

การตรวจวัดความถี่ธรรมชาติของอาคารพักอาศัยขนาดเล็กในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

Measurement of natural frequency of small residential buildings in earthquake prone areas

นิธิศ จำปางาม และ นคร ภู่วโรดม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี

*Corresponding author; E-mail address: pnakhom@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยเป็นบริเวณที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวสูงสุด และจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในอดีตได้สร้างความเสียหายในระดับต่าง ๆ ต่ออาคารและระบบโครงสร้างพื้นฐาน อาคารที่ได้รับความเสียหายส่วนใหญ่เป็นอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านพักอาศัยที่ไม่ได้รับการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว และยังไม่มีการศึกษาด้านคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารเหล่านี้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความถี่ธรรมชาติของกลุ่มอาคารที่พักอาศัยขนาดเล็กด้วยการตรวจวัดการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อม โดยทำการศึกษากับอาคารจำนวน 33 หลังในจังหวัดเชียงราย ที่ประกอบด้วย อาคารคอนกรีตจำนวน 15 หลัง อาคารคอนกรีต-ไม้ จำนวน 18 หลัง อาคารชั้นเดียว จำนวน 4 หลัง อาคาร 2 ชั้น จำนวน 27 หลัง และอาคาร 3 ชั้น จำนวน 2 หลัง การตรวจวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนระดับต่ำใช้เครื่องมือแบบวัดความเร็วที่มีความละเอียดสูงจำนวน 2 ชุด และวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติของการสั่นไหวในแนวการโยกตัวทางข้างของอาคาร และพิจารณาคุณลักษณะของโครงสร้าง เช่นจำนวนเสา ปริมาณกำแพงอิฐก่อในแต่ละแนวของอาคารเพื่อศึกษาผลที่มีต่อสเปกตรัมด้านข้างของอาคาร โดยผลการศึกษาพบว่าความถี่ธรรมชาติของอาคารส่วนใหญ่ มีค่าอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 Hz. อย่างไรก็ตามพบความแปรปรวนของค่าความถี่ธรรมชาติในอาคารอื่น ๆ บางอาคารพบว่าความถี่ธรรมชาติหลักมีค่าอยู่ในช่วง 5 ถึง 10 Hz. ซึ่งแสดงถึงความหลากหลายของรูปแบบอาคารขนาดเล็กที่ศึกษา ที่มีความแตกต่างของรูปแบบโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง นอกจากนี้พบว่าอาคารที่ใช้วัสดุผสมเช่น โครงสร้างคอนกรีตผสมไม้อาคารตรวจวัดพบความถี่ธรรมชาติที่ต่างกันในส่วนที่ใช้วัสดุต่างกัน

คำสำคัญ: แผ่นดินไหว, คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์, ความถี่ธรรมชาติ, อาคารที่พักอาศัย

Abstract

Northern Thailand is the highest seismicity area of the country. Past major earthquakes caused damages to buildings and infrastructures in different degree. Most of the affected buildings were small structures such as residential buildings which were not earthquake resistant design. The dynamic

characteristics of these buildings have not been investigated. Therefore, this research aims to identify the natural frequency of small residential buildings by ambient vibration measurement. Altogether 33 buildings in Chiang Rai were studied. Among them, 15 buildings are concrete, 18 buildings are concrete-wooden structures, 4 buildings are one-story, 27 buildings are two-story and 2 buildings are three-story. The measurement was conducted using two sets of sensitive velocity meters to record microtremor vibrations of the buildings. The natural frequencies were identified for the translational modes. Structural characteristics of buildings such as the number of columns and amount of infill wall in each direction were considered to investigate their contribution to the lateral stiffness. The study found that the natural frequency of most buildings ranges between 3 and 5 Hz. However, there is variability in the natural frequency values found in other buildings. Some buildings have a dominant natural frequency range of 5 to 10 Hz. This demonstrates the diversity in the design of small-scale buildings, which varies based on the structural design and materials used in construction. Furthermore, it was also observed that in buildings that use mixed materials, such as wood-concrete structures, there is variation in the natural frequencies in different parts that use different materials.

Keywords: earthquake, dynamic properties, natural frequency, residential building

1. บทนำ

อาคารที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอาคารขนาดเล็กที่ไม่ได้ออกแบบเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว พฤติกรรมด้านพลศาสตร์ของอาคารเหล่านี้มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์และออกแบบเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว แต่ยังไม่ได้รับการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะข้อมูลสำคัญพื้นฐานคือคาบธรรมชาติ หรือความถี่ธรรมชาติ ซึ่งเป็นค่าที่จำเป็นต้องใช้ในการประเมิน

