مجلة جامعة دمشق لبحوث الزلازل والكوارث
المجلد1 العدد(1) – 2024: 34-55

Damascus University Journal of Earthquake and Disaster Research
Vo 1 number (1) -2024: 34-55

# تحسين استجابة المباني الخرسانية المسلحة العالية تحت تأثير الأحمال الجانبية باستخدام أنظمة التخميد الاصطناعي

**أحمد محمد أيوب*[1] هالة حسن[2]**

*[1]. طالب ماجستير، مهندس في المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية–جامعة دمشق.
ahmadayoub@Damascusuniversity.edu.sy

[2]. عميد ومدرس، دكتور، مهندس في المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية – جامعة دمشق.
hala.hasan@damascusuniversity.edu.sy

## الملخص:

شهد تشييد الأبنية العالية تطوراً واضحاً في الآونة الاخيرة، وإنجاز مثل هذه الأبنية يواجه الكثير من التحديات والصعوبات في الدراسة والتصميم بسبب الدور الكبير الذي تلعبه الحمولات الجانبية سواء حمولات الرياح أو الحمولات الزلزالية في التأثير على هذه الأبنية، تعتبر أنظمة دعامة الإخماد من أهم الأنظمة الإنشائية المستخدمة في تحسين استجابة الأبنية العالية في مقاومة الحمولات الجانبي، يقدم هذا البحث دراسة عملية لدمج مخمدات السوائل اللزجة مع نظام الدعامة لإضافة تخميدي تكميلي للمنشأ الامر الذي يحسن من دقة الاستجابة الديناميكية بتوفير مستوى أعلى من التخميد للمنشأ في الوقت نفسه يتم تحسين الأداء، حيث تم دراسة نموذجيين لأبنية عالية خرسانية مسلحة مكونة 36 و 48 طابقاً و تحليله باستخدام برنامج ETABS 19 باستخدام الكود ASCE 7-05 لكل من الحالة الستاتيكية والحالة الديناميكية أثناء النمذجة تحت تأثير الحمولات الزلزالية، بالنسبة للحالة الستاتيكية تم استعمال طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF) وللحالة الديناميكية تم استعمال طريقة تحليل طيف الاستجابة بالإضافة لتأثير عدد من السجلات لهزات أرضية معطاة ركزت الدراسة على أداء الأنظمة الإنشائية للدعامات أثناء الأحمال الجانبية الزلزالية حيث تم دراسة التحليل الإنشائي لنموذجي الأبنية المدروسة 36 و48 طابقاً لمجموعة من النماذج وهي المنشأ بدون دعامات ومخمدات، المنشأ مع نظام دعامة في أماكن مختلفة من البناء، المنشأ مع نظام دعامة في أماكن مختلفة من البناء وربطها مع مخمدات سوائل لزجة في أماكن تواجدها، يشمل التحليل الانتقالات الافقية، والانزياحات الطابقية، قوى القص، والتواترات والأدوار. من أهم النتائج تم التوصل أن إضافة أنظمة الدعامة للمنشأ كان لها دور كبير في تحسين الصلابة الجانبية وبالتالي تحسين استجابة المنشأ في مقاومة الحمولات الجانبية المؤثرة، وان إضافة مخمدات السوائل اللزجة مع نظام الدعامة يمكن أن يحقق أداءً أفضل من هيكل الدعامة دون إضافة المخمدات، وبالتالي فإن نظام الدعامة المخمد يوفر إستراتيجية اقتصادية وفعالة لتحسين أداء المنشأ في مقاومة الحمولات الجانبية.

**الكلمات المفتاحية:** نظام الدعامة، مخمدات سوائل لزجة، تحسين استجابة المباني الخرسانية المسلحة العالية، طيف الاستجابة، سجلات زمنية زلزالية.

تاريخ الإيداع:2023/1/9
تاريخ القبول:2023/8/2

**حقوق النشر:** جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب CC BY-NC-SA

**Damascus University Journal of Earthquake and Disaster Research**
**Vo 1 number (1) -2024: 34-55**

**مجلة جامعة دمشق لبحوث الزلازل والكوارث**
**المجلد1 العدد(1) – 2024: 34-55**

# Improvement the Response for Tall R.C Building Under Lateral Loads by Using the Damped Outrigger Systems

**Ahmad Mohamad Ayoub*[1] Hala Hasan[2]**

*[1]. Master's student, engineer at the Higher Institute of Seismic Research and Studies - University of Damascus. ahmadayoub@Damascusuniversity.edu.sy

[2]. Dean and Lecturer, Doctor, Engineer at the Higher Institute for Seismic Research and Studies - University of Damascus. hala.hasan@damascusuniversity.edu.sy

Received:9/1/2023
Accepted:2/8/2023

**Copyright:**Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a

**CC BY- NC-SA**

## Abstract:

The use of high-rise buildings has seen significant growth in recent years, however, the realization of such buildings faces many challenges in study and design due to the crucial role that lateral loads, whether wind loads or seismic loads, given that the outrigger system is one of the best ways to improve the response of tall buildings in resisting lateral loads. This research depends on that to examine the process of integrating viscous fluid dampers with the outrigger system to add complementary damping to the structure, which improves the accuracy of the dynamic response by providing a higher level of damping to the structure while also improving performance, in which two models were examined For high-rise reinforced concrete buildings consisting of 36 and 48 floors that were studied using the ETABS 19 program and the ASCE 7-05 code for both the static and dynamic states during modeling under the influence of seismic loads. The equivalent lateral forces (ELF) method was applied to the static state, and the response spectrum analysis method was applied to the dynamic state to account for the impact of time history records. the study focused on the performance of the structural outrigger systems during seismic lateral loads, where the linear analysis of the two studied buildings 36 and 48 floors was studied for the following cases: (building without outriggers and dampers, building with outriggers - building with outriggers and linked with fluid viscous dampers in their locations), the analysis includes lateral displacement, story drifts, shear forces, frequencies, and periods. The study results showed that the addition of outrigger systems to the structure significantly improved the lateral stiffness, which in turn improved the structure's response to resisting effective lateral loads. They also showed that the addition of fluid viscous dampers to the outrigger system can perform better than an outrigger without dampers. As a result, the damped outrigger system offers a practical and cost-efficient method of enhancing the structure's ability to withstand lateral loads.

**Keywords:**Outrigger system, fluid viscous damper, improvement the response for tall R.C Building, response spectrum, time history records.

**المقدمة:**

في الوقت الحاضر ومع التطور الكبير للبناء في سوريا وخصوصا الأبنية العالية جدران القص والإطارات لم تعد تؤدي الغرض المطلوب منها بشكل فعال وذلك بسبب الدور الكبير للحمولات الجانبية ومنها حمولات الزلازل والرياح في التأثير على هذه الأبنية حيث يقتصر استخدامها للأبنية متوسطة الارتفاع.

أحد أهم المعايير في تصميم هذا النوع من الأبنية هو الصلابة الجانبية التي يتمتع بها المنشأ في مقاومة القوى الجانبية، حيث من المعروف أنه كل ما ازداد الارتفاع قلت الصلابة الجانبية للمنشأ، من هنا جاءت الحاجة لأنظمة إنشائية مساعدة من أجل زيادة الصلابة الجانبية وبالتالي زيادة قدرة المنشأ العالي في مقاومة القوى الجانبية والتي من الممكن أن تؤدي إلى أخطار كارثية ضخمة إذا لم تؤخذ بعين الاعتبار في تصميم هذه الأبنية.

تعتبر أنظمة دعامة الإخماد من أهم الأنظمة الإنشائية المستخدمة وأبسطها في تحسين استجابة الأبنية العالية في مقاومة الحمولات الجانبية، يقدم هذا البحث دراسة عملية دمج مخمدات السوائل اللزجة مع نظام الدعامة في الأبنية العالية لإضافة تخميدي تكميلي للمنشأ باستخدام برنامج ETABS الأمر الذي يحسن من دقة الاستجابة الديناميكية بتوفير مستوى أعلى من التخميد للمنشأ في الوقت نفسه يتم تحسين الأداء.

## 1-2-مقدمة عن الأبنية العالية:

-ازدادت أهمية الأبنية العالية في العصر الحديث باعتبارها إحدى خصائص المدن الكبرى، والتي يمكن أن تلعب، في حال تصميمها وتخطيطها بشكل مدروس، دوراً كبيراً في تطور المدن وتوسيع المساحة الطابقية التي يمكن استخدامها للاستعمالات المهمة في المراكز الاستراتيجية. علاوة على ذلك، يمكنها أن تساعد على خلق بيئة عصرية وحضرية مميزة على مستوى المنطقة المحيطة بالمبنى وعلى مستوى المدينة ككل، كذلك يمكن أن تكون إضافة إلى المدينة حيث تمثل في بعض الأحيان معلمًا بارزاً وعاملاً مؤثراً في هوية المدينة وازدهارها.

-لا يوجد توافق في الآراء على الارتفاع أو عدد الطوابق الذي يجعل بناء ما يُصنف ضمن المباني العالية ، فإن المباني المؤلفة من 14 طابقاً أو 50 متراً ارتفاعاً فما فوق يمكن اعتبارها أبنية عالية، أمّا الأبنية من ارتفاع 300 متراً إلى 600 متراً فتعتبر أبنية شاهقة، حيث يشهد استخدام الأبنية العالية تطوراً واضحاً في الآونة الاخيرة ، وإنجاز مثل هذه الأبنية يواجه الكثير من التحديات والصعوبات في الدراسة والتصميم بسبب الدور الكبير الذي تلعبه الحمولات الجانبية سواء حمولات الرياح أو الحمولات الزلزالية في التأثير على هذه الأبنية وأن أحد أهم المعايير في تصميم هذا النوع من الأبنية هو الصلابة الجانبية التي يتمتع بها المنشأ في مقاومة القوى الجانبية حيث من المعروف أنه كلما ازداد الارتفاع قلت الصلابة الجانبية للمنشأ ، من هنا جاءت الحاجة لأنظمة إنشائية مساعدة من أجل زيادة الصلابة الجانبية وبالتالي زيادة قدرة المنشأ العالي في مقاومة القوى الجانبية والتي من الممكن أن تؤدي لأخطار كارثية ضخمة إذا لم تؤخذ بعين الاعتبار في تصميم هذه الأبنية ولعل أهم هذه الانظمة المستخدمة:

1-أنظمة الأعمدة والبلاطات
(Column and slab systems)

2- إطارات صلبة
(Rigid Frames)

3-أنظمة إطار جدار القص
(Shear wall-Frame Systems)

4-أنظمة الركائز
(Outrigger Systems)

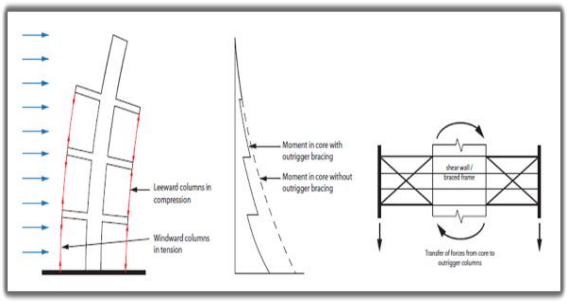
5-نظام الأنبوب المؤطر
(Framed-Tube System)

6-أنظمة الأنبوب المؤطر والمقيد بجمالون
(Trusted Tube Systems)
7-أنظمة الأنبوب المجمعة (الحزمة)
(Bunded Tube System).

