

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيد في تحسين السلوك الديناميكي للإطارات المعدنية متوسطة الارتفاع

زينب عزيز لحو^{1*} ريم سلمان الصحاوي²

^{1*} طالبة ماجستير، مهندسة، قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية،
جامعة دمشق. zeinab.loho@damascusuniversity.edu.sy

² مدرسة، دكتورة، مهندسة، قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية، جامعة
دمشق reem1.salman@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

استخدمت عدة طرق لرفع كفاءة الإطارات المعدنية زلزالياً وتعد عناصر التبريط الممنوعة من التحنيد (BRBs) من أهم وأحدث الطرق لرفع كفاءة هذه الإطارات زلزالياً. ونظراً للاستخدام الواسع لعناصر التبريط الممنوعة من التحنيد وأهميتها في مقاومة القوى الجانبية، جاءت أهمية البحث في دراسة تأثير تزويد الإطارات المعدنية بمثل هذه العناصر في سبيل تحسين الاستجابة الزلزالية لها.

تم في هذا البحث القيام بدراسة تحليلية بالاستعانة ببرنامج (ABAQUS19) للتحري عن السلوك الديناميكي لعنصر التبريط الممنوع من التحنيد. ومن ثم تمت دراسة السلوك الديناميكي لإطار معدني متعدد الطوابق مزود لا مركزياً بعناصر تبريط ممنوعة من التحنيد تحت تأثير عدة هزات أرضية. وبهدف تحسين السلوك الديناميكي تم تغيير عدة بارامترات كارتفاع الإطار، تغيير مكان وجود عنصر التبريط. تم تقييم الاستجابة للإطار المعدني من خلال مقارنة التسارعات والإزاحات الطابقية وقوى القص القاعدية وكمية الطاقة المبذولة. أظهرت النتائج فعالية استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيد في الإطارات المعدنية متوسطة الارتفاع، حيث نقصت التسارعات والإزاحات الطابقية وقوى القص القاعدية بينما زادت كمية الطاقة المبذولة.

الكلمات المفتاحية: عنصر تبريط ممنوع من التحنيد، إطار مزود لا مركزياً بعنصر تبريط ممنوع من التحنيد، ارتفاع الإطار، مكان وجود عنصر التبريط، الطاقة المبذولة.

تاريخ الإيداع: 2023/12/5

تاريخ القبول: 2024/2/20



حقوق النشر: جامعة دمشق -

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

النشر بموجب CC BY-NC-SA

Using buckling restrained braces to improve the dynamic behavior of steel frames medium- height

Zeinab Aziz LOHO*¹ Reem Salman ALSEHNAWI²

*¹. Master Student in Department of Seismic Structural Engineering, Higher Institute of Earthquake Studies & Research, University of Damascus, Damascus, Syria. zeinab.loho@damascusuniversity.edu.sy

². Assistant Professor in Department of Seismic Structural Engineering, Higher Institute of Earthquake Studies & Research, University of Damascus, Syria.

reem1.salman@damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

The use of buckling restrained braces (BRBs) has significantly enhanced the seismic efficiency of steel frames, a recent and significant technique in the construction Industry. The study emphasizes the widespread adoption of buckling restrained braces and their role in resisting lateral stresses by examining their abilities to modify the seismic response of steel frames. The dynamic behavior of these braces is analyzed by the study using (Abaqus 19 software). The study examined the dynamic behavior of a multi - story steel frame with eccentric buckling restrained braces (BRBFES) under earthquake motions. Parameters like BRB location and frame height were adjusted to improve dynamic behavior. The response was evaluated by comparing acceleration, story drifts, base shear forces and dissipated energy. The outcomes demonstrated the efficiency of buckling restrained braces in medium - height steel frames, where the dissipated energy was raised and the acceleration, the story “drifts, and base shear forces were reduced.

Key words: BRB, BRBFE, Frame height, BRB position, dissipated energy.

Received: 5 /12/2023

Accepted: 20 /2/2024



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب في تحسين

لوحو، الصحنائي

المقدمة:

تناولت العديد من الدراسات التجريبية والتحليلية أثر ومزايا إضافة عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب (BRBs) إلى الإطارات المعدنية من حيث زيادة مقاومة وقساوة هذه الإطارات عند تعرضها لحملات زلزالية أو دورية، حيث أن معظم المنشآت المعدنية المزودة بعناصر تبريط تقليدية قد انهارت بشكل كامل بسبب التدهور الكبير في القساوة والمقاومة. نظراً لذلك اتجهت الأبحاث إلى تزويد الإطارات المعدنية بعناصر التبريط الممنوعة من التحنيب (BRBs) في سبيل تحقيق الاستجابة المرجوة، والتي أثبتت فعاليتها في تحسين الاستجابة الزلزالية. تتألف عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب (BRBs) من نواة فولاذية وغلاف بيتوني يوجد بينهما مادة مانعة للالتصاق وفي المحيط يوجد غلاف فولاذي يحيط بالغلاف البيتوني، حيث يتميز هذا المخدم بمقاومته المتميزة والمتمثلة على الشد والضغط، بالإضافة إلى كلفته الاقتصادية المنخفضة، وقدرته الكبيرة على تخميد الطاقة.

قدم (Lin et al., 2012) بحثاً تجريبياً استعرض فيه عنصر التبريط الممنوع من التحنيب وتم عرض مجموعة من التحديثات لهذا العنصر في تايوان. احتوت هذه التحديثات على أبحاث وتحريات عن المادة المانعة للالتصاق (unbonding material) ونمذجة إطار مزود بهذا العنصر نمذجة دقيقة. أثبتت النتائج أن عيوب (BRB) يمكن تجنبها إذا تم تصميم طبقة التغطية بشكل جيد، وبخصوص التصميم الزلزالي فإن الإطار المزود بعنصر التبريط الممنوع من التحنيب BRBF أعطى سلوكاً مستقراً في الحلقات الهستيرية لجميع مكونات الإطار.

قامت (الملحم، 2020) بدراسة تحليلية للتحري عن السلوك الديناميكي لعنصر التبريط الممنوع من التحنيب (BRB) المزود بوصلات اتصال مختلفة تحت تأثير الأحمال الدورية. هدفت الدراسة إلى إضافة عنصر التبريط (BRB) إلى الإطارات المعدنية تحت تأثير أحمال زلزالية، حيث أظهرت

النتائج أهمية التبريط الجانبي الممنوع من التحنيب في تحسين السلوك الزلزالي للإطارات المعدنية وفي زيادة مقاومتها وتخفيض انتقالاتها وفعاليتها الكبيرة في تخفيض الاستجابة للإجهادات النازمية، وبالتالي حماية المنشآت المعدنية المزودة بهذه العناصر من الانهيار الكلي عند تعرضها للحملات الزلزالية.

قدم (Bahrami et al., 2020) دراسة تجريبية وتحليلية وعددية لعنصر التبريط الممنوع من التحنيب (BRB)، ومن ثم تصميم إطار مزود بعنصر التبريط الممنوع من التحنيب (BRBF) وتحليله ديناميكياً تحت ثلاثة سجلات زلزالية أساسية. تم التوصل في هذه الدراسة إلى استجابة هيكلية أفضل بحالة عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب (BRBF) مقارنة بعناصر التبريط التقليدية (EBF)، وذلك بحالة قوى القص القاعدي وتبديد الطاقة وفي معظم حالات الإزاحة الجانبية ودورانات روابط القص، وبالتالي فإن إطار (BRBF) يكون خيار فعال عملياً لمقاومة القوى الجانبية الكبيرة.

كما قام (Shete et al., 2022) بإجراء دراسة تحليلية وعددية لعنصر تبريط ممنوع من التحنيب وللتحقق من صحة النموذج تمت المقارنة مع نموذج تجريبي، ومن ثم تم إجراء دراسة بارامترية بتغيير طول النواة ضمن مجال يتراوح من (1-3) m وتغيير معامل الاحتكاك من (0-1). حيث لوحظ أنه مع زيادة معامل الاحتكاك بين النواة الفولاذية والبيتون كانت الاستجابة الهستيرية غير متناظرة مع انخفاض في تبديد الطاقة. كما وجد أن الصلابة المحورية تزداد بنقصان الطول المتلدن من النواة الفولاذية. كما تبين أن طول النواة المتلدنة والاحتكاك يؤثران على الاستجابة الدورية لـ (BRB).

