

CALCULATION SHEET

(Structural modeling, Analysis and Design)

Project

การคำนวณโครงสร้างเพื่อรองรับแรงแผ่นดินไหว

สำหรับขออนุญาตด้านสิ่งแวดล้อม

November, 2015

Project Code : PCWN (15020)

1. Design Standard

1.1 General

- 1.1.1 Building Regulations, Ministry of Interior
- 1.1.2 Building Regulations, Bangkok Metropolitan Administration
- 1.1.3 มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยพ. 1302

1.2 RC/PC Construction

- 1.2.1 EIT Recommendation on RC Design
- 1.2.2 ACI 318M-99

1.3 Steel Construction

- 1.3.1 EIT Recommendation on Steel Design
- 1.3.2 AISC-ASD89, Recommendation on Steel Design

2. Design Parameters

2.1 RC/PC Construction

2.1.1 Design theory

Strength Design

2.1.2 Load factors

Dead load	1.7
Live load	2.0

2.1.3 Strength reduction factors

Bending	0.90
Axial tension	0.90
Shear & Torsion	0.85
Compression, spirally reinforced	0.75
Compression, tied reinforced	0.70
Bearing on concrete	0.70
Bending on concrete	0.65

3. Materials for RC/PC Construction

3.1 Concrete

3.1.1 Type A: for typical structural elements and prestressed concrete

Ultimate compressive cylinder strength (f_c') for precast element	400 kg/cm ²
Modulus of elasticity (E_c)	302000 kg/cm ²
Ultimate compressive cylinder strength (f_c') for typ. element	280 kg/cm ²
Modulus of elasticity (E_c)	252671 kg/cm ²

3.1.2 Type B: for pile and footing

Ultimate compressive cylinder strength (f_c')	280 ksc
Modulus of elasticity (E_c)	252671 ksc

3.2 Normal Rebar

3.2.1 Type A: for typical structural elements with rebar diameter < 10 mm

Minimum yield strength (Garde SR-24)	2400 kg/cm ²
Modulus of elasticity	2.00E+06 kg/cm ²

3.2.2 Type A: for typical structural elements with rebar diameter >= 10 mm

Minimum yield strength (Garde SD-40)	4000 kg/cm ²
Modulus of elasticity	2.00E+06 kg/cm ²

3.2.3 Type C: for columns with rebar diameter >= 28 mm

Minimum yield strength (Garde SD-50)	5000 ksc
Modulus of elasticity	2.00E+06 ksc

3.3 Prestressed Reinforcement

3.3.1 Type A: for typical structural elements

Low relaxation strand Grade	1860
Minimum tensile strength	1860 MPa
Modulus of elasticity	1.90E+06 ksc

4. Materials for Steel Construction (continued)

4.1 Structural Steel

4.1.1 Type A: for typical structural elements

Grade	A36 or SS400
Minimum yield strength (f_y)	2400 ksc
Modulus of elasticity	2.00E+06 ksc

4.2 Welding

4.2.1 Type A: for typical structural elements

Grade	E70xx
Minimum yield strength (f_y)	1470 ksc

4.2.2 Type B: for architectural elements

Grade	E60xx
Minimum yield strength (f_y)	1260 ksc

4.3 Fasteners

4.3.1 Type A: for typical structural elements

Grade	A325, Bearing Type
-------	--------------------

5. Materials for Foundation

5.1 Pile Foundation

5.1.1 Type A: for typical foundations

Pile type	Bored pile, Wet process & Driven pile
Size	0.60
Safe working load	100 tons / pile

6. Loadings

6.1 Dead Loads

6.1.1 Self weight of RC element	2400
6.1.2 Self weight of PC element	2400 kg/m ³
6.1.3 Self weight of steel element	7850 kg/m ³

6.2 Superimposed Dead Loads

for Residentail Area	300 kg/m ²
----------------------	-----------------------

6.3 Live Loads

6.3.1 Type A	
for Residentail Area	200 kg/m ²
6.3.2 Type B	
for Parking Area	400 kg/m ²
6.3.3 Type C	
for Roof	100 kg/m ²
6.3.4 Type D	
for Staircase corridors	300 kg/m ²

6.4 Wind Loads

Height above ground	
0 - 10 m	50 kg/m ²
10 - 20 m	80 kg/m ²
20 - 40 m	120 kg/m ²
40 - 80 m	160 kg/m ²
over 80 m	200 kg/m ²

6.5 Earthquake Loads

(see attached)

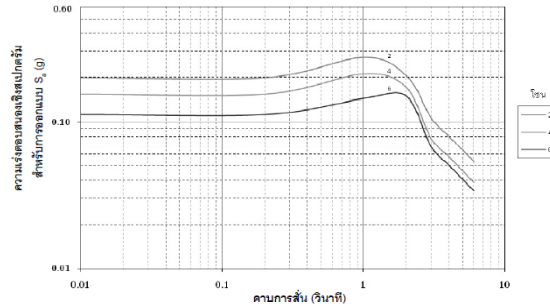
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแห่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1 \text{ s})$	$S_a(0.2 \text{ s})$	$S_a(1 \text{ s})$	$S_a(2 \text{ s})$	$S_a(3 \text{ s})$	$S_a(4 \text{ s})$	$S_a(5 \text{ s})$	$S_a(6 \text{ s})$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และ มีค่าตัวประกอบความสำคัญ $I = 1.00$

3. ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{Ds}

ค่า S_{Ds}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{Ds} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{Ds} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{Ds} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{Ds}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
$1.2D+1.0L+1.0E$	$1.0D+0.7E$
$0.9D+1.0E$	$1.0D+0.525E+0.75L$
	$0.6D+0.7E$

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต
การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ
ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Earthquake Forces

V = CsW
Cs = Sa (VR)
0.034
T = 0.02 H
T (Model) 0.044 sec
T (use) 0.450 sec
V 168478 kg
I 1
R 4.0
Ωo 2.5
Cd 4.0
Sa 0.136 g
W 4955244 kg
H 22.50 m
k 1.00

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ωo	Cd			
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง (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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (Fx) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

w_x

h_i และ h_x

k

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

คือ ตัวประกอบกระจายแรงในแนวดิ่ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx ⁴	F _{EQ-X}	F _{EQ-Y}
STORY10	1.95	24.45	34544	3201	2668	34544	3201	0	37745	922869	2922	2922
STORY9	2.8	22.50	276070	38068	37534	241526	34867	0	276392	6218825	19691	19691
STORY8	2.8	19.70	679743	214886	189654	403674	176818	0	580492	11435692	36209	36209
STORY7	2.8	16.90	1083417	391705	341774	403674	176818	0	580492	9810314	31063	31063
STORY6	2.8	14.10	1487090	568523	478682.3	403674	176818	0	580492	8184937	25916	25916
STORY5	2.8	11.30	1890764	745341	600378	403674	176818	0	580492	6559559	20770	20770
STORY4	2.8	8.50	2294438	922160	706862	403674	176818	0	580492	4934182	15623	15623
STORY3	2.8	5.70	2698111	1098978	798134	403674	176818	0	580492	3308804	10477	10477
STORY2	2.8	2.90	3135008	1275796	874194	436897	176818	0	613715	1779775	5635	5635
STORY1	0.1	0.10	3502948	1452295	1028084	367940	176499	0	544439	54444	172	172

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_o)

