتحة غير مركزية ولهما نفس عاملا الشكل والحجم

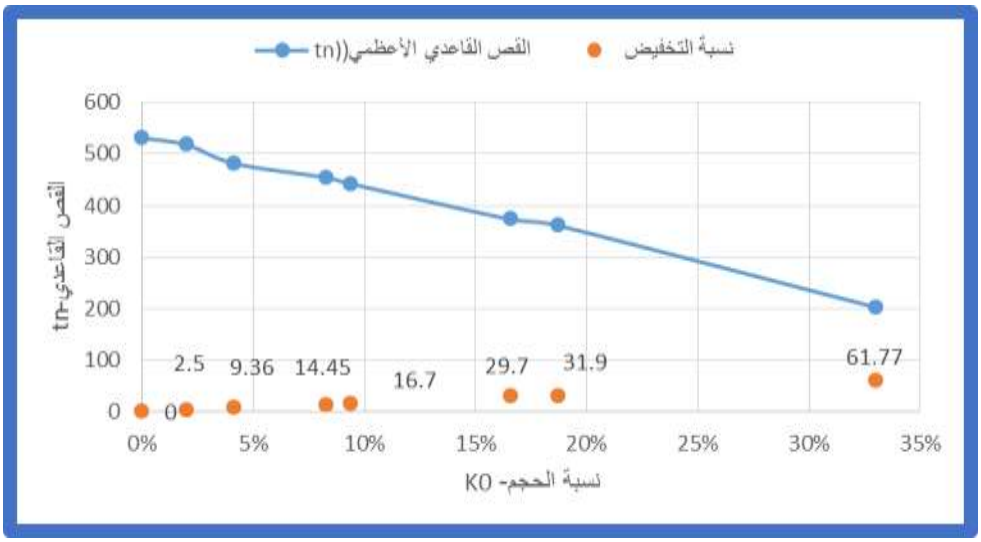
من المخطط نلاحظ أن وجود الفتحة بشكل مركزي في جدار القص المختلط أدى الى تحمل الجدار لقوة قص أكبر منه في حالة وجودها بشكل لا مركزي وبالتالي فهي الأكثر ملائمة.

4-دراسة تأثير نسبة حجم الفتحة على استجابة الجدار المختلط:

بالاعتماد على التحليل الستاتيكي اللاخطي (pushover)الذي أُجري للنماذج، تم قياس قوة القص القاعدية الاعظمية التي يتحملها الجدار المختلط الحاوي على فتحات بنسب حجمية مختلفة ونظمت النتائج في الجدول(5) والشكل (14):

الجدول(5) مقارنة القص القاعدي للنماذج الحاوية على فتحات مع الجدار بدون فتحات

نسبة الحجم Ko%	القص القاعدي الأعظمي(ton)	نسبة تخفيض الاستجابة %
00 %	530.7	00
2 %	517.48	2.5
4.16 %	481	9.36
8.3 %	453.97	14.45
9.37 %	442.1	16.7
16.6 %	372.78	29.7
18.7 %	361.13	31.9
33 %	202.87	61.77



الشكل (14) استجابة الجدار المختلط حسب نسبة حجم الفتحة

يتبين من الشكل ان قيم القص القاعدي تتناقص مع زيادة النسبة الحجمية K0 بشكل معتدل حتى نسبة 20% ثم وعند نسبة 33% نلاحظ نقصان كبير في قدرة التحمل تصل الى حوالي 60 %، وهنا ومن أجل تعويض هذا الفاقد من القدرة على المقاومة يمكن زيادة سماكة الصفيحة كما تم اثبات هذه النتيجة من قبل عدد من الباحثين[5,6]

حيث عندما تزداد قوة القص المطبقة على الجدار سينشأ اجهادات شادة وضاغطة في الجدار وتتطور هذه الاجهادات بعد تشقق البيتون الى أن يحصل الخضوع في الصفيحة. وهنا تفقد الصفيحة قدرتها على مقاومة أي زيادة في الحمولة. ففي حالة جدران القص البيتونية ومن اجل تعويض هذه الخسارة في المقاومة في مستوي تحميل منخفض لابد لنا من اجراء تقوية للجدار عند الفتحة وذلك بوضع عناصر التقوية المطلوبة في كل الجهات للفتحة بتفاصيل تسليح موضحة في كودات التصميم، وفي حال جدران القص المعدنية يوضع مقاطع معدنية للتقوية حول الفتحة ويمكن ان تستمر على ارتفاع وعرض الجدار، أما في حال جدران القص المختلطة والتي تتميز بوجود الجدار البيتوني الذي يعمل كعنصر تقوية حتى يتشقق وبعد ذلك يمكن التعويض بزيادة سماكة الصفيحة المعدنية.

بزيادة نسبة حجم الفتحة حتى 33%، يترافق منحني انخفاض مساحة الجدار مع منحني انخفاض المقاومة.[9]

5- مقارنة الانتقالات:

تم تحديد قيمة ثابتة للقوة المتزايدة الموافقة لقوة قص قاعدية V=250 tn ومراقبة قيم الانتقالات في اعلى الجدار.

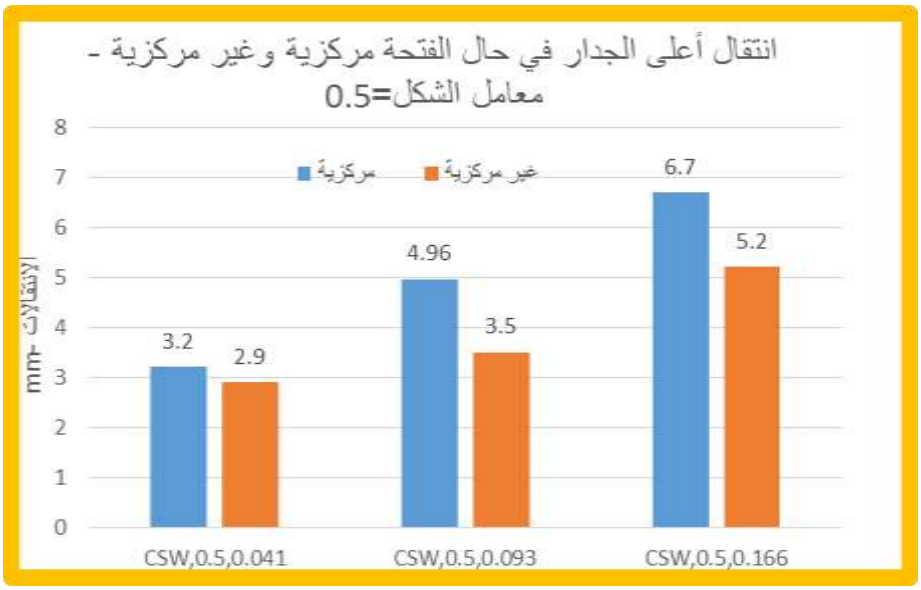
الجدول(6) الانتقال في اعلى الجدار عند قيمة ثابتة لقوة القص

	الجدار	القوة (tn)	الانتقال (mm)	معامل اللدونة
مركزية	CSW0	250	2.75	5.5
	CSW,1,0.02	250	3	5.15
	CSW,1,0.08	250	3.9	5.86
	CSW,1,0.187	250	7.9	4.13
	CSW,2,0.041	250	2.24	5.64
	CSW,2,0.093	250	5.28	5.98
	CSW,2,0.166	250	7	4.48
	CSW,0.5,0.04	250	3.2	5.64
	CSW,0.5,0.16	250	6.7	4.56
	CSW,0.5,0.09	250	4.96	4.07
غير مركزية	CSW,2,0.041	250	3.1	5.46
	CSW,2,0.093	250	3.68	5.3
	CSW,2,0.166	250	5.11	6.2
	CSW,1,0.02	250	2.85	5.7
	CSW,1,0.08	250	3.44	5.28
	CSW,1,0.187	250	5.57	4.95
	CSW,1,0.33	250	21.125	4
	CSW,0.5,0.041	250	2.9	5.43
	CSW,0.5,0.093	250	3.5	4.69
	CSW,0.5,0.166	250	5.2	4.44

- من الجدول(6) نلاحظ ان معامل اللدونة لم يتأثر كثيرا بمعامل الشكل بل بحجم الفتحة.

