

ภาคผนวกที่ 10

รายการคำนวณโครงสร้างอาคารรองรับแผ่นดินไหว



ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม
ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. ๒๕๕๒



SITE83 CO.,LTD.

STRUCTURAL CALCULATION REPORT FOR EIA APPROVAL

RAM 43 CONDOMINIUM BY LALIN

SEPTEMBER, 2012

INTRODUCTION

This calculation is prepared for EIA approval of RAM 43 Condominium by LALIN. This report consists of:-

- Design criteria
- Structural model
- Modal analysis
- Seismic analysis
- Wind analysis

The RAM 43 Condominium by LALIN is 8 stories residential building. Bearing wall and column supporting bearing wall with transfer beam were applied for the structural system of this building. Lift core and stair wall were used as shear wall resists lateral loads and movements. The structure was modeled and analyzed by 3D finite element analysis program. Modal analysis was performed to determine the dynamic behavior for seismic analysis. By this modal analysis, the effect of irregular shape of structure can be determined. 10 mode shapes is shown in the report. Modal was combined by CQC method with directional combination of SRSS. Lateral loads for both seismic analysis and wind analysis were distributed into each floor diaphragm of the structure. Design criteria based on both Thai regulation and international standard.

DESIGN CRITERIA

DESIGN CRITERIA

DESIGN PRINCIPLE

- Stress Analysis of Members and plates.
- Structural members are modeled into 3D structural model and member stresses due to vertical and horizontal loads are calculated by stiffness matrix method.

1. COMPONENT DESIGN

Concrete members are designed based on ultimate strength design method of ACI-318-08.

Steel members are designed based on LRFD method of AISC-2005.

Precast members are designed based on PCI manual 6th edition.

2. MATERIAL PROPERTIES

2.1 Concrete

Compressive strength of concrete at 28 days, f_c'

Cast in-situ = 280 ksc

Precast = 350 ksc

Pile = 450 ksc

Unit weight of plain concrete = 2300 kg/m³

Unit weight of reinforced concrete = 2400 kg/m

2.2 Reinforcing Steel Bar

Yield strength of deformed bar, f_y (SD40) = 4000 ksc

Yield strength of round bar, f_y (SR24) = 2400 ksc

2.3 Soil

Unit weight of soil = 1.8 kg/m³

Allowable bearing capacity = 2.0 t/m²

3. DESIGN LOAD

3.1 Dead Load

- SDL = 150 ksm

- Filled-in light weight wall = 900 kg/m³

- Floor finished = 150 ksm

3.2 Live Load

- Residential building = 200 ksm

- Concrete Roof = 100 ksm

3.3 Wind Load

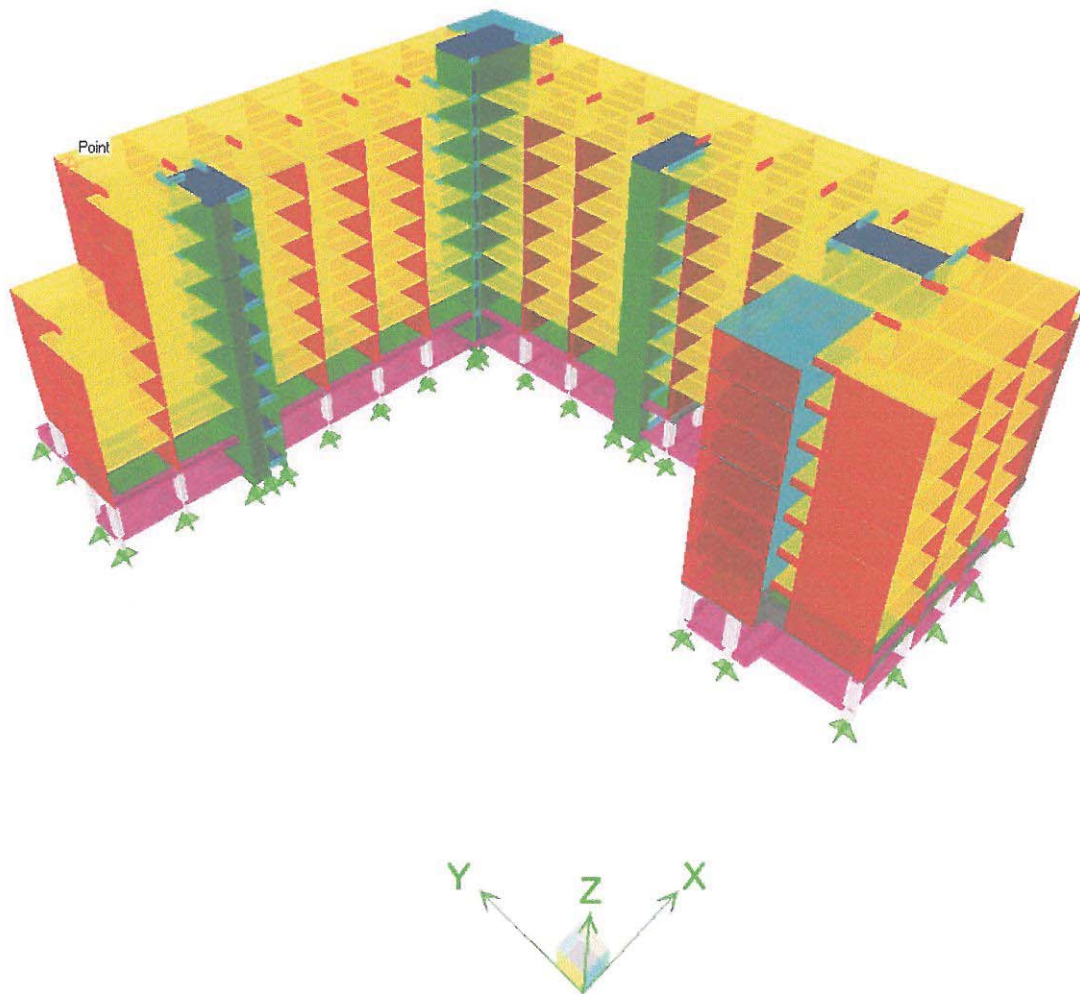
- use Thai standards (มยผ. 1311-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร)

3.4 Seismic Load

- use Thai standards (มยผ 1302-52 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว)

