

ศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย Arrangement Disaster Earthquake Learnings Center on Chiang Rai Fault Line

พงศ์ตะวัน นันทศิริ¹ มณีรัตน์ ภาจันท์คู² ศักดิธัช เสริมศรี³

กฤษณะพันธุ์ ตันเจริญรัตน์⁴ และ เขมวิชญ์ วรรณศิริ⁵

Pongtawan Nuntasiri, Maneerat Pachankoo, Sakditach Sermsri,
Kritsanapan Tunjaroanrat, and Khemmawit Wannasiri

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

²⁻⁵ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Email: Pongtawun.nun@cr.ru.ac.th

บทคัดย่อ

จังหวัดเชียงรายตั้งอยู่บนกลุ่มรอยเลื่อน 5 กลุ่ม มีการคาดการณ์ถึงโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในระดับความรุนแรงอยู่ที่ 4.9-6.9 ตามมาตราริกเตอร์ จังหวัดเชียงรายเคยเกิดแผ่นดินไหวในระดับ 6.3 ตามมาตราริกเตอร์สร้างความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้าง การเตรียมการความพร้อมรับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหว จึงเป็นส่วนสำคัญในการที่จะลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยการสร้างความรู้ความเข้าใจในการเตรียมความพร้อมสำหรับรับมือการเกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้น

บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อการออกแบบและก่อสร้างศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นสถานที่เรียนรู้ในการรับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหว ประกอบด้วยนิทรรศการที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหว ห้องจำลองการเกิดแผ่นดินไหว ห้องแสดงพื้นที่เกิดแผ่นดินไหวแบบตามเวลาจริง เทคโนโลยีนำเสนอข้อมูลแผ่นดินไหว การแสดงบ้านพักชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัยและห้องอบรมให้ความรู้โดยมีหลักสูตรเรียนรู้ในด้านเตรียมความพร้อมรับมือ เพื่อสร้างองค์ความรู้แบบการมีส่วนร่วมผ่านศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหวฯ ผลการศึกษานี้ได้นำก่อสร้างอาคารจริงเพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้ของคนในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวและผู้สนใจ

คำสำคัญ: ศูนย์การเรียนรู้ แผ่นดินไหว ผู้ประสบภัย

ABSTRACT

Chiang Rai province is located on five fault zones which can possibly cause earthquake magnitude of about 4.9-6.9 of the Richter scale and can totally damage buildings and permanent residences. Preparation for earthquake disaster before, during, and after earthquake occurring is therefore essential to reduce the damage in the future by enhancing knowledge and understanding in the preparation for earthquake disasters that may occur.

This article aimed to study the design and construction of the Earthquake Disaster Learning Center along the Chiang Rai earthquake faults to be a learning center dealing with earthquake disasters. The center displayed Earthquake exhibition, Real-time earthquake, technology for presenting earthquake information (Application), temporary homes for victims (a real-size), and an educational training room with training courses for disaster preparation. These were to build up body of knowledge base on participatory learning through Earthquake Disaster Learnings Center. The results of this study were temporary houses constructed to be learning center for people in the area and those who are interested in it this matter.

Keywords: Learning center, Earthquake, Victims

1. บทนำ

จังหวัดเชียงรายตั้งอยู่บนพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหวตามแนวรอยเลื่อนของแผ่นเปลือกโลกอยู่ 5 กลุ่ม มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวในระดับความรุนแรงถึง 7 (มาตราเมอร์คัลลี) คือ สิ่งปลูกสร้างบางชนิดพังหรือมีขนาดอยู่ที่ประมาณ 4.9-6.9 ตามมาตราริกเตอร์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2548) และจังหวัดเชียงรายเคยเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงที่สร้างความเสียหายต่อสิ่งปลูกสร้าง (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2559)

การเตรียมความพร้อมรับมือเมื่อเกิดแผ่นดินไหวประกอบไปด้วย 3 ช่วง คือ ก่อนเกิดเหตุเป็นการเตรียมความพร้อมในเรื่องสิ่งปลูกสร้างโดยมีการออกแบบให้เป็นอาคารต้านแผ่นดินไหว ระบบการแจ้งเตือน เป็นต้น ในระหว่างเกิดเหตุเป็นการเรียนรู้ในการอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัย และหลังเกิดเหตุเป็นการเตรียมที่พักชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัยและการเตรียมแผนสำรองในเรื่องระบบสาธารณูปโภคต่างๆ

การเตรียมการความพร้อมรับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหวทั้งก่อนเกิดเหตุ ระหว่างเกิดเหตุ และหลังจากเกิดแผ่นดินไหว จึงเป็นส่วนสำคัญในการที่จะลดความเสียหายที่จะเกิด โดยการสร้างความรู้ความเข้าใจในการเตรียมความพร้อมสำหรับรับมือการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวและการเตรียมความพร้อมรับมือภัยแผ่นดินไหว เพื่อสร้างองค์ความรู้แล้วนำเข้าสู่การเรียนรู้แบบการมีส่วนร่วมผ่านศูนย์การเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย นิทรรศการแผ่นดินไหว ห้องจำลองแผ่นดินไหว ห้องแสดงพื้นที่เกิดแผ่นดินไหวตามสถานการณ์จริง (Real Time) เทคโนโลยีนำเสนอข้อมูลแผ่นดินไหว (Application) การแสดงบ้านพักชั่วคราว

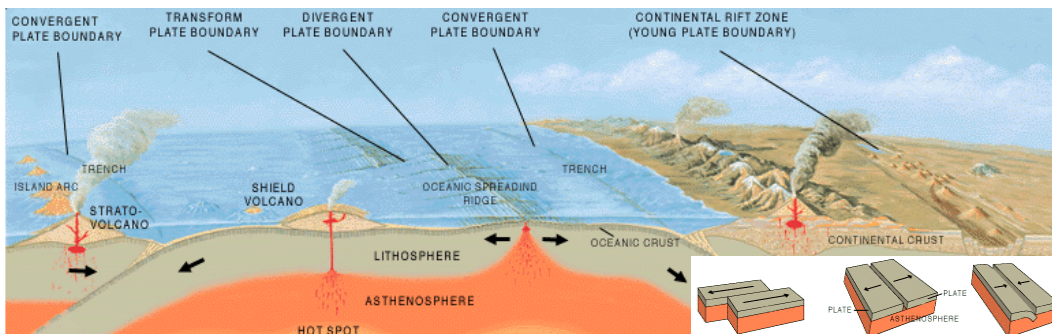
สำหรับผู้ประสบภัย (แบบจำลองขนาดเท่าของจริง) และห้องอบรมให้ความรู้โดยมีหลักสูตรเรียนรู้ในด้านเตรียมความพร้อมรับมือ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหว สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบก่อสร้างอาคารและนิทรรศการภายในศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

