



การเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหว



ผศ.ดร.วัชรินทร์ จินต์วุฒิ

ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

2559

รายงานฉบับสมบูรณ์

อภิธาน์นาการ



สำนักหอสมุด

ชื่อเรื่อง การเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหว

ชื่อเรื่อง Seismic reinforcement of Adobe walls



รหัสโครงการ

R-2559C-0-34

ชื่อหัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร. วัชรินทร์ จินต์วุฒิ

25 เมษายน พ.ศ. 2563

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

วันลงทะเบียน 7 มี.ค. 2565

เลขทะเบียน 1049291

เลขเรียกหนังสือ 9 TH

2139

93865

2563

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก
งบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยนเรศวร



ปีงบประมาณที่ได้รับทุน ปีงบประมาณ 2559

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	3
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	3
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	5
1.3 การออกแบบการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	6
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	8
2.1 สถาปัตยกรรมบ้านดิน	8
2.2 ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านดิน	12
2.3 ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย	17
2.4 ผลกระทบของคลื่นแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างอาคาร	26
2.5 กฎหมายแผ่นดินไหว	31
2.6 แนวทางการประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	37
3.1 สัดส่วนของบ้านดิน	37
3.2 การสร้างหุ่นจำลองบ้านอิฐดินดิบ	38
3.3 การทดสอบอิฐดินดิบ	39
3.4 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	43
บทที่ 4 ผลการทดลอง	50
4.1 ผลการทดสอบหุ่นจำลองผังรูปทรงกลมและจัตุรัส	50
4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือน	51
บทที่ 5 สรุปผล	52
บทที่ 6 ปัญหาและอุปสรรค	53
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	57

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ภาพการวิบัติของบ้านผนังอิฐดินจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่จังหวัด เชียงราย	3
ภาพที่ 2	กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใน ประเทศไทย	4
ภาพที่ 3	มัสยิดสถาปัตยกรรมดินในเมืองเจนนประเทศมาลี สร้างในปี ค.ศ.1907	9
ภาพที่ 4	บ้านดินที่สร้างจากระบบผนังอิฐดินดิบในประเทศไทย	9
ภาพที่ 5	ลักษณะผนังดินโคลงคร่าไม้ไผ่	10
ภาพที่ 6	การเลือกพื้นที่ปลูกสร้างบ้านดิน	13
ภาพที่ 7	การขุดดินเพื่อทำอิฐดินดิบ	14
ภาพที่ 8	การตากอิฐดินดิบไว้กลางแดดเพื่อให้แห้ง	14
ภาพที่ 9	ลักษณะการก่อผนังอิฐดินดิบ	15
ภาพที่ 10	การทำหลังคาให้กับบ้านดิน	16
ภาพที่ 11	แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ	18
ภาพที่ 12	แนวรอยเลื่อนมีพลังบริเวณประเทศไทย	19
ภาพที่ 13	แสดงตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง	25
ภาพที่ 14	ความเสียหายของสิ่งปลูกสร้างจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อำเภอแม่ลาว	26
ภาพที่ 15	รูปลักษณะรอยเลื่อนชนิดต่าง ๆ	29
ภาพที่ 16	แสดงลักษณะความเสียหายจากแรงแผ่นดินไหวของอาคารที่ก่อสร้างด้วยผนัง อิฐดินดิบ	30
ภาพที่ 17	การนำตาข่ายลวดและฝาขวดมาเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบของ ประเทศเปรู	31
ภาพที่ 18	แสดงแนวคิดของการทดสอบความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธี โต๊ะที่ปรับเอียง	35
ภาพที่ 19	แสดงแนวทางการทดสอบแรงเฉือนของดินก่อดินก่ตามมาตรฐาน BS EN 1052 - 3:2002	36
ภาพที่ 20	บ้านดินทรงกลมขณะกำลังก่อสร้าง	38
ภาพที่ 21	แสดงสัดส่วนรูปทรงของอาคารจำลองที่ใช้ในการทดสอบ	39

ภาพที่ 22	เครื่องทดสอบกำลังอัดคณะวิศวกรรมศาสตร์	41
ภาพที่ 23	แสดงลำดับขั้นตอนการก่อสร้างผนังอิฐดินดิบรูปทรงโค้ง	42
ภาพที่ 24	แสดงติดตั้งหลังคาและฉนวนทรายก่อนทำการทดสอบ	43
ภาพที่ 25	รายละเอียดขนาดของโตะที่ปรับเอียงที่ออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับการทดลอง	44
ภาพที่ 26	แสดงการทดสอบหุนจำลองทรงกลมไม่มีช่องเปิดด้วยโตะที่ปรับเอียง	45
ภาพที่ 27	แสดงการทดลองเปรียบเทียบระหว่างหุนจำลองผังรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีไม่มีช่องเปิดและแบบมีช่องเปิด	46
ภาพที่ 28	แสดงการทดลองเปรียบเทียบระหว่างหุนจำลองผังรูปทรงกลมแบบมีไม่มีช่องเปิดและแบบมีช่องเปิด	46
ภาพที่ 29	แสดงรูปแบบการทดสอบหาแรงเฉือนของผนังดิน	47
ภาพที่ 30	แสดงผนังอิฐดินสำหรับทดสอบแรงเฉือนทั้ง 3 รูปแบบ	48
ภาพที่ 31	แสดงการทดสอบแรงเฉือนและการวัดแรงเฉือน	48
ภาพที่ 32	ลักษณะการวิบัติของที่แตกต่างกันระหว่างผนังดินที่ฉาบกับผนังที่เสริมตาข่าย	49

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แสดงสถิติแผ่นดินไหวที่สามารถรู้สึกได้ในประเทศไทย	24
ตารางที่ 2	การเปรียบเทียบขนาดของแผ่นดินไหว (Magnitude) และความรุนแรง	27
ตารางที่ 3	การเปรียบเทียบขนาดแผ่นดินไหวมาตราเมอร์แคลลี (Mercalli scale) และความรุนแรง	27
ตารางที่ 4	แสดงผลการทดสอบรับแรงอัดของอิฐดินดิบ	41
ตารางที่ 5	ผลการทดลององศาที่เกิดรอยร้าวแสดงการวิบัติของหุ่นจำลองรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส	50
ตารางที่ 6	ผลการทดลององศาที่เกิดรอยร้าวแสดงการวิบัติของหุ่นจำลองรูปทรงกลม	50



บทคัดย่อ

บ้านดินที่ปลูกสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบ เป็นระบบโครงสร้างที่ง่ายต่อการเสียหายจากแรงแผ่นดินไหว จากสถิติที่ผ่านมาพบว่าอาคารประเภทนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียมากมายทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากก่อสร้างง่าย ราคาไม่สูงและไม่ใช้ทักษะมาก ปัจจุบันการปลูกสร้างบ้านดินในประเทศไทยได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวตามกฎหมายกำหนด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาปัจจัยของช่องเปิดที่ส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของอาคารผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบฝังรูปทรงกลม และฝังรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยดำเนินการทดสอบหุ่นจำลองบ้านดินของสองรูปทรง มาตราส่วน 1 : 3 ทั้งแบบผนังทึบและแฉะมีช่องเปิด ด้วยวิธีโต๊ะที่ปรับเอียงตามทฤษฎีแรงสถิตเทียบเท่า โดยน้ำหนักของหุ่นจำลองถูกแปลงเป็นแรงกระทำด้านข้างเพื่อประเมินความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวของแต่ละรูปทรง ผลการศึกษาพบว่ารูปทรงอาคารและช่องเปิดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวของอาคารที่สร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบ โดยหุ่นจำลองรูปทรงกลมนั้นมีความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวที่ดีกว่ารูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และการมีช่องเปิดของหุ่นจำลองนั้นส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว เนื่องจากทำให้น้ำหนักโดยรวมของหุ่นจำลองนั้นเบาลง ส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดของโครงสร้างนั้นมากขึ้น ทั้งนี้บ้านดินที่สร้างในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวจึงควรพิจารณาเรื่องการลดน้ำหนักของอาคาร การเสริมตาข่ายพลาสติกที่ผนังภายในและภายนอกอาคาร รวมทั้งการออกแบบรูปทรงอาคารเป็นฝังรูปทรงกลม เพื่อลดความเสียหายของอาคาร และความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินที่จะเกิดจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวในอนาคต

คำสำคัญ : บ้านดิน อิฐดินดิบ ต้านแผ่นดินไหว วิธีสถิตเทียบเท่า

Abstract

Unreinforced mud-brick (adobe) structures are extremely fragile when subjected to seismic forces that can result in human casualties and asset damage. The majority of unreinforced adobe structures are usually found in developing countries as their construction is easy, cheap and requires little skill. There are many adobe buildings located in the northern part of Thailand, an area classified by the Thai government as a seismic hazard area. This research investigated the seismic performance between circular and conventional square construction of unreinforced adobe buildings, both with and without

openings. Static tilt tests were carried out to evaluate the seismic performance of square and circular adobe models constructed at a scale of 1: 3. The models were subjected to an increasing lateral load when tilted from the vertical on a tilting table. The lateral component of model weight was used as a parameter to quantify the maximum seismic force for each model and indicated that the shapes and the openings of unreinforced adobe buildings are important factors in the seismic resistant performance. The circular shape indicated a better seismic resistance than the square as did buildings with openings. The lighter weight of the models with openings and reinforce adobe walls with fabric nets influenced the ability to resist the lateral forces. Adobe constructions in seismic areas should be built in a circular shape and designed to minimize the overall weight. This will assist in decreasing potential damage to the structures, reduce fatalities and asset losses during any earthquake event.

Keywords: Adobe construction, mud-brick, earthquake resistance, Static analysis



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อลดความเครียดที่สะสมไว้ในโลกออกมา เพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ โดยประเทศไทยมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2557 ขนาดความรุนแรง 6.3 Magnitude สร้างความเสียหายอย่างมากที่สุดในครั้งประวัติศาสตร์ (Lakkhunaprasit, 2014) บริเวณใกล้จุดศูนย์กลางได้รับความเสียหายอย่างหนัก เกิดความเสียหายทั้งต่ออาคารบ้านเรือนกว่า 50 หลัง ระบบสาธารณูปโภค การสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน กับอาคารต่าง ๆ รวมทั้งวัด และโรงเรียนกว่า 50 หลัง รวมทั้งมีผู้เสียชีวิต 1 คน สามารถรู้สึกสั่นไหวได้ที่จังหวัด เชียงราย แพร่ แม่ฮ่องสอน อุตรดิตถ์ พิษณุโลก เชียงใหม่และ ตึกสูงในกรุงเทพมหานครฯ (Earthquake Observation Division, 2020)



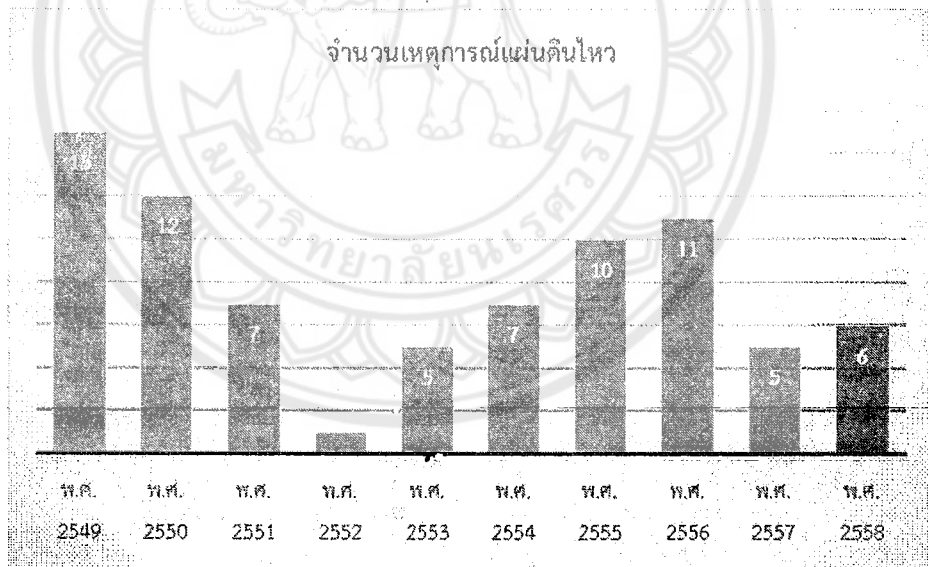
ภาพที่ 1 ภาพการวิบัติของบ้านผนังอิฐดินจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่จังหวัดเชียงราย

ที่มา: Voice TV (2014)

ผลสำรวจความเสียหายของอาคารจากผลกระทบเหตุการณ์แผ่นดินไหวดังกล่าว พบว่าสาเหตุส่วนใหญ่ เกิดจากการที่อาคารเหล่านั้นไม่ได้ถูกออกแบบให้ต้านทานแผ่นดินไหว เช่น อาคารราชการ และวัด (Lakkhunaprasit, 2014) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างผนังอิฐ (masonry structures) ที่ไม่ได้มาตรฐาน ประเภทของอาคารชนิดนี้ได้แก่ อาคารที่ก่อสร้างด้วยผนังอิฐดินดิบ ผนังอิฐมวลฉนวน ผนังอิฐบล็อกประสาน และ ผนังคอนกรีตบล็อก เป็นต้น วัสดุก่อสร้างเหล่านี้มีค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความเหนียวของวัสดุที่ต่ำ ส่งผลให้ผนังของอาคารเกิดการแตกร้าว และพังทลาย เมื่อมีแรงกระทำด้านข้างที่

เกิดจากแผ่นดินไหวเข้ากระทำ ในเหตุการณ์แผ่นดินไหวใหญ่ เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2557 ที่ผ่านมา พบการวิบัติของอาคารผนังอิฐดินดิบ หรือบ้านดิน จำนวน 1 หลัง ดังรูปภาพที่ 1

การสั่นสะเทือนดังกล่าวส่งผลให้เกิดความเสียหายมากมาย ทั้งต่ออาคารบ้านเรือน ระบบเศรษฐกิจ ระบบสาธารณสุข รวมทั้งการสูญเสียชีวิตของมนุษย์ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการพังทลายของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างผนังอิฐรับน้ำหนักที่ไม่มีการเสริมเหล็ก (Unreinforced masonry structures) ประเภทของอาคารชนิดนี้ได้แก่ อาคารที่ก่อสร้างด้วยผนังอิฐดินดิบ ผนังอิฐมอญ ผนังอิฐบล็อกประสาน และ ผนังคอนกรีตบล็อก เป็นต้น วัสดุก่อสร้างเหล่านี้มีค่าความต้านทานแรงดึง และค่าความเหนียวของวัสดุที่ต่ำ ส่งผลให้ผนังของอาคารเกิดการแตกร้าว และพังทลาย เมื่อมีแรงกระทำด้านข้างที่เกิดจากแผ่นดินไหวเข้ากระทำ จากผลการสำรวจจำนวนผู้ที่เสียชีวิตจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วงศตวรรษที่ 20 พบว่าสาเหตุหลักมาจากการพังทลายของผนังอิฐ สูงถึงร้อยละ 65 ของสาเหตุการเสียชีวิตทั้งหมด ผนังอิฐดินดิบเป็นระบบผนังรับน้ำหนักที่ทำให้เกิดการสูญเสียจากแผ่นดินไหวมากที่สุด เมื่อเทียบกับโครงสร้างผนังอิฐรับน้ำหนักประเภทอื่นๆ (Smith 1941) เนื่องจากผนังอิฐดินดิบเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา ดังนั้นงานวิจัยที่จะมีส่วนช่วยลดความเสียหายจากแรงแผ่นดินไหวสำหรับอาคารประเภทนี้ จึงสมควรมีการดำเนินการอย่างเร่งด่วน



ภาพที่ 2 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ในประเทศไทย

บ้านดิน (earthen buildings) เป็นสถาปัตยกรรมที่มนุษย์ใช้เป็นที่อยู่อาศัยมายาวนาน โดยปัจจุบันมีประชากรประมาณ 1 ใน 3 ทั่วโลกอยู่อาศัยภายใต้อาคารชนิดนี้ (Houben & Guillaud, 1994;

Wojciechowska, 1967) ปัจจุบันมีการปลูกสร้างอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัย รวมทั้งเป็นที่พักสำหรับนักท่องเที่ยว บ้านดินเหล่านี้ส่วนใหญ่ทำการก่อสร้างด้วยระบบผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบ (adobe or mud-brick construction) ซึ่งเป็นระบบโครงสร้างที่ทำให้เกิดการสูญเสียจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวมากที่สุด เมื่อเทียบกับโครงสร้างผนังอิฐรับน้ำหนักประเภทอื่นๆ (Smith, 1941) ผนังอิฐดินดิบนั้นเป็นระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ไม่มีเสา โดยผนังรับน้ำหนักของหลังคาและถ่ายแรงลงสู่พื้นโดยตรง สำหรับอิฐดินดิบมีขนาด กว้าง 8 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว หนา 4 นิ้ว ก่อผนังโดยเรียงอิฐสลับกัน (Jandai, 2012) ทั้งนี้กรมโยธาธิการและผังเมืองได้ออกกฎหมายควบคุมอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว 22 จังหวัด เพื่อบังคับให้มีการออกแบบก่อสร้างอาคารให้สามารถรับแรงแผ่นดินไหวเป็นไปตามมาตรฐานทางวิศวกรรมกำหนด โดยได้จัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เพื่อให้อาคารได้รับการออกแบบให้มีความเหนียว สามารถโยกไหวตัวเกินพิกัดยืดหยุ่นของโครงสร้างได้ เพิ่มความสามารถในการรับแรงสั่นสะเทือนให้กับอาคาร สำหรับผังอาคารควรมีรูปทรงที่เรียบง่าย สมมาตร และสม่ำเสมอ รวมทั้งควรออกแบบช่องเปิดอาคารให้มีขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสม (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2018) แต่เนื่องด้วยผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบเป็นโครงสร้างที่มีความเปราะ (brittle structure) ซึ่งมีพฤติกรรมของโครงสร้างแตกต่างจากโครงสร้างที่มีความเหนียว เมื่อถูกกระทำภายใต้แรงจากแผ่นดินไหว (E. Leroy Tolles, 2000) จึงทำให้ไม่อาจนำข้อกำหนดทางด้านวิศวกรรมดังกล่าวมาใช้กับอาคารประเภทนี้ได้ รวมทั้งการก่อสร้างบ้านดินโดยทั่วไป เจ้าของจะเป็นผู้ดำเนินการปลูกสร้างด้วยตนเอง (D.I.Y) ไม่ได้ใช้วิศวกรในการคำนวณโครงสร้าง (non-engineering structures) และไม่ยื่นขออนุญาตปลูกสร้างจากหน่วยงานภาครัฐ ส่งผลให้ผู้ที่อยู่อาศัยในอาคารโครงสร้างอิฐดินดิบมีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากแผ่นดินไหว หากปลูกสร้างอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย

งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของอาคารบ้านดิน เพื่อลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยพิจารณาปัจจัยของช่องเปิดอาคารว่าส่งผลอย่างไรต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว โดยทดสอบกับโต๊ะที่ปรับเอียงตามทฤษฎีแรงสถิตเทียบเท่า (static tilt-testing) เพื่อเสนอแนะแนวทางการออกแบบและก่อสร้างอาคารบ้านดินที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาปัจจัยของช่องเปิดที่ส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของอาคารผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบผังรูปทรงกลมและผังรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 2) เพื่อศึกษาแนวทางการเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบ ด้วยวัสดุหาได้ง่ายในท้องถิ่น ได้แก่ เหล็กตะแกรงลวดตาข่าย ไม้ไผ่สาน และฝางข้าว เพื่อลดความเสียหายของบ้านดินในพื้นที่ 3 จังหวัดภาคเหนือ ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

1.3 การออกแบบการวิจัย

ในการดำเนินการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยวางแผนเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม โดยการรังวัดบ้านดินในพื้นที่กรณีศึกษาและสัมภาษณ์เจ้าของอาคาร เพื่อนำมาวิเคราะห์หารูปแบบทางสถาปัตยกรรมบ้านดินที่นิยมปลูกสร้างบนพื้นที่เสี่ยงภัย หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มากำหนด เป็นรูปแบบและจำนวนของหุ่นจำลองที่จะใช้ทดลอง โดยจะทำการทดลองหุ่นจำลองเพื่อเปรียบเทียบ รูปทรงและอัตราส่วนระหว่างความหนาของผนังต่อความสูง และศึกษาแนวทางการเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบด้วยวัสดุท้องถิ่น โดยทำการเปรียบเทียบลักษณะการวิบัติ และความสามารถรับแรงกระทำด้านข้างของแต่ละหุ่นจำลอง นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบก่อสร้างบ้านดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกสร้างบนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวต่อไป

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะดำเนินการเก็บข้อมูลทางสถาปัตยกรรมบ้านดิน เฉพาะบริเวณพื้นที่ภาคเหนือ 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากพื้นที่ 3 จังหวัดนี้อยู่ในเขตพื้นที่ความรุนแรงแผ่นดินไหว V - VII และ VII - VIII เมอร์คัลลี รวมทั้งมีจำนวนของบ้านดินค่อนข้างมาก เมื่อเทียบกับพื้นที่เสี่ยงภัยบริเวณอื่น
2. งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาปัจจัยของช่องเปิดของอาคารผนังรับน้ำหนักอิฐดินชั้นเดียว เฉพาะรูปแปลนอาคารที่เป็นสมมาตรใน 2 ลักษณะ คือ แปลนรูปทรงกลม และแปลนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เนื่องด้วยเป็นรูปทรงนิยมก่อสร้างอาคารอิฐดิน
3. ปัจจัยทางด้านรูปทรงของหลังคาบ้านดินเป็นสิ่งที่งานวิจัยนี้ไม่ได้ดำเนินการศึกษา โดยพิจารณาเฉพาะน้ำหนักของหลังคาที่กระทำต่อผนังเท่านั้น
4. งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวระหว่างผนังทึบและผนังที่มีช่องเปิด โดยไม่ได้ศึกษาปัจจัยของขนาดและตำแหน่งที่ตั้งของช่องเปิด

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบถึงรูปแบบทางสถาปัตยกรรมบ้านดินที่นิยมปลูกสร้างในประเทศไทยและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของผนังอิฐดินดิบ
2. ทราบถึงความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของบ้านดิน ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
3. ทราบถึงสัดส่วนทางสถาปัตยกรรมของบ้านดินที่เหมาะสม สำหรับปลูกสร้างบนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
4. ทราบถึงผลกระทบของอัตราส่วนระหว่างความหนาผนังต่อความสูง รวมทั้งลักษณะและสัดส่วนของ

ช่องเปิด ที่ส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของบ้านดิน



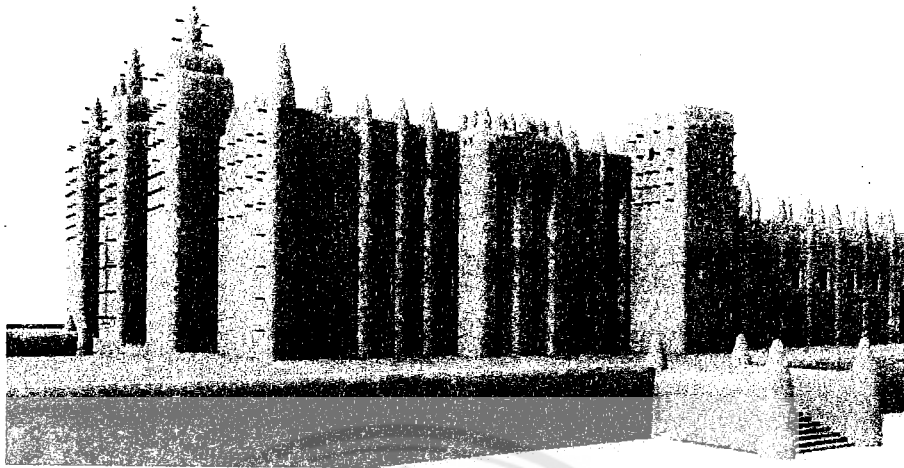
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

เนื้อหาการทบทวนวรรณกรรมมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมอาคารผนังรับน้ำหนักอิฐดินดิบเมื่อต้องเผชิญกับแรงแผ่นดินไหวและเป็นแนวทางไปสู่การดำเนินงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยการทบทวนวรรณกรรม 7 ส่วนดังต่อไปนี้ 1. สถาปัตยกรรมบ้านดิน 2. ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านดิน 3. ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย 4. ผลกระทบของคลื่นแผ่นดินไหวต่อโครงสร้าง 5. กฎหมายแผ่นดินไหว 6. แนวทางการประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว โดยแสดงรายละเอียดแต่ละหัวข้อ ดังนี้

2.1 สถาปัตยกรรมบ้านดิน

บ้านดินเป็นสถาปัตยกรรมที่มนุษย์ใช้เป็นที่อยู่อาศัยมายาวนานที่สุด โดยปัจจุบันมีประชากรประมาณ 1 ใน 3 ทั่วโลกอยู่อาศัยภายใต้อาคารชนิดนี้ (Houben & Guillaud 1994; Wojciechowska 1967) โดยส่วนใหญ่เป็นผู้มีรายได้น้อยและอยู่อาศัยในประเทศที่กำลังพัฒนา บ้านดินส่วนใหญ่ปลูกสร้างโดยใช้อิฐดินดิบตากแห้ง (adobe) แล้วนำมาก่อเป็นผนังรับน้ำหนัก แปลนอาคารส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมหรือทรงกลม อิฐดินดิบเป็นวัสดุก่อสร้างที่ไม่มีความเหนียว จึงง่ายต่อความเสียหายจากแรงเฉือนและแรงดึง (Webster, 2002) บ้านดินเริ่มมีการนำมาก่อสร้างในประเทศไทยครั้งแรกในช่วงการอพยพเข้ามาตั้งถิ่นฐานของชนชาติจีน (Uthaiattrakoon, 2004) ปัจจุบันบ้านดินในประเทศไทยกำลังเป็นที่นิยมจากชนชั้นกลางเพิ่มขึ้น สำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัย หรือโรงแรม ในฐานะของสิ่งปลูกสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน โดยได้รับความนิยมนอย่างมากบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งในขณะเดียวกันก็เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวตามกรมโยธาธิการและผังเมืองกำหนด รูปภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างของรูปแบบสถาปัตยกรรมที่นิยมก่อสร้างในประเทศไทย

บ้านดินถือว่าเป็นสถาปัตยกรรมที่เก่าแก่ที่สุดในโลกและมีอายุยาวนานที่สุด ในปัจจุบันยังมีบ้านดินเก่ามีอายุตั้งแต่ 200 - 1,000 ปี กระจายอยู่ทั่วโลก เช่น บ้านของอินเดียแดงเผ่าอนาซาซีซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในรัฐนิวเม็กซิโก โคโลราโด อริโซนา บางแห่งมีอายุเกือบ 2,000 ปี เช่น ที่เมืองเก่าเจเนน (Djenné) ในประเทศมาลี, ผนังของเมืองเก่า Shibam ในประเทศเยเมน, หมู่บ้าน Ksar ของ Ait-Ben-Haddou ในโมร็อกโกเมือง, หมู่บ้านดินเมือง Fujian Tulou ในประเทศจีน, เขตโบราณคดี Chan Chan ในเปรู หรืออุทยานแห่งชาติ Mesa Verde ในสหรัฐอเมริกา เป็นต้น



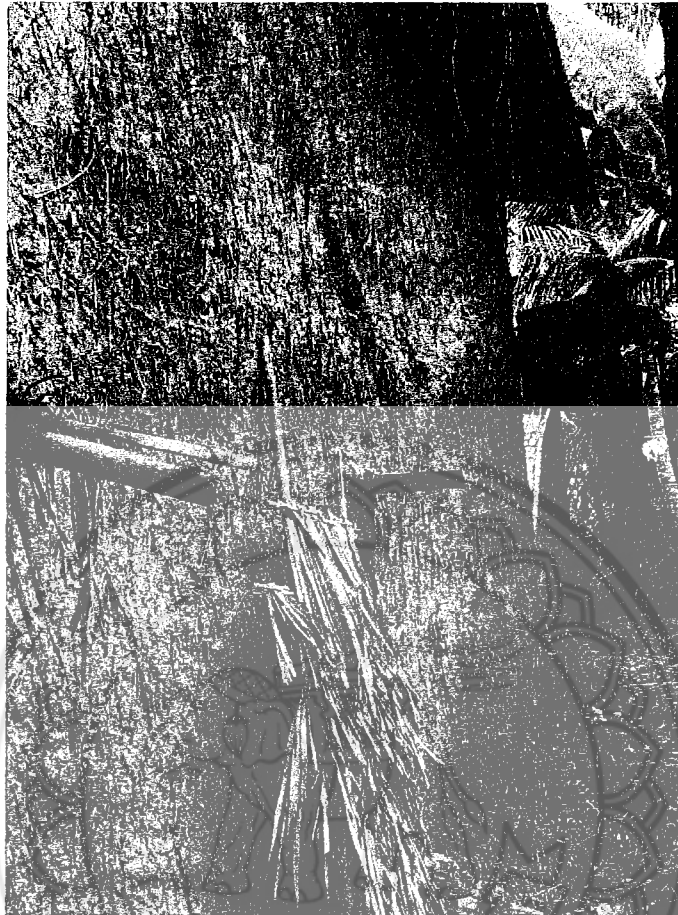
ภาพที่ 3 มีสยิตสถาปัตยกรรมดินในเมืองเจนนประเทศมาลี สร้างในปี ค.ศ.1907



ภาพที่ 4 บ้านดินที่สร้างจากระบบผนังอิฐดินดิบในประเทศไทย

ในเมืองไทยมีการใช้ดินฉาบทาอยู่ช้านมายาวนาน แต่ไม่ปรากฏร่องรอยการใช้ดินทำบ้าน จนกระทั่งเมื่อชาวจีนอพยพเข้ามาอาศัยในเมืองไทยคนจีนบางส่วนได้นำเอาวัฒนธรรมการทำบ้านด้วยดินเข้ามาใช้ในประเทศไทย อรศิริ ปาณินท์ (2540) พบการก่อสร้างบ้านด้วยดินดิบ ในหมู่บ้านของจีนฮ่อ ซึ่งสร้างหมู่บ้านอยู่ในประเทศไทยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2504 ประกอบด้วย 2 หมู่บ้าน คือ หมู่บ้านสันติสุข ต.เวียงใต้ อ.ปาย และหมู่บ้านรักไทย ที่

บ้านแม่ฮ่องสอน อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน โดยบ้านเรือนสร้างด้วยผนังดินผสมหญ้า ตรงกลางผนังเป็นโครงเคร่าไม้ไผ่



ภาพที่ 5 ลักษณะผนังดินโครงเคร่าไม้ไผ่

ผนังอิฐดินดิบ (Adobe walls) นั้นเป็นระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก ไม่จำเป็นต้องมีเสา โดยผนังอิฐดินถ่ายแรงน้ำหนักของหลังคาและผนังลงสู่พื้นโดยตรง ดังนั้นพื้นบริเวณก่อสร้างควรอัดดินให้แน่น อาจใช้เศษหินหรือทำคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อเป็นคานคอดินรับน้ำหนักของผนังเพื่อความแข็งแรงยิ่งขึ้น สำหรับอิฐดินนั้น มีขนาด กว้าง 8 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว หนา 4 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมสำหรับการก่อผนังอิฐดินดิบ เนื่องจากมีน้ำหนักที่ไม่มากเกินไป สามารถก่อผนังได้รวดเร็ว (โจน จันโต, 2555)

โดยมีเหตุผลที่มีการสนับสนุนทำให้ดินกลายเป็นวัสดุที่เหมาะสมจะนำมาพัฒนาทดลองใช้ก่อสร้างที่อยู่อาศัยในสภาพการณ์ปัจจุบันคือ

1. ดินช่วยในการทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเกิดความสมดุล
ดินสามารถดูดซับและคายความชื้นได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถจะควบคุมปริมาณความชื้น

ภายในอาคารได้ จากผลการทดลองของสถาบันวิจัยอาคาร (FEB) ประเทศเยอรมันนี้ พบว่าผนังที่ไม่ผ่านการเผา มีความสามารถ ดูดซับความชื้นได้มากกว่า 30 เท่าเมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น ซึ่งเป็นผลจากการทดลองเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง จาก 50% เป็น 80% ดังนั้นค่าเฉลี่ยความชื้นในอากาศที่ก่อสร้างด้วยดินตลอดทั้งปีจะอยู่ที่ 50% ทั้งนี้อาจมากหรือน้อยกว่าไม่เกิน 5-10%

2. ดินช่วยกักเก็บความเย็น

เนื่องจากผนังดินมีขนาดที่หนามาก ดังนั้นจึงสามารถกักเก็บความเย็นให้กับอาคารได้เป็นอย่างดี ยังผล ให้อุณหภูมิภายในอยู่ในสภาวะที่น่าสบาย

3. ดินช่วยประหยัดพลังงานและลดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม

ในการเตรียมการขนส่งหรือลำเลียงวัสดุก่อสร้างมายังสถานที่ก่อสร้างนั้น ดินใช้พลังงานในการลำเลียง เพียง 1% ถ้าเทียบกับคอนกรีต จึงสามารถพูดได้ว่าการก่อสร้างอาคารจากดินแทบไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

4. ดินสามารถนำมาใช้ใหม่ได้

อาคารที่สร้างจากผนังดินที่ไม่ผ่านขบวนการเผา สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้นับครั้งไม่ถ้วน เพียงแต่นำ ไปผสมน้ำก็สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกครั้ง

5. ประหยัดค่าใช้จ่าย

เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่หาได้ทั่วไปในท้องถิ่น แต่ในการนำมาใช้งานอาจมีอัตราการผสมที่แตกต่างกันไป ตามสภาพของดินในท้องถิ่นนั้นๆ ดังนั้นจึงสามารถประหยัดทั้งในการซื้อวัสดุและการขนย้าย อย่างไรก็ตามดินนับว่าเป็นวัสดุ ที่ประหยัดค่าก่อสร้างที่สุด เมื่อเทียบกับวัสดุที่ต้องอาศัยการผลิตจากโรงงาน

6. สามารถก่อสร้างได้ง่าย

อาคารที่สร้างจากดินสามารถสร้างด้วยแรงงานท้องถิ่นโดยไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญพิเศษในการควบคุม การก่อสร้าง แต่อาจจะมีเพียงผู้ที่มีประสบการณ์ในการก่อสร้างเพียงคนเดียวก็เพียงพอ อีกทั้งไม่มีความจำเป็นต้องใช้ อุปกรณ์ที่ทันสมัยราคาแพงมาใช้ในการก่อสร้าง จนบางที่เจ้าของบ้านอาจสร้างบ้านนั้นด้วยตนเองได้

7. ดินสามารถดูดซับมลพิษได้

เหตุผลดังกล่าวมีการทดลองที่เมืองเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี โดยการนำเอาพืชชนิดหนึ่งที่มีคายสารพิษออกมาและกระจายตัว 600 m³ ต่อวัน ตั้งไว้ในบ้านที่ก่อสร้างด้วยดิน พบว่าปริมาณสารพิษลดลงจากปริมาณกระจายตัวปกติ ถึงแม้จะยังไม่มีข้อพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ถึงเรื่องดังกล่าว แต่อย่างน้อยก็ทำให้เรา

เห็นถึงแนวทางในการกำจัดมลพิษที่ เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เห็นถึงข้อได้เปรียบหลายด้านของโครงสร้างดิน โดยในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีผู้สนใจก่อสร้างบ้านดินกันพอสมควร โดยเฉพาะกลุ่มผู้สนใจด้านเศรษฐกิจพอเพียง และกลุ่มผู้รักสุขภาพ ทั้งนี้พบว่ามีการวิจัยศึกษาวิจัยในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพผนังดินมากขึ้นเช่นกัน

2.2 ขั้นตอนการก่อสร้างบ้านดิน

สำหรับขั้นตอนการก่อสร้างบ้านดินนั้น ในงานวิจัยนี้ศึกษารายละเอียดเฉพาะของเทคนิคอิฐดินดิบ (Adobe wall) เท่านั้น เนื่องจากผนังอิฐดินดิบเป็นระบบผนังที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยนี้ สำหรับขั้นตอนในการก่อสร้างผนังอิฐดินดิบนั้น มีความแตกต่างจากระบบผนังโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นระบบผนังกำแพงรับน้ำหนัก โดยมีลำดับขั้นตอนก่อสร้าง ดังนี้คือ

2.1 การเตรียมพื้นที่ดินสำหรับปลูกสร้าง

เริ่มต้นตั้งแต่เลือกสถานที่ปลูกสร้างบ้านดิน ควรเป็นพื้นที่สูงน้ำท่วมไม่ถึง ควรเป็นพื้นที่ราบมีสภาพเป็นดินแข็ง เพื่อหลีกเลี่ยงการทรุดตัวของดินในภายหลัง หากเป็นพื้นที่ราบ ควรถมดินบริเวณปลูกสร้างบ้านให้สูงกว่าพื้นที่โดยรอบประมาณ 1 ฟุต ป้องกันน้ำขังช่วงฤดูฝน ทั้งนี้หากมีต้นไม้ใหญ่ในพื้นที่ควรเก็บรักษาไว้ และควรปลูกบ้านทางด้านทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือของต้นไม้ เพื่ออาศัยเป็นร่มเงาบังแดดบริเวณทิศใต้และทิศ ตะวันตก



ภาพที่ 6 การเลือกพื้นที่ปลูกสร้างบ้านดิน

2.2 การทำอิฐดินดิบ

สำหรับดินที่จะนำมาใช้ทำอิฐดินดิบนั้น ควรที่ดินเหนียวเป็นส่วนประกอบประมาณ 10-40% โดยสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีนำน้ำมาหนึ่งแก้วแล้วใส่เกลือหนึ่งช้อนชา จากนั้นคนให้ละลาย แล้วนำดินที่ต้องการทดสอบใส่ลงไปหนึ่งช้อนโต๊ะ คนให้ละลายและรอดินตกตะกอน โดยตะกอนชั้นล่างสุดคือเศษหินหรือทรายหยาบ ชั้นที่สองคือทรายละเอียด และชั้นที่สามเป็นดินเหนียว

