

การประเมินความมั่นคงแข็งแรงของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร Structural Safety Evaluation of Slender Buildings in Bangkok

นายภาสกร กมลอำนวย นายภูริช ฉั่วสุวรรณ นายศุภณัฐ หวัง และ รศ.ดร.ทศพล ปิ่นแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความตระหนักในสังคมถึงความปลอดภัยต่อการอยู่อาศัยในอาคารพักอาศัยที่มีความสูงในกรุงเทพมหานครซึ่งมีความเสี่ยงในเรื่องความมั่นคงแข็งแรงภายใต้แรงลมและแผ่นดินไหว เนื่องจากปัจจุบันที่อยู่อาศัยประเภทอาคารชุดมีแนวโน้มความต้องการมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต อนึ่ง การแข่งขันทางเศรษฐกิจก็เพิ่มมากขึ้นด้วย เพื่อให้สามารถแข่งขันทางเศรษฐกิจกับผู้ออกแบบอื่นได้ จึงอาจมีวิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้างบางส่วนเลือกที่จะออกแบบโครงสร้างให้มีความปลอดภัยต่ำกว่าที่กฎหมายควบคุมการออกแบบและก่อสร้างอาคารสูงได้กำหนดไว้

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัย โครงการนี้จึงกำเนิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ผลการศึกษาเป็นประโยชน์ในวงกว้างต่อผู้ใช้สอยอาคารและวิศวกรผู้ออกแบบ

โดยภาพรวมขั้นตอนการดำเนินงานเป็นการรวบรวมแปลนโครงสร้างอาคารชุดที่ได้ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วในกรุงเทพมหานคร นำมาขึ้นโมเดลผ่านโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง ETABs ใส่แรงในแนวดิ่งและใส่แรงด้านข้างจากผลของลมและแผ่นดินไหว โดยคำนวณแรงลมตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยพ.1311-50 คำนวณแรงแผ่นดินไหวจากกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร ในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ.๒๕๕๐ ตรวจสอบผลที่ได้กับกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพร.ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

โดยได้ข้อสรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างว่าอาคารชุดทั้ง 3 หลัง มีค่า D/C ratio ของเสาและผนังรับแรงเฉือน ,ความสามารถรับแรงเฉือนของผนังรับแรงเฉือน และ Story Drift ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

คำสำคัญ : อาคารชุด , D/C ratio , ความสามารถต้านทานแรงเฉือน , Story Drift

Abstract

This project aimed to raise public awareness about the safety of living in slender residential buildings in Bangkok, which are often at risk for stability under strong winds and earthquakes. Condominiums now tend to have more demand than the past. Besides, the economic competition has also increased. To be able to compete economically with other designers Therefore, some structural design engineers may choose to design structures that are less secure than the laws governing the design and construction of tall buildings.

To maximize the safety of life and property of the residents. This project was created with the primary objective of providing a wide-ranging study result for building users and design engineers.

In general, the process is to compile the floor plan of the completed building in Bangkok. The model was analyzed using ETABs structural analysis program to put vertical force and lateral force from wind and earthquake.

By calculating wind force following the standard of wind force calculation and the response of the building (มยพ. 1311-50), calculating earthquake force from the Ministerial Regulations. Schedule of loads, resistance, durability of buildings In the earthquake resistance of 2550 B.E., check the results with Ministerial Regulations No. 6 (2527 B.E.) issued under the Building Control Act 2522 B.E..

By concluding the structural analysis results that all 3 buildings have a D/C ratio of the columns and shear walls, The shear strength of the shear wall and the Story Drift did not meet the inspection criteria.

keywords: Slender building, D/C ratio, Shear resistance, Story drift

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารสูงเริ่มเข้ามามีบทบาทกับประเทศไทย โดยเฉพาะในบริเวณจังหวัดกรุงเทพมหานคร เนื่องจากพื้นที่ที่มีจำกัด และปริมาณคนที่อยู่อาศัยมีจำนวนมาก นอกจากนั้นวิถีชีวิตของคนในปัจจุบันมีความเปลี่ยนแปลงไป การใช้ชีวิตและการเดินทางที่เร่งรีบ ทำให้ไม่มีเวลาในการทำความสะดวกสบายหลังใหญ่ หรือ เสียเวลาไปกับการเดินทาง ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการตอบสนองความต้องการด้านที่พักอาศัย สถานที่ทำงานและสถานที่สาธารณะต่างๆ โดยสร้างอาคารที่มีจำนวนชั้นมากขึ้น เช่น อาคารชุด อพาร์ทเมนท์ อาคารสำนักงาน ซึ่งในกรุงเทพมหานคร เราสามารถพบเห็นอาคารสูงที่ใช้งานอยู่ และที่กำลังก่อสร้าง เป็นจำนวนมาก

การออกแบบและก่อสร้างอาคารสูงเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้งานจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งในประเทศไทยได้มีการออกพ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 กฎกระทรวงต่างๆ เพื่อเป็นมาตรฐานในการออกแบบและก่อสร้างอาคารสูงให้สะดวกและปลอดภัยกับการใช้งาน แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีการแข่งขันทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรง ทำให้ผู้รับเหมาจำเป็นต้องลดต้นทุนในการออกแบบหรือก่อสร้าง เพื่อให้สามารถประมูลได้งานที่ต้องการและมีเงินเหลือเลี้ยงบริษัทและพนักงาน การลดต้นทุนมีวิธีการหลากหลายวิธี เช่น การบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การขอเครดิตกับผู้ขายวัสดุหรือเครื่องจักร นอกจากนั้นยังอาจใช้อีกวิธีการหนึ่ง คือ เปลี่ยนแปลงแบบเพื่อลดวัสดุหรืออื่นๆ ในขณะที่ก่อสร้างทำให้แบบไม่ตรงกับที่ขออนุญาต

ดังนั้น เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความแข็งแรงปลอดภัยของอาคารสูง โดยเฉพาะอาคารที่มีความละเอียดสูง(อัตราส่วนความสูงต่อความลึกของอาคาร) มาก และโครงการของเราสนใจการวิเคราะห์โครงสร้างหลักของอาคารชุด เนื่องจากความปลอดภัยของอาคารจะกระทบกับผู้อยู่อาศัยจำนวนมาก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบโครงสร้างของอาคารสูง
2. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างของอาคารสูง โดยเฉพาะ เสา และ ผนังรับแรงเฉือน
3. ศึกษาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการขึ้นโมเดลและวิเคราะห์ความแข็งแรงอาคารชุด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาอาคารชุด ที่มีความละเอียดสูง (มากกว่า5) ที่อยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยสุ่มอาคารชุดที่ก่อสร้างและส่งมอบพื้นที่แล้ว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้การอ่านแบบ as-built drawing ของอาคารสูง
2. เรียนรู้การขึ้นโมเดลและวิเคราะห์โครงสร้างด้วยโปรแกรม ETABS โดยใช้แบบ as-built drawing
3. เข้าใจพฤติกรรมการรับแรงในแนวตั้งและแรงด้านข้างของอาคารสูง
4. เข้าใจการจัดวางตำแหน่งของผนังรับแรงเฉือนที่เหมาะสมเพื่อช่วยรับแรงต่างๆ

5. การตระหนักถึงความสำคัญในการก่อสร้างอาคาร เพื่อให้ถูกต้องตามกฎหมาย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ.2527

เป็นกฎหมายที่ใช้ควบคุมในการออกแบบอาคาร ซึ่งจะระบุข้อมูลต่างๆ เช่น น้ำหนักบรรทุกที่กำหนดสำหรับรูปแบบการใช้งานอาคารต่างๆ อัตราการลดน้ำหนักบรรทุกจรบนพื้นแต่ละชั้น ระยะหุ้มคอนกรีตในโครงสร้างต่างๆ ซึ่งการใช้กฎกระทรวงจะได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำก็ต่อเมื่ออาคารมีรูปทรงสม่ำเสมอ โดยอาคารชุดที่พิจารณาอาจมีความไม่สม่ำเสมอในบางชั้น แต่ผู้วิจัยเลือกใช้กฎกระทรวงในการพิจารณา เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างอ้างอิงความถูกต้องกับกฎหมายของประเทศไทย

2.2 มยผ. 1311-50

คือมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร เป็นคำแนะนำที่ใช้อ้างอิงในการพิจารณาแรงลม ซึ่งในงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่า อาคารมีจุดศูนย์กลางมวล(Center of mass) และจุดศูนย์กลางความแข็งแรง(Center of rigidity) อยู่ใกล้กัน ดังนั้นอาคารจะบิดตัวได้น้อย

2.3 กฎกระทรวง พ.ศ.2550 กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

คือกฎหมายที่กำหนดวิธีการคำนวณแรงของแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร โดยผู้วิจัยใช้วิธี Equivalent Static ในการคำนวณหาแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร และควบคุมการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ด้านข้างของอาคาร

2.4 โปรแกรม ETABS Ver.2018

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการขึ้นโมเดลของอาคารและวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อออกแบบหรือตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร โดยผู้วิจัยใช้วิธีกำลัง (Ultimate Strength Design) ในการวิเคราะห์ และใช้ค่า D/C ratio และ Story Drift เป็นตัวแทนเพื่อป้องกันความปลอดภัยในด้านของกำลังและการใช้งานตามลำดับ

2.5 As-Built Drawing ของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร

เป็น As-built Drawing งานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมของอาคารชุดที่นิติบุคคลตกลงให้แบบเพื่อการศึกษาวิจัย โดยผู้วิจัยจะใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการขึ้นโมเดลและวิเคราะห์ความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารชุด

2.6 คุณสมบัติวัสดุ

คอนกรีตมีค่ากำลังอัดประลัย (f_c') ตามที่แบบกำหนด และมีค่า Elastic young modulus = $15210\sqrt{f_c'}$

เหล็กเสริมคอนกรีตตามประเภทที่แบบกำหนด โดยมีค่า Strength ตามตารางด้านล่าง

Mechanical Properties					
Class	Min. Yield Strength Mpa (kg/mm ²)	Min. Tensile Strength Mpa (kg/mm ²)	Minimum Elongation (%)	Cold Bending	
				Degree	Inside Diameter of Bend
SD 30	295 (30)	480 (49)	17	180	3 times bar diameter (max 16 mm)
					4 times bar diameter (over 16 mm)
SD 40	390 (40)	560 (57)	15	180	5 times bar diameter (All Size)
					5 times bar diameter (max 25 mm)
SD 50	490 (50)	620 (63)	13	90	6 times bar diameter (over 25 mm)
					6 times bar diameter (over 25 mm)

รูปที่ 1 กำลังจุดครากต่ำสุด และ กำลังรับแรงดึงต่ำสุดของเหล็กข้ออ้อย

Mechanical Properties					
Class	Min Yield Strength Mpa (kg/mm ²)	Min Tensile Strength Mpa (kg/mm ²)	Minimum Elongation (%)	Cold Bending	
				Degree	Inside Diameter of Bend
SR 24	235 (24)	385 (39)	21	180	3 Times bar diameter

รูปที่ 2 กำลังจุดครากต่ำสุด และ กำลังรับแรงดึงต่ำสุดของเหล็กกลม

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กำหนดขอบเขตงานวิจัย และ รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

ทำการสืบค้นหาตัวอย่างอาคารชุดที่มีแนวโน้มจะลุดในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล สํารวจข้อมูลเบื้องต้นของโครงการอาคารชุดนั้นๆ ได้แก่ ที่ตั้งโครงการ ความละเอียดเบื้องต้น ปีที่เปิดขายโครงการ

3.2 รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินการโครงการ

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่น่าสนใจประกอบตรวจสอบโครงการอาคาร เช่น กฎหมายและมาตรฐานการออกแบบอาคารสูง(กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 พ.ศ.2527 , มยพ.1311-50 , กฎกระทรวง พ.ศ.2550) และศึกษาการใช้งานโปรแกรม ETABS เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์โครงสร้าง ทำการส่งจดหมายไปยังโครงการอาคารชุดที่พิจารณาไว้เพื่อขอความอนุเคราะห์นำแปลนโครงสร้างอาคารมาวิเคราะห์

3.3 การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและวิจัยโครงการ

3.3.1 ตั้งค่ามาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ โดยเลือกใช้มาตรฐานการออกแบบคอนกรีต ACI318-14

3.3.2 กำหนดคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ โดยหลักแล้วจะเป็น คอนกรีต เหล็กเสริม ตามแต่ที่แปลนโครงสร้างได้กำหนดไว้ ซึ่งคุณสมบัติที่พิจารณาได้แก่ หน่วยน้ำหนักของวัสดุ กำลังอัดประลัยของคอนกรีต กำลังรับแรงดึงที่จุดครากของเหล็กเสริม กำลังรับแรงดึงประลัยของเหล็กเสริม (โดยพิจารณาจากมาตรฐาน มอก.24-2548) พร้อมทั้งตรวจสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus, E) ที่ได้จากโปรแกรม ETABS

3.3.3 กำหนดระยะห่างของ Gridline แต่ละเส้น, จำนวนชั้นและความสูงในแต่ละชั้นตามแบบแปลนโครงสร้างในแต่ละอาคาร

3.3.4 กำหนดขนาดหน้าตัด ได้แก่ เสา คาน ผนังรับแรงเฉือน ผนังอ้างอิงตามแบบแปลนโครงสร้างในแต่ละอาคาร

เนื่องจากต้องคำนึงถึงผลของการแตกร้าวของโครงสร้าง จึงต้องกำหนดค่าสตีเฟนสของอาคารที่มีผลจากการแตกร้าวของโครงสร้างด้วย

โดยใช้วิธีการกำหนดโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิภาพ (I_{eff}) และพื้นที่หน้าตัดประสิทธิภาพ (A_{eff}) ที่มีกำหนดในมาตรฐานของ ACI โดยจะกำหนดค่า I_{eff} , A_{eff} ในเสา, คาน, กำแพง และพื้นลงในข้อมูลหน้าตัดของโครงสร้างที่ใส่ลงในโปรแกรม ETABS เป็น

$$\text{คาน : } I_{eff} = 0.35 I_g$$

$$\text{เสา : } I_{eff} = 0.70 I_g$$

$$A_{eff} = 1.00 A_g$$

$$\text{กำแพงที่ไม่แตกร้าว : } I_{eff} = 0.70 I_g$$

$$\text{กำแพงที่มีการแตกร้าว : } I_{eff} = 0.35 I_g$$

$$\text{แผ่นพื้น ไร้คาน : } I_{eff} = 0.25 I_g$$

รูปที่ 3 โมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิภาพของโครงสร้างต่างๆ

3.3.5 สร้างโมเดลโครงสร้าง เสา ผนังรับแรงเฉือน คาน และพื้นตามลำดับโดยอ้างอิงตามแบบก่อสร้าง และ จัดกลุ่มผนังรับแรงเฉือนให้เป็นกลุ่มประเภท (Pier grouping)

3.3.6 กำหนด $SDL = 200$ กก./ตร.ม. หรือ ใช้ตามที่แบบกำหนด

3.3.7 กำหนดให้โปรแกรมใช้ Mass Source = DL+SDL ในการคำนวณมวลของอาคาร และคิดผลของ P-Delta Effect แบบ Non-iterative

3.3.8 run analysis เพื่อหาคาบของอาคาร จาก static mode (Single Curvature) พิจารณาเลือกใช้คานในโหมดการสั่นที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวแกน X และแกน Y (ไม่นำคานที่เป็นผลจากของการบิด และ ผลที่เกิดที่เป็นรูปแบบการสั่นแบบ Double Curvature มาคิด)

3.3.9 คำนวณหาแรงที่กระทำกับองค์อาคารต่างๆ แรงในแนวตั้งยึดตามมาตรฐานการออกแบบจากกฎกระทรวง ฉบับที่ 6/2527 (LL) หรือตามที่กำหนดไว้แบบแปลนโครงสร้าง แรงด้านข้าง ได้แก่ แรงลมที่ปะทะอาคารในทิศทางตามแกน x และ y ขององค์อาคารตาม มยพ.1311-50 (Wind load in x-axis and y- axis, (Wx, Wy)) และ แรงที่เกิดจากแผ่นดินไหวในทิศทางตามแกน x และ y ตามกฎกระทรวง พ.ศ.2550 (Earthquake load in x-axis, y-axis (Ex,Ey))

3.3.10 ใส่ข้อมูลแรงเพิ่มเติมในส่วนของน้ำหนักบรรทุกจร (Live load,LL) แรงจากลม และแรงจากแผ่นดินไหวลงในโปรแกรม ETABS และจัดทำ Load combination ตามมาตรฐานกฎกระทรวง ฉบับที่6/2527

3.3.11 ทำการวิเคราะห์ผลเพื่อหาค่าตอบสนอง (Response) ต่างๆ ของอาคารโดยรวม และ ค่าตอบสนองของแต่ละชั้นของอาคาร รวมถึงตรวจสอบผลที่ได้ว่ามีผลจากโมเมนต์บิดที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวในแต่ละชั้นนั้นมีค่ามากแบบมีนัยสำคัญหรือไม่ (A_x) อ้างอิงจากมาตรฐาน มยพ. 1301/1302-61 เนื่องจากในกฎกระทรวงมิได้ระบุการคำนวณผลที่เกิดจากการบิด (Torsion) ที่เกิดขึ้นในอาคาร ซึ่งในความเป็นจริงแล้วมีผล หากมากเกินไป ($A_x > 1$) ให้ A_x นำมาพิจารณาด้วย

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2\delta_{avg}} \right)^2$$

รูปที่ 4 สมการ A_x

3.3.12 สำหรับโครงสร้างผนังรับแรงเฉือนต้องนำข้อมูลบางส่วนได้แก่ แรงในแนวตั้งที่เกิดขึ้นในผนังรับแรงเฉือนแต่ละกลุ่ม แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในผนังรับแรงเฉือนแต่ละกลุ่ม โมเมนต์ที่เกิดขึ้นในผนังรับแรงเฉือนแต่ละกลุ่ม ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม ETABS นั้นมาวิเคราะห์ต่างหากในตารางการคำนวณ โดยใช้สมการแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในผนังรับแรงเฉือน เพื่อตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือนเพื่อนำไปเทียบกับแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นในกลุ่มผนังรับแรงเฉือนนั้นๆ

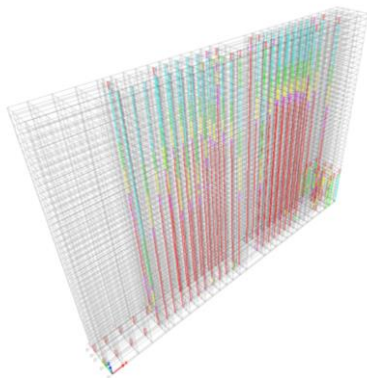
3.3.13 นำค่าที่ได้มาตรวจสอบและเปรียบเทียบกับค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ได้แก่ การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นของอาคาร (Story drift), แผนภาพ Demand- Capacity Ratio ของเสา (D-C Ratio) ซึ่งพิจารณาจาก Interaction diagram และผนังรับแรงเฉือน พิจารณาจากสมการแรงเฉือนของแรงที่เกิดขึ้นเทียบกับความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังรับแรงและ D-C Ratio จาก Interaction Diagram

3.4 ศึกษา รวบรวมผลการวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร และนำเสนอผลการวิเคราะห์

ทำการพิจารณา วิเคราะห์ว่าโครงสร้างอาคารชุดนั้นๆไม่ได้มาตรฐานการออกแบบ(underdesign) หรือออกแบบเผื่อไว้มากกว่าความเป็นจริง(Overdesign) มากน้อยเพียงใด อภิปรายถึงปัจจัยที่ส่งผลให้อาคารนั้นไม่ได้มาตรฐาน และแนวทางการพัฒนาการออกแบบอาคารชุดให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 อาคาร A

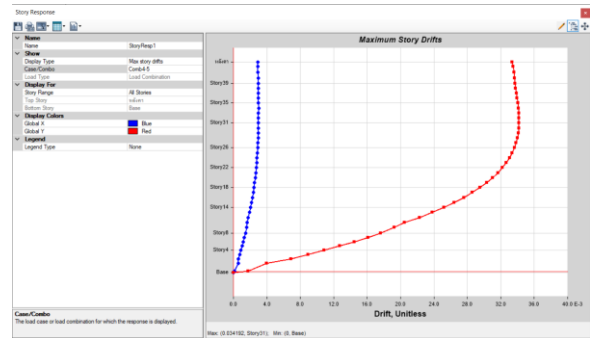


รูปที่ 5 ค่า D/C Ratio ของเสา อาคาร A

D/C Ratio ของผนังรับแรงเฉือนทุกกลุ่ม มีค่ามากกว่า 1 บริเวณตั้งแต่ชั้น 9 ลงไป โดยค่า D/C Ratio สูงสุดคือ 5.419

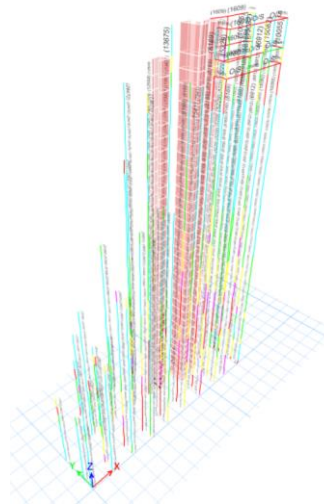
โดยภาพรวมแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบริเวณฐานของอาคาร A มีค่าเกินความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังรับแรงเฉือน ในทิศแกน y

(แกนอ่อน)



รูปที่ 6 ค่า Story Drift ในทิศ y มีค่าเกินกฎกระทรวงกำหนด

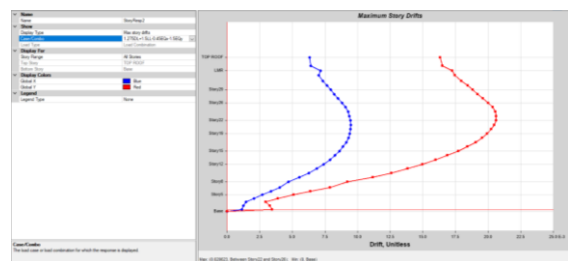
4.2 อาคาร B



รูปที่ 7 D/C Ratio ของเสา อาคาร B

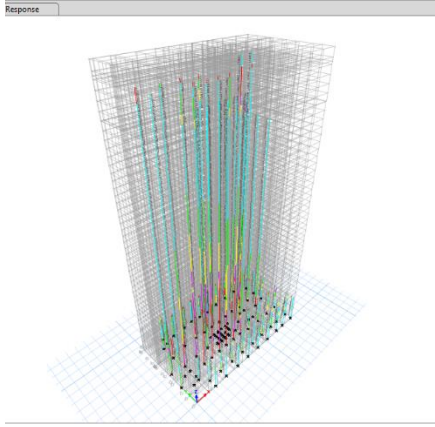
D/C Ratio ของผนังรับแรงเฉือนทุกกลุ่ม มีค่ามากกว่า 1 บริเวณตั้งแต่ชั้น 7 ลงไป โดยค่า D/C Ratio สูงสุดคือ 3.72

แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบริเวณฐานอาคาร B ใน P1 และ P3 มีค่าเกินความสามารถในการรับแรงเฉือน ทั้งสองทิศทาง



รูปที่ 8 Story Drift ในทิศ y มีค่าเกินกฎกระทรวงกำหนด

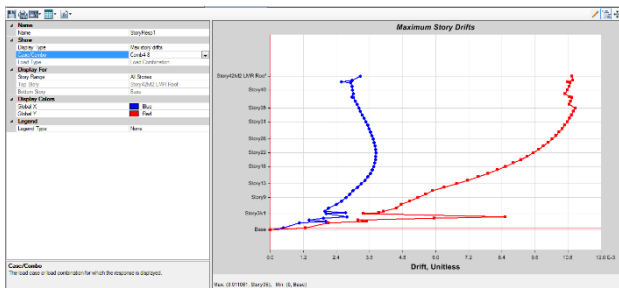
4.3 อาคาร C



รูปที่ 9 D/C Ratio ของเสา อาคาร C

D/C Ratio ของผนังรับแรงเฉือนกลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่ามากกว่า 1 ตั้งแต่ชั้น 5 ลงไป ส่วนผนังรับแรงเฉือนกลุ่มที่ 3 มีค่ามากกว่า 1 ที่ชั้น 1,6,7 และ 8 โดยค่า D/C Ratio สูงสุดคือ 2.397

แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบริเวณฐานอาคาร C ใน SW1 และ SW 2 มีค่าเกินความสามารถในการรับแรงเฉือน



รูปที่ 10 Story Drift ในทิศ y มีค่าเกินกฎกระทรวงกำหนด

5. สรุปผลงานวิจัย

5.1 สรุปผลจากข้อมูลการวิเคราะห์

5.1.1 เสา

- อาคาร A เสาค่อนข้างมากที่มีค่า D/C ratio ต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งเกิดจากแรง Combination 1.7DL+2.0LL เป็นส่วนใหญ่ โดยมีค่า D/C ratio สูงสุดในชั้น 1 เท่ากับ 1.883

- อาคาร B เสาส่วนใหญ่(มากกว่าร้อยละ 90) มีค่า D/C Ratio ที่ปลอดภัยเพียงพอ ส่วนในเสาที่ไม่ผ่านนั้น เกิดจาก Load Combination 1.7DL+2.0LL ในบริเวณส่วนล่างของอาคาร โดยมีค่า D/C ratio สูงสุดในชั้น 1 เท่ากับ 1.475 และมีเสาเพียงเล็กน้อยที่สามารถต้านทานแรงจาก Load Combination 0.75(1.7DL+2.0LL±2.0EL)

- อาคาร C เสาประมาณร้อยละ 90 มีผลการวิเคราะห์ D/C Ratio ที่ผ่านเกณฑ์ ส่วนในเสาที่ไม่ผ่านเกณฑ์พบว่าเกิดจาก Load combination 1.7DL+2.0LL ในบริเวณส่วนล่างของอาคาร โดยตรวจสอบพบว่าเสาหนึ่ง ในอาคารบริเวณชั้นหนึ่งและชั้น 2 ของอาคาร มีค่า D/C Ratio อยู่ในช่วง 5.0-6.7 ซึ่งเกิดจากค่าโมเมนต์ที่มากเกินกว่าขอบเขตใน PMM Diagram ใน Load combination 1.7DL+2.0LL และเสาที่ไม่ผ่านเกณฑ์อื่นๆไม่ผ่านเกณฑ์ใน Load Combination 1.7DL+2.0LL และ 0.75(1.7DL+2LL+2(0.3EL_x-1EL_y)) โดยมีค่า D/C Ratio อยู่ในช่วง 1.0-1.2

- การที่เสาชั้นบนสุดของอาคารไม่ผ่านเกณฑ์ อาจเกิดจากการออกแบบแรงแผ่นดินไหวด้วยกฎกระทรวง ซึ่งกำหนดให้มีการใส่แรง Ft เพิ่มที่ชั้นบนสุดของอาคาร ทำให้เกิดโมเมนต์ในเสามากขึ้น ส่งผลให้ D/C ratio มากกว่า 1

5.1.2 ผนังรับแรงเฉือน

- อาคาร A ผนังรับแรงเฉือน บริเวณด้านขวาและกลางอาคาร มีค่า D/C ratio ไม่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ประมาณชั้น 23 ลงไป (บริเวณชั้นกลางๆของอาคาร) ส่วนผนังรับแรงเฉือนด้านซ้ายมือ มีค่า D/C ratio ไม่ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ชั้น 9 ลงไป ซึ่งผนังรับแรงเฉือนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ส่วนใหญ่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวในทิศทางแกน y ซึ่งเป็นแกนอ่อนของอาคาร โดยผนังรับแรงเฉือนที่มีค่า D/C ratio ที่ชั้น 1 สูงสุดคือ SW4 มีค่าเท่ากับ 5.419

การตรวจสอบ Base shear ของผนังรับแรงเฉือนพบว่าส่วนใหญ่ผนังรับแรงเฉือนมีความสามารถในการรับแรงเฉือนในแกนแข็งได้ดีเพียงพอกับแรงเฉือนที่เกิดขึ้น แต่สำหรับแกนอ่อนพบว่าผนังรับแรงเฉือนทุกกลุ่มมีความสามารถในการรับแรงเฉือนน้อยกว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

- อาคาร B ผนังรับแรงเฉือนทั้งสามกลุ่ม ค่า D/C ratio ไม่ผ่านที่ชั้น 17, 15, 10 ลงไปตามลำดับ(อาคารมีจำนวน 35 ชั้น) โดยผนังรับแรงเฉือนส่วนมากไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้จากแรงแผ่นดินไหวที่คำนวณตามกฎกระทรวง (Load Combination : 0.9DL ± 1.3EL) ในทิศทางที่แรงแผ่นดินไหวหลักกระทำในแกนด้านลึกของอาคาร โดยกลุ่มผนังรับแรงเฉือนที่มีค่า D/C ratio ที่ชั้น 1 สูงสุดคือ P3 มีค่าเท่ากับ 3.72

การตรวจสอบ Base Shear ของผนังรับแรงเฉือนพบว่า มีเพียงแค่ 1 ใน 3 ของกลุ่มผนังรับแรงเฉือนมีความสามารถเพียงพอในการรับแรงเฉือนที่เกิดขึ้นทั้งแกน ที่เหลือไม่สามารถต้านทานแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากทั้งสองแกน

- อาคาร C ผนังรับแรงเฉือนลำดับที่ 1 2 และ 3 ไม่ผ่านในส่วนของ D/C Ratio ในชั้นที่ 5ลง13 ชั้นที่ 14 และชั้นที่ 8 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์จาก Load combination ซึ่งเกิดจากแรงแผ่นดินไหวในแกนทั้งสอง โดยกลุ่มผนังรับแรงเฉือนที่มีค่า D/C ratio ที่ชั้น 1 สูงสุดคือ P1 มีค่าเท่ากับ 2.397

นอกจากนั้นในการตรวจสอบ Base Shear โดยพิจารณาจากแรงเฉือนที่มากที่สุดกับกำลังรับแรงเฉือนที่ Load combination เดียวกันพบว่า ผนังรับแรงเฉือนลำดับที่ 1 และ 2 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ชั้น 1 เมื่อพิจารณาจากแกน x และแกน y

5.1.3 Story Drift

- อาคาร A ค่า Story Drift ที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวเกินที่กฎกระทรวงกำหนดทั้งในแกน x และ แกน y โดยในแกน y (แกนอ่อน) มีค่า Story Drift เท่ากับ 0.034 ซึ่งมากกว่าแกน x ที่มีค่าเท่ากับ 0.007

- อาคาร B ค่า Story Drift ที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวเกินที่กฎกระทรวงกำหนดทั้งในแกน x และ แกน y โดยในแกน y (แกนอ่อน) มีค่า Story Drift เท่ากับ 0.0206 ซึ่งมากกว่าแกน x ที่มีค่าเท่ากับ 0.0169

- อาคาร C ค่า Story Drift ที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวเกินที่กฎกระทรวงกำหนดทั้งในแกน x และ แกน y โดยในแกน x มีค่า Story Drift เท่ากับ 0.0179 ซึ่งมากกว่าแกน y ที่มีค่าเท่ากับ 0.0111

5.2 การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่าอาคารทั้ง 3 หลัง ออกแบบไม่ได้มาตรฐานตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2527) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก

1. การออกแบบมีหลายมาตรฐาน ผู้ออกแบบอาจใช้มาตรฐานอื่นที่ออกโดยสถาบันที่มีความน่าเชื่อถือในการออกแบบ เช่น มยผ.1301.1302-61 (มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว) อนึ่ง มาตรฐานเหล่านี้มีการใช้ตัวคูณค่าแรงต่างๆที่ต่ำกว่ากฎกระทรวงได้กำหนดไว้
2. กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ออกแบบสำหรับเสาและผนังรับแรงเฉือนมีค่าน้อยเกินไป
3. รูปร่างของอาคารมีความซับซ้อน (อัตราส่วนความสูงต่อความลึกมีค่ามาก) เป็นผลให้ค่าคาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารมีค่าสูง ส่งผลต่อแรงด้านข้างที่เพิ่มมากขึ้นกว่าอาคารทั่วไป
4. อาคารมีอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกที่มาก ทำให้อาคารมีลักษณะคล้ายเส้นตรงบางๆ ดังนั้นความสามารถในการรับแรงด้านที่ตั้งฉากกับด้านกว้างจะน้อยลง และเกิดการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์มากขึ้น (เกิด secondary moment จาก P-Delta Effect, ไม่เหมาะสมในการใช้งานอาคาร เนื่องจากกำแพงหรือกระจากอาจเกิดการแตกร้าวได้ง่าย)
5. การวางกระจายตัวของผนังรับแรงเฉือนมีความไม่สมมาตร ทำให้การบิดตัวมีค่ามาก

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นในการปรับปรุงความแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร ดังนี้

1. จัดผังแนวอาคารให้มีความยาวด้านกว้างและลึกใกล้เคียงกันมากขึ้น เพื่อลดการบิดตัวและเพิ่มความแข็งแรงให้กับอาคาร
2. จัดตำแหน่งของกลุ่มผนังรับแรงเฉือนให้มีการกระจายตัวในพื้นที่ของอาคารอย่างสมมาตร เพื่อให้ center of mass และ center of rigidity อยู่ใกล้กัน ทำให้อาคารบิดตัวได้ยาก ลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงด้านข้าง
3. เพิ่มการวางผนังรับแรงเฉือนในทิศทางที่ช่วยรับแรงด้านแกนนอน(แรงที่ตั้งฉากกับด้านกว้างอาคาร)
4. เพิ่มขนาดของเสาหรือผนังรับแรงเฉือน ซึ่งจะเป็นการเพิ่ม stiffness ให้อาคาร ทำให้คาบลดลง

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการปริญญาโทขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ทศพล ปิ่นแก้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รวมไปถึงคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ช่วยแนะนำ ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือในการทำงาน ตลอดจนถึงใจที่

มีให้มาตลอดการทำงานจนทำให้ปริญญาโทสำเร็จไปได้ตามจุดมุ่งหมาย

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วัฒนชัย สมิตถากร คณะกรรมการของโครงการปริญญาโทฉบับนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี คณะกรรมการของโครงการปริญญาโทฉบับนี้

ขอขอบคุณนายฐิติพงศ์ เจริญสุข ที่ช่วยสอนและให้คำแนะนำในการใช้งานโปรแกรม ETABS

ขอขอบคุณคณะกรรมการบริหารนิเทศคณาจารย์ ที่ได้มอบแปลนโครงสร้างมาประกอบการวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาโยธา ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจ จนโครงการสำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2561). มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ.1311-50)

[2] กระทรวงมหาดไทย (2550). กฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนักความต้านทาน ความคงทนและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

[3] กระทรวงมหาดไทย (2527). กฎกระทรวง ฉบับที่ 6

[4] COMPUTERS & STRUCTURES INC (2017). ETABS Integrated Analysis and Design of Building Systems version18 - CSI Analysis Reference Manual

[5] American Concrete Institute (2011). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318-11) and Commentary