รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาความพร้อมด้านวิชาการและแนวทางปฏิบัติด้านการออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้าง เพื่อหาแนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

A State-of-the-art Review on Seismic Hazard Assessment and Mitigation for Buildings in Thailand

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. นคร ภู่วโรดม

ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนาของวุฒิสภา

สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา

กันยายน 2549

ISBN 974-8038-45-9

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาความพร้อมด้านวิชาการและแนวทางปฏิบัติด้านการออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้าง
เพื่อหาแนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

A State-of-the-art Review on Seismic Hazard Assessment
and Mitigation for Buildings in Thailand

โดย

ผู้วิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร. นคร ภู่วโรดม

สังกัด
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะกรรมการวิจัยและพัฒนาของวุฒิสภา
สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา
กันยายน 2549
ISBN 974-8038-45-9

บทคัดย่อ

ชื่อรายงานการวิจัย	: การศึกษาความพร้อมด้านวิชาการและแนวทางปฏิบัติด้านการออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้าง เพื่อหาแนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย
ชื่อผู้วิจัย	: รองศาสตราจารย์ ดร. นคร ภู่วโรดม
ปีที่ทำการวิจัย	: 2549

เป็นที่เชื่อกันโดยทั่วไปว่าประเทศไทยปลอดจากภัยแผ่นดินไหว เนื่องจากไม่ปรากฏหลักฐานที่แสดงถึงภัยพิบัติที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวในอดีต สำหรับในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการก่อสร้างอาคารและระบบโครงสร้างพื้นฐานขึ้นมากมาย และในหลายอาคารเหล่านั้นไม่ได้มีการออกแบบให้โครงสร้างสามารถต้านทานแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นไว้อย่างเหมาะสม ในส่วนของกฎหมายที่ว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยได้มีกำหนดไว้ในกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) อย่างไรก็ตามกฎกระทรวงฉบับดังกล่าวได้ใช้มาตรฐาน Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1985 ซึ่งเป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกามาเป็นต้นแบบ ซึ่งมาตรฐานนี้ได้ถูกปรับปรุงและเปลี่ยนรูปแบบการคำนวณและรายละเอียดสำหรับการพิจารณาโครงสร้างในการต้านทานแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวไปอย่างมากในปัจจุบัน ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงสถานะความพร้อมเชิงวิชาการด้านแผ่นดินไหวของประเทศจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อการเตรียมการป้องกันภัยพิบัติอย่างเหมาะสม การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนการศึกษาและการดำเนินการด้านแผ่นดินไหว และเสนอแนวทางการป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติสำหรับประเทศไทย วิธีการศึกษาประกอบด้วยการทบทวนงานวิจัยด้านการประเมินความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวและด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวในประเทศ การพิจารณาความสมบูรณ์ของกฎหมายที่ว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยโดยศึกษากับมาตรฐานฉบับที่ทันสมัยของประเทศสหรัฐอเมริกา และเสนอแนวทางสำหรับแผนการศึกษาวิจัยเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

การทบทวนงานวิจัยด้านแผ่นดินไหวทำให้ทราบถึงหลักฐานทางประวัติศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงความเป็นไปได้ของการเกิดแผ่นดินไหวที่ร้ายแรงต่อประเทศไทย โดยมีการตรวจพบรอยเลื่อนที่มีพลังหลายแนวที่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตก นอกจากนี้ในด้านปัญหาจากแผ่นดินไหวระยะไกลพบว่า จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีพลังสูงคือ บริเวณรอยเลื่อนในประเทศพม่าและใกล้เคียง รวมทั้งแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนิเซีย ที่มีระยะทางประมาณ 400 ถึง 1000 กิโลเมตรจากกรุงเทพมหานคร สามารถส่งคลื่นแผ่นดินไหวมาถึงพื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยชั้นดินในบริเวณนี้มีคุณสมบัติที่สามารถขยายขนาดความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหวได้ประมาณ 3 ถึง 4 เท่า ซึ่งอาจเป็นระดับที่รุนแรงและสามารถสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อโครงสร้างที่ไม่ได้มีการออกแบบต้านทานแรงจากแผ่นดินไหว

ในการพิจารณากฎกระทรวงฉบับที่ 49 พบว่า กฎกระทรวงได้บังคับใช้เพียงกับอาคารบางประเภทและพื้นที่บังคับใช้ครอบคลุมเพียง 10 จังหวัดในภาคเหนือและภาคตะวันตก นอกจากนี้ขั้นตอนในการคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบยังเป็นรูปแบบที่ล้าสมัยและขาดความสมบูรณ์ ซึ่งการศึกษานี้ได้วิจารณ์และนำเสนอประเด็นที่ควรปรับปรุงกฎกระทรวงให้มีความเหมาะสมขึ้น

ในส่วนสุดท้าย การศึกษานี้ได้เสนอแผนการศึกษาวิจัยเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย โดยมีองค์ประกอบของแผนคือ การศึกษาระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้าง การศึกษาคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมแผ่นดินไหวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างสาธารณะในประเทศไทย การพัฒนามาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวและมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้าง และการศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมืองใหญ่ในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ

Abstract

Research Title	: A State-of-the-art Review on Seismic Hazard Assessment and Mitigation for Buildings in Thailand
Author	: Associate Professor Dr. Nakhorn Poovarodom
Year	: 2006

Thailand has long been considered by most people as a low seismicity country because there has never been any evident record of the devastating earthquake in history. Over the past few decades, rapid urbanization and a massive scale of building construction have taken place in the country and most buildings and structures were designed and constructed without consideration on seismic loading. The Ministerial Regulation No. 49 which was issued in 1997 is the first regulation and currently the only mean to control the building design for seismic consideration. However, this regulation was established based on the model code of the Uniform Building Code 1985 of the United State of America in which the code has been replaced by modern and more elaborate versions. Therefore, it is essential to investigate the status of the understanding in the problem of seismic hazard in Thailand for the planning, preparedness and mitigation of the disaster. The objective of this study is to review the work done on the seismic hazard assessment and mitigation for buildings in Thailand and then propose the necessary study programs for the enhancement of earthquake disaster prevention. The methodology and scope of the study consist of a review of study on seismic risk and earthquake engineering for Thailand, an investigation on the comprehensiveness of the Ministerial Regulation for earthquake resistant design of buildings by considering the recent development of the modern US codes, and a proposal for the necessary study program for the enhancement of earthquake disaster prevention for Thailand.

The review on research efforts on seismic risk indicates the historical records and scientific evidences that show the possibility of earthquake disaster. Recent preliminary investigations

reveal that there is a certain degree of seismic risks from several active faults located in the northern and western parts of the country. Moreover, from the progressive understanding of seismic risk due to long distance earthquake, in the Thailand-Burma-Indochina region and the Sumatra fault system and subduction zone, located at about 400 to 1000 km. from Bangkok, a seismic hazard assessment of Bangkok was comprehensively investigated and it was found that, the surficial deposits in Bangkok have the ability to amplify earthquake ground motions about 3 to 4 times which could lead to intense ground shaking level and devastative for non-seismically designed structures.

The Ministerial Regulation No. 49 limits enforcement on certain type of buildings and for building in only 10 provinces in the northern and western parts of the country. Moreover, the method for determination of the seismic design forces is obsolete and incomplete, and this study remarks on the deficiencies as well as recommends the subjects for improvement of the regulation.

Finally, the necessary study programs for the enhancement of earthquake disaster prevention for Thailand are proposed, which includes the comprehensive study for seismic hazard assessment for Thailand, study of the properties of buildings and infrastructures in earthquake engineering aspects, development of the modern and more rational requirements for seismic design and strengthening of structures that are fit to the specific conditions of Thailand, and the study of the impacts from earthquake in large cities from the simulation for scenario earthquakes.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาความพร้อมด้านวิชาการและแนวทางปฏิบัติด้านการออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้าง เพื่อหาแนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลือด้านคำปรึกษา ข้อมูล คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และความช่วยเหลือด้านอื่นๆ จากหลายส่วน

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เป็นหนึ่ง วานิชชัย แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อมูลที่ใช้ประกอบการศึกษานี้ ศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร. วิโรจน์ บุญญภิญโญ แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และนักวิชาการด้านแผ่นดินไหวของประเทศไทยทุกท่านที่ได้อุทิศการศึกษาวิจัยเพื่อการพัฒนาด้านวิชาการสำหรับปัญหาแผ่นดินไหวของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะอนุกรรมการด้านผลกระทบจากแผ่นดินไหวและแรงลม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

ขอขอบพระคุณ ดร. เสถียร เจริญเหรียญ แห่งสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง ที่กรุณาตอบแบบสอบถามและ ขอขอบพระคุณสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง สำหรับข้อมูลด้านกฎหมายควบคุมอาคาร

และขอขอบพระคุณ คณะกรรมการวิจัยและพัฒนาของวุฒิสภา ที่ให้ความสนใจ การสนับสนุนต่อการศึกษา และข้อเสนอแนะต่อการศึกษา รวมทั้งเจ้าหน้าที่สำนักวิชาการ กลุ่มงานวิจัยและข้อมูล สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา ที่ได้ให้การประสานงานในการดำเนินโครงการวิจัยได้อย่างดียิ่ง

นคร ภู่วโรดม

กันยายน 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
ABSTRACT	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 สภาพของปัญหา	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วัตถุประสงค์	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	5
2.1 การศึกษาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย	5
2.2 การศึกษาการขยายคลื่นของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร	6
2.3 พัฒนาการของกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงจากแผ่นดินไหว	8
2.4 การทบทวนวิทยานิพนธ์ในประเทศด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว	10
2.4.1 การศึกษาเพื่อประเมินระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวเพื่อการพัฒนามาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว	10
2.4.2 การศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว	12
2.4.3 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว	14
2.4.4 การศึกษาการประเมินกำลังต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับโครงสร้าง	16
2.4.5 การศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร	19
2.4.6 การศึกษากลไกของคลื่นแผ่นดินไหว	21

2.4.7 การศึกษาด้านแผ่นดินไหวสำหรับระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) 23
2.4.8 การศึกษาการควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างสำหรับปัญหาแผ่นดินไหว 25
2.4.9 การศึกษาด้านผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการคำนวณออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว 26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
3.1 การรวบรวม ทบทวน และศึกษาผลการดำเนินการด้านแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย 28
3.2 การศึกษาความเหมาะสมของกฎหมายด้านการออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย 29
3.3 การศึกษามาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวของประเทศสหรัฐอเมริกา 30
3.4 การเสนอแนวทางเพื่อการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย 30
บทที่ 4 แผ่นดินไหวกับประเทศไทย 32
4.1 การตรวจวัดแผ่นดินไหว 32
4.2 เหตุการณ์แผ่นดินไหวในประเทศไทย 34
4.3 ปัญหาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย 42
4.3.1 ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวขนาดกลาง 42
4.3.2 การขยายคลื่นของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร 44
4.3.3 การศึกษาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย 49
4.4 กฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงจากแผ่นดินไหว 51
4.5 โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย 56
4.6 สรุปเหตุการณ์สำคัญที่มีผลกระทบต่อการเตรียมป้องกันภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย 62
4.7 วิธีป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับโครงสร้าง 69
4.7.1 ระบบป้องกันแรงจากแผ่นดินไหว 70
4.7.2 ระบบสลายพลังงานแบบ Passive (Passive Energy Dissipation) 70

4.7.3 ระบบสลายพลังงานแบบ Semi-Active และ
ระบบสลายพลังงานแบบ Active 71

บทที่ 5 การศึกษามาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อการปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 72

5.1 การคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคาร
ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 และมาตรฐาน Uniform Building Code 1985 73

5.1.1 สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว 73

5.1.2 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน 74

5.1.3 สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงตามแนวราบ 74

5.1.4 สัมประสิทธิ์ของคาบธรรมชาติ 74

5.1.5 สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติ
ระหว่างอาคารและชั้นดิน 75

5.1.6 น้ำหนักของตัวอาคาร 76

5.2 การคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคาร
ตามมาตรฐาน Uniform Building Code 1997 76

5.2.1 การจำแนกชั้นดิน 76

5.2.2 ระบบโครงสร้างรับแรงทางด้านข้าง 77

5.2.3 การรวมผลของแรงประเภทต่าง ๆ 77

5.2.4 แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว 78

5.2.5 เงื่อนไขการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ 78

5.2.6 การคำนวณแรงเฉือนที่ฐาน 79

5.2.7 วิธีอย่างง่ายสำหรับการคำนวณแรงเฉือนที่ฐาน 82

5.3 การคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคาร
ตามมาตรฐาน International Building Code 82

5.3.1 การจำแนกชั้นดิน 82

5.3.2 สเปคตรัมผลตอบสนอง 83

5.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ตั้งอาคาร 84

5.3.4 ค่าคาบธรรมชาติของโครงสร้าง 84

5.3.5 สเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งสำหรับการออกแบบ 85
5.3.6 การจัดกลุ่มการใช้งานและความสำคัญของอาคาร 85
5.3.7 ลำดับชั้นของการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว 86
5.3.8 วิธีแรงสถิตเทียบเท่า 86
5.4 แนวทางการพัฒนามาตรฐานการออกแบบสำหรับประเทศไทย 87
บทที่ 6 แนวทางเพื่อการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย 88
6.1 กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร 88
6.2 กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) 93
6.2.1 การสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อแนวทางการปรับปรุง
กฎกระทรวงฉบับที่ 49 94
6.2.2 ร่างแก้ไขกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทาน
แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว 96
6.2.3 การวิจารณ์กฎกระทรวงฉบับที่ 49 100
6.3 แผนการศึกษาวิจัยเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย 104
6.3.1 การศึกษาระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวเพื่อใช้ใน
การออกแบบโครงสร้าง 104
6.3.2 การศึกษาคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมแผ่นดินไหวของอาคาร
และสิ่งปลูกสร้างสาธารณะในประเทศไทย 106
6.3.3 การพัฒนามาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว
และมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้าง 107
6.3.4 การศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมืองใหญ่
ในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ 109
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา 111

บรรณานุกรม 114

ภาคผนวก

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540)

ประวัติผู้เขียน

รายชื่อคณะกรรมการวิจัยและพัฒนาของวุฒิสภา

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานผลของความเสียหาย	35
4.2 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ที่เกิดในบริเวณจังหวัดต่างๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2443-7 ก.ย. 2548	40
4.3 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้จากบริเวณต่างๆนอกประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2443- 7 ก.ย. พ.ศ. 2548	41
4.4 แผ่นดินไหวขนาด 5 ริคเตอร์ ที่เคยตรวจวัดได้ในประเทศไทย	42
4.5 ตัวอย่างเหตุการณ์ความเสียหายรุนแรงจากแผ่นดินไหว ขนาดกลางที่เกิดขึ้นทั่วโลก	43
5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว	80
5.2 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งานตามมาตรฐาน UBC 1985 และ UBC 1997	81
5.3 กลุ่มการใช้งานและค่าประกอบความสำคัญของอาคาร	86

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

6.1 ขั้นตอนการออกกฎกระทรวง 90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

สืบเนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่บริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนิเซีย เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 และทำให้เกิดปรากฏการณ์สึนามิหรือคลื่นขนาดใหญ่ในทะเลอันดามัน ที่ได้ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อประเทศไทยและอีกหลายประเทศในทวีปเอเชีย ภายหลังจากเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัตินี้ ได้มีคำถามจากสาธารณะถึงความพร้อมด้านความรู้ความเข้าใจของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสาเหตุที่ขาดการเตรียมการป้องกันก่อนการเกิดภัยพิบัติเช่นนี้ โดยส่วนหนึ่งของบทเรียนที่เกิดขึ้นคือ การมิได้ให้ความสนใจกับคำเตือนของผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการ รวมทั้งการขาดความเชื่อถือต่อข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มาจากการศึกษาและวิจัยสำหรับใช้สนับสนุนสมมติฐานของความเสี่ยงภัยที่อาจเกิดขึ้น ภัยพิบัติดังกล่าวจึงถือเป็นบทเรียนที่สำคัญที่ประเทศไทยต้องให้ความสำคัญต่อการศึกษาวิจัยอย่างเป็นระบบ เพื่อเตรียมการป้องกันและบรรเทาความรุนแรงและความเสียหายจากภัยพิบัติต่าง ๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในอนาคต

1.2 สภาพของปัญหา

แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงที่สุดต่อมวลมนุษย์ เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เคยเกิดในต่างประเทศหลายครั้งได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก สำหรับประเทศไทยประชาชนทั่วไปมักมีความเชื่อว่าภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่รุนแรงเช่นนั้นจะไม่มีโอกาสเกิดขึ้นในประเทศไทย เพราะไม่เคยมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีผลกระทบรุนแรงที่เกิดขึ้นในอดีตมาก่อน เช่นเดียวกับความเชื่อก่อนการเกิดปรากฏการณ์สึนามิ อย่างไรก็ตามมีผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในด้านต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบหลักฐานทางประวัติศาสตร์ การ

ตรวจวัดด้วยเครือข่ายสถานีวัดแผ่นดินไหว รายงานการสำรวจรอยเลื่อนในเบื้องต้น งานวิจัยใหม่ ๆ ที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย รวมทั้งผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่ส่งผลชัดเจนต่อประเทศจนสร้างความตื่นตระหนกเป็นระยะๆ ข้อมูลเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงภัยเนื่องจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย กล่าวคือภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่รุนแรงนั้นมีโอกาสเกิดขึ้นได้จริงในพื้นที่บางส่วนของประเทศไทย เช่น บริเวณภาคเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีแนวรอยเลื่อนที่อาจทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดกลางประมาณ 5-6 ริคเตอร์ อันเป็นแผ่นดินไหวที่มีศักยภาพในการทำลายสูงในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว แผ่นดินไหวขนาดปานกลางดังกล่าวได้เกิดขึ้นแล้วหลายครั้ง แต่ทว่าในการเกิดที่ผ่านมาศูนย์กลางของแผ่นดินไหวมิได้อยู่ใกล้กับชุมชน จึงไม่มีรายงานความเสียหายที่เกิดขึ้น นอกจากนั้นกรุงเทพมหานครและปริมณฑลก็อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกลได้ เนื่องด้วยสภาพดินใต้กรุงเทพมหานครเป็นดินอ่อน และใต้ลงไปเป็นชั้นของดินแข็ง ซึ่งมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงสภาพดินในลักษณะนี้สามารถขยายคลื่นแผ่นดินไหวได้หลายเท่าตัว ดังนั้น จึงอาจเกิดผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในระยะไกลได้ โดยได้มีสัญญาณเตือนมาจากแผ่นดินไหวจากเกาะสุมาตราเมื่อ วันที่ 22 มกราคม 2546 และแผ่นดินไหวจากประเทศพม่า วันที่ 22 กันยายน 2546 ที่ได้สร้างความตื่นตระหนกต่อผู้ที่อยู่บนอาคารสูงในกรุงเทพมหานครและตรวจพบรอยร้าวในอาคารบางแห่งด้วย ดังนั้นการเตรียมความพร้อมเพื่อป้องกันภัยที่อาจเกิดรุนแรงขึ้นจากเหตุการณ์ในอดีตจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งยวด

ประเด็นสำคัญที่ควรให้ความสนใจอีกสิ่งหนึ่งคือ พัฒนาการความรู้ด้านแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนและยอมรับกับสิ่งที่ถูกต้องแล้วนำไปใช้ประโยชน์กับสังคมต่อไป ความรู้ด้านแผ่นดินไหวจากกลุ่มนักวิชาการได้ช่วยผลักดันให้มีการป้องกันความเสียหาย โดยออกเป็นกฎหมายควบคุมอาคารในเขตเสี่ยงภัยให้มีการออกแบบให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้ คือ กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งในระหว่างการยกร่างกฎหมายดังกล่าวได้มีความคิดเห็นในหลายมุมมองจากบุคคลกลุ่มต่าง ๆ ที่ส่วนหนึ่งไม่เห็นด้วยกับการออกกฎหมายฉบับนี้ เนื่องจากมีความเข้าใจที่ผิดว่ากฎหมายนี้จะทำให้ต้นทุนของการก่อสร้างเพิ่มขึ้นมากจนส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ และยังขาดความเชื่อมั่นต่อข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดวิธีการคำนวณแรงสำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแรงจากแผ่นดินไหว ทำให้มีการผ่อนปรนจนเสียความเหมาะสมทางหลักวิชาการไปบางส่วน เช่นการที่ไม่รวมกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเข้าในเขตที่ต้องออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวด้วย และกฎหมายนี้ครอบคลุมบังคับใช้กับอาคารบางประเภทเท่านั้น นอกจากนั้นแม้ว่ากฎกระทรวงฉบับ

ดังกล่าวได้นำสาระบางส่วนของ Uniform Building Code 1985 ซึ่งเป็นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกามาเป็นต้นแบบ แต่เป็นการนำมาเพียงบางส่วนที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เช่นนำส่วนที่ใช้สำหรับการคำนวณค่าแรงที่กระทำต่อโครงสร้างมาเท่านั้น มิได้นำส่วนของการให้รายละเอียดการเสริมเหล็กเพื่อให้โครงสร้างมีพฤติกรรมตามปรัชญาการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวมาใช้ด้วย นอกจากนี้มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ใช้ในปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนจากเดิมไปมากแล้ว เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลจากการวิจัยใหม่ ๆ เช่น การปรับรูปแบบของสูตรการคำนวณ การนิยามค่าตัวคูณประกอบต่างๆในการคำนวณที่มีความหมายทางกายภาพและมีค่าถูกต้องยิ่งขึ้น เป็นต้น ในขณะที่กฎกระทรวงฉบับดังกล่าวยังขาดความสมบูรณ์และเนื้อหายังอยู่บนพื้นฐานความรู้เมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว แม้ขณะนี้กำลังมีการดำเนินการปรับปรุงเนื้อหาบางส่วนโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย แต่ร่างปรับปรุงกฎกระทรวงดังกล่าวยังคงยึดหลักการคำนวณตาม Uniform Building Code 1985 อยู่เช่นเดิม

ในปัจจุบัน ข้อมูล หลักฐาน และผลการสำรวจวิจัยที่มีอยู่ในขณะนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อการนำไปใช้เป็นฐานในการกำหนดนโยบายหรือวางมาตรการในการดำเนินการป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับการศึกษาต่าง ๆ ดังกล่าวไม่ได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่และต่อเนื่อง และการเสนอแนวทางการดำเนินการต่อไป ก็ยังมิได้จัดให้เป็นเรื่องที่มีความสำคัญในระดับต้น ๆ ดังนั้นการเริ่มต้นศึกษาอย่างจริงจังและเป็นระบบนับจากนี้เป็นต้นไปจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวางแผน และการเตรียมการป้องกันภัยพิบัติได้อย่างเหมาะสม รวมถึงพัฒนาการความรู้ด้านแผ่นดินไหวและการนำไปใช้สำหรับประเทศไทยจำเป็นต้องมีการประมวลองค์ความรู้ เพื่อให้เข้าใจถึงสถานภาพความพร้อมของประเทศในการเตรียมรับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การดำเนินการหลักเป็นการศึกษาข้อมูลจากงานวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในประเทศและต่างประเทศที่สำคัญ

1.3.2 ศึกษาข้อมูลความพร้อมด้านวิชาการที่เป็นทางด้านงานวิศวกรรมแผ่นดินไหวเป็นหลัก

1.3.3 ศึกษาความเหมาะสมของกฎกระทรวงสำหรับการออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว เทียบกับ มาตรฐาน Uniform Building Code และมาตรฐาน International Building Code ของประเทศสหรัฐอเมริกา

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อหาแนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

1.4.2 เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านวิชาการและกฎหมายควบคุมอาคารและสิ่งก่อสร้าง

1.4.3 เพื่อศึกษาทำความเข้าใจถึงสถานภาพความพร้อมของประเทศ ในการดำเนินการที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการอาคารและสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับสาธารณะภัยแผ่นดินไหวในอนาคต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงแนวทางการที่ควรดำเนินการเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

1.5.2 ทราบถึงความเหมาะสมของแนวทางปฏิบัติด้านการออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้าง

1.5.3 เข้าใจสถานะความพร้อมทางวิชาการด้านแผ่นดินไหวของประเทศไทย

1.5.4 ทราบถึงพัฒนาการทางวิชาการด้านแผ่นดินไหวของประเทศไทย

1.5.5 ทราบตัวอย่างการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวจากบทเรียนของต่างประเทศ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การศึกษาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย

งานวิจัยที่สำคัญด้านข้อมูลแผ่นดินไหวในประเทศไทยในระยะต้นคือจากการศึกษาถึงโครงสร้างธรณีวิทยาและข้อมูลที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวโดย Nutalaya และคณะ ในปี ค.ศ. 1985 ได้แบ่งพื้นที่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 5 °N ถึง 25 °N และเส้นแวงที่ 90 °E ถึง 110 °E ซึ่งครอบคลุมแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวจำนวน 12 เขต นอกจากนั้น ยังได้รวบรวมข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ดังกล่าว ทั้งจากบันทึกทางประวัติศาสตร์ย้อนหลัง 2500 ปี และจากสถานีวัดต่าง ๆ ในช่วงระหว่าง ค.ศ. 1910 ถึง ค.ศ. 1983 ซึ่งได้เก็บบันทึกไว้โดยองค์การต่าง ๆ เช่น USGS, NOAA, ISS, UNDP, UNESCO และกรมอุตุนิยมวิทยา มาเรียบเรียงใหม่อย่างเป็นระบบ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในอดีตรวมทั้งระดับความรุนแรงและผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละเหตุการณ์

ในปี พ.ศ. 2533 ปริญญา และ ประกาศ ทำการศึกษาการคาดคะเนโอกาสในการเกิดแรงสั่นสะเทือนสูงสุดจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย และศึกษา Attenuation Model ในงานวิจัยนี้ ได้มีการเปรียบเทียบผลการคำนวณจาก Attenuation Model หลายรูปแบบกับข้อมูล PGA ในประเทศไทย คือข้อมูลที่วัดได้จากแผ่นดินไหวที่เขื่อนศรีนครินทร์ ในปี พ.ศ. 2526 และพบว่า ESTEVA Model ให้ผลที่สอดคล้องกับข้อมูล PGA ที่วัดได้ และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรอยเลื่อนกับขนาดของแผ่นดินไหว พบว่ารอยเลื่อน 9 แห่งในประเทศไทย ได้แก่ รอยเลื่อนเชียงแสน รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ รอยเลื่อนระนอง และรอยเลื่อนคลองมะรุย สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 6-7 ริคเตอร์ขึ้นได้ จึงเสนอให้ควรมีการศึกษาหาคาบอุบัติซ้ำและความเป็นไปได้ของการเคลื่อนตัวขนาดใหญ่ของรอยเลื่อนเหล่านี้ในอนาคต

ปณิธาน และ นพดล (พ.ศ. 2536) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อกำหนดเขตแผ่นดินไหวในประเทศไทยและกำหนดสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม โดยใช้พื้นฐานของอัตราเร่งสูงสุดบนผิวดิน และพิจารณาผลของแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางต่างๆ โดยมีการอิงมาตรฐานที่ทันสมัยขึ้นคือ Uniform Building Code ค.ศ. 1988 (พ.ศ. 2531) ผลการวิจัยพบว่า ประเทศไทยอาจเกิดแผ่นดินไหวขึ้นโดยมีค่า PGA ไม่เกิน 14% g (g คืออัตราเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงโลก) และนำเสนอเขตแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยขึ้นคือ เขต 1 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอัตราเร่งของพื้นบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 6% g ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.15 เขต 2 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอัตราเร่งของพื้นบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 6% g แต่ไม่เกิน 10% g ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.25 เขต 3 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอัตราเร่งของพื้นบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 10% g แต่ไม่เกิน 14% g ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.35

เป็นหนึ่ง และ อาเด (2537) ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย โดยวิเคราะห์หาระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อให้สามารถออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสม โดยทำการสร้างแบบจำลองความถี่ในการเกิดแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่วัดได้ในช่วงเวลา 80 ปี โดยมีการตรวจสอบแยกแยะข้อมูลและปรับแบบจำลองให้มีการจำกัดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวตามลักษณะธรรมชาติ และใช้ Attenuation model ของ ESTEVA model วิเคราะห์บนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็นของ CORNELL แสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นค่าอัตราเร่งสูงสุดบนพื้นดินที่มีความน่าจะเป็นเพียง 1 ใน 10 ที่จะเกิดมีค่าสูงกว่าในคาบเวลา 50 ปี แสดงเป็นเขตแผ่นดินไหวและค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยที่สอดคล้องกับรูปแบบของ Uniform Building Code ปี ค.ศ. 1991

2.2 การศึกษาการขยายคลื่นของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร

Thenhaus P.C. (1986) ได้เสนอบทความเกี่ยวกับความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานครเนื่องจากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่แม้เกิดที่ศูนย์กลางระยะไกลไปหลายร้อยกิโลเมตร ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญต่อการพิจารณาค่าการสั่นไหวของพื้นดินของกรุงเทพมหานคร คือผลการเปลี่ยนแปลงคลื่นแผ่นดินไหวในด้านองค์ประกอบของความถี่ ขนาดของแผ่นดินไหว และระยะเวลาของการเกิดแผ่นดินไหว ที่เกิดขึ้นโดยสภาพของชั้นดินที่ตั้ง โดยได้ยกตัวอย่างของเหตุการณ์ แผ่นดินไหว Michoacan, Mexico ในปี ค.ศ.

1985 และข้อมูลด้านธรณีวิทยาและประวัติศาสตร์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อกรุงเทพมหานคร และเสนอข้อสังเกตว่า ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่สำคัญที่สุดสำหรับกรุงเทพมหานครมาจากแผ่นดินไหวระยะไกล สภาพชั้นดินของกรุงเทพมหานครเป็นชั้นดินอ่อนหนา ดังนั้น แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีคาบในการสั่นไหวค่อนข้างยาวที่จะส่งผลกระทบมากต่ออาคารสูง

Ashford et al. (1996) ทำการศึกษาคุณสมบัติของดินกรุงเทพมหานครจากตัวอย่างจาก 9 แหล่งในพื้นที่ เพื่อศึกษาความสามารถในการขยายคลื่นแผ่นดินไหวของชั้นดินนี้ โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองสภาพชั้นดินโดยทั่วไปของกรุงเทพมหานคร และแบบจำลองสำหรับความเร็วเฉือน (Shear Wave Velocity) ของชั้นดินนั้น โดยเริ่มจากคำนวณความเร็วเฉือนจากค่าคุณสมบัติของชั้นดิน 9 แหล่ง ด้วยความสัมพันธ์เชิง Empirical ที่เกี่ยวข้องแบบต่าง ๆ แล้วเปรียบเทียบกับผลการทดสอบด้วยวิธี Downhole จากแหล่งสำรวจ 4 แห่ง ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องเป็นอย่างดีระหว่างการคำนวณกับการทดสอบ และค่าความเร็วเฉือนที่ได้จากการศึกษามีค่าต่ำมากสำหรับชั้นดินอ่อนกรุงเทพ โดยมีค่าประมาณ 60-100 เมตรต่อวินาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีค่าใกล้เคียงกับค่าของชั้นดินที่กรุงเม็กซิโกซิตี้ ผลการศึกษาด้านการขยายคลื่นแผ่นดินไหวพบว่ามีความสามารถในการขยายขนาดคลื่นได้ประมาณ 3-6 เท่า ผลการศึกษาที่แสดงในรูปของสเปคตรัมของอัตราเร่งของพื้นดินแสดงให้เห็นถึงการขยายคลื่นที่มีผลชัดเจนในช่วงคาบการสั่นของชั้นหินต้นกำเนิดแผ่นดินไหว และที่สำคัญคือการขยายที่เด่นชัดที่สุดบริเวณค่าคาบธรรมชาติของดินอ่อนในกรุงเทพมหานครที่มีค่าประมาณ 1 วินาที

Warnitchai et al. (2000) ทำการวิจัยความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานครต่อแผ่นดินไหวระยะไกล โดยมีการศึกษาประกอบด้วย (1) การสร้างแบบจำลองการศึกษาสำหรับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในบริเวณ ไทย-พม่า-อินโดจีน (2) การสร้าง Attenuation model (แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณหาความรุนแรงจากแผ่นดินไหวในรูปของค่าอัตราเร่งสูงสุด ณ ตำแหน่งที่สนใจที่แปรตามขนาดของแผ่นดินไหวนั้นๆ และมีการลดทอนความแรงตามระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง) (3) การศึกษาความน่าจะเป็นที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่อาจทำให้เกิดแผ่นดินไหวต่อกรุงเทพมหานคร และ (4) วิเคราะห์ผลตอบสนองด้านแผ่นดินไหวสำหรับดินในกรุงเทพมหานครเพื่อประเมินกำลังการขยายคลื่นและทำนายค่าการเคลื่อนที่ของพื้นดินของกรุงเทพมหานครเนื่องจากแผ่นดินไหว ผลการศึกษาชี้ว่าชั้นดินใต้กรุงเทพมหานครมีความสามารถที่จะขยายคลื่นแผ่นดินไหวได้ประมาณ 3-4 เท่า คลื่นแผ่นดินไหวที่ถูก

ขยายจะมีลักษณะสุ่มที่มีองค์ประกอบความถี่ในช่วงแคบ (narrow band random motion) โดยมีคาบการสั่นไหวที่เด่นประมาณ 1 วินาที

นคร มานะ และ เป็นหนึ่ง (2548) ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร ด้วยวิธีการตรวจวัดการสั่นไหวตามธรรมชาติ (Ambient Vibration) และวิเคราะห์ผลตอบสนองด้วยวิธีทาง Frequency Domain ของอาคารทั้งหมด 50 หลัง ที่มีความสูงประมาณ 20 ถึง 210 เมตร และจำนวนชั้น 5 ถึง 54 ชั้น ผลการวิจัยได้แสดงข้อมูลคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ประกอบด้วย คาบธรรมชาติ อัตราส่วนความหน่วง และรูปร่างการสั่นไหว เพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินไหวและการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหวต่อไปในอนาคต งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรประมาณค่าคาบธรรมชาติจากข้อมูลการตรวจวัดด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว Uniform Building Code 1997 และผลการตรวจวัดอาคารจากต่างประเทศ ผลการศึกษาพบว่าค่าคาบธรรมชาติของรูปแบบการสั่นไหวที่ 1 ของอาคารสูงปานกลางประมาณ 10-20 ชั้น และค่าคาบธรรมชาติของรูปแบบการสั่นไหวที่ 2 ของอาคารสูงประมาณ 30 ชั้นขึ้นไป มีค่าใกล้กับค่าคาบที่ชั้นดินในกรุงเทพมหานครขยายขนาดคลื่นได้รุนแรง หรือประมาณ 1 วินาที ซึ่งสามารถทำให้กลุ่มอาคารเหล่านี้เกิดการโยกตัวอย่างรุนแรงด้วยการสั่นพ้องจากแผ่นดินไหวที่มีการขยายตัวของคลื่นได้ และเป็นการอธิบายผลกระทบของแผ่นดินไหวระยะไกลที่มีผลเด่นชัดต่ออาคารเหล่านี้ได้

2.3 พัฒนาการของกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงจากแผ่นดินไหว

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบถึงกรุงเทพมหานครหลายครั้งในช่วงปี พ.ศ. 2518 ถึง พ.ศ. 2526 ผลของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ควบคู่กับการขยายตัวเมืองใหญ่ในประเทศ ทำให้คณะกรรมการควบคุมอาคาร กรมโยธาธิการ มีคำสั่งแต่งตั้งคณะอนุกรรมการยกร่างกฎกระทรวงเกี่ยวกับแผ่นดินไหวเมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยในช่วงต้น ดร. สิริลักขณ์ จันทรางศุ ประธานคณะกรรมการในการร่างกฎกระทรวงว่าด้วยแรงแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย ได้เสนอร่างขึ้น (สิริลักขณ์ พ.ศ. 2529) โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน Uniform Building Code ค.ศ. 1982 (พ.ศ. 2525) ของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นต้นแบบ

คณะกรรมการควบคุมอาคาร กรมโยธาธิการ ในฐานะหน่วยงานที่มีความรับผิดชอบโดยตรงสำหรับกฎกระทรวงฉบับนี้ ได้แต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณายกร่างกฎกระทรวงและวางข้อกำหนดเกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรงของอาคารในการต้านแรงแผ่นดินไหว ซึ่งได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งเสนอให้คณะรัฐมนตรีพิจารณาเมื่อกลางปี 2530 ซึ่งคณะรัฐมนตรีได้พิจารณาแล้ว มีมติให้กระทรวงมหาดไทยนำกลับไปพิจารณาทบทวน โดยมิได้ให้รายละเอียดว่าจะให้ทบทวนในประเด็นใดบ้าง (สมศักดิ์ 2540)

ในระหว่าง พ.ศ. 2530-2532 คณะกรรมการควบคุมอาคารได้มีการประชุมพิจารณาทบทวนร่างกฎกระทรวงแผ่นดินไหวหลายครั้ง แต่กรรมการฯมีความเห็นแบ่งแยกเป็นสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่ง เห็นว่ามีความจำเป็นต้องมีกฎกระทรวงฯ เพื่อปกป้องชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน อีกฝ่ายหนึ่ง เห็นว่ายังไม่มีความจำเป็นต้องมีกฎกระทรวงฯ เนื่องจากแผ่นดินไหวมีขนาดเล็กและนานๆจะเกิดขึ้นสักครั้งหนึ่ง เมื่อไม่สามารถหาข้อยุติได้ คณะกรรมการควบคุมอาคารจึงมีมติเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2533 ให้แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเป็นอนุกรรมการฯเพิ่มเติม กับให้สอบถามความเห็นเกี่ยวกับร่างกฎกระทรวงฯนี้จากสถาบันและหน่วยราชการต่างๆ ได้ส่งข้อมูลและความเห็นกลับมาเป็นจำนวนมากแต่ก็ยังไม่สามารถสรุปเป็นข้อยุติได้ วรศักดิ์ (2534)

คณะกรรมการร่างกฎกระทรวงได้พิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงและปรับร่างกฎกระทรวงแล้ว เปิดโอกาสให้ผู้เกี่ยวข้องทั่วไปได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในรูปของ Public Hearing วรศักดิ์ (2535) โดยพิจารณาผลการวิจัยส่วนหนึ่งของ ปณิธาน และ นพดล (พ.ศ. 2536) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อกำหนดเขตแผ่นดินไหวในประเทศไทยและกำหนดสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม

กรมโยธาธิการได้ปรับปรุงร่างกฎกระทรวงใหม่ และดำเนินการจนได้รับความเห็นชอบจากกระทรวงมหาดไทย เสนอให้คณะรัฐมนตรีพิจารณาเห็นชอบในหลักการตามที่กระทรวงมหาดไทยเสนอ แล้วส่งร่างให้สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาตรวจสอบ เมื่อผ่านการตรวจสอบแล้ว จึงแจ้งให้คณะรัฐมนตรีทราบและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยลงนาม และประกาศใช้ในราชกิจจานุเบกษา เป็นกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2540

2.4 การทบทวนวิทยานิพนธ์ในประเทศด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว

งานวิทยานิพนธ์ในประเทศที่ทำการศึกษาด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวที่รวบรวมได้ในงานวิจัยนี้ จำแนกเป็นหมวดหมู่เป็นกลุ่มที่เกี่ยวข้องในเรื่องหลัก ดังนี้

2.4.1 การศึกษาเพื่อประเมินระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวเพื่อการพัฒนามาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ปรารถนา บุญชาญ (2547) ทำการรวบรวมคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในจังหวัดภาคเหนือของประเทศไทยจากการเก็บข้อมูลโดยเครื่องมือตรวจวัดของสำนักงานแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา และวิเคราะห์คุณสมบัติที่จำเป็นทางด้านวิศวกรรม คือ ค่าความเร็วสูงสุดของพื้น ค่าความเร่งสูงสุดของพื้น และค่าคาบประกอบที่มีผลชัดเจน (Predominant Period)

สมภพ สิงหติราช (2543) ทำการศึกษามาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเพื่อรับแรงแผ่นดินไหวที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย โดยศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐานการออกแบบของ Uniform Building Code 1997, New Zealand Concrete Structures Standard NZS 3101: 1995, และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

ธนากร จงวิลาสลักษณ์ (2540) ศึกษาแบบจำลองสำหรับแรงลมและแรงแผ่นดินไหวสำหรับพระราชบัญญัติควบคุมอาคารในประเทศไทย เพื่อเสนอแนะวิธีการคำนวณแรงสถิตเทียบเท่าในการออกแบบอาคารต้านทานแรงลมและแรงแผ่นดินไหว โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมและความเร่งแผ่นดินไหวที่มีอยู่ในประเทศไทย

นพดล คูหาทัสนะดีกุล (2539) ใช้ข้อมูลความเร่งแผ่นดินไหวที่มีอยู่ในประเทศไทยและวิธีทางสถิติเสนอระดับชั้นความรุนแรงของค่าความเร่งแผ่นดินไหว สร้างเป็นสเปกตรัมการตอบสนองในช่วงอินอิลาสติกสำหรับออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศไทย

Kamrujjaman Serker (2004) ศึกษาการประเมินค่าความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวและ แผนการที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาผลของแผ่นดินไหว ด้วยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงจาก Landsat7 ETM+ และ QuickBird สำหรับทำรายการที่อยู่อาศัยและโครงสร้างพื้นฐานด้วยการพิจารณา spectral, spatial characteristic และ shape properties โครงการที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวสามารถใช้การศึกษาของแผนที่การพังทลายของอาคารได้ในพื้นที่ที่ศึกษา

Tuladhar (2002) ศึกษาจัดทำแผนที่ seismic microzonation ของกรุงเทพฯและปริมณฑล โดยใช้การตรวจวัดการสั่นสะเทือนระดับเล็กของผิวดินที่เรียกว่า microtremor technique โดยทำการตรวจวัดกว่า 150 ตำแหน่งในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และทำการคำนวณแบบเชิงเส้นเทียบเท่าจากข้อมูลชั้นดินด้วยโปรแกรม SHAKE91 เพื่อการเปรียบเทียบ ผลการศึกษาที่ในช่วงพื้นที่ lower-central ของกรุงเทพฯและชานเมืองอยู่บนชั้นดินอ่อนหนา มีช่วงคาบธรรมชาติยาว ซึ่งคาบธรรมชาตินี้จะมีค่าลดลงที่ขอบของพื้นที่ราบลุ่มนี้ และพบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการสั่นสะเทือนของดินในช่วงคาบยาวจากแผ่นดินไหวระยะไกล ซึ่งจะมีผลอย่างรุนแรงกับโครงสร้างโดยเฉพาะที่มีคาบธรรมชาติยาว เช่น อาคารสูง , สะพานช่วงยาว จากผลการศึกษานี้สามารถคาดได้ว่าจะนำไปใช้ในการจัดทำรายละเอียดการประเมินอันตรายจากแผ่นดินไหวของกรุงเทพฯ

Sangarayakul (1997) ศึกษาเสนอ smooth yield strength demand spectra สำหรับอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดเล็ก และอาคารเหล็กในกรุงเทพฯ ที่ได้จากการเปรียบเทียบวิธีการหา spectra ดังกล่าวจากวิธี conventional-ductility inelastic response spectra(IRS) และ วิธี constant-damage IRS จากผลการศึกษาพบว่า วิธี constant-damage IRS ที่รวมผลของ repeated cyclic loading มีความน่าเชื่อถือและปลอดภัยกว่า วิธี conventional-ductility inelastic response spectra(IRS) มีการเสนอsmooth yield strength demand spectra สำหรับอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็ก และอาคารเหล็ก และคาดหมายว่า spectra ดังกล่าวจะได้นำไปใช้ในการออกแบบอาคารในกรุงเทพฯ

Lisantono (1994) ทำการสร้างแผนที่โซนแผ่นดินไหว สร้างความสัมพันธ์ ของขนาดและการเกิดซ้ำ, สร้างแบบจำลองของการอ่อนไหวของแผ่นดินไหวในพื้นที่ภายใต้การพิจารณา, นำวิธีทางความน่าจะเป็นสำหรับการประมาณตัวแปรของ ground motion

Santoso (1982) ศึกษาที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย หลายแผนที่ของแผ่นดินไหวจัดทำขึ้นจากข้อมูลแผ่นดินไหวและข้อมูลทางธรณีวิทยา สามารถแบ่งประเทศได้เป็น 4 ส่วน ภาคเหนือจัดเป็น active zone ,ภาคตะวันตกจัดเป็น potentially active ภาคตะวันออกและภาคใต้จัดเป็น stable zone กรุงเทพฯ จัดอยู่ในส่วนที่มีอันตรายน้อยจากแผ่นดินไหว การวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยของกรุงเทพฯ ให้ความเป็นไปได้ที่น้อยสำหรับการเกิดแผ่นดินไหว

2.4.2 การศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว

สำเนียง องสุพันธ์กุล (2538) ทำการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารสูงรับแรงกระทำทางข้างโดยวิธีประมาณ โดยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยสมมุติฐานของการโก่งตัวของเสาและกำแพง และเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณโดยวิธีไฟไนท์เอลิเมนท์

กรุง อังคนาพร (2535) ศึกษาผลของการตอบสนองต่อแผ่นดินไหวของอาคารในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและโดยรอบ เพื่อหาค่าความเร่งสูงสุดที่ผิวดิน สเปคตรัมการตอบสนองของความเร่งสำหรับการออกแบบ ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว และค่าอัตราส่วนความเหนียวที่เหมาะสมสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

สมชาย สุนทรวีระ (2534) ศึกษาผลตอบสนองของอาคารต่อแผ่นดินไหวในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณจาก วิธีค่าสูงสุดของการตอบสนอง (Response spectrum) วิธีอินติเกรตตรง และวิธีแรงสถิตศาสตร์เทียบเท่า

วิชัย กาญจนการุณ (2529) ศึกษาผลของแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างอาคารในบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยสร้างคลื่นแผนดินไหวจำลองและหาผลตอบสนองของอาคารภายใต้แรงจากแผ่นดินไหวเพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการกำหนดแรงสำหรับการออกแบบที่เหมาะสม

C. Mission (2005) ศึกษาวิธีการประเมินค่าผลของฐานรากยืดหยุ่นในการตอบสนองต่อแผ่นดินไหวของอาคาร 9 และ 15 ชั้น ด้วยการใช้แบบจำลองผลระหว่างดินกับเสาเข็ม กับหลายแรงกระตุ้นแผ่นดินไหวที่ฐานราก ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองดังกล่าวเปรียบเทียบกับฐานรากแบบยึดแน่น

ผลการศึกษาแสดงถึงว่าฐานรากยืดหยุ่นมีผลในการเพิ่มคาบธรรมชาติของอาคารและทำให้เกิดการเปลี่ยนของรูปร่างการสั่นไหว แต่ไม่ปรากฏแนวโน้มชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงแรงเฉือนและโมเมนต์ที่ฐานอาคาร อย่างไรก็ตาม ผลระหว่าง soil-pile-structure มีผลอย่างสำคัญกับการตอบสนองของโครงสร้าง และควรพิจารณาในการออกแบบ

Kung-Yuan (1994) เสนอการกระจายแรงตามแนวราบของแรงแผ่นดินไหวตามความสูงของระยะร่นของโครงสร้างอาคาร โครงสร้าง 32 ระยะร่นที่มีความแตกต่างทางการกระจายของมวลและ stiffness นำมาทำการคำนวณ เนื่องจากระยะร่นของอาคาร เปรียบเทียบผลการคำนวณจาก UBC1991 และ NEHRP1998 กับวิธีการที่เสนอ ผลการศึกษาแสดงว่าวิธีการที่เสนอสามารถใช้ในการออกแบบเบื้องต้นได้

Min-Shay (1991) ศึกษาการตอบสนองของโครงสร้างที่ asymmetric plan หลายชั้น ต่อแรงแผ่นดินไหวที่ทำให้เกิด torsion ในแนวราบ การตอบสนองของอาคารมีอิทธิพลมาจากคุณสมบัติของดิน โดยเฉพาะถ้าเป็นดินอ่อน ผลของ foundation interaction ด้วย

Traitruengtatsana (1984) ศึกษาหาค่าความปลอดภัยของอาคารสูงที่ออกแบบทั่วไป ภายใต้แรงแผ่นดินไหวขนาดปานกลาง อาคารสูงแรกถูกออกแบบปราศจากข้อกำหนดความปลอดภัยทางแผ่นดินไหว ต่อมาออกแบบอาคารสำหรับแผ่นดินไหว 2 คลื่น คือ EL Centro 1934 และ simulate magnitude ขนาด 5.6 ริคเตอร์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากบันทึกรอบ 77 ปีของการเกิดแผ่นดินไหวของกรุงเทพฯ ผลการศึกษาแสดงว่า ข้อกำหนดการออกแบบมีความเหมาะสมและประหยัดสำหรับพื้นที่กรุงเทพฯ

Yong-Ho (1983) ศึกษาพฤติกรรมของอาคารที่สร้างจากวัสดุที่แตกต่างเนื่องจากแผ่นดินไหว วัสดุที่ศึกษาได้แก่ คอนกรีต, คอนกรีตมวลเบา และ เหล็ก ใช้การวิเคราะห์ nonlinear ด้วยโปรแกรม DRAIN-2D ผลการศึกษาแสดงว่า อาคารคอนกรีตและคอนกรีตมวลเบา มีพฤติกรรมทางพลศาสตร์ทำนองเดียวกัน ซึ่งจะมีการเกิดจุดหมุนพลาสติกในชิ้นส่วนเดียวกัน ในขณะที่อาคารเหล็กยังอยู่ในช่วง elastic สามารถที่จะสรุปได้ว่า อาคารเหล็กมีความสามารถที่ดีในการต้านทานแผ่นดินไหว และเหล็กเป็นวัสดุที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีแผ่นดินไหวรุนแรง

Satkunarajah (1976) ในศึกษานี้ เสนอผลของ rotary inertia ของกำแพงรับแรงเฉือน และพื้นอาคาร ต่อการตอบสนองของอาคารสูง ผลการศึกษาพบว่า จากสมมติฐานที่ว่า rigidity connection ระหว่าง กำแพงรับแรงเฉือนและพื้นเป็นแบบสมบูรณ์ rotary inertia ของอาคารทำให้เกิดผลมากทั้งอาคารสูงและ อาคารเตี้ย และการรวม rotary inertia ของกำแพงรับแรงเฉือนให้ผลที่น้อยกว่ากับอาคารสูง และแทบจะ ไม่มีผลกับอาคารเตี้ย

Kwok-Ping (1975) ศึกษาการตอบสนองของ multi-flue stack ต่อแผ่นดินไหว ปล่องควันที่ทำการ วิเคราะห์มีความสูง 242 เมตร และเป็น คอนกรีตเสริมเหล็ก การตอบสนองของโครงสร้างประเภทนี้ ขึ้น อย่างมากกับ อัตราส่วนความหน่วง ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม การเปรียบเทียบการตอบสนองใน กรณี rubber bearing และ rigid bearing , rubber bearing ลดความถี่ธรรมชาติ, maximum shear force และ bending moment ที่ขอบนอกของปล่อง ประมาณ 50% ของ rigid bearing

Srimahachota (1973)ศึกษา ผลของ strain hardening ต่อการตอบสนองของโครงสร้างต่อ แผ่นดินไหวโดยการทำให้เป็นระบบ single degree of freedom จากการศึกษาพบว่า inelastic behavior มีประสิทธิผลอย่างมากในการลดการตอบสนอง สำหรับกรณีที่ไม่มีความหน่วง ในทำนองเดียวกับผล ของความหน่วงที่มีต่อการตอบสนองของ elastic system

2.4.3 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว

Duc Chuyen (2004) ทดสอบและวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนเอลิเมนต์ ของจุดต่อคานเสา 4 ชิ้นตัวอย่าง ที่ เป็นตัวแทนของจุดต่อคานเสาของอาคารสูงปานกลางที่ไม่ได้ออกแบบเพื่อรับแผ่นดินไหว เปรียบเทียบ ผลการวิเคราะห์กับการทดสอบ ในรูปของ hysteresis loop, deformation และ crack pattern ความ สอดคล้องระหว่างผลการวิเคราะห์และผลการทดสอบอยู่ในระดับดี ศึกษาแบบจำลองการถ่ายแรงเฉือน ที่จุดต่อเสา-คาน และพบว่าแบบจำลองของ Shiohara เหมาะสมกับจุดต่อแบบนี้

Cheejaroen (2004) ศึกษาทดสอบ quasi-static cyclic loading สำหรับชิ้นส่วนที่จำรอยจุดต่อคาน-เสา โดยออกแบบจุดต่อตามตัวอย่างจริงที่รวบรวมจากแบบก่อสร้าง และจำแนกเป็น 3 ตัวอย่างที่เป็น ตัวแทนอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็กสูงปานกลาง จากการทดสอบแสดงว่า ถ้า bond condition ทั่วบริเวณ

จุดต่อภายในดีมาก การวิบัติแบบ joint shear failure จะเปลี่ยนไปเป็นแบบ ductile flexural failure ในคาน อย่างไรก็ตาม เกือบทุกชิ้นส่วนวิบัติจาก joint shear failure mode เนื่องจากการเกิด การ slip ของเหล็กเสริมและการลดลงของแรงยึดหน่วงเป็นสาเหตุสำคัญ ในขณะที่แรงอัดในแนวทแยงเป็นสาเหตุของการเกิดรอยแตกทแยงของจุดต่อ

Pongpornsup (2003) ทำการทดสอบแบบ quasi-static cyclic loading ของจุดต่อของ post-tension flat slab เพื่อที่จะหาว่าโครงสร้างประเภทนี้มีพฤติกรรมอย่างไรภายใต้ cyclic loading ชิ้นส่วนที่ทดสอบเลือกจากตัวแทนของ post-tensioned flat slab-column ที่มีการออกแบบในอาคารสูงปานกลางของกรุงเทพฯ ผลการทดสอบเกิด การวิบัติแบบเฉือนทะลุเกิดหลังจาก 2% drift ภายใต้น้ำหนักการใช้งานปกติ โดยมีค่าน้ำหนักสูงสุด คือ 104.95 kN และคำนวณกำลังของจุดต่อคาน-เสา โดยวิธีที่แสดงใน ATC 318-95

Tien Thinh (2003) ศึกษาทดสอบ quasi-static cyclic loading สำหรับชิ้นส่วน beam-column assemblage ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญในการต้านแผ่นดินไหว ทำศึกษากับตัวอย่างจุดต่อที่เป็นตัวแทนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูงปานกลาง จากการทดสอบแสดงถึงการวิบัติแบบเปราะซึ่งรวมถึง joint shear failure และ bond deterioration ของเหล็กเสริมตามยาว กำลังต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวที่ไม่เพียงพอแสดงด้วยความสัมพันธ์ของแรงกับระยะการเคลื่อนที่ทางข้าง (drift) ความแข็งแรงของชิ้นส่วนลดลงมากกว่า 25% ของความต้านทานสูงสุดที่ 2.5% drift และลดลงประมาณ 50% ที่ 6% drift กำลังต้านทานสูงสุดเกิดที่ประมาณ 1.75% drift