แรงแผ่นดินไหว ถึงแม้ในมาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ.1301/1302-61) [1] ได้กำหนดสมการประมาณค่าคาบธรรมชาติของอาคารคอนกรีต และอาคารเหล็กไว้อย่างไรก็ตาม ค่าที่กำหนดในมาตรฐานดังกล่าว มีที่มาจากการศึกษาเกี่ยวกับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 5 ชั้นขึ้นไป [2] แต่สำหรับอาคารที่พักอาศัย ที่ส่วนใหญ่เป็นอาคาร 2 ชั้น และมีการใช้ระบบโครงสร้างและวัสดุที่หลากหลาย ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มอาคารที่ได้มีการศึกษาสำหรับมาตรฐาน มยผ. 1301/1302-61 เป็นอย่างมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความถี่ธรรมชาติของกลุ่มอาคารที่พักอาศัยขนาดเล็กด้วยการตรวจวัดการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อมกับอาคารตัวอย่างในพื้นที่ตำบลทรายขาว อำเภอบางสะพาน และ ตำบลแม่จัน อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดการสั่นสะเทือนระดับต่ำ เพื่อการทดสอบการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อม (Ambient vibration test) แล้ววิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติโดยการแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณการสั่นสะเทือนตามธรรมชาติเพื่อระบุค่าความถี่หลักของสัญญาณเพื่อหาความถี่ธรรมชาติของอาคาร [3] การศึกษากาณาศาสตร์ทำการสำรวจกับอาคารจำนวน 33 หลัง โดยจำแนกเป็น อาคารคอนกรีตจำนวน 15 หลัง อาคารคอนกรีต-ไม้ จำนวน 18 หลัง อาคารชั้นเดียว จำนวน 4 หลัง อาคาร 2 ชั้น จำนวน 27 หลัง และอาคาร 3 ชั้น จำนวน 2 หลัง

2. วิธีการศึกษา

การศึกษาลักษณะของโครงสร้างอาคารเนื่องจากแผ่นดินไหว โดยในงานวิจัยนี้ ทำการตรวจวัดค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารที่พักอาศัยในพื้นที่จังหวัดเชียงราย โดยแบ่งประเภทอาคารที่เป็นอาคารคอนกรีตจำนวน 15 หลัง และอาคารที่เป็นอาคารคอนกรีตผสมกับอาคารไม้จำนวน 18 หลัง และ แบ่งเป็นอาคารชั้นเดียวจำนวน 4 หลัง อาคาร 2 ชั้น จำนวน 27 หลัง อาคาร 3 ชั้น จำนวน 2 หลัง ด้วยการตรวจวัดการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อม โดยใช้เครื่องมือในการตรวจวัดความเร็วที่มีความละเอียดสูง นำค่าที่ตรวจวัดได้มาทำการหาค่าความถี่ธรรมชาติด้วยวิธีการแปลงอนุกรมฟูเรียร์โดยใช้หลักการ Fast Fourier Transform (FFT) เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร

2.1 การตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนของอาคาร

เครื่องมือสำหรับการตรวจวัดคลื่นขนาดเล็กประกอบด้วย หัววัดการสั่นสะเทือนแบบวัดความเร็ว รุ่น VSE-15D-6 ผลิตโดยบริษัท Tokyo Sokushin ประเทศญี่ปุ่น มีคุณสมบัติสามารถตรวจวัดในช่วงความถี่ 0.1 ถึง 70 Hz ทำหน้าที่ตรวจจับการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งที่ติดตั้งในรูปของความเร็ว สำหรับอุปกรณ์ขยายสัญญาณและบันทึกข้อมูลการสั่นสะเทือนรุ่น McSEIS-MT NEO ผลิตโดยบริษัท OYO Cooperation ประเทศญี่ปุ่น ทำหน้าที่รับสัญญาณจากหัววัดการสั่นสะเทือนมาเพื่อขยายกำลัง แปลงให้เป็นข้อมูลเชิงดิจิทัลที่มีคุณสมบัติของ A/D Converter เท่ากับ 32 บิต แล้วบันทึกผลการวัดความจำ (Memory card) ชุดเครื่องมือที่ใช้มีจำนวน 4 ชุด โดยแต่ละชุดวัดพร้อมกันด้วยการปรับเวลาให้ตรงกันด้วยนาฬิกาจาก GPS

ที่มีความละเอียด 1/100 วินาที บันทึกตำแหน่งที่ตั้งหัววัดโดยการรับสัญญาณกับระบบดาวเทียม GPS ชุดอุปกรณ์การตรวจวัดคลื่นขนาดเล็กแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์การตรวจวัดคลื่นขนาดเล็ก

ในการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนของอาคาร ใช้เครื่องมือในการตรวจวัดคลื่นความเร็วที่มีความละเอียดสูง จำนวน 2-4 เครื่อง ทำการตรวจวัดการสั่นไหวของอาคาร โดยติดตั้งใน 2 ทิศทางตั้งฉากกันในแนวระนาบดังรูปที่ 2 เพื่อศึกษาถึงการเคลื่อนที่ในแนวระนาบทั้ง 2 ทิศทาง และเลือกตำแหน่งของชุดเครื่องมือการตรวจวัดให้อยู่ในตำแหน่งที่แยงมุมกันของอาคารแสดงในรูปที่ 3 เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ครอบคลุมมากที่สุด โดยใช้อัตราการเก็บข้อมูล 100 ข้อมูลต่อวินาที และใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมดประมาณ 40 นาที ต่อครั้ง