STRUCTURAL MODEL

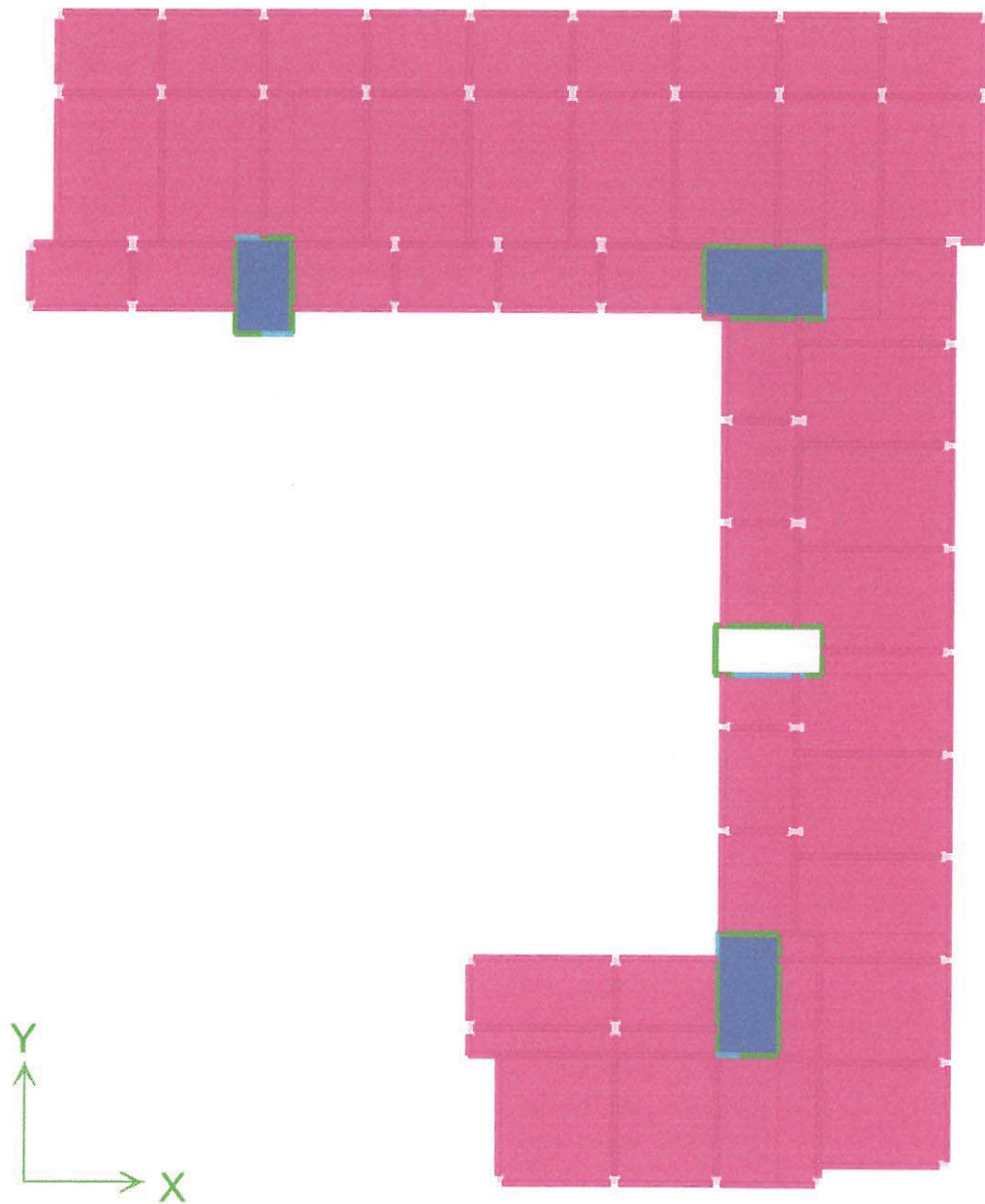
3D Model



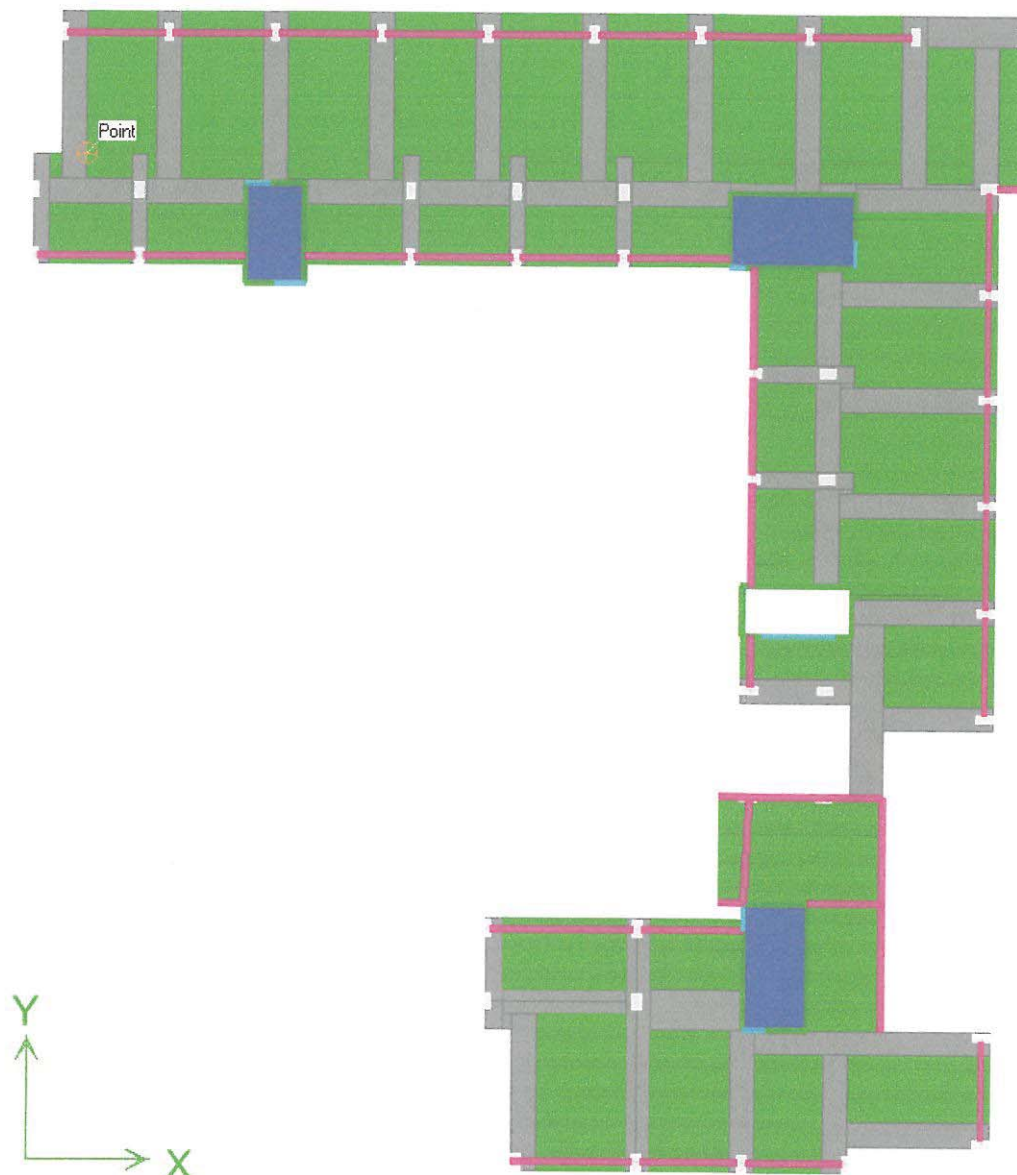
Note

Element type	Color	Member
Line element	gray	column
Line element	violet, light blue	beam
shell element	red	bearing wall
shell element	green	shear wall
shell element	blue, violet, bright green	slab (cast in-situ)
shell element	yellow, light blue	slab (precast)
shell element	grey	transfer beam