พื้นผิวโลกประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกไม่น้อยกว่า 50 แผ่น ที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยทั้งหมดลอยอยู่บนของเหลวที่อยู่ใต้แผ่นเปลือกโลก เมื่อมีการเคลื่อนที่ของของเหลวเหล่านั้นทำให้เกิดพลังงานผลักดันให้เปลือกโลกเคลื่อนที่ (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, อ้างถึงใน A.Wegner, 2559) ซึ่งการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกเป็นการชนหรือการแยก การแทรกหรือทับซ้อน ทำให้เกิดแผ่นดินไหว (ภาพที่ 1) ลักษณะการเคลื่อนตัวของแผ่นหินเปลือกโลกมี 3 แบบ (M. Williams, 2010) คือ การเลื่อนแนวระนาบ (Strike-Slip Fault) การเลื่อนแนวตั้ง (Dip-slip fault) และ การเลื่อนแนวเฉียง (Oblique-slip faults)

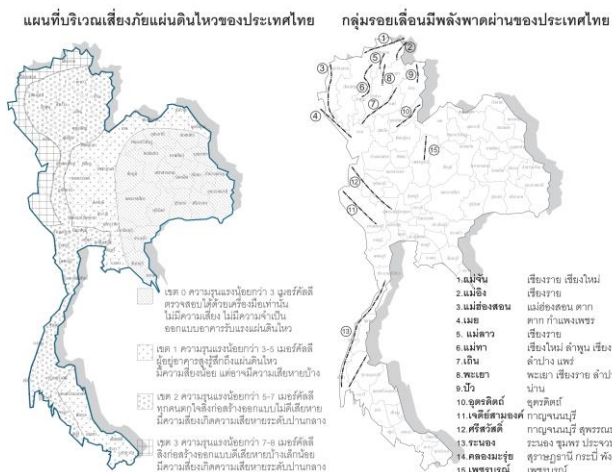
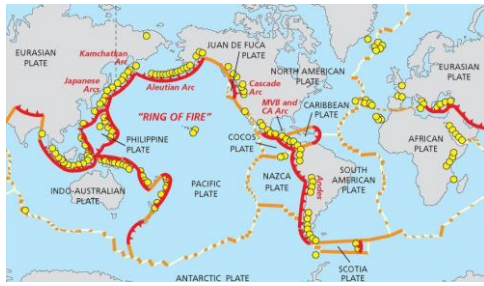


ภาพที่ 1 ลักษณะการเกิดแผ่นดินไหว

(ที่มา: Tectonic Plate Boundaries (Matt Williams, 2010))

รอยเลื่อนคือแนวรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก (Globetrot, 2009) เมื่อพลังงานที่สะสมถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแบบของคลื่นสั่นทำให้แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ ทำให้แนวรอยเลื่อนเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ในประเทศไทยมีรอยเลื่อนที่มีพลังพาดผ่าน (ภาพที่ 2 ขวา) กรมทรัพยากรธรณีได้จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบและการก่อสร้างอาคารต้านแผ่นดินไหว

ความเสี่ยงของสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่จะเกิดความเสียหายจากแผ่นดินไหว คือ อาคารที่ก่อสร้างที่ไม่ถูกต้องตามแบบและไม่ได้รับการออกแบบทางวิศวกรรม ดังนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงอาจทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารเหล่านี้ได้ (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, อ้างถึงใน อมร พิมานมาศ, 2564) การออกแบบและก่อสร้างที่มีมาตรฐานจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก



ภาพที่ 2 ลอยเลื่อนแผ่นเปลือกโลก (ซ้าย) และพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแผ่นดินไหวในประเทศไทย (ขวา)
(ที่มา: R.J. Lillie, 2005)

3.1 การคาดการณ์ระดับความรุนแรง กรมธรณีวิทยาได้จัดทำแผนที่แผ่นดินไหวในประเทศไทย (ภาพที่ 2) โดยแบ่งตามการคาดการณ์ระดับความรุนแรงไว้ 4 เขต คือ เขต 0 เป็นเขตที่ตรวจสอบแผ่นดินไหวด้วยเครื่องมือเท่านั้นและไม่จำเป็นต้องออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว เขต 1 ผู้อยู่อาศัยสามารถรับรู้ถึงแผ่นดินไหวเล็กน้อย เขต 2 ผู้คนสามารถรับรู้ถึงแผ่นดินไหว อาคารที่ก่อสร้างไม่ได้มาตรฐานอาจเกิดความเสียหาย และเขต 3 สิ่งก่อสร้างที่ก่อสร้างตามมาตรฐานอาจเสียหายได้เล็กน้อย

3.2 ผลกระทบและความเสียหาย จากแผนที่แผ่นดินไหวประเทศไทยที่กรมธรณีวิทยาได้จัดทำขึ้นในปี พ.ศ. 2556 พบว่าอาจจะเกิดความรุนแรงจากแผ่นดินไหวอยู่ในระดับ VII (7) เมอร์คัลลี (4.9-6.9 ตามมาตราริกเตอร์) ซึ่งในระดับความรุนแรงขนาดนี้สามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคาร เช่น อาคาร สะพาน และระบบสาธารณูปโภคต่างๆ



ภาพที่ 3 ความเสียหายเหตุการณ์แผ่นดินไหว
(ที่มา: พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2559, อ้างถึงใน <http://www.vcharkarn.com>)

3.3 การเตรียมความพร้อมรับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหว การวางแผนรับสถานการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวจะสามารถช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น โดยจะแบ่งช่วงเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเกิดเหตุ ระหว่างเกิดเหตุ และหลังเกิดเหตุ ซึ่งในการวางแผนรับมือกับสถานการณ์แผ่นดินไหวต้องมีการวางแผนในระดับเมืองไปสู่มุมชน สิ่งปลูกสร้าง และประชาชนผู้อยู่อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแผ่นดินไหว

