



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอลในประเทศไทย

โดย

นายภรภัทร พงศ์พัฒนศักดิ์

เลขประจำตัวนิสิต 5932721323

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอลในประเทศไทย

นายภรภัทร พงศ์พัฒนศักดิ์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF FOOTBALL STADIUM IN THAILAND

MISTER PORNPAT PONGPATTANASAK

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ

การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอลในประเทศไทย

โดย

นายภรภัทร พงศ์พัฒนศักดิ์

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

Project title SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF FOOTBALL STADIUM IN THAILAND

By Mister Pornphat Pongpattanasak

Field of Study Geology

Project Advisor Assoc. Prof. Santi Pailoplee (Ph.D.)

Submitted date.....

Approval date.....

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(Assoc. Prof. Santi Pailoplee)

ภรภัทร พงศ์พัฒนศักดิ์ : การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอลในประเทศไทย (SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF FOOTBALL STADIUM IN THAILAND)

อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้, 33 หน้า

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันฟุตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมสูงมากเป็นอันดับต้นๆของประเทศไทย ในแต่ละเกมการแข่งขันจะมีผู้เข้าชมมากตั้งแต่หลักพันคนจนถึงหลายหมื่นคนขึ้นอยู่กับความจุของสนามและทีมที่ลงแข่งขัน จึงทำให้สนามฟุตบอลกลายมาเป็นหนึ่งในสถานที่ที่มีผู้คนเข้ามาชุมนุมกันอย่างหนาแน่น ในการทำโครงการวิจัยนี้เพื่อประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นในสนามฟุตบอล 34 แห่ง ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกมาจากทีมที่มีสนามฟุตบอลเป็นของตัวเอง และอยู่ในลีก (League) ที่ได้รับความนิยมสูงสุด โดยในงานวิจัยนี้ได้ประเมินภัยพิบัติโดยใช้วิธีการ 2 วิธี คือ การประเมินโดยใช้วิธีกำหนดค่า (DSHA) และการประเมินโดยใช้วิธีความน่าจะเป็น (PSHA) แบบ 2% ในรอบ 50 ปีและ 100 ปี และแบบ 10% ในรอบ 50 ปีและ 100 ปี จากการประเมินโดยทั้งสองวิธีนั้นพบว่าสนามฟุตบอลที่ตั้งอยู่ในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทยจะมีค่าความเร่งเชิงพื้นดิน (PGA) ที่สูงกว่าสนามฟุตบอลที่ตั้งอยู่ในบริเวณภูมิภาคอื่น โดยจากวิธีการกำหนดค่าพบว่าสนามฟุตบอลที่มีค่าความเร่งเชิงพื้นดินที่สูงที่สุดคือสนามฟุตบอลของสโมสรแพร์ ยูไนเต็ต จังหวัดแพร์ มีค่าอยู่ที่ 0.37g และจากวิธีความน่าจะเป็น 2% และ 10% ในรอบ 50 ปี และ 100 ปี ก็ยังคงเป็นสโมสรแพร์ ยูไนเต็ตที่มีค่าความเร่งเชิงพื้นดินสูงสุด ได้แก่ 0.49g 0.56g 0.33g และ 0.39g ตามลำดับ ซึ่งจากมาตรฐาน Eurocode 1998 จะพบว่ามีทั้งหมด 3 แห่งที่จัดอยู่ในพื้นที่เสี่ยง ได้แก่ สนามฟุตบอลของสโมสรแพร์ ยูไนเต็ต จังหวัดแพร์, เชียงราย ยูไนเต็ต จังหวัดเชียงราย และลำปาง เอฟซี จังหวัดลำปาง

ภาควิชา _____ ธรณีวิทยา ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา ธรณีวิทยา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาหลัก.....

ปีการศึกษา 2562

5932721323 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : SEISMIC HAZARD ANALYSIS / FOOTBALL STADIUM / THAILAND

PORNPHAT PONGPATTANASAK : SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF FOOTBALL STADIUM IN THAILAND.

ADVISOR : ASSOC. PROF. SANTI PAILOPLEE, Ph.D., 33 pp.

Abstract

In the present time, football is one of the most popular sport in Thailand. In each game, there are many thousands of people come to a stadium to watch a match. The number of audiences depends on a stadium's capacity and the interesting of a competing team. From the reason that I mentioned above, a football stadium is one of the places that attract people to gather. This senior project for estimate the seismic hazard in 34 football stadiums which I selected from teams that has their own stadium and can get attention from a large number of people. This project uses 2 methods for estimate the seismic hazard. They are Deterministic Seismic Hazard Analysis method (DSHA) and Probabilistic Seismic Hazard Analysis method (PSHA). The PSHA method uses 2% and 10% POE in 50 year and 100 year. From the estimated, the stadium in the northern and western parts of Thailand have higher peak ground acceleration (PGA) than the others. From DSHA method, the maximum PGA value is 0.37g in the Phrae United's stadium. By the PSHA method 2% and 10% POE in 50 year and 100 year, the maximum PGA value is still in the Phrae United's stadium. The values are 0.49g 0.56g 0.33g and 0.39g respectively. There are 3 stadiums in the risk of seismic hazard for Eurocode 1998 standard include Phrae United's stadium, Chiangrai United's stadium and Lampang FC's stadium.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณและค่าใช้จ่ายตลอดการทำโครงการนี้

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้สละเวลามาคอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการ รวมถึงคอยติดตามผลของการดำเนินโครงการต่างๆจนเสร็จสิ้นโครงการและขอขอบพระคุณอาจารย์จากภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่คอยสั่งสอนและให้ความรู้มาตลอดเป็นระยะเวลาร่วม 4 ปี จนสามารถนำความรู้ต่างๆเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ควบคู่ไปกับโครงการนี้ได้

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆร่วมรุ่น Geo'60 ทุกคนที่คอยอยู่เคียงข้างกันมาตลอดการดำเนินโครงการไม่ว่าจะเป็นการให้กำลังใจกัน หรือตักเตือนกันให้ทำงาน รวมถึงขอบคุณความรู้และความเข้าใจต่างๆที่รุ่นพี่ Geo ได้ให้ไว้กับผู้วิจัย และกำลังใจจากน้องๆ Geo ทุกคนที่คอยถามถึงการทำโครงการอยู่บ่อยๆ สิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้โครงการของผู้วิจัยสำเร็จเสร็จสิ้นไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงครับ

สารบัญ

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ค
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญสมการ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 พื้นที่ศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวิธีการทดลอง	4
2.1 ทฤษฎี	4
2.2 วิธีการทดลอง	5
2.3 งานวิจัยในอดีต	9
บทที่ 3 ข้อมูล	15
3.1 บริเวณรอยเลื่อนที่มีโอกาสส่งผลให้เกิดแผ่นดินไหว	15
3.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว	17
3.3 ข้อมูลของพื้นที่ศึกษา	18

3.4	ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	18
บทที่ 4	ผลการทดลอง	20
4.1	การประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า	20
4.2	กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว	20
4.3	การประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็น	20
บทที่ 5	การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง	29
5.1	การอภิปรายผลการทดลอง	29
5.2	สรุปผลการทดลอง	32
	เอกสารอ้างอิง	33

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลและพิภพของพื้นที่ศึกษา	19
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า PGA และระยะทางที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DSHA	21
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI IV-V โดยวิธีการ PSHA	22
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI VI-VII โดยวิธีการ PSHA	23
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI VIII-IX โดยวิธีการ PSHA	24
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI X-XI โดยวิธีการ PSHA	25
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความน่าจะเป็น 2% ในการเกิดค่า PGA ต่างๆในรอบ 50 ปีและ 100 ปี	26
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความน่าจะเป็น 10% ในการเกิดค่า PGA ต่างๆในรอบ 50 ปีและ 100 ปี	27

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	ขั้นตอนการประเมิน DSHA	6
รูปที่ 2.2	ขั้นตอนการประเมิน PSHA	8
รูปที่ 2.3	กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่ 700 ปี	9
รูปที่ 2.4	แผนที่ประเทศไทยแสดงค่า PGA 2% และ 10% POE ในรอบ 100 ปี	10
รูปที่ 2.5	รูป a แสดงแผนที่ประเทศไทยและบริเวณโดยรอบซึ่งพบรอยเลื่อนมีพลัง โดย เส้นสีแดงคือรอยเลื่อนมีพลัง จุดสีชมพูคือข้อมูลแผ่นดินไหวตั้งแต่ปีค.ศ.1912 จนถึงปัจจุบัน รูป b ภายในรูปหลายเหลี่ยมสีน้ำเงินคือบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดของแผ่นดินไหว สี่เหลี่ยมสีดำคือบริเวณที่จะทำการศึกษา paleoseismological ในงานวิจัย	11
รูปที่ 2.6	รูป a คือ Probability density function ซึ่งได้จากการประเมินจากโมเดลของ แผ่นดินไหวลักษณะเฉพาะของบริเวณรอยเลื่อน 4 รอยเลื่อนในภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ของประเทศไทย รูป b คือการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของระยะทาง ซึ่งวัดจากแต่ละจังหวัดไปถึงบริเวณรอยเลื่อน	11
รูปที่ 2.7	กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Curve) ที่ใช้ในงานวิจัย	12
รูปที่ 2.8	แผนที่ประเทศไทยแสดงผลที่ได้จากการประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธี PSHA โดยแสดงค่าความน่าจะเป็น 2% และ 10% POE ในรอบ 50 ปี	12
รูปที่ 2.9	แผนที่ประเทศไทยแสดงความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวที่ความรุนแรง ระดับต่างๆตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง	13
รูปที่ 2.10	แผนที่แสดงค่า PGA ของทางรถไฟทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา	14
รูปที่ 2.11	แผนที่แสดงค่า PGA (a) 2% ในรอบ 50 ปี (b) 10% ในรอบ 50 ปี ของทางรถไฟในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	14
รูปที่ 3.1	แผนที่แสดงรอยเลื่อนที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา	15

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะและคุณสมบัติต่างๆของรอยเลื่อนที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา โดย S คือรอยเลื่อนตามแนวระดับ N คือรอยเลื่อนปกติ R คือรอยเลื่อนย้อน SRL คือความยาวของรอยเลื่อน S คืออัตราการเลื่อนตัว m_{max} คือขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ A_f คือพื้นที่ปริแตกของรอยเลื่อน	16
รูปที่ 3.3 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 13 แห่งที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา	17
รูปที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติของเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 13 แห่ง	17
รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา	18
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอล 34 แห่ง	28
รูปที่ 5.1 มาตรฐาน Eurocode 8 ซึ่งจัดตั้งขึ้นโดยสหภาพยุโรป	30

สารบัญสมการ

สมการที่ 2.1 สมการความสัมพันธ์ การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว	7
สมการที่ 2.2 สมการความสัมพันธ์ การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว	7
สมการที่ 2.3 สมการความสัมพันธ์ การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว	7
สมการที่ 2.4 สมการความน่าจะเป็นของแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว	7
สมการที่ 2.5 สมการความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหว กับค่า PGA ต่างๆที่พิจารณา	8
สมการที่ 2.6 สมการแสดงค่าอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ศึกษา	8

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แผ่นดินไหวเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ส่งผลเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้คนขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นๆ ซึ่งแผ่นดินไหวเกิดจากการปฏิสัมพันธ์กันของแผ่นเปลือกโลก 3 รูปแบบ ได้แก่ การเคลื่อนที่ออกจากกัน (divergent movement) การเคลื่อนที่เข้าหากัน (convergent movement) และการเคลื่อนที่ผ่านกัน (transform movement) โดยการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นเปลือกโลกอันก่อให้เกิดการชนและการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกจะสัมพันธ์กับกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐาน (seismotectonic setting) 3 รูปแบบ คือ แผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างขอบการชนกันของแผ่นเปลือกโลก (Interplate earthquake) แผ่นดินไหวที่เกิดภายในแผ่นเปลือกโลก (Intraplate earthquake) และแผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณแผ่นที่มุดลงไปใต้อันเนื่องโลก (Intraslab earthquake)

จากข้อมูลดังกล่าว ประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่บริเวณใกล้กับเขตมุดตัวของเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน และรอยเลื่อนสกาย (Sagaing fault) ซึ่งเป็นรอยเลื่อนมีพลังในประเทศพม่าได้ส่งผลกระทบต่อแผ่นดินไหวขึ้นในบริเวณภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย รวมถึงรอยเลื่อนต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งเกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกอินโด-ออสเตรเลียและแผ่นยูเรเชียก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดแผ่นดินไหวด้วยเช่นกัน นักแผ่นดินไหวจึงได้มีการประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวในภูมิภาคต่างๆ ในประเทศไทย โดยใช้วิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) และ วิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) เพื่อประเมินระดับแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ซึ่งวิธีการทั้ง 2 วิธีดังกล่าว ได้อ้างอิงมาจากหนังสือวิทยาค้นไหวสะเทือน (Statistical Seismology) ของ ภัยหลบลี (2018)

จากการศึกษางานวิจัยในอดีต พบว่าได้มีผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวตามเส้นทางรถไฟในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้วิธีกำหนดค่า (DSHA) และวิธีการประมาณค่า (PSHA) (Dumrongkitapichart, 2017) ซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับผู้วิจัยจะใช้ในงานวิจัยนี้ แต่พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้เป็นบริเวณสนามฟุตบอลต่างๆ ในประเทศไทย ซึ่งเป็นสถานที่ที่ข้อมูลภัยพิบัติแผ่นดินไหวมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

