



การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคารสูงในพื้นที่บริเวณใกล้ริมแม่น้ำโขง
ตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ.1311-50) พื้นที่กลุ่มที่ 2 ตอนที่ 1
The analysis and design of high-rise buildings in areas near the Mekong River
of DPT standard 1311-50 for wind load calculation and
response of buildings, second area. Episode 1

ภูมิเกียรติ สว่างวงศ์^{1*} และ โชคชัย ไตรยสุทธิ์¹

Pumkiat Sawangwong^{1*} and Chokchai Traiyasut^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธาและสถาปัตยกรรม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ

¹Division of Civil Technology and Architecture, Faculty of Liberal Arts and Science,

Sisaket Rajabhat University, Sisaket province

*Corresponding Author: P.Sawangwong@sskru.ac.th

Received: September 4, 2023

Revised: May 5, 2024

Accepted: May 5, 2024

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคารสูงในพื้นที่บริเวณใกล้ริมแม่น้ำโขงมีความท้าทายในการออกแบบ โดยเฉพาะเนื่องจากผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่ใกล้ชิดกับแม่น้ำ จะต้องคำนึงถึงแรงลมมีผลกระทบต่อระบบของโครงสร้างอาคาร ดังนั้นการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ การศึกษาที่ละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของแม่น้ำโขงในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การวิเคราะห์แรงลมตามมาตรฐานไม่เกินค่าที่กำหนด รวมไปถึงการเลือกวัสดุในการก่อสร้างโครงสร้างอาคารที่สามารถต้านทานแรงที่กระทบของโครงสร้างตัวอาคาร การออกแบบโครงสร้างควรคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญของการคำนวณและวางแผนเพื่อให้โครงสร้างสามารถรองรับน้ำหนักและแรงต้านทานที่เกิดจากแรงกระทำกับตัวอาคาร โดยใช้เทคโนโลยีในการออกแบบโครงสร้างที่ซับซ้อนของซอฟต์แวร์วิเคราะห์โครงสร้างแบบจำลองและเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ดัด แรงเฉือนสูงสุดของอาคารสูง ซึ่งใช้มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็ก มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีต มาตรฐานการออกแบบสำหรับประเทศไทย รวมถึงการเอนตัวเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมให้ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า โมเมนต์ดัด แรงเฉือนและระยะการเอนตัว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าอัตราส่วนปลอดภัยของอาคารสูงค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำ หรือ Overturning Moment งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการก่อสร้างจริงหรือตรวจสอบโครงสร้างอาคารสูงที่ก่อสร้างบริเวณใกล้ริมแม่น้ำโขงในอนาคตต่อไป รวมถึงองค์ประกอบทางธรรมชาติอื่น ๆ ที่สามารถกระทบต่ออาคารได้ในระยะยาว

คำสำคัญ: อาคารสูง แรงลม แรงแผ่นดินไหว โครงสร้างอาคาร

Abstract

The Analysis and design high-rise building in areas near the Mekong River presents several specific challenges due to the unique environmental, geological, and hydrological conditions of the region. Designing a building close to a river, it's essential to consider both environmental factors and structural stability.



Absolutely, when conducting the analysis and design of a structure, especially one situated near the Mekong River, it's crucial to consider a wide range of factors to ensure its safety and stability and, probability analysis of earthquake conditions and selecting appropriate materials for construction of buildings to withstand the impact forces of tall structures is a critical aspect of structural engineering. Structural design is a crucial aspect of engineering that ensures buildings and structures can withstand various loads and forces while maintaining stability, safety, and functionality. Designing complex structures such as tall buildings involves intricate engineering analyses to ensure their safety and performance. To compare the bending moment, maximum shear strength, and deflection of tall buildings using different structural materials (steel and concrete) and design standards (Thailand). The analysis results show that the bending moment Shear strength and deflection and Overturning moment which shows the safety ratio of high-rise buildings. This research can be used as a guideline for actual construction or to investigate high-rise buildings built near the Mekong River in the future, including other natural elements that can affect the building in the long term.

Keywords: High-rise building, Win load, Earthquake, Analysis

1. บทนำ

การออกแบบอาคารสูงในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ติดแม่น้ำเป็นงานที่ท้าทายและต้องใช้ความสามารถในการวางแผนและออกแบบที่เหมาะสมกับเงื่อนไขและอุปสรรคที่มีอยู่ในบริเวณนั้น การอยู่บนที่สูงและติดแม่น้ำมีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มความสะดวกสบายในการเดินทางและจัดการกับระบบสำหรับบริหารจัดการน้ำที่ใช้ในอาคาร นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่จะมีวิถีที่สวยงามและอากาศสะอาดในบริเวณนั้น ความสำคัญของการออกแบบอาคารสูงในพื้นที่ที่ติดแม่น้ำเกี่ยวข้องกับการเพิ่มโอกาสในการใช้ประโยชน์จากพื้นที่และแม่น้ำที่มีอยู่ให้เต็มที่ นอกจากนี้ยังสามารถใช้พื้นที่ที่ว่างเปล่าในบริเวณแม่น้ำให้เกิดการประโยชน์เพิ่มเติมเช่น การสร้างท่าเรือหรือเป็นจุดชมวิวริมแม่น้ำโขง