قام (Ostovar et al., 2023) بإجراء دراسة تحليلية وتجريبية لتقييم أداء عنصر التبريط الممنوع من التحنيب باستخدام بيتون فائق الأداء (UHPFRC) ومكونات مطاطية عالية المرونة بين النواة الفولاذية والبيتون. وتم دراسة السلوك الهستيري للعنصر تحت تأثير الأحمال الدورية. أظهرت نتائج

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين.....

لوحو، الصحنائي

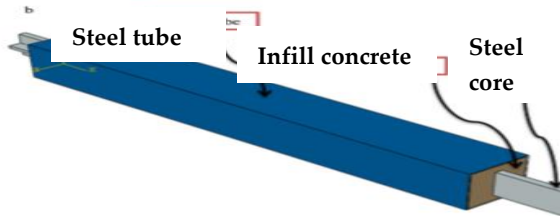
- ارتفاع الإطار المزود لامركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط (BRBFE) ومقارنتها مع إطار مزود لامركزياً بعناصر تربيط تقليدية (EBF).

سيتم في هذا البحث دراسة السلوك الديناميكي لعنصر التبريط الممنوع من التحنيط تحت تأثير حمل دوري باستخدام برنامج (ABAQUS19)، ومن ثم إضافته لإطار معدني مستوي مقاوم للعزوم متعدد الطوابق وإجراء الدراسة البارامترية تحت تأثير ثلاث هزات زلزالية.

2- معايرة عنصر التبريط الممنوع من التحنيط:

2-1- توصيف المخدم المدروس:

تم في هذا البحث إجراء دراسة تحليلية لعنصر BRB الذي اختبر من قبل (Bahrami et al., 2020) اعتمد هذا المخدم في المعايرة ومن ثم تم إضافته لإطار معدني مستوي مقاوم للعزوم، وإجراء الدراسة البارامترية للحصول على السلوك الأفضل. يبين الشكل (1) أقسام المخدم المدروس، حيث الطول والمساحة العرضية للنواة الفولاذية 100cm، 6.4cm² على التوالي.



الشكل (1) العينة المدروسة [10]

2-2- المواد المستخدمة في الدراسة:

يبين الجدول (1) خصائص المواد المستخدمة، حيث استخدمت خصائص المواد ذاتها في الدراسة المرجعية (Bahrami et al., 2020) تم أخذ سلوك الفولاذ مرن تقسية تشوهية كما تم نمذجة البيتون كمادة مرنة.

التحليل تحسناً ملحوظاً في سعة التحميل وتبديد الطاقة لعنصر RBRB مقارنةً بعنصر BRB التقليدي.

سيتم في هذا البحث القيام بدراسة تحليلية لعنصر التبريط الممنوع من التحنيط ومن ثم إضافته لا مركزياً لإطار معدني مقاوم للعزوم تحت تأثير عدة هزات زلزالية وإجراء الدراسة البارامترية.

1- أهمية وهدف البحث:

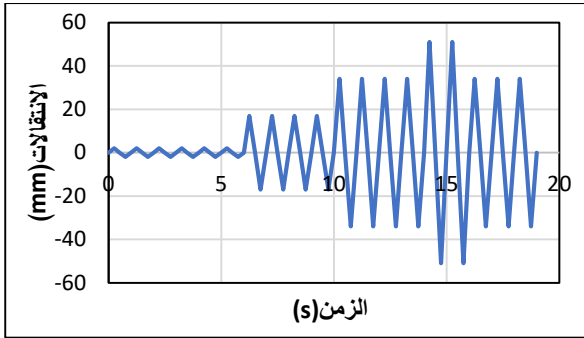
أظهرت الدراسات والأبحاث السابقة مقدار التدهور الكبير في القساوة والمقاومة الذي تعاني منه عناصر التبريط التقليدية نتيجة التحنيط المبكر عند الضغط، بالإضافة إلى محدودية المطاوعة والقدرة على تبديد الطاقة التشوهية لعنصر التبريط التقليدي، وبالتالي ظهرت الحاجة إلى استبدال هذه العناصر بعد تعرض المنشآت المزودة بها للحمولات الزلزالية. كما أغفلت كافة الدراسات السابقة أثر استخدام التبريط على شكل حرف (V) مقلوبة في إطار متعدد الطوابق بالإضافة لتغيير مكان وجوده ضمن الإطار. نظراً لاستخدام الواسع لعناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في رفع كفاءة المنشآت الواقعة في مناطق نشطة زلزالياً، وأهميتها في مقاومة القوى الجانبية. جاءت أهمية البحث في دراسة تأثير تزويد الإطارات المعدنية متوسطة الارتفاع بعناصر التبريط الممنوعة من التحنيط ودراسة الموقع الأفضل لتموضعها ضمن الإطار في سبيل تحسين الاستجابة الزلزالية لها.

يهدف البحث إلى تقييم الاستجابة الزلزالية للإطارات المعدنية المستوية المزودة لا مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط من خلال:

- دراسة سلوك عنصر التبريط الممنوع من التحنيط (BRB) تحت تأثير حمل دوري.
- دراسة سلوك إطار معدني مستوي مقاوم للعزوم مزود لامركزياً بعنصر تربيط ممنوع من التحنيط تحت تأثير عدة هزات أرضية مع أخذ أثر تغيير:
- موقع عناصر (BRB) ضمن الإطار المدروس.

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب في تحسين

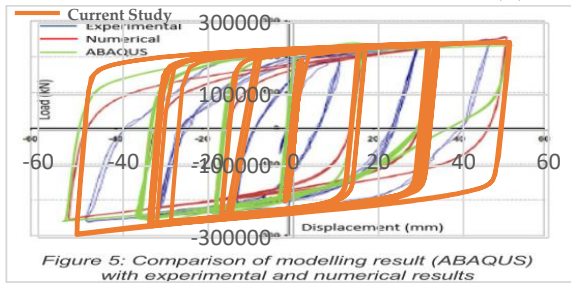
لوحو، الصحنائي



الشكل (2) بروتوكول التحميل المطبق [10]

2-4- السلوك الهستيري للنموذج المدروس:

تمت مقارنة السلوك الهستيري الناتج عن الدراسة التحليلية لهذه الدراسة مع السلوك الهستيري الذي أوجده الباحث (Bahrami et al., 2020) تجريبياً كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل (3) الحلقة الهستيرية الناتجة عن النموذج التحليلي والحلقة الهستيرية الناتجة عن النموذج التجريبي للدراسة المرجعية.

بالمقارنة مع السلوك الهستيري التجريبي للباحث (Bahrami et al., 2020) الذي أوجدناه والتجريبي للنموذج التحليلي نلاحظ وجود تقارب في السلوك بين النموذج التحليلي والتجريبي كما هو مبين في الشكل (3)، حيث كان أكبر فرق نسبي بين الدراستين التحليلية والتجريبية بحدود 12.6% نتج هذا الفرق في القيم نتيجة نقص بارامترات تعريف مادة الفولاذ في الدراسة السابقة.

3- السلوك الديناميكي للإطار المعدني المزود لا

مركزياً بعناصر تبريط ممنوعة من التحنيب:

3-1- توصيف النموذج والهزات المستخدمة:

تم اعتماد إطار معدني مقاوم للعزوم 2D متعدد الطوابق بثلاث فتحات. مجاز الفتحة الواحدة 7.32m، ارتفاع الطابق

الجدول (1) خصائص المواد المستخدمة

MPa30F ^c =	إجهاد الضغط للبيتون
MPa30000Ec=	معامل مرونة البيتون
18vconcret=0.	معامل بواسون للبيتون
$\gamma_c=24\text{kN/m}^3$	الوزن الحجمي للبيتون
MPa297.5Fy=	حد السيلاان لفولاذ النواة
MPa370Fy=	حد السيلاان لفولاذ الغلاف
$E_{st}=200000\text{MPa}$	معامل مرونة الفولاذ
$\gamma_{st}=78\text{kN/m}^3$	الوزن الحجمي للفولاذ
$\nu_{steel}=0.3$	معامل بواسون للفولاذ

سلوك النواة الفولاذية كان باستخدام نموذج ثنائي الخطية

Bilinear Kinematic Hardening

وذلك من أجل أخذ التقسية التشوهية للفولاذ ما بعد مرحلة

المرونة (جابر وآخرون، 2022).