ในปัจจุบันกีฬาฟุตบอล เป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเป็นอันดับต้นๆ ในประเทศไทย และฟุตบอลไทยลีกก็ได้รับความนิยมจากคนไทยเป็นอย่างมาก โดยทัวร์นาเมนต์หลักที่คนไทยให้ความสนใจมากที่สุดคือฟุตบอลไทยลีก 1 (T1) และฟุตบอลไทยลีก 2 (T2) เนื่องจากทั้งสองทัวร์นาเมนต์นี้มีกติกาที่เป็นสากล มีมาตรฐานของความสามารถนักกีฬาที่สูง และที่สำคัญที่สุดคือมีฐานของแฟนบอลที่ติดตามเชียร์มั่นคง มีสนามฟุตบอลที่สามารถรองรับกองเชียร์ได้ตั้งแต่หลักพันจนถึงหลักหมื่นคน ซึ่งพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้คือบริเวณสนามฟุตบอล 34 แห่ง ของทีมฟุตบอลทั้งหมด 34 ทีม ทั้งในไทยลีก 1 และไทยลีก 2

เนื่องจากจำนวนผู้เข้าชมการแข่งขันฟุตบอลมีจำนวนมาก ซึ่งสนามฟุตบอลเป็นสถานที่ที่ผู้คนหนาแน่น หากเกิดแผ่นดินไหวขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อผู้คนที่เห็นได้ชัด ตัวอย่างเช่นงานวิจัยในอดีตเคยมีการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหวใน Trajumas hall ในเมืองยอกยอการ์ตา ส่งผลให้ห้องโถงดังกล่าวเสียหายและพังทลายลง (Santosa and Prihatmaji, 2011) ซึ่งหากเกิดแผ่นดินไหวเช่นนี้ในสนามฟุตบอล ย่อมทำให้เกิดความโกลาหลของผู้คนขึ้นและอาจส่งผลให้เกิดผลลัพธ์อันนำมาซึ่งความสูญเสียดังเช่นโศกนาฏกรรมฮิลส์โบโรในปี 1989 ณ เมืองเซฟฟิลด์ ประเทศอังกฤษ ซึ่งเกิดจากความโกลาหลของบรรดากองเชียร์ของทีมฟุตบอลลิเวอร์พูลที่พยายามกรูกันเข้าไปในสนามฟุตบอลจนเกินความจุที่จะรับได้และเป็นเหตุให้เกิดการเสียชีวิตทั้งสิ้น 96 ราย และประกอบกับการที่ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้กับเขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันและรอยเลื่อนสกายซึ่งเป็นรอยเลื่อนมีพลัง รวมถึงรอยเลื่อนในภูมิภาคต่างๆ ที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งจะก่อให้เกิดความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์ งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อมุ่งเน้นไปที่การประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอลต่างๆ เพื่อรับมือกับแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตและกำจัดหรือลดทอนความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.) เพื่อวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว (earthquake hazard) บริเวณสนามฟุตบอลโดยแสดงในรูปแบบของระดับแรงสั่นสะเทือน (ground shaking) และความรุนแรงแผ่นดินไหว (earthquake intensity) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในช่วงความน่าจะเป็นและช่วงเวลาต่างๆ ที่สนใจ

2.) เพื่อที่จะสามารถเตรียมการรับมือกับแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่โดยอ้างอิงจากผลที่ได้

1.3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมสนามฟุตบอลทั่วประเทศไทย กล่าวคือพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยคือบริเวณประเทศไทยทั้งหมด ซึ่งตั้งอยู่บริเวณละติจูดที่ 5 องศา 37 ลิปดาเหนือ ถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ โดยจะทำการศึกษา

บริเวณสนามฟุตบอลในประเทศไทยทั้งหมด 34 สนาม ได้แก่ สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่ 700 ปี (จังหวัดเชียงใหม่), สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก (จังหวัดตาก), สนามกีฬาจังหวัดลำปาง (จังหวัดลำปาง), มิตรผล สเตเดียม (จังหวัดราชบุรี), สามอ่าว สเตเดียม (จังหวัดประจวบคีรีขันธ์), ทะเลหลวง สเตเดียม (จังหวัดสุโขทัย), สิงห์ เชียงราย ยูเนิตี สเตเดียม (จังหวัดเชียงราย), สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม (จังหวัดนครปฐม), สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี (จังหวัดสุพรรณบุรี), สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท (จังหวัดชัยนาท), สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่ (จังหวัดแพร่), สนามกีฬากลางจังหวัดสมุทรสาคร (จังหวัดสมุทรสาคร), SCG สเตเดียม (กรุงเทพมหานคร), สนามกีฬากองทัพบก (กรุงเทพมหานคร), สนามแพท สเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย (กรุงเทพมหานคร), สนามฟุตบอลทีโอที สเตเดียม (กรุงเทพมหานคร), สนามกีฬาบุญยะจินดา (กรุงเทพมหานคร), ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต (กรุงเทพมหานคร), สนามกีฬาธูปะเตมีย์ (จังหวัดปทุมธานี), ลีโอ สเตเดียม (จังหวัดปทุมธานี), สนามฟุตบอลศุภชลาศัย (จังหวัดสมุทรปราการ), ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา (กรุงเทพมหานคร), สมุทรปราการ สเตเดียม (จังหวัดสมุทรปราการ), สนามกีฬาราชนาวิสต์ฮีบ (จังหวัดชลบุรี), ชลบุรี สเตเดียม (จังหวัดชลบุรี), พีทีที สเตเดียม (จังหวัดระยอง), สนามกีฬากลางจังหวัดระยอง (จังหวัดระยอง), สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 (จังหวัดนครราชสีมา), สนามกีฬากลางจังหวัดหนองบัวลำภู (จังหวัดหนองบัวลำภู), สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น (จังหวัดขอนแก่น), สนามกีฬาภคกท (จังหวัดอุดรธานี), โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น (จังหวัดขอนแก่น), สนามช้าง อารีน่าสเตเดียม (จังหวัดบุรีรัมย์) และ สนามศรีนครลำดวน (จังหวัดศรีสะเกษ)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Curves) โดยเป็นกราฟเปรียบเทียบทั้ง 34 สนามที่พิจารณาและตารางแสดงความสัมพันธ์ของสนามฟุตบอลทั้ง 34 สนามกับความรุนแรงแผ่นดินไหวที่สูงที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (Maximum Credible Earthquake ; MCE) โดยใช้วิธีการประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวแบบกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis ; DSHA) และความสัมพันธ์ของสนามฟุตบอลทั้ง 34 สนาม ต่อความน่าจะเป็น (Probability) ในการเกิดแผ่นดินไหวต่างๆ โดยใช้วิธีการประเมินภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis ; PSHA)

บทที่ 2

ทฤษฎีและวิธีการทดลอง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1. การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis)

การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว คือ การวิเคราะห์ระดับแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว (ground shaking) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ในอนาคต โดยแสดงอยู่ในรูปแบบของอัตราเร่งสูงสุดบนพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) (หน่วย g หรือ gal) ซึ่งกำหนดให้ $1g = 9.81$ เมตร/วินาที² คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ในขณะที่ $1gal = 1$ เซนติเมตร/วินาที² $= 1/981g = 0.001g$ โดยในการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไวนักแผ่นดินไหวกำหนดตัวแปรที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว 3 ตัวแปร ได้แก่ 1.) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (earthquake source) โดยพิจารณาทั้งรูปร่างและพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งในการพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่อาจส่งผลกระทบต่อด้านแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวต่อพื้นที่ศึกษาใดๆ จะทำการขยายพื้นที่พิจารณาเพิ่มเติมจากพื้นที่ศึกษาออกไปอย่างน้อย 300 กิโลเมตร (Gupta et al., 2002) 2.) แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว (strong-ground motion attenuation model) โดยธรรมชาติ เมื่อคลื่นไหวสะเทือนเดินทางออกจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวผ่านตัวกลางต่างๆ แรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวจะลดทอนลงตามระยะห่างจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มากขึ้น ซึ่งลักษณะการลดทอนของแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะทางธรณีวิทยาในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นในการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวในพื้นที่ใดๆ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวที่เหมาะสม 3) การตอบสนองแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวในพื้นที่ (site respond) นอกจากนี้นักแผ่นดินไหวพบว่าในบางกรณี แรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวสามารถเพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจัยสำคัญของการเพิ่มขึ้นของแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว คือ ลักษณะเฉพาะของดินหรือตะกอนที่ปกคลุมชั้นหินแข็งในแต่ละพื้นที่ จากทั้ง 3 ปัจจัย ดังที่กล่าวในข้างต้น นักแผ่นดินไวนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่าและวิธีความน่าจะเป็น ซึ่งทั้ง 2 วิธี วิเคราะห์จากตัวแปรด้านแผ่นดินไหวที่คล้ายกัน แต่มีความแตกต่างกันทั้งวิธีการ ผลลัพธ์ และจุดประสงค์การใช้ผลการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวดังกล่าว

1.) การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) (Hull et al., 2003) เป็นแนวคิดในการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (worst-case scenario) ในแต่ละพื้นที่ โดยพิจารณาจากแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (maximum

credible earthquake, MCE) และ แผ่นดินไหวดังกล่าวเกิดขึ้นใกล้กับพื้นที่ศึกษามากที่สุดเท่าที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวในพื้นที่สำคัญ เช่น โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เชื้อน หรือ อาคารสูง เป็นต้น

2.) การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) (Cornell, 1968) เป็นการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยใช้แนวคิดความน่าจะเป็นช่วยในการประเมินผล เช่น ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ ความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา รวมทั้งความน่าจะเป็นจากความไม่แน่นอนของการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว

2.2 วิธีการทดลอง

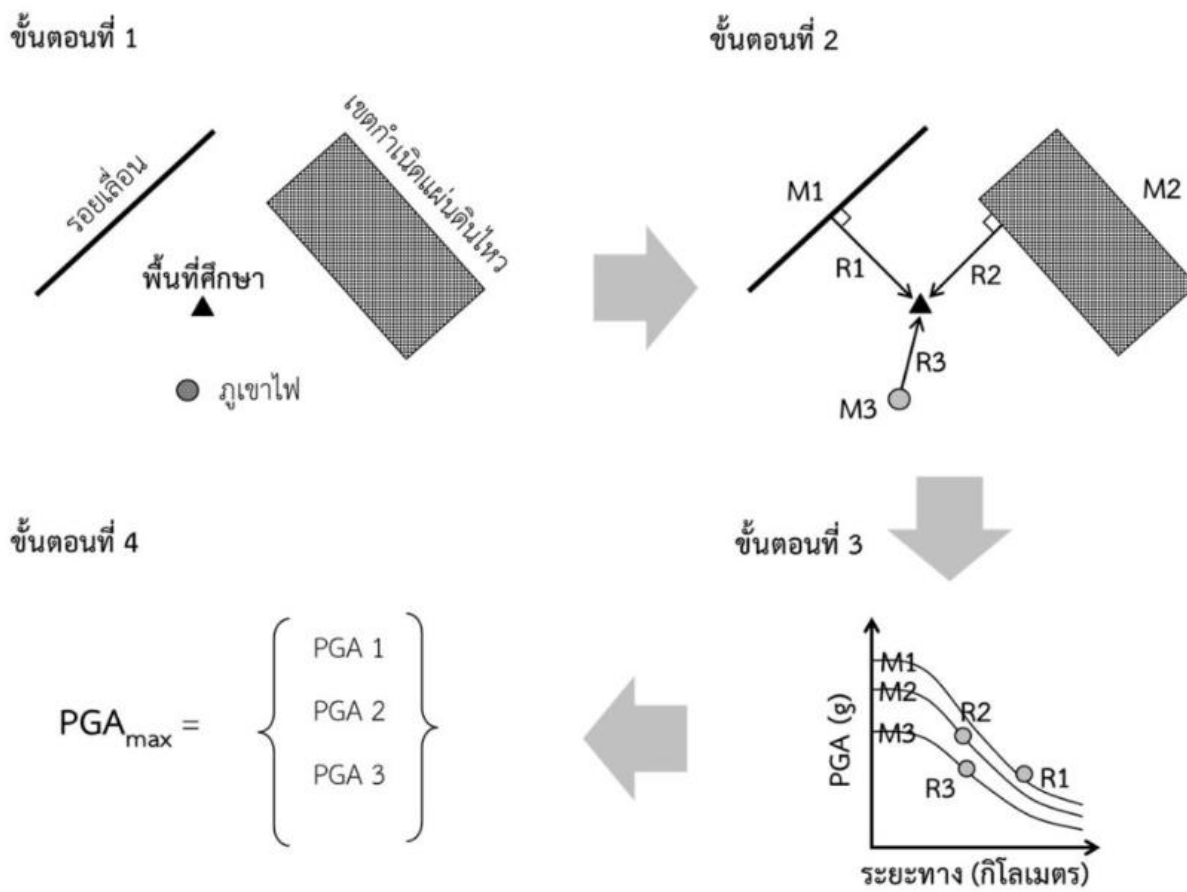
2.2.1. การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

1.) วิเคราะห์รูปร่างและตำแหน่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งหมดที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา รวมทั้งประเมินค่า MCE ในแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวดังกล่าว ในการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวได้มีการแบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวออกเป็น แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบจุด (point source) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบเส้น (line source) นอกจากนี้แผ่นดินไหวอาจเกิดกระจายตัวในพื้นที่กว้างและมีจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวไม่สัมพันธ์กับภูเขาไฟหรือรอยเลื่อนอย่างชัดเจน ในทางวิทยาศาสตร์แผ่นดินไหวสะท้อนประเมินว่าเป็น แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบพื้นที่ (area source) เรียกว่า เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (seismic source zone) หมายถึง กรอบพื้นที่ซึ่งประเมินว่ามีพฤติกรรมเกิดแผ่นดินไหวเหมือนกันในทุกพื้นที่ย่อยภายในเขตกำเนิดแผ่นดินไหว

2.) ประเมินระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา โดยแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบจุดสามารถตรวจวัดระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวและพื้นที่ศึกษาได้โดยตรง ในขณะที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบเส้นหรือแบบพื้นที่ นักแผ่นดินไหวแบ่งเส้นหรือพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยและตรวจวัดระยะทางจากในแต่ละพื้นที่ย่อยของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นคัดเลือกระยะทางที่ใกล้ที่สุดเป็นตัวแทนของระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา

3.) ประเมินแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวในรูปแบบของค่า PGA จากค่า MCE และระยะทางที่ใกล้ที่สุดระหว่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา โดยใช้แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา

4.) เปรียบเทียบค่า PGA ที่ประเมินได้จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ และคัดเลือกค่า PGA สูงที่สุดเป็นตัวแทนภัยพิบัติแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ DSHA (Hull และคณะ, 2003)

2.2.2. การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

1.) จำแนกรูปร่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ DSHA หลังจากนั้นประเมินระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษาในรูปแบบของความน่าจะเป็นในแต่ละระยะทาง โดยแบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวออกเป็นพื้นที่ย่อยและตรวจวัดระยะทางในแต่ละพื้นที่ย่อยถึงพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นประเมินความน่าจะเป็นในแต่ละระยะทางที่พิจารณา

2.) ประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ (ขั้นตอนที่ 2) ซึ่งประเมินในเบื้องต้นจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว โดยวิเคราะห์ ค่า a และค่า b จากสมการความสัมพันธ์ การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (Frequency-Magnitude Distribution, FMD)

$$\log N_m = a - bM \quad \text{สมการ 2.1}$$

$$\alpha = e^{(aln(10))} \quad \text{สมการ 2.2}$$

$$\beta = bln(10) \quad \text{สมการ 2.3}$$

โดยที่ N_m คือ ผลรวมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า M , M คือขนาดของแผ่นดินไหว อย่างไรก็ตามสืบเนื่องจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วง 40-60 ปี ประกอบกับธรรมชาติของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีคาบอุบัติซ้ำการเกิดแผ่นดินไหวที่ยาวนาน นักแผ่นดินไหวจึงได้มีการพิจารณาข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวร่วมกับบันทึกทางธรณีวิทยาหรือข้อมูลธรณีวิทยาแผ่นดินไหว (Schwartz and Coppersmith., 1984)

3.) ประเมินค่า PGA (หน่วย g หรือ gal) จากแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาจากทุกกรณีศึกษาของระยะทางและขนาดแผ่นดินไหวที่ประเมินได้จากขั้นตอนที่ 1-2 ซึ่งค่า PGA ที่ประเมินได้ในแต่ละกรณีศึกษาของระยะทาง (r) และขนาดแผ่นดินไหว (m) ดังกล่าวกำหนดให้เป็นค่าเฉลี่ย (PHA ในสมการด้านล่าง) ของแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากความไม่แน่นอนของการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว (ค่า SD แตกต่างกันในแต่ละแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว) หลังจากนั้นกำหนดช่วงกรณีศึกษาของแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว (A_0) ซึ่ง Pailoplee และ Palasri (2014) กำหนดให้อยู่ในช่วง 0.005-2.995g และสร้างกราฟแสดงการกระจายตัวแบบบิวซงก์ (Poisson distribution, F) ของความน่าจะเป็นของการเกิดค่า $PGA \geq A_0$ ที่พิจารณา ดังแสดงในสมการ

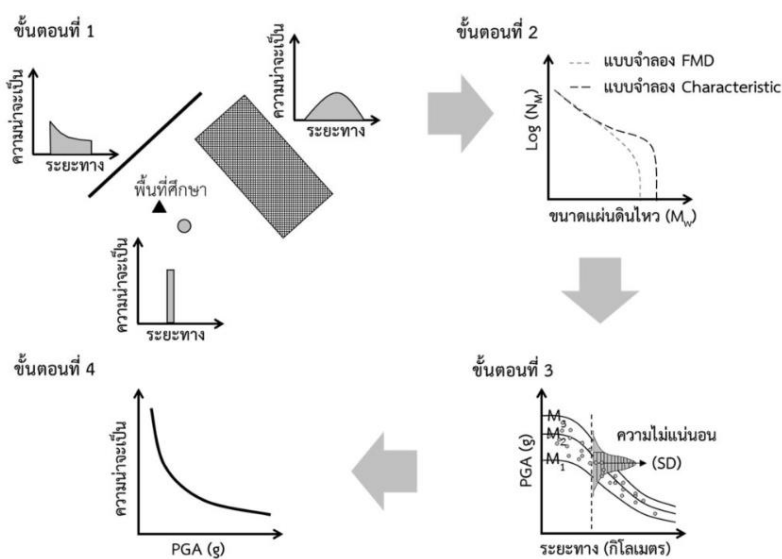
$$P[A(r, m) \geq A_0 | r, m] = 1 - \phi \frac{\log A_0 - \log \overline{PHA}}{SD} \quad \text{สมการ 2.4}$$

4.) สร้างกราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว (seismic hazard curve) โดยกำหนดให้ $\lambda(A \geq A_0)$ คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดค่า $PGA \geq A_0$ ที่พิจารณา (probability of exceedance, POE) ในขณะที่ $f_{\eta}(r)$ คือ ความน่าจะเป็น

เป็นของระยะทาง r จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา (ขั้นตอนที่ 1) ส่วนในกรณีของ $f_{Mi}(m)$ คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด m (ขั้นตอนที่ 2) และ $P[A(m,r) \geq A_0 | m,r]$ คือ ความน่าจะเป็นจากความไม่แน่นอนของแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว ที่ประเมินจากกรณีศึกษา ระยะทาง r และแผ่นดินไหวขนาด m (ขั้นตอนที่ 3) โดยกำหนดให้ η_i คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว i จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่พิจารณาทั้งหมด N_s แหล่งกำเนิด และ α และ β คือ ค่าคงที่และสัมพันธ์กับค่า a และค่า b จาก สมการความสัมพันธ์ FMD

$$\lambda(A \geq A_0) = \sum v_i \iint f_{ri}(r) f_{Mi}(m) P[A(r, m) \geq A_0 | r, m] dr dm \quad \text{สมการ 2.5}$$

$$v_i = \exp(\alpha_i - \beta_i m_0) \quad \text{สมการ 2.6}$$



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ PSHA (Kramer, 1996)



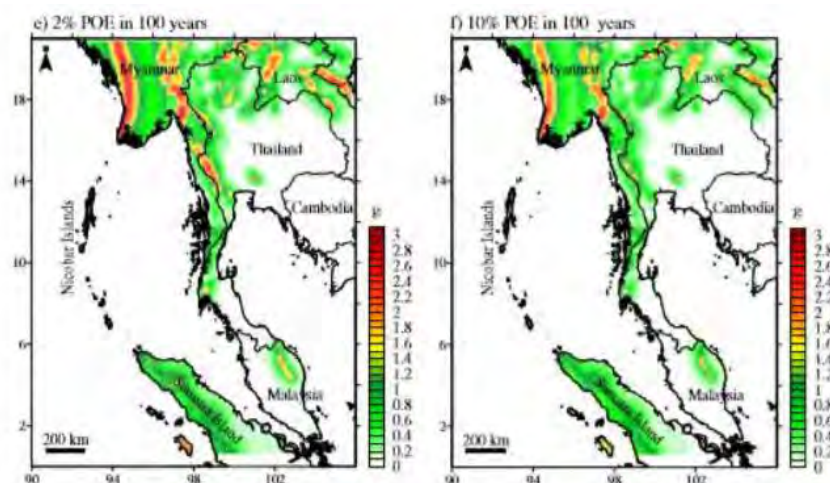
รูปที่ 2.3 กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่ 700 ปี

2.3 งานวิจัยในอดีต

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวนั้น จะเกี่ยวข้องกับการประเมินค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) บริเวณพื้นที่ศึกษาและบริเวณโดยรอบ ซึ่งงานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวบริเวณสนามฟุตบอลต่างๆในประเทศไทย เพื่อที่จะเตรียมพร้อมรับมือหรือเฝ้าระวังกับภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ผู้วิจัยจึงได้ทำการรวบรวมงานวิจัยที่มีความเชื่อมโยงหรือเกี่ยวข้องกันในอดีตที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวไว้ เพื่อเป็นแนวทางและใช้ในการอ้างอิงในการทำงานวิจัยต่อไป

2.3.1. Deterministic and probabilistic seismic hazard analyses in Thailand and adjacent areas using active fault data (Pailoplee et al., 2009)

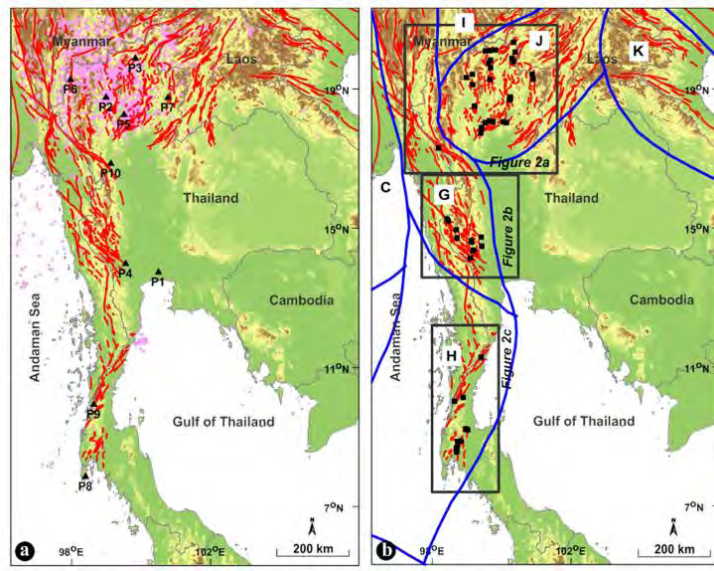
งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับภัยพิบัติแผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทยและบริเวณโดยรอบประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์ภัยพิบัติโดยวิธีกำหนดค่า (DSHA) และวิธีความน่าจะเป็น (PSHA) ซึ่งการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธีกำหนดค่าจะให้ค่าความเร่งสูงสุดเชิงพื้นดิน (PGA) ที่มากที่สุดที่จะสามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งวิธีนี้มักจะใช้กับโครงสร้างที่สำคัญเช่น สิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่, ทางหลวง รวมถึงทางรถไฟต่างๆ เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลของรอยเลื่อนทั้งหมด 55 รอยเลื่อน ทั้งในประเทศไทยและบริเวณโดยรอบในการพิจารณาวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว โดยจากงานวิจัยทำให้ทราบว่าวิธีการวิเคราะห์แผ่นดินไหวแบบ DSHA แสดงให้เห็นความรุนแรงแผ่นดินไหวในช่วงตั้งแต่ 0g ในบริเวณที่อยู่ไกลจากรอยเลื่อนมีพลัง จนถึง 3g ในบริเวณที่อยู่ใกล้กับรอยเลื่อนมีพลัง ส่วนในการประเมินแบบ PSHA นั้น ทางผู้วิจัยได้ประเมินความน่าจะเป็น 2% และ 10% POE ในรอบ 50 ปี และ 100 ปี นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ยังมีการกล่าวถึงอัตราการเลื่อนตัวและความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มากที่สุดที่อาจเกิดขึ้นได้จากรอยเลื่อนมีพลังต่างๆในประเทศไทย



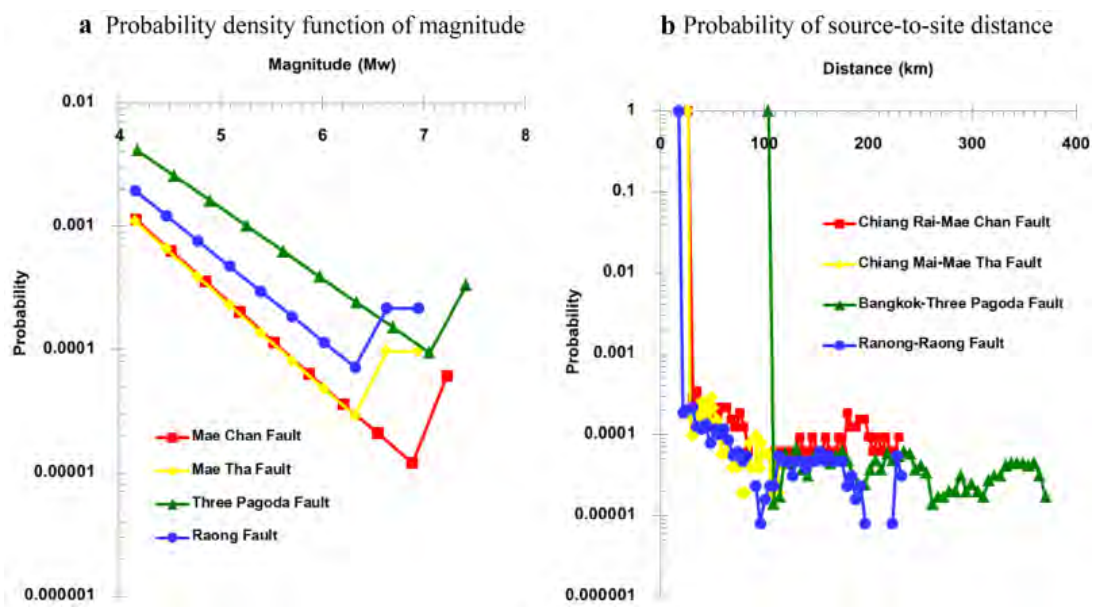
รูปที่ 2.4 แผนที่ประเทศไทยแสดงค่า PGA 2% และ 10% POE ในรอบ 100 ปี (Pailoplee et al., 2009)