อาคารสูงจะเหมาะสมในการก่อสร้างโดยการจำกัดพื้นที่และพื้นที่ที่ราคาแพง ซึ่งในบริเวณแม่น้ำจะมีราคาค่อนข้างสูงจากพื้นที่ปกติ การออกแบบอาคารสูงบริเวณแม่น้ำจึงจำเป็นต้องพิจารณาความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญ โดยมีการตรวจสอบว่าอาคารมีความแข็งแรงพอที่จะรองรับแรงลมได้อย่างปลอดภัย อีกทั้งยังต้องพิจารณาความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากแรงลมรุนแรง 50 ปี ย้อนหลังที่เกิดขึ้นในบริเวณฝั่งริมแม่น้ำโขงทั้งฝั่งประเทศไทยและฝั่งประเทศลาว อีกด้านหนึ่งในการออกแบบอาคารสูงในบริเวณแม่น้ำคือการให้ความสำคัญกับสภาพอากาศที่มีแรงลมสูงซึ่งสามารถส่งผลต่อการสร้างสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเกิดเสียงลมกระทบต่อตัวอาคาร ดังนั้นรูปทรงกระบอกถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งในรูปทรงของตัวอาคารที่มีส่วนในการลดเสียงของการกระแทกของแรงลม

สรุปได้ว่า การออกแบบโครงสร้างอาคารสูงในพื้นที่ที่ติดแม่น้ำต้องใช้กระบวนการออกแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบโครงสร้างแรงลมโดยเฉพาะ ที่มีความรอบคอบและคำนึงถึงเงื่อนไขทางเทคนิคและความปลอดภัยตามการแบ่งกลุ่มของแรงลมโดยมาตรฐานการออกแบบสำหรับประเทศไทย (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2007) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในโครงสร้างเมื่อเกิดการกระทำจากแรงลม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ขอบเขตการวิจัย

2.1.1 พื้นที่ศึกษา คือ แม่น้ำโขงส่วนที่เป็นเส้นกั้นเขตแดนระหว่างไทย – ลาว มีระยะทาง 955 กิโลเมตร ในขณะที่เส้นกั้นเขตแดนระหว่างประเทศจีนกับประเทศลาวมีระยะทาง 234 กิโลเมตร เส้นกั้นเขตแดนไทย – ลาว มีจังหวัดของไทยตั้งอยู่บนฝั่งแม่น้ำโขงและแม่น้ำสาขา ได้แก่ 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เลย หนองคาย บึงกาฬ นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี (Sukdanont, 2017) ดัง Figure 1.



Figure 1. The boundaries of Thai provinces located on the banks of the Mekong River.

2.1.2 การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคารสูงในพื้นที่บริเวณใกล้ริมแม่น้ำโขงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้มาตรฐานการออกแบบที่ใช้สำหรับโครงการมีดังต่อไปนี้

1) มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็ก

AISC 316-89 Manual of Steel Construction: Allowable Stress Design, 9th Edition

2) มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีต

ACI318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

3) มาตรฐานการออกแบบสำหรับประเทศไทย

มยพ.1311-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

(Department of Public Works and Town & Country Planning, 2007)

2.1.3 การวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเฉพาะแรงที่เกิดขึ้นจากแรงลมเท่านั้น (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2007)



2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1 การวิเคราะห์น้ำหนักในออกแบบที่ใช้สำหรับโครงสร้างอาคารสูง

กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคารและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงาน
โครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 (Ministry of Interior, 2023)

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Loads)

เหล็ก	7,850 kg/m ³
อลูมิเนียม	2,800 kg/m ³
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2,400 kg/m ³
กระจก	2,560 kg/m ³
ดินถม	1,800 kg/m ³
น้ำ	1,000 kg/m ³

น้ำหนักบรรทุกเพิ่มเติมทั่วไป (General SDL)

กำแพงอิฐมวลเบาครึ่งแผ่น	180 kg/m ²
กำแพงอิฐมวลเบาเต็มแผ่น	360 kg/m ²
ฝ้าเพดานและงานระบบ	30 kg/m ²
พื้นกระเบื้อง	100 kg/m ²
พื้นหินแกรนิต หินอ่อน	150 kg/m ²
พื้นซีเมนต์ขัดมัน	50 kg/m ²
ปูนขัดหยาบหนา 50 มม.	120 kg/m ²
แผ่นพื้นสำเร็จรูปรวมทับหน้าคอนกรีต	240 kg/m ²

น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สำนักงาน/ ห้องน้ำ/ ห้องครัว	300 kg/m ²
จัดนิทรรศการ/ ห้องโถง/ บันได/ ห้องประชุม	500 kg/m ²
ห้องเครื่องจักร	ตามจริง
หลังคาโครงเหล็ก	50 kg/m ²
กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	150 kg/m ²

2.2.2 มาตรฐานวัสดุในก่อสร้างสำหรับโครงสร้าง

1) คอนกรีต กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ที่อายุ 28 วัน
ในแต่ละส่วนของโครงสร้าง จะต้องมามีค่าดังนี้

คอนกรีตสำหรับโครงสร้างทั่วไป	$f_c' = 280 \text{ ksc.}$
คอนกรีตสำหรับแท่งก้ำน้ำใต้ดินและผนังรับแรง	$f_c' = 350 \text{ ksc.}$
คอนกรีตหยาบสำหรับรองใต้พื้นและฐานราก	$f_c' = 150 \text{ ksc.}$

2) เหล็กเสริม

เหล็กเสริมขนาด 28 มม. ขึ้นไป เป็นเหล็กข้ออ้อยชนิด Hot-rolled High Yield ระดับ SD-50

เหล็กเสริมขนาด 10 - 25 มม. เป็นเหล็กข้ออ้อยชนิด Hot-rolled High Yield ระดับ SD-40

เหล็กเสริม 9 มม. และเล็กกว่า เป็นเหล็กชนิด Hot-rolled Mild Steel ระดับ SR-24 ตาม

3) เหล็กรูปพรรณ (Structural Steel)

ASTM A36 หรือ JIS G3101, SS400

$F_y = (2400 \text{ ksc.})$

ASTM A572 เกรด 50

$F_y = (4000 \text{ ksc.})$

2.2.3 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ.1311-50

ความเร็วลมสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบเป็นตัวกำหนดค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเนื่องจากแรงลมที่กระทำกับโครงสร้างอ้างอิงกับค่าความเร็วลมพื้นฐานที่คาบเวลากลับ 50 ปี (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2007) ออกแบบตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง โดยตัวคูณเพิ่มน้ำหนักใช้ตามมาตรฐาน ACI 318M-08 มยผ.1311-50 ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเนื่องจากแรงลมที่กระทำกับโครงสร้างอ้างอิงกับค่าความเร็ว ลมพื้นฐานที่คาบเวลากลับ 50 ปี ของพื้นที่กลุ่ม สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบ D เป็นสภาพภูมิประเทศแบบที่ราบติดแม่น้ำ จัดเป็นภูมิประเทศที่เสี่ยงต่อแรงลม

$$\begin{aligned} V^- &= T_F \cdot V_{50} \\ \text{พื้นที่กลุ่มที่ 2} \quad V_{50} &= 27 \text{ m/s} \\ T_F &= 1.00 \\ \therefore V^- &= 27 \text{ m/s} \end{aligned}$$

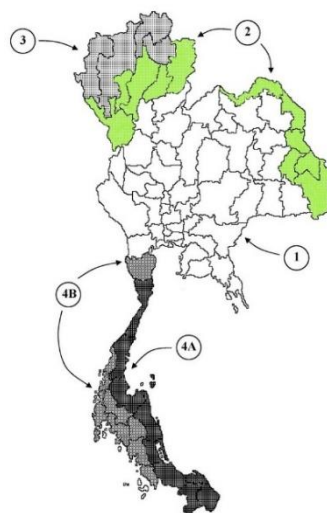


Figure 2. Reference wind speed zoning map.

(Department of Public Works and Town & Country Planning, 2007)

2.2.4 รูปแบบและขนาดอาคารสูงที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบ

การออกแบบอาคารสูงทรงกระบอก (Skyscraper) เป็นกระบวนการออกแบบอาคารที่มีความสูงที่สูงกว่าปกติและสร้างขึ้นในพื้นที่จำกัด เหตุผลหลักที่ทำให้มีการออกแบบอาคารสูงเพื่อการใช้พื้นที่ให้มีประสิทธิภาพสูง และการสร้างเสริมความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยหรือผู้ใช้สถานที่ว่าเขาอยู่ในสภาพแวดล้อมที่สูงขึ้น

การออกแบบอาคารสูงทรงกระบอกมีความซับซ้อนสูงและต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้การสร้างอาคารนี้ปลอดภัยและสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้อย่างยาวนาน บางตัวอย่างของปัจจัยที่ต้องพิจารณาเมื่อออกแบบอาคารสูงทรงกระบอก ได้แก่ การตรวจสอบแรงต้านลมเพื่อให้สามารถทนทานต่อแรงลม การให้ความมั่นใจในการทดสอบความเสียหายจากการสั่นสะเทือน และการกำหนดวิธีหรือระบบดับเพลิงที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัย

การออกแบบอาคารสูงทรงกระบอกยังต้องคำนึงถึงความสวยงามในด้านสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อมรอบข้าง โดยอาคารสูงทรงกระบอกมักจะมีการออกแบบผิวเพื่อเพิ่มความสวยงามและให้ดูมีความมั่นคง เช่น การใช้วัสดุหน้าผนังทนทานต่อสภาพอากาศเช่นแสงแดด ลม และฝุ่นละออง การออกแบบหน้าต่างที่จัดเตรียมการหลบฝนให้เหมาะสม และ



การใช้ระบบไฟฟ้าและระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพในการบำรุงรักษาอาคารสูงทรงกระบอก ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดขนาดอาคารสูงไว้ที่ระยะดังนี้ (พื้นที่สวนชมโขง นครพนม)

ความสูงของอาคารสูง	79.50 เมตร
ความยาวผ่าศูนย์กลางของฐาน	51.80 เมตร
ความยาวผ่าศูนย์กลางของอาคารสูง	12.90 เมตร

การรวมแรงตามกฎกระทรวง ปี 2566 (Ministry of Interior, 2023)

CONCRETE DESIGN

- 1) 1.0DL + 1.0LL
- 2) 1.4DL + 1.7LL
- 3) 0.75(1.4DL + 1.7LL) + 1.6WL
- 4) 0.75(1.4DL + 1.7LL) - 1.6WL
- 5) 0.9DL + 1.6WL
- 6) 0.9DL - 1.6WL
- 7) 0.75(1.4DL + 1.7LL) + 1.0EQ
- 8) 0.75(1.4DL + 1.7LL) - 1.0EQ
- 9) 0.9DL + 1.0EQ
- 10) 0.9DL - 1.0EQ

STEEL DESIGN

- 1) 1.0DL + 1.0LL
- 2) 1.0DL + 0.75LL + 0.75WL
- 3) 0.6DL + 1.0WL

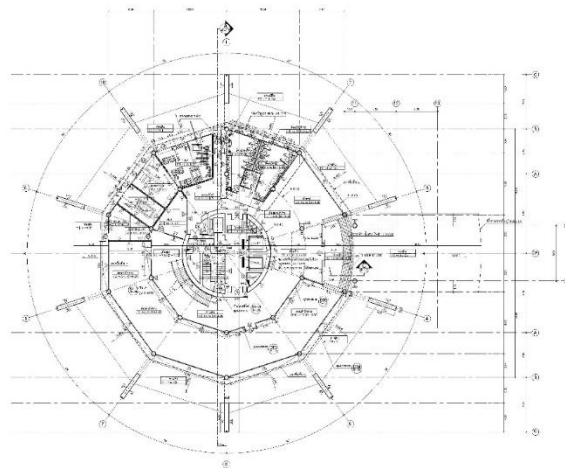


Figure 3. Floor plan of the building's base from floors 1 to 5.

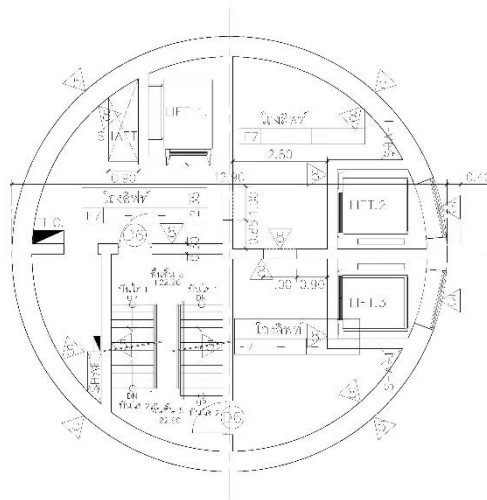


Figure 4. Floor plan of the building from the 6th to the 22nd floor.

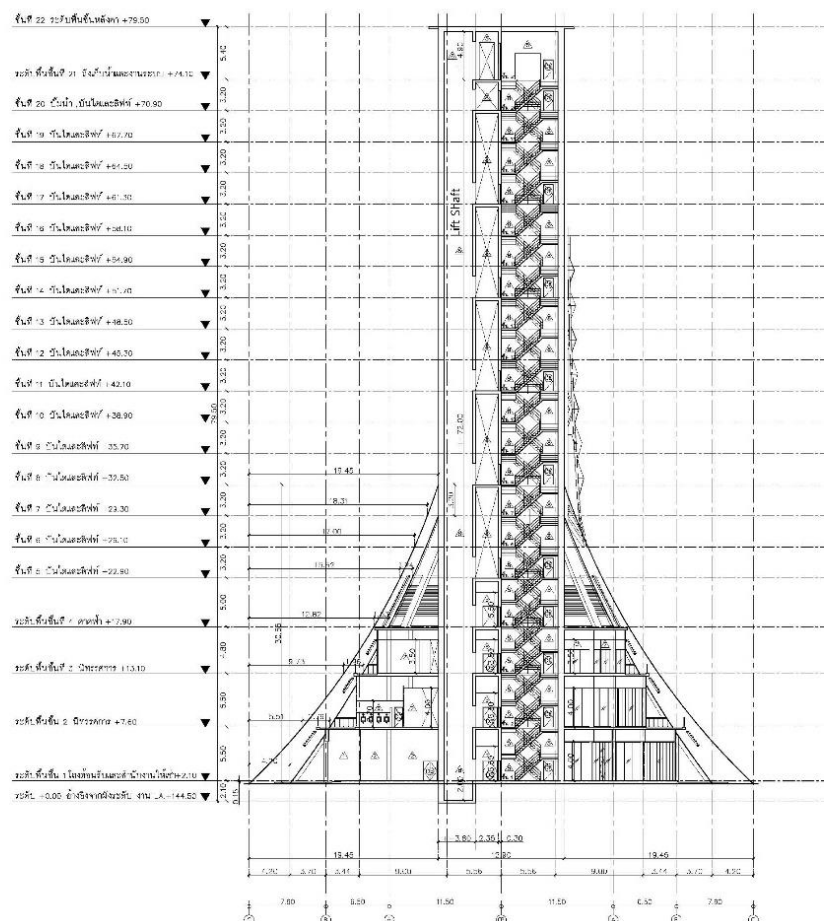


Figure 5. Side view of the building from the 1st to the 22nd floor.

3. ผลการวิจัย

ออกแบบโครงสร้างอาคารจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆที่สำคัญ เพื่อให้โครงสร้างมีความมั่นคงและปลอดภัยจากน้ำหนักกระทำและแรงลมดังต่อไปนี้

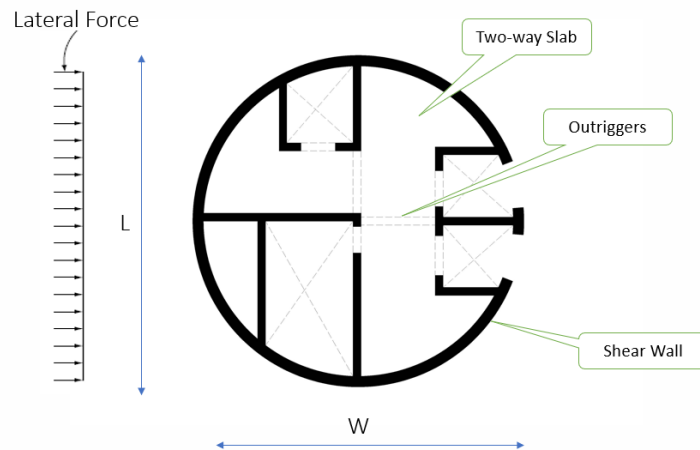


Figure 6. The forces acting on the structure of a high-rise building.

3.1 การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง

3.1.1 การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง แกน X (Displacement.)

