

The Effect of Steel Plate Thickness on the Behavior of Composite Shear Wall

Dr. Neman Issa*

(Received 10 / 2 / 2020. Accepted 11 / 3 / 2020)

□ ABSTRACT □

Here we present an analytical study of a composite shear wall (CSW) containing a concrete wall on one side of the steel plate. As is known, the steel shear walls work to resist the lateral forces through the formation of tensile fields and buckling in steel plate. As for composite steel shear walls, It is different because of the presence of the concrete wall that works to prevent the buckling in the steel plate and here the steel plate works to resist the forces by shear only.

The thickness of the steel plate plays an important role and directly affecting the shear resistance and the maximum resistance of the composite steel wall, in addition to the possibility of reducing the local buckling of the steel plate that is formed in the free distance for the shear stud spacing that supply a combination work of the plate and the concrete wall when the concrete wall is exists from one side. This is in addition to improving the plasticity and dissipative energy of the wall, and this was observed through the analytical study of four composite shear walls of similar size with each other in terms of engineering and structural composition, but they differ in the thickness of the steel plate, where we observed an increase in resistance by 18% when increasing the thickness by 50%.

Keywords: Composite shear wall, steel plate thickness, shear resistance

*Assistant Professor, Department of structural engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

تأثير سماكة الصفيحة المعدنية على سلوك جدران القص المعدنية المختلطة

د. نعمان عيسى*

(تاريخ الإيداع 10 / 2 / 2020. قُبِلَ للنشر في 11 / 3 / 2020)

□ ملخص □

نقدم هنا دراسة تحليلية لجدار قص معدني مختلط (CSW) يحوي على جدار بيتوني من جهة واحدة من الصفيحة الفولاذية. وكما هو معروف فإن جدران القص المعدنية تعمل على مقاومة القوى الجانبية من خلال تشكل حقول الشد وتحنيب الصفيحة الفولاذية أما في حال جدران القص المعدنية المختلطة فإن الأمر مختلف بسبب وجود الجدار البيتوني الذي يعمل على منع حدوث التحنيب في الصفيحة الفولاذية وهنا تعمل الصفيحة الفولاذية على مقاومة القوى المطبقة بالخضوع على القص الصافي.

تلعب سماكة الصفيحة المعدنية دوراً مهماً في التأثير بشكل ملحوظ ومباشر على مقاومة القص والمقاومة القصوى للجدار المعدني المختلط، بالإضافة إلى إمكانية التقليل من التحنيب الموضعي للصفيحة الذي يتشكل في المسافة الحرة لتباعد روابط القص أو البراغي التي تؤمن العمل المشترك للصفيحة والجدار البيتوني وذلك عندما يكون الجدار البيتون موجود من جهة واحدة. هذا بالإضافة الى تحسين قابلية التلدن والطاقة المبددة للجدار وهذا ما تم ملاحظته من خلال الدراسة التحليلية لأربعة جدران قص مختلطة متماثلة فيما بينها من حيث التركيب الهندسي والانشائي انما تختلف في سماكة الصفيحة المعدنية، حيث لاحظنا ازدياد المقاومة بمقدار 18% عند زيادة السماكة بمقدار 50%.

الكلمات المفتاحية: جدران القص المعدنية المختلطة - سماكة الصفيحة المعدنية - المقاومة على القص.

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

مقدمة:

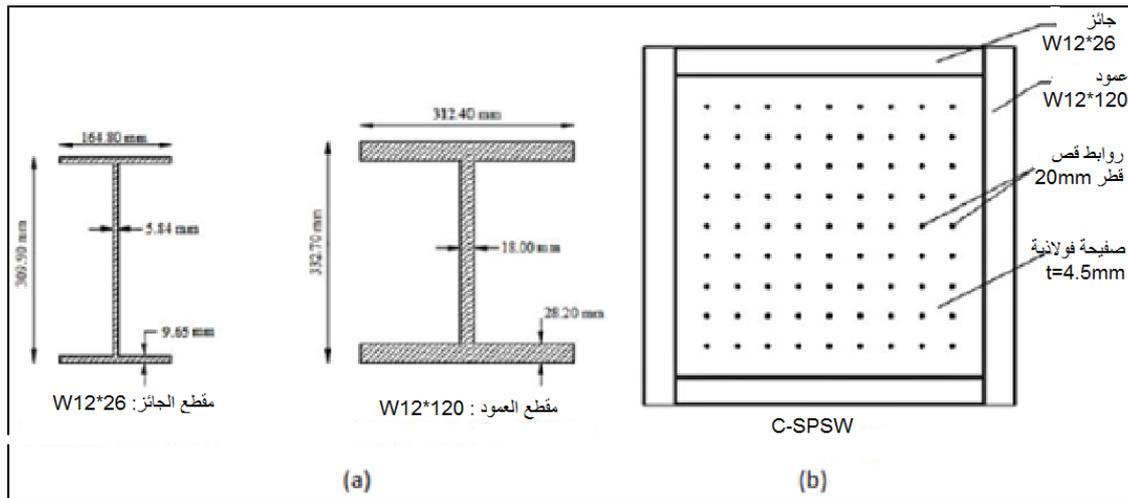
تتألف جدران القص المعدنية المختلطة من صفيحة فولاذية وأخرى بيتونية من جهة واحدة أو من جهتي الصفيحة الفولاذية. ويؤمن العمل المشترك بين الصفيحة الفولاذية والجدار البيتوني عن طريق روابط قص أو براغي [1]. تعتبر أهم ميزة لهذا السلوك لجدران القص المختلطة هو ان التحنيب الذي كان سيحصل للصفيحة الفولاذية كما هو الحال في الجدران الفولاذية، لن يحدث هنا بسبب وجود الجدار البيتوني الذي يعمل على منع تحنيب الصفيحة الفولاذية على الضغط والذي يكون السبب في تقليل قدرة تحمل الجدار وتقليل صلابته. يمكننا اعتبار (CSW) حلاً بديلاً للأنظمة الانشائية المقاومة للحمولات الجانبية في الأبنية الفولاذية العالية حيث تسجل قيم كبيرة للقوى القاصة بشكل ملحوظ. [2].