تم اعتبار الغلاف البيتوني مرناً نظراً لأن المهمة الرئيسية له هي منع النواة من التحنيب فقط.

2-3- توصيف العناصر المستخدمة بالنمذجة:

تم إنشاء نموذج تحليلي لعنصر التبريط الممنوع من التحنيب (BRB) باستخدام برنامج العناصر المحدودة ABAQUS.19 نمذجت العناصر البيتونية باستخدام عناصر خطية أما العناصر الفولاذية فنمذجت باستخدام عناصر حجمية. تم الربط بين النواة والغلاف البيتوني عن طريق تماس مع غلاف قاسي على محيط النواة لا يسمح بتحنيبها بعد تشوه جانبي صغير نسبياً.

تم تمثيل التفاعل ما بين النواة والغلاف القاسي عن طريق (Interactions (Surface to surface

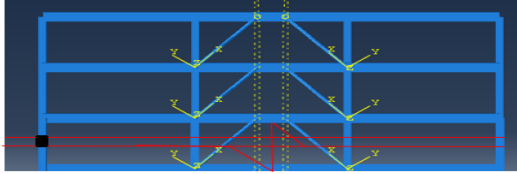
مع استخدام معامل احتكاك 0.017 [10]

تم تطبيق بروتوكول تحميل كما هو موضح في الشكل (2).

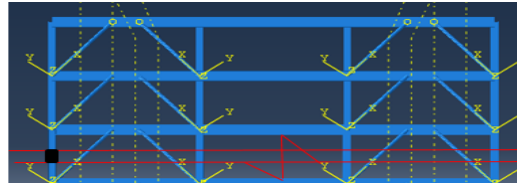
استخدام عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب في تحسين.....

لوحو، الصحنائي

التحنيب في الفتحتين الطرفيتين المبين في الشكل (4-b) والتمثلة في (التسارع الزلزالي، الإزاحة الطابقية، القص القاعدي، الطاقة المبددة) وتمت مقارنة النتائج.



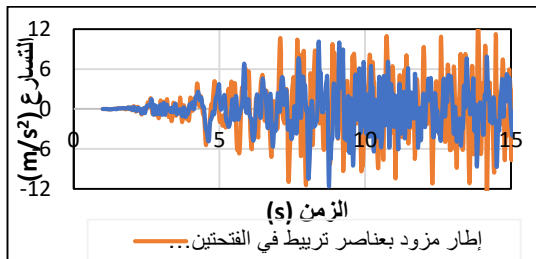
(a)



(b)

الشكل (4) إطار معدني مزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية (a) والفتحتين الطرفيتين (b).

تم إيجاد أن التسارع الأعظمي في الطابق الأخير 1.53g في الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحتين الطرفيتين و1.19g في الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية كما هو مبين في الشكل (5) أي انخفض بفرق نسبي 22% وبالنسبة لقيم الإزاحة كانت القيمة الأعظمية 0.305cm في الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحتين الطرفيتين و0.291cm في الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية كما هي مبينة الشكل (6) أي انخفضت بفرق نسبي 4.6%



الشكل (5) التسارع الزلزالي للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير هزة تاباس.

الأرضي 5.49m، وارتفاع الطابق المتكرر 3.66m. مزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب تحت تأثير عدة هزات زلزالية.

تم استخدام عناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب بمساحة $10 \times 55 \text{ mm}^2$. إجهاد الخضوع لفولاذ الجوائز والأعمدة $F_y = 250 \text{ MPa}$.

تم نمذجة الإطار المعدني ودراسة السلوك الديناميكي مع أخذ البارامترات التالية بعين الاعتبار:

1. تغيير مكان وجود عنصر التثبيت الممنوع من التحنيب باقتراح ثلاث توضعات لعنصر التثبيت في الإطار المعدني بارتفاع عشرة طوابق تحت تأثير ثلاث هزات زلزالية.

2. تغيير ارتفاع الإطار المعدني المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب بأخذ ثلاثة ارتفاعات مختلفة (10 - 13 - 16) طابق وذلك تحت تأثير ثلاث هزات زلزالية ومقارنتها مع إطار معدني مزود لا مركزياً بعناصر تثبيت تقليدية تحت تأثير هزة كوشيرو.

تم استخدام هزات تاباس وكوجالي وكوشيرو بشدات مختلفة كما هو مبين في الجدول (3).

الجدول (2) الهزات الزلزالية المطبقة

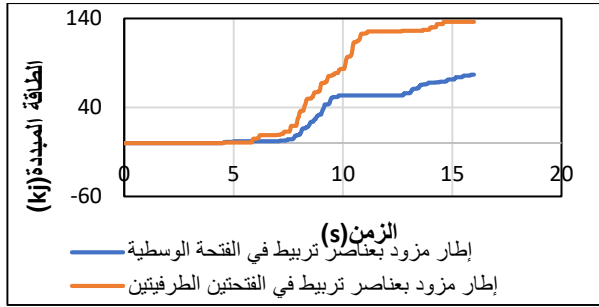
دور الهزة	PGA (g)	Earthquake Magnitude	Year	Earthquake name
0.2s	0.32	7.4	1878	tabas
0.38s	0.31-0.32	7.5	1999	kocaeli
0.32s	1.06	7.6	1993	kushiro

3-2- تحديد مكان عنصر التثبيت الممنوع من التحنيب:

لتحديد المكان الأنسب لتوضع عنصر التثبيت الممنوع من التحنيب تمت بداية دراسة تغيير مكان وجود عنصر التثبيت (BRB) لإطار معدني مؤلف من عشر طوابق تحت تأثير هزة تاباس. حيث تمت مقارنة الاستجابة الديناميكية للإطار المعدني المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية للإطار المبين في الشكل (4-a) مع الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من

استخدام عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب في تحسين

لوحو، الصحنوي



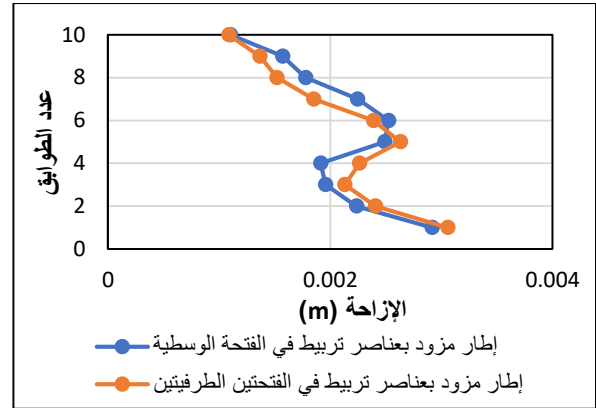
الشكل (8) الطاقة المبذولة للإطار ذو العشر طوابق تحت تأثير هزة تاباس. وبمقارنة استجابة الإطارين نلاحظ زيادة نسبة تخميد الطاقة في الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحتين الطرفيتين وهذا يعود لمضاعفة عدد عناصر التثبيت المستخدمة. في حين أن التسارع الزلزالي، الإزاحات الطابقية، القص القاعدي قد نقصت. وبالتالي نستنتج أن وضع عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية ذات فعالية أكبر من وضعها في الفتحات الطرفية في الحالة المدروسة ولذلك تم اعتمادها لتغيير أماكن وضع المخمد في المراحل اللاحقة.

5- تغيير مكان وجود عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب: تم اعتماد ثلاث توضعات لعناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب ضمن الفتحة الوسطية للإطار المعدني المكون من عشرة طوابق تحت تأثير ثلاث هزات زلزالية.

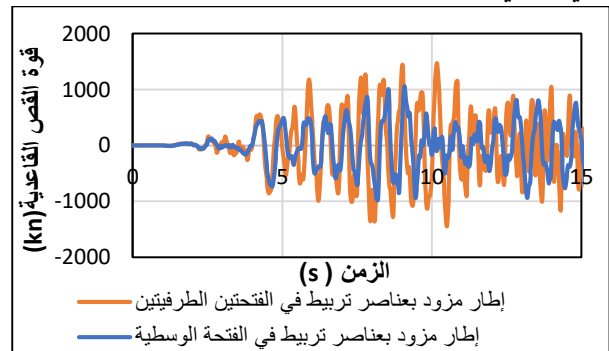
- التوضع الأول، تم وضع عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب على كامل ارتفاع الإطار.