## 1-3-تعريف أنظمة دعامات الإخماد:

يتكون الترتيب الهيكلي لهذا النظام من نواة خرسانية رئيسية متصلة بالأعمدة الخارجية بواسطة أعضاء أفقية صلبة نسبيًا مثل الجدران العميقة المكونة من طابق أو طابقين والتي يشار إليها عادةً باسم outriggers الركائز. قد تكون النواة في موقع مركزي مع دعامات ممتدة على كلا الجانبين أو قد يكون موجودًا على جانب واحد من المبنى مع outriggers ممتدة إلى أعمدة المبنى على جانب واحد.

- نظام الركائز outriggers هو تطور بسبب الرغبة في تكوين نواة داخلية وأعمدة خارجية كوحدة واحدة من خلال ربطها معًا على مستوى واحد أو أكثر بأذرع صلبة outriggersيمكن تشكيل هذه الأذرع من خلال أي مزيج من الفولاذ أو الخرسانة أو القطاعات المركبة وتقلل من عزوم الانقلاب الداخلي للهيكل بنسبة تصل إلى 40٪ مقارنة بالبناء في حال عدم وجوده.
- يمكن أن توفر أنظمة الركائز outriggers متعددة المستويات ما يصل إلى خمسة أضعاف مقاومة العزوم لنظام الركيزة outriggersالفردي. يتم استخدام أنظمة الركائز للمباني التي يصل ارتفاعها إلى 70 طابقًا ولكن المفهوم يجب أن ينطبق على المباني الأعلى.
- الاستجابة الهيكلية الأساسية للنظام بسيطة للغاية فعند تعرضها لأحمال جانبية تقاوم الأعمدة المقيدة دوران القلب أو النواة، مما يتسبب في أن تكون الانحرافات الجانبية والعزوم في النواة أصغر مما لو قاومت النواة لوحدها التحميل كما هو موضح في الشكل (1) مبدأ عمل أنظمة دعامات الإخماد وأثره على تحسين الاستجابة في الأبنية العالية.



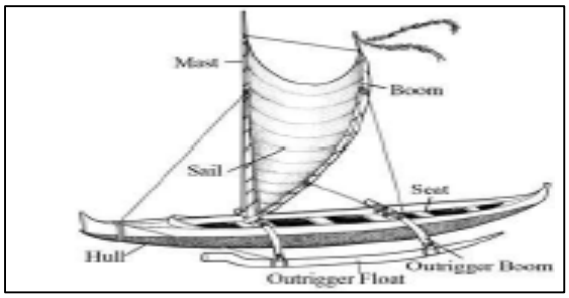

**الشكل (1) مبدأ عمل أنظمة دعامات الإخماد [1]**

- لا يتم مقاومة العزوم الخارجية بانحناء النواة وحدها، ولكن أيضًا عن طريق الشد والضغط المحوريين للأعمدة الخارجية المتصلة بأذرع الامتداد

outriggers نتيجة لذلك، يزداد العمق الفعال للهيكل لمقاومة الانحناء عندما ينثني اللب باعتباره ظفر، عن طريق تطور الشد في الأعمدة المواجهة للرياح، وعن طريق الضغط في أعمدة الجهة المقابلة

## 1-4-مبدأ عمل أنظمة دعامات الإخماد:

يمكن فهم مفهوم نظام الدعامة بسهولة بافتراض هيكل السفينة الشراعية في البحر، تستخدم السفن أذرع خشبية لمقاومة قوى الرياح في أشرعتها يمكن اعتبار النواة المركزي لأي مبنى عالي هو جسم السفينة (السارية)، بينما تتصرف الدعامات في المبنى مثل الأذرع الجانبية الممتدة من السفينة للخارج والأعمدة المحيطية للهيكل تعمل مثل العوارض الجانبية للسفينة. تتمثل وظيفة نظام الدعامة في مقاومة القوى الجانبية الناتجة عن الحركات الأرضية للزلازل ونقل الحمل إلى الأساس من خلال الأعمدة الخارجية يبين الشكل رقم (2) نموذج السفينة الشراعية الذي يوضح فكرة أنظمة دعامة الإخماد.




**الشكل (2) مفهوم أنظمة دعامات الإخماد [1]**

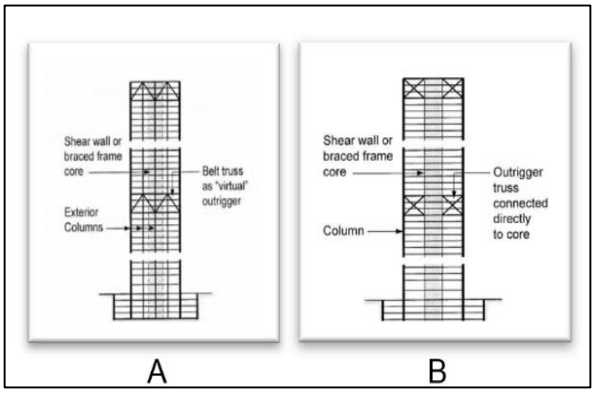
## 1-5-أنواع أنظمة دعامات الإخماد:

تصنف انظمة دعامة الإخماد بناء على طريقة اتصالها مع النواة المركزية للمنشأ، وبناءً على ذلك يوجد نوعان أساسيان من أنظمة الدعامة:

-نظام الدعامة التقليدي (B) يتم نقل العزوم من النواة المركزية للاعمدة الخارجية بالاتصال المباشر بين الدعامات والنواة المركزية.

-نظام الدعامة الافتراضي (A) يتم نقل العزوم من النواة المركزية للاعمدة الخارجية دون اتصال مباشر بين الدعامات والنواة المركزية.

يبين الشكل (3) أنواع أنظمة دعامات الإخماد حسب طريقة اتصاله بالنواه في الأبنية العالية. [2]




**الشكل (3) أنواع أنظمة دعامات الإخماد [2]**

-وفقاً للتصنيف المذكور أعلاه تقسم أنظمة دعامات الإخماد للأنواع التالية:

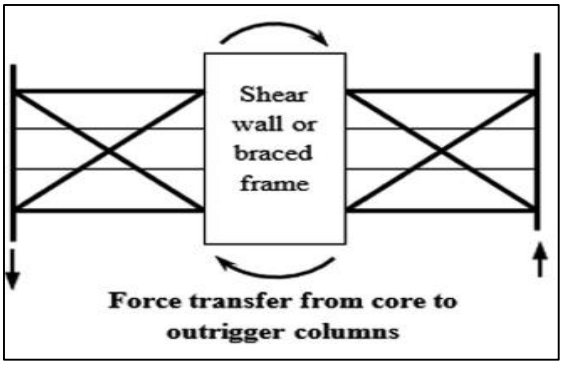
- نظام الدعامة التقليدي.
- نظام الدعامة الافتراضي.
- نظام الدعامة الافتراضي مع حزام ربط.
- الأقبية كدعامات افتراضية. [2]

## 1-6-مبدأ نقل القوى في أنظمة دعامات الإخماد:

على أساس الاتصال بالنواة، تختلف آليات نقل القوة في النوع التقليدي والافتراضي من دعامات الإخماد وسيتم مناقشتها في الأقسام التالية:

- آلية نقل القوى في نظام الدعامة التقليدي:

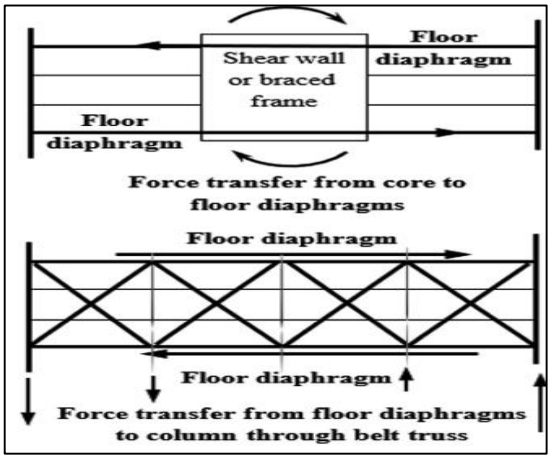
في نظام الدعامة التقليدي يتم توصيل النواة المركزية والأعمدة المحيطية للمبنى باستخدام الدعامات بشكل مباشر كما هو موضح بالشكل رقم (4)، يمكن أن يتنوع عدد دعامات الإخماد وفقًا لارتفاع المبنى العالي، يتم تقليل عزوم الانقلاب الناتجة عن القوى الجانبية باستخدام الدعامات عن طريق منع دوران النواة المركزية، يمكن أن تتحمل الأعمدة الخارجية عزوم الانقلاب الناتجة عن الزلزال أو أحمال الرياح. [2]




**الشكل (4) نقل القوى في نظام الدعامة التقليدي [2]**

## 2- آلية نقل القوى في نظام الدعامة الافتراضي:

في نظام الدعامات الافتراضية يتم نقل عزوم الانقلاب من النواة المركزية إلى الأعمدة الخارجية دون اتصال مباشر بين الدعامات والنواة المركزية. الفكرة الأساسية وراء الدعامة الافتراضية هي الاستفادة من صلابة مستوي البلاطة. عادة ما يكون مستوي البلاطة شديد الصلابة وتكون القوة أكبر في مستواها، فإن منسوب البلاطات يستخدم لنقل العزم على شكل زوجين أفقيين من النواة المركزية إلى دعامات الركائز والدعامات إلى الأعمدة الخارجية.




**الشكل (5) نقل القوى في نظام الدعامة الافتراضي [2]**

يتم تحويل عزوم الانقلاب في النواة المركزية إلى زوجين عموديين في موقع الأعمدة الخارجية في حالة الدعامة التقليدية، ولكن بالنسبة لنظام الدعامة الافتراضية فإن منسوب البلاطة يحول جزءًا من عزم الانقلاب إلى زوجين أفقيين. [2]

## 1-7-آليات التحكم في استجابة المنشآت:

في العصر الحديث تُستخدم أنظمة التخميد والعزل الزلزالي لتحسين الاستجابة الزلزالية للهياكل أثناء الحمولات الجانبية الكبيرة المطبقة على البناء. تمت دراسة الاستجابة للأبنية من حيث التردد والإزاحة والسرعة والتسارع والانزياح الطابقي والقص القاعدي وتبديد الطاقة. وبالتالي يمكن تعريف المخمدات بشكل مبسط بأنها الأجهزة التي تستخدم لامتصاص أو تبديد الاهتزازات التي يسببها الزلزال للهيكل ولزيادة التخميد والصلابة للمنشأ.