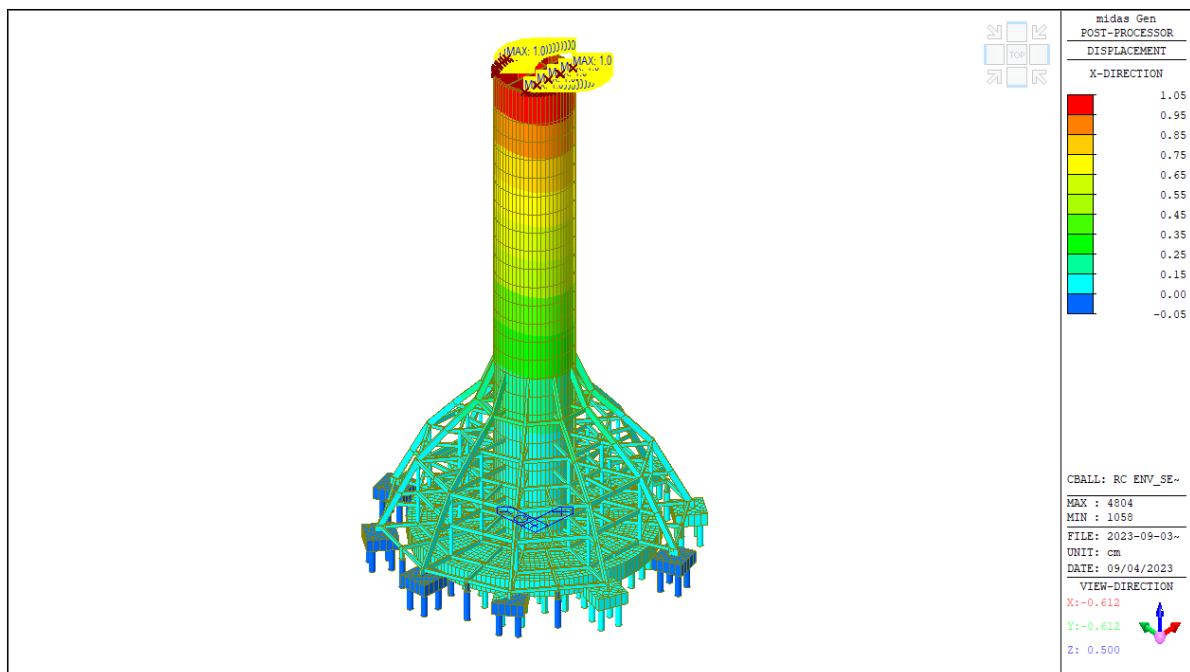


Figure 7. The standard lateral displacement shall not exceed $L/500 = 7950/500 = 15.90$ cm.

3.1.2 การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง แกน Y (Displacement.)

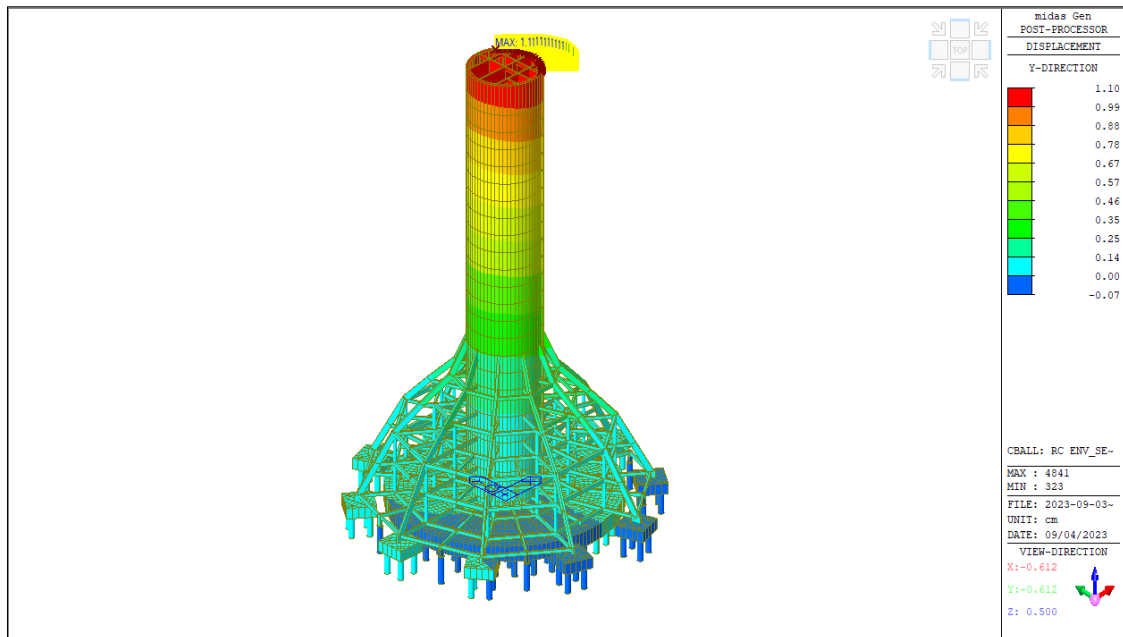


Figure 8. The standard lateral displacement shall not exceed $L/500 = 7950/500 = 15.90$ cm.

3.2 การโก่งตัวทางด้านข้างของโครงสร้างอาคาร Drift Index (DI)

$$\text{Drift Index (DI)} = \frac{1.380}{(7950)} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

$$\text{Drift Index (DI)} = 0.00017 < 0.0025 \text{ ----- OK}$$

ค่า Drift Index (DI) ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดให้ ถือว่าผ่าน (Saengsai & Thanapisutwong, 2021)

3.3 การหาค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำ เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพการพลิกคว่ำ Overturning Moment.

ผลรวมน้ำหนักสุทธิ	=	21,000 tons.
ผลรวมแรงแกน X และ Y จากแรงลม $W(x,y)$	=	11,080 tonf-m.
อัตราส่วนความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำ S.F.	=	M reaction / M action X,Y – axis

$$S.F. = \frac{21,000(\frac{12.9}{2})}{11,080} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

$$S.F. \text{ X,Y – axis} = 12.2 > 1.5 \text{ ----- OK (Saengsai & Thanapisutwong, 2021)}$$



4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ผล

1) การเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (Displacement)

การเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารอันเป็นผลจากน้ำหนักบรรทุกกระทำด้านข้างคือแรงลม โดยการเคลื่อนตัวทั้งหมดของอาคาร (Total drift) มีเคลื่อนตัวทางด้านข้าง แกน X และ แกน Y เป็นหนึ่งในเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคาร ซึ่งการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง แกน X และ แกน Y จะมีผลต่อความปลอดภัยและความคงทนของอาคารในกรณีเกิดแรงสั่นสะเทือนจากแรงสั่นสะเทือนภายนอกคือแรงลม ฉะนั้นค่าเคลื่อนตัวทางด้านข้างที่เกิดขึ้น เท่ากับ

$$\text{แกน X} = 1.05 \text{ เซนติเมตร}$$

$$\text{แกน Y} = 1.10 \text{ เซนติเมตร}$$

โดยค่ามาตรฐานเคลื่อนตัวทางด้านข้างจะไม่เกิน $L/500 = 7950/500 = 15.90 \text{ cm}$. ซึ่งค่าที่เกิดขึ้นไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ถือว่าผ่าน

2) การโก่งตัวทางด้านข้างของโครงสร้างอาคาร Drift Index (DI)

การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story drift) โดยทั่วไปจะนิยมพิจารณาในแบบที่เป็นการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น ซึ่งหมายถึง การเคลื่อนที่ด้านข้างสัมพัทธ์ระหว่างพื้นของชั้นถัดไปที่อยู่เหนือชั้นที่พิจารณาค่าการโก่งตัวทางด้านข้างมีการถูกกำหนดค่าไว้แตกต่างกันไปในแต่ละมาตรฐานการก่อสร้างของแต่ละประเทศ (We Love Steel Construction, 2023) และมักจะใช้ค่าที่แตกต่างกันตามลักษณะประเภทของอาคาร การควบคุม Drift เพื่อเป็นการลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่ไม่ใช่ส่วนของโครงสร้างรับน้ำหนักอาคารเช่น Cladding ห่อหุ้มอาคาร และ ผนังภายในอาคาร (Partition) ซึ่งค่าการโก่งตัวทางด้านข้างที่ได้

$$\text{Drift Index (DI)} = 0.00017 < 0.0025$$

โดยค่าที่เกิดขึ้นไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ถือว่าผ่าน

3) การหาค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำ เพื่อตรวจสอบเสถียรภาพการพลิกคว่ำ Overturning Moment.

การหาค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำ เป็นกระบวนการทางวิศวกรรมที่ใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากแรงที่มีโมเมนต์พลิกคว่ำสูงเกินกว่าที่โครงสร้างสามารถรับได้ โมเมนต์พลิกคว่ำเกิดจากแรงที่มีการกระทำที่จุดหมุนหรือจุดเชื่อมต่อของโครงสร้าง ซึ่งอาจเกิดจากแรงสั่นสะเทือนจากแรงเหวี่ยง แรงบิด ขอแรงลม ที่มีการกระทำบนโครงสร้าง

อัตราส่วนปลอดภัยด้านการพลิกคว่ำ หาได้จากอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ต้านทานการพลิกคว่ำทั้งหมด (Total righting moment) ต่อโมเมนต์ทั้งหมดที่ก่อให้เกิดการพลิกคว่ำ (Total overturning moment) ที่สภาวะสมดุลและการพลิกคว่ำเริ่มเกิดพอดิ ซึ่งค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำที่ได้

$$\text{S.F. X,Y - axis} = 12.2 > 1.5$$

โดยค่าที่เกิดขึ้นไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ถือว่าผ่าน

เมื่อหาค่าแรงและค่าค่าสัมประสิทธิ์ที่เกิดขึ้นต่าง ๆ แล้ว ได้ทำการออกแบบโครงสร้างอาคารสูง ได้แก่ ฐานราก เสา พื้น บันได ตามลำดับ

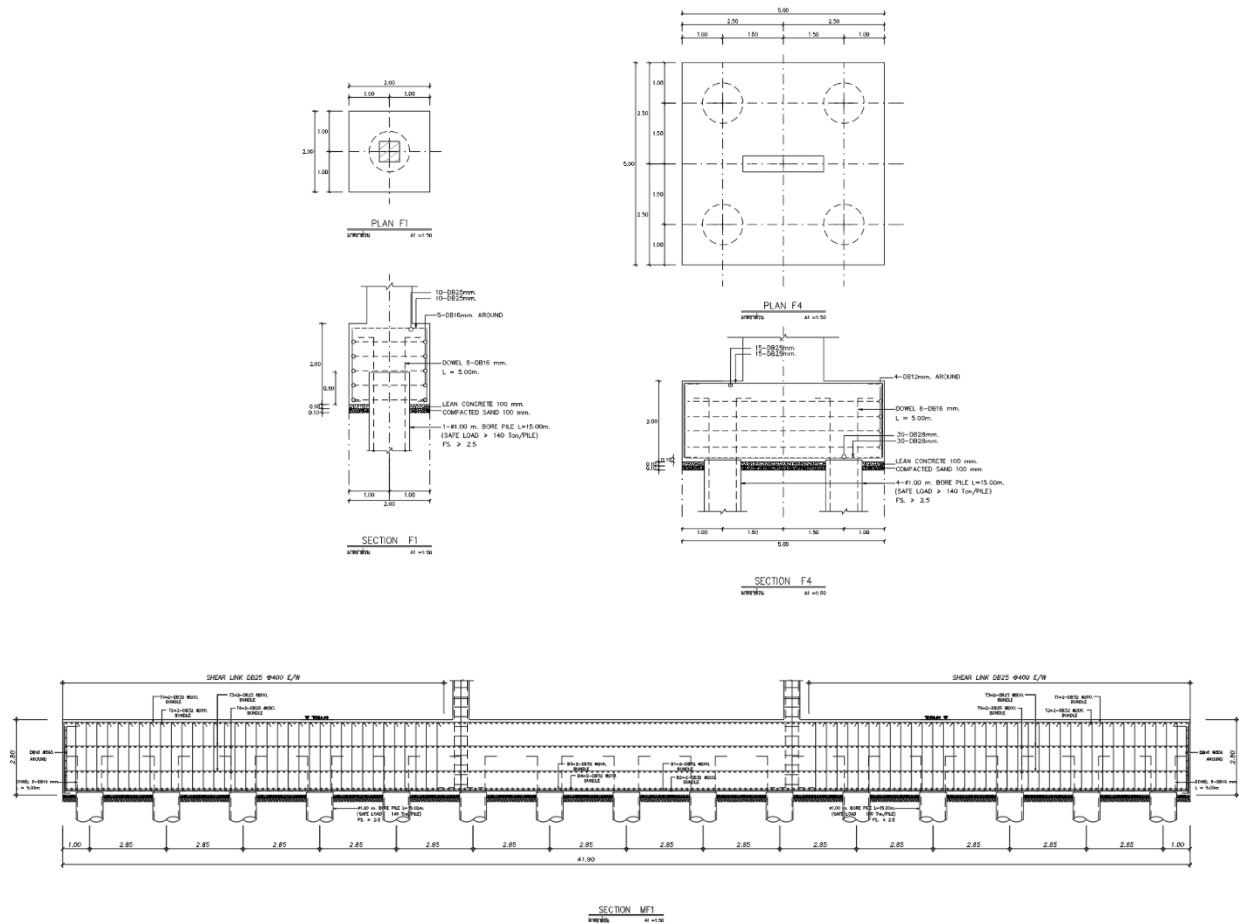


Figure 9. Foundation plan.

↑ ชั้นที่ 4	—		—	
↑ ชั้นที่ 1	—			
↑ ดาดฟ้า				
FLOOR TYPE	C1	C2	C3	C4

Figure 10. Column plan.

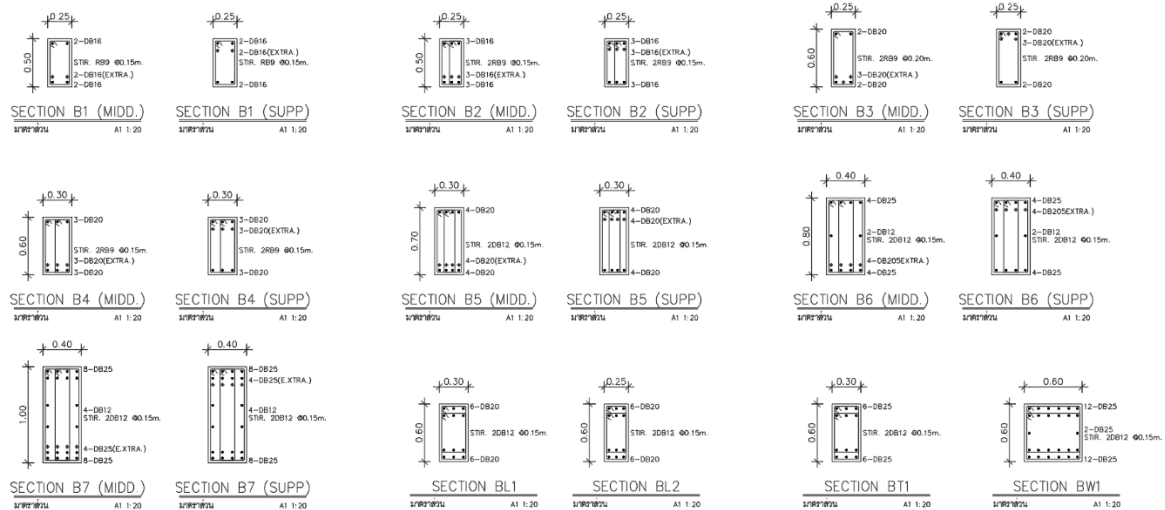


Figure 11. Beam plan.

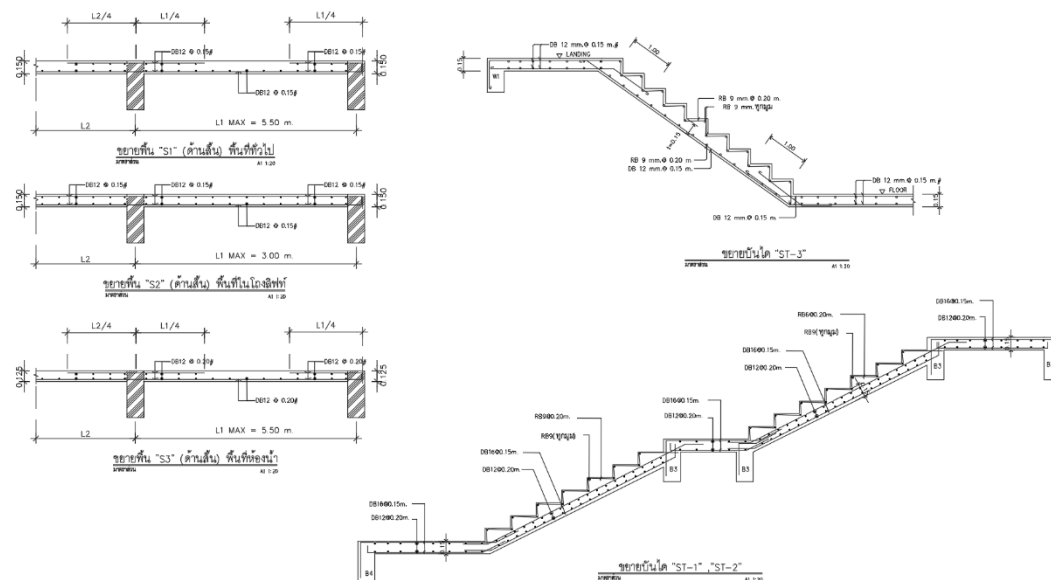


Figure 12. Floor and stair plan.

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปได้ว่า การออกแบบอาคารสูงเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและต้องพิจารณาหลายปัจจัยเพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความปลอดภัยและคงทนต่อแรงกระทำต่าง ๆ หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบอาคารสูงคือค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (Displacement) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของโครงสร้างอาคารในแนวด้านข้าง การเคลื่อนตัวทางด้านข้างนี้สามารถเกิดขึ้นได้จากแรงกระทำต่าง ๆ เช่น แรงลม แรงสั่นสะเทือน หรือการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้างจะช่วยให้วิศวกรสามารถปรับแก้รูปแบบและวัสดุในการออกแบบอาคารให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและการใช้งานของอาคารได้



อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบอาคารสูงคือการโก่งตัวทางด้านข้าง (Drift Index) ซึ่งเป็นการวัดความเคลื่อนที่ของโครงสร้างอาคารในแนวด้านข้างของแต่ละชั้น ค่า Drift Index จะช่วยให้วิศวกรสามารถปรับแก้รูปแบบและขนาดของโครงสร้างให้มีความปลอดภัยและคงทนต่อแรงกระทำต่าง ๆ โดยเฉพาะแรงลม

หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบอาคารสูงคือค่าโมเมนต์พลิกคว่ำหรือ Overturning Moment ค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำหรือ Overturning Moment คือแรงที่เกิดจากการพลิกคว่ำของอาคารสูง ซึ่งเกิดจากแรงเสียดทานที่มาจากแรงลมที่อาคารได้รับ ค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำจะมีผลต่อความคงทนของตัวอาคารสูง หากค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำมากเกินไปอาคารอาจเกิดการเคลื่อนที่หรืออาคารพลิกคว่ำได้ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินของเจ้าของโครงการ

สำหรับข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปมีดังนี้

1) ผลที่เกิดจากค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (Displacement) การโก่งตัวทางด้านข้างของโครงสร้างอาคาร Drift Index (DI) การหาค่าแรงโมเมนต์พลิกคว่ำ (Overturning Moment) ไม่ได้มีผลต่อแรงลมเท่านั้นยังมีหลายปัจจัยในแรงที่เกิดขึ้นต่อโครงสร้าง เช่น แรงแผ่นดินไหวและการสั่นธรรมชาติที่เกิดขึ้น

2) ควรมีการศึกษาเรื่องการขออนุญาตเรื่องสิ่งแวดล้อม (EIA.) การออกแบบโครงสร้างมีความสำคัญอย่างมากในการสร้างสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โครงสร้างที่ถูกออกแบบอย่างดียังสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากมายและทัศนียภาพต่อชุมชนไม่เกิดมลพิษระหว่างการก่อสร้าง

3) ควรมีการวิจัยในด้านการคุ้มค่าและประสิทธิภาพในการก่อสร้างจริง เพื่อให้ทราบถึงความคุ้มค่าและต้นทุนประสิทธิผล ที่เกิดกับผู้ประกอบการผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณข้อมูลอาคารสูงจาก บริษัทที่ปรึกษาของหน่วยงานราชการและคุณ ไพรัช ปล้องใหม่ กรรมการผู้จัดการ บริษัท พี คอน ดีไซน์ จำกัด สำหรับหลักการวิชาการ แนวคิดและหลักการการออกแบบ เป็นปรึกษาและอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- Department of Public Works and Town & Country Planning, Ministry of Interior. (2007). Standard for wind load calculation and building response, DPT 1311-50. Bangkok: Ministry of Interior. (in Thai)
- Ministry of Interior. (2023). Regulation on the design of building structures and the characteristics and properties of materials used in building structures. Royal Gazette, 140(45), 4. (in Thai)
- Saengsai, C., & Thanapisutwong, T. (2021). Leisure Reading Book: Example of structural modeling step by step. Bangkok: S.Offset Graphic Design.
- Sukdanont, S. (2017). Transportation in the Lower Mekong River [Online]. Retrieved August 15, 2023, from: <http://www.cut.chula.ac.th/articles/480/> (in Thai)
- We Love Steel Construction. (2023). Lateral Drift for Low-rise Steel Building [Online]. Retrieved August 15, 2023, from: <https://welovesteelconstruction.ssi-steel.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%B1%E0%B8%A7%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87-lateral-dr/> (in Thai)