أنظمة العزل والتخميد الزلزالية

إعداد الطالب:

[1]* كنان قصي موسى

إشراف:

[2]* د.م. علي محمود البلال

ملخص:

تهدف المقالة لتقديم دراسة تاريخية عن الأنظمة المقاومة للزلازل التي استخدمت من قبل الحضارات القديمة بهدف حماية معابدها وأبنيتها القائمة حتى يومنا هذا من الزلازل بالإضافة لتقديم شرح موجز عن أهم طرق العزل والتخميد الزلزالي الحديثة المستخدمة لحماية المباني التاريخية والمباني الحديثة والحد من الأضرار التي تتعرض لها الأبنية خاصة بعد وقوع الزلزال في سوريا عام 2023.

كلمات مفتاحية : العزل الزلزالي , المخمدات, تكنولوجيا التنفيذ , .

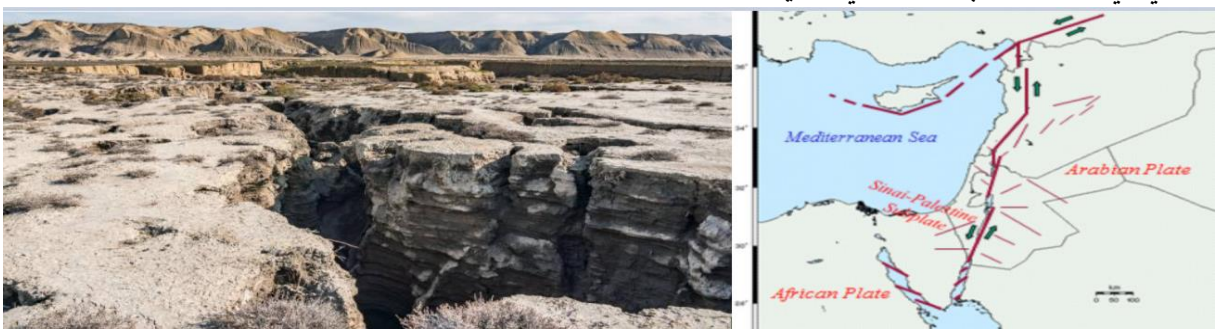
مقالة علمية في كلية الهندسة المدنية

*[1] – طالب في السنة الأولى – كلية الهندسة المدنية – الجامعة الوطنية الخاصة .

*[2] – عضو هيئة تدريسية في كلية الهندسة المدنية – الجامعة الوطنية الخاصة.

1-مقدمة تاريخية:

تتألف القشرة الأرضية من صفائح قارية منفصلة تتحرك باتجاهات مستقلة عن بعضها، فتتلاقى أحياناً وتتباعد في أحيان أخرى، هذه الحركة البطيئة للصفائح تحدث تراكماً هائلاً للطاقة عند مناطق اتصالها ببعضها والتي تسمى «الصدوع»، تتحرر هذه الطاقة حين تزيد عن قدرة الصخور عن تحملها فيحدث تمزق للصخور على طول الصدع، ويترافق ذلك باهتزاز أرضي أو ما نسميه بالزلزال، ويعتبر صدع البحر الميت الموضح في الشكل (1) من أكثر الصدوع تأثيراً على النشاط الزلزالي في المنطقة العربية عامة وفي سورية خاصة.



الشكل (1): صدع البحر الميت والصفائح القارية المحيطة به

حيث يفصل الصدع بين الصفيحة العربية والصفيحة الأفريقية، ويمتد من خليج العقبة جنوباً صعوداً إلى أنطاكيا في تركيا شمالاً مروراً بالأردن وفلسطين ولبنان وسوريا، ويتشعب إلى عدة صدوع فرعية تقع أغلبها في الحدود الجغرافية للجمهورية العربية السورية كصدع (سرغايا ومصياف وسهل الغاب) مما جعلها معرضة للعديد من الزلازل المدمرة عبر تاريخها كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول رقم(1): أهم الزلازل التاريخية التي حدثت في سورية