- التوضع الثاني تم وضع عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب للطوابق السبعة الأولى وعناصر تثبيت تقليدية للطوابق الثلاثة الأخيرة، حيث تم اختيار التوضع الثاني بناء على حساب الطاقة التخميدية للإطار المعدني المكون من عشرة طوابق التي كانت معدومة في الطوابق الثلاثة الأخيرة.

- التوضع الثالث تم وضع عناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب وعناصر تثبيت تقليدية في الطوابق مثنى مثنى. تم إيجاد نتائج الاستجابة الزلزالية للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الزلزالية الثلاث (تاباس - كوجالي - كوشيرو)،



الشكل (6) الإزاحات الطابقية للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير هزة تاباس. يظهر الشكل (7) قوى القص القاعدية حيث تم أخذ القيمة الأعظمية في الحالتين حيث بلغت قيمة القص القاعدي الأعظمية 1470Kn في حالة الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحتين الطرفيتين و1061.6Kn في حالة الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية أي انخفضت بفرق نسبي حوالي 27.8% ويظهر الشكل (8) الطاقة المبذولة للجنة حيث تم أخذ القيمة الأعظمية في الحالتين حيث بلغت قيمة الطاقة المبذولة 136Kj في حالة الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحتين الطرفيتين و76.8Kj في حالة الإطار المزود لا مركزياً بعناصر تثبيت ممنوعة من التحنيب في الفتحة الوسطية أي انخفضت بفرق نسبي حوالي 43.5%.

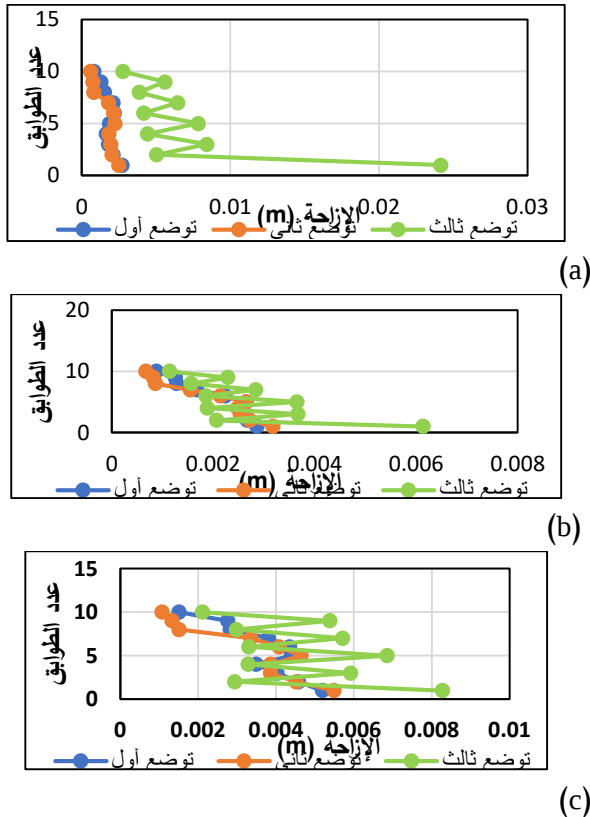


الشكل (7) قوى القص القاعدية للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير هزة تاباس.

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين

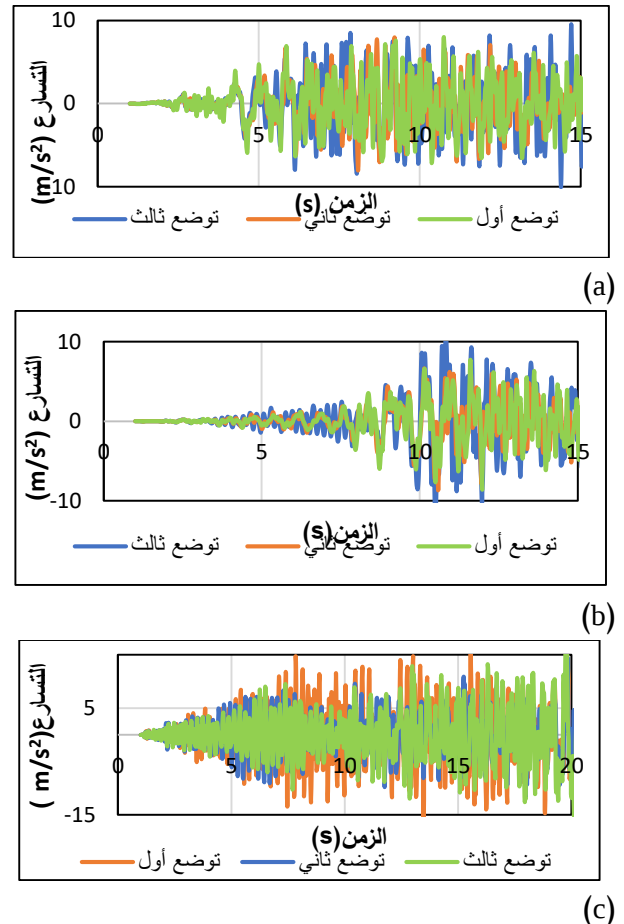
لوحو، الصحنائي

أما بالنسبة للإزاحات الطابقية للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الثلاث تم إظهارها في الشكل (10)، حيث يبين الشكل (10-a) الإزاحات الطابقية لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة تاباس حيث بلغت قيمة الإزاحة الطابقية الأعظمية في الطابق الأول 0.27cm في التوضع الأول، 0.25cm في التوضع الثاني، 2.4cm في التوضع الثالث، وبين الشكل (10-b) الإزاحات الطابقية لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة كوجالي وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها في التوضع الأول 0.28cm و 0.3cm في التوضع الثاني و 0.6cm في التوضع الثالث، وبين الشكل (10-c) الإزاحات الطابقية لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة كوشيرو، وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها 0.51cm في التوضع الأول و 0.55cm في التوضع الثاني و 0.82cm في التوضع الثالث.



الشكل (10) الإزاحات الطابقية تحت تأثير الهزات الثلاث تاباس (a)، كوجالي (b)، كوشيرو (c).

حيث تم إظهار التسارعات الزلزالية في الشكل (9) للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الزلزالية الثلاث المطبقة. يظهر الشكل (9-a) أن القيمة الأعظمية للتسارع الزلزالي تحت تأثير هزة تاباس بلغت قيمته 0.814g في التوضع الأول و 0.821g في التوضع الثاني وكان في التوضع الثالث 1.02g، ويظهر الشكل (9-b) أن القيمة الأعظمية للتسارع الزلزالي تحت تأثير هزة كوجالي بلغت قيمته في التوضع الأول 0.876g و 0.885g في التوضع الثاني وفي التوضع الثالث 1.189g ويظهر الشكل (9-c) أن القيمة الأعظمية للتسارع الزلزالي تحت تأثير هزة كوشيرو بلغت قيمته 1.760g في التوضع الأول وفي التوضع الثاني 1.482g وفي التوضع الثالث كان 2.394g.

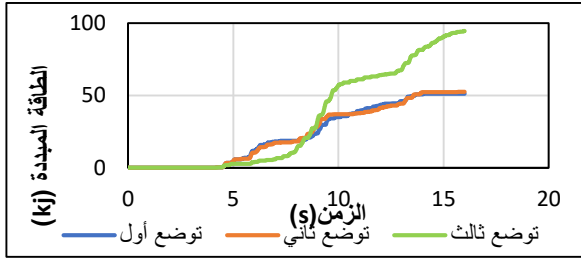


الشكل (9) التسارعات الزلزالية تحت تأثير الهزات الثلاث تاباس (a)، كوجالي (b)، كوشيرو (c).

