

مقارنة عوامل السلوك الزلزالي للمنشآت الفولاذية المربطة بتربيط لامكزي و أخرى مربطة بتربيط ممنوع من التحنيب بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي

الباحث: م. محمد خير عليوي

حاصل على شهادة الماجستير، قسم الهندسة الإنشائية،

كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق. سورية

ملخص البحث:

تهدف الدراسة لمقارنة عوامل السلوك الزلزالي التي تعبر عن مطاوعة الإطارات الفولاذية بين الإطارات المربطة لامركزياً بعناصر ربط قصيرة (K-EBFs) والإطارات الفولاذية المربطة مركزياً بتربيط ممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs)، بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover Analysis)، وذلك بتغيير عدد الطوابق (4-8-12). حيث تم التوصل إلى أن قيم عوامل السلوك الزلزالي تتخفض بازدياد عدد الطوابق لنوعي التربيط المستخدمين، وتكون متقاربة لنوعي التربيط المستخدمين لحالة عامل تعديل الاستجابة وعامل تضخيم التشوهات، وأكبر لحالة التربيط اللامركزي مقارنة مع التربيط الممنوع من التحنيب لعامل زيادة المقاومة، والعكس لحالة عامل تخفيض المطاوعة .

الكلمات المفتاحية: تربيط ممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs)، تربيط لامركزي (K-EBFs)، عوامل السلوك الزلزالي.

Comparison of seismic behavior factors for steel structures connected by eccentrically bracing and others connected by the buckling-restrained brace applying nonlinear static analysis

Research Summary

This study aimed to compare the seismic behavior factors that express the compliance of steel frames between K-EBFs and Invert V-BRBFs by applying nonlinear static analysis (Pushover Analysis) by changing the number of floors (4-8-12), where it was found that the values of the seismic behavior factors decrease with the increase in the number of floors for the two types of bracing used, and they are close to the two types of bracing used for the case of the response modification factor and the distortion amplification factor, and the values are greater for the case of the eccentrically bracing compared with the buckling-restrained brace for the increasing resistance factor, and vice versa for the case of the Ductility Reduction Factor.

Key words: buckling-restrained brace (Invert V-BRBFs), eccentrically bracing (K-EBFs), seismic behavior factors.

1- المقدمة: Introduction

تُعدّ الإطارات الفولاذية جيدة لمقاومة الأحمال الزلزالية بسبب مطاوعتها العالية وصلابتها الكبيرة، وبدأت فكرة الإطارات الفولاذية بالإطارات الفولاذية المقاومة للعزوم (MRFs) والتي وجد أن مقاومتها للأحمال الزلزالية تؤدي لانتقالات كبيرة ولتخفيض الانتقالات نشأت فكرة تريبط المنشآت الفولاذية بعناصر ربط قطرية والتي يشكل فيها عنصر التريبط العنصر الحرج المقاوم للأحمال الزلزالية في حين تبقى بقية عناصر الإطار مرنة، وعلى الرغم من الصلابة العالية للإطارات الفولاذية المربّطة مركزياً إلى أن سلوك عنصر الربط على الضغط وانهاره بسبب التحنّب يؤدي لتبديد طاقة منخفض للإطار ككل، من هنا جاءت فكرة الإطارات الفولاذية المربّطة لامركزياً (EBFs) والتي تجمع بين ميزات الإطارات المقاومة للعزوم (MRFs) ذات المطاوعة العالية وميزات الإطارات المربّطة مركزياً (CBFs) ذات الصلابة الجانبية العالية [1]. تملك الإطارات المربّطة لامركزياً قدرة هائلة على تبديد الطاقة الزلزالية من خلال حصر التلدن 1 بعناصر محددة بين عناصر التريبط القطرية أو بين عناصر التريبط القطرية والعمود وتسمى هذه العناصر بعناصر الربط (Link) الشكل (1-1). لكن الباحثين استمروا في البحث عن أنظمة جديدة لتبديد الطاقة الزلزالية ولتطوير التريبط المركزي بنوعيه (CBFs) العادي و (SCBFs) الخاص.

توصل الباحثون لحل مشكلة التحنّب في عناصر التريبط والتي تحد من قدرتها على تبديد الطاقة، وهنا ظهرت فكرة الإطارات الفولاذية المربّطة مركزياً بعناصر تريبط ممنوعة من التحنّب (BRBFs) والتي لها سلوك متماثل على الضغط والشد.

1 التلدن هو دخول المادة مرحلة ما بعد المرنة أي تصبح التشوهات غير قابلة للعودة بفعل الأحمال المطبقة حيث يحدث زيادة بالاجهادات تقابها زيادة بالتشوهات في مرحلة النقصية التشوهية.

1-1-1 الإطارات الفولاذية المربطة لامركزيّاً (EBFs):

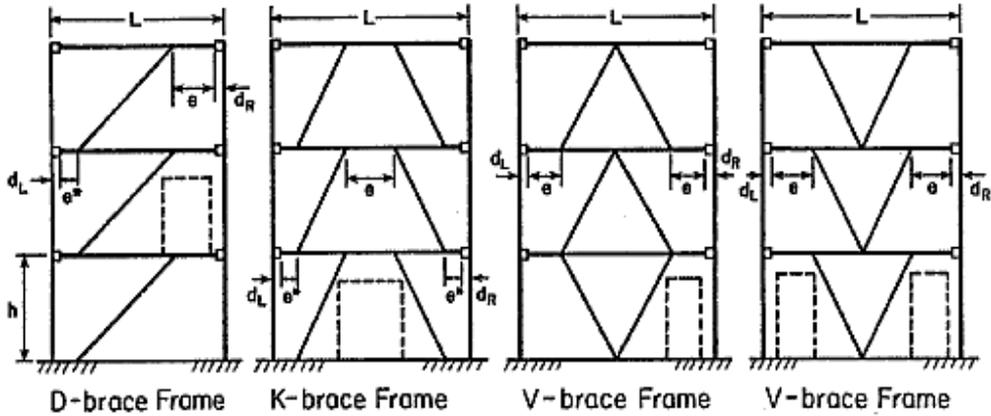
نظام من أنظمة مقاومة القوة الجانبية التي تجمع بين المطاوعة العالية للإطارات المقاومة للعضوم (MRFs) والصلابة الجانبية العالية للإطارات المربطة مركزياً (CBFs)، و اقترحت لأول مرة عام 1930 كجملة ذات كفاءة عالية من الناحية المعمارية لمقاومة أحمال الرياح [2]. يبين الشكل (1-1) بعض الترتيبات الممكنة للإطارات المربطة لامركزيّاً حيث يلاحظ إزاحة عناصر التربيط القطرية عن عقد الإطار والتي تؤدي لنقل القوى المحورية في عناصر التربيط للعمود أو لأي عنصر تربيط آخر عن طريق قوى (قص-انعطاف) والمولدة في الجزء المحصور بين عنصري التربيط والذي يسمى عنصر الربط (Link) [2] أو بين عنصر التربيط والعمود.

