جامعة دمشق
المعهد العالي للبحوث والدّراسات الزّلزاليّة
قسم الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

تطوير نموذج عددي لمسند عزل مطّاطي باستخدام خلطة ذاكرة الشّكل لرفع الكفاءة الزّلزاليّة للمنشآت الخرسانيّة المسلّحة

Developing a Numerical Model of a Rubber Bearing with a Shape Memory Alloy (SMA) for the Seismic Rehabilitation of R/C Buildings

أطروحة أُعدّت لنيل درجة الدّكتوراه في الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

إعداد

المهندسة داليا نجّار

إجازة في الهندسة المدنيّة، جامعة حلب، 2009
ماجستير في الهندسة الإنشائيّة، جامعة حلب، 2013

المُشرف الرّئيسي
أ.د.م محمّد نزيه اليغشي ايلوش

المُشرف المُشارك
أ.د.م عمّار كعدان

2017

ملخّص البحث

يُعتبر العزل الزّلزالي القاعدي باستخدام مساند العزل المطّاطيّة من التّقنيات الهامّة المُستخدَمة ضمن المباني والجسور للتّخفيف من الضّرر الإنشائي النّاتج عن الهزّات الأرضيّة المتوسّطة، ومنع الانهيار ضمن الهزّات الأرضيّة العنيفة، وذلك من خلال تأمين ميكانيكيّة تخميد عبر تخفيض نسبة صلابة المسند الأفقيّة إلى صلابته الشّاقوليّة. يؤمّن العزل القاعدي عزل المنشأ عن أساساته، مما يعني إطالة دور الحركة والتّقليل من الإزاحات الطّابقيّة والقوى المُنتقلة إلى المنشأ. بيّنت العديد من الأبحاث العالميّة الحديثة بعض نقاط الضّعف في المساند المطّاطيّة مثل التّبديد غير الكاف للطّاقة وظهور الانتقالات المتبقّية ضمن المسند بعد زوال تأثير الهزّة الأرضيّة، وبالتّالي يهدف البحث إلى تطوير مسند العزل المطّاطي بالاعتماد على نوع من المواد أو الخلطات المعدنيّة تُدعى بخلطات ذاكرة الشّكل SMAs (Shape Memory Alloys)، حيث تتميّز هذه الخلطات بقدرتها على الانتقال من طور إلى آخر، وذلك بخضوعها لعمليّات تحوّل وإرجاع ينشأ عنها بلوغ تشوّهات كبيرة (قابلة للإرجاع) تصل إلى % 15، ومن ثمّ عودتها إلى وضعها الأصلي بزوال التّحميل دون وجود أيّة تشوّهات متبقّية مما يزيد من قدرة تحمّل المسند المطّاطي على المدى الطّويل.

نظراً لكون المساند المطّاطيّة مؤلّفة من مادّتين مختلفتين (مطّاط–فولاذ) بشكل طبقاتٍ متناوبةٍ ومتلاصقة، فمن المجدي لفهم السّلوك الميكانيكي (القصّي) للمساند المطّاطيّة أن يتمّ دراسة وتحليل نماذج عناصر محدودة لتلك المساند، لذلك قدّمت هذه الأطروحة ضمن الجزء الأوّل رؤيةً شاملةً عن نمذجة عدّة مساند مطاطيّة فعليّة نمذجةً تفصيليّةً وتحليلها تحت تأثير الأحمال التّكراريّة الأفقيّة المطبّقة وذلك بالاستعانة بأحدّ البرامج المتطوّرة ABAQUS 6.11 التي تعتمد على طريقة العناصر المحدودة في التّحليل، ومن ثمّ مقارنة النّتائج التّحليليّة مع النّتائج التّجريبيّة المرجعيّة التي تمّ التّوصّل لها من قبل بعض الباحثين. جاء الجزء الثّاني من الأطروحة ليدرس تأثير وجود أسلاك خلطة ذاكرة الشّكل على السّلوك الميكانيكي (القصّي) لبعض المساند المطّاطيّة المدروسة سابقاً وذلك بالاستعانة بأحدّ البرامج المتطوّرة ANSYS 15 التي تعتمد على طريقة العناصر المحدودة في نمذجة سلوك الخلطة المُعتمَدة. تمّ تقييم السّلوك الزّلزالي لعدّة مباني قائمة من البيتون المسلّح ضمن الجزء الأخير من الأطروحة، حيث دُرس تأثير وجود العزل القاعدي (التّقليدي والمطوّر) على سلوك المباني تحت تأثير عدّة هزّات أرضيّة وذلك بالاعتماد على برنامج التّحليل والتّصميم الإنشائي ETABS 15. قدّمت الأطروحة عدّة مقارنات بين المبنى المدروس الموثوق والمعزول قاعديّاً، شملت المقارنات قوّة القصّ القاعدي، الإزاحة الطّابقيّة، تسارع الطّابق الأخير، الانتقال الأفقي الأعظمي للمسند المطّاطي، الانتقال المتبقّي ضمن المسند مع نهاية الهزّات الأرضيّة المطبّقة، وكميّة الطّاقة المبدّدة بواسطة المسند الواحد.

