

تطوير طريقة النمذجة الشريطية لجدران القص الفولاذية الجزئية

د.م غاندي لوحو⁽¹⁾ و د.م أسامة طراف⁽²⁾

الملخص

تعدّ الإطارات أحد أنواع الجمل الإنشائية لمقاومة الأحمال الزلزالية، ويتم تقوية الإطارات بطرائق عدة، ومن الطرائق المتبعة إضافة صفائح معدنية ضمن الإطار لتعمل كجدران قص.

هدف البحث الى تطوير نموذج شريطي (Strip model) للصفائح المعدنية الجزئية عندما تعمل مع الإطارات البيتونية المسلحة كجدران قص. استخدم في البحث التحليل العددي باستخدام طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method) واعتمد التحليل اللاخطي بطريقة الدفع الجانبي المتزايد (Pushover) الذي يأخذ بالحسبان لاختية المادة وتأثير التشوهات الكبيرة (Geometrically and Materially) (GMNLA، Non-Linear Analysis). بني النموذج المطور انطلاقاً من النموذج الرياضي الشريطي الأساسي (Basic Strip Model) المعتمد في عدة كودات عالمية وبعض النماذج المحسنة الموجودة في البحوث. يبين البحث قدرة النموذج المطور على توقع السلوك اللامرن الكلي للجمل المدروسة، واختتم بإجراء دراسة بارامترية لتقييم أثر تغير عدد الأشرطة المستخدمة وزاوية ميلها في السلوك اللامرن الكلي للنموذج الشريطي المطور.

الكلمات المفتاحية: نموذج شريطي، إطار بيتوني مسلح، صفائح معدنية جزئية كجدران قص، تحليل ستاتيكي لاخطي بطريقة الدفع الجانبي.

⁽¹⁾ قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، سورية.

Developing a Mathematical Strip Modeling Method of Partial Steel Plate Shear Walls

Dr.Ghandi Loho⁽¹⁾ and Dr. Ussamah Tarraf⁽²⁾

Abstract

Structural Frame system is considered as an earthquake resisting structural system. On the other hand, many techniques were used to improve the resistance against lateral loads, where Steel Plate Shear Wall fixed within frame span is one of those techniques.

This research aims to develop the Strip model of Partial Steel Plate Shear Walls with Reinforced-Concrete Frame.

This study applies numerical analysis using Finite Element Method (FEM) based on Geometrical and Material Non-Linear Analysis (GMNLA). The developed model was built based on the fundamental strip model in the universal codes and Improved models used in this research

This study proved the ability of The developed model to predict the total nonlinear response with a good accuracy, A parametric study on the effect of the used strip number and their angel slope on the total nonlinear behavior of the developed strip model was also covered in the final part of this study.

Key words: Strip model, Reinforced- concrete frame, Perforated steel plate shear walls, Nonlinear pushover analysis.

^{(1),(2)} Department Of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- المقدمة:

لاخطي بطريقة الدفع الجانبي (Pushover Analysis) يعتمد على برنامج (Sap 2000) [6] لإطار بيتوني مسلح اعتمدت أبعاده ومقاطعته من دراسة تجريبية [5]. استند الى التحسينات المعتمدة كلاً في الدراسة [8] التي اقترحت النموذج الشريطي المحسن (Improved Strip Model-ISM). وقورنت النتائج بنتائج المحاكاة العددية باستخدام برنامج العناصر المنتهية [1]Abaqus.

1-2 توصيف الإطار المدروس:

يبين الشكل (1) أبعاد النموذج المدروس المؤلف من طابقين ومجازين وموثوق في أسفل أعمدته بوثاق تامة، فيه عتالة العمود أكبر من عتالة الجائر، ومسلح باشتراطات الإطار المقاوم للعزوم وفق الكود [9]، الارتفاع الطابقي وعرض فتحة المراز على الترتيب عند أطرافها بأعمدة وجوائز، وبعد النموذج الرياضي الشريطي (Strip-model) حالياً أداة تحليلية واسعة القبول والانتشار، وذلك لمحاكاة سلوك حقول الشد المتشكلة في ألواح الملء لجدران القص الفولاذية الموجودة في الكودات [CAN/CSA S16-01, AISC 2010]، في هذه المقاربة يتم نمذجة لوح الملء، كشبكة من الأشرطة المشدودة فقط (Tension only strips) والموجهة بزواوية ميل حقول الشد نفسها، توفر هذه المقاربة سهولة في النمذجة في أثناء التصميم، وسرعة في التحليل.

2-2 مدخلات خاصة ببناء النموذج:

اعتمدت المنهجية المتبعة لنمذجة جدران القص الفولاذية بطريقة النمذجة الرياضية الشريطية (Strip model) كما يأتي:

استعمل لنمذجة أعمدة الإطار البيتوني العنصر (Beam Element) المادة متماثلة الخواص (Isotropic).

استعمل لنمذجة جوائز الإطار المتمفصلة من النهايات العنصر (Beam Element) المادة متماثلة الخواص (Isotropic).