2.3.2. Seismic hazards in Thailand: a compilation and updated probabilistic analysis (Pailoplee and Charusiri, 2016)

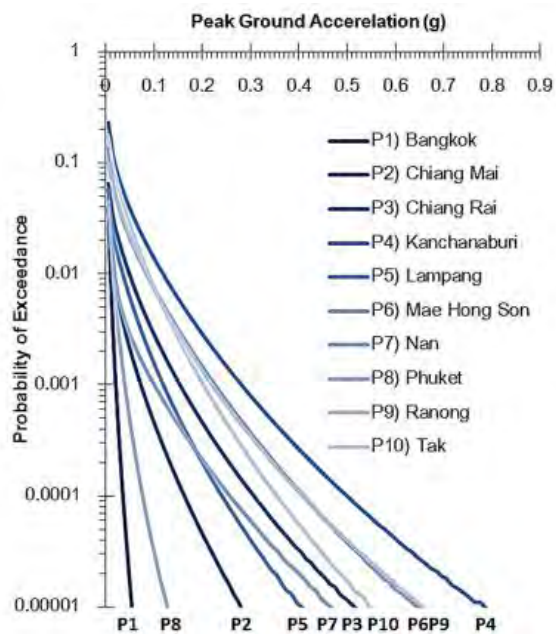
งานวิจัยนี้บ่งชี้ว่าประเทศไทยอยู่บริเวณที่ไม่ปลอดภัยต่อแผ่นดินไหว เนื่องจากรอยเลื่อนมีพลังต่างๆทั้งในประเทศและบริเวณโดยรอบ โดยบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากรอยเลื่อนมีพลังมากที่สุดคือบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ ซึ่งจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ผ่านมาพบว่าบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทยเคยเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงตั้งแต่ II-VII ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง



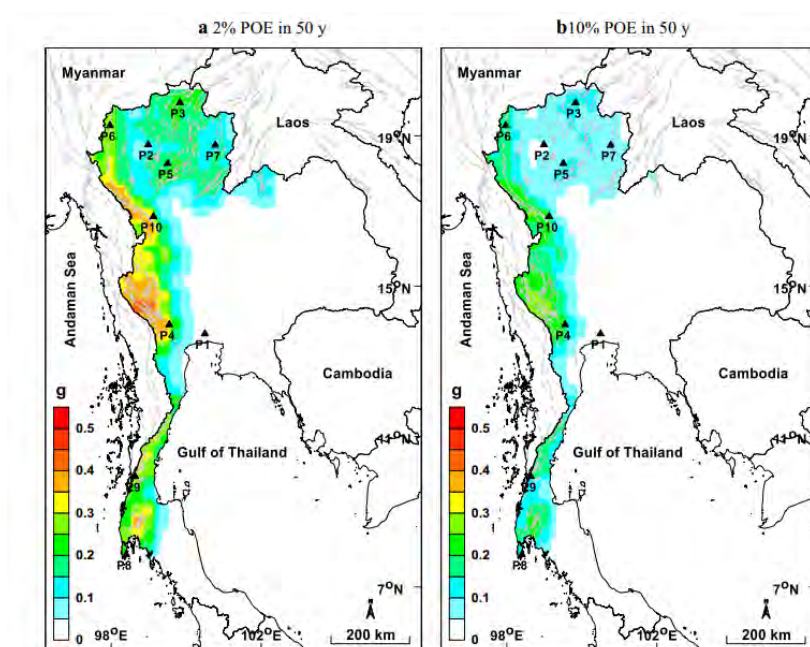
รูปที่ 2.5 รูป a แสดงแผนที่ประเทศไทยและบริเวณโดยรอบซึ่งพบรอยเลื่อนมีพลัง โดยเส้นสีแดงคือรอยเลื่อนมีพลัง จุดสี่ขมพูคือข้อมูลแผ่นดินไหวตั้งแต่ปีค.ศ. 1912 จนถึงปัจจุบัน รูป b ภายในรูปหลายเหลี่ยมสีน้ำเงินคือบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดของแผ่นดินไหว สีเหลี่ยมสีดำคือบริเวณที่จะทำการศึกษา paleoseismological ในงานวิจัยนี้



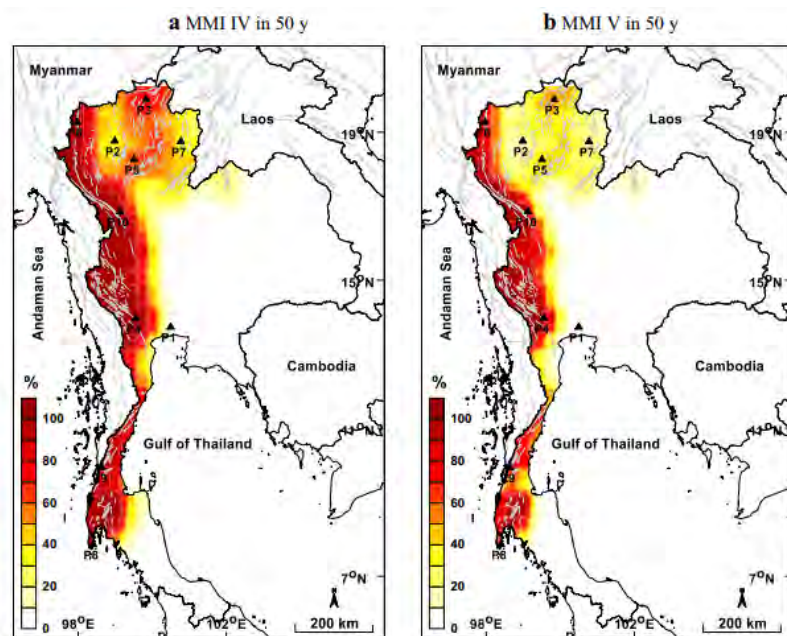
รูปที่ 2.6 รูป a คือ Probability density function ซึ่งได้จากการประเมินจากโมเดลของแผ่นดินไหวลักษณะเฉพาะของบริเวณรอยเลื่อน 4 รอยเลื่อนในภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ของประเทศไทย รูป b คือการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของระยะทางซึ่งวัดจากแต่ละจังหวัดไปถึงบริเวณรอยเลื่อน



รูปที่ 2.7 กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Curves) ของ 10 จังหวัดสำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้



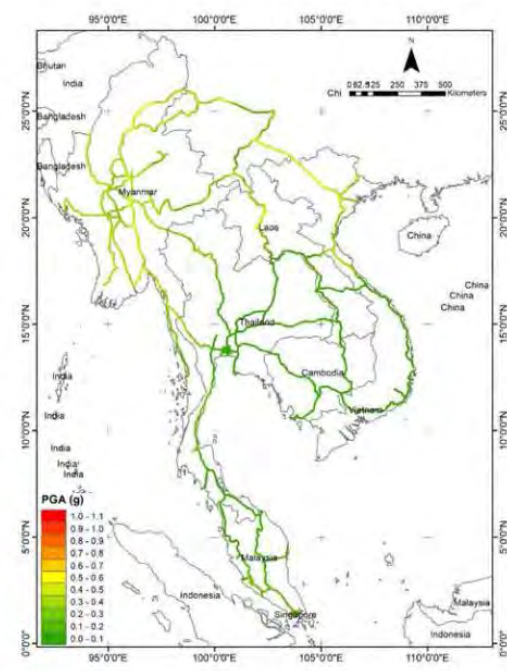
รูปที่ 2.8 แผนที่ประเทศไทยแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธี PSHA โดยแสดงค่าความน่าจะเป็น 2% และ 10% POE ในรอบ 50 ปี



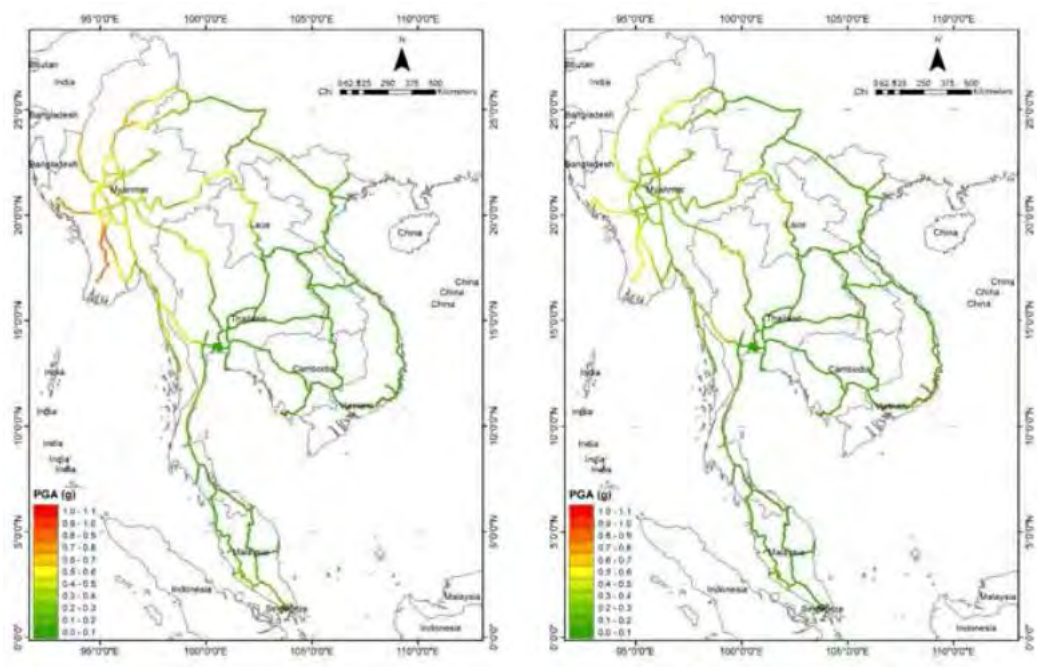
รูปที่ 2.9 แผนที่ประเทศไทยแสดงความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวที่ความรุนแรงระดับต่างๆ ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง

2.3.3. Earthquake Activities and Hazards along railways in the Mainland Southeast Asia (Damrongkitapichart, 2017)

การสร้างรางรถไฟสายต่างๆ จะต้องมีการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหว เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่สำคัญ โดยใช้ข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทยรวมถึงบริเวณข้างเคียง เพื่อวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธี DSHA และ PSHA ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงออกมาในรูปของแผนที่แสดงค่า PGA โดยรอบพื้นที่ศึกษาซึ่งได้จากวิธี DSHA และ แผนที่แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ โดยรอบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยใช้วิธี PSHA



รูปที่ 2.10 แผนที่แสดงค่า PGA ของทางรถไฟทั้งหมดในบริเวณพื้นที่ศึกษา



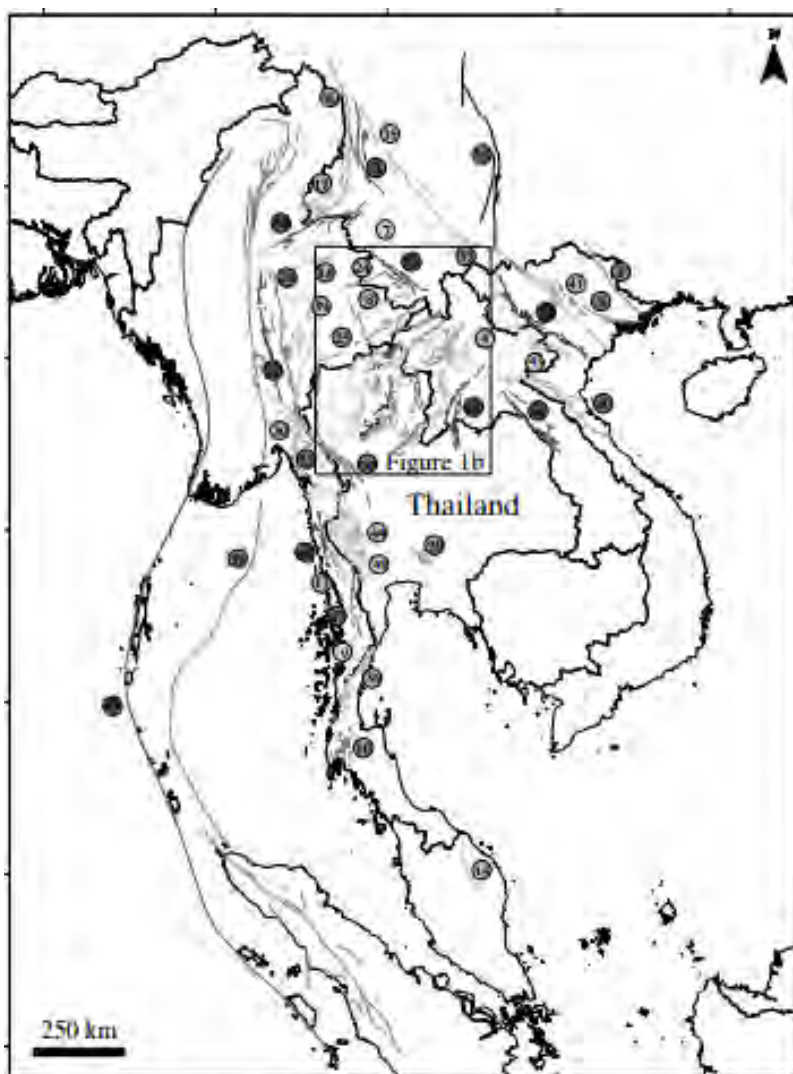
รูปที่ 2.11 แผนที่แสดงค่า PGA (a) 2% ในรอบ 50 ปี และ (b) 10% ในรอบ 50 ปี ของทางรถไฟ
ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

บทที่ 3

ข้อมูล

3.1 บริเวณรอยเลื่อนที่มีโอกาสส่งผลให้เกิดแผ่นดินไหว

การพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา ควรจะพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่อยู่ห่างออกไปจากแหล่งกำเนิดเป็นระยะทางอย่างน้อย 300 กิโลเมตร ซึ่งจากงานวิจัยในอดีตจึงทำให้ทราบว่ามียูเนียนทั้งหมด 55 รอยเลื่อน ที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา (Pailoplee และคณะ, 2009)



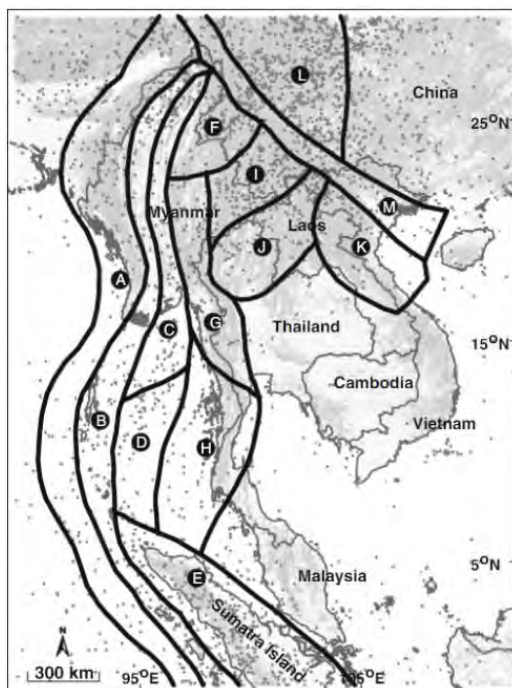
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงรอยเลื่อนที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา (Pailoplee et al., 2009)

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะและคุณสมบัติต่างๆของรอยเลื่อนที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา (Pailoplee et al., 2009) โดยที่ S คือรอยเลื่อนตามแนวระดับ N คือรอยเลื่อนปกติ R คือรอยเลื่อนย้อน SRL คือความยาวของรอยเลื่อน S คืออัตราการเลื่อนตัว m_{max} คือขนาดของแผ่นดินไหวที่สูงที่สุดที่อาจเกิดขึ้นได้ A_f คือพื้นที่ปริแตกของรอยเลื่อน

Fault no.	Fault zone	Active fault data				Seismicity investigation			Source	
		Fault type ^a	SRL (km)	S (mm/yr)	m_{max} (km ²)	A_f (km ²)	m_{min}	a value		b value
1	Cao Bang-Tien Yen	S	287	—	7.9	5,000	4.0	1.50	0.34	Caong <i>et al.</i> (2006)
2	Chiang Rai	S	28	—	6.8	499	4.0	2.25	0.42	This study
3	Chong Shan shear zone	S	298	5.00	8.0	6,166	4.0	7.85	1.34	Akceiz <i>et al.</i> (2008)
4	Dein Bein Fu	S	130	2.00	7.5	2,163	4.0	2.68	0.37	Zachewicz <i>et al.</i> (2004)
5	Dong Trieu	S, N	187	—	7.7	3,289	4.0	2.71	0.90	Charusiri <i>et al.</i> (2002)
6	Gailigong Shan shear zone	S	407	5.00	8.1	7,603	4.0	9.67	1.62	Akceiz <i>et al.</i> (2008)
7	Hsenwi-Nanting	S	359	1.00	8.0	6,166	4.0	25.80	4.83	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
8	Jinghong	S	53	—	7.1	935	4.0	2.33	0.40	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
9	Kawthuang	—	36	—	6.9	615	4.0	1.68	0.25	This study
10	Kloeng Marai	S	29	0.10	6.8	499	4.0	1.68	0.25	Wong <i>et al.</i> (2005)
11	Kungyaungale	S	25	4.00	6.7	405	4.0	1.68	0.25	Wong <i>et al.</i> (2005)
12	Lampang-Thoen	S, N	28	0.83	6.8	499	4.0	2.72	0.55	Charusiri <i>et al.</i> (2004)
13	Lashio	S	50	1.00	7.0	759	4.0	3.15	0.40	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
14	Libir	—	170	—	7.7	3,289	4.0	3.44	0.60	Metcalf (2000)
15	Linchang	S	107	—	7.4	1,754	4.0	2.33	0.29	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
16	Loei-Petchabun Suture	S	59	—	7.1	935	4.0	3.01	0.62	Lepvrier <i>et al.</i> (2004)
17	Longjiang-Ruili	S	70	5.00	7.2	1,153	4.0	6.42	1.01	Bai and Meju (2003)
18	Mae Chaem	—	21	—	6.6	328	4.0	1.89	0.32	This study
19	Mae Chan	S	99	3.00	7.4	1,754	4.0	2.64	0.37	Fenton <i>et al.</i> (2003)
20	Mae Hong Som-Tak	S	37	—	6.9	615	4.0	2.65	0.38	Charusiri <i>et al.</i> (2004)
21	Mae Ing	S	38	—	6.9	615	4.0	2.56	0.38	Fenton <i>et al.</i> (2003)
22	Mae Tha	S	47	0.80	7.0	759	4.0	2.36	0.38	Rhodes <i>et al.</i> (2004)
23	Mae Yom	S	22	0.80	6.6	328	4.0	1.92	0.60	RID (2006)
24	Menglian	S	117	0.50	7.5	2,163	4.0	2.13	0.28	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
25	Mengxing	S	75	4.80	7.3	1,422	4.0	2.95	0.40	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
26	Moeli-Tongyi	S	259	0.73	7.9	5,000	4.0	3.46	0.54	This study
27	Nam Ma	S	177	2.40	7.7	3,289	4.0	3.18	0.58	Morley (2007)
28	Nam Peng	S	51	—	7.1	935	4.0	3.08	0.59	Charusiri <i>et al.</i> (1999)
29	Ongkalak	S, N	47	0.17	7.0	759	4.0	2.52	0.40	Charusiri (2005)
30	Pa Pun	S	143	—	7.6	2,667	4.0	2.58	0.37	Nutalaya <i>et al.</i> (1985)
31	Pan Luang	S	219	—	7.8	4,055	4.0	2.98	0.51	Nutalaya <i>et al.</i> (1985)
32	Pha Yao	S, N	20	0.10	6.6	328	4.0	2.95	0.40	Fenton <i>et al.</i> (2003)
33	Phrae	S	28	0.10	6.8	499	4.0	2.68	0.53	Fenton <i>et al.</i> (2003)
34	Pua	N	29	0.60	6.8	499	4.0	2.44	0.55	Fenton <i>et al.</i> (2003)
35	Qiaohou	—	145	—	7.6	2,667	4.0	2.35	0.25	Lacassin <i>et al.</i> (1998)
36	Ranong	S	46	1.00	7.0	759	4.0	1.68	0.25	Wong <i>et al.</i> (2005)
37	Red River	S	812	4.00	8.5	17,579	4.0	17.60	3.16	Duong and Feigl (1999)
38	Saigang-Sumatra	S	958	23.00	8.5	17,579	4.0	6.92	0.86	Bertrand and Rangin (2003)
39	Shan	S	66	—	7.2	1,153	4.0	2.93	0.39	This study
40	Song Ca	S	225	—	7.8	4,055	4.0	2.58	0.48	Takemoto <i>et al.</i> (2005)
41	Song Chay	S, N	55	2.00	7.1	935	4.0	3.05	0.58	Caong and Zachewicz (2001)
42	Song Da	S	46	—	7.0	759	4.0	2.73	0.45	Phoung (1991)
43	Song Ma	S	72	—	7.2	1,153	4.0	6.52	1.06	Phoung (1991)
44	Sri Sawat	S	43	2.00	7.0	759	4.0	2.50	0.40	Songmuang <i>et al.</i> (2007)
45	Andaman subduction	R	3,388	47.00	9.2	76,208	4.0	6.08	0.69	Paul <i>et al.</i> (2001)
46	Tavoy	S	32	—	6.8	499	4.0	2.80	0.79	Wong <i>et al.</i> (2005)
47	Tenasserim	S	50	4.00	7.0	759	4.0	1.68	0.25	Wong <i>et al.</i> (2005)
48	Tha Khaek	S	250	—	7.9	5,000	4.0	3.15	0.67	DMR (2006)
49	Three Pagoda	S	141	2.00	7.6	2,667	4.0	2.62	0.51	Fenton <i>et al.</i> (2003)
50	Uttaladitih	S	27	0.10	6.7	405	4.0	1.63	0.46	Fenton <i>et al.</i> (2003)
51	Wan Na-awn	—	69	—	7.2	1,153	4.0	2.28	0.35	This study
52	Wanding	S	199	1.90	7.7	3,289	4.0	5.34	0.93	Morley (2007)
53	Wang Nua	—	31	—	6.8	499	4.0	2.27	0.40	This study
54	Xianshuihe	S	505	15.00	8.2	9,376	4.0	6.74	1.05	Eleftheria <i>et al.</i> (2004)
55	Hutgyi	S, R	5	0.03	5.9	76	4.0	1.67	0.34	EGAT (2006)

3.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

จากงานวิจัยในอดีตพบว่าการนำเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zones) ที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทยมาพิจารณาทั้งหมด 13 แห่ง (Pailoplee and Choowong, 2016)



รูปที่ 3.3 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 13 แห่งที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา (Pailoplee and Choowong, 2012)

รูปที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติของเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 13 แห่ง (Pailoplee and Choowong, 2016)

Zone	Name	<i>a</i>	<i>b</i>
A	Sumatra–Andaman Interplate	5.98	0.77
B	Sumatra–Andaman Intraslab	6.58	0.88
C	Sagaing Fault Zone	5.8	0.86
D	Andaman Basin	4.51	0.61
E	Sumatra Fault Zone	4.75	0.61
F	Hsenwi-Nanting Fault Zone	6.02	1.01
G	Western Thailand	3.98	0.67
H	Southern Thailand	3.10	0.66
I	Jinghong-Mengxing Fault Zones	4.87	0.71
J	Northern Thailand-Dein Bein Fhu	4.72	0.73
K	Song Da-Song Ma Fault Zones	3.48	0.74
L	Xianshuihe Fault Zone	6.14	0.92
M	Red River Fault Zone	5.99	1.03

3.3 ข้อมูลของพื้นที่ศึกษา

หาดำแหน่งที่แน่นอนเป็นพิกัดของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นบริเวณสนามฟุตบอลทั้ง 34 แห่ง โดยหาดำแหน่งพิกัดจากโปรแกรม Google Earth Pro จากนั้นนำพิกัดที่ได้มาแจกแจงเป็นตารางพร้อมระบุชื่อทีมฟุตบอลที่ใช้ในสนามฟุตบอลแต่ละแห่ง (แสดงใน ตารางที่ 3.3)

3.4 ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

ดาวน์โหลดฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจากเว็บไซต์กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา (Earthquake TMD)

รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา

Year	Month	Day	Hour	Minute	Second	latitude	longitude	depth	Mw	mb	Ms	MI	mag	magType	nst	gap	dmin	rms	net	id	updated	place	type	horizontal	depthError	magError	magNst	status	locationS	magSource
2020	3	4	0	20	2.892	24.4544	96.1562	10					4.8	mb		73	1.707	1.1	us	us600085 2020-03-(111km W	earthquake	7.7	1.9	0.074	56	reviewed	us	us		
2020	3	3	9	18	54.072	17.6123	94.2901	35.49					4.7	mb		65	4.071	0.42	us	us600086 2020-03-(103km N	earthquake	9.1	6.9	0.095	34	reviewed	us	us		
2020	2	29	20	5	27.113	26.4801	92.0755	46.03					4.2	mb		96	0.93	0.88	us	us600087 2020-03-(6km NE of	earthquake	6.6	8.3	0.089	35	reviewed	us	us		
2020	2	28	18	12	56.185	21.1484	101.892	16					4.1	mb		86	2.152	0.67	us	us600088 2020-03-(38km NW	earthquake	7.3	4.2	0.174	9	reviewed	us	us		
2020	2	27	23	56	20.905	28.2848	103.57	10					4.6	mb		71	5.542	0.73	us	us600089 2020-02-(12km N of	earthquake	8.1	1.9	0.059	86	reviewed	us	us		
2020	2	25	6	16	20.298	24.2411	90.0385	10					4	mb		187	2.113	0.84	us	us600084 2020-02-(12km E of	earthquake	6.3	1.9	0.144	13	reviewed	us	us		
2020	2	16	13	33	24.439	29.4476	104.694	10					4.2	mb		114	4.25	0.28	us	us70007r 2020-02-(9km SSE o	earthquake	10.6	1.9	0.167	10	reviewed	us	us		
2020	2	15	20	28	21.628	29.4344	104.644	10					4.5	mb		58	4.296	0.79	us	us70007r 2020-02-(10km S of	earthquake	7.9	1.9	0.104	27	reviewed	us	us		
2020	2	12	19	17	55.089	10.5177	94.0622	10					4.3	mb		103	1.718	0.96	us	us70007r 2020-02-(191km SE	earthquake	8.3	1.8	0.105	26	reviewed	us	us		
2020	2	12	5	55	9.989	0.7902	98.9466	81.22					4.5	mb		98	1.462	0.85	us	us70007r 2020-02-(73km SSW	earthquake	7.3	7.8	0.127	18	reviewed	us	us		
2020	2	11	17	52	46.065	17.6272	94.3198	38.29					4.6	mb		57	4.042	0.51	us	us70007r 2020-02-(103km N	earthquake	7.9	6.3	0.088	44	reviewed	us	us		
2020	2	10	19	47	29.234	8.5032	92.5426	10					4.4	mb		120	3.139	0.69	us	us70007r 2020-02-(103km N	earthquake	8.8	1.9	0.117	21	reviewed	us	us		
2020	2	10	18	20	9.252	13.1329	93.2938	39.6					4.9	mb		58	1.563	1.08	us	us70007n 2020-02-(170km N	earthquake	7.2	5.2	0.062	83	reviewed	us	us		
2020	2	9	19	10	46.865	20.5591	93.8602	50.35					4.6	mb		67	2.086	1.09	us	us70007n 2020-02-(105km W	earthquake	8.7	6.7	0.122	20	reviewed	us	us		
2020	2	8	12	47	2.005	26.3405	90.8291	10					5	mb		100	1.203	0.9	us	us70007l 2020-02-(16km E of	earthquake	11.4	1.8	0.06	88	reviewed	us	us		
2020	2	7	11	0	40.198	11.1226	93.5748	130.9					4.4	mb		105	0.971	0.77	us	us70007k 2020-02-(108km SE	earthquake	6.4	6.7	0.091	35	reviewed	us	us		
2020	2	6	20	45	12.801	27.1249	103.264	10					4.2	mb		85	6.308	1.14	us	us70007k 2020-02-(27km W	earthquake	8.3	1.9	0.108	24	reviewed	us	us		
2020	2	4	14	10	23.587	19.7608	95.8596	10					4.4	mb		122	1.49	0.6	us	us60007c 2020-02-(28km W	earthquake	8.3	1.9	0.112	23	reviewed	us	us		
2020	2	4	11	19	56.068	3.0861	98.9887	182.22					4.3	mb		65	0.395	0.63	us	us60007c 2020-02-(16km NN	earthquake	7.9	2.4	0.087	37	reviewed	us	us		
2020	2	3	15	55	53.445	28.5371	104.737	10					4.3	mb		92	4.498	1.11	us	us60007r 2020-02-(9km NNE	earthquake	7	1.8	0.147	14	reviewed	us	us		
2020	2	1	9	43	55.801	28.9807	95.7207	10					4.9	mb		37	4.074	0.58	us	us60007n 2020-02-(54km SE	earthquake	7.5	1.9	0.051	120	reviewed	us	us		
2020	1	31	10	55	20.847	24.815	98.0962	10					4.4	mb		53	3.506	0.57	us	us60007l 2020-03-(18km W	earthquake	7.9	1.9	0.123	19	reviewed	us	us		
2020	1	29	22	13	21.341	7.1328	92.0445	10					4.6	mb		135	4.546	0.81	us	us60007j 2020-02-(167km W	earthquake	9	1.9	0.091	36	reviewed	us	us		
2020	1	29	21	45	34.496	28.7675	91.7966	10					4.5	mb		75	1.1	0.69	us	us60007j 2020-02-(55km S of	earthquake	2.8	1.8	0.067	65	reviewed	us	us		
2020	1	29	20	20	15.932	28.4675	104.974	10					4.3	mb		82	4.337	0.95	us	us70007k 2020-02-(13km SSE	earthquake	8.2	1.9	0.129	17	reviewed	us	us		
2020	1	29	15	10	53.203	10.3105	93.7827	10					5	mb		58	1.681	0.88	us	us60007j 2020-02-(187km SE	earthquake	7.3	1.8	0.067	72	reviewed	us	us		
2020	1	29	13	43	5.74	24.4383	94.9928	115.32					4.3	mb		70	0.664	0.97	us	us70007k 2020-02-(97km ESE	earthquake	6.1	8.3	0.148	13	reviewed	us	us		
2020	1	29	9	37	21.114	0.5049	91.8613	10					4.7	mb		110	5.768	0.57	us	us60007l 2020-02-(North Ind	earthquake	8.4	1.9	0.093	35	reviewed	us	us		
2020	1	28	20	29	36.992	7.3115	92.0905	10					5.1	mb		98	4.364	1.09	us	us60007i 2020-02-(153km W	earthquake	8.9	1.4	0.067	71	reviewed	us	us		
2020	1	27	8	3	41.48	3.0825	97.7082	89.81					4.5	mb		127	1.273	0.6	us	us60007h 2020-02-(87km W	earthquake	5.3	8.5	0.097	31	reviewed	us	us		
2020	1	27	7	10	39.72	24.7732	91.7364	10					4.5	mb		160	0.797	1	us	us60007h 2020-02-(19km SW	earthquake	5.7	1.9	0.087	39	reviewed	us	us		
2020	1	23	9	48	6.337	20.5216	93.4415	33.52					5.3	mb		40	2.115	1.02	us	us60007c 2020-02-(69km NE	earthquake	3.5	3.7	0.031	345	reviewed	us	us		
2020	1	22	21	26	25.773	23.3834	101.984	10					4	mb		67	3.045	0.73	us	us60007l 2020-02-(20km S of	earthquake	8	2	0.196	7	reviewed	us	us		
2020	1	22	19	23	28.031	7.7168	94.0461	106.74					4.7	mb		54	3.797	0.58	us	us60007c 2020-02-(85km ESE	earthquake	9.1	6.6	0.115	23	reviewed	us	us		
2020	1	22	3	58	44.156	2.2436	96.2926	10					4.9	mb		88	1.586	0.64	us	us60007c 2020-02-(27km SSW	earthquake	7.9	1.2	0.081	48	reviewed	us	us		
2020	1	21	11	3	8.236	0.6338	99.8039	159.16					4.7	mb		139	1.272	0.7	us	us60007c 2020-02-(86km NN	earthquake	4.8	5.3	0.087	40	reviewed	us	us		
2020	1	18	1	55	24.824	4.6132	95.0658	53.54					4.9	mb		169	1.971	0.8	us	us60007c 2020-02-(108km SS	earthquake	6.5	8	0.091	38	reviewed	us	us		
2020	1	15	11	34	26.679	25.5726	103.148	10					4.6	mb		82	5.374	0.88	us	us70007C 2020-02-(12km W	earthquake	8.5	1.9	0.092	35	reviewed	us	us		

Stadium	Team	longitude	latitude
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	98.96404	18.84144
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	99.1393	16.87536
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	99.47427	18.30282
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	99.76984	13.5216
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	99.78858	11.81739
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	99.79412	17.06186
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	99.87456	19.95685
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	100.0554	13.79917
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	100.0866	14.47412
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	100.1554	15.21916
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	100.1555	18.15036
สนามกีฬากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	100.2639	13.54685
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	100.5474	13.91821
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี่ ยูไนเต็ด	100.5566	13.78267
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	100.5597	13.71555
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	100.5769	13.88418
สนามกีฬาบุญยะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	100.5781	13.86726
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	100.5989	14.06803
สนามกีฬารูปะเทมีย์	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	100.6251	13.95123
ลีโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	100.6793	14.00058
สนามฟุตบอลศุภการ	เอ็มโอเอฟ ศุภการ ยูไนเต็ด	100.7838	13.70629
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	100.7909	13.80223
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	100.7947	13.57937
สนามกีฬาราชนาวิสต์หีบ	ราชนาวิ	100.9358	12.66375
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	100.9563	13.33628
พีทีทีสเตเดียม	พีทีที ระยอง เอฟซี	101.1644	12.76741
สนามกีฬากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	101.2354	12.68023
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	102.0495	14.92708
สนามกีฬากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	102.4239	17.12979
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	102.8277	16.41291
สนามกีฬาภกท	อุดรธานี ยูไนเต็ด	102.9171	17.4488
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	102.9479	16.457
สนามช้าง อารีน่าสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	103.0944	14.96587
สนามศรีนครลำดวน	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	104.3404	15.10096

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลและพิกัดของพื้นที่ศึกษา

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า

จากการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) ทำให้ได้ค่าความเร่งสูงสุดเชิงพื้นดิน (PGA) ของสนามฟุตบอลแต่ละแห่ง โดยค่า PGA ที่ได้จากการวิเคราะห์ในสนามฟุตบอลแต่ละแห่งจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.029074g – 0.371144g ($1g = 9.8 \text{ m/s}^2$) โดยค่า PGA ของสนามฟุตบอลที่อยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกจะมีค่าสูงกว่าค่า PGA ของสนามฟุตบอลที่อยู่บริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (แสดงในตารางที่ 4.1)

4.2 กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Curve)

กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวแสดงความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวที่ค่า PGA ต่างๆ พบว่าสนามฟุตบอลของทีม เชียงราย ยูไนเต็ด มีความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวสูงที่สุด ถัดมาคือ สนามฟุตบอลของทีมแพร่ ยูไนเต็ด เชียงใหม่ ยูไนเต็ด และตาก เอพี ตามลำดับ (แสดงในรูปที่ 4.1)

4.3 การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็น

การวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธีความน่าจะเป็น เป็นการใช้ความน่าจะเป็นในการประเมินโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์คือตารางแสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่าความเร่งสูงสุดเชิงพื้นดิน (PGA) ในแต่ละจุด (หน่วยเป็น %) ในรอบปีที่กำหนด โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาที่ความน่าจะเป็น 2% ในรอบ 50 ปีและ 100 ปีและ 10% ในรอบ 50 ปีและ 100 ปี และจะได้ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวที่ระดับความรุนแรงต่างๆตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง (MMI) ในรอบปีที่กำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาที่ความน่าจะเป็นในรอบ 50 ปี และ 100 ปีเช่นเดียวกัน (แสดงในตารางที่ 4.2 – 4.7)

Stadium	Team	longitude	latitude	DSHA PGA	Distance (km)
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	98.96404	18.84144	0.25	506
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	99.1393	16.87536	0.33	528
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	99.47427	18.30282	0.3	452
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	99.76984	13.5216	0.13	685
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	99.78858	11.81739	0.34	829
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	99.79412	17.06186	0.1	454
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	99.87456	19.95685	0.34	418
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	100.0554	13.79917	0.09	642
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	100.0866	14.47412	0.09	585
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	100.1554	15.21916	0.09	525
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	100.1555	18.15036	0.37	380
สนามกีฬากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	100.2639	13.54685	0.08	649
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	100.5474	13.91821	0.07	598
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี่ ยูไนเต็ด	100.5566	13.78267	0.07	609
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	100.5597	13.71555	0.07	615
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	100.5769	13.88418	0.07	599
สนามกีฬาบุญยะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	100.5781	13.86726	0.07	600
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	100.5989	14.06803	0.07	581
สนามกีฬาธูปะเตมีย์	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	100.6251	13.95123	0.07	589
ลิโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	100.6793	14.00058	0.07	582
สนามฟุตบอลศุภการ	เอ็มโอเอฟ ศุภการ ยูไนเต็ด	100.7838	13.70629	0.07	601
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	100.7909	13.80223	0.07	592
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	100.7947	13.57937	0.07	611
สนามกีฬาราชนาวิสัตว์หีบ	ราชนาวิ	100.9358	12.66375	0.07	676
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	100.9563	13.33628	0.07	618
พีทีทีสเตเดียม	พีทีที ระยอง เอฟซี	101.1644	12.76741	0.06	652
สนามกีฬากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	101.2354	12.68023	0.06	655
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	102.0495	14.92708	0.05	409
สนามกีฬากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	102.4239	17.12979	0.13	199
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	102.8277	16.41291	0.04	230
สนามกีฬาภคท	อุดรธานี ยูไนเต็ด	102.9171	17.4488	0.05	135
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	102.9479	16.457	0.04	219
สนามช้างอารีนาสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	103.0944	14.96587	0.04	332
สนามศรีนครลำดวน	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	104.3404	15.10096	0.03	268

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า PGA และระยะทางที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DSHA

Stadium	Team	Probability (%) MMI4in50y	Probability (%) MMI4in100y	Probability (%) MMI5in50y	Probability (%) MMI5in100y
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	99.999643	100	99.725828	99.999248
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	99.966317	99.999989	97.139205	99.918158
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	100	100	99.999917	100
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	87.09274	98.334026	42.32627	66.737409
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	67.433116	89.39398	39.924651	63.909524
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	89.657649	98.930358	28.733748	49.211214
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	100	100	100	100
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	64.661168	87.51167	17.133098	31.330765
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	36.229944	59.333799	4.540734	8.875285
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	18.041272	32.82767	1.782908	3.534029
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	100	100	99.999831	100
สนามกีฬาากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	19.611944	35.377604	1.946979	3.856051
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	6.997729	13.505777	0.569857	1.136467
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี่ ยูไนเต็ด	6.372817	12.339506	0.537265	1.071644
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	5.98944	11.620146	0.514611	1.026574
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	6.038057	11.711532	0.509637	1.016676
สนามกีฬาบุญยะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	5.97697	11.596699	0.5061	1.009639
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	5.421705	10.549461	0.483439	0.964541
สนามกีฬาอูปะตะมีย์	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	4.886315	9.53387	0.442302	0.882648
ลีโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	3.878334	7.606252	0.394067	0.786581
สนามฟุตบอลศุภชลาศัย	เอ็มโอเอฟ ศุภชลาศัย ยูไนเต็ด	2.465305	4.869832	0.313143	0.625305
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	2.496887	4.931429	0.313143	0.625305
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	2.238842	4.427559	0.304615	0.608301
สนามกีฬาธาราขานิวส์ตีป	ราชนาวิ	1.370597	2.722408	0.251325	0.502019
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	1.437243	2.85383	0.251325	0.502019
พีทีทีสเตเดียม	พีทีที ระยอง เอฟซี	1.08763	2.16343	0.20366	0.406906
สนามกีฬาากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	1.019019	2.027653	0.186584	0.37282
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	0.674168	1.34379	0.108262	0.216407
สนามกีฬาากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	81.237789	96.479794	38.216761	61.828314
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	1.673614	3.319217	0.076182	0.152307
สนามกีฬาภคก	อุดรธานี ยูไนเต็ด	18.43872	33.477577	1.716514	3.403563
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	1.374164	2.729444	0.064081	0.128122
สนามช้าง อารีนาสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	0.307751	0.614554	0.04132	0.082623
สนามศรีนครลำดวน	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	0.128162	0.25616	0.012109	0.024216

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI IV-V โดยวิธีการ PSHA

Stadium	Team	Probability (%) MMI6in50y	Probability (%) MMI6in100y	Probability (%) MMI7in50y	Probability (%) MMI7in100y
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	88.83637	98.753734	41.453464	65.723031
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	72.258254	92.303956	26.992388	46.698886
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	99.517325	99.99767	73.998062	93.238992
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	9.653062	18.374308	0.994515	1.979139
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	19.738214	35.580457	7.030819	13.567314
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	3.367248	6.621112	0.190189	0.380017
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	99.974894	99.999994	90.696648	99.134476
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	1.948314	3.858668	0.098304	0.196512
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	0.334345	0.667572	0.021333	0.042661
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	0.173654	0.347006	0.017669	0.035335
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	99.783593	99.999532	87.85993	98.526187
สนามกีฬาากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	0.14524	0.290269	0.011335	0.022668
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	0.065733	0.131423	0.006335	0.01267
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี ยูไนเต็ด	0.065733	0.131423	0.006335	0.01267
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	0.065733	0.131423	0.006335	0.01267
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	0.062276	0.124513	0.006335	0.01267
สนามกีฬานุญชวจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	0.062276	0.124513	0.006335	0.01267
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	0.062276	0.124513	0.006335	0.01267
สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	0.057279	0.114525	0.006335	0.01267
ลิโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	0.057279	0.114525	0.005	0.01
สนามฟุตบอลศุภชลาศัย	เอ็มไอเอฟ ศุภชลาศัย ยูไนเต็ด	0.047284	0.094546	0.005	0.01
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	0.047284	0.094546	0.005	0.01
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	0.043827	0.087634	0.005	0.01
สนามกีฬาราชนาวิสัตหีบ	ราชนาวิ	0.038829	0.077643	0.005	0.01
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	0.038829	0.077643	0.005	0.01
พีทีทีสเตเดียม	พีทีที ระยอง เอฟซี	0.030373	0.060736	0.001335	0.002671
สนามกีฬาากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	0.025374	0.050742	0.001335	0.002671
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	0.013458	0.026915	0	0
สนามกีฬาากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	8.25577	15.829963	0.734085	1.462782
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	0.005	0.01	0	0
สนามกีฬาภคก	อุดรธานี ยูไนเต็ด	0.073023	0.145994	0	0
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	0.005	0.01	0	0
สนามช้าง อารีนาสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	0.003459	0.006918	0	0
สนามศรียศรัณย	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	0	0	0	0

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI VI-VII โดยวิธีการ PSHA

Stadium	Team	Probability (%) MMI8in50y	Probability (%) MMI8in100y	Probability (%) MMI9in50y	Probability (%) MMI9in100y
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	7.064066	13.629121	0.504146	1.00575
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	4.40567	8.617241	0.319758	0.638494
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	17.901489	32.598345	1.470316	2.919014
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	0.045188	0.090356	0	0
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	1.463548	2.905676	0.150008	0.29979
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	0.005	0.01	0	0
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	34.389273	56.952325	3.847024	7.546051
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	0.002599	0.005198	0	0
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	36.768859	60.018228	5.21291	10.154077
สนามกีฬาากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	0	0	0	0
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี่ ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	0	0	0	0
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	0	0	0	0
สนามกีฬานุชชะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	0	0	0	0
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	0	0	0	0
ลิโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามฟุตบอลศุภชลาศัย	เอ็มโอเอฟ ศุภชลาศัย ยูไนเต็ด	0	0	0	0
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	0	0	0	0
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาราชนาวิกสัตหีบ	ราชนาวิก	0	0	0	0
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	0	0	0	0
ฟิฟทีสเตเดียม	ฟิฟที ระยอง เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	0.025195	0.050384	0	0
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาภักท	อุดรธานี ยูไนเต็ด	0	0	0	0
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	0	0	0	0
สนามช้าง อารีนาสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามศรียศรัณย	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	0	0	0	0

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI VIII-IX โดยวิธีการ PSHA

Stadium	Team	Probability (%) MMI10in50y	Probability (%) MMI10in100y	Probability (%) MMI11in50y	Probability (%) MMI11in100y
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	0.017684	0.035365	0	0
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	0.01	0.019998	0	0
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	0.057669	0.115305	0	0
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	0	0	0	0
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	0.007686	0.01537	0	0
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	0	0	0	0
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	0.177899	0.355481	0.005	0.01
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	0.307954	0.614959	0.01	0.019998
สนามกีฬาากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	0	0	0	0
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี่ ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	0	0	0	0
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	0	0	0	0
สนามกีฬาบุญยะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	0	0	0	0
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามกีฬาธูปะเตมีย์	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	0	0	0	0
ลิโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามฟุตบอลศุภชลาศัย	เอ็มโอเอฟ ศุภชลาศัย ยูไนเต็ด	0	0	0	0
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	0	0	0	0
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาราชนาวิสัตหีบ	ราชนาวิ	0	0	0	0
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	0	0	0	0
ฟิฟตีสเตเดียม	ฟิฟตี รัชของ เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	0	0	0	0
สนามกีฬาภทท	อุดรธานี ยูไนเต็ด	0	0	0	0
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	0	0	0	0
สนามช้างอารีนาสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	0	0	0	0
สนามศรีนครลำดวน	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	0	0	0	0

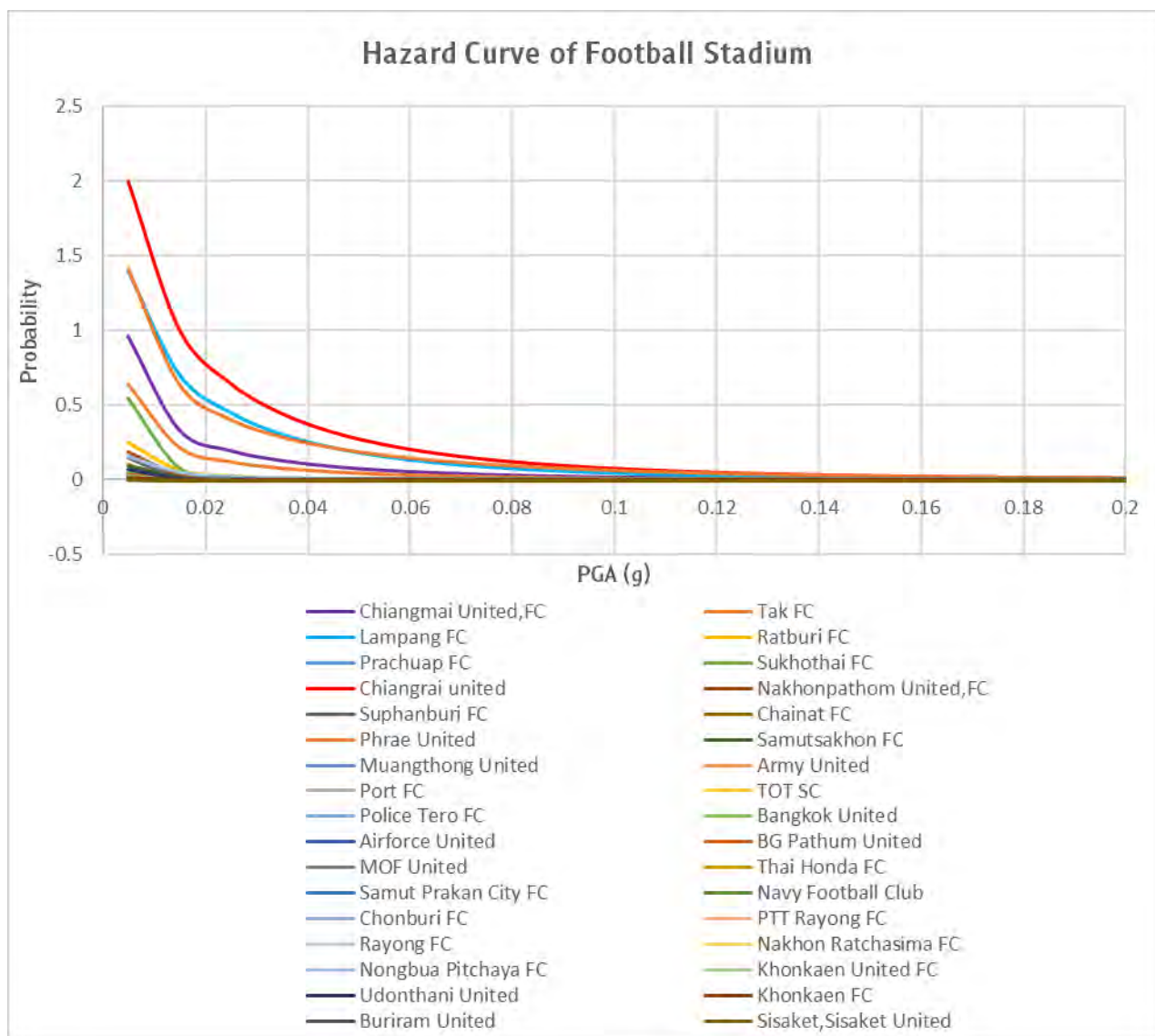
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดค่า MMI X-XI โดยวิธี PSHA

Stadium	Team	PGA(g) 2%in50y	PGA(g) 2%in100y
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	0.3	0.34
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	0.27	0.31
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	0.37	0.43
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	0.1	0.12
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	0.2	0.25
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	0.08	0.09
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	0.45	0.52
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	0.07	0.08
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	0.05	0.05
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	0.04	0.04
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	0.49	0.57
สนามกีฬากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	0.04	0.04
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	0.03	0.03
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี ยูไนเต็ด	0.03	0.03
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	0.03	0.03
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	0.03	0.03
สนามกีฬาบุญยะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	0.03	0.03
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	0.02	0.03
สนามกีฬาธูปะเตมีย์	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	0.02	0.03
ลิโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	0.02	0.03
สนามฟุตบอลศุภการ	เอ็มไอเอฟ ศุภการ ยูไนเต็ด	0.02	0.02
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	0.02	0.02
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	0.02	0.02
สนามกีฬาราชนาวิสัตหีบ	ราชนาวิ	0.02	0.02
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	0.02	0.02
พีทีทีสเตเดียม	พีทีที ระยอง เอฟซี	0.01	0.02
สนามกีฬากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	0.01	0.02
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	0.01	0.02
สนามกีฬากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	0.1	0.11
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	0.02	0.02
สนามกีฬาภคกท	อุดรธานี ยูไนเต็ด	0.04	0.04
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	0.02	0.02
สนามช้าง อารีนาสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	0.01	0.01
สนามศรีนครลำดวน	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	0.01	0.01

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความน่าจะเป็น 2% ในการเกิดค่า PGA ต่างๆในรอบ 50 ปี และ 100 ปี

Stadium	Team	PGA(g) 10%in50y	PGA(g) 10%in100y
สนามกีฬาสมโภชเชียงใหม่700ปี	เชียงใหม่ เอฟซี, เชียงใหม่ ยูไนเต็ด	0.2	0.24
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดตาก	ตาก เอฟซี	0.17	0.21
สนามกีฬาจังหวัดลำปาง	ลำปาง เอฟซี	0.26	0.3
มิตรผลสเตเดียม	ราชบุรี มิตรผล เอฟซี	0.07	0.08
สามอ่าว สเตเดียม	ประจวบ เอฟซี	0.1	0.14
ทะเลหลวง สเตเดียม	สุโขทัย เอฟซี	0.05	0.06
สิงห์ เชียงราย ยูไนเต็ด สเตเดียม	เชียงราย ยูไนเต็ด	0.32	0.37
สนามกีฬาโรงเรียนกีฬาเทศบาลนครปฐม	นครปฐม ยูไนเต็ด เอฟซี	0.04	0.05
สนามกีฬาจังหวัดสุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี เอฟซี	0.03	0.04
สนามกีฬาจังหวัดชัยนาท	ชัยนาท เอฟซี	0.02	0.03
สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดแพร่	แพร่ ยูไนเต็ด	0.33	0.4
สนามกีฬากลางจังหวัดสมุทรสาคร	สมุทรสาคร เอฟซี	0.02	0.03
SCG สเตเดียม	เมืองทอง ยูไนเต็ด	0.02	0.02
สนามกีฬากองทัพบก	อาร์มี่ ยูไนเต็ด	0.02	0.02
สนามแพทสเตเดียม การท่าเรือแห่งประเทศไทย	การท่าเรือ เอฟซี	0.02	0.02
สนามฟุตบอลทีโอทีสเตเดียม	ทีโอที เอสซี	0.02	0.02
สนามกีฬาบุญยะจินดา	โปลิศ เทโร เอฟซี	0.02	0.02
ธรรมศาสตร์สเตเดียม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต	แบงค็อก ยูไนเต็ด	0.02	0.02
สนามกีฬาธูปะเตมีย์	แอร์ฟอร์ซ ยูไนเต็ด	0.01	0.02
ลิโอ สเตเดียม	บีจี ปทุม ยูไนเต็ด	0.01	0.02
สนามฟุตบอลศุภการ	เอ็มโอเอฟ ศุภการ ยูไนเต็ด	0.01	0.01
ศูนย์กีฬาเฉลิมพระเกียรติ72พรรษา	ไทยฮอนด้า เอฟซี	0.01	0.01
สมุทรปราการ สเตเดียม	สมุทรปราการ ซิตี้ เอฟซี	0.01	0.01
สนามกีฬาราชนาวิสต์หีบ	ราชนาวิ	0.01	0.01
ชลบุรี สเตเดียม	ชลบุรี เอฟซี	0.01	0.01
พีทีทีสเตเดียม	พีทีที ระยอง เอฟซี	0.01	0.01
สนามกีฬากลางจังหวัดระยอง	ระยอง เอฟซี	0.01	0.01
สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ80พรรษา 5 ธันวาคม 2550	นครราชสีมา เอฟซี	0.01	0.01
สนามกีฬากลางจังหวัดหนองบัวลำภู	หนองบัวลำภู เอฟซี	0.06	0.08
สนามกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น ยูไนเต็ด เอฟซี	0.01	0.01
สนามกีฬาภคกท	อุดรธานี ยูไนเต็ด	0.02	0.03
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น	ขอนแก่น เอฟซี	0.01	0.01
สนามช้าง อารีน่าสเตเดียม	บุรีรัมย์ ยูไนเต็ด	0	0.01
สนามศรีนครลำดวน	ศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ ยูไนเต็ด	0	0.01

