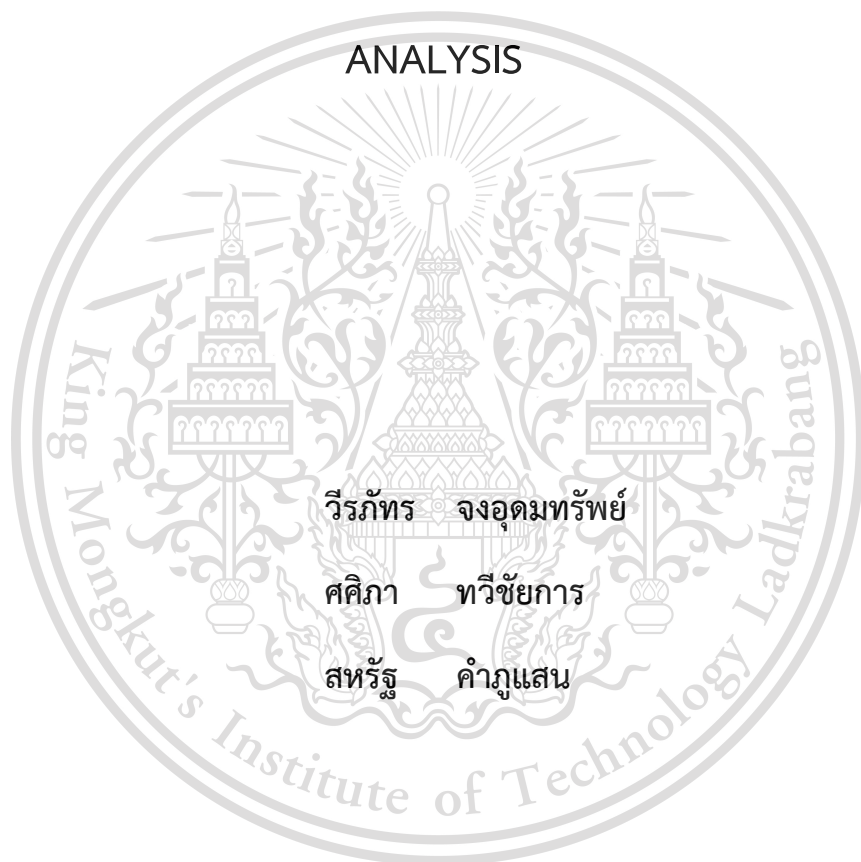


การศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้าง
รับแรงกระทำด้านข้างอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวในตัวอาคารที่มี
รูปร่างไม่สม่ำเสมอ โดยวิธีทางสถิตศาสตร์และวิธีทางพลศาสตร์

A STUDY AND COMPARISON OF SEISMIC RESISTANCE
STRUCTURAL RESPONSE IN IRREGULAR HIGH-RISE BUILDING
WITH LINEAR STATIC ANALYSIS AND DYNAMIC RESPONSE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

A STUDY AND COMPARISON OF SEISMIC RESISTANCE
STRUCTURAL RESPONSE IN IRREGULAR HIGH-RISE BUILDING
WITH LINEAR STATIC ANALYSIS AND DYNAMIC RESPONSE
ANALYSIS



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ




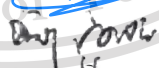
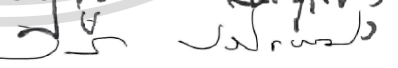

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้างรับแรงกระทำด้านข้างอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวในอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ โดยวิธีทางสถิตศาสตร์และวิธีทางพลศาสตร์

A STUDY AND COMPARISON OF SEISMIC RESISTANCE STRUCTURAL RESPONSE IN IRREGULAR HIGH-RISE BUILDING WITH LINEAR STATIC ANALYSIS AND DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS

นักศึกษา

นายวีรภัทร	จงอุตม์ทรัพย์	รหัสนักศึกษา 60010948
นางสาวศศิภา	ทวีชัยการ	รหัสนักศึกษา 60010967
นายสหรัฐ	คำภูแสน	รหัสนักศึกษา 60011041

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร	
อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง	
รศ.สุวัฒน์ ธีรเศรษฐ์	
ดร.ณัฐดนัย สีนสมุทรผดุง	
ผศ.ดร.อัฐวิทย์ สุจริตพงศ์	
ผศ.ดร.อำพน จรัสจรวงเกียรติ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้างรับแรง
กระทำด้านข้างอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวในอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ

โดยวิธีทางสถิติศาสตร์และวิธีทางพลศาสตร์

นายวีรภัทร	จงอุดมทรัพย์	รหัสนักศึกษา 60010948
นางสาวศศิภา	ทวีชัยการ	รหัสนักศึกษา 60010967
นายสหรัฐ	คำภูแสน	รหัสนักศึกษา 60011041

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เริ่มทวีความรุนแรงมากขึ้นหลายต่อหลายครั้ง ทั้งในประเทศและบริเวณข้างเคียง ซึ่งส่งผลกระทบต่อประเทศไทยในหลายด้าน ทั้งชีวิต ทรัพย์สิน รวมถึงไปถึงสภาพสังคมและเศรษฐกิจของประเทศ ทางกรมโยธาธิการและผังเมืองจึงได้มีการจัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อป้องกันแรงกระทำเนื่องจากแผ่นดินไหวขึ้น(มยผ. 1301-2550) และได้มีการพัฒนาและปรับปรุงเรื่อยมาจนเป็นมาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหว (มยผ. 1301/1302-61)

โครงการพิเศษนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบผลการตอบสนองขององค์อาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอต่างๆ ได้แก่ 1. ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น 2. ค่าการตอบสนองเชิงการบิด 3. คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงสถิติศาสตร์(วิธีแรงสถิติเทียบเท่า) และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์(วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด) ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์และศึกษาด้วยการใช้โปรแกรม ETABS เพื่อนำมาเปรียบเทียบความเหมาะสมของทั้ง 2 วิธีในการวิเคราะห์ผลการตอบสนองสำหรับอาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาคารที่ได้ทำมาเป็นตัวอย่างในที่นี้คืออาคารจิตาวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

A STUDY AND COMPARISON OF SEISMIC RESISTANCE STRUCTURAL RESPONSE IN IRREGULAR HIGH-RISE BUILDING WITH LINEAR STATIC ANALYSIS AND DYNAMIC RESPONSE ANALYSIS

Mr. Veerapat Jong-udomsub Student ID. 60010948

Ms. Sasipa Taveechaikan Student ID. 60010967

Mr. Saharat Khamphusaen Student ID. 60011041

Advisor: Assist.prof. Arthit Petchsasithon

Academic Year 2020

ABSTRACT

Nowadays, the earthquake appears to be severe than the past in the country and nearby that affect to people life, asset including to social economic of Thailand. Therefore, the department of public works for town & country planning created the design building standards for the seismic resistance issues.

This special project aims to determined and comparison the structural response in irregular structure. Include with 1. Story drift 2. Accident torsional Response 3. natural period of structure From Equivalent Static method and modify Response spectrum method by using ETABS. To define the suitable of analysis method for the irregular structure under appropriate factors by G-Tower

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดียิ่ง

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

วีรภัทร จงอุดมทรัพย์ รหัสนักศึกษา 60010948

ศศิภา ทวีชัยการ รหัสนักศึกษา 60010967

สหรัฐ คำภูแสน รหัสนักศึกษา 60011041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	viii

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	3
2.1 แผ่นดินไหว	3
2.1.1 คำจำกัดความของแผ่นดินไหว	3
2.1.2 ความเสี่ยงภัยของแผ่นดินไหวในประเทศไทย	3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว	5
2.2.1 ความรุนแรงของแผ่นดินไหว	5
2.2.2 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ	7
2.2.3 ตัวแปรหรือค่าที่จำเป็นในการคำนวณ	8
2.2.4 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น	12
2.2.4.1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้	12
2.2.4.2 การเคลื่อนตัวของอาคารเมื่อรับแรงแผ่นดินไหว	12
2.2.5 การเลือกวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง	13
2.3 การคำนวณโครงสร้างอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว	15
2.3.1 การคำนวณโครงสร้างด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์	15
2.3.1.1 วิธีสเปกตรัมตอบสนองแบบโหมด	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขข้อมูลเนื้อหา และตัดล้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.2 การคำนวณโครงสร้างด้วยวิธีสถิตเทียบเท่า	20
2.3.2.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร	20
2.3.2.2 การคำนวณค่าคาบการสั่นพื้นฐาน	20
2.3.2.3 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำด้านซ้าย ต่ออาคารในชั้นต่าง ๆ	21
2.3.2.4 การกระจายแรงเฉือนในแนวราบ	22
2.3.3 การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น	23
2.3.4 ผลของ P-Delta	24
2.4 อาคารที่นำมาศึกษา	26
2.5 อาคารลักษณะต่าง ๆ	28
2.5.1 อาคารประเภท ก.	28
2.5.2 อาคารประเภท ข.	29
2.5.3 อาคารประเภท ค.	29
2.5.4 อาคารประเภท ง.	30
2.5.5 อาคารประเภท จ.	30
2.6 งานวิจัยอ้างอิง	31
2.6.1 การศึกษาผลตอบสนองของหอกลิ้นเหล็กแนวตั้งต่อแรงแผ่นดินไหว	31
2.6.2 การศึกษาและเปรียบเทียบการเสริมกำลังคานทาน แรงแผ่นดินไหวของอาคารสูง	32
2.6.3 Seismic Analysis of High Rise Structure Under Different type of RC Shear Walls for Estimation of Structural Response	32
2.6.4 Comparison of static and dynamic pushover analysis in assessment of the target displacement	33
2.6.5 การควบคุมการสั่น ในตึกสูงไทเป 101 โดยใช้ Tuned Mass Damper (TMD)	34

บทที่ 3 การดำเนินการ

3.1 รูปแบบการวิจัยหรือแบบแผนการวิจัย	36
3.2 การรวบรวมข้อมูล	36
3.3 เครื่องมือวิจัย	36

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	36
3.5 การสร้างแบบจำลองอาคาร	37
3.5.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Etabs	37
3.5.2 การคำนวณแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีสถิตย์ (มยผ.1301-1302/62)	41
3.5.3 การคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด (มยผ.1301-1302/62)	44
บทที่ 4 ผลการทดลอง	46
4.1 ความสามารถต้านทานการบิด	46
4.2 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Inter story drift)	47
4.3 การเปรียบเทียบค่าการสั่นธรรมชาติ (Natural period)	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการวิจัย	50
5.1.1 ความสามารถต้านทานการบิด (Accidental torsion)	50
5.1.2 คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง (Natural period)	50
5.1.3 ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story drift)	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก หน้าตัดอาคาร G-land	55
ภาคผนวก ข ตารางคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift ของแต่ละวิธี	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดแผ่นดินไหว ตามมาตราเมอร์แคลลี	6
ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน, ตัวประกอบกำลังส่วนเกินและตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว	9
ตารางที่ 2.3 ตารางการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_a)	13
ตารางที่ 2.4 วิธีวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้	14
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการแบ่งอาคารประเภทต่างๆ	30
ตารางที่ ข-1 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีสถิติเทียบเท่าที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน Y	71
ตารางที่ ข-2 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีสถิติเทียบเท่าที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน Y	72
ตารางที่ ข-3 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีพลศาสตร์ที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน X	73
ตารางที่ ข-4 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีพลศาสตร์ที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน Y	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ภาพรอยเลื่อนต่างๆภายในประเทศไทย	4
รูปที่ 2.2 รูปแผนที่แสดงการแบ่งโซนพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพและปริมลทล เพื่อออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว	7
รูปที่ 2.3 การพิจารณาค่าการเคลื่อนที่ด้านข้างของชั้นอาคาร	24
รูปที่ 2.4	
รูปที่ 2.4.1 อาคารจี ทาวเวอร์	26
รูปที่ 2.4.2 รูปตัดอาคารจี ทาวเวอร์	27
รูปที่ 2.4.3 master plan ของจีทาวเวอร์	27
รูปที่ 3.1 วางแนว Grid line และจำนวนชั้นของแบบจำลอง	37
รูปที่ 3.2 กำหนดมาตรฐานของวัสดุที่เลือก	37
รูปที่ 3.3 กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็ก	38
รูปที่ 3.4 กำหนดลักษณะหน้าตัด	38
รูปที่ 3.5 กำหนดขนาดของหน้าตัด เสา-คาน	39
รูปที่ 3.6 กำหนดขนาดของพื้น	40
รูปที่ 3.7 การกำหนดลักษณะรูปแบบของแรงกระทำจากแผ่นดินไหว	41
รูปที่ 3.8 การกำหนดทิศทางแรงกระทำของแรงกระทำด้านข้าง	
ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน (C) และค่า Building Height Exponent (K)	41
รูปที่ 3.9 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผลของหน้าตัดเสา	42
รูปที่ 3.10 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผลของหน้าตัดคาน	42
รูปที่ 3.11 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผลของกำแพงรับแรงเฉือน	43
รูปที่ 3.12 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผลของแผ่นพื้นไร้คาน	43
รูปที่ 3.13 แสดงการปรับค่า Target Mass Participation Ratio และจำนวนโหมดที่มากที่สุด และน้อยที่สุดที่จะนำมาพิจารณา	44
รูปที่ 3.14 แสดงการสร้างฟังก์ชันของสเปกตรัมการตอบสนอง สำหรับพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานครโซน 5	45
รูปที่ 3.15 แสดงการใส่ Load Case สำหรับฟังก์ชันความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม สำหรับพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานครโซน 5	45
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอาคารกับอัตราส่วนระหว่างค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ ระหว่างชั้นสูงสุดกับค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นเฉลี่ย ที่อาคารมีแรงกระทำในแนวแกน X	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอาคารกับอัตราส่วนระหว่างค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นสูงสุดกับค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นเฉลี่ย ที่อาคารมีแรงกระทำในแนวแกน Y	47
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ในแนวแกน X ที่มีแรงกระทำในแนวแกน X	47
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ในแนวแกน Y ที่มีแรงกระทำในแนวแกน X	48
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ในแนวแกน X ที่มีแรงกระทำในแนวแกน Y	48
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ในแนวแกน Y ที่มีแรงกระทำในแนวแกน Y	49
รูปที่ ก-1 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B5	55
รูปที่ ก-2 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B4	55
รูปที่ ก-3 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B3	56
รูปที่ ก-4 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B2	56
รูปที่ ก-5 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B1	56
รูปที่ ก-6 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ G	57
รูปที่ ก-7 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 1	57
รูปที่ ก-8 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 2	57
รูปที่ ก-9 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 3	58
รูปที่ ก-10 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 4	58
รูปที่ ก-11 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 5	58
รูปที่ ก-12 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 6	59
รูปที่ ก-13 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 7	59
รูปที่ ก-14 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 8	59
รูปที่ ก-15 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 9	60
รูปที่ ก-16 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 10	60
รูปที่ ก-17 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 11	60
รูปที่ ก-18 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 12 North และ 12 South ตามลำดับ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม ล้วนเป็นงานที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก-19 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 13 North และ 13 South ตามลำดับ	61
รูปที่ ก-20 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 14 North และ 14 South ตามลำดับ	61
รูปที่ ก-21 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 15 North และ 15 South ตามลำดับ	62
รูปที่ ก-22 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 16 North และ 16 South ตามลำดับ	62
รูปที่ ก-23 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 17 North และ 17 South ตามลำดับ	62
รูปที่ ก-24 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 18 North และ 18 South ตามลำดับ	63
รูปที่ ก-25 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 19 North และ 19 South ตามลำดับ	63
รูปที่ ก-26 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 20 North และ 20 South ตามลำดับ	63
รูปที่ ก-27 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 21 North และ 21 South ตามลำดับ	64
รูปที่ ก-28 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 22 North และ 22 South ตามลำดับ	64
รูปที่ ก-29 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 23 North และ 23 South ตามลำดับ	64
รูปที่ ก-30 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 24 North และ 24 South ตามลำดับ	65
รูปที่ ก-31 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 25 North และ 25 South ตามลำดับ	65
รูปที่ ก-32 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 26 North และ 26 South ตามลำดับ	65
รูปที่ ก-33 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 27 North และ 27 South (Roof) ตามลำดับ	66
รูปที่ ก-34 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 28 North and 28 South (Machine Room) ตามลำดับ	66
รูปที่ ก-35 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 29 North and 29 South (Top Roof) ตามลำดับ	66
รูปที่ ก-36 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 30 and 31 North ตามลำดับ	67
รูปที่ ก-37 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 32 North	67
รูปที่ ก-38 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 33 North	68
รูปที่ ก-39 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 34 North	68
รูปที่ ก-40 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 35 North	68
รูปที่ ก-41 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 36 North	69
รูปที่ ก-42 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 37 North	69
รูปที่ ก-43 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้น Roof	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากในปัจจุบันนั้นภัยพิบัติทางธรรมชาติอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวนั้นได้ส่งผลกระทบต่อประเทศในลักษณะที่ทวีความรุนแรงขึ้น จนส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ เช่น ในบริเวณพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย รวมไปถึงพื้นที่แอ่งดินเหนียวอ่อนบริเวณภาคกลางของประเทศ และเพื่อป้องกันความสูญเสียที่รุนแรงขึ้นในพื้นที่ดังกล่าวที่อาจกล่าวได้ว่าเป็นศูนย์รวมทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศแล้วนั้น ทางส่วนของกรมโยธาธิการและผังเมืองจึงได้มีการจัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาเนื่องจากการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวซึ่งเป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 49

ตามมาตรฐานการออกแบบอาคาร (มยผ. 1301/1302-61) งานวิจัยฉบับนี้จึงได้มีการนำแบบจำลองอาคารมาทำการศึกษา วิเคราะห์และเปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงสร้างของตัวอาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี อันได้แก่ วิธี Modal Response Analysis และวิธี Equivalent Static Force Method

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบิดโดยบังเอิญ (Accidental Torsion) ของโครงสร้างอาคารด้านทานแรงแผ่นดินไหวที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ โดยสมมติว่าเป็นอาคารที่ไม่มีความสม่ำเสมอในเชิงการบิดอย่างมาก
- เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอระหว่างวิธีทางสถิติศาสตร์ และวิธีทางพลศาสตร์

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาแบบจำลองโครงสร้างของอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอตามมาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานแรงแผ่นดินไหว (มยผ.1301-1302/61) โดยใช้ตัวอย่างแบบจำลองจากอาคาร G Land Tower ซึ่งเป็นโครงสร้างอาคารเหล็กสูง 26 ชั้น และ 36 ชั้น ตั้งอยู่ ณ เลขที่ 9 ถนน พระราม 9 แขวง ห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310 บนเขตชั้นดินอ่อน พื้นที่กรุงเทพมหานคร 5
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. แรงกระทำด้านข้างเนื่องจากแผ่นดินไหว ใช้การวิเคราะห์และคำนวณแรงตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1301-1302/61) เท่านั้น

3. ศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร (Lateral Displacement) การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inter Story Drift) และความสามารถในการต้านทานแรงบิดโดยบังเอิญ (Accidental Torsion Resistance) ระหว่างวิธีทางพลศาสตร์และวิธีทางสถิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดที่ยอมให้ (Allowable Lateral Displacement) ตาม มยผ.1301-1302/61

4. เปรียบเทียบคาบการสั่นธรรมชาติ(Natural period) ที่มาจากการประมาณค่าตามมาตรฐาน มยผ.1301-1302/62 กับคาบการสั่นธรรมชาติที่โปรแกรมได้วิเคราะห์ออกมา

5. ศึกษาโดยกำหนดแบบจำลองโครงสร้างอาคารเป็นรูปทรงไม่สม่ำเสมอบนฐานรากยึดแน่น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

no	Task Name	Duration	2020					2021							
			AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAR			
1	ค้นหาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างต้านทานแรงแผ่นดินไหว	5 week													
2	ศึกษาข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานการออกแบบอาคารและแผ่นดินไหวและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9 week													
3	ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้งานในส่วนของโปรแกรมที่จะนำมาใช้วิเคราะห์	7 week													
4	กำหนดขอบเขตของงานวิจัย	3 week													
5	หาข้อมูลของอาคารที่นำมาศึกษา	7 week													
6	สร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคาร	17 week													
7	วิเคราะห์โครงสร้างอาคาร	7 week													
8	เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวระหว่างชั้นของอาคารกับค่าที่ยอมให้	5 week													
9	สรุปผลการศึกษา	4 week													

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้เรียนรู้วิธีการสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม ETABS
- ได้เรียนรู้มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงกระทำเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว (มยผ. 1301-1302/61)
- ได้เรียนรู้วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการตอบสนองของโครงสร้างอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหว ทั้งวิธีการทางพลศาสตร์และวิธีการทางสถิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 แผ่นดินไหว

2.1.1 คำจำกัดความของแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้น สาเหตุมาจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก (แผ่นธรณี) หรือสั่นสะเทือนและคายพลังงานออกมา เปลือกโลกมีการเคลื่อนตัวอยู่ 3 ลักษณะคือ 1. แผ่นธรณีเคลื่อนตัวออกจากกัน 2. แผ่นธรณีเคลื่อนที่เฉือนกัน 3. แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน ศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวสามารถเกิดขึ้นได้ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของผิวโลก ความลึกที่เคยวัดได้สูงสุดอยู่ในชั้นแมนเทิล บริเวณเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว ณ ตำแหน่งผิวโลกเรียกว่า จุดเหนือศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว นอกจากแผ่นดินไหวจะสามารถเกิดขึ้นได้จากบริเวณรอยต่อของเปลือกโลกแล้วยังสามารถเกิดขึ้นบริเวณจุดร้อน(Hot spot) ซึ่งหินหนืดร้อนลอยตัวขึ้นจากเนื้อโลกตอนล่างแล้วประทุขึ้นมาจากเนื้อโลกเป็นลักษณะภูเขาไฟรูปโล่

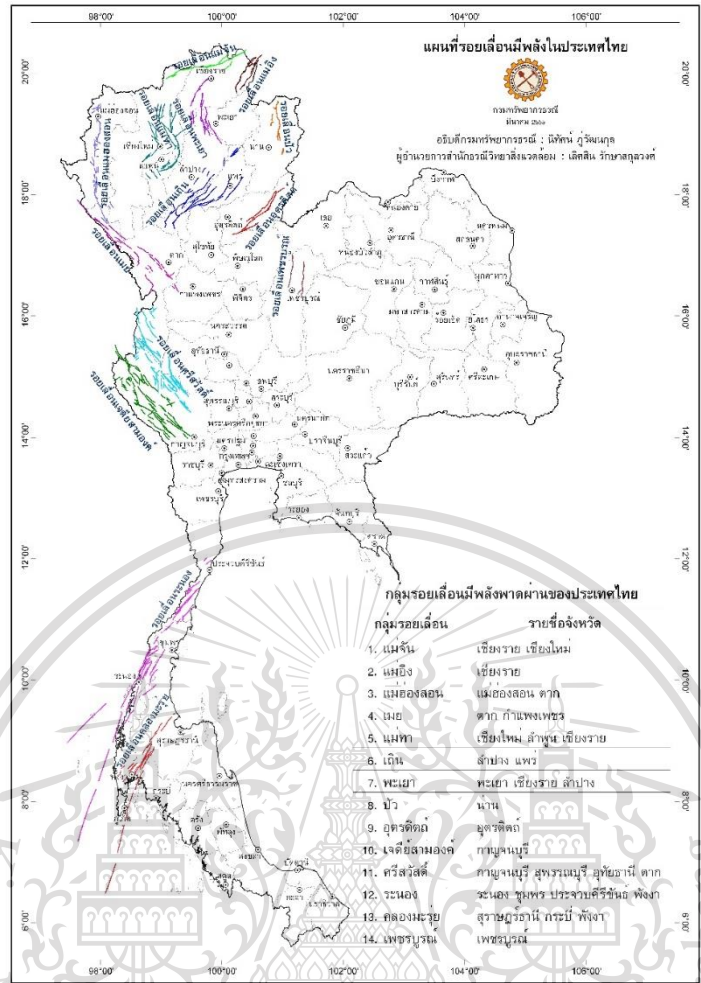
2.1.2 ความเสี่ยงภัยของแผ่นดินไหวในประเทศไทย

หากพิจารณาจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวของประเทศไทยสามารถจำแนกออกได้เป็นหลัก 2 กรณี คือ 1. กรณีความเสี่ยงภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางในประเทศ โดยศูนย์กลางดังกล่าวได้แก่ แนวรอยเลื่อนมีพลังในบริเวณภาคเหนือ จังหวัดกาญจนบุรี และบริเวณภาคใต้ ที่มีข้อมูลทางธรณีวิทยาแสดงว่ารอยเลื่อนดังกล่าว มีพลังและมีศักยภาพที่จะทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กลงถึงใหญ่ได้ เช่น รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ที่จังหวัดกาญจนบุรี รอยเลื่อนแม่จัน รอยเลื่อนพะเยา รอยเลื่อนแม่ทาที่บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และจังหวัดพะเยา 2. กรณีความเสี่ยงภัยจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีศูนย์กลางอยู่นอกประเทศในระยะไกล แต่ส่งผลกระทบต่ออาคารและสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย โดยเฉพาะในบริเวณที่สภาพดินฐานรากเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนที่มีความหนามากจะทำให้อาคารในพื้นที่นั้นมีความเสี่ยงสูงขึ้น เนื่องจากดินอ่อนจะขยายแรงสั่นสะเทือนให้สูงขึ้น ซึ่งอาคารในกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลจะมีความเสี่ยงในลักษณะนี้โดยเรียกความเสี่ยงนี้ว่า “ความเสี่ยงต่อ แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ระยะไกล” รอยเลื่อนใหญ่ที่สำคัญต่อการเกิดแผ่นดินไหวและส่งผลกระทบต่อประเทศไทยดังกล่าวได้แก่ รอยเลื่อนสะแกง (Sagaying Fault) รอยเลื่อนสุมาตรา และรอยเลื่อนแม่น้ำแดง ซึ่งรอยเลื่อนเหล่านี้สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.1 ภาพรอยเลือนน้ำพลงต่างๆภายในประเทศไทย

ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้เริ่มที่จะให้ความสำคัญกับผลกระทบอันเนื่องมาจากภัยพิบัติของแผ่นดินไหวมากขึ้น รวมไปถึงมาตรการเตรียมพร้อมรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพด้วยเหตุนี้ ในปี พ.ศ. 2540 จึงได้มีการออกกฎกระทรวงฉบับที่ 49 ภายใต้ พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร ฯ เพื่อกำหนดให้มีมาตรฐานในการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือและจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งในเวลาต่อมากฎกระทรวงดังกล่าวได้ถูกแทนที่โดยกฎกระทรวงโดยกฎกระทรวง พ.ศ. 2550 ซึ่งปรับปรุงขยายพื้นที่ควบคุมให้ครอบคลุมถึงกรุงเทพมหานครและปริมณฑลและจังหวัดในภาคใต้

กฎกระทรวงดังกล่าวฉบับนี้ได้ว่าเป็นก้าวสำคัญของการดำเนินการลดภัยพิบัติแผ่นดินไหวของประเทศไทย อย่างไรก็ตามข้อกำหนดต่าง ๆ ในการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว ที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงนั้น อ้างอิงมาจากมาตรฐานแม่แบบในต่างประเทศที่ค่อนข้างล้าสมัย ส่งผลให้การออกแบบมี ข้อจำกัดหลายประการและไม่สอดคล้องกับองค์ความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งแต่เดิมนั้นมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302-52) ซึ่งได้ประกาศใช้เมื่อปี 2552 ได้พิจารณาเลือก

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

มาตรฐาน ASCE7-05 ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาใช้เป็นมาตรฐานแม่แบบ และได้ดำเนินการปรับแก้ข้อกำหนดสัมประสิทธิ์ ค่าตัวประกอบ สูตรและ สมการออกแบบบางส่วน เพื่อให้มาตรฐานฉบับนี้มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาวะการณของประเทศไทยแต่เนื่องจากมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่รุนแรงขึ้น ประกอบกับมีข้อมูลแผ่นดินไหวและผลการศึกษาทางธรณีวิทยาเพิ่มเติม จึงได้มีการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1301/1302-61) ให้สอดคล้องกับสภาวะการณและข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในปัจจุบัน อาทิ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแอ่งดินกรุงเทพ ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงค่าสเปกตรัมตอบสนองสำหรับการออกแบบของอำเภอและจังหวัดต่าง ๆ การพัฒนาและปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเชิงพลศาสตร์ (วิธี Modal Response Spectrum Analysis) ให้มีความถูกต้องมากขึ้น และได้ทำการปรับปรุงเนื้อหาบางประเด็นใน มยผ. 1302 ให้มีความชัดเจน สมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้น ตลอดจนสามารถนำมาใช้ในการออกแบบอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว

2.2.1 ความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ความรุนแรงแผ่นดินไหว วัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดแผ่นดินไหวและหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุสิ่งก่อสร้างสั่นไหว หรือเสียหายในลักษณะทางกายภาพของพื้นที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น ความรุนแรงแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายมาตราแต่ที่นิยมใช้ใน ประเทศไทยได้แก่มาตราเมอร์แคลลีซึ่งมี 12 อันดับ (MM Scale) เรียงลำดับจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ รุนแรงน้อยที่สุดจนถึงรุนแรงมากที่สุด

เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวอาคารต่าง ๆ จะมีการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คือ ระดับความรุนแรงจากแผ่นดินไหว คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร อัตราส่วนความหน่วงของอาคาร และปัจจัยประกอบอื่น ๆ ในมาตรฐานนี้ ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวและผลตอบสนองของอาคาร แสดงอยู่ในรูปของ “ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม” ซึ่งเป็นค่าบนพื้นดินและมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามคาบการสั่นและอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อันดับ	เหตุการณ์แผ่นดินไหว
I	ไม่รู้สึกลับไหว ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ
II	รู้สึกบางคน โดยเฉพาะผู้อยู่ชั้นบนของอาคาร สิ่งของแกว่งไกว
III	ผู้อยู่ในอาคารรู้สึก เฉพาะผู้อย่างยิ่งผู้อยู่ชั้นบนของอาคาร แต่ผู้คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว
IV	ในเวลากลางวันผู้คนในอาคารรู้สึกมาก แต่ผู้อยู่นอกอาคารรู้สึกบางคน จาน หน้าต่าง ประตูสั่น ความรู้สึกเหมือนรถบรรทุกชนอาคาร
V	เกือบทุกคนรู้สึก หลายคนตกใจตื่น วัตถุที่ไม่มั่นคงล้มคว่ำ เสา ต้นไม้ แกว่งไกว
VI	ทุกคนรู้สึก เครื่องเรือนเคลื่อน ปล่องไฟแตก เกิดความเสียหายเล็กน้อยกับอาคาร
VII	ทุกคนตกใจวิ่งออกนอกอาคาร อาคารที่ออกแบบดีไม่เสียหาย เสียหายเล็กน้อยถึงปานกลางกับอาคารสิ่งก่อสร้างธรรมดา เสียหายมากกับอาคารที่ออกแบบมาไม่ดี ผู้ خبرรู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว
VIII	เสียหายเล็กน้อยกับอาคารที่ออกแบบไว้ดี เสียหายมากในอาคารธรรมดา บางส่วนของอาคารพังทลาย เสียหายอย่างหนักมากในอาคารที่ออกแบบไม่ดี ผนังอาคารหลุดออกนอกอาคารปล่องไฟพัง ดินและทรายพุ่งขึ้นมา
IX	เสียหายมากในอาคารที่ออกแบบไว้ดี โครงสร้างก่อสร้างบิดเบนจากแนวตั้ง เสียหายอย่างมากกับอาคารและบางส่วนพังทลาย ตัวอาคารเคลื่อนจากรฐานราก พื้นดินแตก ท่อใต้ดินแตกหัก
X	อาคารไม้ที่สร้างไว้ไม่ดี เสียหาย โครงสร้างอาคารพังทลาย รางรถไฟบิด พื้นดินแตก แผ่นดินถล่มหลายแห่ง ทรายและโคลนพุ่งจากพื้นดิน
XI	สิ่งก่อสร้างเหลืออยู่น้อย สะพานถูกทำลาย พื้นดินมีรอยแยกกว้าง ท่อใต้ดินเสียหายทั้งหมด รางรถไฟบิดงอมาก
XII	เสียหายทั้งหมด เห็นคลื่นบนพื้นดิน เส้นแนวระดับตาบิด วัตถุสิ่งของกระเด็นในอากาศ

ตารางที่ 2.1 แสดงปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นเมื่อเกิดแผ่นดินไหว ตามมาตราเมอร์แคลลี

โดยทั่วไปอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่าอัตราส่วนความหน่วงลดลงเมื่ออาคารมีความสูงเพิ่มขึ้นสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีความสูงไม่เกิน 60 เมตร ให้ใช้ค่าอัตราส่วนความหน่วงไม่เกินร้อยละ 5 ส่วนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความสูงเกินกว่า 60 เมตร ให้ใช้ค่าอัตราส่วนความหน่วงไม่เกินร้อยละ 2.5 อาคารที่ใช้โครงสร้างเหล็กให้ใช้ค่าอัตราส่วนความหน่วงไม่เกินร้อยละ 2.5 อนุญาตให้ใช้ค่าอัตราส่วนความหน่วงสูงกว่าที่กำหนดข้างต้นเฉพาะในกรณีที่วิศวกรสามารถแสดงข้อมูลที่เชื่อถือได้ว่าโครงสร้างที่กำลังพิจารณามีอัตราส่วนความหน่วงเป็นค่าอื่น เช่น อาคารที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการสั่นไหว

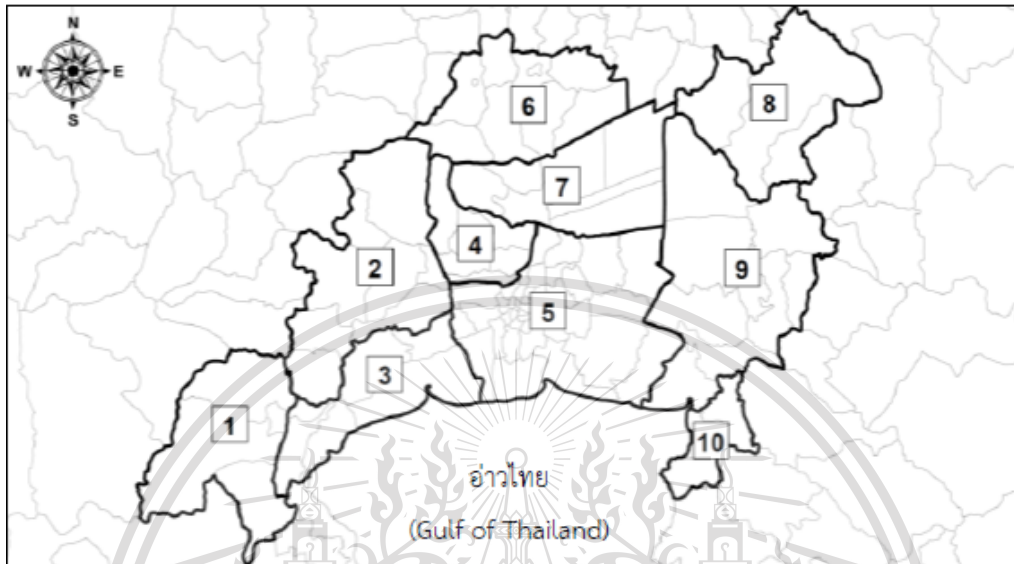
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.2 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร

พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพครอบคลุมกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑลหลายจังหวัด พื้นที่นี้ได้ถูกแบ่งย่อยเป็น 10 โซน ดังรูปที่ 2.2 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบในพื้นที่ 10 โซนนี้ขึ้นกับวิธีการออกแบบ ดังนี้



แผนที่แสดงการแบ่งโซนพื้นที่แอ่งกรุงเทพฯ เพื่อการออกแบบ อาคารต้านทานแผ่นดินไหว

โซน 1	โซน 3	โซน 6	โซน 9
จังหวัดเพชรบุรี	จังหวัดสมุทรสาคร	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	จังหวัดนครนายก
- อ.เขาย้อย	(ทั้งจังหวัด)	- อ.ลาดบัวหลวง	- อ.องครักษ์
จังหวัดราชบุรี	จังหวัดสมุทรสงคราม	- อ.บางไทร	จังหวัดปราจีนบุรี
- อ.ปากท่อ	(ทั้งจังหวัด)	- อ.บางปะอิน	- อ.บ้านสร้าง
- อ.วัดเพลง	โซน 4	- อ.วังน้อย	จังหวัดฉะเชิงเทรา
- อ.เมืองราชบุรี	จังหวัดนนทบุรี	- อ.เสนา	- อ.บางน้ำเปรี้ยว
	(ทั้งจังหวัด)	- อ.อุทัย	- อ.บางคล้า
โซน 2	โซน 5	- อ.ท่าเรือ	- อ.ราชสาสน์
จังหวัดราชบุรี	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	- อ.บางบาล	- อ.คลองเขื่อน
- อ.ดำเนินสะดวก	(ทั้งจังหวัด)	- อ.เมืองพระนครศรีอยุธยา	- อ.บ้านโพธิ์
- อ.บางแพะ	จังหวัดสมุทรปราการ	โซน 7	- อ.บางปะกง
จังหวัดนครปฐม	(ทั้งจังหวัด)	จังหวัดปทุมธานี	- อ.เมืองฉะเชิงเทรา
- อ.สามพราน	จังหวัดสมุทรปราการ	(ทั้งจังหวัด)	โซน 10
- อ.พุทธมณฑล	(ทั้งจังหวัด)	จังหวัดนครนายก	จังหวัดชลบุรี
- อ.นครชัยศรี	จังหวัดสมุทรปราการ	- อ.บ้านนา	- อ.พานทอง
- อ.ดอนตูม	(ทั้งจังหวัด)	- อ.ปากพลี	- อ.เมืองชลบุรี
- อ.บางเลน		- อ.เมืองนครนายก	
- อ.เมืองนครปฐม			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.2 รูปแผนที่แสดงการแบ่งโซนพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพและปริมณฑล
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 เพื่อออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3 ตัวแปรหรือค่าที่จำเป็นในการคำนวณ

ระบบต้านแรงด้านข้างและระบบรับน้ำหนักบรรทุกทุกแนวตั้งของโครงสร้างอาคารอาจเป็นระบบใดระบบหนึ่งที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.2 หรือเป็นระบบผสมที่ได้จากการรวมระบบโครงสร้างหลายแบบ ระบบโครงสร้างที่สามารถเลือกใช้ได้จะขึ้นกับประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor, R) และตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (System Over strength Factor, Ω_0) ของระบบโครงสร้างแต่ละแบบให้เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบเหล่านี้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าแรงเฉือนที่ฐาน (Base Shear) แรงในองค์อาคาร เพื่อการออกแบบ (Element Design Force) และการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ด้านข้างระหว่างชั้น (Story Drift) ระบบโครงสร้างที่เลือกใช้จะต้องได้รับการออกแบบและกำหนดรายละเอียดของโครงสร้าง (Detailing) ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานอ้างอิงที่เกี่ยวข้องและข้อกำหนดเพิ่มเติมตามที่ระบุในมาตรฐานฉบับนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Over strength Factor, Ω_0) และตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบ		
		R	Ω_0	Cd	ด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
					ข	ค	ง
1. กำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง (Bearing wall System)	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	*
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	5	2.5	5	✓	✓	✓
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)	3	2.5	3	✓	×	×
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	×
2. ระบบโครงอาคาร (Building Frame System)	โครงแกนเหล็กแบบเยื้องศูนย์ที่ใช้จุดต่อแบบรับแรงดัดได้ (Steel Eccentrically Braced Frame with Moment Resisting Connections)	8	2	4	✓	✓	✓
	โครงแกนเหล็กแบบเยื้องศูนย์ที่ใช้จุดต่อแบบรับแรงเฉือน (Steel Eccentrically Braced Frame with Non-Moment Resisting Connections)	7	2	4	✓	✓	✓
	โครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์แบบให้รายละเอียดพิเศษ (Special Steel Concentric Braced Frame)	6	2	5	✓	✓	✓
	โครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์แบบธรรมดา (Ordinary steel Concentric Braced Frame)	3.5	2	3.5	✓	✓	×
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	6	2.5	5	✓	✓	✓
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	5	2.5	4.5	✓	✓	*
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	×	×
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	5	2.5	4.5	✓	✓	×

หมายเหตุ ✓ = ใช้ได้ × = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2(มผย.1301 1302-61) ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3(มผย.1301 1302-61)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Over strength Factor, Ω_0) และตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd) (ต่อ)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบ		
		R	Ω_0	Cd	ด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
					ข	ค	ง
3. ระบบโครงสร้างดัด (Moment Resisting Frame)	โครงสร้างดัดเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	√	√	√
	โครงสร้างดัดเหล็กที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	√	√	√
	โครงสร้างดัดเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Ordinary Steel Moment-Resisting Frame)	4.5	3	4	√	√	*
	โครงสร้างดัดเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	√	√	√
	โครงสร้างดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวพิเศษ (แบบหล่อในที่หรือแบบหล่อสำเร็จ) (Precast or Cast in Place Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)++	8	3	5.5	√	√	√
	โครงสร้างดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวปานกลางหรือความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment Resisting Frame)	5	3	4.5	√	√	*
	โครงสร้างดัดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	√	x	x
4. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มีโครงสร้างดัดที่มีความเหนียวที่สามารถต้านทานแรงด้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำอาคารทั้งหมด (Dual System with Ductile/Special Moment Resisting Frame)	ร่วมกับโครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์แบบพิเศษ (Special Steel Concentrically Braced Frame)	7	2.5	5.5	√	√	√
	ร่วมกับโครงแกนเหล็กแบบเอียงศูนย์ (Steel Eccentrically Braced Frame)	8	2.5	4	√	√	√
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear wall)	7	2.5	5.5	√	√	√
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear wall)	6	2.5	5	√	√	*

หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2(มยพ.1301 1302-61) ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3(มยพ.1301 1302-61)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Over strength Factor, Ω_0) และตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd) (ต่อ)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C _d	ข	ค	ง
5. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มี โครต้านแรงคัตที่มีความเหนียว ปานกลางหรือความเหนียว จำกัดที่สามารถต้านทานแรง ด้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำกับอาคาร ทั้งหมด (Dual System with Moment Resisting Frame with limited Ductile/Dual System with Intermediate Moment Resisting Frame)	ร่วมกับโครงแกนเหล็กแบบตรงศูนย์แบบพิเศษ (Special Steel Concentrically Braced Frame)	6	2.5	5	✓	✓	x
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear wall)	6.5	2.5	5	✓	✓	✓
	ร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear wall)	5.5	2.5	4.5	✓	✓	*
6. ระบบปฏิสัมพันธ์ (Shear wall Frame Interactive System)	ระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกำแพงรับแรงเฉือนและโครต้านแรงคัต แบบธรรมดาที่ไม่มีการให้รายละเอียดความเหนียว (Shear wall Frame Interactive System with Ordinary Reinforced Concrete Moment Frame and Ordinary Concrete Shear wall)	4.5	2.5	4	✓	x	x
7. ระบบโครงสร้างเหล็กที่ไม่ มีการให้รายละเอียดสำหรับรับ แรงแผ่นดินไหว (Steel System Not Specifically Detailed for Seismic Resistance)	ระบบโครงสร้างเหล็กที่ไม่มีการให้รายละเอียดสำหรับรับแรง แผ่นดินไหว	3	3	3	✓	✓	x

หมายเหตุ ✓ = ใช้ได้ × = ห้ามใช้ * = ดูหัวข้อ 2.3.1.2(มผย.1301 1302-61) ++ = ดูหัวข้อ 2.3.1.3(มผย.1301 1302-61)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.4 การเคลื่อนที่ตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

2.2.4.1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้

การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่เกิดจากแผ่นดินไหวสำหรับออกแบบ (Design Story Drift, Δ) ที่คำนวณได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่าหรือวิธีพลศาสตร์จะต้องมีค่าไม่เกินค่าที่ยอมให้ (Allowable Story Drift) ในกรณีที่อาคารมีการปิดตัวรอบแกนตั้งอย่างชัดเจน เมื่อถูกแรงแผ่นดินไหวกระทำ การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น นี้จะต้องรวมผลของการบิดตัวของอาคารไปด้วย ในกรณีที่อาคารมีประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวแบบ ค หรือ แบบ ง และมีความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงโครงสร้างในแนวราบแบบ 1ก หรือ 1ข ค่า Δ จะเป็นค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้น ณ ขอบด้านใดด้านหนึ่งของอาคาร ณ ชั้นที่พิจารณา ที่มีค่ามากที่สุด องค์อาคารของระบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีใช้ส่วนหนึ่งของระบบโครงสร้างด้านแรงแผ่นดินไหวจะต้องได้รับการออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนด ของมาตรฐาน ACI1318

2.2.4.2 การเคลื่อนตัวของอาคารเมื่อรับแรงแผ่นดินไหว

ตามมาตรฐานการออกแบบอาคารสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือความสามารถในการรับแรงของอาคาร โดยที่อาคารนั้นจะต้องมีการเคลื่อนตัวไม่น้อยกว่าค่าที่ยอมให้ มาตรฐาน มยผ.1302-52 ระบุว่า ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ที่แต่ละชั้นของอาคาร δ_x สามารถหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (2.2-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัวดังแสดง ในตารางที่ 2.2
 δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวที่จุดศูนย์กลางมวลที่ชั้น x เนื่องจากแรงสถิตย์เทียบเท่าที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอิลาสติก
 I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาค่า δ_{xe} จะต้องพิจารณาถึงผลของการแตกร้าวขององค์อาคาร คอนกรีตและอิฐก่อ ที่มีต่อค่าสติเฟนขององค์อาคารเหล่านั้น ตามข้อกำหนด ค่า Δ ที่ คำนวณได้จะต้องมีค่าไม่เกิน Δ_a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 ตารางการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_a)

ลักษณะโครงสร้าง	ประเภทความสำคัญของอาคาร		
	I หรือ II	III	IV
โครงสร้างที่ไม่ใช่ผนังอิฐก่อรับแรงเฉือนและสูงไม่เกิน 4 ชั้น ซึ่งผนังภายใน ฉากกั้นห้อง ฝ้าเพดาน และผนังภายนอกถูกออกแบบให้สามารถทนต่อการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นได้มาก	0.025h _{sx}	0.020h _{sx}	0.015h _{sx}
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบยื่นจากฐานรองรับ	0.010h _{sx}	0.010h _{sx}	0.010 h _{sx}
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่น ๆ	0.007h _{sx}	0.007h _{sx}	0.007h _{sx}
โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด	0.020h _{sx}	0.015h _{sx}	0.010h _{sx}

หมายเหตุ

1. h_{sx} คือความสูงระหว่างชั้นที่อยู่ใต้พื้นที่ชั้นที่ x
2. อาคารชั้นเดียวที่มีผนังภายใน ฉากกั้นห้อง ฝ้าเพดาน และผนังภายนอกที่ถูกออกแบบให้สามารถทนต่อการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นได้มาก จะมีการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นเท่าใดก็ได้ไม่จำกัด แต่ยังคงต้องพิจารณาการเว้นระยะห่างระหว่างโครงสร้างตามหัวข้อที่ 2.113
3. โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบยื่นจากฐานรองรับ หมายถึงอาคารที่ถูกออกแบบให้ใช้กำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนเป็นชั้นส่วน โครงสร้างในแนวดิ่งซึ่งยื่นมาจากฐานรองรับและถูกก่อสร้างในลักษณะที่มีถ่ายโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนระหว่างกำแพงข้างเคียงแบบ(แบบ Coupling Beam) น้อยมาก

2.2.5 การเลือกวิเคราะห์โครงสร้าง

วิศวกรผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้วิธีวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหววิธีใดวิธีหนึ่งตามเกณฑ์ที่แสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งขึ้นกับประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหวคุณสมบัติเชิงพลศาสตร์และความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.4 วิธีวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการ ออกแบบ ต้านทาน แผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีสถิต เทียบเท่า	วิธีสเปกตรัม การ ตอบสนอง แบบโหมด	วิธีวิเคราะห์ การตอบสนอง แบบประวัติ เวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
ง	อาคารที่มีประเภทความสำคัญแบบ I หรือ II ที่ใช้โครงสร้างเบา(Light-frame Construction)	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารแบบอื่น ๆ ที่มีประเภทความสำคัญแบบ I หรือ II และมีความสูงไม่เกิน 2 ชั้น	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารที่มีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอ และมีความสูงไม่เกิน 50 เมตร	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารนอกแอ่งกรุงเทพฯ ฯ ที่มีรูปทรงโครงสร้างสม่ำเสมอที่สูงเกิน 50 เมตร และมีคาบการสั่นพื้นฐานน้อยกว่า 3.5Ts	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารที่มีความสูงไม่เกิน 50 เมตร และมีความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงโครงสร้างในแนวระนาบแบบ 2, 3, 4 หรือ 5 ในแนวตั้งหรือ แบบ 4, 5ก หรือ 5ข	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต
	อาคารแบบอื่น ๆ	ไม่ อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 การคำนวณโครงสร้างอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว

2.3.1 การคำนวณโครงสร้างด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์

การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ (1) วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โครงสร้างแบบเชิงเส้น และ (2) วิธีแบบประวัติเวลา ซึ่งแบ่งย่อยได้เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างแบบเชิงเส้นและแบบไม่เชิงเส้น ในการใช้วิธีวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นจะต้องทราบความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างก่อนที่จะเริ่มทำการวิเคราะห์ได้ ดังนั้นในการออกแบบเพื่อกำหนดความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้าง วิศวกรผู้ออกแบบสามารถ เลือกใช้วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต (Modal Response Spectrum Analysis) หรือ วิธีวิเคราะห์การตอบสนองของโครงสร้างเชิงเส้นแบบประวัติเวลา (Linear Response History Procedure) โดยวิธีแบบประวัติเวลาจะมีความถูกต้องสูงกว่าวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต วิธีวิเคราะห์การตอบสนองของโครงสร้างไม่เชิงเส้นแบบประวัติเวลา (Nonlinear Response History Procedure) ใช้ในกรณีที่ ต้องการตรวจพิสูจน์สมรรถนะของโครงสร้างที่มีความซับซ้อนหรือมีความสำคัญ ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ให้ค่าการตอบสนองที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ

2.3.1.1 วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต

ในการออกแบบด้วยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต (Modal Response Spectrum Analysis) วิศวกรจะต้องทำการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อกำหนดค่าคาบการสั่นและรูปร่างโหมตธรรมชาติ ของการสั่นไหวของโครงสร้าง โดยใช้แบบจำลองอาคารที่จำลองมวลและสติฟเนสของโครงสร้างอาคารอย่าง ถูกต้อง สเปกตรัมการตอบสนองสำหรับการออกแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต จะต้องเป็นสเปกตรัมสำหรับอัตราส่วนความหน่วงสอดคล้องกับอัตราส่วนความหน่วงของอาคารที่กำลังออกแบบนั้น

1. จำนวนของโหมตที่ต้องพิจารณา

ในการวิเคราะห์จะต้องพิจารณารวมการตอบสนองจากหลายโหมต โดยจำนวนโหมตที่พิจารณา จะต้องเพียงพอที่จะทำให้ผลรวมของน้ำหนักประสิทธิผลเชิงโหมต (Effective Modal Weight, or Modal Weight Participation) มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของน้ำหนักประสิทธิผลทั้งหมดของอาคาร สำหรับแต่ละทิศทางของแผ่นดินไหวในแนวราบที่ตั้งฉากกัน โดยที่น้ำหนักประสิทธิผลเชิงโหมตสำหรับโหมตที่ m (W_m) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3-1 ในกรณีทีวิเคราะห์แบบ 2 มิติ

$$W_m = \frac{(\sum_{i=1}^n \phi_{im} W_i)^2}{\sum_{i=1}^n \phi_{im} W_i} \quad (2.3-1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยที่ ϕ_{im} คือ ค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างของระดับชั้นที่ i ของอาคารที่เกิดในโหมตที่ m ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ในทิศทางที่พิจารณา (คำนวณได้จากรูปร่างโหมตธรรมชาติของการสั่นไหวของโครงสร้าง)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

W_i คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ i
 n คือ จำนวนชั้นทั้งหมดของอาคาร

2. การคำนวณค่าการตอบสนองแต่ละโหมด

การคำนวณค่าการตอบสนอง เช่น การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drifts) แรงที่ถ่ายลงสู่ฐานราก (Support Reaction Forces) หรือแรงภายในขององค์อาคาร (Member Forces) สำหรับแต่ละโหมดจะต้องคำนวณโดยใช้คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์ของแต่ละโหมด และใช้สเปกตรัมการตอบสนองที่ ซึ่งเป็นการตอบสนองสูงสุดของระบบยึดหยุ่นเชิงเส้น

ค่าแรงภายในที่ใช้สำหรับออกแบบกำลังความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้างยกเว้นค่าแรงเฉือน สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างแนวตั้งเป็นรายชิ้นส่วน ให้ใช้ค่าการตอบสนองสูงสุดของระบบ ยึดหยุ่นเชิงเส้นในแต่ละโหมดคูณด้วย $\frac{1}{R}$ โดยที่ R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor) และ I คือ ตัวประกอบความสำคัญ (Important Factor) ของอาคาร

ในที่นี้หากคำนวณแรงเฉือนรวมที่ฐาน (Total Base Shear) ซึ่งรวมผลจากหลายโหมดด้วยวิธีรากที่สองของผลรวมของค่ากำลังสอง (Square Root of Sum of Squares, SRSS) หรือวิธีการรวมแบบสมบูรณ์ของค่ากำลังสอง (Complete Quadratic Combination, CQC) โดยทุกโหมดถูกคูณด้วย $\frac{1}{R}$ จะได้ค่าแรงเฉือนที่ฐานจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ (Total Base Shear, V_t) สำหรับใช้ในการคำนวณตัวคูณปรับ ค่า (S_F)

$$V_t = \frac{1}{R} \sqrt{V_{b,1e}^2 + V_{b,2e}^2 + V_{b,3e}^2 + \dots} \quad (2.3-2)$$

โดยที่ $V_{b,ie}$ คือ แรงเฉือนรวมที่ฐานในโหมด i ของระบบยึดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic)

ในกรณีที่ต้องการคำนวณค่าแรงเฉือนสำหรับการออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างแนวตั้งเป็นรายชิ้นส่วน (Individual Vertical Member) สำหรับโหมดแรกของการสั่นไหวในแต่ละทิศทางในแนวราบให้คูณค่าแรงเฉือนสูงสุดของชิ้นส่วนนั้นในระบบยึดหยุ่นเชิงเส้นด้วย $\frac{S_F \Omega_0}{R}$ โดยที่ Ω_0 คือ ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน และ S_F คือ ตัวคูณปรับค่า สำหรับโหมดอื่น ๆ ให้คูณค่าแรงเฉือนสูงสุดของชิ้นส่วนนั้นในระบบยึดหยุ่นเชิงเส้นด้วย I จากนั้นรวมค่าการตอบสนองของทุกโหมดที่พิจารณาด้วยวิธีรากที่สองของผลรวมของค่ากำลังสอง (SRSS) ตามสมการที่ 2.3-3 หรือวิธีการรวมแบบสมบูรณ์ของค่ากำลังสอง (CQC) จะได้ค่าแรงเฉือนที่ ต้องต้านทานเพื่อใช้ในการออกแบบกำลังรับแรงเฉือนของชิ้นส่วนโครงสร้างแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_t = \frac{1}{R} \sqrt{\left(\frac{S_F \Omega_0 V_{1e}}{R}\right)^2 + V_{b,2e}^2 + V_{b,3e}^2 + \dots} \quad (2.3-3)$$

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

โดยที่ V_{1e} , V_{2e} และ V_{3e} คือ แรงเฉือนในระบบยึดหยุ่นเชิงเส้นในโหมดที่ 1, 2, และ 3

ตามลำดับวิธีการคำนวณนี้เรียกว่า Modified Response Spectrum Analysis (MRSA) ซึ่งเป็นการปรับวิธีการคำนวณแรงเฉือนที่ต้องต้านทานให้การออกแบบมีความปลอดภัยโดยพิจารณาแรงเฉือนเนื่องจากโหมดสูงเป็นแบบยึดหยุ่นเชิงเส้นในการออกแบบแรงเฉือนในเสาที่ต้องใช้ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน ค่าจากสมการที่ 2.3-3 ถือว่าได้ คุณตัวประกอบกำลังส่วนเกินแล้วจึงไม่ต้องคูณตัวประกอบกำลังส่วนเกินซ้ำอีก หรือ ที่กำหนดให้คุณค่าแรงเฉือนเป็นสองเท่า ค่าจากสมการที่ 2.3-3 ไม่ต้องคูณสองอีกในการคำนวณแรงภายในอื่นนอกเหนือจากแรงเฉือนสำหรับการออกแบบชิ้นส่วน เช่น โหมดตัด ให้ใช้ค่า $\frac{1}{R}$ คูณผลตอบสนองแบบยึดหยุ่นเชิงเส้นของทุกโหมดได้ ดังสมการที่ 4.9

การเคลื่อนตัวและการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ประมาณว่าจะเกิดขึ้นจริง ซึ่งพิจารณาผลของการตอบสนองแบบอินอีลาสติก คำนวณได้จากการเคลื่อนตัวและการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้แรงที่ใช้ออกแบบกำลังความแข็งแรงของชิ้นส่วนโครงสร้าง (ค่าการเคลื่อนตัวที่คุณด้วย $\frac{1}{R}$ แล้ว) คุณด้วยค่า $\frac{C_d}{I}$ ซึ่งเทียบเท่ากับค่าการเคลื่อนตัวของระบบยึดหยุ่นเชิงเส้น คุณด้วย $\frac{C_d}{R}$ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ ระหว่างชั้นที่ประมาณว่าจะเกิดขึ้นจริงเป็นค่าที่ใช้ในการตรวจสอบ

$$\delta = \frac{C_d}{R} \sqrt{\delta_{1e}^2 + \delta_{2e}^2 + \delta_{3e}^2 + \dots} \quad (2.3-4)$$

$$\Delta = \frac{C_d}{R} \sqrt{\Delta_{1e}^2 + \Delta_{2e}^2 + \Delta_{3e}^2 + \dots} \quad (2.3-5)$$

โดยที่ δ_{1e} , δ_{2e} และ δ_{3e} คือ การเคลื่อนตัวในระบบยึดหยุ่นเชิงเส้นในโหมดที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ และ Δ_{1e} , Δ_{2e} และ Δ_{3e} คือ การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นในระบบยึดหยุ่นเชิงเส้นในโหมดที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ

3. การรวมค่าการตอบสนองจากหลายโหมด

การตอบสนองสูงสุดของโครงสร้างหาได้จากการรวมค่าการตอบสนองจากหลายโหมดที่คำนวณตามหัวข้อ 2. เข้าด้วยกันโดยใช้วิธีการรวมการตอบสนองที่เหมาะสม เช่น วิธีรากที่สองของผลรวมของค่ากำลังสอง (Square Root of Sum of Squares, SRSS) ดังสมการที่ 2.3-6

$$r_o = \sqrt{\sum_{n=1}^N r_{no}^2} \quad (2.3-6)$$

โดยที่ r_o คือ ค่าการตอบสนองรวม,

r_{no} คือ ค่าการตอบสนองสูงสุดของโหมดที่ n, และ

N คือ จำนวนโหมดที่พิจารณาหรือวิธีการรวมแบบสมบูรณ์ของค่ากำลังสอง (Complete

Quadratic Combination, CQC) ดัง สมการที่ 3.7

$$r_o = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N \rho_{in} r_{io} r_{no}} \quad (2.3-7)$$

4. การปรับค่าการตอบสนองเพื่อใช้ในการออกแบบ

แรงภายในที่ใช้ในการออกแบบจากวิธีเชิงพลศาสตร์ไม่ควรต่ำกว่าแรงภายในที่ใช้ในการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่ามากเกินไป ดังนั้นจึงให้คำนวณแรงเฉือนที่ฐาน (Base Shear, V) ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent Lateral Force Procedure) โดยคำนวณแรงสำหรับแต่ละทิศทางที่ตั้งฉากกันในแนวราบ และใช้ค่าคาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง (Fundamental Period, T) ที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ในแต่ละทิศทาง หากค่าคาบการสั่นที่คำนวณได้จากวิธีเชิงพลศาสตร์มีค่ามากกว่า 1.5 เท่าของค่าคาบการสั่นที่คำนวณได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่า ให้กำหนดค่าคาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้างเท่ากับ 1.5 เท่า ของค่าคาบการสั่นที่คำนวณได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่าในทิศทางนั้น ๆ ข้อกำหนดนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดค่าแรงเฉือนที่ต่ำเกินไป เพราะโดยทั่วไปค่าคาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง ที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์มักจะมีค่ามากกว่าคาบการสั่นพื้นฐานที่คำนวณได้ เนื่องจากแบบจำลองคณิตศาสตร์อาจไม่ได้พิจารณาสติฟเนสจากส่วนประกอบย่อยของอาคาร ครบทุกชิ้นส่วน หากค่าแรงเฉือนที่ฐานจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ (Modal Base Shear, $t V$) ซึ่งคำนวณจากการรวมการตอบสนองของโหมดต่าง ๆ ตามสมการที่ 2.3-2 มีค่าน้อยกว่า 85% ของค่าแรงเฉือนที่ฐาน (Base Shear, V) ที่ได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่าข้างต้น ให้ปรับค่าแรงภายในที่ใช้ในการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์โดยคูณด้วยตัวประกอบปรับค่า (Scaling Factor) $S_F = 0.85 \frac{V}{V_t}$ ทั้งนี้ไม่ต้องคูณปรับค่าการเปลี่ยนตำแหน่งของพื้น (Floor Displacements) และการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Story Drifts) ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์

5. การกระจายแรงเฉือนในแนวราบ

การกระจายแรงเฉือนในแนวราบไม่ต้องคูณขยายโมเมนต์บิดโดยบังเอิญ หากได้พิจารณาผลกระทบจากโมเมนต์บิดโดยบังเอิญรวมอยู่ในการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์แล้ว การพิจารณาโมเมนต์บิดโดยบังเอิญในการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ให้ทำโดยขยับจุดศูนย์กลางมวล ให้เคลื่อนไปจากเดิมเป็นระยะ 0.05 เท่าของความยาวอาคารด้านที่ตั้งฉากกับทิศทางแผ่นดินไหวที่กำลังพิจารณา โดยแยกพิจารณาแต่ละกรณีของการขยับไปทั้งสองทิศทางไปและกลับ ตามแนวแกนหลักของโครงสร้าง ทั้งสองแกนที่ตั้งฉากกันในแนวราบรวม 4 กรณี แล้วใช้ค่าที่วิกฤตที่สุดจากทุกกรณีในการออกแบบ ในกรณีที่โปรแกรมช่วยคำนวณคำนึงถึงผลของแรงบิดโดยบังเอิญด้วยการใช้ผลของแรงและโมเมนต์ บิดแบบสถิตเพิ่มเติมเข้าไปในผลการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์โดยมิได้ทำการขยับตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเรียงในแฟ้มเอกสารที่หาซื้อได้เพียงผู้ซื้อเท่านั้น เมื่อผู้ซื้อเห็นเอกสารนี้เป็นการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม ยกเว้นที่พิมพ์เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. ผลของ P-Delta

การพิจารณาผลของ P-Delta ซึ่งคำนวณค่า θ ใช้ค่าแรงเฉือนและค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่สอดคล้องกันซึ่งได้จากการคำนวณภายใต้วิธีแรงสถิตเทียบเท่า หากการวิเคราะห์ที่ได้คำนึงถึงผลของ P-Delta แล้ว เช่น การพิจารณาความไม่เชิงเส้นแบบเรขาคณิต (Geometric Nonlinearity) หรือ การวิเคราะห์อันดับสอง (Second-order Analysis) ไม่ต้องคูณขยายค่า ผลตอบสนองด้วยอัตราส่วน $\frac{1}{1-\theta}$ แต่ยังคงต้องตรวจสอบว่า θ จะต้องไม่เกิน θ_{max}

7. การตรวจสอบความเครียดรวมเนื่องจากแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ดัดในกำแพงรับแรงเฉือน

ในการออกแบบกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดของกำแพงรับแรงเฉือน โดยใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ต้องต้านทาน มีสมมติฐานว่าชิ้นส่วนโครงสร้างมีความเหนียวจึงยอมให้มีกำลังต้านทานต่ำกว่าแรงที่เกิดขึ้นแบบอิลาสติก ในการออกแบบจึงต้องตรวจสอบความเครียดที่อาจจะเกิดขึ้นจริง หากตำแหน่งใดมีความเครียดเกินขีดจำกัดของการครากดึงของเหล็กเสริมหรือใกล้จะเกิดการประลัยแบบอัดของคอนกรีต กล่าวคือความเครียดมีค่าเกิน 0.002 จะต้องมีการเสริมเหล็กปลอกพิเศษให้ชิ้นส่วนมีความเหนียวในบริเวณนั้น ตามข้อกำหนดการให้รายละเอียดความเหนียวในบทที่ 5 ของมยพ.1301 1302-62 ซึ่งการครากอาจเกิดขึ้นที่ตำแหน่งอื่นตามความสูงของกำแพงรับแรงเฉือนนอกเหนือจากบริเวณฐาน จึงต้องตรวจสอบการครากโดยการ ตรวจสอบความเครียดที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจใช้วิธีแบบประมาณ ดังนี้

$$\text{ความเครียดดึง} \quad \epsilon_t = \frac{P}{E_c A_g} + \frac{M}{E_c I_{eff}} \left(C + \frac{1}{3} C_{long} \right) \quad (2.3-8)$$

$$\text{ความเครียดอัด} \quad \epsilon_c = \frac{P}{E_c A_g} - \frac{M}{E_c I_{eff}} \left(C - \frac{1}{3} C_{long} \right) \quad (2.3-9)$$

โดยที่ E_c , ϵ_t คือ ค่าความเครียดอัดและความเครียดดึงของกำแพงตามลำดับ,

M , P คือ ค่าโมเมนต์ดัดและแรงอัดตามแนวแกนของกำแพงตามลำดับ ซึ่งคำนวณได้จาก การวิเคราะห์ RSA แบบยืดหยุ่นเชิงเส้น (ไม่มีการคูณหรือหารด้วยตัวประกอบต่างๆ) และรวมผลของแผ่นดินไหวกับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้งที่ปรับค่าแล้ว (Factored Gravity Load) แรงตามแนวแกนแบบอัดให้มีค่าเป็นลบ

C คือ ระยะจากแกนสะเทินแบบอิลาสติกถึงตำแหน่งที่ต้องการคำนวณความเครียด C_{long} คือ ระยะจากแกนสะเทินแบบอิลาสติกถึงขอบของหน้าตัดชิ้นส่วนด้านที่ไกลกว่า

A_g คือ พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของกำแพง

E_c คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต และ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

I_{eff} คือ ค่าโมเมนต์ของความเฉื่อยประสิทธิผลที่ปรับลดค่าเนื่องจากการแตกตัวของหน้าตัดคอนกรีต (Effective Moment of Inertia of Cross-Sectional Area)

2.3.2 การคำนวณโครงสร้างด้วยวิธีสถิตเทียบเท่า

วิธีแรงสถิตเทียบเท่า วิธีนี้เริ่มจากการคำนวณหาค่าแรงสถิตเทียบเท่าในรูปของแรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V) จากนั้นจึงกระจายแรงไปยังชั้นต่าง ๆ ของอาคาร แรงที่เกิดขึ้นภายในองค์อาคารต่าง ๆ เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำร่วมกับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้งของอาคารจะเป็นแรงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ออกแบบกำลังต้านทานขององค์อาคารเหล่านี้ และใช้หาค่าการเคลื่อนตัว นอกจากนี้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้าง เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่า เมื่อถูกนำไปปรับแก้ด้วยตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว จะเป็นค่าการเคลื่อนตัว และการโก่งตัวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ

2.3.2.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

แรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V) คำนวณจาก

$$V = C_s W \quad (2.3-10)$$

โดยที่ C_s คือ สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว

W คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร

1. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว

สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว (C_s) คำนวณจาก

$$C_s = S_a \left(\frac{I}{R} \right) \quad (2.3-11)$$

โดยที่ S_a คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T)

R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร และ

C_s จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.01

2.3.2.2 การคำนวณค่าคาบการสั่นพื้นฐาน

ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน (Fundamental Period, T) ในทิศทางแกนหลักของอาคาร สามารถคำนวณได้โดยวิธีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม การคำนวณค่าคาบการสั่นพื้นฐาน (หน่วยเป็นวินาที) สามารถคำนวณจากสูตรการประมาณค่าดังนี้ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก $T = 0.02H$ (2.3-12)

อาคารโครงสร้างเหล็ก $T = 0.03H$ (2.3-13)

โดยที่ H คือ ความสูงของอาคารวัดจากพื้นดิน มีหน่วยเป็นเมตร

วิธี ข

คาบการสั่นพื้นฐาน (หน่วยเป็นวินาที) สามารถคำนวณจากลักษณะการกระจายมวล (หรือน้ำหนัก) ภายในอาคาร และสถิติเฟสของระบบโครงสร้างต้านแรงด้านข้างของอาคาร ด้วยวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม และค่าคาบการสั่นพื้นฐานที่คำนวณได้จากวิธี ข. จะต้องไม่เกิน 1.5 เท่าของค่าที่คำนวณได้จาก วิธี ก. ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน อาจคำนวณจากสมการดังนี้

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i \delta_i^2)}{g \sum_{i=1}^n (F_i \delta_i)}} \quad (2.3-14)$$

- โดยที่ F_i คือ แรงสถิติเทียบเท่าที่กระทำต่อชั้นที่ i (นิวตัน)
 δ_i คือ การเคลื่อนตัวในแนวนอนของอาคารที่ชั้นที่ i ไม่รวมผลของการบิด ณ ตำแหน่งศูนย์กลางมวลของชั้นที่ เกิดจากแรงสถิติเทียบเท่า (เมตร)
 g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (เมตร/วินาที²)
 n คือ จำนวนชั้นของอาคาร
 w_i คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ i (นิวตัน)

2.3.2.3 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่าง ๆ

แรงสถิติเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวนอน (F_x) คำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (2.3-15)$$

และ
$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.3-16)$$

- โดยที่ C_{vx} คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง
 w_i และ w_x คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้น i และ x ตามลำดับ
 h_i และ h_x คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\begin{aligned}
 k &= 1.0 && \text{เมื่อ } T \leq 0.5 \text{ วินาที} \\
 k &= 1 + \frac{T-0.5}{2} && \text{เมื่อ } 0.5 < T < 2.5 \text{ วินาที} \\
 k &= 2.0 && \text{เมื่อ } T \geq 2.5 \text{ วินาที}
 \end{aligned}$$

2.3.2.4 การกระจายแรงเฉือนในแนวราบ

แรงเฉือน ณ ชั้นใด ๆ ของอาคารที่เกิดจากแรงสถิตเทียบเท่า (V_x) ให้คำนวณจาก

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (2.3-17)$$

แรงเฉือน ณ ชั้นใด ๆ (V_x) จะกระจายไปยังองค์อาคารแนวดิ่งที่เป็นส่วนของโครงสร้างด้านแรงด้านข้างในชั้นที่พิจารณาตามสัดส่วนสติเฟเนสด้านข้างขององค์อาคารเหล่านั้น

ในกรณีที่ไดอะแฟรมเป็นแบบกึ่งแข็งกึ่งอ่อนการกระจายแรงนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงสติเฟเนสสัมพัทธ์ระหว่าง ไดอะแฟรมกับองค์อาคารแนวดิ่งซึ่งทำหน้าที่ต้านแรงด้านข้างด้วย

1. แรงบิดจากลักษณะของโครงสร้าง

ในกรณีที่ไดอะแฟรมมิได้เป็นแบบไดอะแฟรมอ่อน การกระจายแรงเฉือน ณ ชั้นใด ๆ จะต้องพิจารณาถึงผลของแรงบิดจากลักษณะโครงสร้าง (Inherent Torsion Moment, M_t) ซึ่งเกิดเนื่องจากการที่จุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass) อยู่เยื้องจากจุดศูนย์กลางของความแข็งเกร็ง (Center of Rigidity) ในกรณีของไดอะแฟรมอ่อน การกระจายแรงเฉือน ณ ชั้นใด ๆ ไปสู่องค์อาคารแนวดิ่งที่ด้านแรง ด้านข้างจะขึ้นกับตำแหน่งและน้ำหนักบรรทุกที่องค์อาคารนั้นแบกรับอยู่

2. แรงบิดโดยบังเอิญ (Accidental torsion)

ในกรณีที่ไดอะแฟรมมิได้เป็นแบบไดอะแฟรมอ่อน การออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวจะต้องพิจารณาถึง ผลของแรงบิดจากลักษณะโครงสร้าง (M_t) รวมกับแรงบิดโดยบังเอิญ (Accidental Torsion, M_{tn}) โดยที่แรงบิดโดยบังเอิญนี้สร้างขึ้นด้วยการสมมติให้จุดศูนย์กลางมวล เยื้องออกจากตำแหน่งเดิม เป็นระยะทางร้อยละ 5 ของมิติของอาคารในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของแรงเฉือน

ในกรณีที่การออกแบบอาคารจำเป็นต้องพิจารณาผลรวมของแรงแผ่นดินไหวใน 2 ทิศทางหลักที่ตั้งฉากกัน การย้ายศูนย์กลางมวลเพื่อสร้าง M_{tn} นี้ให้ทำเพียงทิศทางเดียว แต่ต้องเป็นทิศทางที่สร้างให้เกิดแรงบิดโดยบังเอิญที่รุนแรงกว่า

3. การขยายแรงบิดโดยบังเอิญ

ในกรณีที่อาคารมีประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวแบบ ค หรือ ง และมีความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงโครงสร้างในแนวระนาบ แบบ 1ก หรือ 1ข จะต้องขยายค่าแรงบิดโดยบังเอิญในทุก ๆ ชั้นโดยการคูณ M_{tn} ด้วยตัวประกอบขยายแรงบิดโดยบังเอิญ (A_x) ซึ่งคำนวณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นใบแจ้งประสงค์เห็นว่าการคัดลอกเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมายและต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_x = \left(\frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{\text{avg}}} \right)^2 \quad (2.3-18)$$

โดยที่ δ_{\max} คือ ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดในแนวราบ ณ ชั้นที่ x ที่คำนวณโดยสมมติให้

$$A_x = 1 \text{ (เมตร)}$$

δ_{avg} คือ ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในแนวราบที่ขอบของอาคารทั้ง 2 ด้าน ณ ชั้น x ที่คำนวณโดยสมมติให้ $A_x = 1$ (เมตร) หากค่า A_x ที่คำนวณจากสมการ (2.3-18) มีค่ามากกว่า 3.0 ให้ใช้ค่า $A_x = 3.0$

ในกรณีของอาคารที่มีโครงสร้างแบบน้ำหนักเบา (เช่น โครงสร้างไม้ หรือ โครงเหล็กกรีดเย็น) ไม่จำเป็นต้องเพิ่มค่าแรงบิดโดยบังเอิญ

2.3.3 การคำนวณค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น

ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่เกิดจากแผ่นดินไหวสำหรับออกแบบ (Design Story Drift, Δ) คำนวณจาก ผลต่างระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้นบนและชั้นล่างที่ โดยที่การเคลื่อนที่ในแนวราบที่ศูนย์กลางมวลของชั้นใด ๆ (δ_x) คำนวณจาก

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (2.3-19)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนที่ในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอิลาสติก

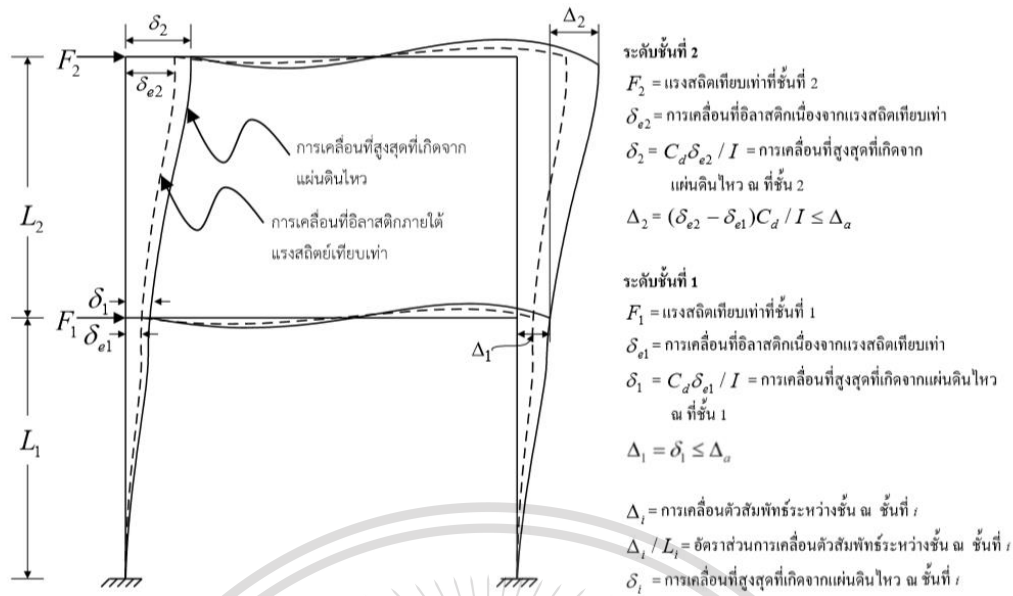
I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาค่า δ_{xe} จะต้องพิจารณาถึงผลของการแตกร้าวขององค์อาคารคอนกรีตและอิฐก่อที่มีต่อค่าสติเฟนสขององค์อาคาร ค่า Δ ที่คำนวณได้จะต้องมีค่าไม่เกิน Δ_a ตามข้อกำหนด ในกรณีที่ผู้ออกแบบคำนวณค่าคาบการสั่นพื้นฐานของอาคารโดยใช้แบบจำลองโครงสร้างด้วยวิธี χ และได้ค่ามากกว่า 1.5 เท่าของค่าที่คำนวณได้จากวิธี κ อนุญาตให้นำค่าคาบการสั่นพื้นฐานนั้นไปคำนวณหาค่าแรงเฉือนที่ฐานอาคารตามสมการที่ 2.3-10 และ 2.3-11 และกระจายเป็นแรงตามชั้นต่าง ๆ ตามสมการที่ 2.3-15 และ 2.3-16 แล้วนำแรงดังกล่าวไปแทนที่แรงสถิตเทียบเท่าในการคำนวณหาค่า δ_{xe} โดยใช้แบบจำลองนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.3 การพิจารณาค่าการเคลื่อนที่ด้านข้างของชั้นอาคาร

2.3.4 ผลของ P-Delta

ผลของ P-Delta (ซึ่งเกิดจากการเอียงตำแหน่งของน้ำหนักบรรทุกทุกแนวตั้ง) ที่มีต่อแรงเฉือนในแต่ละชั้นแรงและโมเมนต์ดัดในองค์อาคารต่าง ๆ และการเคลื่อนที่ตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบอาคารหากค่าสัมประสิทธิ์เสถียรภาพ (Stability Coefficient, Θ) ที่คำนวณจาก สมการต่อไปนี้ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1

$$\Theta = \frac{P_x \Delta}{V_x h_{sx} C_d} \quad (2.3-20)$$

โดยที่ P_x คือ ผลรวมของน้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคารที่ระดับชั้น x และที่อยู่เหนือชั้น x ทั้งหมดรวมกัน

Δ คือ ค่าการเคลื่อนที่ตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น ณ ระดับชั้น x ที่เกิดจากแผ่นดินไหวสำหรับออกแบบ

V_x คือ แรงเฉือนในระดับระหว่างชั้น x และชั้น $x-1$ ที่เกิดจากแรงสถิตเทียบเท่า

h_{sx} คือ ระยะความสูงระหว่างชั้น x กับ ชั้น $x-1$

C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว

ค่า Θ ที่คำนวณได้ไม่ว่ากรณีใด ๆ จะต้องไม่เกิน Θ_{max} โดยที่

$$\Theta_{max} = \frac{0.5}{\beta C_d} \quad (2.3-21)$$

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

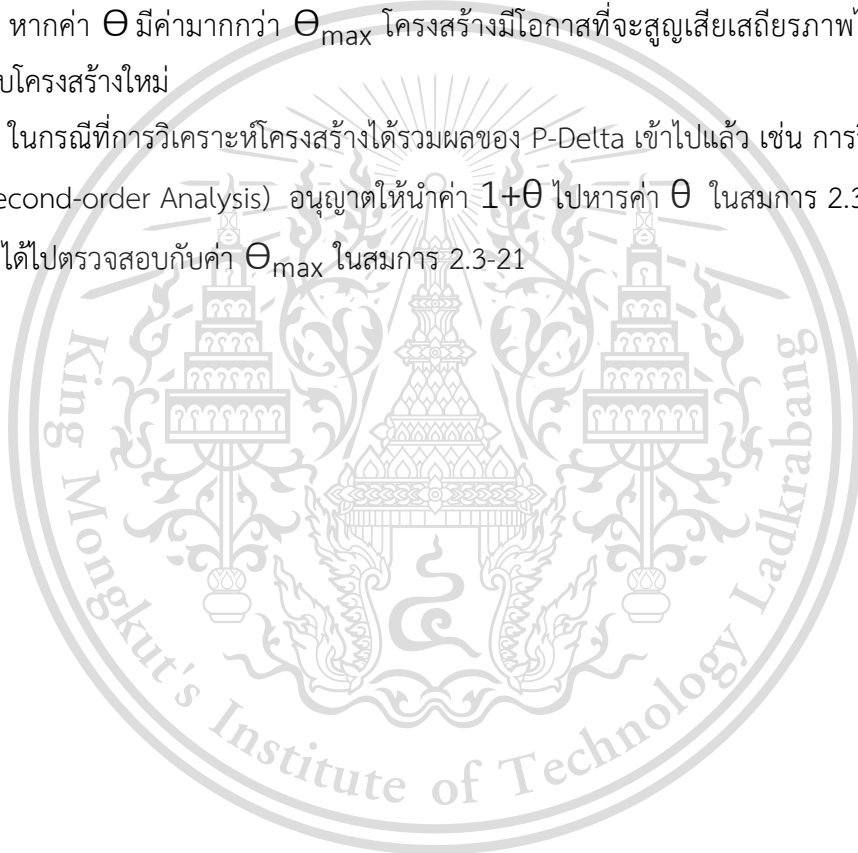
โดยที่ β คือ อัตราส่วนของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นต่อกำลังต้านทานแรงเฉือนของอาคารที่ระดับระหว่างชั้น x และ $x-1$ ซึ่งอาจหนดให้ $\beta = 1$ เพื่อเพิ่มสัดส่วนความปลอดภัยให้กับ การออกแบบโครงสร้าง

หากค่า Θ_{max} มีค่ามากกว่า 0.25 ให้กำหนดค่า Θ_{max} เท่ากับ 0.25

หากค่า Θ มีค่ามากกว่า 0.1 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ Θ_{max} ผลของ P-Delta ที่มีต่อการ เคลื่อนตัว และแรงภายในองค์อาคารต่าง ๆ จะต้องถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างอาคาร ในกรณี ดังกล่าวอนุญาตให้ประมาณการเพิ่มค่าการเคลื่อนตัวและแรงภายในองค์อาคารด้วยการคูณค่า เหล่านั้นด้วย $\frac{1}{1-\Theta}$

หากค่า Θ มีค่ามากกว่า Θ_{max} โครงสร้างมีโอกาสที่จะสูญเสียเสถียรภาพได้ จึงต้องทำการ ออกแบบโครงสร้างใหม่

ในกรณีที่การวิเคราะห์โครงสร้างได้รวมผลของ P-Delta เข้าไปแล้ว เช่น การวิเคราะห์ลำดับที่ สอง (Second-order Analysis) อนุญาตให้นำค่า $1+\Theta$ ไปหารค่า Θ ในสมการ 2.3-20 ก่อน แล้วจึง นำค่าที่ได้ไปตรวจสอบกับค่า Θ_{max} ในสมการ 2.3-21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 อาคารที่นำมาศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำอาคารจีทาวเวอร์ (G Tower) ซึ่งเป็นของบริษัท แกรน คาแนล แลนด์ จำกัด (มหาชน) มีรูปทรงอาคารเป็นรูปตัว G ดังรูป 2.4.1 ที่พัฒนาบนอสังหาริมทรัพย์ขนาด 73 ไร่บนถนนพระราม 9 ตัดกับถนนรัชดาภิเษก โดยพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด 134,779 ตารางเมตร ซึ่งพื้นที่เช่าทั้งอาคารรวม 66,000 ตารางเมตร ซึ่งถูกแบ่งเป็น 2 ฝั่งคือ ฝั่งเหนือที่สูง 39 ชั้น (ฝั่งซ้ายของรูป 2.4.2) ที่มีพื้นที่ 41,000 ตารางเมตร และฝั่งทิศใต้ที่สูง 27 ชั้น (ฝั่งขวาของรูป 2.4.2) ที่มีพื้นที่ 21,500 ตารางเมตร และโพเดียม 3,500 ตารางเมตร และมี master plan ของชั้น 18 และ 19 ดังรูป 2.4.3

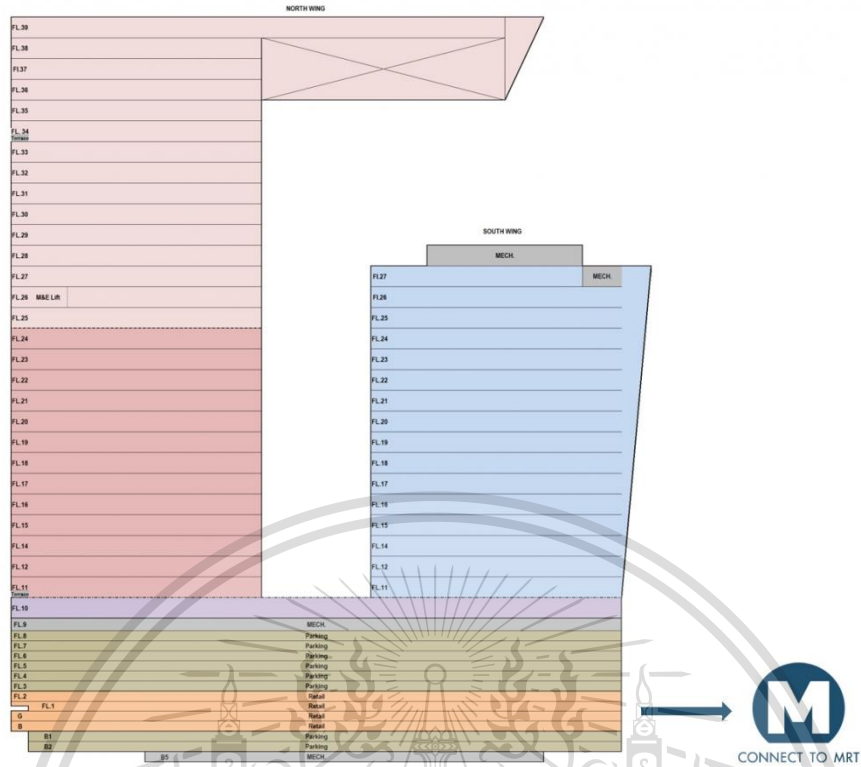


รูปที่ 2.4.1 อาคารจี ทาวเวอร์

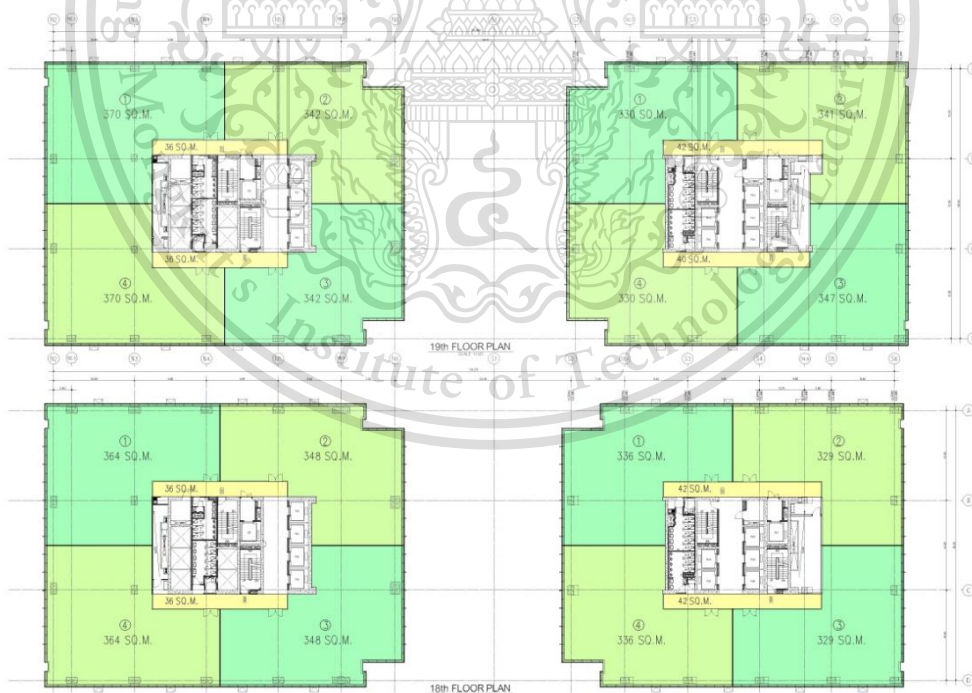
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4.2 รูปตัดอาคารจี ทาวเวอร์



รูปที่ 2.4.3 master plan ของจีทาวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยอาคารจี ทาวเวอร์ มีลักษณะการออกแบบให้อาคารฝั่งซ้ายมีความลาดเอียง 8 องศา โดยโครงสร้างอาคารเป็นแบบ Column Free Design ไม่มีเสาโครงสร้างกลางห้อง ทำให้ผู้เช่าสามารถ ออกแบบเพื่อใช้พื้นที่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีความสูงจากพื้นถึงฝ้า 3.00 เมตร ซึ่งเป็นความสูงที่สุดของพื้นที่มาตรฐานของอาคารสำนักงานเกรด เอ โดยภายในอาคารมีระบบป้องกันน้ำท่วมได้ถึง 2.2 เมตร จากความสูงของถนนรัชดาภิเษก อีกทั้งอาคารยังมีพื้นที่รับน้ำหนักได้ถึง 250 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และอาคารยังใช้ระบบปรับอากาศที่คำนึงถึงผู้ใช้งานในห้อง คือ แบ่งแอร์ ออกเป็น 2 โซน ปรับอุณหภูมิภายในห้อง และ บริเวณที่ใกล้แผงหน้าต่าง ทำให้อุณหภูมิภายในห้องอยู่ใน ระดับที่เหมาะสม สำหรับห้อง Server room ของผู้เช่าจะมีระบบปรับอากาศ 24 ชั่วโมง และมี Generator สำหรับรองรับการเชื่อมต่อการสำรองไฟฟ้า เพื่อให้ผู้เช่ามั่นใจในการดำเนินธุรกิจ

2.5 อาคารลักษณะต่างๆ

แบ่งประเภทของอาคารออกเป็น 5 ประเภท คือ อาคารประเภท ก. ข. ค. ง. จ.

2.5.1 อาคารประเภท ก.

หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

1. อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ห้องนอนขึ้นไป
2. โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่พักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 200 ห้องขึ้นไป
3. โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล ที่มีเตียง สำหรับรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไป
4. อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป
5. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 55,000 ตารางเมตรขึ้นไป
6. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป
7. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป
8. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.2 อาคารประเภท ข.

หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

1. อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 100 ห้องนอน แต่ไม่ถึง 500 ห้องนอน
2. โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 60 ห้อง แต่ไม่ถึง 200 ห้อง
3. หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 250 ห้องขึ้นไป
4. สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตรขึ้นไป
5. โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 เตียง แต่ไม่ถึง 30 เตียง
6. อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร
7. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 55,000 ตารางเมตร
8. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร
9. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร
10. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

2.5.3 อาคารประเภท ค.

หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

1. อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ไม่เกิน 100 ห้องนอน
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่อนุญาตให้ใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มอาคาร ไม่ถึง 60 ห้อง
3. หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง
4. สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 5,000 ตารางเมตร
5. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร
6. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,500 ตารางเมตร
7. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 250 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 500 ตารางเมตร

2.5.4 อาคารประเภท ง.

หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้

1. หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง
2. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร
3. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร

2.5.5 อาคารประเภท จ.

หมายความถึงภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง 100 ตารางเมตร

ประเภทอาคาร	ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำที่				
	ก	ข	ค	ง	จ
1.อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด	ตั้งแต่ 500 ห้องนอน	100 -ไม่ถึง 500 ห้องนอน	ไม่ถึง- 100 ห้องนอน	-	-
2.โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม	ตั้งแต่ 200 ห้อง	60 - ไม่ถึง 200 ห้อง	ไม่ถึง 60 ห้อง	-	-
3.หอพักตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก	-	ตั้งแต่ 250 ห้อง	50- ไม่ถึง 250 ห้อง	10 - ไม่ถึง 50 ห้อง	-

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4. สถานบริการ	-	ตั้งแต่ 5,000 ม. ²	1,000 - ไม่ถึง 5,000 ม. ²	-	-
5. โรงพยาบาลของทางราชการ หรือ สถานพยาบาลตามกฎหมาย	ตั้งแต่ 30 เตียง	10 - ไม่ถึง 30 เตียง	-	-	-
6. อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือ สถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ	ตั้งแต่ 25,000 ม. ²	5,000-ไม่เกินกว่า 25,000 ม. ²	-	-	-
7. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือเอกชน	ตั้งแต่ 55,000 ม. ²	10,000-ไม่ถึง 55,000 ม. ²	5,000-ไม่ถึง 10,000 ม. ²	-	-
8. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า	ตั้งแต่ 25,000 ม. ²	5,000-ไม่ถึง 25,000 ม. ²	-	-	-
9. ตลาด	เกินกว่าหรือเท่ากับ 2,500 ม. ²	1,500-ไม่ถึง 2,500 ม. ²	1,000-ไม่ถึง 1,500 ม. ²	500-ไม่ถึง 1,000 ม. ²	-
10. กภัตตาคารและร้านอาหาร	เกินกว่าหรือเท่ากับ 2,500 ม. ²	500-ไม่ถึง 2,500 ม. ²	250-ไม่ถึง 500 ม. ²	100-ไม่ถึง 250 ม. ²	ไม่ถึง 100 ม. ²

ตาราง 2.5 ตารางแสดงการแบ่งอาคารประเภทต่างๆ

2.6 งานวิจัยอ้างอิง

2.6.1 การศึกษาผลตอบสนองของหอกลั่นเหล็กแนวตั้งต่อแรงแผ่นดินไหว

ในกระบวนการศึกษาผลตอบสนองได้พิจารณาหอกลั่นเหล็กแนวตั้ง เนื่องจากในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมักมีสารที่อันตรายและสารไวไฟที่มีความเสี่ยงต่อการระเบิดหรือรั่วไหล อีกทั้งในปัจจุบันได้มีภัยธรรมชาติแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบ่อยครั้ง กรมโยธาธิการและผังเมืองได้มีการออกกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 กฎกระทรวงดังกล่าวได้ระบุให้ผู้คำนวณออกแบบโครงสร้างที่มีรูปแบบไม่สม่ำเสมอต้องคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้จากการคำนวณด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic Method) แต่ในปัจจุบันได้มีการออกแบบด้วยวิธีสถิตศาสตร์ (Equivalent static method) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ในการศึกษานี้ต้องการที่จะเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของหอกเหล็กแนวตั้งต่อแรงแผ่นดินไหวที่ฐานรองรับระหว่างการวิเคราะห์แบบวิธีสถิตศาสตร์ (Equivalent static method) กับวิธีพลศาสตร์ (Dynamic Method) โดยจะทำการวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอย่างง่าย (Simplified Model) และไฟไนต์เอลิเมนต์แบบจำลองสามมิติ (3D Finite Element Model) โดยใช้โปรแกรม STADD Pro

จากผลการศึกษาพบว่าในการวิเคราะห์แรงเฉือนที่ฐานการวิเคราะห์แบบวิธีพลศาสตร์ จะให้ค่าแรงเฉือนน้อยกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตศาสตร์ อยู่ประมาณ 25-36 % สำหรับกรณีที่ย่างปลา และ 23-32% ในกรณีใช้งาน จากผลที่ออกมาเราสามารถสรุปได้ว่าการคำนวณด้วยวิธีสถิตเทียบเท่าสามารถนำมาออกแบบเบื้องต้น

เนื่องจากให้ค่าที่มากกว่าเพื่อนำมาคำนวณขนาดฐานรากและกำลังรับน้ำหนักเบื้องต้น ส่วนวิธีพลศาสตร์เหมาะกับการนำมาวิเคราะห์ หลังออกแบบเบื้องต้นไปแล้วเพื่อเป็นการยืนยันในความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือประเมินการกำลังต้านแรงแผ่นดินไหวของโครงสร้างเก่าที่ออกแบบมาก่อนจะมีกฎกระทรวงออกมา

2.6.2 การศึกษาและเปรียบเทียบการเสริมกำลังต้านแรงแผ่นดินไหวของอาคารสูง

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิเคราะห์อาคารที่สร้างก่อนที่มีมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยการศึกษาจะเป็นการวิเคราะห์อาคารโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบพลศาสตร์เพียงวิธีเดียว แต่จะทำการเปรียบเทียบวิธีการเสริมกำลังต้านแผ่นดินไหวของโครงสร้างไม่ว่าจะเป็นการพอกด้วยคอนกรีต การพอกด้วยแผ่นเหล็ก การพอกด้วยโพลีเมอร์ และเสริมความแข็งแรงโดยโครงแกน โดยใช้เหล็ก Wide Flange เพื่อที่จะเปรียบเทียบพฤติกรรมของอาคารทั้งก่อนและหลังการเสริมกำลังต้านแผ่นดินไหว โดยทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Displacement) และการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inter-story Drift) อาคารที่จะนำมาศึกษาวิเคราะห์คือ อาคารอื้อจื่อเหลียง เป็นอาคารคอนกรีตเสริมสูง 38 ชั้นซึ่งถือว่าเป็นอาคารที่รูปทรงไม่สม่ำเสมอ

จากผลการทดลองจะพบการเคลื่อนตัวสูงสุดระหว่างชั้น ที่ชั้น 30 ของอาคาร โดยมีค่าเท่ากับ 0.0554 เมตร ด้วยการพอกคอนกรีต มีค่า 0.0553 เมตร ด้วยการพอกแผ่นเหล็ก มีค่า 0.0553 เมตร ด้วยการพอกด้วยโพลีเมอร์ และมีค่า 0.0543 เมตร ด้วยการเสริมเหล็กแกน ซึ่งทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่า 0.0555 เมตร ในเรื่องของด้านสถาปัตยกรรมใน 3 วิธีแรกจะไม่มีผลต่อด้านความสวยงามเลยเหมาะสมกว่าการเสริมเหล็กแกน แต่ในด้านของราคาการพอกด้วยคอนกรีตเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าเนื่องจากมีราคาที่ถูกที่สุดในบรรดาวัสดุที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2.6.3 Seismic Analysis of High Rise Structure Under Different type of RC Shear Walls for Estimation of Structural Response

Mahdi & Zahra [2019] ได้ทำการศึกษาการตอบสนองของโครงสร้างอาคารสูง 30 ชั้น ขนาด 38.5×35.5 เมตร ต่อแรงแผ่นดินไหวภายใต้รูปแบบของกำแพงรับแรงเฉือนที่แตกต่างกัน 5 รูปแบบ คือ Plus shape, Box shape, C-shape, E-shape และ I-shape โดยกำหนดให้พฤติกรรมของกำแพงรับแรงเฉือนเป็นแบบ Vertical Cantilever with Dual Frame system

ซึ่งทั้งคู่ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างอาคารสูงดังกล่าวโดยวิธี Response Spectrum Analysis ผ่านการสร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคารด้วยโปรแกรม ETABS ภายใต้เงื่อนไขของดิน 3 ประเภท คือ

- Hard soil (Allowable bearing capacity มากกว่า 10 t/m^2)
- Medium soil (Allowable bearing capacity น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 t/m^2)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- Soft soil (ดินที่มีโอกาสเกิดปรากฏการณ์ดินเหลว (liquefaction) เมื่อมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น)

จากผลการศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้างอาคารสูงดังกล่าวนี้ พบว่า พฤติกรรมการตอบสนองของกำแพงรับแรงเฉือนในรูปแบบของ Box shape , Plus shape และ I-shape นั้นมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบของ Box shape นั้น มีการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของโครงสร้าง (story displacement) ที่ต่ำกว่ารูปแบบอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด รวมถึงมีคาบการสั่นที่โหมดพื้นฐาน (Fundamental Mode) ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่นๆ ซึ่งทำให้สรุปได้ว่าตำแหน่งรวมไปถึงรูปแบบของกำแพงรับแรงเฉือนนั้น อาจมีผลต่อคาบการสั่นพื้นฐานของอาคารด้วยเช่นกัน ในขณะที่รูปแบบ Plus shape นั้นก่อให้เกิดค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง (story displacement) ที่ใกล้เคียงกันในทิศทางหนึ่ง แต่หากมองอีกทิศทางแล้วจะพบว่าค่าการเคลื่อนตัวที่ได้นี้นั้นค่อนข้างที่จะแตกต่างกันหรือกล่าวคือมีความสามารถในการต้านทานแรงบิด (Torsion) ที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบของ Box shape และจากการเปรียบเทียบพฤติกรรมและลักษณะของการเสียรูปภายใต้เงื่อนไขของดินทั้ง 3 ประเภทนั้น สามารถสรุปได้ว่า โหมดพื้นฐานการสั่นเดียวกันนั้น ชนิดของดินที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อลักษณะของการเสียรูปของตัวอาคารโดยรวม

อย่างไรก็ดี ผลรวม stiffness ของโครงสร้างอาคารนั้นมีผลโดยตรงต่อ displacement ของตัวอาคารด้วยเช่นกัน รวมไปถึงการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางพลศาสตร์นั้น ให้ค่าความเร่งที่ฐานใกล้เคียงกับความเป็นจริงกว่าเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตศาสตร์ ซึ่งค่าที่ได้จากวิธี Response Spectrum Analysis นั้นให้ค่าความเร่งที่ฐานต่ำกว่าวิธี Equivalent static โดยประมาณ 5 -15 % ซึ่งอาจนับว่าเป็นผลดีต่อความปลอดภัยของตัวอาคารที่มากขึ้นสำหรับการออกแบบ

2.6.4 Comparison of static and dynamic pushover analysis in assessment of the target displacement

ในการศึกษาเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวด้วยวิธีการคำนวณแบบสถิตศาสตร์และแบบ Dynamic Pushover analysis โดยวิธี Pushover analysis เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้วิเคราะห์ได้ดีอีกวิธีหนึ่ง เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของวิธี non-linear static analysis โดยงานวิจัยนี้ได้สมมติอาคารที่มีความยาวสามช่วง โดยส่วนกลางกว้าง 7.5 เมตร ที่ริมสองข้างมีความกว้าง 6.0 เมตร โดยแต่ละชั้นมีความสูง 3.6 เมตร โดยทำการเปรียบเทียบกับคำนวณด้วยวิธีสถิตศาสตร์ ความต้านทานแรงดัดที่ข้อต่อ ได้สมมติจำนวนชั้นของอาคารคือ 2, 5, 10, 15, 20 ชั้น อยู่บนฐานยึดแน่น ออกแบบให้แต่ละชั้นรับน้ำหนัก 500 กิโลกรัม/ตารางเมตร รับน้ำหนักบรรทุกทุกจร 250 กิโลกรัม/ตารางเมตร ในส่วนหลังคาออกแบบให้รับน้ำหนัก 400 กิโลกรัม/ตารางเมตร รับน้ำหนักบรรทุกทุกจร 100 กิโลกรัม/ตารางเมตร โครงสร้างตั้งอยู่ในดินบริเวณประเภท B หรือ ดินเหนียวแน่น ใน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

พื้นที่แผ่นดินไหวโซนที่ 4 ในการคำนวณนี้อ้างอิง 1997 Uniform building code (UBC97) แรงที่กระทำ อ้างอิงจากแรงแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจริงที่ผ่านมา 5 ครั้งในอดีต ในการคำนวณจะใช้วิธี 2 line, 3 line ของการคำนวณ Pushover analysis และการคำนวณแบบ สถิติศาสตร์(FEMA356) เพื่อมา เปรียบเทียบกับวิธี time history analysis เพื่ออ้างอิงและ ทำการหาว่าวิธีไหนแม่นยำมากกว่า จากการคำนวณ จะพบว่าในการคำนวณแบบ pushover analysis แบบ 3 line และ model load pattern (SRM) จะให้ค่าที่ แม่นยำมากที่สุด และจะมีค่าแม่นยำมากขึ้นอีกเมื่อมีความต้านทานแรงดัดที่ข้อต่อของอาคารที่สมมติขึ้นที่มีความ สูงเท่ากับ 15 และ 20 ชั้น