التسلسل	التاريخ	مواصفاتها
1	1365 قبل الميلاد	ضرب أوغاريت في العصر البرونزي ، وتم توثيقه في خطاب وجد في تل العمارنة والذي يقول أن نصف القصر الملكي قد دمر بالنار. [1]
2	140 قبل الميلاد	زلزال كارثي بين صور وبطليموس (عكا). [2]
3	31 قبل الميلاد	زلزال جنوب فلسطين : كان مركز الزلزال السطحي في وادي الأردن، وسجل 7 درجات على مقياس ريختر، وهو من أشد الزلازل خلال 2000 عام . أسفر عن مقتل 30,000 شخص [3,2]
4	115 ميلادي	زلزال أنطاكية : ضرب تسونامي منطقتي يفنه وقيسارية.[4]
5	847 ميلادي	زلزال دمشق : تسبب بدمار كبير في دمشق [5]
6	881 ميلادي	زلزال عكا :تسبب بتسونامي ودمر أجزاء كبيرة من المدينة [5]
7	1202 ميلادي	زلزال سوريا 1202 : أحد أكبر الزلازل في التاريخ المكتوب في المنطقة و تسبب بمقتل قرابة 30.000 شخصاً. [1]
7	1759 ميلادي	زلازل سورية في 1759: من أقوى الزلازل التاريخية في المنطقة . [1]
8	1791 ميلادي	زلزال اللاذقية :تسبب بمقتل 1500 شخص . [1]
9	1822 ميلادي	زلزال حلب : تسبب بتدمير أحياء عدة في المدينة وتضرر القلعة . [1]
10	1872 ميلادي	زلزال أميك : قتل ما لا يقل عن 1800 شخص خلال هزة أرضية قوتها 7.2 مركزها في سهل العمق .يُعتقد أن هذا الزلزال تسبب في حدوث تمزق سطحي على امتداد 50 كيلومترًا في صدع أمانوس.
11	1927 ميلادي	زلزال نابلس : مركز الزلزال في المنطقة الشمالية للبحر الميت. تعرضت القدس وأريحا والرملة وطبريا ونابلس لأضرار جسيمة، ويقدّر عدد القتلى بما لا يقل عن 500 شخص . [6]
12	2023 ميلادي	زلزال كهرمان مرعش : ضرب جنوب تركيا بالقرب من الحدود السورية، ما أسفر عن مقتل أكثر من 20 ألف شخص حتى 26 فبراير، في تركيا وسوريا

يظهر البحث في المصادر التاريخية أن الحضارات القديمة تأثرت بالقوى الزلزالية وتعددت الوسائل المستخدمة لمقاومتها والحفاظ على المباني المهمة فقد دفعت الزلازل التي أثرت على الحضارات المختلفة سكانها إلى تطوير فلسفة البناء لديهم لمقاومة للهزات الأرضية القوية ويظهر ذلك في الحضارة الصينية تعرف المدينة المحرمة بصمودها في وجه أكثر من 200 زلزال على مدار أكثر من 600 عام، وهو ما يجعلها أحد أبرز المعالم التاريخية في العاصمة الصينية بكين، وتحتوي المدينة على قصر كبير و مباني تعتبر من أكثر المباني مقاومة للزلازل بسبب تقنية البناء التي يطلق عليها "دوجونج " (Dougong)، وتعني حرفيا غطاء أو كتلة، وهو عبارة عن عنصر هيكلي يتضمنه المبنى ويتكون من أقواس خشبية لا يُستخدم في بنائها مسامير أو غراء، وترتكز فكرتها على أن تنقل الأقواس المتشابكة الوزن إلى أعمدة رأسية؛ ما يقلل الضغط على العناصر الأفقية. من وجهة نظر الميكانيك الهندسي، فإن هيكل الدوجونج الموضح في الشكل (2) من أكثر الأشكال المعمارية المقاومة للزلازل، وقد ساعد هذا التشكيل الخشبي العديد من المباني على الصمود أمام مئات الزلازل المدمرة، ويعود الفضل في ابتكار هذا الشكل الخشبي –الذي يجب أن يُبنى على يد نجارين محترفين– إلى مهندسي الصين القدماء [7] كما هو موضح في الشكل(2) .