استعمل لنمذجة اللوح المعدني عناصر شريطية متمفصلة النهايات، أيضاً من النوع (Beam Element)

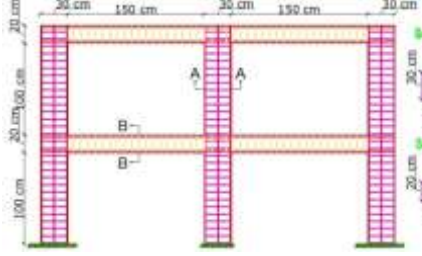
تطور خلال العقدین الأخيرین استخدام جدران القص الفولاذية (SPSW) كنظام إنشائي فعال لمقاومة القوى الجانبية التي يمكن أن يخضع لها المنشأ كحمولات الرياح والزلازل، فضلاً عن أنها تشكل حلاً اقتصادياً. تقاوم جدران القص الفولاذية قوى القص الطابقية الناتجة عن الحمولات الجانبية، بألية رئيسة تتمثل بحقول الشد المائلة التي تتشكل في ألواح الملء في المرحلة اللاحقة (post buckling) لتحتيب هذه الصفائح. ومن الشائع استخدام جدران قص فولاذية جزئية (تحوي فتحات) لأسباب معمارية أو تقنية، وهذا من شأنه أن يؤثر في سلوك جدار القص الفولاذي، مقارنة بلوح فولاذي مليء.

تتكون جدران القص الفولاذية من ألواح فولاذية محاطة عند أطرافها بأعمدة وجوائز، وبعد النموذج الرياضي الشريطي (Strip-model) حالياً أداة تحليلية واسعة القبول والانتشار، وذلك لمحاكاة سلوك حقول الشد المتشكلة في ألواح الملء لجدران القص الفولاذية الموجودة في الكودات [CAN/CSA S16-01, AISC 2010]، في هذه المقاربة يتم نمذجة لوح الملء، كشبكة من الأشرطة المشدودة فقط (Tension only strips) والموجهة بزواوية ميل حقول الشد نفسها، توفر هذه المقاربة سهولة في النمذجة في أثناء التصميم، وسرعة في التحليل.

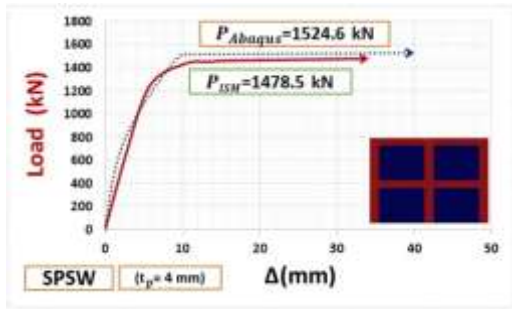
2- طريقة إجراء البحث والهدف منه

هدف البحث بشكل رئيس الى تطوير نموذج رياضي شريطي (Strip model) يحاكي الجمل الإنشائية الثنائية (Dual System) المكونة من إطارات بيتونية مسلحة وجدران قص فولاذية بلوح جزئي، يكون قادراً على توقع السلوك اللامرر الكلي للجملة المدروسة، مع إمكانية استخدام النموذج في برامج التحليل المتاحة والمستخدمة من قبل مهندسي التصميم. باستخدام تحليل ستاتيكي

المادة (Uniaxial) بمقطع دائري حسب مساحته من المعادلة (4) عدد العناصر الشريطية ($n=10$)، وتميل بزاوية (α).



الشكل (1) أبعاد النموذج المدروس.



الشكل (2) مخطط القوة-الانتقال للنتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج للنموذج الشريطي المحسن (ISM).

1-3 تطوير نموذج رياضي شريطي (Strip model) لجدران القص الفولاذية الجزئية.

طوّرنّا نموذج شريطي لحالة (SPSW) بألواح ملء فولاذية جزئية وإطار بيتوني. أثبتت الدراسات أنه من الضروري تدعيم الطرف الحر للوح الملء لتأمين إرساء حقول الشد التي تتشكل في الصفيحة بعد تحنيها، كما أن الكودات العالمية توصي بهذا الإجراء أيضاً.

لذلك طوّرنّا نموذجاً شريطياً لحالة (SPSW) بإطار بيتوني وألواح ملء فولاذية جزئية ومدعمة عند طرفها الحر، بني هذا النموذج استناداً الى النموذج الرياضي الشريطي المحسن (Improved Strip Model) المقترح في الدراسة [8]. لحالة ألواح ملء كلّها، وذلك بإجراء بعض التعديلات التي تأخذ بالحسبان وجود لوح ملء جزئي.

طورت تقارير كل من (ATC40) و (FEMA-273) إجراءات النمذجة، ومعايير قبول إجراءات التحليل الدفعي، تُعرّف هذه التقارير معايير العلاقة بين القوة والتشوه للمفاصل (اللدنة) المستخدمة في التحليل.

توضع المفاصل على النموذج باختيار العناصر الإطارية وتخصيصها بخواص المفاصل المذكورة ومواضع هذه المفاصل كما يأتي:

الجوائز: يسند نوع المفصل (Interacting P-M3) عند طرفي الجوائز.

الأعمدة: يسند نوع المفصل (Interacting P-M3) عند طرفي الأعمدة.