-تقسم آليات التحكم باستجابة المنشآت (المخمدات) إلى ثلاثة أنواع رئيسية، هي:

1- التحكم السلبي
(Passive control)

2-التحكم شبه الإيجابي
(Semi active control)

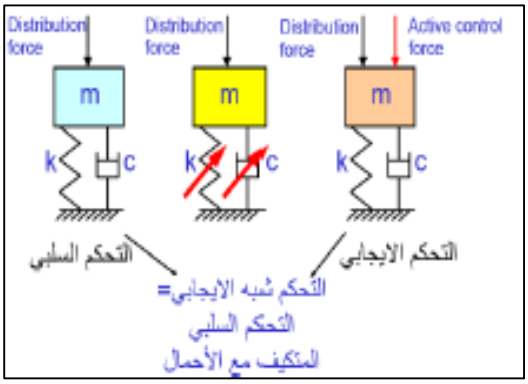
3-التحكم الايجابي
(Active control)

أجهزة التحكم باستجابة المنشآت:

طورت العديد من أجهزة التحكم باستجابة المنشآت ويمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع بحسب طريقة تخميدها للطاقة:

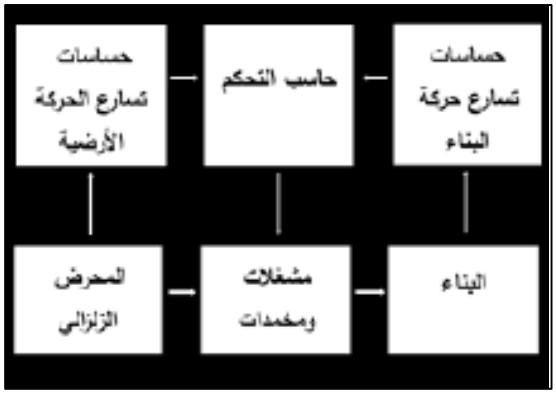
1-أجهزة تحكم سلبية: تقوم بتخميد الطاقة الاهتزازية بتعديل خواص المنشأ من قساوة وتخميد، ولا تحتاج أي مصدر طاقة خارجي.

2-أجهزة تحكم شبه إيجابية: تقوم هذه الأجهزة بتخميد الطاقة مثل أجهزة التحكم السلبية، ولكن يتم ضبط الطاقة المخمدة من خلال ضبط بارامترات الجهاز – القساوة والتخميد – مباشرةً أثناء الحركة من خلال إشارة هيدروليكية، أو مغناطيسية، أو كهربائية كما هو مبين في الشكل رقم (6)، [3]




**الشكل (6) توضيح عمل أجهزة التحكم شبه الإيجابي [3]**

3-أجهزة تحكم إيجابية: تقوم هذه الأجهزة بتقديم طاقة للمنشأ بطريقة تخمد وتعاكس حركته الاهتزازية لذلك هي محركات هيدروليكية وكهربائية كم هو مبين بالشكل رقم (7).




**الشكل (7) رسم توضيحي لمكونات أجهزة التحكم الإيجابية [3]**

وفقاً للتصنيف السابق نذكر أهم أنواع المخمدات المستخدمة:

1- مخمد الكتلة المعايرة (TMDs).

2- مخمد الكتلة السائلة المضبوط (TLDs).

3- المخمدات الاحتكاكية (Friction Dampers)

4-المخمد المعدني (Metallic Damper).

5- مخمد السوائل اللزج (FVD)

## 1-8-مخمدات السوائل اللزج (FVD):

المخمدات اللزجة هي نوع من من أجهزة التحكم السلبية لتبديد الطاقة، يضاف إلى الهيكل لزيادة الصلابة الفعالة للمباني الجديدة والقائمة، إنها مادة قوية جدًا ويتم نقل الطاقة بواسطة مكبس داخلي وامتصاصها أو اختفائها بواسطة سائل لزج أساسه السيليكون يتدفق بين ترتيب أسطوانة المكبس كما يبين الشكل (8) وتعطى قوة التخميد للمخمد اللزج بواسطة: $F = CV\alpha$

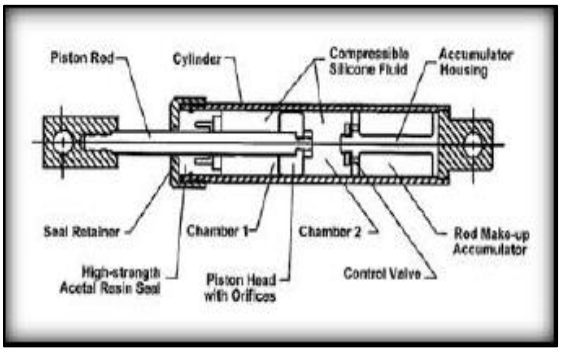
F – (قوة التخميد) damping force.

C – (معامل التخميد) damping coefficient.

V – (سرعة المكبس) Velocity of Piston.

α – (ثابت السرعة) Velocity Exponent.

يعمل المخمد اللزج على مبدأ تدفق السائل عبر فوهات داخل جسم المخمد. يتم استخدام السائل اللزج الموجود ضمن جسم المخمد. يتحرك المكبس المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ في الحجرة المملوءة بالسائل السيليكون اللزج كما هو مبين بالشكل (8). يتميز زيت السيليكون بأنه خامل وغير قابل للاشتعال وغير سام ومستقر للغاية لفترة طويلة. سيكون الضغط أو القوة الناتجة عن الزلزال مختلفين، سيؤدي هذا الاختلاف في الضغط بين الغرفتين إلى إجبار الزيت على التدفق من خلال الفوهة في رأس المكبس. يتم تبديد الطاقة الداخلية وتحويلها إلى حرارة تتبدد في الغلاف الجوي. يمكن تشغيل هذه المخمدات في تقلبات درجة الحرارة من حوالي −40 درجة مئوية إلى +60 درجة مئوية. ونظرًا لسهولة التركيب وقابلية التكيف والتنوع في أحجامها فإن هذه المخمدات لها تطبيقات أكثر في تصميم وتعديل الهيكل، [3]




**الشكل (8) مكونات مخمد السوائل اللزج [3]**

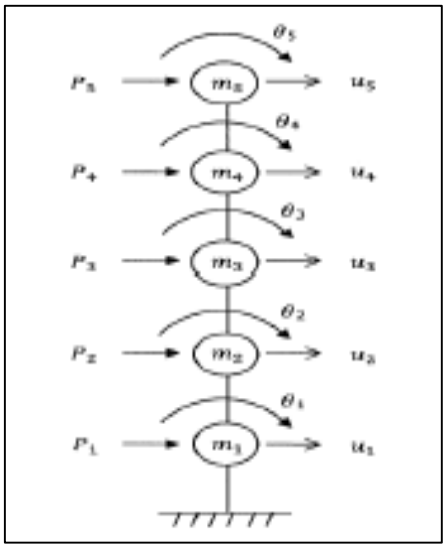
2-الدراسة التحليلية لدعامات الإخماد ومخمدات السوائل اللزجة:

ستتمّ الدراسة التحليلية بالاعتماد على الدراسة المرجعية للباحثين:

Amneh Hamed & Abbas Allawi (2016)والذين قاما بدراسة عملية دمج مخمدات السوائل اللزجة في نظام الدعامة والذي يهدف إلى إزالة اعتماد المنشأ على القيمة المنخفضة للإخماد الجوهري هذا يحسن من دقة الاستجابة الديناميكية ومن خلال توفير مستوى أعلى من التخميد بشكل أساسي يتم تقليل الصلابة المطلوبة للمنشأ وفي الوقت نفسه يتم تحسين الأداء.

النموذج الذي تمت دراسته في هذا البحث هو بناء خرساني عالي ذو مقطع مربع مكون من 36 طابق تمت الدراسة باستخدام برنامج MATLAB وذلك باستخدام نموذج من كتل مجمعة منفصلة كما هو موضح بالشكل رقم (9) ، واستعمال دالة الاستجابة المعتمدة على التردد لنظاميين من المخمدات وهما نظاما التوازي والتسلسل ويتم دراستها واحتساب الحد الأقصى للحمل الجانبي في الجزء العلوي من المبنى ثم تطبيقه على كل طابق من البناء ، تم استخدام ASCE 7-05 لكل من الحالة الساكنة والديناميكية حيث للحالة الساكنة يتم استعمال طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF)،وللحالة الديناميكية يتم استعمال طريقة طيف الاستجابة ويتم تحديد سلوك المبنى بالأخذ بعين الاعتبار المتغيرات التالية (الانتقالات –

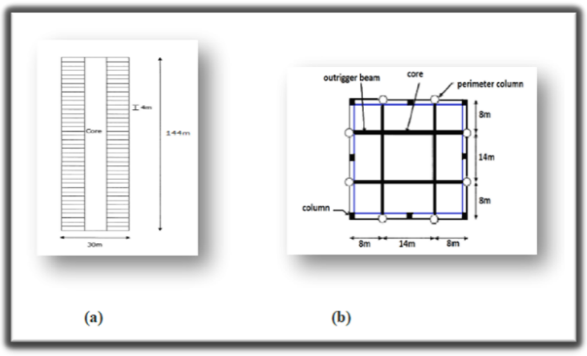
الانزياحات الجانبية– قوى القص ومعاملات الاستقرار – الأدوار التواترات).



**الشكل (9) نموذج من كتل مجمعة منفصلة للبناء الدروس [4]**

النموذج الذي تمت دراسته هو بناء عالي شاهق الارتفاع مكون من 36 طابق وذات مقطع مربع تحت تأثير الحمولات الزلزالية، بأبعاد 30 م × 30 م، ارتفاع الطابق المتكرر هو 4م وارتفاع المبنى كامل هو 144م، أبعاد النواة المركزية هي 14م×14م بسماكة 45 سم، سيتم وضع دعامتين إخماد متصلة بين النواة والأعمدة الخارجية من كل جهة في البناء، مقطع (H) معدني 14× 398 وبمساحة مقطع 0.15 م2 سيتم اعتبار الأعمدة المحيطية، بالإضافة إلى بلاطات ذات سماكة 25 سم بيتونية مسلحة مع جوائز ذات مقطع 45×70 سم وأعمدة ذات مقطع مربع 45×45 سم. يوضح الشكل رقم (10) أبعاد المنشأ المستخدم المذكورة سابقاً. حيث مواصفات المواد المستخدمة:

- معامل المرونة للبيتون $E_c = 24820\ MPa$
- كثافة البيتون $\rho_c = 2400\ Kg/m^3$
- معامل المرونة للتسليح $E_s = 2 \times 10^5\ MPa$
- معامل تعديل الاستجابة $R = 7$
- معامل الأهمية $I = 1$
- حمولات التغطية $DL = 1\ kN/m^2$ [4]

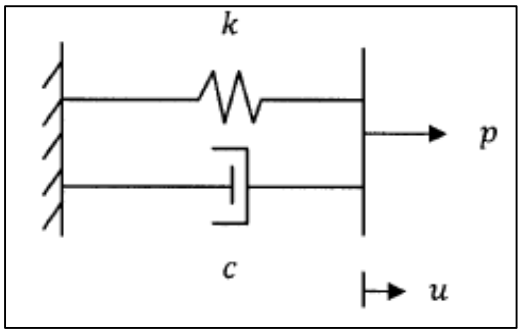



**الشكل (10) أبعاد النموذج المستخدم في الدراسة [4]**

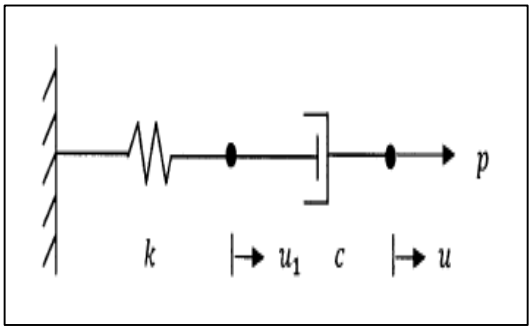
(المسقط b - الوجهة الجانبية a)

تم اعتبار 4 حالات لنماذج مختلفة أثناء التحليل في البرنامج وهي كالتالي:

- نموذج بدون نظام دعامة وبدون مخمدات " System without outrigger"
- نموذج مع نظام دعامة بدون مخمدات " Outrigger without damper "
- نموذج مع نظام دعامة ومخمّدات على التسلسل "Outrigger with damper in series"
- نموذج مع نظام دعامة ومخمّدات على التفرع "Outrigger with damper in parallel"




**الشكل (11) نموذج مبسط لمخمد بوضعية التفرع [4]**




**الشكل (12) نموذج مبسط لمخمد بوضعية التسلسل [4]**

-تمت دراسة الاستجابة للأبنية من حيث الانتقالات والانزياحات الطابقية والقص القاعدي والقوى الجانبية المؤثرة والأدوار والتواترات للحالات الأربعة السابقة.