الشكل (2): هيكل الدوجونج في المدينة المحرمة–الصين

ومن آسيا إلى أميركا الجنوبية، حيث نجد حضارة الإنكا وخاصة مدينة ماتشو بيتشو التي بنيت في القرن الخامس عشر في قمة جبال الأنديز بتقنية (الجدران الحجرية المصقولة)، والتي تسمى" أشلار" كما هو موضح في الشكل(3) ، حيث تم قطع كتل من الحجر لتتلاءم مع بعضها البعض بإحكام دون وجود أي مادة رابطة أو فراغ بينها ومنطقة جبال الأنديز هي أرض نشطة زلزالياً للغاية ولعدة قرون أثبت البناء الخالي من المواد الرابطة أنه مقاوم للزلازل أكثر من استخدام مواد رابطة بين الحجارة حيث يمكن للحجارة من الجدران الحجرية الجافة التي بناها الإنكا التحرك قليلاً وإعادة التمركز دون انهيار الجدران، وهي تقنية تحكم إنشائي سلبي توظف مبدأ تبديد الطاقة وتثبيط تضخيم الرنين.

الشكل (3): تقنية بناء الجدران الحجرية المقاومة للزلازل في مدينة ماتشو بيتشو

ويعتبر قبر كورش الموضح في الشكل (4) في مدينة باسارجاد وهي مدينة في بلاد فارس القديمة في ايران أحد أهم المنشآت التاريخية المقاومة للزلازل والتي بقيت سليمة حتى يومنا هذا ويعود تاريخها إلى القرن السادس قبل الميلاد، ويعتبر البناء أول دليل على الحماية من الزلازل باستخدام مبدأ عزل القاعدة، من خلال إدخال بعض الوسائد الحجرية في قاعدة المبنى تحت جميع العناصر الرئيسية الحاملة وبذبك تم فصل البنية العلوية فوق سطح الأرض عن البنية التحتية تحت سطح الأرض.

الشكل (4): تقنية عزل القاعدة الحجرية لمقاومة للزلازل في قبر كورش –ايران

2– تعريف العزل الزلزالي وقاعدة العزل الزلزالي:

العزل الزلزالي هو تقنية تستخدم لحماية الهياكل الإنشائية من الأضرار الناجمة عن الزلازل .يعتمد على فصل الهيكل عن الأرض باستخدام عناصر مرنة، مما يسمح للهيكل بالتحرك بشكل مستقل عن الأرض أثناء الزلزال، وبالتالي يقلل من انتقال القوى الزلزالية إلى الهيكل.

وتعرف قاعدة العزل الزلزالية بأنها واحدة من أكثر الوسائل الشعبية لحماية الهياكل الإنشائية من القوة الزلزالية وهي عبارة عن مجموعة من العناصر الهيكلية التي ينبغي فصلها إلى حد كبير عن الجزء العلوي من الطبقة التحتية للمباني لتستريح عند اهتزاز الأرض، وبالتالي تلعب دور كبيراً في حماية وسلامة المبنى أو البناء غير الهيكلي.[8]

3- طرق العزل الزلزالي:

يمكن أن تكون بعض أنظمة العزل سلبية (أي أنها تعتمد على خصائص المادة) أو نشطة (أي أنها تتطلب طاقة خارجية للعمل)، ويمكن أن تكون أنظمة العزل الزلزالي جزءًا من نظام بناء متكامل أو جزءًا من نظام منفصل يستخدم لحماية عناصر معينة من المبنى، ويوجد العديد من تقنيات العزل الزلزالي منها:

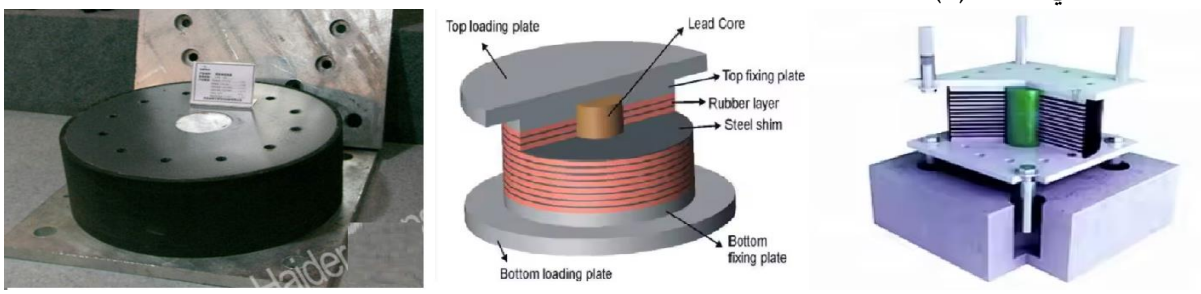
2-1- العوازل الزلزالية:

تكمن اهمية العزل الزلزالي في كونه أحد الحلول الهندسية الفعالة للحد من خطر الزلازل على البنية حيث نحصل على العزل القاعدي من خلال وضع طبقات مرنة أفقية بين المنشأ وأساساته مما يسمح بالانتقال النسبي للمنشأ [9] ومن أهم أنواع العوازل الزلزالية:

1- محامل المطاط المرنة: من أكثر الأنواع شيوعاً وتتميز بمرونة عالية وقدرة على امتصاص الاهتزازات وهي موضحة في الشكل (5).