การเตรียมความพร้อมรับมือกับเหตุการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวในระดับชุมชนและเมือง โดยพิจารณา ร่วมกับลักษณะภูมิศาสตร์ของชุมชนที่มีความแตกต่างกัน ควรมีการเตรียมการในเรื่องระบบสาธารณูปโภคที่จำเป็น และใช้ในยามฉุกเฉินแล้วควรเตรียมพื้นที่ปลอดภัยไว้ 3 ส่วน ตามระดับความรุนแรงและเสียหาย คือ พื้นที่หลบภัย ฉุกเฉิน พื้นที่พักพิงฉุกเฉิน และพื้นที่พักอาศัยชั่วคราว อยู่ในบริเวณชุมชนและเมือง และความจัดวางเส้นทางอพยพ ไปยังพื้นที่ปลอดภัยดังกล่าว และปรับปรุงภูมิทัศน์ของเส้นทาง การอพยพให้ความปลอดภัย สะดวกและมีความ รวดเร็วในการอพยพ

การกำหนดผังเมืองรวมของพื้นที่เสี่ยงภัยจากภัยพิบัติตามแนวรอยเลื่อนแผ่นดินไหว ควรพิจารณาเกี่ยวกับการ กำหนดผังเมืองรวมเพื่อรองรับภัยพิบัติแผ่นดินไหวและอาคารถล่มในชุมชนมีความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น หรือการ บังคับการใช้กฎหมายผังเมืองร่วมที่เคร่งครัด การกำหนดบทเฉพาะการในเขตพื้นที่เสี่ยงต่อภัยพิบัติ เช่น การ กำหนดที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมากให้อยู่ห่างจากพื้นที่เสี่ยงภัย การกำหนดขนาดและความสูงสิ่งปลูก สร้าง รวมถึงการออกแบบอาคารที่สามารถรองรับแผ่นดินไหวในขนาด 7.0 ตามมาตราริกเตอร์ได้ (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2559)

ระดับอาคารและสิ่งปลูกสร้าง สิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวต้องมีการออกแบบและคำนวณ โครงสร้างตามกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคาร ในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว รวมถึงอาคารที่ไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมของกฎกระทรวงฯ เนื่องจากเมื่อมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะเกิดแผ่นดินไหวตามมาเสมอ (After Shock) ซึ่งแรงสั่นสะเทือนสามารถ สร้างความเสียหายให้กับอาคารเหล่านั้นได้ (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2564)

สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่ก่อสร้างแล้วเสร็จควรมีการตรวจสอบความปลอดภัยจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวทั้ง ภายในและภายนอกอาคาร เช่น การเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างเมื่อมีการชำรุด ตรวจสอบส่วนยึดเกาะประตู หน้าต่างและหลังคา ตู้เสื้อผ้า ชั้นวางโทรทัศน์ ควรยึดให้มั่นคง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความเสียหายเหตุการณ์แผ่นดินไหว

(ที่มา: ทยากร จันทรางศุ, 2557, พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2559)

การวางแผนรับมือแผ่นดินไหวแบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ การเตรียมความพร้อมก่อนเกิดเหตุ คือ การจัดผัง พื้นที่เสี่ยงภัย การออกแบบอาคารที่สามารถรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว การตรวจสอบอาคารและสิ่งปลูก สร้างให้มีความแข็งแรงและปลอดภัย การเตรียมสาธารณูปโภคสำรองใช้ในยามฉุกเฉิน ในระหว่างเกิดเหตุคือการ

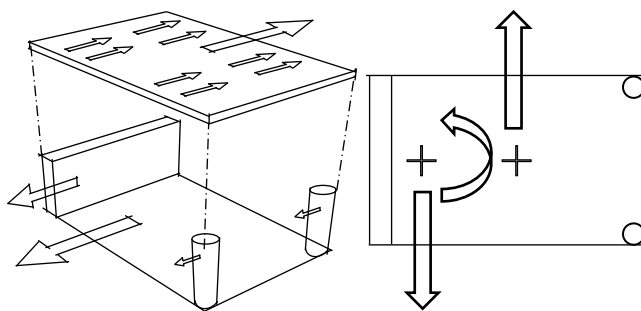
วางแผนอพยพไปยังพื้นที่ปลอดภัยและการเข้าช่วยเหลือผู้ประสบภัย ส่วนหลังเกิดเหตุจะเป็นการเข้าช่วยเหลือและบรรเทาสาธารณภัย การจัดทำที่พักอาศัยชั่วคราว เป็นต้น

3.4 แนวทางการออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแผ่นดินไหว การออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหวมีแนวทางในการออกแบบทั้งในรูปแบบของกฎหมาย มาตรฐานการออกแบบและก่อสร้าง เพื่อให้อาคารสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จังหวัดเชียงรายอยู่ในพื้นที่บริเวณ 3 (ตามกฎกระทรวงฯ) คือ มีความเป็นไปได้ว่าอาคารอาจได้รับผลกระทบเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว จึงต้องมีการออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารให้สามารถรับแรงสั่นสะเทือนฯ ได้ โดยการคำนวณแรงสั่นสะเทือนฯ ต้องไม่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ในประกาศ (จังหวัดเชียงราย อยู่ 6.0-6.9 ตามมาตราริกเตอร์) คือ 7.0-7.9 ตามมาตราริกเตอร์ และต้องคำนึงถึงส่วนประกอบของอาคารต้านสถาปัตยกรรมให้มีความมั่นคง ไม่พังทลายหรือไม่ร่วงหล่นได้ง่าย

การออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1301/1302-61) เป็นหลักเกณฑ์และวิธีการออกแบบอาคารโดยใช้ค่าแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร (จำลอง) ที่ได้รับการออกแบบให้มีความเหนียวสามารถโยกไหวตัวเกินพิกัดการยืดหยุ่นของโครงสร้าง ทำให้สามารถสลายแรงแผ่นดินไหวในระดับที่เหมาะสม โดยอาคารยังไม่พังถล่ม

กรมโยธาธิการและผังเมืองได้เสนอแนวทางการออกแบบรูปทรงอาคารที่เหมาะสมในการต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว โดยอาคารที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวควรมีรูปทรงที่เรียบง่ายและสม่ำเสมอทั้งแนวระนาบและแนวตั้ง เพื่อไม่ให้เกิดพฤติกรรมของอาคารที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การบิดตัวของอาคารจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เมื่อจุดศูนย์กลางของมวลอาคารกับจุดศูนย์กลางของแรงต้านทานไม่ได้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 5

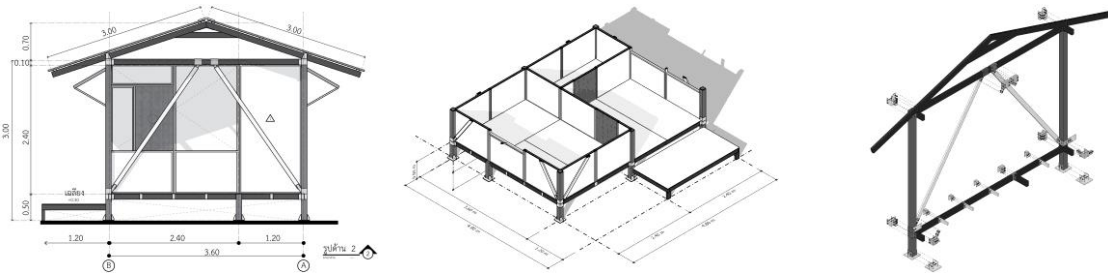


ภาพที่ 5 การบิดตัวของอาคารจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

(ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2555)