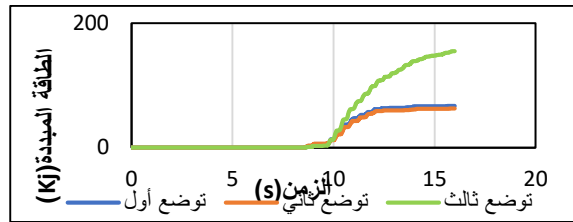
استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين

لوحو، الصحنوي

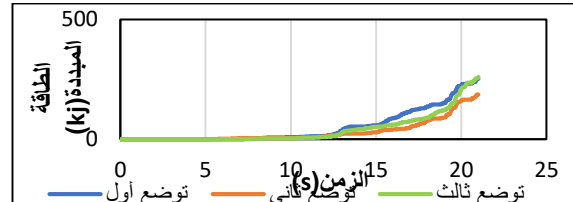
بالانتقال للطاقة المبددة للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الثلاث تم إظهارها في الشكل (12)، حيث يظهر الشكل (12-a) الطاقة المبددة مع الزمن لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة تاباس وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها 51Kj في التوضع الأول و52.4Kj في التوضع الثاني وفي التوضع الثالث 94.5Kj، ويبين الشكل (12-b) الطاقة المبددة للدنة مع الزمن لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير كوجالي وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها 62.7Kj في التوضع الأول و66.9Kj في التوضع الثاني وفي التوضع الثالث 155Kj، ويظهر الشكل (12-c) الطاقة المبددة للدنة مع الزمن لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة كوشيرو وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمته 252.4Kj في التوضع الأول و186.8Kj في التوضع الثاني وفي التوضع الثالث 260Kj.



(a)



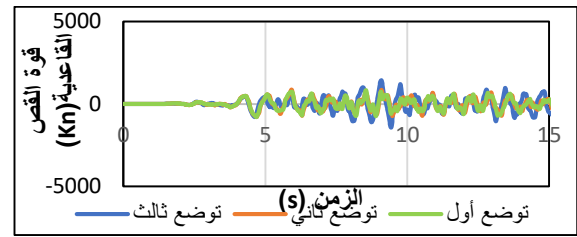
(b)



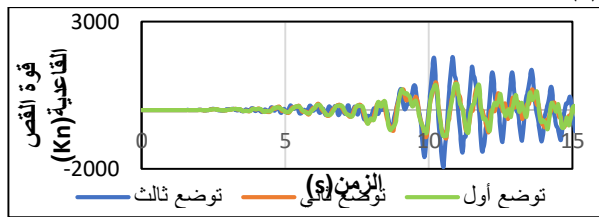
(c)

الشكل (12) الطاقة المبددة للدنة للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الثلاث تاباس (a)، كوجالي (b)، كوشيرو (c).

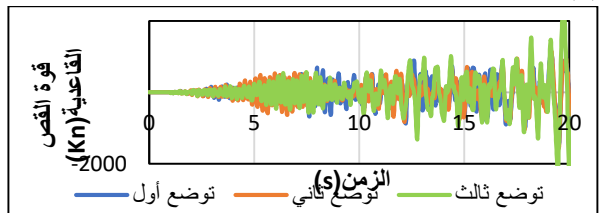
وبالنسبة لقوى القص القاعدية للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الثلاث تم إظهارها في الشكل (11)، حيث يظهر الشكل (11-a) قوى القص القاعدية لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة تاباس وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها في التوضع الأول 869.5Kn، وفي التوضع الثاني 844Kn وفي التوضع الثالث كانت 1442.6Kn، ويبين الشكل (11-b) قوى القص القاعدية لكل من التوضعات الثلاثة تحت تأثير هزة كوجالي وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها 893.6Kn في التوضع الأول و976.2Kn في التوضع الثاني وفي التوضع الثالث 1799Kn، ويظهر الشكل (11-c) قوى القص القاعدية تحت تأثير هزة كوشيرو وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها 1465.6Kn في التوضع الأول و1568.4Kn في التوضع الثاني وفي التوضع الثالث كانت 2566.7Kn.



(a)



(b)



(c)

الشكل (11) قوى القص القاعدية للتوضعات الثلاثة تحت تأثير الهزات الثلاث تاباس (a)، كوجالي (b)، كوشيرو (c).

استخدام عناصر التثبيت الممنوعة من التحنيب في تحسين.....

الجدول (3) قيم الاستجابة الأعظمية للتوضعات الثلاثة الناتجة عن الهزات الثلاثة.

القيم الأعظمية	توضع أول	توضع ثاني	فرق نسبي	توضع ثالث	فرق نسبي %
تسارع (m/s^2)	1.76	1.48	15.9	2.39	-36
إزاحة (cm)	0.51	0.55	-7.8	0.82	-60.7
قص قاعدي (Kn)	1465	1568	-7	2566	-75
طاقة مبددة (Kj)	252	186	26	260	-3

تمت إيجاد الفروق النسبية بالمقارنة مع التوضع الأول نلاحظ عدم فعالية التوضع الثالث حيث أعطى قيم أعظمية في جميع حالات التسارع والإزاحة والقص والطاقة المبددة تحت تأثير الهزات الثلاثة. سيتم اعتماد التوضع الثاني للإطار المؤلف من عشر طوابق عند تغيير ارتفاع الإطار المعدني، حيث كانت نتائجه معظمها أفضل مقارنة بالتوضع الأول تحت تأثير الهزات الثلاثة بالإضافة لاقتصادية التوضع الثاني مقارنة بالتوضع الأول. وبمقارنة القيم الأعظمية للهزات الثلاثة نلاحظ أن القيم الأعظمية للتوضعات الثلاثة كانت تحت تأثير هزة كوشيرو.

5- تغيير ارتفاع الإطار المعدني المزود بعناصر تريبط ممنوعة من التحنيب:

تم اعتماد ثلاثة ارتفاعات (10-13-16) طابق للإطار المعدني المزود لا مركزياً بعناصر تريبط ممنوعة من التحنيب وفق التوضع الثاني ودراسة سلوكه تحت تأثير ثلاث هزات زلزالية (تاباس، كوجالي، كوشيرو). ومن ثم تمت مقارنة سلوكه مع سلوك إطار معدني مزود لا مركزياً بعناصر تريبط تقليدية تحت تأثير هزة كوشيرو.

الإطار ذو 10 طوابق: تم استخدام عناصر تريبط ممنوعة من التحنيب في الطوابق السبعة الأولى وعناصر تريبط تقليدية في

لوحو، الصحنوي

الطوابق الثلاثة الأخيرة لأن تبديد الطاقة في الطوابق الثلاثة الأخيرة كان معدوم.

الإطار ذو 13 طابق: تم استخدام عناصر تريبط ممنوعة من التحنيب في الطوابق العشرة الأولى وعناصر تريبط تقليدية في الطوابق الثلاثة الأخيرة لأن تبديد الطاقة في الطوابق الثلاثة الأخيرة كان معدوم.

الإطار ذو 16 طابق: تم استخدام عناصر تريبط ممنوعة من التحنيب في الطوابق الإحدى عشر الأولى وعناصر تريبط تقليدية في الطوابق الخمسة الأخيرة، كان تبديد الطاقة في الطوابق الخمسة الأخيرة شبه معدوم مقارنة بالطوابق الأولى لذلك تم استخدام عناصر تريبط تقليدية في الطوابق الخمسة الأخيرة.

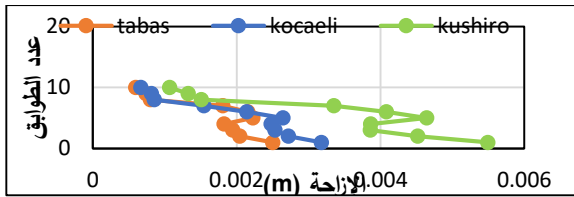
تم تعريض الإطارات السابقة ذات الارتفاع (10-13-16) طابق للهزات الثلاث المذكورة سابقاً تاباس وكوجالي وكوشيرو وكانت نتائج الاستجابة كما يلي:

حيث تم إظهار التسارعات الزلزالية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير الهزات الثلاث في الشكل (13)، حيث يظهر الشكل (a-13) أن القيمة الأعظمية للتسارعات الزلزالية في الطابق الأخير للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير الهزات الثلاث بلغت 0.821g وتحت تأثير هزة تاباس و0.885g تحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو و1.482g ويظهر الشكل (b-13) أن القيمة الأعظمية للتسارعات الزلزالية في الطابق الأخير للإطار ذو الثلاثة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث بلغت 0.814g تحت تأثير هزة تاباس و0.906g وتحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو و1.674g، ويظهر الشكل (c-13) أن القيمة الأعظمية للتسارعات الزلزالية في الطابق الأخير للإطار ذو الستة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث بلغت 0.779g تحت تأثير هزة تاباس و0.725g تحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو و1.641g.