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

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

ในแนวแกน X	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน Y	0.000100	0.000010
ค่าที่ยอมให้	0.000100	0.000500
	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Hi	Wind (Max Drift = 0.0001)										Earthquake (Max Drift = 0.0004)							
		SL1	SL2	SL3	SL4	SL5	SL6	SL7	SL8	SL9	SL10	SL11	SL12	SL13	SL14	SL15	SL16	SL17	SL18
STORY10	1.95	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
STORY9	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
STORY8	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
STORY7	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
STORY6	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
STORY5	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
STORY4	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
STORY3	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
STORY2	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
STORY1	0.1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

Story	Hi	SLS1	SLS2	Wind (Max Drift = 0.0001)								Earthquake (Max Drift = 0.0004)							
				SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18
STORY10	1.95	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
STORY9	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
STORY8	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
STORY7	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
STORY6	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
STORY5	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
STORY4	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
STORY3	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
STORY2	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
STORY1	0.1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002

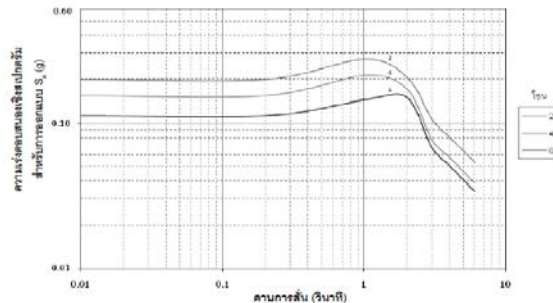
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองสเปกตรัมเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแห่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1s)$	$S_a(0.2s)$	$S_a(1s)$	$S_a(2s)$	$S_a(3s)$	$S_a(4s)$	$S_a(5s)$	$S_a(6s)$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และมีค่าตัวประกอบความสำคัญ $I = 1.00$

3. ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{Ds}

ค่า S_{Ds}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{Ds} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{Ds} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{Ds} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{Ds}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการ ออกแบบต้านทาน แผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิต เทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการ ตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การ ตอบสนองแบบ ประวิติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
1.2D+1.0L+1.0E	1.0D+0.7E
0.9D+1.0E	1.0D+0.525E+0.75L
	0.6D+0.7E

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต
การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ
ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด
(Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
เพื่อดำเนินการสันนิษฐานของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้าง
ต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Earthquake Forces

$V = CsW$

$Cs = Sa (I/R)$

0.034

$T = 0.02 H$

$T (Model) = 0.0404 \text{ sec}$

$T (use) = 0.450 \text{ sec}$

$V = 181078 \text{ kg}$

$I = 1$

$R = 4.0$

$\Omega_o = 2.5$

$Cd = 4.0$

$Sa = 0.136 \text{ g}$

$w = 5325811 \text{ kg}$

$H = 22.50 \text{ m}$

$k = 1.00$

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการ ออกแบบ ต้านทานแรง แผ่นดินไหว		
		R	Ω_o	C_d			
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนัก บรรทุกทุกแนวตั้ง (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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ
แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (F_x) จะต้องคำนวณจาก

$F_x = C_{vx}V$ (3.4-1)

โดยที่ C_{vx}

w_x

h_i และ h_x

k

คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

และ $C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$ (3.4-2)

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx ³	F _{eq-x}	F _{eq-y}
STORY10	2.8	25.30	28048	1289	21482	28048	1289	0	29337	742234	2195	2195
STORY9	2.8	22.50	573901	73565	51597	545853	72276	0	618128	13907889	41125	41125
STORY8	2.8	19.70	1000988	233354	184838	427087	159790	0	586877	11561477	34187	34187
STORY7	2.8	16.90	1428076	393144	318079	427087	159790	0	586877	9918222	29328	29328
STORY6	2.8	14.10	1855163	552934	438785.97	427087	159790	0	586877	8274966	24469	24469
STORY5	2.8	11.30	2282250	712723	546959	427087	159790	0	586877	6631710	19610	19610
STORY4	2.8	8.50	2709338	872513	642597	427087	159790	0	586877	4988455	14751	14751
STORY3	2.8	5.70	3136425	1032303	725701	427087	159790	0	586877	3345199	9892	9892
STORY2	2.8	2.90	3602229	1192092	796271	465804	159790	0	625593	1814221	5365	5365
STORY1	0.1	0.10	4016767	1309044	1195762.4	414538	116952	0	531490	53149	157	157

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_d)

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

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

ในแนวแกน X	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน Y	0.000006	0.000010
ค่าที่ยอมให้	0.000079	0.000086
	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Height	Wind (Max Drift = 0.00006)										Earthquake (Max Drift = 0.00010)							
		SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18
STORY10	2.8	0.00002	0.00004	0.00002	0.00006	0.00004	0.00004	0.00001	0.00006	0.00003	0.00004	0.00000	0.00007	0.00003	0.00004	0.00003	0.00006	0.00001	0.00002
STORY9	2.8	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00002	0.00006	0.00004	0.00004	0.00002	0.00005	0.00002	0.00002
STORY8	2.8	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00002	0.00007	0.00004	0.00004	0.00003	0.00006	0.00002	0.00002
STORY7	2.8	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00004	0.00003	0.00004	0.00003	0.00008	0.00004	0.00004	0.00004	0.00007	0.00002	0.00002
STORY6	2.8	0.00004	0.00004	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005	0.00003	0.00005	0.00003	0.00004	0.00004	0.00008	0.00004	0.00004	0.00005	0.00008	0.00002	0.00002
STORY5	2.8	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005	0.00003	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00009	0.00005	0.00005	0.00006	0.00008	0.00002	0.00003
STORY4	2.8	0.00005	0.00005	0.00004	0.00006	0.00005	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00005	0.00004	0.00010	0.00005	0.00005	0.00006	0.00009	0.00003	0.00003
STORY3	2.8	0.00005	0.00006	0.00005	0.00006	0.00005	0.00006	0.00004	0.00006	0.00004	0.00005	0.00006	0.00010	0.00005	0.00006	0.00006	0.00009	0.00003	0.00003
STORY2	2.8	0.00002	0.00002	0.00003	0.00001	0.00002	0.00002	0.00003	0.00002	0.00002	0.00002	0.00007	0.00006	0.00005	0.00001	0.00009	0.00008	0.00002	0.00000
STORY1	0.1	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	0.00002	0.00001	0.00000	0.00000	0.00006	0.00005	0.00001	0.00000	0.00007	0.00007	0.00001	0.00000