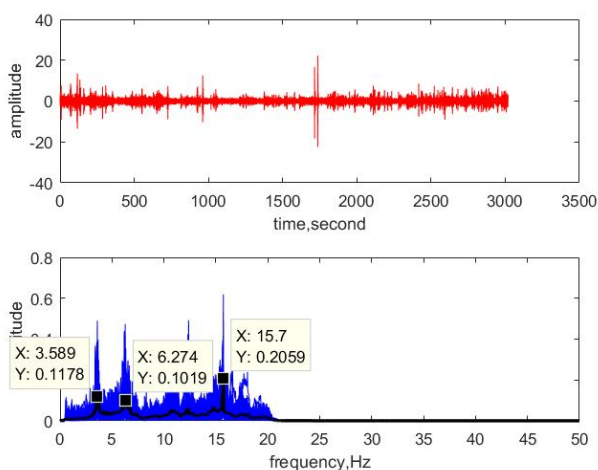
รูปที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคลื่นขนาดเล็ก



รูปที่ 3 ตัวอย่างจุดติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดคลื่นขนาดเล็ก

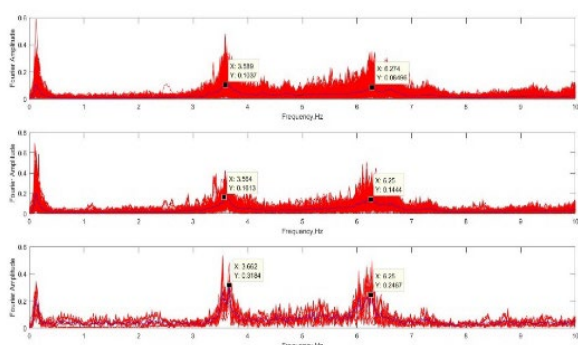
2.2 การวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติของอาคาร

จากการสังเกตข้อมูลจากการตรวจวัดพบว่า สัญญาณส่วนใหญ่มีระดับการสั่นที่ต่ำมาก เนื่องจากอาคารที่ตรวจวัดเป็นอาคารขนาดเล็กที่การสั่นสะเทือนเกิดได้ยากมาก ซึ่งเป็นปัญหาให้สเปกตรัมจากการแปลงฟูเรียร์ค่อนข้างต่ำและมีรูปร่างค่อนข้างเรียบ ทำให้การระบุความถี่หลักทำได้ค่อนข้างยาก การศึกษาได้ทำการแบ่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้เป็นช่วงสั้น ๆ ช่วงละ 4096 ข้อมูล แล้วทำการแปลงฟูเรียร์ของแต่ละช่วงข้อมูล และนำฟูเรียร์สเปกตรัมของข้อมูลทั้งหมดไปหาค่าเฉลี่ย ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4 โดยสัญญาณการตรวจวัดในรูปบนเส้นสีแดง เมื่อทำการแบ่งเป็นช่วงย่อยและแปลงเป็นฟูเรียร์สเปกตรัมแสดงด้วยกราฟเส้นสีน้ำเงินในรูปล่าง และค่าเฉลี่ยของฟูเรียร์สเปกตรัมทั้งหมดแสดงด้วยเส้นสีดำ ซึ่งพบว่า สามารถระบุความถี่หลักได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



รูปที่ 4 ตัวอย่างฟูเรียร์สเปกตรัม

นอกจากนั้น ในหลายตัวอย่าง พบถึงความแปรปรวนของกราฟฟูเรียร์สเปกตรัม งานวิจัยนี้จึงทำการพิจารณาเพิ่มขึ้นตอนการวิเคราะห์ โดยจำแนกชุดข้อมูลที่แบ่งช่วงย่อยออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square, RMS) คือ ค่า RMS ต่ำ ปานกลาง และ สูง แล้วทำการแยกวิเคราะห์การแปลงฟูเรียร์ของแต่ละกลุ่ม RMS แล้วแสดงผลของแต่ละกลุ่ม ดังแสดงตัวอย่างในรูป 5 เพื่อให้เพิ่มข้อมูลในการระบุค่าความถี่หลักของสัญญาณให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น



รูปที่ 5 ตัวอย่างฟูเรียร์สเปกตรัมจากการพิจารณากลุ่ม RMS

2.3 การวิเคราะห์ลักษณะของอาคาร

ในการวิเคราะห์ลักษณะของอาคาร โดยการสำรวจลักษณะทางกายภาพของโครงสร้างของอาคาร ขนาด หน้าตาด พื้น ที่ พื้นผิว ของ เสา พื้น คาน ผนัง กำแพง แสดงในรูปที่ 6 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบของอาคารได้โดยทำให้เราทราบถึงค่ามวล และค่าสติเฟนสของแต่ละชั้น