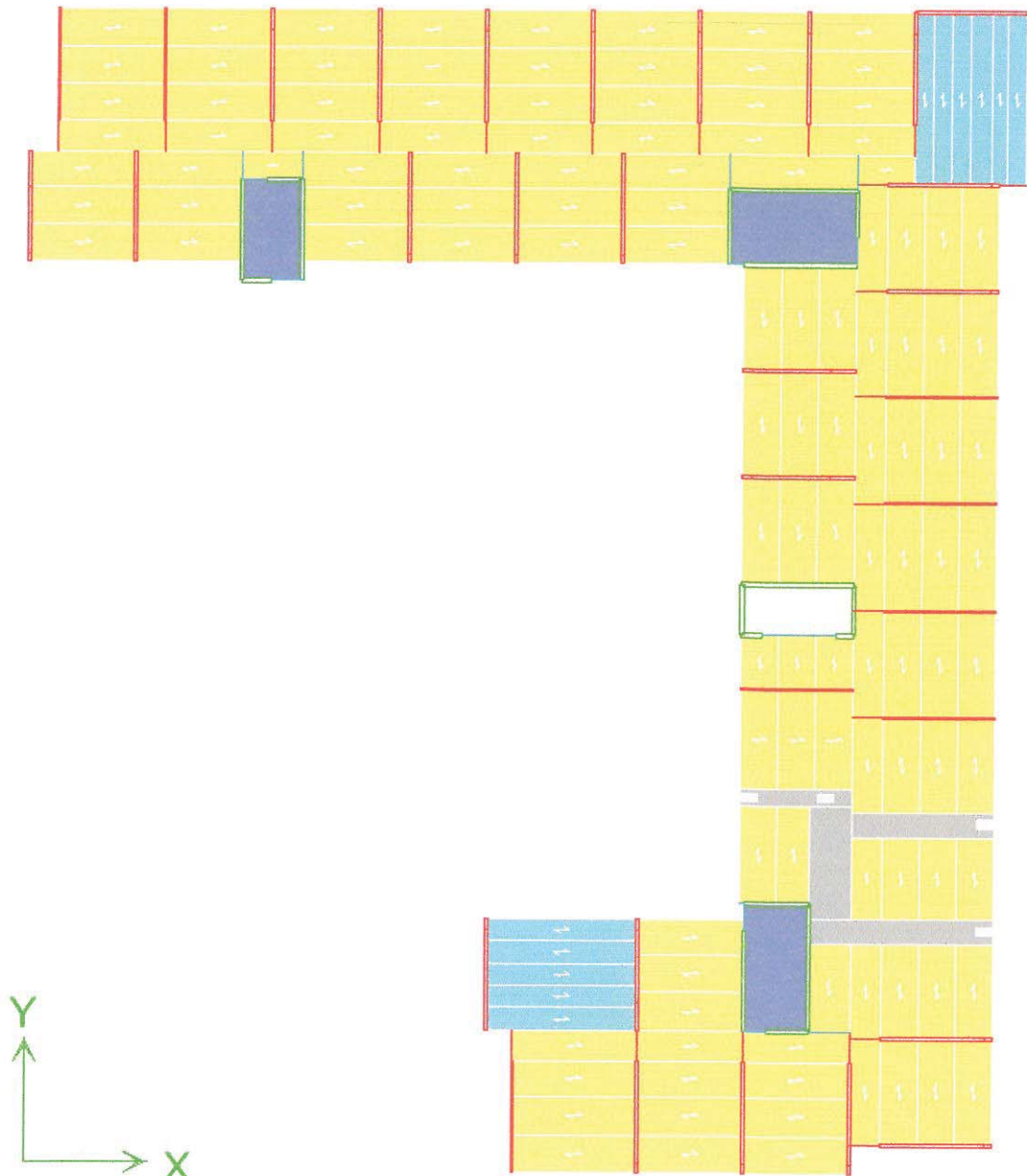
FL.1



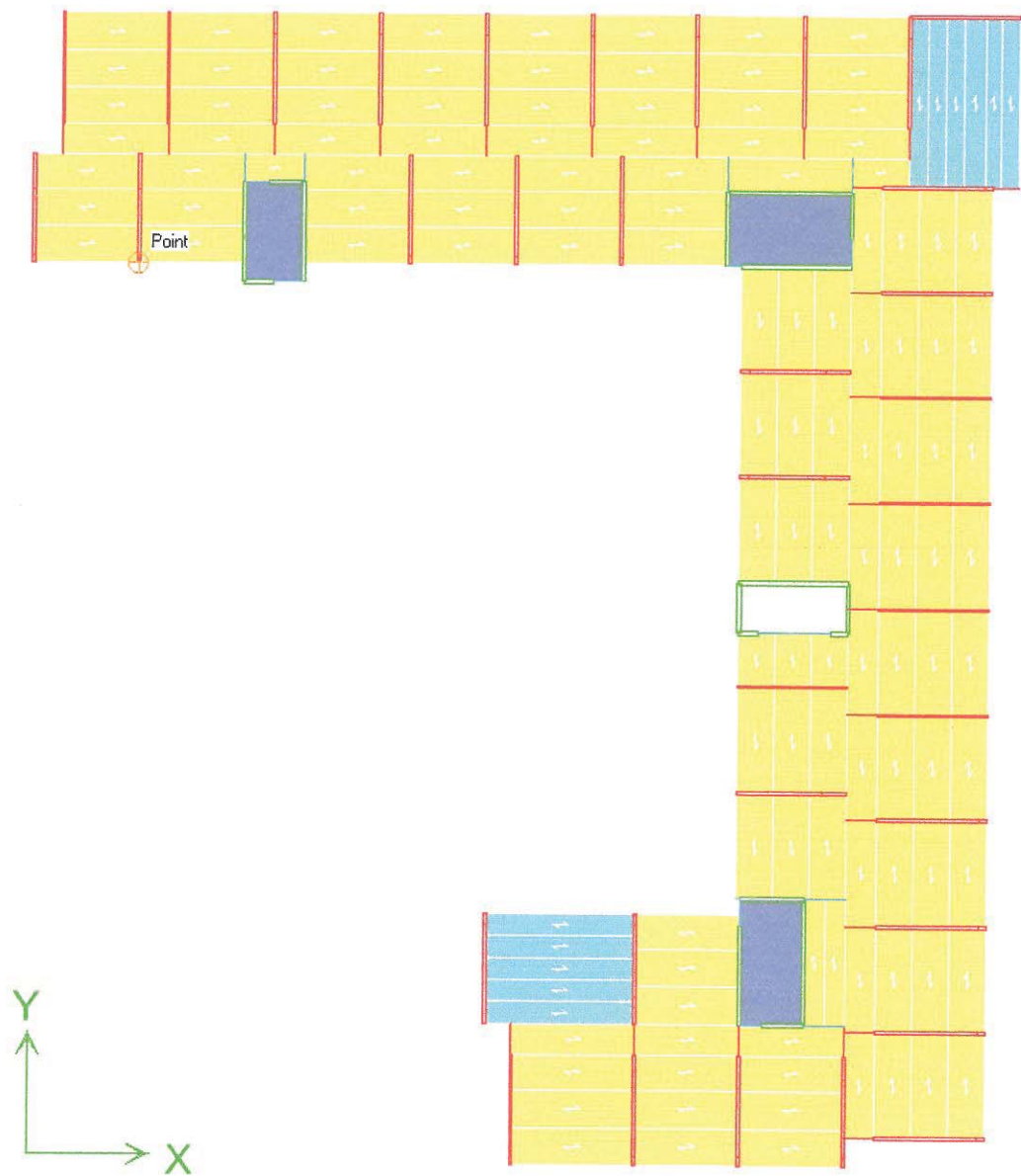
FL.2



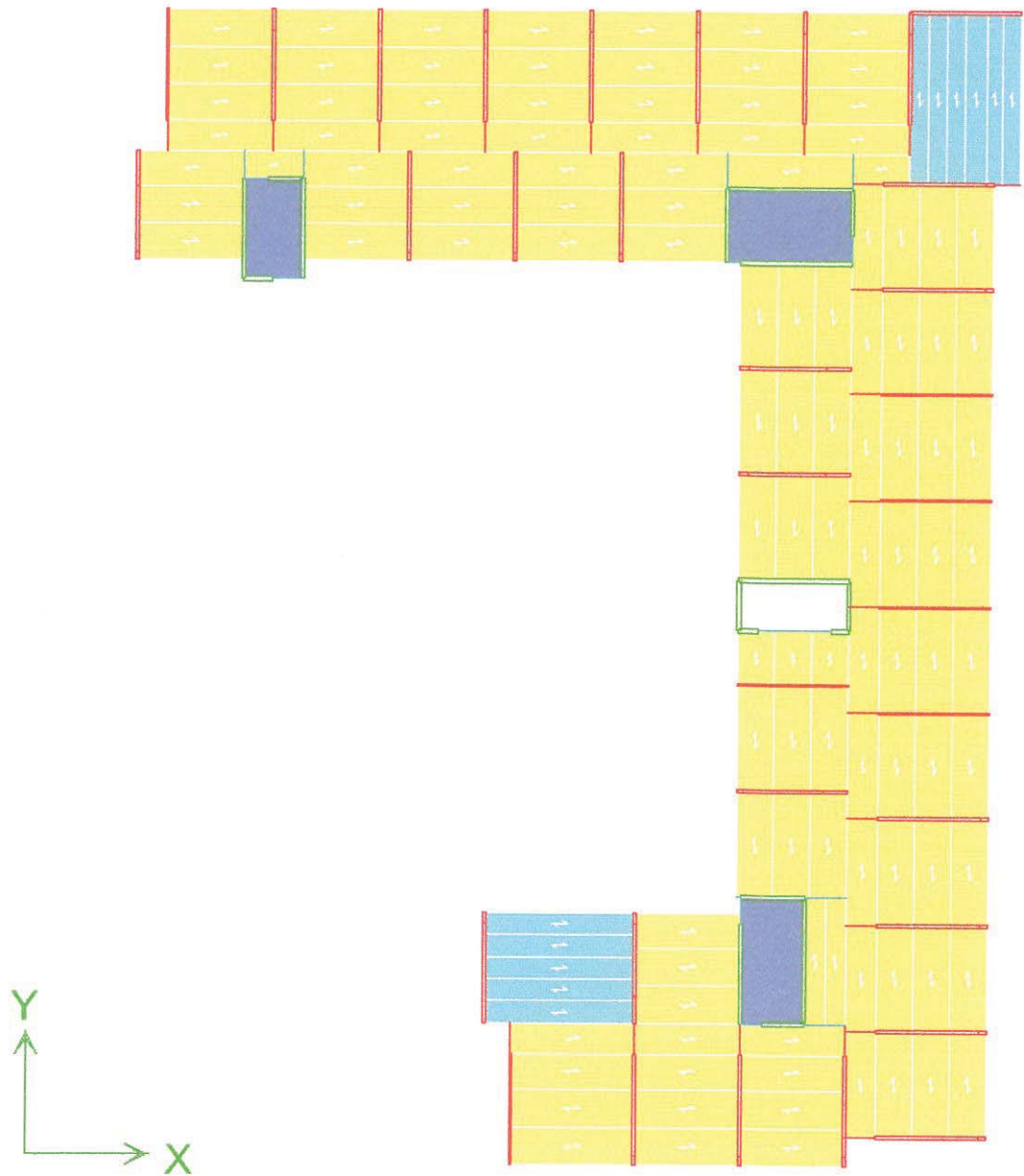
FL 3



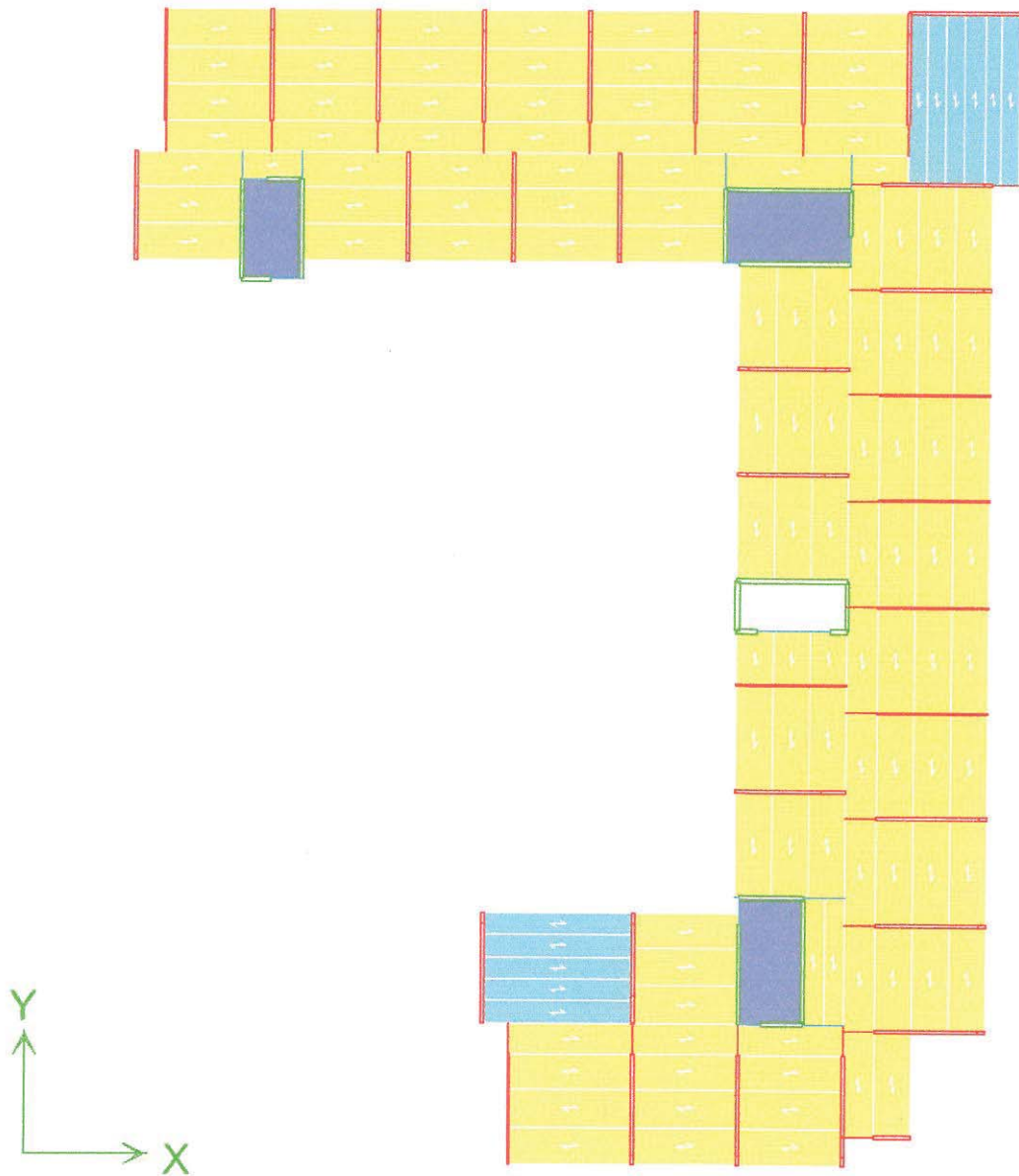
FL.4-6



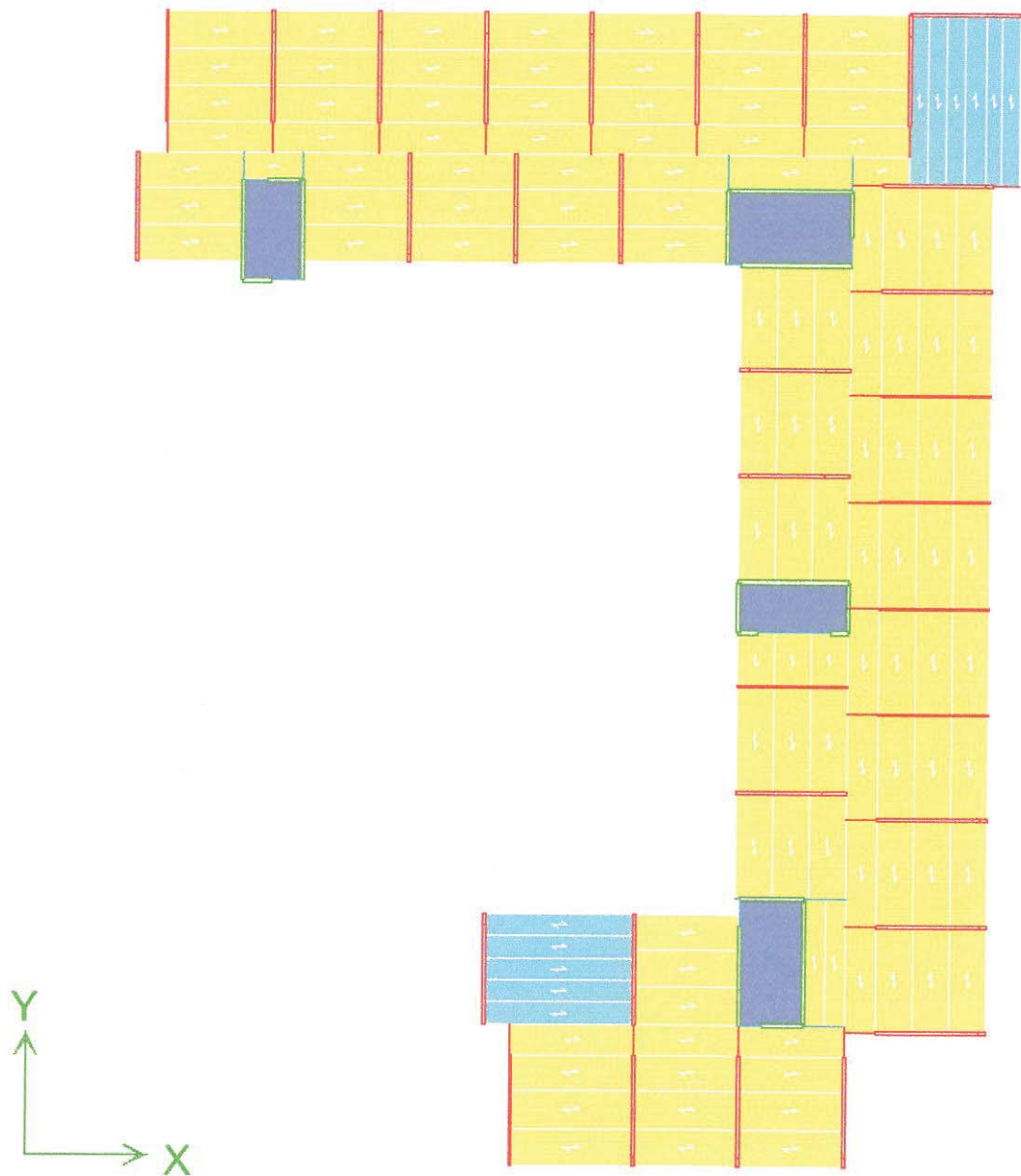
FL.7



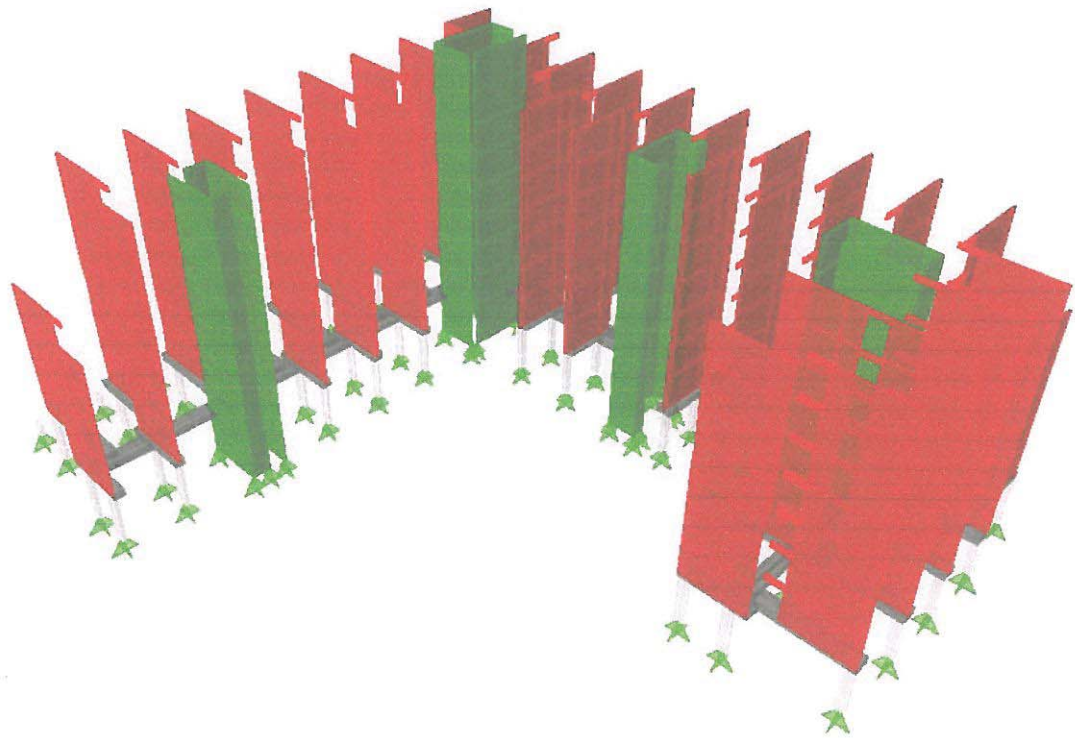
FL.8



Roof plan



3D model shows structural system (column supporting bearing wall with transfer beam to resist gravity load and shear wall to resist lateral load)



MODAL ANALYSIS

Building mode
unit: kN, m, sec

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
ROOF-2	D1	1	0.013	-0.014	0.000	0.000	0.000	-0.001
ROOF	D1	1	0.002	-0.010	0.000	0.000	0.000	-0.001
STORY8	D1	1	0.002	-0.008	0.000	0.000	0.000	-0.001
STORY7	D1	1	0.001	-0.007	0.000	0.000	0.000	-0.001
STORY6	D1	1	0.001	-0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	1	0.001	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	1	0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	1	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	1	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	2	0.019	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF	D1	2	0.018	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	2	0.015	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	2	0.013	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	2	0.010	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	2	0.007	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	2	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	2	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	2	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	3	0.009	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF	D1	3	0.003	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	3	0.002	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	3	0.002	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	3	0.002	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	3	0.001	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	3	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	3	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	3	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	4	0.010	-0.013	0.000	0.000	0.000	-0.001
ROOF	D1	4	-0.002	-0.006	0.000	0.000	0.000	-0.001
STORY8	D1	4	-0.001	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	4	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	4	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	4	0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	4	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.001
STORY3	D1	4	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001
STORY2	D1	4	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	4	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	5	0.022	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF	D1	5	0.014	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	5	0.006	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	5	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	5	-0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	5	-0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	5	-0.013	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	5	-0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	5	-0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	5	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Story	Diaphragm	Mode	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
ROOF-2	D1	6	0.007	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF	D1	6	0.001	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	6	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	6	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	6	-0.001	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	6	-0.001	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	6	-0.001	-0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	6	-0.001	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	6	-0.001	-0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	6	0.000	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	7	0.012	-0.015	0.000	0.000	0.000	-0.001
ROOF	D1	7	-0.001	-0.005	0.000	0.000	0.000	-0.001
STORY8	D1	7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	7	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	7	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	7	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	7	0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	7	0.001	-0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	7	0.001	-0.006	0.000	0.000	0.000	-0.001
STORY1	D1	7	0.001	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	8	0.023	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
ROOF	D1	8	0.012	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	8	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	8	-0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	8	-0.012	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	8	-0.008	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	8	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	8	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	8	0.015	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	8	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	9	0.005	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF	D1	9	-0.001	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	9	0.001	-0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	9	0.001	-0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	9	0.000	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	9	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	9	-0.001	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	9	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	9	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
ROOF-2	D1	10	0.013	-0.022	0.000	0.000	0.000	-0.001
ROOF	D1	10	0.001	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY8	D1	10	-0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY7	D1	10	-0.001	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY6	D1	10	-0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY5	D1	10	0.001	-0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY4	D1	10	0.002	-0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY3	D1	10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY2	D1	10	-0.002	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
STORY1	D1	10	-0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000

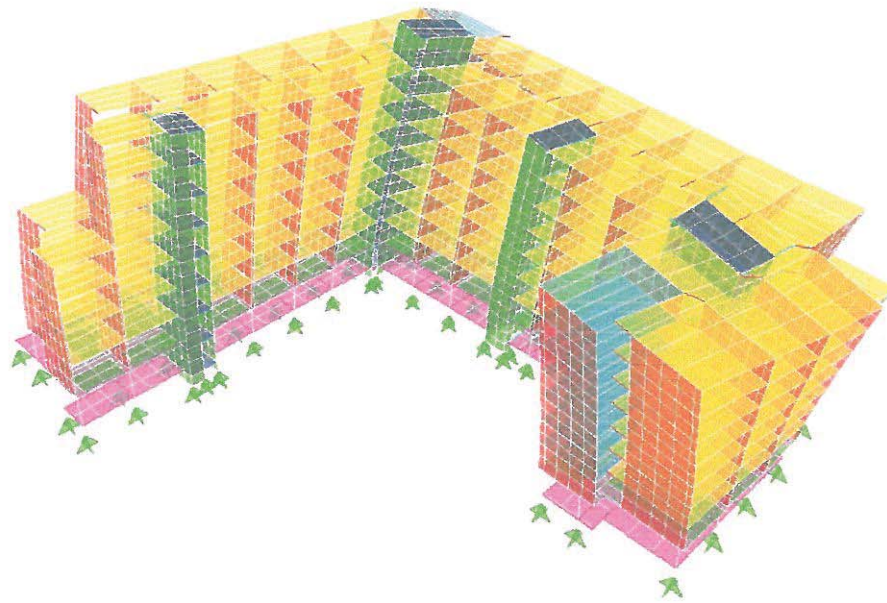
Modal participating mass ratio
unit: kN, m, sec

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
1	0.76	0.55	15.82	0.00	0.55	15.82	0.00	26.33	1.02	44.62	26.33	1.02	44.62
2	0.63	59.47	0.32	0.00	60.02	16.14	0.00	0.55	96.13	2.24	26.88	97.15	46.86
3	0.58	1.36	44.91	0.00	61.38	61.05	0.00	71.41	2.21	13.71	96.29	99.36	60.57
4	0.19	0.13	3.65	0.00	61.51	64.70	0.00	0.27	0.01	19.24	98.56	99.36	79.80
5	0.15	23.63	0.23	0.00	85.13	64.92	0.00	0.03	0.40	0.04	98.59	99.77	79.84
6	0.14	0.13	19.71	0.00	85.26	84.63	0.00	1.34	0.00	4.96	99.92	99.77	84.80
7	0.09	0.14	1.47	0.00	85.41	86.09	0.00	0.04	0.00	4.66	99.96	99.77	89.46
8	0.07	5.63	0.00	0.00	91.03	86.10	0.00	0.00	0.03	0.03	99.96	99.80	89.49
9	0.06	0.00	4.75	0.00	91.03	90.85	0.00	0.03	0.00	1.12	99.99	99.80	90.61
10	0.05	0.07	0.66	0.00	91.10	91.51	0.00	0.00	0.00	1.02	99.99	99.81	91.63

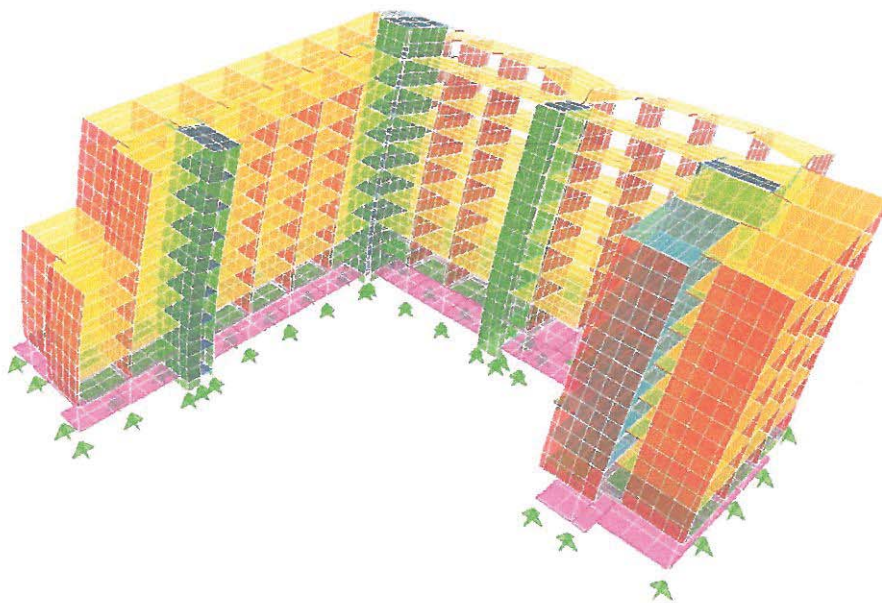
Modal participation factor
unit: kN, m, sec

Mode	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	ModalMass	ModalStiff
1	0.76	-7.76	41.76	0.00	-746.80	-129.65	1562.17	1.00	69.25
2	0.63	-80.98	5.96	0.00	-107.47	-1257.89	-349.99	1.00	99.53
3	0.58	-12.23	-70.37	0.00	1229.86	-190.56	865.80	1.00	117.82
4	0.19	-3.81	-20.05	0.00	75.73	9.22	-1025.68	1.00	1118.98
5	0.15	51.04	-4.98	0.00	25.84	81.26	-46.39	1.00	1651.55
6	0.14	3.78	46.61	0.00	-168.20	3.65	-520.90	1.00	2119.79
7	0.09	-3.98	12.72	0.00	-28.68	-8.27	504.92	1.00	5209.47
8	0.07	-24.90	-0.66	0.00	-0.87	23.79	40.44	1.00	7789.35
9	0.06	0.43	-22.88	0.00	24.89	-1.24	247.34	1.00	10067.44
10	0.05	2.72	-8.54	0.00	4.48	-2.43	-236.39	1.00	15090.62

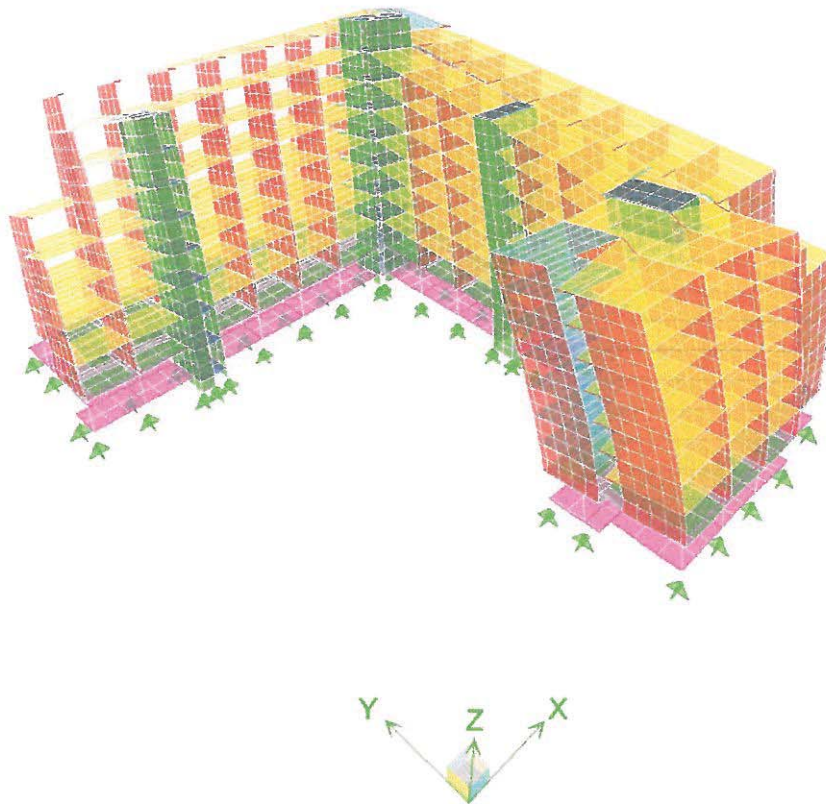
Mode 1



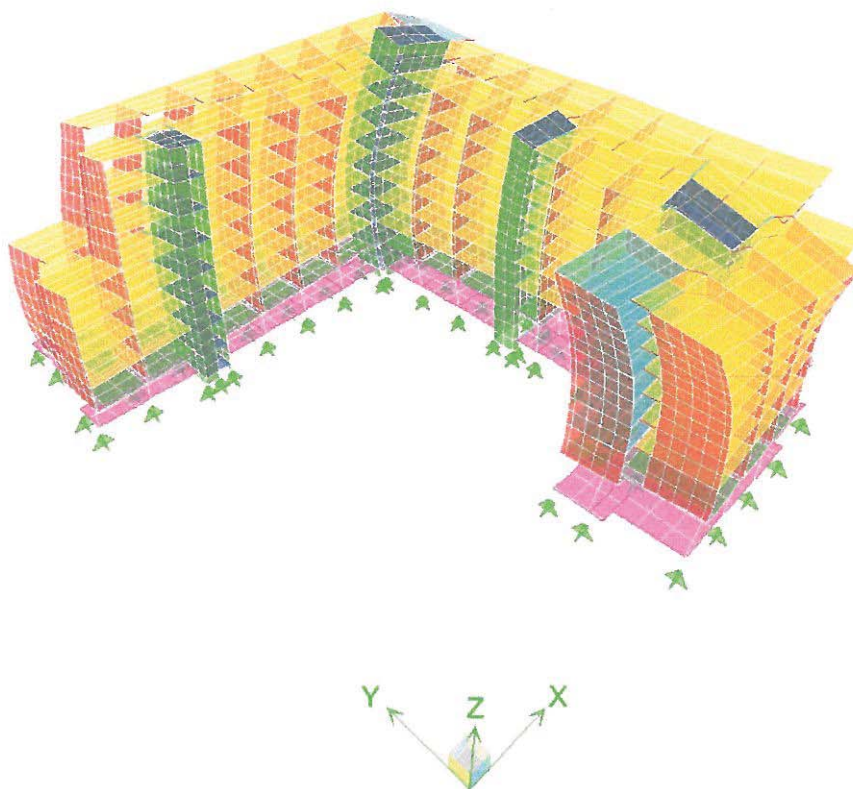
Mode 2



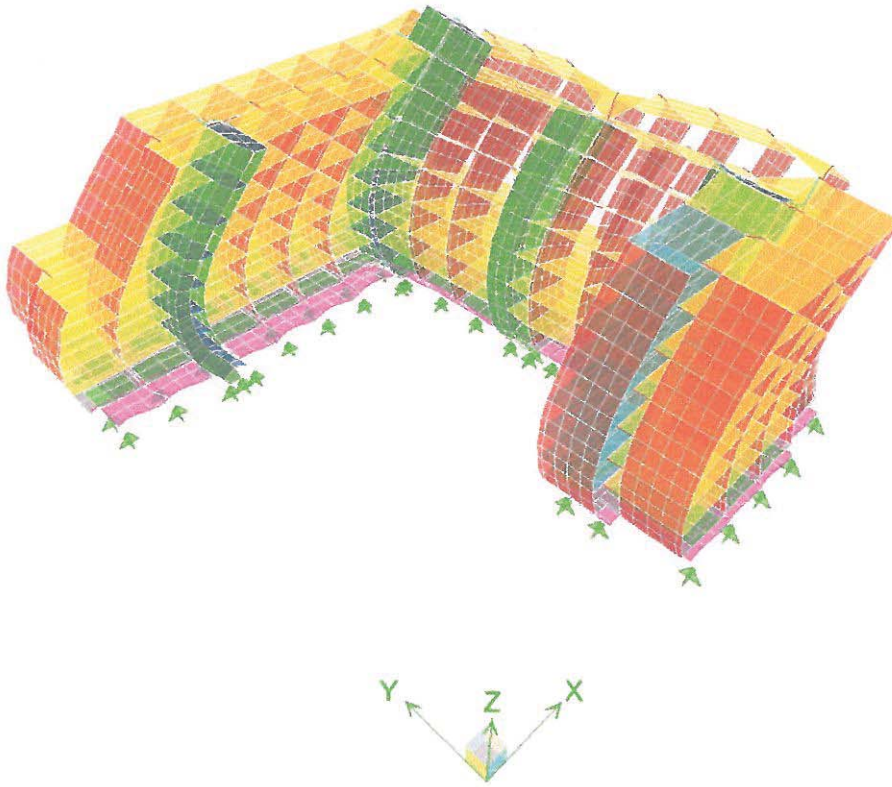
Mode 3



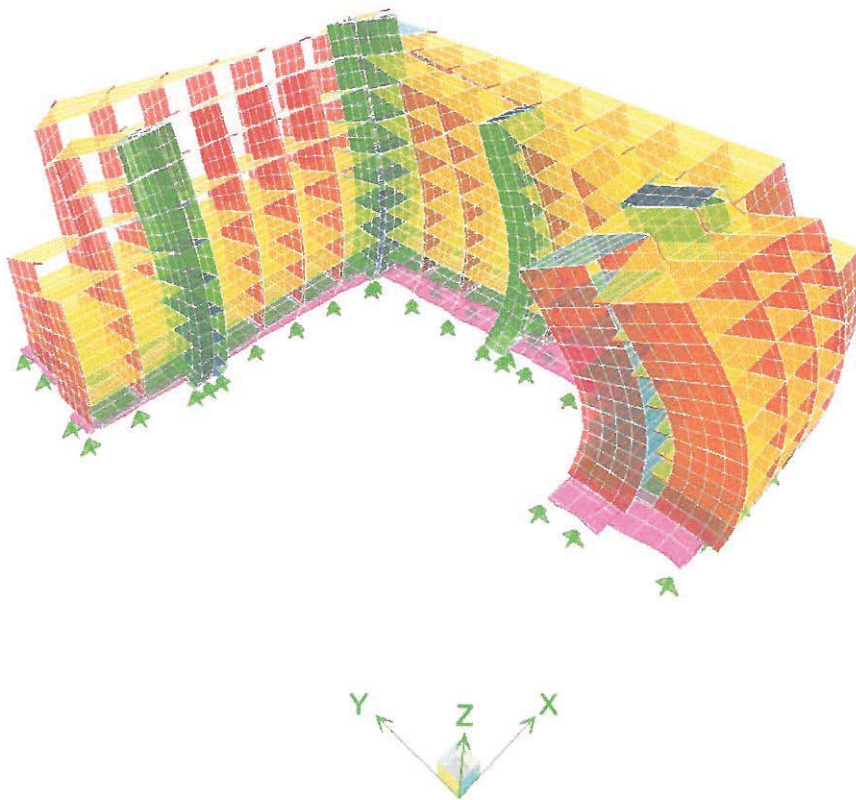
Mode 4



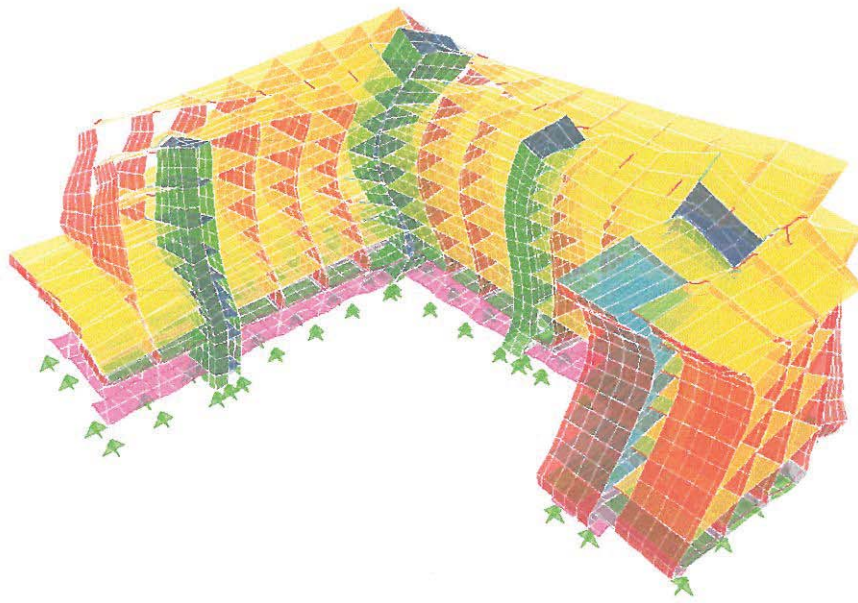
Mode 5



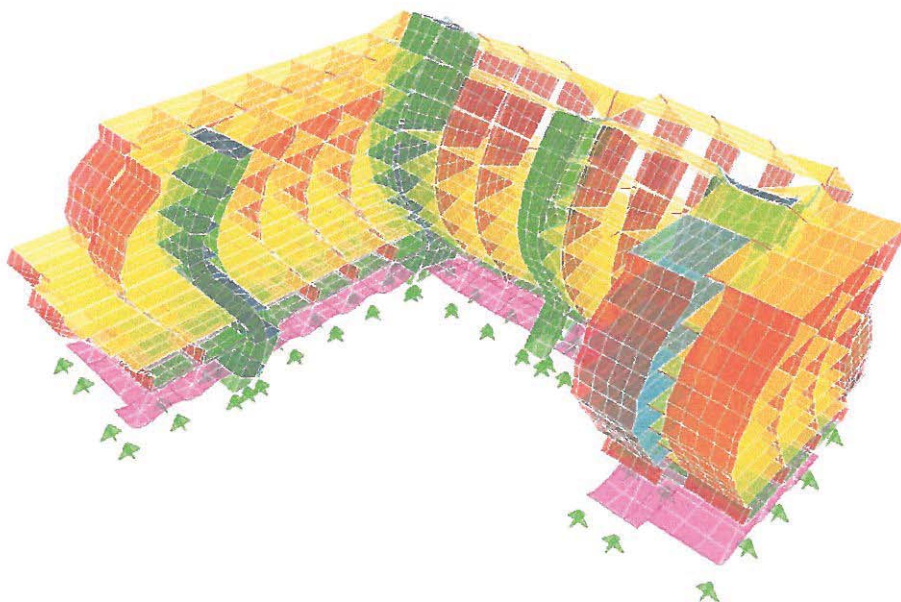
Mode 6



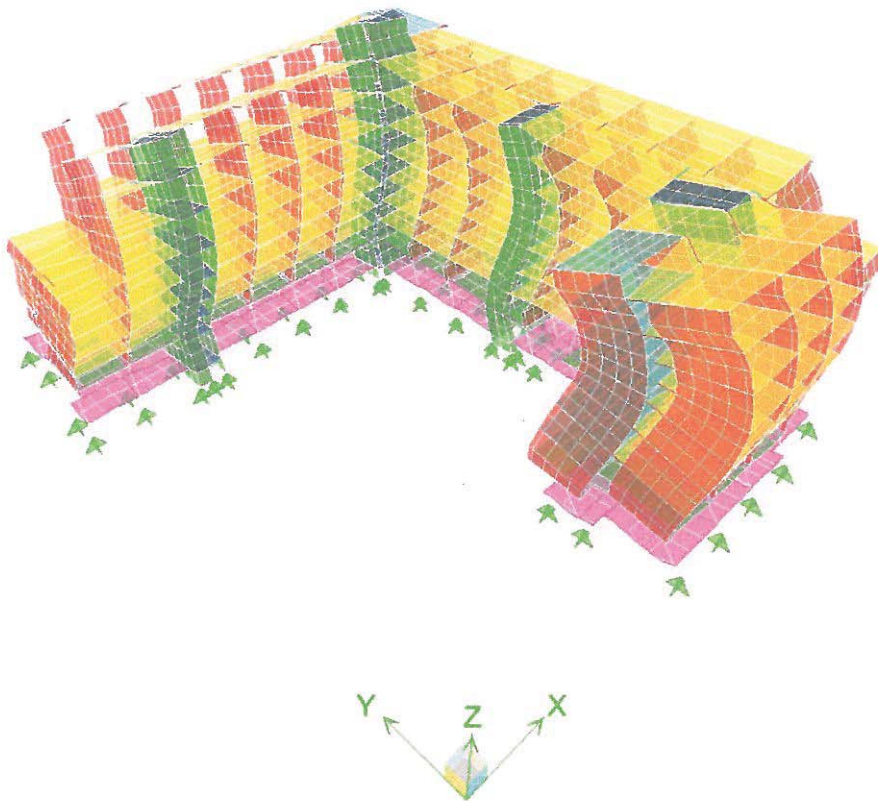
Mode 7



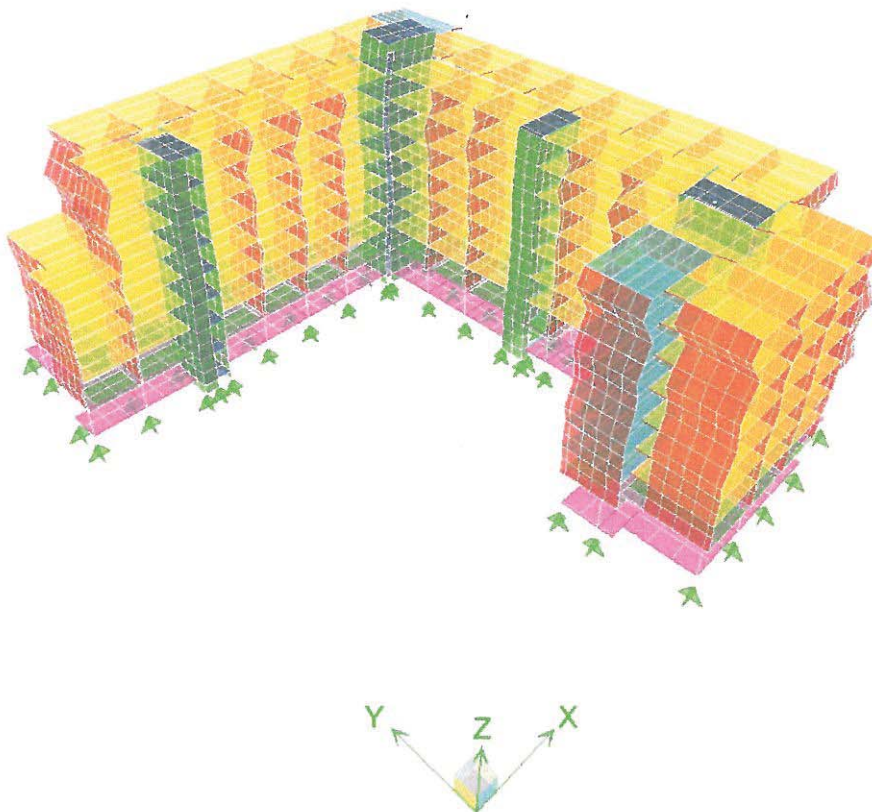
Mode 8



Mode 9



Mode 10



SEISMIC ANALYSIS

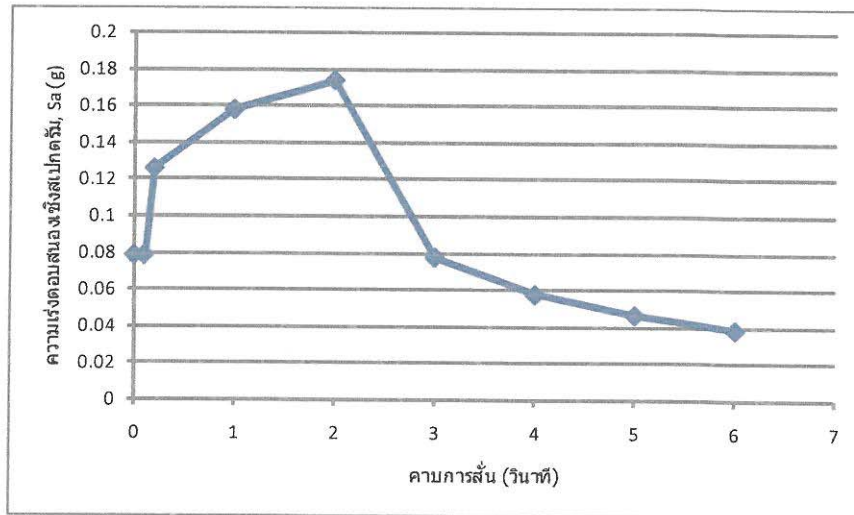
รายการคำนวณแรงแผ่นดินไหว (อ้างอิงตามมาตรฐาน มยผ.1302-52)

การออกแบบโครงสร้างโดยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด

--- > ตำแหน่งอาคาร จ.กรุงเทพมหานคร

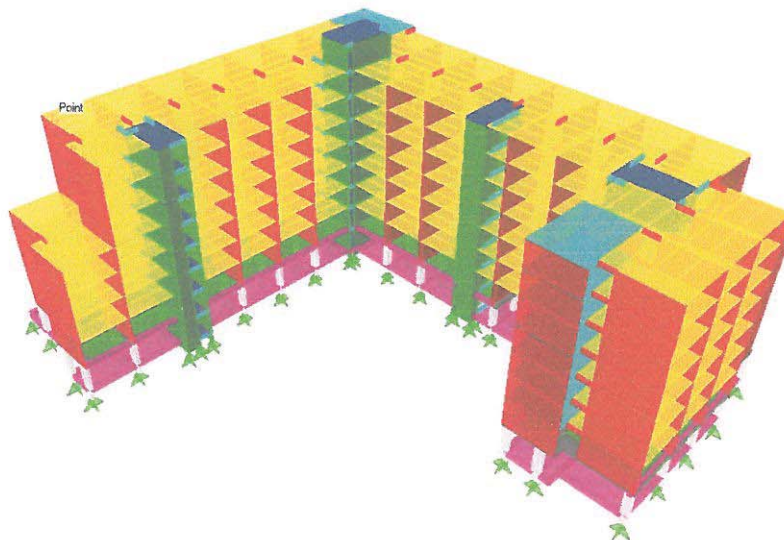
--- > ข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณแผ่นดินไหวตามมยผ. 1302-52

--- > ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ ด้วยวิธีพลศาสตร์สำหรับพื้นที่ในโซน 5 ของพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร



--- > สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของโครงสร้างที่พิจารณาการกระจายมวลและสตiffเนสที่สอดคล้องกับ สภาพจริง

--- > แสดงแบบจำลองโครงสร้าง 3 มิติ



- > ข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหว
- จากตารางที่ 1.5-1 มีประเภทความสำคัญเท่ากับ II (ตามมยพ.1302-52)
- จากตารางที่ 1.5-1 มีตัวประกอบความสำคัญเท่ากับ 1.0 (ตามมยพ.1302-52)
- จากตารางที่ 1.6-1 อาคารนี้จัดอยู่ในประเภทการออกแบบ ค (ตามมยพ.1302-52)
- จากตารางที่ 2.3-1 เลือกใช้ระบบโครงสร้างโดยรวมเป็น ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่ง
- เลือกใช้ระบบต้านแรงด้านข้างเป็น กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา
- ดังนั้น ค่าตัวประกอบปรับผลตอบแทน, R 4 (ตามมยพ.1302-52)
- ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน, Ohm 2.5 (ตามมยพ.1302-52)
- ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว, Cd 4 (ตามมยพ.1302-52)

- > วิเคราะห์หาคุณสมบัติของการสันตามธรรมชาติ โหมด คาบธรรมชาติประจำแต่ละโหมด ความมีส่วนร่วม และมวลประสิทธิภาพ
- ประจำโหมดสภาพจริง

คุณสมบัติของหน้าตัดชิ้นส่วนเสาและคานใช้ค่าโมเมนต์อินเนอร์เซียของหน้าตัดที่แตกร้าว (Cracked Section) ตามที่มาตรฐานกำหนดด้านล่าง

การกำหนดค่าสถิติในขององค์อาคารก่อนเกิดและอิฐที่จะต้องคำนึงถึงผลของการแตกร้าวที่มีต่อค่าสถิติ โดยในกรณีที่ไม่สามารถทำการวิเคราะห์อย่างละเอียด อนุญาตให้ประมาณค่าสถิติได้จากค่าโมเมนต์ความเฉื่อยประสิทธิภาพ I_{eff} และค่าพื้นที่หน้าตัดประสิทธิภาพ A_{eff} ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{กาน :} & I_{eff} = 0.35 I_g \\ \text{เสา :} & I_{eff} = 0.70 I_g \\ & A_{eff} = 1.00 A_g \\ \text{กำแพงที่ไม่แตกร้าว:} & I_{eff} = 0.70 I_g \\ \text{กำแพงที่มีการแตกร้าว:} & I_{eff} = 0.35 I_g \\ \text{แผ่นพื้นไร้คาน:} & I_{eff} = 0.25 I_g \end{aligned}$$

โดยที่ I_g และ A_g คือ ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย และพื้นที่หน้าตัดที่คำนวณจากหน้าตัดเต็ม

- > คุณสมบัติของโหมด คาบธรรมชาติอัตราส่วนการมีส่วนร่วมของมวลและค่าสะสม

Mode	Period (sec)	Modal Participating Mass Ratios			Cumulative modal participating mass ratio		
		Dir X (%)	Dir Y (%)	Rot Z (%)	Dir X (%)	Dir Y (%)	Rot Z (%)
1	0.75	0.6	16.1	44.6	0.6	16.1	44.6
2	0.63	59.8	0.3	2.4	60.4	16.4	47.0
3	0.58	1.3	45.0	14.0	61.7	61.4	61.0
4	0.19	0.1	3.7	19.2	61.9	65.0	80.2
5	0.15	23.6	0.2	0.0	85.5	65.3	80.2
6	0.14	0.1	19.7	5.0	85.6	85.0	85.2
7	0.09	0.1	1.4	4.6	85.8	86.4	89.8
8	0.07	5.5	0.0	0.0	91.3	86.4	89.8
9	0.06	0.0	4.7	1.1	91.3	91.1	90.9
10	0.05	0.1	0.8	1.2	91.4	91.9	92.1

จะเห็นว่าผลรวมมวลประสิทธิภาพมากกว่า 80% ของมวลทั้งหมดของอาคาร

--- > ใช้วิธีสเปกตรัมการตอบสนอง หาแรงเฉือนที่ฐานและแรงภายในชั้นส่วนต่างๆ จากนั้นคูณปรับค่าแรงด้วย I / R รวมทั้งการเคลื่อนตัวของโครงสร้างจะคูณด้วย Cd/R

--- > การรวมค่าการตอบสนองจากหลายโหมด

ใช้วิธีการรวมแบบสมมูลของค่ากำลังสอง (Complete Quadratic Combination, CQC)

ค่าแรงเฉือนที่ฐานได้จากผลการวิเคราะห์ (ยังไม่ปรับแก้)

Dir X (ในทิศทาง X) = 993 tonf

Dir Y (ในทิศทาง Y) = 809 tonf

นำมาปรับแก้ด้วย I/R จะได้แรงเฉือนที่ฐานสำหรับการออกแบบ

Dir X (ในทิศทาง X) = 248 tonf

Dir Y (ในทิศทาง Y) = 202 tonf

--- > การปรับค่าการตอบสนองเพื่อใช้ในการออกแบบ

แรงภายในที่ใช้ในการออกแบบจากวิธีเชิงพลศาสตร์ไม่ควรต่างจากแรงภายในที่ใช้ในการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่ามากเกินไป

คำนวณค่าแรงเฉือนที่ฐานโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

มวลโครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร = 9236 ton

ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน (T) = 0.02H = 0.46 sec

ค่าคาบการสั่น 1.5xT = 0.69 sec

Sa = 0.146 g

V = W*Sa*I/R = 337 tonf

0.85*V = 287 tonf

เนื่องจาก V(resp) มีค่าน้อยกว่า 0.85*V(static) จึงต้องคูณปรับค่าแรงผลการวิเคราะห์จากวิธีสเปกตรัมผลตอบสนอง

Dir X (ในทิศทาง X) = 1.15 เท่า

Dir Y (ในทิศทาง Y) = 1.42 เท่า

โดยนำไปคูณค่าแรงเฉือนที่ฐานสำหรับการออกแบบ จะได้ค่าแรงเฉือนสำหรับการออกแบบที่ปรับค่าแล้ว

สำหรับการเคลื่อนตัวจะคูณด้วย

Dir X (ในทิศทาง X) = 0.63 เท่า

Dir Y (ในทิศทาง Y) = 0.63 เท่า

จะเป็นค่าการเคลื่อนตัวสำหรับการออกแบบ เพื่อที่จะนำค่าไปตรวจสอบการเคลื่อนตัว

--- > สรุปผลแรงเฉือนในเสาในแต่ละชั้น และการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้น สำหรับการออกแบบที่ได้รับการปรับค่าแล้ว

Direction X

Story	Story height (m)	Story shear force (Tonf)	Story drift (m)	Story drift ratio (%)
Roof				
8	2.80	124.18	0.0017	0.06
7	2.80	169.36	0.0017	0.06
6	2.80	206.22	0.0017	0.06
5	2.80	234.70	0.0016	0.06
4	2.80	255.98	0.0015	0.05
3	2.80	271.67	0.0013	0.05
2	3.00	283.80	0.0010	0.03
1	3.00	286.46	0.0009	0.03

Direction Y

Story	Story height (m)	Story shear force (Tonf)	Story drift (m)	Story drift ratio (%)
Roof				
8	2.80	128.19	0.0019	0.07
7	2.80	174.55	0.0019	0.07
6	2.80	213.15	0.0019	0.07
5	2.80	243.02	0.0020	0.07
4	2.80	265.17	0.0018	0.07
3	2.80	281.00	0.0016	0.06
2	3.00	293.24	0.0012	0.04
1	3.00	295.94	0.0010	0.03

--- > จากการตรวจสอบค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (story drift ratio) อยู่ในค่าที่กำหนดซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1%

การตรวจสอบการพลิกคว่ำ

หาแรงกระทำโดยรวมผลของแรงน้ำหนักบรรทุกทุกตายตัวและแรงแผ่นดินไหว และเห็นว่าแรงที่ฐานรากรับแรงดึงหรือไม่

หน่วย KN, m

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	220	OVERTURNY MIN	25	-30	59
BASE	220	OVERTURNX MIN	25	-25	59
BASE	220	OVERTURNX MAX	33	-15	67
BASE	220	OVERTURNY MAX	33	-10	67
BASE	221	OVERTURNY MIN	-34	-23	58
BASE	221	OVERTURNX MIN	-35	-20	58
BASE	221	OVERTURNX MAX	-26	-13	63
BASE	221	OVERTURNY MAX	-27	-9	64
BASE	222	OVERTURNX MIN	-41	-135	490
BASE	222	OVERTURNY MIN	-39	-131	579
BASE	222	OVERTURNY MAX	-30	-73	1053
BASE	222	OVERTURNX MAX	-28	-68	1142
BASE	223	OVERTURNY MIN	33	-52	768
BASE	223	OVERTURNX MIN	32	-49	834
BASE	223	OVERTURNX MAX	36	-43	931
BASE	223	OVERTURNY MAX	35	-40	997
BASE	226	OVERTURNX MIN	-13	62	1246
BASE	226	OVERTURNY MIN	-9	61	1291
BASE	226	OVERTURNY MAX	3	95	2322
BASE	226	OVERTURNX MAX	6	93	2367
BASE	227	OVERTURNY MIN	41	61	1249
BASE	227	OVERTURNX MIN	41	68	1321
BASE	227	OVERTURNX MAX	51	72	1369
BASE	227	OVERTURNY MAX	51	79	1442
BASE	228	OVERTURNY MIN	21	-16	289
BASE	228	OVERTURNX MIN	20	-8	527
BASE	228	OVERTURNX MAX	31	-3	703
BASE	228	OVERTURNY MAX	30	5	941
BASE	231	OVERTURNY MIN	-19	-19	540
BASE	231	OVERTURNX MIN	-19	-9	916
BASE	231	OVERTURNX MAX	-16	-5	1106
BASE	231	OVERTURNY MAX	-16	5	1482
BASE	233	OVERTURNY MIN	64	-54	703
BASE	233	OVERTURNX MIN	66	-48	889
BASE	233	OVERTURNX MAX	76	-44	999
BASE	233	OVERTURNY MAX	78	-38	1186

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	236	OVERTURNY MIN	28	20	70
BASE	236	OVERTURNX MIN	31	25	295
BASE	236	OVERTURNX MAX	39	34	641
BASE	236	OVERTURNY MAX	41	39	866
BASE	240	OVERTURNY MIN	-1	-8	253
BASE	240	OVERTURNX MIN	-1	2	543
BASE	240	OVERTURNX MAX	1	15	921
BASE	240	OVERTURNY MAX	1	25	1211
BASE	241	OVERTURNY MIN	8	68	883
BASE	241	OVERTURNX MIN	10	72	1066
BASE	241	OVERTURNX MAX	12	77	1299
BASE	241	OVERTURNY MAX	13	81	1482
BASE	243	OVERTURNY MIN	-11	-46	111
BASE	243	OVERTURNX MIN	-12	-40	115
BASE	243	OVERTURNX MAX	4	-30	120
BASE	243	OVERTURNY MAX	3	-25	123
BASE	245	OVERTURNY MIN	-7	-46	111
BASE	245	OVERTURNX MIN	-7	-41	114
BASE	245	OVERTURNX MAX	8	-33	119
BASE	245	OVERTURNY MAX	7	-28	122
BASE	247	OVERTURNY MIN	-8	-44	112
BASE	247	OVERTURNX MIN	-8	-39	114
BASE	247	OVERTURNX MAX	7	-33	118
BASE	247	OVERTURNY MAX	6	-28	121
BASE	249	OVERTURNY MIN	-6	-41	110
BASE	249	OVERTURNX MIN	-7	-36	113
BASE	249	OVERTURNX MAX	8	-32	115
BASE	249	OVERTURNY MAX	7	-28	118
BASE	251	OVERTURNY MIN	-6	-40	111
BASE	251	OVERTURNX MIN	-7	-35	113
BASE	251	OVERTURNX MAX	8	-33	115
BASE	251	OVERTURNY MAX	7	-28	118
BASE	253	OVERTURNY MIN	-6	-40	111
BASE	253	OVERTURNX MIN	-6	-35	113
BASE	253	OVERTURNX MAX	9	-33	115
BASE	253	OVERTURNY MAX	8	-28	117

หน่วย KN, m

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	255	OVERTURNY MIN	-8	-41	111
BASE	255	OVERTURNX MIN	-8	-36	113
BASE	255	OVERTURNX MAX	7	-32	116
BASE	255	OVERTURNY MAX	6	-28	118
BASE	257	OVERTURNY MIN	-5	-43	113
BASE	257	OVERTURNX MIN	-5	-39	116
BASE	257	OVERTURNX MAX	11	-33	119
BASE	257	OVERTURNY MAX	10	-29	122
BASE	263	OVERTURNY MIN	-2	-6	566
BASE	263	OVERTURNX MIN	-3	2	809
BASE	263	OVERTURNX MAX	0	9	1019
BASE	263	OVERTURNY MAX	-1	17	1262
BASE	264	OVERTURNY MIN	-11	74	1060
BASE	264	OVERTURNX MIN	-10	78	1217
BASE	264	OVERTURNX MAX	-8	82	1343
BASE	264	OVERTURNY MAX	-7	86	1500
BASE	265	OVERTURNY MIN	-1	-4	500
BASE	265	OVERTURNX MIN	-2	4	738
BASE	265	OVERTURNX MAX	0	9	892
BASE	265	OVERTURNY MAX	-1	17	1130
BASE	266	OVERTURNY MIN	-11	79	909
BASE	266	OVERTURNX MIN	-11	84	1061
BASE	266	OVERTURNX MAX	-9	86	1156
BASE	266	OVERTURNY MAX	-8	90	1308
BASE	267	OVERTURNY MIN	-2	-4	605
BASE	267	OVERTURNX MIN	-2	4	848
BASE	267	OVERTURNX MAX	1	7	958
BASE	267	OVERTURNY MAX	1	15	1201
BASE	268	OVERTURNY MIN	-11	73	985
BASE	268	OVERTURNX MIN	-10	78	1135
BASE	268	OVERTURNX MAX	-9	80	1220
BASE	268	OVERTURNY MAX	-8	85	1370
BASE	269	OVERTURNX MIN	-58	19	1115
BASE	269	OVERTURNY MIN	-48	17	1439
BASE	269	OVERTURNY MAX	-25	25	2151
BASE	269	OVERTURNX MAX	-15	24	2475

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	270	OVERTURNX MIN	-75	25	349
BASE	270	OVERTURNY MIN	-64	25	497
BASE	270	OVERTURNY MAX	-34	29	1047
BASE	270	OVERTURNX MAX	-23	29	1196
BASE	278	OVERTURNX MIN	62	-17	758
BASE	278	OVERTURNY MIN	70	-18	991
BASE	278	OVERTURNY MAX	75	-11	1234
BASE	278	OVERTURNX MAX	83	-13	1467
BASE	279	OVERTURNX MIN	7	5	543
BASE	279	OVERTURNY MIN	15	5	938
BASE	279	OVERTURNY MAX	22	9	1307
BASE	279	OVERTURNX MAX	29	8	1702
BASE	280	OVERTURNX MIN	-19	-15	429
BASE	280	OVERTURNY MIN	-3	-14	888
BASE	280	OVERTURNY MAX	6	-12	1157
BASE	280	OVERTURNX MAX	22	-11	1617
BASE	281	OVERTURNX MIN	30	-42	503
BASE	281	OVERTURNY MIN	41	-38	765
BASE	281	OVERTURNY MAX	48	-34	870
BASE	281	OVERTURNX MAX	58	-30	1132
BASE	282	OVERTURNY MIN	-16	84	1335
BASE	282	OVERTURNX MIN	-16	95	1679
BASE	282	OVERTURNX MAX	-13	100	1854
BASE	282	OVERTURNY MAX	-13	111	2198
BASE	283	OVERTURNY MIN	-5	48	986
BASE	283	OVERTURNX MIN	-6	58	1363
BASE	283	OVERTURNX MAX	1	68	1751
BASE	283	OVERTURNY MAX	-1	78	2128
BASE	284	OVERTURNX MIN	-160	-3	1415
BASE	284	OVERTURNY MIN	-156	-4	1495
BASE	284	OVERTURNY MAX	-149	3	1664
BASE	284	OVERTURNX MAX	-145	2	1744
BASE	286	OVERTURNX MIN	-134	0	1313
BASE	286	OVERTURNY MIN	-125	-1	1364
BASE	286	OVERTURNY MAX	-101	4	1831
BASE	286	OVERTURNX MAX	-92	2	1883

หน่วย KN, m

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	290	OVERTURNX MIN	-100	-3	1480
BASE	290	OVERTURNY MIN	-88	0	1662
BASE	290	OVERTURNY MAX	-79	2	1769
BASE	290	OVERTURNX MAX	-67	4	1951
BASE	292	OVERTURNX MIN	-98	-2	259
BASE	292	OVERTURNY MIN	-76	-2	936
BASE	292	OVERTURNY MAX	-71	0	1061
BASE	292	OVERTURNX MAX	-49	0	1738
BASE	296	OVERTURNX MIN	-11	-1	472
BASE	296	OVERTURNY MIN	1	-1	850
BASE	296	OVERTURNY MAX	9	0	1121
BASE	296	OVERTURNX MAX	22	0	1498
BASE	297	OVERTURNX MIN	59	-13	766
BASE	297	OVERTURNY MIN	68	-13	995
BASE	297	OVERTURNY MAX	74	-12	1150
BASE	297	OVERTURNX MAX	83	-12	1378
BASE	298	OVERTURNX MIN	-12	0	504
BASE	298	OVERTURNY MIN	3	0	955
BASE	298	OVERTURNY MAX	6	2	1066
BASE	298	OVERTURNX MAX	21	2	1516
BASE	299	OVERTURNX MIN	61	-9	753
BASE	299	OVERTURNY MIN	71	-7	1018
BASE	299	OVERTURNY MAX	74	-6	1085
BASE	299	OVERTURNX MAX	84	-4	1350
BASE	300	OVERTURNX MIN	-96	5	1517
BASE	300	OVERTURNY MIN	-84	6	1698
BASE	300	OVERTURNY MAX	-81	8	1732
BASE	300	OVERTURNX MAX	-69	9	1914
BASE	302	OVERTURNX MIN	-103	1	1520
BASE	302	OVERTURNY MIN	-93	1	1675
BASE	302	OVERTURNY MAX	-88	2	1767
BASE	302	OVERTURNX MAX	-77	3	1922
BASE	304	OVERTURNX MIN	-81	-5	1497
BASE	304	OVERTURNY MIN	-73	-4	1624
BASE	304	OVERTURNY MAX	-65	-2	1780
BASE	304	OVERTURNX MAX	-58	-1	1908

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	518	OVERTURNY MIN	-7	-76	1606
BASE	518	OVERTURNX MIN	-7	-74	1710
BASE	518	OVERTURNX MAX	-4	-71	1840
BASE	518	OVERTURNY MAX	-4	-69	1944
BASE	519	OVERTURNY MIN	-3	-70	1866
BASE	519	OVERTURNX MIN	-3	-68	1926
BASE	519	OVERTURNX MAX	1	-67	2010
BASE	519	OVERTURNY MAX	0	-65	2069
BASE	520	OVERTURNY MIN	0	-79	1853
BASE	520	OVERTURNX MIN	1	-77	1940
BASE	520	OVERTURNX MAX	4	-75	2010
BASE	520	OVERTURNY MAX	5	-74	2097
BASE	521	OVERTURNY MIN	0	-80	1833
BASE	521	OVERTURNX MIN	0	-78	1917
BASE	521	OVERTURNX MAX	3	-77	1980
BASE	521	OVERTURNY MAX	3	-74	2064
BASE	522	OVERTURNY MIN	0	-80	1833
BASE	522	OVERTURNX MIN	0	-78	1920
BASE	522	OVERTURNX MAX	3	-76	1961
BASE	522	OVERTURNY MAX	3	-75	2048
BASE	523	OVERTURNY MIN	1	-79	1919
BASE	523	OVERTURNX MIN	1	-78	1953
BASE	523	OVERTURNX MAX	3	-75	2025
BASE	523	OVERTURNY MAX	2	-74	2060
BASE	524	OVERTURNY MIN	-2	-78	1908
BASE	524	OVERTURNX MIN	-2	-78	1956
BASE	524	OVERTURNX MAX	2	-75	1994
BASE	524	OVERTURNY MAX	1	-74	2042
BASE	525	OVERTURNX MIN	-6	-96	2582
BASE	525	OVERTURNY MIN	-5	-96	2641
BASE	525	OVERTURNY MAX	-1	-90	3152
BASE	525	OVERTURNX MAX	0	-91	3211
BASE	526	OVERTURNY MIN	-39	-113	1676
BASE	526	OVERTURNX MIN	-38	-107	1690
BASE	526	OVERTURNX MAX	-36	-104	1706
BASE	526	OVERTURNY MAX	-36	-98	1719

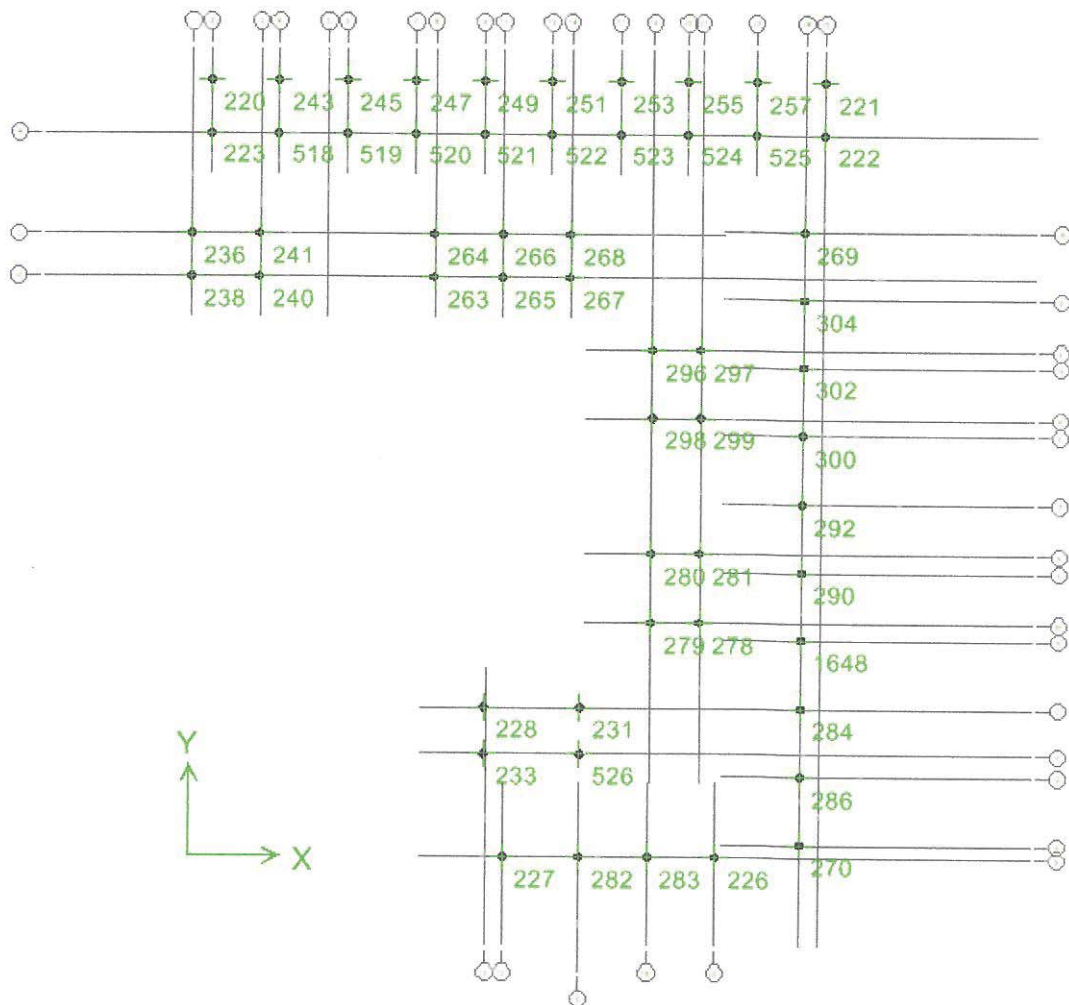
หน่วย KN, m

Story	Point	Load	FX	FY	FZ
BASE	1648	OVERTURNX MIN	-148	-1	1243
BASE	1648	OVERTURNY MIN	-142	2	1415
BASE	1648	OVERTURNY MAX	-136	8	1598
BASE	1648	OVERTURNX MAX	-130	11	1770

จากการตรวจสอบพบว่าค่าแรงที่ฐานรากตามแนวดิ่ง (FZ) ตามตาราง ไม่พบแรงดิ่งตามแนวดิ่ง
สรุปว่า อาคารมีเสถียรภาพไม่เกิดการพลิกคว่ำเมื่อมีแรงแผ่นดินไหว

หมายเหตุ

แสดงหมายเลขที่ตำแหน่งฐานราก



WIND ANALYSIS

แรงลมสำหรับออกแบบโครงสร้างหลัก ด้วยวิธีอย่างง่าย

ทิศทาง X

ข้อมูลการออกแบบ

H =	23 m.
W =	56.5 m.
D =	48.4 m.
lw =	1
ลักษณะช่องเปิด	1
ความเร็วลม	25 m/s
ความหนาแน่นอากาศ	1.25 kg(mass)/m ³
ลักษณะภูมิประเทศ	A

ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง

q =	39.82 kgf/m ²
Cg =	2
Cgi =	2

สัมประสิทธิ์ความดันภายใน

Cpi สำหรับแรงดัน	0
Cpi สำหรับแรงดูด	-0.15

สัมประสิทธิ์ความดันภายนอก

Cp ด้านหน้าลม	0.67
Cp บริเวณด้านท้ายลม	-0.37
หลังคามีอัตราส่วน H/D < 1	
Cp บริเวณหลังคา ระยะ H จากด้านหน้าลม	-1
Cp บริเวณหลังคา ถัดจากระยะ H จากด้านหน้า	-0.5

หน่วยแรงลมภายในเมื่อ Cpi = -0.15 คือ	-12.28 kgf/m ²
หน่วยแรงลมภายในเมื่อ Cpi = 0.00 คือ	0 kgf/m ²

รวมผลแรงลมกระทำภายนอกอาคาร ในทิศทางลม

Total baseshear	109.69 Tonf
Overtuning alongwind	1306.24 Tonf

ผลการคำนวณหน่วยแรงลม

บริเวณ	Ce	P ext (kgf/m ²)
หลังคามีอัตราส่วน H/D < 1		
ระยะ H จากด้านหน้าลม	1.181	-94.07
ระยะ > H จากด้านหน้าลม	1.181	-47.04

บริเวณด้านท้ายลม	Ce	P ext (kgf/m ²)
ที่ทุกความสูง	1.028	-29.97

บริเวณด้านหน้าลม

ระยะ z จากพื้น (m)	Ce	P ext (kgf/m ²)
23	1.181	62.87
20.2	1.151	61.26
17.4	1.117	59.46
14.6	1.079	57.41
11.8	1.034	55.01
9	0.979	52.11
6.2	0.909	48.37
3	0.9	47.9
0	0.9	47.9

สรุปแรงกระทำ

ระยะ z จากพื้น (m)	แรงลม (kgf/m ²)	ความกว้าง (m)	ความสูง (m)	แรงลม (kgf)
23	92.84	56.65	1.4	7363
20.2	91.23	56.65	2.8	14471
17.4	89.43	56.65	2.8	14185
14.6	87.38	56.65	2.8	13860
11.8	84.98	56.65	2.8	13480
9	82.08	56.65	2.8	13020
6.2	78.34	56.65	2.9	12870
3	77.87	56.65	3.0	13234
0	77.87	59.25	1.6	7151

แรงลมสำหรับออกแบบโครงสร้างหลัก ด้วยวิธีอย่างง่าย

ทิศทาง Y

ข้อมูลการออกแบบ

H =	23 m.
W =	48.4 m.
D =	56.5 m.
lw =	1
ลักษณะช่องเปิด	1
ความเร็วลม	25 m/s
ความหนาแน่นอากาศ	1.25 kg(mass)/m ³
ลักษณะภูมิประเทศ	A

ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้อง

q =	39.82 kgf/m ²
Cg =	2
Cgi =	2

สัมประสิทธิ์ความดันภายใน

Cpi สำหรับแรงดัน	0
Cpi สำหรับแรงดูด	-0.15

สัมประสิทธิ์ความดันภายนอก

Cp ด้านหน้าลม	0.65
Cp บริเวณด้านท้ายลม	-0.35

หลังคามีอัตราส่วน H/D < 1

Cp บริเวณหลังคา ระยะ H จากด้านหน้าลม	-1
Cp บริเวณหลังคา ถัดจากระยะ H จากด้านหน้า	-0.5

หน่วยแรงลมภายในเมื่อ Cpi = -0.15 คือ	-12.28 kgf/m ²
หน่วยแรงลมภายในเมื่อ Cpi = 0.00 คือ	0 kgf/m ²

รวมผลแรงลมกระทำภายนอกอาคาร ในทิศทางลม

Total baseshear	90.62 Tonf
Overtuning alongwind	1079.45 Tonf.m

ผลการคำนวณหน่วยแรงลม

บริเวณ	Ce	P ext (kgf/m ²)
หลังคามีอัตราส่วน H/D < 1		
ระยะ H จากด้านหน้าลม	1.181	-94.07
ระยะ > H จากด้านหน้าลม	1.181	-47.04

บริเวณด้านท้ายลม	Ce	P ext (kgf/m ²)
ที่ทุกความสูง	1.028	-28.46

บริเวณด้านหน้าลม

ระยะ z จากพื้น (m)	Ce	P ext (kgf/m ²)
23	1.181	61.14
20.2	1.151	59.57
17.4	1.117	57.82
14.6	1.079	55.83
11.8	1.034	53.5
9	0.979	50.68
6.2	0.909	47.04
3	0.9	46.58
0	0.9	46.58

สรุปแรงกระทำ

ระยะ z จากพื้น (m)	แรงลม (kgf/m ²)	ความกว้าง (m)	ความสูง (m)	แรงลม (kgf)
23	89.6	43.2	1.4	5419
20.2	88.03	43.2	2.8	10648
17.4	86.28	43.2	2.8	10436
14.6	84.29	48.4	2.8	11423
11.8	81.96	48.4	2.8	11107
9	79.14	48.4	2.8	10725
6.2	75.5	48.4	2.9	10597
3	75.04	48.2	3.0	10851
0	75.04	48.2	1.6	5606