-بالنسبة لحالة المنشأ مع إضافة مخمدات على التسلسل والتفرع، تم افتراض التواتر الدوراني للمنشأ يساوي W=0 وتم حساب القساوات المكافئة وفقاً لذلك.

2-1-النمذجة باستخدام برنامج:ETABS

تمّت نمذجة بناء عالي شاهق الارتفاع مكون من 36 طابق ذو مقطع مربع باستخدام Etabs تحت تأثير الحمولات الزلزالية والذي اختُبرَ باستخدام Matlab من قبل الباحثيين Amneh Hamed & Abbas Allawi (2016)

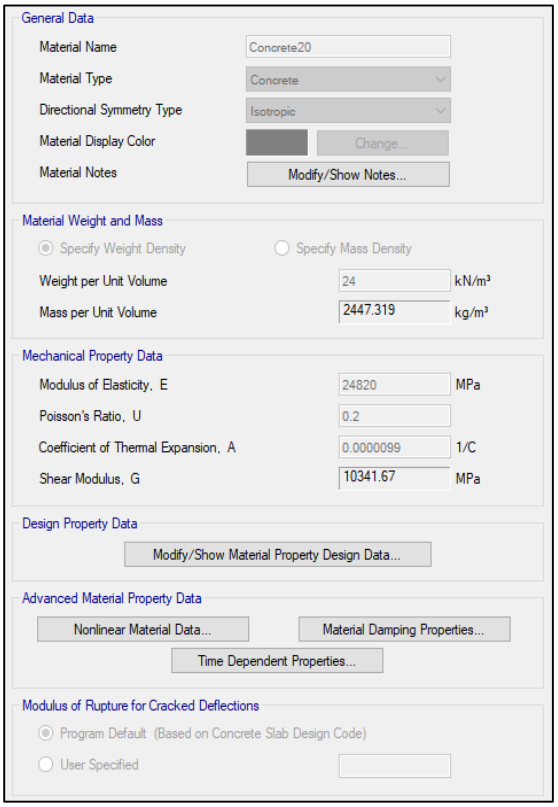
**2-1-1-توصيف المواد المستخدمة بالنمذجة:**

- البيتون:

تم تعريف مادة البيتون المستخدمة بالنمذجة حسب ما يلي:

- معامل المرونة للبيتون $E_c = 24820\ MPa$
- كثافة البيتون $\rho_c = 2400\ Kg/m^3$

وتم تعريف البيتون في برنامج ETABS حسب المعطيات الموضحة في الشكل (13):



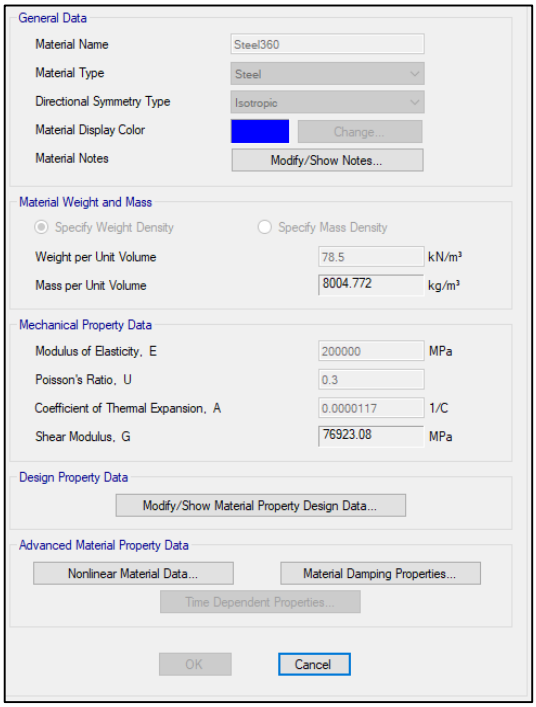

**الشكل (13) تعريف مادة البتون في برنامج Etabs**

- الفولاذ:

تمّ تعريف مادة العناصر الفولاذية المستخدمة في النمذجة كما يلي:

- معامل المرونة للتسليح $E_s = 2 \times 10^5\ MPa$

وتم تعريف الفولاذ في برنامج ETABS حسب المعطيات الموضحة في الشكل (14):




**الشكل (14) تعريف مادة الفولاذ في برنامج Etabs.**

## 2-1-2-توصيف العناصر المستخدمة بالنمذجة:

تم دراسة نموذجي أبنية، الأول مكون من 36 طابق ذو مسقط مربع حسب المعطيات في الجدول (1) والثاني مكون من 48 طابق له نفس المسقط حيث تم إعادة تصميمه وذلك باستخدام برنامج Etabs وفقاً للدراسة البارامترية وذلك حسب المعطيات في الجدول (2)

وسيتم استخدام الكود ASCE 7-05 لكل من الحالة الستاتيكية والحالة الديناميكية أثناء النمذجة، بالنسبة للحالة الستاتيكية سيتم استعمال طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF) وللحالة الديناميكية يتم استعمال طريقة تحليل طيف الاستجابة.

**الجدول (1) مواصفات النموذج 36 طابق Etabs**

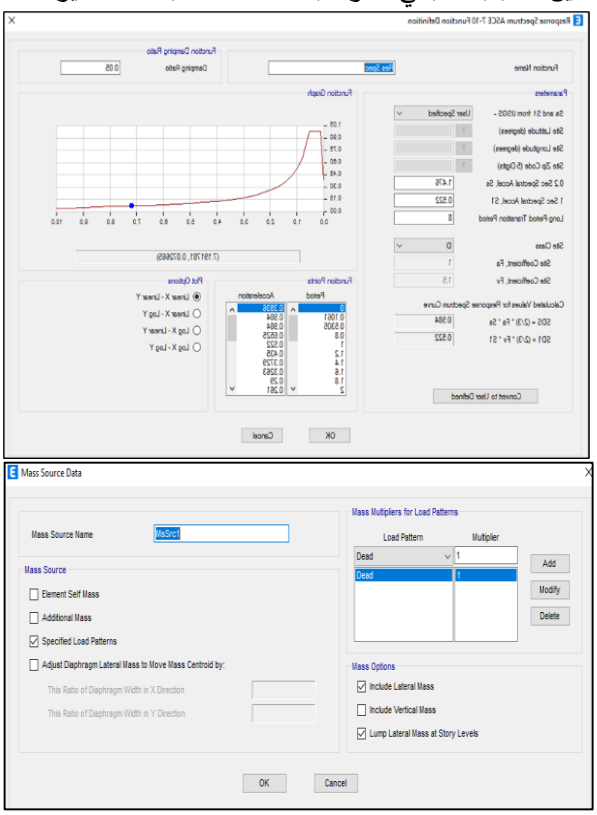
| مواصفات النموذج المدروس - 36 طابق (Etabs) | |
|---|---|
| EC = 2.482*10 ^10 pa | معامل مرونة البيتون |
| PC = 2400 kg / m3 | معامل الكثافة |
| ES = 2*10 ^11 pa | معامل مرونة الفولاذ |
| R = 7 | معامل تعديل الاستجابة |
| IE = 1 | معامل الأهمية |
| DL = 1 Kn/m2 | حمولات التغطية |
| 36 storey | عدد الطوابق |
| 144 m | الارتفاع الكلي للمبنى |
| 25 Cm | سماكة البلاطة |
| 45 * 70 Cm | أبعاد الجوائز |
| 45 * 45 Cm | أبعاد الاعمدة الرئيسية |
| W 14*398 | أبعاد الأعمدة المحيطية |
| 14 * 14 M (Thichness = 45 Cm) | أبعاد النواة البيتونية المركزية |

**الجدول (2) مواصفات النموذج 48 طابق Etabs**

| مواصفات النموذج المدروس- 48 طابق (Etabs) | |
|---|---|
| EC = 2.482*10 ^10 pa | معامل مرونة البيتون |
| PC = 2400 kg / m3 | معامل الكثافة |
| ES = 2*10 ^11 pa | معامل مرونة الفولاذ |
| R = 7 | معامل تعديل الاستجابة |
| IE = 1 | معامل الأهمية |
| DL = 1 Kn/m2 | حمولات التغطية |
| 48 storey | عدد الطوابق |
| 192 m | الارتفاع الكلي للمبنى |
| 25 Cm | سماكة البلاطة |
| 65 * 90 Cm | أبعاد الجوائز |
| 90 * 90 Cm | أبعاد الاعمدة الرئيسية |
| W 14*550 | أبعاد الأعمدة المحيطية |
| 14 * 14 M (Thichness = 45 Cm) | أبعاد النواة البيتونية المركزية |

## 3-1-2-الشروط المحيطية:

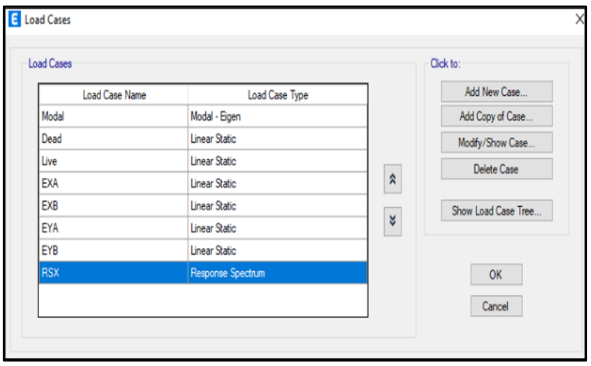
تمَّ تطبيق قيد وثاقة بالأسفل عند أسفل الأعمدة، بالإضافة إلى أن نقطة الاتصال بين دعامات الإخماد والنواة المركزية الداخلية هو قيد وثاقة أيضا، وتم افتراض أن الاتصال بيم الدعامات والأعمدة الخارجية بشكل بسيط، تم تعريف مصدر الكتلة في برنامج ETABS كما هو موضح بالشكل رقم (15)



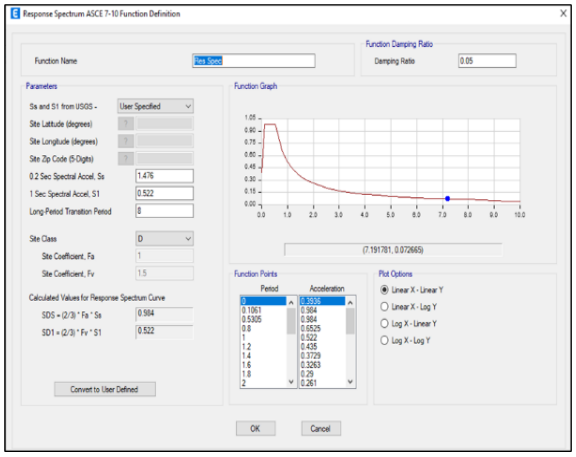
الشكل (15) تعريف مصدر الكتلة –Etabs

2-1-4-نموذج التحميل الدوري المطبق:

تم تعريف القوى الزلزالية الجانبية في برنامج Etabs حسب طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF) كما هي موضح بالشكل رقم (16) وللحالة الديناميكية يتم تعريف طيف الاستجابة وفق المعطيات الموضحة حسب الشكل رقم (17) ليحاكي التحميل المطبق في الدراسة المرجعية المعتمدة.