รูปที่ 6 การตรวจคุณสมบัติทางกายภาพของเสา

3. ผลการศึกษา

จากการศึกษาอาคารที่พักอาศัยในจังหวัดเชียงรายจำนวน 33 หลัง โดยแบ่งประเภทได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดประเภทของอาคาร

	หัวข้อ	จำนวน (หลัง)
จำนวนชั้น	อาคารชั้นเดียว	4
	อาคาร 2 ชั้น	27
	อาคาร 3 ชั้น	2
วัสดุ	คอนกรีต	15
	คอนกรีต/ไม้	18
รูปร่าง	จัตุรัส	9
	สี่เหลี่ยมผืนผ้า	24



รูปที่ 7 ตัวอย่างบ้าน 2 ชั้น ชั้นบนเป็นไม้ ชั้นล่างเป็นได้ทุนเสาคอนกรีต



รูปที่ 8 ตัวอย่างบ้าน 2 ชั้น ชั้นบนเป็นไม้ ชั้นล่างเป็นผนังคอนกรีตตลอดแนวเสา

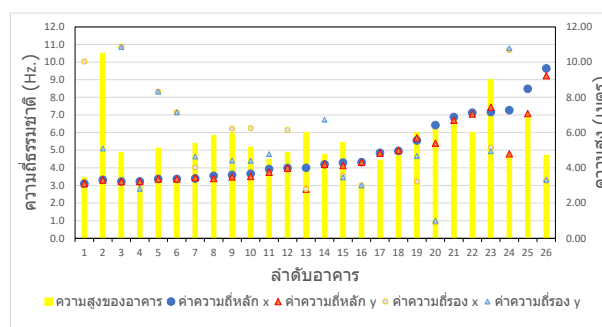


รูปที่ 9 ตัวอย่างบ้าน 2 ชั้น อาคารคอนกรีตทั้งบนและล่าง

ในพื้นที่ศึกษานั้นอาคารจำนวนมากเป็นอาคารไม้ที่มีใต้ถุนเป็นเสา คอนกรีตยกระดับขึ้นมาแสดงในรูปที่ 7 และภายหลังได้มีการต่อเติมเพิ่ม ห้องเป็นกำแพงคอนกรีตทั้งด้านบนเชื่อมต่อกับอาคารไม้หรือต่อเติมห้อง ข้างล่างในแนวของเสาคอนกรีตเดิมแสดงในรูปที่ 8 และอาคารสมัยใหม่ที่เป็นลักษณะคอนกรีตทั้งหลังแสดงในรูปที่ 9

ผลการศึกษาของอาคารที่สามารถระบุค่าความถี่ธรรมชาติได้ชัดเจนทั้ง 2 ทิศทางจำนวน 26 หลัง แสดงในรูปที่ 10 โดยแสดงค่าความถี่ที่ได้จากจุด ที่กราฟสเปกตรัมของผลการตรวจวัดสูงสุด ระบุเป็นความถี่หลักในแต่ละ ทิศทาง นอกจากนั้น ได้แสดงค่าความถี่ที่ระบุได้จากจุดที่กราฟสเปกตรัม ของผลการตรวจวัดมีความสูงรองลงมา เป็นความถี่รองในแต่ละทิศทาง ค่า เหล่านี้แสดงด้วยสัญลักษณ์ที่ต่างกันไป และเรียงลำดับของอาคารจาก ค่าความถี่หลักต่ำไปสูง ความสูงของอาคารแต่ละหลังถูกแสดงด้วยแท่งสี เหลือง โดยผลการศึกษาพบว่า ความถี่ธรรมชาติหลักของอาคารส่วนใหญ่ (จำนวน 18 หลัง) มีค่าอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 Hz. อย่างไรก็ตาม พบความ แปรปรวนของค่าความถี่ธรรมชาติในอาคารอื่น ๆ ค่อนข้างมาก โดยผลของ อาคารอีกกลุ่มพบว่าค่าความถี่ธรรมชาติหลักมีค่าอยู่ในช่วง 5 ถึง 10 Hz. ซึ่งแสดงถึงความหลากหลายของรูปแบบอาคารขนาดเล็กที่ศึกษา ที่มีความ แตกต่างของรูปแบบโครงสร้าง ได้แก่ ขนาดและจำนวนของเสา ปริมาณ

และรูปแบบของผนังและกำแพงอิฐก่อ ความแตกต่างระหว่างบ้านที่มีใต้ถุน เปิดหรือมีห้องชั้นล่าง เป็นต้น อีกทั้งมีความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง ซึ่งอาคารกลุ่มที่ศึกษาใช้วัสดุคอนกรีตในโครงสร้าง แต่รูปแบบของอาคาร ทั่วไปมีการนำไม้มาเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างด้วย ซึ่งสัดส่วนของการ ใช้โครงสร้างไม้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของมวลและสติฟเนสของ อาคารอย่างมาก อีกทั้งพบว่าการใช้วัสดุผนังหลังคาที่มีมวลมากเช่นหลังคา กระเบื้องโมเนีย ส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติต่ำ เมื่อเทียบกับอาคารที่ใช้ หลังคาวัสดุเบาเช่นหลังคาหลังคาเหล็กหรือลอน (เมทัลชีท) และเนื่องจาก อาคารที่พิกอาศัยเหล่านี้เป็นอาคารขนาดเล็ก ค่าความถี่ธรรมชาติที่เป็นผล ของการกระจายของค่ามวลและสติฟเนสของโครงสร้างจึงมีความไว (sensitive) ต่อพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโครงสร้าง ทั้งรูปแบบโครงสร้าง คุณสมบัติวัสดุ และเทคนิคการก่อสร้าง อย่างมาก