1-1-1 خصائص الإطارات الفولاذية المربطة لامركزيّاً (EBFs):

لمعرفة خصائص الإطارات المربطة لامركزيّاً لا بد من تحري آلية الانهيار فيها (Collapse Mechanism) التي توضح السلوك اللدن في المناطق الحرجة التي تظهر فقط في عناصر الربط الشكل (2-1). يُبين الشكل (2-1) آلية الانهيار (Collapse Mechanism) في الإطارات المربطة لامركزيّاً (EBFs) [3] ، ويُلاحظ من الشكل العلاقة التالية:

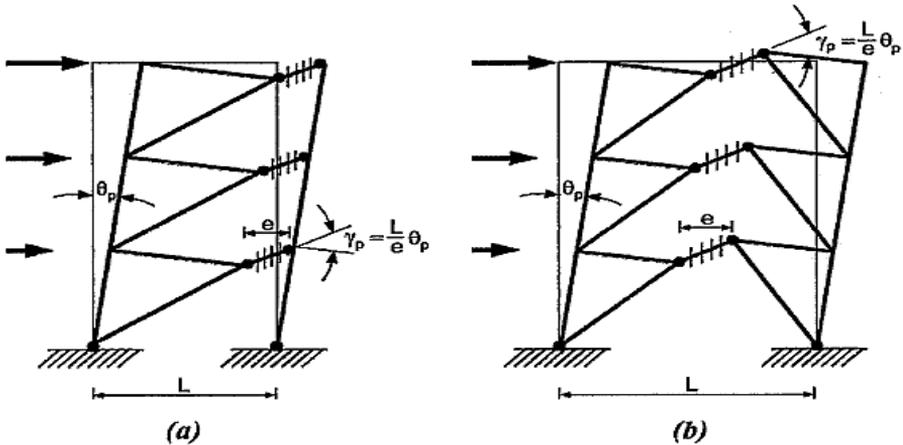
$$\theta_p L = \gamma_p e \quad (1-1)$$

حيث θ_p : زاوية الدوران الطابقية اللدنة، L : مجاز الاطار المربط، γ_p : زاوية الدوران اللدنة لعنصر الربط (Link) والتي تمثل العامل الأساسي الذي يصف مقدار التشوهات اللدنة في عنصر الربط وبالتالي درجة مطاوعة الإطار ككل وتحدد القيمة العظمى لهذه الزاوية تحت تأثير حمل دوري عكوس من خلال التجارب المخبرية، و e : طول عنصر الربط.



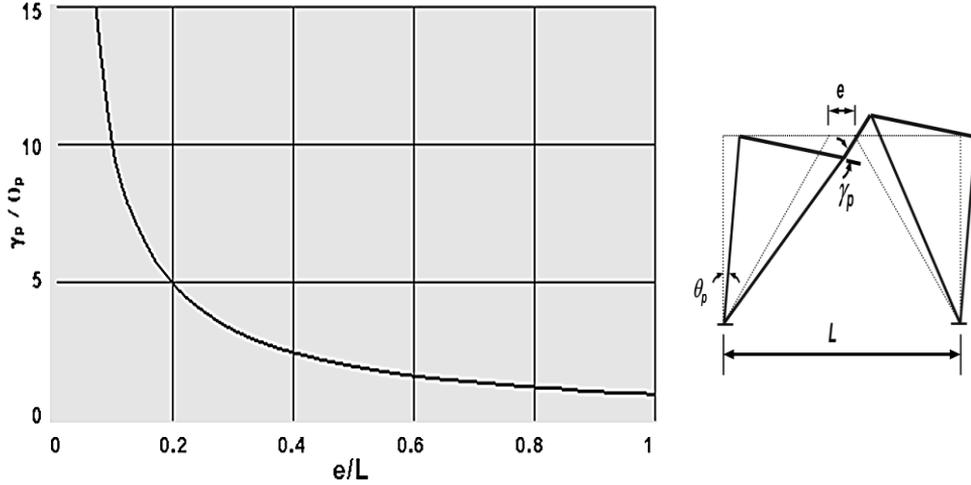
الشكل (1-1): بعض الترتيبات الممكنة للإطارات المرتبطة لامركزياً (EBFs) [2].

حيث يبين الشكل (1-3) العلاقة بين زاوية دوران عنصر الربط والنسبة e/L [3]، حيث L هي مجاز الإطار المرتبط. يلاحظ من الشكل (1-3) أن نسبة زاوية الدوران اللدنة لعنصر الربط إلى زاوية الدوران الطابقية (γ_p/θ_p) تزداد بانخفاض نسبة طول عنصر الربط إلى طول مجاز الإطار المرتبط ويشير ذلك لزيادة مطاوعة الإطار بانخفاض نسبة e/L أي يكون الإطار أكثر قدرة على تبديد القوة الزلزالية عن طرق دوران عنصر الربط كلما كان عنصر الربط أقصر [3].



الشكل (2-1): آلية الانهيار Collapse Mechanism في الإطارات المرتبطة

لامركزياً [3].



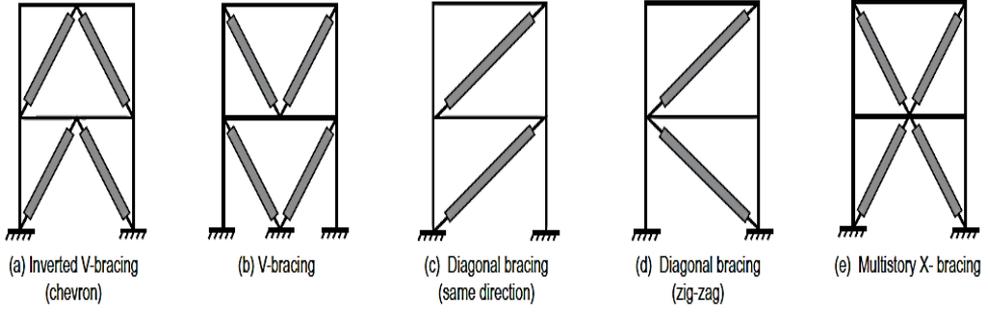
الشكل (3-1): العلاقة بين زاوية الدوران لعنصر الربط والنسبة e/L [3].

2-1 الإطارات الفولاذية المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنّب (BRBFs):

نظام يتألف من جوائز وأعمدة وعناصر تربيط ممنوعة من التحنّب تقاوم القوى الزلزالية بحيث يحدث سيلان شد وسيلان ضغط في عنصر التربيط ولا يحتب عنصر التربيط على الضغط وتتميز بمرونة ومطاوعة عاليتين [1].

2-1-1 أشكال الإطارات الفولاذية المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنّب (BRBFs):

يبين الشكل (4-1) بعض الترتيبات الخاصة للإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنّب، تربيط قطري (Single Diagonal)، تربيط بشكل V مقلوب (V-Bracing - Inverted V)، تربيط بشكل V (V-Bracing)، تربيط بشكل X (Two Story X-Bracing).