Worakanchana (2002) ศึกษาทดสอบ quasi-static cyclic loading สำหรับชิ้นส่วนเสาต่อการต่อทาบเหล็กเสริมในเสา เพื่อพิจารณาว่าเสามีพฤติกรรมอย่างไรภายใต้ cyclic loading ทำศึกษากับ 6 ตัวอย่างจุดต่อที่เป็นตัวแทนอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็กสูงปานกลาง จากการทดสอบแสดงถึง brittle failure mode แข็งแรงของชิ้นส่วนลดลงมากกว่า 20% ของความต้านทานสูงสุดที่ 2% drift และลดลงเป็น30-40% ที่ 5% drift ความแข็งแรงสูงสุดเกิดที่ 1.1-1.4% drift ชิ้นส่วนที่มีการปรับรายละเอียดมีความแข็งแรงและ drift ที่สูงขึ้น ยกเว้นแต่ ductility

2.4.4 การศึกษาการประเมินกำลังต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับโครงสร้าง

นรเทพ ชูพูล (2547) ศึกษาการประเมินการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยคำนึงถึงรายละเอียดจุดต่อเสา-คาน พิจารณาอาคารที่ไม่ได้มีการออกแบบเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยวิธี Nonlinear static pushover analysis รวมถึงประเมินระดับความปลอดภัยของอาคารนั้นๆ ภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดที่พื้นดิน ตลอดทั้งศึกษาผลการการปรับปรุงอาคารอย่างง่ายเพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวอยู่ในระดับที่เหมาะสม

ณัฐวุฒิ อินทบุตร (2546) ได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ ประเมิน ปรับปรุงความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทแผ่นพื้นไร้คาน ที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยการจัดทำแบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของอาคารได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาผลของ กำแพงอิฐก่อ และระบบฐานราก และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Nonlinear static pushover

นัทธสม อินทรกำแหง (2546) วิเคราะห์ผลตอบสนองแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีผลักด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร และเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์และการวิเคราะห์ผลักด้านข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียว

พิพัฒน์ อิ่มอาบ (2545) ได้ศึกษาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ ประเมิน ปรับปรุงความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสา-คาน ที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยการจัดทำแบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของอาคารได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาผลของ P-Delta Rigid zone และกำแพงอิฐก่อ และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Nonlinear static pushover

ธานินทร์ เจียรักสุวรรณ (2544) ศึกษาการเพิ่มความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารเรียนคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยการวิเคราะห์พฤติกรรมแบบอินอีลาสติกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการตรวจสอบความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารตัวอย่างและเสนอแนวทางการเสริมกำลังสำหรับอาคารเดิม และแนวทางสำหรับการออกแบบอาคารใหม่

ภัทรายุส ไวจรรยา (2542) ศึกษาความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีความเหนียว หรืออาคารที่ไม่ได้ออกแบบรับแรงแผ่นดินไหว ภายใต้แผ่นดินไหวระยะไกล และได้ศึกษาพฤติกรรมของอาคารดังกล่าวเมื่อติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าไว้ที่ชั้นบน

Norachan (2005) ศึกษาการปรับปรุงการออกแบบโครงสร้าง ในด้านประสิทธิภาพที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวของจุดต่อภายในระหว่างเสาและคาน ของอาคารที่สูงปานกลางในประเทศไทย ศึกษาการให้รายละเอียดเหล็กเสริมของจุดต่อจำนวน 3 แบบ ผลการทดสอบแสดงถึงลักษณะการวิบัติขึ้นอยู่กับรายละเอียดเหล็กเสริม และวิจารณ์ความเหมาะสมจุดต่อภายในของอาคารที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวต่ำถึงปานกลาง

Rajbhandary (2005) ศึกษาลักษณะและความสามารถในการต้านทานการพังทลายของจุดต่อคานและเสา ของโครงสร้างที่ออกแบบเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งเท่านั้น โดยใช้วิธี nonlinear static (pushover) สำหรับการวิเคราะห์ และโปรแกรมที่ใช้ศึกษา คือ OpenSees การศึกษาต้องทำการวิเคราะห์โครงสร้างที่ออกแบบจากน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง การเกิดของ กลไกการวิบัติในกรณีศึกษาของอาคารที่ใช้จุดต่อคานเสาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง rigid end offset มีการวิเคราะห์ผลของการลดลงของแรงยึดหน่วงและการเลื่อนของเหล็กเสริมในแกนของจุดต่อ ผลการวิเคราะห์ เกิดกลไกการวิบัติแบบต่อเนื่อง และชนิดของกลไกการวิบัติ ซึ่งเกิดกับโครงสร้างที่ออกแบบรับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง

Acharya (2004) ใช้วิธี Nonlinear static (pushover) ในการประเมินกำลังของโครงสร้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวโดยศึกษาวิธีการวิเคราะห์แบบ Modal Pushover Analysis (MPA) ที่พิจารณาผลของรูปแบบการสั่นไหวลำดับสูงด้วย โดยศึกษากับแบบจำลองอาคารสูง 40 ชั้นที่มีกำแพง ศึกษาถึงสมมุติฐานที่ใช้ในวิธี MPA พบว่าวิธีนี้ให้คำตอบที่ถูกต้องสำหรับกรณีที่ความเร่งพื้นดินมีค่าสูงสุดประจำโหมดที่เวลาแตกต่างกัน

Hong Tam (2003) ศึกษาความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดแผ่นพื้นไร้คาน ที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหว ตามข้อแนะนำของ ATC-40 และFEMA-273/274 โดยวิธี Nonlinear static pushover โดยพิจารณาผลของ กำแพงอิฐก่อ และระบบฐานราก

แสดงผลในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเคลื่อนตัวด้านข้างของยอดอาคารหรือเรียกว่า Capacity curve การประเมินใช้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 9 และ 15 ชั้น พบว่าอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดแผ่นพื้นไร้คานมีค่าความสามารถรับแรงด้านข้าง และค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของยอดอาคาร ต่ำกว่าอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดเสา-คาน การวิบัติแบบแรงเฉือนเจาะทะลุจะเกิดที่จุดต่อพื้น-เสาภายในของอาคาร และยังพบอีกว่ากำแพงรับแรงเฉือนจะช่วยเพิ่มค่าความสามารถรับแรงด้านข้าง และค่าการโก่งตัวด้านข้างให้กับอาคารอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ยังพบว่าจุดต่อพื้น-เสาภายนอกเป็นจุดที่อ่อนแอที่สุดของอาคาร

Phatiwet (2002) ประเมินความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสา-คาน ที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยการจัดทำแบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของอาคารได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาผลของ Rigid zone รายละเอียดการเสริมเหล็กบริเวณจุดต่อเสา-คาน ได้แก่ การไม่เสริมเหล็กปลอกในจุดต่อ ระยะทาบในเสาบริเวณจุดต่อมีค่า 24db และระยะฝังของเหล็กล่างบริเวณจุดต่อมีค่า 15 ซม. และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Nonlinear static pushover ตามข้อแนะนำของ ATC-40 และ FEMA -273/274 แสดงผลในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเคลื่อนตัวด้านข้างของยอดอาคาร การประเมินใช้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 9 ชั้น เป็นอาคารพักอาศัยในกรุงเทพฯ พบว่า Rigid zone จะเพิ่มกำลังต้านทานแรงด้านข้างของอาคาร และกรณีไม่เสริมเหล็กปลอกในจุดต่อเสา-คาน เป็นกรณีที่มีผลต่อความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารมากที่สุด

Kiattivisanchai (2001) ประเมินความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กประเภทเสา-คาน ที่ไม่ได้ออกแบบให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยการจัดทำแบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของอาคารได้อย่างถูกต้องโดยพิจารณาผลของ P-Delta กำแพงอิฐก่อ และระบบฐานราก และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Nonlinear static pushover แสดงผลในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเคลื่อนตัวด้านข้างของยอดอาคารหรือเรียกว่า Capacity curve ท้ายสุดในการประเมินได้เสนอการประเมินอาคารโดยวิธี Capacity spectrum ที่อัตราส่วนความเหนียว 1 2 3 และ 4 ภายใต้การพิจารณาคลื่นแผ่นดินไหว Takeda ที่แปลงขนาดของการสั่นไหวให้เหมาะสมกับขนาดการสั่นไหวของกรุงเทพฯที่คาบการเกิดซ้ำประมาณ 100

500 1,000 และ 2,500 ปี พร้อมทั้งเสนอแนวทางปรับปรุงอาคารให้มีความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหว

Attanayake (2001) ศึกษาการประเมินค่าแผ่นดินไหวของอาคารพาณิชย์เตี้ย ด้วยวิธี capacity spectrum(CSM) ที่แนะนำไว้ใน ATC-40 จำลองพฤติกรรมจริงของอาคารระหว่างที่มีการเคลื่อนตัวของดิน, nonlinear FEM รวมผลของฐานราก,กำแพงก่ออิฐ และลักษณะของสถานที่ก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่าอาคารมี brittle failure และ low seismic capacity นอกจากนี้ การวิเคราะห์พบว่า มีลักษณะอ่อนไหวต่อแผ่นดินไหว ความมีประสิทธิผลของแบบจำลอง 3 มิติของอาคารขึ้นอยู่กับความไม่สม่ำเสมอของ strength และ stiffness, ความแข็งแรงของโครงสร้างเหนือดินจำกัดด้วยระบบฐานรากที่ไม่ดี

Tangsaereemankong (1998) ศึกษาการ overstrength ของอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็ก สูง 3,5,7 และ 9 ชั้นที่ตั้งอยู่ในโซน 1,2A,2B ที่ออกแบบตาม UBC1994 ด้วยวิธี nonlinear pushover analysis รวมถึงการทำ design modification เพื่อป้องกันการเกิด undesired mechanism failure ผลการศึกษาการทำ design modification แสดงถึงความสามารถในการรับ overstrength เนื่องจากแผ่นดินไหว

2.4.5 การศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร

มานะ จันทะสด (2546) ทำการการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร โดยวิธีการตรวจวัดจากอาคารจริง และรวมกับผลการตรวจวัดที่ทำโดยการศึกษาก่อนหน้านั้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยด้านผลกระทบจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารต่อไป ผลการศึกษาแสดงข้อมูลพื้นฐานสำหรับคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ ได้แก่ ค่าคาบธรรมชาติ อัตราส่วนความหน่วง และรูปร่างการสั่นไหวของอาคารจำนวน 50 แห่ง และเสนอสูตรการประมาณค่าคาบธรรมชาติที่ขึ้นกับความสูงหรือจำนวนชั้นของอาคาร

ประยุทธ ยิ่งหาญ (2545) ทำการตรวจวัดอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตกรุงเทพมหานครทั้งหมด 17 อาคาร ซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 15 - 80 เมตร โดยประมาณ การวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธี Discrete Wavelet Analysis จากนั้นทำการพัฒนาสูตรประมาณค่าคาบการสั่นไหว ซึ่ง

พบว่ามีค่าคาบการสั่นยาวกว่าข้อกำหนดในการออกแบบของประเทศไทยที่อ้างอิงมาจากสูตรของ UBC1985 ประมาณ 1.5 เท่า

Kittiwuthikun (2004) ศึกษาคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคารในกรุงเทพมหานคร ด้วยการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดแบบ ambient vibration และทำการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์และศึกษาผลของฐานรากยืดหยุ่น และ คุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคารในกรุงเทพฯ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัดคุณสมบัติทางพลศาสตร์แสดงว่า ผลของความยืดหยุ่นของฐานรากต่อคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคาร มีความสำคัญกรณีที่เป็นอาคารเตี้ย เนื่องจากมี stiffness ทางด้านข้างของเสาเข็มต่ำ ในทางตรงข้ามในอาคารสูงฐานรากยืดหยุ่นมีผลกระทบน้อยกว่า เนื่องจากมี stiffness ทางด้านข้างของเสาเข็มมาก

Kobkaiyakit (2003) ศึกษาการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กระบบพื้น-เสา 2 อาคาร ด้วยการใช้แบบจำลองไฟไนเอลิเมนต์ 3 มิติ เพื่อประมาณเกี่ยวกับ ความถี่ธรรมชาติ, รูปร่างการสั่นไหว โดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดอาคารเหล่านี้ ผลการศึกษาแสดงว่า ผลระหว่าง soil-structure และ ส่วนกำแพงก่ออิฐ ควรจะต้องจำลองในแบบจำลองเพื่อทำนายสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคารสูงปานกลาง ที่เป็นระบบพื้น-เสา ในเขตกรุงเทพฯ

Petjaroen (2002) ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารขนาดเตี้ยและความสูงปานกลางในเขตกรุงเทพมหานคร โดยอาคารที่ทำการตรวจวัดมีความสูงอยู่ระหว่าง 20 - 80 เมตร จำนวน 13 อาคาร โดยใช้เทคนิคของ Frequency Domain ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางพลศาสตร์ นอกจากนี้ได้พัฒนาสูตรประมาณค่า คาบการสั่นไหวพื้นฐาน สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ในกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธี Regression analysis จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

Leelawannee (2001) ศึกษาหาค่าคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของอาคารในกรุงเทพฯ 9 อาคาร ความสูงระหว่าง 100-150 เมตร เพื่อที่จะหา ความถี่ธรรมชาติ ,อัตราส่วนความหน่วง และรูปร่างการสั่นไหว ในแต่ละอาคาร ความถี่ธรรมชาติ, อัตราส่วนความหน่วง และ รูปร่างการสั่นไหว ความถี่ที่ชัดเจนอยู่ระหว่าง 0.3 - 0.7 Hz แต่สำหรับรูปแบบการสั่นไหวที่สูงขึ้นการวิเคราะห์ไม่มีความชัดเจน จึงได้ทำการแก้ไขโดยนำกลุ่มคนมาเขย่าอาคารด้วยการใช้กลุ่มคนโยกตัวกระตุ้นพร้อมกันที่ตำแหน่งยอดอาคาร

ตามเครื่องให้จังหวะ (Metronome) ซึ่งสามารถกำหนดให้มีจังหวะใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสั่นไหวของอาคารที่ต้องการ ด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้สามารถกระตุ้นระดับการสั่นไหวของอาคารในรูปแบบที่ต้องการมีความชัดเจนดีขึ้น เป็นผลให้การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ที่ตรวจวัดได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

Jin-Ljun (1985) Inelastic seismic responseของโครงข้อแข็งคอนกรีตต้านแรงดัด 3 มิติ ที่มีความแตกต่างในด้านจำนวนชั้นและ ขนาดตามยาวและเพื่อหาความแตกต่างของคาบธรรมชาติ ด้วยการใช้ความแตกต่างของ Inelastic response spectra ที่ได้มาจากระบบ single degree of freedom ที่มีลักษณะ stiffness degrading กับ ductility ratio 2,3,5 ผลของ Inelastic response spectrum สอดคล้องอย่างเพียงพอกับ exact response และสามารถสรุปว่า Inelastic response ของ Newmark และ Hall เหมาะสมสำหรับการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

2.4.6 การศึกษากลไกของคลื่นแผ่นดินไหว

Battur (2001) ศึกษากลไกการวิบัติของ gravity type quay wall ที่เกิดจาก liquefaction ของดินถมระหว่างแผ่นดินไหว สนใจผลจากการสั่นสะเทือนของดินถม, caisson และผลระหว่างกันระหว่างดินถมและcaisson จากผลของวิธี Finite element สมการที่เสนอเพื่อหาค่าของ cyclic earth pressure เป็น function ของคุณสมบัติการสั่นสะเทือนของ caisson และ ดินถม

Rohithasilva (1994) เสนอวิธีการแยกส่วนประกอบของคลื่นแผ่นดินไหวไปเป็นองค์ประกอบคลื่น พิจารณาปัญหาพื้นฐาน 3 อย่าง คือ homogeneous half space, homogeneous full space และ two half space perfected bond together จากตัวอย่างการคำนวณ สามารถที่จะสังเกตได้ว่า surface nodal line ที่เป็นทิศทางของ input acceleration องค์ประกอบของ surface wave และ pressure wave เป็นหลัก ในขณะที่ shear wave มีองค์ประกอบน้อยมาก

L. Gonzales (1993) เสนอการศึกษาบันทึกของแผ่นดินไหวที่ไม่ได้บันทึกไว้นำมารวมแบบสถิติในค่าการออกแบบผลของแผ่นดินไหว สมการempirical ซึ่งพิจารณาจาก scope of data ที่ใช้ ในการ

พิจารณาค่าออกแบบ จากนั้นถูกสร้างจากข้อกำหนดดังกล่าว ผลของการสร้างสมการ empirical ถูกพิสูจน์ด้วยการใช้ในพื้นที่อื่น

Ping Hou (1983) พัฒนาแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กต้านทานแรงดัด ใช้คลื่นเสมือนทดแทนที่เกิดจาก 2-sine wave ที่มีความถี่เดียวกับความถี่ธรรมชาติของอาคาร เป็นคลื่นกระตุ้น

Kashiide (1982) ในการออกแบบของโครงสร้างต้องมีการใช้ earthquake time histories เนื่องจากการขาดบันทึกข้อมูลที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่เฉพาะ วิธีการที่จะสร้าง non-stationary artificial ground motions สำหรับพื้นที่ที่มีการก่อสร้างในรูปของ ขนาด และ ระยะจาก epicentral จะมีประโยชน์มาก วิธีที่ได้มีการแนะนำมีพื้นฐานมาจากทฤษฎี physical spectrum และ spectral parameters ที่แทน non-stationary amplitude และ frequency characteristics

Ariston G. (1981) Response spectra ของบันทึกแผ่นดินไหวที่จังหวัด Tohoku ของญี่ปุ่น มาทำการวิเคราะห์ในรูปของ displacement, velocity และ acceleration response spectra หลายๆตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ response spectra ทำให้ลดลงด้วยการใช้ normalization หรือ บันทึกแผ่นดินไหวที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า response spectra ของ earthquake motions มีความสัมพันธ์กับ ความลึกและ ชั้นดินที่อยู่ใต้สถานีตรวจวัด

Kit Kuan (1979) ในการศึกษานี้ มีการวิเคราะห์แบบ 3 มิติของระบบ อาคาร-ฐานราก ด้วยวิธี finite strip method ประโยชน์ที่ได้จากวิธีนี้คือ การตอบสนองทางพลศาสตร์ของระบบเบื้องต้นเนื่องจาก 2-3 โหมดแรกของการสั่นสะเทือน การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์และเสนอตัวอย่างการใช้ รวมถึงการแสดงประสิทธิภาพและข้อจำกัด

Balendra (1975) เสนอวิธีที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ระบบ structure-foundation ที่แทนด้วย multi-story shear building resisting on the surface of an elastic soil medium ศึกษากับ 2 ชนิดของผลระหว่าง soil-structure จากการศึกษาผลของ poisson’s ratio ของดิน พบว่าเป็นค่าที่สำคัญเมื่อค่า shear wave ของดินมีค่าต่ำ

2.4.7 การศึกษาด้านแผ่นดินไหวสำหรับระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure)

Marri (2005) ศึกษา การประมาณ เปรียบเทียบ และการวิเคราะห์แรงดันไฮโดรไดนามิค ต่อเขื่อน ด้วยการใช้วิธีของ Westergaard และ Chopra เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง static และ time-dependent hydraulic pressure ที่กระทำต่อเขื่อน คลองท่าด่าน ด้วยการใช้บันทึกการเคลื่อนที่ของพื้นดิน (ground motion records) ที่เลือกจากการเกิดแผ่นดินไหวหลายที่ ที่บันทึกบนพื้นที่ที่เป็นหิน โดยใช้ค่าอัตราเร่งในแนวราบสูงสุด 10% g สำหรับการศึกษา

Phiangsuwan (2004) ศึกษาการประเมินผลตอบสนองต่อแผ่นดินไหวของคลองท่าด่าน การหาเสถียรภาพของเขื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์คณิตศาสตร์ ใช้วิธีไฟไนเอลิเมนต์วิเคราะห์ทางพลศาสตร์ด้วยโปรแกรมDYNPAK และ static analysis ด้วยโปรแกรม PLANE ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้จากค่าในรายงานการออกแบบและผลทดสอบในห้องปฏิบัติการ พิจารณาผลของหน่วยแรงการเคลื่อนที่ทั้งสภาวะ static และ dynamic

Ritdumrongkul (2001) ศึกษาผลของ multi support excitation ของสะพานยกระดับ การตอบสนองทางพลศาสตร์แบบ linear และ nonlinear ของวิธีการออกแบบทั่วไป และการออกแบบที่มีในประเทศไต้หวัน จากการศึกษาพบว่า multi support excitation ไม่ได้ทำให้เกิดการแตกต่างต่อการตอบสนองทางพลศาสตร์ของสะพานระหว่างวิธีการออกแบบทั่วไปและการออกแบบที่มีในประเทศไต้หวัน, ผลระหว่าง soil-structure สามารถที่จะเพิ่ม หรือ ลด แรงภายในชิ้นส่วนได้

Chungkajonkiat (1995) ศึกษาการวิเคราะห์พฤติกรรมทางพลศาสตร์ของสะพานยกระดับ 2 ระบบ คือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กกับ คานคอนกรีตเสริมเหล็ก และ เสา คอนกรีตเสริมเหล็ก กับคานอัดแรงภายใต้แรงแผ่นดินไหวทางราบ ตามทิศทางยาวของสะพาน ผลการศึกษาเปรียบเทียบ 2 ระบบสะพานในส่วนของ response peak acceleration, lateral displacement, column moment, girder moment and base shear สำหรับสะพาน 2 ระบบ

Malla (1988) ศึกษา stochastic response และ reliability of cable system ของโครงสร้างสะพานขึง ภายใต้แรงแผ่นดินไหว วิธีการวิเคราะห์ linear-dynamic elastic นำมาใช้จำลองสะพานเป็นแบบโครงข้อแข็ง 2 มิติ ศึกษากับสะพานในประเทศเนปาล

Shibree Samy (1987) ศึกษาขนาดที่ดีที่สุดของโครงสร้างเขื่อนโค้งภายใต้แรงสถิตที่เกิดจากน้ำหนักและแรงดันน้ำกับแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว โดยคำนึงถึงข้อจำกัดทางเรขาคณิตและความเค้น, objective function ของการหาขนาดคือปริมาณคอนกรีตสำหรับสร้างเขื่อน ผลการศึกษาวิธีการเหล่านี้ วิธีการ optimization เป็นไปได้และประหยัดที่จะได้ optimum shape สำหรับ static loads ขนาดน้อยที่สุดของปริมาตรคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยืดหยุ่นของฐานรากเพิ่มขึ้น

Mustaque Parvez (1987) ศึกษาข้อเสนอแบบก่อสร้างของสะพานข้ามแม่น้ำ Jamuna ในประเทศบังคลาเทศ เป็นสะพานขึงแบบหลายช่วงที่ยาวที่สุดในโลก ทำการศึกษากับสะพานที่เสนอแบบ 4 แบบต่อผลที่เกิดจากแรงแผ่นไหว ผลการศึกษาแสดงว่า สำหรับการออกแบบพื้นฐาน และอัตราส่วนความหน่วง 2% สะพานที่มี hinge มีการเคลื่อนที่ทางดิ่งสูงสุดที่ตำแหน่ง hinge 0.5เมตร

Tzu-Wang (1987) พัฒนาวิธีการประเมินความเชื่อถือของ โครงสร้างแบบเหล็กโดยทั่วไปของ fixed offshore platform ที่ก่อสร้างในช่องแคบไต้หวันภายใต้แรงกระทำจาก ลม, คลื่น, กระแสน้ำ และแผ่นดินไหว

Junne-Jye (1986) ศึกษาการวิเคราะห์การตอบสนองของสะพานขึงภายใต้แรงแผ่นดินไหว ด้วยการพัฒนาโปรแกรมต่อจากโปรแกรม CABDAP ด้วยการเปลี่ยนขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของวัสดุ การตอบสนองสามารถวัดจากทั้ง unstrained และ static equilibrium geometry

Tuladhar (1985) พัฒนาโปรแกรมย่อยใหม่ต่อจากโปรแกรม CABDAP ที่เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวของสะพานขึงการพัฒนาโปรแกรมใช้วิธี step by step integration ของสมการสมดุลทางพลศาสตร์ เพื่อที่จะใช้ประยุกต์กับการวิเคราะห์สะพานขึงเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวตาม longitudinal และ vertical จากผลการศึกษาสรุปว่า สะพานมีความอ่อนไหวต่อผลจาก ground motion

ในทางดิ่งมากกว่าในแนวตามยาวของสะพาน และพบว่า การตอบสนองของสะพานที่สมบูรณ์มากกว่าสะพานที่ไม่สมบูรณ์ ผลของความหน่วงเนื่องจาก vertical ground motionจะมีน้อยกับสะพานที่สมบูรณ์

Kee Dong (1984) ศึกษาพฤติกรรมต่อแผ่นดินไหวของสะพานทางรถไฟแบบ 4 ช่วงคานต่อเนื่องจำนวน 4 สะพาน ที่มีความแตกต่างทางแรงกระทำจากแผ่นดินไหวที่ที่รองรับ ด้วยการใช้ response spectrum method

Iuan-Ming (1983) Response spectrum เทคนิค ใช้สำหรับการวิเคราะห์อาคาร อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวยังไม่เป็นที่ยอมรับในการประยุกต์ใช้กับโครงสร้างชนิดอื่น เช่น arch dam ซึ่งมีลักษณะการตอบสนองที่แตกต่าง การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบเทคนิค superposition ที่มีความแตกต่างสำหรับการวิเคราะห์แผ่นดินไหวสำหรับสภาพของที่เก็บน้ำแบบว่างเปล่า

Yazawa (1982) ศึกษาวิธีการประมาณผลระหว่าง structure-foundation และนำไปใช้กับการวิเคราะห์แรงแผ่นดินไหวแบบ simplified ของ concrete gravity dams ผลการศึกษาให้แสดงว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและประหยัดสำหรับการออกแบบเบื้องต้น

Yun-Loi (1981) ศึกษาสะพานที่มีช่วงคานต่อเนื่อง 4 ช่วงเนื่องจากการเปลี่ยนของแรงแผ่นดินไหวในแนวราบ ผลการศึกษาพิสูจน์ ผลของความสำคัญ ของ spatially varying ground motions บน out-of-plane response ของสะพาน

Jenn-Kuen (1981) ศึกษาวิธี simplified สำหรับการวิเคราะห์แผ่นดินไหว ของ concrete gravity dam ด้วยการใช้วิธี quasi-static ซึ่งพิจารณาทั้ง static equivalent of the maximum inertia และ แรง ไฮโดรไดนามิค ที่กระทำกับเขื่อน และ ผลระหว่างฐานราก ผลที่ได้จากวิธี simplified สามารถที่จะใช้ได้ในการออกแบบเบื้องต้น และใช้เวลาน้อยในการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ทั้งใน time หรือ frequency domain

2.4.8 การศึกษาการควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างสำหรับปัญหาแผ่นดินไหว

พิสิฐ ยิ่งมโนกิจ (2543) ศึกษาการควบคุมการสั่นไหวของอาคารเนื่องจากแผ่นดินไหวโดยใช้ชุดอุปกรณ์มวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ งานวิจัยได้ใช้พารามิเตอร์ของอาคารในโหมดการสั่นหลักในการวิเคราะห์การสั่นไหวแบบ อิลาสติก โดยเปรียบเทียบกับ ระบบแพสสีฟ และศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟในทางปฏิบัติ

Rujirojn-Amphai (1996) ศึกษาผลของ trench ในการลดแรงจากการสั่นสะเทือนและแรงแผ่นดินไหว trench หลายชนิดที่ทำการศึกษาได้แก่ open-air trench, rigid trench, concrete filled trench และ water filled trench การศึกษาพบว่า trench หลายชนิดมีประสิทธิผลในการลดแรงสั้นสะเทือน และสำหรับแรงแผ่นดินไหว trench มีความสามารถในการกรองแรงแผ่นดินไหว

Kasa (1988) ศึกษาพฤติกรรมต่อแผ่นดินไหวของสะพานพระราม 9 ในกรุงเทพ ที่มีการติดตั้ง tuned mass damper สำหรับลดผลกระทบจากการสั่นไหวเนื่องจากลมที่ตัวพื้นสะพานและหอคอย ผลการวิเคราะห์จาก time domain และ frequency domain แสดงความมีประสิทธิภาพของ tuned mass damper สำหรับคลื่นแผ่นดินไหวที่มีคาบธรรมชาติสำคัญเท่ากับ 2 วินาที ซึ่งคาดว่าจะเกิดที่กรุงเทพฯ อย่างไรก็ตาม tuned mass damper ไม่มีความสามารถที่จะลดทุกคลื่นความสั่นสะเทือนและ tuned mass damper ที่ deck ไม่มีส่วนในการลดการสั่นไหวของ cable สะพาน

2.4.9 การศึกษาด้านผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการคำนวณออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว

Mahmood (1998) ศึกษาผลของหลายตัวแปรที่กระทบต่อต้นทุนของอาคารที่ออกแบบตาม UBC1994 โดยศึกษาจากแบบอาคาร 3 อาคารมาออกแบบใหม่ให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหว ความแตกต่างระหว่างราคาของโครงสร้างและราคารวมของอาคารเป็นไปในทำนองเดียวกัน สังเกตได้ว่าอาคาร4 ชั้นตามแบบดั้งเดิม ประหยัดไปจนถึง zone 2B และ อาคาร 6 ชั้นประหยัดไปจนถึง zone 2A ความแตกต่างของต้นทุนอาคารโดยรวม เพิ่มขึ้นอย่างมากจาก zone 2B ถึง zone 3

Dittapunya (1996) ศึกษาผลต้นทุนอาคารจากการที่ต้องออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว เสนอผลของต้นทุนอาคารจากแบบ seismic resistant redesign กับ conventional redesign และ seismic

resistant redesign กับ original design จากการเปรียบเทียบระหว่าง seismic resistant redesign กับ conventional redesign พบว่ามีการเพิ่มของราคาต้นทุนโครงสร้างและต้นทุนอาคารรวม เนื่องจากข้อกำหนดทางแผ่นดินไหวเป็น 18.8% และ 4% ตามลำดับ และ seismic resistant redesign กับ original design พบว่ามีการเพิ่มของราคาต้นทุนโครงสร้างและต้นทุนอาคารรวม เนื่องจากข้อกำหนดทางแผ่นดินไหวเป็น 7.2% และ 2% ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ที่มีลักษณะเป็นการทบทวนพัฒนาการของการศึกษาวิจัยและการดำเนินการด้านแผ่นดินไหวของประเทศ วิธีการดำเนินการวิจัยหลักจึงเป็นการรวบรวม ทบทวน และเรียบเรียงผลงานการศึกษาวิจัยด้านแผ่นดินไหวในอดีตที่สำคัญของประเทศ และการวิเคราะห์ถึงสถานะเพื่อประเมินความพร้อมและเสนอแนวทางสำหรับการป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินการ แสดงได้ดังนี้

3.1 การรวบรวม ทบทวน และศึกษาผลการดำเนินการด้านแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

การดำเนินการวิจัยด้านการรวบรวมข้อมูลผลการศึกษาในอดีต เป็นการพิจารณาข้อมูลจากผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในแหล่งต่าง ๆ ในสาขาวิศวกรรมแผ่นดินไหว ประกอบด้วย วารสารวิชาการ ที่ประชุมวิชาการประจำปี สัมมนาวิชาการ เอกสารประกอบการอบรมวิชาการ วิทยานิพนธ์

จากนั้นงานวิจัยนี้ทำการเรียบเรียงข้อมูลที่ได้จากการทบทวนการดำเนินการในอดีต ซึ่งมีสาระสำคัญของเนื้อหาที่เรียบเรียงคือ

ก) การดำเนินการด้านการตรวจวัดแผ่นดินไหว เพื่อทราบถึงเครือข่ายของการตรวจวัดแผ่นดินไหวโดยหน่วยงานในประเทศ และทราบถึงสถานะด้านข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศและประเทศเพื่อนบ้าน

ข) การสรุปเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในอดีตของประเทศไทย เพื่อทราบถึงข้อมูลด้านความถี่ ความรุนแรง และผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์และข้อมูลที่บันทึกได้จากการตรวจวัด

ค) การทบทวนการศึกษาด้านปัญหาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย โดยพิจารณาปัญหาด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะสำหรับประเทศไทย ได้แก่ ปัญหาความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวขนาดกลาง

ปัญหาการขยายคลื่นของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร และการทบทวนการศึกษาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทยจากการวิจัยต่าง ๆ

ง) การทบทวนการกำหนดกฎหมายด้านการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงที่มา แนวคิด ข้อจำกัด ในการกำหนดกฎหมายสำหรับการบังคับใช้ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้องต่อไป

จ) สรุปโครงการที่ดำเนินการเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย เพื่อทราบถึงโครงการที่มีการริเริ่มเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหว ปัญหาที่เกิดขึ้น ความพร้อมในด้านการสนับสนุน และแนวทางในการดำเนินการต่อไป

3.2 การศึกษาความเหมาะสมของกฎหมายด้านการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

กฎหมายสำหรับการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย คือ กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 การศึกษาในส่วนนี้ประกอบด้วยการพิจารณากฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารที่เป็นองค์ประกอบในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร โดยมีกฎกระทรวงหลายฉบับที่เกี่ยวข้องด้านขั้นตอนการปฏิบัติ และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 มีเนื้อหาหลักด้านขั้นตอนทางวิศวกรรมในการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหว ดังนั้น การพิจารณากฎหมายแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ก) การพิจารณาขั้นตอนการปฏิบัติ ดำเนินการศึกษาโดยการพิจารณาองค์ประกอบของกฎกระทรวงที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการปฏิบัติ ขอบข่ายความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น ขอบเขตของลักษณะอาคารที่กฎหมายกำหนดให้มีการตรวจสอบการออกแบบ

ข) การพิจารณารายละเอียดของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 โดยเนื้อหาที่พิจารณาประกอบด้วย การจัดเขตพื้นที่ควบคุม การกำหนดกลุ่มประเภทอาคารควบคุม การจัดรูปทรงอาคารและการให้รายละเอียดปลีกย่อยชิ้นส่วนโครงสร้างให้เหมาะสมต่อการรับแรงแผ่นดินไหว วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงสม่ำเสมอ

วิธีการดำเนินการศึกษาประกอบด้วยการศึกษาพระราชบัญญัติควบคุมอาคารและกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง บทความวิชาการและเอกสารในการสัมมนาสำหรับการปรับปรุงกฎหมายด้านการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหว และการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงในการบังคับใช้กฎหมาย โดยมีการสัมภาษณ์ผู้ที่มีความรู้ด้านวิศวกรรมและเกี่ยวข้องกับการบังคับใช้กฎหมายโดยตรง เพื่อสอบถามในด้านปัญหา ความสมบูรณ์ และแนวทางการปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 คือ ดร. เสถียร เจริญเหรียญ วิศวกรวิชาชีพ 8 วช สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง และได้สัมภาษณ์วิศวกรที่ปฏิบัติหน้าที่บังคับใช้กฎหมายโดยตรง คือ วิศวกรจากหน่วยงานเทศบาลจังหวัดต่าง ๆ ในสังกัดกรมโยธาธิการและผังเมือง ที่เข้าร่วมการอบรมเรื่องการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ระหว่างวันที่ 24 ถึง 28 เมษายน พ.ศ. 2549 จัดโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

3.3 การศึกษามาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวของประเทศสหรัฐอเมริกา

จากกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ที่ได้ยกร่างตามต้นแบบของมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวของประเทศสหรัฐอเมริกาฉบับ ค.ศ. 1985 (พ.ศ. 2528) โดยที่มาตรฐานต้นแบบดังกล่าวได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมขึ้นในหลายด้าน การศึกษานี้จึงทำการพิจารณาประเด็นการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงกฎหมายด้านการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย โดยทำการเปรียบเทียบข้อดีของมาตรฐานที่ทันสมัยกว่ากฎกระทรวงฉบับที่ 49 ในประเด็นต่าง ๆ คือ การจำแนกชั้นดินที่ตั้งอาคารเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ออกแบบ การจำแนกระบบโครงสร้างเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ออกแบบ การรวมผลของแรงประเภทต่าง ๆ แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว เงื่อนไขการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ วิธีการคำนวณแรงเฉือนที่ฐาน และเสนอข้อสรุปที่ควรดำเนินการปรับปรุงในสำหรับประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้

3.4 การเสนอแนวทางเพื่อการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

ในขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการศึกษา คือการเสนอแนวทางในการจัดการเพื่อการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย โดยพิจารณาจากข้อมูล สถานะความพร้อม ในด้านต่าง ๆ ในประเทศ เพื่อสรุปเป็นแนวทางหลักเพื่อการดำเนินการในอนาคต ดังนี้

ก) แนวทางการป้องกันทางด้านการปฏิบัติตามกฎหมาย ด้านการบังคับใช้กฎหมาย ขอบเขตของอาคารที่กฎหมายควรครอบคลุมและบังคับใช้

ข) แนวทางการป้องกันทางด้านกฎหมาย ด้านรายละเอียดของการคำนวณเชิงวิศวกรรมอย่างเหมาะสม โดยเสนอประเด็นที่ควรแก้ไขรายละเอียดการคำนวณเชิงวิศวกรรมสำหรับกฎหมายด้านการออกแบบอาคารต้านแรงจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

ค) แนวทางการป้องกันทางด้านวิชาการ โดยเสนอแผนการศึกษาวิจัยเพื่อการภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย เนื้อหาของแผนดำเนินการครอบคลุม การศึกษาการวิจัยเพื่อสรุปหาข้อมูลสำคัญพื้นฐานในการพัฒนามาตรฐานการออกแบบสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งการศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมืองใหญ่ในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ

บทที่ 4

แผ่นดินไหวกับประเทศไทย

4.1 การตรวจวัดแผ่นดินไหว

ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพิจาณาเรื่องแผ่นดินไหวคือข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ที่แสดงถึงขนาดของแผ่นดินไหว ตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ความลึก และเวลาการเกิดขึ้นในแต่ละครั้ง เนื่องจากแผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งสามารถส่งแรงสั่นสะเทือน หรือมีผลกระทบไปได้ไกล ไม่เฉพาะบริเวณประเทศที่เกิดเท่านั้นบางครั้งหากมีขนาดใหญ่ คลื่นแผ่นดินไหวสามารถส่งผ่านไปได้บนผิวโลกหลายพันกิโลเมตรในหลายประเทศ ดังนั้น การตรวจวัดแผ่นดินไหว จึงใช้ทั้งระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวในระดับแต่ละประเทศ และเครือข่ายในระดับโลก เพื่อการวิเคราะห์ตำแหน่ง ขนาดและเวลาเกิดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวได้อย่างรวดเร็ว สำหรับประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน ได้มีการตรวจวัดแผ่นดินไหวด้วยเครื่องมือวัดอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลากว่า 90 ปีแล้ว โดยในช่วงแรก คือ พ.ศ. 2443-2505 เป็นช่วงเวลาที่สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวยังมีไม่มากนักติดตั้งกระจายกันห่าง ๆ เป็นเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่หลายประเทศ และยังไม่มีสถานีตรวจวัดติดตั้งในประเทศไทย เครื่องมือวัดเหล่านั้นยังมีประสิทธิภาพไม่สูงนัก จึงสามารถตรวจวัดได้เฉพาะแผ่นดินไหวขนาดค่อนข้างใหญ่ (ประมาณ 6 ริคเตอร์ ขึ้นไป)

ในช่วงต่อมาประเทศไทยเริ่มมีเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว เมื่อปี พ.ศ. 2506 สถานีตรวจแผ่นดินไหวแห่งแรกของกรมอุตุนิยมวิทยา ติดตั้ง ณ จังหวัดเชียงใหม่ โดยเข้าร่วมอยู่ในเครือข่ายระบบมาตรฐานโลก Worldwide Standardized Seismograph Network: WWSSN เครื่องมือชนิดนี้มีการบันทึกทั้งแบบช่วงคลื่นสั้น (short period) และช่วงคลื่นยาว (long period) วัดในแนว 3 ทิศทาง คือ แนวดิ่ง แนว เหนือ-ใต้ และ แนวตะวันออก-ตะวันตก มีค่ากำลังขยาย 200,000 สำหรับช่วงคลื่นสั้น และ 3,000 สำหรับช่วงคลื่นยาว

ในปี พ.ศ. 2508 เครื่องมือระบบเดียวกันนี้ ได้ถูกติดตั้งอีกเครื่องหนึ่งที่จังหวัดสงขลา แต่มีกำลังขยายน้อยกว่า คือ 25,000 สำหรับช่วงคลื่นสั้น และ 1,500 สำหรับช่วงคลื่นยาว เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล มีการรบกวนจากกระแสลมแรงและคลื่นน้ำทะเล

ในปี พ.ศ. 2518 องค์การยูเนสโกได้ให้ความช่วยเหลือ จัดตั้งโครงการตรวจวัดแผ่นดินไหวแห่งเอเชียอาคเนย์ขึ้น ประเทศไทยได้รับความช่วยเหลือเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว 2 ชุด โดยติดตั้งไว้ที่เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก และที่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เครื่องมือนี้เป็นแบบช่วงคลื่นสั้น ทำการตรวจวัดเฉพาะในแนวดิ่ง ซึ่งเหมาะสำหรับตรวจวัดแผ่นดินไหวในท้องถิ่น

ในปีพ.ศ. 2525 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว 3 แห่ง คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเขื่อนเขาแหลม จังหวัดกาญจนบุรี โดยมอบหมายให้กรมอุตุนิยมวิทยาเป็นผู้ดำเนินการติดตั้งและตรวจวัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นบริเวณเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนเขาแหลม

ในปัจจุบันสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาได้ปรับเปลี่ยนเป็นระบบเครือข่าย Incorporated Research Institution of Seismology : IRIS ซึ่งเป็นเครือข่ายโดยความร่วมมือของสถาบันการศึกษาหลายแห่ง ในสหรัฐอเมริกา และบุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาได้เพิ่มจำนวนสถานีตรวจแผ่นดินไหวในจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศเป็นแบบระบบอะนาล็อก จำนวน 13 แห่ง ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก เลย อุบลราชธานี นครราชสีมา นครสวรรค์ เขื่อนเขาแหลม และอำเภอจังหวัดเมือง จังหวัดกาญจนบุรี จันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สงขลา และภูเก็ต กับเป็นแบบ ระบบดิจิตอล จำนวน 11 แห่งได้แก่ จังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน แพร่ เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก ขอนแก่น เลย ปากช่องจังหวัดนครราชสีมา ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และสงขลา นอกจากนั้น ยังมีหลายหน่วยงานที่ทำการตรวจวัดแผ่นดินไหวในหลายวัตถุประสงค์เช่น กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือมีระบบเครือข่ายแบบ Array เพื่อการตรวจจับการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ใต้พื้นดิน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีการตรวจแผ่นดินไหวขนาดเล็ก เป็นเครือข่ายบริเวณเขื่อนทางภาคตะวันตก สำหรับกรมชลประทานมีเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหว บริเวณ จังหวัดแพร่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดแผ่นดินไหวก่อนการสร้างเขื่อน และกรมโยธาธิการ ร่วมกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิจัยเรื่องการตอบสนองของอาคารจากความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา)

ปัจจุบันข้อมูลแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยสามารถสืบค้นได้จากแหล่งต่อไปนี้

1. สมาคมแผ่นดินไหวและวิศวกรรมแผ่นดินไหวภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวในย่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่อดีตถึงปี พ.ศ. 2526 ทั้งที่เป็นข้อมูลที่ค้นหาจากบันทึกเอกสารในประวัติศาสตร์และจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ ของหน่วยงานทั้งภายในประเทศไทยและต่างประเทศ

2. กรมอุตุนิยมวิทยา ได้ตรวจวัด วิเคราะห์ และรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว เฉพาะแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่เพียงพอให้เกิดความรู้สึกสั่นไหวของประชาชนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 ถึงปัจจุบัน

3. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยซึ่งได้ดำเนินการตรวจวัดแผ่นดินไหว ขนาดเล็ก และขนาดปานกลาง บริเวณด้านตะวันตกของประเทศไทยเพื่อหาความสัมพันธ์ของการกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ.2526 ถึงปัจจุบัน

4. กรมชลประทานซึ่งเริ่มดำเนินการตรวจวัดการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณจังหวัดแพร่เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 ถึงปัจจุบัน

5. ฐานข้อมูลจากหน่วยงานแผ่นดินไหวต่างประเทศได้แก่ United State Geological Survey, China Seismological Bureau, กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศพม่า, ประเทศอินเดีย, สถาบันธรณีฟิสิกส์ประเทศเวียดนาม กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศมาเลเซีย กรมอุตุนิยมวิทยาและธรณีฟิสิกส์ ประเทศอินโดนีเซีย เป็นต้น

6. ข้อมูลจากเว็บไซต์ ด้านแผ่นดินไหว ของเครือข่ายอื่นๆ เช่น IRIS, WWSSN เป็นต้น

4.2 เหตุการณ์แผ่นดินไหวในประเทศไทย

แผ่นดินไหวในประเทศไทยได้มีการรวบรวมสถิติข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น ก่อนปี พ.ศ. 2443 ที่มีการติดตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว เหตุการณ์แผ่นดินไหวรวบรวมจาก พงศาวดาร ปูม จดหมายเหตุ สิ่งพิมพ์ในอดีตอื่นๆ พบว่าเริ่มต้นบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในลักษณะของความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) โดยส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายที่เกิด ในช่วงตั้งแต่ 624 ปีก่อนคริสต์ศักราช จนถึงราวปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมา จึงเริ่มมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวต่างประเทศ แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นผลของแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศตรงบริเวณรอยเลื่อนของภาคตะวันตกและภาคเหนือ กับจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนอกประเทศบริเวณรอยเลื่อนในประเทศพม่า ทางตอนใต้ของประเทศจีน ในทะเลอันดามัน และเกาะสุมาตรา เป็นต้น โดยเฉลี่ย

เกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ประมาณปีละ 5-6 ครั้ง ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานผลของความเสียหายที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานผลของความเสียหาย (Nutalaya et al. 1985, สุมาลี 2537, บุรินทร์ 2548)

ลำดับ	วัน เดือน ปี	ขนาด/ความรุนแรง	บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหว	เหตุการณ์
1	พ.ศ. 1003	XII MM*	โยนกนคร	แผ่นดินไหว 3 ครั้ง มีการยุบตัวของเมืองเกิดเป็นหนองน้ำใหญ่
2	พ.ศ. 1077	VIII MM	โยนกนคร	ยอดเจดีย์หัก 4 แห่ง
3	พ.ศ. 2088	VII MM	เชียงใหม่	เจดีย์หลวงหัก จาก 84 ม. เป็น 60 ม.
4	พ.ศ. 2258	VII MM	เชียงแสน	วัดและเจดีย์ 4 ตำบลถูกทำลาย
5	พ.ศ. 2382	VII MM	พม่า	รู้สึกถึงกรุงเทพ น้ำในแม่น้ำกระฉอก
6	5 พ.ค. 2473	7.3**	พม่า	รู้สึกในภาคเหนือและภาคกลาง รวมถึง กทม.
7	4 ธ.ค. 2473	7.3	พม่า	รู้สึกใน กทม. และภาคตะวันตกเฉียงเหนือ 3 ครั้ง
8	13 พ.ค. 2478	6.5	จ.น่าน	แผ่นดินไหว
9	17 ก.พ. 2518	5.6	อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	ภาคเหนือ ภาคกลาง กทม. มีความเสียหายเล็กน้อย
10	26 พ.ค.2521	4.8	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	เสียหายเล็กน้อยที่พร้าว รู้สึกสั่นไหวนาน 15 วินาที ที่ เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง
11	15 เม.ย.2526	5.3	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี	รู้สึกสั่นไหวชัดเจนใน กทม.
12	22 เม.ย. 2526	5.9 และ 5.2	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.	รู้สึกใน ภาคกลาง ภาคเหนือ ในกทม.