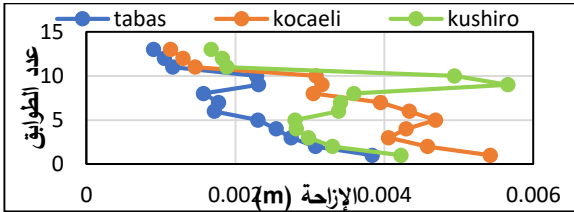
استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين

لوحو، الصحنائي

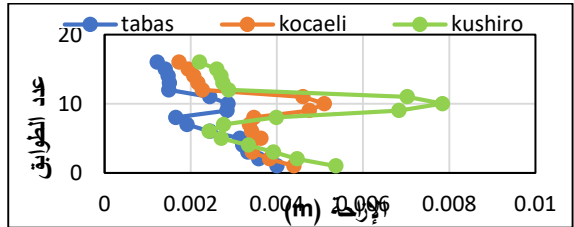
الأعظمية تحت تأثير هزة تاباس 0.23cm وتحت تأثير هزة كوجالي 0.31cm وتحت تأثير هزة كوشيرو 0.56cm ويظهر الشكل (14-c) الإزاحات الطابقية للإطار ذو الستة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث حيث بلغت القيمة الأعظمية تحت تأثير هزة تاباس 0.28cm وتحت تأثير هزة كوجالي 0.51cm و تحت تأثير هزة كوشيرو 0.78cm.



(a)



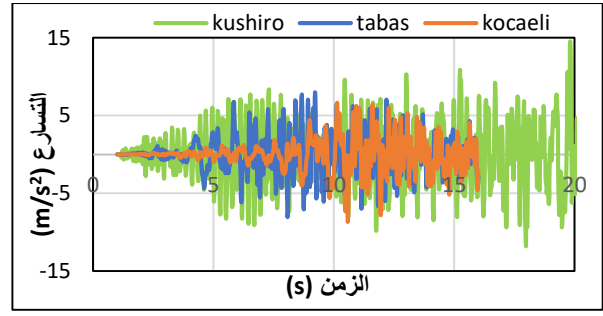
(b)



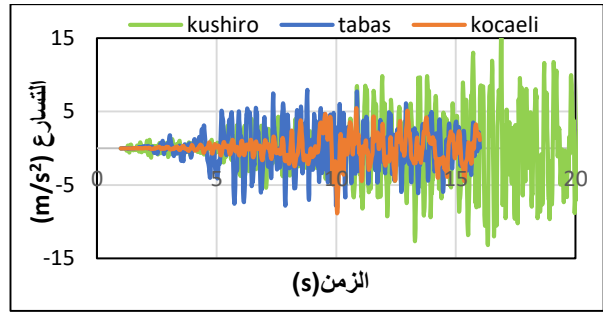
(c)

الشكل (14) الإزاحات الطابقية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير الهزات الثلاث (a)10، (b)13، (c)16.

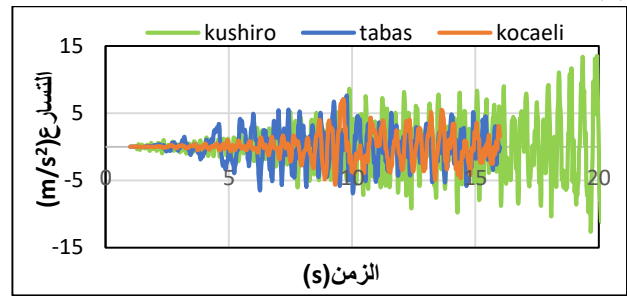
بالنسبة لقوى القص القاعدية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير الهزات الثلاث تم إظهارها في الشكل (15)، حيث يظهر الشكل (15-a) قوى القص القاعدية القاعدية للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير الهزات الثلاث وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت 844Kn تحت تأثير هزة تاباس و 976Kn وتحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو 1568Kn، وبين الشكل (15-b) قوى القص القاعدية للإطار ذو الثلاثة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث



(a)



(b)



(c)

الشكل (13) التسارعات الزلزالية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير الهزات الثلاث (a)10، (b)13، (c)16.

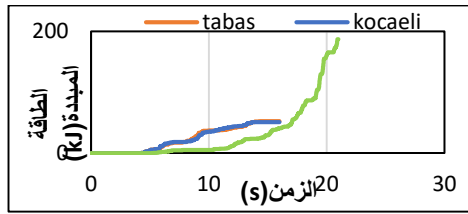
بالنسبة للإزاحات الطابقية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير الهزات الثلاث تم إظهارها في الشكل (14)، حيث يظهر الشكل (14-a) الإزاحات الطابقية للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير الهزات الثلاث حيث بلغت القيمة الأعظمية تحت تأثير هزة تاباس 0.25cm وتحت تأثير هزة كوجالي 0.31cm وتحت تأثير هزة كوشيرو 0.55cm.

ويظهر الشكل (14-b) الإزاحات الطابقية للإطار ذو الثلاثة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث حيث بلغت القيمة

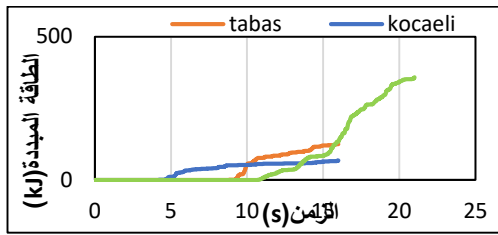
استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين

لوحو، الصحنوي

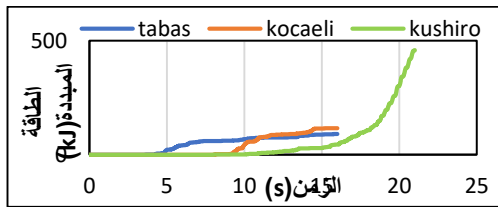
الثلاث وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت $67.7Kj$ تحت تأثير هزة تاباس و $124.9Kj$ تحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو $357.7Kj$ ، ويظهر الشكل (16-c) الطاقة المبدة مع الزمن للإطار ذو الستة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت $90.4Kj$ تحت تأثير هزة تاباس و $115.6Kj$ تحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو $457.8Kj$.



(a)



(b)



(c)

الشكل (16) الطاقة المبدة للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق

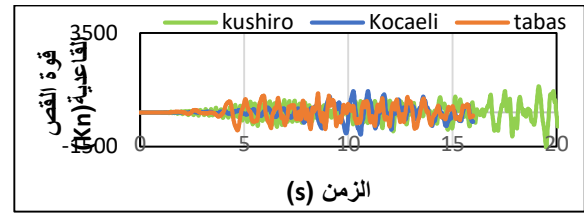
تحت تأثير الهزات الثلاث 10(a)، 13(b)، 16(c).

الجدول (4) قيم الاستجابة الأعظمية للإطار ذو الارتفاعات الثلاثة تحت

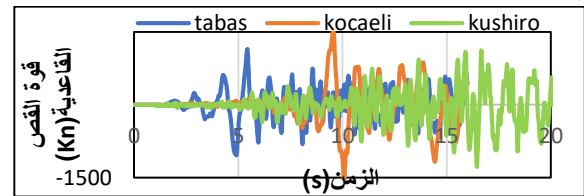
تأثير الهزات الثلاث.