الشكل (1-4): أشكال الإطارات الفولاذية المربّطة مركزياً بعناصر تريبط متنوعة من التحنيط [14].

3-1 تحديد قيمة عامل تعديل الإستجابة R : (Response Modification Factor)

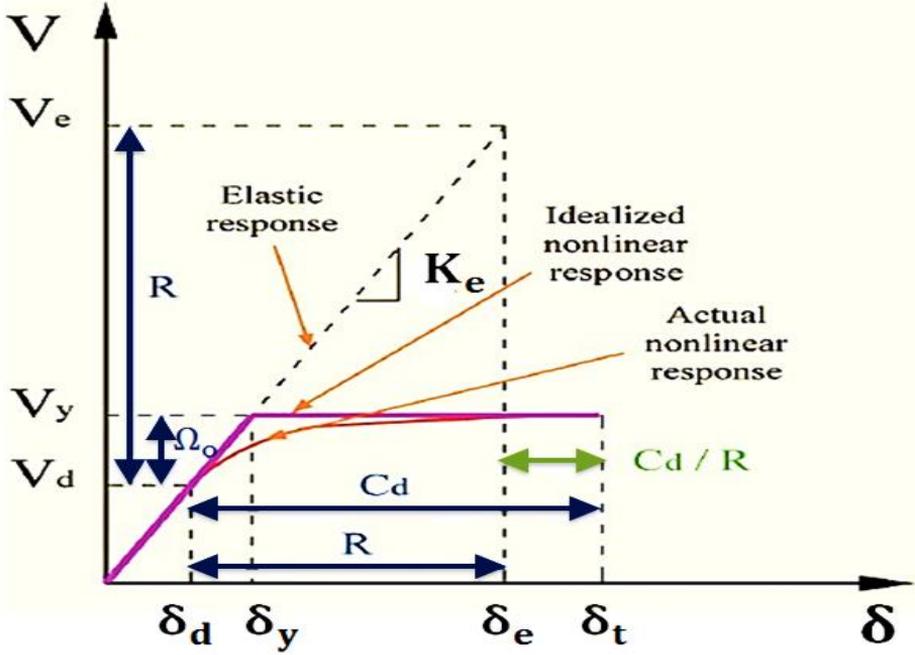
تعريف: معامل يأخذ بالحسبان درجة مطاوعة (لدونة) الجملة الانشائية والمتبقي من مقاومتها بعد تشكل أول مفصل لدن فيها وتحدد قيمته بناءً على أداء جمل مماثلة خلال هزات حدثت في الماضي [5].

يبين الشكل (1-5) منحنى الدفع الجانبي الناتج عن التحليل الستاتيكي اللاخطي وفقاً لكود (FEMA451B) [6] حيث يمثل المحور الشاقولي القص القاعدي (V) والمحور الأفقي الانتقال الجانبي (δ). يُلاحظ من الشكل (1-5) منحنى الاستجابة المثالي ثنائي الخطية (Idealized nonlinear response) الذي يقطع منحنى الدفع الفعلي أو ما يسمى بمنحنى الاستجابة اللاخطية (Actual nonlinear response) عند انتقال الهدف (δ_t) والمعروف وفقاً لـ (FEMA356) [4].

تعريف انتقال الهدف: تمثيل للانتقال الأعظمي المحتمل الحدوث أثناء التصميم الزلزالي [4].

يتيح برنامج (SAP2000) [7] رسم منحنى قوة-انتقال (المنحنى الدفعي) للنماذج المدروسة وحساب خصائصه بما يتوافق مع الكود FEMA356 [5] ، وذلك كنتيجة

للتحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover Analysis) كما أنه يتم تحويل هذا المنحني إلى منحني مثالي ثنائي الخطية كما في الشكل (5-1)



الشكل (5-1): الاستجابة الإنشائية العامة لمنحني (قوة - انتقال) وفقاً FEMA451B [6].

حيث Ω_o : (Overstrength Factor) عامل الزيادة في المقاومة ويعطى وفق العلاقة التالية [5]:

$$\Omega_o = \frac{V_y}{V_d} \quad (2-1)$$

حيث V_y : (Apparent Strength) هي قوة الخضوع الفعال أو القوة الفعلية والموافقة لحدوث أول تلدن هام بالمنشأ الشكل (5-1).

V_d : (Design Strength) هي القوة التصميمية الشكل (5-1).

R : عامل تعديل الاستجابة ويعطى وفق العلاقة التالية [6]:

$$R = \frac{V_e}{V_d} \quad (3-1)$$

حيث V_e (Elastic Strength Demand) قوة الطلب المرنة فيما لو تصرف المنشأ بشكل مطلق المرونة الشكل (5-1).

C_d (Deflection Amplification Factor) عامل تضخيم التشوهات والذي يأخذ بعين الاعتبار زيادة التشوهات اللدنة عن التشوهات المرنة التصميمية نتيجة الدخول في المرحلة غير الخطية، ويعطى بالعلاقة التالية [6]:

$$C_d = \frac{\delta_t}{\delta_d} \quad (4-1)$$

δ_t : انتقال الهدف، δ_d : الانتقال التصميمي المرن. كما يلاحظ من الشكل (5-1) δ_e : الانتقال المرن فيما لو تصرف المنشأ بشكل مطلق المرونة.

عامل تخفيض المطاوعة (R_d) (Ductility Reduction Factor) حيث يعطى بالعلاقة التالية [6]:

$$R_d = \frac{V_e}{V_y} \quad (5-1)$$

وبالتالي تعطى قيمة عامل تعديل الاستجابة بالعلاقة التالية [6]:

$$R = R_d \Omega_o \quad (6-1)$$

2- هدف البحث:

مقارنة عوامل السلوك الزلزالي ($T_d, \Omega_o, R, C_d, R_d$) بين الإطارات المربطة لامركزياً بعناصر ربط قصيرة (K-EBFs) والإطارات الفولاذية المربطة بتربيط ممنوع من التحنيب (Invert V-BRBFs) بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover Analysis) وذلك بتغيير عدد الطوابق (12-8-4).

3- مواد وطرق البحث:

3-1 آراء الباحثين وتجاربهم:

3-1-1 [8](Abodollahzadeh, et al. 2012) الدراسة التي قام بها الباحثون بعنوان (عامل تعديل الاستجابة للإطارات المزدوجة المقاومة للعزوم والمربطة بتربيط ممنوع من التحنّب). قام الباحثون بإجراء دراسة تحليلية وتوصلوا للنتائج التالية:

تتخفص قيم عامل تعديل الاستجابة بزيادة ارتفاع المبنى وبتغير شكل التربيط. تكون قيم عامل تعديل الاستجابة وعامل تخفيض المطاوعة مرتفعة لحالة الابنية المنخفضة الارتفاع (5,3) طابق ولتربيط من الشكل (Vمقلوب) ومنخفضة لحالة الأبنية المرتفعة ذات (15) طابق ولتربيط من الشكل (X).