الأشُرطة: المشدودة: يسند نوع المفصل (Axial P) في منتصف الأشُرطة.

كما تخفّض صلابة العناصر البيتونية لأخذ تأثير تشقق البيتون بالحسبان كما يأتي:

عمود مضغوط نسبة التخفيض (0.7)، عمود مشدود نسبة التخفيض (0.5)، جوائز نسبة التخفيض (0.5).

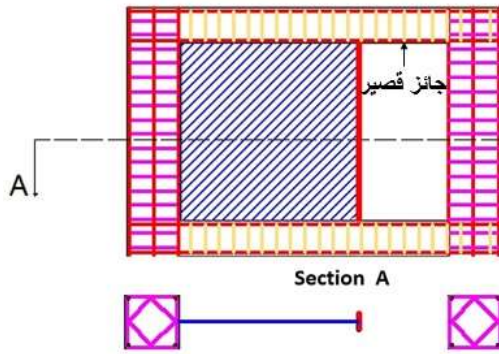
3- المناقشة

يبين الشكل (2) مخطط القوة-الانتقال للنموذج (SPSW) بمجازين وطابقين قورن فيه بين النتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج النموذج الشريطي المحسن (ISM) المقترح في الدراسة [8].

يظهر الشكل أن النموذج الشريطي المحسن (ISM) أبدى قدرة تحمل وصلت الى قيمة تساوي ($P_{ISM} = 1478.5 \text{ kN}$)، ونسبة دقة تساوي

بوجود فتحة في لوح الملء الفولاذي مع مدعّمات لتقييد الأطراف الحرة، تدخل الصلابة المحورية وصلابة الانعطاف للمدعّمة المعدنية، ونميز الحالات الآتية: يتصل لوح الملء الفولاذي مع الجيزان من الأعلى والأسفل، ومع العمود من جهة واحدة، ومع المدعّمة من الجهة الأخرى كما يبيّن الشكل (3)، ومن ثمّ تعدّل علاقة الزاوية (α) لتصبح بالشكل التالي:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w L}{\left(\frac{A_c}{n}\right) + A_s}}{1 + t_w h_s \left[\frac{1}{\left(\frac{A_b}{n}\right)} + \frac{h_s^3}{360 \left[\frac{(I_c/n) + I_s}{2} \right] L} \right]} \quad \dots (5)$$



الشكل (3) حالة الفتحة شاقولية ومن جهة العمود.

في حالة الإطارات البيتونية المسلحة يتصل لوح الملء الفولاذي مع الجيزان من الأعلى والأسفل ومع المدعّمات المعدنيتين من الطرفين الجانبيين، دون وجود اتصال مع الأعمدة كما يبيّن الشكل (4) ومن ثمّ تعدّل علاقة الزاوية (α) لتصبح بالشكل الآتي:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w L}{2A_s}}{1 + t_w h_s \left[\frac{1}{\left(\frac{A_b}{n}\right)} + \frac{h_s^3}{360 [I_s] L} \right]} \quad \dots (6)$$

يتصل لوح الملء الفولاذي مع الأعمدة من الطرفين الجانبيين ومع جائر من إحدى الجهتين السفلى أو العليا، ومع مدعّمة من الجهة الأخرى كما يبيّن الشكل (5)

1-1-3 مدخلات خاصة ببناء النموذج.

1-1-1-3 تعديلات خاصة بالزاوية (α).

يحسب ميل الزاوية (α) في حالة لوح ملء يشغل كلّ المجاز من المعادلة (1) [8].

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h_s \left[\frac{1}{A_b} + \frac{h_s^3}{360 I_c L} \right]} \quad (1)$$

A_c : مساحة مقطع العمود.

I_c : عزم عطالة مقطع العمود.

A_b : مساحة مقطع الجائر.

h_s : ارتفاع الطابق. L : عرض المجاز.

t_w : سماكة لوح الملء (mm).

L_{cf} : المسافة في الضوء (الفراغ) بين أجنحة العناصر

المحيطة الشاقولية. (VBA).

وفي حالة الإطارات البيتونية يدخل المعامل

($n = \text{elastic modulus ratio, } E_s/E_c$) الى العلاقة

لتصبح كما يأتي [5]:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{nt_w L}{2A_c}}{1 + nt_w h_s \left[\frac{1}{A_b} + \frac{h_s^3}{360 I_c L} \right]} \quad \dots (2)$$

إذ:

E_s : معامل مرونة فولاذ الصفيحة.

E_c : معامل مرونة البيتون.

وتعطى مقاومة الشد المتوقعة لأشرطة الجسد بالعلاقة:

$$P_y = F_y A_s \quad \dots (3)$$

$$A_s = \frac{L \cos \alpha + H \sin \alpha}{n} t_w \quad \dots (4)$$

إذ:

A_s : مساحة الشريط. L : عرض اللوح.

H : ارتفاع اللوح. n : عدد الأشرطة.