القيم الأعظمية	10	13	16
تسارع (m/s^2)	1.482	1.674	1.641
إزاحة (cm)	0.55	0.56	0.78
قص قاعدي (kn)	1568.4	1542.9	1514.1
طاقة مبدة (KJ)	186.8	357.7	457.8

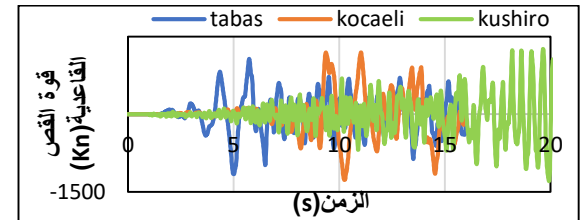
وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت $1147.7Kn$ تحت تأثير هزة تاباس، $1542.9kn$ تحت تأثير هزة كوجالي، $1276.4Kn$ تحت تأثير هزة كوشيرو، ويظهر الشكل (15-c) قوى القص القاعدية للإطار ذو الستة عشر طابق تحت تأثير الهزات الثلاث وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت $1160.3Kn$ تحت تأثير هزة تاباس، $12270Kn$ تحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة كوشيرو $1514Kn$.



(a)



(b)



(c)

الشكل (15) قوى القص القاعدية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16)

طابق تحت تأثير الهزات الثلاث 10(a)، 13(b)، 16(c).

بالانتقال للطاقة المبدة للإطارات ذات الارتفاع (10-13-

16) طابق تحت تأثير الهزات الثلاث التي تم إظهارها في

الشكل (16)، حيث يظهر الشكل (16-a) الطاقة المبدة

للإطار ذو العشرة طوابق تحت تأثير الهزات الثلاث وعند أخذ

القيمة الأعظمية بلغت $52.4Kj$ تحت تأثير هزة تاباس

و $66.9Kj$ تحت تأثير هزة كوجالي وتحت تأثير هزة

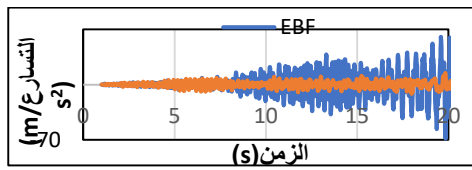
كوشيرو $186.8Kj$ ، ويظهر الشكل (16-b) الطاقة اللدنة

المبدة للإطار ذو الثلاثة عشر طابق تحت تأثير الهزات

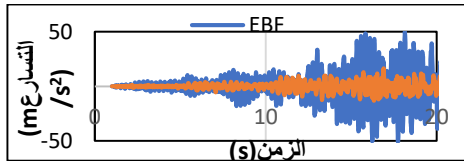
استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين

لوحو، الصحنوي

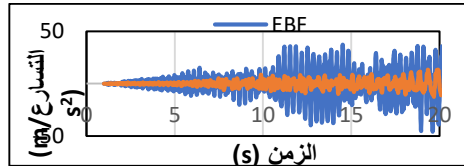
BRBFE، ويظهر الشكل (17-b) أن القيمة الأعظمية للتسارعات الزلزالية في الطابق الأخير للإطارين بارتفاع 13 طابق 1.675g لإطار BRBF و 5.083g لإطار EBF أي انخفضت حوالي 67% في حال إطار BRBFE، ويظهر الشكل (17-c) أن القيمة الأعظمية للتسارعات الزلزالية في الطابق الأخير للإطارين بارتفاع 16 1.641g لإطار BRBFE، 4.775g لإطار EBF أي انخفضت حوالي 65.6% في حال إطار BRBFE.



(a)



(b)



(c)

الشكل (17) التسارعات الزلزالية للإطارات الثلاثة تحت تأثير هزة كوشيرو ذات الارتفاع 10 (a)، 13 (b)، 16 (c) طابق.

بالنسبة للإزاحات الطابقية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير هزة كوشيرو تم إظهارها في الشكل (18)، حيث يظهر الشكل (18-a) الإزاحات الطابقية للإطارين بارتفاع 10 طابق حيث بلغت القيمة الأعظمية 0.55cm لإطار BRBFE و 1.1cm لإطار EBF أي انخفضت حوالي 50% في حال إطار BRBFE، ويظهر الشكل (18-b) الإزاحات الطابقية للإطارين بارتفاع 13 طابق حيث بلغت القيمة الأعظمي 0.5cm لإطار BRBFE و 0.75cm لإطار EBF أي انخفضت حوالي 33% في حال إطار

6-المقارنة بين إطارات (BRBFES) مع إطارات (EBFS) تحت تأثير هزة كوشيرو.

تم مقارنة الإطارات المزودة لا مركزياً بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط (BRBFES) مع إطارات مزودة لا مركزياً بعناصر تربيط تقليدية (EBFS) وذات الارتفاعات (10-13-16) طابق تحت تأثير هزة كوشيرو والتي أعطت القيم الأعظمية للاستجابة وذلك لتحقيق تحسين سلوك الإطارات ذات الارتفاعات المختلفة.

الإطار ذو 10 طوابق: تم مقارنة الإطار المزود بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط في الطوابق السبعة الأولى وعناصر تربيط تقليدية في الطوابق الثلاثة الأخيرة (BRBFE) وهو التوضع ذو السلوك الأفضل مع إطار مزود بعناصر تربيط تقليدية على كامل ارتفاعه (EBF).

الإطار ذو 13 طابق: تمت مقارنة الإطار المزود بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط في الطوابق العشرة الأولى وعناصر تربيط تقليدية في الطوابق الثلاثة الأخيرة (BRBFE) مع إطار مزود بعناصر تربيط تقليدية على كامل ارتفاعه (EBF).

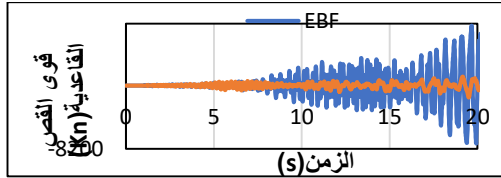
الإطار ذو 16 طوابق: تمت مقارنة الإطار المزود بعناصر تربيط ممنوعة من التحنيط في الطوابق الإحد عشر الأولى وعناصر تربيط تقليدية في الطوابق الخمسة الأخيرة (BRBFE) مع إطار مزود بعناصر تربيط تقليدية على كامل ارتفاع (EBF).

تم تعريض الإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق السابقة لهزة كوشيرو كانت نتائج الاستجابة كما يلي:

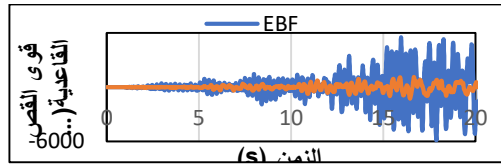
تم إظهار التسارعات الزلزالية للإطارات ذات الارتفاع (10-13-16) طابق تحت تأثير هزة كوشيرو في الشكل (17)، حيث يظهر الشكل (17-a) أن القيمة الأعظمية للتسارعات الزلزالية في الطابق الأخير للإطارين بارتفاع 10 طابق تحت تأثير هزة كوشيرو 1.482g لإطار BRBFE و 7.013g لإطار EBF أي انخفضت حوالي 78.8% في حال إطار

لوحو، الصحنائي

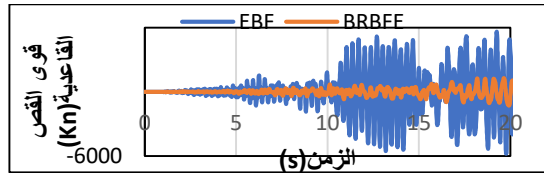
طابق وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها
1514.1Kn لإطار BRBFE، 6480.9Kn لإطار EBF أي
انخفضت حوالي 76.6% في حال إطار BRBFE.



(a)



(b)



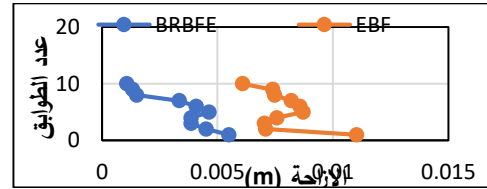
(c)

الشكل (19) قوى القص القاعدية للإطارات الثلاثة تحت تأثير هزة
كوشيرو ذات الارتفاع 10 (a)، 13 (b)، 16 (c) طابق.