			กาญจนบุรี	เสียหายเล็กน้อย
13	1 ต.ค.2532	5.3	พรมแดนไทย-พม่า	เชียงใหม่ เชียงราย เสียหายเล็กน้อย
14	11 ก.ย.2537	5.1	อ.พาน จ.เชียงราย	มีความเสียหายบริเวณ อ.พาน ต่อวัด โรงพยาบาล โรงเรียน หลายแห่ง
15	12 ก.ค.2538	7.2	พม่า	รู้สึกได้ในภาคเหนือตอนบนและอาคารสูง กทม. เสียหายเล็กน้อยในเชียงราย
16	9 ธ.ค. 2538	5.1	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ อุตรดิตถ์ และน่าน เสียหายเล็กน้อยที่แพร่
17	21 ธ.ค. 2538	5.2	อ.พร้าว จ. เชียงใหม่	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อยบริเวณใกล้ศูนย์กลาง
18	22 ธ.ค. 2539	5.5	พรมแดนไทย-ลาว	มีความเสียหายเล็กน้อยที่ จ.เชียงราย
19	20 ม.ค. 2543	5.9	ประเทศลาว	เสียหายเล็กน้อยที่ จ.น่าน แพร่
20	2 ก.ค. 2545	4.7	อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.เชียงแสน อ.เชียงของ
21	22 ม.ค. 2546	5.7	ตอนเหนือเกาะสุมาตรา	รู้สึกในอาคารสูงใน กทม. รู้สึกในภาคใต้
22	3 ก.พ. 2546	1.9	อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย อ.ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่
23	22 ก.ย. 2546	6.5	พม่า	เสียหายเล็กน้อยอาคารสูงบางแห่งใน กทม.
24	27 มี.ค. 2547	3.4	อ.แม่สรวย จ. เชียงราย	รู้สึกที่ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
25	30 พ.ค. 2547	2.0	อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
26	11 ก.ย. 2547	3.7	อ.สเมิง จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สเมิง อ.หางดง อ.เมือง จ. เชียงใหม่

27	17 ก.ย. 2547	5.8	ทะเลอันดามัน	รู้สึกบนอาคารสูงกทม.
28	26 ธ.ค. 2547	9.0	ตะวันตกเกาะสุมาตรา	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูงกทม. มีความเสียหายมากจากสึนามิ
29	26 ธ.ค. 2547	6.4	ประเทศพม่า	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูงกทม. ภาคเหนือ
30	27 ธ.ค. 2547	6.6	ทะเลอันดามัน	รู้สึกที่ จ.ภูเก็ต
31	30 ธ.ค. 2547	5.4,5.6	ประเทศพม่า	รู้สึกที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่

** MM คือมาตราวัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ตำแหน่งที่สังเกต โดยมีระดับตั้งแต่ ระดับ I (รุนแรงน้อย) ถึงระดับ XII (รุนแรงมาก)*

*** หน่วยเป็นมาตรา ริคเตอร์ ซึ่งเป็นมาตราวัดขนาดของแผ่นดินไหวตามพลังงานที่ปลดปล่อยออกมา ณ ตำแหน่งศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว*

โดยรายละเอียดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่สำคัญและมีการบันทึกอธิบายไว้ มีดังนี้

เมื่อ พ.ศ. 1003 เกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่โยนกนคร ทำให้เมืองทั้งเมืองถูกทำลายและแผ่นดินยุบตัวกลายมาเป็นทะเลสาบ พระมหาชัยชนะ พระราชาผู้ครองนคร และบรรดาไพร่ฟ้าข้าแผ่นดินทั้งปวงต้องสูญเสียชีวิตเนื่องจากเหตุการณ์ครั้งนี้

เมื่อ พ.ศ. 2088 เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงที่นครเชียงใหม่ ทำให้ส่วนยอดของพระเจดีย์หลวงซึ่งเชื่อว่าเป็นสิ่งก่อสร้างที่ใหญ่ที่สุดในยุคนั้น คือสูงถึง 86เมตร หักโค่นพังทลายลงมาจนเหลือเพียงประมาณ 60 เมตร แผ่นดินไหวครั้งนี้ยังได้ทำให้เจดีย์วัดพระสิงห์ และเจดีย์อื่นๆอีกหลายองค์ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงหักโค่นพังทลายลงมา

เมื่อ พ.ศ. 2258 เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงที่นครเชียงแสน ทำให้วัดวาอารามและพระเจดีย์ในบริเวณ 4 ตำบลถูกทำลาย ภายหลังเหตุการณ์นี้ แผ่นดินยังสั่นสะเทือนอีกหลายครั้งเป็นระยะๆตลอดทั้งเดือนก่อนที่จะสงบลงไป (เชื่อว่าเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า After Shocks)

แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2478 ขนาด 6.5 ริคเตอร์ ที่มีศูนย์กลางบริเวณจังหวัดน่าน นับเป็นแผ่นดินไหวครั้งแรกที่มีศูนย์กลางในประเทศและตรวจวัดได้โดยเครื่องมือวัดของเครือข่ายของต่างประเทศ อย่างไรก็ดีไม่มีรายงานใดกล่าวถึงผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหวนี้ไว้

17 ก.พ. 2518 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.6 ริคเตอร์ที่ อ.ท่าสองยาง จังหวัดตาก เนื่องจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกที่รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี แผ่นดินไหวครั้งนี้รู้สึกได้ทั่วทั้งภาคเหนือ และภาคกลาง

รวมถึงกรุงเทพฯ ที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางถึง 400 กม. ทำให้ผู้คนจำนวนมากที่ทำงานบนอาคารสูงตกใจวิ่งออกมานอกอาคาร แต่ไม่มีรายงานความเสียหายที่รุนแรง เพราะไม่มีเมืองอยู่ในรัศมีการทำลายของแผ่นดินไหว

15-22 เม.ย. 2526 เกิดแผ่นดินไหวขนาดกลางขึ้น 3 ครั้ง คือขนาด 5.3, 5.9,และ 5.2 ริคเตอร์ที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ แต่ไม่มีความเสียหายที่ร้ายแรง เพราะศูนย์กลางของแผ่นดินไหวอยู่ในบริเวณอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนศรีนครินทร์ไปประมาณ 55 กม. อย่างไรก็ดีแผ่นดินไหวครั้งนี้ได้ทำให้ประชาชนทั่วทั้งภาคเหนือและภาคกลางรู้สึกได้ และหลายคนตื่นตระหนก อาคารบางแห่งในกรุงเทพฯ ที่ซึ่งอยู่ห่างจากศูนย์กลางถึง 200 กม. มีการโยกไหวตัว ทำให้ผู้คนตกใจ (ผลการศึกษาวิจัยภายหลังได้ชี้ว่าสภาพดินอ่อนในบริเวณกรุงเทพฯสามารถขยายกำลังของคลื่นแผ่นดินไหว ดังนั้นแผ่นดินไหวขนาดกลางที่เกิดระยะไกลก็จะมีอาจผลต่ออาคารในกรุงเทพฯได้) แผ่นดินไหวที่ จ.กาญจนบุรี ครั้งนี้ ได้ทำให้ประชาชนหวั่นวิตกเรื่องความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร เพราะอาคารในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับออกแบบก่อสร้างโดยมิได้คำนวณกำลังต้านทานแผ่นดินไหว เหตุการณ์นี้จึงได้สร้างแรงผลักดันให้เกิดการพัฒนาที่สำคัญด้านการศึกษาวิจัย และการเตรียมป้องกันภัยจากแผ่นดินไหว ในช่วงหลายปีให้หลัง

เมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 เวลา 8.32 น. เกิดแผ่นดินไหวที่เชียงรายขนาด 5.1 ตามมาตราริคเตอร์ คาดว่าจุดศูนย์กลางอยู่ที่ 19.3°N 99.4°E ในบริเวณเทือกเขาระหว่างอำเภอพานและอำเภอสรวย ซึ่งห่างจากตัวอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายราว 15 กม. ผู้ที่อาศัยอยู่ในอำเภอพานหลายคนได้เล่าว่า แผ่นดินไหวครั้งรุนแรงที่สุดเท่าที่เคยประสบมา ขณะเกิดแผ่นดินไหวมีเสียงดังมากเกิดขึ้น เครื่องตกแต่งบ้าน ของใช้ขยับเขยื้อน บางชิ้นล้มลงจากที่วาง คนที่ยืนอยู่ถึงกับเซไปพิงหลัก สายส่งไฟฟ้าก็มีการสะบัดตัวอย่างแรง และมีผู้คนจำนวนมากที่ตื่นตกใจวิ่งหนีกันมานอกอาคาร ความรุนแรงของแผ่นดินไหว (ซึ่งสั่นไหวรุนแรงราว 7-10 วินาที) ได้ทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุในระยะหลายสิบปีที่ผ่านมา เนื่องจากทำให้ส่วนที่เป็นโครงสร้าง (โดยเฉพาะเสา) ของอาคารหลายหลังในอำเภอพานแตกร้าว เนื่องจากเสาอาคารเสียหายมากจนไม่น่าจะปลอดภัยที่จะใช้งานต่อไปได้ นอกจากอำเภอพานแล้ว แผ่นดินไหวครั้งนี้ยังทำให้รู้สึกได้ในจังหวัดทางภาคเหนือตอนบน เช่น เชียงราย เชียงใหม่ แต่ไม่มีรายงายความเสียหายเกิดขึ้นแก่อาคาร ยกเว้นในอำเภอพานจังหวัดเชียงราย ตัวเมืองเชียงรายซึ่งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวราว 60 กม. ก็ไม่มีรายงายความเสียหาย อย่างไรก็ตามความรุนแรงของแผ่นดินไหว ทำให้ผู้คนตกใจมากวิ่งออกจากอาคาร การควบคุมการคมนาคมทางอากาศที่สนามบินเชียงรายถึงกับหยุดชะงักไปชั่วคราว จากการสำรวจความเสียหายเบื้องต้นโดยทางโยธาธิการ

จังหวัดทำให้ทราบว่า มีอาคารของทางราชการและอาคารสาธารณะ เช่น โรงเรียนกว่า 20 หลัง วัด 30 แห่ง และโรงพยาบาลพาน ได้รับความเสียหาย (ปณิธาน และ เป็นหนึ่ง 2538)

12 กรกฎาคม 2538 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.2 ริคเตอร์ ในประเทศพม่า รู้สึกได้ในภาคเหนือตอนบน และอาคารสูง ในกรุงเทพมหานคร มีรายงานถึงอาคารบางหลังเสียหายเล็กน้อยในจังหวัดเชียงราย แผ่นดินไหวในครั้งนี้และก่อนหน้าที่เกิดค่อนข้างถี่ เป็นแรงผลักดันให้กฎกระทรวงที่ใช้เวลาในการร่างนานมากได้ข้อยุติและประกาศบังคับใช้

แผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยใน พ.ศ. 2546 มี 2 เหตุการณ์ ครั้งแรกเป็นแผ่นดินไหวขนาด 5.7 ริคเตอร์ เกิดเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2546 มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่เกาะสุมาตรา ห่างจากกรุงเทพฯ มากกว่า 1,000 กิโลเมตร ได้ส่งผลให้อาคารสูงหลายแห่งในกรุงเทพมหานครโยกไหวตัวรุนแรงจนสร้างความตกใจ อลหม่านให้แก่พนักงานออฟฟิศและผู้คนเป็นจำนวนมากที่อยู่บนอาคารเหล่านั้น เหตุการณ์ครั้งที่ 2 เป็นแผ่นดินไหวขนาด 6.5 ริคเตอร์ เกิดเมื่อวันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2546 มีจุดศูนย์กลางอยู่ในประเทศพม่า ห่างจากกรุงเทพประมาณ 850 กิโลเมตร ได้ส่งผลกระทบต่ออาคารสูงในกรุงเทพฯ ที่รุนแรงกว่าครั้งแรก จนทำให้อาคารสูงบางอาคารเกิดความเสียหายเล็กน้อย เช่น กำแพง อิฐก่อบางตำแหน่งแตกร้าว

วันอาทิตย์ที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 เวลา 00:58:49 (UTC) ซึ่งตรงกับเวลา 07:58:49 ในประเทศไทย เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่นอกชายฝั่งด้านตะวันตกของตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ศูนย์กลางการเกิดอยู่ที่พิกัด 3.244 $°N$ 95.825 $°E$ ที่ความลึก 10 กิโลเมตร มีความรุนแรง 9.3 ริคเตอร์ (Mw) ซึ่งจัดเป็นแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงมากของโลกที่เคยเกิดขึ้น และส่งผลให้ประเทศในภูมิภาครอบมหาสมุทรอินเดียรวมถึงประเทศไทย ต้องเผชิญกับมหันตภัยจากคลื่นยักษ์สึนามิที่เป็นผลตามมา และเกิดเป็น After shock ตามมาอีกหลายสิบครั้งในหลายสัปดาห์

<u>สถิติแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย</u> ระหว่าง พ.ศ. 2443 – 7 ก.ย. 2548 (บุรินทร์ 2548)

ข้อมูลสรุปคือ แผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดภายนอกประเทศ ตรวจพบ 115 ครั้ง และแผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดภายในประเทศ ตรวจพบ 83 ครั้ง แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายนอกประเทศ อาจจำแนกได้เป็น แนวแผ่นดินไหวของโลกบริเวณทะเลอันดามัน สุมาตรา รอยเลื่อนในพม่า รอยเลื่อนจากตอนใต้ของจีน รอยเลื่อนในประเทศลาว รอยเลื่อนในเวียดนามแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศ จากรอยเลื่อนมีพลัง ส่วนใหญ่ บริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคใต้ ดังแสดงสรุปในตารางที่ 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.2 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ที่เกิดในบริเวณจังหวัดต่างๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2443-7 ก.ย. 2548

จังหวัด	จำนวนครั้ง	ร้อยละ
เชียงใหม่	34	41.0
กาญจนบุรี	13	15.7
เชียงราย	12	14.5
แพร่	5	6.0
อุตรดิตถ์	4	4.8
พะเยา	3	3.6
ตาก	3	3.6
แม่ฮ่องสอน	3	3.6
ลำพูน	2	2.4
เพชรบูรณ์	2	2.4
ลำปาง	1	1.2
นครราชสีมา	1	1.2
รวม	83	100

ตารางที่ 4.3 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้จากบริเวณต่างๆนอกประเทศ ระหว่างปี พ.ศ. 2443- 7 ก.ย. พ.ศ. 2548

บริเวณ	จำนวนครั้ง	ร้อยละ
พม่า	41	35.7
สุมาตรา	22	19.1
พม่า-ไทย	17	14.8
อันดามัน	10	8.7
พม่า-ลาว	8	7.0
พม่า-จีน	6	5.2
ลาว	6	5.2
ไทย-ลาว	2	1.7
พม่า-อินเดีย	1	0.9
จีน-เวียดนาม	1	0.9
ลาว-เวียดนาม	1	0.9
รวม	115	100

สรุปการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย

- ข้อมูลจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ ในรอบ 100 ปี มีขนาดแผ่นดินไหวที่ใหญ่ที่สุด ภาคเหนือที่จังหวัดน่าน ขนาด 6.5 ริคเตอร์ และภาคกลางที่จังหวัดกาญจนบุรี ขนาด 5.9 ริคเตอร์
- ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกในประวัติศาสตร์ ค่าความรุนแรงสูงสุดในภาคเหนือ (โยนกนคร) อยู่ที่อันดับ XII ตามมาตราเมอร์แคลลี
- ความเสียหายที่เกิดจากแผ่นดินไหวอยู่ในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณภาคเหนือ (ข้อมูลระหว่าง 2443- ก.ย. 2548)

4.3 ปัญหาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย

4.3.1 ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวขนาดกลาง

จากบันทึกแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น จะเห็นว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (ขนาดเล็กกว่า 6 ริคเตอร์) ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง จากการที่เริ่มมีการพัฒนาประสิทธิภาพของเครือข่ายสถานีตรวจวัดทั้งในและนอกประเทศ ทำให้สามารถตรวจพบแผ่นดินไหวจำนวนมากในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศ และหากพิจารณาแผ่นดินไหวขนาดประมาณ 5 ริคเตอร์ ที่จัดเป็นแผ่นดินไหวขนาดกลาง สามารถสรุปเหตุการณ์ได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แผ่นดินไหวขนาด 5 ริคเตอร์ ที่เคยตรวจวัดได้ในประเทศไทย

วัน เดือน ปี	สถานที่เกิด	ขนาด (ริคเตอร์)
13 พ.ค. 2478	จ.น่าน	6.5
17 ก.พ. 2518	อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	5.6
15-22 เม.ย. 2526	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี	5.3, 5.9, 5.2 (3 ครั้ง)
1 ต.ค.2532	พรมแดนไทย-พม่า	5.3
11 ก.ย.2537	อ.พาน จ.เชียงราย	5.1
9 ธ.ค. 2538	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	5.1
21 ธ.ค. 2538	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	5.2
22 ธ.ค. 2539	พรมแดนไทย-ลาว	5.5

แผ่นดินไหวขนาดกลางนี้จัดเป็นแผ่นดินไหวที่อันตราย เนื่องจากมีศักยภาพที่จะทำลายและสร้างความเสียหายต่ออาคารและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ในบริเวณรัศมีประมาณ 10-15 กิโลเมตรจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวได้ ในขณะที่บริเวณรอบนอกที่ห่างออกมาจากศูนย์กลางจะมีระดับการสั่นสะเทือนที่ลดทอนความรุนแรงลงมา จนอาจเหลือเพียงแค่ระดับที่รู้สึกของการสั่นไหวได้เท่านั้น แผ่นดินไหวที่เกิดแสดงในตารางที่ 4.4 ไม่ได้ทำให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงในพื้นที่ เนื่องด้วยตำแหน่งการเกิดขึ้นของแผ่นดินไหวเหล่านั้นมิได้อยู่ใกล้แหล่งชุมชน ดังนั้นจึงมีเพียงรายงานถึงความรู้สึกได้ของ

การสั่นสะเทือน และทำให้ประชาชนทั่วไปเข้าใจว่าแผ่นดินไหวที่เกิดในลักษณะนี้จะไม่มีอันตรายต่อประเทศไทย อย่างไรก็ดี เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ปีพ.ศ. 2537 ได้แสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของแผ่นดินไหวขนาดกลางนี้ โดยศูนย์กลางอยู่ในบริเวณเทือกเขาที่ห่างจากตัวอำเภอเพียง 20 ถึง 30 กิโลเมตร ได้ก่อให้เกิดความเสียหายกับอาคารสิ่งปลูกสร้างหลายสิบแห่ง

ในกรณีที่แผ่นดินไหวขนาดกลางมีศูนย์กลางใกล้กับบริเวณของเมืองหรือชุมชน ก็อาจทำให้เกิดความเสียหายรุนแรงตามมาได้

ผลของแผ่นดินไหวขนาดกลางที่สร้างความเสียหายในเหตุการณ์ต่างๆ ทั่วโลก แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างเหตุการณ์ความเสียหายรุนแรงจากแผ่นดินไหวขนาดกลางที่เกิดขึ้นทั่วโลก

สถานที่เกิด	ขนาด (ริคเตอร์)	ปีที่เกิด พ.ศ.	ความเสียหาย
เมือง Agadir ประเทศ Morocco	5.7	2503	เสียชีวิต 12,000 คน อาคารจำนวนมากพังทลาย
ตอนเหนือของ Yemen	5.8	2525	เสียชีวิต 2,800 คน หมู่บ้านประมาณ 300 แห่ง ได้รับความเสียหายรุนแรง
เมือง San Salvador ประเทศ El Salvador	5.4	2529	เสียชีวิต 1,000 คน บาดเจ็บ 10,000 คน ไร้ที่อยู่อาศัย 200,000 คน
เมือง Dushanbe สหภาพโซเวียตรัสเซีย	5.5	2532	เสียชีวิต 1,000 คน
เมือง Newcastle ประเทศ Australia	5.6	2532	เสียชีวิต 12 คน และอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสมัยใหม่พังทลาย ความสูญเสียหลายพันล้านเหรียญออสเตรเลีย
เมือง Timisoara ประเทศ Romania	5.5	2534	เสียชีวิต 1 คน บาดเจ็บ 28 คน ไร้ที่อยู่อาศัย 3,700 คน บ้านเรือนเสียหาย 2,800 หลัง
ห่างจากกรุง Cairo ประเทศ Egypt ประมาณ 20 กม.	5.2	2535	เสียชีวิต 593 คน บาดเจ็บกว่า 600 คน อาคารเสียหายรุนแรง 14,000 หลัง

เมือง Yongheng มณฑล Gansu ประเทศจีน	5.8	2539	เสียชีวิต 13 คน บาดเจ็บ 52 คน บ้านเรือนเสียหาย 4,500 หลัง
เกาะ Qeshm ประเทศอิหร่าน	5.9	2548	เสียชีวิตอย่างน้อย 10 คน บาดเจ็บจำนวนมาก และบ้านเรือนประมาณ 50-90% ของ12 หมู่บ้านเสียหาย

แผ่นดินไหวขนาดที่อาจเกิดขึ้นในประเทศไทยตามพื้นที่ของภาคเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือ หากเกิดขึ้นกลางชุมชนอาจสร้างความเสียหายที่รุนแรงกว่าที่เคยเกิดขึ้นได้ โดยประเด็นปัญหาที่ควรสนใจคือการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายเขตเมืองที่ขาดการจัดการด้านความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว รวมทั้งการขาดการวางแผนป้องกันและการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวขนาดกลางของประเทศจึงเป็นสิ่งที่ต้องการความพร้อมในการรับมือกับสิ่งที่อาจเกิดขึ้น

4.3.2 การขยายคลื่นของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร

ปัญหาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยที่สำคัญอีกเรื่องหนึ่งคือ ผลกระทบของแผ่นดินไหวระยะไกลต่ออาคารสูงในกรุงเทพมหานครอันเป็นผลจากการขยายคลื่นของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร

<u>ตัวอย่างบทเรียนจากแผ่นดินไหวระยะไกล</u>

แผ่นดินไหว Michoacan, Mexico เมื่อวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985) ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (Ms=8.1 ริคเตอร์) ที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ห่างจากกรุงเม็กซิโกซิตี้ถึง 350 กิโลเมตร สร้างความเสียหายอย่างใหญ่หลวง โดยทำให้เกิดการพังทลายของอาคารประมาณ 500 หลัง และมีผู้เสียชีวิตถึงประมาณ 10,000 คน แผ่นดินไหวครั้งนั้น อาคารที่ได้รับความเสียหายส่วนใหญ่เป็นอาคารสูงในบริเวณเหนือชั้นดินตะกอนหนา (ประมาณ 500 เมตร) ที่เคยเป็นทะเลสาบมาก่อน (Lake Taxcoco) และผิวดินประมาณ 5 เมตรที่เกิดจากการถมที่เนื่องจากการขยายเมือง จากการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่สถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่บนชั้นดินแข็งและชั้นดินอ่อนพบชัดเจนว่า การสั่นไหวของพื้นดินบนชั้นดินอ่อนมีขนาดสูง และคาบของการสั่นไหวยาวกว่าค่าบนชั้นดินแข็ง นอกจากนั้นระยะเวลาในการสั่นไหวบนชั้นดินอ่อนก็ยาวนานกว่าด้วย คาบของการสั่นไหวของพื้นดินบนดินอ่อนพบว่ามีค่าประมาณ 2 วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับค่าคาบธรรมชาติของอาคารสูงหลายอาคารและทำให้อาคารเหล่านั้นโยกตัวอย่างรุนแรงด้วยคาบการสั่นไหวนี้ตามพฤติกรรมการสั่นพ้อง (Resonance) ซึ่งเป็นเหตุให้อาคารเหล่านั้นเกิดการวิบัติหากกำลังต้านทานไม่เพียงพอ และเมื่อตรวจสอบกับมาตรฐานการ

ออกแบบแผ่นดินไหวพบว่า มาตรฐานสามารถกำหนดแรงสำหรับการออกแบบได้อย่างปลอดภัยสำหรับบริเวณชั้นดินแข็ง แต่สำหรับชั้นดินอ่อน แม้มาตรฐานได้คำนึงถึงการปรับค่าคาบการสั่นไหวของพื้นดินได้เหมาะสมแล้วแต่ให้ค่าแรงต่ำกว่าแรงที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ครั้งนั้นถึง 4 เท่า และช่วงเวลาของการสั่นไหวที่เกิดแรงมากกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานนี้มีระยะเวลาถึงประมาณ 25 วินาที ทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากดังกล่าว

Dr. Paul C. Thenhaus จาก U.S. Geological Survey ได้เขียนบทความเกี่ยวกับความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานครเนื่องจากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่แม้เกิดที่ศูนย์กลางระยะไกลไปหลายร้อยกิโลเมตร ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ไม่ได้ถูกพิจารณารวมไว้ในแผนที่ความเสี่ยงภัยของภูมิภาคที่มีการรวบรวมไว้ (Nutalaya et al., 1985) แต่เป็นเรื่องสำคัญต่อการพิจารณาค่าการสั่นไหวของพื้นดินของกรุงเทพมหานคร คือผลการเปลี่ยนแปลงคลื่นแผ่นดินไหวในด้านองค์ประกอบของความถี่ ขนาดของแผ่นดินไหว และระยะเวลาของการเกิดแผ่นดินไหว ที่เกิดขึ้นโดยสภาพของชั้นดินที่ตั้ง โดยได้ยกตัวอย่างของเหตุการณ์ แผ่นดินไหว Michoacan, Mexico และข้อมูลด้านธรณีวิทยาและประวัติศาสตร์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อกรุงเทพมหานคร เพื่อวิเคราะห์และเสนอข้อสังเกตและข้อสรุปว่า

- จากข้อมูลทางประวัติศาสตร์ กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในบริเวณที่มีโอกาสน้อยในการเกิดแผ่นดินไหวที่สร้างความเสียหาย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการขาดข้อมูลที่จะทำนายอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวขนาดกลางขึ้นไป จึงเสนอให้ควรมีการพิจารณาความเหนียวของโครงสร้างที่ควรมีเพื่อการต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคาร
- ตามข้อมูลทางประวัติศาสตร์และสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ตั้งและโดยรอบ กล่าวได้ว่าความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่สำคัญที่สุดสำหรับกรุงเทพมหานครมาจากแผ่นดินไหวระยะไกลที่มีแหล่งกำเนิดในบริเวณที่มีพลังสูง และแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีคาบในการสั่นไหวค่อนข้างยาวที่จะส่งผลกระทบมากต่ออาคารสูง ดังนั้นควรมีการศึกษารอยเลื่อนที่มีพลังในพม่าและภาคเหนือของประเทศเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการประเมินคาบการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวเหล่านั้น
- สภาพชั้นดินของกรุงเทพมหานครเป็นชั้นดินอ่อนหนา ทำให้ควรพิจารณาสำหรับการสั่นไหวของพื้นดินที่เกิดจากแผ่นดินไหวระยะไกลที่อาจเกิดการขยายขนาดของคลื่นได้
- พื้นที่ใน zone F (ที่เสนอโดย Nutalaya et al., 1985) ที่มีระยะทางจากกรุงเทพมหานครประมาณ 100 กม. หากเกิดแผ่นดินไหวขึ้นในบริเวณนี้อาจทำให้เกิดการวิบัติของพื้นดินที่เรียกว่า Liquefaction

- จังหวัดในภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ มีความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวระยะใกล้
- ควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่เสนอ โดยสร้างแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศ และให้ข้อสังเกตเพิ่มเติมว่า ความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงขึ้นใน zone F อาจมีน้อย และ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวในระยะใกล้สำหรับจังหวัดในภาคเหนือมีมากกว่ากรุงเทพมหานคร

Ashford et al. (1996) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของดินกรุงเทพมหานครจากตัวอย่างจาก 9 แหล่งในพื้นที่ เพื่อศึกษาความสามารถในการขยายคลื่นแผ่นดินไหวของชั้นดินนี้ โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองสภาพชั้นดินโดยทั่วไปของกรุงเทพมหานคร และแบบจำลองสำหรับความเร็วเฉือน (Shear Wave Velocity) ของชั้นดินนั้น โดยเริ่มจากคำนวณความเร็วเฉือนจากค่าคุณสมบัติของชั้นดิน 9 แหล่ง ด้วยความสัมพันธ์เชิง Empirical ที่เกี่ยวข้องแบบต่าง ๆ แล้วเปรียบเทียบกับผลการทดสอบด้วยวิธี Downhole จากแหล่งสำรวจ 4 แห่ง ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องเป็นอย่างดีระหว่างการคำนวณกับการทดสอบ และค่าความเร็วเฉือนที่ได้จากการศึกษามีค่าต่ำมากสำหรับชั้นดินอ่อนกรุงเทพ โดยมีค่าประมาณ 60-100 เมตรต่อวินาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีค่าใกล้เคียงกับค่าของชั้นดินที่กรุงเม็กซิโกซิตี้ และค่าความเร็วเฉือนเพิ่มขึ้นรวดเร็วถึงประมาณ 200-250 เมตรต่อวินาทีสำหรับชั้นดินแข็งชั้นแรกและค่อยๆเพิ่มขึ้นตามความลึก ผลการศึกษาด้านการขยายคลื่นแผ่นดินไหวพบว่ามีความสามารถในการขยายขนาดคลื่นได้ประมาณ 3-6 เท่า โดยหากสมมุติให้ PGA ของหินมีค่า 7% g ตามผลการศึกษาของเป็นหนึ่ง และ อาเด (2537) แล้วจะทำให้อัตราเร่งสูงสุดที่ผิวดินมีค่าสูงถึงเกือบ 30% g ผลการศึกษาที่แสดงในรูปของสเปคตรัมของอัตราเร่งของพื้นดินแสดงให้เห็นถึงการขยายคลื่นที่มีผลชัดเจนในช่วงคาบการสั่นของชั้นหินต้นกำเนิดแผ่นดินไหว และที่สำคัญคือการขยายที่เด่นชัดที่สุดบริเวณค่าคาบธรรมชาติของดินอ่อนในกรุงเทพมหานครที่มีค่าประมาณ 1 วินาที

Warnitchai et al. (2000) ทำการวิจัยความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานครต่อแผ่นดินไหวระยะไกล โดยมีการศึกษาประกอบด้วย (1) การสร้างแบบจำลองการศึกษาสำหรับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในบริเวณ ไทย-พม่า-อินโดจีน (2) การสร้าง Attenuation model (แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณหาความรุนแรงจากแผ่นดินไหวในรูปของค่าอัตราเร่งสูงสุด ณ ตำแหน่งที่สนใจที่แปรตามขนาดของแผ่นดินไหวนั้นๆ และมีการลดทอนความแรงตามระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง) (3) การศึกษาความน่าจะเป็นที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่อาจทำให้เกิดแผ่นดินไหวต่อกรุงเทพมหานคร และ (4) วิเคราะห์ผลตอบสนองด้านแผ่นดินไหวสำหรับดินในกรุงเทพมหานครเพื่อประเมินกำลังการขยายคลื่นและทำนายค่าการเคลื่อนที่ของพื้นดินของกรุงเทพมหานครเนื่องจากแผ่นดินไหว ผลการศึกษาชี้ว่าชั้นดินใต้

กรุงเทพมหานครมีความสามารถที่จะขยายคลื่นแผ่นดินไหวได้ประมาณ 3-4 เท่า คลื่นแผ่นดินไหวที่ถูกขยายจะมีลักษณะสุ่มที่มีองค์ประกอบความถี่ในช่วงแคบ (narrow band random motion) โดยมีคาบการสั่นไหวที่เด่นประมาณ 1 วินาที ดังนั้นจึงคาดว่าอาคารและโครงสร้างใดที่มีค่าคาบธรรมชาติใกล้เคียง 1 วินาทีจะมีโอกาสที่ได้เกิดการโยกตัวอย่างรุนแรงเนื่องจากผลของการสั่นพ้องกับลักษณะทางธรรมชาติของชั้นดิน นอกจากนั้นแล้ว เมื่อพิจารณาค่าความเร็วเฉือนในชั้นดินของกรุงเทพมหานครเปรียบเทียบกับของกรุงเม็กซิโกซิตี้พบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าความเร็วเฉือนในช่วงเปลี่ยนสภาพชั้นดินในกรุงเทพมหานครมีความคล้ายคลึงกับลักษณะในชั้นดินของกรุงเม็กซิโกซิตี้ สำหรับในกรุงเม็กซิโกซิตี้ช่วงชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเฉือนอย่างรวดเร็วนี้ทำให้การแผ่ขยายคลื่นแผ่นดินไหวขึ้นในแนวดิ่งเป็นไปได้โดยสะดวก แต่การที่คลื่นที่กระทบผิวดินแล้วจะแผ่ลงผ่านออกไปได้ยากแต่จะสะท้อนกลับขึ้นไปอีก ในระหว่างแผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 1985 ปรากฏการณ์เช่นนี้ทำให้เกิดการสั่นพ้องที่ขยายขนาดคลื่นจนเป็นการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงของพื้นดิน และลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วเฉือนที่พบในดินกรุงเทพมหานครเช่นเดียวกันนี้จึงเป็นประเด็นปัญหาด้านความเสี่ยงภัยที่จำเป็นต้องให้ความสนใจต่อไป

สถานะของความรู้ต่อแผ่นดินไหวจากผลงานวิจัยนี้ (พ.ศ. 2543) ได้รับความสนใจในวงจำกัดอยู่ในเฉพาะนักวิชาการและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแผ่นดินไหว และไม่ได้การนำไปขยายผลการศึกษาต่ออันอาจเนื่องมาจากขาดเหตุการณ์ผลกระทบของแผ่นดินไหวโดยเฉพาะต่อกรุงเทพมหานครไปเป็นระยะเวลาหลายปี ตั้งแต่เหตุการณ์แผ่นดินไหวในวันที่ 12 กรกฎาคม 2538 จนถึง พ.ศ. 2546 จึงได้เกิดแผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อกรุงเทพมหานคร 2 เหตุการณ์

ในครั้งแรกเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่ประเทศอินโดนีเซีย เมื่อเวลาประมาณ 10.00 น. ตามเวลาในประเทศไทย ของวันที่ 22 มกราคม 2546 แผ่นดินไหวดังกล่าวมีขนาด 5.7 ริคเตอร์ (จากข้อมูลของ US Geological Survey) และมีศูนย์กลางบริเวณ 4.58 $°N$ 97.54 $°E$ ใกล้เมืองเมดาน ทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครกว่า 1000 กิโลเมตร โดยในครั้งนี้ไม่มีรายงานความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินใดๆเกิดขึ้นทั้งในประเทศอินโดนีเซียและประเทศเพื่อนบ้าน และแผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยในครั้งที่สองเกิดขึ้นที่ประเทศพม่า เมื่อเวลาประมาณ 1.16 น. ตามเวลาในประเทศไทย ของวันที่ 22 กันยายน 2546 แผ่นดินไหวดังกล่าวมีขนาด 6.5 ริคเตอร์ (จากข้อมูลของ US Geological Survey) และมีศูนย์กลางบริเวณ 19.4 $°N$ 96.2 $°E$ ใกล้เมืองเมคติลา ทางตอนเหนือของกรุงย่างกุ้ง ประเทศพม่า ซึ่งอยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครกว่า 850 กิโลเมตร

แผ่นดินไหวที่เกาะสุมาตรา ถึงแม้ไม่ได้สร้างความเสียหายโดยตรงแต่ได้มีผลกระทบในเชิงจิตวิทยาเป็นอย่างยิ่งต่อประชาชนหลายพันคนในประเทศไทย ซึ่งได้ก่อให้เกิดความตื่นตระหนกเป็นอย่างมาก โดยผลกระทบต่อแผ่นดินไหวนี้คือ ในกรุงเทพมหานคร ผู้คนที่อยู่ในอาคารสูงประมาณ 15-25 ชั้นกว่า 20 อาคาร ในย่านธุรกิจสำคัญต่างๆ รู้สึกวิงเวียนศีรษะ และสามารถสังเกตพบการสั่นไหวของ มู่ลี่ โคมไฟแขวน และกระจกของอาคาร เป็นต้น จึงมีความตื่นตระหนกและรีบออกจากอาคารทั้งทางลิฟต์และบันได โดยบางบริษัทได้สั่งหยุดงานครึ่งวันเพื่อความปลอดภัย และบางอาคารได้มีการตื่นตัวในด้านการตรวจสอบความปลอดภัยของอาคารต่อเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้น ส่วนในจังหวัดทางภาคใต้ เช่น ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี สงขลา สตูล และตรัง เป็นต้น ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่ทำให้ผู้คนที่อยู่ในอาคาร 3 ถึง 5 ชั้นขึ้นไปบางอาคารรู้สึกถึงการสั่นไหวและรีบหนีออกจากอาคารเหล่านั้น รวมทั้งมีรายงานของการเกิดคลื่นสูงขึ้นในทะเลอันดามัน

สำหรับแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่พม่าซึ่งเกิดใกล้แหล่งชุมชนมากกว่าทำให้มีความเสียหายที่รุนแรงกว่า โดยในประเทศพม่ามีรายงานผู้เสียชีวิต 10 คน และมีการพังทลายของเจดีย์ สะพาน และบ้านเรือนจำนวนหนึ่ง ส่วนผลกระทบต่อประเทศไทยคือ เกิดการสั่นไหวที่รู้สึกได้ในอาคารหลายแห่งในจังหวัดทางภาคเหนือและกรุงเทพมหานคร มีผู้คนที่พักผ่อนอยู่ในอาคารที่พักอาศัยและโรงแรมรู้สึกถึงการสั่นไหวและตื่นตระหนกเป็นจำนวนมาก มีความรู้สึกวิงเวียนศีรษะและสังเกตพบการไหวตัวของสิ่งของต่างๆ โดยเฉพาะในอาคารสูง 10 ชั้นขึ้นไป และบางอาคารเกิดการเสียหายเล็กน้อยของส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างหลัก

ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น นคร มานะ และ เป็นหนึ่ง (2548) ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร ด้วยวิธีการตรวจวัดการสั่นไหวตามธรรมชาติ (Ambient Vibration) และวิเคราะห์ผลตอบสนองด้วยวิธีทาง Frequency Domain ของอาคารทั้งหมด 50 หลัง ที่มีความสูงประมาณ 20 ถึง 210 เมตร และจำนวนชั้น 5 ถึง 54 ชั้น ผลการวิจัยได้แสดงข้อมูลคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ ประกอบด้วย คาบธรรมชาติ อัตราส่วนความหน่วง และรูปร่างการสั่นไหว เพื่อใช้ในการศึกษาผลกระทบจากการเกิดแผ่นดินไหวและการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหวต่อไปในอนาคต งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสูตรประมาณค่าคาบธรรมชาติจากข้อมูลการตรวจวัดด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และเปรียบเทียบกับมาตรฐานการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว Uniform Building Code 1997 และผลการตรวจวัดอาคารจากต่างประเทศ ผลการศึกษาพบว่าสมการประมาณค่าคาบธรรมชาติที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัดครั้งนี้มีความแตกต่างในระดับหนึ่งกับค่าที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่ใช้อยู่ในประเทศไทยและ

มาตรฐานในต่างประเทศรวมถึงผลจากการตรวจวัดอาคารในประเทศที่มีการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว และพบว่าค่าคาบธรรมชาติของรูปแบบการสั่นไหวที่ 1 ของอาคารสูงปานกลางประมาณ 10-20 ชั้น และค่าคาบธรรมชาติของรูปแบบการสั่นไหวที่ 2 ของอาคารสูงประมาณ 30 ชั้นขึ้นไป มีค่าใกล้กับค่าคาบที่ชั้นดินในกรุงเทพมหานครขยายขนาดคลื่นได้รุนแรง หรือประมาณ 1 วินาที ซึ่งสามารถทำให้กลุ่มอาคารเหล่านี้เกิดการโยกตัวอย่างรุนแรงด้วยการสั่นพ้องจากแผ่นดินไหวที่มีการขยายตัวของคลื่นได้ และเป็นการอธิบายผลกระทบของแผ่นดินไหวระยะไกลที่มีผลเด่นชัดต่ออาคารเหล่านี้ได้

4.3.3 การศึกษาความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย

งานวิจัยที่สำคัญด้านข้อมูลแผ่นดินไหวในประเทศไทยคือจากการศึกษาถึงโครงสร้างธรณีวิทยาและข้อมูลที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวโดย Nutalaya และคณะ ในปี ค.ศ. 1985 ได้แบ่งพื้นที่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 5°N ถึง 25°N และเส้นแวงที่ 90°E ถึง 110°E ซึ่งครอบคลุมแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวจำนวน 12 เขต ให้ชื่อว่า เขตกำเนิด A ถึง L นอกจากนั้น ยังได้รวบรวมข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ดังกล่าว ทั้งจากบันทึกทางประวัติศาสตร์ย้อนหลัง 2500 ปี และจากสถานีวัดต่าง ๆ ในช่วงระหว่าง ค.ศ. 1910 ถึง ค.ศ. 1983 ซึ่งได้เก็บบันทึกไว้โดยองค์การต่าง ๆ เช่น USGS, NOAA, ISS, UNDP, UNESCO และกรมอุตุนิยมวิทยา มาเรียบเรียงใหม่อย่างเป็นระบบ

ในปี พ.ศ. 2533 ปริญญา และ ประกาศ ทำการศึกษาการคาดคะเนโอกาสในการเกิดแรงสั่นสะเทือนสูงสุดจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย และศึกษา Attenuation Model (ในปัจจุบัน มาตรฐานการออกแบบอาคารในหลายประเทศได้กำหนดให้ใช้ค่า peak ของอัตราเร่งในแนวราบของพื้นดิน หรือ PGA : peak ground acceleration ณ.ตำแหน่งอาคาร เป็นดัชนีแสดงความรุนแรงของผลกระทบจากแผ่นดินไหว ทั้งนี้เพราะขนาดของแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่อตัวอาคารในแนวดานข้างนั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ PGA นี้ แต่เนื่องจากความไม่แน่นอนโดยธรรมชาติของ ขนาด ตำแหน่ง และเวลาที่เกิดของแผ่นดินไหว การวิเคราะห์หาค่าสูงสุดของ PGA ที่อาจเกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของอาคารนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ ดังนั้นทฤษฎีความน่าจะเป็นจึงได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่า PGA ที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบอาคาร) ในงานวิจัยนี้ ได้มีการเปรียบเทียบผลการคำนวณจาก Attenuation Model หลายรูปแบบกับข้อมูล PGA ในประเทศไทย คือข้อมูลที่วัดได้จากแผ่นดินไหวที่เขื่อนศรีนครินทร์ ในปี พ.ศ. 2526 และพบว่า ESTEVA Model ให้ผลที่สอดคล้องกับข้อมูล PGA ที่วัดได้ และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรอยเลื่อนกับขนาดของแผ่นดินไหว พบว่า

รอยเลื่อน 9 แห่งในประเทศไทย ได้แก่ รอยเลื่อนเชียงแสน รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ รอยเลื่อนระนอง และรอยเลื่อนคลองมะรุย สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 6-7 ริคเตอร์ขึ้นได้ จึงเสนอให้ควรมีการศึกษาหาคาบอุบัติซ้ำและความเป็นไปได้ของการเคลื่อนตัวขนาดใหญ่ของรอยเลื่อนเหล่านี้ในอนาคต

ปณิธาน และ นพดล (พ.ศ. 2536) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อกำหนดเขตแผ่นดินไหวในประเทศไทยและกำหนดสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม โดยใช้พื้นฐานของอัตราเร่งสูงสุดบนผิวดิน และพิจารณาผลของแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางต่างๆ โดยมีการอิงมาตรฐานที่ทันสมัยขึ้นคือ Uniform Building Code ค.ศ. 1988 (พ.ศ. 2531) ผลการวิจัยพบว่า ประเทศไทยอาจเกิดแผ่นดินไหวขึ้นโดยมีค่า PGA ไม่เกิน 14% g (g คืออัตราเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงโลก) และนำเสนอเขตแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยขึ้นคือ เขต 1 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอัตราเร่งของพื้นบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 6% g ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.15 เขต 2 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอัตราเร่งของพื้นบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 6% g แต่ไม่เกิน 10% g ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.25 เขต 3 ครอบคลุมพื้นที่ที่มีอัตราเร่งของพื้นบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 10% g แต่ไม่เกิน 14% g ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.35

เป็นหนึ่ง และ อาเด (2537) ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย โดยวิเคราะห์หาระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อให้สามารถออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสม โดยทำการสร้างแบบจำลองความถี่ในการเกิดแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่วัดได้ในช่วงเวลา 80 ปี โดยมีการตรวจสอบแยกแยะข้อมูลและปรับแบบจำลองให้มีการจำกัดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวตามลักษณะธรรมชาติ และใช้ Attenuation model ของ ESTEVA model วิเคราะห์บนพื้นฐานของทฤษฎีความน่าจะเป็นของ CORNELL แสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นค่าอัตราเร่งสูงสุดบนพื้นดินที่มีความน่าจะเป็นเพียง 1 ใน 10 ที่จะเกิดมีค่าสูงกว่าในคาบเวลา 50 ปี แสดงเป็นเขตแผ่นดินไหวและค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยที่สอดคล้องกับรูปแบบของ Uniform Building Code ปี ค.ศ. 1991 ผลการแบ่งเขตแสดงว่า พื้นที่บางส่วนของภาคเหนือและภาคตะวันตกที่ติดกับประเทศพม่าจัดอยู่ในเขต 3 (PGA มีค่าระหว่าง 20-30% g) และมีพื้นที่ที่จัดอยู่ในเขตที่มีค่า PGA ลดหลั่นลงไป และสำหรับกรุงเทพมหานครจัดอยู่ในเขต 1 ที่มี PGA ระหว่าง 2.5-7.5% g โดยผลการศึกษานี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลจาก ปริญญา และ ประกาศ (2533) และ ปณิธาน และ นพดล (พ.ศ. 2536) พบว่างานวิจัยนี้แสดงระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวโดยรวมที่สูงกว่า โดยเฉพาะการที่พื้นที่ชายแดน ไทย-พม่า เปลี่ยนจากเขต 2 ขึ้นมาเป็นเขต 3 และ

งานวิจัยเสนอให้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ attenuation model สำหรับประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง เพราะข้อมูล PGA ที่ได้บันทึกมายังมีน้อย และเป็นข้อมูลในกรณีของแผ่นดินไหวขนาดเล็กและกลางที่เกิดใกล้กับสถานีวัด ซึ่งมีลักษณะการลดความแรงเนื่องจาก geometric spreading เป็นสำคัญดัง ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะสรุปว่า ESTEVA model เป็น model ที่เหมาะสมที่สุดโดยเฉพาะในกรณีที่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่เกิดขึ้นในบริเวณที่ห่างไกล ซึ่งมีลักษณะการลดความแรงขึ้นอยู่กับ material internal damping ของเนื้อหินเป็นสำคัญ การศึกษาเพิ่มเติมนี้ควรประกอบด้วย (1) การเพิ่มเครือขายสถานีที่สามารถวัด PGA ได้ และ (2) การศึกษาทางด้ายทฤษฎี เพราะในปัจจุบันความรู้เชิง Physics เกี่ยวกับกลไกของ attenuation ได้พัฒนาขึ้นมากจนถึงระดับที่อาจนำข้อมูลทางธรณีวิทยามาสร้างเป็น attenuation model ได้โดยตรง ซึ่งน่าจะช่วยให้สามารถสร้าง attenuation model ที่เหมาะสมได้ในอนาคต

4.4 กฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงจากแผ่นดินไหว

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบถึงกรุงเทพมหานครหลายครั้งในช่วงปี พ.ศ. 2518 เป็นต้นมา คือ วันที่ 17 ก.พ. 2518 ซึ่งมีขนาด 5.6 ริคเตอร์ มีศูนย์กลางที่อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ที่ทำให้อาคารบางแห่งในกรุงเทพมหานครโยกตัวรุนแรง และในวันที่ 15 เมษายน 2526 ซึ่งมีขนาด 5.3 ริคเตอร์ และเมื่อวันศุกร์ที่ 22 เมษายน 2526 ซึ่งมีขนาด 5.9 และ 5.2 ริคเตอร์ มีศูนย์กลางที่อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ทำให้อาคารในกรุงเทพมหานครซึ่งอยู่ห่างจากศูนย์กลางถึง 200 กม. มีการสั่นไหว ผู้คนในกรุงเทพฯ ตื่นตระหนกและเกิดความวิตกกังวลว่าอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ จะสามารถต้านแรงแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้หรือไม่ ผลของแผ่นดินไหวที่เกิดถี่ขึ้น ควบคู่กับการขยายตัวเมืองใหญ่ในประเทศ ทำให้ คณะกรรมการควบคุมอาคาร กรมโยธาธิการ มีคำสั่งแต่งตั้งคณะอนุกรรมการยกร่างกฎกระทรวงเกี่ยวกับแผ่นดินไหวเมื่อปี พ.ศ. 2526 และมีการตั้งคณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติขึ้น เมื่อ เดือนกันยายน 2528 โดยมีอำนาจหน้าที่ดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อการป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหว และหนึ่งในกิจกรรมของผลักดันให้มีการออกกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบสิ่งก่อสร้างให้สามารถทนแผ่นดินไหวในเขตความเสี่ยงแผ่นดินไหวได้ขึ้น โดยในช่วงต้น ดร. สิริลักขณ์ จันทรางศุ ประธานคณะกรรมการในการร่างกฎกระทรวงว่าด้วยแรงแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย ได้เสนอร่างขึ้น (สิริลักขณ์ พ.ศ. 2529) โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน Uniform Building Code

ค.ศ. 1982 (พ.ศ. 2525) ของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นต้นแบบ โดยสาระสำคัญคือ กำหนดแบ่งเขตที่อาจได้รับความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวเป็น 2 เขต คือ

เขต 1 ได้แก่ ท้องที่ที่อาจจะได้รับความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวเล็กน้อย คือ

ภาคเหนือ คือ จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดอุทัยธานี

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ จังหวัดหนองคาย จังหวัดเลย จังหวัดอุดรธานี จังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษ

ภาคกลาง คือ จังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดอ่างทอง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครปฐม จังหวัดนนทบุรี กรุงเทพมหานคร จังหวัดราชบุรี จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ภาคใต้ คือ จังหวัดชุมพร จังหวัดระนอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดพังงา จังหวัดกระบี่ และจังหวัดภูเก็ต

เขต 2 ได้แก่ ท้องที่ที่อาจจะได้รับความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวมากกว่าเขต 1 คือ

ภาคเหนือ คือ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดพะเยา จังหวัดลำพูน และจังหวัดตาก

ภาคกลาง คือ จังหวัดกาญจนบุรี

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว (ค่า Z) กำหนดไว้คือ ในเขต 1 ให้ใช้ค่าไม่น้อยกว่า 0.19 และในเขต 2 ให้ใช้ค่าไม่น้อยกว่า 0.38 และเนื้อหาของร่างดังกล่าวไม่มีการระบุประเภทของอาคารที่มีผลบังคับใช้ นั่นคือให้มีผลบังคับใช้กับอาคารทุกประเภทในพื้นที่เหล่านั้น

คณะกรรมการควบคุมอาคาร กรมโยธาธิการ ในฐานะหน่วยงานที่มีความรับผิดชอบโดยตรงสำหรับกฎกระทรวงฉบับนี้ ได้แต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณายกร่างกฎกระทรวงและวางข้อกำหนดเกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรงของอาคารในการต้านแรงแผ่นดินไหว ซึ่งได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ จนกระทั่งเสนอให้คณะรัฐมนตรีพิจารณาเมื่อกลางปี 2530 ซึ่งคณะรัฐมนตรีได้พิจารณาแล้ว มีมติให้กระทรวงมหาดไทยนำกลับไปพิจารณาทบทวน โดยมิได้ให้รายละเอียดว่าจะให้ทบทวนในประเด็นใดบ้าง (สมศักดิ์ 2540)

ในระหว่าง พ.ศ. 2530-2532 คณะกรรมการควบคุมอาคารได้มีการประชุมพิจารณาทบทวนร่างกฎกระทรวงแผ่นดินไหวหลายครั้ง แต่กรรมการฯมีความเห็นแบ่งแยกเป็นสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่ง เห็นว่ามีความจำเป็นต้องมีกฎกระทรวงฯ เพื่อปกป้องชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน อีกฝ่ายหนึ่ง เห็นว่ายังไม่มีความจำเป็นต้องมีกฎกระทรวงฯ เนื่องจากแผ่นดินไหวมีขนาดเล็กและนานๆจะเกิดขึ้นสักครั้งหนึ่ง เมื่อไม่สามารถหาข้อยุติได้ คณะกรรมการควบคุมอาคารจึงมีมติเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2533 ให้แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเป็นอนุกรรมการฯเพิ่มเติม กับให้สอบถามความเห็นเกี่ยวกับร่างกฎกระทรวงฯนี้จากสถาบันและหน่วยราชการต่างๆ ได้ส่งข้อมูลและความเห็นกลับมาเป็นจำนวนมากแต่ก็ยังไม่สามารถสรุปเป็นข้อยุติได้

ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องนี้สรุปโดย วรศักดิ์ (2534) ดังนี้

“1. เนื้อหาร่างฉบับนี้นอกจากจะกำหนดเขตความเสี่ยงแผ่นดินไหวแล้ว ยังได้บรรจุสูตรและสาระวิธีการไว้ในกฎหมาย โดยแปลมาจากส่วนหนึ่งของ Uniform Building Code แต่ด้วยข้อจำกัดในด้านความกะทัดรัด ของกฎหมายทำร่างนี้ขาดความถูกต้องและความสมบูรณ์ เนื่องจากกฎหมายไม่ใช้ตำราการบรรจุเนื้อหาทางวิชาการในกฎกระทรวง เป็นเรื่องทำให้สมบูรณ์ได้ยาก และอาจเป็นปัญหาใหญ่ในการตีความต่าง ๆ ภายหลัง นอกจากนี้ ยังอาจถือเป็นการริดรอนอิสรภาพในการประกอบวิชาชีพของวิศวกรโดยใช่เหตุ

นักวิชาการส่วนใหญ่มีความเห็นว่า การที่รัฐกำหนดเขตความเสี่ยงแผ่นดินไหวอย่างเดียวก็เป็นการเพียงพอแล้ว เท่ากับการกำหนดนโยบายรัฐ ว่าต้องการให้โครงสร้างที่สร้างในแต่ละเขต ต้องสามารถทานแผ่นไหวได้ในขนาดใด ส่วนวิธีการออกแบบเพื่อปฏิบัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว ปล่อยให้อยู่ในความรับชอบของวิศวกรผู้มีความรู้ความสามารถ

2. ขอบข่าย ตามที่กฎกระทรวงนี้ ครอบคลุมถึงสิ่งปลูกสร้างทุกประเภทแบบครอบจักรวาล วิศวกรเห็นว่า กฎกระทรวงควรใช้บังคับเฉพาะอาคารสาธารณะที่มีศักยภาพการทำลายสูง โดยเฉพาะอาคารสูง หรือ อาคารไม่สูงแต่บรรจุผู้คนครั้งละมาก ๆ เท่านั้น แต่ไม่ควรใช้บังคับสำหรับอาคารขนาดเล็ก หรือ บ้านอยู่อาศัย เหตุผลไม่ใช่เพราะอาคารเหล่านี้จะปลอดภัยจากแผ่นดินไหวมากกว่าอาคารสูง แต่ประเด็นอยู่ที่ว่า ตราบใดที่ความเสียหายของสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้ไม่มีผลต่อส่วนรวม รัฐควรปล่อยให้มาตรการป้องกันความเสียหายจากแผ่นดินไหว เป็นความต้องการของฝ่ายเอกชนเอง

3. ความสิ้นเปลือง ข้อโต้แย้งข้อนี้ มาจากความเชื่อที่ว่า การออกแบบอาคารสูงให้ทานแผ่นดินไหวทำให้สิ้นเปลืองอย่างมหาศาล แต่ข้อเท็จจริงมีอยู่ว่า สำหรับเขตความสั่นไหวระดับ 1 และ 2 นั้น ได้มีการทำวิจัยไว้ว่า ถ้าออกแบบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว ค่าก่อสร้างจะเพิ่มขึ้นไม่เกิน 5 % ของ

ราคาทั้งโครงการเท่านั้น ซึ่งเชื่อว่ายังสิ้นเปลืองน้อยกว่าอาคารที่ออกแบบ แบบเผื่อเหลือเผื่อเกินโดยไม่มีหลักเกณฑ์ สาเหตุเพราะ ความกดดันเรื่องเวลา หรือ เพราะขาดความรู้ในการวิเคราะห์โครงสร้างโดยละเอียด โครงสร้างเหล่านี้จึงมักจะมีขนาดใหญ่ ดูประหนึ่งว่า แข็งแรงแต่จริง ๆ แล้ว เป็นการเพิ่มมวลโดยไม่จำเป็นและถ้าเพิ่มผิดที่ อาจทำให้โครงสร้างเกิดความไม่ปลอดภัยได้

4. ความซ้ำซ้อน ข้อโต้แย้งข้อนี้ มาจากความเชื่อที่ว่า ถ้าอาคารสูงได้รับการออกแบบให้รับแรงลมตามข้อกำหนดของ กทม.แล้ว ย่อมจะสามารถทนทานต่อแรงกระทำจากแผ่นดินไหวระดับความสั่นสะเทือนของเขต 1 และเขต 2 ได้ จึงไม่จำเป็นต้องมีกฎกระทรวงฯ ข้อนี้ วิศวกรไม่ควรถือเป็นกฎตายตัวเสมอไป เพราะในขณะที่แรงลมมีค่าแปรตามความสูงตายตัว แรงกระทำที่เกิดจากแผ่นดินไหวจะมีค่ามากหรือน้อยไม่ได้ขึ้นอยู่กับความสูงเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นกับคุณสมบัติเฉพาะของอาคารนั้น คือ คาบการสั่นไหวตามธรรมชาติที่ต่างกัน (เพราะมวลต่างกัน เป็นต้น) แรงกระทำจากแผ่นดินไหวอาจมีผลน้อยกว่าแรงลมสำหรับอาคารหนึ่ง แต่สำหรับอาคารอีกหลังหนึ่งที่สูงเท่ากัน แรงกระทำจากแผ่นดินไหวอาจมีผลมากกว่าแรงลมก็ได้

อย่างไรก็ตาม ในหลักการแล้ว กฎกระทรวงควรมีข้อยกเว้นไว้ว่า ถ้ากรณีที่วิศวกรสามารถแสดงได้ว่า ผลกระทำจากแรงลมต่ออาคาร มีขนาดสูงกว่าแรงกระทำจากแผ่นดินไหวก็ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงแรงจากแผ่นดินไหวเลย”

จากข้อคิดเห็นที่สรุปดังกล่าวจะพบว่าไม่มีข้อคัดค้านในด้านวิชาการของวิศวกรรมแผ่นดินไหวที่จะนำมาตรฐานของต่างประเทศมาใช้กับประเทศไทยโดยตรง อย่างไรก็ตามคณะกรรมการร่างกฎกระทรวงได้พิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงและปรับร่างกฎกระทรวงแล้ว เปิดโอกาสให้ผู้เกี่ยวข้องทั่วไปได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในรูปของ Public Hearing วรศักดิ์ (2535) โดยพิจารณาผลการวิจัยส่วนหนึ่งของ ปณิธาน และ นพดล (พ.ศ. 2536) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อกำหนดเขตแผ่นดินไหวในประเทศไทยและกำหนดสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม โดยเสนอเขตแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยขึ้น คือ เขต 1 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.15 เขต 2 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.25 และเขต 3 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวเท่ากับ 0.35

ซึ่งสาระสำคัญของร่างฉบับขณะนั้นมีการเปลี่ยนแปลงด้านค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหวให้ใช้ค่า 0.15 สำหรับเขต 1 และ 0.25 สำหรับ เขต 2 โดยจังหวัดที่จัดอยู่ในแต่ละเขตยังคงเหมือนกับร่างฉบับแรก นอกจากนี้ มีการเปลี่ยนแปลงสำคัญคือประเภทของอาคารที่บังคับใช้คืออาคารที่มีความสูงเกิน 15 เมตร หรือเป็นอาคารสาธารณะซึ่งมีประชาชนเข้าใช้สอยเป็นจำนวนมาก เช่น โรง

มหรสพ โรงแรม โรงเรียน ศูนย์การค้า หอประชุม อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของประชาชน เช่น โรงพยาบาล ท่าอากาศยาน สถานีรถ อาคารเก็บวัสดุไวไฟ วัสดุระเบิด วัสดุกระจายแพร่พิษหรือรังสี

ความคืบหน้าของการร่างกฎกระทรวงเป็นไปได้ช้า ท่ามกลางความขัดแย้งที่ไม่อาจสรุปได้ ตั้งแต่คณะกรรมการควบคุมอาคาร กรมโยธาธิการ มีคำสั่งแต่งตั้งคณะอนุกรรมการยกร่างกฎกระทรวงเกี่ยวกับแผ่นดินไหวเมื่อปี พ.ศ. 2526 จนถึงช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2537 ถึง 2538 ที่เกิดแผ่นดินไหวทางภาคเหนือบ่อยครั้ง เช่น วันที่ 11 กันยายน 2537 มีศูนย์กลางที่อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ขนาด 5.1 ริคเตอร์ วันที่ 9 ธันวาคม 2538 มีศูนย์กลางที่อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ ขนาด5.1 ริคเตอร์ วันที่ 21 ธันวาคม 2538 มีศูนย์กลางที่อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ขนาด5.2 ริคเตอร์ โดยเฉพาะแผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 ซึ่งมีศูนย์กลางอยู่ในเขตอำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงรายห่างจากตัวอำเภอพาน ประมาณ 15-20 กม. ก่อให้เกิดความเสียหายแก่โรงเรียน วัดและอาคารราชการหลายแห่ง โดยเฉพาะอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กแห่งหนึ่งของโรงพยาบาลพาน เสาอาคารแตกร้าวจนอาจพังทลายลงมาได้ และได้มีการสั่งระงับการใช้อาคาร ผลของแผ่นดินไหวที่อำเภอพานนี้ เป็นสิ่งยืนยันว่าแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางอยู่ในประเทศไทย มีศักยภาพพอที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ หากเกิดใกล้แหล่งชุมชน

กรมโยธาธิการจึงได้ปรับปรุงร่างกฎกระทรวงใหม่ และดำเนินการจนได้รับความเห็นชอบจากกระทรวงมหาดไทย เสนอให้คณะรัฐมนตรีพิจารณาเห็นชอบในหลักการตามที่กระทรวงมหาดไทยเสนอ แล้วส่งร่างให้สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาตรวจสอบ เมื่อผ่านการตรวจสอบแล้ว จึงแจ้งให้คณะรัฐมนตรีทราบและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยลงนาม และประกาศใช้ในราชกิจจานุเบกษา เป็นกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน 2540 โดยใช้เวลาประมาณ 14 ปีนับจากเมื่อมีคำสั่งแต่งตั้งคณะอนุกรรมการยกร่างกฎกระทรวงเกี่ยวกับแผ่นดินไหวเมื่อปี พ.ศ. 2526