3-1-2 [9](Mastrandrea et al.2013) الدراسة التي قدّمها الباحثون بعنوان (التحقّق من إجراءات التصميم للسيطرة على نمط الانهيار للإطارات المربطة لامركزيّاً باستخدام تحليلات الدفع الجانبي والتزايد الديناميكي).

هدفت الدراسة: التحقّق من السلوك الزلزالي للإطارات المربطة لامركزيّاً (K-EBFs) بعناصر ربط متغيرة الطول. وأهم النتائج التي تم التوصل إليها:

بينت نتائج التحليل اللاخطي أن عناصر الربط القصيرة (Short Link) تعطي أفضل النتائج، حيث تميزت الإطارات المربطة لامركزيّاً بعناصر ربط قصيرة بمطاوعة محلية مرتفعة، وقدرة مرتفعة على تبديد الطاقة الزلزالية.

3-1-3 [10] (Mahmoudi and Eskandari. 2013) الدراسة التي قام بها الباحثان بعنوان (تأثير الارتفاع وطول عنصر الربط على عوامل تعديل الاستجابة للإطارات الفولاذية المربطة لامركزيّاً).

قام الباحثان بإجراء دراسة تحليلية وتوصلا للنتائج التالية:

عامل تخفيض المطاوعة وعامل تعديل الاستجابة تنخفض مع زيادة ارتفاع المبنى. ينخفض قيم عامل زيادة المقاومة مع ازدياد ارتفاع المبنى، ويرتفع مع ازدياد طول عنصر الرّبط. الكود المتبع في التصميم يعطي قيم ثابتة لعامل تعديل الاستجابة، ومع ذلك ووفقاً للدراسة الحالية فإن عوامل تعديل الاستجابة لها قيم متغيرة وفق شكل التبريط، طول عنصر الرّبط و ارتفاع المبنى.

3-1-4 الدراسة التي قدمه الباحثون (Rozbahani et al. 2014) [11] بعنوان (حساب استطاعة سلوك الإطارات المربّطة لامركزياً باعتبار سلوك (القص-الانعطاف) لعنصر الرّبط).

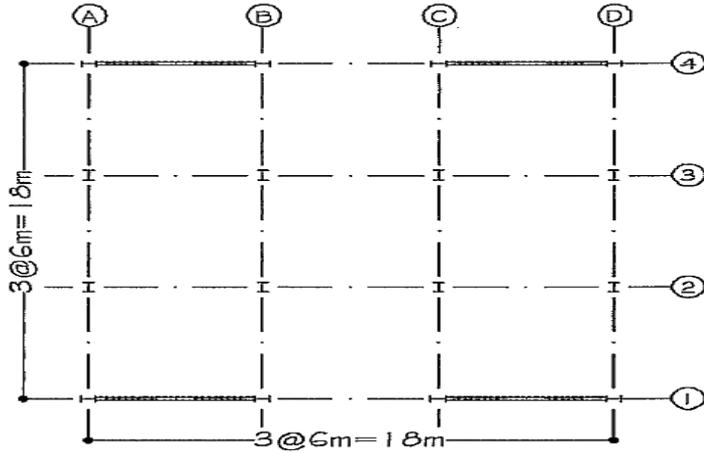
تم دراسة تأثير ارتفاع المبنى وطول عنصر الرّبط على معامل تعديل الاستجابة للإطارات المربّطة لامركزياً. ومن أهم النتائج التي توصل إليها البحث [11]: أن استخدام عنصر ربط قصير يعتبر أفضل لأنه يؤدي الى زيادة المطاوعة وبالتالي زيادة عامل تعديل الاستجابة. زيادة عدد الطوابق تؤدي إلى انخفاض قيم عامل تعديل الاستجابة وعامل تخفيض المطاوعة. ينخفض عامل زيادة المقاومة بزيادة عدد الطوابق ويرتفع بزيادة طول عنصر الرّبط. زيادة طول عنصر الرّبط تؤدي إلى انخفاض قيم عامل تعديل الاستجابة وعامل تخفيض المطاوعة.

3-2 اجراء الدراسة التحليلية:

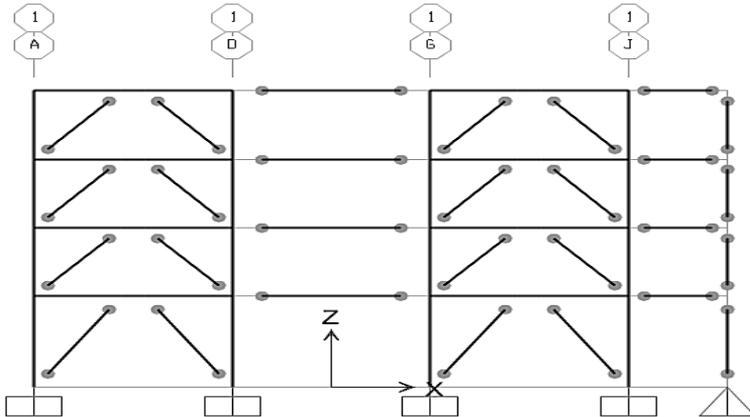
لتحقيق هدف البحث تم نمذجة بناء هيكل بسيط ذي كتل طابقية متساوية وأبعاد متساوية لكافة الطوابق باستخدام برنامج (SAP2000) [7]. يبين الشكل (3-1) المسقط الأفقي للنموذج المدروس و يبيّن الشكل (3-2)، (3-3) شكل الإطار المربّط لامركزياً (K-EBFs) والإطار المربط بتبريط ممنوع من التحنّب (Invert V- BRBFs)، بحيث اعتبر الاتجاه المدروس هو الاتجاه (X) والجملة المقاومة للقوة الجانبية هي عبارة عن إطارات مربّطة لامركزياً من الشكل K أو إطارات مربّطة مركزياً بتبريط ممنوع من

التحنيب من الشكل (V) مقلوب وعدد الفتحات المربطة هي فتحتين كما في الشكل 1-3) بحيث يكون اتصال الجائز مع العמוד خارج عنصر الربط هو اتصال صلب بينما يكون اتصال الجائز مع العמוד خارج الإطار المربط هو من النوع المتمفصل. تم نمذجة إطارات بارتفاعات مختلفة (4-8-12) طبقاً وتصميمها وفقاً للكود الأمريكي

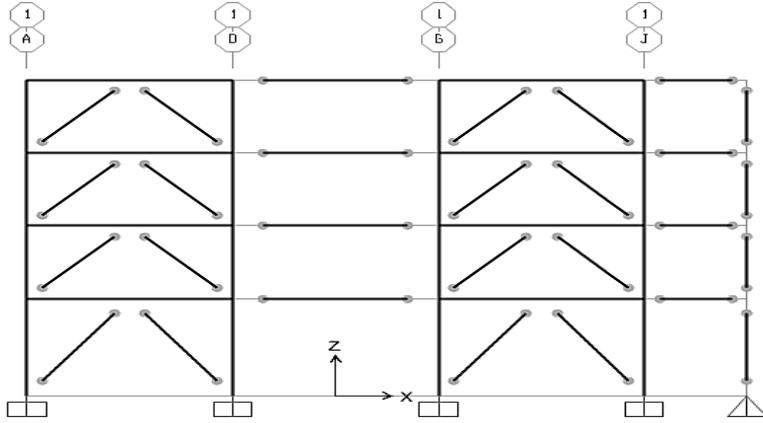
(AISC341-05), [1], (AISC360-05), [12] باستخدام برنامج (SAP2000) [7] ، وذلك لأخذ تأثير الأنماط العليا للاهتزاز على سلوك الإطار.