أظهرت نتائج البحث بأنّ وجود أسلاك SMA ضمن المساند المطّاطيّة أدّى إلى تحسين السّلوك الميكانيكي (القصّي) للمسند المطّاطي التّقليدي وذلك فيما يتعلّق بزيادة كميّة الطّاقة المبدّدة والتّقليل من الانتقالات المتبقّية، مما يعني زيادة الكفاءة الزّلزاليّة للمسند المطّاطي، كما أبدت المساند المطّاطيّة المطوّرة بوجود أسلاك SMA دوراً مهمّاً في تحسين الأداء الزّلزالي للمباني المعزولة قاعديّاً مقارنةً مع المباني الموثوقة قاعديّاً (غير المعزولة).

Abstract

Seismic base isolation with rubber bearings is considered to be one of the most important techniques which were used in buildings and bridges to reduce structural damage in moderate earthquakes and to prevent collapse in destructive ones. This could be reached by providing a damping mechanism through the reduction of the rubber bearing horizontal to vertical stiffness ratio. Base isolation provides isolating the structures from its bases, the aforementioned technique increases motion period and reduces story drifts and forces transmitted to the structure. Several recent international researchers demonstrated some weaknesses of such rubber bearings like insufficient dissipated energy, and residual displacememnt of the bearing after earthquakes. Therefore, objectives of this thesis are to develop base rubber bearing by adding specific metal materials that called Shape Memory Alloys (SMAs). They are characterized by its ability to transform from specific phase to another through reversal phase transformations; which result in large recoverable deformation up to 15%, then return to original phase under unloading without any residual deformation, which means increasing the long-term capability of the rubber bearing.

Due to the fact that rubber bearings consist of different materials (rubber, steel) as laminated and bonded layers, it will be of great useful for understanding the mechanical (shear) behavior of these bearings to study and analyze finite element models of these bearings. First, this thesis presented a comprehensive view of modeling and analyzing several experimental rubber bearings under cyclic loading depending on finite element method (FEM) utilizing ABAQUS 6.11 software, and comparing the analytical results with reference experimental ones that were reached by some researchers. Then, the thesis studied the effect of SMA wires on the mechanical (shear) behavior of some studied bearings depending on finite element method (FEM) utilizing ANSYS 15 software. Seismic behavior of many exsisting R/C buildings was assessed in the last part of thesis, the effect of both traditional and developed base isolation on such buildings was investigated under many earthquakes depending on ETABS 15 software. This thesis provided many comparisons between fixed and isolated buildings, comparisons included the base shear force, the story drif, the acceleration of last floor, the maximum lateral displacement of the rubber bearing, the residual displacement of the rubber bearing at the end of earthquakes and the dissipated energy by the one rubber bearing.

Results showed that incorporating SMA wires into rubber bearings improved the mechanical (shear) behavior of traditional rubber bearings in terms of energy dissipation capacity and re-centring capability, which means increasing seismic capacity of the rubber bearing. Morover, developed rubber bearings revealed that SMA wires could enhance seismic performance of isolated buildings compared with fixed buildings (non-isolated).

Damascus University
Higher Institute of Earthquake Studies & Research
Seismic Structural Engineering Department

Developing a Numerical Model of a Rubber Bearing with a Shape Memory Alloy (SMA) for the Seismic Rehabilitation of R/C Buildings

by

Eng. Dalia Najjar

B.Sc. (Civil Engineering), Aleppo University, 2009
M.Sc. (Structural Engineering), Aleppo University, 2013

A THESIS SUBMITTED IN PARTICIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

DOCTOR OF PHILOSIPHY

Main Supervisor

Prof. Mohamed Nazih Alyagshi Eilouch

Participating Supervisor

Prof. Ammar Kaadan

2017