الشكل (16) تعريف القوى الزلزالية – Etabs



الشكل (17) تعريف طيف الاستجابة – Etabs

وفقاً للكود ASCE 7-05 والدراسة المرجعية المعتمدة تم فرض المعطيات التالية أثناء النمذجة في برنامج ETBAS:

Ss(التسارع الطيفي)1.476:

S1 (التسارع الطيفي): 0.522

Site Class (تصنيف المنطقة): D

Fa (معامل الموقع): 1

Fv (معامل الموقع): 1.5

SDS (قيم منحني طيف الاستجابة): 0.984

SD1 (قيم منحني طيف الاستجابة):0.522

Damping Ratio (نسبة التخميد): 0.05

تم تطبيق القوى الزلزالية السابق تعريفها على النموذج باستخدام ETABSفي كل من الاتجاهيين X و y.

## 2-2-السلوك التحليلي للنموذج المدروس ومقارنته مع النموذج العددي في الدراسة المرجعية المعتمدة:

تمّ استخراج النتائج للنموذج التحليلي الذي تمّت نمذجته ببرنامج ETABS، ثم مقارنتها مع النتائج للنموذج العددي في برنامج MATLAB حسب الدراسة المرجعية تحت تأثير نفس الأحمال المطبقة، ويوضح الشكل (18) مقارنة الانتقالات الأفقية للحالات الأربعة للنموذج المدروس حسب الدراسة المرجعية والتي تم نمذجتها وحسابها أيضا على ETABS كما يوضح

الشكل رقم (19)، حيث تم حساب الانتقالات الأفقية التصميمية والانزياحات الطابقية وفق القوانين التالية:

الانتقالات الأفقية( $\delta_x = C_d\ \delta xe\ /\ IE$

الانزياحات الطابقية) $\Delta X = -(\delta x - 1) + \delta x$

حيث:

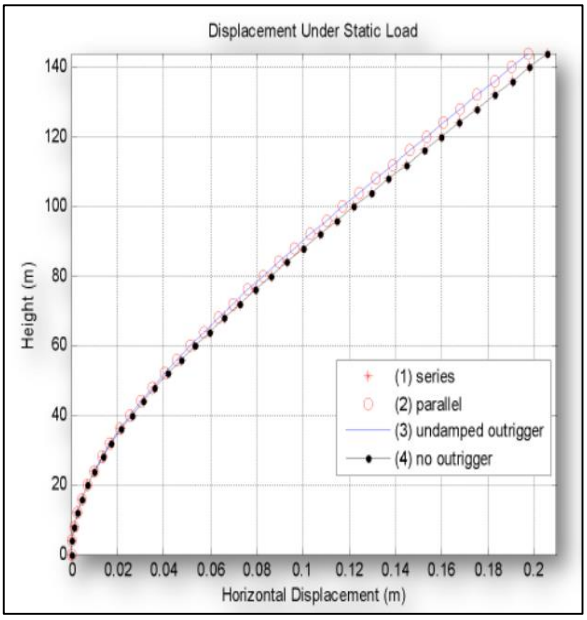
$C_d$ : معامل تضخيم الانزياح.

$\delta xe$: الانتقال الأفقي المرن.

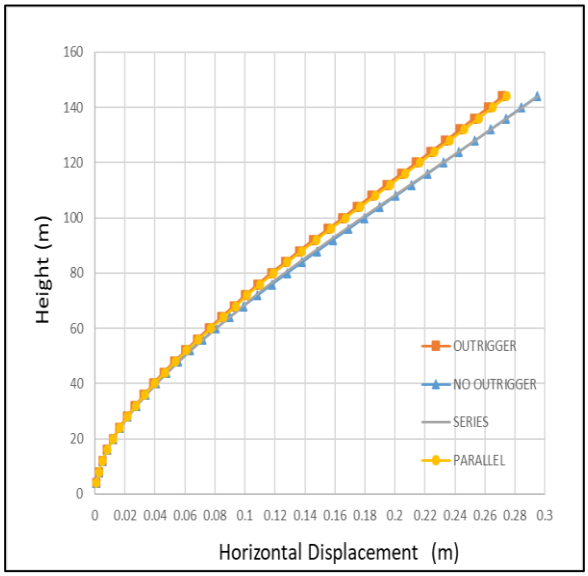
$IE$: معامل الأهمية.

$\delta x - 1$: الانتقال الأفقي المرن للطابق الأسف X-1

$\delta x$: الانتقال الأفقي المرن للطابق الأسفل x




**الشكل (18) مخطط الانتقالات الأفقية في الدراسة المرجعية للحالات الأربعة مع ارتفاع النموذج – MATLAB [4]**




**الشكل (19) مخطط الانتقالات الأفقية في الدراسة التحليلية للحالات الأربعة مع ارتفاع النموذج– ETABS**

تم ملاحظة أن نسب الاختلاف بين الانتقالات الافقية في حال استخدام برنامج ETABS والانتقالات الأفقية في حال استخدام برنامج MATLAB كانت متقاربة جداً قد وصلت بأكبر قيمها إلى 23.00% والسبب الرئيسي هو اختلاف البرامج المستخدمة في التحليل وشروطها واعتباراتها بالإضافة إلى فرض بعض المعطيات الناقصة ضمن الدراسة المرجعية والضرورية جداً ضمن التحليل في برنامج ETABS والتي تم فرضها بما يتناسب مع النموذج المدروس.

تم مقارنة النتائج بين نموذج ETABS ونموذج الدراسة المرجعية المستخدم به برنامج MATLAB وذلك لحالات إضافة مخمدات سوائل لزجة على التسلسل والتفرع وذلك لعدّة قيم لمعامل التخميد ومقارنتها مع نسب التخميد الحرج وكانت النتائج كما يلي:

يبين الجدول (3) قيم معامل التخميد المفروضة ونسب التخميد الحرج الموافق في حال استخدام مخمدات على التسلسل والتفرع وذلك حسب MATLAB

**الجدول (3) قيم معامل التخميد المفروضة والتخميد الحرج الموافق [4] MATLAB–**

| c (kN.s/m) | ζ | | % Damping | |
|---|---|---|---|---|
| | Series | Parallel | Series | Parallel |
| 150,000 | 0.046 | 0.049 | 4.6 | 4.9 |
| 300,000 | 0.054 | 0.066 | 5.4 | 6.6 |
| 400,000 | 0.052 | 0.085 | 5.2 | 8.5 |
| 500,000 | 0.047 | 0.123 | 4.7 | 12.3 |

يبين الجدول (4) قيم معامل التخميد المفروضة والتخميد الحرج الموافق في حال استخدام مخمدات على التسلسل والتفرع وذلك حسب ETABS :

| c (kN.s/m) | ζ | | % Damping | |
|---|---|---|---|---|
| | Series | Parallel | Series | Parallel |
| 150,000 | 0.0424 | 0.0381 | 4.24 | 3.81 |
| 300,000 | 0.0847 | 0.0763 | 8.47 | 7.63 |
| 400,000 | 0.0706 | 0.1017 | 7.06 | 10.17 |
| 500,000 | 0.0142 | 0.1526 | 1.42 | 15.26 |

**الجدول (4) قيم معامل التخميد المفروضة والتخميد الحرج الموافق ETABS–**

حيث نلاحظ أن نسبة التخميد الحرج في حال استخدام برنامج ETABS على التخميد الحرج في حال استخدام برنامج MATLAB تساوي 10.88% وأنه عند قيمة معامل تخميد 300,000 وصلت نسبة التخميد الحرج إلى ذروتها في حالة التسلسل وبدأت بعدها بالتناقص في كلا البرنامجين.

كما نلاحظ أن نسبة التردد الأساسي في حال استخدام برنامج ETABS على التردد الأساسي في حال استخدام برنامج MATLAB تساوي 5.77%.

## 3–الدراسة البارامترية:

الدراسة البارامترية لأنظمة دعامات الإخماد هي دراسة تحليلية عبر برنامج ETABS من أجل دراسة سلوك هذه الدعامات لوحدها ومع استخدام مخمدات سوائل لزجة تحت تأثير حمولات الزلزالية الجانبية اعتماداً على النموذج التحليلي الذي تمّت معايرته سابقاً مع نموذج العددي حسب الدراسة:
Amneh Hamed & Abbas Allawi (2016)

تم أخذ عدّة بارامترات بالدراسة، ثم استخراج النتائج لكل نموذج وإجراء مقارنة بين النماذج من أجل معرفة تأثير كل بارامتر على السلوك الزلزالي لهذه الدعامات المستخدمة في المنشأ.

**بارامترات الدراسة:**

1–دراسة تأثير زيادة عدد مستويات أنظمة دعامة الإخماد للنموذج المدروس.

2–دراسة تأثير زيادة عدد الطوابق (ارتفاع المبنى) للنموذج المدروس من 36 إلى 48 طابقاً على استجابة المنشأ في مقاومة الحمولات الزلزالية الجانبية.

3–إجراء تحليل ديناميكي خطي للنموذج المدروس (36 طابق) مع أنظمة دعامات الإخماد وفق سجلات زمنية لهزات أرضية معطاة.

4–إجراء تحليل ديناميكي خطي للنموذج المدروس في الحالة 3 مع إضافة مخمد سوائل لزج مناسب حسب مواصفات (Taylor devices inc) تحت تأثير السجل الزمني (Elcentro).

أما بالنسبة للنتائج لكل نموذج فتمّ استخراج النتائج الآتية ومقارنتها للحالات المدروسة:

- الانتقالات الافقية والانزياحات الطابقية الموافقة.
- قوى القص الجانبية المؤثرة على المنشأ.
- قيم التواترات والأدوار.