รูปที่ 10 กราฟความถี่ธรรมชาติของอาคาร 26 หลัง

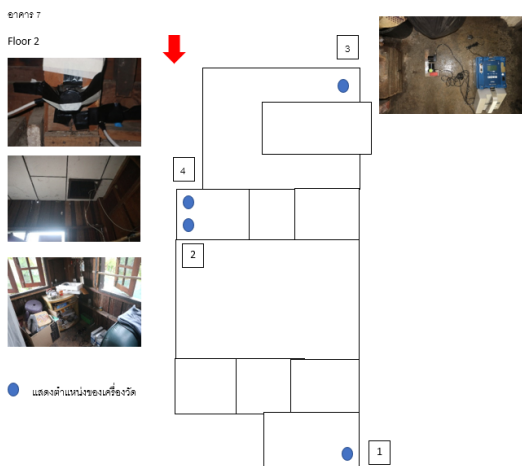
ผลการศึกษาอาคารที่พิกอาศัยอีก 7 หลังพบว่าค่าความถี่ธรรมชาติ ไม่ ชัดเจน โดยมีลักษณะของอาคารที่แตกต่างไปจากเดิม เช่น อาคารที่มีการ ยกสูงโดยระดับของพื้นในชั้นบนไม่เท่ากัน อาคารที่มีส่วนเชื่อมต่อกับอาคาร หลังอื่น อาคารที่มุมของอาคารมีค่าความถี่ที่ไม่เท่ากัน

3.1 ตัวอย่างอาคารที่พิกอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้ใต้ถุนโล่ง

ตัวอย่างอาคารที่พิกอาศัยเป็นอาคารลักษณะผสมระหว่างคอนกรีต และไม้ โดยพื้นที่ใต้ถุนด้านล่างมีเสาเป็นเสาคอนกรีตและมีห้องที่เป็นผนัง คอนกรีต ในขณะที่ด้านบน เสา ผนัง พื้น เป็นอาคารไม้ทั้งหมด และมีส่วน เชื่อมด้านล่างที่เป็นคอนกรีตต่อเติมเพิ่มเข้าไปแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตัวอย่างอาคารที่พิกอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้



รูปที่ 12 แผนผังของอาคารและจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นไหวของอาคารที่พักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้

โดยติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการสั่นไหวจำนวน 4 เครื่องแสดงในรูปที่ 12 โดยแบ่งเป็น เครื่องที่ 1 ติดตั้งที่พื้นไม้ เครื่องที่ 2 ติดตั้งที่พื้นไม้ในแนวทแยงกับเครื่องที่ 1 เครื่องที่ 3 ติดตั้งบนพื้นคอนกรีต และเครื่องที่ 4 ติดตั้งบนจุดสูงสุดของเสาไม้ (ใต้ฝ้า) เหนือเครื่องที่ 2 จากนั้นทำการคำนวณค่าความถี่ธรรมชาติ

ตารางที่ 2 รายละเอียดความถี่ธรรมชาติที่ตรวจวัดของอาคารตัวอย่างที่พักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้ 2 ชั้น ชั้นบนเป็นโครงสร้างไม้ชั้นใต้ดินคอนกรีตแบบเปิด

	ตำแหน่งที่ 1		ตำแหน่งที่ 2	
	x	y	x	y
	พื้นไม้		พื้นไม้	
FFT	3.516	3.467	4.492	4.126
RMS	3.499	3.483	4.493	4.126
	ตำแหน่งที่ 3		ตำแหน่งที่ 4	
	x	y	x	y
	พื้นคอนกรีต		บนเสาไม้	
FFT	4.126	4.175	4.517	4.150
RMS	4.126	4.134	4.533	4.126

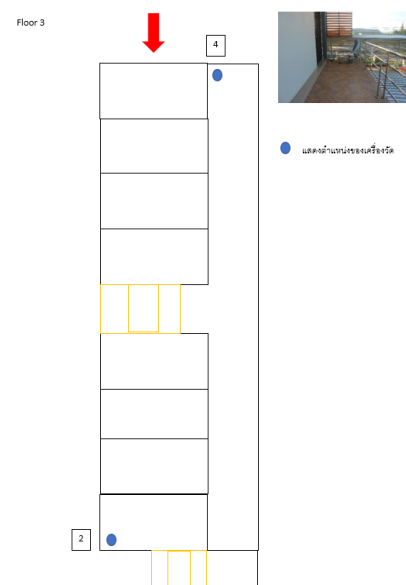
จากตารางที่ 2 และรูปที่ 12 พบว่าตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 4 ค่าความถี่ธรรมชาติมีค่าที่ใกล้เคียงกันเท่ากับ 4.5 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 4.1 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y ในขณะที่ตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 3 แม้จะอยู่ในแนวระนาบเดียวกันแต่ค่าที่ได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากตำแหน่งที่ 1 ตั้งอยู่บนพื้นไม้ ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.5 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ y ในขณะที่ตำแหน่งที่ 3 เป็นพื้นคอนกรีต ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 4.1 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ เท่ากับ 4.2 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y