ที่พักอาศัยชั่วคราวเป็นอาคารขนาดเล็กที่ไม่ถูกควบคุมตามกฎหมายกระทรวงฯ ในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว เนื่องจากเมื่อเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่เกิดขึ้นจะเกิดแผ่นดินไหวตามมาเสมอ (Aftershocks) ซึ่งแรงสั่นสะเทือนสามารถสร้างความเสียหายต่อที่พักอาศัยชั่วคราวได้ จึงควรออกแบบและก่อสร้างให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้ (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2564)

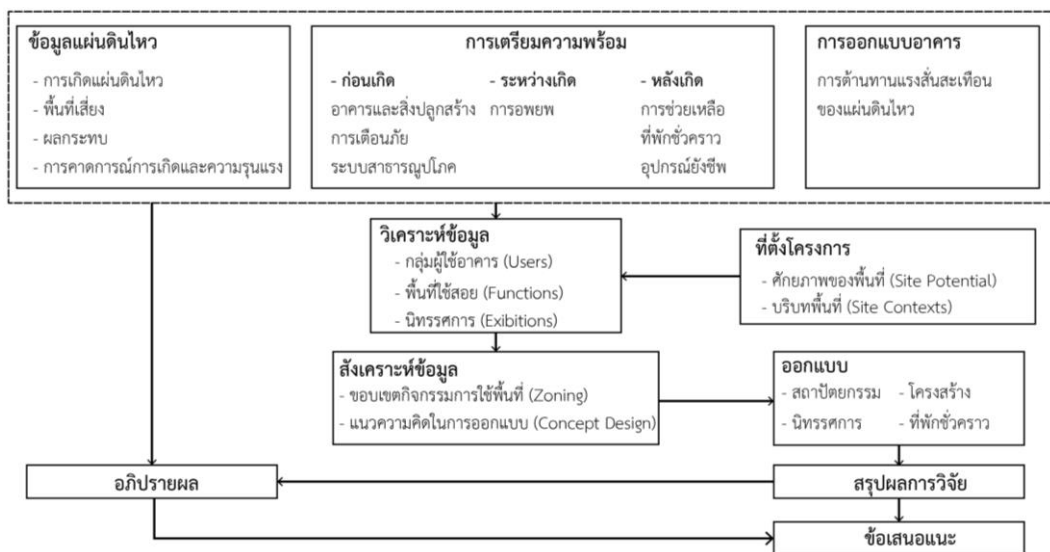
พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ (2564) ได้ออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัยแผ่นดินไหว ใช้ที่พักอาศัยได้อย่างน้อยจำนวน 3 คน โดยมีพื้นที่ประโยชน์ใช้สอยที่จำเป็นพื้นฐานและสามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนในระดับความรุนแรงไม่น้อยกว่า 6.9 ตามมาตราริกเตอร์ ซึ่งเป็นระดับแผ่นดินไหวในการคาดการณ์ที่จะเกิดขึ้นในจังหวัดเชียงรายได้ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ที่พักอาศัยชั่วคราว
(ที่มา: พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2564)

4. ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินการวิจัยในโครงการออกแบบศูนย์การเรียนรู้ฯ ได้มีการศึกษาค้นคว้างานเอกสาร แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดแผ่นดินไหว การเตรียมความพร้อมในการรับมือเมื่อเกิดแผ่นดินไหว และการออกแบบอาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ ที่สามารถต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวและการออกแบบส่วนนิทรรศการ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในแต่ละประเด็น สำหรับนำไปสังเคราะห์เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารและนิทรรศการ และสร้างองค์ความรู้สำหรับผู้เข้ามาศึกษาภายในศูนย์ฯ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 7

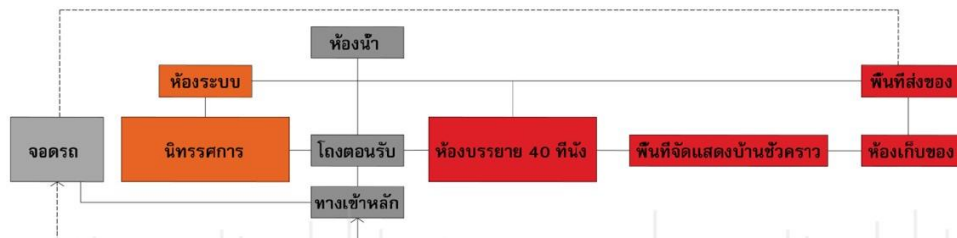


ภาพที่ 7 วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ผลการศึกษา ศูนย์การเรียนรู้ฯ เป็นมีวัตถุประสงค์ในการจัดทำโครงการเพื่อเป็นสถานที่เรียนรู้สำหรับการเตรียมความพร้อมเมื่อเกิดสถานการณ์แผ่นดินไหว จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสามารถจำแนกการวิเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบ ได้ดังนี้

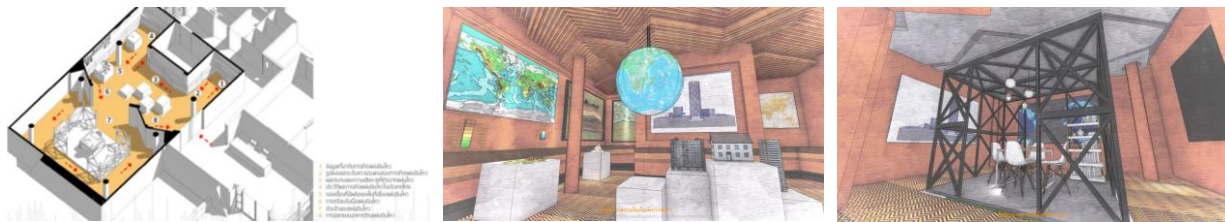
กลุ่มผู้ใช้โครงการจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบไปด้วย กลุ่มผู้ใช้บริการคือประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย นักเรียนนักศึกษา นักวิชาการและนักวิจัย ส่วนกลุ่มผู้ให้บริการคือ ผู้วิจัยของโครงการ และวิทยากรผู้จัดอบรมและให้ความรู้