### ❖ الدراسة البارمترية (1) تأثير زيادة عدد مستويات أنظمة دعامة الإخماد:

تم دراسة نموذج بناء مكون من 36 طابق ذو مسقط مربع حسب الشكل رقم (20) وذلك باستخدام برنامجEtabs ، وسيتم استخدام الكود ASCE 7-05 لكل من الحالة الستاتيكية والحالة الديناميكية أثناء النمذجة بالنسبة للحالة الستاتيكية سيتم استعمال طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF) وللحالة الديناميكية يتم استعمال طريقة تحليل طيف الاستجابة ،وذلك لمعرفة أثر زيادة عدد مستويات دعامات الإخماد على استجابة المبنى للحمولات الجانبية حيث تمت دراسة الاستجابة للأبنية من حيث الانتقالات والانزياحات

الطابقيـة والقـص القاعـدي والقـوى الجانبيـة المـؤثرة والأدوار والتواترات للحالات التالية للمنشأ:

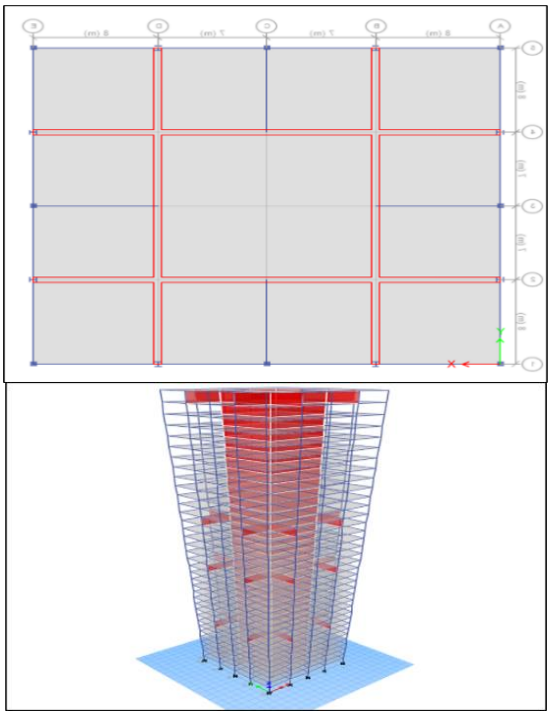
-النموذج دون أنظمة دعامات الإخماد.

-النمـوذج مـع أنظمـة دعامـات الإخمـاد فـي مستويين منـه فـي منتصف وأعلى ارتفاع البناء.

-النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في ثلاث مستويات منه ضمن الطوابق(36 – 24 – 12) .

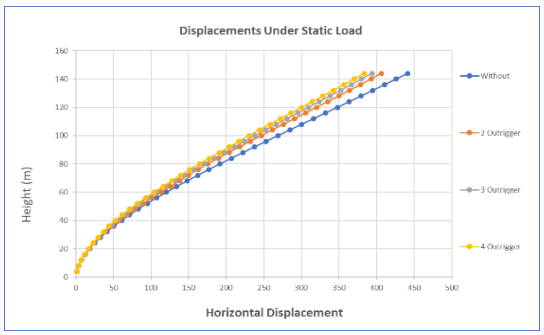
-النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36).

فيما يلي حالة نموذج البناء المكون من 36 طابق مع أنظمة دعامة الإخماد في 4 مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 –36) بواسطة ETABS:

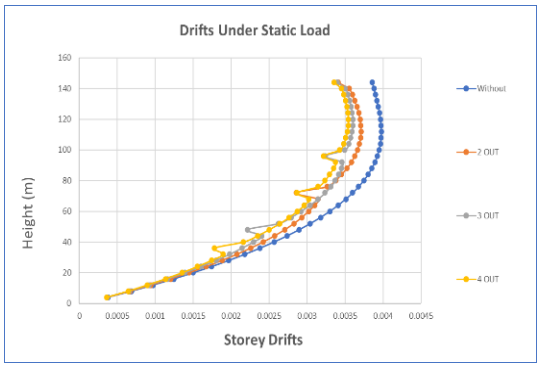


**الشكل (20) نموذج البناء المدروس 36 طابق مع استخدام نظام دعامة الإخماد في 4 مستويات – Etabs**

-حساب الانتقالات الأفقية:

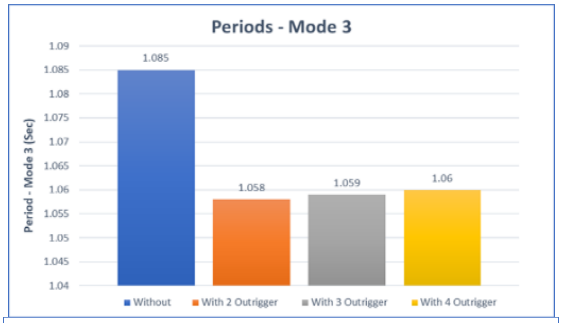


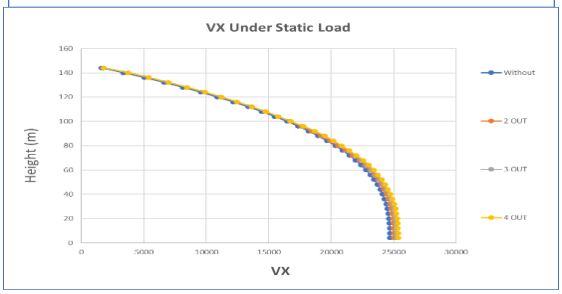

**الشكل (21) مخطط علاقة الانتقالات الأفقية على كامل ارتفاع المبنى للحالات الأربعة –Etabs**




**الشكل (22) مخطط علاقة الانزياحات الطابقية على كامل ارتفاع المبنى للحالات الأربعة – Etabs**

-حساب الانزياحات الطابقية:

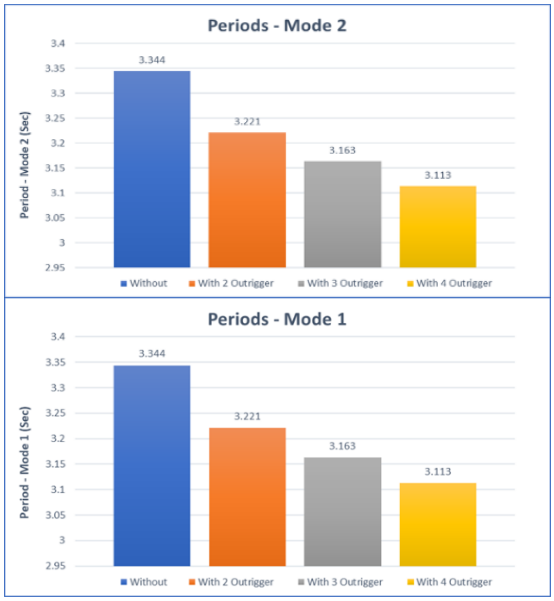



**الشكل (23) مخطط قيم قوى القص المؤثرة على كامل ارتفاع المبنى للحالات الأربعة– Etabs**

-حساب قيم قوى القص الجانبية المؤثرة:

-حساب الأدوار والتواترات:




**الشكل (24) مخططات توضح الأدوار للأنماط الثلاثة الأولى وذلك للحالات الأربعة- Etabs**

حساب الأدوار للأنماط الثلاث الأولى:

## ❖ الدراسة البارمترية (2) تأثير زيادة عدد الطوابق (الارتفاع):

تم دراسة نموذج بناء مكون من 36 طابق في القسم السابق وذلك مع إضافة أنظمة دعامات الإخماد في أكثر من منسوب على كامل ارتفاع البناء ، في هذا القسم تم إعادة تصميم المبنى و زيادة عدد الطوابق لتكون 48 طابقاً حسب الشكل (25) وذلك باستخدام برنامج Etabs لنفس التكوينات الأربعة السابقة وسيتم استخدام الكود ASCE 7-05 لكل من الحالة الستاتيكية والحالة الديناميكية أثناء النمذجة ، بالنسبة للحالة الستاتيكية سيتم استعمال طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF) وللحالة الديناميكية يتم استعمال طريقة تحليل طيف الاستجابة ،وذلك لمعرفة أثر زيادة الارتفاع على استجابة المبنى للحمولات الجانبية حيث تمت دراسة الاستجابة للأبنية من حيث الانتقالات والانزياحات الطابقية والقص القاعدي والقوى الجانبية المؤثرة والأدوار والتواترات للحالات التالية للمنشأ:

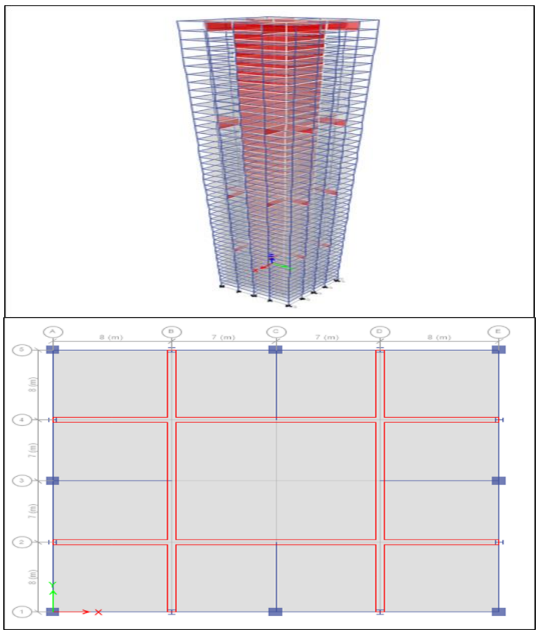
1- النموذج دون أنظمة دعامات الإخماد.

2- النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في مستويين منه في منتصف وأعلى الارتفاع البناء.

3-النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في ثلاث مستويات منه ضمن الطوابق (16 – 32 – 48).

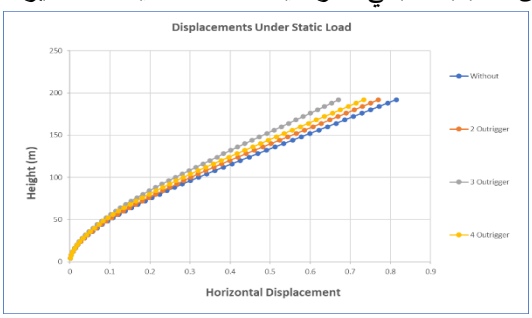
4-النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (12 – 24 – 36 – 48).