ตลอดระยะเวลาในการดำเนินการร่างกฎกระทรวงเกี่ยวกับแผ่นดินไหวมีทั้งผู้สนับสนุนและผู้คัดค้าน โดยมีสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกแยกทางความคิดเนื่องมาจากการขาดข้อมูล การศึกษาด้านธรณีวิทยาเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย ยกตัวอย่างเช่น ยังไม่เคยทำการศึกษาอย่างจริงจังเกี่ยวกับรอยเลื่อนต่างๆ ในประเทศอย่างเป็นระบบ คาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนแต่ละรอย และการขยายตัวของคลื่นความสั่นสะเทือนในชั้นดินอ่อนของไทย เป็นต้น ทำให้เกิดการโต้แย้งในหมู่นักวิชาการอย่างไม่จบสิ้น การยกร่างกฎกระทรวงฯ นี้จึงจำเป็นต้องยกร่างในลักษณะประนีประนอม เช่น การบังคับใช้ในท้องที่เพียง 10 จังหวัด แทนการแบ่งพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ

ออกเป็นโซนตามระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละท้องที่ การบังคับใช้กับอาคารทั่วไปที่สูงตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไปหรืออาคารสาธารณะ และอาคารพิเศษ แทนที่จะบังคับใช้กับทุกอาคาร การใช้มาตรฐานการคำนวณแรงแผ่นดินไหวตาม UBC 1985 แทนที่จะตาม UBC ฉบับล่าสุด ทั้งนี้ เพื่อให้ร่างกฎกระทรวงฯ ฉบับนี้ เป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายได้ และนำไปสู่การบังคับใช้เป็นกฎหมาย สมศักดิ์ (2540)

สาระสำคัญของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 มีดังนี้

พื้นที่ควบคุม กฎกระทรวงฯนี้ บังคับใช้เฉพาะพื้นที่ควบคุม ในจังหวัดต่างๆ 10 จังหวัด คือ และจัดเป็นเขตเดียวโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเข้มแผ่นดินไหวไม่น้อยกว่า 0.38

จังหวัดภาคเหนือ 9 จังหวัด คือ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน พะเยา น่าน ลำพูน ลำปาง แพร่ ตาก

จังหวัดภาคกลาง 1 จังหวัด คือ กาญจนบุรี

ประเภทของอาคารที่ควบคุม อาคารสาธารณะซึ่งมีประชาชนเข้าใช้สอยเป็นจำนวนมาก เช่น โรงมหรสพ โรงแรม โรงเรียน ศูนย์การค้า หอประชุม อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของประชาชน เช่น โรงพยาบาล ท่าอากาศยาน สถานีรถ อาคารเก็บวัสดุไวไฟ วัสดุระเบิด วัสดุกระจายแพร่พิษหรือรังสี และอาคารอื่นที่สูงเกิน 15 เมตร

การคำนวณ ใช้คำนวณโดยแรงสถิตเทียบเท่า อ้างอิงจากบางส่วนของมาตรฐาน Uniform Building Code (UBC 1985) ของประเทศสหรัฐอเมริกา

เป็นที่ควรสังเกตว่า พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่เป็นประเด็นหลักของความขัดแย้งระหว่างการร่างกฎกระทรวง ได้ถูกนำออกจากพื้นที่บังคับ ทั้งที่มีหลักฐานชัดเจนทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลการศึกษาและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวหลายครั้ง ยืนยันถึงความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานครต่อภัยแผ่นดินไหว นอกจากนั้น กฎกระทรวงยังคงใช้ต้นแบบของมาตรฐานที่ล้าสมัยและขาดความสมบูรณ์ โดยเหตุผลทั้งหมดคือเพื่อทำให้มีการยอมรับนำออกมาบังคับใช้ได้เท่านั้น

4.5 โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย

คณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติได้ตระหนักถึงความจำเป็นด้านการศึกษาเพื่อข้อมูลด้านวิชาการสำหรับแผ่นดินไหวของประเทศไทย จึงได้จัดทำโครงการศึกษาวิจัยอย่างเป็นระบบครบวงจรเกี่ยวกับภัยแผ่นดินไหว ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2538 โครงการนี้มีชื่อว่า “โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวใน

ประเทศไทย” มีงบประมาณ 70 ล้านบาท และมีระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี กิจกรรมหลักในโครงการนี้ประกอบด้วย

- สำรวจรอยเลื่อนที่คาดว่ายังเคลื่อนตัวในประเทศไทย จำนวน 12 รอยเลื่อน
- จัดทำฐานข้อมูลที่สมบูรณ์ของการเกิดแผ่นดินไหวในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่บันทึกได้ด้วยเครือข่ายสถานีตรวจวัด
- ศึกษาลักษณะการลดทอนความรุนแรงของการสั่นสะเทือนตามระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวในภูมิภาคนี้
- ศึกษาการเพิ่มความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องจากสภาพดินในบริเวณเมืองสำคัญที่มีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหว
- จัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย
- ตรวจวัดคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารและสิ่งปลูกสร้างสำคัญๆในกรุงเทพฯและในเมืองสำคัญที่มีความเสี่ยง
- ติดตั้งสถานีวัดอัตราเร่งของการสั่นสะเทือนในบริเวณเมืองสำคัญๆ
- สำรวจและประเมินความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของอาคารใน 4 จังหวัด คือ กรุงเทพฯ เชียงใหม่ เชียงราย และกาญจนบุรี
- จัดทำข้อเสนอแนะสำหรับการวางแผนการใช้ที่ดินโดยพิจารณาถึงความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
- จัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย
- จัดทำแผนป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวเพื่อให้หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ปฏิบัติ
- จัดทำแผนประชาสัมพันธ์เพื่อเผยแพร่ความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับภัยจากแผ่นดินไหวให้ประชาชนทั่วไปได้รับทราบ เพื่อที่จะได้มีการเตรียมพร้อมรับสถานการณ์อย่างเหมาะสม

เมื่อโครงการดังกล่าวนี้ดำเนินการเสร็จสิ้นลง จะทำให้ทราบอย่างชัดเจนว่าพื้นที่บริเวณใดบ้างที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โอกาสนั้นมีมากน้อยเพียงใด การสั่นสะเทือนที่รุนแรงที่สุดในบริเวณเมืองสำคัญๆ จะรุนแรงถึงระดับไหน จะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคารประเภทต่างๆรวมทั้งสิ่งปลูกสร้างสาธารณะต่างๆอย่างไร ความเสียหายนั้นจะส่งผลกระทบในด้านเศรษฐกิจและสังคมใน

ระดับใด การป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากภัยพิบัติที่มีประสิทธิภาพจะทำได้ด้วยวิธีใดบ้าง จำเป็นต้องออกมาตรการทางกฎหมายหรือปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบก่อสร้างอาคารอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับสภาพความเสี่ยงที่มีอยู่ ทำให้มีข้อมูลที่มีคุณภาพที่ดีเพียงพอที่จะทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งในภาครัฐ ภาคเอกชน นักวิชาการ และประชาชนทั่วไปได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเตรียมป้องกันภัยแผ่นดินไหวซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น

โครงการนี้ได้รับความเห็นชอบจากรัฐบาลและได้รับการจัดสรรงบประมาณมาบางส่วน ประมาณ 8 ล้านบาท เพื่อจัดซื้อครุภัณฑ์ในปี พ.ศ.2540 และงบประมาณเพื่อการศึกษาวิจัยอีกประมาณ 50 ล้านบาท สำหรับการดำเนินงานในปีพ.ศ.2541-2543 แต่เนื่องจากเกิดวิกฤตเศรษฐกิจในปีพ.ศ.2541 งบประมาณที่ได้รับจึงถูกตัดไปก่อนที่จะได้เริ่มมีการศึกษาวิจัย และโครงการถูกชะลอไว้ ต่อมาเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2543 คณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติได้ส่งผู้แทนนำเรื่องของโครงการเข้าที่ประชุมคณะกรรมการป้องกันอุบัติภัยแห่งชาติ (กปอ.) เพื่อพิจารณาผลักดันและสนับสนุนให้มีการจัดสรรงบประมาณในการดำเนินงานโครงการ กปอ.มีมติเห็นชอบในหลักการและเห็นความสำคัญที่จะต้องดำเนินการเพื่อการเตรียมพร้อมเพื่อป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหว โดยในส่วนของการศึกษาวิจัย ให้นำเรื่องขอรับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายหลังจากนั้นผู้แทนจากคณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติได้ติดต่อประสานงานกับสกว.ในรายละเอียดและได้รับคำแนะนำให้ปรับรูปแบบการดำเนินโครงการให้เหมาะสมกับการบริหารโครงการโดยสกว. โดยให้แบ่งโครงการออกเป็นหลายระยะ ในแต่ละระยะมีเวลาดำเนินการ 2 ปี ในวงเงินงบประมาณไม่เกิน 10 ล้านบาท และในวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543 คณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติได้มีการประชุมและมีมติมอบหมายให้ ดร. เป็นหนึ่ง วานิชชัย เป็นผู้ปรับปรุงและจัดทำข้อเสนอโครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย ระยะที่ 1 เพื่อขอรับการสนับสนุนจาก สกว. และได้รับการอนุมัติเมื่อ วันที่ 1 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2545

โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย ระยะที่ 1 ตามที่จัดทำขึ้นในข้อเสนอนี้ประกอบด้วยงานวิจัยหลัก 5 งาน คือ การสำรวจรอยเลื่อนมีพลังในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและลำปาง-แพร่, การสร้างฐานข้อมูลที่สมบูรณ์ของการเกิดแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ด้วยเครือข่ายสถานีวัด, การตรวจวัดและศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารสูงในกรุงเทพฯ,การประเมินระดับความต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารสูงในกรุงเทพฯและศึกษาหาวิธีปรับปรุงอาคารที่อ่อนแอให้มีความต้านทานแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสม, และการศึกษาถึงการเพิ่มความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องจากสภาพดินในบริเวณกรุงเทพฯและจังหวัดเชียงราย งานวิจัยทั้ง 5 นี้ได้ถูกคัดเลือกขึ้นมาจาก

กิจกรรมหลักของโครงการ โดยพิจารณาถึงระดับความสำคัญของงานและลำดับขั้นตอนที่เหมาะสมในการดำเนินงานศึกษาวิจัย

โครงการในระยะที่ 1 มีวัตถุประสงค์หลักดังต่อไปนี้

1. ศึกษาถึงความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในบริเวณจังหวัดลำปาง,แพร่,สุโขทัย, และกาญจนบุรี
2. สร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย
3. ประเมินระดับการสั่นสะเทือนของพื้นดินในบริเวณกรุงเทพฯที่อาจเกิดขึ้นได้จากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่อยู่ห่างไกล เช่นที่ กาญจนบุรี หรือ ในทะเลอันดามัน ซึ่งอาจมีความรุนแรงเนื่องจากสภาพดินอ่อนในบริเวณกรุงเทพมหานครสามารถขยายคลื่นแผ่นดินไหวได้
4. ประเมินผลกระทบและสภาพความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอาคารสูงประเภทต่างๆในกรุงเทพมหานครเนื่องจากการสั่นสะเทือนดังกล่าวและศึกษาหามาตรการป้องกันแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ
5. สร้างนักวิจัยที่มีความสามารถในหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับภัยพิบัติแผ่นดินไหวและในมหาวิทยาลัยสำคัญของประเทศซึ่งจะเป็นกำลังสำคัญในการดำเนินการที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการสาธารณะภัยแผ่นดินไหวในอนาคต

โครงการนี้มีระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี เริ่มตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2545 จนถึง 31 กรกฎาคม 2547 โดยมีการแบ่งงานวิจัยออกเป็น 5 โครงการย่อย ดังต่อไปนี้

<u>โครงการย่อยที่ 1</u> การสำรวจรอยเลื่อนมีพลัง (Active Fault) ในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี และ ลำปาง-แพร่

- วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบตำแหน่งและลักษณะรูปแบบของแนวรอยเลื่อนมีพลัง, ประวัติการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอดีต, อัตราความถี่ในการให้กำเนิดแผ่นดินไหว, และขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นในบริเวณรอยเลื่อนเหล่านี้ในอนาคต
- งานวิจัยประกอบด้วย การศึกษาภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาแนวรอยเลื่อนมีพลัง, การสำรวจลักษณะทางธรณีสัณฐาน (Geomorphology) ที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวในบริเวณแนวรอยเลื่อนและจัดทำแผนที่รายละเอียด, การขุดร่องสำรวจ (Trenching) ในบริเวณแนวรอยเลื่อนเพื่อ

ศึกษารอยจารึกทางธรณีวิทยา และตรวจวัดอายุตัวอย่างดินและตะกอนเพื่อประเมินประวัติการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอดีตและอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน

โครงการย่อยที่ 2 การสร้างฐานข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ด้วยเครือข่ายสถานีวัด

- วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอันหนึ่ง ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงและจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย
- งานวิจัยประกอบด้วย การรวบรวมสัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนที่บันทึกได้โดยสถานีตรวจวัดภายในประเทศมาวิเคราะห์หาตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นดินไหว ขนาด เวลาเกิด และกลไกแผ่นดินไหว (Focal Mechanism), นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาประมวลร่วมกับข้อมูลที่รวบรวมมาจากแหล่งอื่นๆ (เช่น U.S. Geological Survey)และฐานข้อมูลเดิมที่มีอยู่ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูล Instrumental Earthquake Records ในช่วงเวลา 95 ปี (พ.ศ. 2449-2544) ที่สมบูรณ์, และจัดทำเว็บไซต์เผยแพร่ข้อมูลแผ่นดินไหวผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

โครงการย่อยที่ 3 การตรวจวัดและศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ (Dynamic Properties) ของอาคารสูงใน กรุงเทพมหานคร

- วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารซึ่งประกอบด้วยความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency), อัตราส่วนความหน่วง (Damping Ratio), และรูปแบบการสั่นไหว (Vibration Mode Shape) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการคำนวณหาระดับการสั่นโยกไหวตัวของอาคารต่างๆในกรุงเทพฯ เมื่อเกิดมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในระยะไกล
- งานวิจัยประกอบด้วย การตรวจวัดการสั่นไหวที่มีอยู่ตลอดเวลาในธรรมชาติ (Ambient Vibration) ของอาคารประมาณ 40 หลัง ด้วยอุปกรณ์วัดที่มีความไวสูง แล้วนำสัญญาณวัดที่บันทึกได้มาวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ด้วยเทคนิคที่เหมาะสม, ศึกษาหาสมการแบบ Empirical ที่สามารถนำไปใช้ประมาณค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารได้อย่างแม่นยำ, และศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของอาคารที่สามารถนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ได้อย่างละเอียดถูกต้อง

โครงการย่อยที่ 4 การประเมินระดับความต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารในกรุงเทพมหานคร และศึกษาหาวิธีปรับปรุงอาคารที่อ่อนแอให้มีความต้านทานแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสม

- วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงขีดความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารประเภทต่างๆที่มีอยู่ในกรุงเทพฯในปัจจุบันซึ่งอาคารเหล่านี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ต้านทานแผ่นดินไหว รวมทั้งเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงวิธีการออกแบบอาคารใหม่และเสริมกำลังอาคารอ่อนแอที่มีอยู่ให้ปลอดภัย โดยมุ่งเน้นในการหาวิธีที่ไม่ใช้ค่าใช้จ่ายสูงและทำได้สะดวกในทางปฏิบัติ เพื่อให้วิศวกรทั่วไปสามารถนำไปใช้ได้จริง
- งานวิจัยประกอบด้วย การศึกษาแบบแสดงรายละเอียดทางโครงสร้างและสำรวจตัวอย่างอาคารในกรุงเทพฯเป็นจำนวนมากเพื่อหาลักษณะแบบฉบับ (Typical Characteristics) ของโครงสร้างและคัดสรรอาคารตัวแทนจำนวน 6 หลัง, การจัดทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของอาคารตัวแทนอย่างละเอียดเพื่อนำมาวิเคราะห์หาพฤติกรรมของอาคารเมื่อเกิดแผ่นดินไหว และประเมินว่าอาคารเหล่านี้จะสามารถทนต่อแผ่นดินไหวได้ถึงระดับใด จะเกิดความเสียหายมากน้อยเพียงใดในรูปแบบไหน จะปรับปรุงเสริมกำลังในลักษณะใดอาคารจึงจะปลอดภัย และถ้าจะปรับปรุงตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคารจะทำด้วยวิธีใดได้บ้าง, และการนำบทเรียนที่ได้จากการศึกษาอาคารตัวแทนเหล่านี้มาจัดทำเป็นข้อเสนอแนะในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบก่อสร้างและเสริมกำลังอาคารในกรุงเทพฯ

<u>โครงการย่อยที่ 5</u> การศึกษาถึงการเพิ่มความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องมาจากสภาพดิน (Site Amplification) ในบริเวณกรุงเทพมหานครและจังหวัดเชียงราย

- วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงระดับการสั่นสะเทือนของพื้นดินในบริเวณกรุงเทพฯที่อาจเกิดขึ้นได้จากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ระยะไกล และโอกาสที่ชั้นดินทรายในเขตจังหวัดเชียงรายจะอ่อนเหลวตัวลงเนื่องจากแผ่นดินไหว (Partial Liquefaction) จนส่งผลให้ฐานรากแผ่ของอาคารเกิดการทรุดตัวหรือวิบัติ
- งานวิจัยประกอบด้วยการตรวจวัดคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของชั้นดินในภาคสนามด้วยการเจาะหลุมสำรวจ เพื่อตรวจวัดความเร็วของคลื่นแรงเฉือน, การทดสอบตัวอย่างดินเหนียวและดินทรายในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์เมื่อสภาวะของปัจจัยทางกายภาพเปลี่ยนไป, การตรวจวัดสภาพการสั่นสะเทือนในธรรมชาติของพื้นดิน (Microtremor Measurement) มากกว่า 100 ตำแหน่งในกรุงเทพฯและปริมณฑลเพื่อนำมาวิเคราะห์ความถี่หลักในการสั่นสะเทือนของพื้นดิน, การจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของชั้นดินเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสามารถของชั้นดินตะกอนในกรุงเทพฯในการขยายคลื่นแผ่นดินไหวและโอกาสในการเกิดสภาวะ Liquefaction ในชั้นดินทรายในจังหวัดเชียงราย

4.6 สรุปเหตุการณ์สำคัญที่มีผลกระทบต่อการเตรียมป้องกันภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย

(ที่มา เป็นหนึ่ง 2540)

พ.ศ. 2443-2453 มีการติดตั้งเครือข่ายสถานีวัดแผ่นดินไหว ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกซึ่งสามารถตรวจวัดการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทย

13 พ.ค. 2478 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.5 ริคเตอร์ ในจังหวัดน่านเป็นแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทยที่เคยวัดได้ (คือมีขนาดใกล้เคียงกับแผ่นดินไหวที่ทำความเสียหายอย่างรุนแรงแก่เมือง Los Angeles เมื่อเดือนมกราคม ปี2537 ซึ่งมีขนาด 6.7 ริคเตอร์) อย่างไรก็ดี ไม่มีรายงานความเสียหายที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่ จ. น่าน

29 ก.พ. 2503 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.7 ริคเตอร์ ที่เมืองอากาเดอร์ ประเทศโมรอคโค จัดเป็นแผ่นดินไหวขนาดกลาง แต่ได้ทำให้อาคารจำนวนมากถูกทำลาย มีคนถูกฝังทั้งเป็น ประมาณ 12,000 คน บาดเจ็บกว่า 12,000 คน (ประชาชนทั้งหมดในเมืองมีประมาณ 33,000 คน) โดยทั่วไปแล้วแผ่นดินไหวขนาดกลางจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงถึงระดับนี้เพราะรัศมีการทำลายสั้น แต่ในครั้งนี้พบว่าศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว (Focus) อยู่ใต้เมืองอากาเดอร์พอดี และที่สำคัญอาคารต่างๆในเมืองมิได้รับการออกแบบให้ต้านทานแผ่นดินไหว

มี.ค. 2506 มีการติดตั้งเครื่องวัดแผ่นดินไหว (Seismograph) ในสังกัดของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นครั้งแรกที่จังหวัดเชียงใหม่

17 ก.พ. 2518 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.6 ริคเตอร์ที่ อ.ท่าสองยาง จังหวัดตาก เนื่องจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกที่รอยเลื่อน เมย-อุทัยธานี แผ่นดินไหวครั้งนี้รู้สึกได้ทั่วทั้งภาคเหนือ และภาคกลาง รวมถึงกรุงเทพฯ ที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางถึง 400 กม. ทำให้ผู้คนจำนวนมากที่ทำงานบนอาคารสูงตกใจวิ่งออกมานอกอาคาร แต่ไม่มีรายงานความเสียหายที่รุนแรง เพราะไม่มีเมืองอยู่ในรัศมีการทำลายของแผ่นดินไหว

พ.ศ. 2519-2525 มีการติดตั้งสถานีวัดแผ่นดินไหว ในสังกัดของกรมอุตุนิยมวิทยา เพิ่มเป็น 7 สถานี เป็นเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย ทำให้สามารถตรวจวัดแผ่นดินไหวตั้งแต่ขนาดเล็กถึงใหญ่ได้อย่างทั่วถึงทั้งประเทศเป็นครั้งแรก

15-22 เม.ย. 2526 เกิดแผ่นดินไหวขนาดกลางขึ้น 3 ครั้ง คือขนาด 5.3, 5.9,และ 5.2 ริคเตอร์ที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี เนื่องจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ แต่ไม่มีความเสียหายที่ร้ายแรง เพราะศูนย์กลางของแผ่นดินไหวอยู่ในบริเวณอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนศรีนครินทร์ไปประมาณ 55 กม.

อย่างไรก็ดีแผ่นดินไหวครั้งนี้ได้ทำให้ประชาชนทั่วทั้งภาคเหนือและภาคกลางรู้สึกได้ และหลายคนตื่นตระหนก อาคารบางแห่งในกรุงเทพฯ ที่ซึ่งอยู่ห่างจากศูนย์กลางถึง 200 กม. มีการโยกไหวตัว ทำให้ผู้คนตกใจ (ผลการศึกษาวิจัยภายหลังได้ชี้ว่าสภาพดินอ่อนในบริเวณกรุงเทพฯสามารถขยายกำลังของคลื่นแผ่นดินไหว ดังนั้นแผ่นดินไหวขนาดกลางที่เกิดระยะไกลก็จะมีอาจผลต่ออาคารในกรุงเทพฯได้) แผ่นดินไหวที่ จ.กาญจนบุรี ครั้งนี้ ได้ทำให้ประชาชนหวั่นวิตกเรื่องความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร เพราะอาคารในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับออกแบบก่อสร้างโดยมิได้คำนวณกำลังต้านทานแผ่นดินไหว เหตุการณ์นี้จึงได้สร้างแรงผลักดันให้เกิดการพัฒนาที่สำคัญด้านการศึกษาวิจัย และการเตรียมป้องกันภัยจากแผ่นดินไหว ในช่วงหลายปีให้หลัง

มิ.ย. 2528 ศ.ดร.ปริญญา นุตาลัย และคณะ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงอย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงหลักฐานทางประวัติศาสตร์ย้อนหลังไป 2500 ปี และฐานข้อมูลของเครือข่ายสถานีวัดแผ่นดินไหวทั่วโลก นับตั้งแต่ พ.ศ.2453 รวมทั้งได้มีการศึกษาสภาพธรณีวิทยาที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณประเทศรอบข้างเช่น พม่า จีน ลาว และในบริเวณทะเล อันดามัน

ก.ย. 2528 มีการจัดตั้ง “คณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติ” ภายใต้การอนุมัติของคณะรัฐมนตรี โดยมี ดร. สิริลักขณ์ จันทรางศุ เป็นประธานคณะ เพื่อดูแลส่งเสริมกิจกรรมและการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหว รวมทั้งเสนอมาตรการป้องกันภัย และเผยแพร่ความรู้แก่ประชาชน

19 ก.ย. 2528 ที่ประเทศเม็กซิโก ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ คือมีขนาดถึง 8.1 ริคเตอร์ (The Michoacan Earthquake) โดยมีจุดศูนย์กลางอยู่บริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกของประเทศเม็กซิโกแต่ได้ส่งผลให้เกิดการพังทลายรุนแรงของอาคารสูงประมาณ 500 หลังที่เมืองเม็กซิโกซิตี้ ซึ่งตั้งอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางถึง 350 กม. มีผู้เสียชีวิตถึงประมาณ 10,000คน แผ่นดินไหวครั้งนี้ได้ทำให้วิศวกรแผ่นดินไหวทั่วโลกตกตะลึง เพราะไม่คาดคิดว่า คลื่นแผ่นดินไหวที่รุนแรงจะถูกส่งไปได้ไกลขนาดนี้ จากการศึกษาวิจัยภายหลังพบว่า คลื่นแผ่นดินไหวระดับชั้นหินใต้เมืองเม็กซิโกซิตี้นั้นไม่รุนแรง แต่สภาพดินอ่อนที่เป็นดินตะกอนหนา 500 เมตร ใต้เมืองนั้นช่วยขยายกำลังคลื่นถึง 4-5 เท่า จึงทำให้อาคารสูงเกิดการพังทลายอย่างรุนแรง

5-6 พ.ย. 2529 Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering (SEASEE) ร่วมกับคณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติ จัดการประชุมทางวิชาการครั้งสำคัญที่กรุงเทพฯ โดยมี ศ.ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ เป็นประธาน มีวิศวกรและผู้เชี่ยวชาญด้านแผ่นดินไหว ทั้งไทยและต่างประเทศเข้าร่วมประชุมเป็นจำนวนมาก มีสาระสำคัญได้แก่

1.) Dr. Paul C. Thenhaus จากU.S. Geological Survey ได้เตือนไว้ว่าหากเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งแม้จะมีศูนย์กลางอยู่ที่ห่างไกลจากกรุงเทพฯ เป็นระยะทางหลายร้อยกม. เช่น ที่ จ. กาญจนบุรี หรือบริเวณชายแดนไทยพม่า ก็อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่อาคารสูงในกรุงเทพฯได้ เพราะกรุงเทพฯมีดินตะกอนหนาที่เป็นดินอ่อนสามารถขยายคลื่นแผ่นดินไหวได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับที่เคยเกิดในเมืองเม็กซิโกซิตี้ ซึ่งต่อมาผลการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียโดย Dr. D.T. Bergado และคณะก็มีผลสนับสนุนว่าการขยายคลื่นในลักษณะดังกล่าวนี้เป็นไปได้

2.) ดร.สิริลักษณ์ จันทรางศุ ได้นำร่าง “กฎกระทรวงว่าด้วยแรงแผ่นดินไหว” ภายใต้พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 รวมทั้ง แผนที่ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหว (Seismic Risk Map) ของประเทศไทย มาเสนอต่อที่ประชุม ซึ่งหวังให้ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการออกแบบก่อสร้างอาคารเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหว ทั้งนี้ หลักเกณฑ์ต่างๆ ในร่างดังกล่าวและแผนที่ได้ถูกจัดทำขึ้นโดยอาศัย Uniform Building Code ของสหรัฐอเมริกา ฉบับปี พ.ศ. 2525 (คศ. 1982) เป็นแม่แบบ

พ.ศ. 2530 กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย ได้นำร่างกฎกระทรวงดังกล่าว เสนอต่อคณะรัฐมนตรี ซึ่งทาง คณะรัฐมนตรีได้ส่งเรื่องกลับมายังกรมโยธาธิการ และขอให้ทบทวนร่างกฎกระทรวงเสียใหม่ ที่เป็นเช่นนี้ เชื่อว่าเป็นเพราะทาง คณะรัฐมนตรีเป็นห่วงว่า การกำหนดให้อาคารต้องมีการออกแบบก่อสร้างต้านแผ่นดินไหว จะทำให้ค่าก่อสร้างอาคารสูงมากจนส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ รวมทั้งวิศวกรและประชาชนทั่วไปในขณะนั้นเชื่อกันว่าแผ่นดินไหวในประเทศไทยมีระดับความรุนแรงไม่มากนัก และอาคารก็ได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงแรงลมไว้แล้ว ซึ่งจะทำให้อาคารสามารถรับแรงแผ่นดินไหวได้ระดับหนึ่ง จึงไม่มีความจำเป็นต้องออกกฎหมายเพิ่มเติม (ในขณะนั้นยังไม่มีการศึกษาถึงผลกระทบของกฎกระทรวงต่อค่าก่อสร้างอาคารและระบบเศรษฐกิจของไทย รวมทั้งข้อมูลความรู้ด้านแผ่นดินไหวก็ยังไม่ได้ถูกนำไปเผยแพร่ต่อ วิศวกรและประชาชนทั่วไปอย่างจริงจัง)

พ.ศ. 2528-2531 Uniform Building Code ของสหรัฐอเมริกาได้รับการปรับปรุงครั้งใหญ่โดยเปลี่ยนจากหลักเกณฑ์การออกแบบที่อ้างอิงประสบการณ์มาเป็นหลักเกณฑ์ที่สร้างบนพื้นฐานของทฤษฎีวิศวกรรมแผ่นดินไหวสมัยใหม่ และได้นำทฤษฎีความเสี่ยง (Probability Theory) มาใช้ในการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวและการจัดเขตความเสี่ยงภัย

พ.ศ. 2536 ศ.ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และคณะ ได้เสนอแผนที่ความเสี่ยงภัยของประเทศไทยฉบับใหม่ ซึ่งจัดทำขึ้น โดยใช้ทฤษฎีความเสี่ยง รวมทั้งเสนอการจัดเขตความเสี่ยงภัยใหม่

พ.ศ. 2537 ดร.เป็นหนึ่ง วานิชชัย และคณะ นำข้อมูลการวัดแผ่นดินไหวที่รวบรวมไว้อย่างเป็นระบบเมื่อปีพ.ศ. 2528 มาผนวกกับข้อมูลแผ่นดินไหวจากทางกรมอุตุนิยมวิทยา มาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีความเสี่ยง แล้วสร้างแผนที่ความเสี่ยงภัยของประเทศไทยและจัดเขตความเสี่ยงภัยใหม่ตามหลักเกณฑ์และเทคนิคที่ใช้ในการสร้างแผนที่และจัดเขตของ Uniform Building Code ฉบับปี พ.ศ.2534 ผลการวิเคราะห์ได้ชี้ว่าพื้นที่ภาคเหนือและบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือมีความเสี่ยงสูงกว่าที่เคยเชื่อกันมาก ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมการออกแบบอาคารให้มีความแข็งแรงและมีความเหนียวความยืดหยุ่นทนต่อการสั่นไหว นอกจากนี้ ยังได้ชี้ให้เห็นว่า จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงสภาพธรณีวิทยาด้านแผ่นดินไหวเพิ่มเติมอีกมาก เพื่อที่จะทำให้การวิเคราะห์และแผนที่ความเสี่ยงมีความน่าเชื่อถือมากกว่านี้

พ.ศ. 2537 มีการจัดตั้งคณะอนุกรรมการสาขาผลกระทบจากแผ่นดินไหวและลมในสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ โดยมี ศ.ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ เป็นประธาน และ ดร. เป็นหนึ่ง วานิชชัย เป็นเลขานุการ กิจกรรมในช่วงปีแรกนี้เป็นการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารและผลการศึกษาวิจัยด้านแผ่นดินไหวแก่วิศวกรไทยอย่างต่อเนื่อง

11 ก.ย.2537 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.1 ริคเตอร์ ขึ้นที่ อ.พาน จ.เชียงราย คณะอนุกรรมการสาขาแผ่นดินไหวจึงได้จัดคณะสำรวจที่ประกอบด้วย วิศวกรและนักวิจัย จากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ กรมโยธาธิการ กรมอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิต กรมทรัพยากรธรณี เดินทางไปสำรวจยังที่เกิดเหตุ พบว่าแผ่นดินไหวครั้งนี้ ได้ทำความเสียหายแก่โรงเรียนกว่า 20 หลัง และวัด จำนวนกว่า 30 แห่ง ทำให้โรงพยาบาลพานที่เป็นอาคารคอนกรีต 2 ชั้น เสียหายในขั้นรุนแรงคือมีเสาจำนวนมากกว่า 10 ต้น แตกร้าว แผ่นดินไหวครั้งนี้ แม้จะมีขนาดเล็กกว่าที่เคยเกิดที่ จ.น่าน จ.ตาก และ จ.กาญจนบุรี แต่ก็ได้ก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่า เพราะมีจุดศูนย์กลางอยู่ห่างจากบริเวณตัวเมืองพาน เพียง 15-20 กม. ความเสียหายในครั้งนี้ เป็นหลักฐานสำคัญที่ยืนยันว่า ประเทศไทยมีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวอยู่จริง

17 ม.ค.2538 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.2 ริคเตอร์ ที่เมืองโกเบ ประเทศญี่ปุ่น นับเป็นแผ่นดินไหวครั้งสำคัญของโลก ได้ก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงที่สุดในรอบ 70 ปีของประเทศญี่ปุ่น มีผู้เสียชีวิตกว่า 5,300 คน บาดเจ็บ 26,000 คน ไร้ที่อยู่อาศัยอีก 300,000 คน ตึกรามบ้านช่องกว่า 75,000 หลัง พังเสียหายยับเยิน ทางรถยนต์และทางรถไฟยกระดับหลายจุดพังทลายลงมา ท่าเรือเกือบทั้งหมดทั่วโกเบที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของญี่ปุ่นเสียหายจนใช้การไม่ได้ จากบันทึกที่มีพบว่า ในรอบ 70 ปีที่ผ่านมา

มีแผ่นดินไหวในญี่ปุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่าที่เกิดกับโกเบประมาณ 20 ครั้ง แต่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงเท่าครั้งนี้ เพราะมีศูนย์กลางอยู่ห่างไกลจากเมืองใหญ่ๆแต่ครั้งนี้ แนวรอยเลื่อนที่ให้กำเนิดแผ่นดินไหวอยู่ใต้เมืองโกเบพอดี เหตุการณ์ที่โกเบนี้ได้มีการเผยแพร่ทางข่าวโทรทัศน์ และ สื่อต่าง ๆ ไปทั่วโลก ทำให้ประชาชนทั่วไปได้รับทราบถึงความร้ายแรงของแผ่นดินไหวและทำให้วิศวกรได้ตระหนักว่าอาคารและโครงสร้างที่ได้รับการออกแบบต้านแรงแผ่นดินไหวอย่างดีในระดับมาตรฐานโลกก็อาจจะไม่สามารถต้านทานแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ที่เกิดในตำแหน่งใกล้ๆได้ เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่โกเบนี้ ได้ทำให้ประชาชนชาวไทยหันกลับมาให้ความสนใจกับความเสี่ยงภัยของแผ่นดินไหวในประเทศอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งนักวิชาการจากหลายสถาบัน ก็ได้ออกมาให้ความเห็นว่าสมควรมีการออกกฎหมายควบคุมให้ออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวอย่างเหมาะสมตามสภาพความเสี่ยงที่มีในประเทศ มิฉะนั้นอาจเกิดความเสียหายที่ร้ายแรงได้ในอนาคต

พ.ค. 2538 คณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติได้จัดทำแผนแม่บทของ “โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย” ซึ่งเป็นโครงการขนาดใหญ่ประกอบด้วย การสำรวจรอยเลื่อนขนาดใหญ่ในประเทศทั้งหมด 12 รอยเลื่อน การขยายคลื่นแผ่นดินไหวของดินอ่อนในเมืองสำคัญ การติดตั้งเครื่องมือวัดแผ่นดินไหว การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัย การสำรวจสภาพความแข็งแรงของอาคารทั่วประเทศ การจัดทำแผนที่แบ่งเขตการใช้ที่ดินในบริเวณเสี่ยงภัย การกำหนดหลักเกณฑ์การออกแบบก่อสร้างอาคารต้านทานแผ่นดินไหว การจัดทำแผนป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติจากแผ่นดินไหว และการจัดทำแผนประชาสัมพันธ์เผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร เป็นต้น เป็นโครงการ 4 ปี โดยมีหลายองค์กรของรัฐสถาบันการศึกษาและคณะผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ เข้าร่วมดำเนินงาน ใช้งบประมาณ 70 ล้านบาท

พ.ค. 2539 “โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย” ได้รับความเห็นชอบให้เริ่มดำเนินการได้ และได้รับงบประมาณของปีแรก

มิ.ย. 2539 กลุ่มนักธรณีวิทยาของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ร่วมกับคณะผู้เชี่ยวชาญจาก Seismological Bureau of Yunnan Province ประเทศจีนได้ขุดพบหลักฐานทางธรณีวิทยาที่แสดงว่ารอยเลื่อนแม่จัน-เชียงแสน ซึ่งพาดผ่าน อ.ฝาง อ.แม่อาย จ.เชียงใหม่ และอ.แม่จัน จ.เชียงราย เป็นรอยเลื่อนที่มีพลังอยู่ (Possible Active Fault) และอาจก่อให้เกิดแผ่นดินไหวที่รุนแรงขึ้นในอนาคต หลักฐานเบื้องต้นยังได้บ่งชี้ว่าในอดีตรอยเลื่อนนี้เคยให้กำเนิดแผ่นดินไหวขนาด 7 ริคเตอร์ หรือมากกว่ามาแล้ว

พ.ค.-ธ.ค. 2539 กรมทรัพยากรธรณีได้ว่าจ้างบริษัท Woodward-Clyde Federal Service (USA) ให้ทำการสำรวจรอยเลื่อนในบริเวณที่จะก่อสร้างเขื่อนแก่งเสือเต้น ณ จ.แพร่ รวมทั้งบริเวณโดยรอบที่

อาจส่งผลกระทบถึงเขื่อน ผลการศึกษาชี้ว่า รอยเลื่อนแม่ยมที่ผ่ากลางตำแหน่งเขื่อนเป็นรอยเลื่อนเก่าที่ไม่มีพลังและไม่อันตราย แต่ในรัศมี 50 กม.จากเขื่อน ยังมีรอยเลื่อนใหม่ๆที่มีพลัง (active) อีกหลายรอบ เช่นรอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนเหล่านี้เชื่อว่ามีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงที่มีขนาดถึง 7 ริคเตอร์ได้

ก.ค. 2539 กรมโยธาธิการได้นำร่างกฎกระทรวงว่าด้วยแรงแผ่นดินไหวมาปรับปรุงใหม่ และเสนอต่อกระทรวงมหาดไทย ร่างดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมอาคารและคณะกรรมการพิจารณาร่างกฎหมายของกระทรวงมหาดไทยเรียบร้อยแล้ว และเสนอคณะรัฐมนตรีเพื่อพิจารณา โดยลงนามประกาศใช้เมื่อ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 กฎกระทรวงนี้มีสาระสำคัญคือ (1) บังคับใช้เฉพาะอาคารสาธารณะซึ่งมีประชาชนไปใช้สอยจำนวนมาก เช่น โรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล และอาคารที่อาจก่อให้เกิดอันตราย เช่น อาคารเก็บวัสดุไวไฟ วัสดุระเบิด ฯลฯ สำหรับอาคารทั่วไปใช้บังคับเฉพาะอาคารที่สูงเกิน 15.00 เมตร (2) บังคับใช้เฉพาะพื้นที่ 10 จังหวัดในบริเวณภาคเหนือ และภาคตะวันตกของประเทศ อันได้แก่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ พะเยา ลำพูน ตาก น่าน แพร่ ลำปาง และ กาญจนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวมากกว่าบริเวณอื่นๆของประเทศ (3) การคำนวณแรงแผ่นดินไหวใช้ตามมาตรฐาน Uniform Building Code (UBC) ปี ค.ศ.1985 ของสหรัฐอเมริกา โดยถือว่าพื้นที่10 จังหวัดมีค่าระดับความรุนแรงเทียบเท่าโซน 2 ของ UBC 1985

ส.ค. 2539 กรมอุตุนิยมวิทยา ได้เริ่มดำเนินการปรับปรุงระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวให้มีประสิทธิภาพขึ้น โดยเปลี่ยนระบบการตรวจวัดและบันทึกผลจาก analog มาเป็น digital ทำการเชื่อมโยงสถานีวัดทั่วประเทศกับสถานีหลักที่กรุงเทพฯด้วยระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมและโทรศัพท์ และนำระบบอัตโนมัติมาใช้ในการส่งข้อมูลทั้งหมดมาที่สถานีหลักและวิเคราะห์ผลด้วยคอมพิวเตอร์ รวมทั้งปรับปรุงเครื่องวัดให้มีคุณภาพสูงขึ้น ระบบใหม่นี้เป็นระบบที่ทันสมัยทัดเทียมกับที่ใช้ในหลายพื้นที่ของสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นและอีกหลายประเทศ ระบบนี้จะช่วยให้เราสามารถทราบถึง ขนาด ศูนย์กลางและเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวอย่างถูกต้องแม่นยำภายในเวลาเพียง 15 นาทีหลังเกิดเหตุ ผลพลอยได้ที่สำคัญจากการมีระบบใหม่นี้คือ เราจะได้ผลการวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวในรูปแบบอื่นๆด้วย เช่น Focal Mechanisms, Faults Plane Solutions และ Response Spectra ของground motions เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้เราทราบถึงลักษณะโครงสร้างเปลือกโลกและรอยเลื่อนในประเทศ และผลกระทบของคลื่นแผ่นดินไหวที่มีต่ออาคารได้ชัดเจนขึ้น

ในช่วง พ.ศ. 2539-2547 จัดว่าเป็นช่วงที่ประเทศไทยปลอดจากผลกระทบที่ชัดเจนจากแผ่นดินไหว ทำให้ความสำคัญของปัญหาได้รับความสนใจลดลง และส่งผลให้การสนับสนุนการศึกษาด้านนี้ติดขัด พอสมควร การศึกษาวิจัยทำในวงจำกัดเท่านั้น แต่เป็นเรื่องที่น่าคำนึงถึงคือ เศรษฐกิจของประเทศได้เติบโตก้าวหน้าในช่วงก่อนหน้านั้น ทำให้เกิดอาคารสูงขึ้นจำนวนมากในเมืองใหญ่ โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร ทำให้ผลของแผ่นดินไหวจะมีความเด่นชัดขึ้นและโอกาสที่จะสร้างความเสียหายเพิ่มขึ้น

พ.ศ.2541 เนื่องจากเกิดวิกฤตเศรษฐกิจ ทำให้โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทยถูกตัดงบประมาณที่ได้รับไปก่อนที่จะได้เริ่มมีการศึกษาวิจัย และโครงการถูกชะลอไว้โดยไม่มีกำหนด

พ.ศ.2541 ดร.เป็นหนึ่ง วานิชชัย และคณะ ทำการวิจัยความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานครต่อแผ่นดินไหวระยะไกล โดยประเมินกำลังการขยายคลื่นและทำนายค่าการเคลื่อนที่ของพื้นดินของกรุงเทพมหานครเนื่องจากแผ่นดินไหว ผลการศึกษาชี้ว่าชั้นดินใต้กรุงเทพมหานครมีความสามารถที่จะขยายคลื่นแผ่นดินไหวได้ประมาณ 3-4 เท่า คลื่นแผ่นดินไหวที่ถูกขยายจะมีลักษณะสุ่มที่มีองค์ประกอบความถี่ในช่วงแคบ (narrow band random motion) โดยมีคาบการสั่นไหวที่เด่นประมาณ 1 วินาที ดังนั้นจึงคาดว่าอาคารและโครงสร้างใดที่มีค่าคาบธรรมชาติใกล้เคียง 1 วินาทีจะมีโอกาสที่ได้เกิดการโยกตัวอย่างรุนแรงเนื่องจากผลของการสั่นพ้องกับลักษณะทางธรรมชาติของชั้นดิน

พ.ศ. 2543 คณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติ ได้มีการประชุม และมีมติมอบหมายให้ ดร. เป็นหนึ่ง วานิชชัย เป็นผู้ปรับปรุงและจัดทำข้อเสนอโครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยให้แบ่งโครงการออกเป็นหลายระยะ ในแต่ละระยะมีเวลาดำเนินการ 2 ปี ในวงเงินงบประมาณไม่เกิน 10 ล้านบาท และเสนอโครงการ ระยะที่ 1 เพื่อขอรับการสนับสนุนจาก สกว.

พ.ศ. 2545 โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย ระยะที่ 1 ประกอบด้วยงานวิจัยหลัก 5 งาน คือ การสำรวจรอยเลื่อนมีพลังในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและลำปาง-แพร่, การสร้างฐานข้อมูลที่สมบูรณ์ของการเกิดแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ด้วยเครือข่ายสถานีวัด,การตรวจวัดและศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารสูงในกรุงเทพฯ,การประเมินระดับความต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารสูงในกรุงเทพฯและศึกษาหาวิธีปรับปรุงอาคารที่อ่อนแอให้มีความต้านทานแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสม, และการศึกษาถึงการเพิ่มความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องจากสภาพดินในบริเวณ

กรุงเทพฯและจังหวัดเชียงราย ถูกจัดทำขึ้นและเสนอขอรับการสนับสนุนการดำเนินการต่อ สกว. โดยโครงการที่เสนอเป็นการร่วมมือเครือข่ายวิจัยขนาดใหญ่โดยประกอบด้วยนักวิชาการและผู้ปฏิบัติที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ สกว. พิจารณาอนุมัติโครงการวิจัย ในขณะที่ปัญหาแผ่นดินไหวไม่ได้จัดลำดับความสำคัญมากนัก อาจมีสาเหตุมาจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่กระทบต่อประเทศไทยและกรุงเทพมหานครไม่ได้ปรากฏขึ้นในรอบหลายปี

พ.ศ. 2546 2547 2548 ได้เกิดแผ่นดินไหวจากประเทศเพื่อนบ้านที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยหลายครั้ง ซึ่งรวมถึงเหตุการณ์วันที่ 26 ธันวาคม 2547 ทำให้ปัญหาด้านแผ่นดินไหวได้รับความสนใจขึ้นมาอีกครั้ง แต่ความจริงจังและสนับสนุนอย่างยั่งยืนยังเป็นคำถามที่น่ากังวล เมื่อพิจารณาจากพัฒนาการด้านวิชาการสำหรับแผ่นดินไหวของประเทศที่สรุปไว้

4.7 วิธีป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับโครงสร้าง

โดยทั่วไปแล้ว ในการออกแบบเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวจะมีการกำหนดระดับประสิทธิภาพที่ยอมรับได้ของระบบโครงสร้างระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยระบบโครงสร้างจะต้องรับแรงทางด้านข้างได้และสามารถสลายพลังงานที่เกิดจากการสั่นไหวของโครงสร้าง หรือกล่าวว่าโครงสร้างต้องมีความเหนียวเพียงพอ การสลายพลังงานเหล่านี้โดยหลักเกิดขึ้นที่บริเวณที่กำลังของวัสดุเกินจากช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น หรือเรียกว่าจุดหมุนพลาสติก ซึ่งโดยทั่วไปเกิดขึ้นได้ในชิ้นส่วนคาน หรือเสาของโครงสร้าง จุดหมุนพลาสติกเหล่านี้อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบรับแรงของโครงสร้างและไม่สามารถซ่อมแซมได้ภายหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวผ่านพ้นไป อย่างไรก็ตามแนวคิดการออกแบบให้บางส่วนของโครงสร้างเกิดการวิบัติโดยที่โครงสร้างทั้งระบบยังไม่พังทลายลงมานี้เป็นที่ยอมรับสำหรับการออกแบบเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างทั่วไปเพื่อความสมดุลในด้านความปลอดภัยและหลักเศรษฐศาสตร์

ในบางสภาพการณ์ หลักการออกแบบดังกล่าวไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ เช่น สำหรับโครงสร้างที่สำคัญและจำเป็นที่ต้องใช้งานหลังเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว เช่น โรงพยาบาล สถานีตำรวจ เป็นต้น หรือสำหรับในโครงสร้างที่ต้องการเสริมกำลังการต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวเนื่องจากโครงสร้างไม่ได้ถูกออกแบบให้รับแรงจากแผ่นดินไหวไว้ตั้งแต่แรก หรือโครงสร้างที่เปลี่ยนสภาพการใช้งานหรือ

เสื่อมกำลังเนื่องจากการใช้งาน ปัญหาเหล่านี้อาจพิจารณาแก้โดยการปรับปรุงระบบโครงสร้างโดยการเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงทางด้านข้างหรือเพิ่มความสามารถในการสลายพลังงานการสั่นไหวของโครงสร้าง

การเพิ่มความสามารถในการสลายพลังงานการสั่นไหวของโครงสร้างจัดเป็นแนวคิดที่มีประสิทธิภาพสูง มีหลักการคือ ในระหว่างการสั่นไหวของอาคารเนื่องจากแผ่นดินไหว พลังงานจะถูกใส่เข้าในระบบโครงสร้างและแปลงเป็นพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ โดยหากระบบไม่มีความสามารถในการสลายพลังงานหรือที่เรียกว่าความหน่วง ระบบจะสั่นไหวโดยไม่มีการหยุด แต่ในความเป็นจริงระบบมีการเสียดทานที่มีอยู่ในตัวเองทำให้เกิดการสลายพลังงานได้ในระดับหนึ่ง และหากสามารถออกแบบชิ้นส่วนพิเศษที่สามารถติดตั้งเพิ่มเติมเข้ากับโครงสร้างเดิมและทำหน้าที่ช่วยสลายพลังงานเนื่องจากการสั่นไหวได้ จะสามารถป้องกันหรือลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับโครงสร้างหลักของอาคารได้

แนวคิดของการเพิ่มประสิทธิภาพของอาคารในการต้านทานแผ่นดินไหวสามารถจำแนกเป็น 3 กลุ่มหลักได้ ดังนี้

4.7.1 ระบบป้องกันแรงจากแผ่นดินไหว (Seismic Isloation)

วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับโครงสร้างในบริเวณที่มีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวค่อนข้างสูง ระบบการป้องกันแรงจากแผ่นดินไหวเป็นระบบที่ออกแบบพิเศษประกอบด้วยแผ่นโลหะและชั้นของแผ่นยาง ติดตั้งที่ตำแหน่งฐานรากของโครงสร้าง เมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้นและมีพลังงานที่เข้าสู่โครงสร้างระบบนี้จะทำหน้าที่ในการสะท้อนและสลายพลังงานเหล่านี้ด้วยคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นและความหน่วงของระบบ พลังงานจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวจึงถูกป้องกันก่อนที่จะเข้าสู่โครงสร้าง

4.7.2 ระบบสลายพลังงานแบบ Passive (Passive Energy Dissipation)

พื้นฐานการทำหน้าที่ของระบบสลายพลังงานแบบ Passive เมื่อติดตั้งอยู่ในโครงสร้างคือเป็นตัวดูดซับและสลายพลังงานที่เกิดจากการสั่นไหวของโครงสร้างเป็นหลัก ทำให้ลดความต้องการในการสลายพลังงานของตัวโครงสร้างเอง ทำให้สามารถป้องกันความเสียหายต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง ตัวอย่างของระบบนี้คือ ตัวหน่วง (Damper) ประเภทต่าง ๆ ที่เมื่อติดตั้งเข้ากับระบบจะทำหน้าที่ในการสลาย

พลังงานการสั่นไหวเนื่องจากความหน่วงของตัวระบบเป็นหลัก โดยไม่ต้องใช้พลังงานอื่นใด ระบบนี้ยังสามารถใช้ช่วยลดการสั่นไหวเนื่องจากแรงทางด้านข้างประเภทอื่น เช่นแรงลม ได้เช่นกัน

4.7.3 ระบบสลายพลังงานแบบ Semi-Active และ ระบบสลายพลังงานแบบ Active

ระบบนี้เมื่อติดตั้งในโครงสร้างจะทำหน้าที่ลดระดับของการสั่นไหวของโครงสร้างโดยใช้แหล่งพลังงานจากภายนอก โดยที่ระบบแบบ Semi-Active ใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยเพื่อการปรับคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของระบบและทำให้สามารถปรับปรุงคุณสมบัติโดยรวมของโครงสร้างได้ ส่วนระบบแบบ Active จะใช้พลังงานภายนอกเพื่อการต้านการเคลื่อนไหวของโครงสร้าง ระบบเหล่านี้สามารถใช้ลดการสั่นไหวของโครงสร้างเนื่องจากแรงลมได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้กับโครงสร้างในงานวิศวกรรมโยธายังคงมีข้อจำกัดทั้งด้านทฤษฎี อุปกรณ์ และค่าใช้จ่าย

บทที่ 5

การศึกษามาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวของประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อการปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49

ประเทศสหรัฐอเมริกาจัดเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าสูงสุดในด้านวิชาการของปัญหาแผ่นดินไหว มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับทั่วไปและถูกนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนามาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย กฎกระทรวงฉบับที่ 49 ได้ใช้มาตรฐานการออกแบบที่เป็นต้นแบบ คือ Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1985 (UBC 1985) ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการปรับปรุงมาตรฐานในทุก 3 ปี และทุกครั้งได้มีผลการวิจัยและความรู้จากบทเรียนจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นนำมาประมวลเป็นองค์ความรู้ใหม่และนำมากำหนดในมาตรฐาน หลังจากมาตรฐาน UBC 1985 ได้มีมาตรฐานที่ปรับปรุงแก้ไขตามมา คือ UBC-1988 UBC-1991 UBC-1994 และ UBC-1997 ก่อนที่เปลี่ยนองค์กรเป็น International Building Code (IBC) และออกมาตรฐาน IBC-2000 และ IBC-2003 ซึ่งเป็นมาตรฐานฉบับล่าสุดในปัจจุบัน

ในบทนี้ เป็นการพิจารณามาตรฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาสำหรับมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับประเทศ โดยพิจารณารายละเอียดของ (1) มาตรฐาน UBC 1985 ที่เป็นต้นแบบของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (2) มาตรฐาน UBC 1997 ซึ่งจัดเป็นมาตรฐานที่มีการเปลี่ยนแปลงสำคัญและมีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทยในด้านของข้อมูลสนับสนุนการกำหนดมาตรฐาน และ (3) มาตรฐาน IBC 2003 ที่เป็นมาตรฐานฉบับล่าสุดของประเทศสหรัฐอเมริกา

5.1 การคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคารตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 และมาตรฐาน Uniform Building Code 1985

ในส่วนนี้เป็นการพิจารณารายละเอียดของการคำนวณแรงเฉือนสำหรับการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 และมาตรฐานการออกแบบที่เป็นต้นแบบ คือ Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1985 (UBC 1985) โดยที่เนื้อหาที่พิจารณาคือการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent static force) ซึ่งวิธีนี้เป็นการประมาณค่าแรง โดยมีที่มาจากการพิจารณาระบบโครงสร้างที่มีลักษณะสมมาตร และสม่ำเสมอเท่านั้น เนื้อหาส่วนที่สำคัญโดยย่อมีดังนี้

แรงเฉือนในแนวราบที่ระดับพื้นดิน V คำนวณได้ดังนี้

$$V = ZIKCSW \tag{1}$$

โดยที่รายละเอียดของสัมประสิทธิ์แต่ละตัวในฝั่งขวามือของสมการที่ 1 สามารถอธิบายตามหลักพลศาสตร์ของโครงสร้างได้ดังนี้