หน้าที่ใช้สอยของโครงการประกอบด้วย 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนการเรียนรู้คือห้องบรรยายใช้สำหรับอบรมและเรียนรู้หลักสูตรการเตรียมรับมือแผ่นดินไหว ส่วนนิทรรศการคือส่วนที่เป็นการจัดนิทรรศการให้ความรู้เกี่ยวกับแผ่นดินไหว การสร้างการรับรู้แผ่นดินไหวด้วยเครื่องจำลองแผ่นดินไหว การออกแบบและก่อสร้างบ้านพักชั่วคราวสำหรับการเตรียมความพร้อมในการรับมือแผ่นดินไหว และส่วนบริการ คือโถงต้อนรับ ห้องน้ำและงานระบบอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์พื้นที่ใช้สอยโครงการ

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การจัดแสดงนิทรรศการเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผ่นดินไหว ทำให้ผู้ที่สนใจเข้ามาศึกษาเรียนรู้ได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยเมื่อประสบกับภัยพิบัติแผ่นดินไหว โดยส่วนนิทรรศการประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหว รูปแบบและระดับความรุนแรง ผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้น การเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย ลอยเลื่อนที่มีพลังและพื้นที่เสี่ยงภัย การเตรียมการรับมือแผ่นดินไหว การจำลองแผ่นดินไหว การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การวิเคราะห์การจัดแสดงนิทรรศการ

ศูนย์การเรียนรู้ฯ ตั้งอยู่ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายและอยู่พื้นที่ควบคุมบริเวณที่ 3 คือ ต้องออกแบบให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ตามมาตรฐานการออกแบบ (มยพ. 1301/1302-

61) พื้นที่ลาดชันเล็กน้อยและเป็นทีโล่งที่ได้รับลมตลอดทั้งปี มีทางเข้าโครงการอยู่ด้านทิศตะวันตกซึ่งมีทางสัญจรที่สะดวก มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ และเป็นด้านที่ได้รับความร้อนจากแสงแดดในช่วงบ่าย ด้านทิศตะวันออกมีกลุ่มต้นไม้ขนาดเล็กสามารถให้ร่มเงากับอาคารในช่วงเช้า ด้านทิศใต้เป็นมุมมองจากภายนอกเข้าสู่โครงการได้ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ที่พักอาศัยชั่วคราวและการออกแบบรายละเอียดจุดเชื่อมต่อของโครงสร้างอาคาร

จังหวัดเชียงรายอยู่ในพื้นที่ควบคุมบริเวณที่ 3 ตามกฎกระทรวงฯ ปี 2550 ครอบคลุมการออกแบบและก่อสร้างอาคารประเภทอาคารสาธารณะ คือ ต้องออกแบบอาคารให้ต้านแรงแผ่นดินไหวได้ (อมร พิมานมาศ, 2555) โดยได้กำหนดให้ใช้อัตราเร่งที่กระทำต่ออาคารที่ระหว่าง 0.04-0.15 g (g คืออัตราเร่งของแรงโน้มถ่วง) และค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบสั้น 0.2 วินาทีเท่ากับ 0.917 (S_s) และที่คาบที่ 1 วินาทีเท่ากับ 0.250 (S_1) สำหรับคำนวณและออกแบบโครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหว

การวิเคราะห์โครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับอาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ ได้เลือกใช้วิธีการคำนวณด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์วิวิเคราะห์การตอบสนองเชิงเส้นแบบประวัติเวลา โดยมีค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบอาคารที่คาบการสั่น 0.2 วินาที (SD_s) และคาบการสั่น 1 วินาที (SD_1) คำนวณจากสมการ (ภาพที่ 11) โดยค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์สำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทยที่มีค่า $SD_1 < SD_s$ (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2561)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

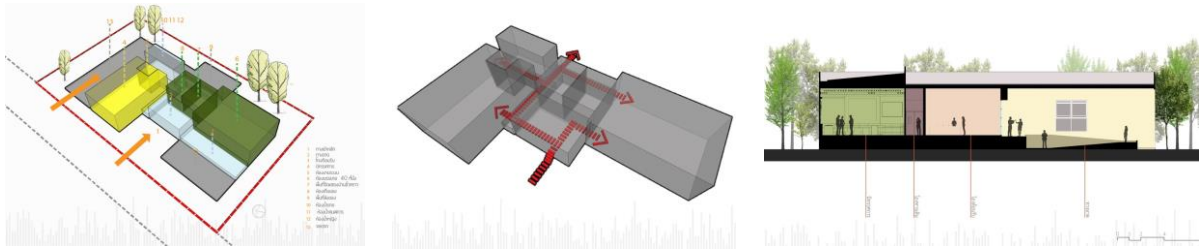
$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

SD_s =	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบที่คาบการสั่น 0.2 วินาที มีค่าเทียบเป็นสัดส่วนของค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก
SD_1 =	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบที่คาบการสั่น 0.1 วินาที มีค่าเทียบเป็นสัดส่วนของค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก
S_{MS} =	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 0.2 วินาทีปรับแก้เนื่องจากผลของชั้นดินที่ตั้ง มีค่าเทียบเป็นสัดส่วนของค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก
S_{M1} =	ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่น 0.1 วินาทีปรับแก้เนื่องจากผลของชั้นดินที่ตั้ง มีค่าเทียบเป็นสัดส่วนของค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภาพที่ 11 สมการปรับค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบอาคาร (ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2561)