3.2 ตัวอย่างอาคารที่พักอาศัยแบบคอนกรีต

ตัวอย่างอาคารที่พักอาศัยเป็นอาคารคอนกรีตทั้งหลัง สูง 3 ชั้น มีลักษณะอาคารสม่ำเสมอแสดงในรูปที่ 13

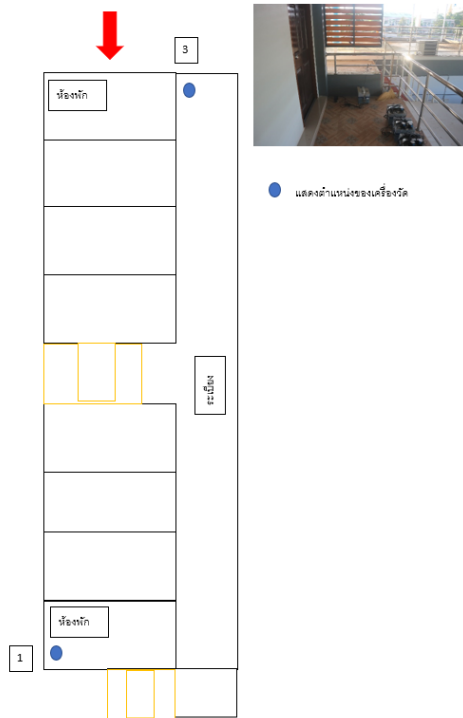


รูปที่ 13 ตัวอย่างอาคารที่พักอาศัยแบบคอนกรีต



รูปที่ 14 แผนผังของอาคารชั้นที่ 3 และจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นไหวของอาคารคอนกรีตทั้งอาคาร

โดยชั้นที่ 3 ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการสั่นไหวจำนวน 2 เครื่องแสดงในรูปที่ 14 โดยแบ่งเป็น เครื่องที่ 2 ติดตั้งที่พื้นคอนกรีตในห้องพัก เครื่องที่ 4 ติดตั้งที่พื้นคอนกรีตบริเวณระเบียงด้านหน้าห้องพัก ให้อยู่ในแนวทแยงมุมกัน



รูปที่ 15 แผนผังของอาคารชั้นที่ 2 และจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นไหวของอาคารคอนกรีตทั้งอาคาร

โดยชั้นที่ 2 ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการสั่นไหวจำนวน 2 เครื่องแสดงในรูปที่ 15 โดยแบ่งเป็น เครื่องที่ 3 ติดตั้งที่พื้นคอนกรีตในห้องพัก เครื่องที่ 1 ติดตั้งที่พื้นคอนกรีตบริเวณระเบียงด้านหน้าห้องพัก ให้ทำมุมในทแยงกันคำนวณค่าความถี่ธรรมชาติได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดความถี่ธรรมชาติที่ตรวจวัดของอาคารตัวอย่างที่พักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้(ด้านล่างเป็นโครงสร้าง)

	ตำแหน่งที่1		ตำแหน่งที่2	
	x	y	x	y
	พื้นคอนกรีตชั้น2		พื้นคอนกรีตชั้น3	
FFT	3.345	3.247	3.349	3.247
RMS	3.142	3.284	3.117	3.280
	ตำแหน่งที่3		ตำแหน่งที่4	
	x	y	x	y
	พื้นคอนกรีตชั้น2		พื้นคอนกรีตชั้น3	
FFT	3.394	3.247	3.394	3.223
RMS	3.443	3.288	3.426	3.247

จากตารางที่ 3 ในชั้นที่ 2 มีการติดตั้งเครื่องวัดการสั่นไหว ในตำแหน่งที่ 1 และ 3 โดยตำแหน่งที่ 1 ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.1 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน x และ 3.3 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน y ในตำแหน่งที่ 3 มีค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.4 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน x และ 3.3 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน y และในชั้นที่ 3 มีการติดตั้งเครื่องวัดการสั่นไหว ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 โดยตำแหน่งที่ 2 ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.1 เฮิร์ตซ์ ใน

แนวแกน x และ 3.3 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน y ในตำแหน่งที่ 4 ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 3.4 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน x และ 3.3 เฮิร์ตซ์ ในแนวแกน y

3.3 ตัวอย่างอาคารที่พักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้ (ด้านล่างเป็นโครงสร้าง)