خلال العقدين الماضيين كان هناك عدة أبحاث حول نمذجة وتحليل سلوك جدران القص المعدنية المختلطة. ويعتبر ([Astaneh- Asl [4,3]) 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 وصفيحة بيتونية من جهة واحدة مع وجود فراغ بين الاطار المحيط والصفيحة البيتونية وأظهرت النتائج أن وجود هذا الفراغ يساهم في زيادة لدونة الجدار [3]. في عام 2009 قدم Rahayei and Hatami [5] 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 الصفيحة الفولاذية ويشكل عكسي مع تباعد وصلات القص وكذلك ان زيادة المسافة بين وصلات القص يحسن من لدونة الجدار والقدرة على تبديد الطاقة.

درس الباحث Kurt et al [6]. نموذج لجدار قص مختلط مستطيل الشكل مع أجنحة ومعرض لحمولة قاصة متزايدة في مستوي الجدار بمساعدة برنامج LS-DYNA. ورسم مخطط الاستجابة للجدار (قوة-انتقال) حتى الوصول الى ذروة قدرة التحمل. اقتصرت متحولات الدراسة على دراسة تأثير سماكة الصفيحة وعامل شكل الجدار على سلوكه بشكل عام. وأظهرت هذه الدراسة أن نسبة عامل الشكل (L/H) عندما تكون أصغر من الواحد يسيطر السلوك الانعطافي على الجدار والذي يقاوم من قبل المقطع العرضي لقاعدة الجدار، أما عندما تكون نسبة عامل الشكل أكبر من الواحد تزداد مقاومة الجدار حتى الوصول الى القيمة الحدية للمقاومة.

بالمقارنة مع جدران القص المعدنية، تتطلب جدران القص المختلطة سماكة صفيحة أقل منها في حال الجدار معدني، بالإضافة الى ظهور السلوك اللدن المناسب، الصلابة الجانبية الأعلى، والمقاومة الجانبية الأفضل على القص. [1]. علاوة على ذلك، وبما أن الجدار المختلط يبدي صلابة جانبية أعلى من الجدار المعدني، سوف ينخفض تأثير $P-\Delta$ وبالتالي الانتقالات النسبية الطابقيّة والذي بدوره يحسن من أداء المنشأ عند التعرض الى الحمولات الزلزالية. [2]. أجرى الباحثان Khosravi, H; Mousavi [7]. تجربة مخبرية على جدار قص معدني مختلط مؤلف من طابق واحد وفتحة واحدة. الشكل (1).

ارتفاع الجدار 3m ومجازه 3m، سماكة الصفيحة المعدنية 4.5mm، سماكة الجدار البيتوني 100mm ومسلح بقضبان فولاذية بقطر 10mm ومتوضعة بتباعدات أفقية وشاقولية متساوية قدرها 155mm وتم تحقيق الترابط بين الصفيحة الفولاذية والجدار البيتوني من خلال روابط قص ملحومة إلى الصفيحة المعدنية وعددها 81 رباط قص. أما العناصر الإطارية (I-BEAM) كانت: مقطع العمود W12*120 ومقطع الجائر W12*26.



الشكل (1) تفاصيل الجدار المختلط: (a) مقاطع الأعمدة والجوائز، (b) مستوي الجدار [7]

وقمنا بتوثيق نموذج عددي لهذه التجربة بالاعتماد على البيانات المتوفرة [7] بغرض التأكد من صحة النمذجة العددية.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث الى دراسة فعالية سماكة الصفيحة الفولاذية والتي تشكل أحد مكونات جدار القص المختلط، في التأثير على سلوك الجدار المختلط من حيث تغيير مقدار الصلابة والطاقة المبددة بالإضافة الى مقاومة الحمولات الجانبية التي يتعرض لها الجدار جراء الأفعال الأفقية (رياح-زلازل). لتحقيق هذا الهدف تم انجاز دراسة بارامترية باستخدام نموذج عددي ثلاثي الأبعاد تم إنشاؤه باستخدام برنامج ABAQUS-V14.2 [8] القائم على طريقة العناصر المنتهية.