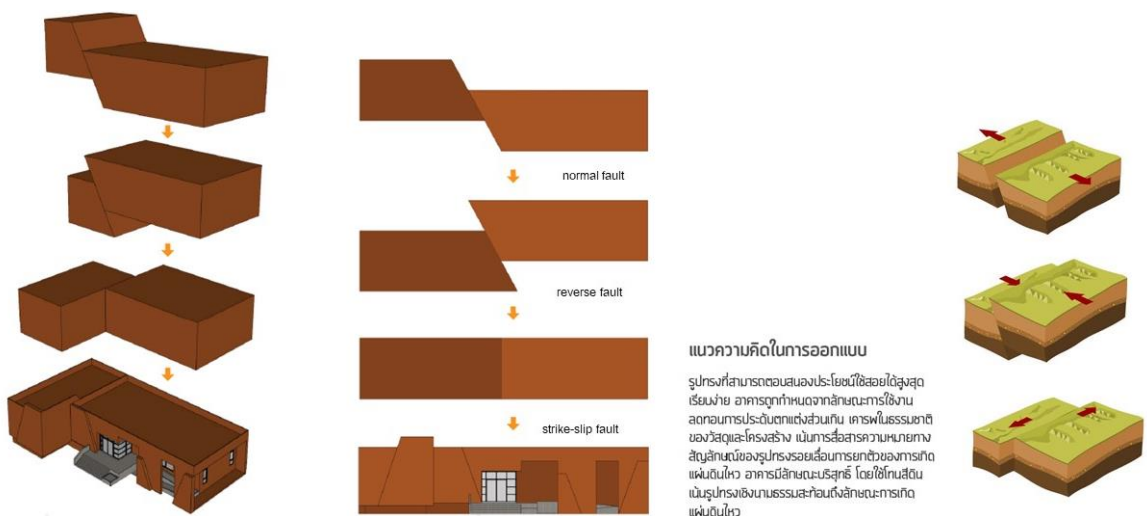
จากการวิเคราะห์ผู้ใช้อาคาร พื้นที่ใช้สอยของโครงการและที่ตั้งโครงการ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดมาสังเคราะห์เพื่อนำไปใช้สำหรับการออกแบบอาคารศูนย์การเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2 การวางผังพื้นที่กิจกรรม (Zoning) ที่ตั้งโครงการบริเวณด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศใต้ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน จึงได้จัดวางส่วนบริการไว้ด้านหน้าเพื่อเป็นพื้นที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยมีโถงตอนรับทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมและทางสัญจร ไปสู่ส่วนนิทรรศการและส่วนอบรมเรียนรู้ (ภาพที่ 12) ซึ่งตัวอาคารตั้งอยู่พื้นที่ที่มีความลาดชันจึงยกระดับพื้นอาคารให้สูงขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพที่ตั้ง มีด้านหน้าอยู่ทิศตะวันตก



ภาพที่ 12 การวางผังพื้นที่กิจกรรม (Zoning)

ศูนย์การเรียนรู้ฯ ได้ใช้แนวความคิดในการออกแบบ โดยเลือกใช้ผังอาคารที่มีลักษณะสี่ เหลี่ยมที่สามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยได้สูงสุด รูปแบบอาคารที่เรียบง่ายและลดทอนการประดับตกแต่งอาคาร เน้นการออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอย นำลักษณะของการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกเป็นรูปทรงของอาคาร ให้สี่อาคารเป็นลักษณะเหมือนดิน เพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์สื่อสารความหมายในทางสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหว (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 แนวความคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรม

5. ผลการวิจัย

ผลการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ได้นำข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ไปออกแบบโครงการศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหว จังหวัดเชียงราย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหว จังหวัดเชียงราย

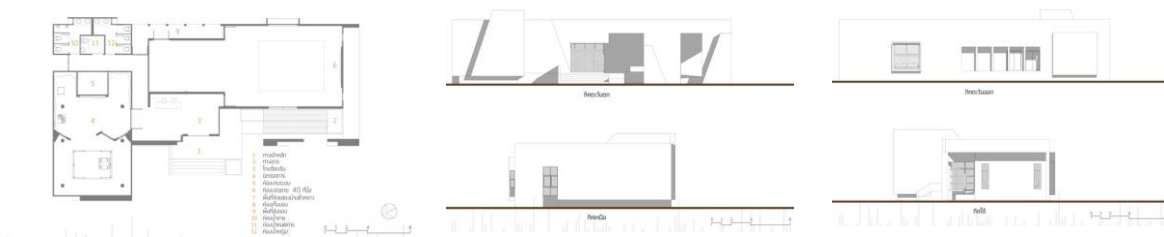
อาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนนิทรรศการให้ความรู้ ส่วนอบรมเตรียมความพร้อมรับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหว และส่วนบริการ เพื่อให้เป็นสถานที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการรับมือและเตรียมความพร้อมสำหรับสถานการณ์ ก่อนเกิด ระหว่างเกิดและหลังเกิดแผ่นดินไหว และสร้างความตระหนักถึงความอันตรายและความเสียหายที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากจังหวัดเชียงรายตั้งอยู่บนแนวรอยเลื่อนที่มีพลังงานถึง 5 รอยเลื่อน

อาคารตั้งอยู่ในพื้นที่เขตให้บริการ และเขตนันทนาการและกีฬาตามผังแม่บทของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เป็นพื้นที่สาธารณะที่เปิดให้ประชาชนและบุคคลภายนอกสามารถเข้ามาใช้บริการ และมหาวิทยาลัยฯ ได้เตรียมสถานที่ไว้สำหรับการเรียนรู้ในส่วนต่างๆ โดยตั้งอาคารอยู่ด้านทิศตะวันออกของหอประชุมราชการที่ ๙ (ภาพที่ 14) ซึ่งจะส่งเสริมการเรียนรู้ในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ



ภาพที่ 14 ผังบริเวณ ผังหลังคาและผังพื้นที่อาคารศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหวฯ

ผังพื้นที่อาคารแบ่งเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนนิทรรศการ ส่วนอบรมเรียนรู้ และส่วนบริการ และมีการออกแบบในส่วนของอาคารสถาปัตยกรรม เช่น ทางลาดและห้องน้ำสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุ (ภาพที่ 14 ซ้าย) รูปด้านอาคารมีผนังทึบเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีการจัดวางพื้นที่ประโยชน์ใช้สอยที่มีการควบคุมแสงและเป็นการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร (ภาพที่ 15 กลาง ขวา)



ภาพที่ 15 ผังพื้นที่และรูปด้านอาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ

การออกแบบอาคารให้มีลักษณะเรียบง่าย เน้นประโยชน์ใช้สอยมาก่อนการประดับอาคาร วางผังอาคารเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2 รูป วางแนวตั้งฉาก รูปแบบอาคารและช่องเปิดเรียบง่าย โทนสีของอาคารเป็นสีลักษณะของดินธรรมชาติ ใช้สถาปัตยกรรมการสื่อความหมายในลักษณะการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว ดังแสดงในรูปที่ 16



ภาพที่ 16 ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ

5.2 ส่วนนิทรรศการและการอบรมเรียนรู้

นิทรรศการมีรูปแบบการจัดแสดงเพื่อกระตุ้นให้เกิดความน่าสนใจและการมีส่วนร่วมในเนื้อหาที่จัดแสดงประกอบด้วย กระดานนำเสนอ (Wall Board) เป็นการจัดแสดงแบบแผ่นเรียบ 2 และ 3 มิติ รวมถึงโสตทัศนวัสดุที่สามารถแสดงภาพและเสียง หุ่นจำลองลอยตัว 3 มิติ (Model Object) และอุปกรณ์เครื่องกล (Mechanical Object) โดยมีเนื้อหาในการจัดแสดงการเกิดแผ่นดินไหว รูปแบบและระดับความรุนแรง ผลกระทบและความเสียหาย รอยเลื่อนที่มีพลังและพื้นที่เสี่ยงภัย การเตรียมการรับมือแผ่นดินไหว การจำลองแผ่นดินไหว การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว (ภาพที่ 17)