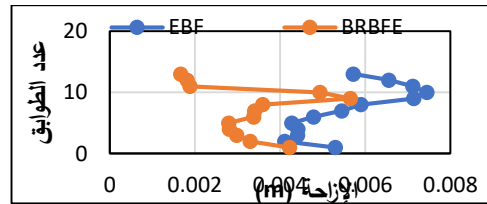
بالانتقال للطاقة المبذولة للدنة للإطارات ذات الارتفاع (10-
13-16) طابق تحت تأثير هزة كوشيرو المبينة في الشكل
(20)، حيث يظهر الشكل (a-20) الطاقة المبذولة للدنة
للإطارين بارتفاع 10 طوابق بلغت القيمة الأعظمية
357.7KJ لإطار BRBFE و 112.2KJ لإطار EBF أي زادت
حوالي 68.6% في حال إطار BRBFE، ويظهر الشكل (b-20)
الطاقة المبذولة للدنة للإطارين بارتفاع 13 طابق حيث
بلغت القيمة الأعظمية 186.8KJ لإطار BRBFE
و 1901.6KJ لإطار EBF أي انخفضت حوالي 90% في حال
إطار BRBFE، ويظهر الشكل (c-20) الطاقة المبذولة
للإطارين بارتفاع 16 طابق حيث بلغت القيمة الأعظمية
457.8KJ لإطار BRBFE، 229.9KJ لإطار EBF أي زادت
حوالي 49.7% في حال إطار BRBFE.

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيط في تحسين

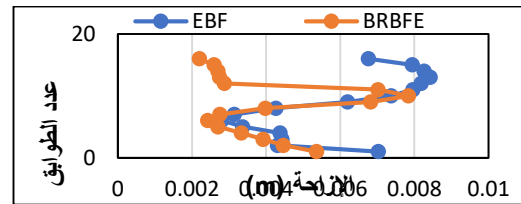
BRBFE، ويظهر الشكل (c-18) الإزاحات الطابقية للإطارين
بارتفاع 16 طابق حيث بلغت القيمة الأعظمية 0.27cm
للإطار BRBFE و 0.84cm للإطار EBF أي انخفضت
حوالي 67.8% في حال إطار BRBFE.



(a)



(b)



(c)

الشكل (18) الإزاحات الطابقية للإطارات الثلاثة تحت تأثير هزة كوشيرو
ذات الارتفاع 10 (a)، 13 (b)، 16 (c) طابق.

بالنسبة لقوى القص القاعدية للإطارات ذات الارتفاع (10-
13-16) طابق تحت تأثير هزة كوشيرو المبينة في الشكل
(19)، حيث يظهر الشكل (a-19) قوى القص القاعدية
للإطارين بارتفاع 10 طوابق وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت
قيمتها 1568.4Kn لإطار BRBFE، 7744.5Kn لإطار EBF
أي انخفضت حوالي 79.7% في حال إطار BRBFE، ويظهر
الشكل (b-19) قوى القص القاعدية للإطارين بارتفاع 13
طابق وعند أخذ القيمة الأعظمية بلغت قيمتها
1276.4Kn لإطار BRBFE، 5848.4Kn لإطار EBF أي
انخفضت حوالي 78% في حال إطار BRBFE، ويظهر
الشكل (c-19) قوى القص القاعدية للإطارين بارتفاع 16

استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب في تحسين.....

لوحو، الصحنوي

في إطار BRBF كان تبديد الطاقة محصور في عناصر BRB.

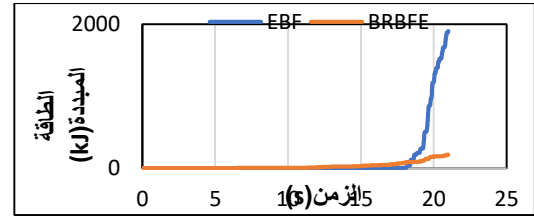
كما أن دور الإطار ذو العشرة طوابق المزود بعناصر تربيط تقليدية كان 0.48s وهو في مجال التسارعات الأعظمية لزلزال كوشير وبالتالي تجاوب هذا الإطار مع زلزال كوشيرو.

7-الاستنتاجات:

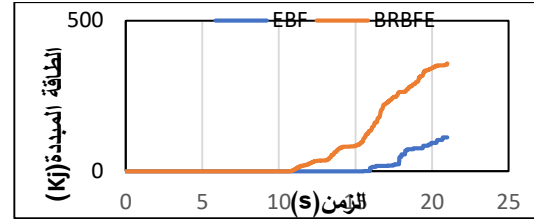
1- اعتماد التوضع الثاني عند تغيير ارتفاع الإطار المعدني، حيث كانت نتائجه معظمها أفضل مقارنة بباقي التوضعات بالإضافة لاقتصادية هذا التوضع في الحالة المدروسة.

2- نقصت قيمة التسارع الأعظمي في الطابق الأخير والإزاحات الطبقية وقوى القص القاعدية بينما زادت كمية الطاقة المبذولة في حالة إطارات BRBFES ذات الارتفاع 10-13-16 طابق مقارنة بإطارات EBFS تحت تأثير هزة كوشيرو.

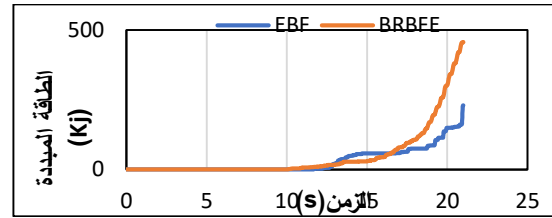
3- فعالية استخدام عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب في إطارات متوسطة الارتفاع.



(a)



(b)



(c)

الشكل (20) الطاقة المبذولة للإطارات الثلاثة تحت تأثير هزة كوشيرو ذات الارتفاع 10 (a)، 13 (b)، 16 (c) طابق.

نلاحظ زيادة نسبة تبديد الطاقة في إطار EBF مقارنة بإطار BRBF بسبب عدم وجود عناصر التبريط الممنوعة من التحنيب التي تحصر الأضرار والتشوهات فيها فأدى ذلك إلى ضرر كبير بالجوائز المرتبطة بعناصر التبريط التقليدية بينما

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق

رقم التمويل (501100020595).

References:

- [1] المنيني، لؤي. (2015) الأداء الزلزالي للإطارات المعدنية المزودة بعنصر تبريط ممنوع من التحنيب. درجة الماجستير. الهندسة الإنشائية الزلزالية. المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية. جامعة دمشق.
- [2] الملحم، آلاء. (2020) دراسة تحليلية لوصلات اتصال مختلفة من عنصر تبريط ممنوع من التحنيب في إطار فولاذي تحت تأثير حمل دوري. درجة الماجستير. الهندسة الإنشائية الزلزالية. المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية. جامعة دمشق.
- [3] مصطفى جابر & د. م. أمجد الحلواني. (2022). سلوك صفائح القص الفولاذية المختلطة الجدارية تحت تأثير تحميل دوري. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية. 38(3).
- [4] Mirtaheri, M., Gheidi, A., Zandi, A.P., Alanjari, P., Rahmani Samani, H. (2011). Experimental optimization studies on steel core lengths in buckling restrained braces. Journal of Constructional Steel Research, vol. 67, 1244-1253.
- [5] Lin, S. L & MacRae, G .A. , Wu, A.C., Lin, P.C. & Tsai, K.C., (2012). Development and Implementation of Buckling Restrained Braces in Taiwan, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- [6] Prinz, G.S and Richards, P.w. (2012). Seismic Performance of Buckling-Restrained Braced Frames with Eccentric Configurations. Journal of Structural Engineering, 138(3), 345-353.
- [7] (2015). Comparative Analysis of Buckling-Restrained Braced Frames in Eccentric . [8] Vayda, P. T Configuration (BRBFEs) and Eccentrically Braced Frames (EBFs), University of Arkansas, Fayetteville
- [8] Bahrami, A., Yavari, M. (2019). Hysteretic assessment of steel-concrete composite shear walls. International Journal of Recent Technology and Engineering, vol. 8, no. 2, 5640-5645. 20.
- [9] Bahrami, A and Heidari, M. (2020). Evaluation of structural response of composite steel-concrete eccentrically buckling restrained braced frames, Journal of Applied Engineering Science, 18(4): 591-600.
- [10] Shete, P. S., Madhekar, S. N., & Ghowsi, A. F. (2022, December). Finite Element Parametric Studies on Buckling Restrained Brace. In ASPS Conference Proceedings (Vol. 1, No. 3, pp. 645-651).
- [11] stovar, N., & Hejazi, F. (2023). Buckling-Restrained Bracing System with Ultra-High-Performance Fiber Concrete. Applied Sciences, 13(14), 825.