

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้วิธีการตรวจวัดสภาพการสั่นไหวตามธรรมชาติของอาคาร (Ambient Vibration) ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการหาค่าคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร โดยเป็นการตรวจวัดการสั่นไหวของอาคารในระดับต่ำที่มีอยู่ตลอดเวลาในธรรมชาติซึ่งเกิดจากแรงกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆอาคารและภายในอาคาร เช่น แรงแลม แรงแส้สะเทือนของพื้นจากการจราจร เป็นต้น แรงภายนอกเหล่านี้เป็นแรงกระตุ้นขนาดเล็ก (Microtremor Excitation) จนผู้คนทั่วไปในอาคารไม่สามารถรู้สึกได้ แต่สามารถวัดได้ด้วยอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนที่มีความไวสูง ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารมีรายละเอียดดังนี้

Crawford and Ward (1964) เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ด้วยการตรวจวัดอาคารด้วยวิธี Ambient Vibration โดยการนำอุปกรณ์วัดคลื่นแผ่นดินไหว (Seismometer) ที่สามารถตรวจวัดความเร็วของการสั่นสะเทือนในระดับต่ำ (Velocity Transducer) มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีข้อสมมุติฐานในการวิเคราะห์ คือกำหนดให้แรงกระตุ้นเป็นแบบสุ่มและคงที่ ค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารสามารถประเมินได้จากขนาดสูงสุดของ Power Spectrum แต่การบันทึกสัญญาณและวิเคราะห์ผลยังคงทำในระบบอนาล็อกซึ่งมีความยุ่งยากและไม่สะดวกในทางปฏิบัติ

Trifunac (1970) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคาร โครงสร้างเหล็ก 39 ชั้น สูง 426 ฟุต มีการปรับปรุงระบบการบันทึกสัญญาณและวิเคราะห์ให้เป็นระบบดิจิทัล และแปลงสัญญาณจาก Time Domain ให้เป็น Frequency Domain โดยใช้เทคนิค Fast Fourier Transform (FFT) ซึ่งได้ผลตอบสนองของอาคารเป็นแบบ Fourier Amplitude Spectrum กับแกนความถี่ ซึ่งรูปสัญญาณ Spectrum มีค่าสูงสุดที่ทุกๆตำแหน่งที่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของอาคาร ทำให้สามารถหาค่าความถี่ธรรมชาติได้ และค่าอัตราส่วนความหน่วงสามารถคำนวณได้โดยวิธี Half - power Bandwidth ซึ่งสัมพันธ์กันระหว่าง Fourier Magnitude Spectrum และความถี่ที่ตรงกับความถี่ธรรมชาติที่รูปแบบนั้นๆ นอกจากนี้รูปร่างการสั่นไหว (Vibration Mode Shape) คำนวณจากสัดส่วนความสูงของค่าสูงสุดของ Fourier Spectrum ที่ได้จากการวัดการสั่นไหวของอาคารในทิศทางเดียวกันและหลายๆตำแหน่งพร้อมกันเรียกวินี้ว่า Fourier Spectral Ratio

Bouwkamp and others (1980) ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารโดยการตรวจวัดโดยตรงเปรียบเทียบกับวิเคราะห์แบบจำลอง Finite Element ในส่วนการตรวจวัดโดยตรงได้ทำการเปรียบเทียบ 2 วิธีระหว่าง Force Vibration และ Ambient Vibration จากการ

วิเคราะห์ผลค่าความถี่ธรรมชาติจากวิธี Force Vibration พบว่ามีค่าน้อยกว่าประมาณ 2 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ และค่าอัตราส่วนความหน่วงจากวิธี Force Vibration ให้ค่าที่มากกว่า แต่ในกรณีรูปร่างการสั่นไหวทั้งสองวิธีมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยที่การสร้างแบบจำลอง Finite Element ได้ทดลองสร้างแบบจำลองอาคาร 12 ชั้น แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบแรกกำหนดให้ฐานรากของอาคารเป็นแบบยึดแน่นไม่มีการเคลื่อนตัว (Rigid Foundation) ส่วนแบบที่สองได้จำลองแบบฐานรากให้มีความยืดหยุ่น (Flexibility Foundation) หลังจากคำนวณค่าคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารจากแบบจำลองทั้งสองแบบพบว่าแบบจำลองที่สองที่จำลองแบบฐานรากให้มีความยืดหยุ่นให้ผลที่สอดคล้องกับผลการตรวจวัดมากกว่า