طرائق البحث ومواده:

1- ميزات جدران القص المعدنية الصفائحية المختلطة:

تتميز جدران القص المختلطة بخفة الوزن والمقاومة الجيدة مقارنة مع جدران القص البيتونية وهي تجمع في تركيبها بين الجدران المعدنية والبيتونية، حيث يمكن أن يكون الجدار البيتوني مسبق الصنع أو مصبوب بالمكان ويتم وصله مع الصفيحة الفولاذية من جهة واحدة أو من الجهتين.

ويلعب الجدار البيتوني دوراً مهماً في منع الصفيحة المعدنية من التحنيب.

بالإضافة الى زيادة فعالية الإنشاء وخصوصاً في حال كانت الجدران البيتونية مسبقة الصنع حيث يمكننا إضافة الجدار البيتوني باستخدام الربط بالبراغي في أية مرحلة من مراحل الإنشاء. وما تزال الدراسات المتعلقة بجدران القص المختلطة قليلة، حيث حتى الان لا يوجد كود أو شروط تخص التصميم الزلزالي لمثل هذه الجدران، ولم تدرس بشكل واقعي تحت تأثير زلازل حقيقية لذلك هناك حاجة من أجل تقييم دقيق ودراسة كل ما يتعلق بهذه الجدران وسلوكها اللامرّن قبل أن يتم تبنيها ضمن الكودات التصميمية.

2- المكونات الأساسية لجدار القص المعدني المختلط: [9]

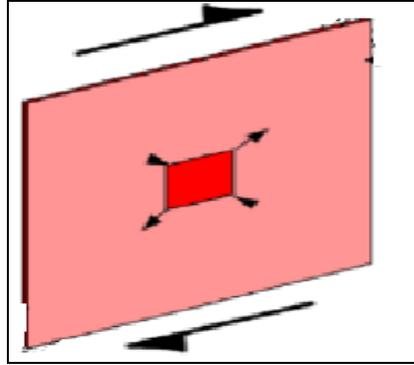
- صفيحة جدار القص المعدنية

- جدار القص البييتوني المسلح
- وصلات القص
- الأعمدة والجوائز المحيطة
- وصلات جدار القص مع العناصر المحيطة.

3- آلية عمل جدار القص المختلط. CSW

في جدران القص المعدنية (SPSW) تتعرض الصفيحة الفولاذية الرقيقة للتحنيب بالقص تحت تأثير قيم منخفضة للحمولات الجانبية ومن ثم تستمر في مقاومة هذه الحمولات عبر حقول الشد القطري التي تتطور في الصفيحة بعد تحنيبها. [10] أما في حال تم منع الصفيحة الفولاذية من التحنيب بالكامل، كما هو الحال في جدران القص المختلطة (CSW) ستتطور في الصفيحة إجهادات شادة وضاغطة بسبب وجود الجدار البييتوني الشكل (2). بالعودة إلى الكود الأمريكي AISC2010 تعطى مقاومة جدار القص المختلط بالعلاقة.

$$V = 0.6 F_y . L . t$$



الشكل (2) توزيع الإجهادات في الصفيحة الفولاذية

4- وصف النموذج العددي:

تم اعتماد برنامج التحليل الإنشائي **ABAQUS V14.2** لإنشاء النماذج العددية اللازمة لإجراء هذه الدراسة العددية. يعتمد هذا البرنامج طريقة العناصر المنتهية في التحليل، ويقدم للباحث إمكانيات جيدة في عملية النمذجة، ونستطيع من خلال مكتبة العناصر المنتهية المتوفرة فيه نمذجة كافة أنواع المنشآت مهما بلغت درجة تعقيدها. بالإضافة الى ذلك فإنه يسمح بتعريف سلوك أغلب المواد، ويأخذ بالحسبان قوى الاحتكاك بين السطوح. يقدم البرنامج طرائق تحليل متعددة نذكر منها: التحليل الستاتيكي الخطي والتحليل الديناميكي اللاخطي. ويمكن للباحث من خلال هذا البرنامج أخذ اللاخطية الهندسية والمادية في التحليل الإنشائي للمنشآت الهندسية.

4-1 الأبعاد الهندسية للجدار المدروس.

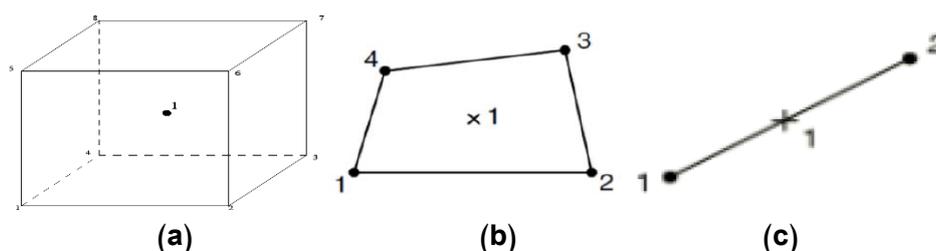
يبين الجدول (1) نماذج المقاطع المعدنية المستخدمة في نمذجة الأعمدة والجدران بالإضافة الى الأبعاد الهندسية للجدار المختلط الكلي وللصفيحة والجدار البييتوني.