الشكل (1-3): المسقط الأفقي للنموذج المدروس.



الشكل (2-3): شكل الإطار المرتبط لامركزياً (K-EBFs) [7].



الشكل (3-3): شكل الإطار المرتبط مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيب (InvertV-BRBFs) [7].

تم استخدام فولاذ من النوع (ASTM992GR50) و تم تطبيق الحمل الزلزالي استناداً إلى الكود الأمريكي (ASCE7-05) [13]. تم توحيد طول عنصر الربط على كامل الإطارات المرتبطة لامركزياً ذات الشكل K بحيث يكون قصياً (SHORT LINK) للحصول على قيم مرتفعة لعامل تعديل الاستجابة وفقاً للدراسة (Mastrandrea et al. 2013) [9]. تم استخدام التبريط الممنوع من التحنيب من الشكل (V) مقلوب لأنه يعطي قيم مرتفعة لعامل تعديل الاستجابة كما مر في دراسة (Abodollahzadeh, et al. 2012) [8]. في الدراسة الحالية تم تعريف مفصل في نهايتي عنصر الربط يأخذ بعين الاعتبار تأثير القص (V2) فقط وفقاً لدراسة (Mastrandrea et al. 2013) [9] وللكود الأمريكي (FEMA356) [5]. تم تصميم نواة عنصر التبريط الممنوع من التحنيب وفقاً للكود الأمريكي (AISC341-05) [1]، وتم تعريف المفصل اللدن لعنصر التبريط الممنوع من التحنيب بحيث يأخذ تأثير قوة محورية فقط (P) ببرنامج (SAP2000) وفقاً لدراسة (Nour El-Din and Kim. 2014) [14] والمتوافقة مع الكود الأمريكي (FEMA356) [5] والكود الأمريكي (FEMA451B) [6].

3-3 التحليل الستاتيكي اللاخطي (POA) Pushover Analysis:

تم تطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (التحليل بالدفع الجانبي) من أجل تقييم السلوك الزلزالي للإطارات (K-EBFs) المصممة، والإطارات (Invert V-BRBFs) حيث أجريت تحليلات دفع جانبية بهدف التنبؤ بنمط التلددن ومقارنته بشكل مباشر مع هدف التصميم وفق الكود الأمريكي [1,12] للوصول لحالة تلدن تتركز في عناصر الربط (Link) أو في عناصر التربيط الممنوعة من التحنيط (BRB) مع بقاء باقي عناصر الإطارات المرطبة مرنة (جوائز خارج عنصر الربط - أعمدة - عناصر التربيط القطرية-الوصلات)، بالإضافة إلى حساب عوامل السلوك الزلزالي (Ω_0, R, R_d, C_d) وذلك وفقاً للكود الأمريكي (FEMA356) [5]، والكود (FEMA451B) [6].

3-3-1 المقارنة بين نوعي التربيط بتطبيق التحليل الستاتيكي اللاخطي (POA):

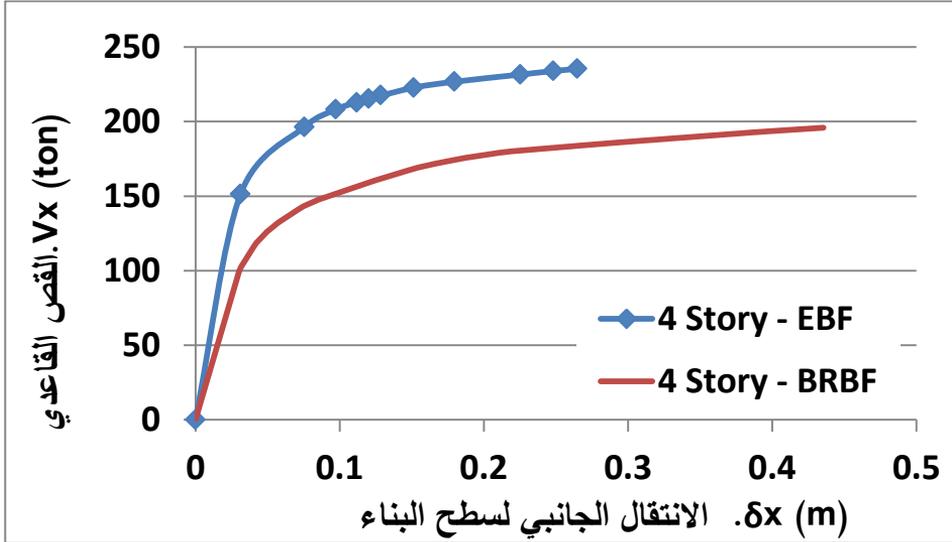
تبين الأشكال (3-4)، (3-5) و (3-6) منحنيات الدفع الجانبي للنماذج بارتفاع (8, 12, 4) طابق باستخدام التربيط الممنوع من التحنيط (Invert V-BRBFs) والتربيط اللامركزي (K-EBFs).

حيث يمثل المحور الأفقي الانتقال الجانبي لسطح البناء (δ_x) ويمثل المحور الشاقولي القص القاعدي (V_x). يلاحظ من الأشكال مايلي:

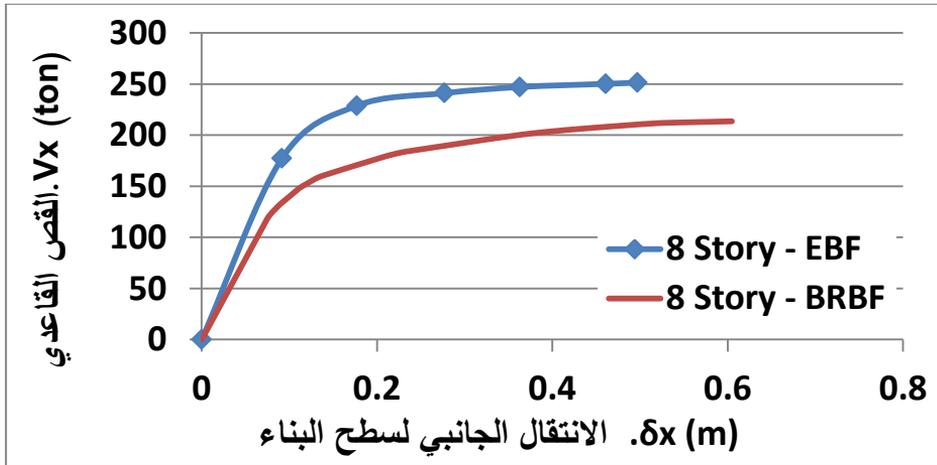
- انخفاض قيمة القص الأعظمي لجميع نماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط عنه لحالة التربيط اللامركزي. حيث بلغت نسبة الانخفاض حوالي (16.78, 15.03, 13.7) % لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي .

- زيادة الانتقالات الجانبية لجميع نماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط عنه لحالة التربيط اللامركزي بعناصر ربط قصيرة. حيث بلغت نسبة الزيادة حوالي (64.78, 17.81, 25.3) % لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. مما يدل

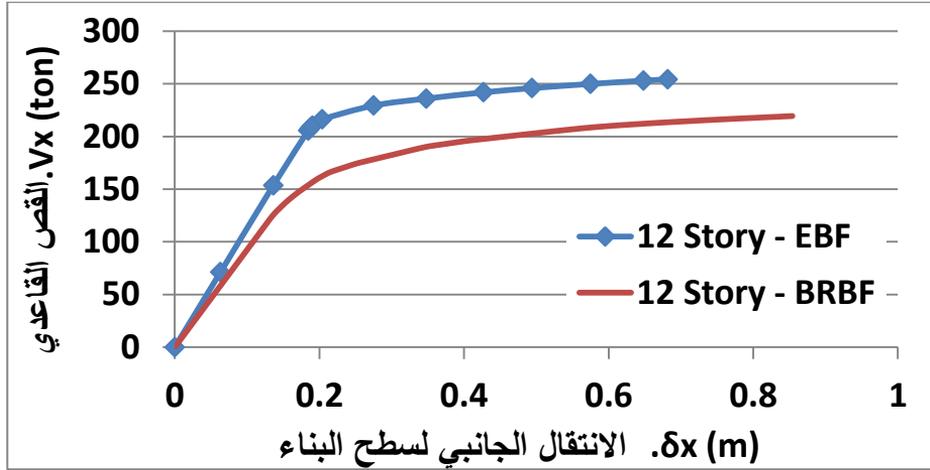
على أن استخدام عناصر (BRB) يؤدي إلى خفض قيم القص القاعدي الأعظمي الناتج عن الدفع الجانبي وزيادة المطاوعة من خلال زيادة الانتقالات الجانبية للمنشآت.



الشكل (3-4): منحنيات الدفع الجانبي لنموذج إطار بارتفاع 4 طوابق باستخدام التثبيت الممنوع من التحنيب (BRBF) و التثبيت اللامركزي (EBF).

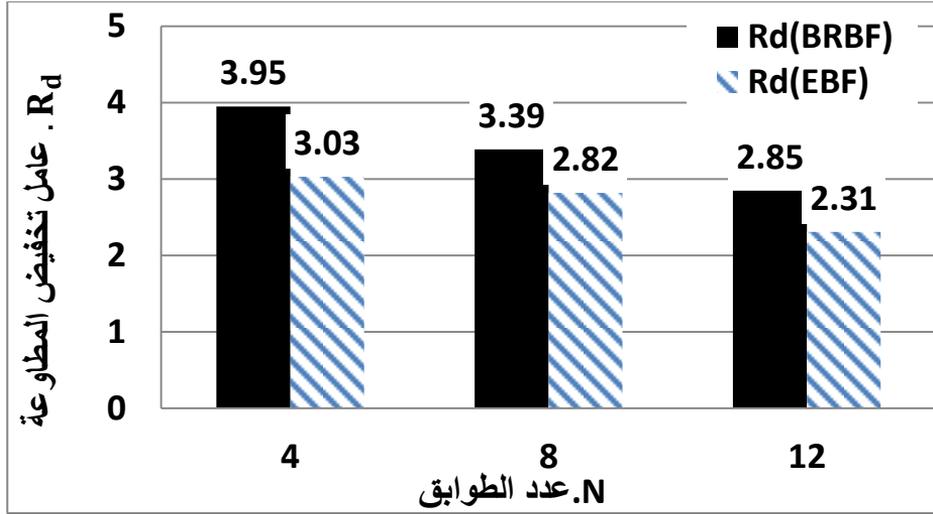


الشكل (3-5): منحنيات الدفع الجانبي لنموذج إطار بارتفاع 8 طوابق باستخدام التثبيت الممنوع من التحنيب (BRBF) و التثبيت اللامركزي (EBF).



الشكل (3-6): منحنيات الدفع الجانبي لنموذج إطار بارتفاع 12 طابق باستخدام التربيط الممنوع من التحنيب (BRBF) و التربيط اللامركزي (EBF).

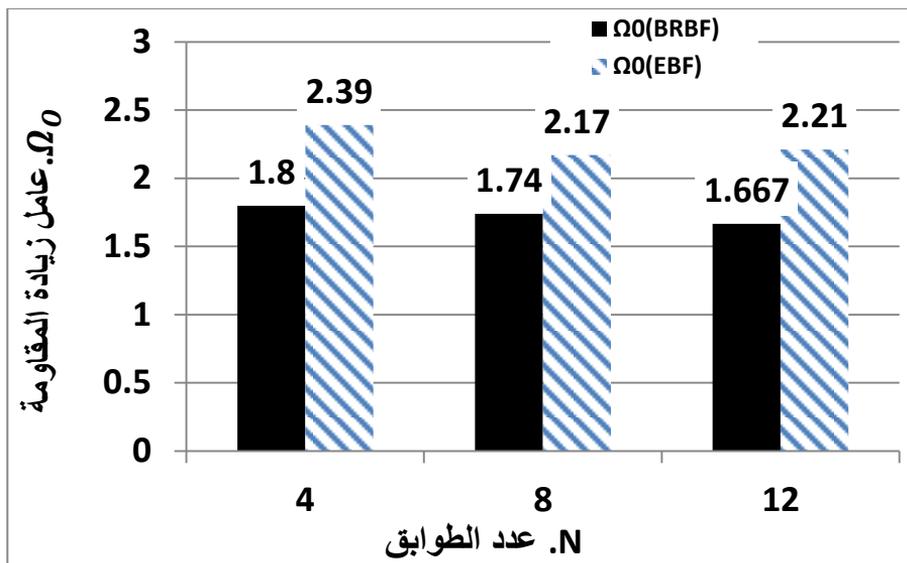
يبين الشكل (3-7) تغير قيم عامل تخفيض المطاوعة (R_d) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزي (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل تخفيض المطاوعة (R_d). يلاحظ من الشكل انخفاض قيم عامل تخفيض المطاوعة للإطارات المربطة بتربيط لامركزي وللإطارات (3-7) المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لإنخفاض قيم عامل تخفيض المطاوعة لحالة إطار مرط بتربيط لامركزي مقارنة مع إطار مرط بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الانخفاض في قيم هذا العامل بين نوعي التربيط المستخدمين حوالي (23.3, 16.81, 18.95) % وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. يستنتج أن التربيط الممنوع من التحنيب يملك عامل تخفيض مطاوعة أكبر منه لحالة التربيط اللامركزي، وبالتالي قدرة أكبر على تبديد الطاقة الزلزالية.