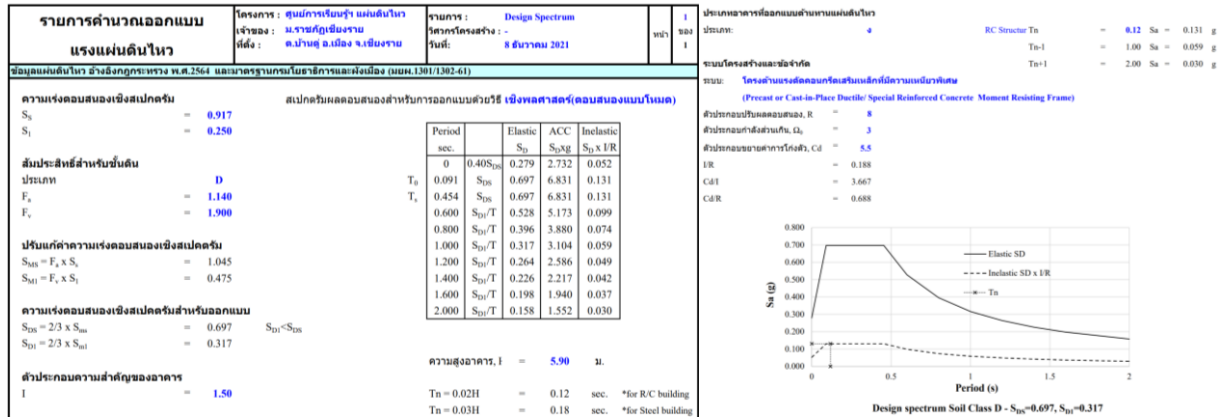


ภาพที่ 17 ส่วนนิทรรศการและการอบรมเรียนรู้

5.3 การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

อาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ เป็นโครงสร้างดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ ใช้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมในการคำนวณ คือ $0.917 (S_s)$ กับ $0.250 (S_1)$ (ค่าของจังหวัดเชียงราย) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดินประเภท D คือ $1.140 (F_a)$ กับ $1.900 (F_v)$ ความสำคัญของอาคาร คือ อาคารที่มี

ความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนหรือจำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ (I) มีค่าเท่ากับ 1.50 และประเภทอาคารที่ออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท (ง) คือ เป็นระดับที่ต้องออกแบบอย่างเข้มงวดสุด คำนวณค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์โดยใช้โปรแกรม STAAD Pro ในการคำนวณและจำลองความสามารถต้านทานแผ่นดินไหว (ภาพที่ 18)



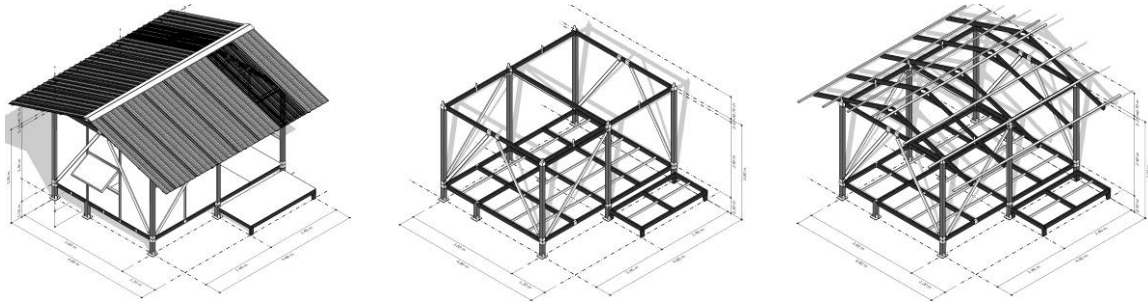
ภาพที่ 18 การคำนวณและจำลองความสามารถต้านทานแผ่นดินไหว (ที่มา: STAAD Pro, 2021)

จากการคำนวณความสามารถต้านทานแผ่นดินไหว ได้นำข้อมูลมาออกแบบในงานวิศวกรรมโยธาในระบบโครงสร้างดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ โดยเสริมเหล็กปลอกเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหวในตำแหน่งหัวเสาและโคนเสา (ครึ่งหนึ่งของระยะห่างของเหล็กปลอก) และคานในตำแหน่งเชื่อมกับเสา (ครึ่งหนึ่งของระยะห่างของเหล็กปลอก) เพื่อควบคุมการถ่ายแรงสั่นสะเทือนของอาคารที่ได้รับจากการสั่นของแผ่นดินไหวและลดผลกระทบและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่ออาคาร (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 โครงสร้างอาคารต้านแผ่นดินไหว

การออกแบบที่พักอาศัยชั่วคราวในการวิจัยนี้ สามารถใช้พักอาศัยได้อย่างน้อยจำนวน 3 คน โดยมีพื้นที่ประโยชน์ใช้สอยที่จำเป็น ประกอบด้วย พื้นที่พักอาศัย พื้นที่ประกอบอาหาร และพื้นที่ซักรีดและชำระร่างกาย โดยมีแนวความคิดในการออกแบบเป็นระบบหน่วยย่อย (Modular) และระบบถอดประกอบ (Knock Down) สามารถประกอบติดตั้งให้แล้วเสร็จภายใน 2 วันโดยประมาณ (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2564) ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ที่พักอาศัยชั่วคราว

6. สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวเพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการออกแบบและก่อสร้างศูนย์การเรียนรู้ฯ และสิ่งปลูกสร้างที่ตั้งอยู่บนพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติแผ่นดินไหว สามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์งานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบนิทรรศการให้ความรู้ ประกอบด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหว รูปแบบและระดับความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินไหว ผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้น การเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย รอยเลื่อนที่มีพลังและพื้นที่เสี่ยงภัย การเตรียมการรับมือแผ่นดินไหว การจำลองแผ่นดินไหว การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว และนำมาเป็นแนวความคิดในการออกแบบอาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ

การศึกษาการออกแบบและก่อสร้างศูนย์การเรียนรู้ฯ เพื่อใช้สำหรับเป็นสถานที่เรียนรู้ในการรับมือภัยพิบัติแผ่นดินไหว ได้ออกแบบให้ตัวอาคารศูนย์การเรียนรู้ฯ และที่พักอาศัยชั่วคราวเป็นตัวอย่างอาคารต้านแผ่นดินไหว โดยมีการออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารให้สามารถต้านแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวในระดับ 7 ตามมาตราริกเตอร์ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ.1301/1302-61)

