

บทที่ 5

สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารโดยวิธีการผลักแบบวัฏจักร (Cyclic Pushover Analysis) ซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมแรงกระทำให้ใกล้เคียงกับสภาพเหตุการณ์แผ่นดินไหวให้มากที่สุด ในการพัฒนาวิธีการนี้ ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่สูงสุด ซึ่งใช้ในการผลักอาคารแบบวัฏจักร พร้อมทั้งกำหนดรูปแบบการกระจายของแรงผลักลดลงความสูงอาคาร (Lateral force distribution) และรูปแบบประวัติการเคลื่อนที่ (Displacement History)

ในการศึกษาี้ เลือกอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 5 ชั้น ซึ่งเป็นอาคารที่พักอาศัยตามแบบมาตรฐานของการเคหะแห่งชาติมาเป็นกรณีศึกษา และมีการออกแบบรับน้ำหนักบรรทุกทุกปกติ โดยไม่ได้มีการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยทำการจำลองโครงสร้างและคำนวณด้วยโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง RUAUMOKO ผลตอบสนองของอาคารที่ได้จากการผลักอาคารแบบวัฏจักร ได้แก่ ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดบนยอดอาคาร ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น การเกิดข้อหมุนพลาสติกและระดับความเสียหาย และนำไปเปรียบเทียบกับ วิถีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้น (Nonlinear Dynamic Analysis) ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการที่น่าเชื่อถือ ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวมีจำนวน 10 คู่ เป็นตัวแทนสำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย และเปรียบเทียบกับวิธีการผลักแบบรวมโหมด (Modal Pushover Analysis) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ผลตอบสนองของโครงสร้างด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร สรุปได้ ดังนี้

ก) ค่าการเคลื่อนที่ทางด้านข้างสูงสุดบนยอดอาคาร (Peak Roof Displacement) ผลการคำนวณโดยวิธีการผลักแบบวัฏจักรประเมินค่าการเคลื่อนที่ทางด้านข้างสูงสุดบนยอด

อาคาร ได้ใกล้เคียงกับวิธีที่ถูกต้องโดยมีค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของความแตกต่างจากวิธีที่ถูกต้องเท่ากับ 18.75% ซึ่งประเมินได้ดีกว่าวิธีการผลักแบบรวมโหมด ในขณะที่ค่าที่คำนวณโดยวิธีการผลักแบบรวมโหมดให้ผลที่แตกต่างจากวิธีที่ถูกต้องเท่ากับ 24.51% ค่าความแตกต่างเพิ่มมากขึ้นเมื่อพิจารณารวมโหมดที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าการเคลื่อนที่สูงสุดที่คำนวณด้วยวิธีการผลักแบบรวมโหมดให้ผลที่สูงกว่าค่าที่ถูกต้อง เป็นจำนวนมาก เมื่อรวมผลจากโหมดที่สูงขึ้น ทำให้มีค่าเพิ่มมากขึ้นเกินจากค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้นไปอีก ผลการวิเคราะห์เหล่านี้ แสดงว่า ในกรณีที่ได้สูงกว่าค่าที่ถูกต้อง ค่าที่คำนวณด้วยวิธีการผลักแบบรวมโหมดให้ผลที่มากเกินไป (Over-estimate) ในขณะที่ผลการคำนวณโดยวิธีการผลักแบบวัฏจักรให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องมากกว่า เนื่องจากโครงสร้างมีค่าสติเฟนส์ที่ลดลงเนื่องจาก การเสื่อมถอยภายใต้แรงกระทำแบบวัฏจักร ทำให้ความสามารถในการต้านทานการเคลื่อนที่ลดลง ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว เป็นผลทำให้ ค่าการเคลื่อนที่เข้าใกล้กับค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ข) ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร (Peak Floor Displacement) ผลการคำนวณโดยวิธีการผลักแบบวัฏจักรให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีที่ถูกต้องมากกว่าวิธีการผลักแบบรวมโหมด โดยให้ค่าความแตกต่างเพียง 5.5% เมื่อเทียบกับค่าความแตกต่างจากการผลักแบบโหมดที่ 1 = 12.41% แบบรวม 2 โหมด = 7.14% แบบรวม 3 โหมด = 5.64%

สาเหตุที่ การผลักแบบวัฏจักรนี้สำหรับโครงสร้างนี้ให้ผลการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับวิธีที่ถูกต้องมากกว่า ประการแรก เป็นเหตุผลจากข้างต้น สืบเนื่องจากโครงสร้างมีพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว เป็นผลทำให้ ค่าการเคลื่อนที่เข้าใกล้กับค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ประการที่สอง เนื่องจาก การผลักแบบวัฏจักรให้ผลค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่มากกว่าการผลักแบบรวมโหมด อันเป็นผลมาจากค่าสติเฟนส์ที่ลดลงตามรอบการผลักที่มากขึ้นจากการเสื่อมถอยกำลังต้านทานของโครงสร้างคอนกรีต และการผลักแบบรวมโหมดสำหรับโครงสร้างนี้ให้ค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าค่าที่ถูกต้อง เป็นผลทำให้ ค่าการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นและเข้าใกล้กับค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

ค) ค่าอัตราส่วนระยะการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Inter-storey Drift Ratio) การผลักแบบวัฏจักรประเมินค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคารได้แตกต่างจากวิธีที่

ถูกต้อง 15.58% ในขณะที่การผลักแบบรวมโหมด ให้ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคารได้ใกล้เคียงกว่าวิธีที่ถูกต้อง (การผลักแบบ 1 โหมด = 14.15% การผลักแบบ 2 โหมด = 13.98% การผลักแบบ 3 โหมด = 13.55%) ทั้งนี้เนื่องมาจาก การผลักแบบวิภูจักรใช้รูปแบบการเคลื่อนที่เพียงโหมดเดียวในการประเมินค่าการเคลื่อนที่ ในขณะที่การผลักแบบรวมโหมดใช้ผลการเคลื่อนที่จากรูปแบบ 3 โหมดมารวมกัน จึงให้ผลได้ใกล้เคียงกว่า

ง) การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหาย (Plastic Hinge Formation and Damage Index) ผลการศึกษาสำหรับคลื่นแผ่นดินไหวที่ให้ผลรุนแรงที่สุด พบว่า ตำแหน่งการเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายสำหรับการผลักแบบวิภูจักรน้อยกว่าผลจากวิธีที่ถูกต้อง

แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการผลักแบบรวมโหมด 3 โหมด โดยผลักไปให้เท่ากับค่าที่คำนวณได้สำหรับการผลักแบบรวมโหมด สำหรับคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ค่า Scale Factor เท่ากัน พบว่า เกิดข้อหมุนพลาสติคน้อยกว่าทั้งวิธีการผลักแบบวิภูจักรและวิธีที่ถูกต้องมาก

แสดงว่า การผลักอาคารแบบวิภูจักรสามารถทำนายการเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายได้ดีกว่าการผลักแบบรวมโหมด

5.3 อภิปรายผล

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลักอาคาร (Pushover Analysis) เป็นการจำลองแรงกระทำในการศึกษาพฤติกรรมโครงสร้างอาคาร จึงควรพิจารณาการใช้รูปแบบของแรงกระทำสำหรับการผลักอาคารให้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว ผลการวิเคราะห์พบว่า วิธี Cyclic Pushover ให้ผลการตอบสนองของโครงสร้าง ได้แก่ ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดบนยอดอาคาร ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร การเกิดข้อหมุนพลาสติกและระดับความเสียหาย ที่ใกล้เคียงกับวิธีที่ถูกต้องมากกว่า วิธีการผลักแบบรวมโหมด Modal Pushover

ผลการศึกษา ยังพบว่า ความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหวมีผลกระทบของต่อค่าการเคลื่อนที่บนยอดอาคาร โดยการพิจารณาปรับค่าตัวคูณปรับความรุนแรง Scale Factor ระหว่าง 0.5, 1.0, 1.25, 1.50, 1.75, 2.0 สำหรับคลื่นแผ่นดินไหวรุนแรงที่สุด 1 คลื่น ผลการคำนวณด้วยวิธีการผลักแบบวิภูจักรให้ค่าที่มากกว่าวิธีที่ถูกต้องเมื่อค่า Scale Factors น้อยกว่า 1.0

แต่เมื่อค่า Scale Factors มากกว่า 1.0 ขึ้นไป ผลการคำนวณด้วยวิธีการผลักแบบวิภูจักรให้ค่าที่น้อยกว่าวิธีที่ถูกต้อง และผลการคำนวณจากวิธีการผลักแบบวิภูจักรให้ค่าที่ใกล้เคียงกับวิธีที่ถูกต้องเมื่อค่า Scale Factor ประมาณ 0.95

ผลการคำนวณแสดงว่า วิธีการผลักแบบวัฏจักรให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องมากกว่าวิธีการผลักแบบรวมไหมด เมื่อระดับความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหวมากขึ้น โดยมีความแตกต่างจากวิธีที่ถูกต้องประมาณ 15% ในขณะที่วิธีการผลักแบบรวมไหมดให้ค่าความแตกต่างมากกว่าจากวิธีที่ถูกต้องประมาณ 45%

5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

ปัจจุบันนี้ อาคารที่ได้มีการออกแบบและก่อสร้างแล้วเป็นจำนวนมาก มิได้มีการออกแบบให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงค่าความปลอดภัยจากแผ่นดินไหวของอาคารเหล่านี้ในหลายรูปแบบ คือ โครงสร้างแบบกำแพงรับแรงเฉือน โครงสร้างผสมโครงข้อแข็ง-กำแพง เป็นต้น ซึ่งควรมีการนำวิธีการตรวจสอบสมรรถนะของอาคารโดยใช้ Demand-Capacity Diagrams โดยหลักการของความเสียหายคงที่มาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ เพื่อเป็นการควบคุมความปลอดภัยของโครงสร้าง

นอกจากนี้ในการศึกษาพฤติกรรมต้านทานแผ่นดินไหวของอาคาร ควรมีการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุด ได้แก่ การจำลองโครงสร้างแบบ 3 มิติ การจำลองพฤติกรรมการรับแรงแบบวัฏจักรแบบต่างๆ การพิจารณาผลกระทบของแผ่นผนังกำแพงในโครงสร้าง

สำหรับคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์ก็มีส่วนสำคัญ ควรมีการคัดเลือกและวิเคราะห์หาคคลื่นแผ่นดินไหวที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ภาคเหนือ และกรุงเทพมหานครทั้งปริมณฑล ซึ่งควรมีการทำวิจัยขยายผลต่อไป อันจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบและหาแนวทางป้องกันภัยพิบัติที่อาจเกิดจากแรงแผ่นดินไหวในอนาคต