تم من خلال المخططات التالية رسم علاقة الانتقال في أعلى الجدار في حالة الفتحة مركزية وغير مركزية بعوامل شكل وعوامل حجم مختلفة.

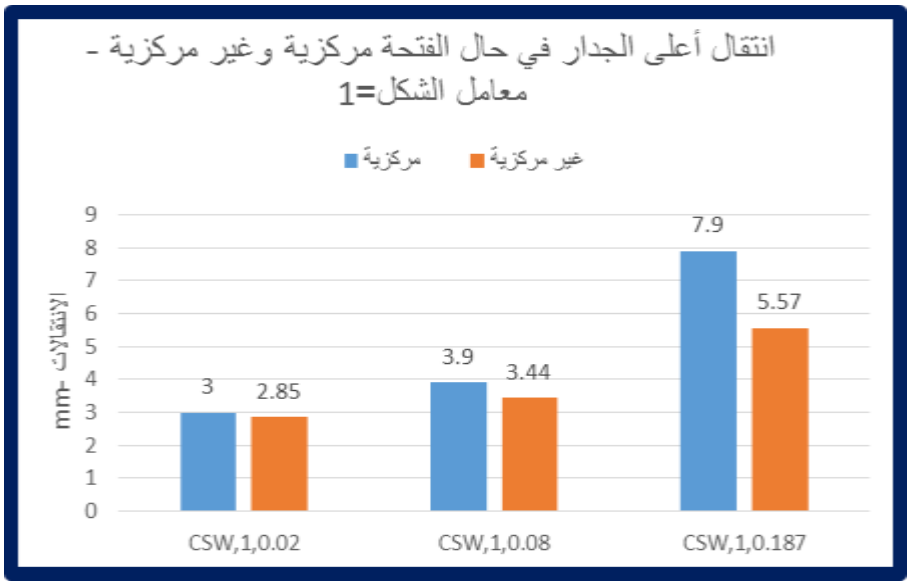
من أجل عامل الشكل =0.5



-a-

من الشكل نلاحظ ازدياد الانتقال في أعلى الجدار في حال الفتحة مركزية.

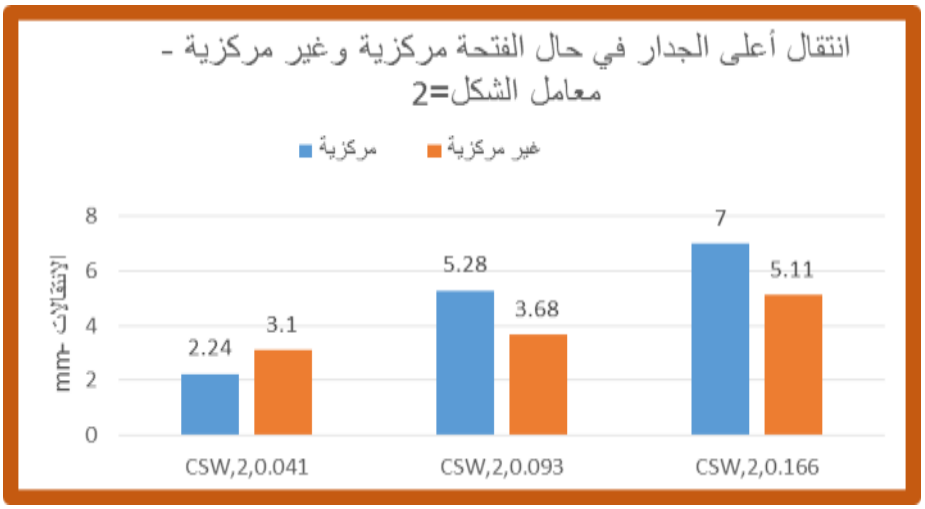
من أجل عامل الشكل =1



-b-

نلاحظ من الشكل ان الفتحة المركزية أعطت انتقالاً أكبر مما هو في حال الفتحة غير المركزية في حال عامل الشكل يساوي الواحد.

من أجل عامل الشكل =2



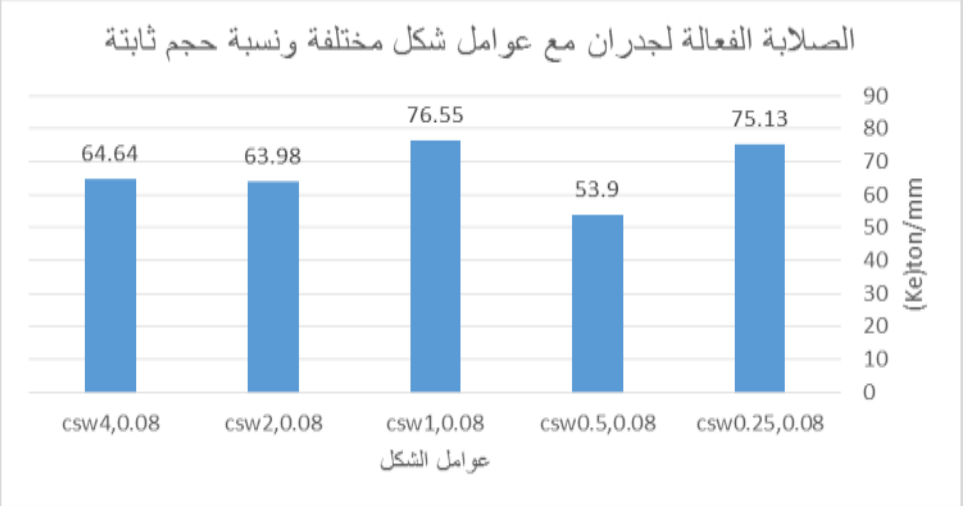
-c-

الشكل(15) (a:α=0.5 ، b:α=1 ، c : α=2)مقارنة انتقال أعلى الجدارحسب توضع الفتحة

من الشكل(15) نلاحظ انه في حال كان معامل الشكل يساوي 2، إن انتقال الجدار في حال كانت الفتحة مركزية أكبر منه في حال غير المركزية عندما تزداد نسبة حجم الفتحة.

6-: الصلابة الفعالة:

تم دراسة جدار بفتحة مركزية وبنسبة حجم ثابتة 8% مع تغيير في عوامل الشكل (0.5,1,2,4،0.25) وتم الحصول على الصلابة الفعالة لكل نموذج وكانت النتيجة كما هو موضح بالشكل.

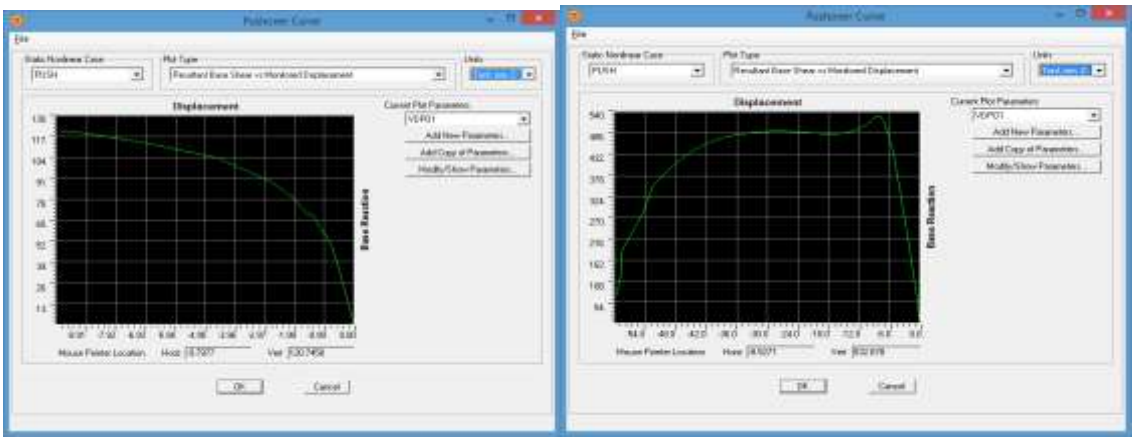


الشكل (16) مقارنة الصلابة الفعالة لجدار بفتحة مركزية مع عوامل شكل مختلفة ونسبة حجم ثابتة