ويسمى هذا النموذج بالنموذج الشريطي الأساسي

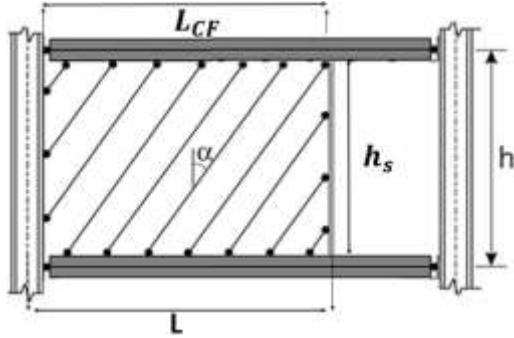
(BSM-Basic Strip Model).

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{nt_w L}{2Ac}}{1 + t_w h_s \left[\frac{1}{(AS)} + \frac{h_s^3}{360 \left[\frac{IC}{n} \right] L} \right]}$$

..... (8)

2-1-1-3 مقطع العنصر الشريطي ومقطع دعامة الضغط

يحسب مقطع العنصر الشريطي ومقطع دعامة الضغط من أجل المقاومة والصلابة من العلاقة (4) مع استبدال الأبعاد كلها الخاصة باللوح الكلي بأبعاد اللوح الجزئي، كما يوضح الشكل (7).



الشكل (7) توضيح للأبعاد في حالة اللوح الجزئي.

3-1-1-3 المدعمة المقيدة للطرف الحر.

يتم نمذجة المدعمة المعدنية بعنصر إطار معدني متصل بشكل صلب مع الجيزان أو الأعمدة حسب شكل الفتحة أفقية أو شاقولية.

2-1-3 مدخلات خاصة بالتحليل.

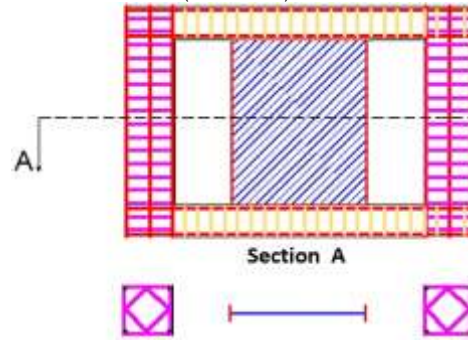
يستند الى الشرح الوارد في الفقرة (3-2) مع لحظ الاختلاف لتعريف وإسناد نوع المفاصل اللدنة وموقعها كما يأتي:

1-2-1-3 المفاصل اللدنة.

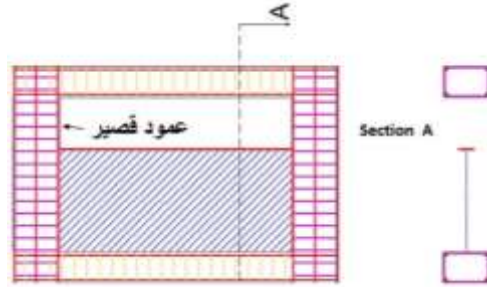
إن إجراء الفتحات من شأنه خلق جيزان قصيرة في حالة الفتحات الشاقولية وأعمدة قصيرة في حال الفتحات الأفقية، كما يبين الشكلان (3،5)، ومن المحتمل أن تنهار هذه الجيزان والأعمدة القصيرة بالقص، لذلك يجب أخذ هذا

وبالتالي يتم تعديل علاقة الزاوية (α) لتصبح بالشكل التالي:

$$\tan^4 \alpha = \frac{1 + \frac{nt_w L}{2Ac}}{1 + t_w h_s \left[\frac{1}{\left(\frac{Ab/n}{2} + AS \right)} + \frac{h_s^3}{360 \left[\frac{IC}{n} \right] L} \right]}$$

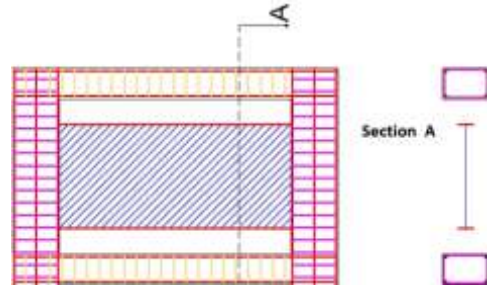


الشكل (4) توضيح لحالة الفتحة شاقولية من الجهتين.



الشكل (5) حالة الفتحة أفقية ومن جهة الجانز.

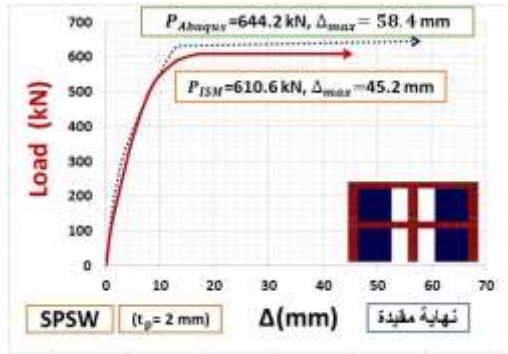
يتصل لوح الملء الفولاذي مع الأعمدة من الطرفين الجانبيين ومع المدعمتين المعدنيتين من الجهتين السفلى والعليا، كما يبين الشكل (6)، ومن ثمّ تعدّل علاقة الزاوية (α) لتصبح بالشكل الآتي:



الشكل (6) توضيح لحالة الفتحة أفقية من الجهتين.

يبين الشكل (8) مخطط القوة-الانتقال للنموذج (SPSW) بمجازين وطابقين بفتحة مجاورة للعمود الوسطي ($\text{Opening}=0.33L$). قورن فيه بين النتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج النموذج الشريطي المحسن (ISM).

يظهر الشكل أن النموذج الشريطي المحسن (ISM) أبدى قدرة تحمل وصلت الى قيمة تساوي $P_{ISM}=610.6$ (kN)، وبنسبة دقة تساوي ($\mu = 94.7\%$) من النتائج التحليلية.



الشكل (8) مخطط القوة-الانتقال للنتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج للنموذج الشريطي المحسن (ISM).

B- كامل عقد الإطار مقيدة عن الدوران (الفتحة بمنتصف المجاز) ($\text{Opening}=0.33L$).

يبين الشكل (9) مخطط القوة-الانتقال للنموذج (SPSW) بمجازين وطابقين مع لوح ملء جزئي (الفتحة بمنتصف المجاز) قورن فيه بين النتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج النموذج الشريطي المحسن (ISM).

يظهر الشكل أن النموذج الشريطي المحسن (ISM) أبدى قدرة تحمل وصلت الى قيمة تساوي ($P_{ISM}=489.1$ kN)، وبنسبة دقة تساوي ($\mu = 95.8\%$) من النتائج التحليلية.

الأمر بالحسبان من خلال إسناد مفاصل قصية لهذه العناصر القصيرة.

الجوائز:

يسند نوع المفصل (Interacting P-M3) عند طرفي الجوائز، فضلاً عن مفصل قصي (Shear V2) وسط كل جائز قصير.

الأعمدة:

يسند نوع المفصل (Interacting P-M3) عند طرفي الأعمدة، فضلاً عن مفصل قصي (Shear V2) وسط كل عمود قصير.

الأشرطة المشدودة:

يتم اسناد نوع المفصل (Axial P) في منتصف الأشرطة.

دعامة الضغط:

يسند نوع المفصل (Axial P) في منتصف دعامة الضغط.

المدعمات:

نظراً الى أن صلابة المدعمة على الانعطاف صغيرة في حالتنا الخاصة فستخضع بشكل أساسي لقوى محورية (شد وضغط)، ومن ثمّ يمكن نمذجة سلوك المدعمة اللاخطي بإسناد مفصل محوري (Axial P) عند طرفي المدعمة. وفي الحالة العامة عندما يكون مقطع المدعمة كبيراً، ويحقق شروط الكود الخاصة بصلابة العناصر الطرفية، ومن ثمّ ستخضع لانعطاف وقوى محورية، وبالتالي فالمفاصل المسندة الى المدعمة هي مفاصل تفاعلية (Interacting P-M3) عند طرفي المدعمة.

2-3 توثيق النموذج المطور لجدران القص الفولاذية الجزئية ذات النهاية المقيدة.

A- الفتحة مجاورة للعمود الوسطي وتشغل ثلث المجاز ($\text{Opening}=0.33L$).

3-3 الدراسة البارامترية.

تظهر العلاقات المستخدمة لتعريف زاوية ميل حقول الشد المتشكلة في لوح الملاء الفولاذي (الزاوية α) أن قيمة هذه الزاوية تعتمد اعتماداً رئيسياً على:

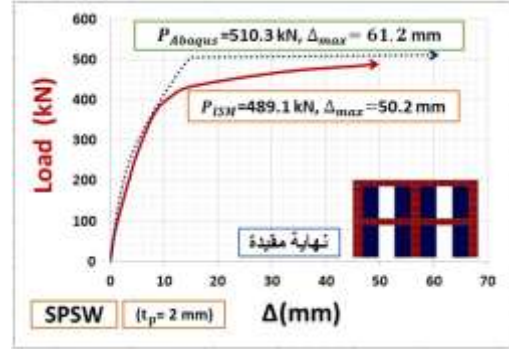
- a- سماكة لوح الملاء.
- b- خصائص المقطع العرضي للعناصر المحيطة (مساحة المقطع وعزم عطالته).
- c- ارتفاع وعرض لوح الملاء.

من المعروف أن عملية التصميم هي إجراء تكراري يجري فيه تغيير أبعاد مقاطع العناصر الإنشائية ليتم الوصول الى أبعاد تحقق كل متطلبات التصميم. يرافق كل تغيير لأبعاد لوح الملاء والعناصر المحيطة تغيير الزاوية (α)، وهذا يقتضي إعادة توليد النموذج الشريطي المستخدم لنمذجة لوح الملاء، ما يجعل الأمر معقداً نسبياً للمصمم، فسيكون من المفيد اعتماد قيمة وحيدة للزاوية (α) خلال عملية التصميم حتى لو تغيرت أبعاد الأعمدة والحيزان البيتونية وألواح الملاء الفولاذية.

إن عدد الشروط المستخدمة لنمذجة لوح الملاء الفولاذي يؤدي دوراً مهماً في تعقيد عملية النمذجة أو تبسيطها عند توليد النموذج الشريطي. يمكن تبسيط عملية النمذجة من خلال استخدام عدد محدود من الشروط، ولكن هذا قد يؤثر سلباً في دقة النتائج. بناءً على ذلك سيكون من المفيد جداً تحديد عدد ما للشروط المستخدمة بحيث يحقق في آن معاً سهولة النمذجة ودقة النتائج.

في هذه الفقرة درس تأثير تغيير الزاوية (α) وعدد الشروط المستخدمة (n) في السلوك اللامرن الناتج من تطبيق النموذج الشريطي المحسن المطور (Improved Strip Model) على (SPSW) بإطارات بيتونية.

طبّق النموذج الشريطي المحسن المطور على (SPSW) متعدد الطوابق وبمجازين، يتكون (SPSW)

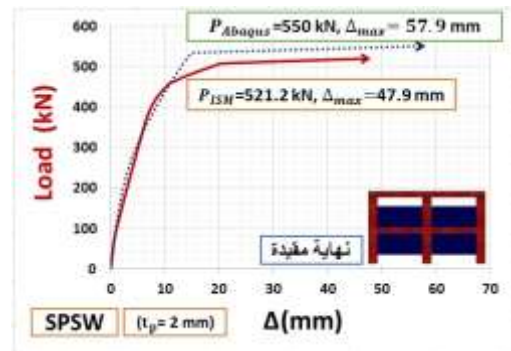


الشكل (9) مخطط القوة-الانتقال للنتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج للنموذج الشريطي المحسن (ISM).

C-الفتحة موازية للجوائز، ارتفاع الفتحة Opening $(=0.33b)$.

يبين الشكل (10) مخطط القوة-الانتقال للنموذج (SPSW) بمجازين وطابقين بفتحة موازية للجوائز، ارتفاع الفتحة ($\text{Opening} = 0.33b$). قورن فيه بين النتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج النموذج الشريطي المحسن (ISM).

يظهر الشكل أن النموذج الشريطي المحسن (ISM) أبدى قدرة تحمل وصلت الى قيمة تساوي $P_{ISM}=521.2$ (kN) وبنسبة دقة تساوي ($\mu = 94.6\%$) من النتائج التحليلية.



الشكل (10) مخطط القوة-الانتقال للنتائج التحليلية (Abaqus) ونتائج للنموذج الشريطي المحسن (ISM).

قص فولاذياً جزئياً بإطار بيتوني، يدعم الطرف الحر لكل لوح ملء جزئي بعنصر معدني (H).



الشكل (11) مسقط أفقي للمبنى المعتمد في الدراسة البرمترائية.

المبنى متناظر ومنتظم في المسقط وعلى كامل ارتفاعه، لذلك اكتفينا بدراسة الجملة المقاومة للأحمال الجانبية في الاتجاه الطويل حيث يوجد جدار القص بألواح ملء جزئية، الذي هو موضوع اهتمامنا الرئيسي في هذا البحث.

وفقاً لتعريف الجمل الثنائية بإطارات خاصة مقاومة للعزوم يجب أن يصمم الإطار الخاص المقاوم للعزوم لتحمل بما لا يقل عن قيمة (25 %) من الحمولة الزلزالية التصميمية (الكود العربي السوري، 2012).

3-3-1-2 الحمولات المطبقة على المبنى.

حمولات الثقالة:

اعتمد الكود العربي السوري (2012) لتحديد الحمولات الاستثمارية باعتبار أن المبنى سكني:

$$DL=5 \text{ Kn/m}^2 \quad \text{حمولات ميتة}$$

$$LL=3 \text{ Kn/m}^2 \quad \text{حمولات استثمارية}$$

الحمولات الزلزالية:

اعتمد الكود العربي السوري (2012) ملحق الزلازل لتحديد الحمولات الزلزالية، إذ استخدمت الطريقة الستاتيكية المكافئة باعتبار أن المنشأ منتظم ولا يزيد ارتفاعه على (m 73=h)، ويقع المنشأ في الساحل السوري حيث

من إطار بيتوني خاص مقاوم للعزوم متعدد الطوابق وبمجازين مع ألواح ملء فولاذية جزئية متصلة مع الجيزان والأعمدة والعناصر الطرفية المستخدمة لتقييد أطرافها الحرة، ليشكل المجموع جملة ثنائية مكونة من (SPSW) وإطار بيتوني خاص مقاوم للعزوم.

لإنجاز هذه الدراسة البرمترائية اختير نموذج بناء واحد منتظم بمسقطه وارتفاعه، (12 طوابق).

3-3-1-3 معايير التصميم.

3-3-1-1 وصف نموذج البناء المعتمد.

يبين الشكل (11) مسقطاً أفقياً للمبنى المعتمد لهذه الدراسة البرمترائية (المجازات متساوية 6m)، يتكون النظام الإنشائي من:

مجموعة من الإطارات البيتونية باتصال مفصلي بين الأعمدة والجيزان وبين الأعمدة والأساسات، تقاوم هذه الإطارات بشكل أساسي حمولات الثقالة.

النظام الإنشائي المقاوم للأحمال الجانبية يتألف من:

في الاتجاه القصير.

جملة ثنائية مكونة من:

a- إطار بيتوني خاص مقاوم للعزوم بثلاثة مجازات متوضعة عند طرفي المبنى.

b- لوح ملء فولاذي جزئي يشغل الفتحة الوسطية من كل إطار من الإطارين السابقين، ويتصل مع العناصر المحيطة (الجيزان والأعمدة) ليشكل معها (SPSW) بإطار بيتوني خاص مقاوم للعزوم.

في الاتجاه الطويل.

جملة ثنائية أيضاً مكونة من:

a- إطارين بيتونيين خاصين مقاومين للعزوم بمجازين متوضعين في وسط المبنى بالاتجاه الطويل.

b- لوح ملء فولاذي في مجازي كل إطار ويحوي كل لوح ملء فتحة في جوار، يتصل لوح الملء الجزئي مع الجيزان والأعمدة الطرفية لكل إطار، لتشكل معها جدار

معامل المنطقة الزلزالية ($Z=0.3$) ونموذج المقطع الشاقولي للتربة من النوع (SD).

نظراً إلى أنّ الجملة المقاومة للأحمال الزلزالية هي جملة ثنائية مكونة من إطار بيتوني مسلح خاص مقاوم للعزوم مع جدران قص فولاذية صفائحية خاصة، فتكون المعاملات الزلزالية كما يأتي:

$$R=8, \Omega_0=2.5, Cd=6.5$$

3-1-3-3-3 ترايبب الأحمال.

اعتمد الكود العربي السوري (2012) لتحديد ترايبب الأحمال.

$$1.4D+1.7L$$

$$1.32D+1.1E+1.1(f1L)$$

$$0.99D \pm 1.1E$$

3-1-3-3-4 التصميم.

وفقاً للتوصيات الخاصة بهذا النمط من الجمل الإنشائية الثنائية، يصمم الإطار المقاوم للعزوم بشكل مستقل لتحمل (25%) على الأقل من القص القاعدي التصميمي فضلاً عن حمولات الثقالة إذ تهمل مساهمة (SPSW) في تحمل الحمولات الشاقولية.

فرضت الأبعاد الأولية للمقاطع بعد الأخذ بالحسبان:

a- تحقيق الاشتراطات كلّها الخاصة بالإطارات الخاصة المقاومة للعزوم.

b- ألا تزيد ليونة العناصر الطرفية للوح الملء الفولاذي (جيزان، أعمدة، مدعّمات للطرف الحر للوح الملء الجزئي) وفق الكود [CAN/CSA S16-01] على قيمة عظمى $\omega_{hMax} = 2.5$.

اعتمد التحليل الستاتيكي اللاخطي بطريقة الدفع الجانبي المتزايد (Pushover)، الحمولة المطبقة بشكل مثلث مقلوب وفق نمط الطور الأول للاهتزاز.

3-3-2 اختيار بارمترات الدراسة.

اختيرت البرمترات الأكثر تأثيراً في النموذج الشريطي المحسن المطور (ISM)، وهي:

A- معامل الشكل للوح الملء الفولاذي (L/h).

B- ليونة العنصر المستخدم لتقييد الطرف الحر للوح الملء الجزئي ω_h .

C- زاوية ميل حقول الشد (α).

D- عدد الأشرطة المستخدم لنمذجة لوح الملء (n).

3-3-3 توصيف المتغيرات ضمن النماذج.

قسّمت المتغيرات لمجموعتين كما يأتي:

Group-A: درست في هذه المجموعة قيمتان للزاوية ($\alpha=38$) ($\alpha=50$) التي تمثل القيم الحدية المسموحة في الكود الكندي [CAN/CSA S16-01] مع قيمتين لعدد الأشرطة ($n=10$) ($n=20$)، وتم تثبيت معامل ليونة المدعّمة المستخدمة لتقييد الطرف الحر للوح الملء الفولاذي الجزئي $\omega_h = 2.5$. والمتغير في هذه المجموعة هو معامل شكل اللوح الفولاذي، فدرست أربع حالات (L/h=0.6) (L/h=0.9) (L/h=1.2) (L/h=1.5).

Group-B: درست في هذه المجموعة قيمتان للزاوية ($\alpha=38$) ($\alpha=50$)، مع قيمتين لعدد الأشرطة ($n=10$) ($n=20$)، وتم تثبيت معامل شكل اللوح الفولاذي عند القيمة (L/h=1.5)، والمتغير في هذه المجموعة هو معامل ليونة المدعّمة المستخدمة لتقييد الطرف الحر للوح الملء الفولاذي الجزئي، فدرست ثلاث حالات مختلفة: $\omega_h = 2.5$ $\omega_h = 2$ $\omega_h = 1.5$.

وبوضّح الجدول (1) قدرة التحمل الحدية لمختلف الحالات المدروسة في الدراسة البارمترية.

الجدول (1) قدرة التحمل الحديدية لمختلف الحالات المدروسة في الدراسة البارامتريّة.

Group	α degrees		عدد الأشرطة n	Aspect Ratio L/h	ω_h Stiffener	Ultimate Strength-kN
	Model	E.5-5				
6-A	38	39.8	10	0.6	2.5	34257.9 kN
			20			34943.5 kN
	50	39.8	10			34970.4 kN
			20			35354.9 kN
	38	40.7	10	0.9		43600.8 kN
			20			44472.3 kN
	50	40.7	10			44962.1 kN
			20			45469.7 kN
	38	41.9	10	1.2		52944.6 kN
			20			53697.4 kN
	50	41.9	10			53739.6 kN
			20			54140.3 kN
6-B	38	42.5	10	1.5	62287.5 kN	
			20		63533.4 kN	
	50	42.5	10		65027.4 kN	
			20		65988.7 kN	
	38	44.6	10		1.5	68515.7 kN
			20			69488.4 kN
50	44.6	10	71530.4 kN			
		20	72499.2 kN			
38	43.8	10	1.5	65401.4 kN		
		20		66455.2 kN		
50	43.8	10		68279.3 kN		
		20		69122.8 kN		
38	42.5	10		2	62287.6 kN	
		20			63176.4 kN	
50	42.5	10	2.5		65027.4 kN	
		20			65988.2 kN	

4-النتائج:

الأمريكي AISC 2010 من أجل (SPSW) بإطارات فولاذية. ولتبسيط عملية التصميم يمكن استخدام قيمة ثابتة لزواوية ميل الأشرطة المشدودة ($\alpha = 40^\circ$) في أثناء عملية تصميم (SPSW) بإطارات بيتونية، وهذا يتوافق أيضاً مع القيم الموصى بها في الكود الأمريكي AISC 2010 وبعض المراجع (Shishkin *et al.*, 2005) من أجل (SPSW) بإطارات فولاذية.

طوّر النموذج في هذا البحث انطلاقاً من النموذج الشريطي المحسن الخاص لحالة صفائح ملء كاملة، وذلك بإجراء بعض التعديلات التي تأخذ بالحسبان وجود صفيحة ملء جزئية، وفيما يأتي أهم هذه التعديلات:

A- عدّلت علاقة حساب زاوية ميل حقول الشد المستخدمة من أجل صفائح ملء كاملة بإدخال الصلابة المحورية والصلابة على الانعطاف للمدعمة الفولاذية المقيدة للطرف الحر لصفحة الملء الجزئية.

B- تمت نمذجة المدعمة الفولاذية بعنصر إطاري متصل بشكل صلب مع الأعمدة في حال فتحة أفقية موازية للجوائز، كما تمت نمذجة السلوك اللامرن لهذه المدعمة باستخدام مفصل تفاعلي موضوع عند طرفي المدعمة.

C- لنمذجة الاستجابة اللامرنة للعناصر الإطارية القصيرة المتولدة من وجود صفيحة ملء جزئية، أسندت مفاصل قصية في وسط هذه العناصر القصيرة إضافة للمفاصل التفاعلية عند طرفي كل عنصر قصير.

بعد توثيق النموذج الشريطي المحسن أجريت دراسة بارامترية لتقييم أثر زيادة عدد الأشرطة المستخدمة لنمذجة صفيحة الملء، وأثر تغيير زاوية ميل الأشرطة (α) في السلوك اللامرن الكلي للنموذج.

D- تم الحصول على منحنى الاستجابة اللامرنة الكلي لكل نموذج، وقد أكدت النتائج عدم حساسية النموذج الشريطي المحسن لتغيير زاوية ميل حقول الشد (α) أو لزيادة عدد الأشرطة المشدودة (n). وتلتقي هذه النتيجة مع ما توصل إليه عدد من الباحثين في مجال جدران القص الفولاذية (SPSW) بإطارات فولاذية، ومنهم Shishkin *et al.*, (Driver *et al.*, 1998) (2005) ومن ثمّ نوصي باستخدام عدد الأشرطة (n=10) وهي القيمة نفسها المعتمدة في الكود

المراجع REFERENCES

- [1] ABAQUS, Version 6.12, 2012-ABAQUS/Standard User's Manual, ABAQUS Inc USA.
- [2] AISC. Seismic provisions for structural steel buildings. ANSI/AISC 341-10. American Institute of Steel Construction. 2010.
- [3] Applied Technology Council, A TC-40 (1996), Volume 1. "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", Seismic Safety Commission, California, USA.
- [4] Canadian Standard Association, CAN/CSA S16-01, (2001). "Limit States Design of Steel Structures", Toronto, Ontario.
- [5] Choi R., Park G., (2011). "Cyclic loading test for Reinforced Concrete Frame with thin Steel Infill Plate", Journal of Engineering Structures, 137:654-664.
- [6] Computers and Structures, Inc, 1984-2000. SAP2000, Nonlinear Version 17-2 (2015), Computers and Structures, Inc, Berkeley, California, USA.
- [7] FEMA, 2000. "NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 369)", Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency Washington, D.C.
- [8] Shishkin J., Driver R., and Grondin G., (2005). "Analysis of steel plate shear wall using the modified strip model", Structural Engineering Report No.261.
- [9] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (وملحقاته) (2012). منشورات نقابة المهندسين، سورية.

Received	2017/11/05	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2018/02/12	قبول البحث للنشر