الشكل (3-7): تغير قيم عامل تخفيض المطاوعة (R_d) بتغير عدد الطوابق لنماذج الإطارات المربطة بتربيط ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

يبين الشكل (3-8) تغير قيم عامل زيادة المقاومة (Ω_0) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل زيادة المقاومة (Ω_0). يلاحظ من الشكل (3-8) انخفاض قيم عامل زيادة المقاومة للإطارات المربطة بتربيط لامركزي وللإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لارتفاع قيم عامل زيادة المقاومة لحالة إطار مربط بتربيط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الارتفاع في قيمة هذا العامل بين نوعي التربيط حوالي % (32.78, 24.71, 32.57) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. يستنتج أن التربيط اللامركزي يملك عامل زيادة مقاومة أكبر منه لحالة التربيط المركزي ممنوع من التحنيب مما يفسر ارتفاع قيمة القص القاعدي الأعظمي لحالة التربيط اللامركزي عنه لحالة التربيط المركزي ممنوع من التحنيب

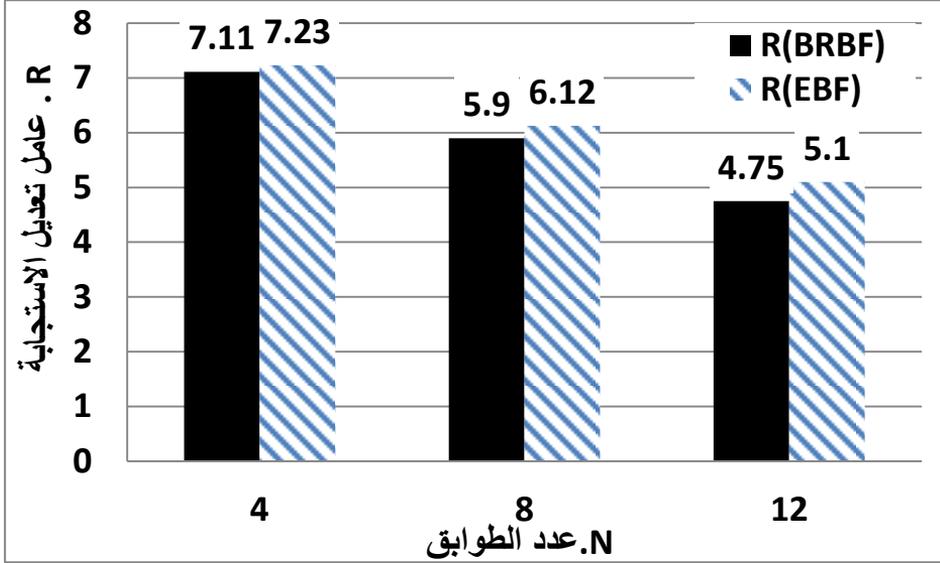
كما هو موضح في الأشكال (3-4, 3-5, 3-6) وانخفاض قيم عامل تخفيض المطاوعة لحالة التربيط اللامركزي كما هو موضح في الشكل (3-7).



الشكل (3-8): تغير قيم عامل زيادة المقاومة (Ω_0) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

يبين الشكل (3-9) تغير قيم عامل تعديل الاستجابة (R) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل تعديل الاستجابة (R). يلاحظ من الشكل (3-9) انخفاض قيم عامل تعديل الاستجابة للإطارات المربطة بتربيط لامركزي وللإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لارتفاع قيم عامل تعديل الاستجابة لحالة إطار مربط بتربيط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الارتفاع في قيمة هذا العامل بين نوعي التربيط

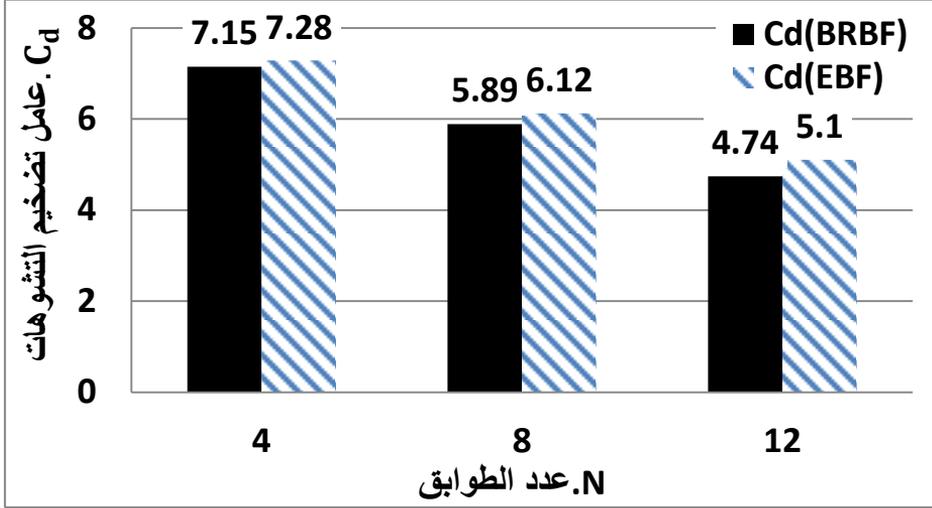
حوالي% (1.69, 3.73, 7.37) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. كما يستنتج تقارب قيمة عامل تعديل الاستجابة بين نوعي التبريط وذلك عند وصول الاستجابة إلى انتقال الهدف.



الشكل (3-9): تغير قيم عامل تعديل الاستجابة (R) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

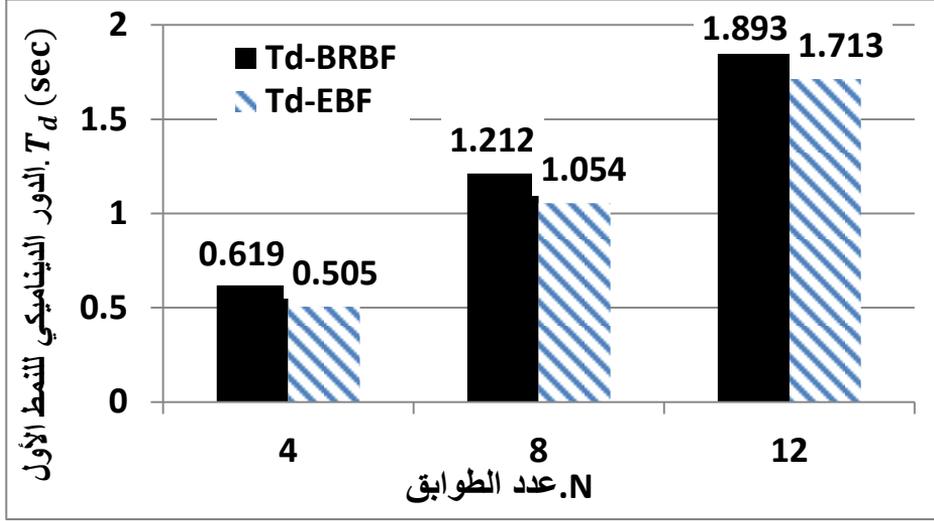
يبين الشكل (3-10) تغير قيم عامل تضخيم التشوهات (C_d) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي عامل تضخيم التشوهات للإطارات المربطة بتبريط لامركزي وللإطارات المربطة بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب بزيادة عدد الطوابق، بالإضافة لارتفاع قيم تضخيم التشوهات لحالة إطار مربط بتبريط لامركزي مقارنة مع إطار مربط بتبريط مركزي ممنوع من التحنيب لعدد محدد من الطوابق. حيث بلغت نسبة الارتفاع في قيم هذا العامل بين نوعي التبريط حوالي% (1.82, 3.9, 7.6) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي. يستنتج

تقارب قيم عامل تضخيم التشوهات بين نوعي التربيط وذلك عند وصول الاستجابة إلى انتقال الهدف.