Goel and Chopra (1997) ศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารที่มีเป็น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบ Moment-Resisting Frame (MRF) และอาคารที่มีผนังรับแรงเฉือน (Shear Wall, SW) อาคารทั้งหมดตรวจวัดขณะเกิดแผ่นดินไหว โดยมีความเร่งที่พื้นดินต่ำกว่า 0.15g และโครงสร้างยังอยู่ในช่วงพิกัดยืดหยุ่น (Elastic) จากข้อมูลนี้ได้ถูกสร้างสมการสำหรับการประมาณค่าคาบธรรมชาติพื้นฐาน สมการประมาณค่าคาบธรรมชาติสำหรับขอบเขตบนและขอบเขตล่าง ด้วยวิธี Regression และเปรียบเทียบกับมาตรฐาน UBC 1997 ซึ่งมีความแตกต่างกัน

Hong and Hwang (2000) ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารในกรุงเทพฯ ประเทศไต้หวัน โดยการตรวจวัดอาคารระหว่างเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด 21 อาคาร ซึ่งเป็นแผ่นดินไหวระดับต่ำถึงระดับกลาง ซึ่งอาคารยังอยู่ในช่วงพิกัดยืดหยุ่น และมีการพัฒนาสูตรประมาณค่าคาบธรรมชาติสำหรับข้อมูลที่ตรวจวัด และ Lue and others (2001) ได้ทำการตรวจวัดอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด 45 อาคาร ในกรุงเทพฯ ประเทศไต้หวัน โดยใช้วิธี Ambient Vibration และมีการพัฒนาสูตรประมาณค่าคาบเวลาการสั่นพื้นฐานทั้งในรูปแบบ Translation และ Torsional โดยสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของอาคาร เช่น ความสูง ความกว้าง และความยาวของอาคาร ซึ่งจากการวิจัยทั้งสองนี้ได้ให้สูตรประมาณค่าคาบธรรมชาติที่ใกล้เคียงกัน

Annatsan (2000) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของโครงสร้างแบบต่างๆ เช่น สะพานลอยคอนกรีตเสริมเหล็ก อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 33 ชั้น พื้นขนาดใหญ่ของโรงยิมเนเซียม โดยใช้เครื่องมือวัดความเร่งการสั่นสะเทือน (Accelerometer) ที่ระดับการสั่นไหวขนาดเล็ก สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 33 ชั้น ได้นำวิธีของ Trifunac มาตรวจวัดอาคารและทำการวิเคราะห์อาคารใน 2 มิติ โดยแยกกันระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวทิศเหนือ - ใต้ (N-S) และแนวทิศตะวันออก - ตก (E-W)

Leelawanee (2001) ได้ทำการปรับปรุงวิธีของ Trifunac ให้สามารถตรวจวัดรูปแบบการสั่นไหวของอาคารที่มีส่วนผสมของการไหวตัวด้านข้าง (Translation) และการบิดตัว (Torsion) ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยทำการศึกษาทั้งหมด 9 อาคารที่มีความสูงระหว่าง 100 - 150 เมตร

และให้ความถี่ที่ชัดเจนอยู่ระหว่าง 0.3 - 0.7 Hz แต่สำหรับรูปแบบการสั่นไหวที่สูงขึ้นการวิเคราะห์
 ไม่มีความชัดเจน จึงได้ทำการแก้ไขโดยนำกลุ่มคนมาเขย่าอาคารด้วยการใช้กลุ่มคนโยกตัวกระตุ้น
 พร้อมกันที่ตำแหน่งยอดอาคารตามเครื่องให้จังหวะ (Metronome) ซึ่งสามารถกำหนดให้มีจังหวะ
 ใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสั่นไหวของอาคารที่ต้องการ ด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้
 สามารถกระตุ้นระดับการสั่นไหวของอาคารในรูปแบบที่ต้องการมีความชัดเจนดีขึ้น เป็นผลให้การ
 วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ที่ตรวจวัดได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

Petcharoen (2000) ทำการศึกษาคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของอาคารขนาดเดียวและความสูง
 ปานกลางในเขตกรุงเทพมหานคร โดยอาคารที่ทำการตรวจวัดมีความสูงอยู่ระหว่าง 20 - 80 เมตร
 จำนวน 13 อาคาร โดยใช้เทคนิค Frequency Domain ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางพลศาสตร์
 นอกจากนี้ได้พัฒนาสูตรประมาณค่าคาบการสั่นไหวพื้นฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กใน
 กรุงเทพมหานครโดยใช้วิธี Regression analysis จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

ประยูทธ ยิ่งหาญ (2545) ทำการตรวจวัดอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในเขต
 กรุงเทพมหานครทั้งหมด 17 อาคาร ซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 15 - 80 เมตรโดยประมาณ การวิเคราะห์
 ความถี่ธรรมชาติจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธี Discrete Wavelet Analysis จากนั้นทำการพัฒนา
 สูตรประมาณค่าคาบการสั่นไหว ซึ่งพบว่ามีความยาวกว่าข้อกำหนดในการออกแบบของ
 ประเทศไทยที่อ้างอิงมาจากสูตรของ UBC1985 ประมาณ 1.5 เท่า