ทั้งนี้ส่วนผสมของอิฐดินนั้นประกอบด้วย ดิน, ทราย, ฝางหรือแกลบ ทั้งนี้ไม่มีสัดส่วนที่ตายตัว ขึ้นอยู่กับสภาพของดินแต่ละพื้นที่ โดยเจ้าของบ้านควรทำการทดสอบด้วยวิธี Drop test คือการยกอิฐดินสูงระดับเอวแล้วหันสันมุมของอิฐชี้ลงพื้น จากนั้นปล่อยให้อิฐตะกระแทกพื้น สังเกตการร้าวหักของอิฐดิน โดยอิฐที่มีความแข็งแรงนั้น ควรได้รับความเสียหายเฉพาะส่วนปลายมุมที่กระแทกเท่านั้น การทำอิฐนั้นให้นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกับน้ำ ย้ำให้ทั่วจนส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เทใส่ในแบบไม้หรือเหล็ก ขนาด กว้าง 8 นิ้ว ยาว 16 นิ้ว หนา 4 นิ้ว หลังถอดแบบแล้วให้นำอิฐไปตากแดดจนแห้ง และนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม วางอิฐซ้อนกันให้มีลมผ่านเพื่อไม่ให้อิฐมีความชื้น



ภาพที่ 7 การย่ำดินเพื่อทำอิฐดินดิบ



ภาพที่ 8 การตากอิฐดินดิบไว้กลางแดดเพื่อให้แห้ง

2.3 การทำฐานรากสำหรับอาคาร

การทำฐานรากของบ้านดินนั้นเพื่อป้องกันปลวกและความป้องกันน้ำฝนท่วมซึ่ง ฐานของบ้านดินจึงควรยกสูงจากระดับพื้นดิน 1 ฟุต สามารถใช้การนำหินก้อนใหญ่มาเรียงเป็นฐานหรือใช้คานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อความแข็งแรง

2.4 การก่อผนังบ้าน

นำอิฐที่แห้งแล้วมาเรียงก่อตามแนวนอนลักษณะเดียวกับการก่ออิฐมอญ โดยใช้ดิน ส่วนผสมเดียวกับที่ใช้ทำอิฐมาเป็นตัวประสาน ดินก่อไม่ควรหนาเกินไปจะทำให้ผนังแห้งช้าและอาจทำให้ผนังเอียงล้ม



ภาพที่ 9 ลักษณะการก่อผนังอิฐดินดิบ

2.5 การฉาบผนัง

การฉาบผนังดินนั้นควรทำก่อนการมุงหลังคา เพื่อให้แดดส่องเข้ามาผนังภายใน ช่วยให้ผนังที่ฉาบแห้งได้เร็ว สำหรับดินที่ใช้ฉาบนั้นควรผสมเส้นใยมากกว่าส่วนผสมของดินที่ทำอิฐ และควรผสมน้ำเพิ่มเพื่อให้ดินฉาบได้ง่ายขึ้น หลังจากฉาบเสร็จควรปล่อยให้ 2-3 วัน ให้ผนังที่ฉาบแห้งสนิท สำหรับส่วนผสมของดินฉาบนั้นประกอบด้วย ปูนขาว 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และดินสีหรือผงฝุ่น ตามอัตราส่วนความชื้นและจางของสีที่ต้องการ

2.6 การทำหลังคา

สำหรับโครงสร้างหลังคาบ้านดินนั้นสามารถใช้โครงสร้างไม้ไผ่ ไม้ หรือเหล็กได้เหมือนกับโครงสร้างหลังคาบ้านทั่วไป เพียงแต่โครงสร้างหลังคาบ้านอิฐดินดิบนั้นถ่ายน้ำหนักลงบน

กำแพงดิน ต่างกับอาคารทั่วไปที่ถ่ายน้ำหนักลงเสา ส่วนวัสดุผนังนั้นควรเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เช่น หญ้าคา เมทัลชีท กระเบื้องลอนคู่ เป็นต้น



ภาพที่ 10 การทำหลังคาให้กับบ้านดิน

2.7 การเดินทางระบบสุขาภิบาลและไฟฟ้าแสงสว่าง

งานระบบสำหรับบ้านดินสามารถเลือกเดินแบบลอยตัวหรือจะฝังท่อในผนังก็ได้ โดยการใช้ท่อพีวีซีและใช้กาวเชื่อมต่อไม่ให้เกิดรอยรั่ว โดยเฉพาะท่อน้ำ

2.8 การทำฝ้าเพดาน

การทำฝ้าในบ้านดินควรเลือกใช้ฝ้าที่ระบายลมได้ เช่น ฝ้าไม้ไผ่สาน เป็นต้น เนื่องจากหากใช้ฝ้าทึบ เช่น แผ่นยิบซัมบอร์ด เป็นต้น ลมร้อนจะไม่สามารถระบายออกทางหลังคาได้ จะทำให้คนในบ้านรู้สึกร้อนและอึดอัด สำหรับโครงเคร่าฝ้านั้น สามารถเลือกใช้เป็นโครงเคร่าสังกะสี หรือ โครงเคร่าไม้ก็ได้

2.9 เหนียงและปูกระเบื้องพื้น

การเทพื้นสามารถทำได้ทั้งพื้นดินหรือพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีพื้นดินนั้นใช้ดินเหนียว 1 ส่วน และทราย 2 ส่วนขึ้นไป ย่ำดินให้เหลวเหมือนขั้นตอนทำอิฐแล้วเทดินให้ทั่วห้อง โดยปูพลาสติกสีดำไว้ด้านใต้ก่อนการเทเพื่อกันปลวก ให้มีความหนาอย่างน้อย 5 นิ้ว ทิ้งให้พื้นดินแห้ง ซึ่งอาจใช้เวลาเป็นเดือน สำหรับกรณีของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นมีข้อดีเรื่องความแข็งแรงและการกันปลวก แต่ค่อนข้างมีค่าใช้จ่ายสูง

2.10 ติดตั้งประตูและหน้าต่าง

ในกรณีบานไม้ หรือ PVC สามารถทำการติดตั้งด้วยตนเอง หรือจ้างช่างดำเนินการติดตั้งให้ สำหรับบานประตู-หน้าต่างไม้ควรเลือกใช้บานไม้เนื้อแข็ง เพื่อป้องกันปัญหาภัยหดตัว

2.3 ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย

แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ภัยธรรมชาติที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของชั้นเปลือกโลก ส่วนใหญ่แผ่นดินไหวมักเกิดตรงบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกที่เป็นแนวแผ่นดินไหวของโลก การเคลื่อนตัวดังกล่าว เกิดขึ้นเนื่องจากชั้นหินหลอมละลายที่อยู่ภายใต้เปลือกโลก ได้รับพลังงานความร้อนจากแกนโลก และลอยตัวผลักดันให้เปลือกโลกมีการเคลื่อนตัวอยู่ตลอดเวลา ทำให้เปลือกโลกแต่ละชั้นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆกัน พร้อมกับมีการสะสมพลังงานไว้ภายใน บริเวณขอบของชั้นเปลือกโลกซึ่งเป็นส่วนที่ชนกัน และเสียดสีกัน หรือแยกออกจากกัน หากบริเวณขอบของชั้นแผ่นเปลือกโลกใดๆ ผ่านหรืออยู่ใกล้กับประเทศใดๆ แล้วประเทศนั้นก็จะมีความเสี่ยงต่อภัยจากแผ่นดินไหวสูง เช่น ประเทศญี่ปุ่น ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศอินโดนีเซีย นิวซีแลนด์ เป็นต้น

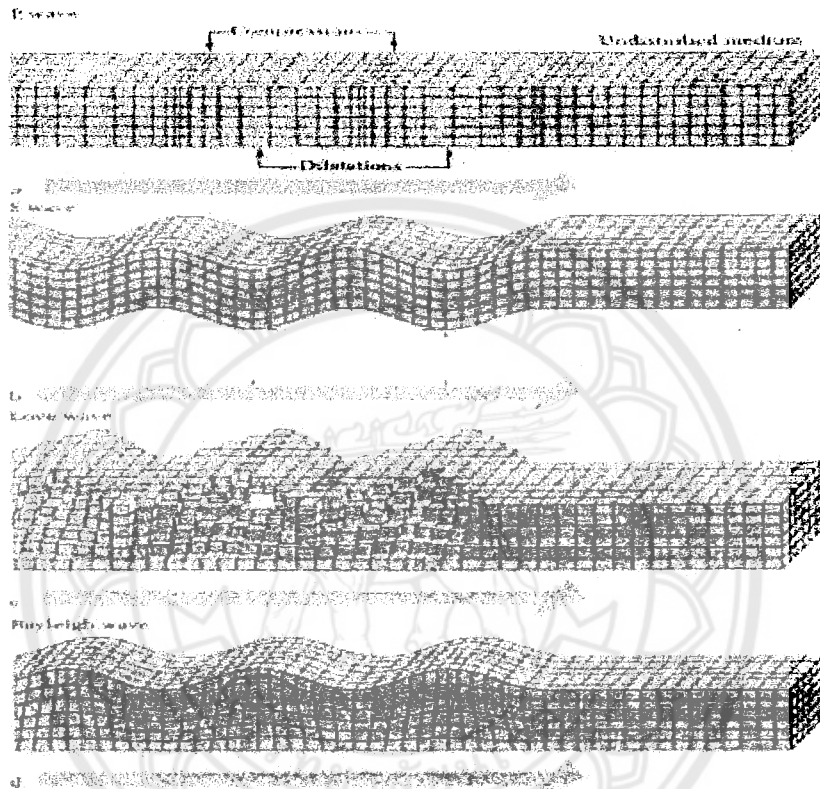
นอกจากนี้ พลังงานที่สะสมอยู่ในเปลือกโลกจะถูกส่งผ่านไปยังเปลือกโลกบนพื้นทวีป ตรงบริเวณรอยร้าวของหินใต้พื้นโลกหรือที่เรียกว่า "รอยเลื่อน" เมื่อระนาบรอยร้าวที่ประกบกันอยู่ได้รับแรงอัดมากๆ ก็จะทำให้รอยเลื่อนมีการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน เกิดเป็นแผ่นดินไหวขึ้นมา กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2558) กล่าวว่าภัยพิบัติแผ่นดินไหวนั้นเป็นเหตุการณ์ที่คาดการณ์ได้ยาก มีความไม่แน่นอนสูง ทำให้ต้องมีการเตรียมการเฝ้าระวังตลอดเวลา จากข้อมูลทางสถิติโดยศูนย์วิจัยระบบาตวิทยาต้านภัยพิบัติ (Centre for Research on the Epidemiology of Disaster: CRED) ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2443-2556 พบว่ามีผู้เสียชีวิตจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวจำนวนประมาณ 1.5 ล้านคน และสร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจถึง 314 พันล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ หรือ ประมาณ 10 ล้านล้านบาท

ความสั่นสะเทือนของพื้นดินนั้นมีลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคหรือดินแบบ 3 มิติ โดยสามารถแบ่งคลื่นแผ่นดินไหวออกเป็น 2 ชนิดได้ดังนี้

-คลื่นหลัก (Body wave) เป็นคลื่นที่เดินทางอยู่ภายใต้โลก ได้แก่ คลื่น P อนุภาคของดินเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง และคลื่น S อนุภาคดินเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบ ทิศเหนือใต้ และตะวันออก ตะวันตก ความยาว

ช่วงคลื่นหลักอยู่ระหว่าง 0.01 – 50 วินาที

-คลื่นผิวพื้น (Surface Wave) ได้แก่คลื่นเลิฟ (LOVE:LQ) อนุภาคดินเคลื่อนที่ในแนวระนาบเหมือน การเคลื่อนที่ของงูเลื้อย และคลื่นเรย์เลห์ (Rayleigh :LR) อนุภาคของดินเคลื่อนที่เหมือนคลื่น P แต่ ขณะเดียวกันมีการเคลื่อนตัวแบบย้อนกลับ ความยาวช่วงคลื่นผิวประมาณ 10 – 350 วินาที ดังรูปที่

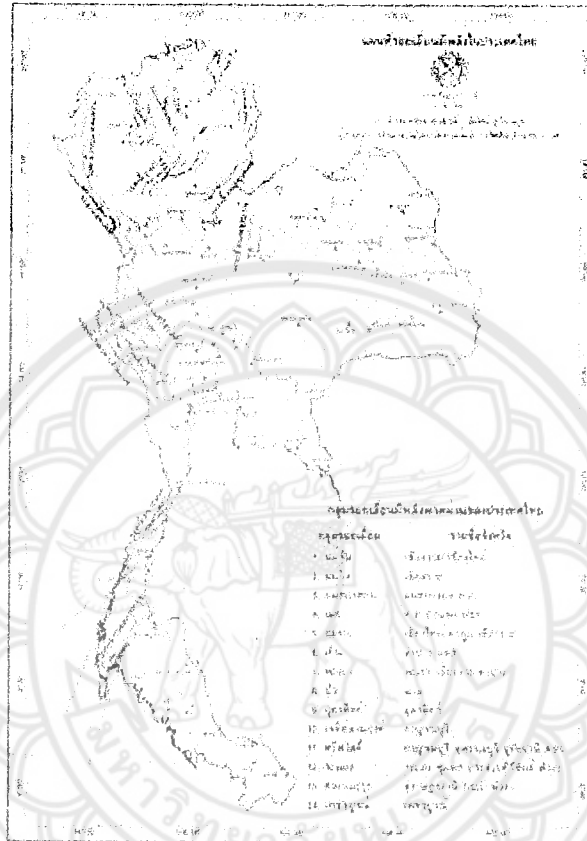


ภาพที่ 11 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่าง ๆ

โดยประเทศไทยได้รับผลกระทบต่อกภัยแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง มีแนวรอยเลื่อนที่มีพลัง 14 กลุ่มรอยเลื่อนครอบคลุมพื้นที่ 22 จังหวัด ในกรณีของประเทศไทยแผ่นดินไหวเกิดขึ้นได้จาก 2 ลักษณะดังนี้

- 1) แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีแหล่งกำเนิดจากภายนอกประเทศส่งแรงสั่นสะเทือนมายังประเทศไทย โดยมีแหล่งกำเนิดจากตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน พม่า สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ทะเลอันดามัน ตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ส่วนมากบริเวณที่รู้สึกสั่นไหวได้แก่ บริเวณภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและกรุงเทพมหานคร

- 2) แผ่นดินไหวเกิดจากแนวรอยเลื่อนที่ยังสามารถเคลื่อนตัวซึ่งอยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศ เช่น รอยเลื่อนเชียงแสน รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนแพร์ รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนเมยอุทัยธานี รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ รอยเลื่อนคลองมะรุย เป็นต้น



ภาพที่ 12 แนวรอยเลื่อนมีพลังบริเวณประเทศไทย
ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี

แนวรอยเลื่อนภายในประเทศซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ แสดงดังภาพที่ 12 โดยกลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญของประเทศไทยมี 14 กลุ่มรอยเลื่อน ดังนี้

1. กลุ่มรอยเลื่อนแม่จัน

รอยเลื่อนนี้วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก บิดเอียงลงทิศใต้ และขึ้นทิศเหนือเล็กน้อย มีความยาวประมาณ 170 กิโลเมตร พาดผ่านตั้งแต่อำเภอฝาง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่จัน อำเภอเชียงแสน อำเภอดอยหลวง และอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

2. กลุ่มรอยเลื่อนแม่อิง

รอยเลื่อนนี้มีแนวการวางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่อำเภอเทิง อำเภอขุนตาล อำเภอเชียงของ อำเภอเวียงแก่น ของจังหวัดเชียงราย มีความยาวประมาณ 70 กิโลเมตร

3. กลุ่มรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน

รอยเลื่อนนี้มีแนวการวางตัวอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ เริ่มตั้งแต่อำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ผ่านอำเภอขุนยวม อำเภอแม่ลาน้อย และอำเภอแม่สะเรียง ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อเนื่องลงมาถึงบริเวณทิศเหนือของอำเภอท่าสองยาง ของจังหวัดตาก มีความยาวประมาณ 200 กิโลเมตร

4. กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา

เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่มีหลายส่วนรอยเลื่อนแยกเป็นขตๆ คล้ายอักษรตัวเอส (S-shape) ซึ่งแต่ละขตรอยเลื่อนมีลักษณะการเคลื่อนตัวที่แตกต่างกัน เริ่มจากการวางตัวในทิศเหนือ-ใต้ในพื้นที่อำเภอพร้าว ผ่านลงมาในเขตอำเภอดอยสะเก็ด ของจังหวัดเชียงใหม่ มีการเคลื่อนตัวแบบรอยเลื่อนปกติ แล้วบิดไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ในพื้นที่อำเภอสันกำแพง มีการเคลื่อนตัวแบบรอยเลื่อนระนาบเหลื่อมขวา แล้ววกมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ขนานตามลำแม่น้ำทา ในพื้นที่อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน มีการเคลื่อนตัวแบบรอยเลื่อนระนาบเหลื่อมซ้าย มีความยาวรวมทั้งหมดประมาณ 100 กิโลเมตร

5. กลุ่มรอยเลื่อนเถิน

มีทิศทางการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตัดผ่านเชิงเขาบริเวณรอยต่อระหว่างแอ่งแพร่ และแอ่งลำปาง คือรอยเลื่อนพาดผ่านตั้งแต่อำเภอเมืองแพร่ ลงมาสู่พื้นที่อำเภอสูงเม่น อำเภอลอง และอำเภอวังชิ้น ของจังหวัดแพร่ แล้วยาวต่อเนื่องลงมาในพื้นที่อำเภอแม่ทะ อำเภอสบปราบ และอำเภอเถินของจังหวัดลำปาง มีความยาวทั้งหมดประมาณ 130 กิโลเมตร

6. กลุ่มรอยเลื่อนปัว

มีทิศทางการวางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก จัดเป็นรอยเลื่อนปกติ เป็นรอยเลื่อนที่มีการวางตัวเป็นแนวยาวรายรอบด้านทิศตะวันออกของแอ่งปัวเป็นส่วนใหญ่ เริ่มตั้งแต่บริเวณรอยต่อของประเทศไทย-สปป.ลาว เรื่อยลงมาในพื้นที่ของอำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอปัว และต่อเนื่องถึง

อำเภอสันติสุข ของจังหวัดน่าน มีความยาวรวมทั้งหมดประมาณ 110 กิโลเมตร รอยเลื่อนนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนรอยเลื่อนคือ ส่วนรอยเลื่อนทุ่งช้าง ส่วนรอยเลื่อนบัว และส่วนรอยเลื่อนสันติสุข

7. กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์

มีแนวการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีมุมเอียงเทไปทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร รอยเลื่อนนี้เริ่มปรากฏให้เห็นชัดเจนตั้งแต่อำเภอพาคำ ยาวลงมาในอำเภอน้ำปาด อำเภอทองแสนขัน ของจังหวัดอุตรดิตถ์ และต่อเนื่องถึงอำเภอพิชัย ของจังหวัดพิษณุโลก

8. กลุ่มรอยเลื่อนพะเยา

เป็นรอยเลื่อนที่มีสองส่วนรอยเลื่อน และมีแนวการวางตัวแตกต่างกัน และแยกออกจากกันชัดเจน โดยรอยเลื่อนทางด้านซีกใต้มีการวางตัวในแนวเกือบทิศเหนือ-ใต้ ก่อนมาทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งปรากฏอยู่บริเวณด้านทิศตะวันตกของขอบแอ่งพะเยาบริเวณเขตรอยต่อระหว่างอำเภอพาน ของจังหวัดเชียงราย อำเภอเมืองของจังหวัดพะเยา และอำเภอวังเหนือของจังหวัดลำปาง ส่วนรอยเลื่อนนี้มีความยาวประมาณ 35 กิโลเมตร แสดงลักษณะของผารอยเลื่อนหลายแนวและต่อเนื่องเป็นแนวตรงหันหน้าไปทิศตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอวังเหนือมีผารอยเลื่อนที่สูง 200 เมตร

9. กลุ่มรอยเลื่อนเมย

รอยเลื่อนนี้ไม่ได้ต่อเนื่องมาจากรอยเลื่อนสะแกง ในเขตสหภาพพม่า รอยเลื่อนเมยเริ่มต้นปรากฏในพื้นที่สหภาพพม่าต่อเนื่องเข้ามาในเขตประเทศไทยบริเวณลำน้ำเมย ที่บ้านท่าสองยาง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ตามแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พาดผ่านอำเภอแม่ระมาด อำเภอแม่สอด อำเภอพบพระ อำเภอเมืองตาก อำเภอวังเจ้า ของจังหวัดตาก อำเภอโกสัมพีนคร และอำเภอคลองลาน ของจังหวัดกำแพงเพชร มีความยาวรวมประมาณ 260 กิโลเมตร

10. กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์

เป็นรอยเลื่อนที่วางตัวในทิศตะวันตกของประเทศไทย มีความยาวประมาณ 220 กิโลเมตร เริ่มต้นพาดผ่านพื้นที่ของสหภาพพม่าต่อเนื่องเข้าเขตประเทศไทยในพื้นที่อำเภออุ้มผาง ของจังหวัดตาก อำเภอทองผาภูมิ ของจังหวัดกาญจนบุรี ผ่านอุทยานแห่งชาติห้วยขาแข้ง อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ต่อเนื่องมาอำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอหนองปรือ และอำเภอบ่อพลอย ของจังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอด่านช้างของจังหวัด

สุพรรณบุรี รอยเลื่อนนี้วางตัวขนานมากับลำแม่น้ำแควใหญ่

11. กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

เป็นรอยเลื่อนที่เริ่มปรากฏขึ้นในเขตสภาพพม่าเข้าสู่ตะเข็บชายแดนประเทศไทยบริเวณด้านเจดีย์สามองค์ อำเภอสังขละบุรี พาดผ่านอำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอเมืองกาญจนบุรี และสิ้นสุดบริเวณอำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี โดยวางตัวขนานกับลำแม่น้ำแควน้อย มีความยาวรวมประมาณ 200 กิโลเมตร

12. กลุ่มรอยเลื่อนระนอง

รอยเลื่อนระนองวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่ในทะเลอันดามันขึ้นแผ่นดินที่อำเภอตะกั่วป่า และอำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา และผ่านจังหวัดระนอง จังหวัดชุมพร และต่อเนื่องไปในพื้นที่ของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และมาลงอ่าวไทยบริเวณทิศตะวันออกของอำเภอสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 300 กิโลเมตร

13. รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย

รอยเลื่อนนี้วางขนานกับกลุ่มรอยเลื่อนระนอง เป็นกลุ่มรอยเลื่อนตามแนวระนาบแบบเหลี่ยมซ้าย และเลื่อนตัวในแนวตั้งแบบรอยเลื่อนย้อน แนวรอยเลื่อนนี้เริ่มปรากฏในทะเลอันดามันบริเวณทิศตะวันออกของภูเก็ต และเกาะยาว ในบริเวณอ่าวพังงา รอยเลื่อนยาวต่อเนื่องขึ้นบกบริเวณลำคลองมะรุ่ย อำเภอทับปุด อำเภอตะกั่วทุ่ง และอำเภอท้ายเหมือง ของจังหวัดพังงา พาดผ่านต่อเนื่องไปในจังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมความยาวเฉพาะส่วนบนแผ่นดินประมาณ 140 กิโลเมตร

14. กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์

วางตัวในทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งขนานสองข้างของแอ่งเพชรบูรณ์ ที่มีการเอียงเทเข้าหากกลางแอ่งทั้งสองด้าน มีลักษณะการเลื่อนแบบรอยเลื่อนปกติ รอยเลื่อนนี้พาดผ่านจังหวัดเพชรบูรณ์ มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร

สถิติแผ่นดินไหวในประเทศไทย

สถิติการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทยมีการรวบรวมข้อมูลในอดีตจากหลายแห่งข้อมูล เช่น ศิลาจารึก

พงศาวดาร ปุม จดหมายเหตุ สิ่งพิมพ์ และอื่นๆ พบว่ามีการเริ่มต้นบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในลักษณะของความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) ส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายในช่วงตั้งแต่ 624 ปีก่อนคริสต์ศักราช จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมา จึงเริ่มมีการเก็บข้อมูลจากเครื่องวัดของเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ

ประเทศไทยจัดว่าเป็นประเทศที่มีความเสี่ยงแผ่นดินไหวระดับต่ำถึงปานกลาง ซึ่งมีความเสี่ยงจากแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนมีพลังภายในประเทศเองและแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นภายนอกประเทศ แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน ซึ่งตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยามีขนาดอยู่ในระดับเล็กถึงปานกลาง ตารางด้านล่างแสดงสถิติแผ่นดินไหวในประเทศไทย ขนาดมากกว่า 5 ขึ้นไป ซึ่งทำความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ



ตารางที่ 1 แสดงสถิติแผ่นดินไหวที่สามารถรู้สึกได้ในประเทศไทย

ลำดับที่	วัน เดือน ปี	ขนาด	บริเวณ
1.	17 กุมภาพันธ์ 2518	5.6	อ.ท่าสองยาง จ.ตาก
2.	15 เมษายน 2526	5.5	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
3.	22 เมษายน 2526	5.9	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
4.	22 เมษายน 2526	5.2	อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
5.	11 กันยายน 2537	5.1	อ.พาน จ.เชียงราย
6.	9 ธันวาคม 2538	5.1	อ.ร้องกวาง จ.แพร่
7.	21 ธันวาคม 2538	5.2	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่
8.	22 ธันวาคม 2539	5.5	พรมแดนไทย-ลาว
9.	13 ธันวาคม 2549	5.1	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่
10.	5 พฤษภาคม 2557	6.3	อ.แม่ลาว จ.เชียงราย

(ที่มาจาก www.seismology.tmd.go.th)

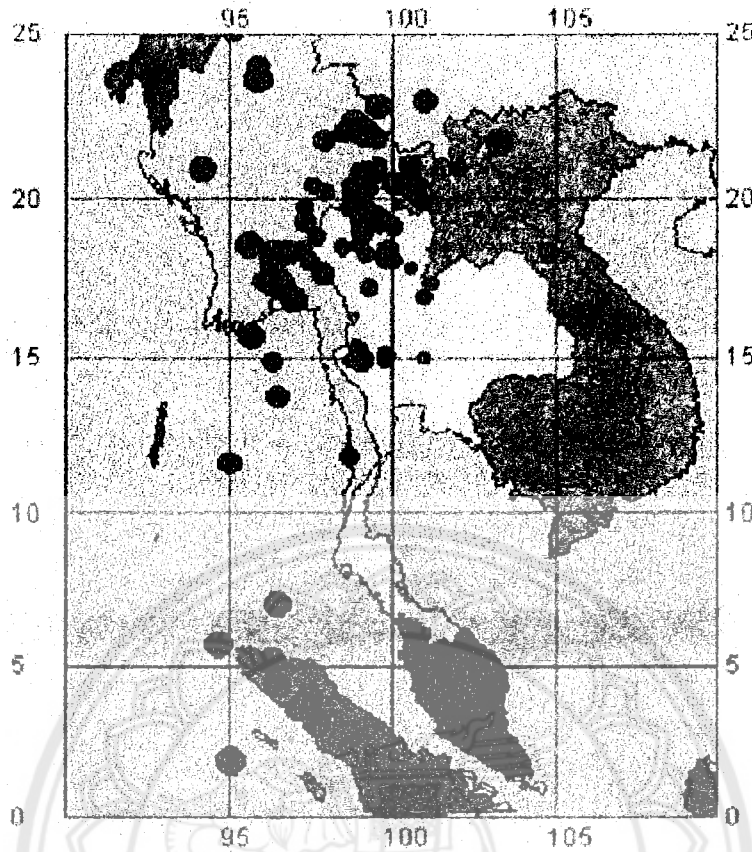
1049291



สำนักหอสมุด

7 มี.ค. 2565

9 7H
2239
ว3865
2563



ภาพที่ 13 แสดงตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง

เหตุการณ์แผ่นดินไหวอำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย

เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2557 เวลา 18.08 น. ได้เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ขนาด (Magnitude) 6.3 มีศูนย์กลางอยู่ที่อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย เกิดจากการเคลื่อนตัวของกลุ่มรอยเลื่อนพะเยา จุดเกิดแผ่นดินไหวดังกล่าวเกิดขึ้นใกล้กับแหล่งชุมชน จึงทำให้เกิดความเสียหายของสิ่งปลูกสร้างจำนวนมาก ได้แก่ วัด โบราณสถาน สถานที่ราชการ ถนน และบ้านเรือนประชาชน เป็นต้น โดยมีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด 7 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ พะเยา น่าน แพร่ ลำปาง และกำแพงเพชร ศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย ได้สรุปสถานการณ์พื้นที่ประสบภัย ในวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ.2557 ว่ามีทั้งสิ้น 7 อำเภอ 57 ตำบล 609 หมู่บ้าน บ้านเรือนเสียหายรวม 8,935 หลัง มีผู้เสียชีวิต 1 คน



ภาพที่ 14 ความเสียหายของสิ่งปลูกสร้างจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อำเภอแม่ลาว
ที่มา: www.thairath.co.th

2.4 ผลกระทบของคลื่นแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างอาคาร

ความเสียหายของอาคารเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวมิได้ขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นดินไหวอย่างเดียว องค์ประกอบสำคัญที่มีผลกระทบต่อความเสียหายของอาคารได้แก่

1. ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว (Earthquake Characteristics) ได้แก่ ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ระยะเวลาของการสั่นรุนแรงของพื้นดิน และคาบเวลาการสั่นสำคัญของพื้นดิน เป็นต้น
2. ลักษณะของสถานที่เกิดแผ่นดินไหว (Site Characteristics) ได้แก่ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางแผ่นดินไหวไปยังสถานที่ตั้งของโครงสร้างอาคาร สภาพชั้นดินของสถานที่ตั้งของโครงสร้างอาคาร และคาบการสั่นตามธรรมชาติของสถานที่นั้น เป็นต้น
3. ลักษณะของโครงสร้างอาคาร (Structural Characteristics) ได้แก่ คาบการสั่นตามธรรมชาติ และค่า Damping ของโครงสร้างอาคารนั้น อายุและวิธีการก่อสร้างของโครงสร้างอาคาร และการเสริมเหล็กให้โครงสร้างมีความเหนียว เป็นต้น

สำหรับอาคารผนังอิฐดินดิบ ซึ่งเป็นระบบผนังรับน้ำหนักนั้น

2.4.1 ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว

การจำแนกระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว จำแนกได้เป็น 2 ระบบ คือ ขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude) และระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Intensity) โดยขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude) เป็นปริมาณที่มีความสัมพันธ์กับพลังงานที่พื้นโลกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นสะเทือน คำนวณได้จากการ

ตรวจวัดค่าความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัด ได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว โดยเป็นค่าปริมาณที่
 ปังชี้ขนาด ณ บริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหว

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบขนาดของแผ่นดินไหว (Magnitude) และความรุนแรง

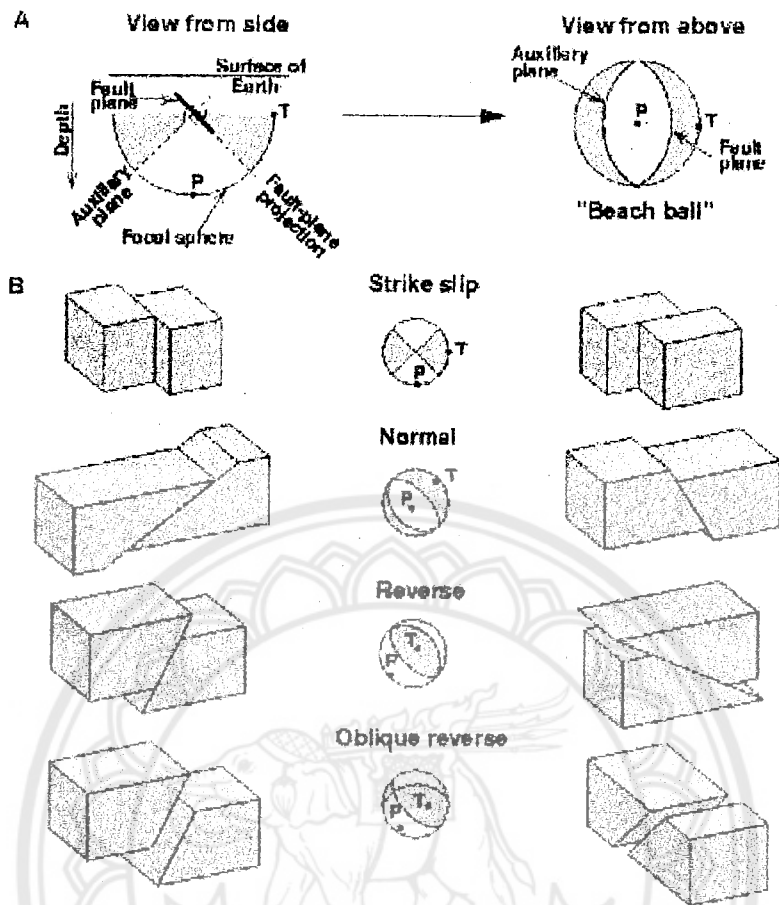
ขนาด	ความสัมพันธ์ของขนาดโดยประมาณกับความสั่นสะเทือนใกล้ศูนย์กลาง
1-2.9	เกิดการสั่นไหวเล็กน้อย ผู้คนเริ่มมีความรู้สึกถึงการสั่นไหว บางครั้ง รู้สึกเวียนศีรษะ
3-3.9	เกิดการสั่นไหวเล็กน้อย ผู้คนที่อยู่ในอาคารรู้สึกเหมือนรถไฟวิ่งผ่าน
4-4.9	เกิดการสั่นไหวปานกลาง ผู้ที่อาศัยอยู่ทั้งภายในอาคาร และนอกอาคาร รู้สึกถึงการสั่นสะเทือน วัตถุห้อยแขวนแกว่งไกว
5-5.9	เกิดการสั่นไหวรุนแรงเป็นบริเวณกว้าง เครื่องเรือน และวัตถุมีการเคลื่อนที่
6-6.9	เกิดการสั่นไหวรุนแรงมาก อาคารเริ่มเสียหาย พังทลาย
7.0 ขึ้นไป	เกิดการสั่นไหวร้ายแรง อาคาร สิ่งก่อสร้างมีความเสียหายอย่างมาก แผ่นดินแยก วัตถุที่อยู่บนพื้นถูกเหวี่ยงกระเด็น

ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) แสดงถึง ความรุนแรงของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น วัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหวจากความรู้สึกหรือการตอบสนองของผู้คน การเคลื่อนที่ของเครื่องเรือน เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุหรือ อาคารเสียหายหรือสภาพภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น ในกรณีของประเทศไทยใช้มาตราเมอร์คัลลี (Mercalli scale) วัดความรุนแรงของแผ่นดินไหว โดยหน่วยระดับจะใช้เป็นตัวเลขโรมัน I-XII ซึ่งมีทั้งหมด 12 อันดับ เรียงลำดับความรุนแรงแผ่นดินไหวจากน้อยไปมาก

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบขนาดแผ่นดินไหวมาตราเมอร์คัลลี (Mercalli scale) และความรุนแรง

อันดับที่	ลักษณะความรุนแรงโดยเปรียบเทียบ
-----------	--------------------------------

I	เป็นอันดับที่อ่อนมาก ตรวจวัดโดยเครื่องมือ
II	พอรู้สึกได้สำหรับผู้ที่อยู่หนึ่ง ๆ ในอาคารสูง ๆ
III	พอรู้สึกได้สำหรับผู้ในบ้าน แต่คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึก
IV	ผู้ในบ้านรู้สึกว่่าของในบ้านสั่นไหว
V	รู้สึกเกือบทุกคน ของในบ้านเริ่มแกว่งไกว
VI	รู้สึกได้กับทุกคนของหนักในบ้านเริ่มเคลื่อนไหว
VII	ทุกคนต่างตกใจ สิ่งก่อสร้างเริ่มปรากฏความเสียหาย
VIII	เสียหายค่อนข้างมากในอาคารธรรมดา
IX	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้อย่างดี เสียหายมาก
X	อาคารพัง รางรถไฟบิดงอ
XI	อาคารสิ่งก่อสร้างพังทลายเกือบทั้งหมด ผิวโลกปูดนูนและเลื่อนเป็นคลื่นบนพื้นดินอ่อน
XII	ทำลายหมดทุกอย่าง มองเห็นเป็นคลื่นบนแผ่นดิน

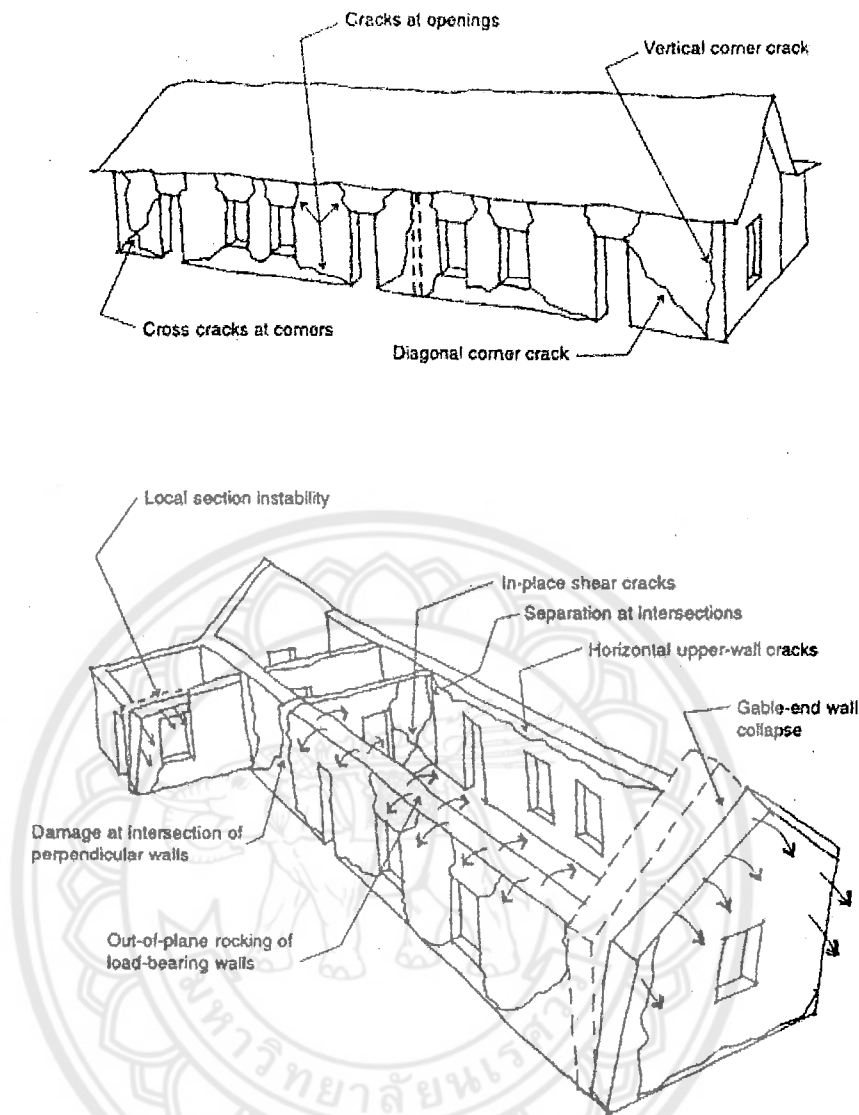


ภาพที่ 15 รูปลักษณะรอยเลื่อนชนิดต่าง ๆ

2.4.2 ลักษณะการวิบัติของอาคารผนังอิฐดิน

จากการศึกษาลักษณะพฤติกรรมการพังทลายของผนังอิฐดินดิบ เนื่องจากแรงแผ่นดินไหว พบว่ามีลักษณะความเสียหาย ดังนี้

1. Vertical corner cracks ลักษณะการแตกร้าวแนวตั้งบริเวณด้านมุมผนัง
2. Diagonal shear cracking ลักษณะการแตกร้าวแนวทะแยงอันเนื่องมาจากแรงเฉือน
3. Horizontal upper-wall cracks ลักษณะการแตกร้าวแนวขอบผนังด้านบน



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะความเสียหายจากแรงแผ่นดินไหวของอาคารที่ก่อสร้างด้วยผนังอิฐดินดิบ (GINELL & Tolles (n.d.)).

จากลักษณะการวิบัติของอาคารดังกล่าว พบว่าผู้เสียชีวิตส่วนใหญ่เสียชีวิตจากการโดนผนังและหลังคาล้มทับ ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่ในต่างประเทศมุ่งเน้นในการเสริมความแข็งแรงสำหรับอาคารบ้านดินที่ก่อสร้างขึ้นใหม่ ด้วยวิธีการเสริมไม้ไผ่ในส่วนกลางของอิฐดินดิบ อย่างไรก็ตามการเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบสำหรับอาคารที่สร้างเสร็จแล้วยังมีผู้ศึกษาไม่มาก Blondet, M. & Brzev (2003) กล่าวว่า การเสริมความแข็งแรงของบ้านดินยังมีปัญหาเรื่องค่าใช้จ่ายเนื่องจากพบว่าวัสดุที่นำมาใช้นั้นมีราคาแพง หรือบางท้องถิ่นไม่สามารถหาวัสดุได้



ภาพที่ 17 การนำตาข่ายลวดและผ้าขูดมาเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบของประเทศเปรู

2.5 กฎหมายแผ่นดินไหว

กฎหมายว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวนั้น ไม่ได้บังคับให้การก่อสร้างบ้านพักอาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยที่มีความสูงไม่เกิน 15 เมตร ต้องได้รับการออกแบบให้สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ อย่างไรก็ตามหากการก่อสร้างบ้านพักอาศัยดังกล่าวได้มีการให้รายละเอียดที่เหมาะสมเพิ่มเติมจากการออกแบบปกติแล้วจะทำให้สมรรถนะในการต้านแรงแผ่นดินไหวของบ้านดังกล่าวสูงขึ้นในระดับหนึ่ง

สำหรับการก่อสร้างบ้านดินบนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวนั้น ผังอาคารมีความสำคัญอย่างมากต่อความสามารถในการต้านทานแรงแผ่นดินไหว ควรสร้างในลักษณะผังที่เป็นรูปสมมาตร ได้แก่ ผังรูปทรงกลมหรือเหลี่ยม และควรมีน้ำหนักของหลังคาที่เบา (Jinwuth, 2017; NICEE, 2018; Walker & Standards Australia, 2002) อย่างไรก็ตามยังไม่พบงานวิจัยที่กล่าวถึงปัจจัยของช่องเปิดที่ส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของบ้านดิน

ปัจจุบันมีกฎหมายเกี่ยวกับงานก่อสร้างเพื่อรองรับแรงแผ่นดินไหวอยู่ใน พรบ.ควบคุมอาคารปี พ.ศ. 2522 กฎกระทรวง ฉบับที่ 49 ปี พ.ศ.2540 (มีผลบังคับใช้เมื่อ 11 พฤศจิกายน 2540) โดยควบคุมในพื้นที่โซนภาคเหนือเป็นส่วนใหญ่ ต่อมาข้อมูลการวิจัยสนับสนุนว่าประเทศไทยมีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวสูงกว่าที่เข้าใจในอดีตมาก ทางกระทรวงมหาดไทยโดยกรมโยธาธิการ และผังเมืองซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคารให้มีความปลอดภัยได้ดำเนินการแก้ไขกฎกระทรวง ฉบับที่ 49 และให้ใช้ฉบับแก้ไขซึ่งมีผลตั้งแต่ 30 พฤศจิกายน 2550 นี้ อ้างอิงแทน โดยมีเนื้อหาหลักๆ ดังนี้ (นิพนธ์ ลักษณะอาติศร, 2560)

1. การกำหนดพื้นที่ควบคุม มีการกำหนดพื้นที่ควบคุมออกเป็น 3 บริเวณ 22 จังหวัด (จากเดิม 10 จังหวัด) การกำหนดพื้นที่ควบคุม มีการกำหนดพื้นที่ควบคุมออกเป็น 3 บริเวณ 22 จังหวัด (จากเดิม 10

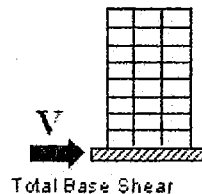
จังหวัด) พื้นที่ควบคุมแบ่งได้ตามลักษณะความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย ดังนี้

1.1 ความเสี่ยงภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว ขนาดใหญ่ที่มีศูนย์กลางอยู่ภายนอกประเทศ แต่ส่งผลกระทบต่ออาคาร และสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย จากการที่ดินฐานรากเป็นดินเหนียวอ่อนหนาเรียกความเสี่ยงในกรณีนี้ว่า ความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ระยะไกล ครอบคลุม 5 จังหวัด ได้แก่ จ.กรุงเทพฯ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร เรียกสั้นๆ ว่า “บริเวณที่ 1”

1.2 ความเสี่ยงจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดกลาง แต่มีศูนย์กลางในประเทศ เป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้รอยเลื่อน ครอบคลุม 10 จังหวัด ได้แก่ บริเวณ กาญจนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยาแพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และลำพูน ซึ่งมีข้อมูลทางธรณีวิทยาว่าบริเวณดังกล่าวตั้งอยู่บนรอยเลื่อนมีพลัง และมีศักยภาพที่จะทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดกลางได้ เรียกสั้นๆ ว่า “บริเวณที่ 2”

1.3 บริเวณที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้แนวรอยเลื่อนระนอง และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยในภาคใต้โดยการเพิ่มเติมพื้นที่ควบคุมนี้ สืบเนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวในทะเลอันดามัน เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ที่ก่อให้เกิดคลื่นยักษ์สึนามิ สร้างความเสียหายต่อชีวิต และทรัพย์สินในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของประเทศอย่างรุนแรง ซึ่งเหตุการณ์ครั้งนั้นกรมทรัพยากรธรณีได้รายงานผลการตรวจจับตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวขนาด 1-3 ริกเตอร์ที่อยู่ตามแนวรอยเลื่อน 2 แห่งในภาคใต้ คาดว่ารอยเลื่อนดังกล่าวเป็นรอยเลื่อนที่มีพลัง (Active Faults) แต่เนื่องจากศักยภาพของรอยเลื่อนทั้ง 2 ยังไม่มีข้อมูลรองรับที่ชัดเจนจึงกำหนดให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นเพียงพื้นที่เฝ้าระวัง โดยผู้ออกแบบโครงสร้างบริเวณดังกล่าวไม่จำเป็นต้องคำนวณผลของแรงสั่นสะเทือนที่มีผลต่ออาคาร แต่ต้องกำหนดกำหนดรายละเอียดบริเวณรอยต่อโครงสร้างอาคารให้มีความเหนียว (Ductility) เพื่อให้สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนได้ในระดับหนึ่ง บริเวณนี้ครอบคลุม 7 จังหวัด ได้แก่ กระบี่ ชุมพร พังงา ภูเก็ต ระนอง สงขลา และสุราษฎร์ธานี เรียกสั้นๆ ว่า “บริเวณเฝ้าระวัง”

สำหรับการคำนวณและออกแบบโครงสร้างที่มีลักษณะเป็น บ้าน ตึก โรงเรือน และโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายคลึงและไม่ได้เป็นบริเวณเฝ้าระวัง กำหนดให้ผู้ออกแบบต้องคำนวณให้ตึก อาคาร สามารถรับแรงที่เกิดมาจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ ซึ่งมาตรฐานที่นิยมใช้กันในกรออกแบบคือ Uniform Building Code ของอเมริกา (UBC Code) เป็นการคำนวณโดยแปลงแรงแผ่นดินไหวเป็นแรงเฉือนที่กระทำต่อฐานของอาคารแบบ Static Load โดยให้คำนวณแรงเฉือนตามสูตรดังต่อไปนี้



$$V = ZIKCSW$$

V คือ แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

Z	คือ	สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว
I	คือ	ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคารตามที่กระทรวงกำหนด
K	คือ	สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบตามที่กระทรวงกำหนด
C	คือ	สัมประสิทธิ์หาค่าได้จากสูตร
S	คือ	สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติ ระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งอาคารตามที่กระทรวงกำหนด
W	คือ	น้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักของตัววัสดุอุปกรณ์ซึ่งยึดติดกับที่ โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกสำหรับอาคารทั่วไป หรือน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยก็ได้มีการออกแนวทางเตรียมรับมือกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวแล้วเช่นกัน เพื่อเป็นการลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้กับประชาชนเมื่อมีเหตุแผ่นดินไหว

2.6 แนวทางการประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว

2.6.1 การประเมินความสามารถในการรับแรงกระทำแผ่นดินไหว

ในการประเมินความสามารถในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างนั้น โดยทั่วไปสามารถดำเนินการทดสอบได้ 2 วิธี คือ วิถีพลศาสตร์ (Dynamic analysis) และวิถีแรงสถิตเทียบเท่า (static analysis) (Boonyachut, 2006) สำหรับวิถีทางพลศาสตร์นั้น เป็นการทดสอบพฤติกรรมทางพลศาสตร์ของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจริงในขณะเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้ในประเมินความสามารถในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้าง (Arros, 2003) แต่วิธีการทดสอบนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูงและขั้นตอนการทดสอบที่ยุ่งยาก ทำให้เกิดเป็นข้อจำกัดสำหรับทำงานวิจัยด้านแผ่นดินไหว สำหรับวิถีแรงสถิตเทียบเท่า โครงสร้างจะถูกประเมินจากกำลังรับแรงสถิตย์ที่กระทำในแนวนอน (horizontal forces) แล้วทำการเปรียบเทียบกับสถิตแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดลองที่ถูกกว่า และขั้นตอนทดลองที่ไม่ยุ่งยาก กรมโยธาธิการและผังเมือง (2018) กล่าวว่าวิถีแรงสถิตเทียบเท่า เป็นการคำนวณหาค่าแรงสถิตเทียบเท่าในรูปของแรงเฉือนที่ฐานอาคาร (seismic base shear, V) จากนั้นจึงกระจายแรงไปยังชั้นต่าง ๆ ของอาคาร แรงที่เกิดขึ้นภายในองค์อาคารต่าง ๆ เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่า ที่กระทำร่วมกับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่งของอาคารจะเป็นแรงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ออกแบบกำลังต้านทานขององค์อาคาร การประเมินความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างด้วยวิถีแรงสถิตเทียบเท่านี้สามารถแบ่งย่อยออกได้ 2 วิธีคือ วิถีคำนวณจากสมการแรงสถิตเทียบเท่า (equivalent-static-force

analysis) และ วิธีการทดสอบด้วยโต๊ะที่ปรับเอียง (static tilt-table testing) สำหรับวิธีคำนวณจากสมการแรงสถิตเทียบเท่า นั้น มีระบุไว้ในมาตรฐานการออกแบบอาคารสำหรับต้านแรงแผ่นดินไหวของประเทศต่างๆ เช่น กฎกระทรวงฉบับที่ 49 พ.ศ.2540 ของประเทศไทย มาตรฐานออสเตรเลีย AS. 1170.4 เป็นต้น โดยวิธีนี้ใช้สมมติฐานที่ว่าแรงเฉือนพื้นฐานของโครงสร้าง (V) สามารถคำนวณได้จากตัวแปรต่างๆ ตามสมการด้านล่างนี้

$$V = k_p \times Z \times C_h(T_1) \times S_p / \mu \times W_1 \quad (\text{Standards Australia, 2007}) \quad (1)$$

โดย

k_p = Probability factor for the annual probability of exceedance

= 1 (for an annual probability of exceedance 1/500)

Z = Hazard factor (ground acceleration) for specific locations

$C_h(T_1)$ = Spectral shape factor dependent on sub soil and period

μ = Ductility factor = 1.25 (สำหรับผนังอิฐดินดิบ)

S_p = Structural performance factor = 0.77 (สำหรับผนังอิฐดินดิบ)

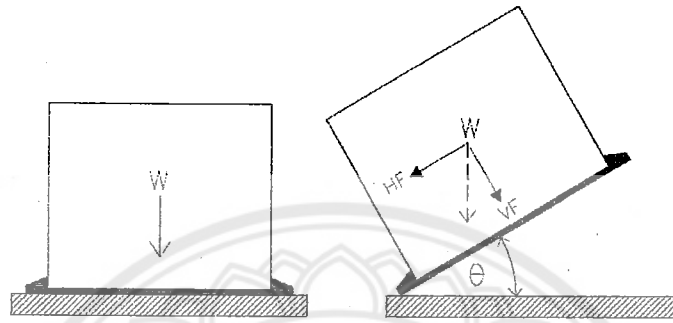
W_1 = น้ำหนักโดยรวมของโครงสร้าง

ทั้งนี้การคำนวณด้วยวิธีแทนค่าในสมการดังกล่าว มีข้อจำกัดที่นำไปใช้ได้เฉพาะอาคารที่มีรูปทรงปกติ และวัสดุก่อสร้างมาตรฐานเท่านั้น เนื่องจากการคำนวณค่าความถี่ธรรมชาติของอาคาร ($C_h(T_1)$) สำหรับรูปทรงอาคารที่ผิดปกติ หรือใช้วัสดุก่อสร้างที่ไม่มีมาตรฐานควบคุม เช่น อิฐดินดิบ เป็นต้น มีขั้นตอนคำนวณหา ค่าความถี่อาคารที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง

สำหรับวิธีทดสอบด้วยโต๊ะที่ปรับเอียงนั้น โครงสร้างของหุ่นจำลองจะถูกกระทำจากแรงกระทำด้านข้าง (Horizontal force, HF) ที่เกิดจากน้ำหนักของโครงสร้าง (W_1) คูณด้วยมุม $\sin\theta$ ของโต๊ะปรับเอียงตามสมการ (Jinwuth, et al., 2010) ดังนี้

$$HF = \sin \theta \times W_1 \quad (2)$$

ในรูปภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการแปลงน้ำหนักของหุ่นจำลอง (W_1) ไปเป็นแรงกระทำด้านข้าง (HF) เมื่อโต๊ะที่ปรับเอียงถูกยกขึ้นที่มุมองศาเท่ากับ θ ซึ่งเทียบได้กับแรงกระทำด้านข้างจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างในสถานการณ์จริง



$$V = HF$$

ภาพที่ 18 แสดงแนวคิดของการทดสอบความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีโต๊ะที่ปรับเอียง

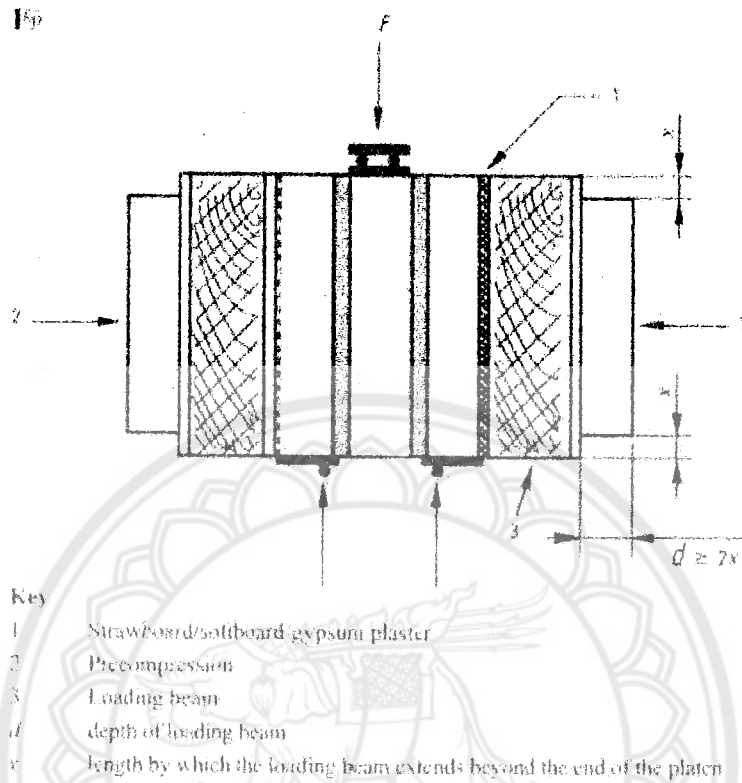
ดังนั้นเมื่อหุ่นจำลองถูกยกเอียง จนถึงจุดที่สังเกตเห็นรอยแตกแสดงการวิบัติของโครงสร้าง องศาของมุมเอียงที่ปรากฏจึงบอกความสามารถในการรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดของโครงสร้างนั้น และสามารถนำไปประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของหุ่นจำลองได้ ซึ่งกรณีการทดสอบหุ่นจำลองบ้านดินด้วยวิธีโต๊ะที่ปรับเอียงนั้น ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยโต๊ะที่สั่นไหว (shake table-testing) จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการทดสอบอิฐดินได้เป็นอย่างดี (Vargas & Ottazzi, 1981; Jinwuth, 2017)

2.6.2 แนวทางการประเมินการเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบ ด้วยวัสดุในท้องถิ่น

จากการศึกษารูปแบบการวิบัติของบ้านดินเมื่อเผชิญกับแรงแผ่นดินไหว พบว่าจะจุดเริ่มต้นของการวิบัตินั้น คือ รอยแตกร้าว (First crack) ที่เกิดขึ้นตามแนวดินฉาบระหว่างก้อนอิฐ และเมื่อก้อนอิฐเกิดการแยกตัวจึงส่งผลให้ผนังเกิดการพังทลายล้มตามมา ดังนั้นแนวทางการเสริมความสามารถในการรับแรงให้กับผนังอิฐดินนั้น จึงควรเน้นที่การป้องกันการแยกตัว โดยการเสริมความสามารถในการยึดเกาะระหว่างก้อน

โดยการประเมินความสามารถในการยึดเกาะระหว่างก้อนนั้น สามารถใช้หลักการประเมินความสามารถในการรับแรงเฉือนระหว่างก้อนอิฐดินดิบ (Determination of initial shear strength)

โดยใช้แนวทางการทดสอบของ BS EN 1052 – 3:2002 Methods of test for masonry - Part 3:
Determination of initial shear strength



ภาพที่ 19 แสดงแนวทางการทดสอบแรงเฉือนของดินก่อตามมาตรฐาน BS EN 1052 – 3:2002

โดยจำลองผนังอิฐจากอิฐก่อจำนวน 3 ก้อนต่อผนัง และจัดวางผนังเพื่อให้อิฐวางตัวตามแนวตั้งดังรูป ภาพที่ 19 และออกแรงกด F ที่กึ่งกลางและอ่านค่าแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดจากการวิบัติของผนัง การทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงเฉือนระหว่างผนังอิฐดินก่อแบบไม่ฉาบ และ ฉาบดิน รวมทั้งผนังที่เสริมความแข็งแรงโดยใช้ตาข่ายพลาสติกช่วยยึดผนังและทำการฉาบทับ โดยทำการ ทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนตามที่มาตรฐาน BS EN 1052 – 3:2002 กำหนด

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยวางแผนเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม โดยการรังวัดบ้านดินในพื้นที่เสี่ยงภัย จากนั้นนำมาวิเคราะห์หารูปแบบทางสถาปัตยกรรมบ้านดินที่นิยมปลูกสร้างบนพื้นที่เพื่อมากำหนดเป็นรูปแบบและจำนวนของหุ่นจำลองที่จะใช้ทดลอง โดยจะทำการทดลองหุ่นจำลองทั้งแบบไม่มีช่องเปิดและมีช่องเปิด เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในด้านรูปทรงทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว จากนั้นทำการทดลองเรื่องของการนำวัสดุท้องถิ่นมาเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดินดิบ เพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบก่อสร้างบ้านดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกสร้าง บนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวต่อไป

ระบุขั้นตอนการทำการเก็บข้อมูล และ วิธีการทดลอง

1. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม โดยเฉพาะในพื้นที่ 3 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ โดยจะเก็บข้อมูลลักษณะรูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารบ้านดิน กรรมวิธีปลูกสร้าง การเลือกใช้วัสดุ การดูแลรักษาอาคารระหว่างการใช้งาน รวมทั้งผลกระทบต่ออาคารจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ผ่านมา
2. ศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
3. ทำอิฐดินดิบ และทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุ
4. ก่อสร้างหุ่นจำลองบ้านดิน มาตรฐาน 1 : 3 ได้แก่ รูปทรงกลม และสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทั้งแบบไม่มีช่องเปิด และแบบมีช่องเปิด
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ และสร้างสมการตามกฎความสมดุลของแรง เพื่อทำนายความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของแต่ละรูปทรง
6. จัดทำเป็นเกณฑ์ในการออกแบบบ้านดิน บนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

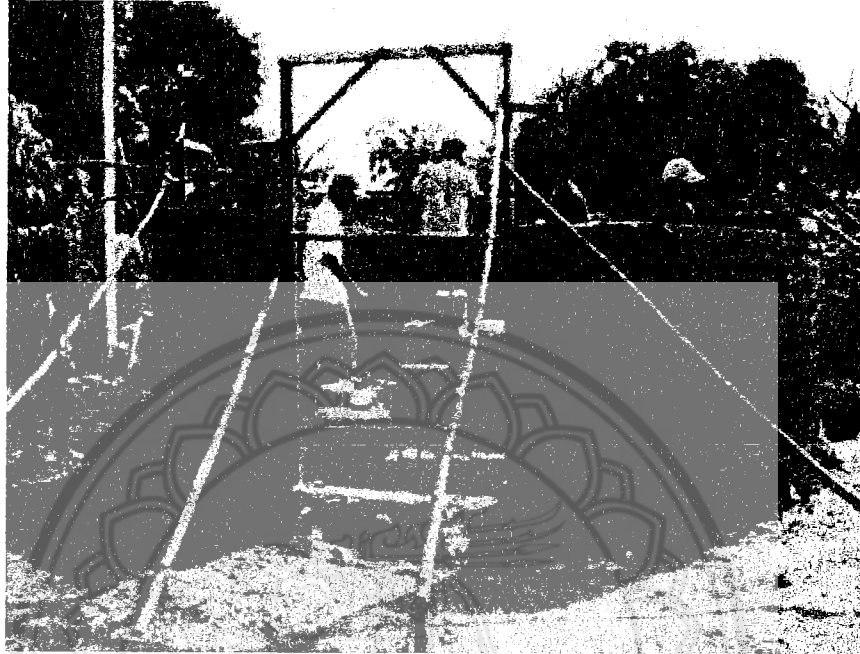
สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ประกอบด้วย

- 1) อุปกรณ์ถ่ายภาพ เพื่อบันทึกภาพอาคารต่าง ๆ
- 2) เทปวัดระยะ พร้อมกล้องส่อง
- 3) คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ทำกราฟฟิกและรายงาน
- 4) เครื่องบันทึกเสียง

3.1 สัดส่วนของบ้านดิน

จากการลงพื้นที่สำรวจในพื้นที่กรณีศึกษา พบว่าบ้านดินส่วนใหญ่จะนิยมออกแบบเป็นรูปทรงวงกลมหรือผนังตรง ขนาดของพื้นที่ใช้สอยประมาณ 6-8 ตารางเมตร กรณีเป็นอาคารที่มีผนังตรงยาว เกิน 4 เมตร มักจะทำสันผนังยื่นออกมาด้านนอกของกำแพงยาวอย่างน้อย 8 นิ้ว ทุก ๆ 4 เมตร เพื่อให้กำแพงแข็งแรงมาก

ชั้น ป้องกันผนังล้มระหว่างการก่อสร้าง โดยขนาดของอิฐดินดิบที่นิยมใช้ในเมืองไทย ขนาด 300 x 200 x 100 มิลลิเมตร (Uthai Phat Ra Kun, 2004) ส่วนผสมของอิฐดินดิบประกอบไปด้วย ดิน 2 ส่วน ทราย 2 ส่วน และแกลบข้าว 1 ส่วน



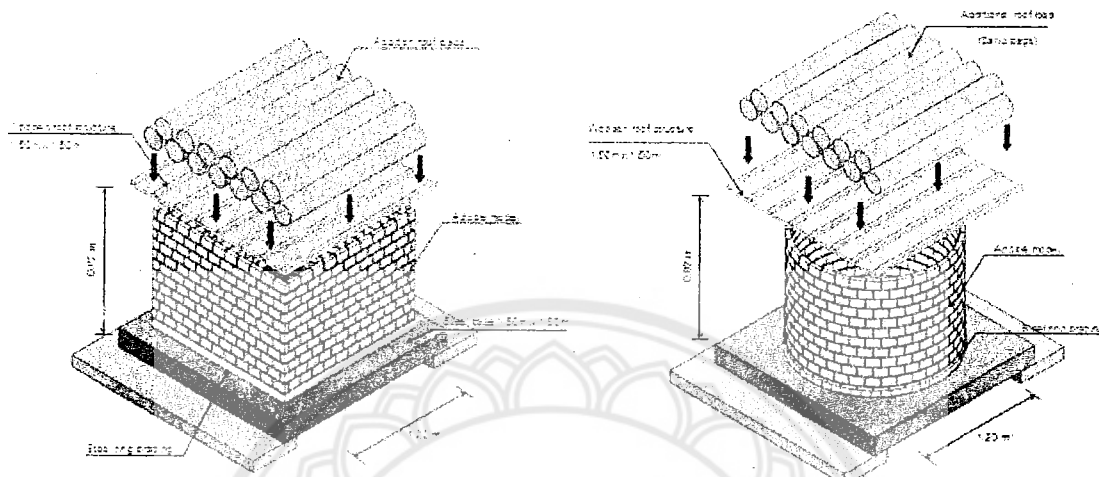
ภาพที่ 20 บ้านดินทรงกลมขณะกำลังก่อสร้าง

3.2 การสร้างหุ่นจำลองบ้านอิฐดินดิบ

หุ่นจำลองบ้านอิฐดินดิบทรงกลม มาตราส่วน 1:3 จำนวน 7 หลัง ถูกสร้างจากอิฐดินตากแห้งจำนวน ประมาณ 400 ก้อนต่อหลัง (จำนวนอิฐแต่ละหลังไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสัดส่วน) โดยขนาดของอิฐย่อยส่วนมาจาก ขนาดอิฐดินดิบที่นิยมใช้ในเมืองไทย ขนาด 300 x 200 x 100 มิลลิเมตร อิฐแต่ละก้อนมีน้ำหนักประมาณ 375 กรัม ส่วนผสมของอิฐดินดิบประกอบไปด้วย ดิน 2 ส่วน ทราย 2 ส่วน และแกลบข้าว 1 ส่วน จากผลการ ทดสอบความสามารถในการรับแรงอัดของอิฐดินดิบดังกล่าว พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 667-kPa

การก่อสร้างหุ่นจำลองบ้านดิน ขนาดมาตราส่วน 1:3 ตามแบบแปลนอาคาร 2 รูปแบบที่นิยมก่อสร้าง ในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย คือ ทรงกลม และสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทั้งแบบไม่มีช่องเปิด และแบบมีช่องเปิด สัดส่วนของหุ่นจำลองตามรูปที่ 6

Model shape	Wall thickness (mm)	Plan Dimension (m)	Wall height (m)	Roof load pressure (kN/m ²)	Total roof load (kN)	Total Wall load (kN)
Circular	31	1.2 (Diameter)	0.82	2	2.25	1.56
Rectangular	31	1.2 x 1.2	0.82	2	2.25	1.98



ภาพที่ 21 แสดงสัดส่วนรูปทรงของอาคารจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

3.3 การทดสอบอิฐดินดิบ

อิฐดินสูตรแห้งที่ทำการค้นคว้า มีขั้นตอนในการทำการทดลอง ดังนี้

ขนาดของก้อนอิฐขณะทำการทดสอบ	175 มม. X 200 มม. X 235 มม.
ระยะเวลาในการบ่มอิฐดิน	14 วัน
ความหนาของดินประสาน	~ 10 มม.
ความสูงของอิฐดินโดยประมาณ	0.2333 ม.
น้ำหนักเฉลี่ยของก้อนอิฐดิน	16.250 – 17.020 kg.

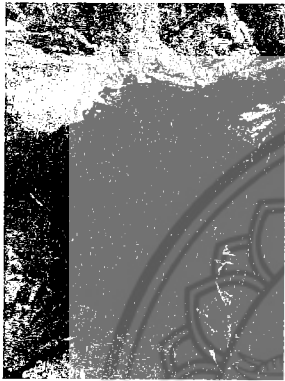
ในการทำอิฐดินสูตรแห้งเพื่อทดสอบนั้นจะต้องใช้ดินที่มีความละเอียดสูงทั้งนี้เพื่อลดการใช้น้ำในการย่ำดิน ในการทดลองหาส่วนผสมนั้น จำเป็นต้องทำอิฐดินดิบแล้วเพิ่มส่วนผสมของน้ำ แล้วดูการแตกตัวของก้อนดินเมื่อแห้ง ซึ่งเมื่อได้อิฐดินตามอัตราส่วนที่ต้องการแล้ว นำเข้าบล็อกเพื่ออัดก้อนดินให้ได้รูป และรอบบ่มอิฐดินให้แห้ง จากนั้น ในอิฐดินแต่ละก้อน จะทำการแบ่งครึ่ง และนำมาเรียงซ้อนกันในแนวตั้งเพื่อทำการประสานให้ได้ความสูง ที่ สามารถนำเข้าเครื่องทำสอบแรงได้ โดยซ้อนกัน 3 ชั้นในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งในขั้นตอนการประสานนั้นจะใช้ดินที่มีความเหลวมากกว่าตัวอิฐดินเพื่อประสานซึ่งมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิเมตรซึ่งนับตั้งแต่วันที่บ่มก้อนอิฐดินดิบ จนกระทั่งทำการทดสอบแรงนั้นรวมระยะเวลาประมาณ 14 วัน ซึ่งขั้นตอนการทำให้เป็นไปดังรูปภาพที่แสดง



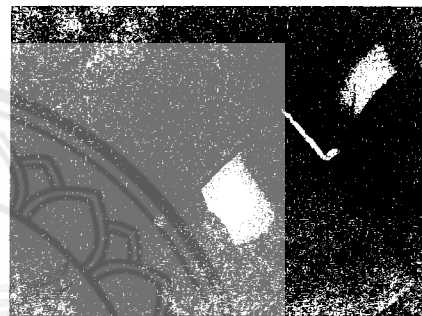
(1.) ทำการย่ำดินโดยใช้อัตราส่วนที่ค้นคว้า



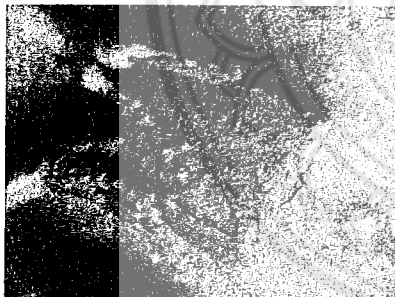
(2.) หลังจากผสมดินได้ตามสูตรแล้ว อัดก้อน ดินลงในบล็อกไม้



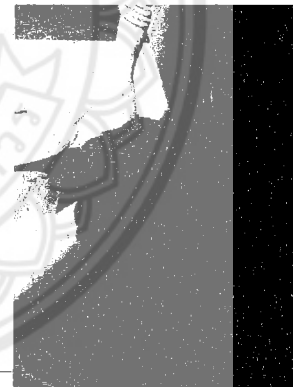
(3.) นำก้อนอิฐดินที่ได้ไปตากแดด



(4.) เมื่อก้อนอิฐแห้งนำมาแบ่งครึ่ง



(5.) ประสานก้อนอิฐแต่ละก้อนด้วยดินประสาน



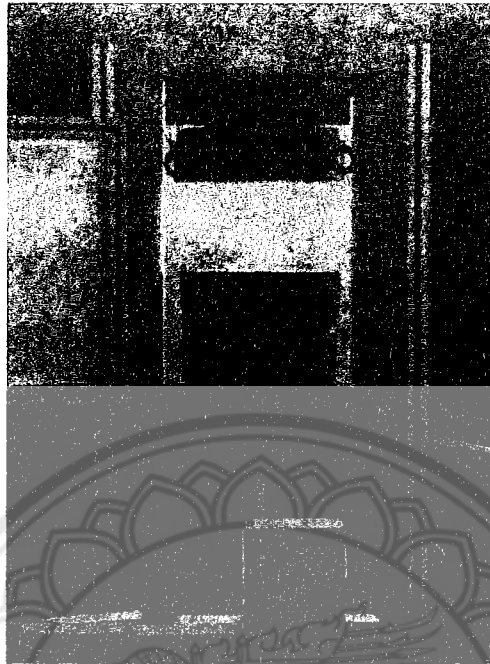
(6.) วางก้อนอิฐและทำการเชื่อมประสาน

เมื่อดำเนินการปมก้อนอิฐที่ประสานเรียบร้อยแล้วอีก 7 วันเพื่อให้ชั้นดินประสานแห้งตัว และสามารถนำไปเข้าเครื่องทดสอบแรงได้

วิธีการทดสอบ

ในขั้นตอนการทดสอบอัดแรงกับก้อนอิฐนั้น ได้นำก้อนอิฐไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้เครื่อง Compression machine ซึ่งมาตรฐานในการทดสอบที่เราใช้ในการ

อ้างอิงเพื่อคำนวณค่าต่างๆเกี่ยวกับผลการทดสอบนั้นเราได้อ้างอิงจาก มาตรฐาน ASTM C 1314-10 เพื่อให้ค่าที่ได้คำนวณนั้น ได้ค่าที่มาตรฐานที่สุด



ภาพที่ 22 เครื่องทดสอบกำลังอัดคณะวิศวกรรมศาสตร์

สูตรที่ใช้คำนวณในการหาแรงที่ได้จากการทดสอบ คือ

$$f_c = \frac{P}{A}$$

เมื่อ :

f_c = แรงอัดที่ได้รับ

P = แรงอัดสูงสุด

A = พื้นที่หน้าตัด

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการรับแรงอัด แสดงดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

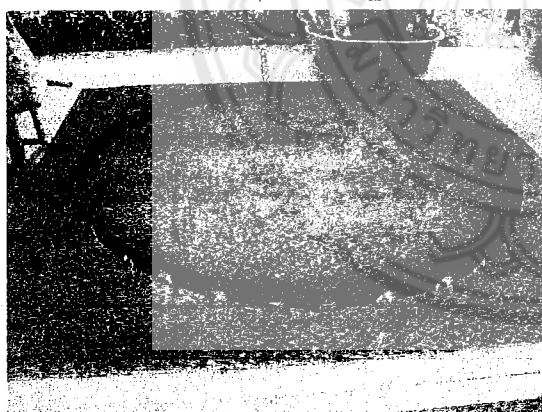
ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบรับแรงอัดของอิฐดินดิบ

ก้อนอิฐ	h/t	พื้นที่หน้าตัด	Max load	แรงอัด	ค่าของแรงอัด
---------	-----	----------------	----------	--------	--------------

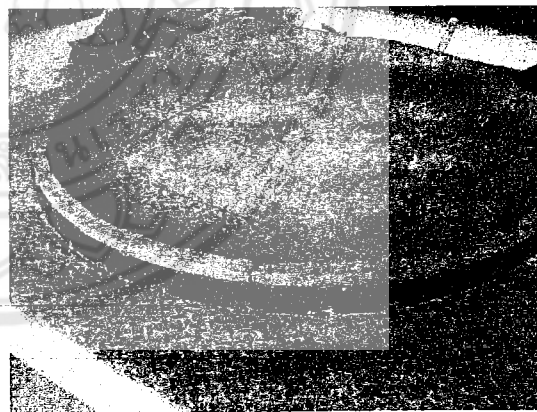
	ratio	(m2)	P	fc	
1	1.2	0.036	35	972.2	680.54
2	1.15	0.034	28	823.5	559.98
3	1.15	0.034	39	1147	779.96
Average	1.16	0.034	34	980.9	673.49

ซึ่งจากการนำก้อนอิฐดินสุตรแห่งนี้เข้าเครื่องทดสอบกำลังอัด ผลการทดสอบพบว่าก้อนอิฐดินดิบสุตรแห่งนี้สามารถรับแรงอัดเฉลี่ย 673 kPa จากการสังเกตผลการทดลองพบว่า แรงกดอัดได้กระทำให้อิฐดินดิบแตกในลักษณะของการกระจายตัวไม่จับตัวเป็นก้อน เหมือนอย่างใช้วัสดุอื่นเข้าไปผสม เช่น แกลบ เป็นต้น เมื่อเทียบผลการทดลองกับงานวิจัยอื่นพบว่า อิฐดินดิบสุตรแห่งนี้ สามารถรับแรงได้ดีเทียบเท่ากับสุตรแบบเปียกที่นิยมทำ โดยการทดสอบของอิฐดินดิบแบบเปียกได้ค่ากำลังอัดเฉลี่ยเท่ากับ 667 kPa (Samali 2011) ซึ่งให้ค่ากำลังอัดที่ไม่แตกต่างกันมาก

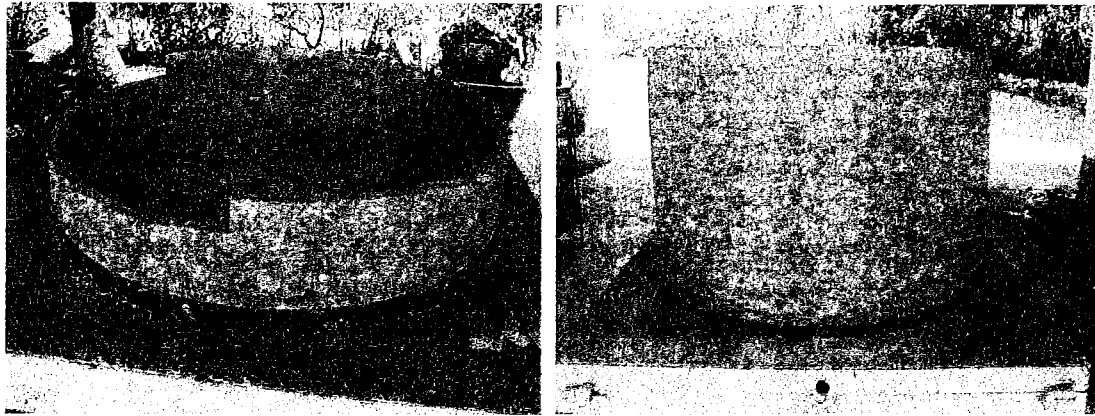
หลังจากที่อิฐดินดิบทั้งหมดแห้งสนิทจากการตากแดด จึงนำมาก่อเป็นผนังอิฐดินทรงกลม สำหรับดินก่อที่ใช้ในการประสานระหว่างอิฐแต่ละก้อน ใช้ส่วนผสมเดียวกับการทำอิฐดินดิบแต่มีความเหลวกว่า ซึ่งมีความหนาของดินก่อเท่ากับ 10-12 มิลลิเมตร โดยรายละเอียดขนาดของหุ่นจำลองแสดงไว้ตามตารางที่ 1 เมื่อก่อผนังอิฐดินดิบได้ตามความสูงที่ต้องการ หุ่นจำลองจะถูกนำมาตากแดด ทิ้งไว้จนกว่าผนังจะแห้งสนิท รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างหุ่นจำลองอิฐดินดิบ



(1)



(2)

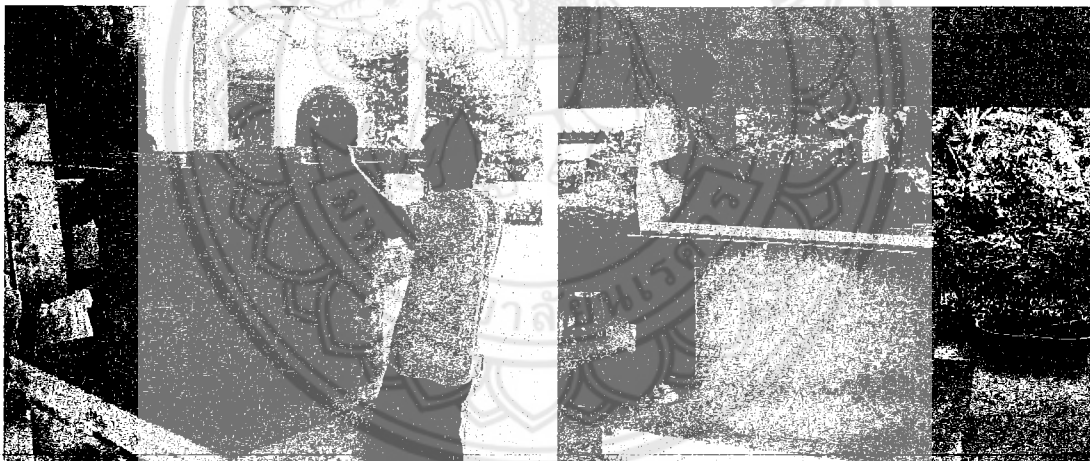


(3)

(4)

ภาพที่ 23 แสดงลำดับขั้นตอนการก่อสร้างผนังอิฐดินดิบรูปทรงโค้ง

หลังจากที่ผนังหุ่นจำลองแห้งสนิท หุ่นจำลองจะถูกติดตั้งหลังคาแผ่นไม้อัด และวางตุ้มน้ำไว้บริเวณด้านบน เพื่อเพิ่มน้ำหนักของหลังคาให้ได้เท่ากับ 2.25 kN ทั้งนี้เพื่อจำลองรูปแบบการรับน้ำหนักของผนังหุ่นจำลองให้เหมือนกับอาคารต้นแบบที่มีน้ำหนักหลังคากระทำ รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการติดตั้งหลังคา



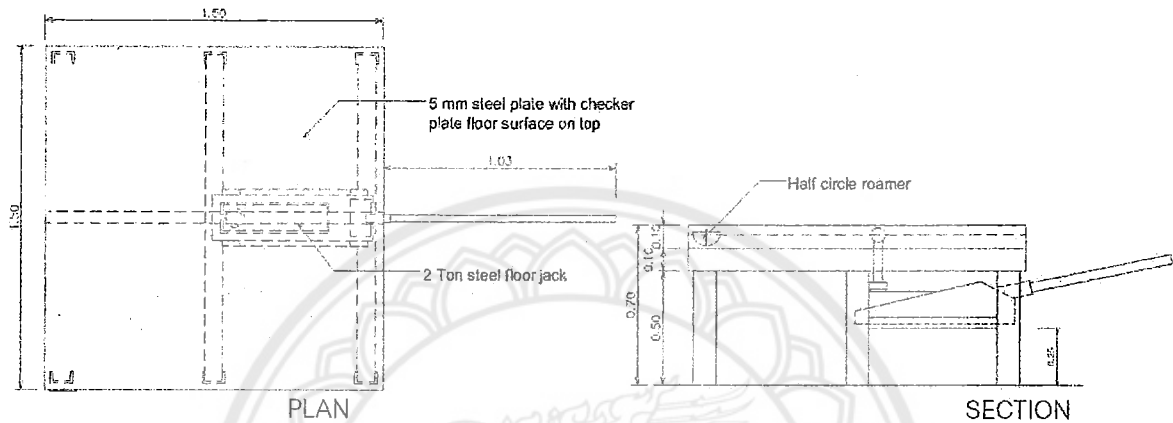
ภาพที่ 24 แสดงติดตั้งหลังคาและตุ้มน้ำก่อนทำการทดสอบ

3.4 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.4.1 โต๊ะที่ปรับเอียง (Tilt table)

โต๊ะที่ปรับเอียงถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อทดสอบความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว (รูปที่ 4) ตามหลักทฤษฎีแรงสถิตย์เทียบเท่า โดยดำเนินการก่อสร้างที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พื้นโต๊ะรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสถูกสร้างขึ้นจากเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 1.5 เมตร x 1.5 เมตร โดยมีแผ่นเหล็กลายตารางความหนา 2 มิลลิเมตร วางเชื่อมติดกับพื้นโต๊ะด้านบน เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างแผ่นเหล็กกับอิฐดินดิบสำหรับการสร้างผนังหุ่นจำลอง แม่แรงไฮดรอลิกขนาด 2 ตัน ถูกติดตั้งไว้บริเวณ

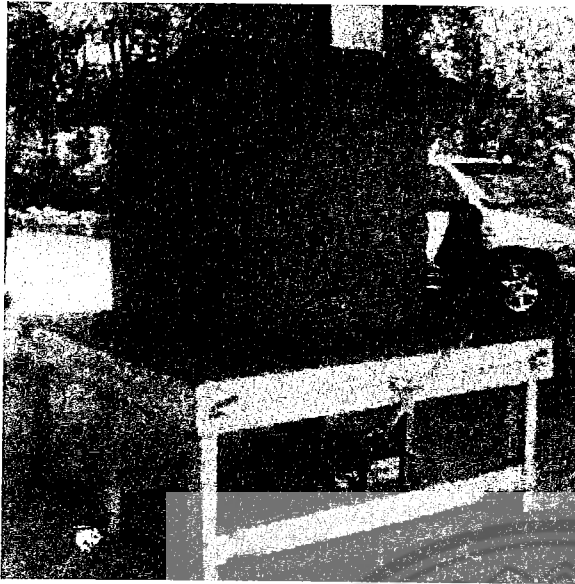
ด้านใต้ของโต๊ะเหล็ก สำหรับยกพื้นโต๊ะให้เอียงหนึ่งด้าน ดังแสดงไว้ตามรูปที่ 24 แผ่นพลาสติกกรีตมีครึ่งวงกลม ถูกติดตั้งไว้ด้านข้างกับตัวพื้นโต๊ะ เพื่อแสดงมุมมองของพื้นระหว่างการยกทดสอบ โดยโต๊ะที่ปรับเอียงนี้ สามารถยกเอียงทำมุมได้สูงสุด 55 องศา แผ่นเหล็กแบนความหนา 2 มิลลิเมตร สูง 5 เซนติเมตร ติดโค้งตาม รัศมีของหุ่นจำลองและถูกเชื่อมติดตั้งฉากกับตัวพื้นโต๊ะ เพื่อป้องกันการวิบัติจากแรงเฉือนบริเวณฐานของ หุ่นจำลองในขณะที่ยกเอียง ซึ่งกรณีการวิบัติดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกับอาคารประเภทนี้ในเหตุการณ์แผ่นดินไหว จริง



ภาพที่ 25 รายละเอียดขนาดของโต๊ะที่ปรับเอียงที่ออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับการทดลอง

3.4.2 การประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของหุ่นจำลอง

หลังจากที่หุ่นจำลองได้รับการติดตั้งหลังคาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โต๊ะที่ปรับเอียงจะค่อยๆ ถูกยกขึ้นเริ่มจาก มุม 0 องศา จนกระทั่งปรากฏให้เห็นรอยร้าวแรกบริเวณผนังของหุ่นจำลอง (first shear crack) ผู้วิจัยทำการ บันทึกมุมมองครั้งที่หนึ่ง หลังจากนั้นโต๊ะจะถูกยกให้เอียงเพิ่มขึ้น จนกระทั่งหุ่นจำลองเกิดการวิบัติหรือ พังทลายทั้งหมด (total failure) ผู้วิจัยทำการบันทึกมุมมองครั้งที่สอง หลังจากนั้นนำมุมมองที่ได้ไป คำนวณหาแรงเฉือนสูงสุดที่ฐาน หรือแรงกระทำด้านข้างสูงสุด ตามสมการที่ (2) ในส่วนของน้ำหนักหุ่นจำลอง (W) นั้น ได้จากการนำอิฐดินและดินก่อที่ใช้ในการก่อสร้างหุ่นจำลองทั้งหมดนำมาชั่งน้ำหนัก และนำไปรวมกับ น้ำหนักของหลังคา เพื่อหาน้ำหนักรวมของอาคาร



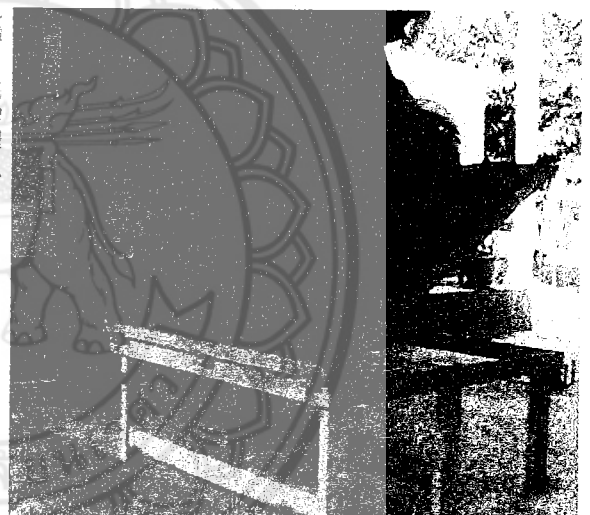
(1)



(2)

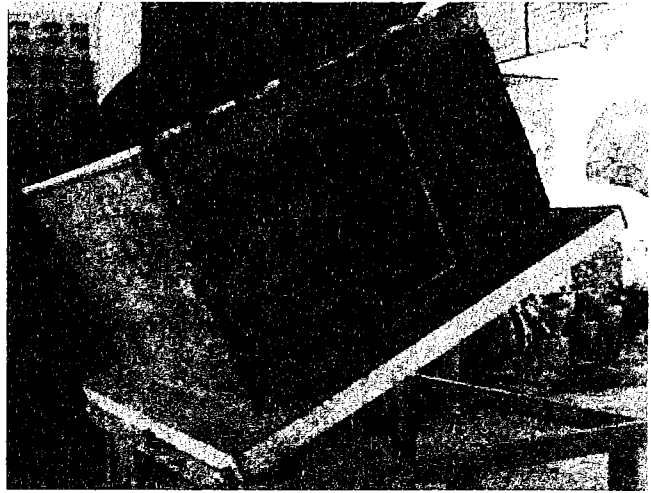
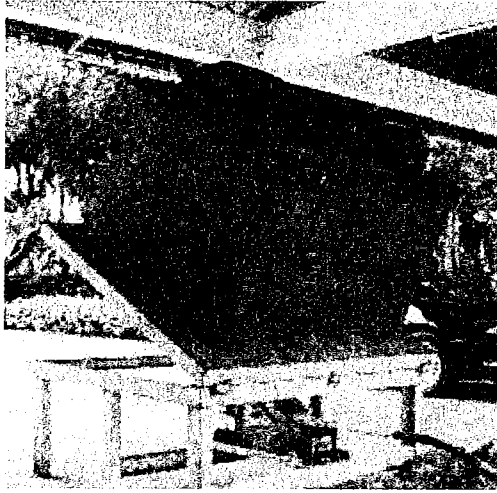


(3)



(4)

ภาพที่ 26 แสดงการทดสอบหุ่นจำลองทรงกลมไม่มีช่องเปิดด้วยโต๊ะที่ปรับเอียง



ภาพที่ 27 แสดงการทดลองเปรียบเทียบระหว่างหุ่นจำลองผังรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบไม่มีช่องเปิดและแบบมีช่องเปิด



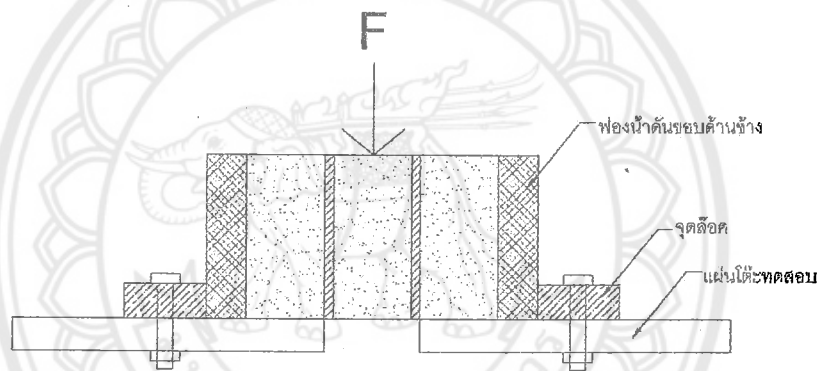
ภาพที่ 28 แสดงการทดลองเปรียบเทียบระหว่างหุ่นจำลองผังรูปทรงกลมแบบไม่มีช่องเปิดและแบบมีช่องเปิด

3.4.3 การประเมินความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังอิฐดินดิบ

สำหรับรูปแบบการทดลองการเสริมความสามารถในการต้านทานแรงแผ่นดินของผนังอิฐดินดิบ โดยประเมินจากผนังอิฐดังต่อไปนี้

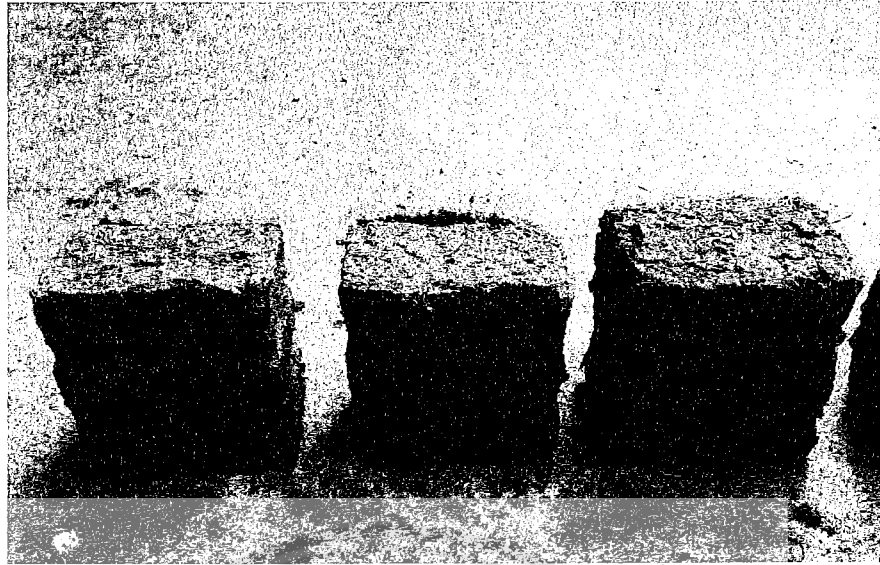
1. ผนังอิฐที่ไม่มีการฉาบ
2. ผนังอิฐที่มีการฉาบ 2 ด้าน
3. ผนังที่มีการเสริมตาข่ายกั้นนพลาสติก แล้วทำการฉาบทั้ง 2 ด้าน

โดยอิฐดินดิบถูกนำมาก่อซ้อนทับ 3 ชั้น จำนวน 9 ชุดทดสอบ (ประเภทละ 3 ชุด) และนำไปตากแดดจนแห้ง และนำไปทดสอบตามรูปภาพที่ 27 ตามแนวทางการทดสอบของ BS EN 1052 – 3:2002 Methods of test for masonry - Part 3: Determination of initial shear strength ตามรายละเอียดการจัดรูปแบบการทดลองตามภาพที่ 27



ภาพที่ 29 แสดงรูปแบบการทดสอบหาแรงเฉือนของผนังดิน

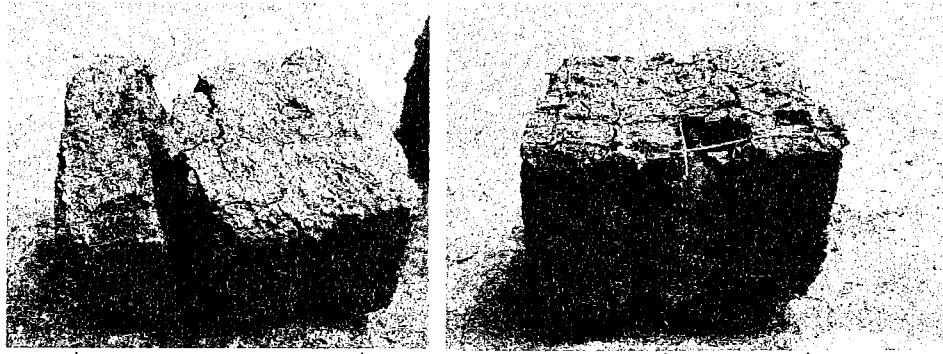
สำหรับการประเมินแรงเฉือน (F) นั้น ทางผู้วิจัยใช้การดึงโดยมีเชือกมัดที่ก้อนอิฐแถวกลาง และใช้ที่ขังน้ำหนักแบบหิวในการวัดแรงที่ให้ก้อนอิฐเกิดการวิบัติ และนำค่าแรงที่ได้เปรียบเทียบกับความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังทั้ง 3 ประเภท ดังแสดงในรูปภาพที่ 29



ภาพที่ 30 แสดงผนังอิฐดินสำหรับทดสอบแรงเฉือนทั้ง 3 รูปแบบ



ภาพที่ 31 แสดงการทดสอบแรงเฉือนและการวัดแรงเฉือน



ภาพที่ 32 ลักษณะการวิบัติของที่แตกต่างกันระหว่างผนังดินที่ฉาบกับผนังที่เสริมตาข่าย

จากวิธีการทดลองทั้ง 2 รูปแบบการทดลองพบว่าเป็นไปด้วยดี สามารถแสดงผลการวิจัยที่ชัดเจน โดย
รายละเอียดการทดลองและผลการวิเคราะห์นำเสนอในบทถัดไป



บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในบทนี้แสดงผลการทดลองของหุ่นจำลองผังรูปทรงกลมและจัตุรัส โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างแบบผนังทึบและมีช่องเปิด รวมทั้งแสดงผลการทดลองเสริมความแข็งแรงของผนังอิฐดิน โดยแสดงรายละเอียดการทดลองทั้ง 2 การทดลอง ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบหุ่นจำลองผังรูปทรงกลมและจัตุรัส

จากผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของหุ่นจำลองบ้านอิฐดินตีบผังรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสและวงกลมทั้งแบบมีช่องเปิดและไม่มีช่องเปิด พบว่าบ้านดินรูปทรงกลมมีความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวได้ดีกว่ารูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทั้งแบบมีช่องเปิดและไม่มีช่องเปิด นอกจากนี้ยังพบว่าหุ่นจำลองที่มีช่องเปิดมีความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวได้ดีกว่าหุ่นจำลองที่มีผนังทึบ โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4 และ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลององศาที่เกิดรอยร้าวแสดงการวิบัติของหุ่นจำลองรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

Square Shapes Testing	Square without opening		Square with opening	
	First shear crack	Total failure	First shear crack	Total failure
Angle	20	25	29	29.5
Horizontal force (HF)	1.45	1.78	2.01	2.04

ตารางที่ 6 ผลการทดลององศาที่เกิดรอยร้าวแสดงการวิบัติของหุ่นจำลองรูปทรงกลม

Circular Shapes Testing	Circular without opening		Circular with opening	
	First shear crack	Total failure	First shear crack	Total failure
Angle	29	32	34	34.5
Horizontal force (HF)	1.73	2.02	2.08	2.11

นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นรูปแบบการวิบัติของหุ่นจำลองทั้งสองรูปทรงที่แตกต่างกัน

คือหุ่นจำลองรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีลักษณะการวิบัติเป็นการแตกร้าวแนวตั้งที่บริเวณด้านมุมผนัง (vertical corner crack) ซึ่งส่งผลให้ผนังด้านที่ตั้งฉากกับแรงกระทำพังทะลายลงมา สำหรับลักษณะการวิบัติของหุ่นจำลองผนังรูปทรงกลมเป็นการแตกร้าวแนวทแยงเนื่องจากแรงเฉือน (diagonal shear cracking) โดยเกิดรอยร้าวลักษณะแนวเฉียงเริ่มจากด้านบนของผนัง ไปยังส่วนล่างของผนังด้านที่ตั้งฉากกับแรงกระทำ

4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือน

ผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนระหว่างผนังอิฐดินดิบที่ไม่ได้ฉาบ ผนังที่ทำการฉาบทั้งสองด้าน และผนังที่มีการเสริมตาข่ายพลาสติกฉาบทั้งสองด้าน พบผลการทดลองตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลององศาที่เกิดรอยร้าวแสดงการวิบัติของหุ่นจำลองรูปทรงกลม

ประเภทผนังอิฐดิน	จำนวนที่ใช้ทดสอบ (ชุด)	ค่าเฉลี่ยแรงเฉือนสูงสุด (kg)	รูปแบบการวิบัติ
ไม่ได้ฉาบผนัง	3	14.2	อิฐแยกตัวออกจากกัน
ฉาบผนังทั้งสองด้าน	3	17.2	อิฐแยกตัวออกจากกัน
ฉาบผนังและเสริมตาข่ายทั้งสองด้าน	3	50.4	ปรากฏรอยแยก แต่ผนังอิฐไม่แยกตัวเป็นก้อน

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่าการเสริมผนังอิฐดินดิบด้วยตาข่ายพลาสติกนั้น มีส่วนอย่างมากในการเพิ่มความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังอิฐดินดิบ มากกว่า 2 เท่าเมื่อเทียบกับผนังแบบก่ออิฐและฉาบสองด้าน จึงมีส่วนช่วยให้อาคารบ้านดินมีความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเสริมตาข่ายโดยรอบผนังอาคาร ก่อนทำการตกแต่งด้วยการฉาบผนังดิน

บทที่ 5 สรุปผล

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่ารูปทรงอาคารและช่องเปิดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวของอาคารบ้านดิน โดยอาคารรูปทรงกลมนั้นมีความสามารถในการต้านแรงแผ่นดินไหวที่ดีกว่ารูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และช่องเปิดของอาคารนั้นส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหว เนื่องจากการเจาะช่องเปิดทำให้น้ำหนักโดยรวมของตัวอาคารเบาลง จึงส่งผลให้ความสามารถในการรับแรงกระทำด้านข้างสูงสุดของโครงสร้างนั้นมากขึ้น (เฉพาะกรณีที่ตั้งตำแหน่งช่องเปิดไม่ได้อยู่ในแนวตั้งฉากกับแรงแผ่นดินไหว) นอกจากนี้ผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังอิฐดินดิบ พบว่าการเสริมตาข่ายที่ผนังมีส่วนช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดเกาะระหว่างก้อนอิฐดินดิบ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้บ้านดินนั้นสามารถรับแรงแผ่นดินไหวได้ดีมากขึ้น

ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับการก่อสร้างบ้านดินระบบผนังรับน้ำหนักที่ตั้งอยู่บนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว จึงควรพิจารณาถึงการลดน้ำหนักของอาคาร เช่น การเจาะช่องเปิด การใช้วัสดุอื่นที่มีน้ำหนักเบา ประกอบการก่อสร้างผนัง การใช้โครงสร้างหลังคาที่เบา และเสริมตาข่ายโดยรอบผนังทั้งภายในและภายนอกก่อนทำการฉาบ เพื่อป้องกันผนังเกิดการแยกตัวและพังทลาย รวมทั้งควรพิจารณาการออกแบบรูปทรงอาคารเป็นแบบผังรูปทรงกลม เพื่อลดความเสียหายของอาคาร และความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินที่จะเกิดจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวในอนาคต

ผลจากการดำเนินงานวิจัยนี้สามารถตอบวัตถุประสงค์งานวิจัยทั้งสองข้อ และได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและก่อสร้างบ้านดินที่ตั้งอยู่บนพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว เพื่อลดการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ภัยพิบัติในอนาคต

บทที่ 6 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. ความไม่สม่ำเสมอของอิฐดินที่ใช้ทดสอบ ด้วยอิฐดินเป็นการผสมมือ และส่วนผสมที่ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากเป็นวัสดุธรรมชาติ จึงทำให้เกิดความแตกต่างทั้งสัดส่วนและความแข็งแรงของอิฐแต่ละก้อน
2. ปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่ใช้ดำเนินงานวิจัย เนื่องจากอิฐดินดิบนั้นมีน้ำหนักมาก จำเป็นต้องใช้แรงงานในการดำเนินการก่อ และปั้นอิฐ ส่งผลให้การดำเนินงานทดลองใช้เวลานาน จนเกินกว่าระยะเวลาที่กรอบการวิจัยกำหนด
3. ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ตามที่มาตรฐานการทดสอบกำหนด ทำให้ต้องประยุกต์ใช้เครื่องมือที่พอหาได้ใกล้เคียงมาใช้ในการทดสอบ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความแม่นยำของผลการทดลอง

ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค

1. หน่วยงานควรอนุญาตให้มีการเสนอระยะเวลาการวิจัยมากกว่า 1 ปี ให้เหมาะสมกับรูปแบบการวิจัยแต่ละโครงการ
2. ควรมีการอนุมัติงบประมาณเพื่อใช้ในการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับดำเนินการวิจัยได้
3. ควรมีการวางแผนความเสี่ยงกรณีไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผน

บรรณานุกรม

- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2558). แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558. กรุงเทพฯ.
- วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. (2554). การประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างผนังอิฐรับน้ำหนัก ด้วยวิธีโต๊ะที่ปรับเอียง. Paper presented to the งานประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยนเรศวร. จังหวัดพิษณุโลก. 29 – 30 กรกฎาคม 2554.
- โจน จันโต. (2555). อยู่กับดิน 16 ปีการขึ้นดินเป็นบ้าน. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สังจา บุญยฉัตร. (2544). การออกแบบโครงสร้างเพื่อรับแรงแผ่นดินไหว. กรุงเทพฯ, บริษัท พี.เอ.ลิฟวิ่ง จำกัด.
- ธนา อุทัยภักครากุล และคณะ. (2553). จากดินสู่บ้าน สร้างบ้านด้วยดิน. พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพฯ: สวนเงินมีมา.
- สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. (2552). มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว. บริษัท ดิจิตอล ออฟเซท เอเชีย แปซิฟิก จำกัด.
- นิพนธ์ สักขณาอดิศร. (2560). กฎหมายเกี่ยวกับอาคารด้านทานแรงแผ่นดินไหว. TPA news คบเด็กสร้างบ้าน. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
http://www.tpa.or.th/tpanews/upload/mag_content/122/ContentFile2371.pdf
- อรศิริ ปาณินท์. (2540). การศึกษา หมู่บ้าน และเทคโนโลยีการก่อสร้าง ของหมู่บ้านจีนฮ่อ จังหวัดแม่ฮ่องสอน. หน้าจั่ว: วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับที่ 15, หน้า 3-34.
- Ambrose, J.E. & Vergun, D. (1985). Seismic design of buildings. Wiley. New York.
- Arros, J. K. (2003). Dynamics of structures. Earthquake engineering handbook. W.-F. Chen and C. Scawthorn. Florida, CRC Press LLC: 3-1.
- Blondet, M., et al. (2011). Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial. In Charleson, A. (Ed.). California: Earthquake Engineering Research Institute.
- Department of Public Works and Town & Country Planning. (2018). Mat Tha Nok Nakhin Kan Sansathuean Khong Phaendinwai (in Thai) [Earthquake resistant building design standards]. Bangkok: Digital offet asia pacific Co.,Ltd.
- Earthquake Observation Division. (2020). Sathiti Khomun Phaendinwai Thi Mi Phonkrathop To Prathet Thai. (In Thai) [Statistics of earthquake that affect Thailand]. Retrieved May 23, 2020, from <https://earthquake.tmd.go.th/home.html>
- E. Leroy Tolles, E.E.K., Frederick A. Webster, William S. Ginell (2000). Seismic Stabilization of

Historic Adobe Buildings: Final report of the Getty Seismic Adobe Project, the Getty Conservation Institute, Los Angeles

GINELL, W.S. & Tolles, E.L. (n.d.). Seismic Stabilization of Historic Adobe Structures. Journal of the American institute for conservation (JAIC), 39 (12), 23.

Houben, H. & Guillaud, H. 1994, Earth Construction-A Comprehensive Guide, ITDG Publishing, London,UK.

Jinwuth, W., B. Samali, et al. (2010). A Study into the earthquake resistance of circular adobe buildings using static tilt tests. Paper presented at the meeting of the 2010 AEEES Conference. Perth, The Australian Earthquake Engineering Society.

Jinwuth, W. (2017). Ban Din Tan Phaendin Hai Wo (In Thai) [Seismic Resistance of Adobe Building]. Proceeding of Naresuan research conference. (pp.2182-2192). Phitsanulok: Naresuan University Press.

Krawinkler, H. (1988), Scale Effects in Static and Dynamic Model Testing, Paper presented at the meeting of the Ninth World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo-Kyoto, Japan.

Norton, J. & Intermediate Technology Development Group 1986, Building with earth : a handbook, IT Publications, Rugby, U.K.

Lakkhunaprasit, P. (2014). Phatthanakan Khong Witsawakam Phaendinwai Nai Prathet Thai Chak Adit Su Anakhot. (In Thai) [The development of earthquake engineering in Thailand - from the past to the future]. Proceedings of the lessons Mae Lao's earthquake in Chiang Rai, Disaster close to us. Chiang Rai: n.p.

NICEE. (2018). IITK-BMTPC Earthquake Tips :Learning Seismic Design and Construction. Retrieved May 23, 2020. from <http://www.nicee.org/EOTips.php>

Voice TV. (2014). Pramuan Phap Khwamsiahai Chak Het Phaendinwai Thi Chiang Rai (in Thai) [Photo gallery: The damage from the earthquake in Chiang Rai]. Retrieved May 23, 2020. from <https://www.voicetv.co.th/read/104843>

Smith, J.W. (1941). Vibration of structures: applications in civil engineer design. Bristol: J.W. Arrowsmith Ltd.

Standards Australia. (2007). AS1170.4: Structure design actions part 4 : Earthquake actions in Australia. Sydney: Standards Australia.

Vargas, J. & Ottazzi, G. (1981). Investigaciones en adobe (In Eng) [Investigation of adobe]. Lima: Pontifical Catholic University of Peru.

Walker, P. & Standards Australia. (2002). The Australian earth building handbook. Sydney: Standards Australia.

Webster, F. (2002). Some thoughts on adobe codes. Retrieved August 15, 2002, from <http://www.deatech.com/natural/cobinfo/adobe.html>

Wojciechowska, P. (1967). Building with earth: a guide to flexible-form earthbag construction. Vermont: Chelsea Green Publishing.



ภาคผนวก

ประวัติคณะผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย / นาง / นางสาว.....วัชรินทร์ จินต์วุฒิ.....
(ภาษาอังกฤษ) Mr. / Miss / Mrs.Watcharin Jinwuth.....
หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3659900486829

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงาน ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

โทรศัพท์055-962488..... โทรสาร055-962554.....

โทรศัพท์เคลื่อนที่.....088-2934124..... E - mail: watcharinj@nu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา
2554	PhD	University Technology of Sydney, Australia
2544	Dipl.-Ing. (Architecture)	Kassel University, Germany
2539	สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต	คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ม.รังสิต

ประสบการณ์การทำงานวิจัย (ในตำแหน่งหัวหน้าโครงการ)

ปีงบประมาณ	โครงการ	แหล่งทุน	สถานะการดำเนินงาน
2556	สถาปัตยกรรมเรือนพื้นถิ่น 9 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง	กระทรวงวัฒนธรรม	ปิดโครงการ
2556	บ้านดินด้านแผ่นดินไหว	กระทรวงวิทย์ฯ	อยู่ระหว่างดำเนินการ
2549	แผนแม่บทพัฒนาอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัยและเมืองบริวาร	กรมศิลปากร	ปิดโครงการ
2545	โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของความสัมพันธระหว่างทิศที่ตั้งอาคารกับผลประกอบการธุรกิจ ที่อ้างอิงจากฮวงจุ้ยศาสตร์	เงินรายได้	ปิดโครงการ
2540	พจนานุกรมภาษากลุ่มชาติพันธุ์ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง	เงินแผ่นดิน	ปิดโครงการ

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญการทดลองอาคาร สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น.....

ภาระงานในปัจจุบันผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม.....

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. (2561). ภูมิปัญญาโรงบ่มใบยาสูบกลุ่มลือะล่อม. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม -มิถุนายน 2561. (TCI กลุ่ม 1)

วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. 2560. บ้านดินด้านแผ่นดินไหว. นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยนเรศวร. จังหวัดพิษณุโลก. 20-21 กรกฎาคม 2560. หน้า 2182-2192.

วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. 2558. การประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างผนังอิฐดินดิบ. นำเสนอในการประชุมสัมมนาวิชาการนานาชาติ “บทบาทของนักวิทยาศาสตร์กับการเสริมสร้างคุณภาพบัณฑิตเพื่อพัฒนาสู่ประชาคมอาเซียน” มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. จังหวัดกำแพงเพชร. 17-18 สิงหาคม พ.ศ.2558. หน้า 4.

วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. 2558. อาคารฝึกกีฬาในร่ม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. นำเสนอในการประชุมวิชาการสร้างสรรค์ระดับชาติ “ภูมิปัญญาพื้นถิ่นสร้างสรรค์”. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. จังหวัดเชียงใหม่. 2 เมษายน พ.ศ.2558. หน้า 22 (1-7).

วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. 2554. การประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างผนังอิฐรับน้ำหนักด้วยวิธีโต๊ะที่ปรับเอียง. นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยนเรศวร. จังหวัดพิษณุโลก. 29 - 30 กรกฎาคม 2554.

Samali, B., Jinwuth, W., Heathcote, K. & Wang, C. 2011, 'Seismic capacity comparison between square and circular plan adobe construction', paper presented to the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-12), Hong Kong, 26-28 January. p 596-597.

Jinwuth W, Samali B, Heathcote K, Wang C. 2010. 'A Study into the earthquake resistance of circular adobe buildings using static tilt tests', paper presented to the 2010 AEES Conference, Perth, Australia, 26-28 November. p 1-7.

วัชรินทร์ จินต์วุฒิ. 2549. การอนุรักษ์สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นกลุ่มชาติพันธุ์จังหวัดพิษณุโลก. นำเสนอในงานประชุมทางวิชาการ “นเรศวรวิจัย” ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยนเรศวร. จังหวัดพิษณุโลก. 28-29 กรกฎาคม 2549.

ข. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

Sasui. Jinwuth, W. (2018). Comparing the effects of Straw and rice husk on the durability of mud brick. 5th International conference on Energy, Environment and Sustainable Development 14th - 16th, November, 2018. PP 18-22.

Sasui. Jinwuth, W., & Hengrasmee, S. (2017). Variation in Compressive Strength of Handmade Adobe Brick; Int J Sci Res Publ 7(9) (ISSN: 2250-3153).

Samali, B., Jinwuth, W., Heathcote, K. & Wang, C. 2011, 'Seismic capacity comparison between square and circular plan adobe construction', paper presented to the Twelfth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-12), Hong Kong, 26-28 January.

Jinwuth, W., Samali, B., Heathcote, K. & Wang, C. 2010, 'A Study into the earthquake resistance of circular adobe buildings using static tilt tests', paper presented to the 2010 AEEES Conference, Perth, Australia, 26-28 November.

ค. ผลงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ได้

ไม่มี

ง. ผลงานอื่น ๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

Jinwuth, W. (2014). Earthquake Resistance of Adobe Buildings. Lambert Academic Publishing, Germany.

จ. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 2 การนำเสนอผลงานประเภท Oral Presentation กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากบทความ วัชรินทร์ จินต์วุฒิ (2554) การประเมินความสามารถในการรับแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างผนังอิฐรับน้ำหนักด้วยวิธีโต๊ะที่ปรับเอียง