الشكل (3-10): تغير قيم عامل تضخيم التشوهات (C_d) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

يبين الشكل (3-11) تغير قيم الدور الديناميكي (T_d) الموافق للنمط الأول للاهتزاز بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs). حيث يمثل المحور الأفقي عدد الطوابق ويمثل المحور الشاقولي الدور الديناميكي الموافق للنمط الأول للاهتزاز (T_d). يلاحظ من الشكل (3-11) ارتفاع قيم الدور الديناميكي لحالة الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيط نتيجة انخفاض الصلابة الجانبية مقارنة مع الإطارات المربطة بتربيط لامركزي مما يؤدي إلى خفض القص القاعدي الأعظمي الناتج عن تحليل الدفع الجانبي. حيث بلغت نسبة الانخفاض في قيمة الدور الديناميكي بين نوعي التربيط حوالي (13.04, 9.51, 18.42%) وذلك لحالة (4, 8, 12) طابق على التوالي.



الشكل (3-11): تغير قيم الدور الديناميكي (T_d) بتغير عدد الطوابق N لنماذج الإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب (BRBFs) وأخرى مربطة لامركزيًا (EBFs).

4- النتائج ومناقشتها: Conclusion and Discussed

1- تتخفف قيم عامل تخفيض المطاوعة (R_d) ، عامل زيادة المقاومة (Ω_o)، عامل تعديل الاستجابة (R) وعامل تضخيم التشوهات (C_d) بزيادة عدد الطوابق وتغير نوع التربيط.

2- تملك الإطارات المربطة لامركزيًا من الشكل (K-EBFs) بعناصر ربط قصيرة (SHORT LINK) قيم مرتفعة لعامل تعديل الاستجابة، عامل زيادة المقاومة وعامل تخفيض التشوهات، وقيم أخفض لعامل تخفيض المطاوعة مقارنة بالإطارات المربطة بتربيط مركزي ممنوع من التحنيب من الشكل (Invert V-BRBFs).

3- الإطارات المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيب أكثر مرونة (أقل صلابة) من الإطارات المربطة بتربيط لامركزي، وبالتالي تحتاج إلى قوة دفع جانبي أقل للوصول إلى الانتقال الأعظمي مما يفسر ارتفاع قيم الدور

الديناميكي (T_d) الموافق للنمط الأول للاهتزاز لحالة الإطارات المربطة مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيد مقارنة بالأخرى المربطة لامركزياً.

5 - التوصيات: Recommendations

- 1- بيان تأثير تغيير عدد الفتحات وبعد الفتحة عند المقارنة بين نوعي التربيط.
- 2- بيان تأثير تغيير شكل التربيط عند المقارنة بين نوعي التربيط.
- 3- إيجاد علاقة رياضية تربط بين عامل تعديل الاستجابة وارتفاع المبنى وبعد الفتحات.
- 4- بيان تأثير عدم الانتظام في المسقط الأفقي أو الشاقولي عند المقارنة بين نوعي التربيط.

6 - المراجع: Reference

- [1] ANSI/AISC 341-05, 2005- American Institute of Steel Construction, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, Chicago(IL).
- [2] Malley J. O. and Popov, E. P, (1983), Design of Links and Beam-to-Column Connection for Eccentrically Braced Frames, University of California at Berkeley, Earthquake Engineering Research Center, Report No. UCB/EERC-83/03
- [3] Kasai, K. and Popov, E. P, (1986a), A Study of Seismically Resistant Eccentrically Braced Steel Frame Systems, University of California at Berkeley, Earthquake Engineering Research Center, Report No. UCB/EERC-86/01.
- [4] Kersting, R. Fahnestock, L. and López, W 2016, Seismic design Of steel buckling-restrained braced frames: a guide for practicing Engineers, National Institute of Standards and Technology, NIST GCR 15-917-34.
- [5] FEMA-356, (2000)- Federal Emergency Management Agency, Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of building, Washington, DC.
- [6] FEMA-451B, 2007- Recommended Provisions for New Buildings and Other Structures: Training and Instructional Materials, Federal Emergency Management Agency, FEMA, Washington
- [7] CSI, "SAP 2000v15, 2011- Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Analysis Reference, Computers and Structures , University of California, Berkeley.
- [8] ABDOLLAHZADEH, Gh. BANIHASHEMI, MR. ELKAE, S and ESMAEELNIA AMIRI, M 2012 Response Modification Factor of Dual Moment-Resistant Frame with Buckling Restrained Brace (BRB), Proceeding of 15th World Conferense of Eearthquake Eengineering, LISBOA, Vol. 1, 638-348
- [9] MASTRANDREA, L. NASTRI, E. and PILUSO, V 2013 Validation of a Design Procedure for Failure Mode Control of EB-

Frames: Push-Over and IDA Analyses, The Open Construction and Building Technology Journal, Vol. 7, 193-207.

[10] MAHMOUDI, M. and ESKANDARI, V 2013 The Effects of Height and Length of Link Beam on Response Modification Factors of Eccentrically Braced Steel Frames, Research in Civil and Environmental Engineering, Vol. 1, NO. 01, 41-53.

[11] ROZBAHANI, M. Touski, FF. and Alirezaei, M 2014 Calculating Behavior Capacity of Eccentrically Braced Frames Considering Bending-Shear Behavior of Link Beam, Advances in Environmental Biology, Vol. 8, NO. 16, 567-579.

[12] ANSI/AISC 360-05, 2005- American Institute of Steel Construction, Inc. (AISC) . Specification for structural steel buildings. Standard. Chicago (IL,USA).

[13] ASCE 7-05, 2005- Minimum Design Loads for Building and Other Structures, American Society of Civil Engineers, ASCE, Reston, Virginia,USA.

[14] NOUR EL-DIN, M. and KIM, J 2014 Seismic Performance of Pile-Founded Fixed Jacket Platforms with Chevron Braces, Structure and Infrastructure Engineering, Vol. 11, NO. 6, 776-795.