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

Story	Height	Wind (Max Drift = 0.00079)										Earthquake (Max Drift = 0.00086)									
		SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18		
STORY10	2.8	0.00042	0.00050	0.00048	0.00048	0.00032	0.00065	0.00043	0.00043	0.00021	0.00065	0.00047	0.00049	0.00018	0.00078	0.00024	0.00027	0.00015	0.00065		
STORY9	2.8	0.00050	0.00058	0.00056	0.00056	0.00040	0.00071	0.00050	0.00050	0.00029	0.00071	0.00055	0.00057	0.00028	0.00083	0.00028	0.00031	0.00019	0.00067		
STORY8	2.8	0.00050	0.00058	0.00056	0.00056	0.00040	0.00072	0.00050	0.00050	0.00029	0.00072	0.00055	0.00057	0.00028	0.00084	0.00029	0.00032	0.00021	0.00068		
STORY7	2.8	0.00051	0.00059	0.00057	0.00057	0.00040	0.00073	0.00051	0.00051	0.00029	0.00073	0.00056	0.00058	0.00028	0.00085	0.00029	0.00032	0.00022	0.00068		
STORY6	2.8	0.00052	0.00060	0.00058	0.00058	0.00041	0.00075	0.00052	0.00052	0.00030	0.00074	0.00057	0.00059	0.00030	0.00086	0.00029	0.00033	0.00022	0.00068		
STORY5	2.8	0.00053	0.00062	0.00059	0.00060	0.00043	0.00076	0.00053	0.00053	0.00031	0.00075	0.00058	0.00061	0.00033	0.00086	0.00030	0.00034	0.00020	0.00067		
STORY4	2.8	0.00054	0.00063	0.00061	0.00061	0.00046	0.00076	0.00054	0.00055	0.00034	0.00075	0.00060	0.00062	0.00037	0.00085	0.00031	0.00035	0.00017	0.00065		
STORY3	2.8	0.00058	0.00067	0.00065	0.00065	0.00051	0.00079	0.00058	0.00058	0.00040	0.00076	0.00063	0.00066	0.00044	0.00086	0.00033	0.00037	0.00012	0.00063		
STORY2	2.8	0.00021	0.00025	0.00025	0.00024	0.00016	0.00033	0.00022	0.00021	0.00010	0.00033	0.00024	0.00024	0.00013	0.00036	0.00013	0.00013	0.00012	0.00028		
STORY1	0.1	0.00002	0.00003	0.00003	0.00002	0.00004	0.00007	0.00002	0.00002	0.00006	0.00008	0.00003	0.00002	0.00008	0.00009	0.00002	0.00001	0.00011	0.00011		

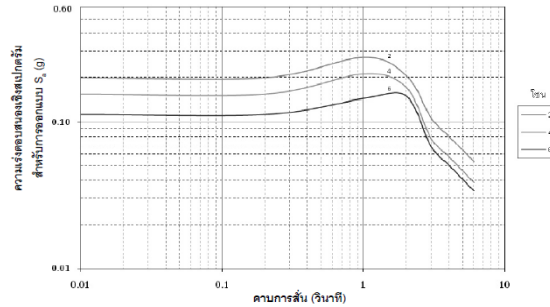
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในแห่งกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1 \text{ s})$	$S_a(0.2 \text{ s})$	$S_a(1 \text{ s})$	$S_a(2 \text{ s})$	$S_a(3 \text{ s})$	$S_a(4 \text{ s})$	$S_a(5 \text{ s})$	$S_a(6 \text{ s})$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างอื่นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และ มีค่าตัวประกอบความสำคัญ $I = 1.00$

3. ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{Ds}

ค่า S_{Ds}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{Ds} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{Ds} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{Ds} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{Ds}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
$1.2D+1.0L+1.0E$	$1.0D+0.7E$
$0.9D+1.0E$	$1.0D+0.525E+0.75L$
	$0.6D+0.7E$

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต

การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ

ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

Earthquake Forces

V = CsW
Cs = Sa (VR)
0.0453333
T = 0.02 H
T (Model) 0.049 sec
T (use) 0.450 sec
V 203108 kg
I 1
R 3.0
Ωo 2.5
Cd 3.0
Sa 0.136 g
w 6686196 kg
H 22.50 m
k 1.00

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ωo	Cd			
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง (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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (Fx) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

w_x

h_i และ h_x

k

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

คือ ตัวประกอบกระจายในแนวดิ่ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx ² h ³	F _{EQ-X}	F _{EQ-Y}
STORY10	1.95	24.45	24261	2888	2406	24261	2888	0	27149	663787	2855	2855
STORY9	2.8	22.50	336779	54620	58470	312517	51732	0	364250	8195623	35248	35248
STORY8	2.8	19.70	882831	314469	276119	546053	259849	0	805901	15876251	68282	68282
STORY7	2.8	16.90	1428884	432944	493768	546053	118476	0	664528	11230528	48301	48301
STORY6	2.8	14.10	1974936	696043	687304.2	546053	263099	0	809151	11409036	49069	49069
STORY5	2.8	11.30	2520989	955892	861423	546053	259849	0	805901	9106682	39167	39167
STORY4	2.8	8.50	3067041	1211409	1014740	546053	255517	0	801570	6813341	29303	29303
STORY3	2.8	5.70	3613094	1471257	1145329	546053	259849	0	805901	4593636	19757	19757
STORY2	2.8	2.90	4219999	1731106	1254153	606905	259849	0	866753	2513585	10811	10811

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_e)

ลักษณะโครงสร้าง	ประเภทความสำคัญของอาคาร		
	I หรือ II	III	IV
โครงสร้างที่ไม่ใช่ผนังอิฐก่อรับแรงเฉือนและสูงไม่เกิน 4 ชั้น ซึ่งผนังภายใน ฉากกั้นห้อง ฝ้าเพดาน และผนังภายนอกถูกออกแบบให้สามารถทนต่อการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นได้มาก	$0.025h_{xx}$	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่นจากฐานรองรับ	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่น ๆ	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$
โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$	$0.010h_{xx}$

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน X	0.000100	0.000230
ในแนวแกน Y	0.000200	0.000700
ค่าที่ยอมให้	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Hi	SLS1	SLS2	Wind (Max Drift = 0.0002)								Earthquake (Max Drift = 0.0023)							
				SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18
STORY10	1.95	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0003	0.0004	0.0010	0.0003	0.0001	0.0002	0.0010	0.0007
STORY9	2.8	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0005	0.0007	0.0021	0.0009	0.0001	0.0005	0.0023	0.0017
STORY8	2.8	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0005	0.0007	0.0021	0.0009	0.0001	0.0005	0.0023	0.0017
STORY7	2.8	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0005	0.0007	0.0021	0.0009	0.0001	0.0005	0.0023	0.0017
STORY6	2.8	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0005	0.0007	0.0020	0.0009	0.0001	0.0005	0.0022	0.0016
STORY5	2.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0004	0.0007	0.0019	0.0008	0.0001	0.0005	0.0021	0.0016
STORY4	2.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0004	0.0006	0.0018	0.0007	0.0001	0.0004	0.0019	0.0014
STORY3	2.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0004	0.0006	0.0016	0.0006	0.0001	0.0004	0.0017	0.0012
STORY2	2.8	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0003	0.0009	0.0005	0.0001	0.0002	0.0011	0.0008
STORY1	0.1	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0006	0.0006	0.0004	0.0009	0.0003	0.0003	0.0007	0.0010

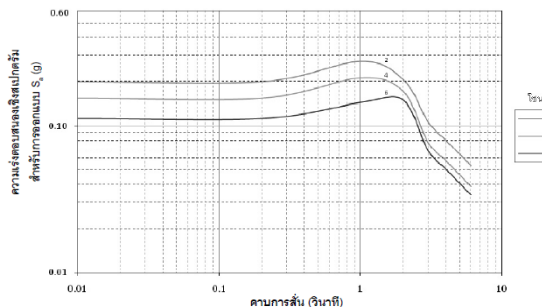
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1 \text{ s})$	$S_a(0.2 \text{ s})$	$S_a(1 \text{ s})$	$S_a(2 \text{ s})$	$S_a(3 \text{ s})$	$S_a(4 \text{ s})$	$S_a(5 \text{ s})$	$S_a(6 \text{ s})$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และมีค่าตัวประกอบความสำคัญ $I = 1.00$

3. ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{Ds}

ค่า S_{Ds}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{Ds} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{Ds} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{Ds} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{Ds}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
$1.2D+1.0L+1.0E$	$1.0D+0.7E$
$0.9D+1.0E$	$1.0D+0.525E+0.75L$
	$0.6D+0.7E$

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต
การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ
ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้าง ต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

Earthquake Forces

V = CsW
Cs = Sa (WR)
0.033
T = 0.02 H
T (Model) 0.029 sec
T (use) 0.282 sec
V 188239 kg
I 1
R 4.0
Ωo 2.5
Cd 4.0
Sa 0.132 g
w 5704201 kg
H 14.10 m
k 1.00

Page 1

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการ ออกแบบ ต้านทานแรง แผ่นดินไหว		
		R	Ωo	Cd			
					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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (Fx) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

w_x

h_i และ h_x

k

$$\text{และ } C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5 \text{ วินาที}$

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx ^k	F _{eq-X}	F _{eq-Y}
STORY6	2.8	14.10	117011	19979	52399	117011	19979	0	136990	1931561	14701	14701
STORY5	2.8	11.30	338994	125470	129455	338994	125470	0	464464	5248442	39946	39946
STORY4	2.8	8.50	560978	230960	198424	560978	230960	0	791938	6731471	51234	51234
STORY3	2.8	5.70	782961	336450	259305.5	782961	336450	0	1119412	6380646	48564	48564
STORY2	2.8	2.90	1029822	441941	312100	1029822	441941	0	1471762	4268110	32485	32485
STORY1	0.8	0.10	1203063	516572	413254	1203063	516572	0	1719636	171964	1309	1309

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_e)

ลักษณะโครงสร้าง	ประเภทความสำคัญของอาคาร		
	I หรือ II	III	IV
โครงสร้างที่ไม่ใช่ผนังอิฐก่อรับแรงเฉือนและสูงไม่เกิน 4 ชั้น ซึ่งผนังภายใน ฉากกั้นห้อง ฝ้าเพดาน และผนังภายนอกถูกออกแบบให้สามารถทนต่อการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นได้มาก	$0.025h_{xx}$	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่นจากฐานรองรับ	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่น ๆ	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$
โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$	$0.010h_{xx}$

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน X	0.000100	0.000300
ในแนวแกน Y	0.000100	0.000600
ค่าที่ยอมให้	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

	Story	Hi	Wind (Max Drift = 0.0001)										Earthquake (Max Drift = 0.0006)									
			SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18		
	STORY6	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0005	0.0003	0.0002	0.0006	0.0006		
	STORY5	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0005	0.0003	0.0003	0.0006	0.0006		
	STORY4	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0006		
	STORY3	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005		
	STORY2	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004		
	STORY1	3.15	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003	0.0003		

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

			Wind (Max Drift = 0.0001)										Earthquake (Max Drift = 0.0006)									
			SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18		
	Story	Hi																				
	STORY6	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0005	0.0003	0.0002	0.0006	0.0006		
	STORY5	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0005	0.0003	0.0003	0.0006	0.0006		
	STORY4	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0006	0.0006		
	STORY3	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005		
	STORY2	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004		
	STORY1	3.15	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003		

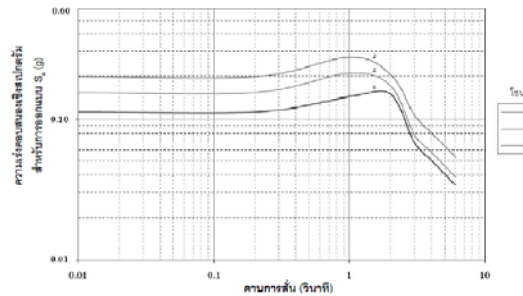
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1 \text{ s})$	$S_a(0.2 \text{ s})$	$S_a(1 \text{ s})$	$S_a(2 \text{ s})$	$S_a(3 \text{ s})$	$S_a(4 \text{ s})$	$S_a(5 \text{ s})$	$S_a(6 \text{ s})$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเมินความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างอื่นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และมีค่าตัวประกอบความสำคัญ I = 1.00

3. ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{DS} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
1.2D+1.0L+1.0E	1.0D+0.7E
0.9D+1.0E	1.0D+0.525E+0.75L
	0.6D+0.7E

โดยที่
E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต
การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ
ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Earthquake Forces	
V =	CsW
Cs =	Sa (VR)
	0.0325
T =	0.02 H
T (Model)	0.031 sec
T (use)	0.282 sec
V	166678 kg
I	1
R	4.0
Ω_0	2.5
Cd	4.0
Sa	0.13 g
w	5128561 kg
H	14.10 m
k	1.00

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_0	C_d			
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง (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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (Fx) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

w_x

h_i และ h_x

k

$$\text{และ } C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวตั้ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx*	F _{EQ-X}	F _{EQ-Y}
STORY7	1.95	16.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STORY6	2.8	14.10	136887	0	56673	136887	0	0	136887	1930107	14364	14364
STORY5	2.8	11.30	365843	62516	176959	365843	62516	0	428360	4840464	36023	36023
STORY4	2.8	8.50	594800	118972	297246	594800	118972	0	713772	6067060	45152	45152
STORY3	2.8	5.70	823756	169368	414324.1	823756	169368	0	993124	5660804	42128	42128
STORY2	2.8	2.90	1076480	213703	534611	1076480	213703	0	1290182	3741528	27845	27845
STORY1	0.1	0.10	1276205	290032	641976	1276205	290032	0	1566237	156624	1166	1166

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_e)

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

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน X	0.000100	0.000300
ในแนวแกน Y	0.000100	0.000700
ค่าที่ยอมให้	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Hi	Wind (Max Drift = 0.0001)										Earthquake (Max Drift = 0.0003)									
		SL S1	SL S2	SL S3	SL S4	SL S5	SL S6	SL S7	SL S8	SL S9	SL S10	SL S11	SL S12	SL S13	SL S14	SL S15	SL S16	SL S17	SL S18		
STORY6	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002		
STORY5	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002		
STORY4	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002		
STORY3	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002		
STORY2	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002		
STORY1	0.1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002		

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

Story	Hi	SLS1	SLS2	Wind (Max Drift = 0.0001)								Earthquake (Max Drift = 0.0007)							
				SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18
STORY6	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005	0.0002	0.0002	0.0007	0.0007
STORY5	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005	0.0002	0.0002	0.0007	0.0007
STORY4	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005	0.0002	0.0002	0.0007	0.0007
STORY3	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	0.0005	0.0004	0.0002	0.0002	0.0007	0.0006
STORY2	2.8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0004	0.0004	0.0002	0.0002	0.0006	0.0005
STORY1	0.1	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0006	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	0.0002	0.0004	0.0004

