جامعة دمشق
المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية
قسم الهندسة الانشائية الزلزالية

تحليل الانهيار المتتالي للأبنية ذات النظام الثنائي والمصمّمة وفق مستويات زلزالية مختلفة

أطروحة أعدت كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير
في الهندسة الإنشائية الزلزالية

إعداد

م. محمد شريف شريف

إشراف

د. م. هاله توفيق حسن

دمشق **2018**

الملخص

ازدادت مع مرور الزمن وتقدم العلم متطلبات الأمان الواجب تأمينها في المباني، فأصـــبحت تصـــمّم لمقاومة الأحمال الجانبية (أحمال الزلازل والرياح) بالإضـافة إلى الأحمال الشـاقولية (الأحمال الميتة والحية) التي كانت تصـمّم بشـكل اعتيادي لمقاومتها، ومؤخراً أصـبح من المطلوب أيضـاً تصـميمها لتبقى مسـتقرة عند تعرضـها لضرر محلي في أحد عناصرها الحاملة (عمود أو جدار حمّال) ومنع حصول انهيار متتال فيها.

يسـاهم تصـميم المباني لمقاومة أحمال الزلازل في تحسـين قوتها ومطاوعتها وقدرتها على تبديد الطاقة وبالتالي تحسـين مقاومتها للانهيار المتتالي، وتتفاوت هذه المسـاهمة بتغير مسـتوى التصـميم الزلزالي للبناء والذي يتبع بجزء منه لزلزالية المنطقة المصـمّم وفقها، فكان البحث لدراسـة أثر مسـتوى التصـميم الزلزالي على مقاومة بناء من البيتون المســلح ذي جملة ثنائية (جدران قص مع إطارات مقاومة للعزوم) للانهيار المتتالي، فصـــمّم بناء مؤلف من ثلاثة عشـر طابقاً و قبو لمقاومة الأحمال الشـاقولية وأحمال الزلازل باعتباره واقعاً في ثلاث مناطق زلزالية مختلفة، ثمّ حلّل على الانهيار المتتالي باستخدام طريقة المسارات البديلة للحمولة (Alternate Load Path Method)، واسـتخدم برنامج العناصـر المحدودة ETABS 2015 Version 15.0.0 للقيام بتحليل استاتيكي غير خطي لنموذج البناء لدراسـة أثر إزالة أربعة أعمدة من الطابق الأرضـي والسـابع والأخير (عمود واحد في كل مرة) على باقي عناصر البناء.

وتبين في النهاية أنّ مقاومة المباني للانهيار المتتالي تتحسـن بازدياد مسـتوى التصـميم الزلزالي لها، وتبين أنّ خطر العمود المزال يقل كلما كان الطابق الذي أزيل منه أعلى، كما أبدت الأعمدة القدرة الكافية لمقاومة العزوم والقص وانهار بعضـــها على الضـــغط اللامركزي، ومن جهة أخرى أبدت الجوائز القدرة الكافية لمقاومة العزم بينما انهار بعضـــها على القص، وتبين أيضـــاً أنّ لجدران القص دوراً هاماً في مقاومة الانهيار المتتالي وذلك بتحملها لجزء من حمولة العمود المزال الشـــيء الذي يميّز الجملة الثنائية على الإطارية في مقاومة الانهيار المتتالي.

ABSTRACT

As time passes by and science expands, the safety requirements which must be guaranteed in buildings have increased, so that buildings are currently designed to resist the lateral loads (seismic and wind loads) in addition to gravity loads (dead and live loads), what were conventionally designed to resist. More recently, designing buildings to stay stable and prevent progressive collapse when they are subjected to local damage in one of their bearing components (column or load bearing wall) has also become required.

Designing buildings to resist seismic loads contributes in enhancing the strength, the ductility and the capacity of them to dissipate energy, consequently in enhancing their resistance to progressive collapse. And this contribution varies with the seismic design level of the building, which follows in part of it the seismic zone which the building has been designed in. This research was to study the effect of the seismic design level of RC dual system (shear walls and moment resistance frames) on its resistance to progressive collapse. A building with 13 stories and a basement was designed to resist both the gravity and the seismic loads considering that it is located in three different seismic zones, then analyzed under the progressive collapse by using the alternate load path method. The finite element software program ETABS 2015 Version 15.0.0 was used to perform the nonlinear static analysis to the building's model in order to study the effect of removing four columns from each of the ground story, 7^{th} story and 13^{th} story (one column at a time) on the rest of its components either columns or beams.

Finally, it has been shown that the progressive collapse resistance of the buildings becomes better as their seismic design level increases, and the removed column is becoming less dangerous as it is located in the upper story. Also the columns have shown enough strength to resist both the moments and shear but some of them have collapsed under the axial-biaxial moment interaction, on the other hand the beams have shown enough strength to resist the bending moment but some of them have collapsed under the shear. And it has also been shown that the shear walls had an important role in resisting the progressive collapse by loading a part of the removed column loads, what has been shown the superiority of a dual system to a framed one in resisting the progressive collapse.

Damascus University

Higher Institute of Earthquake Studies and Research

Dep. of Earthquake Structural Engineering

PROGRESSIVE COLLAPSE ANALYSIS of RC DUAL SYSTEM WITH DIFFERENT SESIMIC DESIGN LEVELS

Thesis Submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Seismic Structural Engineering

By

Eng. Mohammad Sharif

Approved by the

Examining Committee:

Prof. Dr. **Riad Alissa** Chairman

Professor at the structural engineering Department, Faculty of civil engineering, University of Damascus, Syria

Associate Prof. Dr. **Hala Tawfiq Hasan** Main Advisor

Associate Professor at the Earthquake Structural Engineering Department, Higher Institute of Earthquake Studies and Research, University of Damascus, Syria

Dr. **Amjad Al-Helwani** Member

Lecture at the Earthquake Structural Engineering Department, Higher Institute of Earthquake Studies and Research, University of Damascus, Syria