บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา นักวิจัยได้พยายามพัฒนาวิธีการประเมินค่าการเคลื่อนที่ในช่วงอินอิลาสติกของโครงสร้างอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหว โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แรงกระทำแบบสถิตสำหรับพฤติกรรมไม่เชิงเส้น (Nonlinear Static Analysis) ซึ่งใช้การผลักอาคาร (Pushover Analysis) เป็นพื้นฐานการประเมิน เนื่องจากวิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายกว่าวิธีการวิเคราะห์พลศาสตร์ไม่เชิงเส้น (Nonlinear Dynamic Procedure) ซึ่งเป็นวิธีการที่ละเอียดซับซ้อน ขั้นตอนวิธีการผลักอาคาร (Pushover Analysis) นี้ ได้มีการเสนอแนะในข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ได้แก่ เอกสาร ATC-40, ASCE41-06 และ EC-8 เป็นต้น ขั้นตอนเหล่านี้ มีสมมุติฐานว่าผลตอบสนองในช่วงอินอิลาสติกของโครงสร้าง อาจแทนได้ด้วยผลตอบสนองของระบบการเคลื่อนที่ระดับความอิสระเพียงหนึ่ง (Single-Degree-Of-Freedom, SDOF) จากการใช้แรงกระทำกระจายทางด้านข้างตลอดความสูงของอาคารและค่อยๆเพิ่มแรงกระทำผลักอาคารให้เคลื่อนที่ไปทางด้านข้างจนกระทั่งโครงสร้างวิบัติ รูปแบบของการกระจายแรงกระทำนี้มีทั้งแรงกระทำแบบโหมดเดียว (single-mode) และแรงกระทำแบบหลายโหมด(multi-modes) สำหรับแรงกระทำแบบโหมดเดียวประกอบด้วย แรงกระทำด้านข้างเป็นจุด แรงกระจายสม่ำเสมอ แรงกระจายสามเหลี่ยม แรงกระจายตามข้อกำหนดการออกแบบ แรงกระจายตามโหมดการสั่นพื้นฐาน และแรงกระจายแบบรวมโหมดด้วย SRSS

แม้ว่าวิธีการผลักอาคารนี้จะเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ก็ยังมีข้อจำกัดหลายอย่าง ได้แก่ พฤติกรรมของค่าสติฟเนสจะลดลงเมื่อโครงสร้างถูกผลักไปในช่วงอินอิลาสติก จึงได้มีการปรับปรุงวิธีการนี้ ใหม่เรียกว่า Adaptive Pushover โดย Antoniou and Pinho (2004) และ Papanikolaou และคณะ(2006) เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนค่าสติฟเนส ของโครงสร้าง ซึ่งมีการปรับการกระจายแรงกระทำด้านข้างตามพฤติกรรมไม่เชิงเส้นที่เปลี่ยนไปในแต่ละขั้นตอนของการวิเคราะห์ แม้ว่า วิธีการนี้จะให้ผลการประเมินค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างที่ดี อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ค่อนข้างซับซ้อน และไม่ได้มีการพิจารณาผลกระทบของการสั่นในโหมดที่สูงขึ้นไป สำหรับการผลักอาคารแบบหลายโหมด ได้มีการเสนอวิธีการผลักแบบรวมโหมด (Modal Pushover Analysis) โดย Chopra and Goel (2002, 2004, 2005) เพื่อรวมผลกระทบของโหมดที่สูงขึ้นไป วิธีการนี้ใช้แรงกระทำกระจายตามแต่ละโหมดเพื่อผลักอาคารสำหรับแต่ละโหมด ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการรวมผลในแต่ละโหมดด้วยวิธี SRSS ซึ่งมีสมมติฐานพฤติกรรมแบบอิลาสติก แม้ว่าวิธีการนี้เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย

อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดอีกบางประการ (Chopra and Goel, 2005) เกี่ยวกับกราฟการผลักที่มีลักษณะกลับทิศภายใต้แรงกระทำในโหมดที่สูงขึ้นไป นอกจากนี้ ตำแหน่งของข้อหมุนพลาสติกยังไม่อาจทำนายได้อย่างถูกต้อง นักวิจัยต่อมาจึงได้เสนอวิธีการผลักบนพื้นฐานของพลังงาน (Energy based Pushover Analysis) ได้แก่ Hernadez-Montes และคณะ (2004) โดยการใช้พลังงานที่คำนวณจากผลคูณของแรงผลักและค่าการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง ในการคำนวณค่าการเคลื่อนที่เป้าหมาย ในขั้นตอนการผลักนี้ พลังงานจากการผลักในแต่ละโหมด จะคำนวณในรูปแบบการเพิ่มขึ้นของพลังงาน และค่าการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละขั้นของโครงสร้างสามารถคำนวณจากการหารค่าพลังงานด้วยค่าแรงเฉือนที่ฐานอาคาร ดังนั้นกราฟความสามารถต้านทานแผ่นดินไหว (Capacity curve) จึงสร้างมาได้ในแต่ละโหมด ซึ่งเป็นการปรับปรุงการใช้รูปแบบการผลักในโหมดแรก และแก้ไขการผลักที่กลับทิศในโหมดสูงได้ นอกจากนี้ Manoukas และคณะ (2011) ยังได้เสนอวิธีการใช้พลังงานหน่วยการเคลื่อนที่ (Strain Energy) คำนวณจากผลคูณของแรงผลักและค่าการเคลื่อนที่ในแต่ละชั้นของอาคาร เพื่อนำไปหาค่าแรงเฉือน และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเคลื่อนที่บนยอดอาคารและแรงเฉือนที่ฐาน จากนั้นจึงนำไปประเมินค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของอาคารได้

เนื่องจากวิธีการที่กล่าวมานี้ มีหลักการใช้แรงกระทำในการผลักอาคารเพียงด้านเดียว จึงไม่อาจประเมินระดับความเสียหายของอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหวที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของแรงกระทำแบบไปกลับในเหตุการณ์จริงได้ ผลการศึกษาที่ผ่านมา โดย Panyakapo P. (2010) พบว่า กำลังต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 14 ชั้น ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร ให้ค่ากำลังลดลงเมื่อเทียบกับการผลักอาคารแบบปกติ เนื่องจากผลของความเสียหายสะสมในบริเวณข้อหมุนพลาสติกของคานและเสา อย่างไรก็ตาม ยังไม่ได้มีการประเมินค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้าง เพื่อใช้ในการผลักอาคารแบบวัฏจักร โดยเฉพาะสำหรับอาคารสูง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินค่าการเคลื่อนที่สูงสุดและระดับความเสียหายของอาคารสูงภายใต้แรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว

1.3 คำถามการวิจัย

ก. การประเมินค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหวจะมีวิธีการอย่างไร

ข.การประเมินระดับความเสียหายของโครงสร้างภายใต้แรงกระทำจากแผ่นดินไหวจะใช้วิธีการอย่างไร

ค. วิธีการผลักอาคารแบบวัฏจักร จะตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ได้อย่างไร

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

ก. การประเมินค่าการเคลื่อนที่สูงสุด อาจคำนวณจาก ผลตอบสนองไม่เชิงเส้นของกราฟ Capacity curve สำหรับผลตอบสนองของระบบการเคลื่อนที่ระดับความอิสระเพียงหนึ่ง (Single-Degree-Of-Freedom, SDOF) ซึ่งสร้างด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร

ข. การประเมินความเสียหายจากแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาจจะใช้วิธีการผลักอาคารแบบวัฏจักร โดยผลักไปที่ระดับค่าการเคลื่อนที่สูงสุด เพื่อพิจารณาผลของความเสียหายสะสมภายใต้แรงกระทำแบบไปกลับ ความเสียหายเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวของอาคารอาจแบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับชั้นอาคารวัดด้วยค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น และระดับองค์อาคารวัดด้วยค่าการหมุนตัวของข้อหมุนพลาสติกสำหรับเสาและคาน ค่าดัชนีความเสียหายของเสาและคาน

ค. ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการผลักแบบวัฏจักรอาจนำไปเทียบความถูกต้องกับวิธีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นด้วยคลื่นแผ่นดินไหวจริง