5.1.1 สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว Z

คือค่าที่ใช้แทนระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวโดยแบ่งตามพื้นที่ที่แบ่งออกเป็นเขตตามระดับความรุนแรงและความน่าจะเป็นของแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในอดีต เขตพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่แบ่งตาม UBC 1985 สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกามีทั้งสิ้น 5 เขต ที่มีระดับของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวต่างกัน เริ่มจากเขต 0 ที่ไม่มีความเสียหายเลย จนถึงเขต 4 ที่มีระดับของความเสียหายสูงที่สุด โดยมีค่า Z สำหรับแต่ละเขตตามลำดับคือ 0, 3/16, 3/8, 3/4 และ 1.0 ซึ่งสำหรับค่า $Z = 1.0$ ในเขตพื้นที่ 4 เป็นระดับอ้างอิงของบริเวณมลรัฐ California ซึ่งมีระดับของความเสี่ยงภัยสูงที่สุด ส่วนในบริเวณอื่น ค่า Z ใช้เป็นสัดส่วนเทียบกับค่าจากบริเวณนั้น สำหรับในประเทศไทย กฎกระทรวงฉบับที่ 49 กำหนดให้ใช้ค่า Z เท่ากับ 0.38 หรือมากกว่าสำหรับพื้นที่บังคับใช้ ซึ่งเทียบเท่ากับเขต 2

5.1.2 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน I

คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้เพิ่มค่าแรงเฉือนที่ฐานตามความสำคัญของโครงสร้าง มีค่า 1.0 สำหรับโครงสร้างทั่วไป มีค่า 1.25 สำหรับอาคารที่เป็นที่ชุมนุมคนครั้งหนึ่ง ๆ ได้มากกว่า 300 คน และมีค่า 1.5 สำหรับโครงสร้างที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน

5.1.3 สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงตามแนวราบ K

คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้เพิ่มหรือลดค่าแรงเฉือนที่ฐาน ขึ้นอยู่กับลักษณะต่างๆ ของโครงสร้าง เช่น ความเหนียว และ Redundancy ของระบบโครงสร้าง ค่านี้มีไว้เพื่อการพิจารณาผลของพฤติกรรมการรับแรงที่เกินจากช่วงอีลาสติก และความสามารถในการสลายพลังงานจากการสั่นไหวของระบบโครงสร้าง ในมาตรฐาน UBC 1985 ได้กำหนดนิยามประเภทของโครงสร้างไว้เพียง 3 ประเภท คือ (1) Box system ใช้ค่า K เท่ากับ 1.33 (2) Dual system with ductile moment-resisting frame ใช้ค่า K เท่ากับ 0.80 และ (3) Ductile moment-resisting frame ใช้ค่า K เท่ากับ 0.67 โดยกฎกระทรวงฉบับที่ 49 นิยามประเภทของโครงสร้างและใช้ค่า K เท่ากันคือ (1)โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้กำแพงรับแรงเฉือน (Shear Wall) หรือโครงแกงแนง (Braced Frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ ใช้ค่า K เท่ากับ 1.33 (2)โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้านแรงในแนวราบ ใช้ค่า K เท่ากับ 0.80 (3)โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็ง ซึ่งมีความเหนียว (Ductile Moment - resisting Space Frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ ใช้ค่า K เท่ากับ 0.67 ในกรณีที่โครงสร้างไม่สามารถจัดเข้าในประเภทใด ให้ใช้ค่า K เท่ากับ 1.0 นอกจากนั้น กฎกระทรวงฉบับที่ 49 ได้เพิ่มระบบโครงสร้างประเภท หอถังน้ำรองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้น และมีแกงแนงยึด และไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคาร ให้ใช้ค่า K เท่ากับ 2.5

5.1.4 สัมประสิทธิ์ของคาบธรรมชาติ C

คือค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงผลของคาบธรรมชาติของโครงสร้างที่มีต่อค่าแรงเฉือนที่ฐาน แสดงได้ดังนี้

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \leq 0.12 \qquad (2)$$

T คือคาบธรรมชาติของโครงสร้างในทิศทางที่พิจารณาการสั่นไหว มีหน่วยเป็นวินาที และโดยเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับมวลและความแข็งแกร่งของโครงสร้าง ค่าสัมประสิทธิ์ C มีค่าลดลงสำหรับโครงสร้างที่มี T ยาว กฎกระทรวงฉบับที่ 49 กำหนดวิธีการคำนวณค่า T สำหรับโครงสร้างทั่วไปดังนี้

$$T = \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}} \tag{3}$$

และสำหรับโครงข้อแข็งที่มีความเหนียวให้ใช้

$$T = 0.1N \tag{4}$$

โดยที่ h_n และ D คือความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดิน และ ความกว้างของโครงสร้างของอาคารในทิศทางขนานกับแรงแผ่นดินไหว ตามลำดับ มีหน่วยเป็นเมตร และ N คือจำนวนชั้นของอาคารที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

นอกจากนี้แล้ว มาตรฐาน UBC 1985 เสนอวิธีคำนวณค่า T ของอาคาร ที่มีรายละเอียดและใกล้เคียงกับพฤติกรรมจริงของอาคารยิ่งขึ้น ดังนี้

$$T = 2\pi\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} w_i\delta_i{}^2\right)\Big/\left(g\sum_{i=1}^{n} f_i\delta_i\right)} \tag{5}$$

โดยที่ w_i คือน้ำหนักของอาคารชั้นที่ i ค่า δ_i คือค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของชั้น i เนื่องจากแรงทางด้านข้าง f_i และ g คือความเร่งโน้มถ่วงของโลก อย่างไรก็ตาม สมการที่ (5) ไม่ได้ถูกรวมไว้ในกฎกระทรวงฉบับที่ 49

5.1.5 สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน S

คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้พิจารณาผลของสภาพดินที่บริเวณที่ตั้งของอาคารและความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ธรรมชาติของอาคารและชั้นดิน ในมาตรฐาน UBC 1985 ได้กำหนดสูตรสำหรับคำนวณค่า S หากทราบค่าคาบของชั้นดินบริเวณที่ตั้งอาคาร (Site period) และคาบธรรมชาติของโครงสร้าง แต่เนื่องจากการหาค่าคาบทั้งสองมีความไม่แน่นอนสูงทำให้ค่า S ที่คำนวณได้ อาจเป็นค่าที่ไม่ถูกต้อง

ดังนั้นสำหรับมาตรฐาน UBC ที่พัฒนาต่อมาจึงได้ยกเลิกสูตรในลักษณะดังกล่าว แต่กำหนดเป็นค่าคงที่ไว้ให้

ในกรณีที่ไม่มีการหาค่าคาบของชั้นดินและอาคาร มาตรฐาน UBC 1985 และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 กำหนดให้ใช้ค่าเท่ากับ 1.0 สำหรับลักษณะชั้นดินแบบหิน ($S1$) 1.2 สำหรับดินแข็ง ($S2$) และ 1.5 สำหรับดินอ่อน ($S3$) และกำหนดให้ผลคูณระหว่าง C และ S มีค่าไม่เกิน 0.14

5.1.6 น้ำหนักของตัวอาคาร W

คือน้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดของอาคารสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารที่เป็นโกดังหรือคลังสินค้า

5.2 การคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคารตามมาตรฐาน Uniform Building Code 1997

มาตรฐาน UBC 1997 เป็นมาตรฐานที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในหลายประเด็น ซึ่งมีที่มาบางส่วนจากบทเรียนที่ได้จากพฤติกรรมของโครงสร้างจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว Northridge ที่ California ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1994 และ แผ่นดินไหวที่เมือง Kobe ประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 1995

โดยที่การเปลี่ยนแปลงหลักของมาตรฐาน UBC 1997 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน UBC 1985 มีดังนี้

5.2.1 การจำแนกชั้นดิน

การจำแนกชั้นดินเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้พิจารณาผลของสภาพดินที่บริเวณที่ตั้งของอาคารและความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ธรรมชาติของอาคารและชั้นดิน มาตรฐาน UBC 1997 ได้เพิ่มชนิดของชั้นดินจากเดิมเป็น 6 ชนิด นอกจากนี้ ในมาตรฐานก่อนหน้านี้กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์นี้ไม่ขึ้นกับระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว แต่ผลการวิจัยได้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์นี้ขึ้นอยู่กับความเร่งของพื้นดินและลักษณะของชั้นดินด้วย ซึ่งข้อมูลจากแผ่นดินไหวที่ Mexico City ในปี ค.ศ. 1985 และ

แผ่นดินไหว Loma Prieta ในปี ค.ศ. 1989 ได้มีส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงนี้ การจำแนกชั้นดินตาม UBC 1997 มีรายละเอียดที่ทำให้ช่วยพิจารณากำหนดชั้นดินได้ชัดเจนและใกล้เคียงกับความจริงขึ้น

5.2.2 ระบบโครงสร้างรับแรงทางด้านข้าง

การจำแนกระบบโครงสร้างรับแรงทางด้านข้างเพื่อกำหนดค่า สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงตามแนวราบ หรือ ค่า K ในมาตรฐาน UBC 1985 หลังจากนั้นได้ถูกนิยามขึ้นใหม่เป็น ค่าประกอบแปลงผลตอบสนอง (Response modification factor R) ซึ่งส่วนกลับของค่า R มีความหมายเทียบเท่ากับค่า K นั่นคือ เป็นค่าประกอบที่ใช้ปรับค่าแรงที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่กระทำต่อโครงสร้างที่มีลักษณะแตกต่างกันตามคุณสมบัติในการสลายพลังงานและพฤติกรรมเกินช่วงอีลาสติก การกำหนดเป็นค่า R มีความเหมาะสมมากขึ้น เนื่องจากแสดงถึงอัตราส่วนของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างที่ลดค่าลงจากระดับของแรงที่เกิดขึ้นในกรณีที่ให้โครงสร้างรับแรงแบบอีลาสติก หรือเป็นตัวเลขจำนวนเท่าที่ปรับค่าแรงสำหรับออกแบบลดลง การเปลี่ยนเป็นค่าประกอบ R ยังมีการจำแนกรายละเอียดปลีกย่อยของประเภทของโครงสร้างเพื่อสะดวกต่อการเลือกใช้มากขึ้น และสำหรับมาตรฐาน UBC 1997 ได้เพิ่มประเภทของโครงสร้างจาก 3 ประเภทใน UBC 1985 เป็น 6 ประเภท ทำให้ระบบโครงสร้างทั้งหมดคือ (1) Bearing wall system (2) Building frame system (3) Moment-resisting frame system (4) Dual system (5) Cantilever column building system และ (6) Shearwall-frame interaction system และมีประเด็นที่สำคัญคือ ในการจำแนกเป็นประเภทย่อยของระบบโครงสร้างทำให้ค่าประกอบใช้แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น สำหรับโครงสร้าง Moment-resisting frame ในกฎกระทรวงฉบับที่ 49นิยามไว้เพียงชนิดเดียวคือ Ductile moment-resisting space frame ซึ่งเทียบเท่ากับโครงสร้างประเภทย่อยแบบ Special moment-resisting frame ใน UBC 1997 ที่ยังมีนิยามโครงสร้างย่อยในกลุ่มเดียวกันอีก 2 ประเภท คือ Intermediate moment-resisting frame และ Ordinary moment-resisting frame ซึ่งจะมีค่าแรงสำหรับออกแบบเพิ่มจากประเภทแรก 1.5 เท่า และ 2.4 เท่า ตามลำดับ

5.2.3 การรวมผลของแรงประเภทต่าง ๆ

ในการออกแบบโครงสร้างที่มีแรงกระทำประเภทต่าง ๆ จะต้องมีการพิจารณาผลการรวมในสภาพใช้งานที่อาจเกิดขึ้น หรือการพิจารณา Load combination เช่น น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร แรงลม และแรงจากแผ่นดินไหว เป็นต้น ในมาตรฐาน UBC 1997 ได้มีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญอย่างยิ่งคือการเปลี่ยนวิธีการกำหนดค่าและการรวมผลของแรงแผ่นดินไหวให้อยู่ในรูปแบบสำหรับการ

ออกแบบโดยวิธีกำลัง จากแบบเดิมที่ใช้สำหรับการออกแบบวิธีหน่วยแรงขณะใช้งาน ซึ่งการออกแบบโดยวิธีกำลังนี้เป็นที่ยอมรับว่ามีความเหมาะสมมากกว่าเนื่องจากมีความใกล้เคียงกับพฤติกรรมการรับแรงของโครงสร้างจริง

5.2.4 แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว

ในมาตรฐานก่อนหน้า UBC 1997 แรงเนื่องจากแผ่นดินไหวที่พิจารณาในการออกแบบเป็นเฉพาะผลจากการสั่นสะเทือนในแนวราบของพื้นดินที่รองรับอาคาร แต่ในมาตรฐาน UBC 1997 ได้พิจารณาทั้งผลจากการสั่นสะเทือนในแนวราบและในแนวดิ่งของพื้นดิน โดยมีสัมประสิทธิ์ที่กำหนดขึ้นใหม่สำหรับการพิจารณาปัจจัยสำคัญ คือ

ค่าประกอบความเชื่อมั่นและโครงสร้างส่วนเกิน (Reliability/Redundancy factor)

วัตถุประสงค์ของการกำหนดค่าประกอบนี้คือเพื่อเพิ่มผลของแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวที่กระทำต่อโครงสร้างที่มีจำนวนองค์อาคารต้านทานแรงทางด้านข้างน้อย เนื่องจากในระบบโครงสร้างแบบนี้หากเกิดการวิบัติของบางองค์อาคารอาจส่งผลให้เกิดการพังทลายของโครงสร้างได้ หรือโครงสร้างที่มีองค์อาคารส่วนเกินมากจะมีความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวได้ดีขึ้น

ผลของความเร่งในแนวดิ่ง (Vertical acceleration effect)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว มาตรฐาน UBC 1997 ได้รวมผลของความเร่งในแนวดิ่งของการสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหวไว้ด้วย ซึ่งผลของความเร่งในแนวดิ่งนี้กำหนดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักบรรทุกคงที่ของโครงสร้าง สภาพของชั้นดิน และระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ค่าประกอบผลการขยายแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว (Seismic force amplification factor)

ค่าประกอบนี้ใช้กับการรวมผลของแรงที่กระทำกับโครงสร้างในกรณีพิเศษ กล่าวคือ สำหรับองค์อาคารที่รองรับระบบที่มีความไม่ต่อเนื่อง สำหรับการออกแบบที่จะให้องค์อาคารมีพฤติกรรมแบบอีลาสติก หรือองค์อาคารจะต้องมีกำลังต้านทานหน่วยแรงที่อาจเกิดขึ้นสูงสุดได้

5.2.5 เงื่อนไขการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์

ในการสร้างแบบจำลองของโครงสร้างเพื่อการวิเคราะห์พฤติกรรมภายใต้แรงจากแผ่นดินไหว มาตรฐาน UBC 1997 ได้เป็นมาตรฐานฉบับแรกที่กล่าวถึงเงื่อนไขการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม เช่น สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กกำหนดให้ต้องพิจารณาหน้าตัดขององค์อาคารแบบที่เกิดการแตกร้าวเป็นต้น

5.2.6 การคำนวณแรงเฉือนที่ฐาน

ตามมาตรฐาน UBC 1997 แรงเฉือนในแนวราบที่ระดับพื้นดิน V คำนวณได้ดังนี้

$$V = \frac{C_V IW}{RT} \tag{6}$$

โดยที่ค่า V ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า $0.11C_a IW$ (ไม่น้อยกว่า $\frac{0.8ZN_V IW}{R}$ สำหรับเขต 4)

และค่า V ต้องมีค่าไม่เกิน $\frac{2.5C_a IW}{R}$

โดยที่ นิยามของตัวแปรคือ

C_a คือสัมประสิทธิ์แผ่นดินไหวที่แปรตามความเร่ง (Acceleration-dependent seismic coefficient)

C_V คือสัมประสิทธิ์แผ่นดินไหวที่แปรตามความเร็ว (Velocity-dependent seismic coefficient)

I คือตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน (Seismic importance factor)

W คือน้ำหนักของตัวอาคาร (Seismic dead load)

R คือค่าประกอบแปลงผลตอบสนอง (Response modification factor) ดังแสดงไว้ในหัวข้อ 4.2.2

Z คือสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว (Seismic zone factor)

T คือค่าคาบธรรมชาติของอาคาร

N_V คือค่าประกอบสำหรับแผ่นดินไหวใกล้ที่แปรตามความเร็ว (Velocity-dependent near-source factor)

ข้อสำคัญของการเปลี่ยนแปลงในเรื่องนี้คือ UBC 1997 กำหนดให้ ค่าแรงเฉือนที่ฐานแปรตามค่า $\frac{1}{T}$ โดยเป็นการปรับรูปแบบจากมาตรฐาน UBC ในฉบับปี ค.ศ. 1994 ที่ กำหนดให้ใช้ค่าแปรตาม $\frac{1}{T^{2/3}}$ และฉบับปี ค.ศ. 1985 ที่ กำหนดให้ใช้ค่าแปรตาม $\frac{1}{\sqrt{T}}$ ซึ่งมีผลทำให้เกิดความแตกต่างของค่าแรงที่ใช้ในการออกแบบโดยเฉพาะสำหรับกรณีที่ค่า T มีค่าสูง

สำหรับสัมประสิทธิ์ C_a และ C_V มีค่าขึ้นกับสภาพของชั้นดินที่รองรับอาคาร และระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว และค่า Z สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหวมีการเปลี่ยนแปลงไปจากมาตรฐาน UBC 1985 อย่างมาก โดยที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ค่า Z ตามมาตรฐาน UBC 1985 ใช้ค่า

เท่ากับ 1.0 สำหรับเขตที่แผ่นดินไหวรุนแรงที่สุด และใช้ค่าลดเป็นสัดส่วนลงมาสำหรับเขตที่มีความรุนแรงของแผ่นดินไหวต่ำลง โดยที่ไม่มีความหมายทางกายภาพอื่นใด แต่หลังจากนั้นตั้งแต่ มาตรฐาน UBC 1988 ได้กำหนดค่า Z เป็นค่าเทียบเท่ากับความเร่งสูงสุดในแนวราบของพื้นดินทีมีโอกาสเกิดขึ้นในเขตนั้น และค่าอยู่ในรูปร้อยละของความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก และได้เพิ่มจำนวนเขตเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวจาก 4 เป็น 5 เขต โดยตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่า Z

ตารางที่ 5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว

เขตเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว	
	UBC 1985	UBC 1988 ถึง UBC 1997
4	1	0.4
3	3/4	0.3
2B	3/8	0.2
2A	3/8	0.15
1	3/16	0.075

สำหรับตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน I ที่จำแนกโครงสร้างตามความสำคัญของการใช้งาน ในมาตรฐาน UBC 1997 มีข้อแตกต่างจาก UBC 1985 และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 โดยสรุปแสดงดังตารางที่ 5.2 ซึ่งมีข้อสังเกตว่ามาตรฐาน UBC 1997 มีแนวโน้มที่ใช้ค่าตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งานลดลง แต่สำหรับอาคารเก็บวัตถุอันตราย ที่ไม่ได้จัดกลุ่มไว้ใน UBC 1985 และกฎกระทรวงฉบับที่ 49 หากไปเลือกใช้เป็นอาคารอื่น ๆ จะมีค่าตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งานน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ตาม UBC 1997

ตารางที่ 5.2 ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งานตามมาตรฐาน UBC 1985 และ UBC 1997

ชนิดของอาคาร	ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน	
	UBC 1985	UBC 1997
อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน	1.5	1.25
อาคารเก็บวัตถุอันตราย	-	1.25
อาคารที่เป็นที่ชุมชนคนครั้งหนึ่ง ๆ ได้มากกว่า 300 คน	1.25	1.0
อาคารอื่น ๆ	1.0	1.0

วิธีการคำนวณค่าคาบธรรมชาติ T ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน UBC 1997 ได้ปรับเปลี่ยนไปจากมาตรฐาน UBC 1985 ด้วยเช่นกัน วิธีการคำนวณค่า T ในมาตรฐาน UBC 1997 มี 2 วิธีคือ

- วิธี A: สำหรับอาคารทั่วไป ประมาณค่า T ได้จาก

$$T = C_t(h_n)^{3/4} \tag{7}$$

โดย $C_t = 0.0853$ สำหรับโครงข้อแข็งเหล็กต้านทานโมเมนต์ดัด (Steel moment-resisting frame)

$C_t = 0.0731$ สำหรับโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กต้านทานโมเมนต์ดัด (Reinforced concrete moment-resisting frame)

$C_t = 0.0488$ สำหรับอาคารอื่นๆ

h_n คือพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

ค่า C_t สำหรับโครงสร้างที่มีกำแพงรับแรงเฉือนเช่นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กหรือกำแพงอิฐก่อ (Masonry wall) อาจใช้ค่าเท่ากับ $0.0743/\sqrt{A_c}$ หน่วย m^2 และ A_c มีค่าดังนี้

$$A_c = \sum A_e\left\{0.2 + (D_e/h_n)^2\right\} \tag{8}$$

โดยที่ A_e คือพื้นที่หน้าตัดในแนวราบที่น้อยที่สุดของกำแพงรับแรงเฉือนในชั้นที่หนึ่ง (m^2) D_e คือความยาวของกำแพงรับแรงเฉือนในชั้นที่หนึ่งในทิศทางขนานกับแผ่นดินไหว (m) และ $D_e/h_n \le 0.9$

ค่าที่คำนวณสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กดังสมการที่ 7 ได้มาจากผลการศึกษาพฤติกรรมของอาคารระหว่างการเกิดแผ่นดินไหว San Fernando ปี ค.ศ. 1971 และค่านี้เป็นค่าขอบเขตต่ำที่ให้เส้นแนวโน้มดีที่สุดกับข้อมูลของอาคาร การที่ใช้ขอบเขตต่ำสุดมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าคาบที่คำนวณได้มีค่าไม่เกินค่าของอาคารจริง ซึ่งจะได้ค่าแรงเฉือนสำหรับการออกแบบมีค่ามากและปลอดภัยขึ้น

- วิธี B : สามารถหา T โดยวิเคราะห์จากคุณสมบัติของโครงสร้างและลักษณะการเสียรูปด้วยวิธีที่เหมาะสม ซึ่งนิยมใช้สมการที่ 5 ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันในมาตรฐาน UBC 1985 ค่า T ได้จากวิธี B นี้จะต้องไม่เกิน 1.3 เท่าของค่าที่คำนวณจากวิธี A สำหรับเขตพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสูง (เขต 4) และไม่เกิน 1.4 เท่าสำหรับเขตพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวต่ำถึงปานกลาง (เขต 1, 2 และ 3) การกำหนดเช่นนี้เพื่อป้องกันผลจากการคำนวณค่า T ผิดพลาดและทำให้ค่า T มากขึ้นซึ่งจะทำให้แรงเฉือนสำหรับการออกแบบมีค่าต่ำลงหรืออาจไม่ปลอดภัย

5.2.7 วิธีอย่างง่ายสำหรับการคำนวณแรงเฉือนที่ฐาน

ในมาตรฐาน UBC 1997 ได้เสนอวิธีอย่างง่ายสำหรับการคำนวณแรงเฉือนที่ฐานสำหรับอาคารที่ขนาด 2 ถึง 3 ชั้น ไว้เพื่อความสะดวกต่อการออกแบบ

5.3 การคำนวณแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคารตามมาตรฐาน International Building Code

หลักการออกแบบอาคารของประเทศสหรัฐอเมริกาได้เปลี่ยนจาก Uniform Building Code เป็น International Building Code ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 โดยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ International Code Council (ICC) เนื้อหาในมาตรฐานหลายส่วนนี้ได้อ้างอิงจากมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมโยธาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society of Civil Engineer, ASCE) เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการสรุปหลักการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงจากแผ่นดินไหว เพื่อแสดงถึงแนวโน้มที่ควรทำการศึกษาวิจัยในการกำหนดมาตรฐานการออกแบบสำหรับประเทศไทย ซึ่งเนื้อหาของมาตรฐาน IBC ในส่วนที่เกี่ยวกับหลักการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงจากแผ่นดินไหว โดยสรุปมีดังนี้

5.3.1 การจำแนกชั้นดิน

ความรุนแรงของการสั่นไหวของพื้นขึ้นอยู่กับสภาพของชั้นดิน ในบางกรณีชั้นดินสามารถขยายความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหวได้ ชั้นดินถูกจำแนกออกเป็น 6 ประเภทด้วยคุณสมบัติเชิงกลของดิน ได้แก่ (ก) ค่าความเร็วเฉือนสำหรับชั้นดิน (ข) ค่ากำลังต้านทาน Standard penetration (Blow count) หรือ (ค) Undrained shear strength โดยจำแนกเป็น หินแข็ง หิน ดินที่แน่นมากหรือหินที่อ่อน ดินแข็ง ดินอ่อน และ ดินที่อ่อนมาก

5.3.2 สเปคตรัมผลตอบสนอง

ผลของการเคลื่อนที่จากพื้นดินที่มีต่อการสั่นไหวของโครงสร้างถูกแสดงในรูปสเปคตรัมผลตอบสนอง โดยมีที่มาจากผลของแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณา (Maximum Considered Earthquake) ค่านี้กำหนดขึ้นจากการพิจารณาแผ่นดินไหวที่มีความน่าจะเป็น 2 ใน 100 ที่จะเกิดมีค่าสูงกว่าในคาบเวลา 50 ปี (คาบการเกิดซ้ำ 2500 ปี)

ข้อมูลที่ใช้กำหนดแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณาสำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาได้จากเครือข่ายการตรวจวัดอย่างสมบูรณ์ในรอยเลื่อนที่มีพลังหลายแห่งทั่วประเทศ ทำให้สามารถเสนอฐานข้อมูลของค่าสเปคตรัมผลตอบสนอง สำหรับผู้ออกแบบโครงสร้างที่ตำแหน่งใด ๆ ทั่วประเทศได้ และมีแนวทางในการพิจารณาแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณาและสเปคตรัมผลตอบสนอง 2 วิธี คือ

- วิธีทั่วไป (General Procedure)

มาตรฐาน IBC เสนอแผนที่เป็นเส้นชั้น (Contour) แสดงค่าพารามิเตอร์สำคัญ 2 ค่า คือ S_S และ S_1 โดยที่ค่า S_S คือสเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งเนื่องจากแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณาสำหรับโครงสร้างที่ตั้งอยู่บนชั้นดินแบบหิน (Site classification B) มีอัตราส่วนความหน่วง 0.05 คาบธรรมชาติ 0.2 วินาที (สำหรับโครงสร้างที่มีคาบธรรมชาติสั้น) และค่า S_1 นิยามค่าสำหรับคาบธรรมชาติเท่ากับ 1.0 วินาที (สำหรับโครงสร้างที่มีคาบธรรมชาติยาว) โดยค่าสเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งนี้นำไปคำนวณเป็นแรงทางด้านข้างที่กระทำต่อโครงสร้างได้เมื่อคูณกับน้ำหนักของโครงสร้าง

- วิธีกำหนดค่าตามที่ตั้ง (Site-specific procedure)

วิธีนี้พิจารณาลักษณะธรณีวิทยาและการเกิดแผ่นดินไหว ขนาด โอกาสที่จะเกิดขึ้น ของบริเวณที่ตั้งอาคาร ขั้นตอนการกำหนดสเปคตรัมผลตอบสนองประกอบด้วยการสร้างสเปคตรัมผลตอบสนองเนื่องจากแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณาเชิงสถิติ (Probabilistic maximum considered earthquake

response spectrum) และสเปคตรัมผลตอบสนองเนื่องจากแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณาเชิงวิเคราะห์คำนวณ (Deterministic maximum considered earthquake response spectrum)

5.3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ตั้งอาคาร (Site coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ตั้งอาคารคือตัวคูณขยายสำหรับค่าพารามิเตอร์แผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณาที่ได้จากวิธีทั่วไปในหัวข้อ 4.3.2 ใช้เพื่อปรับค่าตามคุณลักษณะชั้นดินของสภาพที่ตั้งและระดับของค่าสเปคตรัมผลตอบสนอง โดยกำหนดเป็นค่า F_a สำหรับคาบธรรมชาติสั้นหรือตัวคูณเพิ่มเนื่องจากความเร่ง และ F_v สำหรับคาบธรรมชาติยาวหรือตัวคูณเพิ่มเนื่องจากความเร็ว โดยค่าเหล่านี้มีค่า 1.0 สำหรับโครงสร้างที่ตั้งอยู่บนชั้นดินแบบหิน (Site classification B) ซึ่งหมายถึงค่าเหล่านี้ถูกกำหนดเป็นค่าสัมพัทธ์กับค่าจากสภาพชั้นดินแบบหิน ค่าเหล่านี้มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับชั้นดินที่มีความแข็งลดลง ค่าสัมประสิทธิ์ที่ตั้งอาคารนำไปใช้คูณปรับค่าสเปคตรัมผลตอบสนองให้เป็นค่าปรับแก้ของสเปคตรัมผลตอบสนองสำหรับคาบธรรมชาติ 0.2 วินาที S_{MS} และสำหรับคาบธรรมชาติ 1.0 วินาที S_{M1} ดังนี้

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (9)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (10)$$

5.3.4 ค่าคาบธรรมชาติของโครงสร้าง

ในมาตรฐาน IBC กำหนดแนวทางการคำนวณค่าคาบธรรมชาติพื้นฐานของโครงสร้าง T ไว้ดังนี้

- สูตรการประมาณสำหรับโครงสร้างทั่วไป

$T = 0.0724(h_n)^{0.8}$ สำหรับโครงสร้างเหล็กแบบ Moment-resisting frame

$T = 0.0466(h_n)^{0.9}$ สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Moment-resisting frame

$T = 0.0731(h_n)^{075}$ สำหรับโครงสร้างเหล็กแบบ Eccentrically braced frame

$T = 0.0487(h_n)^{0.75}$ สำหรับโครงสร้างอื่น ๆ

h_n คือพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

- สูตรการประมาณสำหรับโครงสร้างแบบ Moment-resisting frame

สำหรับโครงสร้างแบบ Moment-resisting frame ที่มีความสูงไม่เกิน 12 ชั้น และความสูงระหว่างชั้นไม่น้อยกว่า 3 เมตร ให้ใช้ $T = 0.1N$ โดยที่ N คือจำนวนชั้นของอาคารที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

- การวิเคราะห์ด้วยวิธีที่ใกล้เคียงพฤติกรรมจริง

สมการที่ใช้คำนวณค่า T มีรูปแบบตามสมการที่ 5 ซึ่งเป็นหลักการเดียวกันในมาตรฐาน UBC และเพื่อป้องกันผลจากการคำนวณค่า T ผิดพลาดจนทำให้ค่า T มากขึ้นซึ่งจะทำให้แรงเฉือนสำหรับการออกแบบมีค่าต่ำลงหรืออาจไม่ปลอดภัย จึงมีการกำหนดให้ค่าที่คำนวณได้โดยวิธีนี้จะต้องไม่มากกว่าค่าที่ได้จากสูตรการประมาณ 1.4 ถึง 1.7 เท่า

5.3.5 สเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งสำหรับการออกแบบ

เมื่อพิจารณาในหลักการออกแบบตามมาตรฐาน IBC มีค่าสัดส่วนความปลอดภัย 1.5 เท่า สำหรับการป้องกันการวิบัติต่อแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณา ดังนั้นจึงกำหนดตัวคูณ 1/1.5 หรือ 2/3 สำหรับค่าจากแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณา ซึ่งการป้องกันการวิบัติของโครงสร้างที่ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวสูงกว่าค่าที่ใช้ในการออกแบบไปร้อยละ 50 นี้ให้ใช้ผลของกำลังส่วนเกินของโครงสร้าง ดังนั้น ค่าที่ใช้ในการออกแบบของสเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งสำหรับคาบ 0.2 วินาที (S_{DS}) และสำหรับคาบ 1.0 วินาที (S_{D1}) กำหนดเป็นสัดส่วนกับค่าสเปคตรัมผลตอบสนองสำหรับคาบธรรมชาติ 0.2 วินาที (S_{MS}) และสำหรับคาบธรรมชาติ 1.0 วินาที (S_{M1}) ดังนี้

$$S_{DS} = (2/3)S_{MS} \quad (11)$$

$$S_{D1} = (2/3)S_{M1} \quad (12)$$

จากนั้นได้มีการกำหนดค่าที่จำเป็นสำหรับการสร้างเส้นความสัมพันธ์ของสเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งสำหรับการออกแบบแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวต่อไป

5.3.6 การจัดกลุ่มการใช้งานและความสำคัญของอาคาร

การจัดกลุ่มการใช้งานและความสำคัญของอาคาร เป็นการเลือกระดับของแรงที่ใช้ในการออกแบบตามลักษณะของการใช้งานและความสำคัญของโครงสร้าง ซึ่งแสดงเป็น ค่าประกอบความสำคัญของอาคาร (Important factor, I) มาตรฐาน IBC แบ่งอาคารออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 กลุ่มการใช้งานและค่าประกอบความสำคัญของอาคาร

กลุ่มการใช้งาน	ลักษณะอาคาร	ค่าประกอบความสำคัญ I
I	อาคารทั่วไป อาคารที่ไม่เก็บวัตถุอันตราย	1.00
II	อาคารที่เป็นที่ชุมนุมของคนจำนวนมาก	1.25
III	อาคารสำคัญ หรืออาคารที่เก็บวัตถุอันตราย	1.50

5.3.7 ลำดับชั้นของการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ลำดับชั้นของการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวที่จำแนกออกเป็น 6 ลำดับชั้น เป็นสิ่งที่ใช้กำหนดการพิจารณาเงื่อนไขต่าง ๆ ของสภาพโครงสร้าง เช่น ความสูงของโครงสร้าง ระบบโครงสร้าง ความไม่สม่ำเสมอ วิธีการวิเคราะห์ และการออกแบบรายละเอียดของเหล็กเสริม โดยการจำแนกลำดับชั้นทำได้จากการพิจารณาสเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่งสำหรับการออกแบบ และการจัดกลุ่มการใช้งานของอาคาร

5.3.8 วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ในการคำนวณแรงเฉือนที่ฐานอาคาร V โดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า ทำได้ดังนี้

$$V = C_S W \tag{13}$$

W คือน้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดของอาคารสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารที่เป็นโกดังหรือคลังสินค้า

C_S คือสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองต่อแผ่นดินไหว (Seismic response coefficient) คำนวณได้ดังนี้

$$C_S = S_{D1} I / RT \tag{14}$$

โดยที่ค่า C_S ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า $0.044 S_{DS} I$

และมีค่าไม่เกิน $S_{DS} I / R$

5.4 แนวทางการพัฒนามาตรฐานการออกแบบสำหรับประเทศไทย

จากมาตรฐานที่สำคัญของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้ทบทวนไว้ในตอนต้น จะเห็นได้ว่าความรู้และความเข้าใจในปัญหาด้านแผ่นดินไหวได้ถูกพัฒนาและนำไปใช้ปรับปรุงวิธีการออกแบบให้โครงสร้างมีพฤติกรรมที่เหมาะสมต่อการต้านทานแผ่นดินไหวมากขึ้น โดยข้อมูลจากการศึกษาวิจัยและผลจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในอดีต การปรับปรุงเหล่านี้ล้วนเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อทุกประเทศทั่วโลก สำหรับประเทศไทยที่มีการนำมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกามาเป็นต้นแบบในการกำหนดเป็นข้อบังคับสำหรับการออกแบบก็ควรศึกษาแนวทางการพัฒนามาตรฐานต่อไปเช่นกัน โดยกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ที่ได้ใช้มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา UBC 1985 ที่ผ่านมากว่า 20 ปีแล้ว จึงสมควรที่จะได้รับการพิจารณาปรับปรุงให้มีความเหมาะสมขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณามาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาฉบับปัจจุบัน (IBC 2003) ยังคงมีข้อจำกัดที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับประเทศไทยได้ในขณะนี้ นั่นคือ จะต้องมีข้อมูลของสเปคตรัมผลตอบสนองจากผลของแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณา ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลการสั่นสะเทือนของพื้นดินที่เกิดขึ้นในประเทศที่น่าเชื่อถือและเพียงพอต่อการกำหนดค่าสำหรับพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ดังนั้น หากพิจารณามาตรฐานที่มีความทันสมัยลำดับต่อมาคือ UBC 1997 พบว่าการจำแนกระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเป็นเขตที่ขึ้นกับระดับความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่ได้มีการศึกษาวิจัยไว้แล้ว ทำให้มีข้อมูลสำหรับกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับประเทศไทย โดยหากพิจาณาความเหมาะสมของมาตรฐาน UBC 1997 จะมีข้อดีเหนือกว่า มาตรฐาน UBC 1985 หลายประการ

บทที่ 6

แนวทางเพื่อการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

จากการศึกษาข้อมูล สถานะความพร้อม ในด้านต่าง ๆ ในประเทศ สามารถช่วยกำหนดแนวทางในการจัดการเพื่อการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยได้ โดยประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ (1) แนวทางการป้องกันทางด้านการปฏิบัติตามกฎหมาย ด้านการบังคับใช้กฎหมาย โดยได้จากการพิจารณาภาพรวมของกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร (2) แนวทางการป้องกันทางด้านกฎหมาย ด้านรายละเอียดของการคำนวณเชิงวิศวกรรม คือการศึกษากฎกระทรวงฉบับที่ 49 และเสนอแนวทางในการดำเนินการปรับปรุง และ (3) แนวทางการป้องกันทางด้านวิชาการ โดยเสนอแผนการศึกษาวิจัยเพื่อการภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

6.1 กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

กฎหมายแม่บทที่ว่าด้วยการควบคุมอาคารคือ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 2 และ 3 ที่ออกแก้ไขเพิ่มเติมในปี พ.ศ. 2535 และ 2543 ตามลำดับ และมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องอีกหลายฉบับที่ออกโดยอาศัยความตามพระราชบัญญัติฉบับนี้ เช่น กฎ หรือ ประกาศกระทรวงมหาดไทย กฎหมายที่ออกโดยองค์กรหรือเจ้าพนักงานท้องถิ่น เช่น ข้อบัญญัติหรือประกาศท้องถิ่น เป็นต้น พระราชบัญญัตินี้มีเนื้อหาสำคัญประกอบด้วย นิยาม คำจำกัดความ เจ้าพนักงาน การบังคับใช้กฎหมาย คณะกรรมการควบคุมอาคาร การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้ หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร การอนุญาตให้ใช้อาคารเพื่อประกอบกิจการเกี่ยวกับโรงมหรสพ อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น การอุทธรณ์ นายช่าง นายตรวจ และผู้ตรวจสอบ เขตเพลิงไหม้ บทเบ็ดเตล็ด บทกำหนดโทษ บทเฉพาะกาล อัตราค่าธรรมเนียม และอื่น ๆ กล่าวโดยสังเขป พระราชบัญญัตินี้ ครอบคลุมทั้งงานสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรมที่เกี่ยวแก่อาคาร โดยกำหนดกรอบหรือหลักเกณฑ์กว้าง ๆ ส่วนรายละเอียดได้กล่าวไว้ในกฎหมายย่อย ที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามความในกฎหมายหลักนี้

กฎกระทรวงที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 61 ฉบับ (ธีระพันธุ์ ทองประวัติ และคณะ 2547) มีเนื้อหาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 หมวดหลัก คือ

หมวดที่ 1 เป็นกฎกระทรวงที่กำหนดเรื่องหลักเกณฑ์ทั่วๆไปสำหรับผู้ขออนุญาตกับผู้อนุญาตก่อสร้างอาคาร

หมวดที่ 2 เป็นกฎกระทรวงที่กำหนดเรื่องหลักเกณฑ์ทั่วไปสำหรับงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม เช่น การกำหนด ลักษณะ รูปทรงและแนวของอาคาร การรับน้ำหนัก ความต้านทานและความคงทนของวัสดุที่ใช้ เป็นต้น

หมวดที่ 3 เป็นกฎกระทรวงที่กำหนดเรื่องกำหนดบริเวณ ห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง อาคารบางชนิดหรือบางประเภทในท้องที่ต่าง ๆ

สำหรับกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบด้าน วิศวกรรมโครงสร้างโดยตรงมีเพียง 3 ฉบับ ได้แก่

กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ว่าด้วยการกำหนด การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทน ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ ในการก่อสร้างและการรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคารหรือพื้นดินที่รองรับอาคาร

กฎกระทรวงฉบับที่ 48 (พ.ศ. 2540) ว่าด้วยการกำหนดลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารของอาคารที่มีการทนไฟและของกระจกที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ว่าด้วยกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทานและความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารสำหรับการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

ขั้นตอนการออกกฎกระทรวงด้านวิศวกรรมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

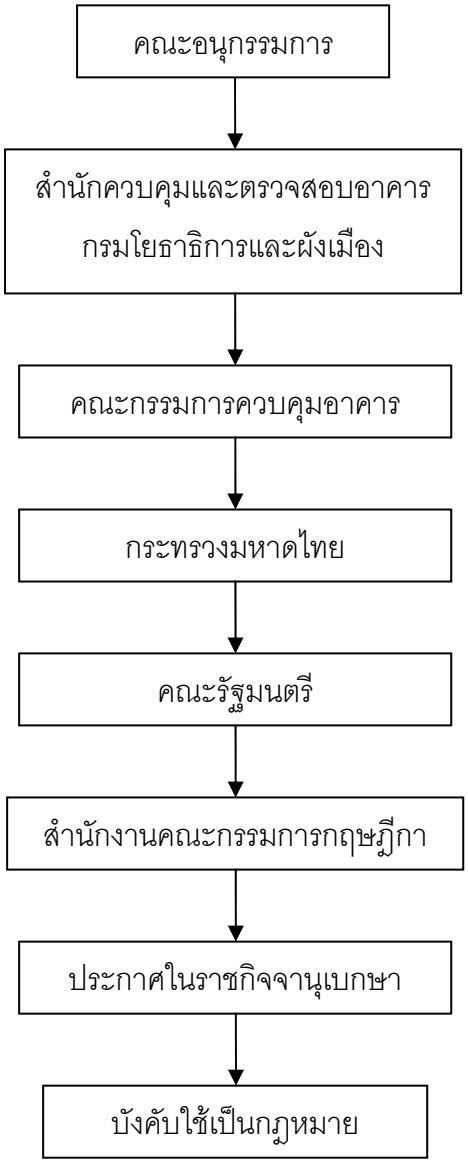
1 กรมโยธาธิการและผังเมือง โดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารได้เสนอแต่งตั้งคณะอนุกรรมการแก้ไขกฎกระทรวงด้านวิศวกรรม ต่อคณะกรรมการควบคุมอาคาร

2 คณะกรรมการควบคุมอาคารเห็นชอบและแต่งตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อดำเนินการแก้ ไขและจัดทำร่างกฎกระทรวงทางด้านวิศวกรรมขึ้น

3 คณะอนุกรรมการดำเนินการพิจารณา และจัดทำร่างกฎกระทรวงที่แก้ไขปรับปรุง โดยร่างดังกล่าวจะเน้นในส่วนมาตรฐานขั้นต่ำของการออกแบบอาคารให้มีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัย สำหรับมาตรฐานที่มีอยู่แล้วซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปและได้รับการรับรองจากสภาวิศวกรสามารถนำมาอ้างอิงใช้ในร่างกฎกระทรวงนี้ได้

4 เมื่อคณะอนุกรรมการจัดทำร่างเสร็จเรียบร้อยจะส่งร่างดังกล่าวให้แก่คณะกรรมการควบคุมอาคารพิจารณา โดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารจะเป็นผู้จัดหมวดหมู่และรวบรวมเป็นกฎกระทรวงด้านวิศวกรรมฉบับเดียว ก่อนนำเสนอให้คณะกรรมการควบคุมอาคารพิจารณา

5 หากคณะกรรมการควบคุมอาคารเห็นชอบร่างที่เสนอ ร่างดังกล่าวจะถูกส่งให้ฝ่ายกฎหมายของกระทรวงมหาดไทยพิจารณา หากกระทรวงมหาดไทยเห็นชอบจะส่งผ่านร่างเสนอต่อคณะรัฐมนตรีเพื่อพิจารณาในหลักการและหากคณะรัฐมนตรี เห็นชอบจะดำเนินการเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกาพิจารณาตรวจสอบก่อนประกาศในราชกิจจานุเบกษาเพื่อมีผลบังคับใช้ต่อไป ดังรายละเอียดในภาพที่ 6.1 (ที่มา ธีรพันธุ์ และคณะ 2547)



ภาพที่ 6.1 ขั้นตอนการออกกฎกระทรวง

ในการพิจารณาศึกษากฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร มีข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป ดังนี้

หน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่นในการพิจารณาการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร เจ้าพนักงานท้องถิ่น มีความหมายตามนิยามในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 คือ

(1) นายกเทศมนตรี สำหรับในเขตเทศบาล

(2) ประธานกรรมการสุขาภิบาล สำหรับในเขตสุขาภิบาล

(3) ผู้ว่าราชการจังหวัด สำหรับในเขตองค์การบริหารส่วนจังหวัด

(4) ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร สำหรับในเขตกรุงเทพมหานคร

(5) ปลัดเมืองพัทยา สำหรับในเขตเมืองพัทยา

(6) หัวหน้าผู้บริหารท้องถิ่นขององค์การปกครองท้องถิ่นที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดให้เป็นราชการส่วนท้องถิ่นตามพระราชบัญญัตินี้ สำหรับในเขตราชการส่วนท้องถิ่นนั้น

ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 มีมาตราที่เกี่ยวกับการพิจารณาการอนุญาต การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร โดยสรุป คือ มาตรา 21 ถึง 28 โดยมีสาระสำคัญดังนี้

มาตรา 21 ผู้ใดจะก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นและดำเนินการตามมาตรา 39 ทวิ

มาตรา 21 ทวิ การก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารชนิดหรือประเภทที่กฎกระทรวงกำหนดให้มีการตรวจสอบงานออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างอาคาร ผู้ขอรับใบอนุญาตหรือผู้แจ้งตามมาตรา 39 ทวิ ต้องจัดให้มีการตรวจสอบงานออกแบบและคำนวณดังกล่าวตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา 22 ผู้ใดจะรื้อถอนอาคารตามลักษณะที่กำหนด ต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นและดำเนินการตามมาตรา 39 ทวิ

มาตรา 25 ในกรณีที่เป็นการยื่นคำขอรับใบอนุญาต ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาและออกใบอนุญาตหรือมีหนังสือแจ้งคำสั่งไม่อนุญาตพร้อมด้วยเหตุผล

มาตรา 26 ในกรณีที่การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารที่ขออนุญาตนั้น มีลักษณะหรืออยู่ในประเภทที่ได้กำหนดเป็นวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรม หรือเป็นวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรม ถ้าวิศวกรหรือสถาปนิกผู้รับผิดชอบในการนั้นตามที่ระบุไว้ในคำขอมิได้เป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้ประกอบ

วิชาชีพวิศวกรรมควบคุมหรือวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายดังกล่าว แล้วแต่กรณี ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นปฏิเสธไม่รับพิจารณาคำขอนั้น

มาตรา 28 ในกรณีที่แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณที่ได้ยื่นมาพร้อมกับคำขอรับใบอนุญาตกระทำโดยผู้ที่ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกร ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาแต่เฉพาะในส่วนที่ไม่เกี่ยวกับรายการคำนวณ

การวิเคราะห์

ในการดำเนินการเพื่อการ ก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคาร จะต้องมีการได้รับอนุญาตหรือได้แจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบเพื่อการพิจารณาอนุญาตต่อไป อย่างไรก็ตาม การที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนตามมาตรา 28 ที่ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาแต่เฉพาะในส่วนที่ไม่เกี่ยวกับรายการคำนวณ ทำให้ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องตามหลักวิศวกรรมในระหว่างการขออนุญาตไม่เกิดขึ้น การที่กฎหมายกำหนดดังกล่าว อาจวิเคราะห์ได้ว่า เนื่องจากความรับผิดชอบในความถูกต้องของรายการคำนวณควรเป็นของผู้ออกแบบโดยตรง การตรวจสอบจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นจึงอาจถือเสมือนเป็นการรับรองความถูกต้องไว้ด้วย รวมทั้งการตรวจสอบการคำนวณเป็นภาระงานที่ใช้เวลามากทำให้ไม่สามารถปฏิบัติได้ครบถ้วน อย่างไรก็ดี หากพิจารณาถึงความสมบูรณ์ของกระบวนการขออนุญาต และการคำนึงถึงการรักษาประโยชน์ ความสงบสุข และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของคนส่วนใหญ่ และสังคม ตามเจตนารมณ์ของการออกพระราชบัญญัติควบคุมอาคารแล้วนั้น ควรมีขั้นตอนอื่นใดที่เป็นการป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากผู้คำนวณออกแบบ หรือการละเลยทั้งจากความตั้งใจหรือไม่ตั้งใจที่จะปฏิบัติตามกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบด้านวิศวกรรม

การเสนอแนวทางการปรับปรุง

เพื่อให้มีการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากผู้คำนวณออกแบบ และการที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นไม่ต้องดำเนินการสำหรับส่วนดังกล่าวด้วยเหตุที่กล่าวไว้แล้ว ควรกำหนดให้มีการตรวจสอบการออกแบบและการคำนวณกระทำโดยผู้ตรวจสอบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและไม่เป็นผู้เดียวกับหรือมีความเกี่ยวข้องกับผู้คำนวณออกแบบตามที่ขออนุญาต

(หมายเหตุ ในขณะนี้ กรมโยธาธิการและผังเมืองได้พิจารณาร่างกฎกระทรวงเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการตรวจสอบการคำนวณออกแบบอาคาร เนื่องจากมาตราที่ 21

ทวิ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2543 อย่างไรก็ดี ร่างดังกล่าววางหลักเกณฑ์ที่บังคับใช้กับอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ และอาคารที่มีลักษณะตามที่กำหนด ซึ่งอาคารเหล่านี้ไม่ใช่อาคารทั้งหมด และอาคารที่บังคับให้คำนวณตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 บางส่วนไม่ถูกบังคับให้ต้องมีการตรวจสอบการคำนวณออกแบบตามร่างกฎกระทรวงดังกล่าว ทำให้จะไม่เกิดการตรวจสอบการคำนวณรับแรงแผ่นดินไหวสำหรับอาคารอีกหลายกลุ่ม)

6.2 กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540)

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เป็นกฎกระทรวงที่ว่าด้วยการรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารสำหรับการก่อสร้างในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540

เนื่องจากระหว่างการยกร่างกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ได้ผ่านการพิจารณาให้ได้รับการยอมรับจากทุกฝ่ายและผ่านกรรมการหลายชุดคณะ ตามที่ได้ทบทวนที่มาการยกร่างในหัวข้อ 2.4 กฎกระทรวงฉบับนี้จึงมีลักษณะที่มีข้อสังเกต ดังนี้ (สมศักดิ์ 2541)

พื้นที่บังคับใช้

กฎกระทรวงฉบับนี้ไม่ได้บังคับทั่วทั้งประเทศ แต่บังคับใช้เฉพาะกับจังหวัดที่ข้อมูลที่ยอมรับขณะนั้นบ่งชี้ว่ามีอันตรายจากแผ่นดินไหว ประกอบด้วยจังหวัดในภาคเหนือ 9 จังหวัด และภาคตะวันตก 1 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา น่าน ลำพูน ลำปาง แพร่ ตาก และกาญจนบุรี โดยมีจังหวัดที่มีความเสี่ยงปานกลางอีกหลายจังหวัดที่ไม่ถูกรวบในพื้นที่บังคับ คือ อุตรดิตถ์ สุโขทัย กำแพงเพชร อุทัยธานี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี และ หนองคาย รวมทั้งจังหวัดที่จัดว่ามีความเสี่ยงต่ำซึ่งอาคารต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้บ้าง ก็ถูกยกเว้นด้วยเกรงว่าจะมีผลกระทบต่อผู้ประกอบการจำนวนมาก และอาจเพิ่มการต่อต้านจนไม่สามารถออกเป็นกฎหมายได้

ประเภทของอาคารที่ควบคุม

กฎกระทรวงฉบับนี้ไม่ได้ใช้บังคับกับทุกอาคารในพื้นที่ควบคุม แต่บังคับกับอาคารที่เป็นที่ชุมนุมของประชาชนจำนวนมาก อาคารที่จำเป็นต่อการเป็นอยู่ของประชาชน และอาคารที่อาจก่อให้เกิดอันตราย ได้แก่

- อาคารสาธารณะ เช่น ศูนย์การค้า โรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม สถานศึกษา เป็นต้น

- อาคารที่จำเป็นต่อการเป็นอยู่ของประชาชน เช่น โรงพยาบาล ท่าอากาศยาน สถานีเดินรถ เป็นต้น

- อาคารที่อาจก่อให้เกิดอันตราย เช่น อาคารเก็บวัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ หรือ วัตถุกัมมันตรังสี เป็นต้น

- อาคารอื่น ที่มีความสูง เกิน15 เมตร

มาตรฐานการออกแบบ

การคำนวณใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent Static Force) ตามมาตรฐาน UBC 1985 เนื่องจากพิจารณาแล้วว่าเป็นวิธีที่วิศวกรส่วนใหญ่คุ้นเคย และเกรงว่าหากใช้การคำนวณตามมาตรฐานฉบับล่าสุดจะเป็นการเปิดประเด็นใหม่ไม่สิ้นสุด ซึ่งอาจทำให้การออกกฎกระทรวงต้องยืดเยื้อออกไปอีก

6.2.1 การสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อแนวทางการปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49

ในการพิจารณาศึกษาโดยการสัมภาษณ์ผู้ที่มีความรู้ด้านวิศวกรรมและเกี่ยวข้องกับการบังคับใช้กฎหมายโดยตรง เพื่อสอบถามในด้านปัญหา ความสมบูรณ์ และแนวทางการปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 โดยได้รับความกรุณาจาก ดร. เสถียร เจริญเหรียญ วิศวกรวิชาชีพ 8 วช สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งได้แสดงความคิดเห็นต่อกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ว่าด้วยการรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคารหรือพื้นดินที่รองรับอาคาร สำหรับการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ดังนี้

คำถาม 1. ความเห็นต่อความเหมาะสมและความสมบูรณ์ของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ในปัจจุบัน (เช่น ขอบข่าย รูปแบบการคำนวณ รายละเอียดการคำนวณ ความละเอียดครบถ้วน และอื่น ๆ)

ตอบ กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ เป็นกฎหมายฉบับแรกของประเทศไทยที่ควบคุมให้การออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ ซึ่งขั้นตอนในการยกร่างต้องผ่านข้อโต้แย้งมากมาย และใช้เวลาในการดำเนินการกว่า 14 ปี ทำให้เนื้อหาของกฎกระทรวงดังกล่าวไม่ครบถ้วนหรือทันสมัยในระดับสากล แต่ก็ถือได้ว่ากฎกระทรวงดังกล่าวมีความเหมาะสมและสมบูรณ์ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามขณะนี้กรมโยธาธิการและผังเมืองได้แก้ไขปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ ให้มีความเหมาะสมและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งร่างแก้ไขดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการควบคุมอาคารแล้ว

คำถาม 2. ความเห็นต่อประเด็นที่ควรแก้ไขปรับปรุงสำหรับกฎกระทรวงฉบับที่ 49

ตอบ ประเด็นการแก้ไขปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ มีดังนี้

(1) การเพิ่มเติมพื้นที่ควบคุมและจัดแบ่งเขตพื้นที่ใหม่ : เนื่องจากมีข้อมูลและผลการศึกษาที่แสดงว่าบางพื้นที่มีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวเพิ่มมากขึ้น

(2) การจัดกลุ่มประเภทอาคารควบคุมให้มีความชัดเจนมากขึ้น : มีการเพิ่มเติมอาคารควบคุมประเภทสะพานและเขื่อนให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยกำหนดให้สะพาน ทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อยาวตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป และเขื่อนเก็บกักน้ำเขื่อน หรือฝายทดน้ำที่มีความสูงตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไปเป็นอาคารควบคุมด้วย

(3) การจัดทำมาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านแผ่นดินไหวของกรมโยธาธิการและผังเมือง : เพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดการคำนวณออกแบบในกฎกระทรวงให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