نلاحظ من المخطط انه عندما يكون عامل الشكل أصغر من الواحد تنخفض الصلابة مع ازدياد عامل الشكل أما عندما يكون عامل الشكل أكبر من الواحد يكون تأثير عامل الشكل قليل اذ تبين ان البعد الافقي للفتحة الموازي للقوة المطبقة يلعب دورا مهما في الصلابة الفعالة للجدار وينصح بان يكون عامل الشكل يساوي الواحد.

7- دراسة تأثير وجود الصفيحة الفولاذية في الجدار المختلط:

قمنا بدراسة استجابة الجدار بدون فتحات في حال وجود الصفيحة الفولاذية وفي حالة عدم وجودها بطريقة pushover وبطريقة Time History باستخدام سجل الزلزال El-centro.



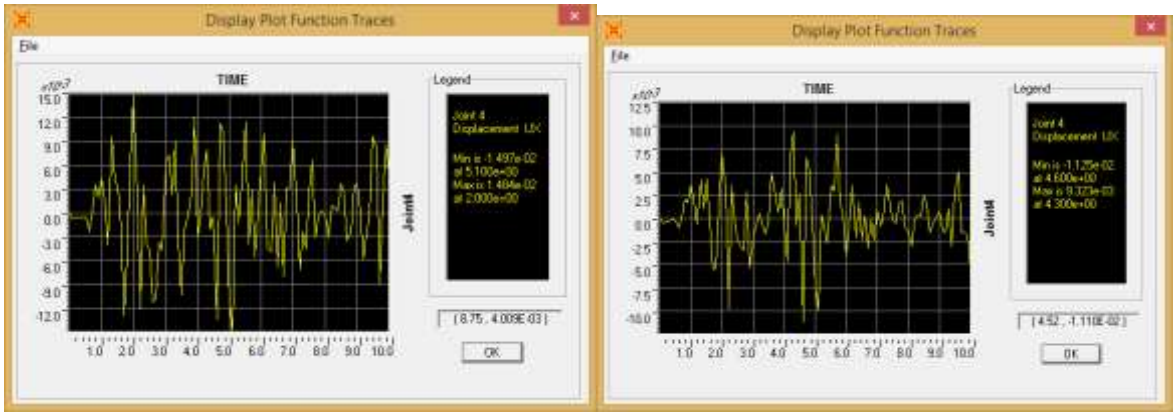
(a) (b)

الشكل(17) منحني PUSHOVER في حال الجدار بيتوني(a)-مختلط(b)

الجدول(7) نسبة زيادة قدرة تحمل الجدار المختلط

جدار القص	بيتوني	مختلط	زيادة قدرة التحمل%
قوة القص القاعدية الأعظمية(tn)	120.8	514.77	76
الانتقال (mm)	9.8	9.75	متساوي

حيث تبين لنا من خلال المخططات والجدول(7) مقدار ازدياد قدرة تحمل الجدار عند نفس قيمة الانتقال تقريباً.



(a) **(b)**

الشكل (18)السجل الزلزالي لانتقال أعلى الجدار: بيتوني(a)-مختلط(b)

تبين لنا من خلال السجل الزلزالي للانتقال،أن انتقال أعلى الجدار قد ازداد بمقدار 58% في حال كان الجدار بيتوني فقط.

الاستنتاجات والتوصيات:

1. أن استجابة جدار القص المختلط الحاوي على فتحات بعوامل شكل مختلفة ومن خلال قوى القص القاعدية، تعتمد بشكل أساسي على نسبة حجم الفتحة الى حجم الجدار.

2. عندما تكون نسبة حجم الفتحة صغير يكون تأثيرها على الاستجابة قليل جدا اذ نجد انه من أجل نسبة حجم 2% كان لها تأثير صغير جدا على تخفيض معدل الاستجابة لدرجة يمكن اهمالها.