จากตัวอย่างที่ 3.1 อาคารที่เป็นอาคารปูนผสมไม้ส่วนใหญ่มีค่าความถี่ธรรมชาติ อยู่ในช่วง ประมาณ 3 – 5 เฮิร์ตซ์ แต่มีในกรณีที่อาคารคอนกรีตผสมไม้แบบพิเศษคือ มีการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตตลอดแนวเสาด้านล่างทั้งหมดส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงกว่าปกติเท่ากับ 9 เฮิร์ตซ์ เนื่องจากโครงสร้างด้านล่างเป็นโครงสร้างแข็ง



รูปที่ 16 ตัวอย่างอาคารที่พักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้(ด้านล่างเป็นโครงสร้าง)



รูปที่ 17 แผนผังของอาคารและจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นไหวของอาคารที่พักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้(ด้านล่างเป็นโครงสร้าง)

โดยติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดการสั่นไหวจำนวน 2 เครื่อง ในชั้นที่ 2 บริเวณ ห้องนอน 2 ห้องบนพื้นเป็นไม้ ดังรูปที่ 17 โดยทำมุมทแยงกันคำนวณค่าความถี่ธรรมชาติได้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดความถี่ธรรมชาติที่ตรวจวัดของอาคารตัวอย่างที่หักอาศัยแบบคอนกรีต 3 ชั้น

	ตำแหน่งที่1		ตำแหน่งที่2	
	x	y	x	y
	พื้นไม้		พื้นไม้	
FFT	9.863	9.375	9.766	9.253
RMS	9.709	9.245	9.581	9.082

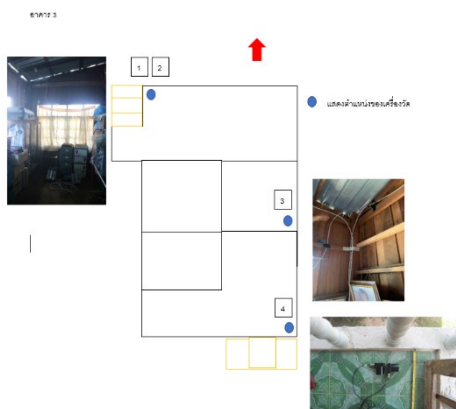
จากตารางที่ 4 พบว่าค่าความถี่ธรรมชาติที่ตรวจวัดได้ ในตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 9.7 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 9.6 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y และในตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 9.6 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 9.1 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y ซึ่งสังเกตได้ว่าค่าคาบธรรมชาติมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับอาคารคอนกรีตผสมไม้แบบปกติ เนื่องจากโครงสร้างด้านล่างมีพื้นที่คอนกรีตเป็นโครงสร้างแข็งทำให้ค่าความถี่ธรรมชาติสูงขึ้น

3.4 ตัวอย่างอาคารที่ไม่สามารถหาค่าความถี่ที่ชัดเจนได้

อาคารบางอาคารไม่สามารถหาข้อสรุปที่แน่นอนของเวลาที่อาคารได้เนื่องจากจุดที่ทำการติดตั้งเครื่องวัดการสั่นไหวพบค่าความถี่หลักที่แตกต่างกัน



รูปที่ 18 ตัวอย่างอาคารที่หักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้ที่ไม่สามารถหาค่าความถี่ที่ชัดเจนได้เนื่องจากมีหลายระดับ



รูปที่ 19 แผนผังของอาคารและจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นไหวที่ไม่สามารถหาค่าความถี่ที่ชัดเจนได้

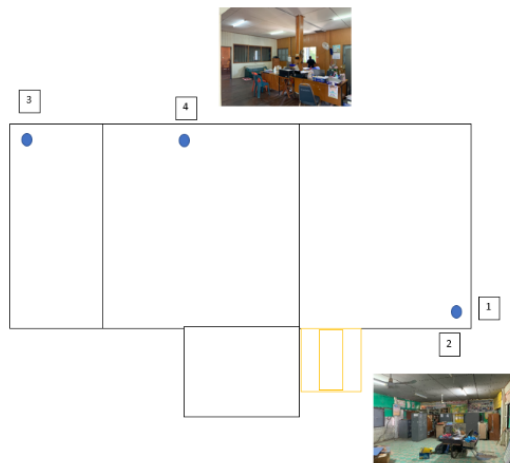
จากรูปที่ 18 และ 19 เป็นอาคาร 2 ชั้นแบบอาคารคอนกรีตผสมไม้ (ได้ฐานเปิด) แต่บริเวณด้านบนที่เป็นอาคารไม้มีความสูงจากพื้นแตกต่างกัน 3 ระดับและพื้นผิวแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความถี่ที่วัดได้มีการกระจายกระจาย โดยพบค่าความถี่ของเครื่องที่ 1 บริเวณพื้นไม้ และเครื่องที่ 2 บริเวณคานไม้ เท่ากับ 5.03 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 5.01 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y และตำแหน่งของเครื่องที่ 3 บริเวณคานไม้ เท่ากับ 6.45 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 6.65 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y และตำแหน่งของเครื่องที่ 3 บริเวณพื้นคอนกรีต เท่ากับ 2.88 เฮิรตซ์ในแนวแกน x และ 3.12 เฮิรตซ์ในแนวแกน y

อาคารบางอาคารไม่สามารถหาข้อสรุปที่แน่นอนของเวลาที่อาคารได้เนื่องจากอาคารหลักมีการต่อเติมเชื่อมไปยังอาคารด้านข้างด้วยกำแพงแข็งดังตัวอย่างที่วงกลมสีแดงไว้แสดงในรูปที่ 20



รูปที่ 20 ตัวอย่างอาคารที่หักอาศัยแบบคอนกรีตผสมไม้ที่ไม่สามารถหาค่าความถี่ที่ชัดเจนได้เนื่องจากมีส่วนของอาคารเสริม

รูปที่ 20
Floor 2



รูปที่ 21 แผนผังของอาคารและจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นไหวที่ไม่สามารถหาค่าความถี่ที่ชัดเจนได้เนื่องจากอาคารเสริม

จากรูปที่ 20 และ 21 เป็นอาคาร 2 ชั้นแบบอาคารคอนกรีตผสมไม้ (ด้านล่างเป็นโครงแข็ง) บริเวณชั้นล่างเป็นกำแพงคอนกรีตมีการต่อเติมเพิ่มไปเป็นอาคารอีกหลัง โดยพบค่าความถี่ของเครื่องที่ 1 บริเวณพื้นไม้ เท่ากับ 3.08 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 5.86 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y และเครื่องที่ 2 บริเวณคานไม้ เท่ากับ 3.08 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 4.76 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y และตำแหน่งของเครื่องที่ 3 บริเวณพื้นไม้ เท่ากับ 4.88 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x และ 8.67 เฮิรตซ์ ในแนวแกน y และตำแหน่งของเครื่องที่ 4 บริเวณคานเหล็ก เท่ากับ 4.88 เฮิรตซ์ ในแนวแกน x

4. สรุปผลการศึกษา

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารที่พักอาศัยขนาดเล็กในพื้นที่จังหวัดเชียงราย โดยการทดสอบการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อม (Ambient vibration test) แล้ววิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติโดยการแปลงฟูเรียร์ การศึกษาดำเนินการกับอาคารจำนวน 33 หลัง โดยจำแนกเป็น อาคารที่เป็นอาคารคอนกรีตจำนวน 15 อาคาร และอาคารที่เป็นอาคารคอนกรีตผสมกับอาคารไม้จำนวน 18 อาคาร และแบ่งเป็นอาคารชั้นเดียวจำนวน 4 หลัง อาคาร 2 ชั้น จำนวน 27 หลัง อาคาร 3 ชั้น จำนวน 2 หลัง ผลการศึกษาพบว่า ค่าความถี่ธรรมชาติหลักของอาคารส่วนใหญ่ มีค่าอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 Hz. อย่างไรก็ตาม พบความแปรปรวนของค่าความถี่ธรรมชาติในอาคารอื่น ๆ ค่อนข้างมาก โดยผลของบางอาคารพบว่าค่าความถี่ธรรมชาติหลักมีค่าอยู่ในช่วง 5 ถึง 10 Hz. ซึ่งแสดงถึงความหลากหลายของรูปแบบอาคารขนาดเล็กที่ศึกษา ที่มีความแตกต่างของรูปแบบโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ก่อสร้าง

นอกจากนี้พบอีกว่าในอาคารที่ใช้วัสดุคอนกรีตล้วน มีค่าความถี่ธรรมชาติที่ใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่งของการตรวจวัด ในทางตรงกันข้าม อาคารที่เป็นคอนกรีตผสมกับไม้ การตรวจวัดในส่วนโครงสร้างที่ใช้วัสดุเดียวกันได้ผลค่าความถี่ธรรมชาติที่ใกล้เคียงกัน แต่ในส่วนโครงสร้างที่ใช้วัสดุต่างกันได้ผลค่าความถี่ธรรมชาติที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาได้แสดงถึงคุณลักษณะของอาคารขนาดเล็กเหล่านี้ที่ค่าความถี่ธรรมชาติมีความไวต่อพารามิเตอร์ของโครงสร้างอย่างมาก และมีความจำเป็นที่ควรได้รับการศึกษาวิจัยในเชิงลึกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการ “การปรับปรุงข้อมูลคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร และการพัฒนาระบบตรวจสอบสมรรถนะของโครงสร้างแบบระยะยาว”

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมโยธาและผังเมือง (2561), *มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว* (มยผ.1301/1302-61)
- [2] นคร ภูวโรดม เป็นหนึ่ง วานิชชัย และ ชยานนท์ หรรษภิญโญ (2553), *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของ*

อาคารและคุณลักษณะบริเวณที่ตั้งของชั้นดินเพื่อการแบ่งเขตความรุนแรงของแผ่นดินไหวอย่างละเอียดในจังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

- [3] นคร ภูวโรดม (2561), *พลศาสตร์โครงสร้างพื้นฐานสำหรับการออกแบบต้านทานแรงลมและแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว*