

ตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์
และ ผนังรัด สำหรับอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24
The optimized position and size of the outrigger and belt
wall system for a building 52 floors
From Park 24 project



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์
และ ผนังรัด สำหรับอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24
The optimized position and size of the outrigger and belt
wall system for a building 52 floors
From Park 24 project



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE OPTIMIZED POSITION AND SIZE OF THE OUTRIGGER
AND BELT WALL SYSTEM FOR A BUILDING 52 FLOORS
FROM PARK 24 PROJECT



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

2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ ตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของโครงสร้างระบบเออริกเกอร์ และ ผนังรััด
สำหรับอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24

นักศึกษา นายพสุธร ผิวผ่อง รหัสประจำตัว 56010830
นายฉัตรชัย ลีจิ่งเพิ่มพูน รหัสประจำตัว 56010228
นายเชิงชาย อโณทัยหิรัญ รหัสประจำตัว 56010322

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
รศ.สุวัฒน์	ฉัตรเศรษฐ์	
ผศ.ดร.อาทิตย์	เพชรศศิธร	
อาจารย์ทรงกลด	แซ่ฮั้ง	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 18 เมษายน 2560 เวลา 13.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 12 มิ.ย. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์ และ ผนังรัด สำหรับอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24

นายพสุธร	ผิวผ่อง	รหัสประจำตัว 56010830
นายฉัตรชัย	สิ่งเพิ่มพูน	รหัสประจำตัว 56010228
นายเชิงชาย	อโณทัยหิรัญ	รหัสประจำตัว 56010322

ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอาคารสูงกำลังเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างอาคารสูงต้องคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่างๆ รวมถึงแรงด้านข้างที่กระทำต่อตัวอาคาร เช่น แรงลมและแรงแผ่นดินไหว เป็นต้น แต่เมื่อความสูงของตัวอาคารเพิ่มขึ้น ค่าสติฟเนส(Stiffness) ในการรับแรงด้านข้างของอาคารจึงต้องเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยทั่วไปเราใช้โครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัด เพื่อเพิ่มสติฟเนสในการรับแรงด้านข้างของอาคารสูง แต่ยังไม่มีการวิจัยตำแหน่งและความลึกที่เหมาะสมของโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัดในอาคารสูง

ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาค่าตำแหน่งและความลึกที่เหมาะสมของโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัด โดยเลือกจำลองแบบอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24 ด้วยโปรแกรม ETABS และทำการเพิ่มโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัดไปในแต่ละชั้นของตัวอาคาร จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าการแอ่นตัว (Deflection) พบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัด อยู่ที่ชั้น 31 หรือประมาณ 0.6 เท่าของความสูงอาคาร และความลึกที่เหมาะสมเท่ากับ 3.25 m หรือ 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE OPTIMIZED POSITION AND SIZE OF THE OUTRIGGER AND BELT WALL SYSTEM FOR A BUILDING 52 FLOORS FROM PARK 24 PROJECT

Mr. PHASUTHORN PHIWPHONG Student ID. 56010830

Mr.CHATCHAI LEEJONGPERMPOON Student ID. 56010228

Mr. CHAENGCHAI ANOTHAIHIRUN Student ID. 56010322

Asist.Prof.Dr.Arthit Petchsasithon

Academic Year 2016

ABSTRACT

Currently high-rise building becomes more popular. To design high-rise building, wind load and earthquake load have to taken into consideration. Stiffness of buildings trend to decrease as the height of buildings increases. In general, we use the outrigger and belt wall system to increase lateral stiffness high-rise building. But there is still no research working on the optimized position and size of the outrigger and belt wall.

The aim of this research is to study the optimized position and size of the outrigger and belt wall by using Park24 52-storey-building using ETABS by alternating the position of the outrigger and belt wall system and comparing the lateral displacement. It is found that the most suitable location of the outrigger and belt wall is located at storey 31 or approximately 0.6 times of the height building, and the appropriate depth is 3.25 m.

Keywords—wind load, earthquake load, stiffness, outrigger, belt wall, optimized, deflection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอีกทั้งยังจัดหาเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับโครงงานนี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆรายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาท่านต่างๆที่ให้คำแนะนำอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการให้คำแนะนำในการทำโครงงาน รวมถึงการให้ความรู้ตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ ศึกษาในภาควิชาโยธาจนตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคุณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คุณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คุณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

พสุธร ผิวม่วง
ฉัตรชัย ลีจิ่งเพิ่มพูน
เชิงชาย อโณทัยศิริญ
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **๓๓** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 ปรัชญาบรรณกรรม.....	22
บทที่3 การออกแบบและการจัดทำปฏิญานิพนธ์.....	27
3.1 รูปแบบการวิจัยหรือแบบแผนการวิจัย.....	27
3.2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์.....	27
3.3 การรวบรวมข้อมูล.....	40
3.4 เครื่องมือวิจัย.....	40
3.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....	40
3.6 การสร้างแบบจำลอง.....	40
บทที่4 ผลการทดลอง.....	53
4.1 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้าง.....	53
4.2 ระยะเวลาเคลื่อนตัวระหว่างชั้น.....	56
4.3 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างกรณีปรับขนาดความลึก ณ ตำแหน่งชั้นที่ 31.....	57
บทที่5 สรุปผลการศึกษา.....	60
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	60
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	61
บรรณานุกรม.....	62
ภาคผนวก ก.....	63
ภาคผนวก ข.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ หน่วยเป็น กรัม (g).....	14
ตารางที่ 2.2 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคารและค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร.....	16
ตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Over strength Factor, Ω_0) และ ตัวประกอบ ขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd).....	18
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขนาดโครงสร้าง (เสา).....	28
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดโครงสร้าง (ผนังรับแรงเฉือน).....	39
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดโครงสร้าง (Flat slab).....	39
ตารางที่ ก.1 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซน 5 ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g).....	66
ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม ETABS.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปภาพที่ 2.1 พฤติกรรมของระบบเอาริกเกอร์และผนังรััด.....	3
รูปภาพที่ 2.2 เอาริกเกอร์ยื่นจากผนังรับแรงเฉือนด้านเดียว.....	4
รูปภาพที่ 2.3 เอาริกเกอร์ยื่นจากผนังรับแรงเฉือนทั้งสองด้าน.....	4
รูปภาพที่ 2.4 ระบบเอาริกเกอร์แบบ Cap Wall	5
รูปภาพที่ 2.5 เอาริกเกอร์และผนังรััดที่ตำแหน่ง $z = L$	7
รูปภาพที่ 2.6 เอาริกเกอร์และผนังรััดที่ตำแหน่ง $z = 0.75L$	8
รูปภาพที่ 2.7 เอาริกเกอร์และผนังรััดที่ตำแหน่ง $z = 0.5L$	11
รูปภาพที่ 2.8 เอาริกเกอร์และผนังรััดที่ตำแหน่ง $z = 0.25L$	12
รูปภาพที่ 2.9 ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับเอาริกเกอร์และผนังรััด.....	13
รูปภาพที่ 2.10 การแบ่งโซนพื้นที่แอ่งกรุงเทพเพื่อการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว.....	15
รูปภาพที่ 2.11 แสดงตำแหน่งของเอาริกเกอร์กับความสูงของอาคาร (H_s/H).....	23
รูปภาพที่ 2.12 แบบจำลองเอาริกเกอร์สองระดับที่ตำแหน่งด้านบนและที่ระดับ 0.5 ของความสูงอาคาร.....	24
รูปภาพที่ 3.1 วางแนว Grid line และจำนวนชั้นของแบบจำลอง.....	41
รูปภาพที่ 3.2 กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีต 500 Ksc.....	42
รูปภาพที่ 3.3 กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติเสา C5.....	43
รูปภาพที่ 3.4 กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของผนังรับแรงเฉือน SW1.....	43
รูปภาพที่ 3.5 กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของแผ่นพื้นไร้คาน (Flat slab).....	44
รูปภาพที่ 3.6 แปลนแบบจำลองของโครงสร้างเสา ผนังรับแรงเฉือน และพื้น ชั้นที่ 1.....	44
รูปภาพที่ 3.7 กำหนดจุดรองรับของแบบจำลองเป็นแบบยึดแน่น.....	45
รูปภาพที่ 3.8 กำหนดน้ำหนักบรรทุกทุกจร(LL) เท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร.....	45

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปภาพที่ 3.10 กำหนดค่าน้ำหนักสุทธิ (Mass source).....	46
รูปภาพที่ 3.12 กำหนดกรณีและลักษณะของแรงแผ่นดินไหว.....	48
รูปภาพที่ 3.13 กำหนดทิศทางของแรงแผ่นดินไหวเป็นทิศทาง Y.....	48
รูปภาพที่ 3.14 กำหนดค่าสติฟเนสประสิทธิผลของเสา.....	49
รูปภาพที่ 3.15 กำหนดค่าสติฟเนสประสิทธิผลของผนังรับแรงเฉือน.....	49
รูปภาพที่ 3.16 กำหนดค่าสติฟเนสประสิทธิผลของแผ่นพื้นไร้คาน.....	50
รูปภาพที่ 3.17 กำหนดคุณสมบัติของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (ORW-1).....	51
รูปภาพที่ 3.18 แพลนแบบจำลองโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด.....	51
รูปภาพที่ 3.19 แบบสามมิติของแบบจำลองโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด.....	52
รูปภาพที่ 4.1 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างสำหรับโครงสร้างอาคารที่ไม่ใส่ระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด.....	54
รูปภาพที่ 4.2 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว เมื่อใส่โครงสร้างเอาริกเกอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆ.....	54
รูปภาพที่ 4.3 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด ณ ชั้นที่ 31.....	55
รูปภาพที่ 4.4 ระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว.....	56
รูปภาพที่ 4.5 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด ณ ชั้นที่ 31 ขนาดความลึกเท่ากับ 1 ชั้น.....	57
รูปภาพที่ 4.6 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด ณ ชั้นที่ 31 ขนาดความลึกเท่ากับ 2 ชั้น.....	58
รูปภาพที่ 4.7 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด ณ ชั้นที่ 31 ขนาดความลึกเท่ากับ 3 ชั้น.....	59
รูปภาพที่ ก.1 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร โซน 5.....	65
รูปภาพที่ ก.2 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม S_a โซน 1,3,5 และ 7.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา vii ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอาคารสูงกำลังเป็นที่นิยมเป็นอย่างมากเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่มีมากขึ้นในขณะที่พื้นที่การใช้สอยมีจำนวนจำกัดอีกทั้งมูลค่าของที่ดินก็มีราคาสูงขึ้นอีกทั้งความต้องการในการใช้งานอาคารสูงอาทิ เช่น สำนักงานและที่พักอาศัย ดังนั้นในการออกแบบที่ดีสิ่งแรกที่วิศวกรต้องคำนึงถึงมากที่สุด คือ ความปลอดภัยในการใช้งาน จึงได้มีการพัฒนาโครงสร้างขึ้นมาเพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานของลักษณะอาคารที่ต่างกันออกไป ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างอาคารสูงนี้ต้องคำนึงถึง ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น แรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเกิดจากน้ำหนักขององค์อาคารและน้ำหนักบรรทุกจร รวมถึงแรงด้านข้างที่กระทำต่อตัวองค์อาคาร เช่น แรงลมและแรงแผ่นดินไหว เป็นต้น แต่เมื่อความสูงของตัวอาคารเพิ่มขึ้นและมีความละเอียดมากขึ้นความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระทำด้านข้างนั้นลดลง ทำให้ตัวอาคารมีเสถียรภาพลดลง การเคลื่อนตัวบริเวณชั้นบนสุดของอาคารเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด จากเหตุผลที่กล่าวไว้ จึงมีการนำระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system) ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบผนังหรือคานลึกลับประมาณ 1-2 ชั้นจากความสูงของตัวอาคาร โดยมีการเสริมเหล็กยื่นออกมาจากผนังรับแรงเฉือนบริเวณแกนกลางของอาคารถึงเสารอบนอกและยึดเสาแต่ละต้นด้วยผนังรัด ซึ่งช่วยเพิ่มสติเฟนสในการรับแรงด้านข้างให้โครงสร้างมากขึ้นบริเวณชั้นดังกล่าว

โดยปัจจุบันมี การศึกษาถึงพฤติกรรมของระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system) ว่ามีส่วนช่วยในการลดแรงกระทำด้านข้างที่เกิดขึ้นกับองค์อาคารสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเอาระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system) มาใช้กับองค์อาคารสูง โดยจะทำการวิเคราะห์ตำแหน่งและขนาดของเอาริกเกอร์และผนังรัดระดับหนึ่งที่ เหมาะสมที่สุดสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 52 ชั้น ที่มีผนังรับแรงเฉือนบริเวณกลางอาคารและเสารอบนอก ภายใต้การจำลองฐานรากแบบยึดแน่นโดยวิเคราะห์จากพฤติกรรมและผลตอบสนองของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และโครงถักรัด เนื่องจากแรงโน้มถ่วงและแรงกระทำด้านข้าง จากการจำลองอาคารขึ้น โดยโปรแกรม ETABS เพื่อการเลือกใช้ระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system) ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการติดตั้งโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system) เพื่อเพิ่มสติฟเนสในการรับแรงด้านข้างให้แก่อาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park 24

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะแบบจำลองโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 52 ชั้น โครงการ Park 24 ที่มีผนังรับแรงเฉือนกลางอาคาร เสารอบนอก 10 ต้น และระบบพื้นแบบ flat slab ด้วยโปรแกรม ETABS เท่านั้น

1.3.2 แร่งกระทำด้านข้างเนื่องมาจากแผ่นดินไหวในการวิเคราะห์ที่ใช้มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ.1302-52) เท่านั้น

1.3.3 ศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร (Lateral Displacement) และการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น (Inter-story Drift)

1.3.4 ศึกษาโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด เพื่อหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุด โดยศึกษาจากการเปรียบเทียบกัน

1.3.5 ศึกษาโดยกำหนดแบบจำลองโครงสร้างอาคารเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมบนฐานรากยึดแน่นสูง 52 ชั้น

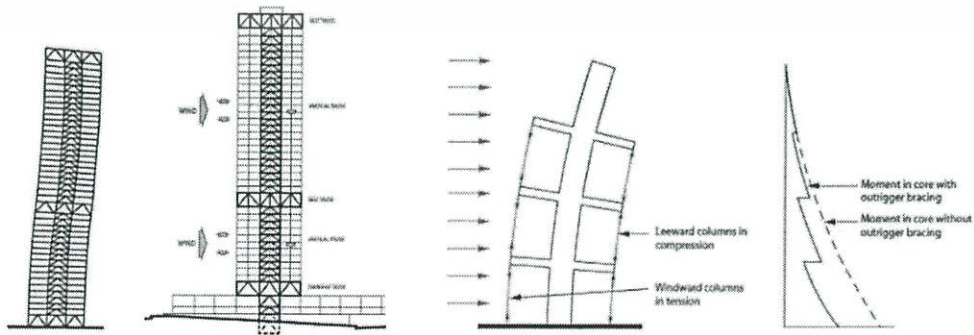
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบโครงสร้างอาคารสูงจะมีการออกแบบที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับแรงกระทำเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และแรงกระทำด้านข้าง ดังนั้นในอาคารสูงจึงจำเป็นต้องมีระบบโครงสร้างอาคารที่ใช้ในการดูดซับผลกระทบจากแรงภายนอกที่มากระทำ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายและยังช่วยสลายพลังงานที่มากระทำกับโครงสร้าง นอกจากนี้ยังสามารถลดขนาดของโครงสร้างหลักลงได้และยังทำให้โครงสร้างอาคารโดยรวมมีเสถียรภาพมากขึ้นอีกด้วย ซึ่งระบบโครงสร้างที่กล่าวถึงคือ โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system)

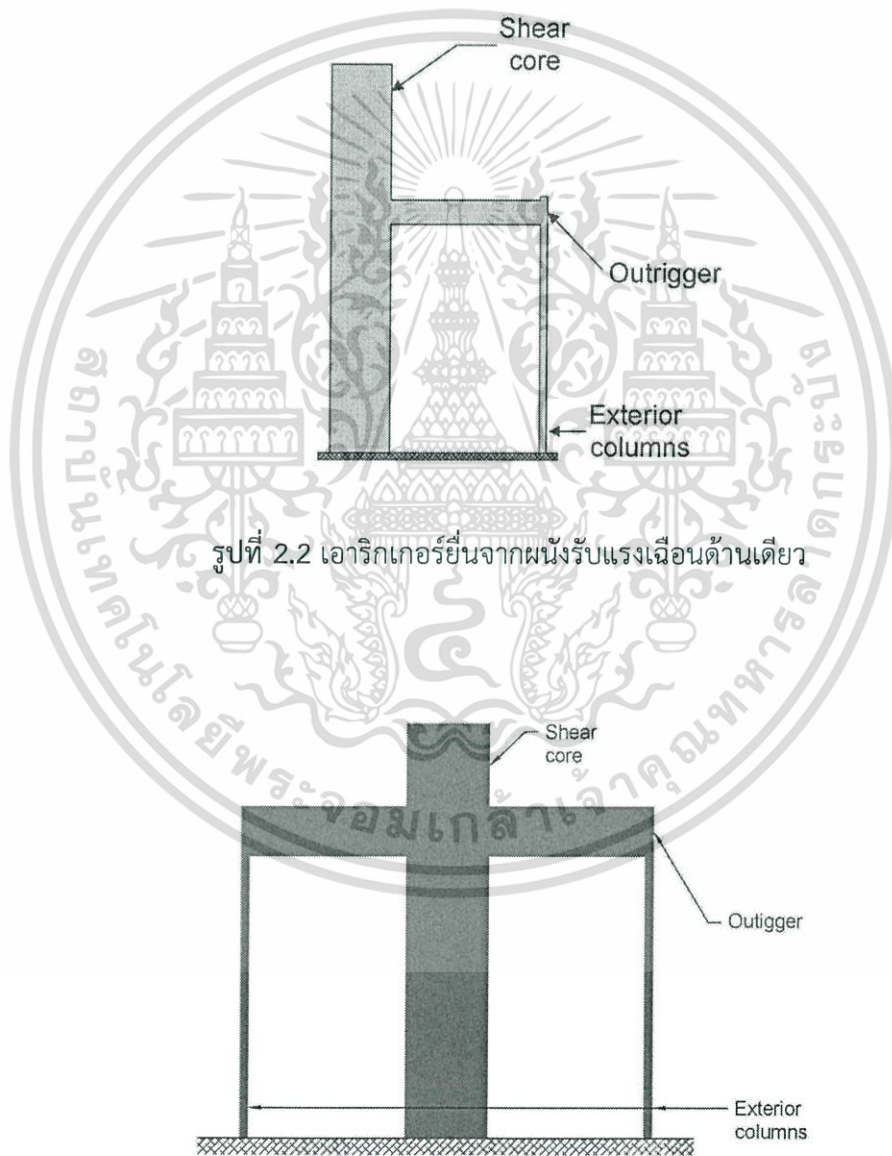
2.1.1 ทฤษฎีสำหรับโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัด

โครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัด [1] เป็นระบบโครงสร้างที่สามารถใช้กับอาคารสูงประมาณ 40-60 ชั้น ระบบนี้จะมีผนังรับแรงเฉือนอยู่บริเวณกลางอาคาร (Shear wall or Core wall) และเสาอยู่รอบนอก (Exterior Column) โดยจะมีโครงถักหรือผนังลึกลับประมาณ 1-2 ชั้นของความสูง อาคารยื่นออกมาจากผนังรับแรงเฉือนที่อยู่บริเวณกลางอาคารถึงเสาตัวนอก เรียกว่า เอาริกเกอร์ (Outrigger) และผนังลึกลับหรือโครงถักประมาณ 1-2 ชั้นของความสูงอาคาร เช่นเดียวกับที่เสารอบนอก แต่ สะท้อนไว้ด้วยกันเรียกว่า ผนังรัดหรือโครงถักรัด (Belt Wall หรือ Belt Truss) ซึ่งทำให้โครงสร้างมีพฤติกรรมเป็นแบบยื่น-ปล่องซ้อนปล่อง (Cantilever tube in tube) บริเวณตำแหน่งที่มีโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัดส่งผลให้การเคลื่อนตัวด้านข้างและโมเมนต์ดัดที่ฐานอาคารลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 2.1 พฤติกรรมของระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบสนองของโครงสร้างเมื่อมีแรงกระทำด้านข้างโดยเสาและเอาริกเกอร์จะช่วยต้านการหมุนของผนังรับแรงเฉือนบริเวณกลางอาคาร ทำให้การเคลื่อนตัวด้านข้างลดลงซึ่งเอาริกเกอร์จะยื่นออกมาจากผนังรับแรงเฉือนบริเวณกลางอาคารไปยังเสารอบนอกเพียงด้านเดียว ตามรูปที่ 2.2 หรืออาจจะยื่นออกมาจากผนังรับแรงเฉือนบริเวณกลางอาคารไปยังเสาทั้งสองด้าน ตามรูปที่ 2.3 เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเอาริกเกอร์และผนังรััดควรมีความลึกประมาณ 1 หรือ 2 ชั้นของความสูงของอาคาร

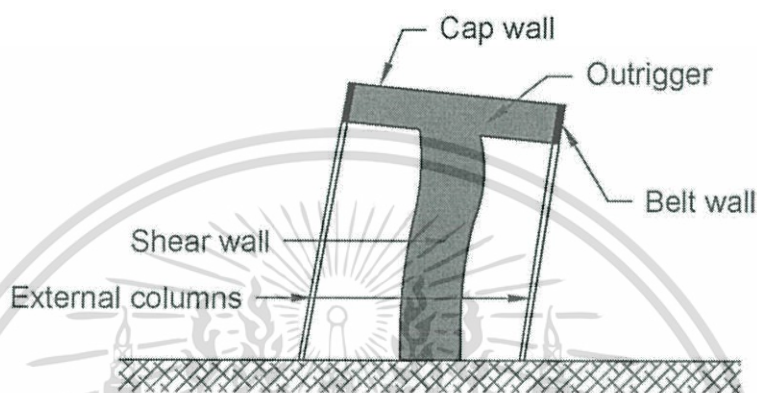


รูปที่ 2.2 เอาริกเกอร์ยื่นจากผนังรับแรงเฉือนด้านเดียว

รูปที่ 2.3 เอาริกเกอร์ยื่นจากผนังรับแรงเฉือนทั้งสองด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของโครงสร้างเอริกเกอร์พิจารณาอาคารที่มีการวางเอริกเกอร์ไว้ที่ตำแหน่งด้านบน ของอาคารที่เรียกว่า “Cap Wall” หรือ “Hat Wall System” ตามรูปที่ 2.4 ซึ่งเมื่อมีแรงด้านข้างมากกระทำ เช่น แรงลมจะทำให้เกิดแรงคู่ควบในเสาเป็นแรงอัดสำหรับเสาด้านซ้ายและผนังรับแรงเฉือนบริเวณ กลางอาคารเกิดการดัดงอส่งผลให้โมเมนต์ดัดในผนังรับแรงเฉือนลดลง



รูปที่ 2.4 ระบบเอริกเกอร์แบบ Cap Wall

สมมุติว่าผนังรับแรงเฉือนกลางอาคารมีพฤติกรรมแบบคานยื่นแต่เมื่อมีโครงสร้างเอริกเกอร์ และผนังรัดที่เชื่อมต่อกับผนังรับแรงเฉือนไปยังเสาทำให้บริเวณนั้นมีสติเฟนสเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การยึดและ การหดตัวตามแนวแกนของเสาเท่ากับมุมหมุนของผนังรับแรงเฉือนคูณด้วยระยะทางไปยังแนวศูนย์กลาง ของผนังรับแรงเฉือนกลางอาคารถ้าระยะจากเสาสู่ศูนย์กลางผนังรับแรงเฉือนกลางอาคารเท่ากับ $d/2$ การเสียรูปตามแนวแกนของเสาจะเท่ากับ $\theta d/2$ เมื่อ θ คือ มุมหมุนของผนังรับแรงเฉือนกลางอาคาร ถ้าเกิดมุมเท่ากับ 1 หน่วย ($\theta=1$) การเสียรูปตามแนวแกนของเสา จะเท่ากับ $1 \times d/2 = d/2$ หน่วยและแรง ตามแนวแกนเสาสามารถหาได้ จากสมการที่ 2.1

$$P = AE \frac{d}{2L} \quad (2.1)$$

เมื่อ P คือ แรงตามแนวแกนของเสา

A คือ พื้นที่หน้าตัดเสา

E คือ โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุทำเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d คือ ระยะทางระหว่างเสารอบนอกที่อยู่ตรงกันข้าม

L คือ ความสูงของอาคาร

ค่าสติฟเนสต้านการหมุนของ Cap Wall เกิดจากแรงภายในเสาคูณด้วยระยะจากศูนย์กลางผนังรับแรง เเนอนไปยังเสาต้นที่พิจารณา โดยใช้สัญลักษณ์ K แทนสติฟเนสต้านการหมุนและสังเกตได้ว่ามีเสาด้วยกัน 2 ต้น ซึ่งห่างจากศูนย์กลางผนังรับแรงเเนอนกลางอาคารเป็นระยะทางเท่ากับ $d/2$

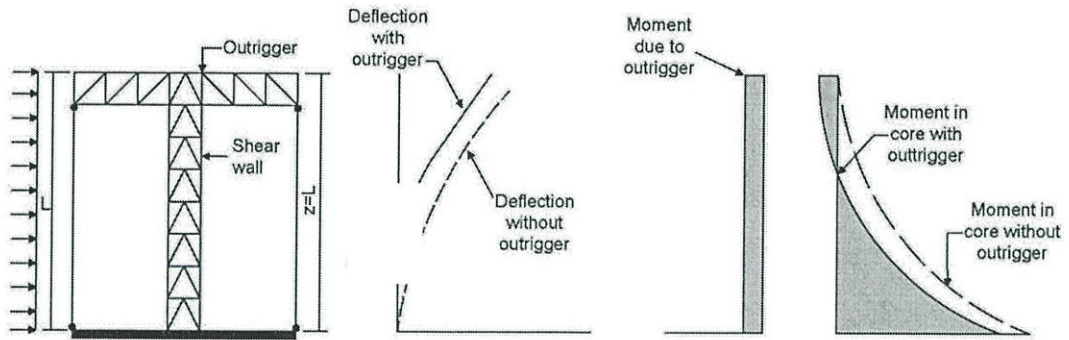
$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad K &= P \times \frac{d}{2} \times 2 \\ K &= Pd \\ \text{แทนค่าจาก} \quad P &= AE \frac{d}{2L} \\ \text{จะได้} \quad K &= \frac{AE d^2}{L} \end{aligned} \quad (2.2)$$

สำหรับการหาค่าระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างจากการใช้ระบบเอาริกเกอร์

กรณีที่ 1 สำหรับโครงสร้างเอาริกเกอร์ที่ตำแหน่งด้านบนสุดของอาคาร

ข้อกำหนดที่สอดคล้องกับมุมหมุนที่เกิดขึ้นเมื่อระยะ $Z = L$ ตามรูปที่ 2.5 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\theta_w - \theta_s = \theta_L \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.5 เออริกเกอร์และผนังรับน้ำหนักที่ตำแหน่ง $z = L$

เมื่อ θ_w คือ มุมหมุนของผนังรับแรงเฉือนกรณีที่ไม่มีเออริกเกอร์ที่ระดับความสูง $z = L$ เนื่องจากแรงด้านข้าง (มีหน่วยเป็น เรเดียน)

θ_s คือ มุมหมุนที่เกิดจากเออริกเกอร์ที่ความสูง $z = L$ (มีหน่วยเป็นเรเดียน) กับมุมหมุนของผนังรับแรงเฉือนกรณีที่ไม่มีเออริกเกอร์

θ_L คือ มุมหมุนสุทธิที่ความสูง $z = L$ (มีหน่วยเป็นเรเดียน)

สำหรับมุมหมุนของผนังรับแรงเฉือนที่ด้านบนกรณีไม่มีการยึดรั้งจากเออริกเกอร์ที่ความสูง $z=L$ เนื่องจากแรงด้านข้าง (W) ที่กระทำสม่ำเสมอตลอดความสูงกับผลของโมเมนต์ความเฉื่อย (I) และโมดูลัสยืดหยุ่น (E)

$$\theta_w = \frac{wL^3}{6EI}$$

เมื่อ M_1 และ K_1 แทนโมเมนต์ดัดและค่าสติเฟนส ที่ตำแหน่ง $z = L$ สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\frac{wL^3}{6EI} - \frac{M_1L}{EI} = \frac{M_1}{K_1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

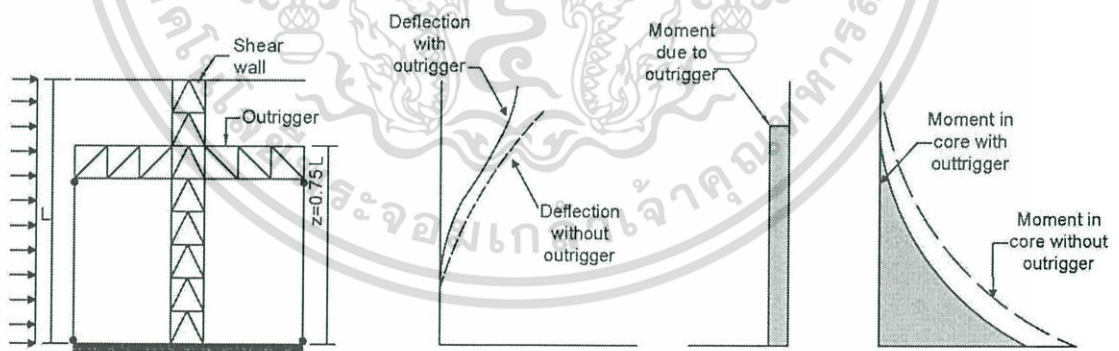
และ

$$M_1 = \frac{\frac{wL^3}{6EI}}{MK_1 + \frac{L}{EI}} \quad (2.4)$$

ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้าง Δ_1 ที่ด้านบนของอาคารเกิดจากผลรวมของระยะการเคลื่อนตัวเนื่องจากแรง ด้านข้าง (Δ_w) และผลจากโมเมนต์ดัดของเอาริกเกอร์ (Δ_s)

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \Delta_w - \Delta_s \\ \Delta_1 &= \frac{wL^4}{8EI} - \frac{M_1 L^2}{2EI} \\ \Delta_1 &= \frac{L^2}{2EI} \left(\frac{wL^2}{4} - M_1 \right) \end{aligned} \quad (2.5)$$

กรณีที่ 2 สำหรับโครงสร้างเอาริกเกอร์ที่ตำแหน่ง $1/4$ ของความสูงอาคารจากด้านบน สำหรับระยะการเคลื่อนตัว y ในแนวราบ ที่ระยะ x จากด้านบนของอาคารเนื่องจากแรงด้านข้าง W เมื่อระยะ x เท่ากับ $L-z$



รูปที่ 2.6 เอาริกเกอร์และผนังรัดที่ตำแหน่ง $z = 0.75L$

$$y = \frac{W}{24EI} (x^4 - 4L^3x + 3L^4) \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความชันของสมการโดยการ $\frac{dy}{dx}$ จะได้

$$\frac{dy}{dx} = \frac{W}{6EI} (X^3 - L^3)$$

ดังนั้นความชัน ที่ระยะ $z = 3L/4$ นั่นคือ $x = L/4$ แทนลงในสมการความชันด้านบน จะได้

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} \left(\text{at } Z = \frac{3L}{4} \right) &= \frac{W}{6EI} \left(\frac{L^3}{64} - L^3 \right) \\ &= \frac{WL^3}{6EI} \times \frac{63}{64} \end{aligned}$$

เมื่อ M_2 และ K_2 แทนโมเมนต์ดัดและค่าสตีเฟนส์ ที่ระยะ $Z = 3L/4$ ดังนั้นสมการความสอดคล้องของมุมหมุนที่เนื่องมาจากผลของโมเมนต์ดัด M_2 และค่าสตีเฟนส์ K_2 จะได้

$$\frac{WL^3}{6EI} \left(\frac{63}{64} \right) - \frac{M_2}{EI} \left(\frac{3L}{4} \right) = \frac{M_2}{K_2}$$

จะสังเกตได้ว่า $K_2 = \frac{4K_1}{3}$ สามารถเขียนสมการของ M_2 ได้

$$\begin{aligned} M_2 &= \left(\frac{WL^3/6EI}{1/K_1 + L/EI} \right) \left(\frac{63/64}{3/4} \right) \\ &= 1.31 \left(\frac{WL^3/6EI}{1/K_1 + L/EI} \right) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.4) เมื่อ $M_1 = \frac{wL^3}{6EI} \frac{L}{MK_1 + EI}$ จะได้

$$M_2 = 1.31M_1 \quad (2.7)$$

ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างสามารถหาได้จากสมการ

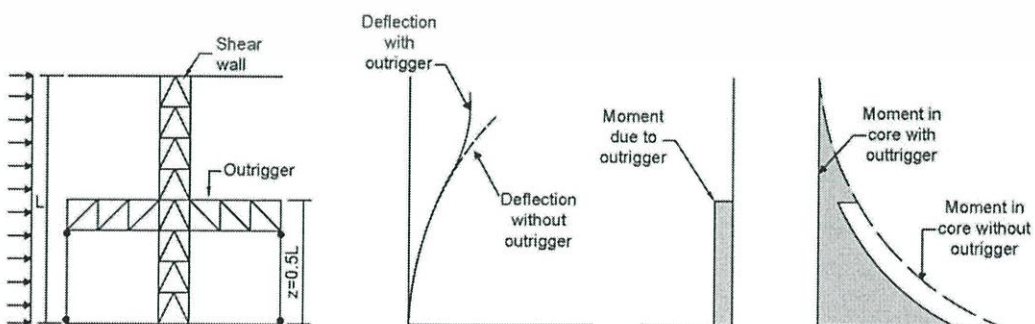
$$\Delta_2 = \frac{WL^4}{8EI} - \frac{M_2 3L}{4EI} \left(L - \frac{3L}{8} \right)$$

หรือ

$$\Delta_2 = \frac{L^2}{2EI} \left(\frac{WL^2}{4} - 1.23M_1 \right) \quad (2.8)$$

กรณีที่ 3 สำหรับโครงสร้างเอาริกเกอร์ที่ตำแหน่ง $1/2$ ของความสูงอาคารจากด้านบนมุมหมุนที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูง $z = L/2$ เนื่องจากแรงด้านข้าง (W) ตามรูปที่ 2.4 มีค่าเท่ากับ $\frac{7WL^2}{48EI}$ ดังนั้นสมการความสอดคล้องของมุมหมุนจะเท่ากับ

$$\frac{7WL^2}{48EI} - \frac{M_3 L}{2EI} = \frac{M_3}{K_3}$$



รูปที่ 2.7 เอาริกเกอร์และผนังรััดที่ตำแหน่ง $z = 0.5L$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ M_3 และ K_3 แทนโมเมนต์ดัดและค่าสติเฟนส์ที่ระยะ $z = L/2$ จะสังเกตได้ว่า $K_3 = 2K_1$ สามารถเขียนสมการของ M_3 ได้ดังนี้

$$M_3 = \left(\frac{WL^3/6EI}{1/K_1 + L/EI} \right) \left(\frac{7}{4} \right)$$

เขียนสมการของ M_3 ให้อยู่ในรูปของ M_1 จะได้

$$M_3 = 1.75M_1 \quad (2.9)$$

ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างสามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta_3 = \frac{WL^4}{8EI} - \frac{M_3L}{2EI} \left(L - \frac{L}{4} \right)$$

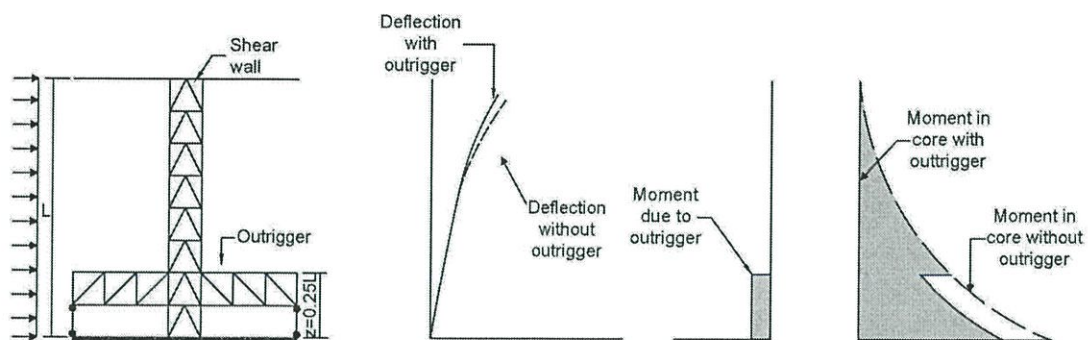
หรือ

$$\Delta_3 = \frac{L^2}{2EI} \left(\frac{WL^2}{4} - 1.31M_1 \right) \quad (2.10)$$

กรณีที่ 4 สำหรับโครงสร้างเอาริกเกอร์ที่ตำแหน่ง $1/4$ ของความสูงอาคารจากด้านล่างมุมหมุนที่เกิดขึ้นที่ระดับความสูง $z = L/4$ เนื่องจากแรงด้านข้าง (W) ตามรูปที่ 2.8 มีค่าเท่ากับ $\frac{WL^2}{6EI} \left(\frac{37}{64} \right)$ ดังนั้นสมการความสอดคล้องของมุมหมุนจะเท่ากับ

$$\frac{WL^3}{6EI} \left(\frac{37}{64} \right) - \frac{M_4L}{4EI} = \frac{M_4}{K_4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 เอาริกเกอร์และผนังรัดที่ตำแหน่ง $z = 0.25L$

เมื่อ M_4 และ K_4 แทนโมเมนต์ค้ำยันและค่าสติเฟนสที่ระยะ $z = L/4$ จะสังเกตได้ว่า $K_4 = 4K_1$ สามารถเขียนสมการของ M_4 ให้อยู่ในรูปของ M_1 จะได้

$$M_4 = 2.3 M_1 \tag{2.11}$$

ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างสามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta_4 = \frac{WL^4}{8EI} - \frac{M_4L}{4EI} \left(L - \frac{L}{8} \right)$$

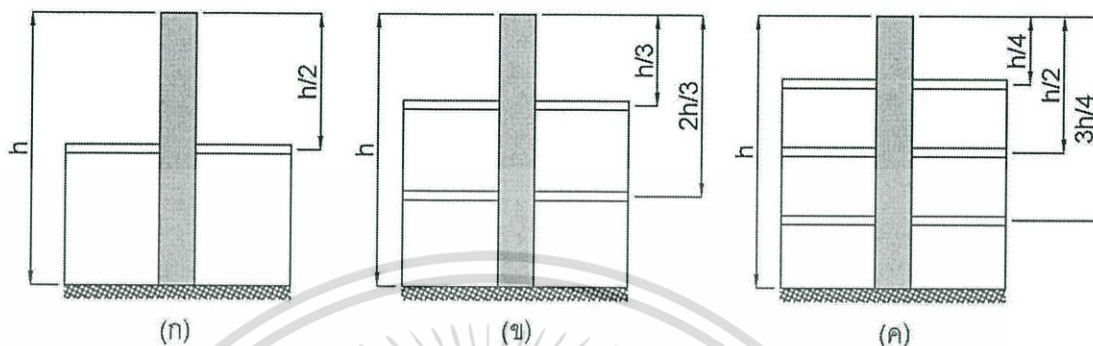
หรือ

$$\Delta_4 = \frac{L^2}{2EI} \left(\frac{WL^2}{4} - M_1 \right) \tag{2.12}$$

ตัวแปร A , E และ I ในสมการสำหรับหาค่าระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารจะเป็นคุณสมบัติของเสารอบนอก (Exterior Column)

- เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของเสา
- E คือ โมดูลัสยืดหยุ่นของเสา
- I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดเสา

ข้อเสนอแนะสำหรับตำแหน่งที่เหมาะสมของเอาริกเกอร์และผนังรัด
ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับเอาริกเกอร์และผนังรัด โดยวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อลดระยะ
การเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับเอาริกเกอร์และผนังรัด

- รูปแบบ (ก) เป็นระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดหนึ่งระดับ ตำแหน่งที่เหมาะสมอยู่ที่ $h/2$
รูปแบบ (ข) เป็นระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดสองระดับ ตำแหน่งที่เหมาะสมอยู่ที่ $h/3$ และ $2h/3$ จากด้านบนอาคาร
รูปแบบ (ค) เป็นระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดสามระดับ ตำแหน่งที่เหมาะสมอยู่ที่ $h/4$, $h/2$ และ $3h/4$ จากด้านบนอาคาร

2.1.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างต้านทานแรงแผ่นดินไหว

มาตรฐานการออกแบบการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยพ.1302 ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย [2]

2.1.2.1 ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว อาคารต่างๆ จะมีการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือน แตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คือ คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร และปัจจัยประกอบอื่นๆ ดังนั้น ผลตอบสนองของอาคารจึงแสดงในรูปของ “ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม” ซึ่งมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามคาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร ซึ่งในกรณีของพื้นที่แอ่งกรุงเทพมหานคร ผลตอบสนองของอาคารได้ถูก แสดงในรูปของความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ซึ่งได้รวมผลเนื่องจากสภาพดินอ่อนในพื้นที่นี้เข้าไปแล้ว

2.1.2.2 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร

พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพครอบคลุมกรุงเทพมหานครและจังหวัดปริมณฑลหลายจังหวัด พื้นที่นี้ ได้ถูกแบ่งย่อยเป็น 7 โซน ดังรูปที่ 2.1 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ในพื้นที่ 7 โซนนี้ขึ้นกับวิธีการออกแบบดังนี้

สำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า ให้ใช้สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการ ออกแบบที่กำหนดตามค่าที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2.1 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ หน่วยเป็น กรัม (g)

โซน	$S_a(0.1s)$	$S_a(0.2s)$	$S_a(1s)$	$S_a(2s)$	$S_a(3s)$	$S_a(4s)$	$S_a(5s)$	$S_a(6s)$
1	0.297	0.297	0.284	0.174	0.083	0.062	0.050	0.041
2	0.199	0.199	0.274	0.205	0.107	0.080	0.064	0.054
3	0.192	0.192	0.198	0.154	0.071	0.053	0.043	0.036
4	0.154	0.154	0.211	0.170	0.077	0.058	0.046	0.039
5	0.126	0.126	0.158	0.174	0.078	0.058	0.047	0.039
6	0.113	0.113	0.144	0.149	0.067	0.050	0.040	0.034
7	0.217	0.217	0.147	0.149	0.068	0.051	0.041	0.034

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนที่แสดงการแบ่งโซนพื้นที่แอ่งกรุงเทพเพื่อการออกแบบ อาคารต้านทานแผ่นดินไหว

โซน 1	โซน 3	โซน 5	เขตบางนา	เขตสวนหลวง	โซน 6
จังหวัดเพชรบุรี	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	กรุงเทพมหานคร	เขตบางบอน	เขตประเวศบุรี	จังหวัดฉะเชิงเทรา
• อ.เขาชัยสน	• อ.บางปลาร้า	• เขตคลองสาน	เขตบางพลัด	• เขตสัมพันธวงศ์	• กิ่งอ.คลองเขื่อน
จังหวัดนครปฐม	• อ.บางไทร	• เขตคลองเตย	• เขตบางรัก	• เขตสาทร	• อ.บางแค
• อ.ดอนเจดีย์	• อ.ลาดบัวหลวง	• เขตคลองสามวา	• เขตบางเขน	• เขตสายไหม	• อ.บางน้ำเปรี้ยว
• อ.บางเลน	• อ.วิภาวดี	• เขตคลองหลวง	• เขตบางกอก	• เขตหนองจอก	• อ.บ้านไร่
• อ.เมืองนครปฐม	• อ.คูบัว	• เขตคูคต	• เขตบางกอกใหญ่	• เขตหนองแขม	• อ.ราชสาส์น
จังหวัดราชบุรี	• อ.สวนผึ้ง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตจตุจักร	• อ.เมืองฉะเชิงเทรา
• อ.สวนมะนาว	• อ.สวนผึ้ง	• เขตดอนเมือง	• เขตประเวศ	• เขตปทุมธานี	จังหวัดฉะเชิงเทรา
• อ.บึงมะนาว	• อ.สวนผึ้ง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.บ้านนา
• อ.ปากท่อ	• อ.สวนผึ้ง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.ปากพลี
• อ.วิเศษ	• อ.สวนผึ้ง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.อัมพวา
• อ.เมืองราชบุรี	• อ.สวนผึ้ง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.เมืองนครนายก
โซน 2	จังหวัดนครปฐม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.บ้านนา
จังหวัดนครปฐม	• อ.บางบัวทอง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.ปากพลี
• อ.นครชัยศรี	• อ.บางบัวทอง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.อัมพวา
• อ.พุทธมณฑล	• อ.บางบัวทอง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.เมืองนครนายก
• อ.สามพราน	• อ.บางบัวทอง	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	จังหวัดปทุมธานี
จังหวัดสมุทรสาคร	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.คลองหลวง
• อ.บางนกปลี	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.วิบูลย์
• อ.อัมพวา	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.อู่ทอง
• อ.เมืองสมุทรสาคร	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.สนม
จังหวัดสมุทรสงคราม	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	จังหวัดปราจีนบุรี
• อ.บึงสามพัน	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.บ้านสร้าง
• อ.บ้านแหลม	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	โซน 7
• อ.เมืองสมุทรสาคร	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	จังหวัดชลบุรี
• อ.อัมพวา	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.บางพลี
• อ.เมืองสมุทรสาคร	• อ.โพธาราม	• เขตดอนเมือง	• เขตปทุมธานี	• เขตปทุมธานี	• อ.เมืองชลบุรี

รูปที่ 2.10 การแบ่งโซนพื้นที่แอ่งกรุงเทพเพื่อการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ตัวประกอบความสำคัญและประเภทของอาคาร

อาคารได้ถูกจำแนกตามลักษณะการใช้งานและความสำคัญของอาคารที่มีต่อสาธารณชนและการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุออกเป็น 4 ประเภท (Occupancy Category) คือ ประเภท I, II, III, และ IV โดยอาคารแต่ละประเภทมีค่าตัวประกอบความสำคัญ (Importance Factor) เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคารและค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ	ตัวประกอบความสำคัญ
อาคารและ โครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น <ul style="list-style-type: none"> - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ 	I (น้อย)	1.0
อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และสูงมาก	II (ปกติ)	1.0
อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น <ul style="list-style-type: none"> - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัยที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคน ไข่มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ 	III (มาก)	1.25
อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น <ul style="list-style-type: none"> - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ทำอาภาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารและ โครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจกเก็บ หรือการใช้สารพิษ เชื้อเพลิง หรือสารเคมี อันอาจก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	IV (สูงมาก)	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 การจำแนกระบบโครงสร้างและข้อจำกัด

ระบบต้านแรงด้านข้างและระบบรับน้ำหนักบรรทุกทุกแนวตั้งของโครงสร้างอาคารอาจเป็นระบบใดระบบหนึ่งที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 หรือเป็นระบบผสมที่ได้จากการรวมระบบโครงสร้างหลายแบบ ระบบโครงสร้างที่สามารถเลือกใช้ได้จะขึ้นกับประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 2.3 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

ในกรณีที่วิศวกรผู้ออกแบบต้องการเลือกใช้ระบบโครงสร้างแบบอื่นที่มีได้มีระบุไว้ในตารางที่ 2.3 จะต้องดำเนินการพิสูจน์ด้วยการวิเคราะห์โครงสร้างและการทดสอบตัวอย่างโครงสร้างในห้องปฏิบัติการ เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบโครงสร้างนั้นๆ มีพฤติกรรมเชิงพลศาสตร์ ความสามารถในการต้านทานแรงทางด้านข้าง และความสามารถในการสลายพลังงานเทียบเท่าระบบโครงสร้างแบบใดแบบหนึ่งในตารางที่ 2.3 ที่มีค่าตัวประกอบ R , และ C_d เท่าเทียมกันกับระบบที่เลือกใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Over strength Factor, Ω_0) และ ตัวประกอบ ขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบ		
		R	Ω_0	C _d	ด้านทานแรง		
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนัก บรรทุกแนวตั้ง (Bearing Wall System)	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	4	2.5	4	√	√	X
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	5	2.5	5	√	√	√
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)	3	2.5	3	√	X	X
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความหนาของปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	√	√	X
2. ระบบโครงอาคาร (Building Frame System)	โครงคอนกรีตเหล็กแบบมีจุดเชื่อมต่อรับแรงดัดได้ (Steel Eccentrically Braced Frame with Moment-Resisting Connections)	3	2	4	√	√	√
	โครงคอนกรีตเหล็กแบบมีจุดเชื่อมต่อรับแรงเฉือน (Steel Eccentrically Braced Frame with Non-Moment-Resisting Connections)	7	2	4	√	√	√
	โครงคอนกรีตเหล็กแบบศูนย์กลางให้รายละเอียดพิเศษ (Special Steel Concentric Braced Frame)	6	2	5	√	√	√
	โครงคอนกรีตเหล็กแบบศูนย์กลางแบบธรรมดา (Ordinary Steel Concentric Braced Frame)	3.5	2	3.5	√	√	X
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบที่มีการให้รายละเอียดพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	6	2.5	5	√	√	√
	กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	5	2.5	4.5	√	√	X
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)	4	2.5	4	√	X	X
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความหนาของปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	5	2.5	4.5	√	√	X

หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Overstrength Factor, Ω_0) และ ตัวประกอบ ขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd) (ต่อ)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d	๑	๒	๓
					✓	✓	✗
3. ระบบโครงสร้างค้ำแรงค้ำ (Moment Resisting Frame)	โครงสร้างค้ำแรงค้ำเหล็กที่มีความเหนียว (Ductile/Special Steel Moment-Resisting Frame)	8	3	5.5	✓	✓	✓
	โครงสร้างค้ำแรงค้ำเหล็กที่กระทำแรงเฉือนความเหนียวเป็นพิเศษ (Special Truss Moment Frame)	7	3	5.5	✓	✓	✓
	โครงสร้างค้ำแรงค้ำเหล็กที่มีความเหนียวปานกลาง (Intermediate Steel Moment Resisting Frame)	4.5	3	4	✓	✓	✗
	โครงสร้างค้ำแรงค้ำเหล็กธรรมดา (Ordinary Steel Moment Resisting Frame)	3.5	3	3	✓	✓	✗
	โครงสร้างค้ำแรงค้ำคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียว (Ductile/Special Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	8	3	5.5	✓	✓	✓
	โครงสร้างค้ำแรงค้ำคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวจำกัด (Ductile RC Moment-Resisting Frame with Limited Ductility/ Intermediate RC Moment-Resisting Frame)	5	3	4.5	✓	✓	✗
	โครงสร้างค้ำแรงค้ำคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Moment Resisting Frame)	3	3	2.5	✓	✗	✗
4. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มีโครงสร้างค้ำแรงค้ำที่มีความเหนียวที่สามารถต้านทานแรงด้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำกับอาคารทั้งหมด (Dual System with Ductile/Special Moment Resisting Frame)	ร่วมกับโครงค้ำแรงค้ำเหล็กแบบตรงศูนย์กลางเป็นพิเศษ (Special Steel Concentrically Braced Frame)	7	2.5	5.5	✓	✓	✓
	ร่วมกับโครงค้ำแรงค้ำเหล็กแบบเอียงศูนย์กลาง (Steel Eccentrically Braced Frame)	3	2.5	4	✓	✓	✓
	ร่วมกับค้ำแรงค้ำคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพิเศษที่กระทำแรงเฉือนเป็นพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	7	2.5	5.5	✓	✓	✓
	ร่วมกับค้ำแรงค้ำคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	6	2.5	5	✓	✓	✗

หมายเหตุ ✓ = ใช้ได้ ✗ = ห้ามใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor, R) ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Overstrength Factor, Ω_0) และ ตัวประกอบ ขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor, Cd)) (ต่อ)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงต้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C _d	ข	ค	ง
5. ระบบโครงสร้างแบบผสมที่มีโครงสร้างต้านแรงค้ำที่มีความเหนียวจำกัดที่สามารถต้านทานแรงต้านข้างไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงที่กระทำกับอาคารทั้งหมด (Dual System with Moment Resisting Frame with Limited Ductility/ Dual System with Intermediate Moment Resisting Frame)	ร่วมรับโครงสร้างเหล็กแบบครงศูนย์กลาง (Special Steel Concentrically Braced Frame)	6	2.5	5	√	√	X
	ร่วมรับกับเพอร์ริเฟอริคัลโมเมนต์เรซิสติ้งเฟรมที่เสริมด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กพิเศษ (Special Reinforced Concrete Shear Wall)	6.5	2.5	5	√	√	√
	ร่วมรับกับเพอร์ริเฟอริคัลโมเมนต์เรซิสติ้งเฟรมธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)	5.5	2.5	4.5	√	√	X
6. ระบบปฏิสัมพันธ์ (Shear Wall Frame Interactive System)	ระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันเพอร์ริเฟอริคัลโมเมนต์เรซิสติ้งเฟรมและโครงสร้างค้ำแบบธรรมดาที่ไม่มีครวให้คอนกรีตเสริมเหล็กความเหนียว (Shear Wall Frame Interactive System with Ordinary Reinforced Concrete Moment Frame and Ordinary Concrete Shear Wall)	4.5	2.5	4	√	X	X
7. ระบบโครงสร้างเหล็กที่ไม่มีครวให้รายละเอียดสำหรับรับแรงแผ่นดินไหว (Steel Systems Not Specifically Detailed for Seismic Resistance)	ระบบโครงสร้างเหล็กที่ไม่มีครวให้รายละเอียดสำหรับรับแรงแผ่นดินไหว	3	3	3	√	√	X

หมายเหตุ √ = ใช้ได้ x = ห้ามใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 วิธีแรงสถิตเทียบเท่า

การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวสามารถทำได้หลายวิธี วิธีแรงสถิตเทียบเท่าก็เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ออกแบบอาคารได้หลากหลายประเภท วิธีนี้เริ่มจากการคำนวณหาค่าแรงสถิตเทียบเท่าในรูปของแรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V) จากนั้นจึงกระจายแรงไปยังชั้นต่าง ๆ ของอาคาร แรงที่เกิดขึ้นภายในองค์อาคารต่าง ๆ เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำร่วมกับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้งของอาคารจะเป็นแรงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ออกแบบกำลังต้านทานขององค์อาคารเหล่านี้ และหาค่าการเคลื่อนตัว นอกจากนี้ค่าการเคลื่อนตัวของโครงสร้างเนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าเมื่อถูกนำไปปรับแก้ด้วยตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัวจะเป็นค่าการเคลื่อนตัวและการโก่งตัวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหวสำหรับออกแบบ

2.1.3.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

แรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear, V) จะต้องคำนวณจาก

$$V = C_s W$$

โดยที่ C_s คือ สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว

W คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร

2.1.3.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว

สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว (C_s) จะต้องคำนวณจาก

$$C_s = S_a \frac{I}{R}$$

โดยที่ S_a คือ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ S_a ที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T)

R คือ ตัวประกอบปรับผลตอบสนอง

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

C_s จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.01

2.1.3.3 การคำนวณค่าคาบการสั่นพื้นฐาน

ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน (Fundamental Period, T) ในทิศทางแกนหลักของอาคารสามารถคำนวณได้ โดยวิธีดังต่อไปนี้

คาบการสั่นพื้นฐาน สามารถคำนวณจากสูตรการประมาณค่าดังนี้ (หน่วยเป็นวินาที)

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก $T = 0.02H$

อาคารโครงสร้างเหล็ก $T = 0.03H$

โดยที่ H คือความสูงของอาคารวัดจากพื้นดิน มีหน่วยเป็นเมตร

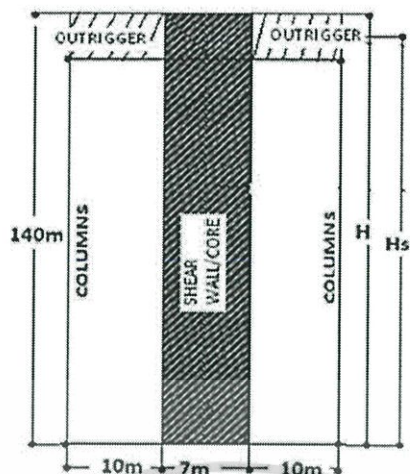
2.2 ปรีทัศน์วรรณกรรม

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์โครงสร้างระบบเอริกเกอร์และผนังรัด

การศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับพฤติกรรมของระบบเอริกเกอร์และผนังรัดหรือโครงถักรัดได้เริ่มมาตั้งแต่ช่วงคริสต์ศักราช 1974 เป็นต้นมาโดย Taranath S. ได้ทำการศึกษา [3] หาดำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับโครงถักรัดเพื่อลดการเคลื่อนตัวด้านข้างเนื่องจากแรงลงโดยใช้การวิเคราะห์อย่างง่าย ต่อมา McNabb (1975) ได้ขยายผลการศึกษาโดยวิเคราะห์ในรูปแบบของเอริกเกอร์สองระดับ เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่ลดลง [4] เนื่องจากผลของการใช้เอริกเกอร์และในปีเดียวกัน McNabb (1975) ได้ยืนยันผลการศึกษาของ Taranath (1974) ว่าตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับเอริกเกอร์หนึ่งระดับอยู่ที่ 0.445 ของความสูงอาคารจากด้านบนและแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับ เอริกเกอร์สองระดับอยู่ที่ 0.312 และ 0.685 ของความสูงอาคารจากด้านบน หลังจากนั้นก็ได้มีการศึกษากันเรื่อยมา

การศึกษา [5] พฤติกรรมทางสถิตศาสตร์และพลศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างระบบเอริกเกอร์สำหรับอาคารสูง วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ETABS ด้วยแบบจำลอง 3 มิติ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 32 ชั้น มีผนังรับแรงเฉือนกลางอาคารและเสารอบนอก ความสูงของแต่ละชั้น 3.15 เมตร โดย เอริกเกอร์จะอยู่ที่ระดับความสูง 0.975, 0.75, 0.5, 0.4 เมื่อเทียบกับตำแหน่งเอริกเกอร์กับความสูง ของ อาคาร (H_s/H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

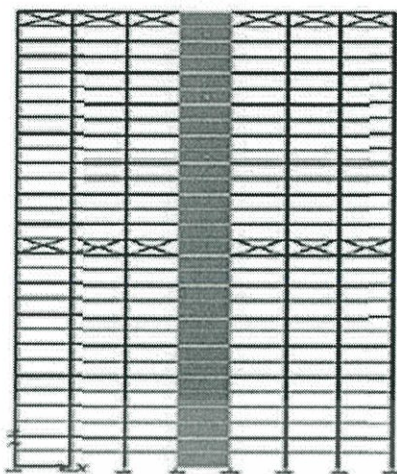


รูปที่ 2.11 แสดงตำแหน่งของเออริกเกอร์กับความสูงของอาคาร (H_s/H)

โดยวิเคราะห์ภายใต้แรงลมและแรงแผ่นดินไหว ที่เกิดขึ้นในเมืองลอสแอนเจลิส LA03 (El Centro Array 5, James Road), LA06 (El Centro Array 6) และ LA14 (Northridge, LA County Fire Station) จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อเออริกเกอร์อยู่ที่ตำแหน่ง (H_s/H) เท่ากับ 0.975 การเคลื่อนตัว ด้านข้างลดลง 37% และเมื่อเออริกเกอร์อยู่ที่ตำแหน่ง (H_s/H) เท่ากับ 0.5 การเคลื่อนตัวด้านข้างลดลง 61% เมื่อเทียบกับโครงสร้างที่ไม่ใช้ระบบเออริกเกอร์นอกจากนี้แรงเฉือนและแรงดัดที่เกิดขึ้นในผนังรับแรงเฉือนอาคารก็ลดลงเช่นกันเมื่อใช้โครงสร้างระบบเออริกเกอร์

การศึกษา [6] ระบบเออริกเกอร์เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับอาคารสูงที่เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงลมและแรงแผ่นดิน โดยศึกษาจากแบบจำลองโครงสร้างที่ใช้เป็นอาคารสำนักงานสูง 30 ชั้น (90 เมตร) ขนาด 38.50 เมตร x 38.50 เมตร มีโครงสร้างผนังรับแรงเฉือนอยู่กลางอาคารและเสารอบนอกแต่ละต้นมีระยะห่าง 5.50 เมตร วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ETABS โดยแบ่งแบบออกเป็น 9 รูปแบบ กำหนดจุดรองรับเป็นแบบยึดแน่น (Fix Support) จากนั้นทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลของการเคลื่อนตัวด้านข้างแรงตามแนวแกนเสาและโมเมนต์ดัดในผนังรับแรงเฉือนที่เกิด จากแรงลมและแรงแผ่นดินไหว ซึ่งพบว่าสามารถลดการเคลื่อนตัวด้านข้างได้ถึง 23% เมื่อใช้เออริกเกอร์ สองระดับโดนตำแหน่งแรกอยู่ที่ด้านบนอาคารและตำแหน่งที่สองอยู่ที่ 0.5 ของความสูงอาคารโดยไม่มีโครงถักรัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แบบจำลองเอาริกเกอร์สองระดับที่ตำแหน่งด้านบนและที่ระดับ 0.5 ของความสูงอาคาร

การศึกษาถึงพฤติกรรม [7] ระบบเอาริกเกอร์ของอาคารสูงภายใต้แรงแผ่นดินไหว จาก 9 แห่งกำเนิดคลื่นแผ่นดินไหวทำการวิเคราะห์โดยวิธีสเปกตรัมการตอบสนอง โดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 50 ชั้น (187.50 เมตร) มีผนังรับแรงเฉือนหนา 450 มิลลิเมตร และ เสารอบนอกขนาด 2000x1200 มิลลิเมตร ขนาดหน้าตัดของผนังรับแรงเฉือนและเสาสม่ำเสมอ ตลอด ความสูงของอาคาร สำหรับเอาริกเกอร์จะเป็นรูปแบบของคานลึกมีขนาด 250x3750 มิลลิเมตร โดย สมมติฐานให้จุดต่อระหว่างเอาริกเกอร์กับผนังรับแรงเฉือนกลางอาคารเป็นแบบ ยึดแน่นและจุดรองรับของผนังรับแรงเฉือนกำหนดเป็นแบบยึดแน่น (Fix Support) จากผลการศึกษา พบว่าการตอบสนองของโครงสร้าง เช่น ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างและระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ ระหว่างชั้นภายใต้แรงแผ่นดินไหวจะมีค่าลดลงเมื่อเอาริกเกอร์แบบคานลึกอยู่ระหว่างชั้น 22-24 หรือ ที่ระดับ 0.44-0.48 ของความสูงอาคารจากด้านล่าง

การใช้ระบบเอาริกเกอร์และโครงถักรัด [8] สำหรับอาคารสูงเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริม เหล็ก ที่รับแรงกระทำด้านข้าง ได้แก่แรงลมและแรงแผ่นดินไหวโดยแรงลมใช้ตามมาตรฐานของ British Standard Institution, CP3 และแรงแผ่นดินไหวใช้มาตรฐานของอินโดนีเซีย โชน 4 ซึ่งแบ่ง การวิเคราะห์ห้ออก เป็น 2 รูปแบบหลัก คือวิเคราะห์แบบ 2 มิติ ด้วยแบบจำลอง 40 ชั้น แบ่งออกเป็น 8 รูปแบบ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม GT-Struld และวิเคราะห์แบบ 3 มิติ ด้วยแบบจำลอง 60 ชั้น แบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ETABS จากนั้นทำการเปรียบเทียบระยะเวลา เคลื่อนตัวด้านข้างและระยะ การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้น ซึ่งพบว่าการวิเคราะห์แบบ 2 มิติ ระยะ การเคลื่อนตัวด้านข้างลดลงถึง 65% เมื่อใช้เอาริกเกอร์สองระดับ โดยตำแหน่งแรกอยู่ที่ด้านบน อาคารและตำแหน่งที่ 2 อยู่ที่ระดับ 0.50 ของ ความสูงอาคารสำหรับการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนตัวด้านข้างลดลง 18% สำหรับเอาริกเกอร์ สองระดับภายใต้แรงแผ่นดินไหวเมื่อเอาริกเกอร์อยู่ที่ตำแหน่งด้านบนของอาคารและที่ระดับ 0.45 ของความสูงจากด้านบน

การควบคุมระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคารคอมโพสิต [9] โดยการใช้โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และโครงถักรัดในการต้านทานแรงด้านข้างตามมาตรฐานของ ออสเตรเลีย โดยศึกษา จากแบบจำลอง 60 ชั้น (210 เมตร) ความสูงแต่ละชั้นเท่ากับ 3.50 เมตร อาคารมีความกว้าง 19.20 เมตร และยาว 37.0 เมตร เอาริกเกอร์และโครงถักรัดใช้เป็นโครงสร้างหลักโดยแบ่งแบบจำลองออกเป็น 4 รูปแบบ โตนรูปแบบ MT-0 เป็นแบบจำลองที่ไม่มีเอาริกเกอร์และโครงถักรัด, MT-1 เป็นแบบจำลองที่มีเอาริกเกอร์และโครงถักรัดหนึ่งระดับ, MT-2 เป็นแบบจำลองที่มีเอาริกเกอร์และโครงถักรัดสองระดับ และ MT-3 เป็นแบบจำลองที่มีเอาริกเกอร์และโครงถักรัดสามระดับ จากผลการศึกษาพบว่า การเคลื่อนตัวด้านข้างลดลง 34% เมื่อใช้เอาริกเกอร์และโครงถักรัดหนึ่ง ระดับ การเคลื่อนตัวด้านข้างลดลง 42% เมื่อใช้เอาริกเกอร์และโครงถักรัดสองระดับ และการเคลื่อนตัว ด้านข้างลดลง 51% เมื่อใช้เอาริกเกอร์และโครงถักรัดสามระดับเมื่อเทียบกับโครงสร้างอาคารคอมโพสิต ที่ไม่มีเอาริกเกอร์และโครงถักรัด

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (2)

งานวิจัยพฤติกรรมของระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดสำหรับอาคารสูงบนฐานรากแบบยืดหยุ่น (Behavior of Outrigger and Belt wall System in High-rise Building on Flexible Foundation) โดย สุวิศาล ถือทอง (2015) [10] เป็นการศึกษาผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดใน รูปแบบต่างๆ ได้แก่

เอาริกเกอร์และผนังรัดหนึ่งระดับเอาริกเกอร์และผนังรัดสองระดับ และเอาริกเกอร์และผนังรัด สามระดับสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 60 ชั้น ที่มีผนังรับแรงเฉือนบริเวณกลางอาคาร และเสารอบนอกภายใต้การจำลองฐานรากแบบยึดแน่นและฐานรากแบบยืดหยุ่น เนื่องจากชั้นดินในพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นชั้นดินอ่อนการพิจารณาผลของฐานรากแบบยึดแน่นเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอควรมีการวิเคราะห์ภายใต้การจำลองฐานรากแบบยืดหยุ่นด้วยโดยการใช้ค่าสติเฟนสของสปริงแทนเสาเข็ม เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมและผลการตอบสนองของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดเนื่องจากแรงโน้มถ่วงและแรงกระทำด้านข้าง ได้แก่ แรงลมและแรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิศวกรเข้าใจและเลือกใช้ระบบโครงสร้างอาคารสูงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผลการศึกษาแบบจำลองโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดบนฐานรากแบบยึดแน่นและฐานรากแบบยืดหยุ่นโดยใช้ค่าสติเฟนสของสปริงแทนเสาเข็มสามารถสรุปได้ดังนี้ โครงสร้างที่มีเอาริกเกอร์และผนังรัดสามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็นใบแจ้งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างทำให้คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้างอาคารสั้นลง การเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นและการเคลื่อนตัวด้านข้างลดลงรวมทั้งโมเมนต์ดัดที่ฐานในผนังรับแรงเฉือน เนื่องจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหวก็ลดลงเช่นกัน ซึ่งเป็นผลมาจากสติเฟนส์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างเสากับผนังรับแรงเฉือนจากผลของเอาริกเกอร์และผนังรัด สำหรับการเลือกตำแหน่งหรือจำนวนของเอาริกเกอร์และ ผนังรัดของโครงสร้างอาคารสูงขึ้นอยู่กับความต้องการในการลดการเคลื่อนตัวด้านข้างเป็นหลักซึ่งโครงสร้างที่มีระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดบนฐานรากแบบยึดหยุนสามารถลดระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างจากแรงลม 41% สำหรับเอาริกเกอร์และผนังรัดหนึ่งระดับ, 50% สำหรับเอาริกเกอร์และผนังรัดสองระดับ และ 54% สำหรับเอาริกเกอร์และผนังรัดสามระดับ เมื่อเทียบกับโครงสร้างที่ไม่มีเอาริกเกอร์และผนังรัด ซึ่งจำนวนของเอาริกเกอร์และผนังรัดที่เพิ่มขึ้นก็จะเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างขึ้นด้วยส่วนปัญหาการใช้พื้นที่อาคารในบริเวณชั้นที่มีเอาริกเกอร์และผนังรัดอาจแก้ปัญหาโดยการใช้บริเวณชั้นดังกล่าวเป็นพื้นที่สำหรับงาน ระบบเครื่องกล ระบบสุขาภิบาลหรือระบบงานไฟฟ้า เป็นหลัก โครงสร้างที่มีระบบเอาริกเกอร์ และผนังรัดบนฐานรากแบบยึดหยุนมีคาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้างอาคารระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ ระหว่างชั้นและระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างเนื่องจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหวมากกว่าโครงสร้างบนฐานรากแบบยึดแน่นซึ่งเกิดจากการเคลื่อนตัวที่ฐานของอาคารที่มีพฤติกรรมแบบยึดหยุนแต่โครงสร้างที่มีระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดบนฐานรากแบบยึดหยุนให้ค่าโมเมนต์ดัดที่ฐานในผนังรับแรงเฉือนน้อยกว่าโครงสร้างบนฐานรากแบบยึดแน่น นอกจากนี้เมื่อรวมผลของแรงโน้มถ่วงและแรงลมโครงสร้างที่ใช้ระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดบนฐานรากแบบยึดหยุนก่อให้เกิดโมเมนต์ดัดในฐานรากเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระบบโครงสร้างที่ไม่มีเอาริกเกอร์และผนังรัดดังนั้นจากผลการศึกษาแสดงว่าการวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดควรพิจารณาการจำลองโครงสร้างบนฐานรากแบบยึดหยุนโดยใช้ค่าสติเฟนส์ของสปริง แทนเสาเข็มด้วยเพราะโครงสร้างอาคารมีระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างเนื่องจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหวมากกว่าการวิเคราะห์บนฐานรากแบบยึดแน่น ซึ่งอาจส่งผลให้อาคารสูงที่ไม่ได้พิจารณาโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดบนฐานรากแบบยึดหยุนเกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญญานิพนธ์

3.1 รูปแบบการวิจัยหรือแบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบพฤติกรรมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับน้ำหนักแบบยี่ดหุ่ยและฐานรากแบบยี่ดแน่น โดยจะศึกษาและเปรียบเทียบดังนี้

3.1.1 พิจารณาระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างของอาคาร เนื่องจากแรงแผ่นดินไหว ตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง

3.1.2 พิจารณาแรงตามแนวแกนเสาเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง (GRAVITY)

เมื่อ DL คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่เนื่องจากโครงสร้างอาคาร
LL คือ น้ำหนักบรรทุกจร
EQEY คือ แรงแผ่นดินไหวในทิศทางแกน Y โดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

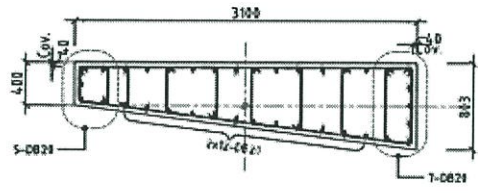
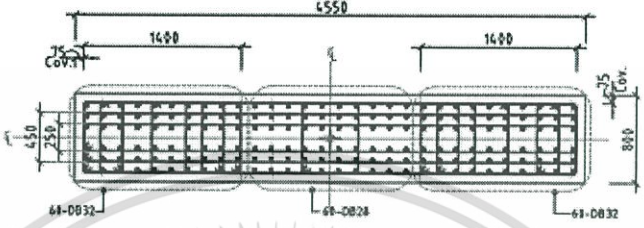
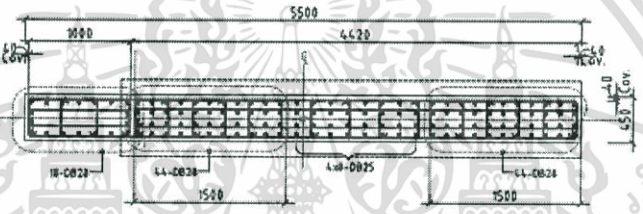
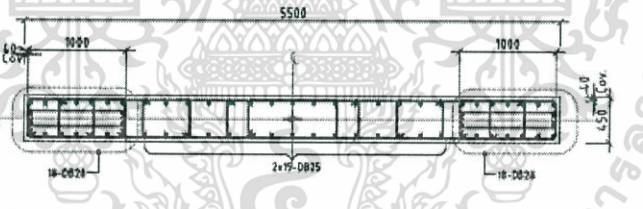
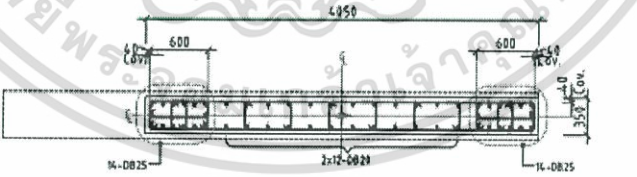
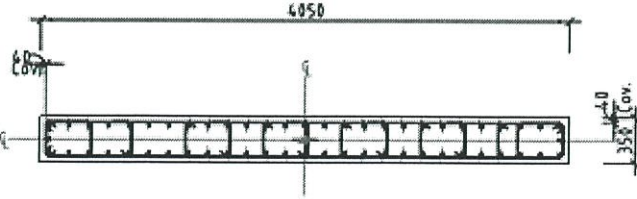
3.2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์

กำหนดให้แบบจำลองเป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 52 ชั้น มีผนังรับแรงเฉือนอยู่บริเวณกลางอาคาร เสารอบนอก 10 ต้น และระบบพื้นแบบ Flat Slab โดยชั้นแรกมีความสูง 9.25 เมตร และแต่ละชั้นหลังจากนี้มีความสูง 3.25 เมตร ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ขนาดโครงสร้างของแบบจำลองมีรายละเอียดแสดงตามตารางที่ 3.1

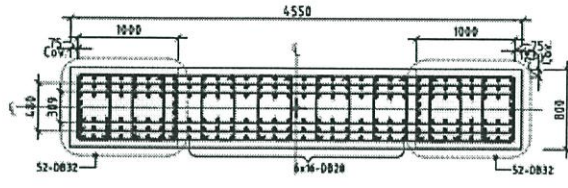
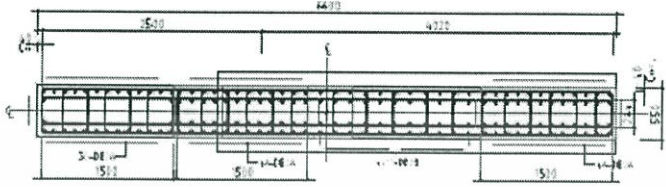
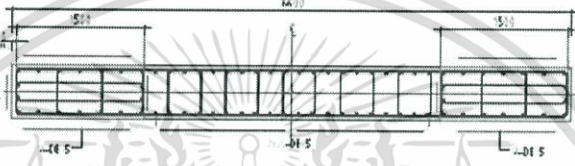
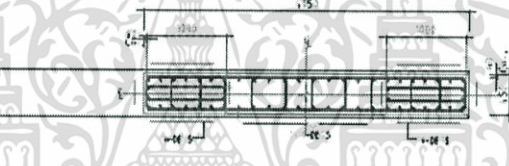
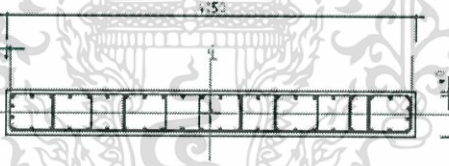
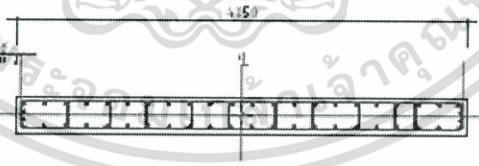
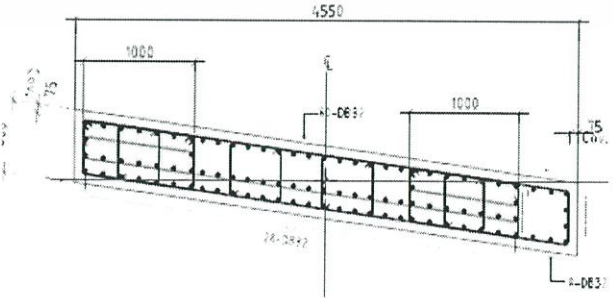
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขนาดโครงสร้าง (เสา)

ชั้น	เสา	ลักษณะเสา	กำลังรับ แรงอัด (fc') ksc
Pile cap - Level1	C1		500
Level2 - Level10	C1		500
Level11 - Level30	C1		400
Level31 - Level40	C1		350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level41 - Level Roof	C1		350
Pile cap - Level1	C2		500
Level2 - Level10	C2		500
Level11 - Level30	C2		400
Level31 - Level40	C2		350
Level41 - Level Roof	C2		350

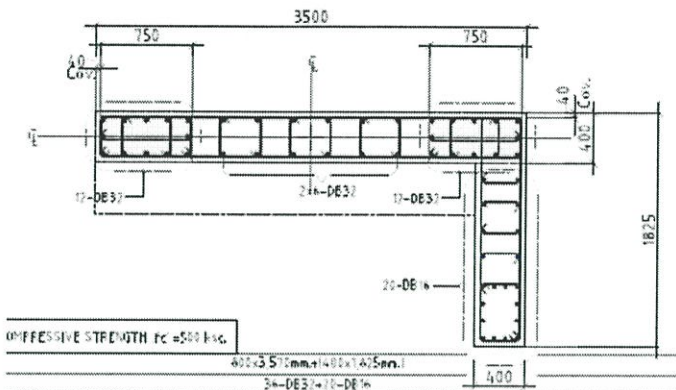
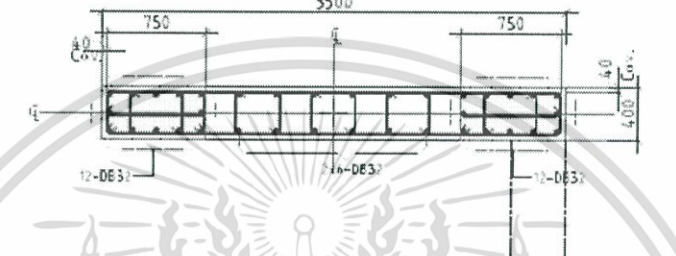
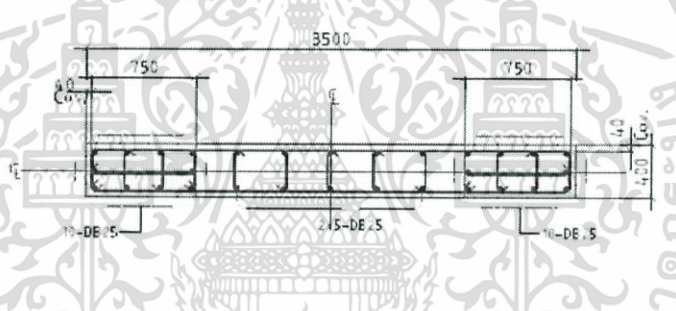
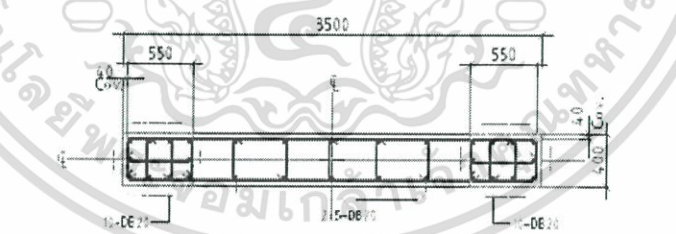
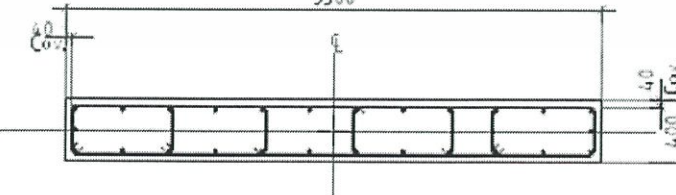
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pile cap - Level1	C3		500
Level2 - Level10	C3		500
Level11 - Level30	C3		400
Level31 - Level35	C3		350
Level36 - Level41	C3		350
Level42 - Level Roof	C3		350
Pile cap - Level1	C4		500

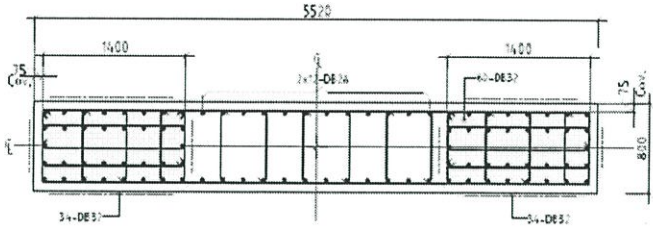
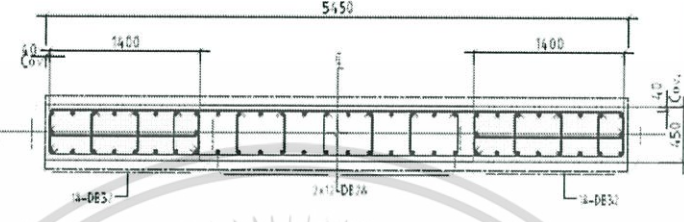
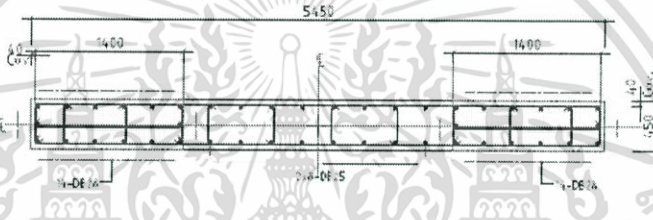
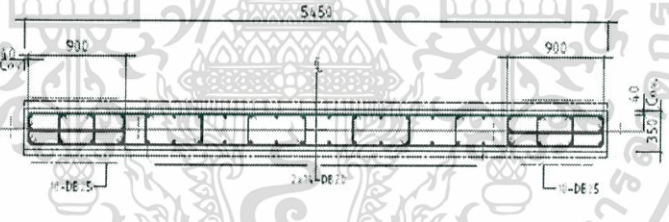
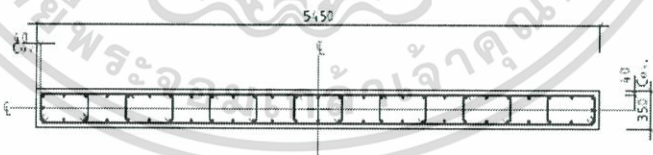
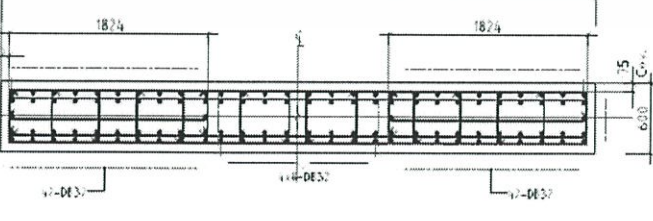
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level2 - Level10	C4		500
Level11 - Level30	C4		400
Level31 - Level35	C4		350
Level36 - Level Roof	C4		350
Pile cap - Level1	C5		500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>Level2</p>	<p>C5</p>		<p>500</p>
<p>Level3 - Level10</p>	<p>C5</p>		<p>400</p>
<p>Level11 - Level30</p>	<p>C5</p>		<p>350</p>
<p>Level30 - Level 40</p>	<p>C5</p>		<p>350</p>
<p>Level41 - Level Roof</p>	<p>C5</p>		<p>350</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pile cap - Level2	C6		500
Level3 - Level10	C6		500
Level11 - Level30	C6		400
Level30 - Level 40	C6		350
Level41 - Level Roof	C6		350
Pile cap - Level1	C7		500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level2 - Level10	C7		500
Level11 - Level30	C7		400
Level30 - Level 40	C7		350
Level41 - Level Roof	C7		350
Pile cap - Level2	C8		500
Level3 - Level10	C8		500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level11 - Level30	C8		400
Level30 - Level 40	C8		350
Level41 - Level Roof	C8		350
Pile cap - Level1	C9		500
Level2 - Level10	C9		500

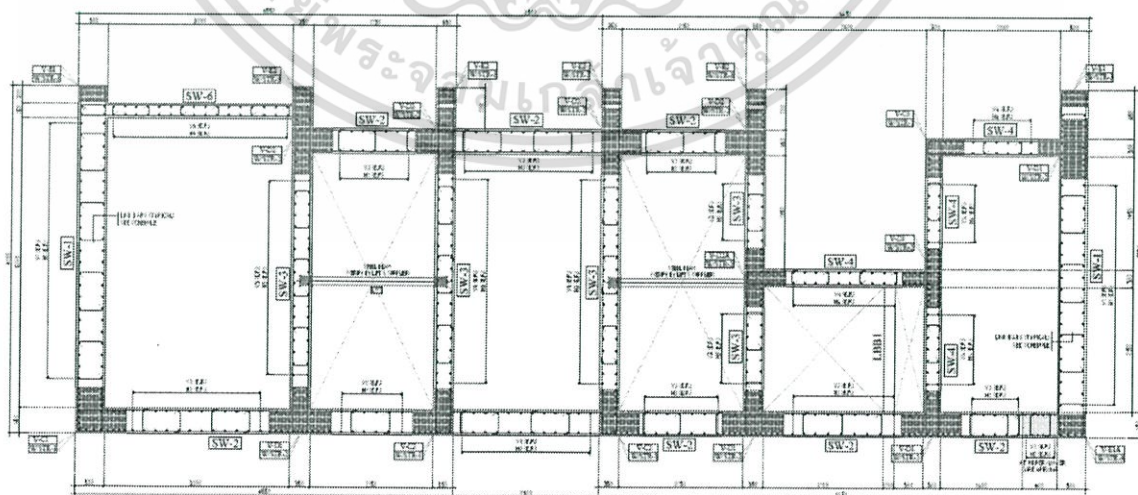
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level11 - Level30	C9		400
Level31 - Level40	C9		350
Level41 - Level Roof	C9		350
Pile cap - Level1	C10		500
Level2 - Level10	C10		500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

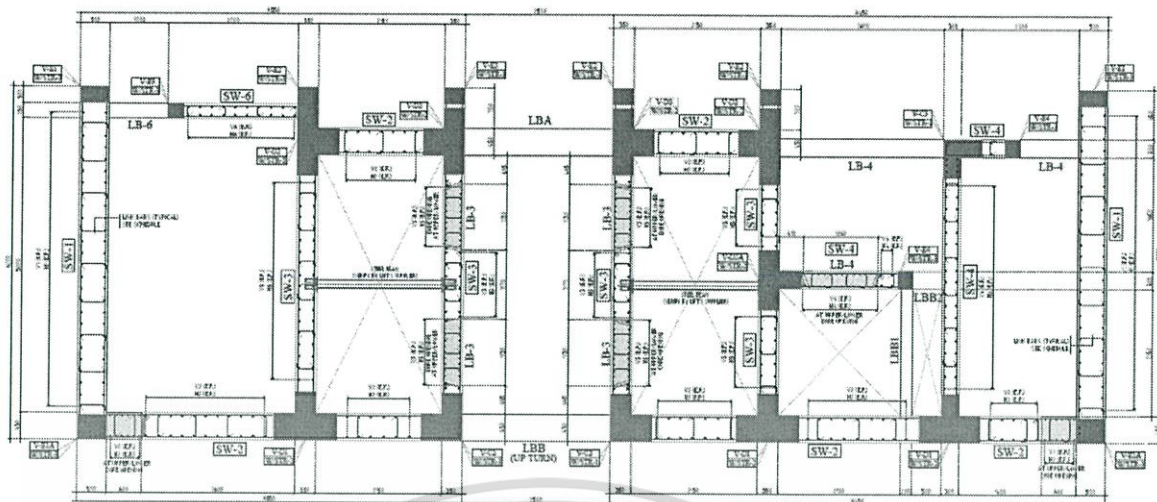
Level11 - Level30	C10		400
Level31 - Level40	C10		350
Level41 - Level Roof	C10		350

รายละเอียดขนาดโครงสร้าง (ผนังรับแรงเฉือนและคาน)

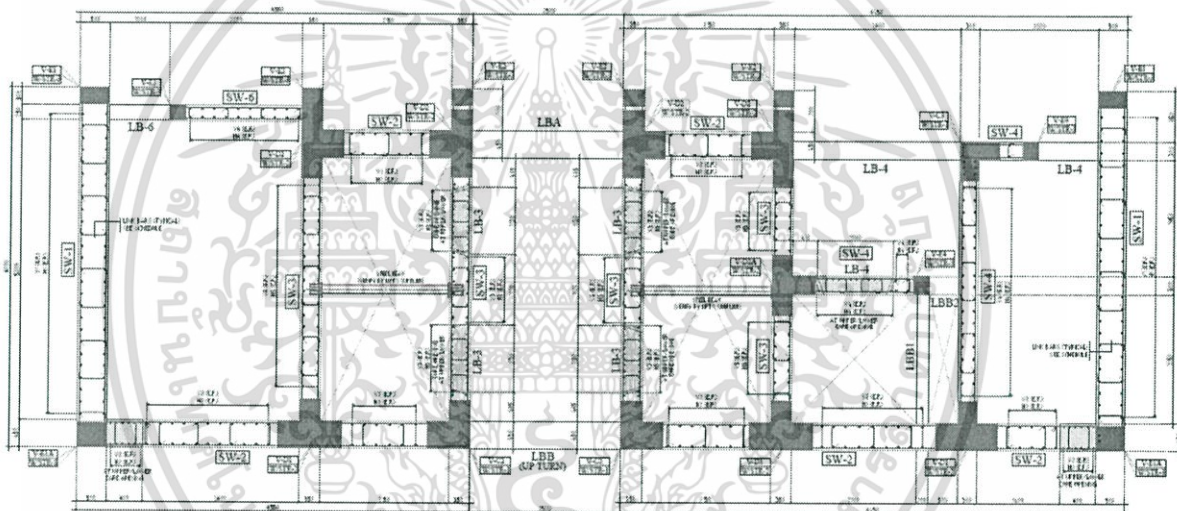


Pile Cap Level – Level 1 (fc' 400 ksc)

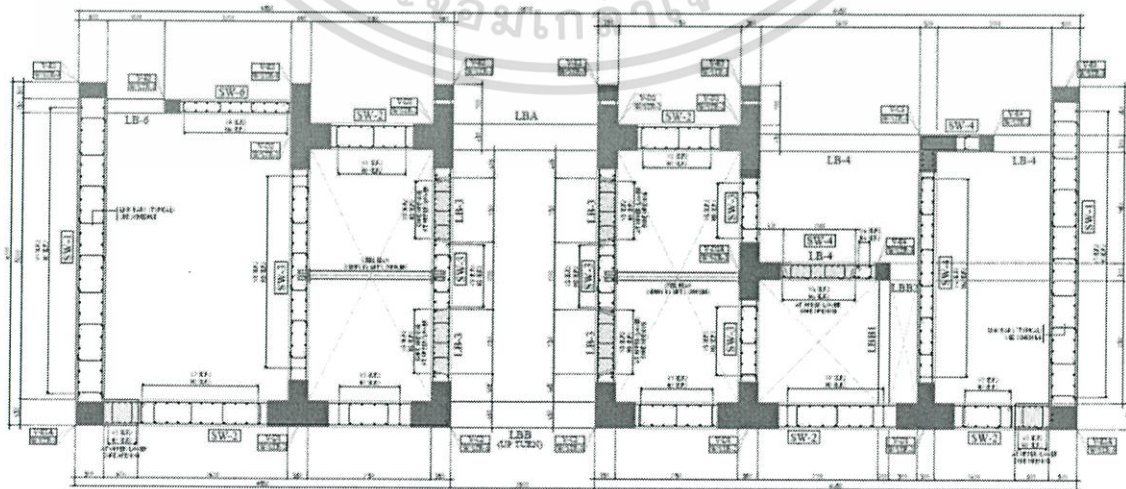
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Level1 - Level3 (fc'400 ksc)

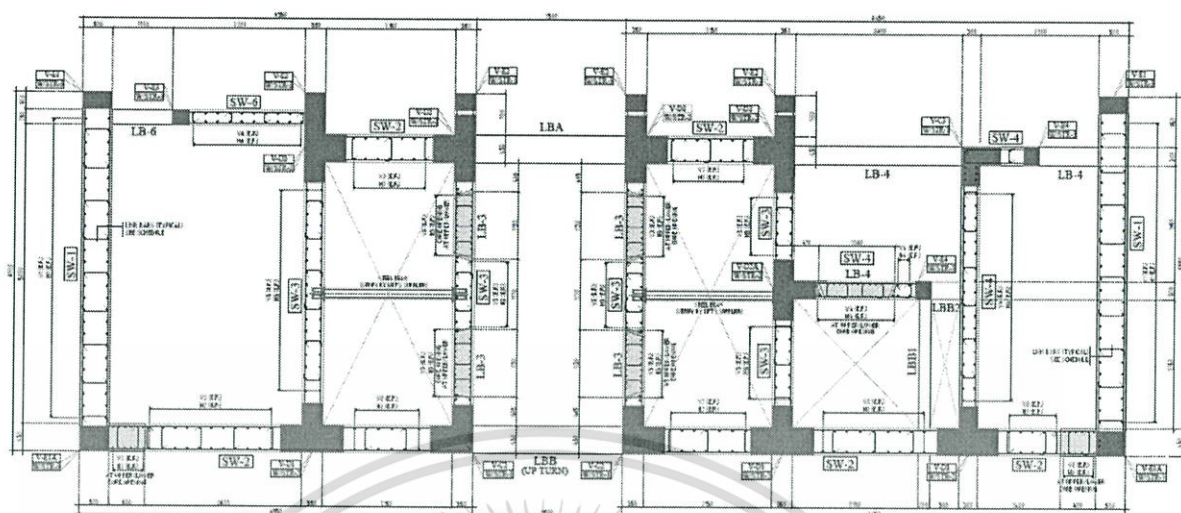


Level3 - Level5 (fc'400 ksc)



Level5 - Level10 (fc'400 ksc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Level11 – Level51 (fc' 350 ksc)

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดขนาดโครงสร้าง (ผนังรับแรงเฉือน)

ID OF WALL	Wall Thickness (mm)
SW-1	500
SW-2	450
SW-3	350
SW-4	300
SW-5	200
SW-6	250

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดขนาดโครงสร้าง (Flat slab)

ชั้น	หนาแผ่นพื้น (mm)	กำลังรับแรงอัด (fc') ksc
Level1 – Level10	260	500
Level11 – Level Roof	260	400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การรวบรวมข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยได้ให้รายละเอียดไว้แล้วในบทก่อนหน้า

3.4 เครื่องมือวิจัย

วิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and Belt wall) ภายใต้อาคารแบบยึดแน่น เนื่องจากแรงโน้มถ่วง และแรงแผ่นดินไหวด้วยโปรแกรม ETABS

3.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (Outrigger and belt wall system)
2. ศึกษาข้อมูลวิธีการใช้งานโปรแกรม ETABS
3. สร้างแบบจำลองอาคารฐานรากยึดแน่นสูง 52 ชั้น (โครงการ Park24 ตึก5) โดยใช้โปรแกรม ETABS
4. คำนวณหาแรงกระทำด้านข้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว โดยโปรแกรม ETABS
5. สร้างแบบจำลองที่ใช้โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดบนฐานรากยึดแน่น โดยกำหนดตำแหน่งและขนาดที่ต่างกันออกไปเพื่อนำมาเปรียบเทียบ
6. ทำการวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบข้อมูล
7. สรุปผลการวิจัยพร้อมทั้งจัดรูปเล่ม

3.6 การสร้างแบบจำลองอาคาร

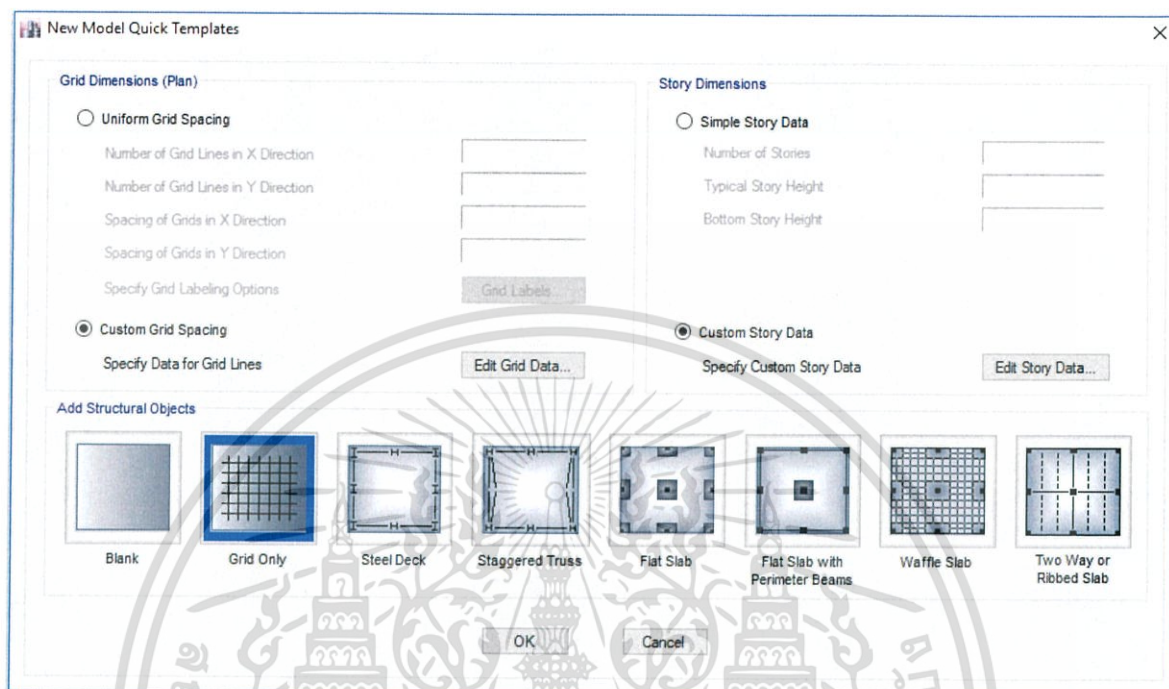
3.6.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Etabs

ในส่วนของการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Etabs จะทำการจำลองโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 52 ชั้น (โครงการ Park24 ตึก5) ซึ่งขนาดของโครงสร้างอาคารแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 การสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Etabs วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณแรงแผ่นดินไหวเพื่อดูค่าการโก่งตัวของอาคาร (Deflection Shape)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นโปรแกรม Etabs ด้วยการวางแนว Grid line จำนวนชั้นและความสูงของแต่ละชั้น

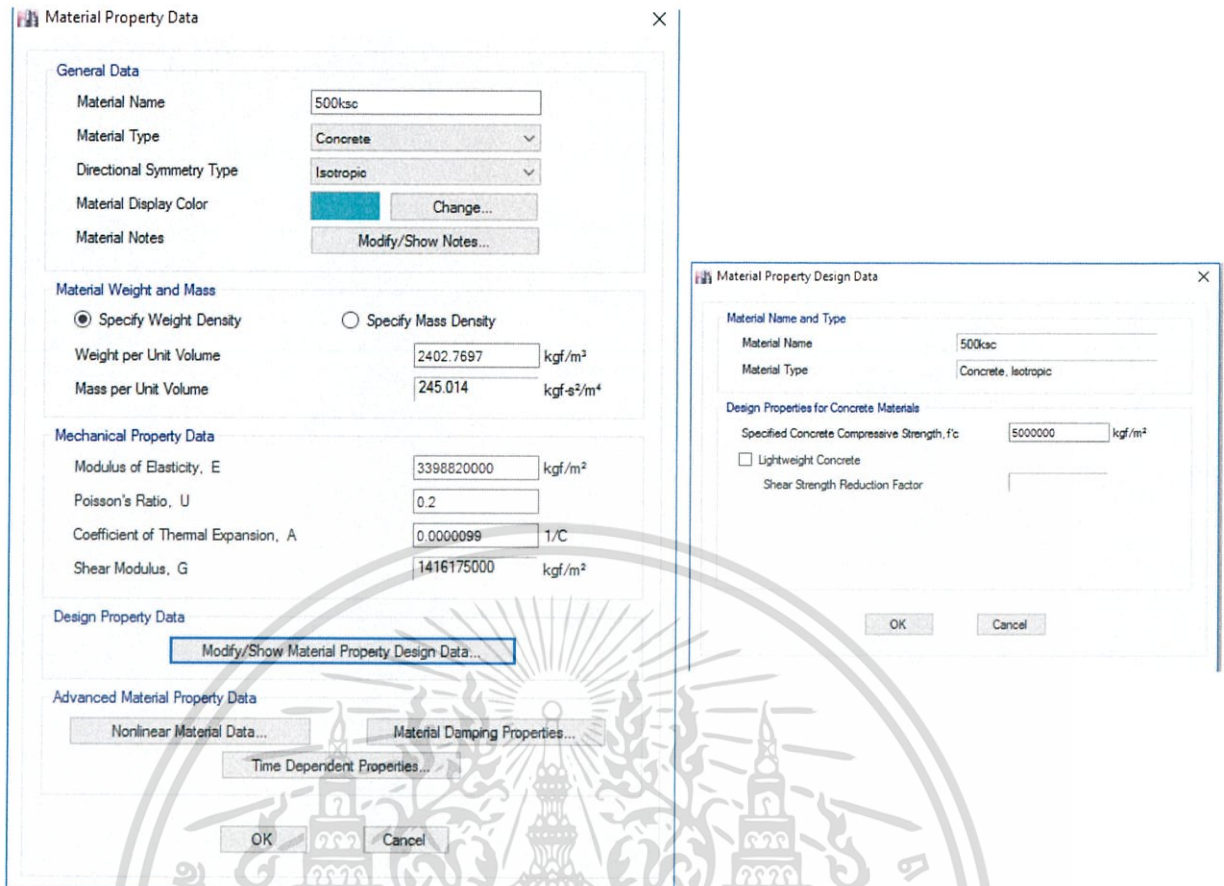
ตามแบบ



รูปที่ 3.1 วางแนว Grid line และจำนวนชั้นของแบบจำลอง

กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีต 500 Ksc 400 Ksc และ 350 Ksc โดยใช้คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัด (f'_c) เท่ากับ 500 400 และ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (รูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (E) เท่ากับ $15,200\sqrt{f'_c}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีต 500 Ksc

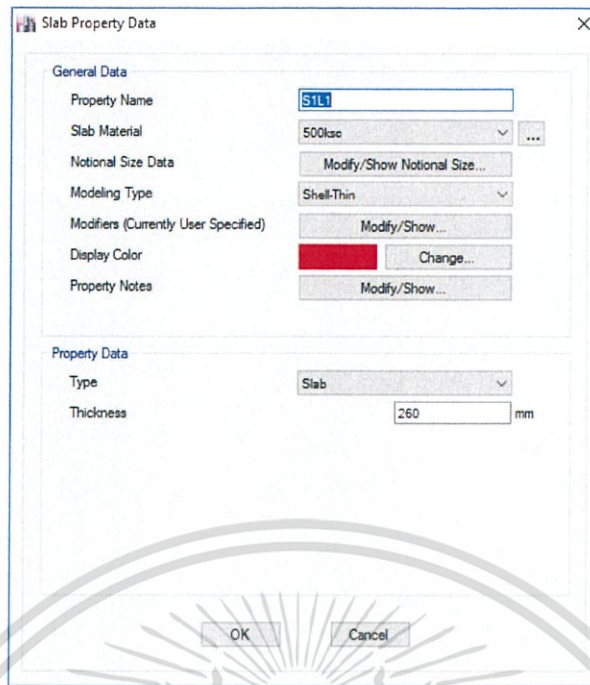
กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของโครงสร้างจำพวก เสา ผนังรับแรงเฉือน และพื้น (Flat slab) ตามรายละเอียด ตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติเสา C5

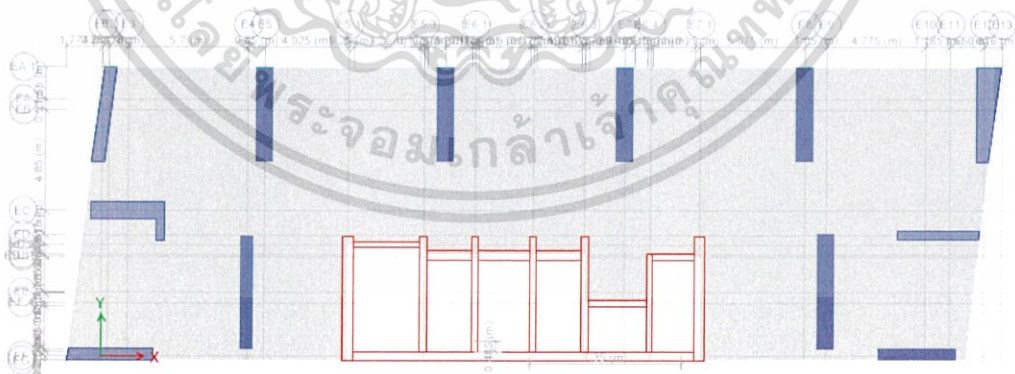
รูปที่ 3.4 กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของผนังรับแรงเฉือน SW1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



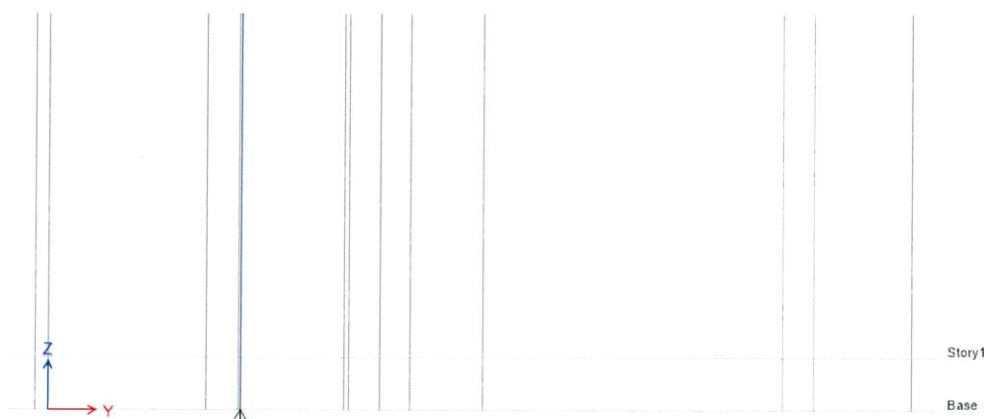
รูปที่ 3.5 กำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของแผ่นพื้นไร้คาน (Flat slab)

หลังจากกำหนดขนาดหน้าตัดและคุณสมบัติของโครงสร้างเสร็จแล้ว จากนั้นทำการสร้างแบบจำลอง เสา ผนังรับแรงเฉือน และพื้นไร้คานโดยจะกำหนดจุดรองรับของแบบจำลองเป็นแบบยึดแน่น เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณแรงแผ่นดินไหวต่อไป



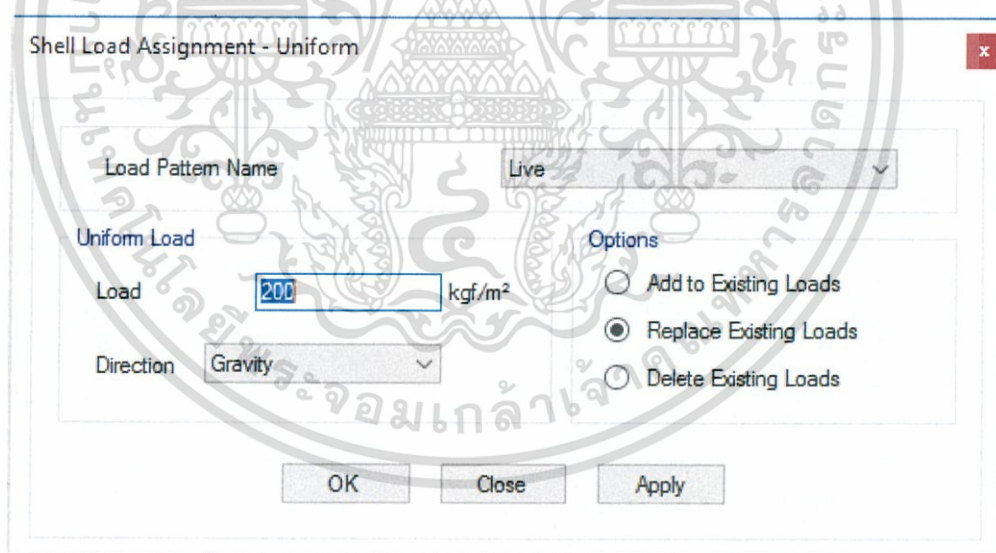
รูปที่ 3.6 แพลนแบบจำลองของโครงสร้างเสา ผนังรับแรงเฉือนและ พื้น ชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 กำหนดจุดรองรับของแบบจำลองเป็นแบบยึดแน่น

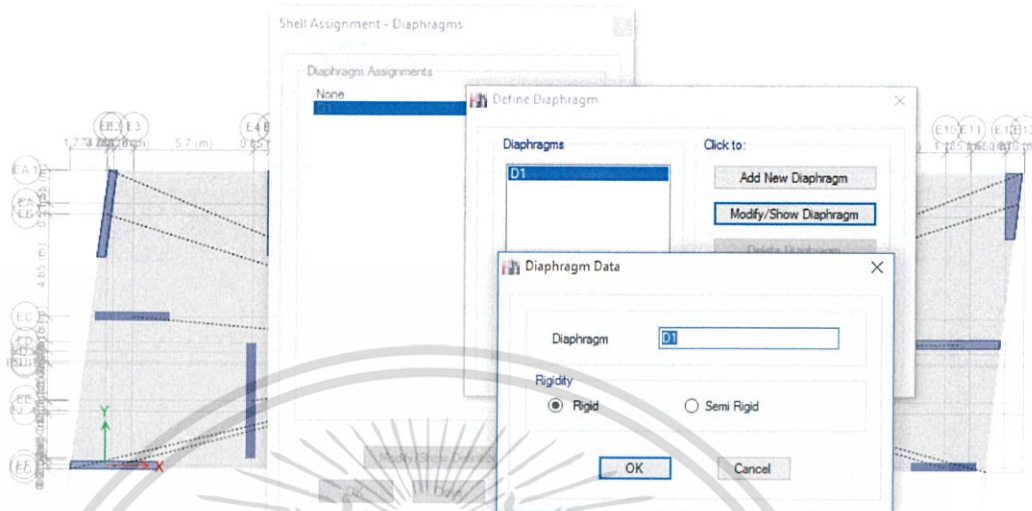
ทำการใส่น้ำหนักบรรทุกทุก(Load) ที่พื้นของแต่ละชั้น โดยน้ำหนักบรรทุกคงที่เนื่องจากวัสดุ ตกแต่งและผนัง (SDL) เท่ากับ 300 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และน้ำหนักบรรทุกจร(LL) เท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร



รูปที่ 3.8 กำหนดน้ำหนักบรรทุกจร(LL) เท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

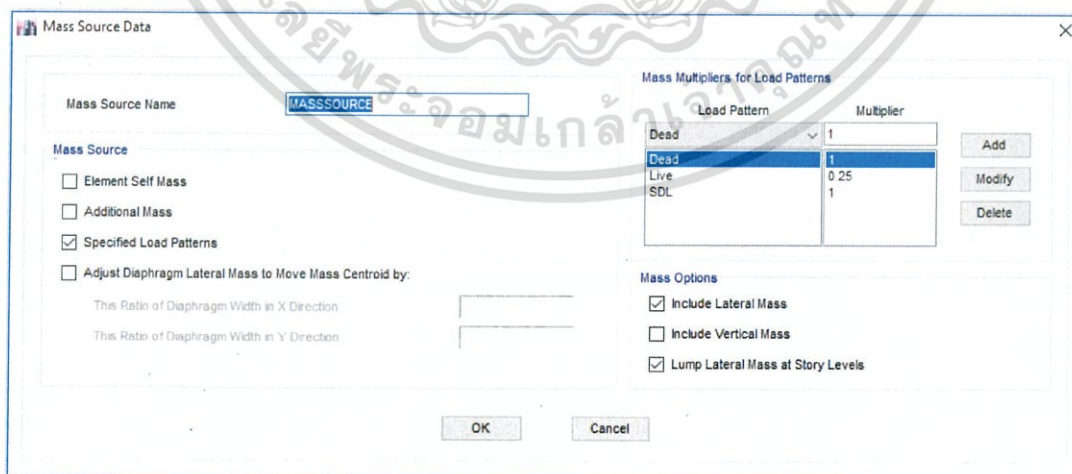
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้พื้นเป็นไดอะแฟรม(Diaphragm) D1 เพื่อส่งถ่ายแรงด้านข้างโดยเลือก D1 เป็น ไดอะแฟรมแข็ง (Rigid diaphragm)



รูปที่ 3.9 กำหนดให้พื้น D1 เป็นไดอะแฟรมแข็ง (Rigid diaphragm)

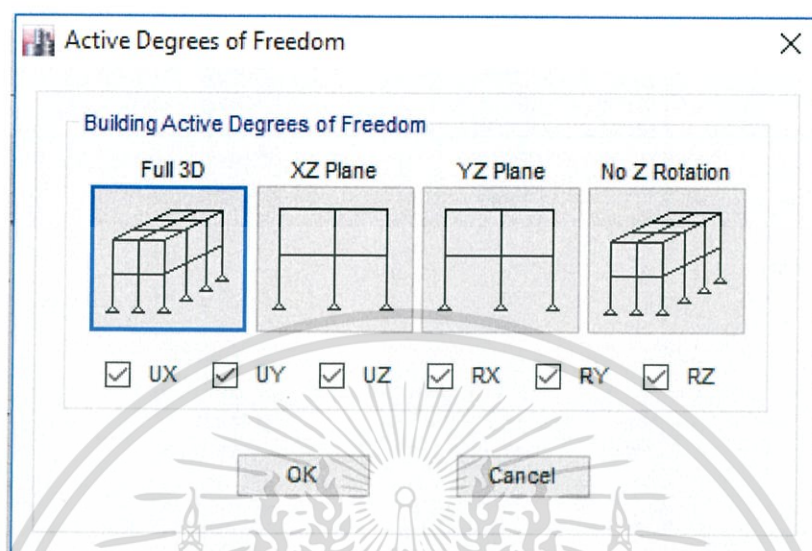
กำหนดค่าน้ำหนักสุทธิ Mass source โดยใช้น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ (น้ำหนักโครงสร้าง) 100% น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ (วัสดุตกแต่งและผนัง) 100% และน้ำหนักบรรทุกจร 25%



รูปที่ 3.10 กำหนดค่าน้ำหนักสุทธิ (Mass source)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดรูปแบบการสั่นพื้นฐานของอาคารที่ 12 โหมดเมื่อกำหนดและป้อนข้อมูลทุกอย่างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการสังเคราะห์แบบจำลอง



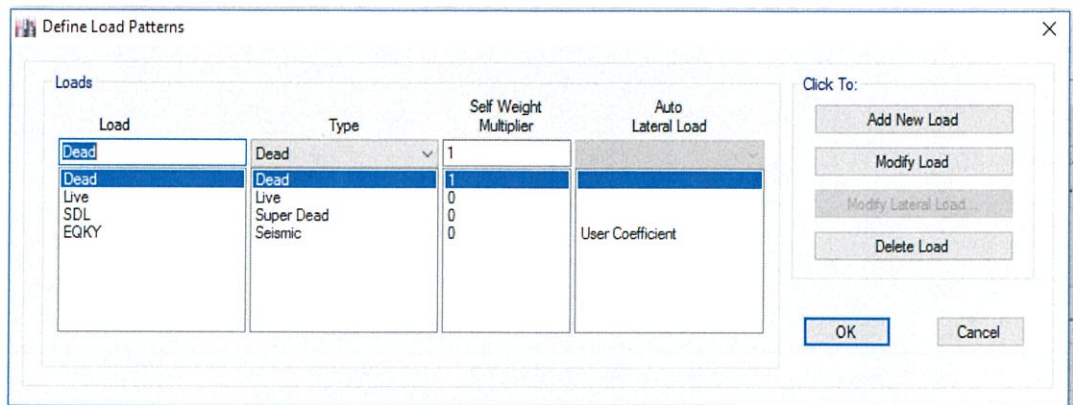
รูปที่ 3.11 กำหนดรูปแบบการสั่นพื้นฐานของอาคาร

3.6.2 การคำนวณแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีสถิตย์ (มยผ. 1302-52)

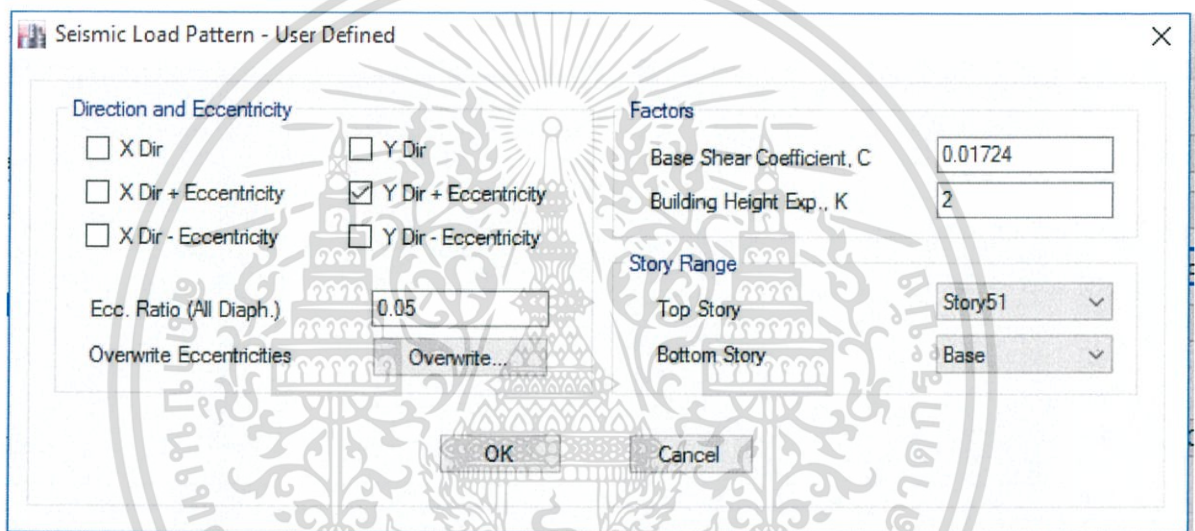
ในส่วนของการวิเคราะห์โครงสร้างรับแรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐานการออกแบบองค์อาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ.1302) โดยพิจารณาจากโปรแกรม Etabs จากแบบจำลอง การคำนวณแรงแผ่นดินไหวเริ่มจากการสร้างสเปกตรัมฟังก์ชันสำหรับการออกแบบสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบด้วยวิธีสถิตย์เทียบเท่าให้อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โซน5 (หน้าที่ 29 มยผ. 1302)

โดยกำหนดกรณีบรรทุกสเปกตรัมในทิศทาง Y (EQKY) โดยทำการเลือกชนิดแรงแผ่นดินไหวเป็น แบบกำหนดเอง (User Coefficient) และทำการเลือกทิศทาง Y Dir+EccenX และใส่ค่าสัมประสิทธิ์การเฉือนที่ฐาน ซึ่งเราได้คำนวณไว้แล้วคือ $V=0.01724W$ ($V=CW$) และค่า $k=2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 กำหนดกรณีและลักษณะของแรงแผ่นดินไหว



รูปที่ 3.13 กำหนดทิศทางของแรงแผ่นดินไหวเป็นทิศทาง Y

เมื่อสร้างสเปกตรัมฟังก์ชันสำหรับการออกแบบและกรณีบรรทุกสเปกตรัมในทิศทาง Y เสร็จแล้ว จากนั้นกำหนดค่าสตีเฟนเนสที่สอดคล้องกับสภาพจริงจากคำสั่ง Analysis property Modification Factor โดยกำหนด Moment of inertia ของหน้าตัดเสา เท่ากับ 0.7 ผนังรับแรงเฉือน เท่ากับ(ที่ไม่แตกร้า) 0.7 และแผ่นพื้นไร้คาน เท่ากับ 0.25 ดังแสดงในรูปที่ 3.14 รูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	0.7
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

รูปที่ 3.14 กำหนดค่าสติฟเนสประสิทธิภาพของเสา

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Direction	1
Membrane f22 Direction	0.7
Membrane f12 Direction	1
Bending m11 Direction	1
Bending m22 Direction	1
Bending m12 Direction	1
Shear v13 Direction	1
Shear v23 Direction	1
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

รูปที่ 3.15 กำหนดค่าสติฟเนสประสิทธิภาพของผนังรับแรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

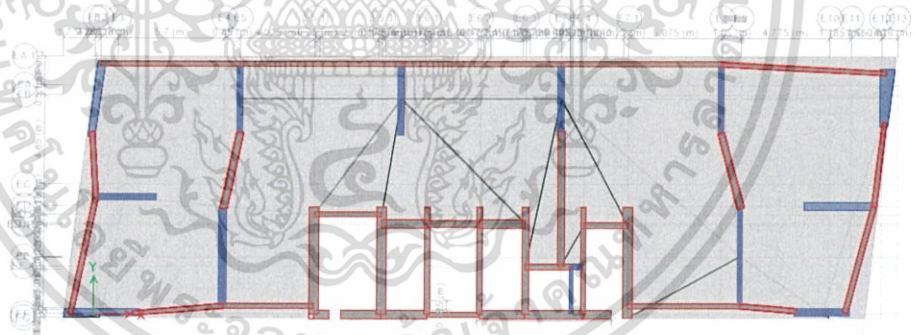
Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Membrane f11 Direction	1
Membrane f22 Direction	1
Membrane f12 Direction	1
Bending m11 Direction	0.25
Bending m22 Direction	0.25
Bending m12 Direction	0.25
Shear v13 Direction	1
Shear v23 Direction	1
Mass	1
Weight	1

รูปที่ 3.16 กำหนดค่าสตีฟเนสประสิทธิภาพของแผ่นพื้นไร้คาน

3.6.3 วิเคราะห์โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับน้ำหนักแบบยึดแน่น

สร้างแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับน้ำหนักแบบยึดแน่น ซึ่งเป็นแบบจำลองอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24 ฐานรองรับเป็นแบบยึดแน่น (Fixed Support) โดยใช้โปรแกรม ETABS ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งได้กำหนดขนาดแรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมืองที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.6.2 จากนั้นกำหนดคุณสมบัติของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับน้ำหนัก โดยใช้ชื่อ ORW-1 และ ORW-2 ซึ่งเลือกใช้วัสดุคอนกรีต 400ksc และความหนาเท่ากับ 250 มิลลิเมตร เป็นโครงสร้างประเภทแผ่นบาง (Shell-Thin) และกำหนดสตีฟเนสประสิทธิภาพของหน้าตัด f11 และ f22 เท่ากับ 0.7 ดังแสดงในรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.17 กำหนดคุณสมบัติของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด (ORW-1)



รูปที่ 3.18 แพลนแบบจำลองโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แบบสามมิติของแบบจำลองโครงสร้างระบบเอริกเกอร์และผนังรัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

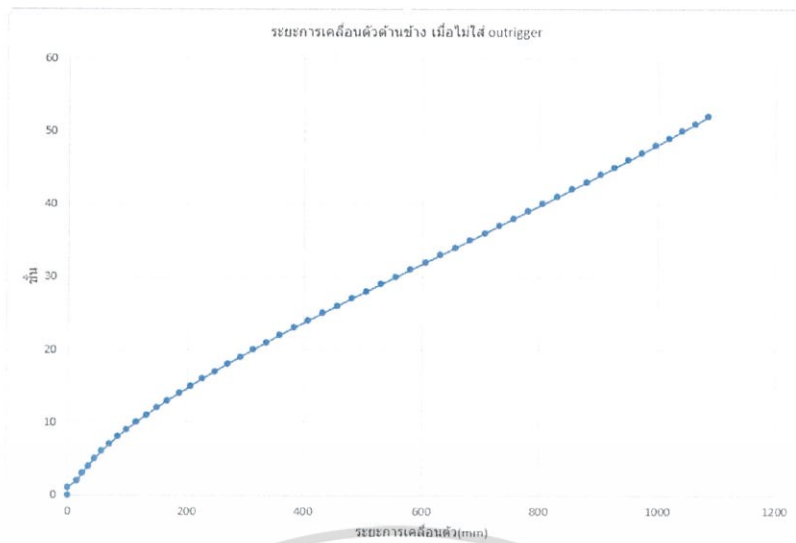
ผลการทดลอง

การวิเคราะห์พฤติกรรมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด เพื่อหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสม สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 52 ชั้น ในพื้นที่กรุงเทพมหานครเมื่อรับแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงและแรงแผ่นดินไหว ตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1302-52) ในขั้นแรกจะทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งโดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ โดยทำการใส่โครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรัดทั้งหมด 51 ระดับ (โดยเริ่มจากระดับชั้นที่ 52 แล้วลดระดับลงมาทีละชั้น) จากความสูงของอาคาร ทั้งหมด 172.6 เมตร และทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ETABS เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมในด้านต่างๆ ดังนี้

- ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Displacement)
- ระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Inter-Story Drift)

4.1 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Displacement)

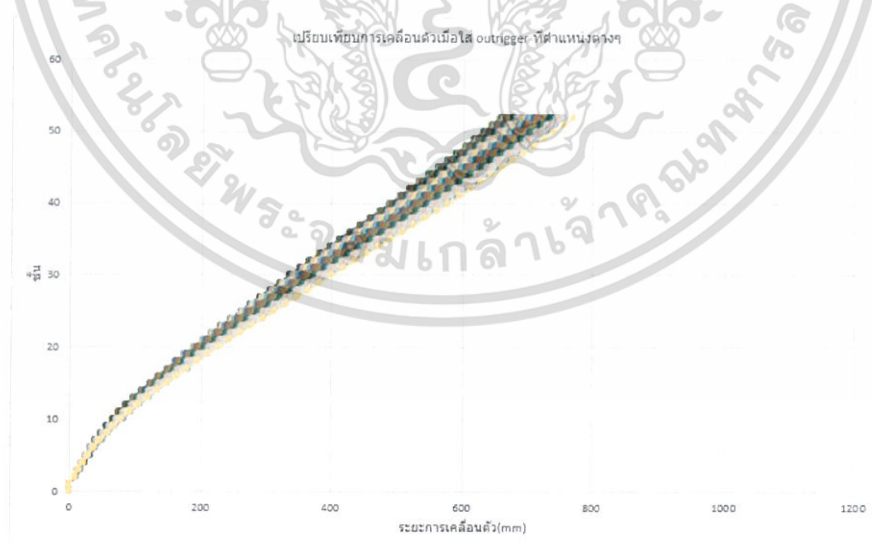
ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้าง (Lateral Displacement) เนื่องจากแรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.1302-52) ณ ที่โครงสร้างชั้นบนสุดของอาคารจะพบว่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้างสูงสุด และเมื่อพิจารณาโครงสร้างอาคารที่ทำการศึกษาในทิศทางแกน Y พบว่าเมื่อโครงสร้างอาคาร ที่ไม่ได้ใส่ระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดมีระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างที่ชั้นบนสุด 756.623 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างสำหรับโครงสร้างอาคารที่ไม่ใส่ระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด

หลังจากนั้นจะทำการใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดทั้งหมด 51 ระดับ (โดยเริ่มจากระดับชั้นที่ 52 แล้วลดระดับลงมาทีละชั้น) จากความสูงของอาคาร ทั้งหมด 172.6 เมตร

เมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว ณ ชั้นบนสุด ของโครงสร้างอาคารที่ใส่ระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด ที่ตำแหน่งต่างๆมาเปรียบเทียบกันจะได้ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว เมื่อใส่โครงสร้างเอาริกเกอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟได้ว่า ณ ชั้นที่ 31 จะมีค่าระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นๆ ที่ได้ใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์ โดยในบทที่ 4 จะพิจารณาชั้นที่เหมาะสมที่สุด (ใน ส่วนชั้นที่เหลือสามารถดูค่าการเคลื่อนตัวทางด้านข้างได้ที่ภาคผนวก)

เมื่อทำการใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดที่ชั้น 31 พบว่าชั้นนี้มีระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างที่ชั้นบนสุดมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชั้นอื่นๆ โดยมีระยะการเคลื่อนตัวด้านข้าง 656.745 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.3



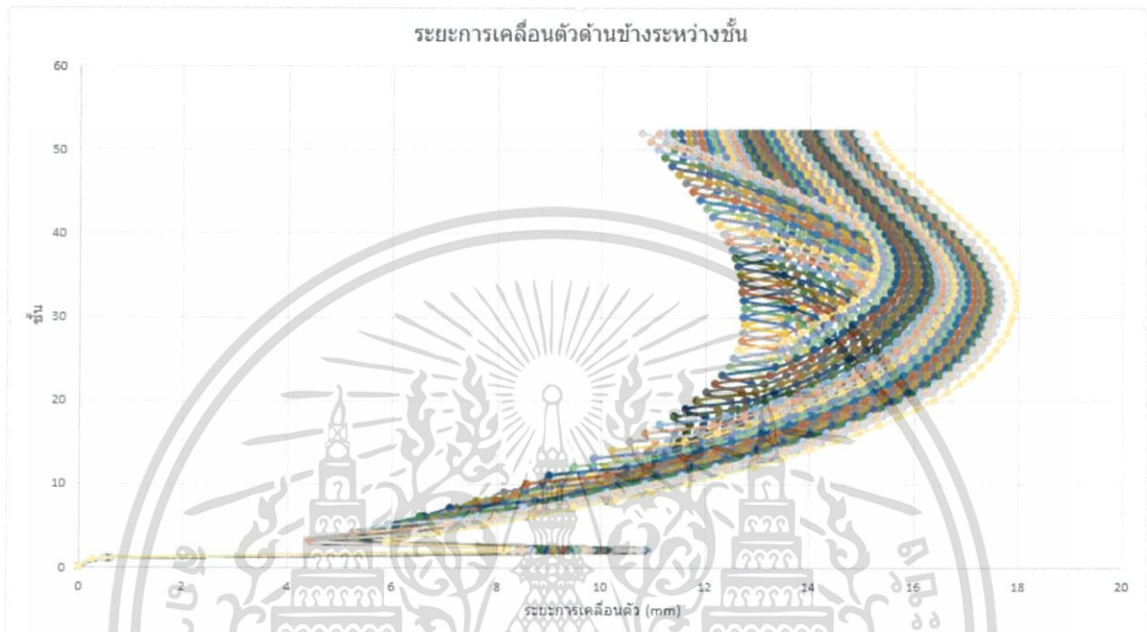
รูปที่ 4.3 ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด ณ ชั้นที่ 31

และชั้นถัดลงมาเรื่อยๆพบว่าค่าระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างที่ชั้นบนสุด เมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดจะมีแนวโน้มค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สามารถดูค่าระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างได้ที่ ภาคผนวกท้ายเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Inter-Story Drift)

ระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Inter-Story Drift) เนื่องจากแรง แผ่นดินไหวตามมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยพ.1302-52) แสดงไว้ในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว

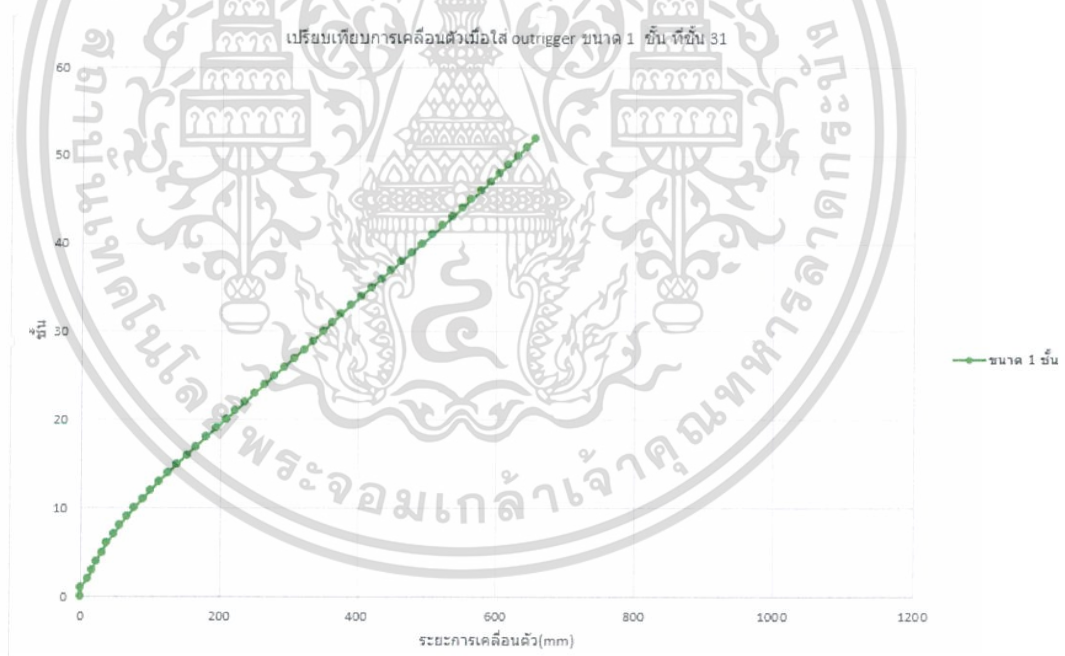
จากกราฟที่แสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อโครงสร้างที่มีระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดจะเกิดระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นน้อยกว่าโครงสร้างที่ไม่มีระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด จากกราฟได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาเคลื่อนตัวสัมพัทธ์เมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์ที่ระดับชั้นต่างๆ

4.3 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างกรณีปรับขนาดความลึก ณ ตำแหน่งชั้น 31 (Lateral Displacement)

จากการวิเคราะห์ระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้าง พบว่าเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์ และผนังรัดระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโครงสร้างที่ไม่ใส่ระบบเอาริกเกอร์ อยู่ ณ ตำแหน่งชั้นที่ 31

หลังจากทราบตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว ก็จะมีการหาขนาดของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์ ที่เหมาะสมโดยจะทำการปรับขนาดความลึกของตัวเอาริกเกอร์และผนังรัดเป็น 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น โดยพบว่าค่าระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างก็จะลดลงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7 ตามลำดับ

เมื่อทำการใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดที่ชั้น 31 โดยขนาดความลึกเท่ากับ 1 ชั้น มีระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างที่ชั้นบนสุด 656.745 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.5

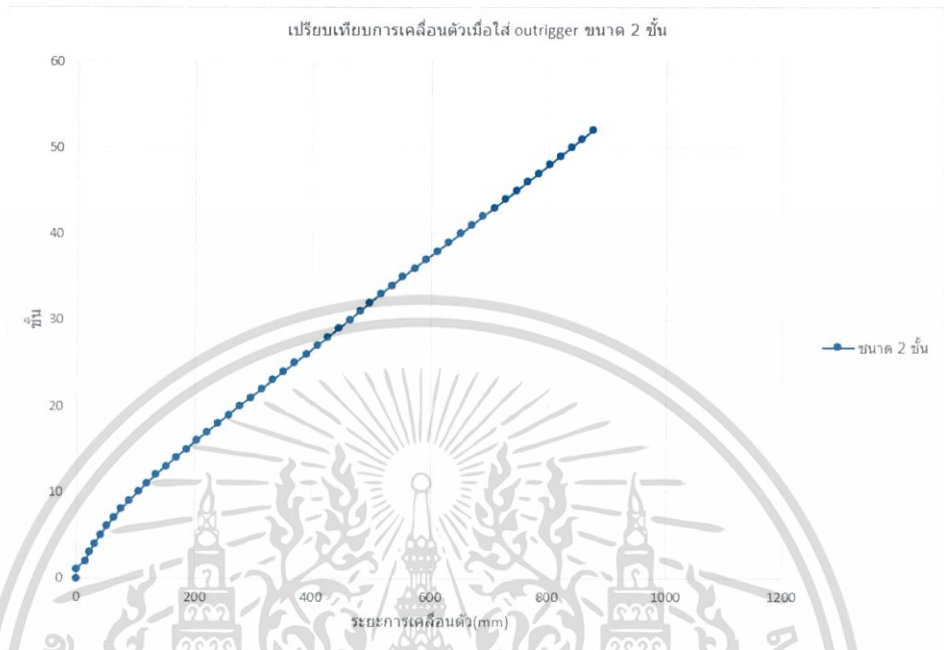


รูปที่ 4.5 ระยะเวลาเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด

ณ ชั้นที่ 31 ขนาดความลึกเท่ากับ 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

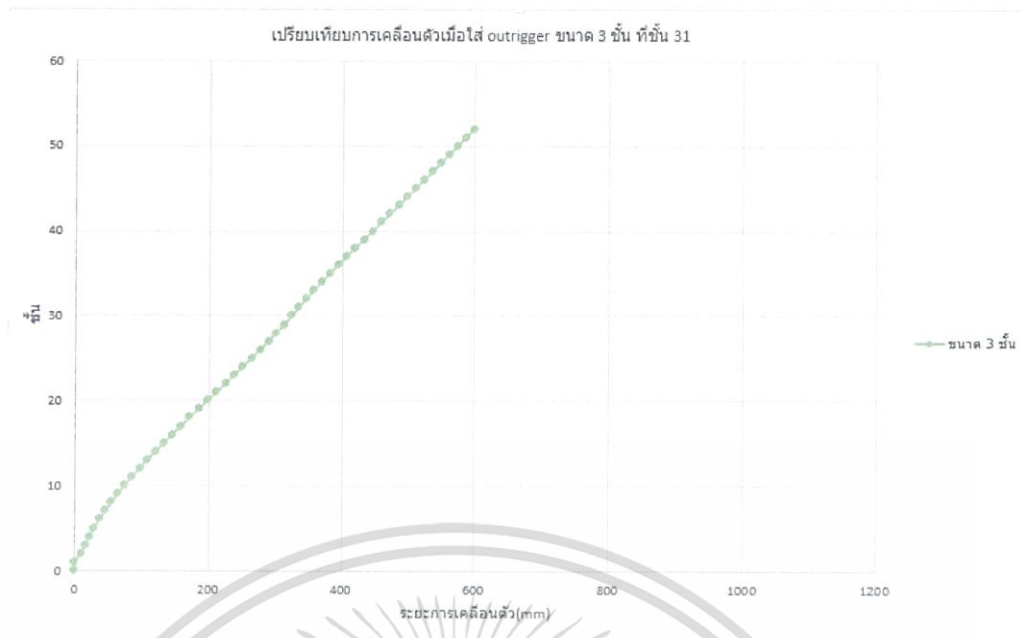
เมื่อทำการใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดที่ชั้น 31 โดยขนาดความลึกเท่ากับ 2 ชั้น มีระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างที่ชั้นบนสุด 612.69 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัด
ณ ชั้นที่ 31 ขนาดความลึกเท่ากับ 2 ชั้น

เมื่อทำการใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรัดที่ชั้น 31 โดยขนาดความลึกเท่ากับ 3 ชั้น มีระยะการเคลื่อนตัวด้านข้างที่ชั้นบนสุด 598.499 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ระยะเวลาการเคลื่อนตัวด้านข้างเมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรััด

ณ ชั้นที่ 31 ขนาดความลึกเท่ากับ 3 ชั้น

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเคลื่อนตัวทางด้านข้างของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรััด ณ ตำแหน่งชั้นที่ 31 พบว่าเมื่อทำการปรับขนาดความลึกของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรััดเท่ากับ 1 ชั้น มีระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างลดลง 13.23 เปอเซ็นต์ ขนาดความลึกของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรััดเท่ากับ 2 ชั้น มีระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างลดลง 17.33 เปอเซ็นต์ และขนาดความลึกของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรััดเท่ากับ 3 ชั้น มีระยะเวลาเคลื่อนตัวทางด้านข้างลดลง 21.21 เปอเซ็นต์ โดยเราจะทำการพิจารณาหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดด้วยค่าการแอ่นตัวประสิทธิผล หรือค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวต่อชั้น ดังนั้นค่าอัตราส่วนการเคลื่อนตัวต่อชั้นจะมีค่า 13.23 8.665 และ 7.07 สำหรับเอาริกเกอร์ขนาด 1 ชั้น 2 ชั้น และ 3 ชั้น ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับน้ำหนักแบบยึดแน่น เมื่อได้รับแรงกระทำทางด้านข้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว โดยเลือกจำลองแบบอาคารสูง 52 ชั้น โครงการ Park24 ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ด้วยโปรแกรม ETABS และทำการเพิ่มโครงสร้างเอาริกเกอร์และผนังรับไปในแต่ละชั้นของตัวอาคาร ในการวิเคราะห์ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับ ช่วยเพิ่มค่าสติฟเนส (Stiffness) ในการรับแรงด้านข้างของอาคาร

5.1.2 เมื่อใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับทำให้ระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างลดลงเมื่อเทียบกับโครงสร้างที่ยังไม่ได้ใส่ระบบเอาริกเกอร์และผนังรับ และพบว่าในชั้นที่มีการใส่โครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับจะมีระยะการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นลดลงซึ่งส่งผลทำให้ระยะการเคลื่อนตัวที่ชั้นบนสุดของอาคารมีค่าลดลงตามไปด้วย

5.1.3 จากการวิเคราะห์ผลระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างแล้วพบว่าตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับอยู่ ณ ชั้นที่ 31 หรือประมาณ 0.6 เท่าของความสูงอาคาร

5.1.4 จากการวิเคราะห์ขนาดที่เหมาะสมที่สุดพบว่าโครงสร้างระบบเอาริกเกอร์และผนังรับที่มีความลึก 1 ชั้น มีค่าการแอ่นตัวประสิทธิผลต่อชั้นมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการออกแบบเพื่อหาตำแหน่งและขนาดของโครงสร้างระบบเอริกเกอร์และผนังรั้วที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความสูงของตัวอาคารและความต้องการของผู้ออกแบบว่าต้องการลดระยะการเคลื่อนตัวทางด้านข้างเท่าใด ทั้งนี้จะพบปัญหาในชั้นที่ทำการใส่โครงสร้างระบบเอริกเกอร์และผนังรั้วจะมีพื้นที่ใช้สอยลดลงและอีกทั้งขนาดความลึกยังทำให้ตัวชั้นของอาคารเสียพื้นที่ไป ทั้งนี้ในชั้นที่มีโครงสร้างระบบเอริกเกอร์และผนังรั้วอาจเหมาะสำหรับงาน ระบบ งานสุขาภิบาล

5.2.2 ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแบบโครงสร้างอาคารที่ไม่มีความสมมาตร (เสาสี่เหลี่ยมคางหมู เสาสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน พื้นเอียง) จึงอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ETABS ดังนั้นควรมีการศึกษาในหลายๆโปรแกรมเพื่อนำผลที่ดีที่สุดจากการศึกษา มาใช้ในการออกแบบต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Taranath S. *Reinforced Concrete Design of Tall Building*. CRC Press Taylor & Francis Group, Inc. 2009.
- [2] กรมโยธาธิการและผังเมือง. มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านการสั่นสะเทือนของ แผ่นดินไหว มยผ. 1302. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด. 2552.
- [3] Taranath S. *Optimum Belt Truss Locations for High-Rise Structures The Structural Engineer*, 1975. pp. 345-348.
- [4] McNabb J.W., B.B. Muvdi. *Drift Reduction Factors for Belted High-Rise Structures Engineering*. Journal-American Institute of Steel Construction, 1975. pp. 44-47.
- [5] Kamath K., Divya N. and Asha U Rao. *A Study on Static and Dynamic Behaviour of Outrigger Structure system for Tall Building*. Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science, 2012. pp. 15-20.
- [6] Raj Kiran Nanduri, Suresh B. and Ihtesham Hussain. *Optimum Position of Outrigger System for High-Rise Reinforced Concrete Buildings Under Wind And Earthquake Loadings*. American Journal of Engineering Research, vol.2, 2013. pp. 76-89.
- [7] Herath N., Haritos N., Ngo T. and Mendis P. *Behavior of Outrigger Beam in High rise Building Under Earthquake Loads*. Australian Earthquake Engineering Society 2009 Conference, 2009.
- [8] Po Seng Kian, Frits Torang Siahaan. *The Use of Outrigger and Belt Truss System for High-Rise Concrete Building*. Dimensi Teknik Sipil, vol.3, 2001. pp. 36-41.
- [9] Fawzia S., Fatima T. *Deflection Control in Composite Building by Using Belt Truss and Outrigger Systems*. World Academy of Science, Engineering and Technology, 2010. pp. 771-776.
- [10] Suwisan Tuethong, *Behavior of Outrigger and Belt wall System in High-rise Building on Flexible Foundation*, Dept. of Civil Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

การคำนวณแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

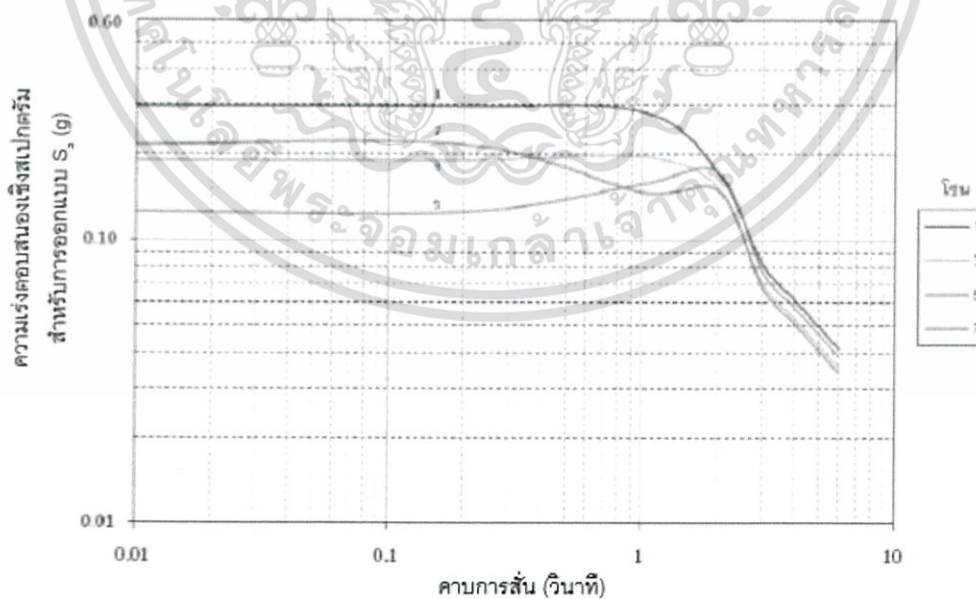
การคำนวณแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า อ้างอิง : มยผ. 1302 กรมโยธาธิการและผังเมือง

ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ (S_a)

ที่ตั้งอาคาร : พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร โซน 5



รูปที่ ก.1 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพมหานคร โซน 5



รูปที่ ก.2 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม S_a โซน 1,3,5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิต
เทียบเท่าสำหรับพื้นที่ในโซน 5 ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1s)$	$S_a(0.2s)$	$S_a(1s)$	$S_a(2s)$	$S_a(3s)$	$S_a(4s)$	$S_a(5s)$	$S_a(6s)$
5	0.126	0.126	0.158	0.174	0.078	0.058	0.047	0.039

อาคารสูง $H = 172.6$ เมตร

คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง $T = 0.02H = 3.452$ วินาที

ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม $S_a = 0.01724$ g

การคำนวณแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า อ้างอิง : มยผ. 1302 กรมโยธาธิการและผังเมือง

ค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร ตารางที่ 1.5-1 หน้าที่ 30 (III มาก) $I = 1.25$

ตารางที่ 2.3-1 หน้าที่ 35 : ระบบโครงสร้างด้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความเหนียวจำกัด

ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง $R = 5$

ค่าตัวประกอบกำลังส่วนเกิน $\Omega_0 = 3$

ค่าตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว $C_d = 4.5$

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว $C_s = S_a \frac{I}{R} = 0.01724$ g

ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง k หน้าที่ 59

k	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้
$k = 1.0$	เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที
$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$	เมื่อ 0.5 วินาที $< T < 2.5$ วินาที
$k = 2.0$	เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

จากคาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง $T = 3.452$ วินาที ดังนั้น $k = 2.0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม ETABS

Non outrigger

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	756.623	14.844
51	741.779	14.921
50	726.858	15.029
49	711.829	15.164
48	696.665	15.321
47	681.344	15.495
46	665.849	15.678
45	650.171	15.87
44	634.301	16.062
43	618.239	16.256
42	601.983	16.444
41	585.539	16.626
40	568.913	16.798
39	552.115	16.959
38	535.156	17.106
37	518.05	17.235
36	500.815	17.348
35	483.467	17.439
34	466.028	17.508
33	448.52	17.553
32	430.967	17.57
31	413.397	17.558
30	395.839	17.498
29	378.341	17.456
28	360.885	17.394
27	343.491	17.313
26	326.178	17.208
25	308.97	17.08
24	291.89	16.929
23	274.961	16.75
22	258.211	16.545
21	241.666	16.311
20	225.355	16.047
19	209.308	15.752
18	193.556	15.425
17	178.131	15.064
16	163.067	14.67
15	148.397	14.238
14	134.159	13.77
13	120.389	13.262

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	107.127	12.714
11	94.413	12.123
10	82.29	11.491
9	70.799	10.82
8	59.979	10.118
7	49.861	9.372
6	40.489	8.579
5	31.91	7.736
4	24.174	6.833
3	17.341	5.861
2	11.48	10.86
1	0.62	0.62
	0	0

Outrigger @ 52th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	705.75	10.793
51	694.957	11.392
50	683.565	11.823
49	671.742	12.226
48	659.516	12.618
47	646.898	13.001
46	633.897	13.372
45	620.525	13.732
44	606.793	14.079
43	592.714	14.412
42	578.302	14.73
41	563.572	15.03
40	548.542	15.313
39	533.229	15.576
38	517.653	15.817
37	501.836	16.036
36	485.8	16.232
35	469.568	16.401
34	453.167	16.545
33	436.622	16.66
32	419.962	16.745
31	403.217	16.801
30	386.416	16.799
29	369.617	16.793
28	352.824	16.765
27	336.059	16.718
26	319.341	16.646
25	302.695	16.55
24	286.145	16.429
23	269.716	16.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22	253.436	16.103
21	237.333	15.896
20	221.437	15.657
19	205.78	15.388
18	190.392	15.083
17	175.309	14.746
16	160.563	14.371
15	146.192	13.961
14	132.231	13.511
13	118.72	13.021
12	105.699	12.491
11	93.208	11.918
10	81.29	11.308
9	69.982	10.666
8	59.316	9.984
7	49.332	9.255
6	40.077	8.478
5	31.599	7.65
4	23.949	6.762
3	17.187	5.804
2	11.383	10.767
1	0.616	0.616
Outrigger @ 51th floor		
story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	702.931	11.102
51	691.829	10.942
50	680.887	11.557
49	669.33	12.008
48	657.322	12.427
47	644.895	12.83
46	632.065	13.22
45	618.845	13.594
44	605.251	13.954
43	591.297	14.299
42	576.998	14.626
41	562.372	14.935
40	547.437	15.226
39	532.211	15.495
38	516.716	15.743
37	500.973	15.968
36	485.005	16.168
35	468.837	16.343
34	452.494	16.49
33	436.004	16.611
32	419.393	16.699

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31	402.694	16.759
30	385.935	16.761
29	369.174	16.756
28	352.418	16.731
27	335.687	16.685
26	319.002	16.615
25	302.387	16.522
24	285.865	16.403
23	269.462	16.255
22	253.207	16.079
21	237.128	15.874
20	221.254	15.637
19	205.617	15.368
18	190.249	15.066
17	175.183	14.73
16	160.453	14.357
15	146.096	13.947
14	132.149	13.499
13	118.65	13.01
12	105.64	12.481
11	93.159	11.909
10	81.25	11.3
9	69.95	10.66
8	59.29	9.977
7	49.313	9.25
6	40.063	8.475
5	31.588	7.646
4	23.942	6.759
3	17.183	5.802
2	11.381	10.765
1	0.616	0.616

Outrigger @ 50th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	700.064	11.261
51	688.803	11.257
50	677.546	11.079
49	666.467	11.728
48	654.739	12.199
47	642.54	12.63
46	629.91	13.042
45	616.868	13.436
44	603.432	13.811
43	589.621	14.169
42	575.452	14.508
41	560.944	14.828

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	546.116	15.127
39	530.989	15.404
38	515.585	15.659
37	499.926	15.89
36	484.036	16.096
35	467.94	16.277
34	451.663	16.429
33	435.234	16.554
32	418.68	16.646
31	402.034	16.711
30	385.323	16.716
29	368.607	16.714
28	351.893	16.691
27	335.202	16.646
26	318.556	16.58
25	301.976	16.488
24	285.488	16.37
23	269.118	16.224
22	252.894	16.051
21	236.843	15.847
20	220.996	15.612
19	205.384	15.344
18	190.04	15.044
17	174.996	14.709
16	160.287	14.338
15	145.949	13.929
14	132.02	13.482
13	118.538	12.996
12	105.542	12.467
11	93.075	11.896
10	81.179	11.288
9	69.891	10.649
8	59.242	9.968
7	49.274	9.242
6	40.032	8.467
5	31.565	7.641
4	23.924	6.753
3	17.171	5.798
2	11.373	10.758
1	0.615	0.615

Outrigger @ 49th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	697.201	11.396
51	685.805	11.421
50	674.384	11.414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49	662.97	11.22
48	651.75	11.901
47	639.849	12.389
46	627.46	12.831
45	614.629	13.248
44	601.381	13.645
43	587.736	14.019
42	573.717	14.373
41	559.344	14.705
40	544.639	15.014
39	529.625	15.301
38	514.324	15.565
37	498.759	15.803
36	482.956	16.016
35	466.94	16.203
34	450.737	16.36
33	434.377	16.491
32	417.886	16.588
31	401.298	16.657
30	384.641	16.667
29	367.974	16.667
28	351.307	16.646
27	334.661	16.605
26	318.056	16.54
25	301.516	16.45
24	285.066	16.334
23	268.732	16.191
22	252.541	16.019
21	236.522	15.818
20	220.704	15.584
19	205.12	15.318
18	189.802	15.02
17	174.782	14.686
16	160.096	14.316
15	145.78	13.909
14	131.871	13.464
13	118.407	12.978
12	105.429	12.452
11	92.977	11.881
10	81.096	11.275
9	69.821	10.637
8	59.184	9.958
7	49.226	9.232
6	39.994	8.458
5	31.536	7.633
4	23.903	6.748

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	17.155	5.792
2	11.363	10.748
1	0.615	0.615

Outrigger @ 48th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	694.272	11.522
51	682.75	11.553
50	671.197	11.579
49	659.618	11.57
48	648.048	11.357
47	636.691	12.069
46	624.622	12.572
45	612.05	13.022
44	599.028	13.446
43	585.582	13.841
42	571.741	14.213
41	557.528	14.561
40	542.967	14.883
39	528.084	15.183
38	512.901	15.455
37	497.446	15.704
36	481.742	15.924
35	465.818	16.118
34	449.7	16.283
33	433.417	16.418
32	416.999	16.523
31	400.476	16.597
30	383.879	16.612
29	367.267	16.613
28	350.654	16.597
27	334.057	16.557
26	317.5	16.495
25	301.005	16.408
24	284.597	16.294
23	268.303	16.154
22	252.149	15.984
21	236.165	15.784
20	220.381	15.553
19	204.828	15.289
18	189.539	14.992
17	174.547	14.66
16	159.887	14.293
15	145.594	13.887
14	131.707	13.443
13	118.264	12.959

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	105.305	12.434
11	92.871	11.866
10	81.005	11.26
9	69.745	10.625
8	59.12	9.945
7	49.175	9.222
6	39.953	8.449
5	31.504	7.624
4	23.88	6.741
3	17.139	5.786
2	11.353	10.739
1	0.614	0.614

Outrigger @ 47th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	691.427	11.643
51	679.784	11.68
50	668.104	11.716
49	656.388	11.746
48	644.642	11.731
47	632.911	11.499
46	621.412	12.237
45	609.175	12.753
44	596.422	13.21
43	583.212	13.635
42	569.577	14.029
41	555.548	14.397
40	541.151	14.735
39	526.416	15.049
38	511.367	15.333
37	496.034	15.593
36	480.441	15.823
35	464.618	16.025
34	448.593	16.198
33	432.395	16.34
32	416.055	16.451
31	399.604	16.532
30	383.072	16.551
29	366.521	16.557
28	349.964	16.543
27	333.421	16.506
26	316.915	16.448
25	300.467	16.362
24	284.105	16.252
23	267.853	16.114
22	251.739	15.946

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21	235.793	15.749
20	220.044	15.52
19	204.524	15.258
18	189.266	14.963
17	174.303	14.634
16	159.669	14.267
15	145.402	13.864
14	131.538	13.422
13	118.116	12.939
12	105.177	12.416
11	92.761	11.849
10	80.912	11.245
9	69.667	10.611
8	59.056	9.933
7	49.123	9.211
6	39.912	8.439
5	31.473	7.616
4	23.857	6.734
3	17.123	5.781
2	11.342	10.728
1	0.614	0.614
Outrigger @ 46th floor		
story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	688.62	11.76
51	676.86	11.801
50	665.059	11.846
49	653.213	11.889
48	641.324	11.917
47	629.407	11.894
46	617.513	11.638
45	605.875	12.402
44	593.473	12.928
43	580.545	13.39
42	567.155	13.814
41	553.341	14.205
40	539.136	14.565
39	524.571	14.895
38	509.676	15.196
37	494.48	15.467
36	479.013	15.709
35	463.304	15.921
34	447.383	16.103
33	431.28	16.253
32	415.027	16.372
31	398.655	16.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30	382.195	16.486
29	365.709	16.495
28	349.214	16.483
27	332.731	16.451
26	316.28	16.395
25	299.885	16.314
24	283.571	16.206
23	267.365	16.07
22	251.295	15.905
21	235.39	15.711
20	219.679	15.484
19	204.195	15.225
18	188.97	14.932
17	174.038	14.604
16	159.434	14.24
15	145.194	13.839
14	131.355	13.399
13	117.956	12.918
12	105.038	12.396
11	92.642	11.831
10	80.811	11.229
9	69.582	10.596
8	58.986	9.92
7	49.066	9.198
6	39.868	8.429
5	31.439	7.608
4	23.831	6.726
3	17.105	5.774
2	11.331	10.718
1	0.613	0.613

Outrigger @ 45th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	685.747	11.87
51	673.877	11.914
50	661.963	11.965
49	649.998	12.018
48	637.98	12.064
47	625.916	12.088
46	613.828	12.054
45	601.774	11.771
44	590.003	12.558
43	577.445	13.092
42	564.353	13.556
41	550.797	13.978
40	536.819	14.364

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

39	522.455	14.716
38	507.739	15.034
37	492.705	15.322
36	477.383	15.577
35	461.806	15.802
34	446.004	15.994
33	430.01	16.154
32	413.856	16.282
31	397.574	16.378
30	381.196	16.411
29	364.785	16.424
28	348.361	16.417
27	331.944	16.388
26	315.556	16.336
25	299.22	16.258
24	282.962	16.153
23	266.809	16.021
22	250.788	15.859
21	234.929	15.667
20	219.262	15.444
19	203.818	15.186
18	188.632	14.897
17	173.735	14.571
16	159.164	14.209
15	144.955	13.811
14	131.144	13.372
13	117.772	12.893
12	104.879	12.374
11	92.505	11.811
10	80.694	11.21
9	69.484	10.579
8	58.905	9.904
7	49.001	9.185
6	39.816	8.418
5	31.398	7.596
4	23.802	6.717
3	17.085	5.767
2	11.318	10.706
1	-0.612	0.612

Outrigger @ 44th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	683.026	11.978
51	671.048	12.024
50	659.024	12.081
49	646.943	12.144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48	634.799	12.201
47	622.598	12.245
46	610.353	12.263
45	598.09	12.214
44	585.876	11.903
43	573.973	12.71
42	561.263	13.251
41	548.012	13.714
40	534.298	14.132
39	520.166	14.511
38	505.655	14.853
37	490.802	15.158
36	475.644	15.431
35	460.213	15.669
34	444.544	15.875
33	428.669	16.046
32	412.623	16.184
31	396.439	16.29
30	380.149	16.33
29	363.819	16.348
28	347.471	16.346
27	331.125	16.321
26	314.804	16.273
25	298.531	16.198
24	282.333	16.098
23	266.235	15.969
22	250.266	15.811
21	234.455	15.621
20	218.834	15.401
19	203.433	15.147
18	188.286	14.859
17	173.427	14.537
16	158.89	14.177
15	144.713	13.781
14	130.932	13.345
13	117.587	12.868
12	104.719	12.351
11	92.368	11.789
10	80.579	11.192
9	69.387	10.561
8	58.826	9.89
7	48.936	9.171
6	39.765	8.405
5	31.36	7.587
4	23.773	6.708
3	17.065	5.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	11.305	10.693
1	0.612	0.612

Outrigger @ 43th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	680.378	12.082
51	668.296	12.131
50	656.165	12.194
49	643.971	12.263
48	631.708	12.332
47	619.376	12.39
46	606.986	12.429
45	594.557	12.437
44	582.12	12.372
43	569.748	12.03
42	557.718	12.854
41	544.864	13.399
40	531.465	13.86
39	517.605	14.272
38	503.333	14.643
37	488.69	14.972
36	473.718	15.264
35	458.454	15.519
34	442.935	15.74
33	427.195	15.925
32	411.27	16.075
31	395.195	16.192
30	379.003	16.242
29	362.761	16.265
28	346.496	16.266
27	330.23	16.248
26	313.982	16.203
25	297.779	16.134
24	281.645	16.037
23	265.608	15.912
22	249.696	15.758
21	233.938	15.571
20	218.367	15.355
19	203.012	15.103
18	187.909	14.819
17	173.09	14.499
16	158.591	14.143
15	144.448	13.748
14	130.7	13.315
13	117.385	12.842
12	104.543	12.325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11	92.218	11.767
10	80.451	11.171
9	69.28	10.542
8	58.738	9.873
7	48.865	9.157
6	39.708	8.392
5	31.316	7.575
4	23.741	6.699
3	17.042	5.751
2	11.291	10.68
1	0.611	0.611

Outrigger @ 42th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	677.718	12.181
51	665.537	12.233
50	653.304	12.299
49	641.005	12.374
48	628.631	12.453
47	616.178	12.523
46	603.655	12.578
45	591.077	12.61
44	578.467	12.605
43	565.862	12.521
42	553.341	12.145
41	541.196	12.987
40	528.209	13.531
39	514.678	13.989
38	500.689	14.394
37	486.295	14.754
36	471.541	15.07
35	456.471	15.347
34	441.124	15.586
33	425.538	15.787
32	409.751	15.95
31	393.801	16.082
30	377.719	16.142
29	361.577	16.17
28	345.407	16.179
27	329.228	16.164
26	313.064	16.126
25	296.938	16.061
24	280.877	15.97
23	264.907	15.848
22	249.059	15.698
21	233.361	15.516

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20	217.845	15.302
19	202.543	15.056
18	187.487	14.774
17	172.713	14.457
16	158.256	14.104
15	144.152	13.712
14	130.44	13.282
13	117.158	12.811
12	104.347	12.297
11	92.05	11.742
10	80.308	11.147
9	69.161	10.522
8	58.639	9.854
7	48.785	9.14
6	39.645	8.377
5	31.268	7.563
4	23.705	6.688
3	17.017	5.743
2	11.274	10.664
1	0.61	0.61
Outrigger @ 41th floor		
story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	675.214	12.279
51	662.935	12.332
50	650.603	12.403
49	638.2	12.484
48	625.716	12.569
47	613.147	12.65
46	600.497	12.72
45	587.777	12.77
44	575.007	12.791
43	562.216	12.77
42	549.446	12.665
41	536.781	12.257
40	524.524	13.11
39	511.414	13.654
38	497.76	14.107
37	483.653	14.502
36	469.151	14.85
35	454.301	15.152
34	439.149	15.413
33	423.736	15.632
32	408.104	15.813
31	392.291	15.96
30	376.331	16.032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29	360.299	16.067
28	344.232	16.082
27	328.15	16.075
26	312.075	16.041
25	296.034	15.983
24	280.051	15.895
23	264.156	15.78
22	248.376	15.633
21	232.743	15.457
20	217.286	15.246
19	202.04	15.003
18	187.037	14.726
17	172.311	14.412
16	157.899	14.062
15	143.837	13.674
14	130.163	13.246
13	116.917	12.778
12	104.139	12.268
11	91.871	11.714
10	80.157	11.123
9	69.034	10.5
8	58.534	9.833
7	48.701	9.123
6	39.578	8.361
5	31.217	7.549
4	23.668	6.677
3	16.991	5.733
2	11.258	10.648
1	0.61	0.61

Outrigger @ 40th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	672.816	12.373
51	660.443	12.429
50	648.014	12.502
49	635.512	12.589
48	622.923	12.681
47	610.242	12.771
46	597.471	12.853
45	584.618	12.917
44	571.701	12.959
43	558.742	12.967
42	545.775	12.929
41	532.846	12.801
40	520.045	12.356
39	507.689	13.222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38	494.467	13.763
37	480.704	14.208
36	466.496	14.594
35	451.902	14.927
34	436.975	15.215
33	421.76	15.458
32	406.302	15.658
31	390.644	15.823
30	374.821	15.911
29	358.91	15.953
28	342.957	15.976
27	326.981	15.975
26	311.006	15.949
25	295.057	15.896
24	279.161	15.815
23	263.346	15.705
22	247.641	15.563
21	232.078	15.391
20	216.687	15.186
19	201.501	14.947
18	186.554	14.673
17	171.881	14.364
16	157.517	14.017
15	143.5	13.632
14	129.868	13.209
13	116.659	12.743
12	103.916	12.235
11	91.681	11.685
10	79.996	11.097
9	68.899	10.475
8	58.424	9.813
7	48.611	9.103
6	39.508	8.345
5	31.163	7.535
4	23.628	6.664
3	16.964	5.724
2	11.24	10.631
1	0.609	0.609

Outrigger @ 39th floor

story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	670.574	12.467
51	658.107	12.524
50	645.583	12.601
49	632.982	12.691
48	620.291	12.789

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47	607.502	12.888
46	594.614	12.979
45	581.635	13.058
44	568.577	13.116
43	555.461	13.146
42	542.315	13.138
41	529.177	13.082
40	516.095	12.928
39	503.167	12.448
38	490.719	13.321
37	477.398	13.859
36	463.539	14.295
35	449.244	14.669
34	434.575	14.989
33	419.586	15.259
32	404.327	15.485
31	388.842	15.671
30	373.171	15.775
29	357.396	15.827
28	341.569	15.858
27	325.711	15.866
26	309.845	15.848
25	293.997	15.802
24	278.195	15.727
23	262.468	15.622
22	246.846	15.488
21	231.358	15.32
20	216.038	15.12
19	200.918	14.886
18	186.032	14.616
17	171.416	14.311
16	157.105	13.969
15	143.136	13.587
14	129.549	13.167
13	116.382	12.706
12	103.676	12.201
11	91.475	11.653
10	79.822	11.068
9	68.754	10.45
8	58.304	9.79
7	48.514	9.083
6	39.431	8.327
5	31.104	7.519
4	23.585	6.652
3	16.933	5.713
2	11.22	10.612

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
1	0.608	0.608
Outrigger @ 38th floor		
52	668.357	12.556
51	655.801	12.615
50	643.186	12.693
49	630.493	12.788
48	617.705	12.891
47	604.814	12.997
46	591.817	13.097
45	578.72	13.187
44	565.533	13.26
43	552.273	13.307
42	538.966	13.324
41	525.642	13.3
40	512.342	13.221
39	499.121	13.042
38	486.079	12.523
37	473.556	13.404
36	460.152	13.937
35	446.215	14.362
34	431.853	14.724
33	417.129	15.029
32	402.1	15.284
31	386.816	15.497
30	371.319	15.621
29	355.698	15.684
28	340.014	15.726
27	324.288	15.742
26	308.546	15.734
25	292.812	15.695
24	277.117	15.628
23	261.489	15.531
22	245.958	15.402
21	230.556	15.241
20	215.315	15.047
19	200.268	14.817
18	185.451	14.553
17	170.898	14.253
16	156.645	13.914
15	142.731	13.538
14	129.193	13.121
13	116.072	12.663
12	103.409	12.163
11	91.246	11.619

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10	79.627	11.036
9	68.591	10.421
8	58.17	9.764
7	48.406	9.06
6	39.346	8.308
5	31.038	7.502
4	23.536	6.636
3	16.9	5.701
2	11.199	10.592
1	0.607	0.607

Outrigger @ 37th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	666.337	12.655
51	653.682	12.716
50	640.966	12.797
49	628.169	12.896
48	615.273	13.003
47	602.27	13.114
46	589.156	13.223
45	575.933	13.322
44	562.611	13.406
43	549.205	13.468
42	535.737	13.504
41	522.233	13.503
40	508.73	13.458
39	495.272	13.355
38	481.917	13.146
37	468.771	12.585
36	456.186	13.47
35	442.716	13.995
34	428.721	14.408
33	414.313	14.757
32	399.556	15.048
31	384.508	15.294
30	369.214	15.442
29	353.772	15.517
28	338.255	15.573
27	322.682	15.601
26	307.081	15.602
25	291.479	15.574
24	275.905	15.516
23	260.389	15.427
22	244.962	15.306
21	229.656	15.152
20	214.504	14.963

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19	199.541	14.741
18	184.8	14.483
17	170.317	14.187
16	156.13	13.854
15	142.276	13.482
14	128.794	13.069
13	115.725	12.617
12	103.108	12.119
11	90.989	11.58
10	79.409	11.001
9	68.408	10.389
8	58.019	9.735
7	48.284	9.035
6	39.249	8.285
5	30.964	7.483
4	23.481	6.62
3	16.861	5.687
2	11.174	10.569
1	0.605	0.605
Outrigger @ 36th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	664.54	12.744
51	651.796	12.805
50	638.991	12.888
49	626.103	12.989
48	613.114	13.102
47	600.012	13.219
46	586.793	13.333
45	573.46	13.442
44	560.018	13.537
43	546.481	13.613
42	532.868	13.665
41	519.203	13.686
40	505.517	13.668
39	491.849	13.603
38	478.246	13.476
37	464.77	13.239
36	451.531	12.638
35	438.893	13.529
34	425.364	14.047
33	411.317	14.45
32	396.867	14.787
31	382.08	15.072
30	367.008	15.249
29	351.759	15.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28	336.419	15.408
27	321.011	15.451
26	305.56	15.463
25	290.097	15.446
24	274.651	15.398
23	259.253	15.317
22	243.936	15.205
21	228.731	15.058
20	213.673	14.877
19	198.796	14.661
18	184.135	14.409
17	169.726	14.119
16	155.607	13.791
15	141.816	13.425
14	128.391	13.017
13	115.374	12.568
12	102.806	12.075
11	90.731	11.54
10	79.191	10.965
9	68.226	10.357
8	57.869	9.706
7	48.163	9.009
6	39.154	8.263
5	30.891	7.463
4	23.428	6.604
3	16.824	5.674
2	11.15	10.546
1	0.604	0.604

Outrigger @ 35th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	662.807	12.827
51	649.98	12.891
50	637.089	12.975
49	624.114	13.08
48	611.034	13.195
47	597.839	13.318
46	584.521	13.438
45	571.083	13.555
44	557.528	13.659
43	543.869	13.747
42	530.122	13.814
41	516.308	13.853
40	502.455	13.858
39	488.597	13.821
38	474.776	13.734

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37	461.042	13.583
36	447.459	13.317
35	434.142	12.676
34	421.466	13.572
33	407.894	14.084
32	393.81	14.479
31	379.331	14.814
30	364.517	15.026
29	349.491	15.135
28	334.356	15.222
27	319.134	15.278
26	303.856	15.306
25	288.55	15.301
24	273.249	15.264
23	257.985	15.194
22	242.791	15.091
21	227.7	14.954
20	212.746	14.78
19	197.966	14.572
18	183.394	14.326
17	169.068	14.043
16	155.025	13.722
15	141.303	13.36
14	127.943	12.958
13	114.985	12.515
12	102.47	12.027
11	90.443	11.495
10	78.948	10.925
9	68.023	10.321
8	57.702	9.674
7	48.028	8.981
6	39.047	8.237
5	30.81	7.442
4	23.368	6.586
3	16.782	5.659
2	11.123	10.52
1	0.603	0.603

Outrigger @ 34th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	661.281	12.911
51	648.37	12.975
50	635.395	13.062
49	622.333	13.169
48	609.164	13.288
47	595.876	13.414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46	582.462	13.541
45	568.921	13.664
44	555.257	13.778
43	541.479	13.876
42	527.603	13.955
41	513.648	14.01
40	499.638	14.034
39	485.604	14.022
38	471.582	13.966
37	457.616	13.856
36	443.76	13.679
35	430.081	13.384
34	416.697	12.705
33	403.992	13.607
32	390.385	14.115
31	376.27	14.515
30	361.755	14.77
29	346.985	14.903
28	332.082	15.009
27	317.073	15.086
26	301.987	15.128
25	286.859	15.139
24	271.72	15.116
23	256.604	15.057
22	241.547	14.966
21	226.581	14.838
20	211.743	14.674
19	197.069	14.474
18	182.595	14.237
17	168.358	13.96
16	154.398	13.646
15	140.752	13.291
14	127.461	12.894
13	114.567	12.457
12	102.11	11.974
11	90.136	11.448
10	78.688	10.881
9	67.807	10.283
8	57.524	9.64
7	47.884	8.95
6	38.934	8.211
5	30.723	7.419
4	23.304	6.566
3	16.738	5.643
2	11.095	10.493
1	0.602	0.602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Outrigger @ 33th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	659.868	12.992
51	646.876	13.058
50	633.818	13.146
49	620.672	13.255
48	607.417	13.378
47	594.039	13.509
46	580.53	13.64
45	566.89	13.769
44	553.121	13.891
43	539.23	13.998
42	525.232	14.089
41	511.143	14.157
40	496.986	14.198
39	482.788	14.207
38	468.581	14.176
37	454.405	14.098
36	440.307	13.966
35	426.341	13.765
34	412.576	13.439
33	399.137	12.722
32	386.415	13.636
31	372.779	14.157
30	358.622	14.47
29	344.152	14.631
28	329.521	14.763
27	314.758	14.862
26	299.896	14.926
25	284.97	14.954
24	270.016	14.947
23	255.069	14.903
22	240.166	14.824
21	225.342	14.708
20	210.634	14.556
19	196.078	14.365
18	181.713	14.136
17	167.577	13.869
16	153.708	13.562
15	140.146	13.214
14	126.932	12.824
13	114.108	12.392
12	101.716	11.917
11	89.799	11.395
10	78.404	10.835

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	67.569	10.24
8	57.329	9.602
7	47.727	8.917
6	38.81	8.182
5	30.628	7.393
4	23.235	6.546
3	16.689	5.626
2	11.063	10.463
1	0.6	0.6

Outrigger @ 32th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	658.595	13.072
51	645.523	13.139
50	632.384	13.228
49	619.156	13.34
48	605.816	13.466
47	592.35	13.6
46	578.75	13.737
45	565.013	13.872
44	551.141	13.999
43	537.142	14.116
42	523.026	14.217
41	508.809	14.297
40	494.512	14.353
39	480.159	14.379
38	465.78	14.37
37	451.41	14.32
36	437.09	14.222
35	422.868	14.066
34	408.802	13.84
33	394.962	13.486
32	381.476	12.733
31	368.743	13.684
30	355.059	14.106
29	340.953	14.305
28	326.648	14.471
27	312.177	14.599
26	297.578	14.689
25	282.889	14.74
24	268.149	14.752
23	253.397	14.728
22	238.669	14.663
21	224.006	14.563
20	209.443	14.422
19	195.021	14.243

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18	180.778	14.026
17	166.752	13.768
16	152.984	13.47
15	139.514	13.131
14	126.383	12.748
13	113.635	12.324
12	101.311	11.855
11	89.456	11.34
10	78.116	10.785
9	67.331	10.196
8	57.135	9.563
7	47.572	8.883
6	38.689	8.152
5	30.537	7.369
4	23.168	6.525
3	16.643	5.609
2	11.034	10.435
1	0.599	0.599
Outrigger @ 31th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	656.745	13.149
51	643.596	13.216
50	630.38	13.307
49	617.073	13.421
48	603.652	13.549
47	590.103	13.687
46	576.416	13.827
45	562.589	13.968
44	548.621	14.101
43	534.52	14.225
42	520.295	14.335
41	505.96	14.425
40	491.535	14.495
39	477.04	14.535
38	462.505	14.546
37	447.959	14.519
36	433.44	14.45
35	418.99	14.33
34	404.66	14.152
33	390.508	13.903
32	376.605	13.527
31	363.078	12.769
30	350.309	13.593
29	336.716	13.868
28	322.848	14.084

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27	308.764	14.254
26	294.51	14.378
25	280.132	14.461
24	265.671	14.499
23	251.172	14.498
22	236.674	14.455
21	222.219	14.373
20	207.846	14.249
19	193.597	14.086
18	179.511	13.882
17	165.629	13.636
16	151.993	13.35
15	138.643	13.021
14	125.622	12.649
13	112.973	12.233
12	100.74	11.772
11	88.968	11.265
10	77.703	10.718
9	66.985	10.136
8	56.849	9.509
7	47.34	8.834
6	38.506	8.111
5	30.395	7.332
4	23.063	6.493
3	16.57	5.584
2	10.986	4.639
1	0.596	0.596
Outrigger @ 30th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	657.32	13.279
51	644.041	13.345
50	630.696	13.439
49	617.257	13.553
48	603.704	13.684
47	590.02	13.824
46	576.196	13.968
45	562.228	14.112
44	548.116	14.25
43	533.866	14.379
42	519.487	14.495
41	504.992	14.594
40	490.398	14.672
39	475.726	14.725
38	461.001	14.748
37	446.253	14.738

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36	431.515	14.689
35	416.826	14.595
34	402.231	14.448
33	387.783	14.241
32	373.542	13.96
31	359.582	13.549
30	346.033	12.749
29	333.284	13.552
28	319.732	13.808
27	305.924	14.004
26	291.92	14.151
25	277.769	14.252
24	263.517	14.308
23	249.209	14.322
22	234.887	14.293
21	220.594	14.221
20	206.373	14.11
19	192.263	13.955
18	178.308	13.76
17	164.548	13.523
16	151.025	13.245
15	137.78	12.922
14	124.858	12.558
13	112.3	12.148
12	100.152	11.694
11	88.458	11.192
10	77.266	10.651
9	66.615	10.075
8	56.54	9.453
7	47.087	8.784
6	38.303	8.066
5	30.237	7.292
4	22.945	6.459
3	16.486	5.554
2	10.932	10.339
1	0.593	0.593

Outrigger @ 29th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	657.575	13.362
51	644.213	13.43
50	630.783	13.523
49	617.26	13.64
48	603.62	13.772
47	589.848	13.913
46	575.935	14.061

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45	561.874	14.207
44	547.667	14.349
43	533.318	14.482
42	518.836	14.603
41	504.233	14.708
40	489.525	14.792
39	474.733	14.853
38	459.88	14.886
37	444.994	14.887
36	430.107	14.851
35	415.256	14.773
34	400.483	14.647
33	385.836	14.464
32	371.372	14.213
31	357.159	13.868
30	343.291	13.467
29	329.824	12.76
28	317.064	13.517
27	303.547	13.754
26	289.793	13.927
25	275.866	14.051
24	261.815	14.128
23	247.687	14.159
22	233.528	14.146
21	219.382	14.088
20	205.294	13.988
19	191.306	13.846
18	177.46	13.66
17	163.8	13.432
16	150.368	13.162
15	137.206	12.848
14	124.358	12.489
13	111.869	12.087
12	99.782	11.638
11	88.144	11.142
10	77.002	10.607
9	66.395	10.034
8	56.361	9.418
7	46.943	8.754
6	38.189	8.038
5	30.151	7.269
4	22.882	6.44
3	16.442	5.538
2	10.904	10.312
1	0.592	0.592

Outrigger @ 28th floor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	658.108	13.444
51	644.664	13.513
50	631.151	13.607
49	617.544	13.725
48	603.819	13.858
47	589.961	14.003
46	575.958	14.151
45	561.807	14.3
44	547.507	14.446
43	533.061	14.583
42	518.478	14.709
41	503.769	14.818
40	488.951	14.909
39	474.042	14.977
38	459.065	15.018
37	444.047	15.029
36	429.018	15.005
35	414.013	14.942
34	399.071	14.832
33	384.239	14.671
32	369.568	14.446
31	355.122	14.133
30	340.989	13.78
29	327.209	13.519
28	313.69	12.74
27	300.95	13.466
26	287.484	13.68
25	273.804	13.831
24	259.973	13.931
23	246.042	13.981
22	232.061	13.986
21	218.075	13.944
20	204.131	13.857
19	190.274	13.727
18	176.547	13.553
17	162.994	13.335
16	149.659	13.073
15	136.586	12.767
14	123.819	12.416
13	111.403	12.021
12	99.382	11.578
11	87.804	11.089
10	76.715	10.558
9	66.157	9.992
8	56.165	9.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ส่งไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	46.785	8.72
6	38.065	8.009
5	30.056	7.244
4	22.812	6.418
3	16.394	5.522
2	10.872	10.282
1	0.59	0.59

Outrigger @ 27th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	659.035	13.528
51	645.507	13.596
50	631.911	13.692
49	618.219	13.81
48	604.409	13.945
47	590.464	14.091
46	576.373	14.242
45	562.131	14.395
44	547.736	14.542
43	533.194	14.684
42	518.51	14.814
41	503.696	14.928
40	488.768	15.025
39	473.743	15.1
38	458.643	15.148
37	443.495	15.169
36	428.326	15.157
35	413.169	15.105
34	398.064	15.012
33	383.052	14.869
32	368.183	14.668
31	353.515	14.385
30	339.13	14.061
29	325.069	13.831
28	311.238	13.536
27	297.702	12.7
26	285.002	13.397
25	271.605	13.588
24	258.017	13.715
23	244.302	13.79
22	230.512	13.813
21	216.699	13.789
20	202.91	13.717
19	189.193	13.601
18	175.592	13.439
17	162.153	13.231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16	148.922	12.98
15	135.942	12.682
14	123.26	12.34
13	110.92	11.952
12	98.968	11.516
11	87.452	11.033
10	76.419	10.509
9	65.91	9.947
8	55.963	9.34
7	46.623	8.685
6	37.938	7.979
5	29.959	7.219
4	22.74	6.396
3	16.344	5.504
2	10.84	10.251
1	0.589	0.589

Outrigger @ 26th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	660.25	13.609
51	646.641	13.679
50	632.962	13.775
49	619.187	13.895
48	605.292	14.031
47	591.261	14.179
46	577.082	14.332
45	562.75	14.487
44	548.263	14.639
43	533.624	14.783
42	518.841	14.917
41	503.924	15.037
40	488.887	15.138
39	473.749	15.22
38	458.529	15.276
37	443.253	15.306
36	427.947	15.302
35	412.645	15.263
34	397.382	15.185
33	382.197	15.058
32	367.139	14.877
31	352.262	14.622
30	337.64	14.324
29	323.316	14.113
28	309.203	13.849
27	295.354	13.525
26	281.829	12.641

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	269.188	13.304
24	255.884	13.473
23	242.411	13.575
22	228.836	13.622
21	215.214	13.618
20	201.596	13.565
19	188.031	13.463
18	174.568	13.314
17	161.254	13.12
16	148.134	12.879
15	135.255	12.591
14	122.664	12.258
13	110.406	11.878
12	98.528	11.45
11	87.078	10.973
10	76.105	10.456
9	65.649	9.9
8	55.749	9.298
7	46.451	8.649
6	37.802	7.946
5	29.856	7.192
4	22.664	6.373
3	16.291	5.485
2	10.806	10.219
1	0.587	0.587
Outrigger @ 25th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	661.665	13.69
51	647.975	13.759
50	634.216	13.857
49	620.359	13.977
48	606.382	14.115
47	592.267	14.264
46	578.003	14.42
45	563.583	14.577
44	549.006	14.732
43	534.274	14.879
42	519.395	15.017
41	504.378	15.142
40	489.236	15.248
39	473.988	15.335
38	458.653	15.399
37	443.254	15.436
36	427.818	15.442
35	412.376	15.414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34	396.962	15.348
33	381.614	15.237
32	366.377	15.074
31	351.303	14.842
30	336.461	14.568
29	321.893	14.374
28	307.519	14.131
27	293.388	13.839
26	279.549	13.488
25	266.061	12.558
24	253.503	13.185
23	240.318	13.332
22	226.986	13.406
21	213.58	13.427
20	200.153	13.394
19	186.759	13.31
18	173.449	13.177
17	160.272	12.997
16	147.275	12.767
15	134.508	12.492
14	122.016	12.168
13	109.848	11.797
12	98.051	11.378
11	86.673	10.909
10	75.764	10.398
9	65.366	9.848
8	55.518	9.253
7	46.265	8.609
6	37.656	7.912
5	29.744	7.162
4	22.582	6.348
3	16.234	5.465
2	10.769	10.184
1	0.585	0.585

Outrigger @ 24th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	663.451	13.77
51	649.681	13.84
50	635.841	13.937
49	621.904	14.06
48	607.844	14.198
47	593.646	14.35
46	579.296	14.507
45	564.789	14.667
44	550.122	14.824

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43	535.298	14.975
42	520.323	15.117
41	505.206	15.245
40	489.961	15.357
39	474.604	15.45
38	459.154	15.52
37	443.634	15.564
36	428.07	15.579
35	412.491	15.561
34	396.93	15.507
33	381.423	15.409
32	366.014	15.264
31	350.75	15.053
30	335.697	14.8
29	320.897	14.621
28	306.276	14.397
27	291.879	14.127
26	277.752	13.808
25	263.944	13.432
24	250.512	12.458
23	238.054	13.048
22	225.006	13.169
21	211.837	13.217
20	198.62	13.208
19	185.412	13.145
18	172.267	13.03
17	159.237	12.864
16	146.373	12.65
15	133.723	12.386
14	121.337	12.073
13	109.264	11.712
12	97.552	11.301
11	86.251	10.842
10	75.409	10.337
9	65.072	9.795
8	55.277	9.206
7	46.071	8.567
6	37.504	7.876
5	29.628	7.131
4	22.497	6.323
3	16.174	5.443
2	10.731	10.148
1	0.583	0.583

Outrigger @ 23th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
-------	------------------	-----------------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

52	665.515	13.848
51	651.667	13.92
50	637.747	14.017
49	623.73	14.14
48	609.59	14.281
47	595.309	14.434
46	580.875	14.593
45	566.282	14.755
44	551.527	14.915
43	536.612	15.069
42	521.543	15.214
41	506.329	15.346
40	490.983	15.464
39	475.519	15.561
38	459.958	15.638
37	444.32	15.688
36	428.632	15.712
35	412.92	15.703
34	397.217	15.66
33	381.557	15.575
32	365.982	15.444
31	350.538	15.253
30	335.285	15.018
29	320.267	14.854
28	305.413	14.645
27	290.768	14.396
26	276.372	14.1
25	262.272	13.756
24	248.516	13.354
23	235.162	12.337
22	222.825	12.886
21	209.939	12.982
20	196.957	13.001
19	183.956	12.963
18	170.993	12.867
17	158.126	12.721
16	145.405	12.521
15	132.884	12.271
14	120.613	11.971
13	108.642	11.62
12	97.022	11.22
11	85.802	10.769
10	75.033	10.272
9	64.761	9.739
8	55.022	9.155
7	45.867	8.524

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	37.343	7.838
5	29.505	7.098
4	22.407	6.296
3	16.111	5.42
2	10.691	10.11
1	0.581	0.581

Outrigger @ 22th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	667.771	13.924
51	653.847	13.997
50	639.85	14.095
49	625.755	14.218
48	611.537	14.361
47	597.176	14.515
46	582.661	14.676
45	567.985	14.84
44	553.145	15.003
43	538.142	15.159
42	522.983	15.309
41	507.674	15.444
40	492.23	15.566
39	476.664	15.668
38	460.996	15.751
37	445.245	15.808
36	429.437	15.838
35	413.599	15.839
34	397.76	15.804
33	381.956	15.732
32	366.224	15.615
31	350.609	15.439
30	335.17	15.223
29	319.947	15.07
28	304.877	14.877
27	290	14.645
26	275.355	14.369
25	260.986	14.048
24	246.938	13.679
23	233.259	13.252
22	220.007	12.191
21	207.816	12.699
20	195.117	12.766
19	182.351	12.757
18	169.594	12.686
17	156.908	12.56
16	144.348	12.379

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15	131.969	12.144
14	119.825	11.859
13	107.966	11.52
12	96.446	11.131
11	85.315	10.689
10	74.626	10.203
9	64.423	9.676
8	54.747	9.102
7	45.645	8.475
6	37.17	7.798
5	29.372	7.063
4	22.309	6.266
3	16.043	5.396
2	10.647	10.068
1	0.579	0.579

Outrigger @ 21th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	670.39	14
51	656.39	14.073
50	642.317	14.172
49	628.145	14.297
48	613.848	14.439
47	599.409	14.596
46	584.813	14.758
45	570.055	14.925
44	555.13	15.089
43	540.041	15.25
42	524.791	15.401
41	509.39	15.541
40	493.849	15.666
39	478.183	15.774
38	462.409	15.861
37	446.548	15.925
36	430.623	15.963
35	414.66	15.97
34	398.69	15.946
33	382.744	15.883
32	366.861	15.78
31	351.081	15.62
30	335.461	15.417
29	320.044	15.277
28	304.767	15.097
27	289.67	14.88
26	274.79	14.623
25	260.167	14.324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24	245.843	13.977
23	231.866	13.583
22	218.283	13.13
21	205.153	12.028
20	193.125	12.491
19	180.634	12.529
18	168.105	12.489
17	155.616	12.386
16	143.23	12.225
15	131.005	12.009
14	118.996	11.738
13	107.258	11.414
12	95.844	11.037
11	84.807	10.606
10	74.201	10.13
9	64.071	9.611
8	54.46	9.045
7	45.415	8.426
6	36.989	7.755
5	29.234	7.026
4	22.208	6.236
3	15.972	5.371
2	10.601	10.024
1	0.577	0.577
Outrigger @ 20th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	673.254	14.075
51	659.179	14.147
50	645.032	14.247
49	630.785	14.373
48	616.412	14.516
47	601.896	14.674
46	587.222	14.839
45	572.383	15.007
44	557.376	15.174
43	542.202	15.336
42	526.866	15.492
41	511.374	15.635
40	495.739	15.764
39	479.975	15.876
38	464.099	15.968
37	448.131	16.038
36	432.093	16.082
35	416.011	16.097
34	399.914	16.081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33	383.833	16.029
32	367.804	15.935
31	351.869	15.791
30	336.078	15.603
29	320.475	15.471
28	305.004	15.304
27	289.7	15.1
26	274.6	14.861
25	259.739	14.579
24	245.16	14.256
23	230.904	13.884
22	217.02	13.463
21	203.557	12.985
20	190.572	11.841
19	178.731	12.257
18	166.474	12.265
17	154.209	12.192
16	142.017	12.056
15	129.961	11.859
14	118.102	11.607
13	106.495	11.298
12	95.197	10.935
11	84.262	10.516
10	73.746	10.05
9	63.696	9.542
8	54.154	8.984
7	45.17	8.374
6	36.796	7.708
5	29.088	6.988
4	22.1	6.203
3	15.897	5.345
2	10.552	9.978
1	0.574	0.574

Outrigger @ 19th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	676.42	14.147
51	662.273	14.22
50	648.053	14.321
49	633.732	14.447
48	619.285	14.593
47	604.692	14.75
46	589.942	14.918
45	575.024	15.087
44	559.937	15.257
43	544.68	15.421

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42	529.259	15.58
41	513.679	15.726
40	497.953	15.859
39	482.094	15.976
38	466.118	16.072
37	450.046	16.148
36	433.898	16.198
35	417.7	16.22
34	401.48	16.211
33	385.269	16.168
32	369.101	16.087
31	353.014	15.954
30	337.06	15.779
29	321.281	15.656
28	305.625	15.5
27	290.125	15.309
26	274.816	15.084
25	259.732	14.82
24	244.912	14.516
23	230.396	14.166
22	216.23	13.769
21	202.461	13.323
20	189.138	12.819
19	176.319	11.634
18	164.685	11.998
17	152.687	11.975
16	140.712	11.868
15	128.844	11.697
14	117.147	11.464
13	105.683	11.173
12	94.51	10.825
11	83.685	10.42
10	73.265	9.966
9	63.299	9.468
8	53.831	8.92
7	44.911	8.317
6	36.594	7.661
5	28.933	6.947
4	21.986	6.168
3	15.818	5.318
2	10.5	4.929
1	0.571	0.571

Outrigger @ 18th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	679.778	14.218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51	665.56	14.29
50	651.27	14.392
49	636.878	14.52
48	622.358	14.665
47	607.693	14.825
46	592.868	14.993
45	577.875	15.165
44	562.71	15.337
43	547.373	15.504
42	531.869	15.664
41	516.205	15.814
40	500.391	15.951
39	484.44	16.071
38	468.369	16.173
37	452.196	16.252
36	435.944	16.308
35	419.636	16.337
34	403.299	16.336
33	386.963	16.301
32	370.662	16.229
31	354.433	16.109
30	338.324	15.944
29	322.38	15.83
28	306.55	15.684
27	290.866	15.505
26	275.361	15.292
25	260.069	15.043
24	245.026	14.756
23	230.27	14.427
22	215.843	14.052
21	201.791	13.629
20	188.162	13.156
19	175.006	12.627
18	162.379	11.4
17	150.979	11.71
16	139.269	11.655
15	127.614	11.513
14	116.101	11.305
13	104.796	11.035
12	93.761	10.703
11	83.058	10.315
10	72.743	9.874
9	62.869	9.387
8	53.482	8.85
7	44.632	8.257
6	36.375	7.609

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	28.766	6.903
4	21.863	6.131
3	15.732	5.287
2	10.445	9.877
1	0.568	0.568

Outrigger @ 17th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	683.471	14.286
51	669.185	14.361
50	654.824	14.462
49	640.362	14.59
48	625.772	14.737
47	611.035	14.898
46	596.137	15.067
45	581.07	15.242
44	565.828	15.414
43	550.414	15.585
42	534.829	15.747
41	519.082	15.901
40	503.181	16.04
39	487.141	16.164
38	470.977	16.27
37	454.707	16.355
36	438.352	16.416
35	421.936	16.451
34	405.485	16.456
33	389.029	16.43
32	372.599	16.366
31	356.233	16.257
30	339.976	16.104
29	323.872	15.997
28	307.875	15.86
27	292.015	15.69
26	276.325	15.491
25	260.834	15.255
24	245.579	14.983
23	230.596	14.671
22	215.925	14.318
21	201.607	13.917
20	187.69	13.468
19	174.222	12.968
18	161.254	12.413
17	148.841	11.146
16	137.695	11.399
15	126.296	11.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	114.986	11.131
13	103.855	10.884
12	92.971	10.574
11	82.397	10.202
10	72.195	9.776
9	62.419	9.303
8	53.116	8.776
7	44.34	8.193
6	36.147	7.555
5	28.592	6.856
4	21.736	6.094
3	15.642	5.255
2	10.387	9.822
1	0.565	0.565

Outrigger @ 16th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	687.416	14.353
51	673.063	14.428
50	658.635	14.53
49	644.105	14.659
48	629.446	14.807
47	614.639	14.969
46	599.67	15.14
45	584.53	15.315
44	569.215	15.491
43	553.724	15.662
42	538.062	15.828
41	522.234	15.984
40	506.25	16.127
39	490.123	16.255
38	473.868	16.364
37	457.504	16.453
36	441.051	16.52
35	424.531	16.56
34	407.971	16.573
33	391.398	16.552
32	374.846	16.498
31	358.348	16.399
30	341.949	16.256
29	325.693	16.155
28	309.538	16.026
27	293.512	15.868
26	277.644	15.677
25	261.967	15.454
24	246.513	15.197

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23	231.316	14.9
22	216.416	14.564
21	201.852	14.185
20	187.667	13.758
19	173.909	13.283
18	160.626	12.756
17	147.87	12.174
16	135.696	10.867
15	124.829	11.06
14	113.769	10.935
13	102.834	10.717
12	92.117	10.431
11	81.686	10.079
10	71.607	9.67
9	61.937	9.211
8	52.726	8.697
7	44.029	8.126
6	35.903	7.496
5	28.407	6.808
4	21.599	6.052
3	15.547	5.223
2	10.324	9.762
1	0.562	0.562
Outrigger @ 15th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	691.551	14.418
51	677.133	14.493
50	662.64	14.595
49	648.045	14.725
48	633.32	14.874
47	618.446	15.037
46	603.409	15.21
45	588.199	15.386
44	572.813	15.563
43	557.25	15.738
42	541.512	15.906
41	525.606	16.063
40	509.543	16.21
39	493.333	16.341
38	476.992	16.454
37	460.538	16.548
36	443.99	16.619
35	427.371	16.664
34	410.707	16.683
33	394.024	16.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32	377.354	16.623
31	360.731	16.533
30	344.198	16.398
29	327.8	16.306
28	311.494	16.183
27	295.311	16.033
26	279.278	15.852
25	263.426	15.641
24	247.785	15.396
23	232.389	15.113
22	217.276	14.793
21	202.483	14.432
20	188.051	14.026
19	174.025	13.573
18	160.452	13.071
17	147.381	12.516
16	134.865	11.908
15	122.957	10.561
14	112.396	10.69
13	101.706	10.527
12	91.179	10.27
11	80.909	9.943
10	70.966	9.552
9	61.414	9.111
8	52.303	8.611
7	43.692	8.052
6	35.64	7.433
5	28.207	6.755
4	21.452	6.009
3	15.443	5.186
2	10.257	9.699
1	0.558	0.558

Outrigger @ 14th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	695.992	14.481
51	681.511	14.556
50	666.955	14.66
49	652.295	14.789
48	637.506	14.94
47	622.566	15.104
46	607.462	15.277
45	592.185	15.456
44	576.729	15.634
43	561.095	15.811
42	545.284	15.981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41	529.303	16.141
40	513.162	16.291
39	496.871	16.425
38	480.446	16.542
37	463.904	16.639
36	447.265	16.714
35	430.551	16.766
34	413.785	16.789
33	396.996	16.783
32	380.213	16.743
31	363.47	16.662
30	346.808	16.536
29	330.272	16.449
28	313.823	16.334
27	297.489	16.191
26	281.298	16.02
25	265.278	15.818
24	249.46	15.584
23	233.876	15.315
22	218.561	15.009
21	203.552	14.664
20	188.888	14.277
19	174.611	13.845
18	160.766	13.365
17	147.401	12.835
16	134.566	12.253
15	122.313	11.618
14	110.695	10.231
13	100.464	10.294
12	90.17	10.091
11	80.079	9.793
10	70.286	9.426
9	60.86	9.003
8	51.857	8.519
7	43.338	7.974
6	35.364	7.367
5	27.997	6.7
4	21.297	5.962
3	15.335	5.149
2	10.186	9.632
1	0.554	0.554

Outrigger @ 13th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	700.649	14.542
51	686.107	14.617

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50	671.49	14.722
49	656.768	14.852
48	641.916	15.002
47	626.914	15.168
46	611.746	15.343
45	596.403	15.522
44	580.881	15.704
43	565.177	15.881
42	549.296	16.053
41	533.243	16.217
40	517.026	16.368
39	500.658	16.505
38	484.153	16.626
37	467.527	16.727
36	450.8	16.807
35	433.993	16.862
34	417.131	16.891
33	400.24	16.891
32	383.349	16.858
31	366.491	16.785
30	349.706	16.666
29	333.04	16.585
28	316.455	16.476
27	299.979	16.341
26	283.638	16.178
25	267.46	15.986
24	251.474	15.761
23	235.713	15.505
22	220.208	15.211
21	204.997	14.881
20	190.116	14.51
19	175.606	14.096
18	161.51	13.638
17	147.872	13.131
16	134.741	12.572
15	122.169	11.963
14	110.206	11.301
13	98.905	9.873
12	89.032	9.865
11	79.167	9.622
10	69.545	9.285
9	60.26	8.885
8	51.375	8.419
7	42.956	7.889
6	35.067	7.296
5	27.771	6.639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	21.132	5.913
3	15.219	5.109
2	10.11	9.56
1	0.55	0.55

Outrigger @ 12th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	705.477	14.6
51	690.877	14.676
50	676.201	14.78
49	661.421	14.912
48	646.509	15.063
47	631.446	15.229
46	616.217	15.405
45	600.812	15.587
44	585.225	15.768
43	569.457	15.948
42	553.509	16.123
41	537.386	16.288
40	521.098	16.442
39	504.656	16.582
38	488.074	16.706
37	471.368	16.81
36	454.558	16.894
35	437.664	16.954
34	420.71	16.988
33	403.722	16.993
32	386.729	16.967
31	369.762	16.901
30	352.861	16.79
29	336.071	16.713
28	319.358	16.61
27	302.748	16.482
26	286.266	16.326
25	269.94	16.143
24	253.797	15.927
23	237.87	15.681
22	222.189	15.4
21	206.789	15.082
20	191.707	14.726
19	176.981	14.329
18	162.652	13.89
17	148.762	13.402
16	135.36	12.868
15	122.492	12.281
14	110.211	11.643

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	98.568	10.954
12	87.614	9.486
11	78.128	9.404
10	68.724	9.123
9	59.601	8.752
8	50.849	8.308
7	42.541	7.796
6	34.745	7.219
5	27.526	6.574
4	20.952	5.86
3	15.092	5.065
2	10.027	9.482
1	0.545	0.545

Outtrigger @ 11th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	709.176	11
51	694.532	14.644
50	679.811	14.721
49	664.986	14.825
48	650.03	14.956
47	634.921	15.109
46	619.645	15.276
45	604.192	15.453
44	588.557	15.635
43	572.739	15.818
42	556.74	15.999
41	540.564	16.176
40	524.222	16.342
39	507.723	16.499
38	491.083	16.64
37	474.316	16.767
36	457.442	16.874
35	440.481	16.961
34	423.456	17.025
33	406.394	17.062
32	389.323	17.071
31	372.273	17.05
30	355.283	16.99
29	338.398	16.885
28	321.586	16.812
27	304.872	16.714
26	288.282	16.59
25	271.841	16.441
24	255.577	16.264
23	239.521	16.056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22	223.703	15.818
21	208.157	15.546
20	192.919	15.238
19	178.025	14.894
18	163.515	14.51
17	149.431	14.084
16	135.816	13.615
15	122.718	13.098
14	110.186	12.532
13	98.273	11.913
12	87.03	11.243
11	76.508	10.522
10	67.504	9.004
9	58.636	8.868
8	50.079	8.557
7	41.933	8.146
6	34.272	7.661
5	27.167	7.105
4	20.688	6.479
3	14.908	5.78
2	9.906	5.002
1	0.538	9.368
		0.538
Outrigger @ 10th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	715.042	14.706
51	700.336	14.783
50	685.553	14.888
49	670.665	15.02
48	655.645	15.173
47	640.472	15.341
46	625.131	15.519
45	609.612	15.702
44	593.91	15.888
43	578.022	16.07
42	561.952	16.248
41	545.704	16.417
40	529.287	16.576
39	512.711	16.721
38	495.99	16.85
37	479.14	16.961
36	462.179	17.051
35	445.128	17.119
34	428.009	17.162
33	410.847	17.176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32	393.671	17.16
31	376.511	17.108
30	359.403	17.009
29	342.394	16.941
28	325.453	16.848
27	308.605	16.732
26	291.873	16.589
25	275.284	16.418
24	258.866	16.22
23	242.646	15.991
22	226.655	15.729
21	210.926	15.433
20	195.493	15.101
19	180.392	14.731
18	165.661	14.321
17	151.34	13.87
16	137.47	13.372
15	124.098	12.829
14	111.269	12.234
13	99.035	11.586
12	87.449	10.887
11	76.562	10.139
10	66.423	8.582
9	57.841	8.367
8	49.474	8.011
7	41.463	7.552
6	33.911	7.016
5	26.895	6.407
4	20.488	5.721
3	14.767	4.953
2	9.814	9.281
1	0.533	0.533

Outrigger @ 9th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	721.068	14.766
51	706.302	14.843
50	691.459	14.948
49	676.511	15.081
48	661.43	15.235
47	646.195	15.403
46	630.792	15.583
45	615.209	15.767
44	599.442	15.953
43	583.489	16.138
42	567.351	16.318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

41	551.033	16.489
40	534.544	16.65
39	517.894	16.798
38	501.096	16.929
37	484.167	17.044
36	467.123	17.138
35	449.985	17.209
34	432.776	17.256
33	415.52	17.276
32	398.244	17.265
31	380.979	17.219
30	363.76	17.128
29	346.632	17.063
28	329.569	16.975
27	312.594	16.865
26	295.729	16.728
25	279.001	16.565
24	262.436	16.375
23	246.061	16.153
22	229.908	15.901
21	214.007	15.615
20	198.392	15.295
19	183.097	14.938
18	168.159	14.542
17	153.617	14.106
16	139.511	13.627
15	125.884	13.102
14	112.782	12.53
13	100.252	11.906
12	88.346	11.229
11	77.117	10.501
10	66.616	9.724
9	56.892	8.128
8	48.764	7.829
7	40.935	7.425
6	33.51	6.916
5	26.594	6.326
4	20.268	5.656
3	14.612	4.9
2	9.712	9.185
1	0.527	0.527

Outrigger @ 8th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	726.35	14.812
51	711.538	14.889

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50	696.649	14.995
49	681.654	15.128
48	666.526	15.282
47	651.244	15.452
46	635.792	15.632
45	620.16	15.818
44	604.342	16.005
43	588.337	16.191
42	572.146	16.372
41	555.774	16.545
40	539.229	16.709
39	522.52	16.857
38	505.663	16.993
37	488.67	17.109
36	471.561	17.205
35	454.356	17.281
34	437.075	17.331
33	419.744	17.355
32	402.389	17.349
31	385.04	17.308
30	367.732	17.221
29	350.511	17.161
28	333.35	17.078
27	316.272	16.971
26	299.301	16.84
25	282.461	16.683
24	265.778	16.498
23	249.28	16.285
22	232.995	16.039
21	216.956	15.763
20	201.193	15.452
19	185.741	15.104
18	170.637	14.721
17	155.916	14.298
16	141.618	13.832
15	127.786	13.324
14	114.462	12.77
13	101.692	12.165
12	89.527	11.511
11	78.016	10.803
10	67.213	10.042
9	57.171	9.243
8	47.928	7.635
7	40.293	7.249
6	33.044	6.794
5	26.25	6.232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	20.018	5.581
3	14.437	4.841
2	9.596	9.077
1	0.519	0.519

Outrigger @ 7th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	731.821	14.857
51	716.964	14.934
50	702.03	15.039
49	686.991	15.174
48	671.817	15.328
47	656.489	15.499
46	640.99	15.679
45	625.311	15.866
44	609.445	16.055
43	593.39	16.242
42	577.148	16.424
41	560.724	16.6
40	544.124	16.764
39	527.36	16.915
38	510.445	17.052
37	493.393	17.172
36	476.221	17.271
35	458.95	17.348
34	441.602	17.403
33	424.199	17.43
32	406.769	17.429
31	389.34	17.393
30	371.947	17.311
29	354.636	17.254
28	337.382	17.175
27	320.207	17.073
26	303.134	16.946
25	286.188	16.795
24	269.393	16.616
23	252.777	16.408
22	236.369	16.171
21	220.198	15.902
20	204.296	15.599
19	188.697	15.262
18	173.435	14.889
17	158.546	14.477
16	144.069	14.025
15	130.044	13.531
14	116.513	12.993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	103.52	12.407
12	91.113	11.773
11	79.34	11.087
10	68.253	10.346
9	57.907	9.563
8	48.344	8.748
7	39.596	7.109
6	32.487	6.628
5	25.859	6.12
4	19.739	5.496
3	14.243	4.775
2	9.468	8.956
1	0.512	0.512

Outrigger @ 6th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	737.354	14.899
51	722.455	14.976
50	707.479	15.082
49	692.397	15.216
48	677.181	15.371
47	661.81	15.543
46	646.267	15.724
45	630.543	15.912
44	614.631	16.101
43	598.53	16.289
42	582.241	16.474
41	565.767	16.65
40	549.117	16.816
39	532.301	16.97
38	515.331	17.108
37	498.223	17.23
36	480.993	17.332
35	463.661	17.413
34	446.248	17.469
33	428.779	17.501
32	411.278	17.503
31	393.775	17.473
30	376.302	17.394
29	358.908	17.341
28	341.567	17.265
27	324.302	17.167
26	307.135	17.045
25	290.09	16.899
24	273.191	16.724
23	256.467	16.524

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22	239.943	16.292
21	223.651	16.031
20	207.62	15.736
19	191.884	15.407
18	176.477	15.043
17	161.434	14.642
16	146.792	14.202
15	132.59	13.721
14	118.869	13.197
13	105.672	12.627
12	93.045	12.011
11	81.034	11.345
10	69.689	10.626
9	59.063	9.861
8	49.202	9.061
7	40.141	8.22
6	31.921	6.545
5	25.376	5.962
4	19.414	5.392
3	14.022	4.698
2	9.324	8.821
1	0.503	0.503
Outrigger @ 5th floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	742.92	14.937
51	727.983	15.015
50	712.968	15.122
49	697.846	15.256
48	682.59	15.412
47	667.178	15.583
46	651.595	15.766
45	635.829	15.954
44	619.875	16.145
43	603.73	16.334
42	587.396	16.519
41	570.877	16.698
40	554.179	16.864
39	537.315	17.021
38	520.294	17.16
37	503.134	17.285
36	485.849	17.388
35	468.461	17.472
34	450.989	17.532
33	433.457	17.566
32	415.891	17.573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31	398.318	17.545
30	380.773	17.472
29	363.301	17.421
28	345.88	17.349
27	328.531	17.254
26	311.277	17.136
25	294.141	16.994
24	277.147	16.825
23	260.322	16.63
22	243.692	16.404
21	227.288	16.148
20	211.14	15.861
19	195.279	15.541
18	179.738	15.184
17	164.554	14.793
16	149.761	14.363
15	135.398	13.893
14	121.505	13.382
13	108.123	12.827
12	95.296	12.227
11	83.069	11.578
10	71.491	10.878
9	60.613	10.135
8	50.478	9.352
7	41.126	8.524
6	32.602	7.654
5	24.948	5.941
4	19.007	5.241
3	13.766	4.603
2	9.163	3.867
1	0.493	0.493

Outrigger @ 4th floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	748.581	14.974
51	733.607	15.052
50	718.555	15.159
49	703.396	15.293
48	688.103	15.45
47	672.653	15.622
46	657.031	15.805
45	641.226	15.994
44	625.232	16.186
43	609.046	16.376
42	592.67	16.562
41	576.108	16.741

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40	559.367	16.91
39	542.457	17.068
38	525.389	17.209
37	508.18	17.336
36	490.844	17.441
35	473.403	17.528
34	455.875	17.59
33	438.285	17.627
32	420.658	17.636
31	403.022	17.614
30	385.408	17.544
29	367.864	17.496
28	350.368	17.426
27	332.942	17.335
26	315.607	17.221
25	298.386	17.082
24	281.304	16.919
23	264.385	16.727
22	247.658	16.508
21	231.15	16.258
20	214.892	15.977
19	198.915	15.663
18	183.252	15.315
17	167.937	14.931
16	153.006	14.511
15	138.495	14.052
14	124.443	13.552
13	110.891	13.01
12	97.881	12.424
11	85.457	11.79
10	73.667	11.109
9	62.558	10.384
8	52.174	9.623
7	42.551	8.811
6	33.74	7.951
5	25.789	7.051
4	18.738	5.295
3	13.443	4.458
2	8.985	3.501
1	0.484	0.484

Outrigger @ 3rd floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	755.137	15.016
51	740.121	15.095
50	725.026	15.201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49	709.825	15.337
48	694.488	15.493
47	678.995	15.666
46	663.329	15.85
45	647.479	16.039
44	631.44	16.232
43	615.208	16.424
42	598.784	16.61
41	582.174	16.791
40	565.383	16.962
39	548.421	17.12
38	531.301	17.264
37	514.037	17.392
36	496.645	17.501
35	479.144	17.588
34	461.556	17.654
33	443.902	17.694
32	426.208	17.706
31	408.502	17.688
30	390.814	17.622
29	373.192	17.576
28	355.616	17.509
27	338.107	17.422
26	320.685	17.311
25	303.374	17.177
24	286.197	17.017
23	269.18	16.832
22	252.348	16.616
21	235.732	16.373
20	219.359	16.098
19	203.261	15.791
18	187.47	15.45
17	172.02	15.076
16	156.944	14.664
15	142.28	14.215
14	128.065	13.726
13	114.339	13.196
12	101.143	12.623
11	88.52	12.006
10	76.514	11.341
9	65.173	10.635
8	54.538	9.894
7	44.644	9.105
6	35.539	8.264
5	27.275	7.375
4	19.9	6.445

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	13.455	4.644
2	8.811	8.328
1	0.483	0.483

Outrigger @ 2nd floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	770.351	15.284
51	755.067	15.362
50	739.705	15.469
49	724.236	15.605
48	708.631	15.761
47	692.87	15.934
46	676.936	16.118
45	660.818	16.308
44	644.51	16.5
43	628.01	16.691
42	611.319	16.879
41	594.44	17.06
40	577.38	17.23
39	560.15	17.389
38	542.761	17.533
37	525.228	17.66
36	507.568	17.769
35	489.799	17.857
34	471.942	17.923
33	454.019	17.963
32	436.056	17.976
31	418.08	17.957
30	400.123	17.892
29	382.231	17.846
28	364.385	17.78
27	346.605	17.692
26	328.913	17.583
25	311.33	17.449
24	293.881	17.291
23	276.59	17.106
22	259.484	16.892
21	242.592	16.651
20	225.941	16.377
19	209.564	16.074
18	193.49	15.736
17	177.754	15.365
16	162.389	14.957
15	147.432	14.514
14	132.918	14.031
13	118.887	13.509

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	105.378	12.943
11	92.435	12.336
10	80.099	11.683
9	68.416	10.99
8	57.426	10.263
7	47.163	9.491
6	37.672	8.668
5	29.004	7.793
4	21.211	6.877
3	14.334	5.931
2	8.403	8.136
1	0.267	0.267

Outrigger Depth 2 floor

Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	625.24	12.561
51	612.679	12.623
50	600.056	12.708
49	587.348	12.81
48	574.538	12.926
47	561.612	13.047
46	548.565	13.169
45	535.396	13.285
44	522.111	13.391
43	508.72	13.483
42	495.237	13.555
41	481.682	13.604
40	468.078	13.622
39	454.456	13.606
38	440.85	13.55
37	427.3	13.445
36	413.855	13.284
35	400.571	13.056
34	387.515	12.747
33	374.768	12.308
32	362.46	11.519
31	350.941	11.59
30	339.351	12.594
29	326.757	13.097
28	313.66	13.343
27	300.317	13.552
26	286.765	13.719
25	273.046	13.839
24	259.207	13.918
23	245.289	13.953
22	231.336	13.946

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ทางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21	217.39	13.897
20	203.493	13.805
19	189.688	13.673
18	176.015	13.498
17	162.517	13.28
16	149.237	13.02
15	136.217	12.717
14	123.5	12.37
13	111.13	11.977
12	99.153	11.539
11	87.614	11.054
10	76.56	10.526
9	66.034	9.964
8	56.07	9.356
7	46.714	8.7
6	38.014	7.993
5	30.021	7.231
4	22.79	6.409
3	16.381	5.514
2	10.867	10.276
1	0.591	0.591
Outrigger Depth 3 floor		
Story	Displacement(cm)	Interstory Drift (cm)
52	598.499	12.17
51	586.329	12.229
50	574.1	12.311
49	561.789	12.408
48	549.381	12.518
47	536.863	12.631
46	524.232	12.742
45	511.49	12.848
44	498.642	12.942
43	485.7	13.019
42	472.681	13.074
41	459.607	13.103
40	446.504	13.101
39	433.403	13.061
38	420.342	12.978
37	407.364	12.842
36	394.522	12.648
35	381.874	12.383
34	369.491	12.031
33	357.46	11.55
32	345.91	10.753
31	335.157	10.716

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30	324.441	10.897
29	313.544	11.82
28	301.724	12.19
27	289.534	12.502
26	277.032	12.759
25	264.273	12.964
24	251.309	13.116
23	238.193	13.218
22	224.975	13.274
21	211.701	13.28
20	198.421	13.241
19	185.18	13.156
18	172.024	13.025
17	158.999	12.849
16	146.15	12.627
15	133.523	12.359
14	121.164	12.045
13	109.119	11.684
12	97.435	11.274
11	86.161	10.817
10	75.344	10.315
9	65.029	9.777
8	55.252	9.19
7	46.062	8.556
6	37.506	7.868
5	29.638	7.126
4	22.512	6.321
3	16.191	5.445
2	10.746	10.161
1	0.585	0.585

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้