3. تبين لنا من خلال الدراسة التحليلية أن عامل الشكل الأمثل لفتحة المركزية $\alpha <= 1$. وهذه توافق فتحات النوافذ.أما في حال الفتحات غير المتناظرة (الأبواب والكوريدورات) يكون عامل الشكل الأمثل $\alpha>1$.

4. أن وجود الفتحة بشكل مركزي في جدار القص المختلط أكثر ملائمة من وجودها بشل لا مركزي من ناحية مقاومة القوى القاصة.

5. إن قيم القص القاعدي تتناقص مع زيادة النسبة الحجمية K0 بشكل بسيط حتى نسبة 20% ثم يزداد مقدار الانخفاض بشكل متسارع حيث لاحظنا عند النسبة K0=%33حدث نقصان كبير في قدرة التحمل وصل الى حوالي 60 %.

6. بمقارنة قيم انتقال أعلى الجدار لاحظنا ان الجدار الذي يحوي فتحة مركزية أعطى انتقالاً أكبر مما هو في حال الجدار الذي يحوي فتحة غير مركزية.

7. يؤثر البعد الأفقي للفتحة على الصلابة الفعالة للجدار.

8. من خلال دراسة ديناميكية لاستجابة الجدار بدون فتحات في حال وجود الصفيحة الفولاذية وفي حالة عدم وجودها لاحظنا مقدار ازدياد قدرة تحمل الجدار المختلط عند نفس قيمة الانتقال تقريباً بمعدل 76% وكذلك ازداد انتقال أعلى الجدار بمقدار 58% في حال كان الجدار بيتونياً فقط وهذا يؤكد فعالية الصفيحة الفولاذية في تحسين معدل استجابة الجدار المختلط.

المراجع:

1- KHEIRI,A,M; MAZLUMIb,M,R; POURYAZDIa,A,N."*Investigating the effect of different opening types on steel plate shear wall behavior and finding the most critical condition. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 85, 2016, p. 553 – 564.*

2- ASTANEH,A, A. *Seismic Behavior and Design of Steel Shear Walls,* Steel TIPS Report, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA, 2001.

3- ASTANEH,A, A. *Seismic Behavior and Design of Composite Steel Plate Shear Walls,* Steel TIPS Report, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA, 2002.

4- RAHAI,A. HATAMI, F. *Evaluation of composite shear wall behavior under cyclic loadings.Journal of Constructional Steel Research,* No. 7, **65**(2009) 1528-37.

5- RUCHI,S, a;JIGNESH, A.*Effects of opening in shear walls of 30-storey building.JOURNAL OF MATERIALS AND ENGINEERING STRUCTURES 2 (2015) 44–55*

6- VELADI,H; SHIRSHAHI,M. "*INFLUENCE OF THE RECTANGULAR OPENING PROPERTIES ON SEISMIC BEHAVIOR OF COMPOSITE STEEL PLATE SHEAR WALLS"* .VOL. 17, NO. 7(2016) PAGES 869-885

7- DEYLAMI,A;DAFTARI,H."*NON-LINEAR BEHAVIOR OF STEEL PLATE SHEAR WALL WITH LARGERECTANGULAR OPENING"*.Tehran, Iran.

8- HATAMI,F;RAHAI,A. *Performance evaluation of composite shear wall behavior under cyclic loadings*. Journal of Constructional Steel Research, 65(2009) 1528-37.

9- ZHANG, SM; GUO,LH; Guan, N. *Simplified model of steel-concrete composite shear wall with two-side connection*. Journal of Xi'an University of Agriculture and Technology, 41(2009) 352-7.

10- NIKAM,N,M; KALURKAR,L,G.*"Pushover Analysis of Building with Shear Wall*"Jawaharlal Nehru Engineering College, Aurangabad Maharashtra, IndiaVolume 6 Issue No. 8.

11- GUO,L;RONG,Q;XINBO,M;ZHANG,S."Analysis of composite steel plate shear walls connected with frame beams only". Institute of technology, harbin, PR China.2013.