فيما يلي حالة نموذج البناء المكون من 48 طابق مع أنظمة دعامة الإخماد في 4 مستويات منه ضمن الطوابق (12 – 24 – 36 –48) بواسطة ETABS:



**الشكل (25) نموذج البناء المدروس 48 طابق مع استخدام نظام دعامة الإخماد في 4 مستويات - Etabs**

-حساب الانتقالات الأفقية:

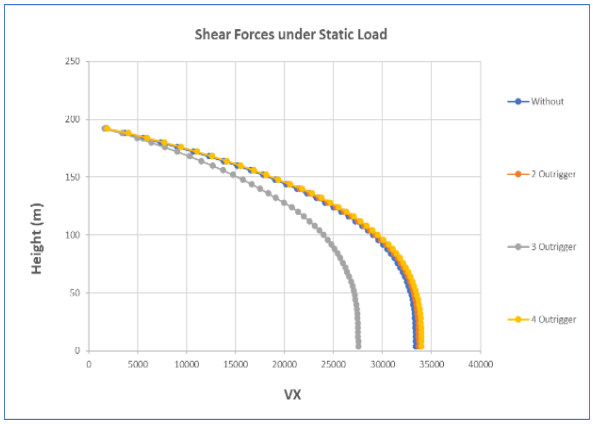



**الشكل (26) مخطط علاقة الانتقالات الأفقية على كامل ارتفاع المبنى للحالات الأربعة – Etabs**

-حساب الانزياحات الطابقية:

**الشكل (27) مخطط علاقة الانزياحات الطابقية على كامل ارتفاع المبنى للحالات الأربعة – Etabs**

-حساب قيم قوى القص الجانبية المؤثرة:




**الشكل (28) مخطط يوضح قيم قوى القص المؤثرة على كامل ارتفاع المبنى للحالات الأربعة – Etabs**

❖ الدراسة البارمترية (3) إجراء تحليل ديناميكي خطي للنموذج المدروس (36 طابق) مع أنظمة دعامات الإخماد وفق سجلات زمنية لهزات أرضية معطاة:

تم دراسة نموذج بناء مكون من 36 طابق مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) والتي تعتبر الحالة ذات النتائج الأفضل بالنسبة لاستجابة المنشأ في مقاومة القوى الجانبية المؤثرة وذلك باستخدام برنامج Etabs تحت تأثير سجلات زمنية لهزات أرضية معطاة (Elcentro،Kobe، Northridge ) ولذلك لمعرفة سلوك المنشأ في كل لحظة زمنية من الهزة الأرضية، وسيتم استخدام الكود ASCE 7-05 لكل من الحالة الستاتيكية والحالة الديناميكية أثناء النمذجة.

حيث تمت دراسة الاستجابة للأبنية من حيث الانتقالات والانزياحات الطابقية والقص القاعدي والقوى الجانبية المؤثرة للحالات التالية للمنشأ:

1- النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) – ELF.

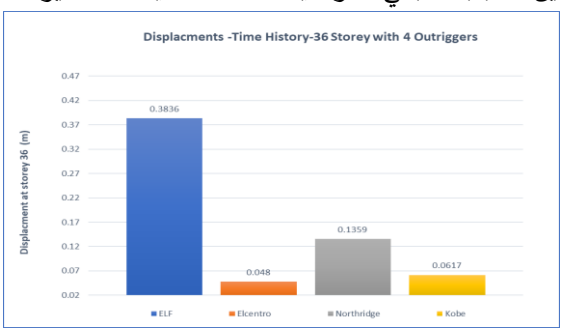
2- النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) Elcentro.

3-النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) - Kobe.

4-النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36 ) - Northridge .

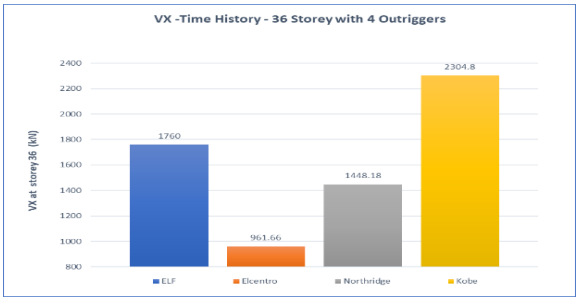
تم تعريف القوى الزلزالية الجانبية في برنامج Etabs وفق سجلات للهزات الأرضية المطلوبة.

-حساب الانتقالات الأفقية:



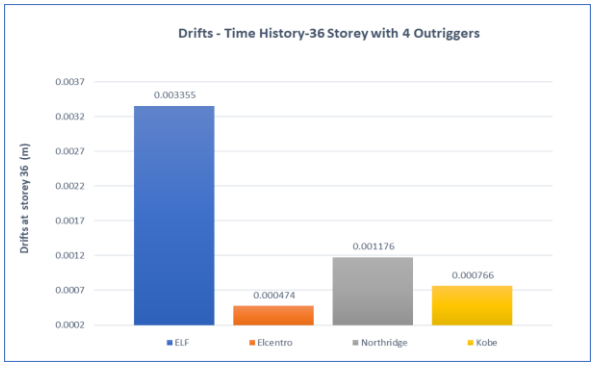

**الشكل (29) مخطط يوضح قيم الانتقالات الأفقية للطابق 36 من البناء تحت تأثير سجلات زمنية–Etabs**

–حساب الانزياحات الطابقية:




**الشكل (30) مخطط يوضح قيم الانزياحات الطابقية للطابق 36 من البناء تحت تأثير سجلات زمنية–Etabs**

–حساب قيم قوى القص الجانبية المؤثرة:




**الشكل (31) مخطط يوضح قيم القوى الجانبية المؤثرة عند الطابق 36 من البناء تحت تأثير سجلات زمنية – Etabs**

❖ الدراسة البارامترية (4) إجراء تحليل ديناميكي خطي للنموذج المدروس في الحالة 3 مع إضافة مخمد سوائل لزج مناسب حسب مواصفات (Taylor devices inc) تحت تأثير السجل الزمني (Elcentro):

تم دراسة نموذج بناء مكون من 36 طابق مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) الذي تمت دراسته في الحالة 3 والتي تعتبر الحالة ذات النتائج الأفضل بالنسبة لاستجابة المنشأ في مقاومة القوى الجانبية المؤثرة وذلك باستخدام برنامج Etabs تحت تأثير السجل الزمني للهزة الأرضية(Elcentro) ومقارنة النتائج مع نفس النموذج لكن مع إضافة مخمدات سوائل لزجة ذات مواصفات حقيقية حسب مواصفات ( Taylor devices inc) في نفس أماكن وجود أنظمة الدعامة في المنشأ.

وذلك لمعرفة مدى تأثير إضافة المخمدات على تحسين استجابة المنشأ في مقاومة الحمولات الجانبية المؤثرة ، وسيتم استخدام الكود ASCE 7-05 لكل من الحالة الستاتيكية والحالة الديناميكية أثناء النمذجة.

حيث تمت دراسة الاستجابة للأبنية من حيث الانتقالات والانزياحات الطابقية والقص القاعدي والقوى الجانبية المؤثرة للحالات التالية للمنشأ:

1– النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) – Elcentro.

2– النموذج مع أنظمة دعامات الإخماد في أربع مستويات منه ضمن الطوابق (9 – 18 – 27 – 36) وإضافة مخمدات سوائل لزجة - Elcentro.

–وتعطى قوة التخميد للمخمد اللزج بواسطة العلاقة التالية:

$$F = CV\alpha$$

F – (قوة التخميد) damping force.

C – (معامل التخميد) damping coefficient.

V – (سرعة المكبس) Velocity of Piston.

α – (ثابت السرعة) Velocity Exponent

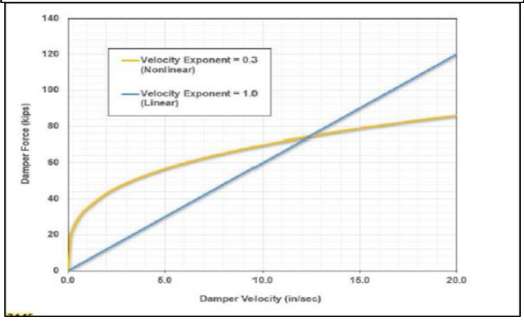
– سيتم نمذجة مخمدات سوائل لزجة بمواصفات وأبعاد حقيقية حسب (Taylor devices inc) بشكل قطري وذلك في مستويات تواجد أنظمة الدعامات، حيث يتم نمذجتها بشكل Links بواسطة برنامج Etabs ولإتمام ذلك يجب تحديد مواصفات المخمد المراد إدخاله حسب

العلاقة الواردة أعلاه ويتم اختيارها حسب القيمة المراد تخفيضها وفقا للجداول والمخططات الموضحة بالشكل (32):

| Rated Force (KIP) | Suggested C Values in KIP - Sec / Inch where F = C x (V)^0.30 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 55 | 33.9 | 27.6 | 24.4 | 22.4 |
| 110 | 67.9 | 55.1 | 48.8 | 44.8 |
| 165 | 102.0 | 83.0 | 73.0 | 67.0 |
| 220 | 136.0 | 110.0 | 98.0 | 90.0 |
| 330 | 300.0 | 165.0 | 146.0 | 134.0 |
| 440 | 270.0 | 220.0 | 195.0 | 180.0 |
| 715 | 440.0 | 360.0 | 317.0 | 290.0 |
| 900 | 555.0 | 450.0 | 400.0 | 365.0 |
| 1450 | 895.0 | 727.0 | 644.0 | 590.0 |
| 1800 | 1110.0 | 900.0 | 800.0 | 733.0 |

| Rated Force (kN) | Suggested C Values in kN - (Sec/m)^(1/0.3) where F=C*(V)^0.3 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Max vel = 0.127 m/s | Max vel = 0.254 m/s | Max vel = 0.381 m/s | Max vel = 0.508 m/s |
| 250 | 454.6 | 369.2 | 326.9 | 299.9 |
| 500 | 909.1 | 738.4 | 653.8 | 599.8 |
| 750 | 1363.7 | 1107.6 | 980.8 | 899.7 |
| 1000 | 1818.2 | 1476.8 | 1307.7 | 1199.6 |
| 1500 | 2727.3 | 2215.3 | 1961.5 | 1799.3 |
| 2000 | 3636.4 | 2953.7 | 2615.4 | 2399.1 |
| 3000 | 5909.2 | 4799.7 | 4250.0 | 3898.6 |
| 4000 | 7438.1 | 6041.6 | 5349.7 | 4907.3 |
| 6500 | 11983.6 | 9733.7 | 8618.9 | 7906.2 |
| 8000 | 14876.2 | 12083.2 | 10699.3 | 9814.6 |

| Taylor Devices Model Number | Rated Force (kip) | Stroke (in) | Maxwell Stiffness, Kd (kips/in) |
|---|---|---|---|
| 17120 | 55 | ±3 | 625 |
| 17130 | 110 | ±4 | 940 |
| 17140 | 165 | ±4 | 1,400 |
| 17150 | 220 | ±4 | 1,875 |
| 17160 | 330 | ±4 | 2,800 |
| 17170 | 440 | ±5 | 3,000 |
| 17180 | 715 | ±5 | 4,800 |
| 17190 | 900 | ±5 | 6,000 |
| 17200 | 1450 | ±5 | 9,750 |
| 17210 | 1800 | ±5 | 12,000 |




**الشكل (32) مخططات حساب مواصفات مخمدات السوائل اللزجة / القساوة ومعامل التخميد وثابت السرعة – [5] (Taylor devices inc, 2020)**