2.6.5 การควบคุมการสั่น ในตึกสูงไทเป 101 โดยใช้ Tuned Mass Damper (TMD)

สำหรับอาคารที่มีการออกทางที่ทันสมัย อาคารจะยิ่งสูงยิ่งยืดหยุ่นและเร็วขึ้น ทำให้ไวต่อลมและ แผ่นดินไหวทำให้กลายเป็นปัญหาร้ายแรง เพื่อที่จะลดการตอบสนองแบบพลศาสตร์ในตึกสูงระฟ้าจะใช้การเพิ่ม ความหน่วงให้กับโครงสร้าง โดยวิธีแบ่งได้ 2 วิธี คือ passive control และ active control แต่ ตามรายงานที่ศึกษาเสร็จแล้วกล่าวว่า การตอบสนองของโครงสร้างที่เกิดจากลมจะลดลงได้อย่างมากโดยใช้วิธี passive control อุปกรณ์ Passive Control ที่มีประสิทธิภาพ หน้าที่หลักของ TMD คือการลดการตอบสนอง แบบพลศาสตร์ของโครงสร้าง ด้วยการเปลี่ยนแปลงความถี่พื้นฐานโครงสร้าง ให้ความถี่ที่ชั้นบนสามารถควบคุม ให้เป็นไปตามเกณฑ์ความปลอดภัยได้

การเพิ่มความหน่วงให้กับโครงสร้างจะใช้ Tuned Mass Damper (TMD) ซึ่งมีขนาดใหญ่ มักติดตั้ง ส่วนบนของอาคารสูง โดยจะทำการปรับความถี่ธรรมชาติของ TMD ให้เท่ากับความถี่ธรรมชาติของโครงสร้าง โดยการศึกษากำหนดเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆสำหรับ TMD ภายใต้การกระตุ้นต่างๆ เพื่อคำนวณการ ตอบสนองของโครงสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ TMD ในแง่ของการบรรเทาการสั่นสะเทือน ในโครงสร้างหลัก โดยจะศึกษาภายใต้การกระตุ้นฮาร์โมนิกอย่างสม่ำเสมอและการกระตุ้นแบบสุ่ม ด้วยความหนาแน่นสเปกตรัม white noise (สัญญาณรบกวนแบบแบนด์กว้าง) สำหรับความหน่วงของ ระบบหลัก ซึ่งให้เห็นว่าความหน่วงของระบบหลักมีผลน้อยมากต่อค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมของ TMD สำหรับระบบจริงที่มีความหน่วงน้อย ถ้าสภาพความถี่เป็นที่พอใจก็สมเหตุสมผลที่จะใช้ค่าที่เหมาะสมของ TMD สำหรับระบบเทียบเท่าที่ไม่มี ความหน่วงเพื่อลดการตอบสนองแบบพลศาสตร์ของระบบได้

จากตึกสูงระฟ้าจะพบเห็นการสั่นตามลมและการสั่นขวางลม และตอบสนองแบบการบิด สำหรับ ตึกสูงการสั่นขวางลมจะรุนแรงกว่าการสั่นตามลม อย่างไรก็ตามการโค้งและความเร่งใกล้เคียงอาคารมักเพิ่มขึ้น จากการสั่นแบบบิดที่เป็นผลจากลม แต่การสั่นแบบขวางลมและแบบบิดซับซ้อนมาก จึงไม่มีหลักการเคราะห์ที่ แม่นยำพอในการวิเคราะห์ ผลการทดสอบอุโมงค์ลมสำหรับไทเป 101 จึงทำนายว่า การตอบสนองขวางลม มีอำนาจมากกว่าการสั่นสะเทือนโดยรวมที่เกิดจากลม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ขณะ TMD ถูกติดตั้ง การโก่งที่เกิดจากลมในทิศเดียวกับลมและขวางลมบนชั้น ที่ 89 จะเห็นได้ว่าถูก ทำให้ลดลงอย่างเห็นได้ชัดและมีประสิทธิภาพในการบรรเทาการตอบสนองแบบพลศาสตร์ที่ไม่พึงปรารถนาของอาคาร แต่ไม่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองแบบสถิติ โดยการลดลงของการโก่งทำให้ประสิทธิภาพในระยะยาวของตึกดีขึ้น และความทนทานขององค์ประกอบส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างดีขึ้น อย่างมากเช่นกัน

การตอบสนองต่อแผ่นดินไหวระยะไกลของตึกไทเป 101 พบเห็นได้ว่า ที่ชั้น 89 มีการโก่งตัวน้อยมาก (0.054 เมตร) เมื่อเทียบกับตึกที่มีขนาดใหญ่ แต่การตอบสนองความเร่งค่อนข้างมาก เนื่องจากตึกมีความสูงมาก แต่เมื่อมี TMD ความเร่งที่ชั้น 89 ลดลงอย่างมากทั้งทิศ x และ y และขนาดของสเปกตรัมก็ลดลงแต่ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญแต่ TMD ปรับได้เฉพาะถึงโหมดการสั่นสะเทือนแรกของโครงสร้างเท่านั้น ดังนั้นการลดการสั่นสะเทือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวด้วย TMD จึงไม่มีประสิทธิภาพเท่าการลดการตอบสนองที่เกิดจากลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

การดำเนินการ

3.1 รูปแบบการวิจัยหรือแบบแผนการวิจัย

ศึกษาแบบจำลองโครงสร้างของอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว (มยพ.1301-1302/61) โดยศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร (Lateral Displacement) การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inner Story Drift) และความสามารถในการต้านทานแรงบิดโดยบังเอิญ (Accidental Torsion Resistance) ระหว่างวิธีทางพลศาสตร์และวิธีทางสถิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดที่ยอมให้ (Allowable Lateral Displacement)

3.2 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ และเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องไว้ให้อย่างละเอียดในบทที่ 2

3.3 เครื่องมือวิจัย

วิเคราะห์โครงสร้างของอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอด้วยวิธีพลศาสตร์และสถิตศาสตร์เพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการเคลื่อนตัวด้านข้าง และการเคลื่อนตัวระหว่างชั้น และความสามารถต้านทานการบิดโดบังเอิญโดยใช้โปรแกรม Etabs 17

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ค้นคว้าข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างต้านทานแรงแผ่นดินไหว
2. ศึกษาข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานการออกแบบอาคารและแผ่นดินไหวและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้งานในส่วนของโปรแกรมที่จะนำมาใช้วิเคราะห์
4. กำหนดขอบเขตของงานวิจัย
5. หาข้อมูลของอาคารที่นำมาศึกษา
6. สร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคาร
8. วิเคราะห์โครงสร้างอาคาร
9. เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวระหว่างชั้นของตัวอาคารกับค่าที่ยอมให้
10. สรุปผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

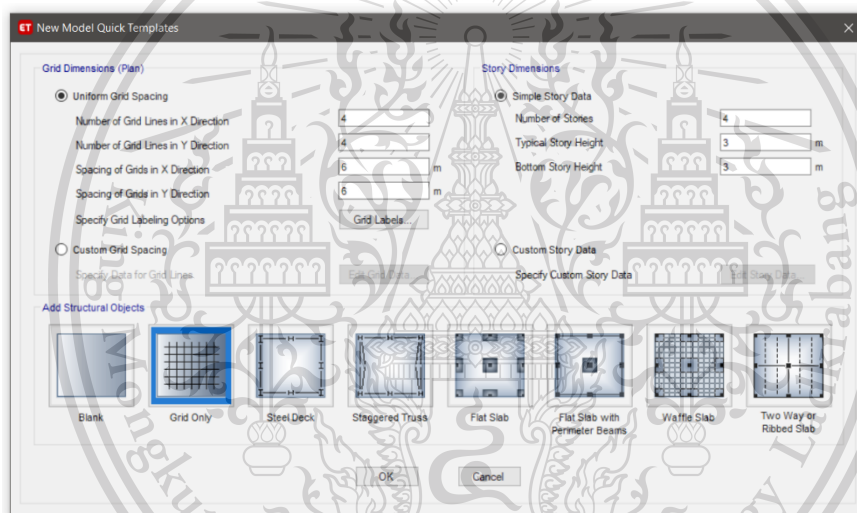
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 การสร้างแบบจำลองอาคาร

3.5.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Etabs

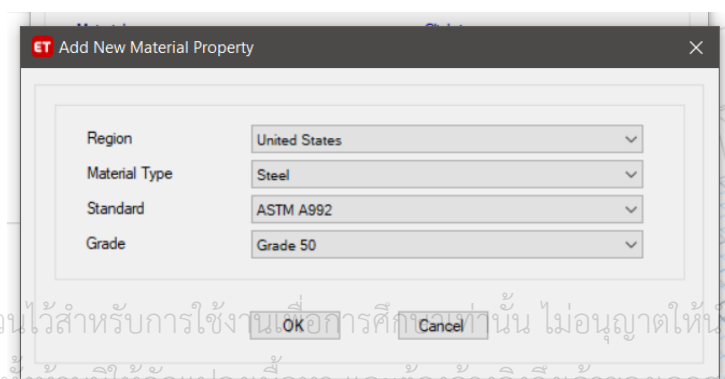
ในขั้นตอนแรกของการจำลองอาคาร G-land ด้วยโปรแกรม ETABS อาคารที่ได้ทำการจำลองแบบประกอบด้วยอาคารทั้งหมดสองฝั่งคือ ฝั่งทิศเหนือสูง 39 ชั้น ฝั่งทิศใต้สูง 27 ชั้น การสร้างจำลองอาคารด้วยโปรแกรม ETABS มีจุดประสงค์เพื่อที่จะเปรียบเทียบค่าการเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral displacement) ค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ (Inner Story Drift) ความสามารถในการต้านทานแรงบิด(Accidental Torsion Resistance) โดยค่าที่แสดงผลออกมาจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีพลศาสตร์และสถิตยศาสตร์

เริ่มต้นโปรแกรม ETABS ด้วยการวางแนว Grid line จำนวนชั้นและความสูงแต่ละชั้นตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบอาคาร ใช้ Custom Grid spacing เนื่องจาก Grid line มีความกว้างที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละช่วงของอาคาร



รูปที่ 3.1 วางแนว Grid line และจำนวนชั้นของแบบจำลอง

กำหนดมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบและคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็กตามที่มีกำหนดในแบบของอาคาร Define >> Material Properties

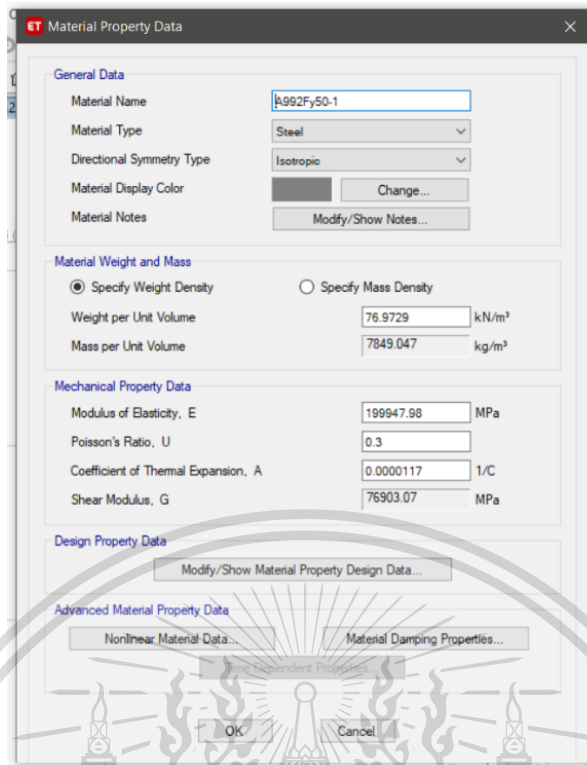


รูปที่ 3.2 กำหนดมาตรฐานของวัสดุที่เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

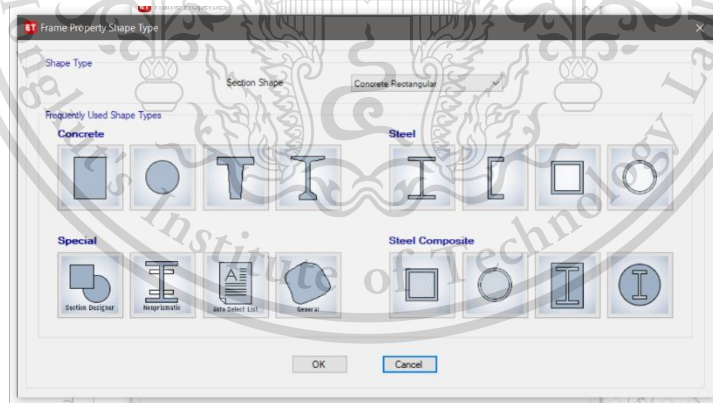
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.3 กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตและเหล็ก

กำหนดขนาดและรูปร่างหน้าตัดและคุณสมบัติของโครงสร้างในอาคาร ได้แก่ เสา กำแพงรับแรงเฉือน คาน พื้นรูปแบบต่างๆ เป็นต้น Define >> Section Properties

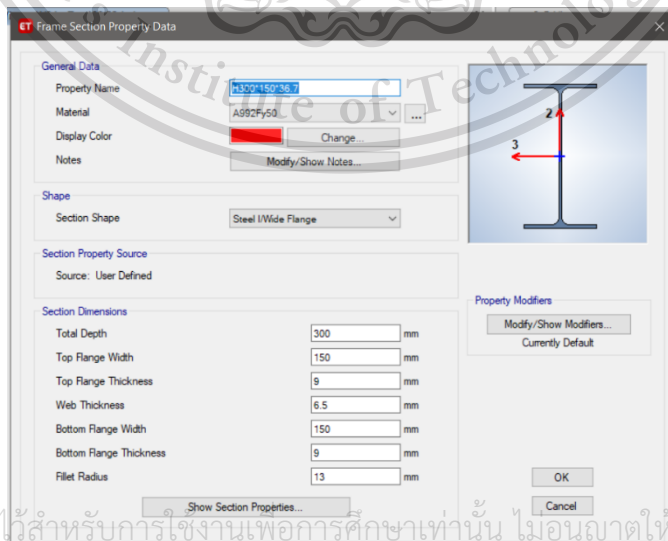
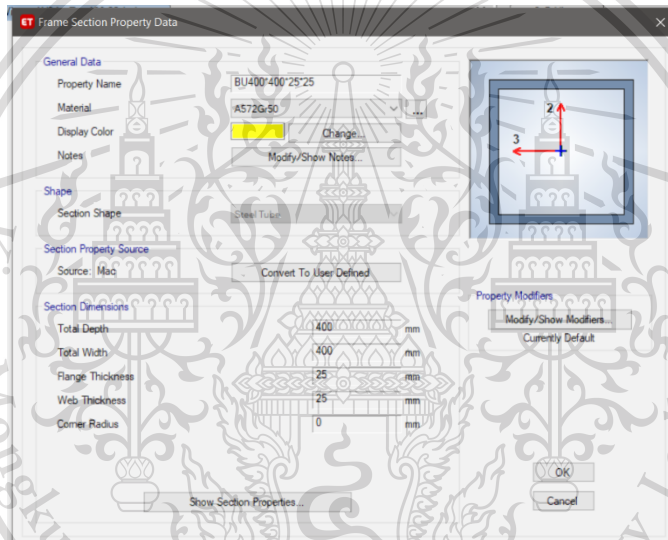
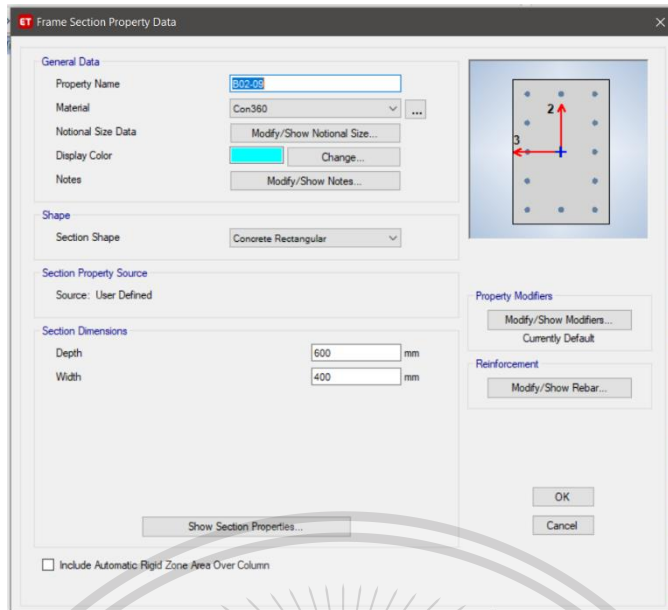


รูปที่ 3.4 กำหนดลักษณะหน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

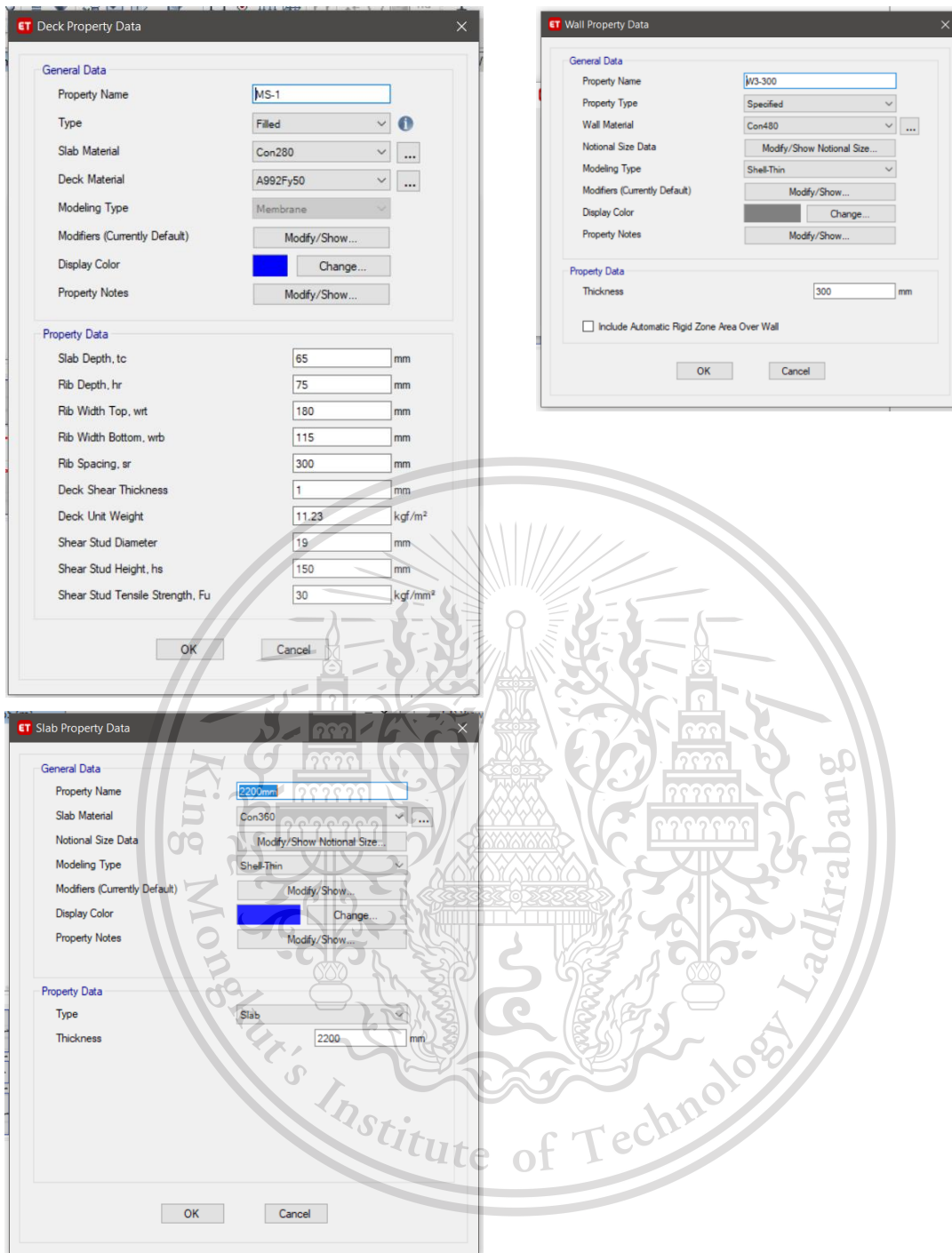
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีรูปที่ 3.5 กำหนดขนาดของหน้าตัด เสาคาน

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.6 กำหนดขนาดของพื้น

หลังจากที่กำหนดคุณสมบัติกำหนดหน้าตัดเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองโดยกำหนดจุดรองรับที่ฐานเป็นแบบยึดแน่น โดยจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีสถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

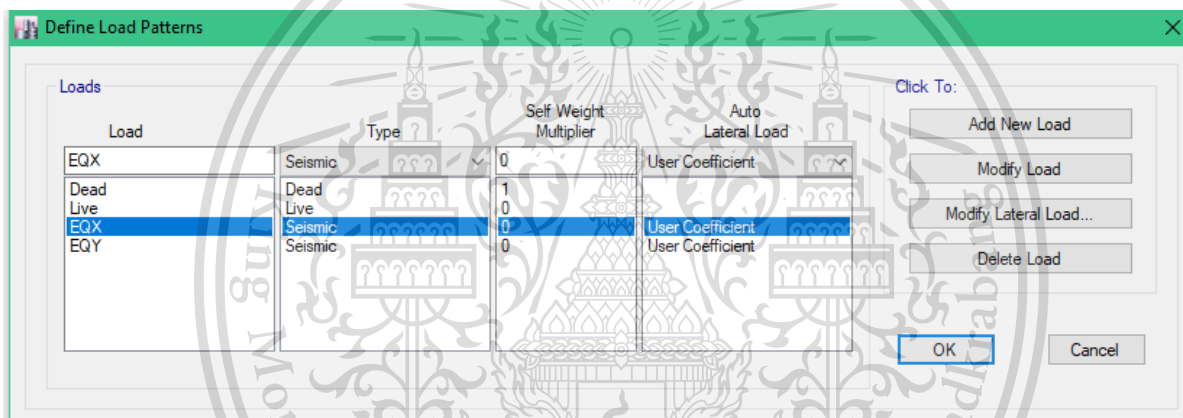
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

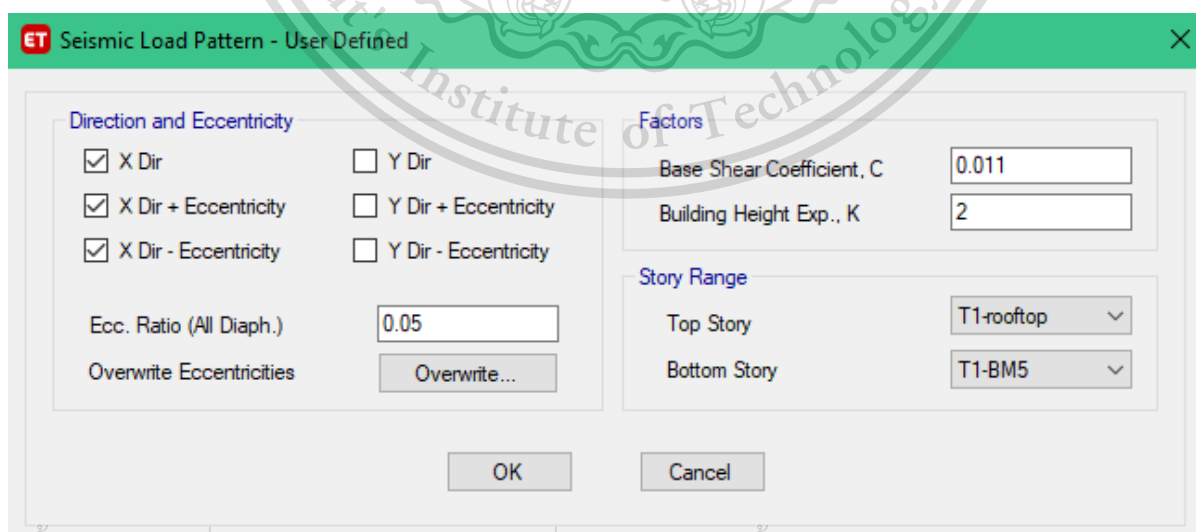
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.2 การคำนวณแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีสถิตย์ (มยผ. 1301/1302-61)

ในส่วนของการวิเคราะห์โครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐานการออกแบบองค์อาคาร ด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว(มยผ. 1301/1302-61) โดยพิจารณาจากโปรแกรม Etabs จากแบบจำลองการคำนวณแรงแผ่นดินไหวเริ่มจากการสร้างสเปกตรัมฟังก์ชันสำหรับการออกแบบสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีสถิตเทียบเท่า ให้อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลโซน 5 โดยกำหนดกรณีบรรทุกสเปกตรัมในทิศทาง X (EQX) และ Y (EQY) โดยทำการเลือกชนิดแรงแผ่นดินไหวเป็นแบบกำหนดเอง(User Coefficient) และทำการเลือกทิศทาง X Dir+ Eccentricity , X และ X Dir-Eccentricity สำหรับ EQX และ Y Dir+Eccentricity , Y และ Y Dir-Eccentricity สำหรับทิศทาง EQY และใส่ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน(C) ซึ่งได้จากการคำนวณไว้แล้วคือ $V=0.011W$ ($V=CW$) และค่าBuilding Height Exponent (K) เท่ากับ 2



รูปที่ 3.7 การกำหนดลักษณะรูปแบบของแรงกระทำจากแผ่นดินไหว



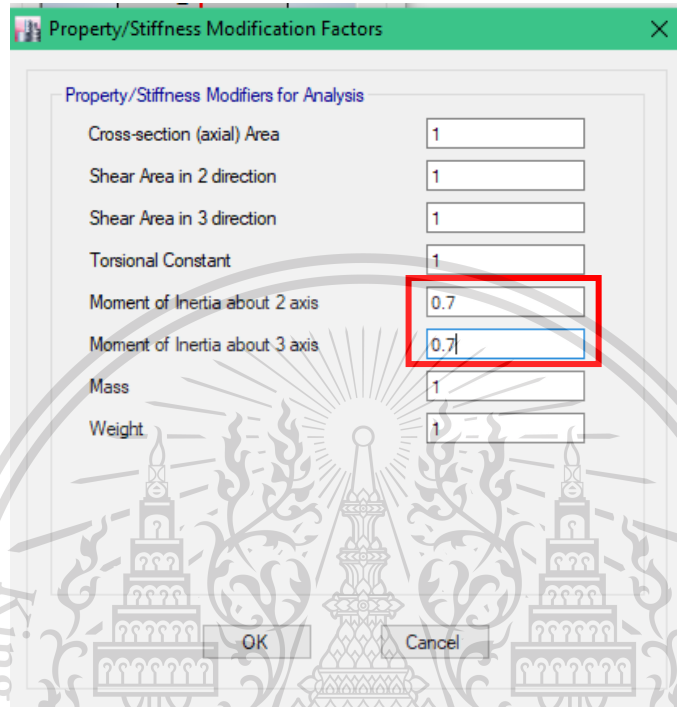
รูปที่ 3.8 การกำหนดทิศทางและการกระทำของแรงกระทำด้านข้าง ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน (C) และค่า Building Height Exponent (K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับปริญญาโทและปริญญาเอกเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

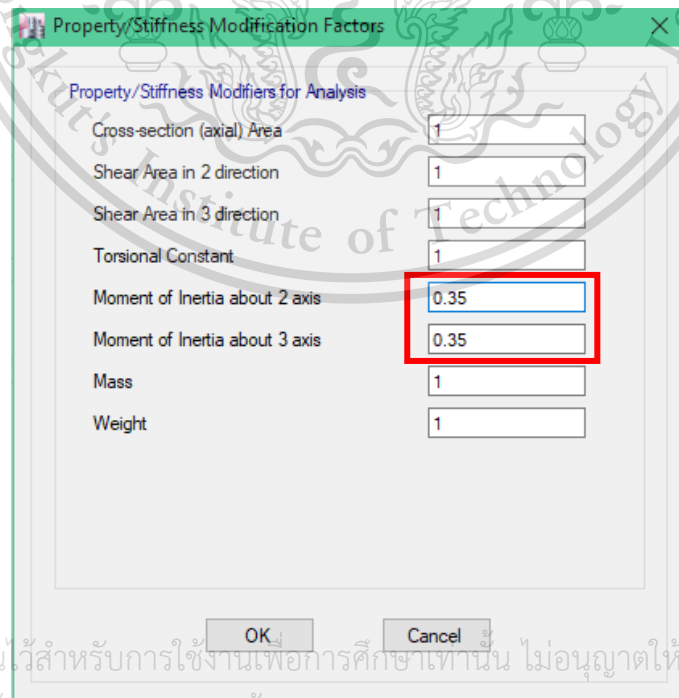
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลังจากสร้างสเปกตรัมฟังก์ชันสำหรับการออกแบบและกรณีบรรทุกสเปกตรัมในทิศทาง X และ Y แล้ว จากนั้นจึงทำการกำหนดค่าสตีฟเนสที่สอดคล้องกับสภาพจริงตามการแตกร้าวของโครงสร้างอาคาร โดยการประมาณค่าตามที่ได้แนะนำไว้ใน มยพ.1301/1302-61 โดยกำหนด Moment of inertia ของหน้าตัดเสา เท่ากับ 0.7 หน้าตัดคาน เท่ากับ 0.35 กำแพงที่ไม่แตกร้าว เท่ากับ 0.70 และแผ่นพื้นไร้คาน เท่ากับ 0.25



รูปที่ 3.9 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผลของหน้าตัดเสา



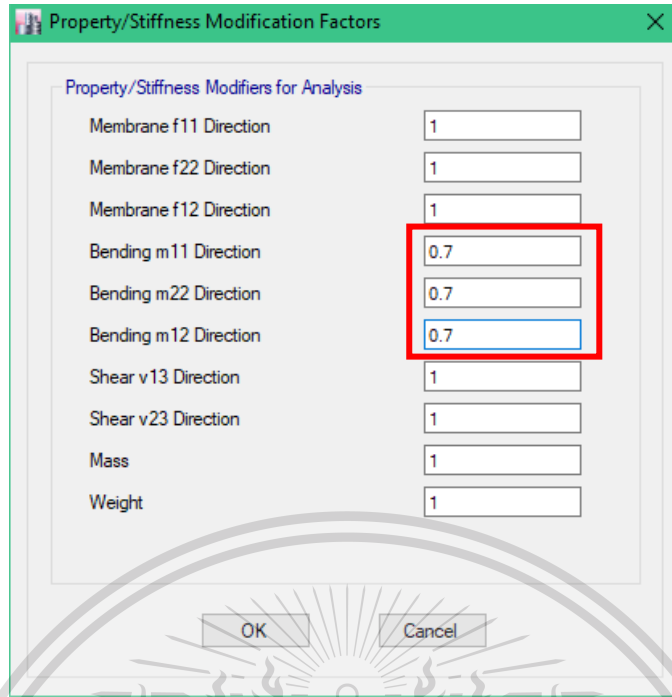
รูปที่ 3.10 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิผลของหน้าตัดคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

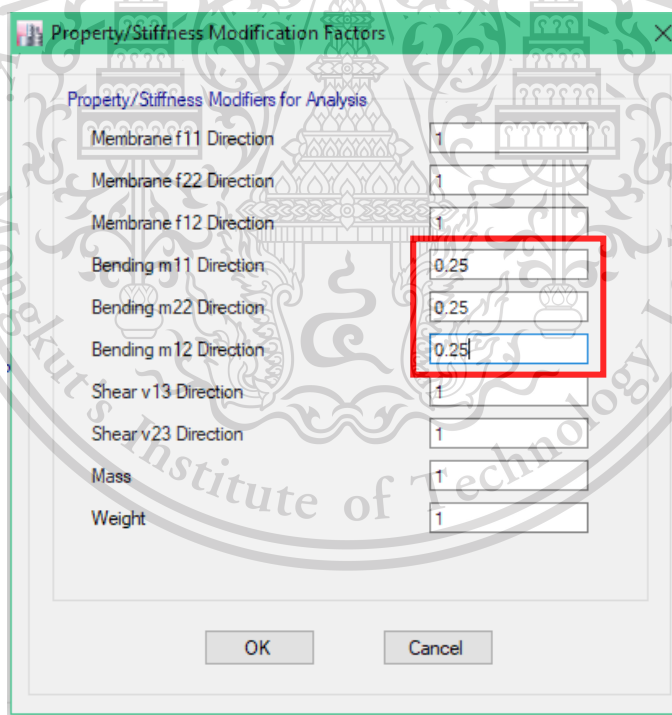
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.11 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิภาพของกำแพงรับแรงเฉือน



รูปที่ 3.12 การกำหนดค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิภาพของแผ่นพื้นไร้คาน

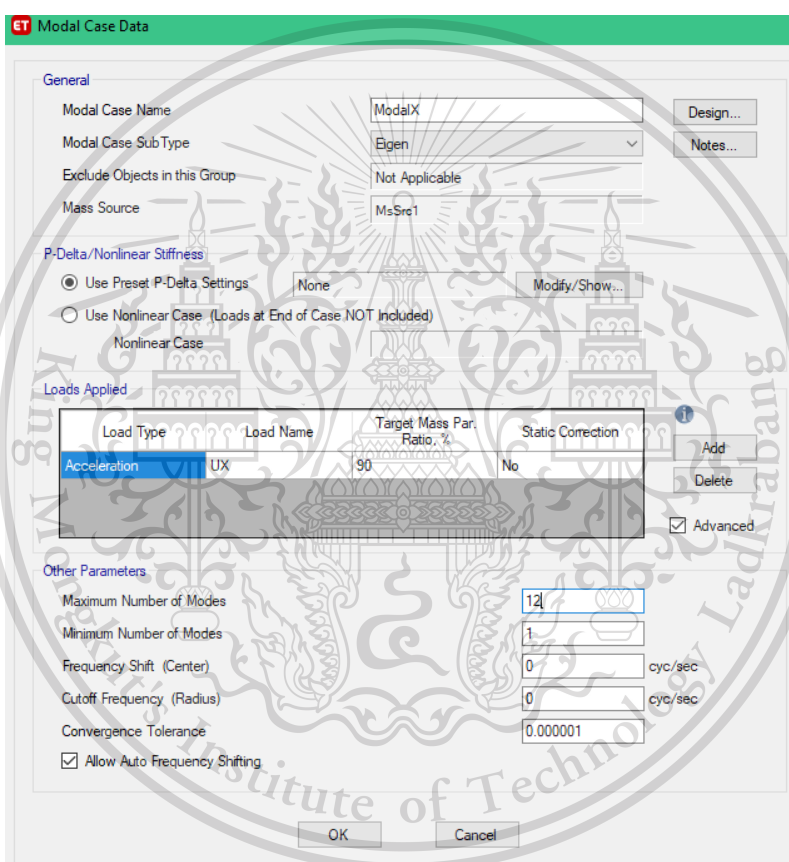
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5.3 การคำนวณแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด (มยผ.1301/1302-61)

ในส่วนของการพิจารณาแรงกระทำเนื่องจากแผ่นดินไหวต่อองค์อาคารด้วยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมดตามมาตรฐานการออกแบบ(มยผ.1301/1302-61) โดยพิจารณาจากการใช้โปรแกรม Etabs ในการช่วยวิเคราะห์ เริ่มต้นจากการกำหนดจำนวนโหมดขั้นต่ำที่จะนำมาพิจารณา จากผลรวมของน้ำหนักประสิทธิผลเชิงโหมด(Modal Weight Participation) ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของน้ำหนักประสิทธิผลทั้งหมดของอาคารสำหรับแต่ละทิศทางของแรงแผ่นดินไหวที่ระนาบตั้งฉากกัน(มยผ.1301/1302-61) โดยไปที่คำสั่ง Modified Modal Case data และทำการตรวจสอบค่า Target Mass Participation Ratio ของทิศทางของการเคลื่อนตัว รวมไปถึงจำนวนโหมดที่มากที่สุดและน้อยที่สุด ที่จะนำมาพิจารณา



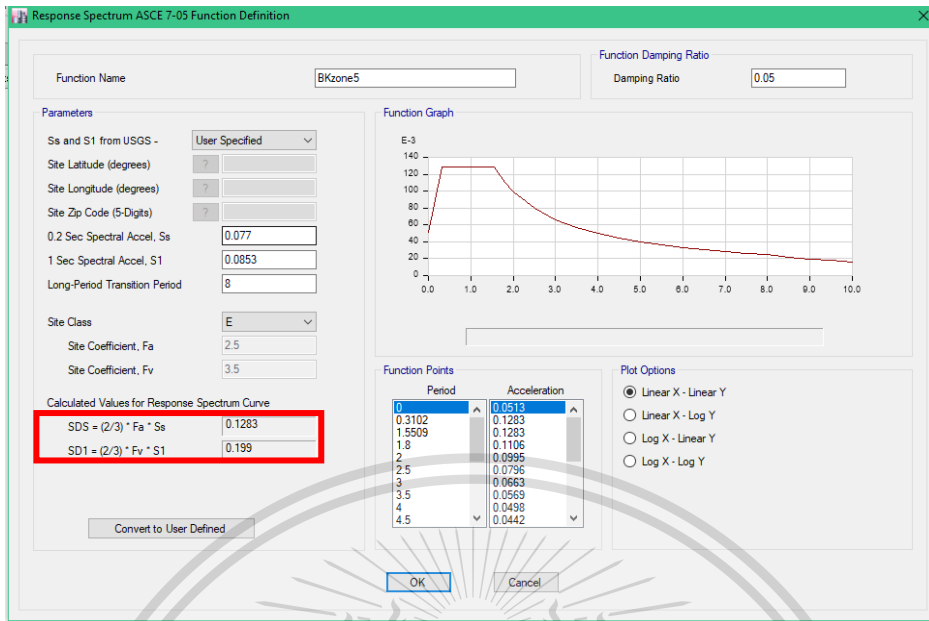
รูปที่ 3.13 แสดงการปรับค่า Target Mass Participation Ratio และจำนวนโหมดที่มากที่สุดและน้อยที่สุดที่จะนำมาพิจารณา

ทำการสร้างฟังก์ชันของสเปกตรัมการตอบสนองของพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานครโซน 5 โดยกำหนดให้พื้นที่ดินอ่อน (ประเภท E) และมีค่าอัตราส่วนความหน่วงที่ 5 % ซึ่งจากการคำนวณจะได้ว่า สเปกตรัมสำหรับการออกแบบที่คาบสั้น (S_{DS})มีค่าเท่ากับ 0.128g และที่คาบยาว (S_{D1}) มีค่าเท่ากับ 0.199g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

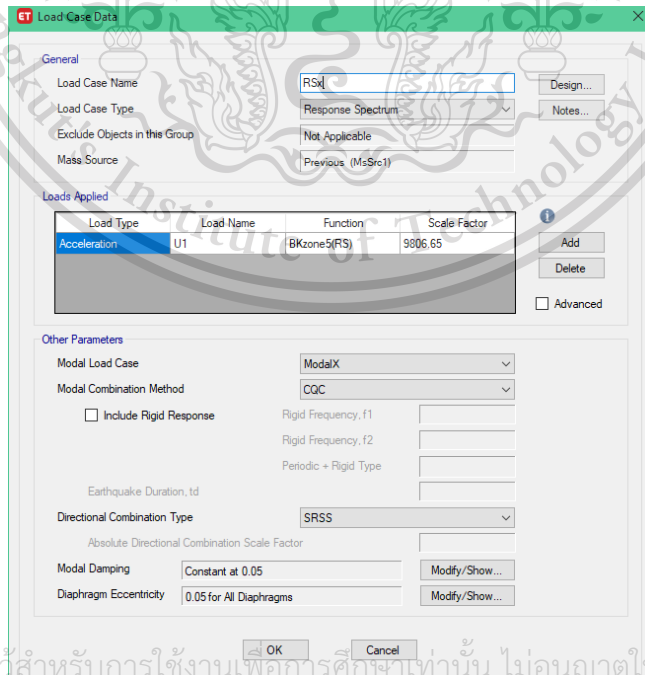
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 13.14 แสดงการสร้างฟังก์ชันของสเปกตรัมการตอบสนอง สำหรับพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานครโซน 5

จากนั้นทำการใส่ Load Case สำหรับ สเปกตรัมการตอบสนอง (RS) ทำการปรับชนิดของ Load Case เป็น Response Spectrum และใส่ Load สำหรับ 2 ทิศทางเป็นฟังก์ชันของความเร่งจากสเปกตรัมการตอบสนองของพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานครโซน 5 และปรับค่า Scale Factor โดยนำไปคูณกับค่า $\frac{I}{R}$ ทำการตรวจสอบรูปแบบการรวมผลของแต่ละโหมด อัตราส่วนความหน่วง และอัตราความเยื้องศูนย์กลางของไดอะแฟรมที่ 5 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.15 แสดงการใส่ Load Case สำหรับฟังก์ชันความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานครโซน 5

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

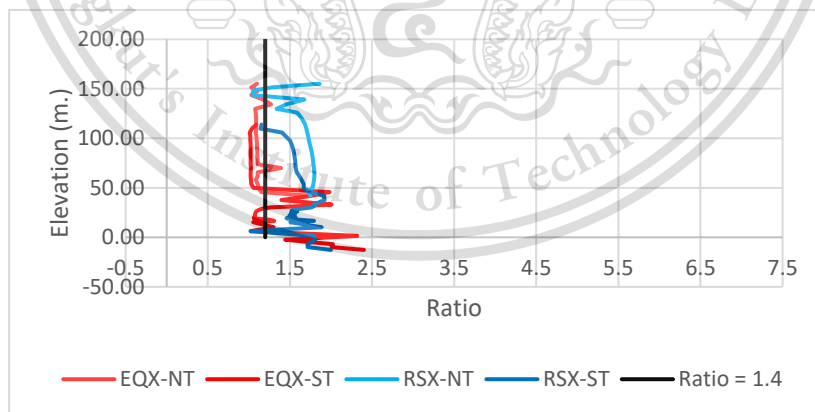
บทที่ 4

ผลการทดลอง

การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงสร้างของอาคารที่มีรูปร่างลักษณะไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ 1. ความสามารถในการต้านทานแรงบิด (Accidental torsion) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตยศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ 2. การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inter story drift) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตยศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ 3. เปรียบเทียบคาบการสั่นธรรมชาติ (Natural period) ตามมาตรฐานและที่โปรแกรมวิเคราะห์ออกมา โดยอาคารที่ได้นำมาศึกษาและวิเคราะห์ในครั้งนี้ ได้แก่ อาคาร G-land Tower ซึ่งเป็นโครงสร้างอาคารเหล็กสูง 26 ชั้น และ 36 ชั้น ตั้งอยู่ ณ เลขที่ 9 ถนน พระราม 9 แขวง ห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310 บนเขตชั้นดินอ่อน พื้นที่กรุงเทพมหานคร 5 ตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว(มยพ.1301-1302/62)

4.1 ความสามารถต้านทานการบิด (Accidental torsion)

จากการวิเคราะห์ความสามารถต้านทานแรงบิดโดยบังเอิญ(Accidental torsion) พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสถิตยศาสตร์และผลที่ได้จากการวิเคราะห์การสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์ พบว่าค่าอัตราส่วนระหว่างค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นสูงสุดกับค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นเฉลี่ยส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 1.4 อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าอาคารที่นำศึกษาเป็นอาคารที่มีความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิดอย่างมาก ซึ่งดูได้จากรูป 4.1 และ 4.2

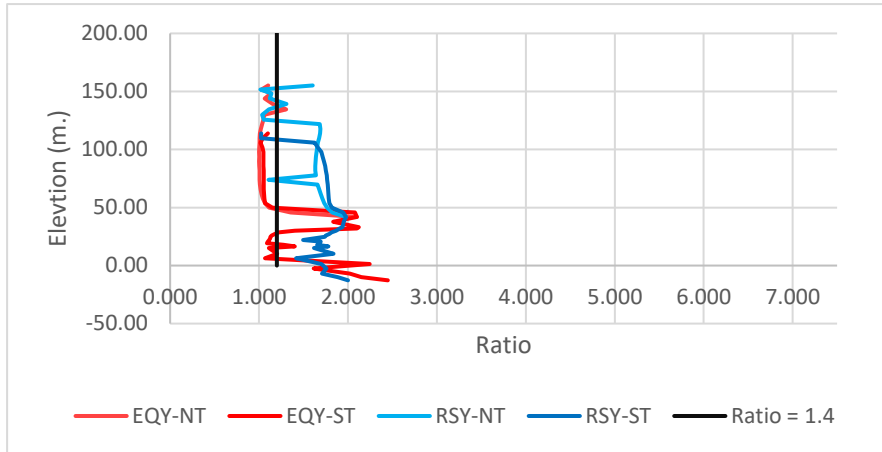


รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอาคารกับอัตราส่วนระหว่างค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นสูงสุดกับค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นเฉลี่ย ที่อาคารมีแรงกระทำในแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

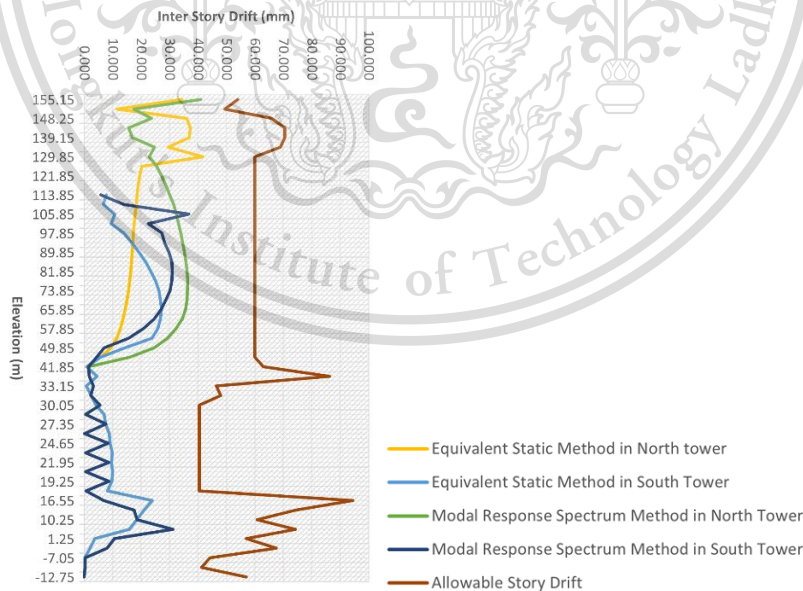
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงอาคารกับอัตราส่วนระหว่างค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นสูงสุดกับค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นเฉลี่ย ที่อาคารมีแรงกระทำในแนวแกน Y

4.2 การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inter Story drift)

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมของการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นของโครงสร้างพบว่า ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ และการวิเคราะห์ด้วยวิธีพลศาสตร์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับลักษณะของตารางวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้ โดยค่าที่วิเคราะห์ได้มีช่วงที่มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นมาตั้งแต่บริเวณเหนือชั้น 11 เนื่องจากบริเวณนั้นเป็นช่วงที่อาคารมีการแบ่งตัวอาคารหลักมาเป็นสองส่วนคืออาคารฝั่งทางเหนือและทางใต้

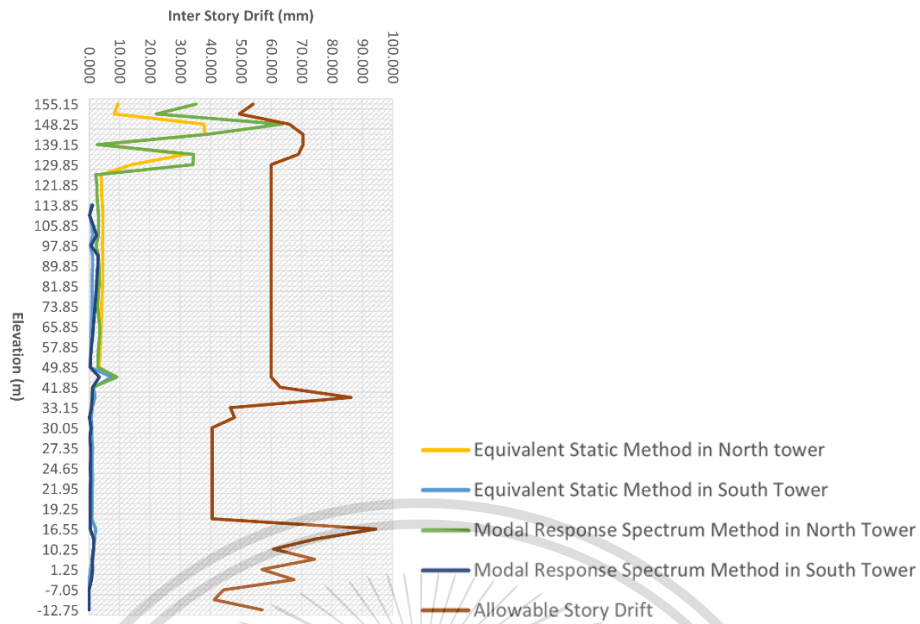


รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ในแนวแกน X

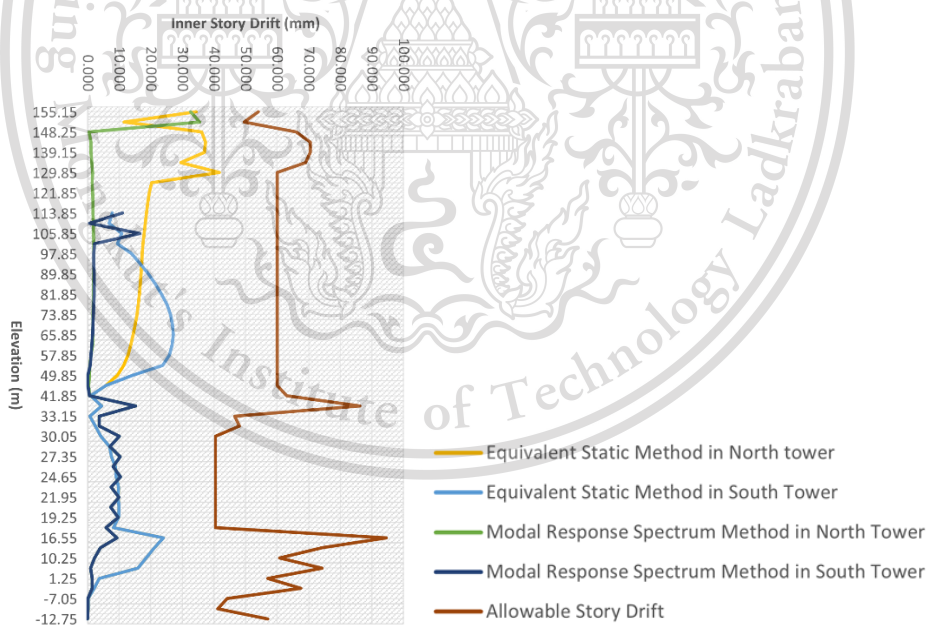
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่มีแรงกระทำในแนวแกน X ที่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ในแนวแกน Y ที่มีแรงกระทำในแนวแกน X

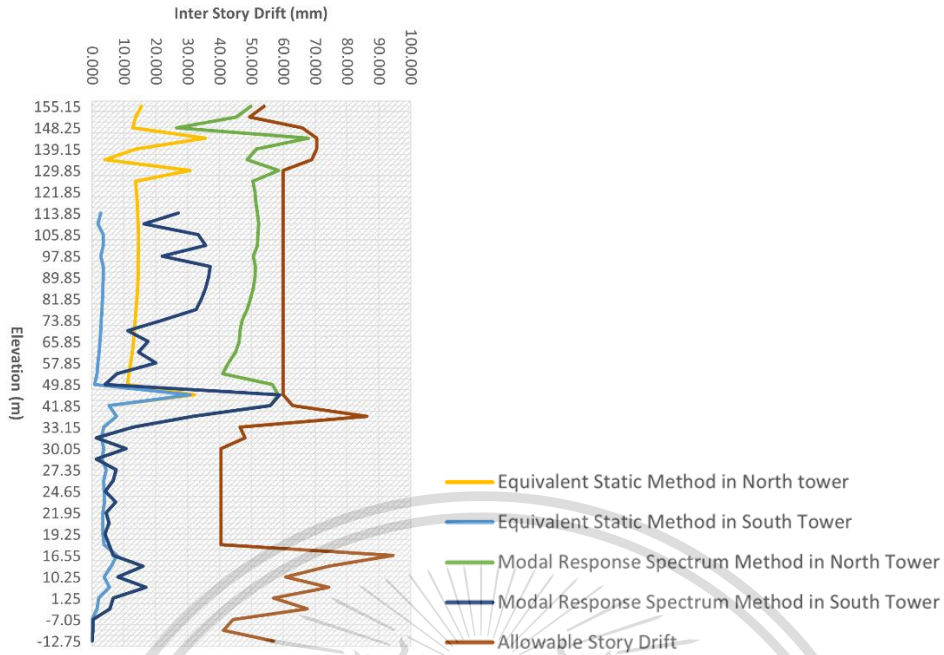


รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ในแนวแกน X ที่มีแรงกระทำในแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นและระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ในแนวแกน Y ที่มีแรงกระทำในแนวแกน Y

4.3 การเปรียบเทียบค่าการสั่นธรรมชาติ (Natural period)

จากการวิเคราะห์คาบการสั่นธรรมชาติของอาคาร G-land ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม Etabs พบว่า มีค่าเท่ากับ 4.197 วินาที ซึ่งอยู่ระหว่างค่าที่ได้จากสูตรประมาณในมาตรฐานการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว(มยพ. 1301-1302/62) โดยค่าที่ได้จากการประมาณกรณีอาคารเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่าเท่ากับ 3.471 วินาที และ ค่าที่ได้จากการประมาณกรณีอาคารเป็นอาคารเหล็กมีค่าเท่ากับ 5.207 วินาที ซึ่งอาคารที่นำมาศึกษาเป็นอาคารที่ผสมระหว่างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงสร้างของอาคารที่มีรูปร่างลักษณะไม่สม่ำเสมอ ได้แก่ 1. ความสามารถในการต้านทานแรงบิด (Accidental torsion) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตยศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ 2. การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inter story drift) เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตยศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ 3. เปรียบเทียบคาบการสั่นธรรมชาติ (Natural period) ตามมาตรฐานและที่โปรแกรมวิเคราะห์ออกมา โดยอาคารที่ได้นำมาศึกษาและวิเคราะห์ในครั้งนี้ ได้แก่ อาคาร G-land Tower ซึ่งเป็นโครงสร้างอาคารเหล็กสูง 26 ชั้น และ 36 ชั้น ตั้งอยู่ ณ เลขที่ 9 ถนน พระราม 9 แขวง ห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310 บนเขตชั้นดินอ่อน พื้นที่กรุงเทพฯ โซน 5 ตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว(มยพ.1301-1302/62) ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ความสามารถต้านทานการบิด (Accidental torsion)

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารโดยวิธีการทางสถิตยศาสตร์และวิธีการทางพลศาสตร์จะพบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางพลศาสตร์ชี้ให้เห็นถึงค่าการเคลื่อนตัวทางการบิดของตัวอาคารที่มากกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิตยศาสตร์ เนื่องมาจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิตยศาสตร์อาจไม่เพียงพอที่จะอธิบายพฤติกรรมการตอบสนองเชิงการบิดของโครงสร้างได้โดยเฉพาะโครงสร้างที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ

5.1.2 คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง (Natural period)

จากการคำนวณคาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้างอาคารด้วยวิธีการประมาณตามที่แนะนำไว้ในมาตรฐานการออกแบบอาคารและแผ่นดินไหว(มยพ.1301/1302-61) และการคำนวณโดยผ่านโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างพบว่าค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลที่มาจากความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงตัวอาคารที่นำมาศึกษาเอง หรืออาจเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของอาคารที่นำมาศึกษานั้นประกอบไปด้วยโครงสร้างผสมที่เป็นส่วนของโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ และโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

5.1.3 ค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Story drift)

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีการทางสถิตยศาสตร์และวิธีการทางพลศาสตร์พบว่าค่าการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ได้มีความใกล้เคียงกันในส่วนหนึ่งของโครงสร้างที่เป็นฐานของอาคาร แต่ในส่วนที่มีลักษณะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ด้วยวิธีการทางพลศาสตร์ค่อนข้างที่จะมากกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิตยศาสตร์

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมกรรมการตอบสนองของโครงสร้างรับแรงกระทำด้านข้างอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวในอาคารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ โดยวิธีสถิตยศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอาคาร G-land เท่านั้น โดยเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งในอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ
2. ในการวิเคราะห์ผลการตอบสนองอันเนื่องมาจากแรงกระทำด้านข้างในอาคารที่มีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ การใช้วิธีการทางพลศาสตร์อาจให้ค่าตามผลการตอบสนองที่เกิดขึ้นจริงมากกว่าการใช้วิธีการทางสถิตยศาสตร์ ทั้งทางด้าน การบิดตัวของอาคาร และด้านการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น
3. การคำนวณค่าคาบการสั่นพื้นฐานของอาคารด้วยวิธีการประมาณตามที่แนะนำไว้ในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว(มยผ.1301/1302-61) อาจให้ค่าที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงของอาคาร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะที่เป็นองค์ประกอบของอาคารและความไม่สม่ำเสมอทางรูปร่างอาคารเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- [1] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. (2561). มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1301/1302-61). สืบค้นจาก http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_work/62/6-20-2019.pdf
- [2] ฐานทัศน์ อนันตริยกุล, ธนภูมิ ศังขะศิลป์, พิชชาเชษฐ์ พันธุ์พรหมา. (2560). การศึกษาและเปรียบเทียบการเสริมกำลังต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารสูง(วิทยานิพนธ์). กรุงเทพฯ ฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] ชัยวัฒน์ ธรรมไธสง. (2561). การศึกษาผลตอบสนองของหอกลิ้นเหล็กแนวตั้งต่อแรงแผ่นดินไหว(ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ ฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] Nader K. Attari, Ali Rasekh, Amir H. Shodja. (2006). Comparison of static and dynamic pushover analysis in assessment of the target displacement. Retrieved from ijce.iust.ac.ir.
- [5] Mahdi Hosseini, Zahra Nezhadasad. (2019). Seismic Analysis of High-Rise Structure Under Different type of RC Shear Walls for Estimation of Structural Response. Retrieved from International Journal of Innovation Research in Advanced Engineering.
- [6] Alex Y. Tuan, G. Q. Shang. (2014). Vibration Control in a 101 story Building Using a Tuned Mass Damper. Retrieved from Journal of applied science and Engineering.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

หน้าตัดอาคาร G-tower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

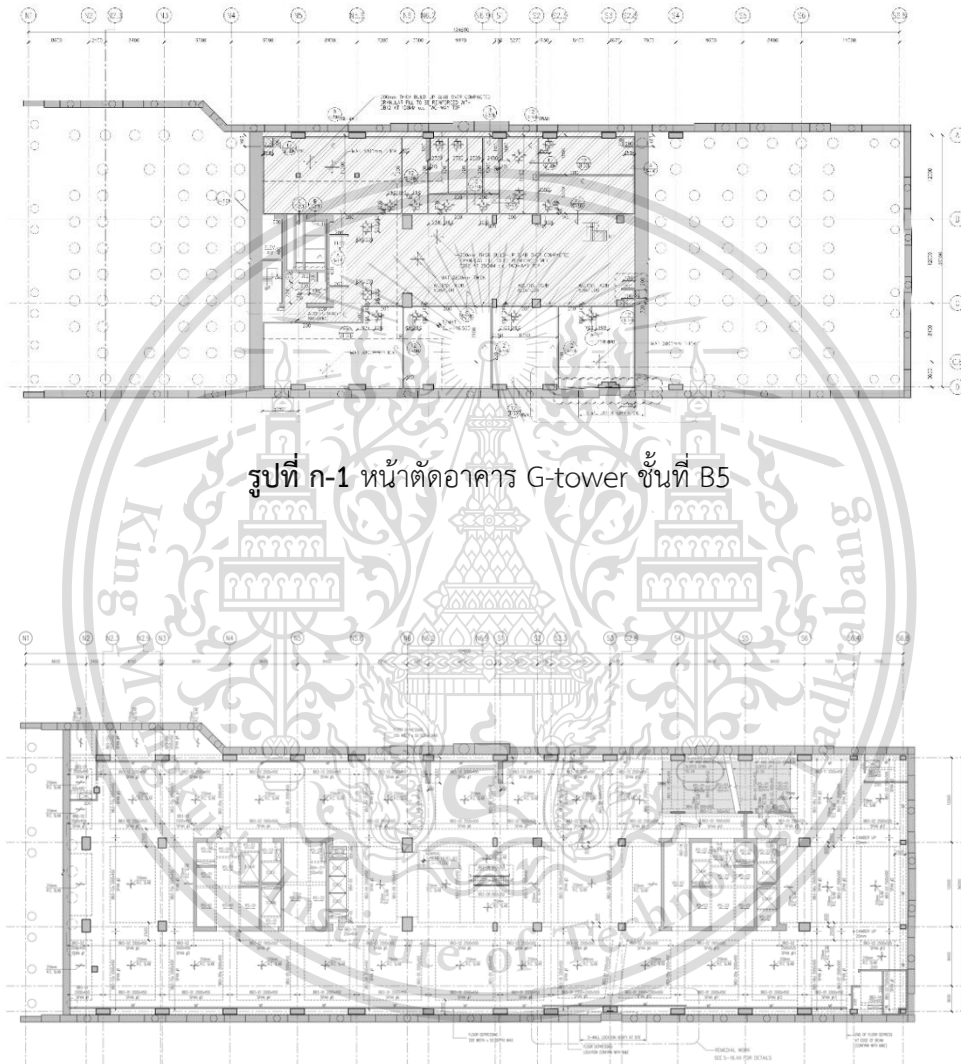
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

หน้าตัดอาคาร G-tower

รูปหน้าตัดอาคาร G-tower

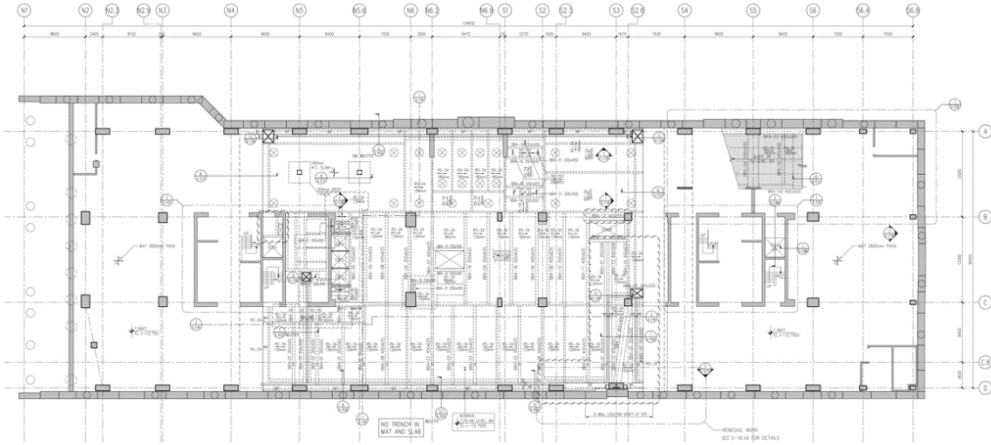


รูปที่ ก-2 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B4

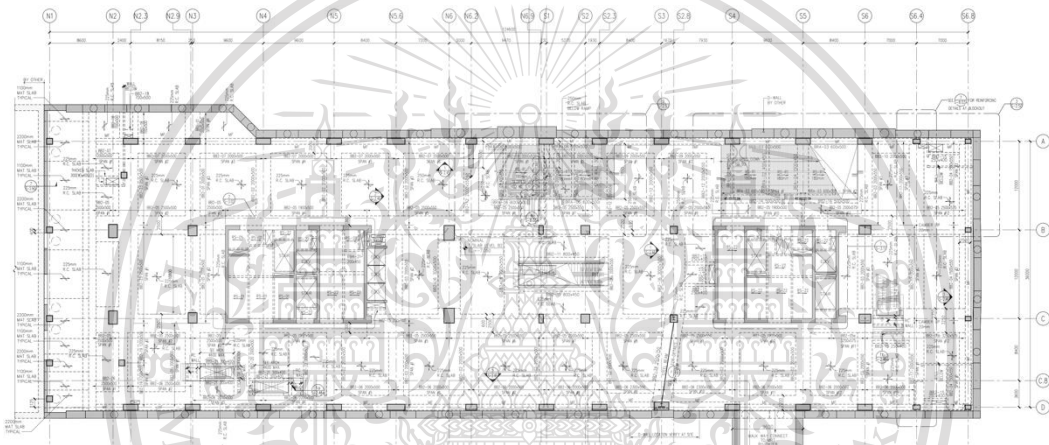
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

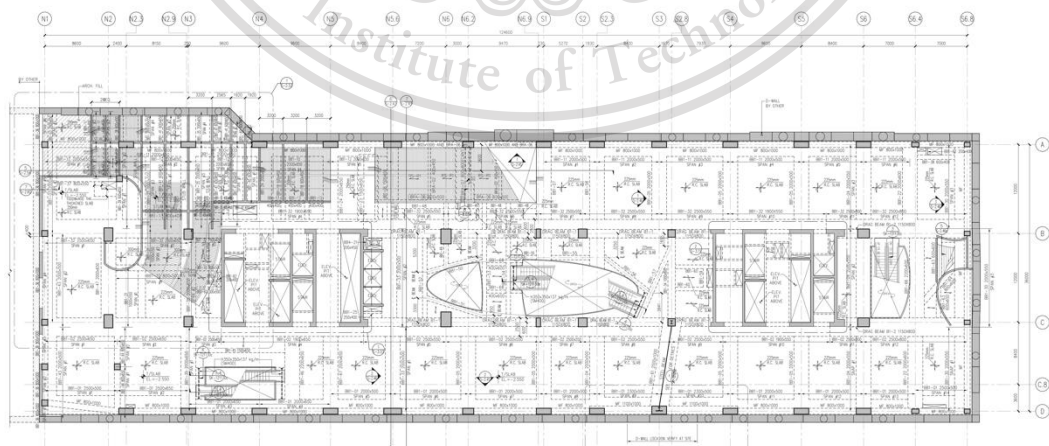
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-3 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B3



รูปที่ ก-4 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B2

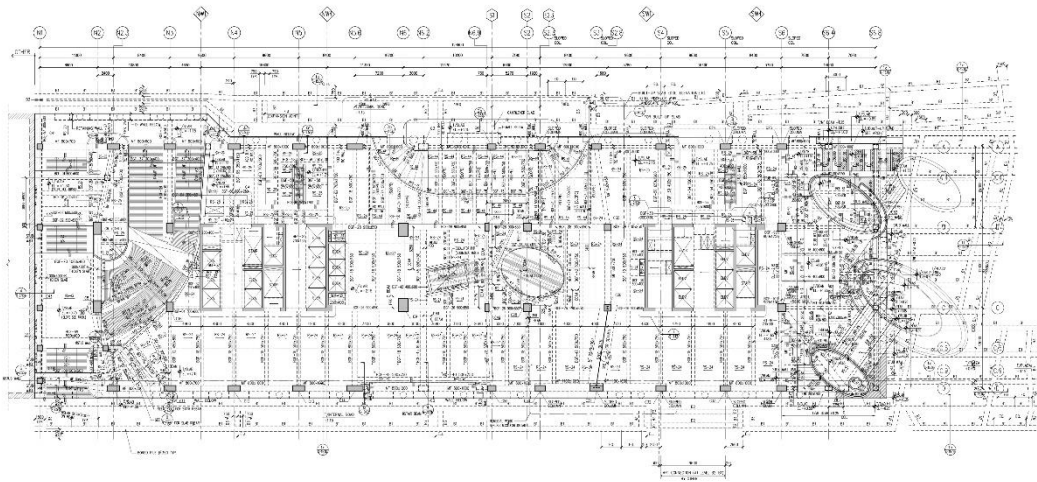


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ ก-5 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ B1 ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

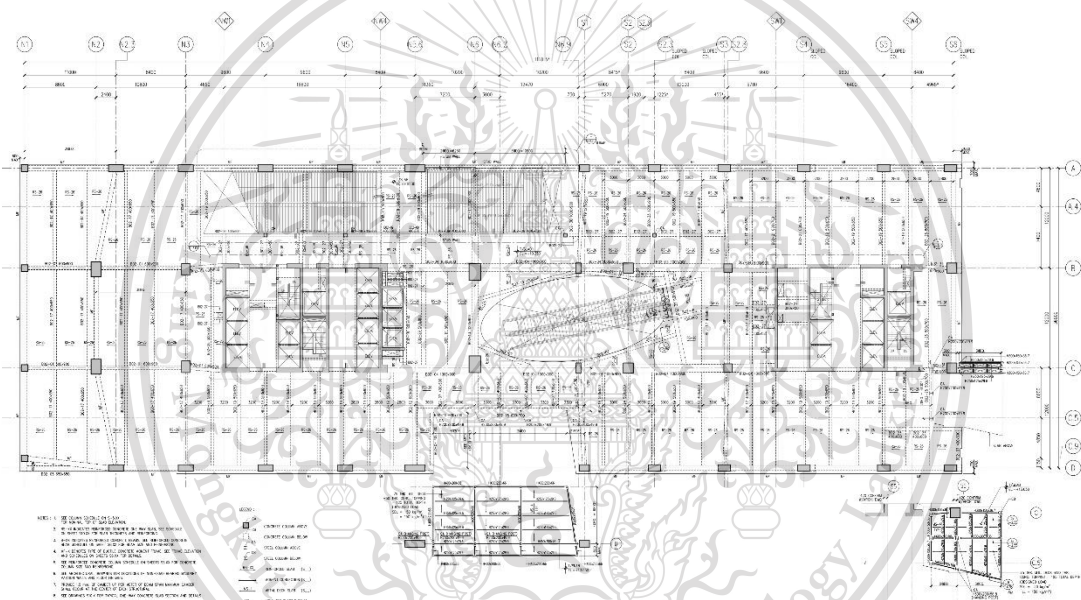
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

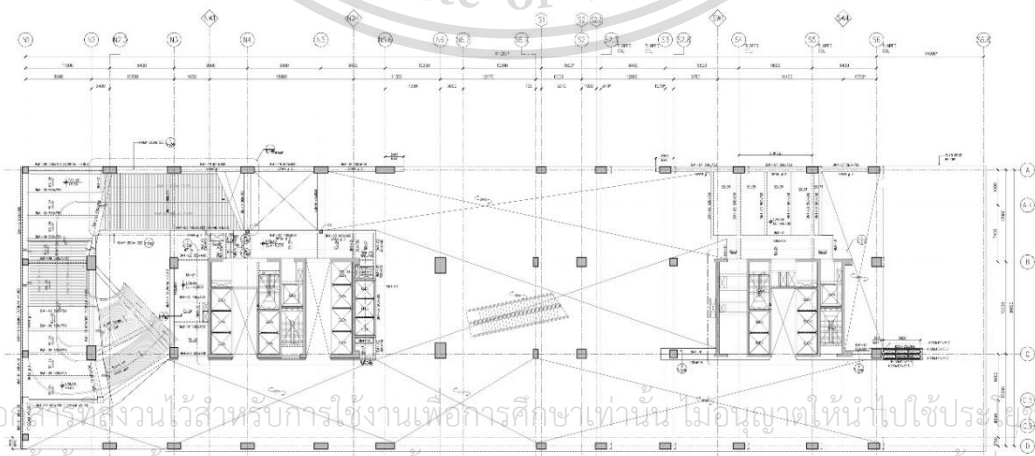
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-6 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ G



รูปที่ ก-7 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 1



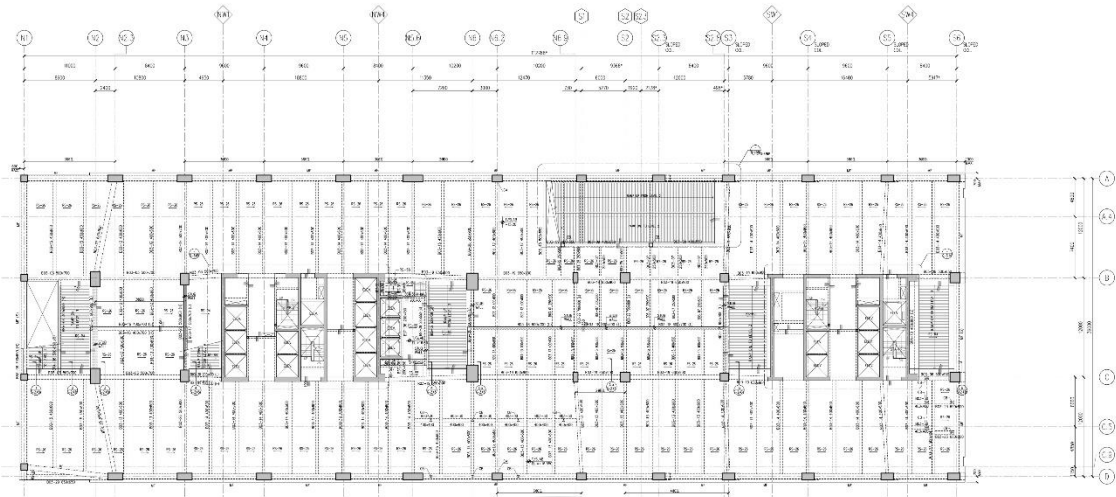
รูปที่ ก-8 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

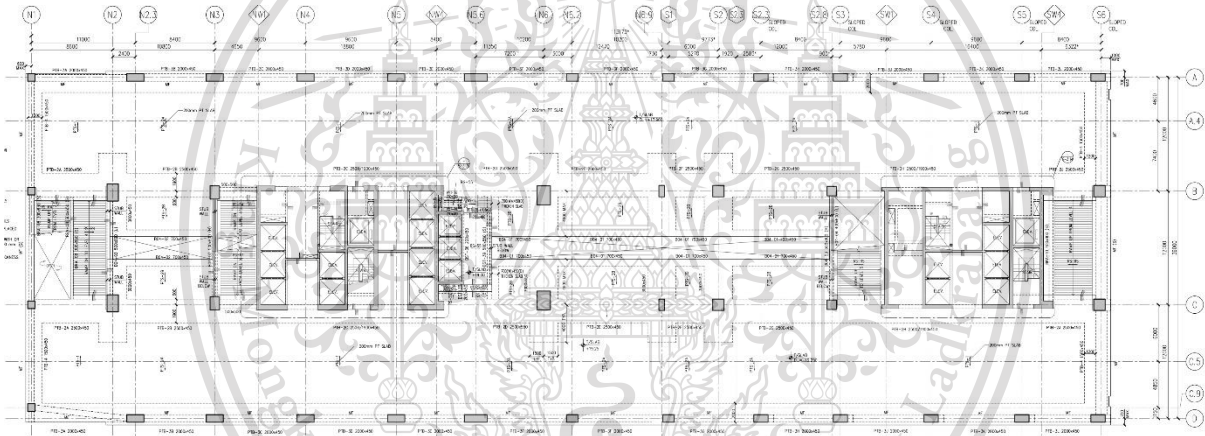
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

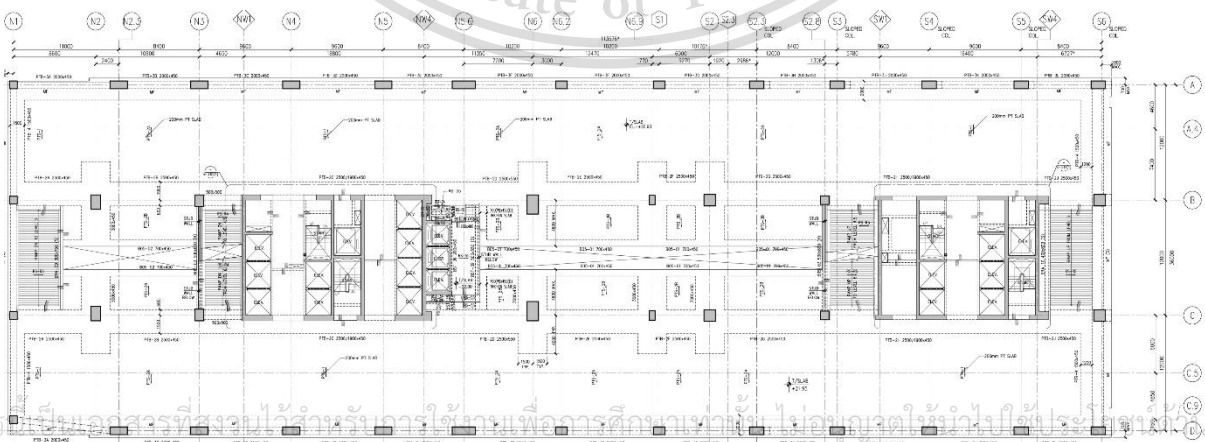
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-9 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 3



รูปที่ ก-10 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 4



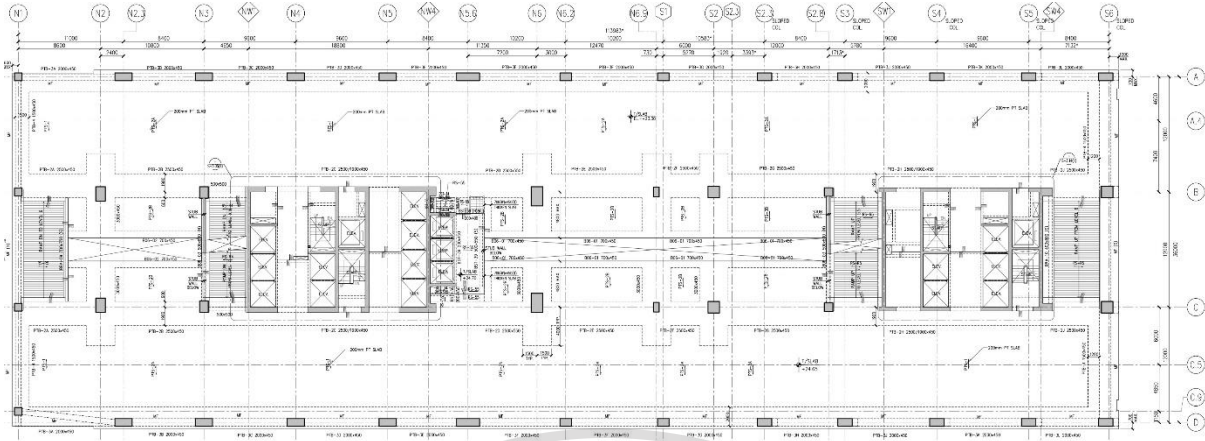
รูปที่ ก-11 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

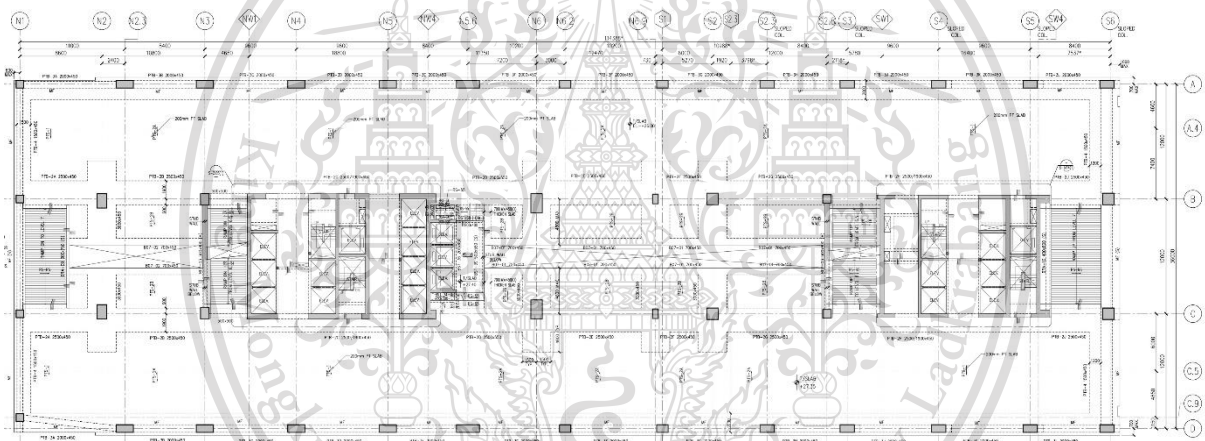
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

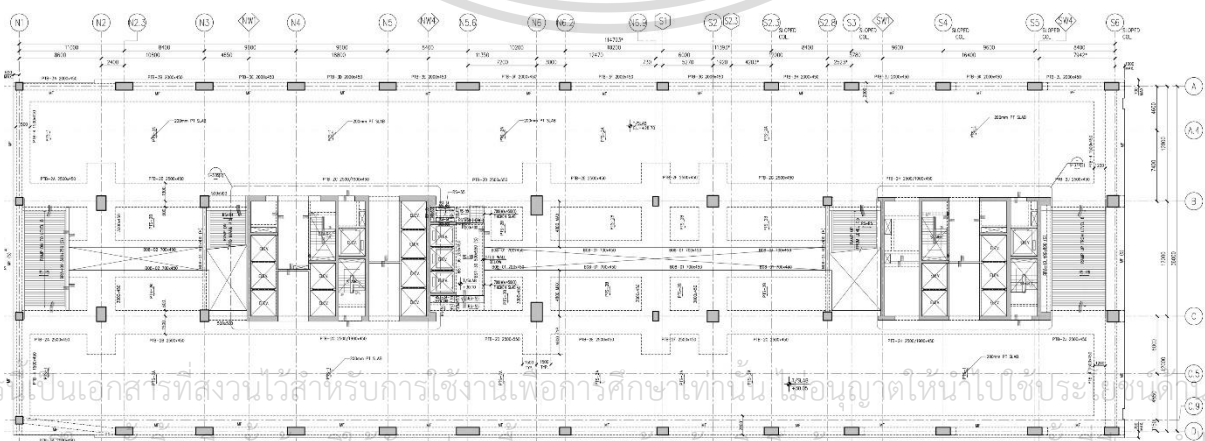
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-12 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 6



รูปที่ ก-13 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 7

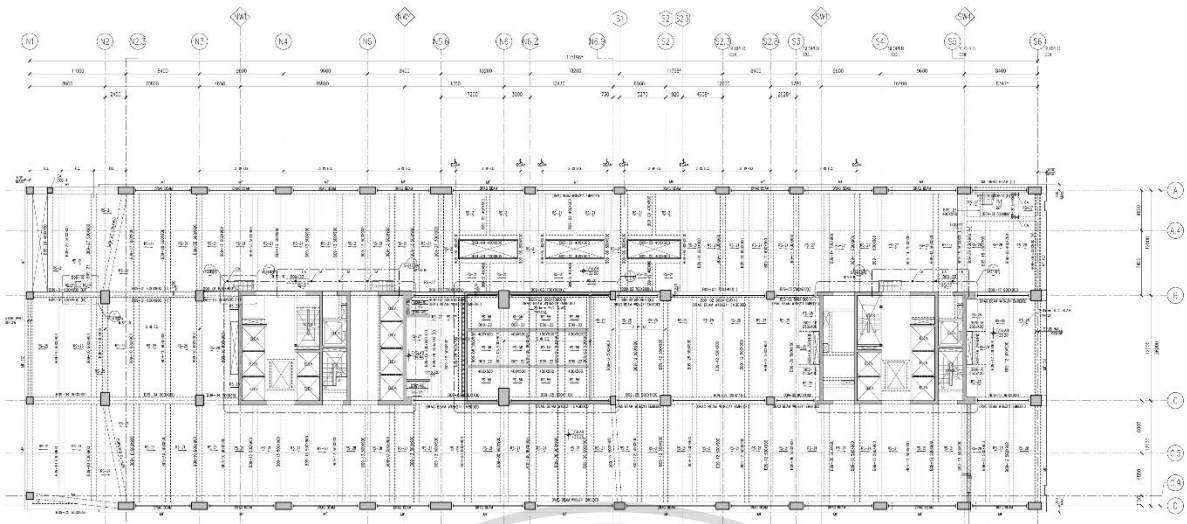


รูปที่ ก-14 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 8

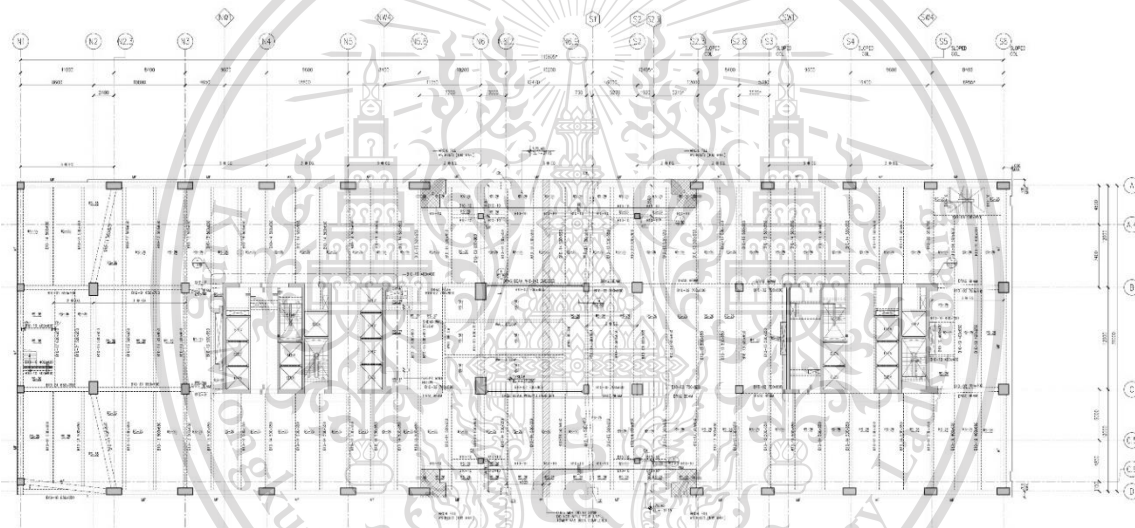
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

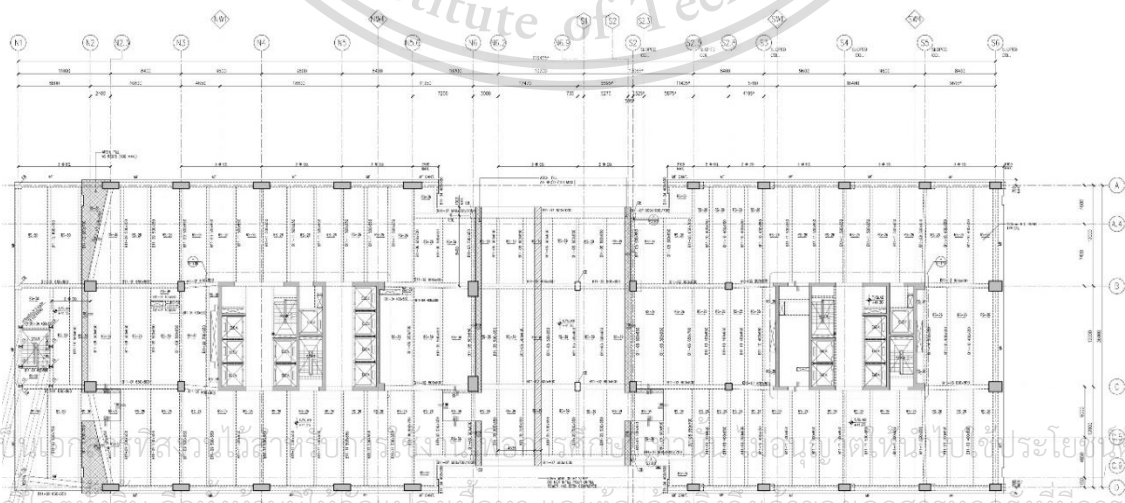
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-15 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 9



รูปที่ ก-16 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 10



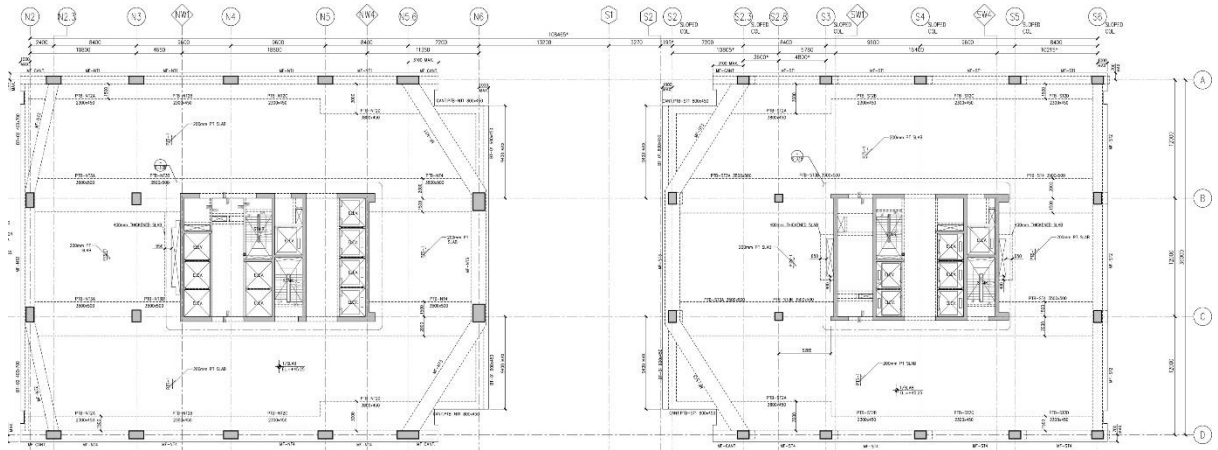
รูปที่ ก-17 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากทางสถาบัน

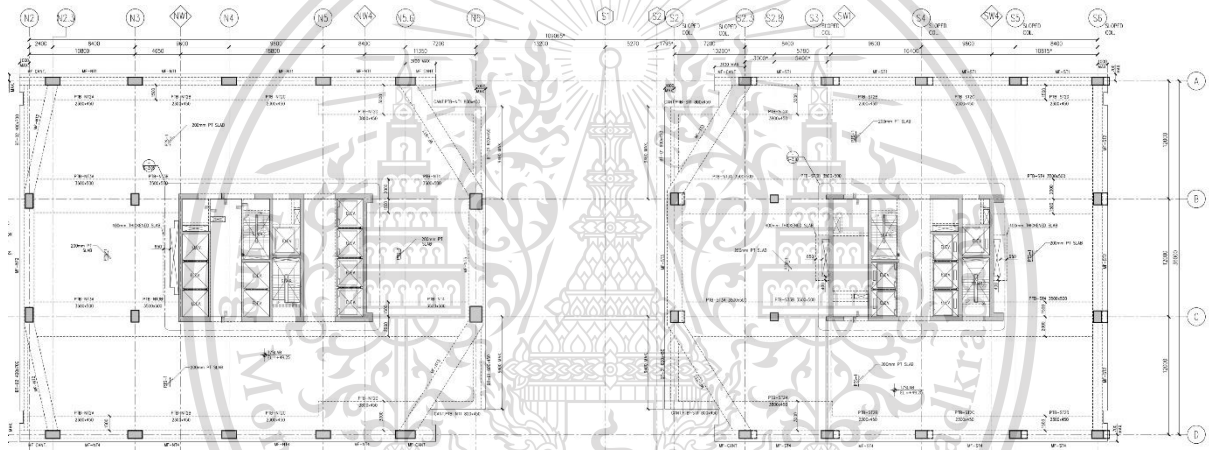
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

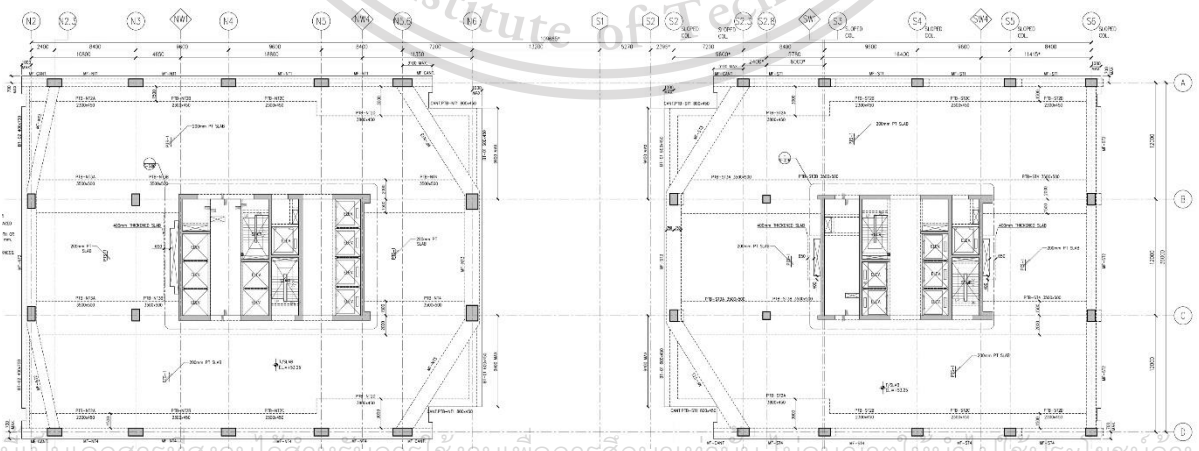
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-18 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 12 North และ 12 South ตามลำดับ



รูปที่ ก-19 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 13 North และ 13 South ตามลำดับ



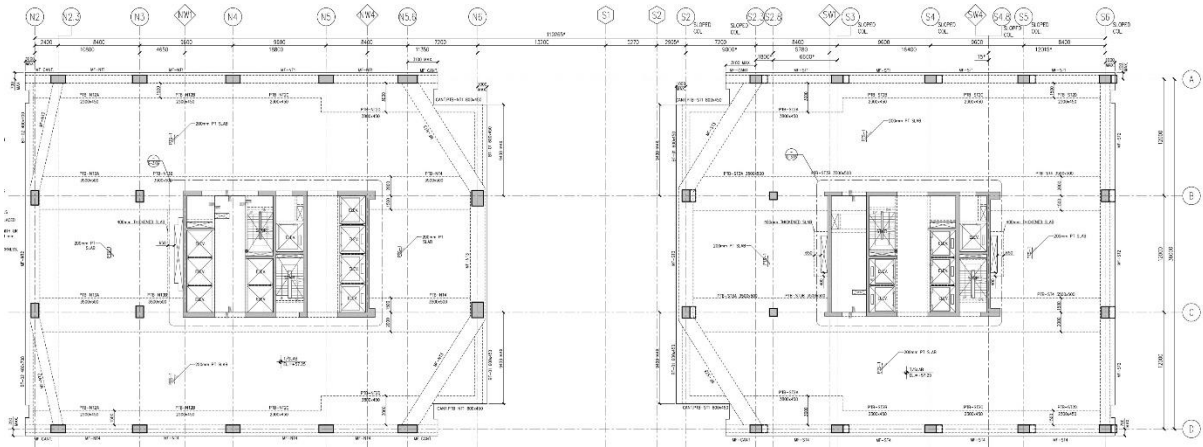
รูปที่ ก-20 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 14 North และ 14 South ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

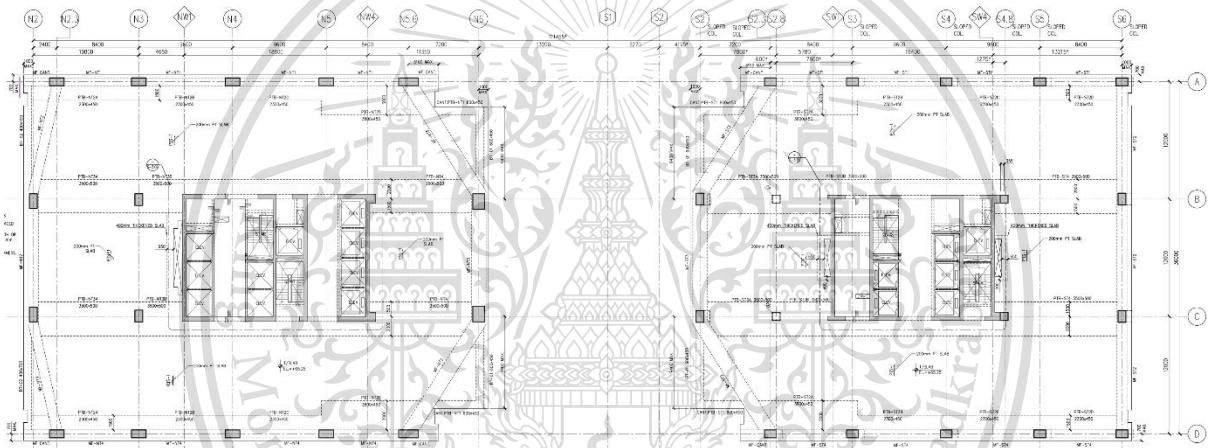
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มิได้เปิดเผยเนื้อหา และข้อมูลที่ยังคงเป็นของเอกสารที่ทำการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

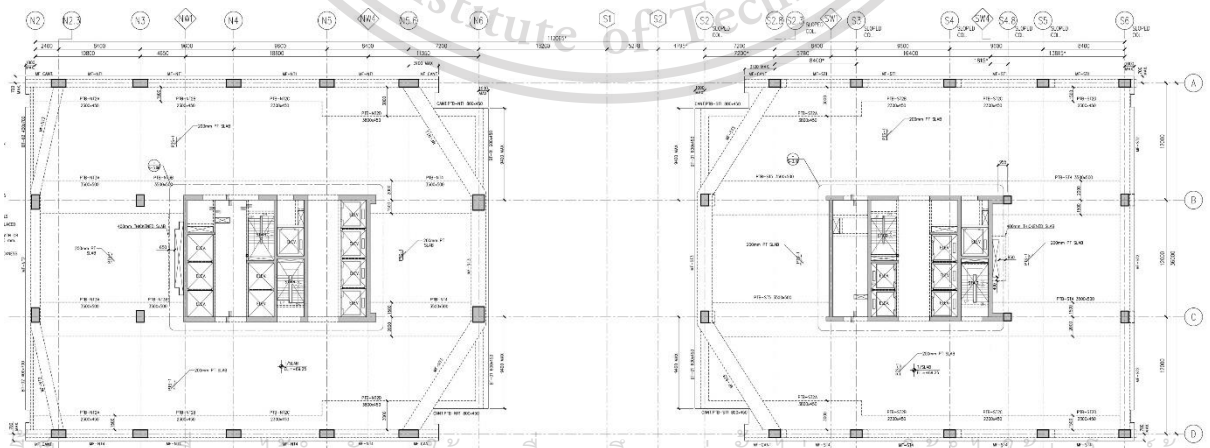
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-21 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 15 North และ 15 South ตามลำดับ



รูปที่ ก-22 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 16 North และ 16 South ตามลำดับ



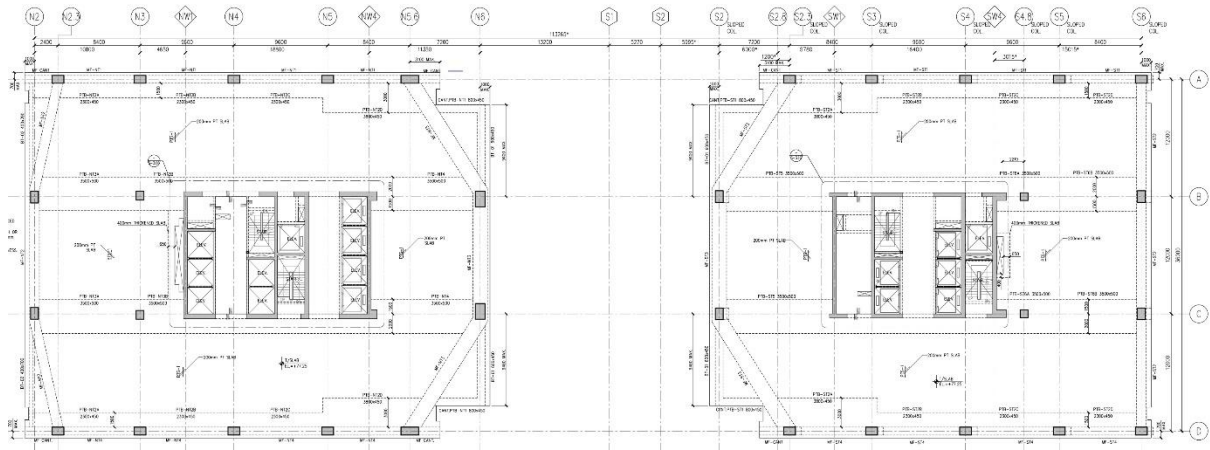
รูปที่ ก-23 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 17 North และ 17 South ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

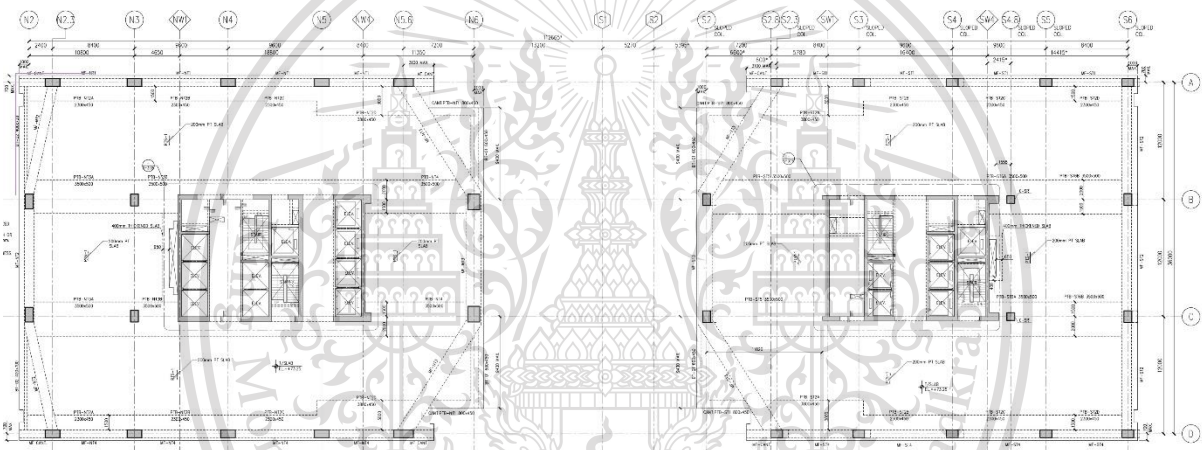
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

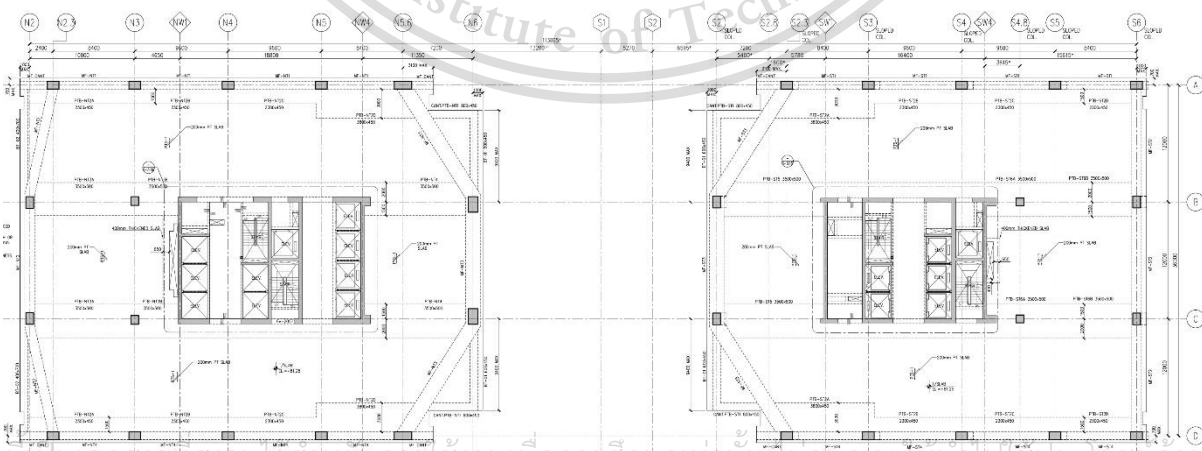
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-24 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 18 North และ 18 South ตามลำดับ



รูปที่ ก-25 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 19 North และ 19 South ตามลำดับ

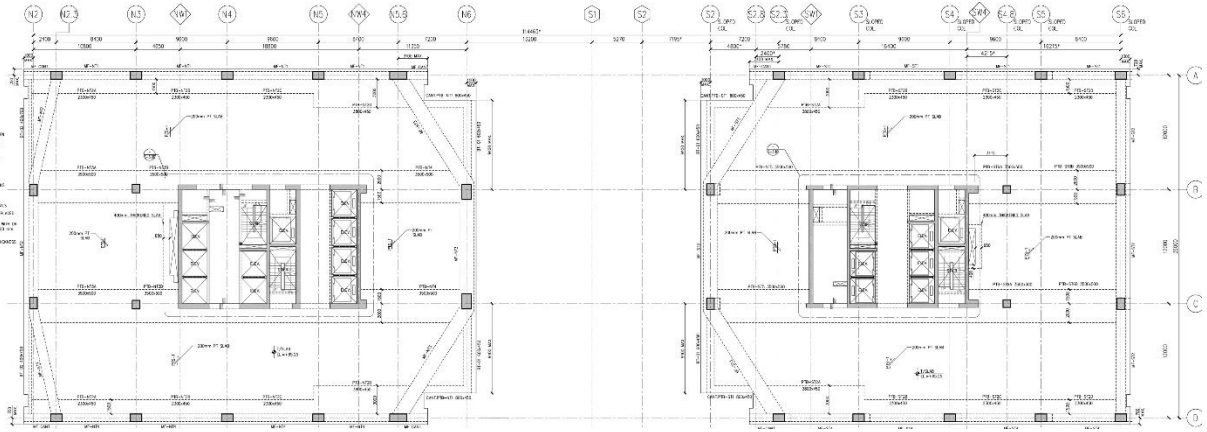


รูปที่ ก-26 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 20 North และ 20 South ตามลำดับ

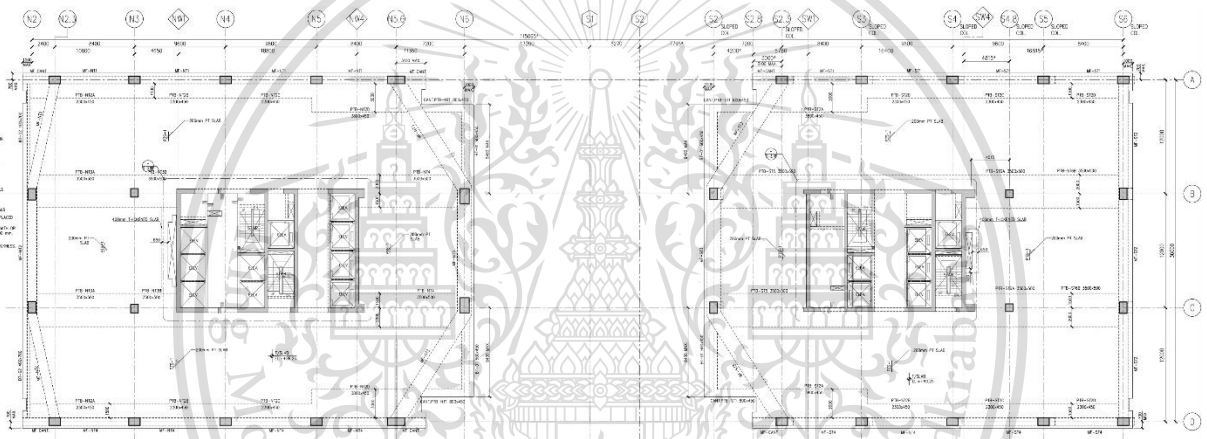
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มิ้มเท็ดดีแบล็กเช็ท จำกัด ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ การนำออกไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

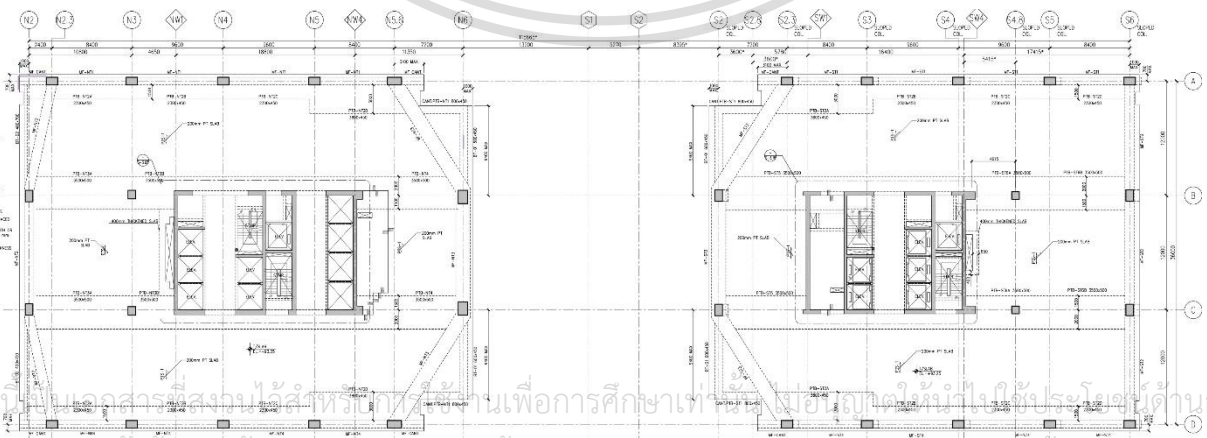
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-27 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 21 North และ 21 South ตามลำดับ



รูปที่ ก-28 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 22 North และ 22 South ตามลำดับ



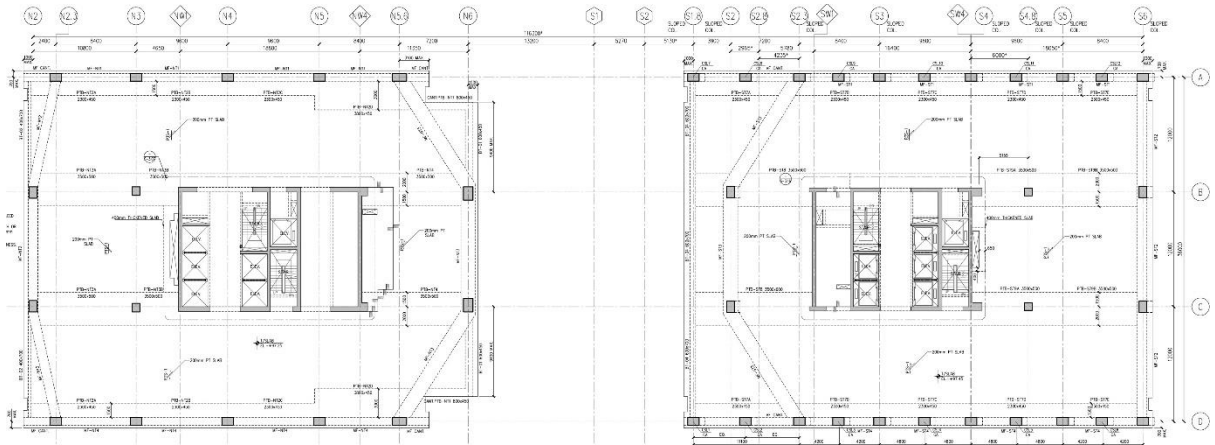
รูปที่ ก-29 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 23 North และ 23 South ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ด้านการค้า

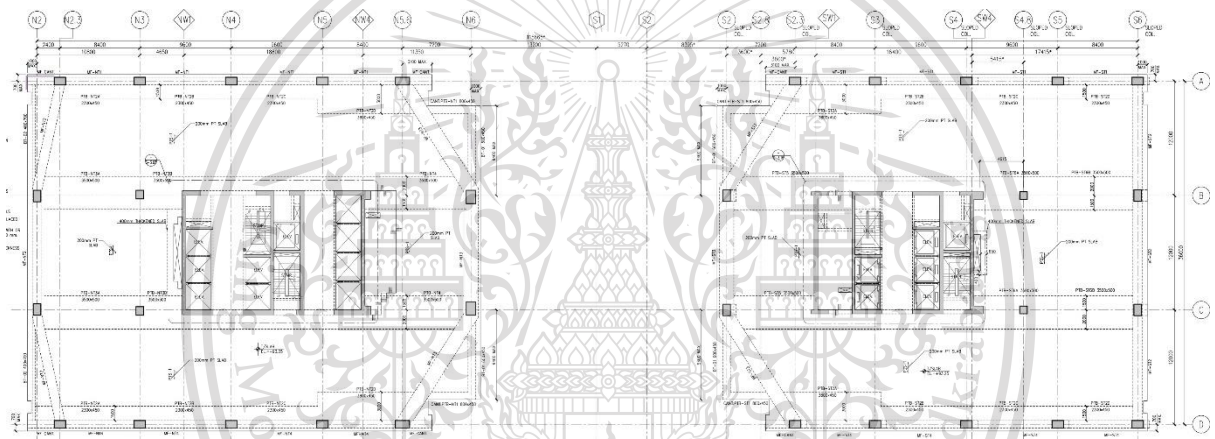
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลีเก็งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

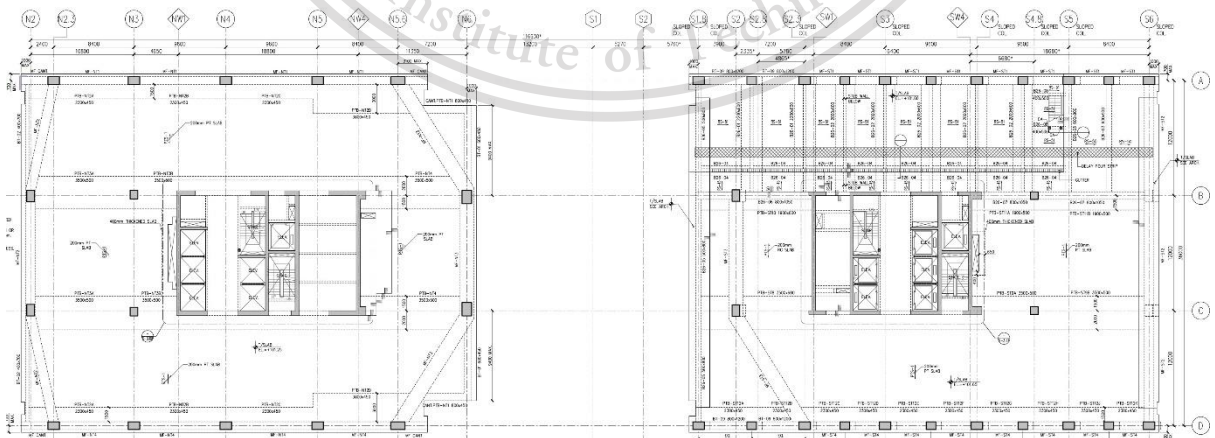
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-30 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 24 North และ 24 South ตามลำดับ



รูปที่ ก-31 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 25 North และ 25 South ตามลำดับ

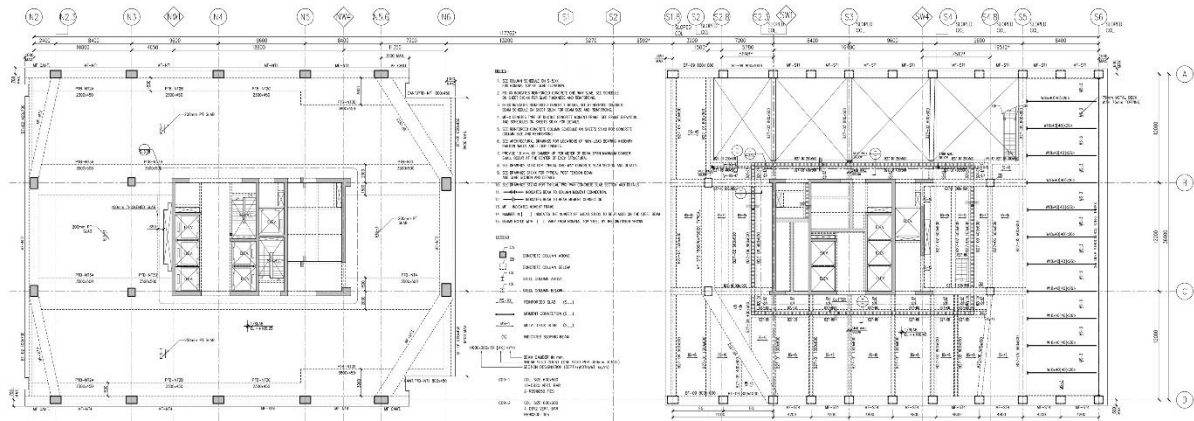


รูปที่ ก-32 หน้าที่อาคาร G-tower ชั้นที่ 26 North และ 26 South ตามลำดับ

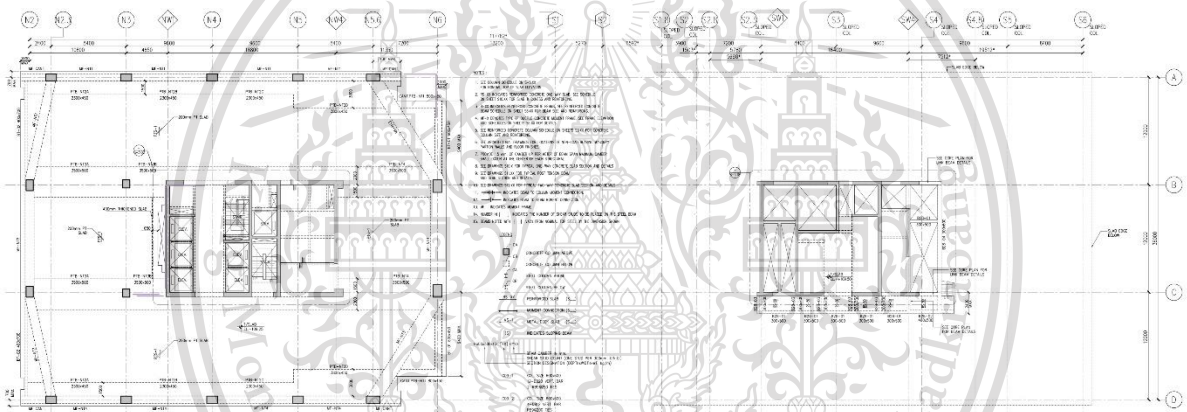
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

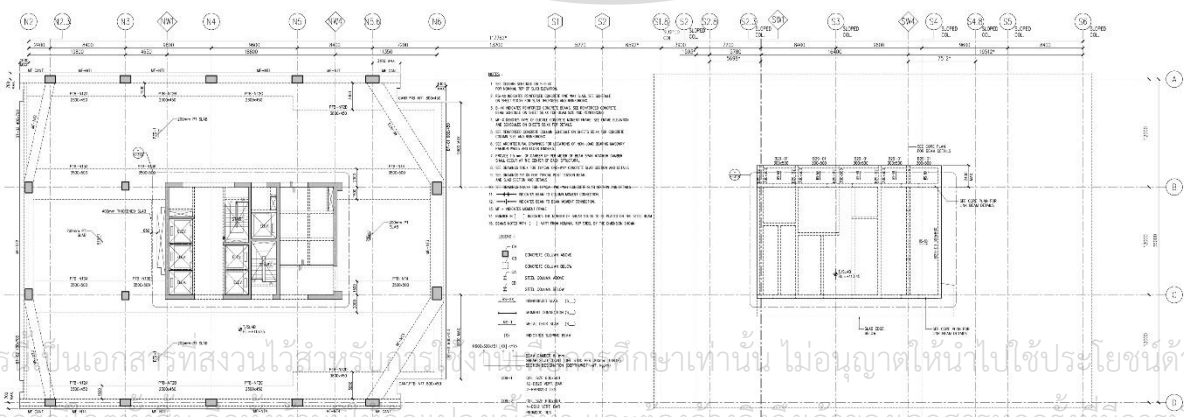
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-33 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 27 North และ 27 South (Roof) ตามลำดับ

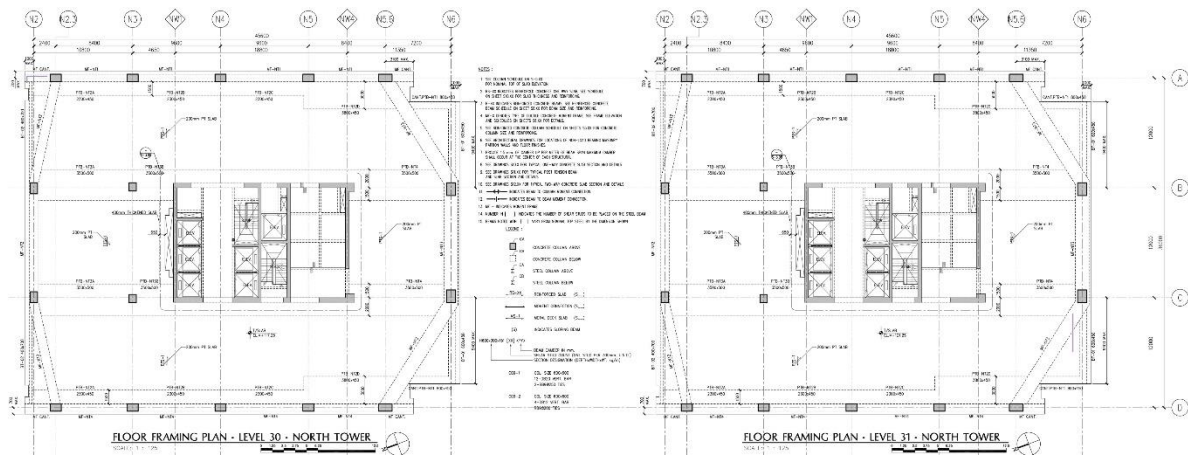


รูปที่ ก-34 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 28 North and 28 South (Machine Room) ตามลำดับ

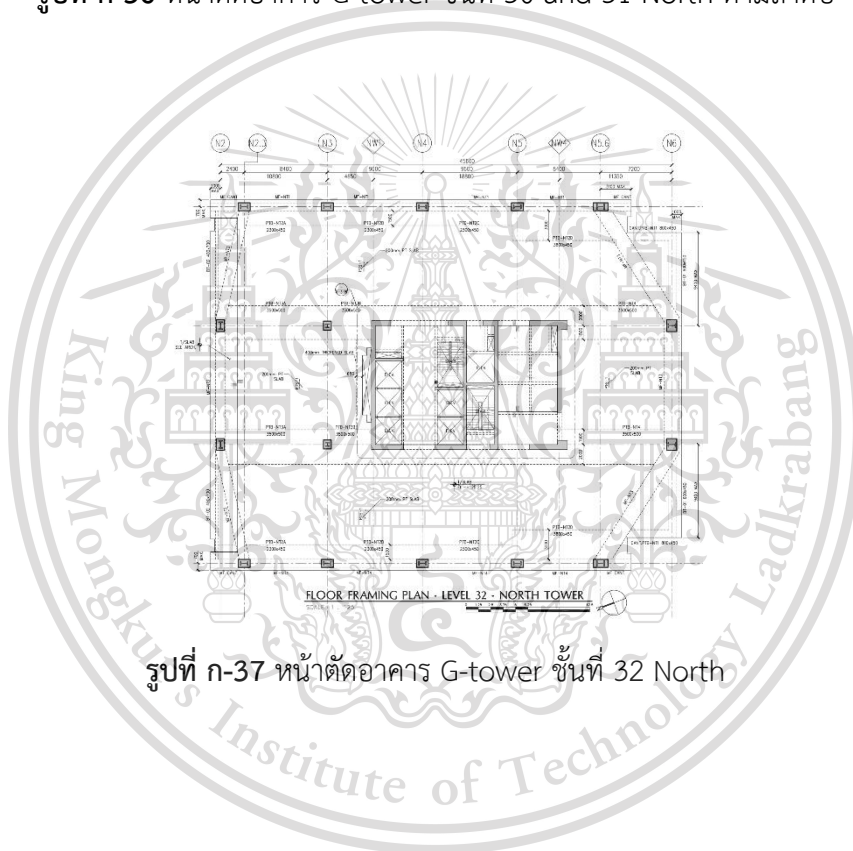


รูปที่ ก-35 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 29 North and 29 South (Top Roof) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกริใช้งานภายในของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-36 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 30 and 31 North ตามลำดับ

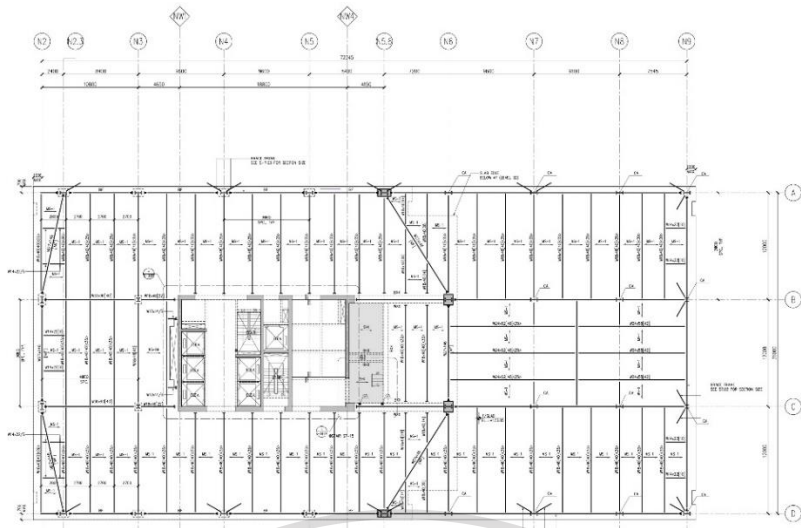


รูปที่ ก-37 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 32 North

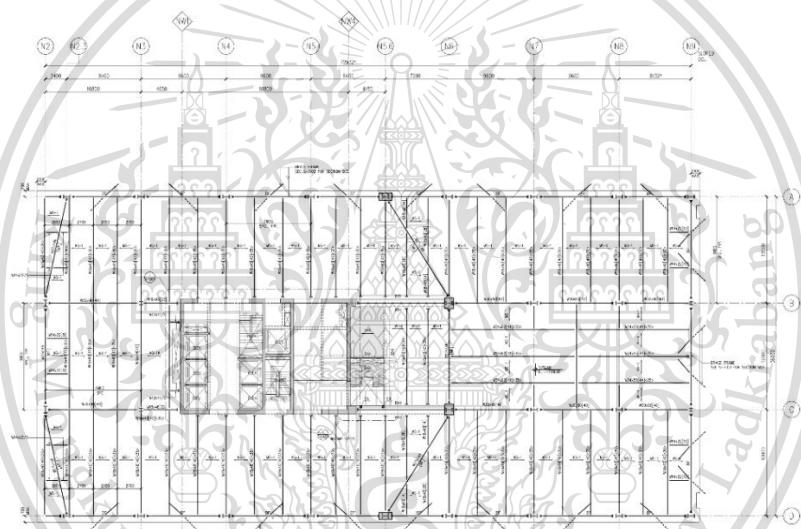
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

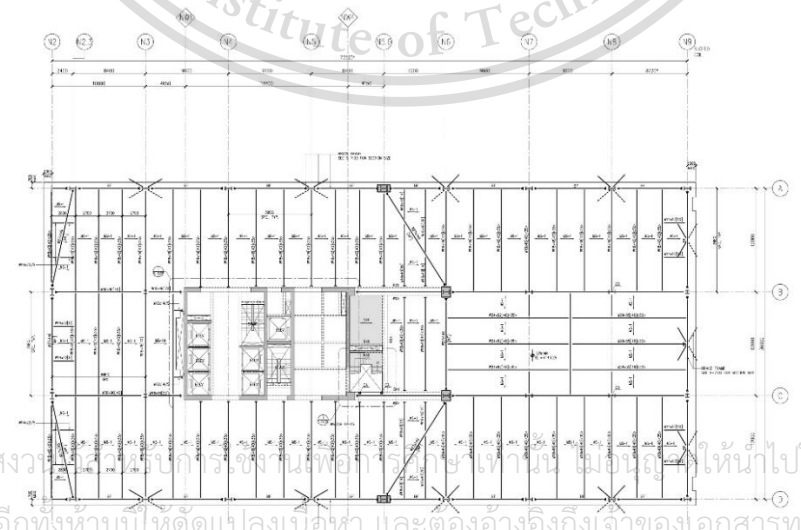
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-38 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 33 North



รูปที่ ก-39 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 34 North

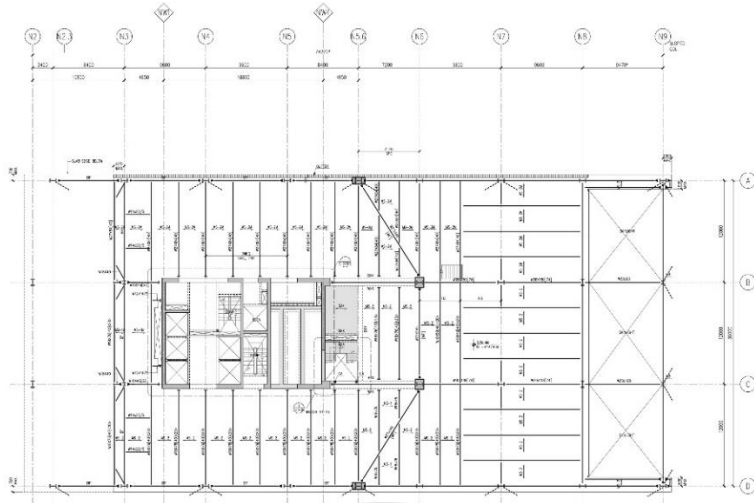


รูปที่ ก-40 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 35 North

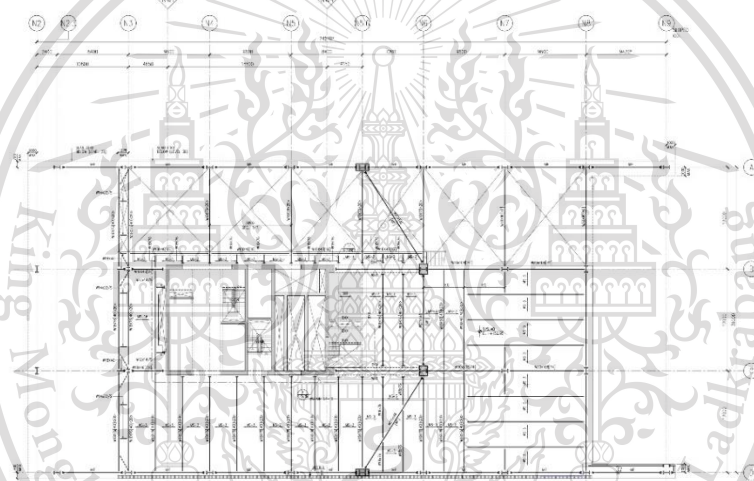
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

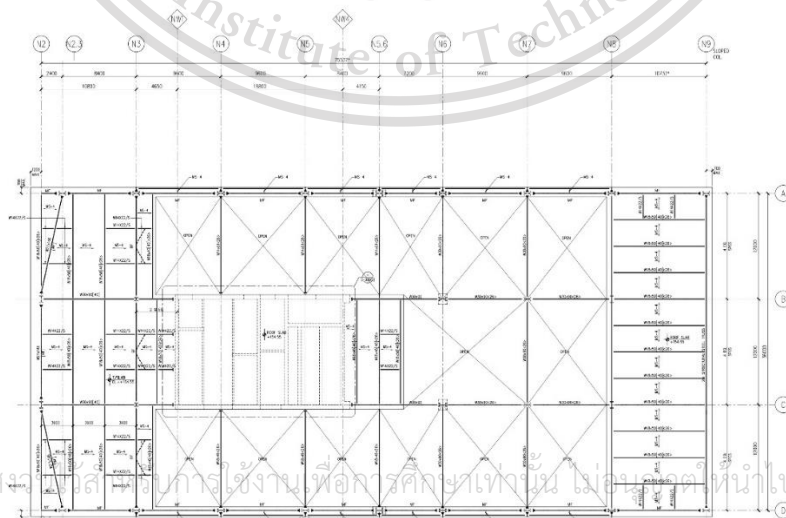
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ ก-41 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 36 North



รูปที่ ก-42 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้นที่ 37 North



รูปที่ ก-43 หน้าตัดอาคาร G-tower ชั้น Roof

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาคผนวก ข

ตารางคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift ของแต่ละวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ข

ตารางคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift ของแต่ละวิธี

ตารางที่ ข-1 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีสถิติเทียบเท่าที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน X

ชั้น	ความสูงชั้น (m)	แกน X (mm)				แกน Y (mm)				Ratio of Drift	ประเภทของรูปทรงอาคาร
		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift			
North-roof	3.60	145.120	34.386	54.00	ผ่าน	24.140	9.500	54.00	ผ่าน	1.102	Torsional regular
North-LV 37	3.30	137.305	11.502	49.50	ผ่าน	21.981	8.334	49.50	ผ่าน	1.029	Torsional regular
North-LV 36	4.40	134.691	36.084	66.00	ผ่าน	20.087	37.836	66.00	ผ่าน	1.113	Torsional regular
North-LV 35	4.70	126.490	37.356	70.50	ผ่าน	28.686	38.148	70.50	ผ่าน	1.032	Torsional regular
North-LV 34	4.70	118.000	37.000	70.50	ผ่าน	20.016	3.964	70.50	ผ่าน	1.175	Torsional regular
North-LV 33	4.60	109.591	29.467	69.00	ผ่าน	19.115	31.750	69.00	ผ่าน	1.271	Torsional Irregular
North-LV 32M	4.00	102.894	41.752	60.00	ผ่าน	26.331	14.120	60.00	ผ่าน	1.076	Torsional regular
North-LV 32	4.00	98.005	20.240	60.00	ผ่าน	23.999	3.859	60.00	ผ่าน	1.085	Torsional regular
North-LV 31	4.00	93.405	19.527	60.00	ผ่าน	23.122	4.074	60.00	ผ่าน	1.087	Torsional regular
North-LV 30	4.00	88.967	19.004	60.00	ผ่าน	22.196	4.189	60.00	ผ่าน	1.088	Torsional regular
North-LV 29	4.00	84.648	18.590	60.00	ผ่าน	21.244	4.321	60.00	ผ่าน	1.090	Torsional regular
North-LV 28	4.00	80.423	18.278	60.00	ผ่าน	20.262	4.475	60.00	ผ่าน	1.091	Torsional regular
North-LV 27	4.00	76.269	17.895	60.00	ผ่าน	19.245	4.554	60.00	ผ่าน	1.085	Torsional regular
North-LV 26	4.00	72.202	17.547	60.00	ผ่าน	18.210	4.519	60.00	ผ่าน	1.091	Torsional regular
North-LV 25	4.00	68.214	17.305	60.00	ผ่าน	17.183	4.347	60.00	ผ่าน	1.096	Torsional regular
North-LV 24	4.00	64.281	17.098	60.00	ผ่าน	16.195	4.501	60.00	ผ่าน	1.100	Torsional regular
North-LV 23	4.00	60.395	16.878	60.00	ผ่าน	15.172	4.501	60.00	ผ่าน	1.102	Torsional regular
North-LV 22	4.00	56.559	16.632	60.00	ผ่าน	14.149	4.470	60.00	ผ่าน	1.105	Torsional regular
North-LV 21	4.00	52.779	16.355	60.00	ผ่าน	13.133	4.378	60.00	ผ่าน	1.106	Torsional regular
North-LV 20	4.00	49.062	16.025	60.00	ผ่าน	12.138	4.264	60.00	ผ่าน	1.108	Torsional regular
North-LV 19	4.00	45.420	15.624	60.00	ผ่าน	11.169	4.127	60.00	ผ่าน	1.107	Torsional regular
North-LV 18	4.00	41.869	15.079	60.00	ผ่าน	10.231	4.066	60.00	ผ่าน	1.392	Torsional Irregular
North-LV 17	4.00	38.442	14.419	60.00	ผ่าน	9.307	4.052	60.00	ผ่าน	1.108	Torsional regular
North-LV 16	4.00	35.165	13.627	60.00	ผ่าน	8.386	3.916	60.00	ผ่าน	1.108	Torsional regular
North-LV 15	4.00	32.068	12.720	60.00	ผ่าน	7.496	3.692	60.00	ผ่าน	1.083	Torsional regular
North-LV 14	4.00	29.177	11.414	60.00	ผ่าน	6.657	3.511	60.00	ผ่าน	1.110	Torsional regular
North-LV 13	4.00	26.583	9.372	60.00	ผ่าน	5.859	3.300	60.00	ผ่าน	1.118	Torsional regular
North-LV 12	4.00	24.453	5.848	60.00	ผ่าน	5.109	8.303	60.00	ผ่าน	1.152	Torsional regular
South-LV 29	4.00	98.445	7.810	60.00	ผ่าน	4.441	0.647	60.00	ผ่าน	1.092	Torsional regular
South-LV 28	4.00	96.670	6.741	60.00	ผ่าน	4.294	0.202	60.00	ผ่าน	1.036	Torsional regular
South-LV 27	4.00	95.138	10.798	60.00	ผ่าน	4.248	0.906	60.00	ผ่าน	1.011	Torsional regular
South-LV 26	4.00	92.684	9.473	60.00	ผ่าน	4.042	1.091	60.00	ผ่าน	1.018	Torsional regular
South-LV 25	4.00	90.531	13.957	60.00	ผ่าน	3.794	0.383	60.00	ผ่าน	1.019	Torsional regular
South-LV 24	4.00	87.359	16.658	60.00	ผ่าน	3.707	1.118	60.00	ผ่าน	1.021	Torsional regular
South-LV 23	4.00	83.573	19.263	60.00	ผ่าน	3.453	1.096	60.00	ผ่าน	1.021	Torsional regular
South-LV 22	4.00	79.195	21.529	60.00	ผ่าน	3.204	1.060	60.00	ผ่าน	1.022	Torsional regular
South-LV 21	4.00	74.302	23.355	60.00	ผ่าน	2.963	1.016	60.00	ผ่าน	1.022	Torsional regular
South-LV 20	4.00	68.994	25.067	60.00	ผ่าน	2.732	0.959	60.00	ผ่าน	1.023	Torsional regular
South-LV 19	4.00	63.297	26.255	60.00	ผ่าน	2.514	0.889	60.00	ผ่าน	1.024	Torsional regular
South-LV 18	4.00	57.330	26.840	60.00	ผ่าน	2.312	0.827	60.00	ผ่าน	1.025	Torsional regular
South-LV 17	4.00	51.230	27.139	60.00	ผ่าน	2.124	0.748	60.00	ผ่าน	1.024	Torsional regular
South-LV 16	4.00	45.062	26.770	60.00	ผ่าน	1.954	0.660	60.00	ผ่าน	1.024	Torsional regular
South-LV 15	4.00	38.978	25.872	60.00	ผ่าน	1.804	0.563	60.00	ผ่าน	1.027	Torsional regular
South-LV 14	4.00	33.098	23.778	60.00	ผ่าน	1.676	0.453	60.00	ผ่าน	1.031	Torsional regular
South-LV 13	4.00	27.694	14.260	60.00	ผ่าน	1.573	0.224	60.00	ผ่าน	1.058	Torsional regular
South-LV 12	4.00	24.453	5.848	60.00	ผ่าน	1.522	7.480	60.00	ผ่าน	1.987	Extreme Torsional Irregular
LV 11	4.20	23.124	0.928	63.00	ผ่าน	3.222	1.549	63.00	ผ่าน	1.755	Extreme Torsional Irregular
LV 10	5.75	23.335	4.453	86.25	ผ่าน	2.870	1.936	86.25	ผ่าน	1.398	Torsional Irregular
LV 9.5	3.10	23.826	0.717	46.50	ผ่าน	2.628	1.003	46.50	ผ่าน	2.967	Extreme Torsional Irregular
LV 9	3.20	24.347	2.380	48.00	ผ่าน	2.430	0.730	48.00	ผ่าน	1.703	Extreme Torsional Irregular
LV 8.5	2.70	23.663	4.140	40.50	ผ่าน	2.400	0.928	40.50	ผ่าน	1.258	Torsional Irregular
LV 8	2.70	23.806	6.970	40.50	ผ่าน	2.264	0.915	40.50	ผ่าน	1.152	Torsional regular
LV 7.5	2.70	22.722	7.559	40.50	ผ่าน	2.189	1.184	40.50	ผ่าน	1.111	Torsional regular
LV 7	2.70	22.222	8.796	40.50	ผ่าน	2.056	0.990	40.50	ผ่าน	1.088	Torsional regular
LV 6.5	2.70	21.004	9.095	40.50	ผ่าน	1.920	1.043	40.50	ผ่าน	1.081	Torsional regular
LV 6	2.70	20.223	9.794	40.50	ผ่าน	1.831	1.087	40.50	ผ่าน	1.075	Torsional regular
LV 5.5	2.70	18.937	9.610	40.50	ผ่าน	1.683	0.986	40.50	ผ่าน	1.076	Torsional regular
LV 5	2.70	17.997	9.962	40.50	ผ่าน	1.584	1.016	40.50	ผ่าน	1.065	Torsional regular
LV 4.5	2.70	16.753	9.755	40.50	ผ่าน	1.459	1.025	40.50	ผ่าน	1.062	Torsional regular
LV 4	2.70	15.733	8.127	40.50	ผ่าน	1.353	0.876	40.50	ผ่าน	1.240	Torsional Irregular
LV 3.5	6.30	14.536	23.954	94.50	ผ่าน	1.226	2.121	94.50	ผ่าน	1.310	Torsional Irregular
LV 3	4.95	13.886	21.094	74.25	ผ่าน	1.154	1.804	74.25	ผ่าน	1.054	Torsional regular
LV 2	4.05	9.092	18.467	60.75	ผ่าน	0.744	1.522	60.75	ผ่าน	3.078	Extreme Torsional Irregular
LV 1	4.95	4.895	15.844	74.25	ผ่าน	0.398	1.329	74.25	ผ่าน	1.023	Torsional regular
LV GF	3.80	1.294	3.692	57.00	ผ่าน	0.096	0.334	57.00	ผ่าน	2.322	Extreme Torsional Irregular
LV BM1	4.50	0.455	2.002	67.50	ผ่าน	0.020	0.088	67.50	ผ่าน	1.445	Extreme Torsional Irregular
LV BM2	2.95	0.000	0.167	44.25	ผ่าน	0.000	0.001	44.25	ผ่าน	2.025	Extreme Torsional Irregular
LV BM3	2.75	-0.038	0.167	41.25	ผ่าน	0.000	0.001	41.25	ผ่าน	4.756	Extreme Torsional Irregular
LV BM4	3.80	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	2.403	Extreme Torsional Irregular

ตารางที่ ข-2 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีสถิติเทียบเท่าที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน Y

ชั้น	ความสูงชั้น (m)	แกน X (mm)				แกน Y (mm)				Ratio of Drift	ประเภทของรูปทรงอาคาร
		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift			
North-roof	3.60	107.945	28.134	54.00	ผ่าน	99.238	15.541	54.00	ผ่าน	1.103	Torsional regular
North-LV 37	3.30	101.551	13.301	49.50	ผ่าน	95.706	13.693	49.50	ผ่าน	1.029	Torsional regular
North-LV 36	4.40	98.528	32.837	66.00	ผ่าน	92.594	12.764	66.00	ผ่าน	1.135	Torsional regular
North-LV 35	4.70	91.065	34.729	70.50	ผ่าน	95.495	35.592	70.50	ผ่าน	1.065	Torsional regular
North-LV 34	4.70	83.172	34.148	70.50	ผ่าน	87.406	13.983	70.50	ผ่าน	1.152	Torsional regular
North-LV 33	4.60	75.411	25.313	69.00	ผ่าน	84.228	4.074	69.00	ผ่าน	1.303	Torsional Irregular
North-LV 32M	4.00	69.658	33.339	60.00	ผ่าน	85.154	30.690	60.00	ผ่าน	1.056	Torsional regular
North-LV 32	4.00	65.681	15.840	60.00	ผ่าน	81.295	13.710	60.00	ผ่าน	1.049	Torsional regular
North-LV 31	4.00	62.081	14.837	60.00	ผ่าน	78.179	13.996	60.00	ผ่าน	1.034	Torsional regular
North-LV 30	4.00	58.709	14.032	60.00	ผ่าน	74.998	14.177	60.00	ผ่าน	1.021	Torsional regular
North-LV 29	4.00	55.520	13.363	60.00	ผ่าน	71.776	14.357	60.00	ผ่าน	1.011	Torsional regular
North-LV 28	4.00	52.483	12.791	60.00	ผ่าน	68.513	14.524	60.00	ผ่าน	1.006	Torsional regular
North-LV 27	4.00	49.576	12.232	60.00	ผ่าน	65.212	14.586	60.00	ผ่าน	1.004	Torsional regular
North-LV 26	4.00	46.796	11.739	60.00	ผ่าน	61.897	14.573	60.00	ผ่าน	1.001	Torsional regular
North-LV 25	4.00	44.128	11.392	60.00	ผ่าน	58.585	14.423	60.00	ผ่าน	1.000	Torsional regular
North-LV 24	4.00	41.539	11.084	60.00	ผ่าน	55.307	14.498	60.00	ผ่าน	1.001	Torsional regular
North-LV 23	4.00	39.020	10.780	60.00	ผ่าน	52.012	14.432	60.00	ผ่าน	1.000	Torsional regular
North-LV 22	4.00	36.570	10.472	60.00	ผ่าน	48.732	14.318	60.00	ผ่าน	1.003	Torsional regular
North-LV 21	4.00	34.190	10.160	60.00	ผ่าน	45.478	14.115	60.00	ผ่าน	1.004	Torsional regular
North-LV 20	4.00	31.881	9.821	60.00	ผ่าน	42.270	13.847	60.00	ผ่าน	1.007	Torsional regular
North-LV 19	4.00	29.649	9.464	60.00	ผ่าน	39.123	13.499	60.00	ผ่าน	1.007	Torsional regular
North-LV 18	4.00	27.498	8.972	60.00	ผ่าน	36.055	13.231	60.00	ผ่าน	1.008	Torsional regular
North-LV 17	4.00	25.459	8.448	60.00	ผ่าน	33.048	13.028	60.00	ผ่าน	1.015	Torsional regular
North-LV 16	4.00	23.539	7.872	60.00	ผ่าน	30.087	12.672	60.00	ผ่าน	1.029	Torsional regular
North-LV 15	4.00	21.750	7.256	60.00	ผ่าน	27.207	12.096	60.00	ผ่าน	1.042	Torsional regular
North-LV 14	4.00	20.101	6.420	60.00	ผ่าน	24.458	11.594	60.00	ผ่าน	1.066	Torsional regular
North-LV 13	4.00	18.642	5.148	60.00	ผ่าน	21.823	11.018	60.00	ผ่าน	1.114	Torsional regular
North-LV 12	4.00	17.472	3.106	60.00	ผ่าน	19.319	32.208	60.00	ผ่าน	1.355	Torsional Irregular
South-LV 29	4.00	83.704	5.702	60.00	ผ่าน	15.468	2.820	60.00	ผ่าน	1.100	Torsional regular
South-LV 28	4.00	82.408	5.487	60.00	ผ่าน	14.827	1.817	60.00	ผ่าน	1.041	Torsional regular
South-LV 27	4.00	81.161	9.170	60.00	ผ่าน	14.414	3.582	60.00	ผ่าน	1.016	Torsional regular
South-LV 26	4.00	79.077	7.423	60.00	ผ่าน	13.600	3.546	60.00	ผ่าน	1.038	Torsional regular
South-LV 25	4.00	77.390	11.678	60.00	ผ่าน	12.794	2.719	60.00	ผ่าน	1.049	Torsional regular
South-LV 24	4.00	74.736	14.304	60.00	ผ่าน	12.176	3.529	60.00	ผ่าน	1.048	Torsional regular
South-LV 23	4.00	71.485	16.777	60.00	ผ่าน	11.374	3.476	60.00	ผ่าน	1.050	Torsional regular
South-LV 22	4.00	67.672	18.938	60.00	ผ่าน	10.584	3.388	60.00	ผ่าน	1.050	Torsional regular
South-LV 21	4.00	63.368	20.711	60.00	ผ่าน	9.814	3.274	60.00	ผ่าน	1.051	Torsional regular
South-LV 20	4.00	58.661	22.383	60.00	ผ่าน	9.070	3.124	60.00	ผ่าน	1.051	Torsional regular
South-LV 19	4.00	53.574	23.575	60.00	ผ่าน	8.360	2.944	60.00	ผ่าน	1.051	Torsional regular
South-LV 18	4.00	48.216	24.196	60.00	ผ่าน	7.691	2.728	60.00	ผ่าน	1.053	Torsional regular
South-LV 17	4.00	42.717	24.521	60.00	ผ่าน	7.071	2.486	60.00	ผ่าน	1.053	Torsional regular
South-LV 16	4.00	37.144	24.218	60.00	ผ่าน	6.506	2.213	60.00	ผ่าน	1.055	Torsional regular
South-LV 15	4.00	31.640	23.496	60.00	ผ่าน	6.003	1.892	60.00	ผ่าน	1.060	Torsional regular
South-LV 14	4.00	26.300	21.736	60.00	ผ่าน	5.573	1.544	60.00	ผ่าน	1.067	Torsional regular
South-LV 13	4.00	21.360	17.107	60.00	ผ่าน	5.222	0.871	60.00	ผ่าน	1.150	Torsional regular
South-LV 12	4.00	17.472	3.106	60.00	ผ่าน	5.024	30.690	60.00	ผ่าน	2.894	Extreme Torsional Irregular
LV 11	4.20	16.766	1.188	63.00	ผ่าน	11.999	5.337	63.00	ผ่าน	3.275	Extreme Torsional Irregular
LV 10	5.75	17.036	9.152	86.25	ผ่าน	10.786	7.709	86.25	ผ่าน	1.835	Extreme Torsional Irregular
LV 9.5	3.10	16.960	0.924	46.50	ผ่าน	9.830	3.634	46.50	ผ่าน	2.860	Extreme Torsional Irregular
LV 9	3.20	19.116	2.706	48.00	ผ่าน	9.034	2.970	48.00	ผ่าน	2.101	Extreme Torsional Irregular
LV 8.5	2.70	16.750	2.336	40.50	ผ่าน	9.004	3.678	40.50	ผ่าน	1.400	Extreme Torsional Irregular
LV 8	2.70	18.501	5.733	40.50	ผ่าน	8.359	3.142	40.50	ผ่าน	1.225	Torsional Irregular
LV 7.5	2.70	16.219	5.267	40.50	ผ่าน	8.168	4.466	40.50	ผ่าน	1.179	Torsional regular
LV 7	2.70	17.198	7.000	40.50	ผ่าน	7.645	3.630	40.50	ผ่าน	1.143	Torsional regular
LV 6.5	2.70	15.022	6.420	40.50	ผ่าน	7.153	3.828	40.50	ผ่าน	1.127	Torsional regular
LV 6	2.70	15.607	7.757	40.50	ผ่าน	6.820	3.934	40.50	ผ่าน	1.123	Torsional regular
LV 5.5	2.70	13.563	6.873	40.50	ผ่าน	6.283	3.445	40.50	ผ่าน	1.113	Torsional regular
LV 5	2.70	13.844	7.841	40.50	ผ่าน	5.926	3.414	40.50	ผ่าน	1.099	Torsional regular
LV 4.5	2.70	12.001	6.868	40.50	ผ่าน	5.500	3.406	40.50	ผ่าน	1.089	Torsional regular
LV 4	2.70	12.062	6.508	40.50	ผ่าน	5.150	3.780	40.50	ผ่าน	1.274	Torsional Irregular
LV 3.5	6.30	10.440	16.390	94.50	ผ่าน	4.726	7.858	94.50	ผ่าน	1.403	Extreme Torsional Irregular
LV 3	4.95	10.583	17.019	74.25	ผ่าน	4.291	5.944	74.25	ผ่าน	1.111	Torsional regular
LV 2	4.05	6.715	13.715	60.75	ผ่าน	2.940	3.832	60.75	ผ่าน	3.158	Extreme Torsional Irregular
LV 1	4.95	3.598	11.972	74.25	ผ่าน	2.069	5.500	74.25	ผ่าน	1.066	Torsional regular
LV GF	3.80	0.877	2.587	57.00	ผ่าน	0.819	2.050	57.00	ผ่าน	2.244	Extreme Torsional Irregular
LV BM1	4.50	0.289	1.272	67.50	ผ่าน	0.353	1.553	67.50	ผ่าน	1.613	Extreme Torsional Irregular
LV BM2	2.95	0.000	0.136	44.25	ผ่าน	0.000	0.079	44.25	ผ่าน	2.021	Extreme Torsional Irregular
LV BM3	2.75	-0.031	0.136	41.25	ผ่าน	-0.018	0.079	41.25	ผ่าน	4.935	Extreme Torsional Irregular
LV BM4	3.80	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	2.448	Extreme Torsional Irregular

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข-3 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีพลศาสตร์ที่มีแรงกระทำต่อตัวอาคารในแนวแกน X

ชั้น	ความสูงชั้น (m)	แกน X (mm)				แกน Y (mm)				Ratio of Drift	ประเภทของรูปทรงอาคาร
		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift			
North-roof	3.60	210.473	40.955	54.00	ผ่าน	26.191	35.204	54.00	ผ่าน	1.862	Extreme Torsional Irregular
North-LV 37	3.30	201.165	17.442	49.50	ผ่าน	34.192	22.185	49.50	ผ่าน	1.282	Torsional Irregular
North-LV 36	4.40	205.129	23.637	66.00	ผ่าน	39.234	63.466	66.00	ผ่าน	1.055	Torsional Irregular
North-LV 35	4.70	199.757	15.624	70.50	ผ่าน	24.81	38.799	70.50	ผ่าน	1.048	Torsional Irregular
North-LV 34	4.70	196.206	17.002	70.50	ผ่าน	33.628	2.697	70.50	ผ่าน	1.676	Extreme Torsional Irregular
North-LV 33	4.60	192.342	24.754	69.00	ผ่าน	34.241	34.518	69.00	ผ่าน	1.460	Extreme Torsional Irregular
North-LV 32M	4.00	186.716	22.862	60.00	ผ่าน	26.396	34.135	60.00	ผ่าน	1.340	Torsional Irregular
North-LV 32	4.00	181.52	25.502	60.00	ผ่าน	18.638	2.235	60.00	ผ่าน	1.590	Extreme Torsional Irregular
North-LV 31	4.00	175.724	27.135	60.00	ผ่าน	18.13	2.508	60.00	ผ่าน	1.629	Extreme Torsional Irregular
North-LV 30	4.00	169.557	28.688	60.00	ผ่าน	17.56	2.565	60.00	ผ่าน	1.661	Extreme Torsional Irregular
North-LV 29	4.00	163.037	30.052	60.00	ผ่าน	16.977	2.794	60.00	ผ่าน	1.684	Extreme Torsional Irregular
North-LV 28	4.00	156.207	31.473	60.00	ผ่าน	16.342	3.115	60.00	ผ่าน	1.702	Extreme Torsional Irregular
North-LV 27	4.00	149.054	32.437	60.00	ผ่าน	15.634	3.111	60.00	ผ่าน	1.712	Extreme Torsional Irregular
North-LV 26	4.00	141.682	33.172	60.00	ผ่าน	14.927	3.142	60.00	ผ่าน	1.723	Extreme Torsional Irregular
North-LV 25	4.00	134.143	33.898	60.00	ผ่าน	14.213	2.257	60.00	ผ่าน	1.733	Extreme Torsional Irregular
North-LV 24	4.00	126.439	34.558	60.00	ผ่าน	13.7	3.106	60.00	ผ่าน	1.744	Extreme Torsional Irregular
North-LV 23	4.00	118.585	35.209	60.00	ผ่าน	12.994	3.269	60.00	ผ่าน	1.755	Extreme Torsional Irregular
North-LV 22	4.00	110.583	35.728	60.00	ผ่าน	12.251	3.348	60.00	ผ่าน	1.765	Extreme Torsional Irregular
North-LV 21	4.00	102.463	36.137	60.00	ผ่าน	11.49	3.186	60.00	ผ่าน	1.774	Extreme Torsional Irregular
North-LV 20	4.00	94.25	36.392	60.00	ผ่าน	10.766	2.988	60.00	ผ่าน	1.783	Extreme Torsional Irregular
North-LV 19	4.00	85.979	36.348	60.00	ผ่าน	10.087	2.776	60.00	ผ่าน	1.788	Extreme Torsional Irregular
North-LV 18	4.00	77.718	36.203	60.00	ผ่าน	9.456	3.032	60.00	ผ่าน	1.794	Extreme Torsional Irregular
North-LV 17	4.00	69.49	35.614	60.00	ผ่าน	8.767	3.524	60.00	ผ่าน	1.797	Extreme Torsional Irregular
North-LV 16	4.00	61.396	34.399	60.00	ผ่าน	7.966	3.476	60.00	ผ่าน	1.797	Extreme Torsional Irregular
North-LV 15	4.00	53.578	32.199	60.00	ผ่าน	7.176	3.115	60.00	ผ่าน	1.795	Extreme Torsional Irregular
North-LV 14	4.00	46.26	29.238	60.00	ผ่าน	6.468	3.010	60.00	ผ่าน	1.788	Extreme Torsional Irregular
North-LV 13	4.00	39.615	24.526	60.00	ผ่าน	5.784	2.829	60.00	ผ่าน	1.775	Extreme Torsional Irregular
North-LV 12	4.00	34.041	16.060	60.00	ผ่าน	5.141	9.161	60.00	ผ่าน	1.723	Extreme Torsional Irregular
South-LV 29	4.00	122.74	5.773	60.00	ผ่าน	9.506	1.184	60.00	ผ่าน	1.153	Torsional Irregular
South-LV 28	4.00	121.428	13.944	60.00	ผ่าน	9.237	0.070	60.00	ผ่าน	1.142	Torsional Irregular
South-LV 27	4.00	118.259	36.797	60.00	ผ่าน	9.253	1.408	60.00	ผ่าน	1.405	Extreme Torsional Irregular
South-LV 26	4.00	109.896	22.506	60.00	ผ่าน	8.933	2.468	60.00	ผ่าน	1.452	Extreme Torsional Irregular
South-LV 25	4.00	104.781	27.298	60.00	ผ่าน	8.372	0.607	60.00	ผ่าน	1.500	Extreme Torsional Irregular
South-LV 24	4.00	98.577	28.222	60.00	ผ่าน	8.51	2.948	60.00	ผ่าน	1.521	Extreme Torsional Irregular
South-LV 23	4.00	92.163	29.797	60.00	ผ่าน	7.84	2.803	60.00	ผ่าน	1.537	Extreme Torsional Irregular
South-LV 22	4.00	85.391	30.760	60.00	ผ่าน	7.203	2.631	60.00	ผ่าน	1.549	Extreme Torsional Irregular
South-LV 21	4.00	78.4	30.963	60.00	ผ่าน	6.605	2.402	60.00	ผ่าน	1.556	Extreme Torsional Irregular
South-LV 20	4.00	71.363	30.835	60.00	ผ่าน	6.059	2.165	60.00	ผ่าน	1.563	Extreme Torsional Irregular
South-LV 19	4.00	64.355	30.118	60.00	ผ่าน	5.567	1.905	60.00	ผ่าน	1.569	Extreme Torsional Irregular
South-LV 18	4.00	57.51	28.723	60.00	ผ่าน	5.134	1.676	60.00	ผ่าน	1.573	Extreme Torsional Irregular
South-LV 17	4.00	50.982	27.073	60.00	ผ่าน	4.753	1.408	60.00	ผ่าน	1.585	Extreme Torsional Irregular
South-LV 16	4.00	44.829	24.605	60.00	ผ่าน	4.433	1.087	60.00	ผ่าน	1.615	Extreme Torsional Irregular
South-LV 15	4.00	39.237	20.856	60.00	ผ่าน	4.186	0.788	60.00	ผ่าน	1.644	Extreme Torsional Irregular
South-LV 14	4.00	34.497	15.523	60.00	ผ่าน	4.007	0.537	60.00	ผ่าน	1.670	Extreme Torsional Irregular
South-LV 13	4.00	30.969	6.956	60.00	ผ่าน	3.885	0.339	60.00	ผ่าน	1.669	Extreme Torsional Irregular
South-LV 12	4.00	29.388	4.413	60.00	ผ่าน	3.808	3.296	60.00	ผ่าน	1.751	Extreme Torsional Irregular
LV 11	4.20	30.391	1.562	63.00	ผ่าน	3.059	1.091	63.00	ผ่าน	1.919	Extreme Torsional Irregular
LV 10	5.75	30.036	1.835	86.25	ผ่าน	2.811	0.950	86.25	ผ่าน	1.921	Extreme Torsional Irregular
LV 9.5	3.10	30.453	3.274	46.50	ผ่าน	2.595	0.722	46.50	ผ่าน	1.786	Extreme Torsional Irregular

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

LV 9	3.20	29.709	2.306	48.00	ผ่าน	2.431	0.114	48.00	ผ่าน	1.802	Extreme Torsional Irregular
LV 8.5	2.70	30.233	5.522	40.50	ผ่าน	2.405	0.620	40.50	ผ่าน	1.763	Extreme Torsional Irregular
LV 8	2.70	28.978	0.532	40.50	ผ่าน	2.264	0.224	40.50	ผ่าน	1.608	Extreme Torsional Irregular
LV 7.5	2.70	29.099	7.687	40.50	ผ่าน	2.213	0.502	40.50	ผ่าน	1.525	Extreme Torsional Irregular
LV 7	2.70	27.352	0.132	40.50	ผ่าน	2.099	0.466	40.50	ผ่าน	1.590	Extreme Torsional Irregular
LV 6.5	2.70	27.322	8.479	40.50	ผ่าน	1.993	0.374	40.50	ผ่าน	1.512	Extreme Torsional Irregular
LV 6	2.70	25.395	0.541	40.50	ผ่าน	1.908	0.484	40.50	ผ่าน	1.561	Extreme Torsional Irregular
LV 5.5	2.70	25.272	8.699	40.50	ผ่าน	1.798	0.396	40.50	ผ่าน	1.494	Extreme Torsional Irregular
LV 5	2.70	23.295	0.458	40.50	ผ่าน	1.708	0.427	40.50	ผ่าน	1.567	Extreme Torsional Irregular
LV 4.5	2.70	23.191	8.628	40.50	ผ่าน	1.611	0.405	40.50	ผ่าน	1.458	Extreme Torsional Irregular
LV 4	2.70	21.230	0.607	40.50	ผ่าน	1.519	0.405	40.50	ผ่าน	1.592	Extreme Torsional Irregular
LV 3.5	6.30	21.092	6.829	94.50	ผ่าน	1.427	0.356	94.50	ผ่าน	1.795	Extreme Torsional Irregular
LV 3	4.95	19.540	17.591	74.25	ผ่าน	1.346	1.509	74.25	ผ่าน	1.505	Extreme Torsional Irregular
LV 2	4.05	15.542	18.625	60.75	ผ่าน	1.003	1.412	60.75	ผ่าน	1.889	Extreme Torsional Irregular
LV 1	4.95	11.309	31.183	74.25	ผ่าน	0.682	1.056	74.25	ผ่าน	1.022	Torsional Irregular
LV GF	3.80	4.222	10.578	57.00	ผ่าน	0.442	1.166	57.00	ผ่าน	1.792	Extreme Torsional Irregular
LV BM1	4.50	1.818	7.999	67.50	ผ่าน	0.177	0.779	67.50	ผ่าน	1.808	Extreme Torsional Irregular
LV BM2	2.95	0.000	0.387	44.25	ผ่าน	0	0.035	44.25	ผ่าน	1.717	Extreme Torsional Irregular
LV BM3	2.75	0.088	0.387	41.25	ผ่าน	0.008	0.035	41.25	ผ่าน	1.717	Extreme Torsional Irregular
LV BM4	3.80	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	2.000	Extreme Torsional Irregular



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ ข-4 ตารางการคำนวณค่า Inter Story Drift และ Ratio of Drift จากวิธีพลศาสตร์ที่มีแรงกระทำต่ออาคารในแนวแกน Y

ชั้น	ความสูงชั้น (m)	แกน X (mm)				แกน Y (mm)				Ratio of Drift	ประเภทของรูปทรงอาคาร
		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift		Lateral Displacement	Story Drift	Allowable Story Drift			
North-roof	3.60	11.684	32.591	54.00	ผ่าน	344.026	49.874	54.00	ผ่าน	1.603	Extreme Torsional Irregular
North-LV 37	3.30	19.091	35.464	49.50	ผ่าน	332.691	45.254	49.50	ผ่าน	1.015	Torsional Irregular
North-LV 36	4.40	11.031	0.488	66.00	ผ่าน	322.406	26.528	66.00	ผ่าน	1.139	Torsional Irregular
North-LV 35	4.70	11.142	1.003	70.50	ผ่าน	316.377	67.852	70.50	ผ่าน	1.121	Torsional Irregular
North-LV 34	4.70	10.914	1.003	70.50	ผ่าน	300.956	51.665	70.50	ผ่าน	1.308	Torsional Irregular
North-LV 33	4.60	10.686	1.289	69.00	ผ่าน	289.214	48.602	69.00	ผ่าน	1.110	Torsional Irregular
North-LV 32M	4.00	10.393	1.562	60.00	ผ่าน	300.26	58.485	60.00	ผ่าน	1.036	Torsional Irregular
North-LV 32	4.00	10.038	1.492	60.00	ผ่าน	286.968	50.428	60.00	ผ่าน	1.053	Torsional Irregular
North-LV 31	4.00	9.699	1.558	60.00	ผ่าน	275.507	51.106	60.00	ผ่าน	1.681	Extreme Torsional Irregular
North-LV 30	4.00	9.345	1.628	60.00	ผ่าน	263.892	51.436	60.00	ผ่าน	1.688	Extreme Torsional Irregular
North-LV 29	4.00	8.975	1.716	60.00	ผ่าน	252.202	51.854	60.00	ผ่าน	1.686	Extreme Torsional Irregular
North-LV 28	4.00	8.585	1.808	60.00	ผ่าน	240.417	52.268	60.00	ผ่าน	1.676	Extreme Torsional Irregular
North-LV 27	4.00	8.174	1.852	60.00	ผ่าน	228.538	51.995	60.00	ผ่าน	1.660	Extreme Torsional Irregular
North-LV 26	4.00	7.753	1.932	60.00	ผ่าน	216.721	51.955	60.00	ผ่าน	1.652	Extreme Torsional Irregular
North-LV 25	4.00	7.314	1.910	60.00	ผ่าน	204.913	50.613	60.00	ผ่าน	1.645	Extreme Torsional Irregular
North-LV 24	4.00	6.88	1.914	60.00	ผ่าน	193.41	51.326	60.00	ผ่าน	1.640	Extreme Torsional Irregular
North-LV 23	4.00	6.445	1.896	60.00	ผ่าน	181.745	51.102	60.00	ผ่าน	1.634	Extreme Torsional Irregular
North-LV 22	4.00	6.014	1.870	60.00	ผ่าน	170.131	50.666	60.00	ผ่าน	1.631	Extreme Torsional Irregular
North-LV 21	4.00	5.589	1.839	60.00	ผ่าน	158.616	49.755	60.00	ผ่าน	1.632	Extreme Torsional Irregular
North-LV 20	4.00	5.171	1.791	60.00	ผ่าน	147.308	48.602	60.00	ผ่าน	1.638	Extreme Torsional Irregular
North-LV 19	4.00	4.764	1.738	60.00	ผ่าน	136.262	47.159	60.00	ผ่าน	1.105	Torsional Irregular
North-LV 18	4.00	4.369	1.676	60.00	ผ่าน	125.544	46.402	60.00	ผ่าน	1.657	Extreme Torsional Irregular
North-LV 17	4.00	3.988	1.602	60.00	ผ่าน	114.998	46.240	60.00	ผ่าน	1.674	Extreme Torsional Irregular
North-LV 16	4.00	3.624	1.500	60.00	ผ่าน	104.489	45.047	60.00	ผ่าน	1.693	Extreme Torsional Irregular
North-LV 15	4.00	3.283	1.087	60.00	ผ่าน	94.251	42.772	60.00	ผ่าน	1.711	Extreme Torsional Irregular
North-LV 14	4.00	3.036	0.682	60.00	ผ่าน	84.53	41.039	60.00	ผ่าน	1.733	Extreme Torsional Irregular
North-LV 13	4.00	2.881	0.585	60.00	ผ่าน	75.203	56.610	60.00	ผ่าน	1.764	Extreme Torsional Irregular
North-LV 12	4.00	2.748	0.273	60.00	ผ่าน	62.337	58.388	60.00	ผ่าน	1.823	Extreme Torsional Irregular
South-LV 29	4.00	8.874	11.004	60.00	ผ่าน	128.383	27.117	60.00	ผ่าน	1.023	Torsional Irregular
South-LV 28	4.00	11.375	0.532	60.00	ผ่าน	122.22	16.232	60.00	ผ่าน	1.022	Torsional Irregular
South-LV 27	4.00	11.496	16.465	60.00	ผ่าน	118.531	33.378	60.00	ผ่าน	1.626	Extreme Torsional Irregular
South-LV 26	4.00	7.754	2.138	60.00	ผ่าน	110.945	35.649	60.00	ผ่าน	1.662	Extreme Torsional Irregular
South-LV 25	4.00	7.268	1.914	60.00	ผ่าน	102.843	21.978	60.00	ผ่าน	1.700	Extreme Torsional Irregular
South-LV 24	4.00	6.833	1.945	60.00	ผ่าน	97.848	37.070	60.00	ผ่าน	1.716	Extreme Torsional Irregular
South-LV 23	4.00	6.391	2.024	60.00	ผ่าน	89.423	36.507	60.00	ผ่าน	1.730	Extreme Torsional Irregular
South-LV 22	4.00	5.931	2.050	60.00	ผ่าน	81.126	35.614	60.00	ผ่าน	1.742	Extreme Torsional Irregular
South-LV 21	4.00	5.465	2.020	60.00	ผ่าน	73.032	34.320	60.00	ผ่าน	1.751	Extreme Torsional Irregular
South-LV 20	4.00	5.006	1.962	60.00	ผ่าน	65.232	32.732	60.00	ผ่าน	1.760	Extreme Torsional Irregular
South-LV 19	4.00	4.56	1.861	60.00	ผ่าน	57.793	22.040	60.00	ผ่าน	1.766	Extreme Torsional Irregular
South-LV 18	4.00	4.137	1.720	60.00	ผ่าน	52.784	11.194	60.00	ผ่าน	1.771	Extreme Torsional Irregular
South-LV 17	4.00	3.746	1.558	60.00	ผ่าน	50.24	17.574	60.00	ผ่าน	1.776	Extreme Torsional Irregular
South-LV 16	4.00	3.392	1.351	60.00	ผ่าน	46.246	14.555	60.00	ผ่าน	1.780	Extreme Torsional Irregular
South-LV 15	4.00	3.085	1.091	60.00	ผ่าน	42.938	20.073	60.00	ผ่าน	1.784	Extreme Torsional Irregular
South-LV 14	4.00	2.837	0.796	60.00	ผ่าน	38.376	7.854	60.00	ผ่าน	1.792	Extreme Torsional Irregular
South-LV 13	4.00	2.656	0.123	60.00	ผ่าน	36.591	4.000	60.00	ผ่าน	1.821	Extreme Torsional Irregular
South-LV 12	4.00	2.684	0.009	60.00	ผ่าน	35.682	58.894	60.00	ผ่าน	1.947	Extreme Torsional Irregular
LV 11	4.20	2.686	0.506	63.00	ผ่าน	49.067	55.893	63.00	ผ่าน	1.977	Extreme Torsional Irregular
LV 10	5.75	2.571	15.140	86.25	ผ่าน	36.364	31.632	86.25	ผ่าน	1.954	Extreme Torsional Irregular
LV 9.5	3.10	6.012	3.722	46.50	ผ่าน	29.175	12.905	46.50	ผ่าน	1.939	Extreme Torsional Irregular
LV 9	3.20	6.858	3.674	48.00	ผ่าน	26.242	1.351	48.00	ผ่าน	1.905	Extreme Torsional Irregular
LV 8.5	2.70	7.693	10.067	40.50	ผ่าน	26.549	10.661	40.50	ผ่าน	1.867	Extreme Torsional Irregular

LV 8	2.70	5.405	7.049	40.50	ผ่าน	24.126	1.285	40.50	ผ่าน	1.815	Extreme Torsional Irregular
LV 7.5	2.70	7.007	10.256	40.50	ผ่าน	23.834	7.528	40.50	ผ่าน	1.791	Extreme Torsional Irregular
LV 7	2.70	4.676	8.026	40.50	ผ่าน	22.123	6.697	40.50	ผ่าน	1.751	Extreme Torsional Irregular
LV 6.5	2.70	6.5	10.358	40.50	ผ่าน	20.601	4.127	40.50	ผ่าน	1.739	Extreme Torsional Irregular
LV 6	2.70	4.146	7.432	40.50	ผ่าน	19.663	7.379	40.50	ผ่าน	1.619	Extreme Torsional Irregular
LV 5.5	2.70	5.835	9.852	40.50	ผ่าน	17.986	4.387	40.50	ผ่าน	1.494	Extreme Torsional Irregular
LV 5	2.70	3.596	7.300	40.50	ผ่าน	16.989	5.359	40.50	ผ่าน	1.693	Extreme Torsional Irregular
LV 4.5	2.70	5.255	9.671	40.50	ผ่าน	15.771	4.105	40.50	ผ่าน	1.683	Extreme Torsional Irregular
LV 4	2.70	3.057	5.760	40.50	ผ่าน	14.838	5.306	40.50	ผ่าน	1.655	Extreme Torsional Irregular
LV 3.5	6.30	4.366	9.253	94.50	ผ่าน	13.632	6.701	94.50	ผ่าน	1.779	Extreme Torsional Irregular
LV 3	4.95	2.263	3.995	74.25	ผ่าน	12.109	16.060	74.25	ผ่าน	1.617	Extreme Torsional Irregular
LV 2	4.05	1.355	2.156	60.75	ผ่าน	8.459	8.026	60.75	ผ่าน	1.839	Extreme Torsional Irregular
LV 1	4.95	0.865	0.902	74.25	ผ่าน	6.635	16.936	74.25	ผ่าน	1.417	Extreme Torsional Irregular
LV GF	3.80	0.66	1.412	57.00	ผ่าน	2.786	6.675	57.00	ผ่าน	1.700	Extreme Torsional Irregular
LV BM1	4.50	0.339	1.492	67.50	ผ่าน	1.269	5.584	67.50	ผ่าน	1.758	Extreme Torsional Irregular
LV BM2	2.95	0	0.070	44.25	ผ่าน	0	0.308	44.25	ผ่าน	1.709	Extreme Torsional Irregular
LV BM3	2.75	0.016	0.070	41.25	ผ่าน	0.07	0.308	41.25	ผ่าน	1.883	Extreme Torsional Irregular
LV BM4	3.80	0.000	0.000	57.00	ผ่าน	0	0.000	57.00	ผ่าน	2.000	Extreme Torsional Irregular



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.