คำถาม 3. ความเห็นต่อปัญหาในการบังคับใช้ของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ในปัจจุบัน

ตอบ สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง ยังไม่เคยได้รับแจ้งปัญหาการปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ จากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

คำถาม 4. ความเห็นต่อปัญหาอื่น ๆ ในกฎกระทรวงฉบับที่ 49

ตอบ (1) การแก้ไขปรับปรุงกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ ในหลายๆส่วนยังไม่มีข้อมูลรองรับที่ชัดเจน เช่น รอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะลุ่ยในภาคใต้เป็นรอยเลื่อนที่ active หรือไม่ ทำให้เกิดข้อโต้แย้งและใช้เวลาในการพิจารณานานมาก ซึ่งการแก้ไขปรับปรุงกฎหมายในลักษณะของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ จำเป็นต้องอาศัยผลการศึกษาและวิจัยในประเทศที่ชัดเจนมากกว่านี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำไปพิจารณาจัดทำมาตรฐาน และข้อบังคับต่างๆให้มีประสิทธิผลสำหรับการปฏิบัติอย่างแท้จริง

(2) การจะปฏิบัติตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ฯ ให้มีประสิทธิภาพมากนั้น ผู้ออกแบบและคำนวณโครงสร้างจำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวที่ดีพอ แต่ปัจจุบันไม่ได้มีการเรียนการสอนในหัวข้อดังกล่าวในระดับปริญญาตรี

การสอบถามเพิ่มเติมจากวิศวกรจากหน่วยงานเทศบาลจังหวัดต่าง ๆ ในสังกัดกรมโยธาธิการและผังเมือง ที่เข้าร่วมการอบรมเรื่องการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ระหว่างวันที่ 24 ถึง

28 เมษายน พ.ศ. 2549 จัดโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง ในประเด็นคำถามถึงปัญหาการบังคับใช้ของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ได้รับคำตอบว่า ยังไม่เคยพบปัญหาในการปฏิบัติตามกฎกระทรวง เนื่องจากวิศวกรของหน่วยงานท้องถิ่นไม่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของรายการคำนวณ มีหน้าที่หลักในการตรวจสอบว่าในการขออนุญาตก่อสร้างอาคารมีรายการคำนวณที่ได้รับการรับรองจากวิศวกรผู้ออกแบบมาแล้ว

6.2.2 ร่างแก้ไขกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ตามที่กฎกระทรวงฉบับที่ 49 ได้ผ่านการกลั่นกรองและบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ในช่วงดำเนินการพิจารณายกร่างกฎกระทรวงฉบับนี้ เป็นช่วงเวลาที่เศรษฐกิจของประเทศกำลังขยายตัว ประกอบกับการเริ่มต้นของการพัฒนาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับภัยแผ่นดินไหวของนักวิชาการ วิศวกร และผู้ดูแลด้านกฎหมายควบคุมอาคาร ทำให้กฎกระทรวงฉบับที่ 49 จึงเป็นกฎหมายที่ออกมาเป็นเชิงทางสายกลาง และมีข้อสังเกตที่สามารถปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมตามความจำเป็น ดังนั้น คณะกรรมการควบคุมอาคารโดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง จึงแต่งตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อแก้ไขเพิ่มเติมกฎกระทรวงฉบับที่ 49 อันประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิจากสถาบันการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีประเด็นที่เสนอแก้ไขดังนี้

ประเด็นร่างแก้ไขกฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540)

(1) เพิ่มเติมพื้นที่ควบคุมและจัดแบ่งเขตพื้นที่ใหม่

“เขต 1” หมายถึง พื้นที่หรือบริเวณที่เป็นดินอ่อนมาก ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกล ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรสาคร (รวม 5 จังหวัด)

“เขต 2” หมายถึง พื้นที่หรือบริเวณที่อยู่ใกล้รอยเลื่อน ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดตาก จังหวัดน่าน จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน (รวม 10 จังหวัด)

“เขตเฝ้าระวัง” หมายถึง พื้นที่พิเศษในภาคใต้ที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดชุมพร จังหวัดระนอง จังหวัดพังงา จังหวัดกระบี่ จังหวัดภูเก็ต จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดสงขลา (รวม 7 จังหวัด)

หมายเหตุ

– เหตุผลการเพิ่มเติมพื้นที่ เขต1 เนื่องมาจากผลการศึกษาที่แสดงว่า ชั้นดินอ่อนในกรุงเทพมหานคร และเขตปริมณฑลมีศักยภาพในการขยายการสั่นสะเทือน ทำให้อาคารในพื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวระยะไกล โดยการสั่นสะเทือนในพื้นที่ดังกล่าวกำหนดให้มีความรุนแรงเทียบเท่า Zone 1 ตามมาตรฐาน Uniform Building Code สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่เขต 1 มาจากผลการศึกษาคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของดินฐานรากในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลของ รศ. ดร.เป็นหนึ่ง วานิชชัยและคณะ

- เขต 2 คือพื้นที่ควบคุมตามกฎกระทรวงฉบับที่49 (พ.ศ.2540)

- เหตุผลการเพิ่มเติมพื้นที่ เขตเฝ้าระวัง เนื่องมาจากผลการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมทรัพยากรธรณีที่แสดงว่า รอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยในพื้นที่จังหวัดภาคใต้เป็นรอยเลื่อนที่มีพลัง ประกอบกับเกิดการสั่นสะเทือนในพื้นที่ดังกล่าวบ่อยครั้ง โดยเฉพาะหลังจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ทำให้อาคารในพื้นที่บริเวณรอยเลื่อนทั้งสองมีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวเพิ่มมากขึ้น แต่ศักยภาพของรอยเลื่อนทั้งสองยังไม่มีข้อมูลรองรับที่ชัดเจน คณะอนุกรรมการจึงกำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นเขตเฝ้าระวัง โดยการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารในเขตดังกล่าว ผู้คำนวณออกแบบอย่างน้อยต้องกำหนดรายละเอียดปลีกย่อยชิ้นส่วนโครงสร้างรวมทั้งบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ และการจัดโครงสร้างทั้งระบบให้มีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limted Ductility) ซึ่งรายละเอียดดังกล่าวได้มีการระบุไว้ในมาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวที่จัดทำโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

(2) จัดกลุ่มประเภทอาคารควบคุมให้มีความชัดเจนมากขึ้น

เขต 1 และเขตเฝ้าระวัง

1. อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนและการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น โรงพยาบาล สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า เป็นต้น
2. อาคารเก็บวัตถุอันตราย เช่น อาคารเก็บวัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ วัตถุกัมมันตรังสี เป็นต้น
3. อาคารสาธารณะ ได้แก่ โรงมหรสพ หอประชุม หอศิลป์ พิพิธภัณฑสถาน หอสมุด ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า และโรงแรม ที่มีผู้ใช้อาคารในครั้งหนึ่งมากกว่า 300 คน

4. สถานศึกษาที่มีจำนวนนักเรียน นักศึกษา มากกว่า 250 คน
5. สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อนที่มีจำนวนเด็กอ่อนมากกว่า 50 คน
6. อาคารทุกประเภทที่มีผู้ใช้อาคารในครั้งหนึ่งมากกว่า 5,000 คน
7. อาคารทุกประเภทที่มีความสูงเกิน 15 เมตร
8. สะพาน ทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อ ยาว ตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป
9. เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อน หรือฝายทดน้ำที่มีความสูงตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป

เขต 2

1. อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนและการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น โรงพยาบาล สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า เป็นต้น
2. อาคารเก็บวัตถุอันตราย เช่น อาคารเก็บวัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ วัตถุกัมมันตรังสี เป็นต้น
3. อาคารสาธารณะ ได้แก่ โรงมหรสพ หอประชุม หอศิลป์ พิพิธภัณฑสถาน หอสมุด ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า โรงแรม สถานบริการ อาคารจอดรถ และสถานีรถ
4. สถานศึกษา
5. สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน
6. อาคารทุกประเภทที่มีผู้ใช้อาคารในครั้งหนึ่งมากกว่า 5,000 คน
7. อาคารทุกประเภทที่มีความสูงเกิน 15เมตร
8. สะพาน ทางยกระดับที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อยาวตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป
9. เขื่อนเก็บกักน้ำ เขื่อน หรือฝายทดน้ำ ที่มีความสูงตั้งแต่ 10เมตรขึ้นไป

(3) วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ข้อกำหนดเกี่ยวกับวิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวของร่างแก้ไขกฎกระทรวง ฯ ยังคงแยกตามลักษณะโครงสร้างอาคารเช่นเดียวกับกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ฯ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดสำหรับการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ หรือโครงสร้างอาคารอื่นๆ ที่ไม่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน โรง ได้มีการแก้ไขถ้อยคำสำหรับการปฏิบัติให้มีความชัดเจนมากขึ้น กล่าวคือ ผู้คำนวณออกแบบต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป และต้องคำนวณ

ให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร โดยใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ หรือวิธีอื่นที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางทฤษฎีเชิงพลศาสตร์ ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานว่าด้วย การออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่สภาวิศวกรให้การรับรองหรือที่จัดทำโดยส่วนราชการ หรือวิธีที่นิติบุคคลตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรซึ่งมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรเป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาและลงลายมือชื่อรับรองวิธีการคำนวณนั้น

2. ข้อกำหนดสำหรับการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน โรง และมีความสม่ำเสมอยังคงเป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49 โดยสูตรการคำนวณยังคงใช้สูตรตามมาตรฐาน Uniform Building Code (พ.ศ.2528) แต่ได้เพิ่มเติมรายละเอียดของการใช้สูตร ดังนี้

   2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว (z) ของเขต1 ให้ใช้เท่ากับ 0.19 หรือมากกว่า และของเขต2 ให้ใช้เท่ากับ 0.38 หรือมากกว่า

   2.2 เพิ่มเติมลักษณะชั้นดินสำหรับเขต 1 ดังนี้

   “ดินอ่อนมาก” หมายถึง ดินเหนียวอ่อนที่มีกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินในสภาวะไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) ไม่มากกว่า 24 กิโลปาสกาลและมีความหนาชั้นดินมากกว่า 9 เมตร ซึ่งได้แก่สภาพดินในท้องที่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งของอาคาร (S) ของดินลักษณะนี้มีค่าเท่ากับ 2.5 ถ้าผลคูณระหว่างค่า c กับค่า s มากกว่า 0.14 ให้ใช้เท่ากับ 0.14 เว้นแต่กรณีดินอ่อนมาก ถ้าผลคูณดังกล่าวมากกว่า0.26 ให้ใช้เท่ากับ 0.26

(4) เพิ่มเติมและแก้ไขเพื่อให้กฎกระทรวงมีเนื้อหาเป็นสากลมากขึ้น

1. จำแนกโครงสร้างประเภทโครงต้านแรงดัดเป็นโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัด และโครงต้านแรงดัดอื่น โดยโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวมีนิยามดังต่อไปนี้

“โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว” หมายถึง โครงต้านแรงดัดของอาคารที่ได้รับการจัดระบบโครงสร้างที่ดี มีการออกแบบเพื่อให้การวิบัติเชิงดัด (Flexure Failure) เกิดขึ้นในคานเป็นสำคัญ โดยที่ในกรณีของโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็ก ชิ้นส่วนทั้งเสาและคานมีความสามารถด้านความเหนียวเชิงโค้ง (Curvature Ductility Capacity) ณ ตำแหน่งที่อาจเกิด

การวิบัติไม่น้อยกว่า 20 และในกรณีของโครงต้านแรงดัดเหล็กรูปพรรณ ลักษณะการวิบัติจะต้องเกิดขึ้นในชิ้นส่วนโดยสามารถพัฒนากำลังส่วนเกิน (Overstrength) ด้านการดัดได้ชิ้นส่วนและรอยต่อจะต้องไม่เกิดการวิบัติในลักษณะเปราะ (Brittle Failure) เช่น การโก่งเดาะเฉพาะที่ (Local Bucking) การวิบัติจากการแตกร้าวของรอยเชื่อม (Weld Fracture Failure) เป็นต้น

ส่วนรายละเอียดของโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดได้ระบุอยู่ในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่กำลังดำเนินการจัดทำอยู่

2.กำหนดระยะเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ด้านข้างระหว่างชั้นที่อยู่ติดกันของอาคาร (Story Drift) ที่เกิดจากแรงในแนวราบตามที่ระบุในกฎกระทรวง (การเคลื่อนตัวดังกล่าวต้องไม่เกินร้อยละ0.5 ของความสูงระหว่างชั้น)

(5) จัดทำมาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวของกรมโยธาธิการและผังเมือง

การจัดทำมาตรฐานเพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดการคำนวณออกแบบในกฎกระทรวงให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งเนื้อหาของมาตรฐานดังกล่าวประกอบด้วย เกณฑ์กำหนดสำหรับการจำแนกอาคารตามลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง และรายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ขณะนี้การจัดทำมาตรฐานดังกล่าวกำลังดำเนินการ โดยคณะทำงานที่คณะอนุกรรมการแก้ไขกฎกระทรวงแต่งตั้งขึ้น ซึ่งมี ศ.ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์เป็นประธานคณะทำงาน

6.2.3 การวิจารณ์กฎกระทรวงฉบับที่ 49

ในการพิจารณากฎกระทรวงฉบับที่ 49 และร่างการแก้ไขที่อยู่ระหว่างการดำเนินการของคณะกรรมการควบคุมอาคาร โดยสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง ที่ได้มีการปรับปรุงองค์ประกอบหลายด้านที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ขอเสนอข้อสังเกต และแนวทางการปรับปรุงเพิ่มเติม เพื่อการแก้ไขในอนาคตที่หากสามารถดำเนินการได้ ดังนี้

6.2.3.1 การจัดเขตพื้นที่ควบคุม

<u>ข้อเท็จจริง</u>

การจัดเขตพื้นที่ควบคุมสำหรับกฎกระทรวงฉบับที่ 49 บังคับใช้เฉพาะกับจังหวัดในภาคเหนือ 9 จังหวัด และภาคตะวันตก 1 จังหวัด และในร่างการแก้ไขกฎกระทรวงได้ระบุจังหวัดเหล่านั้นเป็น

เขต 2 และเพิ่มเติมพื้นที่บังคับเป็นเขต 1 รวม 5 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรสาคร และเพิ่มเติมพื้นที่บังคับเป็นเขตเฝ้าระวัง รวม 7 จังหวัด คือ จังหวัดชุมพร จังหวัดระนอง จังหวัดพังงา จังหวัดกระบี่ จังหวัดภูเก็ต จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดสงขลา

ข้อสังเกต

การเพิ่มเติมพื้นที่ควบคุมที่รวมกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นการเหมาะสมอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นและเป็นศูนย์กลางของประเทศ ประกอบกับการพบข้อมูลที่ยืนยันความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของพื้นที่ในบริเวณนี้ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ของประเทศในอีกหลายส่วนที่ข้อมูลความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวยังไม่สมบูรณ์ควรได้รับการศึกษาวิจัยเพื่อหาข้อสรุปสำหรับการกำหนดระดับความเสี่ยงภัย และเป็นที่น่าสังเกตว่า พื้นที่ที่กำหนดเป็นเขตเฝ้าระวังตามร่างการแก้ไขกฎกระทรวงนั้น ข้อมูลความเสี่ยงภัยยังไม่สมบูรณ์แต่กลับได้มีการกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่ต้องออกแบบอาคารที่คำนึงถึงแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยเป็นที่เข้าใจว่าได้รับผลจากการตื่นตัวของเหตุการณ์แผ่นดินไหว และ สึนามิ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547

6.2.3.2 การกำหนดกลุ่มประเภทอาคารควบคุม

ข้อเท็จจริง

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 ใช้บังคับกับอาคารที่เป็นที่ชุมนุมของประชาชนจำนวนมาก อาคารที่จำเป็นต่อการเป็นอยู่ของประชาชน และอาคารที่อาจก่อให้เกิดอันตราย และในร่างการแก้ไขกฎกระทรวงได้จัดกลุ่มประเภทอาคารควบคุมให้มีความชัดเจนมากขึ้นสำหรับเขตเสี่ยงภัยระดับต่าง ๆ

ข้อสังเกต

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 และร่างการแก้ไข มิได้บังคับใช้กับอาคารทั่วไปที่มีความสูงไม่เกิน 15 เมตร หรือเทียบเท่ากับอาคารสูง 3 ถึง 4 ชั้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว กลุ่มอาคารเหล่านี้เป็นอาคารที่มีจำนวนมากที่สุด และเมื่อพิจารณาคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมของอาคารเหล่านี้ พบว่า (1) อาคารเหล่านี้ออกแบบโดยมีกำลังแรงทางด้านข้างต่ำ (เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารสูง) เนื่องจากแรงลมที่ใช้ในการออกแบบมีค่าต่ำ ดังนั้น หากเกิดแรงแผ่นดินไหวซึ่งเป็นแรงทางด้านข้างเช่นกัน จึงอาจทำให้อาคารไม่มีกำลังสำรองเพียงพอในการต้านทานแรงทางด้านข้างนี้ได้ (2) การที่อาคารเหล่านี้มีคุณสมบัติค่าคาบธรรมชาติสั้น จึงอาจเกิดผลกระทบรุนแรงหากเกิดแผ่นดินไหวระยะใกล้กับอาคาร

(3) โดยทั่วไปในการก่อสร้างอาคารขนาดเล็กมักดำเนินการโดยผู้รับเหมารายเล็ก หรือไม่มีความรู้ทางวิศวกรรมอย่างถูกต้อง หากคุณภาพของการก่อสร้างไม่ดีพอ จะทำให้อาคารมีกำลังต้านทานแรงที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารที่ดำเนินการถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

นอกจากนี้ การจัดกลุ่มอาคารในกฎกระทรวงและในร่างการแก้ไข มีอาคารในหลายกลุ่มที่ไม่รวมอยู่ในร่างของกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดชนิดหรือประเภทของอาคารที่ต้องจัดให้มีการตรวจสอบงานออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคาร ดังนั้น หากพิจารณาว่าการออกแบบต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวเป็นการคำนวณที่สำคัญและจำเป็นต้องทำอย่างสมบูรณ์ถูกต้อง อาคารหลายกลุ่มอาจจะไม่ได้รับการพิจารณาตรวจทานความถูกต้องของการคำนวณออกแบบหากมีขนาดของอาคารไม่ถึงค่าที่กำหนด อาคารกลุ่มเหล่านี้ได้แก่ โรงพยาบาล สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย อาคารศูนย์สื่อสาร ท่าอากาศยาน โรงไฟฟ้า อาคารเก็บวัตถุอันตราย หอประชุม หอศิลป์ พิพิธภัณฑสถาน หอสมุด ศาสนสถาน สนามกีฬา อัฒจันทร์ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า โรงแรม สถานบริการ อาคารจอดรถ และสถานีรถ สถานศึกษา สถานรับเลี้ยงเด็กอ่อน สะพาน เขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นต้น

6.2.3.3 การจัดรูปทรงอาคารและการให้รายละเอียดปลีกย่อยชิ้นส่วนโครงสร้างให้เหมาะสมต่อการรับแรงแผ่นดินไหว

ข้อเท็จจริง

รูปทรงอาคารมีผลต่อพฤติกรรมการรับแรงแผ่นดินไหวอย่างยิ่ง และการออกแบบจะต้องกำหนดรายละเอียดปลีกย่อยชิ้นส่วนโครงสร้างเพื่อให้โครงสร้างมีการโยกตัวโดยไม่เกิดการวิบัติภายใต้การสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหว ในกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ให้คำนึงถึง การจัดรูปแบบเรขาคณิตให้มีเสถียรภาพต่อการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว การให้รายละเอียดปลีกย่อยบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ และการจัดให้โครงสร้างทั้งระบบมีความเหนียว (Ductility) เพื่อ ป้องกันการวิบัติแบบสิ้นเชิง และในร่างแก้ไขกฎกระทรวง ได้เพิ่มเติมเนื้อหาทั้งในด้านความเหนียวของระบบโครงสร้าง

ข้อสังเกต

เนื้อหาของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 และร่างแก้ไขกฎกระทรวง มิได้ครอบคลุมคำจำกัดความและแนวทางในการจัดรูปแบบเรขาคณิตให้มีเสถียรภาพต่อการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวสำหรับอาคารไว้ นอกจากนี้ การจัดให้โครงสร้างทั้งระบบมีความเหนียว เป็นเรื่องที่ใหม่ที่วิศวกรอาจไม่คุ้นเคย และจำเป็นต้องมีการจัดอบรมเผยแพร่ให้เกิดความเข้าใจอย่างทั่วถึง

6.2.3.4 วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ

ข้อเท็จจริง

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 กำหนดให้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ ผู้คำนวณออกแบบต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ประเภทสามัญวิศวกรขึ้นไป และต้องคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคารโดยใช้ วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ และในร่างแก้ไขกฎกระทรวง มีการแก้ไขถ้อยคำสำหรับการปฏิบัติให้มีความชัดเจนมากขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อกำหนดสำหรับการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ หรือโครงสร้างอาคารอื่นๆ ที่ไม่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน โรง ผู้คำนวณออกแบบต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป และต้องคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร โดยใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์ หรือวิธีอื่นที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางทฤษฎีเชิงพลศาสตร์ ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องเป็นไปตามมาตรฐานว่าด้วย การออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวที่สภาวิศวกรให้การรับรองหรือที่จัดทำโดยส่วนราชการ หรือวิธีที่นิติบุคคลตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรซึ่งมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกรเป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาและลงลายมือชื่อรับรองวิธีการคำนวณนั้น

ข้อสังเกต

สำหรับการออกแบบอาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ จัดเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนสูง และยากที่จะกำหนดเป็นรายละเอียดของกฎหมายได้ การที่กฎกระทรวงเปิดช่องให้มีการใช้แนวทางอื่นได้นั้นถือว่าเหมาะสมในเชิงการเขียนกฎหมาย อย่างไรก็ตาม การที่แนวทางที่ยอมให้ใช้ไม่มีกรอบชัดเจนและให้มีวิศวกรที่มีคุณวุฒิ (แต่มิได้ระบุประสบการณ์ หรือความรู้ความเข้าใจด้านแผ่นดินไหว) เป็นผู้รับรองวิธีการคำนวณ ซึ่งการที่แนวทางกว้างขวางมากเช่นนี้ อาจยากต่อการควบคุมให้มีความถูกต้องทั้งหมด เช่น การที่เลือกใช้มาตรฐานการออกแบบของต่างประเทศจำเป็นต้องพิจารณาความเหมาะสมกับสภาพของประเทศไทยด้วย ดังนั้น จึงควรมีการนำเสนอแนวทางการพิจารณาที่เหมาะสมไว้ด้วย โดยอาจเสนอในรูปของมาตรฐานประกอบการออกแบบเพิ่มเติม

6.2.3.5 วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงสม่ำเสมอ

ข้อเท็จจริง

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 และร่างแก้ไขกฎกระทรวง ได้กำหนดวิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงสม่ำเสมอไว้อย่างครบถ้วน โดยยึดมาตรฐาน Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1985 ของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นมาตรฐานต้นแบบ

ข้อสังเกต

รูปแบบการคำนวณออกแบบที่ใช้ต้นแบบมาตรฐานที่มีอายุกว่า 20 ปี ถือว่าเป็นรูปแบบที่มีความล้าสมัยอย่างยิ่ง โดยที่ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของมาตรฐานไปหลายครั้ง โดยมีการเปลี่ยนแปลงทุก 3 ปี และได้เปลี่ยนเป็นมาตรฐาน International Building Code ฉบับปี ค.ศ. 2003 ในปัจจุบัน สำหรับประเทศไทยถึงแม้ไม่จำเป็นต้องปรับรูปแบบตามต่างประเทศทุกครั้ง แต่ควรพิจารณารูปแบบที่เหมาะสมกว่าที่ใช้เป็นกฎกระทรวงในปัจจุบัน โดยการพิจารณาความแตกต่างของมาตรฐาน Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1985 กับการพัฒนามาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอไว้ในบทที่ 4 ข้อควรสังเกตอีกประการหนึ่งคือ การที่ยังคงใช้รูปแบบตามมาตรฐาน Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1985 ทั้งในกฎกระทรวงฉบับที่ 49 และร่างแก้ไขกฎกระทรวง มีคำอธิบายว่าเนื่องจากรูปแบบดังกล่าวเป็นที่คุ้นเคยต่อวิศวกรผู้ใช้ ซึ่งอาจเกิดข้อโต้แย้งได้อย่างมากในประเด็นนี้

6.3 แผนการศึกษาวิจัยเพื่อการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

จากข้อมูลการศึกษาวิจัยด้านแผ่นดินไหวในประเทศที่ได้ทบทวนมา ทำให้ช่วยกำหนดแนวทางเชิงวิชาการที่ควรพิจารณาเพื่อดำเนินการสำหรับการป้องกันภัยพิบัติเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย ที่ประกอบด้วยเนื้อหาหลายส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.3.1 การศึกษาระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้าง

ในปัจจุบันข้อมูลด้านการกำหนดระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างสำหรับประเทศไทยยังจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้สมบูรณ์ โดยควรมีการดำเนินการจัดทำแผนที่แสดงระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสากลซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการจัดทำมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ทั้งนี้เพราะแผนที่ดังกล่าวจะช่วยให้สามารถ

เปรียบเทียบระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวภายในประเทศไทยกับประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก จึงทำให้สามารถปรับรายละเอียดและข้อกำหนดในการออกแบบโครงสร้างให้เหมาะสมสอดคล้องกับมาตรฐานสากล นอกจากนี้ดัชนีวัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่แสดงในแผนที่ยังเป็นตัวแปรที่สำคัญในสูตรคำนวณแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่อโครงสร้างในกระบวนการออกแบบอีกด้วย

โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนหลักประกอบด้วย

(1) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในภูมิภาคพม่า-ไทย-อินโดจีน ซึ่งรวมถึง สภาพธรณีวิทยาของแหล่งกำเนิด ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในอดีต ข้อมูลเกี่ยวกับรอยเลื่อนมีพลัง (Active Fault) ฯลฯ เพื่อนำมาจัดทำแบบจำลองของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Models) ในภูมิภาคนี้

(2) ศึกษาลักษณะการลดทอนระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามระยะห่างจากบริเวณศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้นในภูมิภาคนี้ และศึกษาเปรียบเทียบและคัดสรรแบบจำลองการลดทอนความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Attenuation Model) ที่เหมาะสมที่สุด

(3) ดำเนินการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นและแบบจำลองในหัวข้อที่ (1) และ (2) เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีชี้วัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวสูงสุด ณ ตำแหน่งต่างๆทั่วทั้งประเทศไทย ดัชนีนี้คือ สเปคตรัมผลตอบสนองแบบความเร่ง ของโครงสร้างที่มีคาบธรรมชาติพื้นฐาน 0.2 วินาที และ 1.0 วินาทีตามลำดับ สำหรับแผ่นดินไหวที่มีคาบกำเนิดซ้ำ 2500 ปี

(3) จัดทำแผนที่แสดงค่าดัชนีดังกล่าว ณ ตำแหน่งต่างๆทั่วทั้งประเทศไทย

(4) ศึกษาและสำรวจทดสอบสภาพทางธรณีวิทยาในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว โดยเริ่มจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสูง คือบริเวณตัวเมือง เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ กาญจนบุรี และ กรุงเทพมหานคร ที่อาจส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

(5) จัดทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของชั้นดินเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสามารถในการเพิ่มระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ณ ตำแหน่งต่างๆ

(6) จัดทำแผนที่แบ่งเขตความรุนแรงของแผ่นดินไหวอย่างละเอียดเฉพาะบริเวณตัวเมือง

6.3.2 การศึกษาคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมแผ่นดินไหวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างสาธารณะในประเทศไทย

การศึกษาคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมแผ่นดินไหวในที่นี้ประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ (Dynamic Properties) และการศึกษาความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ (Dynamic Properties) อาคาร เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดระดับความรุนแรงในการสั่นสะเทือนของโครงสร้างเมื่อเกิดแผ่นดินไหว แต่ในปัจจุบันความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติดังกล่าวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ภายในประเทศไทยยังไม่ชัดเจนเพียงพอ จึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการตรวจวัดคุณสมบัติดังกล่าวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่ ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวให้มีความถูกต้องสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย ซึ่งในที่สุดจะส่งผลให้โครงสร้างที่ได้รับการออกแบบตามมาตรฐานที่ถูกปรับปรุงมีความปลอดภัยยิ่งขึ้น

สำหรับการศึกษาความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหว ความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนถึงความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารลักษณะต่างๆ สะพาน เขื่อน และสิ่งปลูกสร้างรูปแบบต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อการพิจารณาเลือกหาวิธีที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างที่มีความเสี่ยงสูงให้มีความปลอดภัยขึ้น และในการออกแบบก่อสร้างโครงสร้างใหม่ๆให้มีระดับความต้านทานที่พอเพียง องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้จะมีความสำคัญต่อการพัฒนาปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวในระดับความรุนแรงปานกลางสำหรับประเทศไทย

ขั้นตอนการดำเนินงานในการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้างมีดังนี้

(1) ดำเนินการตรวจวัดการสั่นสะเทือนตามธรรมชาติ (Ambient Vibration) ของอาคาร สะพาน เขื่อน และสิ่งปลูกสร้างสาธารณะอื่นๆ ที่มีรูปทรง ขนาด และลักษณะโครงสร้างต่างๆกัน ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย กาญจนบุรี กรุงเทพมหานคร ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดที่มีความไวสูง

(2) นำสัญญาณวัดที่บันทึกได้มาวิเคราะห์หาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้างซึ่งได้แก่ คาบธรรมชาติการสั่นอิสระ (Natural Period) รูปแบบของการสั่นสะเทือน (Vibration Mode Shape) และค่าอัตราหน่วง (Damping Ratio) เป็นต้น

(3) จัดทำฐานข้อมูลคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้างในประเทศไทย

(4) ศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์กับคุณสมบัติทางกายภาพของโครงสร้าง (เช่น ความสูงของอาคาร ความยาวของช่วงสะพาน ฯลฯ) เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้าง

(5) จัดทำข้อเสนอในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้างให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย

ขั้นตอนการดำเนินงานในการศึกษาความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างมีดังนี้

(1) รวบรวมแบบก่อสร้างและรายการคำนวณของตัวอย่างอาคารที่พักอาศัย โรงเรียน โรงพยาบาล อาคารพาณิชย์ อาคารสำนักงาน โรงงาน สะพาน โครงสร้างทางด่วนยกระดับเขื่อน โรงไฟฟ้า โครงสร้างใต้ดิน ฯลฯ ในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

(2) จัดทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของโครงสร้างตามแบบรายละเอียดที่รวบรวมมา

(3) ดำเนินการวิเคราะห์หาผลกระทบและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับโครงสร้างเมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรงต่างๆ (ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้จริง) โดยใช้แบบจำลอง

(4) ศึกษาหาแนวทางที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพในการเสริมกำลังโครงสร้างที่มีอยู่ให้มีความปลอดภัย และศึกษาหาวิธีปรับปรุงข้อกำหนดในมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างใหม่ให้เหมาะสม

(5) ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของแนวทางการเสริมกำลังโครงสร้างและแนวทางการออกแบบโครงสร้างที่ปรับปรุงใหม่ด้วยการทดสอบแบบจำลองทางกายภาพของโครงสร้างหรือส่วนประกอบโครงสร้างที่ได้รับการปรับปรุงเสริมกำลังในห้องปฏิบัติการ

(6) นำผลการศึกษามาจัดทำข้อเสนอในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวและข้อเสนอในการจัดทำมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างที่มีอยู่

6.3.3 การพัฒนามาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว และมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้าง

มาตรการที่สำคัญที่สุดมาตรการหนึ่งในการเตรียมพร้อมป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากภัยพิบัติแผ่นดินไหว คือ การออกแบบสิ่งก่อสร้างใหม่และการปรับปรุงเสริมกำลังสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้อย่างปลอดภัย แต่เนื่องจากสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้น

ใหม่ในแต่ละปีมีค่าใช้จ่ายด้านการก่อสร้างมูลค่ามหาศาล ดังนั้นหากสามารถดำเนินการออกแบบก่อสร้างได้อย่างประหยัดลงซึ่งแม้เป็นเพียงร้อยละ 0.5 ถึง 1.0 ของมูลค่าการก่อสร้าง จะช่วยลดต้นทุนการก่อสร้างได้อย่างมากต่อปี เพื่อการนี้จึงจำเป็นต้องพัฒนาปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างและมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวและสภาพปัจจัยอื่นๆ ในประเทศไทย ด้วยการนำความรู้ ความเข้าใจ และข้อมูลจากการศึกษาวิจัยทางด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาประมวลเพื่อพัฒนาและจัดทำมาตรฐานเหล่านี้

ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

(1) รวบรวมผลการศึกษาวิจัยทางด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวที่เกี่ยวข้องและข้อเสนอในการพัฒนามาตรฐานฯ เพื่อนำมาพิจารณาในกระบวนการจัดทำร่างมาตรฐานฯ

(2) พัฒนาข้อกำหนดที่จำเป็นในการออกแบบอาคารและสะพานต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยศึกษาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดในมาตรฐานของต่างประเทศและพิจารณาผลการศึกษาวิจัยภายในประเทศประกอบ ข้อกำหนดสำคัญที่จะพัฒนาได้แก่ ข้อกำหนดเกี่ยวกับระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ ข้อกำหนดเกี่ยวกับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่อโครงสร้าง เช่น สมการคำนวณคาบธรรมชาติ สเปคตรัมของแรงแผ่นดินไหวที่แปรตามสภาพทางธรณีวิทยา ในแต่ละบริเวณ ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องจากสภาพดิน เป็นต้น ข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดรายละเอียดของโครงสร้างและชิ้นส่วนของโครงสร้างให้มีความต้านทานต่อแรงแผ่นดินไหว

(3) พัฒนาข้อกำหนดที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างอาคารและสะพานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายรุนแรงเมื่อเกิดแผ่นดินไหวให้มีความปลอดภัยในระดับที่ยอมรับ

(4) จัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว มาตรฐานการออกแบบสะพานต้านทานแผ่นดินไหว และมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างที่มีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว

(5) จัดทำคู่มือประกอบมาตรฐานเพื่อวิศวกรสามารถนำมาตรฐานไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

(6) จัดฝึกอบรมวิศวกรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารและสะพานให้มีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบ และการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว

6.3.4 การศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมืองใหญ่ในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ

การศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมืองสำคัญ ๆ ในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ จะช่วยให้ทราบรายละเอียดของภัยพิบัติในรูปแบบต่างๆ ก่อนที่จะเกิดภัยพิบัติขึ้นจริง เช่น จะทราบว่าพื้นที่บริเวณใดในเมืองนั้นๆจะเกิดความเสียหายที่รุนแรงที่สุด อาคารประเภทใดจำนวนเท่าไหร่จะเสียหายรุนแรง จะมีประชากรจำนวนเท่าไหร่ที่เสียชีวิตหรือบาดเจ็บ สถานการณ์ฉุกเฉินภายหลังเกิดเหตุจะเป็นเช่นไร ความเสียหายจะส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคมในระดับใด ฯลฯ ความรู้เหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการกำหนดนโยบาย หรือวางมาตรการที่เหมาะสมในการเตรียมพร้อมเพื่อป้องกันและบรรเทาภัยจากแผ่นดินไหวของเมืองนั้นๆ

ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

(1) กำหนดสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติหลายรูปแบบที่คาดว่าจะส่งผลกระทบรุนแรงต่อตัวเมืองสำคัญ เช่น จังหวัดเชียงใหม่หรือกรุงเทพมหานคร สถานการณ์เหล่านี้จะควรเป็นสถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้จริง

(2) รวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลในรูป ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) ซึ่งแสดงจำนวน และการกระจายตัวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างประเภทต่างๆ ประชากร เครือข่ายสาธารณูปโภค สื่อสาร คมนาคมในบริเวณตัวเมือง

(3) วิเคราะห์และประเมิน ค่าคาดคะเนเชิงสถิติ ของผลกระทบและความเสียหายในรูปแบบต่างๆในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ ได้แก่

- จำนวนอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เสียหายรุนแรง เสียหายในระดับปานกลาง และเสียหายเล็กน้อยในเขตต่างๆ ของเมืองที่พิจารณา
- จำนวนผู้ได้รับบาดเจ็บ ผู้เสียชีวิต
- ความเสียหายต่อระบบสาธารณูปโภค (ไฟฟ้า ประปา ฯลฯ) ระบบสื่อสาร และเครือข่ายการคมนาคมขนส่ง
- ความเสียหายต่อธุรกิจ อุตสาหกรรม และเศรษฐกิจ ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ
- ผลกระทบในเชิงสังคม

(4) ศึกษาผลของมาตรการป้องกันและบรรเทาภัยต่างๆ ที่มีต่อ ค่าคาดคะเนเชิงสถิติ เหล่านี้เพื่อ คัดสรรและปรับปรุงให้ได้มาตรการป้องกันและบรรเทาภัยที่เหมาะสมสำหรับเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร หรือ เชียงใหม่ เป็นต้น

(5) จัดระบบที่มีประสิทธิภาพในการประสานงาน การแก้ปัญหาในสภาพวิกฤตและการให้ความช่วยเหลือประชาชนที่ประสบภัยโดยพิจารณาจากสภาพการณ์ความเสียหายที่ประเมินได้

การซ้อมหนีภัยจากแผ่นดินไหวจัดเป็นเรื่องสำคัญที่ควรมีการปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะกับหน่วยงานขนาดใหญ่ หรืออาคารที่มีผู้ใช้สอยจำนวนมาก ตัวอย่างของการซ้อมหนีภัยจากแผ่นดินไหวในต่างประเทศที่ได้มีการให้ความรู้เผยแพร่โดยกว้างขวางคือ เอกสาร Earthquake Safety Activities (FEMA 527) ที่จัดทำโดยหน่วยงาน The Federal Emergency Management Agency (FEMA) ซึ่งจัดทำโดยหน่วยงานกลางด้านการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉินของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเนื้อหาของเอกสารประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานของแผ่นดินไหวที่ประชาชนควรทราบ และขั้นตอนการหนีภัย และ Governor's Office of Emergency Services ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้แนวทางในการเตรียมหนีภัยแผ่นดินไหวสำหรับโรงเรียนไว้ และได้รับนำไปเผยแพร่เพื่อการปฏิบัติในมลรัฐต่าง ๆ โดยมีหลักสำคัญคือ ระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวการหนีภัยอาจมีอุปสรรคมากมายและบางครั้งภายนอกอาคารอาจไม่ปลอดภัย ก่อนเกิดแผ่นดินไหวควรมีการสำรวจจุดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกอาคาร และกำหนดเส้นทางในการหนีภัยโดยคำนึงถึงจุดอันตรายเหล่านี้ ทำการแจ้งให้ทุกคนทราบถึงแผนการหนีภัย โดยควรมีการซ้อมแผนอย่างสม่ำเสมอ (สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาแนะนำให้ซ้อม 2-3 ครั้งต่อปี) สำหรับประเทศญี่ปุ่น หน่วยงาน Tokyo Metropolitan Government ได้เผยแพร่ข้อแนะนำในการป้องกันอันตรายระหว่างเหตุการณ์ฉุกเฉินแผ่นดินไหว และหน่วยงานท้องถิ่นย่อยได้กำหนดเส้นทางหลบภัยและขั้นตอนการปฏิบัติตนในระหว่างเกิดแผ่นดินไหวไว้เฉพาะท้องที่และเผยแพร่ให้ประชาชนทราบ

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้านวิชาการและกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารและสิ่งก่อสร้าง เพื่อเข้าใจถึงสถานภาพความพร้อมของประเทศในการดำเนินการที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการอาคารและสิ่งก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับสาธารณะภัยแผ่นดินไหวในอนาคต และเพื่อหาแนวทางการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการตรวจสอบข้อมูลจาก หลักฐานทางประวัติศาสตร์ การตรวจวัดด้วยเครือข่ายสถานีวัดแผ่นดินไหว รายงานการสำรวจรอยเลื่อนในเบื้องต้น งานวิจัยใหม่ ๆ ที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย รวมทั้งผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่ส่งผลชัดเจนต่อประเทศพบว่าประเทศไทยมีความเสี่ยงภัยเนื่องจากแผ่นดินไหว กล่าวคือภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่รุนแรงนั้นมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากแผ่นดินไหวขนาดกลางในพื้นที่บางส่วนของประเทศไทย เช่น บริเวณภาคเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีแนวรอยเลื่อนที่มีพลัง และ แผ่นดินไหวระยะไกลจากนอกประเทศที่อาจส่งผลต่อพื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเนื่องจากการขยายคลื่นแผ่นดินไหวเนื่องจากสภาพชั้นดินอ่อน

2. ประเทศไทยได้มีเริ่มร่างกฎหมายควบคุมสำหรับการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวตั้งแต่ พ.ศ. 2526 และได้ผ่านการพิจารณาและโต้แย้งจากหลายฝ่ายจนเกิดแผ่นดินไหวที่สร้างความเสียหายต่ออำเภอพาน จังหวัดเชียงรายในปี พ.ศ. 2537 จึงสามารถได้ข้อยุติและประกาศใช้ในปี พ.ศ. 2540 เป็นกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งกฎกระทรวงดังกล่าวมีเนื้อหาจากต้นแบบของมาตรฐานจากประเทศสหรัฐอเมริกาสำหรับปี พ.ศ. 2528 (ค.ศ. 1985)

3. มาตรฐานที่เป็นต้นแบบของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ถือว่ามีความล้าสมัยอย่างยิ่งเมื่อพิจารณามาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้มีการแก้ไขปรับปรุงมาถึง 6 ครั้งในปัจจุบัน รวมทั้งข้อกำหนดต่างๆ ที่ใช้อาจไม่เหมาะสมเพียงพอ ซึ่งความไม่เหมาะสมของกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ประกอบด้วย

- การจัดเขตพื้นที่ควบคุม ที่ควรมีการศึกษาวิจัยด้านการกำหนดระดับความเสี่ยงภัยให้ถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น
- การกำหนดกลุ่มประเภทอาคารควบคุม ที่ไม่ควรบังคับใช้เฉพาะกับประเภทอาคารที่กำหนดไว้เท่านั้น รวมทั้งควรให้มีการตรวจสอบงานออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารสำหรับการขออนุญาตก่อสร้างด้วย
- การจัดรูปทรงอาคารและการให้รายละเอียดปลีกย่อยชิ้นส่วนโครงสร้างให้เหมาะสมต่อการรับแรงแผ่นดินไหว ที่ควรกำหนดรายละเอียดให้มีความชัดเจน
- วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ ที่ควรมีการนำเสนอแนวทางการพิจารณาที่เหมาะสมไว้ด้วย โดยอาจเสนอในรูปของมาตรฐานประกอบการออกแบบเพิ่มเติม
- วิธีการคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวสำหรับอาคารที่มีรูปทรงสม่ำเสมอ ควรที่จะได้รับการพิจารณาปรับปรุงให้มีความเหมาะสมขึ้น เนื่องจากความล้าสมัยในรูปแบบการคำนวณ โดยอาจนำมาตรฐาน Uniform Building Code ฉบับปี ค.ศ. 1997 มาประยุกต์ใช้เนื่องจากมีข้อมูลสำหรับกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับประเทศไทยได้

4. เพื่อการวางแผนด้านการจัดการป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย มีแนวทางที่เสนอให้มีการสนับสนุนการดำเนินการ ประกอบด้วย

- การศึกษาระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้าง เพื่อจัดทำแผนที่แสดงระดับความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวในพื้นที่ต่างๆทั่วทั้งประเทศไทยในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสากล แล้วนำผลการศึกษามาจัดทำแผนที่แบ่งเขตความรุนแรงของแผ่นดินไหวอย่างละเอียดและสนับสนุนการจัดทำมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย
- การศึกษาคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมแผ่นดินไหวของอาคารและสิ่งปลูกสร้างสาธารณะในประเทศไทย เพื่อศึกษาและหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารและสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทยแล้วนำความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติดังกล่าวมาจัดทำข้อเสนอในการปรับปรุงมาตรฐานการออกโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวให้มีความถูกต้องสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในประเทศไทย และเพื่อศึกษาถึงความสามารถในการต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้าง ศึกษาถึงจุดอ่อนแอในระบบโครงสร้างและรูปแบบลักษณะความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับโครงสร้างเมื่อเกิดแผ่นดินไหวในระดับที่มีโอกาสเกิดขึ้นจริงในประเทศไทย และหาวิธีที่มีประสิทธิภาพใน

การออกแบบโครงสร้างใหม่ให้มีความต้านทานแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสมและจัดทำเป็นมาตรฐานสำหรับการออกแบบต่อไป

- การพัฒนามาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว และมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้าง เพื่อพัฒนามาตรฐานออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวและมาตรฐานการปรับปรุงเสริมกำลังโครงสร้างที่มีความเสี่ยงสำหรับประเทศไทย และจัดฝึกอบรมให้วิศวกรมีความเข้าใจและสามารถนำมาตรฐานไปใช้ได้อย่างถูกต้อง
- การศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเมืองใหญ่ในสถานการณ์แผ่นดินไหวสมมุติ เพื่อศึกษาผลกระทบและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับบริเวณเมืองสำคัญและศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการต่างๆในการป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติ การแก้ปัญหาในสภาพวิกฤตภายหลังเกิดเหตุ และการให้ความช่วยเหลือประชาชนที่ประสบภัย แล้วนำผลการศึกษามาใช้ประกอบการพิจารณากำหนดมาตรการที่เหมาะสมต่อไป

บรรณานุกรม

กระทรวงมหาดไทย. 2540. กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2547. “กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร กฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดิน”

กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2548 เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการแก้ไขกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

กรุง อังคนาพร. 2535. ผลของการตอบสนองต่อแผ่นดินไหวของอาคารในภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชัยยันต์ หินกอง. 2539. “โครงการเขื่อนแก่งเสือเต้น” โยธาสาร ปีที่ 8 ฉบับที่ 10

ณัฐวุฒิ อินทบุตร. 2546. การประเมินการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดแผ่นพื้นไร้คาน, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ธวัชชัย พฤกษะวัน และ สุมาลี ประจวบ. 2529. “การตรวจวัดและการหาศูนย์กลางแผ่นดินไหว” Proc. 1st Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation, Bangkok, Thailand

ธีระพันธุ์ ทองประวัติ, สุรพล พงษ์ไทยพัฒน, และ เสถียร เจริญเหรียญ. 2547. "การแก้ไขกฎกระทรวงทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง" เอกสารการประชุมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9, พฤษภาคม 2547

ธานินทร์ เจียรักสุวรรณ. 2544. การเพิ่มความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารเรียนคอนกรีตเสริมเหล็ก, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธนากร จงวิลาสลักษณ์. 2540. การศึกษาแบบจำลองสำหรับแรงลมและแรงแผ่นดินไหวสำหรับพระราชบัญญัติควบคุมอาคารในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นคร ภู่วโรดม, มานะ จันทะสด, และ เป็นหนึ่ง วานิชชัย. 2548. "คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร" วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 16 ฉบับที่ 3 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

นรเทพ ชูพูล. 2547. การประเมินความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

นัทธสม อินทรกำแหง. 2546. การวิเคราะห์ผลตอบสนองแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีผลักด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นพดล คูหาทัสนะดีกุล. 2539. สเปกตรัมการตอบสนองในช่วงอินอิลาสติกสำหรับออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บุรินทร์ เวชบันเทิง. 2548. "ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว" เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว ครั้งที่ 5 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

บุรินทร์ เวชบันเทิง. 2548. “ข้อมูลและเหตุการณ์แผ่นดินไหว” ข้อมูลประกอบการสัมมนาเรื่องการแก้ไขกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว จัดโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง

ปริญญา นุตาลัย และ ประกาศ มาน เศรษฐา. 2533. “ความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงภัยเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย” เอกสารการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี พ.ศ. 2533 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และ นพดล คูหาทัสนะดีกุล. 2536. “เขตแผ่นดินไหว และสัมประสิทธิ์แผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย” เอกสารการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี พ.ศ. 2536 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และ เป็นหนึ่ง วานิชชัย. 2538. “ความเสียหายจากแผ่นดินไหวที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย” โยธาสาร ปีที่ 7 ฉบับที่ 1

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์. 2544. “เตรียมพร้อมสำหรับแผ่นดินไหวด้วยอาคารที่ปลอดภัย” เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 4 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

เป็นหนึ่ง วานิชชัย และ อาเด ลิซานโตโน. 2537. “การวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย” วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

เป็นหนึ่ง วานิชชัย. 2540. “ความเสี่ยงต่อภัยจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย” เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

เป็นหนึ่ง วานิชชัย และคณะ. 2545. “ข้อเสนอโครงการ โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย (ระยะที่ 1)” เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เป็นหนึ่ง วานิชชัย. 2548. “ภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้นในประเทศไทย” เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว ครั้งที่ 5 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ปรารถนา บุญชาญ. 2547. คลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในจังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประยุทธ ยิ่งหาญ. 2545. การหาค่าคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีการตรวจวัด วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ราชกิจจานุเบกษา 96 (14 พฤษภาคม 2522)

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 ราชกิจจานุเบกษา 109 (6 เมษายน 2535)

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2543 ราชกิจจานุเบกษา 117 (15พฤษภาคม 2543)

พิพัฒน์ อิ่มอาบ. 2545. การประเมินความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พิสิฐ ยิ่งมโนกิจ. 2543. การควบคุมการสั่นไหวของอาคารเนื่องจากแผ่นดินไหวโดยใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภัทรายุส ไวจรรยา. 2542. การศึกษาความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้ออกแบบรับแรงแผ่นดินไหว, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มานะ จันทะสด. 2546. คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย. 2534. “การลดความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหว: บทบาทของใคร?” โยธาสาร ปีที่ 3 ฉบับที่ 2

วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย. 2535. “ขอเชิญแสดงความคิดเห็น ลำดับที่ 1 กฎกระทรวงวางข้อกำหนดต้านทานแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว” โยธาสาร ปีที่ 4 ฉบับที่ 2

ศุภวรรณ คล้ายพงษ์พันธุ์ และ พงษ์ดิษฐ พจนา. 2538. “การศึกษาวิจัยของ กฟผ. เรื่องแผ่นดินไหวในบริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนเขาแหลม” โยธาสาร ปีที่ 7 ฉบับที่ 2

ศุภวรรณ คล้ายพงษ์พันธุ์ และ ปลิว ชิตตระการ. 2529. “แผ่นดินไหวที่ปลายอ่างเขื่อนศรีนครินทร์” Proc. 1st Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation, Bangkok, Thailand

สุมาลี ประจวบ. 2537. “เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อประเทศไทย” เอกสารกรมอุตุนิยมวิทยา

สิริลักขณ์ จันทรางศุ. 2526. “แผ่นดินไหว” วิศวกรรมสาร ฉบับพิเศษ เล่มที่ 6 ปีที่ 36

สิริลักขณ์ จันทรางศุ. 2529. “กฎกระทรวงว่าด้วยแรงแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย” Proc. 1st Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation, Bangkok, Thailand

สมศักดิ์ เลิศบรรณพงษ์. 2539. “ความคืบหน้าของกฎกระทรวงแผ่นดินไหว” โยธาสาร ปีที่ 8 ฉบับที่ 7

สมศักดิ์ เลิศบรรณพงษ์. 2540. “ร่างกฎกระทรวงเกี่ยวกับการออกแบบอาคารให้สามารถต้านทานความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว” เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

สมภพ สิงหติราช. 2543. การศึกษามาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเพื่อรับแรงแผ่นดินไหวที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำเนียง องสุพันธ์กุล. 2538. การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารสูงรับแรงกระทำทางข้างโดยวิธีประมาณ, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมชาย สุนทรวีระ. 2534. ผลตอบสนองของอาคารต่อแผ่นดินไหวในเขตกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิชัย กาญจนการุณ. 2529. ผลของแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างอาคารในบริเวณกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Acharya S.R., 2004. Evaluation of the Modal Pushover Analysis Procedure Using Inelastic Modal Decomposition, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Arfiadi Y., 1993. Active Vibration Control of Structures by Piezoelectric Actuators, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Ariston T.G., 1981. Spectrum Analysis of Seismic Acceleration Records from Tohoku District of Japan, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Ashford S.A., Jakrapiyanum W., and Lukkunaprasit P. 1996. “Amplification of Earthquake Ground Motions in Bangkok”, AIT research report submitted to the Public Work Department, Thailand

Ashford S.A., Jakrapiyanum W., and Lukkunaprasit P. 1996. “Soil Effects on Seismic Response in Bangkok”, International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century, Bangkok, Thailand

Attanayake A.M.U.B., 2001. Seismic Evaluation of Typical Low-Rise Concrete Commercial Buildings by Capacity Spectrum and Push Over Analysis Methods, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Balendra T., 1975. An Efficient Method of Seismic Analysis of Structure-Foundation Systems, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Bali I., 1997. Development of a Simplified Pseudodynamic Testing Method, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Battur O., 2001. Vibration Characteristics of Offshore Structures Regarding the Interaction Between Structure and Ground, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Cheejaroen C., 2004. Effects of Bond Deterioration on Seismic Behavior of R/C Interior Beam-Column Joints without Seismic Detailing, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Chungkajonkiat A., 1995. Response Behavior of Elevated Bridge Structures under Severe Earthquakes, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Chuen-Hsiung C., 1976. Reliability of Structure under Random Earthquake Motion , Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Chuyen P.D., 2004. Nonlinear Finite Analysis of Reinforced Concrete Beam-Column Joints with Non-Seismic Reinforcement Details Under Cyclic Loading, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Dittapunya T., 1996. Cost Impact Analysis of the Implementation of a Seismic Resistant Design Code in Thailand, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Fanella D.A., and Munshi J.A. 1998. "Design of Concrete Buildings for Earthquake and Wind Forces: According to the 1997 Uniform Building Code", Portland Cement Association, Illinois

Gonzales P.L., 1993. Determination of Design Value for Earthquake effect Taking Account of Escape of Record, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Ghosh S.K., Domel A.W. and Fanella D.A. 1995. "Design of Concrete Buildings for Earthquake and Wind Forces", Portland Cement Association, Illinois

Ghosh S.K., and Fanella D.A. 2003. "Seismic and Wind Design of Concrete Buildings", International Code Council, Illinois.

Indrawan D., 1978. Seismic Analysis of a Multistory Building Yielding at a Specified Story, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

International Conference of Building Officials. 1985. Uniform Building Code, ICBO, Whittier, California

International Conference of Building Officials. 1997. Uniform Building Code, ICBO, Whittier, California

International Code Council 2003, International Building Code.

