الجمهوريّة العربيّة السّوريّة
جامعة دمشق
المعهد العالي للبحوث والدّراسات الزّلزاليّة
قسم الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

تقييم استجابة العوازل المطّاطيّة المسلّحة بالألياف وغير المرتبطة بصفائح تغطية تحت تأثير الحمولات الدّوريّة

Evaluation of the Response of Unbonded Fiber Reinforced Elastomeric Isolators under Cyclic Loads

رسالة أُعدَّت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

إعداد: م. نورهان الخطيب

إشراف: د. م. داليا نجّار

مدرّس في قسم الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة

2019-2020

الملخّص

ظهرت فكرة العازل المطّاطيّ المسلّح بالألياف وغير المرتبط بصفائح تغطية، اختصاراً U-FREI، لأوّل مرّة في العام 2001 كبديل اقتصاديّ عن العوازل المطّاطيّة التّقليديّة، ولكن حتّى الآن لا تسمح العديد من الكودات الزّلزاليّة إلّا باستخدام الأنواع التّقليديّة من العوازل المطّاطيّة. تمّ تنفيذ أوّل مبنى حجريّ معزول بواسطة تلك العوازل كتجربة أولى على مستوى العالم في العام 2017 في الهند، وتمّ تقييم الاستجابة الأفقيّة لهذه العوازل من خلال ثلاثة أبحاث سابقة في العام ذاته، ولكن لم تتطرّق الأبحاث السّابقة إلى تقييم الاستجابة الشّاقوليّة لتلك العوازل، لذا تمّ في هذا البحث تقييم هذه الاستجابة تحليليّاً تحت تأثير حمولة دوريّة شاقوليّة وبوجود انتقال أفقيّ متزايد، وذلك بعد إجراء النَّمذجة التّفصيليّة للعازل باستخدام برنامج العناصر المحدودة ABAQUS 6.14، ومعايرة النتائج التّحليليّة للاستجابة الأفقيّة مع النّتائج التّجريبيّة. بيّنت النّتائج التّحليليّة أنّ القساوة الشّاقوليّة للعازل U-FREI تنخفض مع زيادة الانتقال الأفقيّ المُطبّق، بينما تزداد نسبة التّخامد اللّزج المكافئ الشّاقوليّة للعازل مع زيادة ذاك الانتقال، ولوحظ توافق جيّد بين نموذج العناصر المحدودة والمعادلات التّحليليّة من حيث قيمة معامل مرونة الضّغط للعازل. تمّت دراسة أثر تغيير الشّروط الحدّيّة للعازل على استجابته الشّاقوليّة، وذلك بإجراء مقارنة بين العازل المطّاطيّ المسلّح بالألياف وغير المرتبط بصفائح تغطية (U-FREI) والعازل المطّاطيّ المسلّح بالألياف والمرتبط بصفائح تغطية (B-FREI)، وبيّنت النّتائج أنّ تغيير الشّروط الحدّيّة للعازل من غير مرتبط بصفائح تغطية إلى مرتبط بصفائح تغطية يساهم في زيادة كلٍّ من قساوته الشّاقوليّة ونسبة تخامده اللّزج المكافئ الشّاقوليّة. ونظراً لأهميّة اعتماد هذا العازل الاقتصاديّ في الكودات العالميّة مستقبلاً، فقد تمّ اختبار خوارزميّة تصميم أوّليّة مُقترحة بإحدى الدّراسات السّابقة، عن طريق تقييم الاستجابة الأفقيّة لعازل تمّ تصميمه وفقاً لتلك الخوارزميّة في مدينة دمشق. تمّت كتابة الكود البرمجيّ للخوارزميّة عن طريق برنامج MATLAB، وبيّنت النّتائج أنّه يمكن اعتماد خوارزميّة التّصميم المُقترحة في التّصميم الأوّليّ للعازل ضمن مرحلة تشوّهات التّدحرج (rollover)، وتمّت إضافة مُقترح لتعديل هذه الخوارزميّة بحيث يكون التّصميم أكثر تحفّظاً.

Abstract

The idea of Unbonded Fiber Reinforced Elastomeric Isolator (U-FREI) appeared for the first time in 2001 as an economic alternative to traditional elastomeric isolators, but until now several seismic codes have only allowed to use traditional types of elastomeric isolators. The first isolated masonry building worldwide was constructed using these isolators as an innovative experiment in 2017 in India. The horizontal response of those isolators was evaluated by three previous researches in the same year without evaluating the vertical response of these isolators; therefore, in this research this response was evaluated analytically under vertical cyclic load with an increased horizontal displacement. In order to accomplish this evaluation, the analytical model of the isolator was constructed using finite element software ABAQUS 6.14 and the calibration of analytical results of the horizontal response with experimental results was done. The analytical results have shown that the vertical stiffness of the U-FREI isolator decreases with the increase of the applied horizontal displacement, while the vertical damping ratio increases with the increase of that displacement, and a good agreement between the finite element model and the analytical equations was observed in terms of the value of the compression modulus of the isolator. The effect of boundary conditions on the vertical response of the isolator was also studied by making a comparison between Unbonded Fiber Reinforced Elastomeric Isolator (U-FREI) with Bonded Fiber Reinforced Elastomeric Isolator (B-FREI), and the results have demonstrated that changing boundary conditions from Unbonded to Bonded contribute to the increase of both vertical stiffness and vertical damping ratio. Given the importance of adopting this economic isolator in the global codes in the future, an initial design algorithm that was proposed in one of the previous studies was tested by evaluating the horizontal response of the isolator that was designed in Damascus according to that algorithm. The algorithm code was written by the MATLAB program, and the results have demonstrated that the proposed design algorithm could be adopted in the initial design of the isolator within the rollover deformation phase. A proposal was added to amend the algorithm so that the design will be more conservative.

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

Evaluation of the Response of Unbonded Fiber Reinforced Elastomeric Isolators under Cyclic Loads

A dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree in Seismic Structural Engineering

by

Eng. Noorhan Alkhatib

Bachelor's degree in civil engineering - Damascus university

Supervisor

Dr. Eng. Dalia Najjar

Assistant Prof. in the Department of Seismic Structural Engineering
Higher Institute of Earthquake Studies and Research – Damascus University

2019−2020