الجدول (1) المواصفات الهندسية للجدران المدروسة

| Wall Type | Steel Thickness(inch) | Concrete Thickness (inch) | Column Sec | Beam Sec | L * H (m) |
|-----------|-----------------------|---------------------------|------------|----------|-----------|
| C-SPSW1 | 0.125 | 4 | IPE0 240 | IPE0 240 | 3.8*3.8 |
| C-SPSW2 | 0.2 | 4 | IPE0 240 | IPE0 240 | 3.8*3.8 |
| C-SPSW3 | 0.3 | 4 | IPE0 240 | IPE0 240 | 3.8*3.8 |
| C-SPSW4 | 0.4 | 4 | IPE0 240 | IPE0 240 | 3.8*3.8 |

2-4 نمط العناصر المنتهية المستخدمة في النمذجة باستخدام ABAQUS:

تم استخدام العنصر **C3D8** لنمذجة العناصر الإطارية واللوح البيتوني والبراغي وهو عنصر حجمي (SOLID ELEMENT) مؤلف من ثماني عقد (الشكل (a-3)) وكل عقدة تملك ثلاث درجات حرية (3انتقالات). كما تم استخدام العنصر **S4R** لنمذجة الصفيحة المعدنية وهو عنصر قشري (shell element) مكون من أربع عقد (الشكل (b-3)) وكل عقدة تحوي ست درجات حرية (3انتقالات و3دورانات).



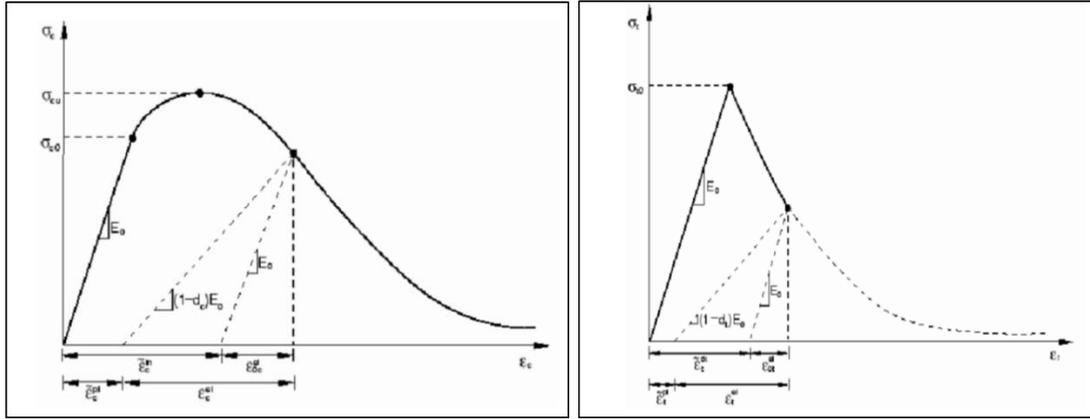
الشكل (3) نمط العناصر المستخدمة في النمذجة [8] [ABAQUS 6.14 Documentation]

أما من أجل نمذجة فولاذ التسليح استخدم العنصر **T3D2** وهو من النوع الشبكي الفراغي (Truss Element) مؤلف من عقدتين (الشكل (c-3)) وكل عقدة تحوي ثلاث درجات حرية (3 انتقالات).

3-4 توصيف مواد البناء:

1-3-4 مواصفات مادة البيتون المسلح:

تم في هذه الدراسة استخدام النموذج (Concrete Damaged Plasticity (CDP) لتوصيف مادة البيتون وهو نموذج تضرر قائم على اللدونة (Plasticity-based damage model) لوصف سلوك البيتون. يفترض هذا النموذج وجود آليتي انهيار رئيسيتين لمادة البيتون هما التشقق بالشد والتهدم بالضغط، ويتم التحكم بتطور سطح الانهيار من خلال متحولين، المتحول ϵ_c^{pl} ويمثل تشوه الضغط اللدن المكافئ وهو يرتبط بآلية الانهيار تحت حمولة ضغط والمتحول ϵ_t^{pl} ويمثل تشوه الشد اللدن المكافئ وهو يرتبط بآلية الانهيار تحت حمولة شد. يفترض النموذج (CDP) أنه يمكن توصيف استجابة البيتون تحت شد أو ضغط محوري باستخدام ما يعرف باللدونة المتضررة (Damaged Plasticity). ويبين الشكل (4) مخطط الاجهاد -تشوه للبيتون على الشد والضغط.



الشكل (4) مخطط الإجهاد-تشوه للبيتون على الشد والضغط [7]

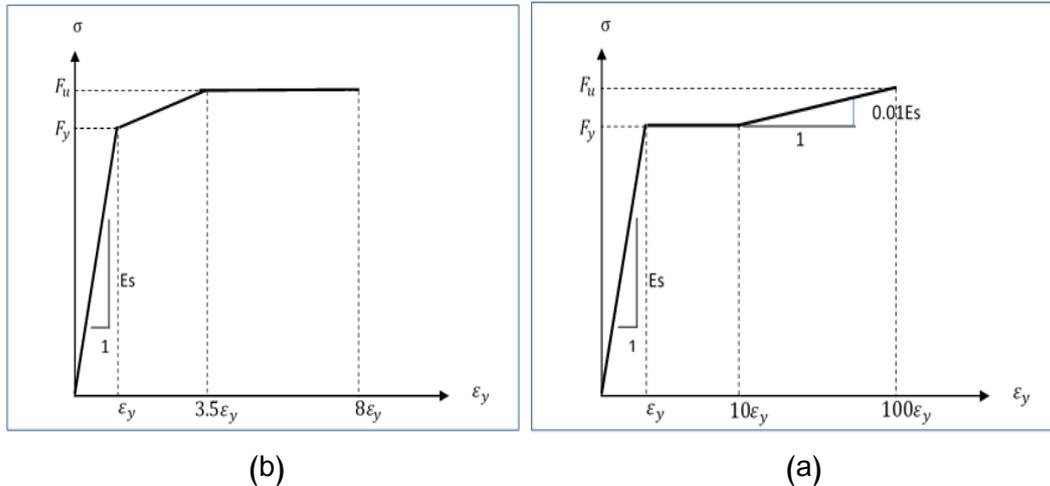
ونوضح من خلال الجدول (2) قيم لخواص الميكانيكية لمكونات الجدار البيتوني.

الجدول (2) مواصفات مادة الجدار البيتوني وتسليحه

| Rebar | | | | | Concrete | | |
|-------|-------------|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|
| ν | Reinf.Ratio | Space(mm) | Dia(mm) | E (MPa) | ν | tc (mm) | F'c(MPa) |
| 0.3 | 0.92% | 155 | 10 | 2.1E5 | 0.2 | 100 | 28 |

4-3-2 مواصفات مادة الفولاذ:

يعتبر الفولاذ مادة مطاوعة تسلك سلوكاً لاخطياً بعد الخضوع للشد والتصلب التشوهي للمادة. فمن أجل تحديد نموذج مادة الفولاذ تم الاستفادة من مخططات الإجهاد - تشوه المستخدمة من قبل الباحثين وإدخالها في نموذج العناصر المنتهية. عُدت العلاقة بين الإجهاد والتشوه كمنحني مرن-لدن ثنائي الخطية. تم استخدام فولاذ من النموذج ASTM A36 لنمذجة هذا السلوك بمنحني إجهاد-تشوه ثلاثي الخطية مبين على الشكل (5-a) لأجل فولاذ الجوائز، الأعمدة، الصفيحة الفولاذية وقضبان التسليح، بينما تم استخدام فولاذ من النموذج ASTM A325M من أجل فولاذ البراغي، ويبين الشكل (5-b) سلوكه التشوهي.



الشكل (5) مخطط الإجهاد -تشوه لمادة الفولاذ (a) للبراغي و(b) الجوائز والأعمدة

يبين الجدول (3) مواصفات مادة الفولاذ لمكونات جدار القص المختلط.

الجدول (3) مواصفات مادة الفولاذ

| ν | E(MPa) | Fu(MPa) | Fy(MPa) | |
|-------|---------|---------|---------|----------------------------------|
| 0.3 | 2.1 E+5 | 360 | 248 | جوائز، أعمدة، صفيحة، قضبان تسليح |
| 0.3 | 2.1 E+5 | 810 | 570 | روابط القص |

4-4 الشروط الطرفية والتحميل:

تمت نمذجة الشروط الطرفية بشكل يتطابق مع الدراسة التجريبية المعتمدة وفق الآتي:

✚ الأعمدة موثوقة من نهايتها السفلية.

✚ تقييد الانتقالات الجانبية للجائز الوسطي بما يتوافق مع الاختبار التجريبي.

✚ وصل الصفيحة الفولاذية مباشرة مع العناصر المحيطة في النموذج العددي.

لنمذجة التماس بين الجدار البيتونى والعناصر المعدنية في الجدار، تم استخدام شروط التماس من نمط سطح-سطح (surface to surface contact) وتم اعتماد احتكاك كولومب (coulomb friction) لوصف السلوك المماسي بين

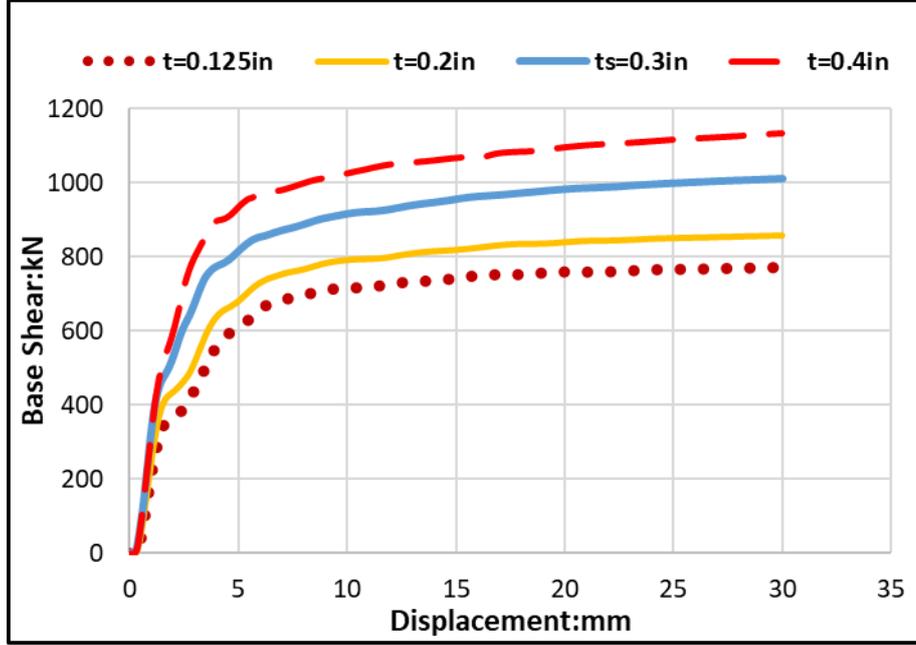
سطوح التماس وتم اسناد (Hard contact) لوصف السلوك الناظمي على سطوح التماس. [8]

تم التحميل بتطبيق انتقال أفقي عند أعلى الإطار متزايد بشكل تدريجي بحيث لا تتجاوز الازاحة النسبية الطابقية الى قيمة مقدارها (2.5%) والتي توافق القيمة العظمى الواردة في الكود الأمريكي ASCE7-05 [11] والكود العربي السوري الملحق الثاني لحالة دور اهتزاز أقل من 0.7sec [12].

النتائج والمناقشة:

1 - الاستجابة الكلية للجدار المختلط:

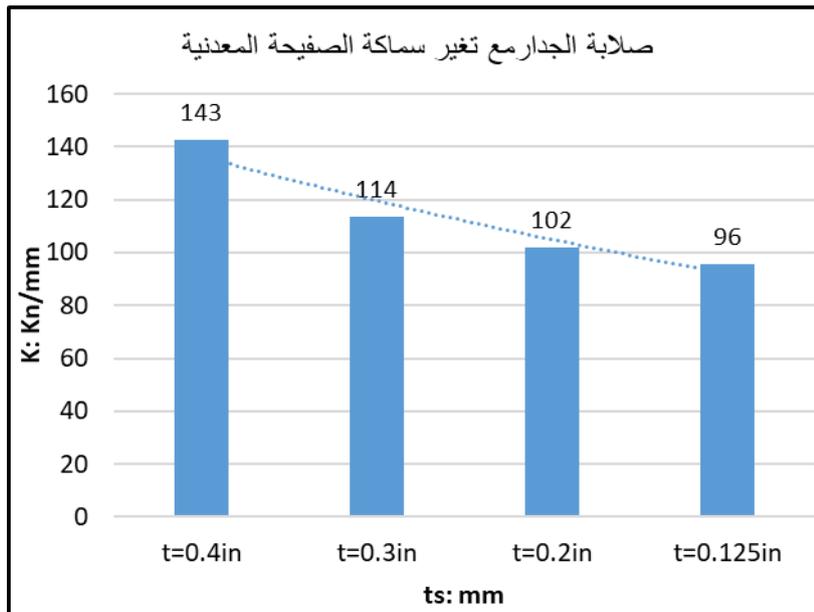
يظهر الشكل (6) منحنيات القص القاعدي - الانتقال للنماذج الاربعة المدروسة، حيث نلاحظ ازدياد الصلابة الأفقية والمقاومة الجانبية للجدار المختلط مع زيادة سماكة الصفيحة المعدنية.



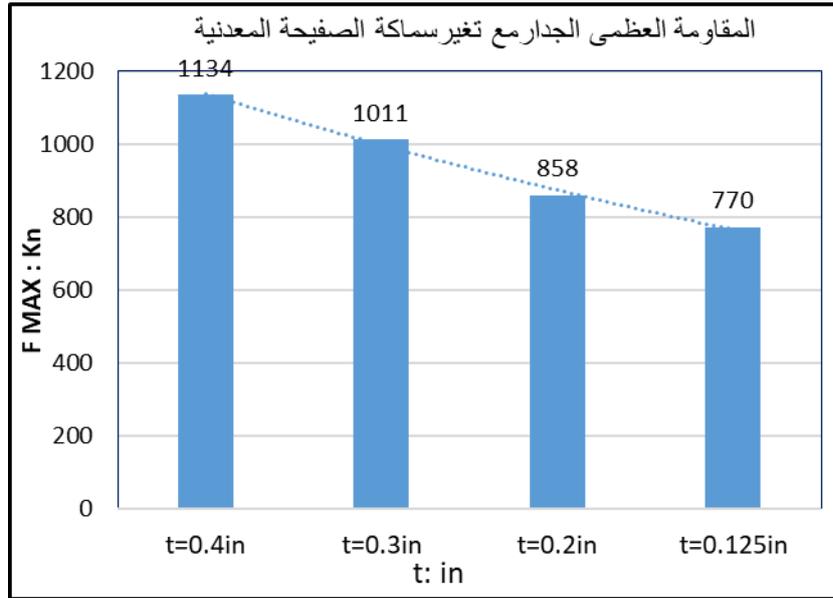
الشكل (6) منحنيات القص القاعدي-انتقال لجدران القص المختلطة من أجل أربعة سماكات للصفيحة المعدنية

2- تغير الصلابة الجانبية والمقاومة الأعظمية للجدار المختلط:

لتقييم تأثير تغير سماكة الصفيحة المعدنية على تغيير الصلابة الجانبية والمقاومة على القص للجدار المختلط نمثل ذلك بيانياً بالشكلين (7) (8). حيث نلاحظ من الشكل (7) إزدياد الصلابة الجانبية للجدار المختلط مع إزدياد سماكة الصفيحة المعدنية وهذا بالطبع ناتج عن زيادة مساحة المقطع العرضي للصفيحة. مثلاً عند زيادة السماكة بمقدار 60% (من 0.125 إلى 0.2) ازدادت الصلابة الجانبية للجدار المختلط بمقدار نفس 6.25%، والمقاومة بمقدار 12% بالمقابل عند زيادة السماكة بمقدار 50% (من 0.2 إلى 0.3) ازدادت الصلابة الجانبية بنسبة 12%، والمقاومة بمقدار 18%.



الشكل (7) تغير الصلابة الجانبية للجدار المختلط بدلالة سماكة الصفيحة المعدنية

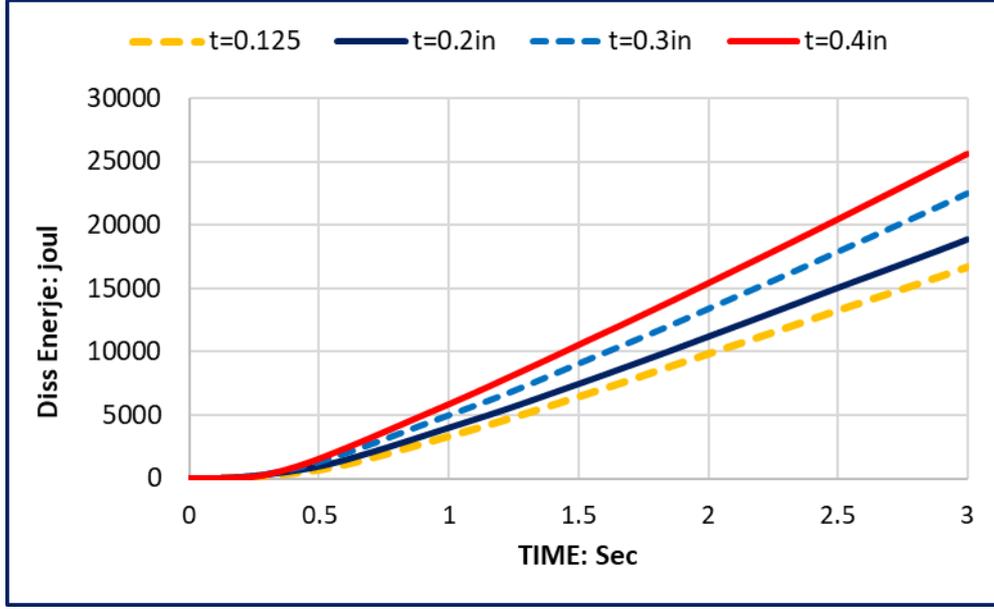


الشكل (8) تغير المقاومة الأعظمية للجدار المختلط على القص بدلالة سماكة الصفيحة المعدنية

يظهر الشكل (8) أن كل زيادة في سماكة الصفيحة المعدنية لجدار القص المختلط تسهم في زيادة المقاومة الكلية للجدار ووجدنا أن الأثر الإيجابي لزيادة سماكة الصفيحة المعدنية يكون بعد قيمة لسماكة الصفيحة 0.3in حيث حصلنا تقريبا على نسبة زيادة المقاومة في حالتنا تغيير السماكة: الأولى (من 0.125 إلى 0.2) وكانت 12% والثانية (من 0.3 إلى 0.4) وكانت 18% مع العلم أنه في الحالة الأولى كانت قد ازدادت السماكة بنسبة 60% مقابل زيادة 50% للسماكة في الحالة الثانية.