Iuan-Ming H., 1983. Application of Response Spectrum Technique to Arch Dams: Evaluation of Superposition Methods, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Jenn-Kuen W., 1981. Simplified Method for the Earthquake Analysis of Concrete Gravity Dams, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Jin-Ljun K., 1985. Evaluation of Inelastic Response Spectra for Earthquake Analysis of Building, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Junne-Jye W., 1986. The Dynamic Response of Cable-Stayed Bridge under Seismic Loading, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kamrujjaman S., 2004. Development of Urban Building Inventory using High-resolution Satellite Images for Urban Earthquake Disaster Risk Analysis, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kasa H., 1988. Effect of Tuned Mass Dampers on the Dynamic Response of Rama IX Cable-Stayed Bridge under Earthquake Actions, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kashiide M., 1982. Generation of Non-Stationary Artificial Ground Motion, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kee-Dong K., 1984. Application of Response Spectrum Method to a Bridge Subjected to Multiple Support Excitation, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kiattivisanchai S., 2001. Evaluation of Seismic Performance of an Existing Medium-Rise Reinforced Concrete Frame Building in Bangkok, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kit-Kuan L., 1979. Seismic Analysis of Building-Foundation Systems by Finite Strip Method, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kittiwuthikun K., 2004. Effects of Foundation Flexibility on Dynamic Properties of Buildings in Bangkok, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kobkaiyakit A., 2003. Analysis of Natural Frequencies and Mode Shapes of Reinforced Concrete Medium-Rise Slab-Column Frame Buildings, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kung-Yuan K., 1994. Lateral Seismic Force Distribution Along the Height of Setback Building, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Kwok-Ping C., 1975. Earthquake Response of a Tall Multi-Flue Stack, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Leelawannee T., 2001. Identification of Dynamic Properties of Tall Buildings in Bangkok by an Ambient Vibration Method, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Lisantono A., 1994. Development of a Seismic Risk Map for the Structural Design Code in Thailand, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Mahasuverachai M., 1978. A Simplified Nondeterministic Analysis of Offshore Towers Subjected to Earthquake, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Mahmood I., 1998. Influence of Various Parameters on the Cost of the Seismic Design of a Structure, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Malla S., 1988. Safety and Reliability of the Cable System of a Cable-Stayed Bridge under Stochastic Earthquake Loading, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Marri A., 2005. Hydrodynamic Pressures on Concrete Dams During Earthquates, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Min-Shay L., 1991. Seismic Response of Asymmetric Multi-Storey Buildings, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Mission Jose Leo C. 2005. Effects of Foundation Flexibility on Elastic and Inelastic Seismic Responses of Multi-story Buildings, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Norachan P., 2005. Design Improvement for RC Beam-Column Joints of Frame Buildings in Low to Moderate Seismicity Regions, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Nutalaya P., Sodsri S., and Arnold E.P. 1985. “Series on Seismology Volume II-Thailand”, Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering, 403p

Nutalaya P. 1986. “Seismotectonic Map of Thailand”, Proc. 1st Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation, Bangkok, Thailand

Parvez S.M., 1987. Earthquake Behaviour of Proposed Multi-Span Cable-Stayed Bridge over River Jamuna in Bangladesh, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Petjaroen C., 2002. Identification of Dynamic Properties of Low and Medium-Rise Buildings in Bangkok by an Ambient Vibration Method, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Phatiwet P., 2002. Seismic Evaluation of Beam-Column Frame Buildings with Nonductile Reinforcement Details, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Phiangsuwan S., 2004. Seismic Evaluation of Tha Dan Dam, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Ping-Hou F., 1983. Simplified Nonlinear Earthquake Analysis of Buildings by Equivalent Multi-Sine Wave Excitation, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Pongpornsup S., 2003. Seismic Performance of Interior Post-Tensioned Flat Slab-Column Connections, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Poovarodom N., Warnitchai P., Petcharoen C., Yinghan P. and Jantasod M. 2004. Dynamic Characteristics of Non-Seismically designed Reinforced Concrete Buildings with Soft Soil Condition in Bangkok, Proc. of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver BC, Canada

Rajbhandary A., 2005. Relevance of Beam-Column Joint Damage on Seismic Performance of RC Frame Buildings, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Ritdumrongkul S., 2001. Evaluation of Nonlinear Response of the Taiwan High Speed Rail Structure (Elevated Reinforced Concrete Structure) Caused by Multiple-Support Earthquake Excitation, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Rohithasilva I., 1994. Decomposition of Seismic Waves into Constituent Waves, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Rujirojn-Amphai P., 1996. Vibration Isolation and Earthquake Mitigation by Trenches, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Samy M.S., 1987. Investigation of Optimum Shape of an Arch Dam for Static and Dynamic Actions, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Sangarayakul C., 1997. Nonlinear Response Spectra of SDOF Elasto-Plastic Systems on Bangkok's Soft Soils, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Sang-Hwan K., 1985. Dynamic Analysis of Ground Motion during Earthquake in Bangkok, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Santoso D. 1982. Natural Hazard of Bangkok Area (Earthquake and Flooding), Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Satkunarajah P., 1976. Effects of Rotary Inertia of Tall Building in Seismic Analysis, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Srimahachota D., 1973 Response Spectra of Strain Hardening Structural Systems to Earthquake Motions, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Tam N.H., 2003. Pushover Analysis of Reinforced Concrete Slab-Column Frame Buildings, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Tangsaereemankong P., 1998. Seismic Overstrength of Multi-Story Reinforced Concrete Frame Buildings in Low Seismic Zones, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Thenhaus P.C. 1986. "Site Response from Distant Large Earthquake and Issues Concerning the Earthquake Hazard at Bangkok, Thailand" Proc. 1st Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation, Bangkok, Thailand

Thinh D.T., 2003. Seismic Performance of Reinforced Concrete Beam-Column Subassemblages without Seismic Detailing, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Traitruengtatsana N., 1984. Toward a Seismic Safety Requirement for Tall Building Design in Bangkok, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Tuladhar R., 1985. Analysis of Cable-Stayed Bridges under Seismic Loading, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Tuladhar R., 2002. Seismic Microzonation of Greater Bangkok using Microtremor Observations, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Tzu-Wang J., 1987. Reliability of an Offshore Structure in the Taiwan Strait under Dynamic Actions, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Vaikunthan N., 1993. Delivation of Seismic Waves from Measured Results at a Single Point on the Ground Surface, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Warnitchai P., Sangarayakul C., and Ashford S.A. 2000. "Seismic Hazard in Bangkok due to Long-Distance Earthquakes", Proc. Of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, Oakland, New Zealand

Warnitchai P., and Lisantono A. 1996. “Probabilistic Seismic Risk Mapping for Thailand”, Proc. Of the 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico

Williams A. 2005. “Seismic and Wind Forces: Structural Design Examples”, International Code Council, Illinois.

Worakanchana K., 2002. Quasi-static Cyclic Loading Test of Reinforced Concrete Columns with Lap Splice in Typical Mid-Rise Buildings in Thailand, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Xiong D. 1994. An Investigation of the Earthquake Response of A.T.V. Tower Model with Annular-TLD, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Yazawa T., 1982. Implementation of Soil-Structure Interaction into Simplified Earthquake Analysis Procedure for Concrete Gravity Dams, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Yong-Ho E., 1983. Comparison of Earthquake Behavior of Buildings using Different Structural Materials, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Youngme W., 1985. Evaluation of Seismic Shear Wave Sources for Investigation in Soils, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

Yun-Loi C., 1981. Influence of Multiple Support Excitation on the Earthquake Behaviour of Continuous Girder Bridge, Master Thesis, Asian Institute of Technology.

ภาคผนวก

พระราชบัญญัติ
ควบคุมอาคาร
พ.ศ.๒๕๒๒

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.

ให้ไว้ ณ วันที่ ๘ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๒๒

เป็นปีที่ ๓๔ ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างอาคาร และกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ และรวมเป็นกฎหมายฉบับเดียวกัน

จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไว้โดยคำแนะนำและยินยอมของสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ทำหน้าที่รัฐสภา ดังต่อไปนี้

มาตรา ๑ พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า “พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒”

มาตรา ๒ พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา และจะใช้บังคับในท้องที่ใด มีบริเวณเพียงใด ให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา

มาตรา ๓ ให้ยกเลิก

(๑) พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร พุทธศักราช ๒๔๗๙

(๒) พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๐๔

(๓) ประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ ๑๙๒ ลงวันที่ ๓๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๑๕

(๔) พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ พุทธศักราช ๒๔๗๖

(๕) พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๔๙๖

มาตรา ๔ ในพระราชบัญญัตินี้

“อาคาร” หมายความว่า ตึก บ้าน เรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงานและสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่น ซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ และหมายความรวมถึง

(๑) อัฒจันทร์หรือสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่น เพื่อใช้เป็นที่ชุมนุมของประชาชน

(๒) เขื่อน สะพาน อุโมงค์ ทางหรือท่อระบายน้ำ อู่เรือ คานเรือ ท่าน้ำ ท่าจอดเรือ รั้ว กำแพง หรือประตู ที่สร้างขึ้นติดต่อหรือใกล้เคียงกับที่สาธารณะ หรือสิ่งที่สร้างขึ้นให้บุคคลทั่วไปใช้สอย

(๓) ป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย

(ก) ที่ติดหรือตั้งไว้เหนือที่สาธารณะและมีขนาดเกินหนึ่งตารางเมตร หรือมีน้ำหนักรวมทั้งโครงสร้างเกินสิบกิโลกรัม

(ข) ที่ติดหรือตั้งไว้ในระยะห่างจากที่สาธารณะ ซึ่งเมื่อวัดในทางราบแล้ว ระยะห่างจากที่สาธารณะมีน้อยกว่าความสูงของป้ายนั้น เมื่อวัดจากพื้นดิน และมีขนาดหรือมีน้ำหนักเกินกว่าที่กำหนดในกฎกระทรวง

(๔) พื้นที่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถ สำหรับอาคารที่กำหนดตามมาตรา ๘ (๕)

(๕) สิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ทั้งนี้ ให้หมายความรวมถึงส่วนต่าง ๆ ของอาคารด้วย

“ที่สาธารณะ” หมายความว่า ที่ซึ่งเปิดหรือยินยอมให้ประชาชนเข้าไปหรือใช้เป็นทางสัญจรได้ ทั้งนี้ ไม่ว่าจะมีการเรียกเก็บค่าตอบแทนหรือไม่

“แผนผังบริเวณ” หมายความว่า แผนที่แสดงลักษณะ ที่ตั้ง และขอบเขตของที่ดินและอาคารที่ก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้ รวมทั้งแสดงลักษณะและขอบเขตของที่สาธารณะและอาคารในบริเวณที่ดินที่ติดต่อโดยสังเขปด้วย

“แบบแปลน” หมายความว่า แบบเพื่อประโยชน์ในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร โดยมีรูปแสดงรายละเอียดส่วนสำคัญ ขนาดเครื่องหมายวัสดุและการใช้สอยต่าง ๆ ของอาคาร อย่างชัดเจนพอที่จะใช้ในการดำเนินการได้

“รายการประกอบแบบแปลน” หมายความว่า ข้อความชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพและชนิดของวัสดุ ตลอดจนวิธีปฏิบัติหรือวิธีการสำหรับการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารเพื่อให้เป็นไปตามแบบแปลน

“รายการคำนวณ” หมายความว่า รายการแสดงวิธีการคำนวณกำลังของวัสดุ การรับน้ำหนักและกำลังต้านทานของส่วนต่าง ๆ ของอาคาร

“ก่อสร้าง” หมายความว่า สร้างอาคารขึ้นใหม่ทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการสร้างขึ้นแทนของเดิมหรือไม่

“ดัดแปลง” หมายความว่า เปลี่ยนแปลงต่อเติม เพิ่ม ลด หรือขยายซึ่งลักษณะขอบเขต แบบรูปทรง สัดส่วน น้ำหนัก เนื้อที่ ของโครงสร้างของอาคารหรือส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ซึ่งได้ก่อสร้างไว้แล้วให้ผิดไปจากเดิม และมิใช่การซ่อมแซมหรือการดัดแปลงที่กำหนดในกฎกระทรวง

“ซ่อมแซม” หมายความว่า ซ่อมหรือเปลี่ยนส่วนต่าง ๆ ของอาคารให้คงสภาพเดิม

“รื้อถอน” หมายความว่า รื้อส่วนอันเป็นโครงสร้างสร้างของอาคารออกไป เช่น เสา คาน ตง หรือส่วนอื่นของโครงสร้างตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

“เขตเพลิงไหม้” หมายความว่า บริเวณที่เกิดเพลิงไหม้อาคารตั้งแต่สามสิบหลังคาเรือนขึ้นไป หรือมีเนื้อที่ตั้งแต่หนึ่งไร่ขึ้นไป รวมทั้งบริเวณที่อยู่ติดต่อภายในระยะสามสิบเมตรโดยรอบบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ด้วย

“ผู้ควบคุมงาน” หมายความว่า ผู้ซึ่งรับผิดชอบในการอำนวยการหรือควบคุมดูแลการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร

“ผู้ดำเนินการ” หมายความว่า เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ซึ่งกระทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารด้วยตนเอง และหมายความรวมถึงผู้ซึ่งตกลงรับกระทำการดังกล่าวไม่ว่าจะมีค่าตอบแทนหรือไม่ก็ตาม และผู้รับจ้างช่วง

“นายตรวจ” หมายความว่า ผู้ซึ่งเจ้าพนักงานท้องถิ่นแต่งตั้งให้เป็นนายตรวจ

“นายช่าง” หมายความว่า วิศวกรหรือสถาปนิกของกรมโยธาธิการ หรือผู้ซึ่งเจ้าพนักงานท้องถิ่นแต่งตั้งให้เป็นนายช่าง

“ราชการส่วนท้องถิ่น” หมายความว่า เทศบาล สุขาภิบาล องค์การบริหารส่วนจังหวัด กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และองค์การปกครองท้องถิ่นอื่นที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดให้เป็นราชการส่วนท้องถิ่นตามพระราชบัญญัตินี้

“ข้อบัญญัติท้องถิ่น” หมายความว่า กฎซึ่งออกโดยอาศัยอำนาจนิติบัญญัติของราชการส่วนท้องถิ่น เช่น เทศบัญญัติ ข้อบังคับสุขาภิบาล ข้อบัญญัติจังหวัด ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร หรือข้อบัญญัติเมืองพัทยา เป็นต้น

“เจ้าพนักงานท้องถิ่น” หมายความว่า

(๑) นายกเทศมนตรี สำหรับในเขตเทศบาล

(๒) ประธานกรรมการสุขาภิบาล สำหรับในเขตสุขาภิบาล

(๓) ผู้ว่าราชการจังหวัด สำหรับในเขตองค์การบริหารส่วนจังหวัด

(๔) ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร สำหรับในเขตกรุงเทพมหานคร

(๕) ปลัดเมืองพัทยา สำหรับในเขตเมืองพัทยา

(๖) หัวหน้าผู้บริหารท้องถิ่นขององค์การปกครองท้องถิ่นที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดให้เป็นราชการส่วนท้องถิ่นตามพระราชบัญญัตินี้ สำหรับในเขตราชการส่วนท้องถิ่นนั้น

“รัฐมนตรี” หมายความว่า รัฐมนตรีผู้รักษาการตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา ๕ ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยรักษาการตามพระราชบัญญัตินี้ และให้มีอำนาจออกกฎกระทรวง

(๑) กำหนดค่าธรรมเนียมไม่เกินอัตราท้ายพระราชบัญญัตินี้หรือยกเว้นค่าธรรมเนียม

(๒) กำหนดแบบคำขออนุญาต ใบอนุญาต ใบรับรอง ใบแทน ตลอดจนแบบของคำสั่งหรือแบบอื่นใดที่จะใช้ในการปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

(๓) กำหนดกิจการอื่นเพื่อปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

กฎกระทรวงนั้น เมื่อประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้ว ให้ใช้บังคับได้

หมวด ๑
<u>บททั่วไป</u>

มาตรา ๖ พระราชบัญญัตินี้ไม่ใช้บังคับแก่พระที่นั่งหรือพระราชวัง

มาตรา ๗ ให้รัฐมนตรีมีอำนาจออกกฎกระทรวงยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วนเกี่ยวกับอาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารของกระทรวง ทบวง กรม ที่ใช้ในราชการหรือใช้เพื่อสาธารณประโยชน์

(๒) อาคารของราชการส่วนท้องถิ่น ที่ใช้ในราชการหรือใช้เพื่อสาธารณประโยชน์

(๓) อาคารขององค์การของรัฐที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย ที่ใช้ในกิจการขององค์การหรือใช้เพื่อสาธารณประโยชน์

(๔) โบราณสถาน วัดวาอาราม หรืออาคารต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อการศาสนา ซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้แล้วโดยเฉพาะ

(๕) อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออาคารที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลต่างประเทศ

(๖) อาคารที่ทำการสถานทูตหรือสถานกงสุลต่างประเทศ

(๗) อาคารชั่วคราวเพื่อใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างอาคารถาวรหรืออาคารเพื่อใช้ประโยชน์เป็นการชั่วคราว ที่มีกำหนดเวลาการรื้อถอน

มาตรา ๘ เพื่อประโยชน์แห่งความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัย การป้องกันอัคคีภัย การสาธารณสุข การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การผังเมือง การสถาปัตยกรรม และการอำนวยความสะดวกแก่การจราจร ตลอดจนการอื่นที่จำเป็นเพื่อปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร มีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนด

(๑) ลักษณะ แบบ รูปทรง สัดส่วน เนื้อที่ และที่ตั้งของอาคาร

(๒) การรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทน ตลอดจนลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้

(๓) การรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคารหรือพื้นดินที่รองรับอาคาร

(๔) แบบและวิธีการเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการประปา ไฟฟ้า ก๊าซ และการป้องกันอัคคีภัย

(๕) แบบและจำนวนของห้องน้ำและห้องส้วม

(๖) ระบบการจัดแสงสว่าง การระบายอากาศ การระบายน้ำ และการกำจัดขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล

(๗) ลักษณะ ระดับ เนื้อที่ของที่ว่างภายนอกอาคาร หรือแนวอาคาร

(๘) ระยะหรือระดับระหว่างอาคารกับอาคารหรือเขตที่ดินของผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับถนน ตรอก ซอย ทางเท้า หรือที่สาธารณะ

(๙) พื้นที่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถ สำหรับอาคารบางชนิด หรือบางประเภท ตลอดจนลักษณะและขนาดของพื้นที่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นดังกล่าว

(๑๐) บริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารชนิดใดหรือประเภทใด

(๑๑) หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร

(๑๒) หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการขออนุญาต การอนุญาต การต่ออายุใบอนุญาต การออกใบรับรอง และการออกใบแทนตามพระราชบัญญัตินี้

*** มาตรา ๙** ในกรณีที่ได้มีการออกกฎกระทรวงกำหนดเรื่องใดตามมาตรา ๘ แล้ว ให้ราชการส่วนท้องถิ่นถือปฏิบัติตามกฎกระทรวงนั้น เว้นแต่เป็นกรณีตามมาตรา ๑๐

ในกรณีที่ยังมิได้มีการออกกฎกระทรวงกำหนดเรื่องใดตามมาตรา ๘ ให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจออกข้อบัญญัติท้องถิ่นกำหนดเรื่องนั้นได้

ในกรณีที่ได้มีการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นกำหนดเรื่องใดตามวรรคสองแล้ว ถ้าต่อมามีการออกกฎกระทรวงกำหนดเรื่องนั้น ให้ข้อกำหนดของข้อบัญญัติท้องถิ่นในส่วนที่ขัดหรือแย้งกับกฎกระทรวงเป็นอันยกเลิก และให้ข้อกำหนดของข้อบัญญัติท้องถิ่นในส่วนที่ไม่ขัดหรือแย้งกับกฎกระทรวงยังคงใช้บังคับต่อไปได้จนกว่าจะมีการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นใหม่ตามมาตรา ๑๐ แต่ต้องไม่เกินหนึ่งปีนับแต่วันที่กฎกระทรวงนั้นใช้บังคับ

การยกเลิกข้อบัญญัติท้องถิ่นตามวรรคสามย่อมไม่กระทบกระเทือนต่อการดำเนินการที่ได้กระทำไปแล้วโดยถูกต้องตามข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้น

*** มาตรา ๑๐** ในกรณีที่ได้มีการออกกฎกระทรวงกำหนดเรื่องใดตามมาตรา ๘ แล้วให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจออกข้อบัญญัติท้องถิ่นในเรื่องนั้นได้ในกรณีดังต่อไปนี้

(๑) เป็นการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นกำหนดรายละเอียดในเรื่องนั้นเพิ่มเติมจากที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงโดยไม่ขัดหรือแย้งกับกฎกระทรวงดังกล่าว

(๒) เป็นการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นกำหนดเรื่องนั้นขัดหรือแย้งกับกฎกระทรวงดังกล่าวเนื่องจากมีความจำเป็นหรือมีเหตุผลพิเศษเฉพาะท้องถิ่น

การออกข้อบัญญัติท้องถิ่นตาม (๒) ให้มีผลใช้บังคับได้เมื่อได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการควบคุมอาคารและได้รับอนุมัติจากรัฐมนตรี

คณะกรรมการควบคุมอาคารจะต้องพิจารณาให้ความเห็นชอบหรือไม่ให้ความเห็นชอบในข้อบัญญัติท้องถิ่นตาม (๒) ให้เสร็จภายในหกสิบวันนับแต่วันที่ได้รับข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้น ถ้าไม่ให้ความเห็นชอบ ให้แจ้งเหตุผลให้ราชการส่วนท้องถิ่นนั้นทราบด้วย

ถ้าคณะกรรมการควบคุมอาคารพิจารณาข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้นไม่เสร็จภายในกำหนดเวลาตามวรรคสาม ให้ถือว่าคณะกรรมการควบคุมอาคารได้ให้ความเห็นชอบในข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้นแล้ว และให้ราชการส่วนท้องถิ่นเสนอรัฐมนตรีเพื่อสั่งการต่อไป ถ้ารัฐมนตรีไม่สั่งการภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้น ให้ถือว่ารัฐมนตรีได้อนุมัติตามวรรคสอง

(*มาตรา ๙ และมาตรา ๑๐ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๓ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

***มาตรา ๑๐ ทวิ** ในกรณีที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารเห็นว่าข้อบัญญัติท้องถิ่นใดที่ออกตามมาตรา ๑๐ (๑) ขัดหรือแย้งกับกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา ๘ หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามมาตรา ๑๐ (๒) มีข้อกำหนดที่ก่อภาระหรือความยุ่งยากให้แก่ประชาชนเกินความจำเป็น หรือก่อให้เกิดภยันตรายต่อสุขภาพ ชีวิตร่างกายหรือทรัพย์สินของประชาชน ให้รัฐมนตรีมีอำนาจแจ้งให้ราชการส่วนท้องถิ่นนั้นดำเนินการยกเลิกหรือแก้ไขข้อบัญญัติท้องถิ่นดังกล่าวเสียใหม่ได้

ในกรณีตามวรรคหนึ่ง ให้ราชการส่วนท้องถิ่นดำเนินการให้แล้วเสร็จภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันรับแจ้งจากรัฐมนตรี กำหนดวันดังกล่าวให้หมายถึงวันในสมัยประชุมของราชการส่วนท้องถิ่นนั้น

การยกเลิกหรือแก้ไขข้อบัญญัติท้องถิ่นตามวรรคหนึ่งย่อมไม่กระทบกระเทือนต่อการดำเนินการที่ได้กระทำไปแล้วโดยถูกต้องตามข้อบัญญัติท้องถิ่นนั้น

(*มาตรา ๑๐ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๔ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

มาตรา ๑๑ ข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามมาตรา ๙ หรือมาตรา ๑๐ เมื่อประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้ว ให้ใช้บังคับได้

มาตรา ๑๒ กฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา ๘ หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามมาตรา ๙ หรือมาตรา ๑๐ ถ้าขัดหรือแย้งกับกฎหมายว่าด้วยการผังเมืองให้บังคับตามกฎหมายว่าด้วยการผังเมือง

มาตรา ๑๓ ในกรณีที่สมควรห้ามการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายและใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารชนิดใดหรือประเภทใดในบริเวณหนึ่งบริเวณใด แต่ยังไม่มีกฎกระทรวงหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นกำหนดการตามมาตรา ๘ (๑๐) ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของอธิบดีกรมโยธาธิการหรือเจ้าพนักงานท้องถิ่นแล้วแต่กรณี มีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา ห้ามการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารในบริเวณนั้นเป็นการชั่วคราวได้ และให้ดำเนินการออกกฎกระทรวง หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่ประกาศนั้นมีผลใช้บังคับ

ถ้าไม่มีการออกกฎกระทรวงหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นภายในกำหนดเวลาตามวรรคหนึ่งให้ประกาศดังกล่าวเป็นอันยกเลิก

***มาตรา ๑๓ ทวิ** เพื่อประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกแก่ประชาชน ซึ่งจะต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

(๑) ให้ส่วนราชการและหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายอื่นแจ้ง ข้อห้าม ข้อจำกัด หรือข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร หรือการดำเนินการอย่างอื่นตามพระราชบัญญัตินี้ ให้ราชการส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องทราบเพื่อดำเนินการตาม (๒)

(๒) ให้ราชการส่วนท้องถิ่นจัดให้มีเอกสารเผยแพร่หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการขออนุญาตและการอนุญาตดำเนินการต่าง ๆ ตามพระราชบัญญัตินี้ ตลอดจนข้อมูลที่ได้รับแจ้งตาม (๑) ไว้จำหน่ายหรือให้แก่ประชาชน ซึ่งจะต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้

(๓) ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นแจ้งคำเตือนไว้ในใบอนุญาตที่ได้ออกให้ตามพระราชบัญญัตินี้ว่าผู้ได้รับใบอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ยังคงมีหน้าที่ต้องขออนุญาตเกี่ยวกับอาคารนั้นตามกฎหมายอื่นในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไปด้วย

(๔) ราชการส่วนท้องถิ่นอาจจัดให้มีแบบแปลนอาคารต่าง ๆ ที่ได้มาตรฐานและถูกต้องตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้ กฎกระทรวงและหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ไว้จำหน่ายหรือให้แก่ประชาชนได้

"มาตรา ๑๓ ตรี ถ้าผู้ซึ่งจะต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้มีข้อสงสัยเกี่ยวกับ

(๑) การกำหนดระยะหรือระดับระหว่างอาคารกับอาคาร หรือเขตที่ดินของผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับถนน ตรอก ซอย ทางเท้า หรือที่สาธารณะ หรือ

(๒) การกำหนดบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารชนิดใดหรือประเภทใด

ผู้นั้นมีสิทธิหารือไปยังเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้โดยทำเป็นหนังสือ และให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตอบข้อหารือนั้นภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับหนังสือ แต่ถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นเห็นว่ามีความจำเป็นต้องขอคำปรึกษาจากคณะกรรมการควบคุมอาคารเสียก่อนหรือมีเหตุจำเป็นอื่นใด ก็ให้ขยายกำหนดเวลาดังกล่าวออกไปได้อีกไม่เกินสองคราว คราวละไม่เกินสามสิบวัน

ในกรณีที่ผู้หารือตามวรรคหนึ่งได้ดำเนินการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารโดยถือปฏิบัติตามคำตอบข้อหารือของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ถ้าต่อมาปรากฏว่าเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้ตอบข้อหารือไปโดยผิดพลาดเป็นเหตุให้ผู้หารือได้ดำเนินการดังกล่าวไปโดยไม่ถูกต้องตามบทบัญญัติแห่งพระราช

บัญญัตินี้ กฎกระทรวงหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง ผู้นั้นไม่ต้องรับโทษ

(*มาตรา ๑๓ ทวิ และมาตรา ๑๓ ตรี บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๕ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

หมวด ๒

คณะกรรมการควบคุมอาคาร

มาตรา ๑๔ ให้มีคณะกรรมการควบคุมอาคาร ประกอบด้วย อธิบดีกรมโยธาธิการเป็นประธานกรรมการ ผู้แทนกระทรวงสาธารณสุข ผู้แทนกระทรวงอุตสาหกรรม ผู้แทนกรมการปกครอง ผู้แทนกรมทางหลวง *ผู้แทนกรมอัยการ *ผู้แทนสำนักผังเมือง *ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ผู้แทนกรุงเทพมหานคร ผู้แทนคณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมและผู้แทนคณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรม แห่งละหนึ่งคน และผู้ทรงคุณวุฒิอีกไม่เกินสี่คนซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้ง เป็นกรรมการ และให้หัวหน้าสำนักงานคณะกรรมการควบคุมอาคาร เป็นกรรมการและเลขานุการ

มาตรา ๑๕ กรรมการซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งมีวาระอยู่ในตำแหน่งคราวละสามปี

ในกรณีมีการแต่งตั้งกรรมการในระหว่างที่กรรมการซึ่งแต่งตั้งไว้แล้วยังมีวาระอยู่ในตำแหน่ง ไม่ว่าจะเป็นการแต่งตั้งเพิ่มขึ้นหรือแต่งตั้งซ่อม ให้ผู้ได้รับแต่งตั้งนั้นอยู่ในตำแหน่งเท่ากับวาระที่เหลืออยู่ของกรรมการซึ่งได้แต่งตั้งไว้แล้วนั้น

กรรมการซึ่งพ้นจากตำแหน่งอาจได้รับแต่งตั้งอีกได้ แต่ต้องไม่เกินสองคราวติดต่อกัน

มาตรา ๑๖ นอกจากการพ้นจากตำแหน่งตามวาระตามมาตรา ๑๕ กรรมการซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งพ้นจากตำแหน่ง เมื่อ

(๑) ตาย

(๒) ลาออก

(๓) รัฐมนตรีให้ออก

(๔) เป็นบุคคลล้มละลาย

(๕) เป็นคนไร้ความสามารถหรือคนเสมือนไร้ความสามารถ

(๖) ได้รับโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดหรือคำสั่งที่ชอบด้วยกฎหมายให้จำคุก เว้นแต่เป็นโทษสำหรับความผิดที่กระทำโดยประมาทหรือความผิดลหุโทษ

มาตรา ๑๗ การประชุมของคณะกรรมการควบคุมอาคาร ต้องมีกรรมการมาประชุมไม่น้อยกว่ากึ่งหนึ่งของจำนวนกรรมการทั้งหมด จึงเป็นองค์ประชุม ถ้าประธานกรรมการไม่อยู่หรือไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้ ให้กรรมการที่มาประชุมเลือกกรรมการคนหนึ่งเป็นประธานในที่ประชุม

การวินิจฉัยชี้ขาดของที่ประชุมให้ถือเสียงข้างมาก

กรรมการคนหนึ่งให้มีเสียงหนึ่งในการลงคะแนน ถ้าคะแนนเสียงเท่ากัน ให้ประธานในที่ประชุมออกเสียงเพิ่มขึ้นอีกเสียงหนึ่งเป็นเสียงชี้ขาด

***มาตรา ๑๘** ให้คณะกรรมการควบคุมอาคารมีอำนาจหน้าที่ ดังต่อไปนี้

(๑) ให้คำแนะนำแก่รัฐมนตรีในการดำเนินการตามมาตรา ๘ หรือมาตรา ๑๐ ทวิ

(๒) ให้ความเห็นชอบในการออกข้อบัญญัติท้องถิ่นตามมาตรา ๑๐ (๒)

(๓) ให้คำปรึกษาแนะนำแก่เจ้าพนักงานท้องถิ่นในการปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้

(๔) ปฏิบัติการอื่นตามที่บัญญัติไว้ในพระราชบัญญัตินี้

(*มาตรา ๑๘ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๖ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๑๙ คณะกรรมการควบคุมอาคารอาจตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อพิจารณาหรือปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่คณะกรรมการควบคุมอาคารมอบหมายได้

ให้นำมาตรา ๑๗ มาใช้บังคับแก่การประชุมของคณะอนุกรรมการโดยอนุโลม

มาตรา ๒๐ ให้จัดตั้งสำนักงานคณะกรรมการควบคุมอาคารขึ้นในกรมโยธาธิการ มีหน้าที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวิชาการและงานธุรการให้แก่คณะกรรมการควบคุมอาคาร ให้คำปรึกษาแนะนำแก่คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ ตลอดจนประสานงานและให้ความช่วยเหลือแก่ราชการส่วนท้องถิ่นในการปฏิบัติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้

หมวด ๓
การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย และใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร

***มาตรา ๒๑** ผู้ใดจะก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นและดำเนินการตามมาตรา ๓๙ ทวิ

***มาตรา ๒๒** ผู้ใดจะรื้อถอนอาคารดังต่อไปนี้ ต้องได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นและดำเนินการตามมาตรา ๓๙ ทวิ

(๑) อาคารที่มีส่วนสูงเกินสิบห้าเมตร ซึ่งอยู่ห่างจากอาคารอื่นหรือที่สาธารณะน้อยกว่าความสูงของอาคาร

(๒) อาคารที่อยู่ห่างจากอาคารอื่นหรือที่สาธารณะน้อยกว่าสองเมตร

(*มาตรา ๒๑ และมาตรา ๒๒ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๗ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๒๓ ถูกยกเลิกโดยมาตรา ๘ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

มาตรา ๒๔ ถูกยกเลิกโดยมาตรา ๘ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕

***มาตรา ๒๕** ในกรณีที่เป็นการยื่นคำขอรับใบอนุญาต ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาและออกใบอนุญาตหรือมีหนังสือแจ้งคำสั่งไม่อนุญาตพร้อมด้วยเหตุผล ให้ผู้ขอรับใบอนุญาตทราบภายในสี่สิบห้าวันนับแต่วันที่ได้รับคำขอ

ในกรณีมีเหตุจำเป็นที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นไม่อาจออกใบอนุญาตหรือยังไม่อาจมีคำสั่งไม่อนุญาตได้ภายในกำหนดเวลาตามวรรคหนึ่ง ให้ขยายเวลาออกไปได้อีกไม่เกินสองคราว คราวละไม่เกินสี่สิบห้าวัน แต่ต้องมีหนังสือแจ้งการขยายเวลาและเหตุจำเป็นแต่ละคราวให้ผู้ขอรับใบอนุญาตทราบก่อนสิ้นกำหนดเวลาตามวรรคหนึ่งหรือตามที่ได้ขยายเวลาไว้นั้น แล้วแต่กรณี

ในกรณีที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นออกใบอนุญาตหรือมีคำสั่งไม่อนุญาต ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นแจ้งให้ผู้ขอรับใบอนุญาตทราบโดยไม่ชักช้า

***มาตรา ๒๖** ในกรณีที่การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร ที่ขออนุญาตนั้นมีลักษณะหรืออยู่ในประเภทที่ได้กำหนดเป็นวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมหรือเป็นวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรม ถ้าวิศวกรหรือสถาปนิกผู้รับผิดชอบในการนั้นตามที่ระบุไว้ในคำขอมิได้เป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมหรือวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายดังกล่าว แล้วแต่กรณี ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นปฏิเสธไม่รับพิจารณาคำขอนั้น

***มาตรา ๒๗** ในการตรวจพิจารณาคำขอรับใบอนุญาต ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้ผู้ขอรับใบอนุญาตแก้ไขเปลี่ยนแปลงแผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน หรือรายการคำนวณที่ได้ยื่นไว้ เพื่อให้ถูกต้องและเป็นไปตามกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา ๘ หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามมาตรา ๙ หรือมาตรา ๑๐ และให้นำมาตรา ๒๕ วรรคสาม มาใช้บังคับโดยอนุโลม

เมื่อผู้ขอรับใบอนุญาตได้แก้ไขเปลี่ยนแปลงแผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน หรือรายการคำนวณตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นแล้ว ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาและออกใบอนุญาตให้ภายในสามสิบวัน แต่ถ้าผู้ขอรับใบอนุญาตได้แก้ไขเปลี่ยนแปลงในสาระสำคัญผิดจากคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ในกรณีนี้ให้ถือว่าเป็นการยื่นคำขอใหม่และให้ดำเนินการตามมาตรา ๒๕ ต่อไป

***มาตรา ๒๘** ในกรณีที่ผู้คำนวณแบบแปลน รายการประกอบแบบแปลนและรายการคำนวณที่ได้ยื่นมาพร้อมกับคำขอรับใบอนุญาต เป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรม ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพิจารณาแต่เฉพาะในส่วนที่ไม่เกี่ยวกับรายละเอียดตามหลักวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

***มาตรา ๒๙** เมื่อได้รับใบอนุญาตแล้ว ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตมีหนังสือแจ้งชื่อผู้ควบคุมงานกับวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดการดำเนินการตามที่ได้รับอนุญาตให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบพร้อมทั้งแนบหนังสือแสดงความยินยอมของผู้ควบคุมงานมาด้วย

ผู้ควบคุมงานจะเป็นบุคคลใดหรือเป็นเจ้าของอาคารก็ได้ เว้นแต่จะเป็นการต้องห้ามตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมหรือกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรม

***มาตรา ๓๐** ถ้าผู้ได้รับใบอนุญาตจะบอกเลิกตัวผู้ควบคุมงานที่ได้แจ้งชื่อไว้ หรือผู้ควบคุมงานจะบอกเลิกการเป็นผู้ควบคุมงาน ให้มีหนังสือแจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบ แต่ทั้งนี้ไม่เป็นการกระทบถึงสิทธิและหน้าที่ทางแพ่งระหว่างผู้ได้รับใบอนุญาตกับผู้ควบคุมงานนั้น

ในกรณีที่มีการบอกเลิกตามวรรคหนึ่ง ผู้ได้รับใบอนุญาตต้องระงับการดำเนินการตามที่ได้รับอนุญาตไว้ก่อนจนกว่าจะได้มีหนังสือแจ้งชื่อและส่งหนังสือแสดงความยินยอมของผู้ควบคุมงานคนใหม่ให้แก่เจ้าพนักงานท้องถิ่นแล้ว

***มาตรา ๓๑** ห้ามมิให้ผู้ใดจัดให้มีหรือดำเนินการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารให้ผิดไปจากแผนผังบริเวณ แบบแปลน และรายการประกอบแบบแปลนที่ได้รับอนุญาต ตลอดจนวิธีการหรือเงื่อนไขที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นกำหนดไว้ในใบอนุญาตหรือให้ผิดไปจาก
ที่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ เว้นแต่

(๑) เจ้าของอาคารนั้นได้ยื่นคำขออนุญาตและได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นให้ทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้

(๒) เจ้าของอาคารนั้นได้แจ้งการแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบแล้วหรือ

(๓) การดำเนินการดังกล่าวไม่ขัดต่อกฎกระทรวงหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องหรือเป็นกรณีตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ให้นำมาตรา ๒๕ หรือมาตรา ๓๙ ทวิ มาใช้บังคับแก่การดำเนินการตาม (๑) หรือ (๒) แล้วแต่กรณี โดยอนุโลม

ในกรณีที่มีการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร เป็นการฝ่าฝืนความในวรรคหนึ่ง ให้ถือว่าเป็นการกระทำของผู้ควบคุมงาน เว้นแต่ผู้ควบคุมงานจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นการกระทำของผู้อื่นซึ่งผู้ควบคุมงานได้มีหนังสือแจ้งข้อทักท้วงการกระทำดังกล่าวให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร และผู้ดำเนินการทราบแล้ว แต่บุคคลดังกล่าวไม่ยอมปฏิบัติตาม

***มาตรา ๓๒** อาคารประเภทควบคุมการใช้ คือ อาคารดังต่อไปนี้

(๑) อาคารสำหรับใช้เป็นคลังสินค้า โรงมหรสพ โรงแรม อาคารชุด หรือสถานพยาบาล

(๒) อาคารสำหรับใช้เพื่อกิจการพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม การศึกษา การสาธารณสุข หรือกิจการอื่น ทั้งนี้ ตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

เมื่อผู้ได้รับใบอนุญาตให้ก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารประเภทควบคุมการใช้หรือผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ได้กระทำการดังกล่าวเสร็จแล้ว ให้แจ้งเป็นหนังสือให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบตามแบบที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นกำหนด เพื่อทำการตรวจสอบการก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารนั้นให้เสร็จภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้ง

ห้ามมิให้บุคคลใดใช้อาคารนั้นเพื่อกิจการดังที่ระบุไว้ในใบอนุญาต หรือที่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ ภายในกำหนดเวลาตามวรรคสอง

ถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้ทำการตรวจสอบแล้วเห็นว่าการก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายอาคารนั้นเป็นไปโดยถูกต้องตามที่ได้รับใบอนุญาตหรือที่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ แล้ว ก็ให้ออกใบรับรองให้แก่ผู้ได้รับใบอนุญาตหรือผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ เพื่อให้มีการใช้อาคารนั้นตามที่ได้รับใบอนุญาตหรือที่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ ได้ แต่ถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นมิได้ทำการตรวจสอบภายในกำหนดเวลาตามวรรคสอง ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารนั้นใช้หรือยินยอมให้บุคคลใดใช้อาคารนั้น เพื่อกิจการดังที่ระบุไว้ในใบอนุญาตหรือที่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ ต่อไปได้

ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารประเภทควบคุมการใช้ ใช้หรือยินยอมให้บุคคลใดใช้อาคารนั้น เพื่อกิจการอื่นนอกจากที่ระบุไว้ในใบอนุญาตหรือที่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ

***มาตรา ๓๓** ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ซึ่งไม่เป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้ ใช้หรือยินยอมให้บุคคลใดใช้อาคารดังกล่าวเพื่อกิจการตามมาตรา ๓๒ เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นหรือได้แจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบแล้วและให้นำมาตรา ๒๕

และมาตรา ๒๗ หรือมาตรา ๓๙ ทวิ แล้วแต่กรณี มาใช้บังคับโดยอนุโลม

ให้นำความในวรรคหนึ่งมาใช้บังคับแก่การเปลี่ยนการใช้อาคารประเภทควบคุมการใช้สำหรับกิจการหนึ่งไปใช้เป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้สำหรับอีกกิจการหนึ่งโดยอนุโลม

***มาตรา ๓๔** ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารที่ต้องมีพื้นที่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถตามที่ระบุไว้ในมาตรา ๘ (๕) ดัดแปลง หรือใช้หรือยินยอมให้บุคคลอื่นดัดแปลงหรือใช้ที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถนั้นเพื่อการอื่น ทั้งนี้ไม่ว่าทั้งหมดหรือบางส่วน เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

ข้อห้ามตามวรรคหนึ่งให้ถือว่าเป็นภาระติดพันในอสังหาริมทรัพย์นั้นโดยตรงตราบที่อาคารนั้นยังมีอยู่ ทั้งนี้ ไม่ว่าจะมีการโอนที่จอดรถ ที่กลับรถ และทางเข้าออกของรถนั้นต่อไปยังบุคคลอื่นหรือไม่ก็ตาม

***มาตรา ๓๕** ใบอนุญาตที่ออกตามมาตรา ๒๑ หรือมาตรา ๒๒ ให้ใช้ได้ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในใบอนุญาต ถ้าผู้ได้รับใบอนุญาตประสงค์จะขอต่ออายุใบอนุญาตจะต้องยื่นคำขอก่อนใบอนุญาตสิ้นอายุ และเมื่อได้ยื่นคำขอดังกล่าวแล้ว ให้ดำเนินการต่อไปได้จนกว่าเจ้าพนักงานท้องถิ่นจะสั่งไม่อนุญาตให้ต่ออายุใบอนุญาตนั้น

***มาตรา ๓๖** ใบอนุญาตที่ออกตามมาตรา ๒๑ มาตรา ๒๒ หรือมาตรา ๓๓ จะโอนแก่กันมิได้ เว้นแต่ได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

***มาตรา ๓๗** ในกรณีที่ผู้ได้รับใบอนุญาตตามมาตรา ๒๑ มาตรา ๒๒ หรือมาตรา ๓๓ ตาย ทายาทหรือผู้จัดการมรดกของบุคคลดังกล่าว ซึ่งประสงค์จะทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารนั้นต่อไป ต้องมีหนังสือแจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ผู้ได้รับใบอนุญาตตาย ในกรณีเช่นว่านี้ให้ถือว่าทายาทหรือผู้จัดการมรดกดังกล่าวเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตนั้นแทน

(*มาตรา ๒๕ มาตรา ๒๖ มาตรา ๒๗ มาตรา ๒๘ มาตรา ๒๙ มาตรา ๓๐ มาตรา ๓๑ มาตรา ๓๒ มาตรา ๓๓ มาตรา ๓๔ มาตรา ๓๕ มาตรา ๓๖ และมาตรา ๓๗ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๙ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๓๘ ในระหว่างการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร แล้วแต่กรณี ผู้ได้รับใบอนุญาตต้องเก็บใบอนุญาต แผนผังบริเวณ แบบแปลน และรายการประกอบแบบแปลนไว้ในบริเวณที่ได้รับอนุญาตให้กระทำการดังกล่าวหนึ่งชุดและพร้อมที่จะให้นายช่างหรือนายตรวจตรวจดูได้

ให้ผู้ครอบครองอาคารประเภทควบคุมการใช้ แสดงใบรับรองตามมาตรา ๓๒ หรือใบอนุญาตตามมาตรา ๓๓ ไว้ในที่เปิดเผยและเห็นได้ง่าย ณ อาคารนั้น

มาตรา ๓๙ ในกรณีที่ใบอนุญาตหรือใบรับรองสูญหาย ถูกทำลาย หรือชำรุดในสาระสำคัญ ให้ผู้ได้รับใบอนุญาตหรือใบรับรองยื่นคำขอรับใบแทนใบอนุญาตหรือใบแทนใบรับรองต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นภายในสิบห้าวันนับแต่วันที่ได้ทราบถึงการสูญหาย ถูกทำลายหรือชำรุด

การขอรับใบแทนใบอนุญาตหรือใบแทนใบรับรอง และการออกใบแทนใบอนุญาตหรือใบแทนใบรับรอง ให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

ใบแทนใบอนุญาตหรือใบแทนใบรับรอง ให้มีผลตามกฎหมายเช่นเดียวกับใบอนุญาตหรือใบรับรอง แล้วแต่กรณี

***มาตรา ๓๙ ทวิ** ผู้ใดจะก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารโดยไม่ยื่นคำขอรับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นก็ได้โดยการแจ้งต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นและต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) แจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบตามแบบที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นกำหนด พร้อมทั้งแจ้งข้อมูลและยื่นเอกสารดังต่อไปนี้ด้วย

(ก) ชื่อของผู้รับผิดชอบงานออกแบบอาคาร ซึ่งจะต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมประเภทวุฒิสถาปนิกตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรม และจะต้องไม่เป็นผู้ได้รับการแจ้งเวียนชื่อตามมาตรา ๔๙ ทวิ

(ข) ชื่อของผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณอาคาร ซึ่งจะต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมประเภทวุฒิวิศวกรตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรม และจะต้องไม่เป็นผู้ได้รับการแจ้งเวียนชื่อตามมาตรา ๔๙ ทวิ

(ค) ชื่อของผู้ควบคุมงาน ซึ่งจะต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรมและเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมและจะต้องไม่เป็นผู้ได้รับการแจ้งเวียนชื่อตามมาตรา ๔๙ ทวิ

(ง) สำเนาใบอนุญาตของบุคคลตาม (ก) (ข) และ (ค)

(จ) หนังสือรับรองของบุคคลตาม (ก) (ข) และ (ค) ว่าตนเป็นผู้ออกแบบอาคารเป็นผู้ออกแบบและคำนวณอาคาร หรือจะเป็นผู้ควบคุมงาน แล้วแต่กรณี พร้อมทั้งรับรองว่าการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารนั้นถูกต้องตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้ กฎกระทรวงและข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ และกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องทุกประการ

(ฉ) แผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลนและรายการคำนวณของอาคารที่จะก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายซึ่งมีคำรับรองของบุคคลตาม (ก) และ (ข) ว่าตนเป็นผู้ออกแบบอาคารและเป็นผู้ออกแบบและคำนวณอาคารนั้น

(ช) วันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดการดำเนินการดังกล่าว

(๒) ชำระค่าธรรมเนียมการตรวจแบบแปลนก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารในกรณีที่เป็นการแจ้งการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร

ถ้าผู้แจ้งได้ดำเนินการตามที่ระบุไว้ในวรรคหนึ่งครบถ้วนแล้ว ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นออกใบรับแจ้งตามแบบที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นกำหนดเพื่อเป็นหลักฐานการแจ้งให้แก่ผู้นั้นภายในวันที่ได้รับแจ้ง และให้ผู้แจ้งเริ่มต้นดำเนินการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารตามที่ได้แจ้งไว้ได้ตั้งแต่วันที่ได้รับใบแจ้ง

ให้นำมาตรา ๓๘ และมาตรา ๓๙ มาใช้บังคับแก่ใบรับแจ้งตามมาตรานี้โดยอนุโลม

***มาตรา ๓๙ ตรี** ในกรณีที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นตรวจพบในภายหลังว่าผู้แจ้งได้แจ้งข้อมูลหรือยื่นเอกสารไว้ไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วนตามที่ระบุไว้ในมาตรา ๓๙ ทวิ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้ผู้แจ้งมาดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องหรือครบถ้วนภายในเจ็ดวัน นับแต่วันที่ได้รับแจ้งคำสั่งดังกล่าว

ภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันที่ได้ออกใบรับแจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ หรือนับแต่วันที่เริ่มการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารตามที่ได้แจ้งไว้ แล้วแต่กรณี ถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้

ตรวจพบว่าการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารที่ได้แจ้งไว้ แผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลนหรือรายการคำนวณของอาคารที่ได้ยื่นไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ ไม่ถูกต้องตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้ กฎกระทรวง หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีหนังสือแจ้งข้อหักท้วงให้ผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ทราบโดยเร็วและให้มีอำนาจดำเนินการตามมาตรา ๔๐ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๒ หรือมาตรา ๔๓ แล้วแต่กรณี

ถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นมิได้มีหนังสือแจ้งข้อหักท้วงให้ผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ทราบภายในกำหนดเวลาตามวรรคสอง ให้ถือว่าการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารดังกล่าวได้รับอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นแล้ว เว้นแต่ในกรณีดังต่อไปนี้

(๑) การกระทำดังกล่าวเป็นการรุกล้ำที่สาธารณะ

(๒) การกระทำดังกล่าวที่เกี่ยวกับระยะหรือระดับระหว่างอาคารกับถนน ตรอก ซอย ทางเท้า หรือที่สาธารณะ เป็นการฝ่าฝืนกฎกระทรวง ประกาศหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ หรือ

(๓) การกระทำดังกล่าวที่เกี่ยวกับบริเวณห้ามก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายและใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคารชนิดใดหรือประเภทใด เป็นการฝ่าฝืน กฎกระทรวง ประกาศหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง

(*มาตรา ๓๙ ทวิ และมาตรา ๓๙ ตรี บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๑๐ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

หมวด ๔
อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น

***มาตรา ๔๐** ในกรณีที่มีการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร โดยฝ่าฝืนบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้ กฎกระทรวง หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจดำเนินการดังนี้

(๑) มีคำสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้ควบคุมงาน ผู้ดำเนินการ ลูกจ้างหรือบริวารของบุคคลดังกล่าว ระงับการกระทำดังกล่าว

(๒) มีคำสั่งห้ามมิให้บุคคลใดใช้หรือเข้าไปในส่วนใด ๆ ของอาคารหรือบริเวณที่มีการกระทำดังกล่าว และจัดให้มีเครื่องหมายแสดงการห้ามนั้นไว้ในที่เปิดเผยและเห็นได้ง่าย ณ อาคารหรือบริเวณดังกล่าว และ

(๓) พิจารณามีคำสั่งตามมาตรา ๔๑ หรือมาตรา ๔๒ แล้วแต่กรณี ภายในสามสิบวัน นับแต่วันที่ได้มีคำสั่งตาม (๑)

***มาตรา ๔๑** ถ้าการกระทำตามมาตรา ๔๐ เป็นกรณีที่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้องได้ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้เจ้าของอาคารยื่นคำขออนุญาตหรือดำเนินการแจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ หรือดำเนินการแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้องภายในระยะเวลาที่กำหนดแต่ต้องไม่น้อยกว่าสามสิบวัน ในกรณีที่มีเหตุ

อันสมควร เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะขยายระยะเวลาดังกล่าวออกไปอีกก็ได้ และให้นำมาตรา ๒๗ มาใช้บังคับโดยอนุโลม

***มาตรา ๔๒** ถ้าการกระทำตามมาตรา ๔๐ เป็นกรณีที่ไม่สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้องได้ หรือเจ้าของอาคารมิได้ปฏิบัติตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๔๑ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารผู้ควบคุมงานหรือผู้ดำเนินการ รื้อถอนอาคารนั้นทั้งหมดหรือบางส่วนได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดแต่ต้องไม่น้อยกว่าสามสิบวัน โดยให้ดำเนินการรื้อถอนตามหลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกตามมาตรา ๘ (๑๑) หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามมาตรา ๙ หรือมาตรา ๑๐

***มาตรา ๔๓** ถ้าไม่มีการรื้อถอนอาคารตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๔๒ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจดังต่อไปนี้

(๑) ยื่นคำขอฝ่ายเดียวโดยทำเป็นคำร้องต่อศาล นับแต่ระยะเวลาที่กำหนดไว้ตามมาตรา ๔๒ ได้ล่วงพ้นไป ขอให้ศาลมีคำสั่งจับกุมและกักขังบุคคล ซึ่งมิได้ปฏิบัติการตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๔๒ โดยให้นำประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความแพ่งมาใช้บังคับโดยอนุโลม

(๒) ดำเนินการหรือจัดให้มีการรื้อถอนอาคารดังกล่าวได้เองโดยจะต้องปิดประกาศกำหนดการรื้อถอนไว้ในบริเวณนั้นแล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่าเจ็ดวัน และเจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้รับผิดชอบงานออกแบบอาคาร ผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณอาคาร ผู้ควบคุมงาน และผู้ดำเนินการ จะต้องร่วมกันเสียค่าใช้จ่ายในการนั้น เว้นแต่บุคคลดังกล่าวจะพิสูจน์ได้ว่าตนมิได้เป็นผู้กระทำหรือมีส่วนร่วมในการกระทำที่เป็นการฝ่าฝืนกฎหมาย

ในการดำเนินการรื้อถอนอาคารตามวรรคหนึ่ง เมื่อเจ้าพนักงานท้องถิ่น หรือผู้ซึ่งดำเนินการแทนเจ้าพนักงานท้องถิ่นได้ใช้ความระมัดระวังตามสมควรแก่พฤติการณ์แล้วบุคคลตามวรรคหนึ่งจะเรียกร้องค่าเสียหายจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นหรือผู้ซึ่งดำเนินการแทนเจ้าพนักงานท้องถิ่นไม่ได้

วัสดุก่อสร้างที่ถูกรื้อถอนและสิ่งของที่ขนออกจากอาคารส่วนที่มีการรื้อถอน ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจยึดและเก็บรักษาไว้หรือขายและถือเงินไว้แทนได้ ทั้งนี้ ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง และถ้าเจ้าของมิได้เรียกเอาทรัพย์สินหรือเงินนั้นคืนภายในสามสิบวันนับแต่วันที่มีการรื้อถอน ให้ทรัพย์สินหรือเงินนั้นตกเป็นของราชการส่วนท้องถิ่นนั้นเพื่อนำมาเป็นค่าใช้จ่ายในการรื้อถอนอาคารตามพระราชบัญญัตินี้

***มาตรา ๔๔** ในกรณีที่มีการฝ่าฝืนมาตรา ๓๒ วรรคสาม หรือมาตรา ๓๓ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารระงับการใช้อาคารส่วนที่ยังไม่ได้รับใบรับรอง ใบอนุญาต หรือที่ไม่ได้แจ้งไว้ตามมาตรา ๓๙ ทวิ จนกว่าจะได้รับใบรับรอง ใบอนุญาตหรือได้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ แล้ว

***มาตรา ๔๕** ในกรณีที่มีการฝ่าฝืนมาตรา ๓๔ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้ครอบครองพื้นที่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นดังกล่าวหรือผู้ที่กระทำการฝ่าฝืนมาตรา ๓๔ ระงับการกระทำนั้น และสั่งให้บุคคลดังกล่าวดำเนินการแก้ไขเปลี่ยนแปลงพื้นที่หรือสิ่งที่สร้างขึ้นให้กลับคืนสู่สภาพเดิมได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด และให้นำมาตรา ๔๓ มาใช้บังคับโดยอนุโลม

(*มาตรา ๔๐ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๒ มาตรา ๔๓ มาตรา ๔๔ และมาตรา ๔๕ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๑๑ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๔๖ ในกรณีที่อาคารซึ่งก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายโดยได้รับอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ หรือได้ก่อสร้าง ดัดแปลง หรือเคลื่อนย้ายก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ มีสภาพหรือมีการใช้ที่อาจเป็นภยันตรายต่อสุขภาพ ชีวิต ร่างกาย หรือทรัพย์สินหรืออาจไม่ปลอดภัยจากอัคคีภัย หรือก่อให้เกิดเหตุรำคาญ หรือกระทบกระเทือนต่อการรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อม ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้ดำเนินการแก้ไขตามหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขที่กำหนดในกฎกระทรวง

ในกรณีที่ไม่มีการปฏิบัติตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามวรรคหนึ่ง และถ้าอาคารนั้นอาจเป็นภยันตรายอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพ ชีวิต ร่างกาย หรือทรัพย์สิน ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจสั่งให้รื้อถอนอาคารนั้นได้โดยให้นำมาตรา ๔๒ มาใช้บังคับโดยอนุโลม

***มาตรา ๔๗** การสั่งหรือการแจ้งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามพระราชบัญญัตินี้ นอกจากกรณีตามมาตรา ๔๐ (๒) และมาตรา ๔๗ ทวิ ให้ทำเป็นหนังสือส่งทางไปรษณีย์ลงทะเบียนตอบรับให้ผู้ขอรับใบอนุญาต ผู้ได้รับใบอนุญาต ผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้ดำเนินการหรือผู้ควบคุมงาน แล้วแต่กรณี ณ ภูมิลำเนาของผู้นั้น หรือจะทำเป็นบันทึกและให้บุคคลดังกล่าวลงลายมือชื่อรับทราบก็ได้

ในกรณีที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นไม่อาจดำเนินการตามวรรคหนึ่งได้ ให้ปิดประกาศสำเนาคำสั่งหรือหนังสือแจ้ง แล้วแต่กรณี ไว้ในที่เปิดเผยและเห็นได้ง่าย ณ อาคารหรือบริเวณที่ตั้งอาคารที่ทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้หรือเปลี่ยนการใช้นั้นและให้ถือว่าผู้ขอรับใบอนุญาต ผู้ได้รับใบอนุญาต ผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้ดำเนินการ หรือผู้ควบคุมงานได้ทราบคำสั่งหรือหนังสือแจ้งนั้นแล้ว เมื่อพ้นกำหนดเจ็ดวันนับแต่วันที่ได้มีการปิดประกาศดังกล่าว

(*มาตรา ๔๗ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๑๒ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

***มาตรา ๔๗ ทวิ** การแจ้งคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นที่สั่งให้ระงับการกระทำที่เป็นการฝ่าฝืนบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้หรือให้รื้อถอนอาคาร ให้ทำเป็นหนังสือส่งทางไปรษณีย์ลงทะเบียนตอบรับให้ผู้ซึ่งจะต้องรับคำสั่งดังกล่าว ณ ภูมิลำเนาของผู้นั้นและให้ปิดประกาศคำสั่งดังกล่าวไว้ในที่เปิดเผยและเห็นได้ง่าย ณ อาคารหรือบริเวณที่มีการกระทำดังกล่าว และให้ถือว่าผู้ซึ่งจะต้องรับคำสั่งได้ทราบคำสั่งนั้นแล้วเมื่อพ้นกำหนดสามวันนับแต่วันที่ได้มีการปิดประกาศดังกล่าว

(*มาตรา ๔๗ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๑๓ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

มาตรา ๔๘ ในการปฏิบัติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้ เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจเข้าไปในอาคารหรือบริเวณที่ตั้งอาคารที่มีเหตุอันควรสงสัยว่ามีการฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ในเวลาระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก หรือในเวลาทำการของสถานที่นั้น และเพื่อการนี้ให้มีอำนาจสอบถามข้อเท็จจริงหรือสั่งให้แสดงเอกสารหรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้องจากบุคคลที่อยู่หรือทำงานในสถานที่นั้น

มาตรา ๔๕ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจแต่งตั้งข้าราชการหรือพนักงานส่วนท้องถิ่นคนหนึ่งคนใดซึ่งมีความรู้หรือคุณวุฒิตามที่กำหนดในกฎกระทรวงให้เป็นนายตรวจหรือนายช่างได้

***มาตรา ๔๕ ทวิ** ในกรณีที่มีการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารโดยฝ่าฝืนบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัตินี้ กฎกระทรวงหรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่ออกตามพระราชบัญญัตินี้ หรือกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีคำสั่งดังนี้

(๑) แจ้งเวียนชื่อและการกระทำของผู้รับผิดชอบงานออกแบบอาคาร ผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณอาคาร และผู้ควบคุมงาน ซึ่งเป็นผู้กระทำหรือมีส่วนร่วมในการกระทำดังกล่าว ให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของตนทราบเพื่องดการออกใบอนุญาตให้แก่ผู้ขอรับใบอนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร หรืองดการออกใบรับแจ้งให้แก่ผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ซึ่งมีบุคคลเช่นว่านั้นเป็นผู้รับผิดชอบงานออกแบบอาคาร ผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณอาคาร หรือผู้ควบคุมงาน เป็นกำหนดเวลาคราวละห้าปี นับแต่วันที่มีคำสั่งดังกล่าว และ

(๒) แจ้งชื่อและการกระทำของบุคคลเช่นว่านั้นไปยังคณะกรรมการควบคุมอาคารแล้วให้คณะกรรมการควบคุมอาคารแจ้งเวียนชื่อและการกระทำของบุคคลเช่นว่านั้นให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นอื่นทราบเพื่องดการออกใบอนุญาตหรือใบรับแจ้งดังที่ได้ระบุไว้ใน (๑) และให้คณะกรรมการควบคุมอาคารแจ้งชื่อและการกระทำของบุคคลเช่นว่านั้นให้คณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมและคณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมทราบเพื่อพิจารณาดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพสถาปัตยกรรมและกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมต่อไป

ในกรณีที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นได้มีคำสั่งให้ระงับการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารที่ไม่ถูกต้อง หรือให้แก้ไขเปลี่ยนแปลงการกระทำดังกล่าวให้ถูกต้องหรือให้รื้อถอนอาคาร และได้มีการปฏิบัติตามคำสั่งดังกล่าวแล้ว เจ้าพนักงานท้องถิ่นจะไม่มีคำสั่งแจ้งเวียนชื่อตามวรรคหนึ่งก็ได้

ในกรณีที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีคำสั่งตามวรรคหนึ่ง ให้แจ้งคำสั่งนั้นให้ผู้ซึ่งได้รับการแจ้งเวียนชื่อทราบด้วย

ผู้ซึ่งได้รับการแจ้งเวียนชื่อตามวรรคหนึ่งมีสิทธิอุทธรณ์คำสั่งดังกล่าวต่อคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ได้ภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้ง

(*มาตรา ๔๕ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๑๔ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๓๕)

หมวด ๕

<u>การอุทธรณ์</u>

***มาตรา ๕๐** ให้มีคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์

(๑) ในเขตกรุงเทพมหานครหรือในเขตองค์การบริหารส่วนจังหวัด ประกอบด้วยปลัดกระทรวงมหาดไทยเป็นประธานกรรมการ อธิบดีกรมโยธาธิการ ผู้แทนสำนักงานอัยการสูงสุด ผู้แทนสำนักงาน

คณะกรรมการกฤษฎีกา ผู้แทนคณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมและผู้แทนคณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมเป็นกรรมการ และกรรมการอื่นอีกไม่เกินหกคนซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งจากผู้ทรงคุณวุฒิ ในจำนวนนี้ให้มีผู้ทรงคุณวุฒิจากภาคเอกชนไม่น้อยกว่าสองคน และให้หัวหน้าสำนักงานคณะกรรมการควบคุมอาคารเป็นกรรมการและเลขานุการ

กรรมการซึ่งรัฐมนตรีแต่งตั้งตามวรรคหนึ่ง (๑) ต้องไม่เป็นผู้ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ราชการของกรุงเทพมหานครหรือองค์การบริหารส่วนจังหวัดหรือสมาชิกสภากรุงเทพมหานครหรือสภาจังหวัด

(๒) ในเขตเทศบาล เขตสุขาภิบาล เขตเมืองพัทยา หรือเขตราชการส่วนท้องถิ่นอื่นประกอบด้วยผู้ว่าราชการจังหวัดเป็นประธานกรรมการ อัยการจังหวัดเป็นกรรมการ และกรรมการอื่นอีกไม่เกินเจ็ดคนซึ่งปลัดกระทรวงมหาดไทยแต่งตั้งในจำนวนนี้ให้มีกรรมการจากภาคเอกชนไม่น้อยกว่าสองคน และให้คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์แต่งตั้งข้าราชการคนหนึ่งเป็นเลขานุการ

กรรมการและเลขานุการตามวรรคหนึ่ง (๒) ต้องไม่เป็นผู้ซึ่งปฏิบัติหน้าที่ราชการของราชการส่วนท้องถิ่นหรือสมาชิกสภาท้องถิ่น

ให้นำมาตรา ๑๕ มาตรา ๑๖ และมาตรา ๑๗ มาใช้บังคับแก่คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์โดยอนุโลม

(*มาตรา ๕๐ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๕๑ ให้คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์มีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(๑) พิจารณาวินิจฉัยอุทธรณ์คำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามพระราชบัญญัตินี้

(๒) มีหนังสือเรียกบุคคลที่เกี่ยวข้องมาให้ถ้อยคำหรือสั่งให้บุคคลดังกล่าวส่งเอกสารหรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อประกอบการพิจารณาวินิจฉัยอุทธรณ์

(๓) สอบถามข้อเท็จจริงหรือกระทำการใด ๆ เท่าที่จำเป็นเพื่อประกอบการพิจารณาวินิจฉัยอุทธรณ์

ในการปฏิบัติหน้าที่ตาม (๓) กรรมการพิจารณาอุทธรณ์หรือผู้ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์มอบหมายจะเข้าไปในอาคารหรือบริเวณที่ตั้งอาคารอันเป็นมูลกรณีแห่งการอุทธรณ์ในเวลาระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตกก็ได้

***มาตรา ๕๑ ทวิ** คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์จะแต่งตั้งคณะอนุกรรมการขึ้นคณะหนึ่งหรือหลายคณะเพื่อพิจารณาหรือปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่มอบหมายก็ได้

ให้นำมาตรา ๑๕ มาตรา ๑๖ มาตรา ๑๗ และมาตรา ๕๑ มาใช้บังคับแก่การปฏิบัติหน้าที่ของคณะอนุกรรมการโดยอนุโลม

(*มาตรา ๕๑ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๑๖ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

***มาตรา ๕๒** ผู้ขอรับใบอนุญาต ผู้ได้รับใบอนุญาต ผู้แจ้งตามมาตรา ๓๘ ทวิ และ

ผู้ได้รับคำสั่งจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามพระราชบัญญัตินี้มีสิทธิอุทธรณ์คำสั่งดังกล่าวต่อคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ได้ภายในสามสิบวันนับแต่วันทราบคำสั่ง

การอุทธรณ์ตามวรรคหนึ่งให้ทำเป็นหนังสือและยื่นต่อเจ้าพนักงานท้องถิ่นผู้ออกคำสั่งดังกล่าว และให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นจัดส่งอุทธรณ์และเอกสารหลักฐานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดไปยังคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ภายในสิบวันนับแต่วันที่ได้รับอุทธรณ์

ให้คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์มีคำวินิจฉัยอุทธรณ์ตามวรรคหนึ่งภายในหกสิบวันนับแต่วันที่ได้รับอุทธรณ์ แล้วแจ้งคำวินิจฉัยพร้อมด้วยเหตุผลเป็นหนังสือไปยังผู้อุทธรณ์และเจ้าพนักงานท้องถิ่น

ถ้าผู้อุทธรณ์ไม่เห็นด้วยกับคำวินิจฉัยอุทธรณ์ ให้เสนอคดีต่อศาลภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้งคำวินิจฉัยอุทธรณ์

ในกรณีที่คณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์หรือศาลได้มีคำวินิจฉัย หรือคำพิพากษาเป็นประการใด ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นปฏิบัติตามนั้น

ในระหว่างอุทธรณ์ ห้ามมิให้ผู้อุทธรณ์หรือเจ้าพนักงานท้องถิ่นกระทำการใดแก่อาคารอันเป็นมูลกรณีแห่งการอุทธรณ์ เว้นแต่อาคารนั้นจะเป็นภยันตรายต่อบุคคลหรือทรัพย์สินหรือมีลักษณะซึ่งไม่อาจรอได้

ให้นำมาตรา ๔๗ มาใช้บังคับแก่การแจ้งคำวินิจฉัยอุทธรณ์โดยอนุโลม

(*มาตรา ๕๒ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๑๗ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

หมวด ๖

นายช่างและนายตรวจ

มาตรา ๕๓ ให้นายช่างหรือนายตรวจมีอำนาจเข้าไปในบริเวณที่มีการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร เพื่อตรวจสอบว่าได้มีการฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้หรือไม่ และเพื่อการนี้ให้มีอำนาจสอบถามข้อเท็จจริงหรือสั่งให้แสดงเอกสารหรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้องจากบุคคลที่อยู่ที่ทำงานในสถานที่นั้น

มาตรา ๕๔ เมื่อมีเหตุอันควรสงสัยว่าอาคารใดซึ่งได้ก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายเสร็จแล้วนั้น ได้กระทำขึ้นโดยฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามพระราชบัญญัตินี้ หรือมีเหตุอันควรสงสัยว่าอาคารใดมีการใช้หรือเปลี่ยนการใช้โดยฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๓๒ มาตรา ๓๓ หรือมาตรา ๓๔ หรืออาคารใดมีลักษณะตามมาตรา ๔๖ ให้นายช่างมีอำนาจเข้าไปตรวจอาคารและบริเวณที่ตั้งอาคารนั้นได้ และเพื่อการนี้ให้มีอำนาจสอบถามข้อเท็จจริงหรือสั่งให้แสดงเอกสารหรือหลักฐานอื่นที่เกี่ยวข้องจากบุคคลที่อยู่หรือทำงานในสถานที่นั้น

มาตรา ๕๕ ในการปฏิบัติการตามมาตรา ๕๓ หรือมาตรา ๕๔ นายช่างหรือนายตรวจต้องกระทำการในเวลาระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตกหรือในเวลาทำการของสถานที่นั้น และในการนี้ให้นายช่างหรือนายตรวจแสดงบัตรประจำตัวเมื่อบุคคลที่เกี่ยวข้องร้องขอบัตรประจำตัวให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดในกฎกระทรวง

หมวด ๗
เขตเพลิงไหม้

มาตรา ๕๖ เมื่อเกิดเพลิงไหม้บริเวณใดอันเข้าลักษณะเป็นเขตเพลิงไหม้ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นประกาศแสดงเขตเพลิงไหม้ไว้ ณ สำนักงานของราชการส่วนท้องถิ่นนั้นและบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ โดยมีแผนที่สังเขปแสดงแนวเขตเพลิงไหม้ พร้อมทั้งระบุให้ทราบถึงการกระทำอันต้องห้ามตามพระราชบัญญัตินี้

***มาตรา ๕๗** ภายในสี่สิบห้าวันนับแต่วันที่เกิดเพลิงไหม้ ห้ามมิให้ผู้ใดก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารในเขตเพลิงไหม้ และให้ผู้ได้รับใบอนุญาตให้ทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารหรือผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ในเขตดังกล่าวอยู่แล้วก่อนวันที่เกิดเพลิงไหม้ระงับการกระทำตามที่ได้รับอนุญาต หรือที่ได้แจ้งไว้นั้นตามระยะเวลาดังกล่าวด้วย

ให้นำมาตรา ๔๐ มาตรา ๔๒ และมาตรา ๔๓ มาใช้บังคับแก่การฝ่าฝืนบทบัญญัติในวรรคหนึ่งโดยอนุโลม

บทบัญญัติในวรรคหนึ่งไม่ใช้บังคับแก่

(๑) การก่อสร้างอาคารชั่วคราวเพื่อประโยชน์ในการบรรเทาทุกข์ ซึ่งจัดทำหรือควบคุมโดยทางราชการ

(๒) การดัดแปลงหรือซ่อมแซมอาคารเพียงเท่าที่จำเป็นเพื่ออยู่อาศัยหรือใช้สอยชั่วคราว

(*มาตรา ๕๗ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๑๘ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๕๘ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นพิจารณาว่าสมควรจะมีการปรับปรุงเขตเพลิงไหม้หรือไม่ โดยคำนึงถึงประโยชน์ในการป้องกันอัคคีภัย การสาธารณสุข การรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อม การผังเมือง การสถาปัตยกรรม และการอำนวยความสะดวกแก่การจราจร และให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นเสนอความเห็นพร้อมด้วยแผนที่สังเขปแสดงแนวเขตเพลิงไหม้ต่อคณะกรรมการควบคุมอาคาร ในกรณีที่เขตเพลิงไม้อยู่ในเขตอำนาจของเจ้าพนักงานท้องถิ่นมากกว่าหนึ่งท้องที่ ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นแห่งท้องที่ที่เกี่ยวข้องเป็นผู้ร่วมกันพิจารณาและเสนอความเห็น ทั้งนี้ ภายในสิบห้าวันนับแต่วันที่เกิดเพลิงไหม้

เมื่อคณะกรรมการควบคุมอาคารพิจารณาความเห็นของเจ้าพนักงานท้องถิ่นแล้วให้เสนอความเห็นพร้อมทั้งข้อสังเกตต่อรัฐมนตรีเพื่อสั่งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นประกาศให้ประชาชนในเขตเพลิงไหม้ทราบว่า จะมีการปรับปรุงหรือไม่ ประกาศดังกล่าวให้ประกาศไว้ ณ สำนักงานของ

ราชการส่วนท้องถิ่นนั้นและบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ภายในสี่สิบห้าวันนับแต่วันที่เกิดเพลิงไหม้

มาตรา ๕๕ ในกรณีที่มีการประกาศไม่ปรับปรุงเขตเพลิงไหม้แล้ว ให้การห้ามตามมาตรา ๕๗ วรรคหนึ่ง เป็นอันยกเลิก

ในกรณีที่มีการประกาศปรับปรุงเขตเพลิงไหม้แล้ว ให้การห้ามตามมาตรา ๕๗ วรรคหนึ่ง ยังคงมีผลใช้บังคับต่อไปอีกเป็นเวลาหกสิบวันนับแต่วันที่มีประกาศปรับปรุงเขตเพลิงไหม้นั้น และให้สำนักงานคณะกรรมการควบคุมอาคารจัดทำแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้เสนอต่อรัฐมนตรีเพื่อประกาศใช้บังคับแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ในราชกิจจานุเบกษาภายในกำหนดเวลาดังกล่าว

***มาตรา ๖๐** เมื่อมีประกาศใช้บังคับแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้แล้ว ห้ามมิให้ผู้ใดก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารในเขตตามแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ให้ผิดไปจากที่กำหนดในแผนผังนั้น และบรรดาใบอนุญาตให้ทำการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารหรือใบรับแจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ที่ได้ออกไว้ก่อนวันประกาศใช้บังคับแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ซึ่งขัดกับแผนผังดังกล่าว ให้เป็นอันยกเลิก

ให้นำมาตรา ๔๐ มาตรา ๔๒ และมาตรา ๔๓ มาใช้บังคับแก่การฝ่าฝืนบทบัญญัติในวรรคหนึ่งโดยอนุโลม

(*มาตรา ๖๐ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๑๙ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

***มาตรา ๖๐ ทวิ** ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นเริ่มต้นดำเนินการปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ตามประกาศใช้บังคับแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ตามมาตรา ๖๐ ภายในสองปี นับแต่วันใช้บังคับประกาศดังกล่าว

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องดำเนินการเวนคืนที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์ใดเพื่อใช้ประโยชน์ตามที่กำหนดในแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ ให้จ่ายเงินค่าทดแทนให้แก่ผู้มีสิทธิได้รับเงินค่าทดแทนก่อนเริ่มต้นดำเนินการปรับปรุงเขตเพลิงไหม้โดยกำหนดตามราคาประเมินทุนทรัพย์ตามประมวลกฎหมายที่ดินที่ใช้บังคับอยู่ในวันที่มีประกาศปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ แต่ถ้าไม่สามารถจ่ายเงินค่าทดแทนได้ภายในสองปีนับแต่วันใช้บังคับประกาศดังกล่าว ให้กำหนดตามราคาประเมินทุนทรัพย์ดังกล่าวที่ใช้บังคับอยู่ในวันที่ ๑ มกราคม ของปีที่มีการจ่ายเงินค่าทดแทน

ถ้าเจ้าพนักงานท้องถิ่นมิได้เริ่มต้นดำเนินการปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ภายในกำหนดเวลาตามวรรคหนึ่ง ให้ประกาศดังกล่าวเป็นอันยกเลิก

(*มาตรา ๖๐ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๒๐ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

มาตรา ๖๑ ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องจัดให้ได้มาซึ่งที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์ใด เพื่อใช้ประโยชน์ตามที่กำหนดในแผนผังปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ ให้ดำเนินการเวนคืนที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์นั้นโดยให้นำกฎหมายว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์มาใช้บังคับโดยอนุโลม

มาตรา ๖๒ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ในท้องที่ใดอันเข้าลักษณะเป็นเขตเพลิงไหม้ ถ้าท้องที่นั้นยังไม่มีพระราชกฤษฎีกาให้ใช้พระราชบัญญัตินี้บังคับ ให้ถือว่าได้มีพระราชกฤษฎีกาให้ใช้พระราชบัญญัตินี้ในท้องที่นั้นตั้งแต่วันที่เกิดเพลิงไหม้ แต่ถ้าต่อมามีการประกาศไม่ปรับปรุงเขตเพลิงไหม้ตามมาตรา ๕๘ ให้ถือว่าพระราชกฤษฎีกาดังกล่าวเป็นอันยกเลิก ตั้งแต่วันที่เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีประกาศนั้น

หมวด ๘
บทเบ็ดเตล็ด

มาตรา ๖๓ ในการปฏิบัติหน้าที่ของกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ ผู้ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์มอบหมาย กรรมการเปรียบเทียบคดี เจ้าพนักงานท้องถิ่น นายช่าง หรือนายตรวจตามพระราชบัญญัตินี้ ผู้ขอรับใบอนุญาต ผู้ได้รับอนุญาต เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้ดำเนินการ ผู้ควบคุมงานหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องซึ่งอยู่ในสถานที่นั้นต้องให้ความสะดวกและช่วยเหลือตามสมควร

มาตรา ๖๔ ในการปฏิบัติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้ ให้กรรมการพิจารณาอุทธรณ์ ผู้ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์มอบหมาย กรรมการเปรียบเทียบคดี เจ้าพนักงานท้องถิ่น นายช่าง และนายตรวจ เป็นเจ้าพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญา

***มาตรา ๖๔ ทวิ** ให้ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจหักเงินค่าธรรมเนียมการตรวจแบบแปลนก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารที่ได้รับจากผู้ขอรับใบอนุญาตหรือผู้แจ้งตามมาตรา ๓๙ ทวิ ไว้ได้ไม่เกินร้อยละสิบของเงินค่าธรรมเนียมดังกล่าวเพื่อนำมาจัดสรรเป็นเงินค่าตอบแทนให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ตรวจแบบแปลนก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร นายช่างและนายตรวจได้ตามหลักเกณฑ์และอัตราที่กำหนดในข้อบัญญัติท้องถิ่น

(*มาตรา ๖๔ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๒๑ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

หมวด ๙
บทกำหนดโทษ

***มาตรา ๖๕** ผู้ใดฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๒๑ มาตรา ๒๒ มาตรา ๓๑ มาตรา ๓๒ มาตรา ๓๓ มาตรา ๓๔ มาตรา ๕๒ วรรคหก มาตรา ๕๗ หรือมาตรา ๖๐ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินสามเดือน หรือปรับไม่เกินหกหมื่นบาทหรือทั้งจำทั้งปรับ

นอกจากต้องระวางโทษตามวรรคหนึ่งแล้ว ผู้ฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๒๑ มาตรา ๓๑ มาตรา ๓๒ มาตรา ๓๔ หรือมาตรา ๕๗ ยังต้องระวางโทษปรับอีกวันละไม่เกินหนึ่งหมื่นบาทตลอดเวลาที่ยังฝ่าฝืนหรือจนกว่าจะได้ปฏิบัติให้ถูกต้อง

***มาตรา ๖๖** ผู้ใดไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๓๐ วรรคหนึ่ง มาตรา ๓๘ มาตรา ๓๙ หรือมาตรา ๓๙ ตรี วรรคหนึ่ง ต้องระวางโทษปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท

(*มาตรา ๖๕ และมาตรา ๖๖ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๒๒ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

***มาตรา ๖๖ ทวิ** ผู้ใดมิได้รื้อถอนอาคารตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๔๒ โดยมิได้อยู่ในระหว่างการอุทธรณ์คำสั่งดังกล่าว ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

นอกจากต้องระวางโทษตามวรรคหนึ่งแล้ว ผู้ฝ่าฝืนยังต้องระวางโทษปรับอีกวันละไม่เกินสามหมื่นบาทจนกว่าจะได้ปฏิบัติตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่น

(มาตรา ๖๖ ทวิ บัญญัติเพิ่มเติมโดยมาตรา ๒๓ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕)

***มาตรา ๖๗** ผู้ใดฝ่าฝืนมาตรา ๓๐ วรรคสอง หรือฝ่าฝืนคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามมาตรา ๔๐ มาตรา ๔๔ หรือมาตรา ๔๕ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือนหรือปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

นอกจากต้องระวางโทษตามวรรคหนึ่งแล้ว ผู้ฝ่าฝืนยังต้องระวางโทษปรับอีกวันละไม่เกินสามหมื่นบาทตลอดเวลาที่ยังฝ่าฝืนหรือจนกว่าจะได้ปฏิบัติให้ถูกต้อง

(*มาตรา ๖๗ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๒๔ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๖๘ ผู้ใด

(๑) ไม่มาให้ถ้อยคำหรือส่งเอกสารตามหนังสือเรียกของคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ตามมาตรา ๕๑ (๒) โดยไม่มีเหตุอันสมควร หรือ

(๒) ขัดขวางการปฏิบัติหน้าที่ของกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ ผู้ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์มอบหมาย เจ้าพนักงานท้องถิ่น นายช่าง หรือนายตรวจ ตามมาตรา ๔๘ มาตรา ๕๑มาตรา ๕๓ หรือมาตรา ๕๔ หรือไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๕๑ มาตรา ๕๓ มาตรา ๕๔ หรือมาตรา ๖๓ แล้วแต่กรณีต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา ๖๙ ถ้าการกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้เป็นการกระทำของผู้ดำเนินการ ผู้กระทำต้องระวางโทษเป็นสองเท่าของโทษที่บัญญัติไว้สำหรับความผิดนั้น ๆ

***มาตรา ๗๐** ถ้าการกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ เป็นการกระทำอันเกี่ยวกับอาคารเพื่อพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม การศึกษา หรือการสาธารณสุขหรือเป็นการกระทำในทางการค้าเพื่อให้เช่า ให้เช่าซื้อ ขาย หรือจำหน่ายโดยมีค่าตอบแทน ซึ่งอาคารใดผู้กระทำต้องระวางโทษเป็นสองเท่าของโทษที่บัญญัติไว้สำหรับความผิดนั้น ๆ

***มาตรา ๗๑** ในกรณีที่มีการฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามมาตรา ๒๑ มาตรา ๒๒ มาตรา ๓๔ มาตรา ๔๒ มาตรา ๕๒ วรรคหก มาตรา ๕๗ หรือมาตรา ๖๐ ให้ถือว่าเป็นการกระทำของเจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคาร ผู้ดำเนินการ ผู้ควบคุมงาน หรือผู้อุทธรณ์ตามมาตรา ๕๒ แล้วแต่กรณี หรือเป็นการกระทำตามคำสั่งของบุคคลดังกล่าว เว้นแต่บุคคลนั้นจะพิสูจน์ได้ว่าเป็นการกระทำของผู้อื่น

(*มาตรา ๗๐ และมาตรา ๗๑ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๒๕ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

มาตรา ๗๒ ในกรณีที่นิติบุคคลกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ ให้ถือว่ากรรมการหรือผู้จัดการทุกคนของนิติบุคคลนั้นเป็นผู้ร่วมกระทำผิดกับนิติบุคคลนั้น เว้นแต่จะพิสูจน์ได้ว่า การกระทำของนิติบุคคลนั้นได้กระทำโดยตนมิได้รู้เห็นหรือยินยอมด้วย

มาตรา ๗๓ ในกรณีมีการกระทำความผิดตามพระราชบัญญัตินี้ ให้ถือว่าเจ้าของหรือผู้ครอบครองที่ดินหรืออาคารที่อยู่ใกล้ชิดหรือติดต่อกับอาคารที่มีการกระทำความผิด เกิดขึ้นหรือบุคคลซึ่งความเป็นอยู่หรือการใช้สอยที่ดินหรืออาคารถูกกระทบกระเทือน เนื่องจากการกระทำความผิดดังกล่าว เป็นผู้เสียหายตามกฎหมายว่าด้วยวิธีพิจารณาความอาญา

***มาตรา ๗๔** ให้มีคณะกรรมการเปรียบเทียบคดี

(๑) ในเขตกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร ผู้แทนสำนักงานอัยการสูงสุด และ *ผู้แทนกรมตำรวจ

(๒) ในเขตจังหวัดอื่น ประกอบด้วยผู้ว่าราชการจังหวัด อัยการจังหวัด และหัวหน้าตำรวจภูธรจังหวัด หรือผู้กำกับการตำรวจ แล้วแต่กรณี

ความผิดตามมาตรา ๖๕ วรรคหนึ่ง มาตรา ๖๖ ทวิ วรรคหนึ่ง มาตรา ๖๗ วรรคหนึ่ง มาตรา ๖๘ มาตรา ๖๙ หรือมาตรา ๗๐ ให้คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีมีอำนาจเปรียบเทียบได้ถ้าเห็นว่าผู้ต้องหาไม่ควรถูกฟ้องร้องหรือได้รับโทษถึงจำคุก ให้กำหนดค่าปรับ ซึ่งผู้ต้องหาจะพึงชำระ ถ้าผู้ต้องหาและผู้เสียหาย ถ้ามี ยินยอมตามนั้น เมื่อผู้ต้องหาได้เสียค่าปรับตามที่เปรียบเทียบภายในสามสิบวันนับแต่วันที่มีการเปรียบเทียบ ให้ถือว่าคดีเลิกกันตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา

ในกรณีที่พนักงานสอบสวนพบว่าผู้ใดกระทำความผิดตามวรรคสองและผู้นั้นยินยอมให้เปรียบเทียบ ให้พนักงานสอบสวนส่งเรื่องให้แก่คณะกรรมการเปรียบเทียบคดีตามวรรคหนึ่งภายในเจ็ดวันนับแต่วันที่ผู้นั้นแสดงความยินยอมให้เปรียบเทียบ

(*มาตรา ๗๔ ความเดิมถูกยกเลิกโดยมาตรา ๒๖ แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๓๕ และให้ใช้ความใหม่แทนดังที่พิมพ์ไว้นี้)

บทเฉพาะกาล

มาตรา ๗๕ บรรดาคำขออนุญาตใด ๆ ที่ได้ยื่นไว้ก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ ใช้บังคับและยังอยู่ในระหว่างการพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่นหรืออธิบดีกรมโยธาธิการและการอนุญาตใด ๆ ที่ได้ให้ไว้ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างอาคาร หรือกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ หรือการปฏิบัติของผู้ขอรับใบอนุญาตตามที่ได้รับใบอนุญาต แล้วแต่กรณี ให้ถือว่าเป็นคำขออนุญาตและการอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้โดยอนุโลม

ในกรณีที่การขออนุญาตหรือการพิจารณาอนุญาตดังกล่าวมีข้อแตกต่างไปจากการขออนุญาตหรือการพิจารณาอนุญาตตามพระราชบัญญัตินี้ ให้การขออนุญาตหรือการพิจารณาอนุญาตนั้นเป็นไปตามพระราชบัญญัตินี้ และให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีคำสั่งตามมาตรา ๒๗ เพื่อให้ผู้ขอรับใบอนุญาตปฏิบัติตามให้ถูกต้องภายในเวลาสามสิบวัน ถ้าผู้ขอรับใบอนุญาตไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นภายในกำหนดเวลาดังกล่าว ให้คำขอรับใบอนุญาตนั้นเป็นอันตกไป

มาตรา ๗๖ อาคารซึ่งได้รับใบอนุญาตให้ทำการก่อสร้างหรือดัดแปลง และได้กระทำการเสร็จแล้วก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ แม้จะเข้าลักษณะเป็นอาคารประเภทควบคุมการใช้ตามพระราชบัญญัตินี้ ก็ให้ได้รับยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามมาตรา ๓๒ วรรคสอง

มาตรา ๗๗ ท้องที่ใดมีอาคารก่อสร้างขึ้นเป็นจำนวนมากในที่ดินที่เป็นสาธารณสมบัติของแผ่นดินก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ และมีสภาพหรืออาจทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสม หรือไม่ปลอดภัยในการอยู่อาศัย การป้องกันอัคคีภัย การสาธารณสุขการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การผังเมือง และการอำนวยความสะดวกแก่การจราจร เมื่อมีพระราชกฤษฎีกากำหนดเขตปรับปรุงอาคารในท้องที่นั้นแล้ว ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีคำสั่งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

(๑) มีคำสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารรื้อถอนอาคารนั้นภายในกำหนดเวลาไม่เกินหกเดือนนับแต่วันที่ได้รับคำสั่ง แต่การสั่งรื้อถอนอาคารจะต้องกระทำเพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง การพัฒนาท้องถิ่นหรือประโยชน์ในการใช้ที่สาธารณะของประชาชน

(๒) มีคำสั่งภายในสามสิบวันนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดเขตปรับปรุงอาคารมีผลใช้บังคับ ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารแก้ไขเปลี่ยนแปลงอาคารให้ถูกต้องตามพระราชบัญญัตินี้ ภายในกำหนดเวลาไม่เกินหกเดือนนับแต่วันที่ได้รับคำสั่ง

(๓) มีคำสั่งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารดำเนินการเพื่อขจัดหรือระงับเหตุที่ก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ปลอดภัยในการอยู่อาศัย การป้องกันอัคคีภัย การสาธารณสุข การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การผังเมือง และการอำนวยความสะดวกแก่การจราจร ภายในกำหนดเวลาไม่เกินหกเดือนนับแต่วันที่ได้รับคำสั่ง

(๔) มีคำสั่งให้เจ้าของอาคารทำสัญญาเช่าที่ดินกับพนักงานท้องถิ่นตามหลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และอัตราค่าเช่าที่กระทรวงมหาดไทยกำหนด

ถ้าเจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารผู้ใดปฏิบัติตามคำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นตามวรรคหนึ่งแล้ว ให้ผู้นั้นได้รับยกเว้นโทษ แต่ถ้าผู้นั้นไม่ปฏิบัติตาม ผู้นั้นต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าหมื่นบาท และให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีคำสั่งให้ผู้นั้นรื้อถอนอาคารนั้นเสียภายในระยะเวลาที่กำหนด ถ้าผู้นั้นไม่รื้อถอนอาคารให้เสร็จภายในกำหนดเวลาดังกล่าว ผู้นั้นต้องระวางโทษปรับเป็นรายวันอีกวันละหนึ่งพันบาทตลอดเวลาที่ยังฝ่าฝืนอยู่ หรือจนกว่าผู้นั้นยินยอมให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นดำเนินการรื้อถอนอาคารนั้นเอง ในกรณีหลังนี้ให้นำมาตรา ๔๒ วรรคสี่และวรรคห้า มาใช้บังคับโดยอนุโลม

พระราชกฤษฎีกาตามวรรคหนึ่ง ให้มีแผนที่แสดงแนวเขตบริเวณที่กำหนดนั้นแนบท้ายพระราชกฤษฎีกาด้วย และให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นมีอำนาจดำเนินการให้เช่าที่ดินในบริเวณนั้น เพื่อเป็นรายได้สำหรับบำรุงท้องถิ่นได้ แต่ที่ดินนั้นยังคงเป็นสาธารณสมบัติของแผ่นดิน

สัญญาเช่าที่ดินที่ทำขึ้นตามวรรคหนึ่ง (๔) ให้มีระยะเวลาเช่าตามที่ตกลงกันแต่ต้องไม่เกินสิบปี การต่อระยะเวลาเช่าจะกระทำมิได้ เมื่อสิ้นกำหนดเวลาเช่าที่ดินแล้วเจ้าของหรือผู้ครอบครองอาคารผู้ใดไม่รื้อถอน ขนย้ายอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างของตนออกจากบริเวณที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกา ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินสามปี หรือปรับไม่เกินสามหมื่นบาทหรือทั้งจำทั้งปรับ และต้องระวางโทษปรับเป็นรายวันอีกวันละหนึ่งพันบาทตลอดเวลาที่ยังฝ่าฝืน หรือจนกว่าผู้นั้นยินยอมให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นเข้าดำเนินการรื้อถอนอาคารนั้นเอง ในกรณีหลังนี้ให้นำมาตรา ๔๒ วรรคสี่และวรรคห้า มาใช้บังคับโดยอนุโลม

มาตรา ๗๘ ให้ถือว่าอุทธรณ์ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างอาคารที่ได้ยื่นไว้ก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ เป็นอุทธรณ์คำสั่งของเจ้าพนักงานท้องถิ่นที่ได้ยื่นต่อคณะกรรมการพิจารณาอุทธรณ์ตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา ๗๙ บรรดากฎกระทรวง เทศบัญญัติ ข้อบัญญัติจังหวัด กฎ ข้อบังคับ ประกาศ หรือคำสั่งซึ่งได้ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคารการก่อสร้างอาคาร พุทธศักราช ๒๔๗๙ หรือพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ พุทธศักราช ๒๔๗๖ ให้คงใช้บังคับได้ต่อไป ทั้งนี้ เพียงเท่าที่ไม่ขัดหรือแย้งกับบทแห่งพระราชบัญญัตินี้

มาตรา ๘๐ ท้องที่ใดได้มีพระราชกฤษฎีกาให้ใช้บังคับพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร พุทธศักราช ๒๔๗๙ หรือพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ พุทธศักราช ๒๔๗๖ อยู่ก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ ให้ถือว่าได้มีพระราชกฤษฎีกาให้ใช้บังคับพระราชบัญญัตินี้ในท้องที่นั้นแล้ว

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ

ส. โหตระกิตย์

รองนายกรัฐมนตรี

<u>อัตราค่าธรรมเนียม</u>

(๑) ใบอนุญาตก่อสร้าง	ฉบับละ	๒๐๐	บาท
(๒) ใบอนุญาตดัดแปลง	ฉบับละ	๑๐๐	บาท
(๓) ใบอนุญาตรื้อถอน	ฉบับละ	๕๐	บาท
(๔) ใบอนุญาตเคลื่อนย้าย	ฉบับละ	๕๐	บาท
(๕) ใบอนุญาตเปลี่ยนการใช้	ฉบับละ	๒๐๐	บาท
(๖) ใบรับรอง	ฉบับละ	๕๐	บาท
(๗) ใบแทนใบอนุญาตหรือใบแทนใบรับรอง	ฉบับละ	๑๐	บาท
(๘) การต่ออายุใบอนุญาตให้เป็นไปตามอัตราใน (๑) ถึง (๔)			
(๙) การตรวจแบบแปลนก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคาร ให้คิดค่าธรรมเนียมสำหรับการก่อสร้าง หรือสำหรับส่วนที่มีการดัดแปลง ดังนี้			
(ก) อาคารซึ่งสูงไม่เกินสามชั้นหรือไม่เกินสิบห้าเมตร คิดตามพื้นที่ของพื้นอาคารแต่ละชั้นรวมกัน	ตารางเมตรละ	๒	บาท
(ข) อาคารซึ่งสูงเกินสามชั้นหรือไม่เกินสิบห้าเมตร คิดตามพื้นที่ของพื้นอาคารแต่ละชั้นรวมกัน	ตารางเมตรละ	๔	บาท
(ค) อาคารประเภทซึ่งจะต้องมีพื้นรับน้ำหนักบรรทุกชั้นใดชั้นหนึ่งเกินห้าร้อยกิโลกรัมต่อหนึ่งตารางเมตร คิดตามพื้นที่ของพื้นอาคารแต่ละชั้นรวมกัน	ตารางเมตรละ	๔	บาท

(ง) ป้าย คิดตามพื้นที่ของป้ายโดยเอาส่วนกว้างที่สุด
คูณด้วยส่วนยาวที่สุด ตารางเมตรละ ๔ บาท

(จ) อาคารประเภทซึ่งต้องวัดความยาว เช่น เขื่อน ทาง
หรือท่อระบายน้ำ รั้วหรือกำแพง รวมทั้งประตูรั้ว
หรือกำแพง คิดตามความยาว ตารางเมตรละ ๑ บาท

ในการคิดค่าธรรมเนียมการตรวจแบบแปลน เศษของตารางเมตรหรือเมตร ตั้งแต่กึ่งหนึ่งขึ้นไปให้ถือเป็นหน่วยเต็ม ถ้าต่ำกว่ากึ่งหนึ่งให้ปัดทิ้ง

<u>หมายเหตุ</u> :- เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัติฉบับนี้คือ เนื่องจากพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร พุทธศักราช ๒๔๗๙ และพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ พุทธศักราช ๒๔๗๖ ได้ประกาศใช้มานานแล้ว แม้ว่าได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมกันอยู่ตลอดมา แต่ปัจจุบันบ้านเมืองได้เจริญก้าวหน้าและขยายตัวมากขึ้น ฉะนั้น เพื่อให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการควบคุมเกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัย การป้องกันอัคคีภัย การสาธารณสุข การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม การผังเมือง การสถาปัตยกรรม และการอำนวยความสะดวกแก่การจราจรสมควรปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างอาคารและกฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้เสียใหม่ และสมควรรวมกฎหมายทั้งสองฉบับดังกล่าวเข้าเป็นฉบับเดียวกัน จึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัตินี้ขึ้น

ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๙๖ ตอนที่ ๘๐ ลงวันที่ ๑๔ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๒๒

กฎกระทรวง

ฉบับที่ ๔๕ (พ.ศ. ๒๕๔๐)

ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ (๓) และมาตรา ๘ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคาร ออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ใช้บังคับกฎกระทรวงนี้ในท้องที่จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดตาก จังหวัดน่าน จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน

ข้อ ๒ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับกับอาคารประเภทโรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา หอสมุด สนามกีฬากลางแจ้ง สถานกีฬาในร่ม ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานบริการ ท่าอากาศยาน อาคารจอดรถ สถานีรถ ศาสนสถาน อัฒจันทร์ หอศิลป์ พิพิธภัณฑสถาน อาคารเก็บวัตถุระเบิดได้ วัตถุไวไฟ วัตถุมีพิษ หรือวัตถุกัมมันตรังสี และอาคารอื่นที่มีความสูงเกิน ๑๕ เมตร

ข้อ ๓ ในการออกแบบโครงสร้างอาคารให้คำนึงถึง การจัดรูปแบบเรขาคณิตให้มีเสถียรภาพต่อการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว การให้รายละเอียดปลีกย่อยบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ และการจัดให้โครงสร้างทั้งระบบมีความเหนียว (Ductility) เพื่อป้องกันการวิบัติแบบสิ้นเชิง

การคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารแต่ละชิ้นส่วน ให้ใช้ค่าหน่วยแรงของผลจากแผ่นดินไหวหรือผลจากแรงลมตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ฉบับที่ ๖ (พ.ศ. ๒๕๒๗) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ที่มีต่อชิ้นส่วนโครงสร้างนั้น ค่าใดค่าหนึ่งที่มากกว่า

ข้อ ๔ ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ หรือโครงสร้างอาคารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อาคารตามที่กำหนดในข้อ ๕ ผู้คำนวณออกแบบต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ประเภทสามัญวิศวกรขึ้นไป และต้องคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร โดยใช้วิธีการคำนวณเชิงจลศาสตร์

ข้อ ๕ การออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน โรง หรือสิ่งก่อสร้างขึ้นอย่างอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ให้ผู้ออกแบบอาคารคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ โดยคำนวณแรงเฉือนตามวิธีดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะใช้วิธีอื่นซึ่งวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือส่วนราชการหรือนิติบุคคลซึ่งมีวิศวกรประเภทวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมเป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษา และลงลายมือชื่อรับรองผลการตรวจสอบงานวิศวกรรมควบคุม ให้การรับรอง

(๑) ให้คำนวณแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน ดังนี้

$$V = ZIKCSW$$

V คือ แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

Z คือ สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหวตามที่กำหนดในข้อ ๖

I คือ ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคารตามที่กำหนดในข้อ ๗

K คือ สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบตามที่กำหนดในข้อ ๘

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ หาค่าได้จากสูตรในข้อ ๑๐

S คือ สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งอาคารตามที่กำหนดในข้อ ๑๑

W คือ น้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์ซึ่งยึดตรึงกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไปหรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ ๒๕ ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

(๒) ให้กระจายแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน ออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(ก) แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคารให้คำนวณดังนี้

$$F_t = 0.07\ TV$$

ค่าของ F_t ที่ได้จากสูตรนี้ไม่ให้ใช้เกิน ๐.๒๕ v และถ้าหาก T มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า ๐.๗ วินาที ให้ใช้ค่าของ F_t เท่ากับ ๐

(ข) แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นต่าง ๆ ของอาคาร รวมทั้งชั้นบนสุดของอาคารด้วยให้คำนวณ ดังนี้

$$F_x = \frac{(V-F_t)\, W_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} W_i h_i}$$

F_t **คือ** แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร

F_x คือ แรงในแนวราบที่จะกระทำต่อพื้นชั้นที่ x ของอาคาร

T คือ คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร มีหน่วยเป็นวินาที หาค่าได้ตามสูตร ในข้อ ๙

V คือ แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

W_x, W_i คือ น้ำหนักของพื้นอาคารชั้นที่ x และชั้นที่ i ตามลำดับ

h_x, h_i คือ ความสูงจากระดับพื้นดินถึงพื้นชั้นที่ x และชั้นที่ I ตามลำดับ

I = ๑ สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

x = ๑ สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

$\sum_{i=1}^{n} W_i h_i$ คือ ผลรวมของผลคูณระหว่างน้ำหนักของความสูงจากพื้นชั้นที่ ๑ ถึงชั้นที่ n

n คือ จำนวนชั้นทั้งหมดของอาคาร

ข้อ ๖ ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว (Z) ให้ใช้เท่ากับ ๐.๓๘ หรือ มากกว่า

ข้อ ๗ ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I) ให้ใช้ดังนี้

ชนิดของอาคาร	ค่าของ I
(๑) อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน เช่น โรงพยาบาล สถานีดับเพลิง อาคารศูนย์สื่อสาร หรืออาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น	๑.๕๐
(๒) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมคนครั้งหนึ่ง ๆ ได้มากกว่า ๓๐๐ คน	๑.๒๕
(๓) อาคารอื่น ๆ	๑.๐๐

ข้อ ๘ สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างของอาคารที่รับแรงในแนวราบ (K) ให้ใช้ดังนี้

ระบบและชนิดของโครงสร้างรับแรงในแนวราบ	ค่าของ K
(๑) โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้กำแพงรับแรงเฉือน (Shear Wall) หรือโครงแกงแนง (Braced Frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ	๑.๓๓
(๒) โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียว (Ductile Moment - resisting Space Frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ	๐.๖๗
(๓) โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียว ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้านแรงในแนวราบ โดยมีข้อกำหนดในการคำนวณออกแบบดังนี้ (ก) โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๕ ของแรงในแนวราบทั้งหมด (ข) กำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงเมื่อแยกเป็นอิสระจากโครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด (ค) โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด โดยสัดส่วนของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแต่ละระบบให้เป็นไป	๐.๘๐

ตามสัดส่วนความคงตัว (Rigidity) โดยคำนึงถึงการถ่ายเทของแรงระหว่างโครงสร้างทั้งสอง	
(๔) หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า ๔ ต้น และมีแกงแนงยึดและไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคาร หมายเหตุ ผลคูณระหว่างค่า K กับค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ ๐.๑๒ และค่าสูงสุดเท่ากับ ๐.๒๕	๒.๕
(๕) โครงอาคารระบบอื่น ๆ นอกจากโครงอาคารตาม (๑) (๒) (๓) หรือ (๔)	๑.๐

ข้อ ๙ คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร (T) ถ้าไม่สามารถคำนวณหาคาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารได้ถูกต้องโดยวิธีอื่น ให้คำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

(๑) สำหรับอาคารทั่วไปทุกชนิด ให้คำนวณตามสูตร

$$T = \frac{๐.๙๐h_n}{\bullet\sqrt{D}}$$

(๒) สำหรับโครงข้อแข็งที่มีความเหนียวให้คำนวณตามสูตร

$$T = ๐.๑๐\ N$$

h_n คือ ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

D คือ ความกว้างของโครงสร้างของอาคารในทิศทางขนานกับแรงแผ่นดินไหว มีหน่วยเป็นเมตร

N คือ จำนวนชั้นของอาคารทั้งหมดที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

ข้อ ๑๐ ในการคำนวณแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคารหรือส่วนต่าง ๆ ของอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ (C) ให้คำนวณตามสูตรดังนี้

$$C = \frac{๑}{๑๕\bullet\sqrt{T}}$$

ถ้าคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ได้มากกว่า ๐.๑๒ ให้ใช้เท่ากับ ๐.๑๒

ข้อ ๑๑ ค่าสัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งของอาคาร (S) มีดังนี้

ลักษณะของชั้นดิน	ค่าของ S
(๑) หิน	๑.๐
(๒) ดินแข็ง	๑.๒
(๓) ดินอ่อน	๑.๕

"หิน" หมายถึง หินทุกลักษณะไม่ว่าจะเป็นหินคล้ายหินเชล (shale) หรือที่เป็นผลึกตามธรรมชาติหรือดินลักษณะแข็งซึ่งมีความลึกของชั้นดินไม่เกิน ๖๐ เมตร และชนิดของดินที่ทับอยู่เหนือชั้นหินเป็นดินที่มีเสถียรภาพดี เช่น ทราย กรวด หรือดินเหนียวแข็ง

"ดินแข็ง" หมายถึง ดินลักษณะแข็งซึ่งมีความลึกของชั้นดินมากกว่า ๖๐ เมตร และชนิดของดินที่ทับอยู่เหนือชั้นหินเป็นดินที่มีเสถียรภาพดี เช่น ทราย กรวด หรือดินเหนียวแข็ง

"ดินอ่อน" หมายถึง ดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวแข็งปานกลาง และดินเหนียวแข็งหนามากกว่า ๕ เมตร อาจจะเป็นชั้นทรายคั่นอยู่หรือไม่ก็ได้

ถ้าผลคูณระหว่างค่า C กับค่า S มากกว่า ๐.๑๔ ให้ใช้เท่ากับ ๐.๑๔

ข้อ ๑๒ อาคารที่ได้รับใบอนุญาตหรือได้รับใบรับแจ้งการก่อสร้างหรืออาคารที่มีอยู่ก่อนวันที่กฎกระทรวงฉบับนี้ใช้บังคับ ให้ได้รับยกเว้นไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวงนี้

ให้ไว้ ณ วันที่ ๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๐

เสนาะ เทียนทอง
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย

<u>หมายเหตุ</u>:- เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้ คือ โดยที่เป็นการสมควรกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทานและความคงทนของอาคารหรือพื้นดินที่รองรับอาคาร สำหรับการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เพื่อให้อาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนดังกล่าวได้ ประกอบกับมาตรา ๘ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ได้บัญญัติให้การกำหนดดังกล่าวต้องกระทำโดยกฎกระทรวง จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงนี้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นาย นคร ภู่วโรดม

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรีสาขา	วิศวกรรมโยธา (เกียรตินิยม)	ปีที่จบ พ.ศ. 2533
สถาบัน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ประเทศไทย
ปริญญาโทสาขา	วิศวกรรมโครงสร้าง	ปีที่จบ พ.ศ. 2536
สถาบัน	Asian Institute of Technology	ประเทศไทย
ปริญญาเอกสาขา	วิศวกรรมโครงสร้าง	ปีที่จบ พ.ศ. 2539
สถาบัน	Saitama University	ประเทศญี่ปุ่น

ตำแหน่งและที่ทำงานปัจจุบัน

รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต จังหวัด ปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12120
โทรศัพท์ 02-5643001 ต่อ 3164, 3039 โทรสาร 02-5643010

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

- หัวหน้าโครงการ ทุนสนับสนุนวิจัยหลังปริญญาเอก เรื่อง “การแก้ไขปัญหาการสั่นสะเทือนของโครงสร้างด้วยมวลหน่วงที่เหมาะสมที่มีตัวหน่วงแบบของเหลว” ทุนวิจัย สกว. (ปี พ.ศ. 2541 - 2543)
- นักวิจัย โครงการวิจัย เรื่อง “กลศาสตร์ของท่อลำเลียงของไหลที่ยืดตัวได้ในสามมิติ” ทุนวิจัย สกว. (ปี พ.ศ. 2543 -2546)
- นักวิจัย โครงการวิจัย เรื่อง “โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย (ระยะที่ 1)” ทุนวิจัย สกว. (ปี พ.ศ. 2545 - 2547)
- รองผู้จัดการโครงการวิจัย เรื่อง “การวิเคราะห์หน่วยแรงลมที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของอาคารตามสภาพแวดล้อมเพื่อปรับปรุง กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ข้อ 17” สำหรับ สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการและผังเมือง (ปี พ.ศ. 2549)
- อนุกรรมการผลกระทบจากแผ่นดินไหวและแรงลม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ปี พ.ศ. 2540 ถึงปัจจุบัน)

รายชื่อคณะกรรมการวิจัยและพัฒนาของวุฒิสภา

****

1.	ศาสตราจารย์ ดร.บุญทัน	ดอกไธสง	ประธานกรรมการ
2.	ดร.วิบูลย์	แช่มชื่น	รองประธานกรรมการ
3.	ดร.บุญเลิศ	ไพรินทร์	กรรมการที่ปรึกษา
4.	รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	รูปสุวรรณ	กรรมการที่ปรึกษา
5.	รองศาสตราจารย์ ดร.วรพล	โสคติยานุรักษ์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
6.	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรภัทร์	เสรีรังสรรค์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
7.	รองศาสตราจารย์ ดร.พีรเดช	ทองอำไพ	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
8.	รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	มะเสนา	กรรมการ
9.	ศาสตราจารย์ พลโท ดร.โอภาส	รัตนบุรี	กรรมการ
10.	รองเลขาธิการวุฒิสภา (นายวุฒิชัย วัชรีรัตน์)		กรรมการ
11.	ผู้อำนวยการสำนักการคลังและงบประมาณ (นางรัตนา ศรีสิยวรรณ)		กรรมการ
12.	ผู้อำนวยการสำนักวิชาการ (นายไพโรจน์ โพธิไสย)		กรรมการและเลขานุการ
13.	ผู้อำนวยการกลุ่มงานวิจัยและข้อมูล (นายประธาน ทิพยกะลิน)		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

****