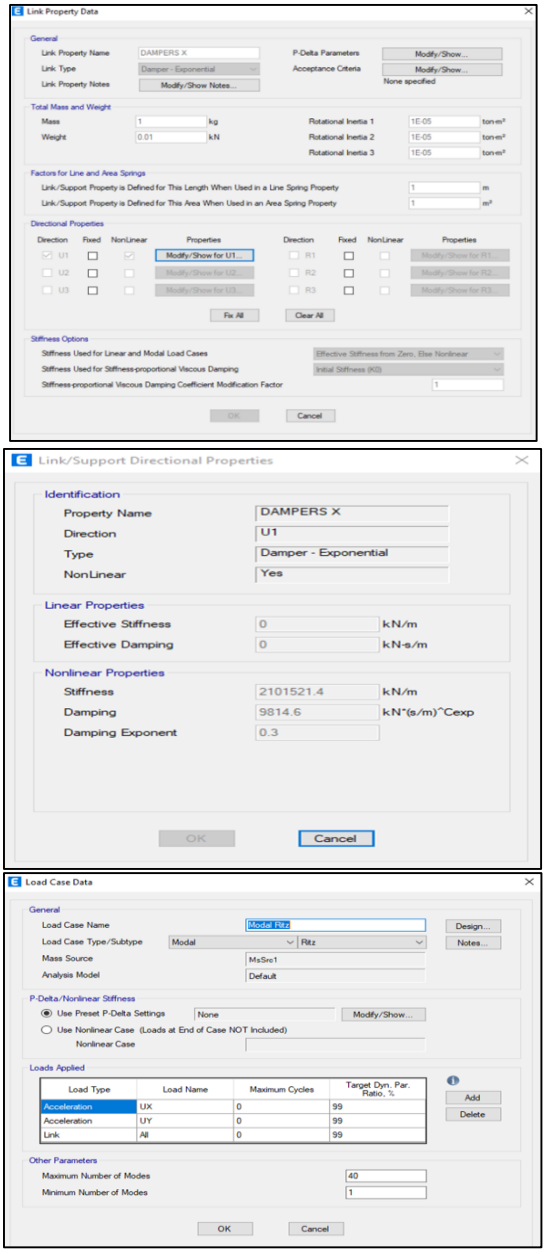
تم تعريف القوى الزلزالية الجانبية في برنامج Etabs في الحالة الساكنة حسب طريقة القوى الجانبية المكافئة (ELF) وللحالة الديناميكية يتم تعريف طيف استجابة بالإضافة لسجل الهزة الأرضية المطلوبة (Elcentro) وذلك حسب المعطيات الواردة في الحالة رقم 3، ثم تم تعريف Link باستخدام برنامج Etabs وتم إسناد مواصفات المخمد الذي تم اختياره لهذا العنصر الذي تم تعريفه ثم يتم تعريف حالة التحميل Modal Ritz وذلك حسب المواصفات الموضحة في الشكل (33).

رقم النموذج المستخدم: 17210

القوة المطبقة: 8000 kN ثابت التخميد: 0.3

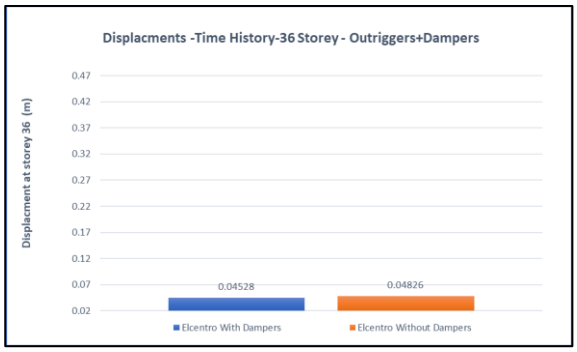
معامل التخميد: 9814.6 kN.s/m

القساوة: 2101521.40 kN/m



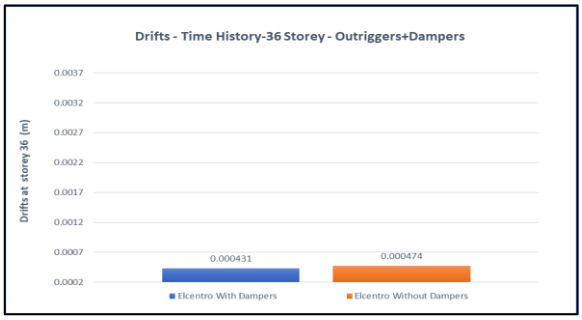

**الشكل (33) خطوات نمذجة مخمدات السوائل اللزجةEtabs**

حساب الانتقالات الأفقية:



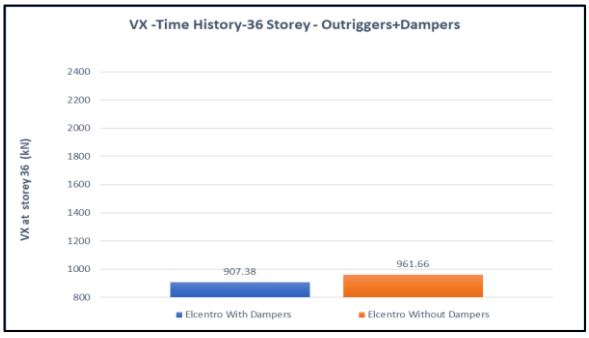

**الشكل (34) مخطط يوضح قيم الانتقالات الأفقية للطابق 36 في حال إضافة مخمدات وعدم إضافتها –Elcentro**

–حساب الانزياحات الطابقية:




**الشكل (35) مخطط يوضح قيم الانزياحات الطابقية للطابق 36 في حال إضافة مخمدات وعدم إضافتها –Elcentro**

–حساب قيم قوى القص الجانبية المؤثرة:




**الشكل (36) مخطط يوضح قيم القوى الجانبية للطابق 36 في حال إضافة مخمدات وعدم إضافتها –Elcentro**

## 4–نتائج البحث:

- تحسين كفاءة المباني العالية لمقاومة القوى الجانبية وذلك باستخدام أنظمة دعامة الإخماد مع مخمدات سوائل اللزجة، الأمر الذي كان له دور كبير في زيادة الصلابة الجانبية للمنشأ وزيادة مقاومة القوى الجانبية المؤثرة عليه.

ليس فقط من ناحية التحكم والتقليل من الانتقالات الجانبية بل لها دور كبير في تخفيض الانزياحات الطابقية في البناء العالي والقوى الجانبية المؤثرة عليه.

- إضافة نظام الدعامة في 4 مستويات من البناء في كل ربع من الارتفاع كان له الأثر الأكبر في تحسين الاستجابة المبنى في مقاومة الاحمال الجانبية الزلزالية من حيث قيم الانتقالات الجانبية (حوالي 15 %) بالنسبة للنموذج المكون من 36 طابق.

- إضافة نظام الدعامة في 4 مستويات من البناء في كل ربع من الارتفاع كان له الأثر الأكبر في تحسين الاستجابة المبنى في مقاومة الاحمال الجانبية الزلزالية من حيث قيم الانزياحات الطابقية (حوالي 13 %) بالنسبة للنموذج المكون من 36 طابق.

- إضافة نظام الدعامة في 4 مستويات من البناء في كل ربع من الارتفاع كان له الأثر الأكبر في تحسين الاستجابة المبنى في مقاومة الاحمال الجانبية الزلزالية من حيث تخفيض قيمة دور المنشأ (حوالي 10 %) بالنسبة للنموذج المكون من 36 طابق.

-إضافة نظام الدعامة في 3 مستويات من البناء في كل ثلث من الارتفاع كان له الأثر الأكبر في تحسين الاستجابة المبنى في مقاومة الاحمال الجانبية الزلزالية من حيث قيم الانتقالات الجانبية (حوالي 17 %) بالنسبة للنموذج المكون من 48 طابق.

-إضافة نظام الدعامة في 3 مستويات من البناء في كل ثلث من الارتفاع كان له الأثر الأكبر في تحسين الاستجابة المبنى في مقاومة الاحمال الجانبية الزلزالية من حيث قيم الانزياحات (حوالي 19 %) بالنسبة للنموذج المكون من 48 طابق.

-إضافة نظام الدعامة في 3 مستويات من البناء في كل ثلث من الارتفاع كان له الأثر الأكبر في تحسين الاستجابة المبنى في مقاومة الاحمال الجانبية الزلزالية من حيث تخفيض قيمة دور المنشأ (حوالي 8 %) بالنسبة للنموذج المكون من 48 طابق.

-زيادة ارتفاع المبنى (48 طابقًا) مع أنظمة دعامات الإخماد ليس له تأثير كبير على تغير استجابة المنشأ في مقاومة القوى الجانبية المؤثرة ، حيث لم يغير استجابة الهيكل بشكل كبير مقارنة بالمبنى (36 طابقًا).

- إضافة مخمدات سوائل لزجة (8000 kN) بشكل قطري للمنشأ المكون من (36 طابقًا) في الطوابق التي تحتوي على أنظمة الدعامات (4 مستويات) كان له تأثير على استجابة الهيكل (الانتقالات 7٪ – الانزياحات الطابقية 10٪ – قوى القص 6٪) مقارنة بالنموذج بدون مخمدات تحت تأثير Elcentro -

- إدخال أنظمة دعامة الإخماد على البناء لم يؤدي إلى تأثير كبير وملحوظ على قيمة القص القاعدي الكلية والقوى الجانبية المؤثرة على المبنى.

قائمة بالرموز المستخدمة:

$\delta xe$: الانتقال الأفقي المرن.

$\Delta_x$: الانزياح الطابقي.

IE: معامل الأهمية.

$C_d$ : معامل تضخيم الانزياح.

$\varphi$: معامل الاستقرار.

$E_c$: معامل المرونة للبيتون.

$\rho_c$: كثافة البيتون.

R: معامل تعديل الاستجابة.

$\zeta$: نسبة التخميد الحرج.

قائمة المختصرات:

FEM: نظرية العناصر المحدودة.

TLDS: مخمد كتلة سائل معاير.

FVD: مخمد السائل اللزج.

ELF: طريقة القوى الجانبية المكافئة.

**التمويل:** هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

## References:

[1] 1Ajinkya Prashant Gadkari, 2N. G. Gore. (2016). Review on Behaviour of Outrigger Structural System in High-Rise Building. Volume 4, Issue. college of Engineering and Technology, Navi Mumbai, India. p: 3.

[2] Nishit Kirit Shah1, N.G. Gore2. (2016). Review on Behavior of Outrigger System in High Rise Building. Volume 03, Issue 06. College of Engineering and Technology, Navi Mumbai, Maharashtra, India. p: 4.

[3] الغصين، م. يزن. (2015). تحسين استجابة المنشآت الزلزالية بوساطة أجهزة التحكم شبه الإيجابي. ماجستير. قسم الهندسة الإنشائية. المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية. جامعة دمشق. ص: 142.

[4] Al Mukhtar, Hamid, Amneh. (2015). The Use of the Artificial Damped Outrigger Systems in Tall R.C Buildings Under Seismic Loading. Master thesis. College Of Engineering. University of Baghdad. p: 155.

[5] Taylor devices inc. (2020). Fluid Viscous Dampers, General Guidelines for Engineers Including a Brief History. North Tonawanda, NY 14120-0748. p: 308.

[6] Allawi, A. Abbas. & Hamid, Amneh. (2016). The Use of the Artificial Damped Outrigger Systems in Tall R.C Buildings Under Seismic Loading. Research Gate. University of Baghdad. p: 21.

[7] Gamaliel, Renard. (2007). Frequency-Based Response of Damped Outrigger Systems for Tall Buildings. Master thesis. Department of Civil and Environmental Engineering. Massachusetts Institute of Technology. p: 90.

[8] P. Purushotthama, & Dr. Jagadish G. Kori (2016). A Study on Performance of Outrigger Structural Systems during Lateral Loads on High Rise Structures. Bonfring International Journal. Man Machine Interface, Vol. 4. P: 7.