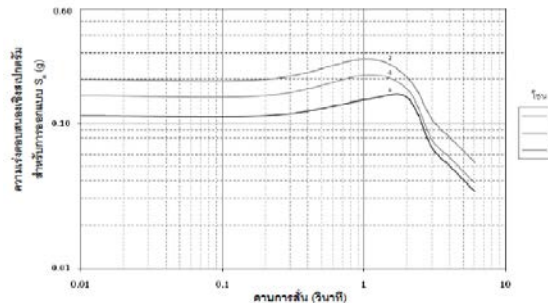
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1 \text{ s})$	$S_a(0.2 \text{ s})$	$S_a(1 \text{ s})$	$S_a(2 \text{ s})$	$S_a(3 \text{ s})$	$S_a(4 \text{ s})$	$S_a(5 \text{ s})$	$S_a(6 \text{ s})$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และมีค่าตัวประกอบความสำคัญ $I = 1.00$

3. ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{Ds}

ค่า S_{Ds}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{Ds} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{Ds} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{Ds} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{Ds}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบด้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการ ออกแบบด้านทาน แผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิต เทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการ ตอบสนองแบบโหมด ค	วิธีวิเคราะห์การ ตอบสนองแบบ ประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
1.2D+1.0L+1.0E	1.0D+0.7E
0.9D+1.0E	1.0D+0.525E+0.75L
	0.6D+0.7E

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต
การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ
ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด
(Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
เพื่อดำเนินการสันนิษฐานของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้าง
ต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Earthquake Forces

V = CsW
Cs = Sa (I/R)
0.034
T = 0.02 H
T (Model) 0.0456 sec
T (use) 0.450 sec
V 275752 kg
I 1
R 4.0
Ωo 2.5
Cd 4.0
Sa 0.136 g
w 8110339 kg
H 22.50 m
k 1.00

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการ ออกแบบ ต้านทานแรง แผ่นดินไหว		
		R	Ωo	Cd			
					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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	√	√	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ
แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (Fx) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

w_x

h_i และ h_x

k

$$\text{และ } C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5$ วินาที

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx ^k	F _{EQ-X}	F _{EQ-Y}
STORY10	2.8	25.30	47045	3450	1438	47045	3450	0	50495	1277517	4102	4102
STORY9	2.8	22.50	396931	141017	227198	349886	137567	0	487453	10967685	35215	35215
STORY8	2.8	19.70	1001360	461900	464925	604430	320883	0	925313	18228663	58528	58528
STORY7	2.8	16.90	1605790	782783	702652	604430	320883	0	925313	15637787	50210	50210
STORY6	2.8	14.10	2210220	1103666	916606.81	604430	320883	0	925313	13046911	41891	41891
STORY5	2.8	11.30	2814649	1424550	1106789	604430	320883	0	925313	10456035	33572	33572
STORY4	2.8	8.50	3419079	1745433	1273198	604430	320883	0	925313	7865159	25253	25253
STORY3	2.8	5.70	4026202	2066825	1416038	607124	321392	0	928516	5292542	16993	16993
STORY2	2.8	2.90	4748683	2383207	1533401	722481	316382	0	1038863	3012702	9673	9673
STORY1	0.1	0.10	5377812	2732527	1720606.3	629129	349319	0	978448	97846	314	314
			SUM	16527390	5377812	2732527	0	8110339	85882845	275752	275752	

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_d)

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

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

ในแนวแกน X

ในแนวแกน Y

ค่าที่ยอมให้

Wind load case

0.00012

0.00045

0.002

OK

Earthquake load case

0.00015

0.00046

0.020

OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Height	Wind (Max Drift = 0.000122)										Earthquake (Max Drift = 0.000146)									
		SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18		
STORY10	2.8	0.000014	0.000016	0.000013	0.000018	0.000015	0.000016	0.000011	0.000017	0.000013	0.000015	0.000011	0.000020	0.000021	0.000032	0.000010	0.000019	0.000022	0.000030		
STORY9	2.8	0.000096	0.000127	0.000118	0.000120	0.000122	0.000117	0.000094	0.000097	0.000099	0.000092	0.000112	0.000126	0.000131	0.000107	0.000048	0.000067	0.000127	0.000124		
STORY8	2.8	0.000058	0.000076	0.000065	0.000078	0.000058	0.000085	0.000050	0.000066	0.000040	0.000076	0.000074	0.000069	0.000078	0.000146	0.000038	0.000032	0.000106	0.000134		
STORY7	2.8	0.000018	0.000022	0.000014	0.000028	0.000017	0.000037	0.000009	0.000028	0.000019	0.000040	0.000024	0.000019	0.000076	0.000108	0.000022	0.000018	0.000105	0.000126		
STORY6	2.8	0.000025	0.000031	0.000022	0.000037	0.000016	0.000043	0.000015	0.000035	0.000009	0.000043	0.000028	0.000030	0.000067	0.000105	0.000025	0.000023	0.000104	0.000124		
STORY5	2.8	0.000024	0.000029	0.000030	0.000032	0.000027	0.000034	0.000024	0.000031	0.000021	0.000035	0.000043	0.000042	0.000064	0.000099	0.000033	0.000034	0.000100	0.000118		
STORY4	2.8	0.000052	0.000058	0.000053	0.000060	0.000059	0.000055	0.000047	0.000056	0.000055	0.000055	0.000052	0.000073	0.000077	0.000112	0.000031	0.000053	0.000097	0.000115		
STORY3	2.8	0.000008	0.000010	0.000006	0.000015	0.000007	0.000019	0.000006	0.000016	0.000007	0.000021	0.000021	0.000020	0.000048	0.000067	0.000024	0.000023	0.000072	0.000081		
STORY2	2.8	0.000003	0.000003	0.000005	0.000008	0.000003	0.000009	0.000005	0.000009	0.000005	0.000011	0.000015	0.000013	0.000031	0.000038	0.000018	0.000017	0.000044	0.000048		
STORY1	0.1	0.000089	0.000104	0.000097	0.000096	0.000099	0.000095	0.000091	0.000087	0.000089	0.000090	0.000100	0.000094	0.000100	0.000110	0.000061	0.000054	0.000062	0.000075		

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

Wind (Max Drift = 0.000449)										Earthquake (Max Drift = 0.000464)									
Story	Height	SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18
STORY10	2.8	0.000009	0.000018	0.000016	0.000015	0.000007	0.000026	0.000009	0.000008	0.000014	0.000022	0.000024	0.000007	0.000033	0.000064	0.000016	0.000006	0.000059	0.000070
STORY9	2.8	0.000359	0.000477	0.000446	0.000449	0.000449	0.000446	0.000357	0.000362	0.000361	0.000358	0.000451	0.000444	0.000441	0.000464	0.000220	0.000211	0.000288	0.000296
STORY8	2.8	0.000068	0.000081	0.000076	0.000080	0.000079	0.000106	0.000066	0.000071	0.000071	0.000103	0.000096	0.000073	0.000151	0.000231	0.000065	0.000040	0.000231	0.000272
STORY7	2.8	0.000051	0.000065	0.000054	0.000069	0.000038	0.000105	0.000040	0.000061	0.000053	0.000109	0.000090	0.000037	0.000194	0.000255	0.000068	0.000031	0.000268	0.000289
STORY6	2.8	0.000044	0.000056	0.000047	0.000059	0.000029	0.000088	0.000036	0.000052	0.000038	0.000090	0.000077	0.000030	0.000154	0.000228	0.000058	0.000024	0.000236	0.000273
STORY5	2.8	0.000053	0.000062	0.000058	0.000062	0.000064	0.000087	0.000050	0.000055	0.000058	0.000093	0.000074	0.000053	0.000174	0.000226	0.000060	0.000031	0.000242	0.000264
STORY4	2.8	0.000260	0.000304	0.000295	0.000291	0.000294	0.000298	0.000263	0.000259	0.000262	0.000267	0.000297	0.000302	0.000314	0.000311	0.000165	0.000168	0.000205	0.000232
STORY3	2.8	0.000016	0.000023	0.000021	0.000023	0.000030	0.000048	0.000016	0.000022	0.000027	0.000055	0.000040	0.000019	0.000114	0.000150	0.000038	0.000020	0.000167	0.000185
STORY2	2.8	0.000012	0.000018	0.000017	0.000016	0.000017	0.000026	0.000013	0.000012	0.000019	0.000031	0.000022	0.000019	0.000073	0.000088	0.000023	0.000015	0.000103	0.000111
STORY1	0.1	0.000120	0.000161	0.000150	0.000148	0.000159	0.000139	0.000120	0.000119	0.000131	0.000108	0.000151	0.000148	0.000171	0.000127	0.000070	0.000074	0.000144	0.000052

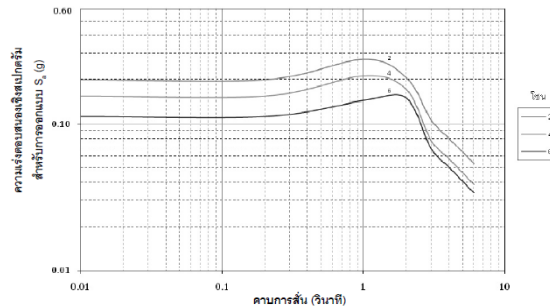
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในกรุงเทพ (หน่วยเป็น g)

โซน	$S_a(0.1 \text{ s})$	$S_a(0.2 \text{ s})$	$S_a(1 \text{ s})$	$S_a(2 \text{ s})$	$S_a(3 \text{ s})$	$S_a(4 \text{ s})$	$S_a(5 \text{ s})$	$S_a(6 \text{ s})$
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า $S_{DS} = 0.126$ และ $S_{D1} = 0.158$

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และมีค่าตัวประกอบความสำคัญ $I = 1.00$

3. ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{DS} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิตเทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การตอบสนองแบบประวัตินเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
$1.2D+1.0L+1.0E$	$1.0D+0.7E$
$0.9D+1.0E$	$1.0D+0.525E+0.75L$
	$0.6D+0.7E$

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต
การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ
ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Earthquake Forces

V = CsW
Cs = Sa (I/R)
0.04533333
T = 0.02 H
T (Model) 0.315 sec
T (use) 0.450 sec
V 407182 kg
I 1
R 3.0
Ωo 2.5
Cd 3.0
Sa 0.136 g
w 8981964 kg
H 22.50 m
k 1.00

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ωo	Cd			
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง (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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความเหนียวปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (Fx) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง

w_x

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

h_i และ h_x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

k

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$k = 1.0$ เมื่อ $T \leq 0.5$ วินาที

$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$ เมื่อ $0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$

$k = 2.0$ เมื่อ $T \geq 2.5 \text{ วินาที}$

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx ^k	F _{ee-x}	F _{ee-y}
STORY10	1.95	24.45	58140	113789	5689	58140	113789	0	171929	4203669	12019	12019
STORY9	2.8	22.50	871209	182838	90342	813069	69048	0	882117	19847643	56746	56746
STORY8	2.8	19.70	1492754	479332	334472	621545	296494	0	918039	18085377	51708	51708
STORY7	2.8	16.90	2124401	775826	578602	631646	296494	0	928140	15685573	44846	44846
STORY6	2.8	14.10	2756047	1072320	798318.95	631646	296494	0	928140	13086780	37416	37416
STORY5	2.8	11.30	3387693	1368814	993623	631646	296494	0	928140	10487987	29986	29986
STORY4	2.8	8.50	4019339	1665309	1164514	631646	296494	0	928140	7889194	22556	22556
STORY3	2.8	5.70	4650986	1961803	1310992	631646	296494	0	928140	5290400	15126	15126
STORY2	2.8	2.90	5311686	2258297	1430680	660701	296494	0	957195	2775865	7936	7936
STORY1	0.1	0.10	5984577	2561982	1674790.1	672891	303685	0	976576	97658	279	279

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_d)

ลักษณะโครงสร้าง	ประเภทความสำคัญของอาคาร		
	I หรือ II	III	IV
โครงสร้างที่ไม่ใช่ผนังอิฐก่อรับแรงเฉือนและสูงไม่เกิน 4 ชั้น ซึ่งผนังภายใน จากกันห้อง ฝ้าเพดาน และผนังภายนอกถูกออกแบบให้สามารถทนต่อการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นได้มาก	$0.025h_{xx}$	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่นจากฐานรองรับ	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่น ๆ	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$
โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$	$0.010h_{xx}$

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

ในแนวแกน X	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน Y	0.00005	0.00018
ค่าที่ยอมให้	0.00011	0.00042
	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Hi	SLS1	SLS2	Wind (Max Drift = 0.00005)						Earthquake (Max Drift = 0.0008)									
				SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18
STORY9	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00004	0.00002	0.00002	0.00001	0.00005	0.00003	0.00011	0.00001	0.00016	0.00006	0.00011	0.00005	0.00018	0.00012
STORY8	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00004	0.00002	0.00002	0.00000	0.00005	0.00003	0.00011	0.00002	0.00016	0.00006	0.00012	0.00006	0.00018	0.00012
STORY7	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00000	0.00004	0.00002	0.00002	0.00000	0.00005	0.00003	0.00011	0.00003	0.00014	0.00007	0.00012	0.00007	0.00016	0.00012
STORY6	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00000	0.00004	0.00002	0.00002	0.00000	0.00005	0.00003	0.00011	0.00004	0.00013	0.00007	0.00012	0.00008	0.00015	0.00011
STORY5	2.8	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	0.00003	0.00002	0.00002	0.00000	0.00004	0.00003	0.00010	0.00005	0.00011	0.00006	0.00011	0.00008	0.00013	0.00010
STORY4	2.8	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000	0.00003	0.00002	0.00001	0.00001	0.00003	0.00003	0.00008	0.00006	0.00008	0.00006	0.00010	0.00008	0.00010	0.00009
STORY3	2.8	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002	0.00006	0.00006	0.00005	0.00005	0.00008	0.00008	0.00007	0.00007
STORY2	2.8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00002	0.00000	0.00001	0.00001	0.00002	0.00004	0.00007	0.00002	0.00004	0.00006	0.00008	0.00003	0.00005

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

Story	Hi	Wind (Max Drift = 0.00011)										Earthquake (Max Drift = 0.00044)									
		SLS1	SLS2	SLS3	SLS4	SLS5	SLS6	SLS7	SLS8	SLS9	SLS10	SLS11	SLS12	SLS13	SLS14	SLS15	SLS16	SLS17	SLS18		
STORY9	2.8	0.00002	0.00002	0.00003	0.00001	0.00009	0.00005	0.00003	0.00001	0.00011	0.00008	0.00016	0.00003	0.00036	0.00023	0.00017	0.00009	0.00043	0.00035		
STORY8	2.8	0.00002	0.00002	0.00003	0.00001	0.00009	0.00006	0.00003	0.00000	0.00011	0.00008	0.00016	0.00004	0.00036	0.00024	0.00016	0.00009	0.00044	0.00036		
STORY7	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00000	0.00008	0.00006	0.00003	0.00000	0.00011	0.00008	0.00014	0.00004	0.00035	0.00024	0.00016	0.00010	0.00042	0.00036		
STORY16	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00000	0.00008	0.00006	0.00003	0.00001	0.00010	0.00008	0.00013	0.00005	0.00032	0.00024	0.00014	0.00010	0.00040	0.00036		
STORY15	2.8	0.00001	0.00001	0.00002	0.00000	0.00007	0.00006	0.00002	0.00001	0.00009	0.00008	0.00011	0.00006	0.00028	0.00024	0.00012	0.00010	0.00036	0.00033		
STORY14	2.8	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00006	0.00006	0.00001	0.00001	0.00008	0.00008	0.00008	0.00006	0.00023	0.00022	0.00010	0.00009	0.00030	0.00030		
STORY13	2.8	0.00002	0.00002	0.00001	0.00002	0.00004	0.00005	0.00001	0.00002	0.00006	0.00007	0.00005	0.00007	0.00016	0.00019	0.00006	0.00008	0.00022	0.00024		
STORY2	2.8	0.00001	0.00001	0.00000	0.00001	0.00003	0.00004	0.00000	0.00001	0.00004	0.00005	0.00001	0.00006	0.00009	0.00015	0.00003	0.00006	0.00014	0.00018		

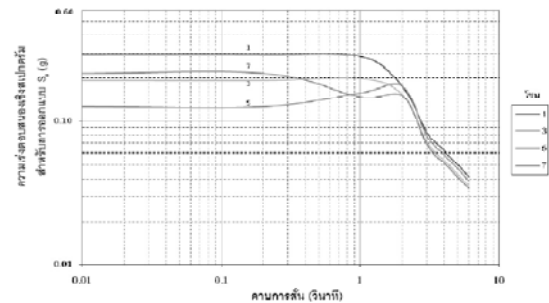
มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

โครงการ:

1. สเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับการออกแบบ [Sa]

พื้นที่แห่งกรุงเทพ

โซน 5



ตารางที่ 1.4-4 ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า
สำหรับพื้นที่ในโซนต่างๆ ของพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร (หน่วยเป็น g)

โซน	S _a (0.1 s)	S _a (0.2 s)	S _a (1 s)	S _a (2 s)	S _a (3 s)	S _a (4 s)	S _a (5 s)	S _a (6 s)
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

สรุป: อาคารนี้อยู่ในพื้นที่แห่งกรุงเทพ โซน 5 โดยมีค่า S_{DS} = 0.126 และ S_{D1} = 0.158

2. ประเภทความสำคัญของอาคาร

ประเภทความสำคัญ

ตัวประกอบความสำคัญ

- | | | |
|-----|--|------|
| I | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์
ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น
- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร
- อาคารชั่วคราว
- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ | 1.0 |
| II | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ
น้อย มาก และสูงมาก | 1.0 |
| III | อาคารและโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตราย
ต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น
- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน
- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน
- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน
- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถ
ทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ | 1.25 |
| IV | อาคารและโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน
หรือ อาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น
- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้
- โรงไฟฟ้า | 1.5 |

สรุป: เป็นอาคารที่มีประเภทความสำคัญประเภท II และมีค่าตัวประกอบความสำคัญ I = 1.00

3. ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1.6-1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{DS} < 0.167$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	ข	ข	ค
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	ค	ค	ง
$0.50 \leq S_{DS}$	ง	ง	ง

ตารางที่ 1.6-2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว		
	ประเภทความสำคัญ I หรือ II	ประเภทความสำคัญ III	ประเภทความสำคัญ IV
$S_{D1} < 0.067$	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)	ก (ไม่ต้องออกแบบ)
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	ข	ข	ค
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	ค	ค	ง
$0.20 \leq S_{D1}$	ง	ง	ง

สรุป: อาคารนี้เป็นประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวประเภท ค

4. วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ตารางที่ 2.7-1 วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อคำนวณผลของแรงแผ่นดินไหวที่อนุญาตให้ใช้ได้

ประเภทการ ออกแบบต้านทาน แผ่นดินไหว	ลักษณะโครงสร้าง	วิธีแรงสถิต เทียบเท่า	วิธีสเปกตรัมการ ตอบสนองแบบโหมด	วิธีวิเคราะห์การ ตอบสนองแบบ ประวัติเวลา
ข, ค	โครงสร้างอาคารทุกรูปแบบ	อนุญาต	อนุญาต	อนุญาต

สรุป: อาคารนี้สามารถใช้วิธีแรงสถิตเทียบเท่าในการวิเคราะห์โครงสร้างได้

5. การรวมผลของแรงแผ่นดินไหว กับน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง

วิธีกำลัง	วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้
$1.2D+1.0L+1.0E$	$1.0D+0.7E$
$0.9D+1.0E$	$1.0D+0.525E+0.75L$
	$0.6D+0.7E$

โดยที่ E คือ ผลที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหว (Seismic Load Effects) ตามที่คำนวณในมาตรฐานนี้
D คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)
L คือ ผลที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร

6. ต้องคำนึงถึง

การจัดรูปแบบเรขาคณิต

การกำหนดรายละเอียดชิ้นส่วนและรอยต่อ

ให้โครงสร้างมีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด

(Limited Ductility)

มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง
หรือมาตรฐานที่สภาวิศวกรรับรอง

สรุป: อาคารนี้มีรูปแบบเรขาคณิต และรายละเอียดโครงสร้างตาม มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง

7. รายละเอียดการคำนวณ แรงเฉือนที่ฐานอาคาร และ การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

7.1 แรงเฉือนที่ฐานอาคาร

Earthquake Forces

$V = C_s W$
 $C_s = S_a (I/R)$
 $T = 0.02 H$
 $T (\text{Model}) = 0.315 \text{ sec}$
 $T (\text{use}) = 0.450 \text{ sec}$
 $V = 137615 \text{ kg}$
 $I = 1$
 $R = 3.0$
 $\Omega_o = 2.5$
 $C_d = 3.0$
 $S_a = 0.136 g$
 $w = 3035631 \text{ kg}$
 $H = 22.50 \text{ m}$
 $k = 1.00$

ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็นระบบ

กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบธรรมดา (Ordinary Precast Shear Wall)

ระบบโครงสร้างโดยรวม	ระบบต้านแรงด้านข้าง	ค่าตัวประกอบ			ประเภทการออกแบบด้านทานแรงแผ่นดินไหว		
		R	Ω_o	C_d			
					ข	ค	ง
1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง (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
	กำแพงรับแรงเฉือนหล่อสำเร็จแบบที่มีการให้รายละเอียดความหนาปานกลาง (Intermediate Precast Shear Wall)	4	2.5	4	✓	✓	X

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใด ๆ ในแนวราบ (F_x) จะต้องคำนวณจาก