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความน่าจะเป็น 10% ในการเกิดค่า PGA ต่างๆในรอบ 50 ปี และ 100 ปี



รูปที่ 4.1. แสดงกราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอล 34 แห่ง

บทที่ 5

การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง

5.1 การอภิปรายผลการทดลอง

5.1.1. กราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหว

จากกราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่ได้จากการทดลอง (รูปที่ 4.1) ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวกับโอกาสหรือความน่าจะเป็นในการเกิด โดยโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวจะมีค่าลดน้อยลงตามแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวที่มากขึ้น กล่าวคือ ในพื้นที่หนึ่งๆนั้น จะมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวที่มีแรงสั่นสะเทือนน้อยกว่าแผ่นดินไหวที่มีแรงสั่นสะเทือนมาก และจากกราฟภัยพิบัติแผ่นดินไหวทำให้ทราบว่า สนามฟุตบอลของทีม เชียงราย ยูไนเต็ด มีความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวสูงที่สุด ถัดมาคือ สนามฟุตบอลของทีม แพร่ ยูไนเต็ด เชียงใหม่ ยูไนเต็ด, เชียงใหม่เอฟซี (ทั้ง 2 ทีมใช้สนามฟุตบอลร่วมกัน) และตาก เอฟซี ตามลำดับ ส่วนสนามฟุตบอลที่อยู่ในภูมิภาคอื่นๆนอกเหนือจากภาคเหนือ และภาคตะวันตกมีความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวต่ำ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสนามฟุตบอลที่อยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกมีความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวที่มากกว่าสนามฟุตบอลในภูมิภาคอื่นๆ เนื่องจากภาคเหนือและภาคตะวันตกตั้งอยู่ในบริเวณที่มีรอยเลื่อนมีพลังต่างๆจำนวนมากซึ่งเกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกอินเดีย-ออสเตรเลียกับยูเรเชีย ทั้งยังอยู่ใกล้กับรอยเลื่อนสกาย (Sagaing fault) ในประเทศพม่า รวมถึงได้รับอิทธิพลในการเกิดแผ่นดินไหวมาจากเขตมุดตัวสุมาตรา-อันดามันอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีเขตกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆที่อยู่โดยรอบประเทศไทย (Pailoplee and Charusiri, 2016) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดแผ่นดินไหวในภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทยได้ ส่วนในภาคใต้ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากเขตมุดตัวสุมาตรา-อันดามันนั้นอยู่นอกเหนือพื้นที่ศึกษา จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าโอกาสเกิดแผ่นดินไหวของสนามฟุตบอลในภาคใต้จะมากกว่าภาคตะวันตกและภาคเหนือหรือไม่

และจากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความน่าจะเป็นในแนวแกน x มีค่าเกิน 1 อันมีสาเหตุเนื่องมาจากความน่าจะเป็นในแนวแกน x นั้น เป็นผลลัพธ์จากการนำความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวมาคูณกับอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมของพื้นที่ศึกษา (v_i) เนื่องจากในแต่ละพื้นที่จะมีลักษณะความรุนแรงอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวไม่เท่ากัน จึงต้องนำอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่เข้ามาคำนวณด้วย เพื่อที่จะสามารถนำความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวไปเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวอื่นได้ ดังสมการที่ 2.5 และ 2.6

5.1.2. มาตรฐาน Eurocode 8 กับค่าความเร่งสูงสุดเชิงพื้นดินจากการทดลอง

มาตรฐาน Eurocode 8 เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างให้มีความต้านทานสำหรับการเกิดแผ่นดินไหว ถูกจัดตั้งขึ้นโดยสหภาพยุโรป ซึ่งประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวอย่างมาก ค่าอนข่างปลอดภัยสูง โดยสิ่งก่อสร้างของประเทศที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ควรจะต้องทนทานต่อค่าความเร่งสูงสุดเชิงพื้นดินอยู่ที่ไม่เกิน $0.4g$ หรือ 3.9 m/s^2 ซึ่งจากผลที่ได้จากการทดลอง สนามฟุตบอลทั้ง 34 แห่ง มีเพียง 3 แห่งเท่านั้นที่มีโอกาสจะเกิดค่า PGA เกินเกณฑ์ของมาตรฐาน Eurocode 8 ได้แก่ สนามฟุตบอลของสโมสรลำปาง เอฟซี, เชียงราย ยูไนเต็ด และแพร่ ยูไนเต็ด



รูปที่ 5.1. มาตรฐาน Eurocode 8 ซึ่งจัดตั้งขึ้นโดยสหภาพยุโรป

5.1.3. ผลกระทบจากความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง (MMI)

ถึงแม้ว่าสนามฟุตบอลในพื้นที่ศึกษาทั้ง 34 แห่งจะมีเพียง 3 แห่งเท่านั้นที่จะพังทลายลงจากแผ่นดินไหว เนื่องจากค่าแรงสั่นสะเทือนที่มากที่สุดมีค่าเกิน 0.4g หรือ 3.9 m/s² ตามมาตรฐานของ Eurocode 8 แต่การที่สิ่งก่อสร้างไม่พังทลายลง ก็ไม่ได้หมายความว่า จะไม่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวเลย ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้ นั้น ทำให้ทราบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษามีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบจากความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง (MMI) ในรอบ 50 ปี และ 100 ปี โดยสนามฟุตบอลทุกสนามในพื้นที่ศึกษาจะมีโอกาสได้รับความรุนแรงที่ระดับ I-V ทั้งหมด สนามฟุตบอลที่มีโอกาสได้รับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ระดับ VI นั้นมี 33 แห่ง สนามฟุตบอลที่มีโอกาสได้รับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ระดับ VII มี 28 แห่ง สนามฟุตบอลที่มีโอกาสได้รับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ระดับ VIII มี 10 แห่ง สนามฟุตบอลที่มีโอกาสได้รับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ระดับ IX-X มี 8 แห่ง และสนามฟุตบอลที่มีโอกาสได้รับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ระดับ XI เป็นต้นไปมีเพียง 2 แห่ง ได้แก่สนามฟุตบอลของสโมสร เชียงราย ยูไนเต็ด และ แพร่ ยูไนเต็ด ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศเหนือของประเทศไทย ซึ่งระดับความรุนแรงต่างๆตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังนี้

- I เป็นอันดับที่อ่อนมาก คนทั่วไปไม่รู้สึกลถึงการมีอยู่
- II รู้สึกได้เฉพาะบางคนที่อยู่นิ่งๆ โดยเฉพาะในอาคารสูง
- III คนอยู่ในอาคารสูงรู้สึกชัดเจน รู้สึกเหมือนรถบรรทุกวิ่งผ่าน
- IV คนส่วนใหญ่รู้สึกได้ ถ้วยชามขยับ หน้าต่างประตูสั่น ผนังมีเสียงถัน รถยนต์ที่จอดอยู่สั่นไหวชัดเจน
- V เกือบทุกคนรู้สึก ถ้วยชามตกแตก ของในบ้านแกว่ง หน้าต่างพัง นาฬิกาตุ้มหยุดเดิน
- VI รู้สึกทุกคน บางคนตกใจวิ่งออกจากบ้าน ของหนักในบ้านบางชิ้นเคลื่อนไหว ปูนฉาบร่วงลงเล็กน้อย
- VII ทุกคนตกใจ สิ่งก่อสร้างเริ่มเสียหาย อาคารปกติเสียหายปานกลาง อาหารราคาต่ำเสียหายมาก
- VIII สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้ดีเสียหายเล็กน้อย อาคารที่ออกแบบไว้ดีเสียหายค่อนข้างมาก บ้านและกำแพงพัง
- IX สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้ดีเป็นพิเศษเสียหายมาก สิ่งก่อสร้างเคลื่อนออกจากฐานราก
- XI สิ่งก่อสร้างที่ก่อด้วยปูน ถ้ามีจะยังคงเหลืออยู่ได้น้อยมาก สะพานพัง ทางรถไฟบิดเบี้ยวมาก
- XII เสียหายทั้งหมด แนวพื้นเดิมบิดเบี้ยว มองเห็นเป็นระลอกคลื่น

จะเห็นได้ว่าถึงแม้สนามฟุตบอลจะไม่พังทลายลง แต่ผลกระทบที่ได้รับจากแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวก็อาจทำให้ผู้คนตื่นกลัว เนื่องจากไม่ใช่ทุกคนที่จะทราบว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นนั้น มีความร้ายแรงขนาดไหน เมื่อผู้คนตื่นก็จะทำให้เกิดความวุ่นวาย โกลาหลขึ้นภายในสนามฟุตบอล จนอาจเป็นเหตุให้เกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝันต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การเสียชีวิตและทรัพย์สินได้

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยใช้วิธีการกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis ; DSHA) ทำให้ทราบค่าแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (Maximum Credible Earthquake ; MCE) โดยประเมินออกมาเป็นค่า PGA และระยะทางที่สั้นที่สุดจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา ซึ่งสนามฟุตบอลที่มีค่า PGA มากที่สุดคือ สนามฟุตบอลของทีมสโมสรแพร์ ยูไนเต็ต มีค่า PGA ที่สูงที่สุดอยู่ที่ 0.371144 และมีระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษาอยู่ที่ 380.785857 กิโลเมตร ถัดมาเป็นสนามฟุตบอลของสโมสรเชียงราย ยูไนเต็ต และประจวบ เอฟซี มีค่า PGA สูงสุดอยู่ที่ 0.344025 และ 0.337123 และมีระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ใกล้ที่สุดอยู่ที่ 418.64582 และ 829.01619 กิโลเมตรตามลำดับ นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวโดยวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis ; PSHA) ทำให้ทราบถึงความน่าจะเป็น 2% และ 10% ในการเกิดแผ่นดินไหวที่ค่า PGA ต่างๆในรอบ 50 ปี และ 100 ปี โดยสนามฟุตบอลที่มีโอกาสเกิดค่า PGA ที่สูงที่สุด คือ สนามฟุตบอลของสโมสรแพร์ ยูไนเต็ต นอกจากนี้ยังทราบถึงความน่าจะเป็นของพื้นที่ศึกษาในการเกิดแผ่นดินไหวที่ระดับความรุนแรงต่างๆตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง (MMI) อีกด้วย ซึ่งจะพบว่าพื้นที่ศึกษาที่ตั้งอยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกจะมีค่า PGA และโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวที่สูงกว่าพื้นที่ศึกษาในบริเวณอื่นๆ ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากอิทธิพลของรอยเลื่อนมีพลังต่างๆทั้งในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตก และรอยเลื่อนอื่นๆ รวมถึงเขตกำเนิดแผ่นดินไหวรอบๆประเทศไทย ซึ่งถึงแม้ว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวนั้น จะสามารถทนทานรับแรงสั่นสะเทือนได้ในระดับหนึ่ง และมีสนามฟุตบอลเพียง 3 แห่งเท่านั้นที่มีโอกาสจะเสียหายอันเนื่องมาจากแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว ตามมาตรฐาน Eurocode 8 แต่ผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นนั้นก็อาจสร้างความแตกตื่นแก่ประชาชนที่อยู่ในเหตุการณ์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสูญเสียต่างๆตามมาได้ ดังนั้นจึงควรมีการให้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับแผ่นดินไหวแก่ประชาชน มีการปรับปรุงรูปแบบสนามฟุตบอลไม่ให้อัดหรือเปียดเสียดจนเกินไป รวมถึงทางเข้า-ออกต่างๆภายในสนามฟุตบอลควรเปิดให้ใช้งานมากเพียงพอกับจำนวนของผู้เข้าชมการแข่งขัน เพื่อป้องกันและบรรเทาความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- DAMRONGKITAPICHART, J. 2017. *Earthquake Activities and Hazards along Railways in the Mainland Southeast Asia*. Bachelor, Chulalongkorn University.
- NOROUZI, N., MOJARAB, M., ASADI, Z. & ZARE, M. 2014. A Case Study of Seismic Hazard Analysis at Al-Tajiat and Al-Zawraa Stadiums in Baghdad/Iraq Region. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40, 1987-2002.
- PAILOPLEE, S. & CHARUSIRI, P. 2016. Seismic hazards in Thailand: a compilation and updated probabilistic analysis. *Earth Planets and Space*, 68.
- PAILOPLEE, S., SUGIYAMA, Y. & CHARUSIRI, P. 2009. Deterministic and probabilistic seismic hazard analyses in Thailand and adjacent areas using active fault data. *Earth Planets and Space*, 61, 1313-1325.
- SANTOSA, R. B. & PRIHATMAJI, Y. P. 2011. Investigations on Earthquake Damages of Trajumas Hall in the Sultan's Palace Yogyakarta. *Procedia Engineering*, 14, 2692-2698.
- ภัยหลบลี้, ร. ด. ส. 2018. วิทยาคลื่นไหวสะเทือนเชิงสถิติ (*Statistical Seismology*), โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