การออกแบบและก่อสร้างส่วนนิทรรศการภายในศูนย์การเรียนรู้ฯ เป็นการแสดงข้อมูลแบบกระดานและหุ่นจำลองให้ความรู้ มีการออกแบบนิทรรศการให้ความรู้แบบมีส่วนร่วมเพื่อให้รับรู้ถึงประสบการณ์แผ่นดินไหวโดยตรง ซึ่งมีเครื่องจำลองแผ่นดินไหวเป็นส่วนประกอบและนิทรรศการให้ความรู้เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อม

ของสิ่งปลูกสร้างในเรื่องการออกแบบ ก่อสร้าง และการปรับปรุงอาคารให้มีความแข็งแรง โดยใช้หุ่นจำลองของที่พักอาศัยชั่วคราวเป็นกรณีศึกษา

ผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถออกแบบศูนย์การเรียนรู้ฯ และดำเนินการก่อสร้าง โดยการออกแบบผ่านรูปแบบการดำเนินงานตามกระบวนการวิจัย เพื่อให้สามารถใช้เป็นพื้นที่เรียนรู้ในการเตรียมความพร้อมรับมือเมื่อเกิดสถานการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นสำหรับประชาชน บุคคลทั่วไป ผู้ที่สนใจ และผู้ที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว อันเป็นผลให้ลดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้ประสบภัยต่อไป

6.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยโครงการออกแบบและก่อสร้างศูนย์การเรียนรู้ฯ เป็นการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหว เพื่อวิเคราะห์และนำไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบทั้งในส่วนอาคาร นิทรรศการให้ความรู้ เครื่องจำลองแผ่นดินไหว บ้านพักชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัยพิบัติ และหลักสูตรอบรมเตรียมความพร้อมในการรับมือเมื่อเกิดแผ่นดินไหว โดยการออกแบบและคำนวณโครงสร้างเป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ.1301/1302-61) และที่พักอาศัยชั่วคราวได้แนวคิดในด้านของพื้นที่ใช้สอยเบื้องต้นตาม Architect's DATA (พงศ์ตะวัน นันทศิริ และคณะ, 2564) ผสมกับระบบประสานพิกัดของวัสดุสำเร็จรูป การเลือกใช้วัสดุโครงสร้างเป็นเหล็กรูปพรรณที่ออกแบบโครงสร้างต้านแรงดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษที่สอดคล้องกับแนวคิดของ สิวะลักษณ์และสรกานต์ ซึ่งเป็นการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

6.3 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กระบวนการออกแบบทางด้านสถาปัตยกรรม การออกแบบนิทรรศการ การออกแบบระบบวิศวกรรมโยธา ร่วมกับการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหว ในส่วนงานระบบอาคารเป็นการออกแบบตามมาตรฐานของอาคารสาธารณะ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการออกแบบงานระบบอาคารสำหรับต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวเพิ่มเติม การศึกษาการออกแบบและก่อสร้างศูนย์การเรียนรู้ฯ อยู่ในระหว่างขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้างโดยมีกำหนดแล้วเสร็จภายในปีงบประมาณ 2564



ภาพที่ 21 งานก่อสร้างศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย

7. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยโครงการออกแบบศูนย์การเรียนรู้รับมือภัยพิบัติตามรอยเลื่อนแผ่นดินไหว จังหวัดเชียงราย ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณวิจัยด้านวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

8. เอกสารอ้างอิง

- Globetrot. (2009). **World Map of Fault Lines**. Accessed 24 Jun 2021, Available From <https://printable-maps.blogspot.com/2009/04/world-map-of-fault-lines.html>.
- Matt Williams. (2010). **What are Earthquake Fault Lines?** Accessed 24 Jun 2021, Available From <https://www.universetoday.com/76183/earthquake-fault-lines>.
- REI Software. (2020). **STAAD.Pro CONNECT Edition** [Computer program]. Accessed 24 Jun 2021, Available From <https://www.reisoftwareth.com/products-detail/STAAD/STAAD-Pro>.
- Robert. J. Lillie. (2005). **Tectonic Plates: Divergent, Convergent and Transform Boundaries**. Accessed 24 Jun 2021, Available From <https://www.pmfias.com/interaction-of-tectonic-plates-indian-plate>.
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (2564). **ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522**. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2555). **คู่มือปฏิบัติเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับเจ้าพนักงานท้องถิ่น**. กรุงเทพฯ: สกสศ. ลาดพร้าว.
- _____. (2561). **มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว**. กรุงเทพฯ: เอส.พี.เอ็ม การพิมพ์.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2548). **แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย**. เข้าถึงเมื่อ 24 มิ.ย. 2564, จาก <http://www.dmr.go.th>
- ทยากร จันทรวงศ์. (2557). **ความรู้เกี่ยวกับแผ่นดินไหวและการก่อสร้างอาคารให้มั่นคงแข็งแรงเพื่อรับมือแผ่นดินไหว**. เข้าถึงเมื่อ 24 มิ.ย. 2564, จาก: http://eit.or.th/DownloadDocument/ความรู้เกี่ยวกับแผ่นดินไหวและการก่อสร้างอาคารให้มั่นคงแข็งแรงเพื่อรับมือแผ่นดินไหว_ทยากร%20จันทรวงศ์.Pdf
- พงศศิวัน นันทศิริ และคณะ. (2559). **แนวทางการจัดการพื้นที่เพื่อรองรับภัยพิบัติแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ชุดโครงการย่อย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- _____. (2564). **ที่พักอาศัยชั่วคราวสำหรับผู้ประสบภัยพิบัติแผ่นดินไหว จังหวัดเชียงราย**. เอกสารการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น ครั้งที่ 1, The 1st CRRU National Conference on Local Development, “วิถีชีวิตใหม่กับการพัฒนาท้องถิ่น”, New Normal and Local Development Perspectives. วันที่ 24-25 มิถุนายน 2564. จังหวัดเชียงราย.
- สิวะลักษณ์ ชำนาญกิจ และสรการต์ ศรีทองอ่อน. (2563). **คำสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหวในทุกอำเภอของอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1301/1302-61)**. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25. วันที่ 15-17 กรกฎาคม 2563 จังหวัดชลบุรี.
- อมร พิมาณมาศ. (2555). **ประเทศไทยเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวและสึนามิแค่ไหนและจะรับมืออย่างไร**. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.