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.4-1)$$

โดยที่ C_{vx}

คือ ตัวประกอบการกระจายในแนวดิ่ง

คือ น้ำหนักโครงสร้างประสิทธิผลของชั้นที่ x

คือ ความสูงที่ระดับชั้น i และ x ตามลำดับ

คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง ซึ่งมีค่าดังนี้

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.4-2)$$

$$k = 1.0$$

$$\text{เมื่อ } T \leq 0.5 \text{ วินาที}$$

$$k = 1 + \frac{T - 0.5}{2}$$

$$\text{เมื่อ } 0.5 \text{ วินาที} < T < 2.5 \text{ วินาที}$$

$$k = 2.0$$

$$\text{เมื่อ } T \geq 2.5 \text{ วินาที}$$

7.2 การกระจายแรงเฉือนที่ฐานเป็นแรงกระทำทางด้านข้างต่ออาคารในชั้นต่างๆ

Story	Height	Elevation	DEAD	SDL	LIVE	DEAD	SDL	LIVE	Wx	Wx*hx ³	F _{ex-x}	F _{ex-y}
STORY10	1.95	24.45	58136	113789	5689	58136	113789	0	171925	4203562	12008	34
STORY9	2.8	22.50	861108	182838	90342	802972	69048	0	872021	19620469	57050	57050
STORY8	2.8	19.70	1492754	479332	334472	631646	296494	0	928140	18284367	53230	53230
STORY7	2.8	16.90	2124401	775826	578602	631646	296494	0	928140	15685573	45808	45808
STORY6	2.8	14.10	2756047	1072320	798318.95	631646	296494	0	928140	13086780	38373	38373
STORY5	2.8	11.30	3387693	1368814	993623	631646	296494	0	928140	10487987	30040	30040
STORY4	2.8	8.50	4019339	1665309	1164514	631646	296494	0	928140	7889194	22570	22570
STORY3	2.8	5.70	4650986	1961803	1310992	631646	296494	0	928140	5290400	15312	15312
STORY2	2.8	2.90	5311686	2258297	1430660	660701	296494	0	957195	2775865	7950	7950
STORY1	0.1	0.10	5974477	2561982	1674790.1	662791	303685	0	966476	96648	280	280

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I} \quad (3.7-1)$$

โดยที่ C_d คือ ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว ตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 2.3

δ_{xe} คือ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบที่จุดศูนย์กลางมวลของชั้น x เนื่องจากแรงสถิตเทียบเท่าที่ได้จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับระบบอีลาสติก

I คือ ตัวประกอบความสำคัญของอาคารตามข้อกำหนดในหัวข้อที่ 1.5

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

โดยที่

ตารางที่ 2.11-1 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_d)

ลักษณะโครงสร้าง	ประเภทความสำคัญของอาคาร		
	I หรือ II	III	IV
โครงสร้างที่ไม่ใช่ผนังอิฐก่อรับแรงเฉือนและสูงไม่เกิน 4 ชั้น ซึ่งผนังภายใน จากกันห้อง ฝ้าเพดาน และผนังภายนอกถูกออกแบบให้สามารถทนต่อการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นได้มาก	$0.025h_{xx}$	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่นจากฐานรองรับ	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$	$0.010h_{xx}$
โครงสร้างกำแพงอิฐก่อรับแรงเฉือนแบบอื่น ๆ	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$	$0.007h_{xx}$
โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด	$0.020h_{xx}$	$0.015h_{xx}$	$0.010h_{xx}$

จากการวิเคราะห์ ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น

ในแนวแกน X	Wind load case	Earthquake load case
ในแนวแกน Y	0.00004	0.00008
ค่าที่ยอมให้	0.00024	0.00058
	0.002	0.020
	OK	OK

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along X-direction

Story	Hi	SL51	SL52	Wind (Max Drift = 0.00004)								Earthquake (Max Drift = 0.00024)							
				SL53	SL54	SL55	SL56	SL57	SL58	SL59	SL60	SL511	SL512	SL513	SL514	SL515	SL516	SL517	SL518
STORY9	2.8	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00003	0.00000	0.00002	0.00001	0.00004	0.00002	0.00008	0.00011	0.00021	0.00002	0.00008	0.00018	0.00024
STORY8	2.8	0.00001	0.00001	0.00000	0.00002	0.00001	0.00003	0.00000	0.00002	0.00002	0.00004	0.00002	0.00008	0.00012	0.00020	0.00002	0.00008	0.00019	0.00024
STORY7	2.8	0.00001	0.00001	0.00000	0.00002	0.00001	0.00003	0.00000	0.00002	0.00002	0.00004	0.00002	0.00008	0.00012	0.00019	0.00004	0.00008	0.00019	0.00023
STORY6	2.8	0.00001	0.00001	0.00000	0.00001	0.00001	0.00003	0.00000	0.00002	0.00002	0.00003	0.00002	0.00007	0.00012	0.00018	0.00004	0.00008	0.00018	0.00021
STORY5	2.8	0.00001	0.00001	0.00000	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002	0.00003	0.00003	0.00006	0.00012	0.00015	0.00005	0.00007	0.00017	0.00019
STORY4	2.8	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00001	0.00002	0.00002	0.00004	0.00005	0.00011	0.00012	0.00006	0.00006	0.00015	0.00016
STORY3	2.8	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00005	0.00004	0.00009	0.00008	0.00006	0.00005	0.00012	0.00011
STORY2	2.8	0.00001	0.00001	0.00001	0.00000	0.00001	0.00000	0.00001	0.00000	0.00002	0.00001	0.00006	0.00004	0.00007	0.00003	0.00006	0.00004	0.00008	0.00006

8. การคำนวณค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น (Story Drift)

Lateral Forces along Y-direction

Story	Hi	Wind (Max Drift = 0.00008)										Earthquake (Max Drift = 0.00050)									
		SL51	SL52	SL53	SL54	SL55	SL56	SL57	SL58	SL59	SL60	SL61	SL62	SL63	SL64	SL65	SL66	SL67	SL68	SL69	SL70
STORY9	28	0.00002	0.00002	0.00001	0.00003	0.00004	0.00007	0.00001	0.00003	0.00005	0.00008	0.00003	0.00010	0.00034	0.00046	0.00001	0.00008	0.00050	0.00057		
STORY8	28	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00004	0.00007	0.00001	0.00003	0.00006	0.00008	0.00002	0.00009	0.00036	0.00046	0.00002	0.00008	0.00051	0.00058		
STORY7	28	0.00001	0.00001	0.00000	0.00002	0.00004	0.00006	0.00000	0.00003	0.00006	0.00008	0.00002	0.00008	0.00036	0.00045	0.00002	0.00007	0.00052	0.00056		
STORY6	28	0.00001	0.00001	0.00000	0.00002	0.00004	0.00006	0.00001	0.00002	0.00006	0.00008	0.00002	0.00006	0.00036	0.00042	0.00002	0.00006	0.00050	0.00054		
STORY5	28	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00004	0.00005	0.00001	0.00002	0.00006	0.00007	0.00001	0.00004	0.00034	0.00037	0.00003	0.00004	0.00047	0.00049		
STORY4	28	0.00000	0.00000	0.00001	0.00001	0.00004	0.00004	0.00001	0.00001	0.00006	0.00005	0.00003	0.00002	0.00032	0.00031	0.00003	0.00002	0.00042	0.00041		
STORY3	28	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00004	0.00003	0.00002	0.00001	0.00005	0.00004	0.00005	0.00006	0.00027	0.00022	0.00004	0.00003	0.00034	0.00031		
STORY2	28	0.00001	0.00001	0.00002	0.00001	0.00003	0.00001	0.00002	0.00000	0.00004	0.00002	0.00005	0.00003	0.00020	0.00013	0.00004	0.00001	0.00024	0.00020		