3 - الطاقة المبددة:

تعرف الطاقة المبددة بمساحة الحلقة التخلفية خلال دورة تحميل للجدار ويمكننا برنامج ABAQUS من تحديد المخططات التي تمثل مقدار الطاقة المبددة في كل جدار مختلط بالعلاقة مع تزايد الزمن حتى نهاية التحميل. يوضح الشكل (9) مخططات الطاقة المبددة للجدران المختلطة المدروسة المختلفة فيما بينها بسماكة الصفيحة المعدنية وتظهر لنا المنحنيات أن الطاقة المبددة للجدار المختلط قد تحسنت بشكل واضح عند كل زيادة لقيمة سماكة الصفيحة المعدنية، فعلى سبيل المثال أدى ازدياد سماكة الصفيحة بمقدار 60% (من 0.125 إلى 0.2) إلى زيادة في مقدار الطاقة المبددة ضمن الجدار بمقدار 13% وكذلك الأمر فإن زيادة السماكة بمقدار 50% (من 0.2 إلى 0.3) ازدادت الطاقة المبددة بمقدار 19% بينما زيادة السماكة بمقدار 33% (من 0.3 إلى 0.4) أدى إلى زيادة الطاقة بمقدار 14%. حيث يتبين لنا أن معدل زيادة السماكة يلعب دور مهم في التأثير على الطاقة المبددة.



الشكل (9) منحنيات الطاقة المبذولة لنماذج الجدران المختلطة الأربعة باختلاف سماكة الصفيحة المعدنية

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال هذه الدراسة وإجراء التحليل اللاخطي لعدد من جدران القص المعدنية الصفائحية المختلطة وبالاعتماد على النتائج التحليلية يمكننا استنتاج مايلي:

1. يمكننا من خلال النموذج الرياضي لجدار القص المختلط المعمول بمساعدة البرنامج ABAQUS التنبؤ بالسلوك الحقيقي للجدار.
2. سجلت قيم مقاومة الجدار على القص والصلابة الجانبية ازدياد ملحوظ من خلال مخططات القوة-انتقال المعروضة في الدراسة، وذلك مع زيادة سماكة الصفيحة المعدنية الى القيم المحددة في هذه الدراسة.
3. تبين أن زيادة السماكة بمقدار 60% ازدادت المقاومة بنسبة 12% وكانت 18% عندما ازدادت السماكة بنسبة 50%.
4. تبين من الدراسة أن قيمة نسبة زيادة سماكة الصفيحة المعدنية تؤثر بشكل ملحوظ على الطاقة المبذولة للجدار بشكل كامل حيث تراوحت قيم تغير الطاقة المبذولة بين 13% الى 19%.
5. نوصي بدراسة تأثير تغير سماكة الصفيحة المعدنية على التحنيب الموضعي لها ومدى تأثير ذلك على اختيار روابط القص أو براغي التثبيت بالإضافة الى تباعدها.

References:

- [1] A. Astaneh-Asl, Seismic behavior and design of composite steel plate shear walls, Steel Tips Report, Structural Steel Educational Council, USA, 2002.
- [2] Q. Zhao, A. Astaneh-Asl, Cyclic behavior of traditional and innovative composite shear walls, J. Struct. Eng. ASCE 130 (2004) 271–284.
- [3] ASTANEH, A. Seismic Behavior and Design of Steel Shear Walls, Steel TIPS Report, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA, 2001.
- [4] ASTANEH, A. Seismic Behavior and Design of Composite Steel Plate Shear Walls, Steel TIPS Report, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA, 2002.
- [5] RAHAI ,A. HATAMI, F. *Evaluation of composite shear wall behavior under cyclic loadings. Journal of Constructional Steel Research*, No. 7, **65**(2009) 1528-37.

- [6] Kurt, E. G., Varma, A. H., Booth, P., and Whittaker, A. S. (2013). "SC wall piers and basemat connections: numerical investigation of behavior and design." 22nd International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT22), International Association for Structural Mechanics in Reactor Technology (IASMiRT), San Francisco, California, US.
- [7] Khosravi, H; Mousavi, S.Sh; Tadayonfar, Gh. Numerical study of seismic behavior of Composite Steel Plate Shear Walls with flat and corrugated plates. Iran. 2017.
- [8] ABAQUS, Version 6.14.2, 2014 -*ABAQUS/Standard User's Manual* " ABAQUS Inc, USA.
- [9]- Abolhassan, A. Seismic Behavior and Design of Composite Steel Plate Shear Walls Structural Steel Educational Council.2002.
- [10] F.F. Sun¹ , G.R. Liu² and G.Q. Li³- AN ANALYTICAL MODEL FOR COMPOSITE STEEL PLATE WALL- The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China
- [11] ASCE STANDARD ASCEISEI 7-05. American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.2006.
- [12] The Arabic Code for Designing and Implementing Establishments with Concrete, Appendix 2, Damascus, 2013 .