الشكل (5): محامل المطاط المرنة

2- محامل المطاط الرصاصي :تتضمن طبقة رصاص بين طبقات المطاط، مما يوفر تخميدًا أعلى ومرونة أكبر وهي موضحة في الشكل (6).



الشكل (6): محامل المطاط الرصاصي

2-2- المخمدات الزلزالية:

تعتبر المخمدات الزلزالية إحدى الطرق المتبعة في البلدان الأكثر عرضه للهزات الزلزالية، حيث يرتكز البناء عليها وترتبط أفقيا مع مكابس واصلة لبعض كتل البناء أفقيا لتخميد امتصاص الهزات الأفقية، ويمكن بهذه الوسائل تخفيض الدورانات في عقد العناصر الإنشائية وبالتالي تخميد الانزلاق في البناء وجعله يتحرك أفقيا فقط وبشكل شبه منتظم، إضافة لتخفيض الإزاحة الأفقية وأشهر أنواعها:

1. المخمدات اللزجة :(Viscous Dampers) تستخدم مواد لزجة داخل أجهزة تخميد لامتصاص الطاقة الزلزالية وهي موضحة في الشكل (7).

الشكل (7): المخمدات الزلزالية اللزجة

2. المخمدات الاحتكاكية :(Friction Dampers) تستخدم الاحتكاك بين العناصر لامتصاص الطاقة الزلزالية وهي موضحة في الشكل (8).

الشكل (8): المخمدات الزلزالية الاحتكاكية

3. المخمدات التي تعتمد على مرونة عنصر الوصل :تستخدم عناصر مرنة لامتصاص الاهتزازات وتقليل انتقال الطاقة وهي موضحة في الشكل (9).

الشكل (9): المخمدات التي تعتمد على مرونة العناصر

2-3- أنظمة العزل المتطورة:

يجمع بين عدة تقنيات لزيادة فعاليتها في تخفيض الاهتزازات مثل أنظمة البندول الاحتكاكي والبندول المعلق المهتز وهي موضحة في الشكل (10).

الشكل (10): نماذج مخمدات الزلازل المتطورة (البندولات)

4- المراجع:

[1]- Mohamed Reda Sbeinati. Ryad Darawcheh. Mikhail Mouty.(2005) " **The Historical Earthquakes of Syria: An Analysis of Large and Moderate Earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D**". June 2005-Annals of geophysics.

[2]- John L. McKenzie S. J. (1995)." **Dictionary of the Bible**". New York: Touchstone/Simon & Schuster. ISBN:978-0-684-81913-6.

[3]- Williams ،Jefferson؛ Schwab ،Markus؛ Brauer ،A. (2011). "**An early first-century earthquake in the Dead Sea**". International Geology Review. International Geology Review 10: 1219.

[4]- Avner Rabban؛ Kenneth G. Holum (1996)." **Caesarea Maritima: A retrospective after two millennia** ". V. 21 (Book 21). Brill.pp23.

[5]- Walter Hays (2013). "**Review of notable earthquakes in the Mediterranean region**". University of Pittsburgh 2013.

[6]- Kallner-Amiran ،D. H.(2012) "**A Revised Earthquake Catalog of Palestine**".

[7]- Klaus Zwerger, Valerio Olgiati.(2015). "**Wood and Wood Joints: Building Traditions of Europe, Japan and China**". Birkhäuse . (ISBN10: 3035608377)

[8]-Pressman ،Andy (2007). **Architectural graphic standards**. J ISBN:978-0-471-70091-3.

[9]- د.م. هالة الحسن. (2016)." **تحسين سلوك الأبنية العالية باستخدام نظام العزل القاعدي الهجين ومخمدات الاحتكاك الدورانية**". مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثاني والثلاثون – العدد الأول -2016.