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัย

ก. การคำนวณค่าระดับความเสียหายของโครงสร้าง สามารถคำนวณได้จากแบบจำลองความเสียหาย (Damage Model) ซึ่งมีผู้พัฒนาไว้หลายแบบด้วยกัน แต่ในการวิจัยนี้เลือกแบบจำลอง Park-Ang Damage Model เนื่องจาก แบบจำลองนี้ได้พัฒนาจากผลการทดลองของชิ้นส่วนทดสอบคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงสร้างเหล็กจำนวนมาก และได้มีการสอบเทียบกับความเสียหายของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหลายหลังที่ได้เกิดขึ้นจริง จากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ดังนั้นจึงมีผู้ยอมรับและนำไปใช้อย่างแพร่หลายโดยนักวิจัยที่มีชื่อเสียง ทั้งงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงสร้างเหล็ก การเลือก Park-Ang Damage Model จึงคาดว่าจะให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือได้

ข. ในการคำนวณค่าการเคลื่อนที่สูงสุด และค่าระดับความเสียหายของโครงสร้างอาคาร จะใช้อาคารสาธารณะซึ่งเป็นตัวแทนของอาคารจำนวนมาก มาทำการวิเคราะห์โดยวิธีการผลักแบบวัฏจักร (Cyclic Pushover Analysis) ทั้งนี้เพื่อจะจำลองลักษณะแรงกระทำให้ใกล้เคียงกันกับแรงแผ่นดินไหวให้มากที่สุด เพื่อนำมาสร้างแผนผังความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคาร

1.6 ขอบเขตของการวิจัย

ก.อาคารที่วิเคราะห์เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความสูง 9 ชั้น เป็นอาคารที่พักอาศัย ซึ่งมีความสำคัญต่อสาธารณะ โดยไม่ได้มีการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว และตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยบริเวณที่ 2 ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2550

ข.วิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่สูงสุดบนยอดอาคารเพื่อใช้สำหรับวิธีการผลักแบบวัฏจักร คำนวณหาค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นอาคาร การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหาย

ค.เปรียบเทียบผลการคำนวณกับวิธีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้นด้วยคลื่นแผ่นดินไหวจำนวน 10 คู่ ซึ่งสอดคล้องกันกับกราฟการออกแบบสำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ตามมาตรฐาน มยผ.1302-52 และเปรียบเทียบกับวิธีการผลักแบบรวมโหมด

ง. ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี

1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารนี้จะจำกัดเฉพาะโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเท่านั้น เนื่องจากเป็นประเภทโครงสร้างที่มีจำนวนมาก สำหรับอาคารที่เป็นโครงสร้างเหล็กในประเทศไทยมีจำนวนน้อยกว่ามาก

1.8 นิยามศัพท์

เขตพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

พื้นที่ซึ่งกำหนดในแผนที่ของประเทศ โดยจัดแบ่งตามระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวด้วยค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินเทียบกับค่าอัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงโลก

พฤติกรรมการรับแรงแบบวัฏจักร

พฤติกรรมของโครงสร้างเมื่อถูกกระทำจากแรงแผ่นดินไหวโดยแสดงในรูปความสัมพันธ์ของแรงและการโก่งตัว โดยพิจารณาพฤติกรรมของโครงสร้างเมื่อรับแรงเกินจุดยืดหยุ่น

ระดับความเสียหาย

ค่าความเสียหายขององค์อาคารต่างๆของโครงสร้างอาคาร เนื่องจากแรงกระทำของแผ่นดินไหวแบบวัฏจักร ที่คำนวณได้ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

วิธีการผลักแบบวัฏจักร

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคาร โดยใช้แรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารค่อยๆผลักอาคารให้เคลื่อนตัวไปจนถึงค่าการเคลื่อนตัวเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีค่าการเคลื่อนที่แบบไปกลับ ตามรูปแบบที่กำหนด

วิธีการผลักแบบรวมโหมด

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคาร โดยใช้แรงกระทำทางด้านข้างสอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนที่ในแต่ละโหมด และมีการรวมผลตอบสนองของแต่ละโหมดเข้าด้วยกัน

วิธีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้น

วิธีการวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหว โดยใช้คลื่นแผ่นดินไหวกระทำที่ฐานอาคาร และพิจารณาพฤติกรรมการรับแรงของโครงสร้างในช่วงที่เลยจุดครากไปสู่ช่วงไม่ยืดหยุ่น

วิธีการผลักบนพื้นฐานของพลังงาน

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคาร โดยการใช้พลังงานที่คำนวณจากผลคูณของแรงผลักและค่าการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของอาคาร