SEISMIC CALCULATION SHEET

PROJECT

CONDOMINIUM TROPICANA

อ.เมือง จ.สมุทรปราการ

OWNER

บริษัท ออริจิ้น พร๊อพเพอร์ตี้ จำกัด

DESIGNER

PRAPROT OSODSAMPANSUK

BUILDING A

งาน : TROPICANA Building A

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

การออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ตาม มยผ.1302

Dynamic Method

บริเวณที่ 1 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ และจังหวัดในปริมลฑล แบ่งเป็น 7 โซนย่อย

บริเวณที่ 2 พื้นที่ทั่วประเทศไทย ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ

- พื้นที่ที่พิจารณาโครงสร้างรับแผ่นดินไหว อยู่ที่จังหวัด **สมุทรปราการ** อำเภอ **เมือง**

  จัดอยู่ในบริเวณที่ **1** โซน 5 (แอ่งกรุงเทพ และปริมณฑล)

การจำแนกประเภทชั้นดินที่ตั้งอาคาร

ต้องพิจารณาจากคุณสมบัติของชั้นดิน ตั้งแต่ผิวดิน ถึงความลึก 30 ม. หากไม่มีข้อมูลดินที่ชัดเจนที่จะใช้จำแนก และไม่สามารถทำการสำรวจดิน ให้สมมุติว่าประเภทของชั้นดิน เป็นประเภท D ในกรณีมีชั้นดินหนา > 3 ม.อยู่ระหว่างฐานรากกับชั้นหิน ห้ามกำหนดเป็นชั้นดินประเภท A หรือ B

ประเภทชั้นดิน	$\overline{V}_S$ (ความเร็วคลื่นเฉือนเฉลี่ย)	$\overline{N}$	$\overline{S}_u$
A	> 1500 m/s	-	-
B	750 - 1500 m/s	-	-
C	360 - 750 m/s	> 50	> 100 kN/m^2
D	180 - 360 m/s	15 - 50	50 - 100 kN/m^3
E	< 180 m/s	< 15	< 50 kN/m^3
	มีชั้นดินที่มีความหนา > 3 m. ที่มีคุณสมบัติ คือ Plasitc Index > 20, Moisture Content (w) > 40% , $\overline{S}_u$ < 25 kN/m^2		
F	ต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของชั้นดินต่อคลื่นการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กับชั้นดินที่มีลักษณะดังนี้ 1. ชั้นดินที่มีโอกาสวิบัติภายใต้แผ่นดินไหว เช่น ดินที่สามารถเกิด Liquefaction หรือ ดินเหนียวที่อ่อนมาก 2. ชั้นดินเหนียวที่มีวัตถุอินทรีย์อยู่มาก และมีความหนา > 3 m. 3. ชั้นดินที่มีความเป็นพลาสติกสูง (มีความหนา > 7.6 m. & PI > 75) 4. ชั้นดินเหนียวอ่อนถึงปานกลางที่หนามาก (> 37 m. และมีกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ S_u < 50 kN/m^2)		

- ประเภทชั้นดินที่พิจารณาออกแบบ : E
- ประเภทอาคาร (Conc or Steel) : Conc
- ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดิน h_n = 22.95 m
- คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร $T = 0.02\ H$ = 0.459 sec
- คาบการสั่นจากการคำนวณเชิงโหมด Eigenvalue Analysis
  T_{EG_X} = 1.704 sec > 1.5T = 0.689 sec
  T_{EG_Y} = 1.534 sec > 1.5T
- คาบการสั่นที่ใช้ในการคำนวณ T_X = 0.689 sec ; T_Y = 0.689 sec
  Ts = 1.00 sec
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสูงสุด ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที S_S = See Sa (สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสูงสุด ที่คาบการสั่น 1.0 วินาที S_1 = See Sa (สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคารที่คาบการสั่น 0.2 วินาที F_a = See Sa (สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคารที่คาบการสั่น 1.0 วินาที F_v = See Sa (สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่ปรับแก้ผลของชั้นดิน $S_{MS} = F_a S_S$ = See Sa (สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่ปรับแก้ผลของชั้นดิน $S_{M1} = F_v S_1$ = See Sa (สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ $S_{DS} = 2/3\ (S_{MS})$ = 0.13 (g) ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที [Static case]
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ $S_{D1} = 2/3\ (S_{M1})$ = 0.16 (g) ที่คาบการสั่น 1.0 วินาที [Static case]
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T) S_a = 0.146 (g) [Static case]

งาน : TROPICANA Building A

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ	ตัวประกอบความสำคัญ
1) อาคาร และโครงสร้าง ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อย เช่น อาคารที่เกี่ยวกับการเกษตร, อาคารชั่วคราว, อาคารเก็บของซึ่งไม่มีความสำคัญ	I (น้อย)	1.00
2) อาคาร และโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก	II (ปกติ)	1.00
3) อาคาร และโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวตมนุษย์และสาธารณะชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถม หรือมัธยมศึกษาที่มีความจุ มากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัย หรือวิทยาลัย ที่มีความจุ มากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่ความจุคนไข้ > 50 คน แต่ไม่สามารถรักษาในกรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	III (มาก)	1.25
4) อาคาร และโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน หรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า -โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารและโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เชื้อเพลิง หรือสารเคมี อันอาจก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	IV (สูงมาก)	1.50

ประเภทความสำคัญ III (มาก)

ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร I = 1.25

การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว			
	I	II	III	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

การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว			
	I	II	III	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

งาน : TROPICANA Building A

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

- ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{DS} : ก (ไม่ต้องออกแบบ) [SDs = Sa = 0.126 : Dynamic]
- ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{D1} : ค [SD1 = Sa = 0.158 : Dynamic]
- ระบบโครงสร้างโดยรวม **Building Frame System** (See Seismic resisting system table)

TYPE : **2.6** กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)

- ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor) : R = 5
- ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Overstrength Factor) : Ω_0 = 2.5
- ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor) : C_d = 4.5
- นน.โครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร : (Total DL ของอาคาร สำหรับอาคารทั่วไป W = 9,531,351 กก.

หรือ Total DL + 25% LL สำหรับโกดังหรือคลังสินค้า)

- ตัวคูณปรับค่าแรงภายในจากการตอบสนองแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น = (I/ R) = 0.250 : (I/ R)*g = 2.453
- สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว $C_{S1} = S_a(I/R)$ = 0.036
- แรงเฉือนจากการคำนวณ SPEC 1 at storey 1 V_x = 294,713 kg < 0.85 V = 294778 kg

SPEC 2 at storey 1 V_y = 294,825 kg > 0.85 V = 294778 kg

ปรับแก้ค่าแรงภายในในการออกแบบ : ค่าปรับสำหรับ : SPEC 1 = 0.85 V / V_x = 1.000 : ตัวปรับค่า *(I/R)*g = 2.721

ค่าปรับสำหรับ : SPEC 2 = 0.85 V / V_y = 1.000 : ตัวปรับค่า *(I/R)*g = 3.647

- แรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear) $V = C_S W$ = 346,798 กก.
- ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง k = 1.00
- แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใดๆในแนวราบ $F_x = [w_x h^k_x / (\sum w_i h^k_i)] * V$

ชั้นอาคาร	Wt_x (กก.)	h_x (ม.)	$W_x h^k_x$ (กก.-ม.)	F_x (ม.)	V_x (ม.)
10 (Roof)	39,581	25.80	1,021,195	3,227	73,207
9 (Roof)	964,818	22.95	22,142,565	69,980	69,980
8	1,119,176	20.10	22,495,442	71,095	141,074
7	1,087,619	17.10	18,598,282	58,778	199,853
6	1,087,619	14.25	15,498,569	48,982	248,834
5	1,087,619	11.40	12,398,855	39,185	288,020
4	1,087,619	8.55	9,299,142	29,389	317,409
3	1,087,619	5.70	6,199,428	19,593	337,002
2	1,087,619	2.85	3,099,714	9,796	346,798
Base	882,062	0.00	0	0	0
		ผลรวม	109,731,996		

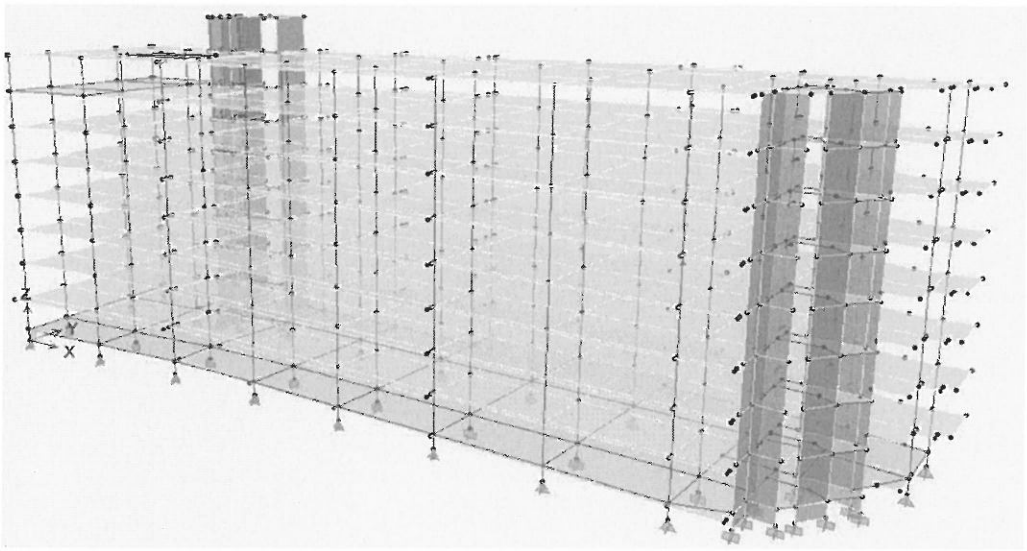
งาน : TROPICANA Building A

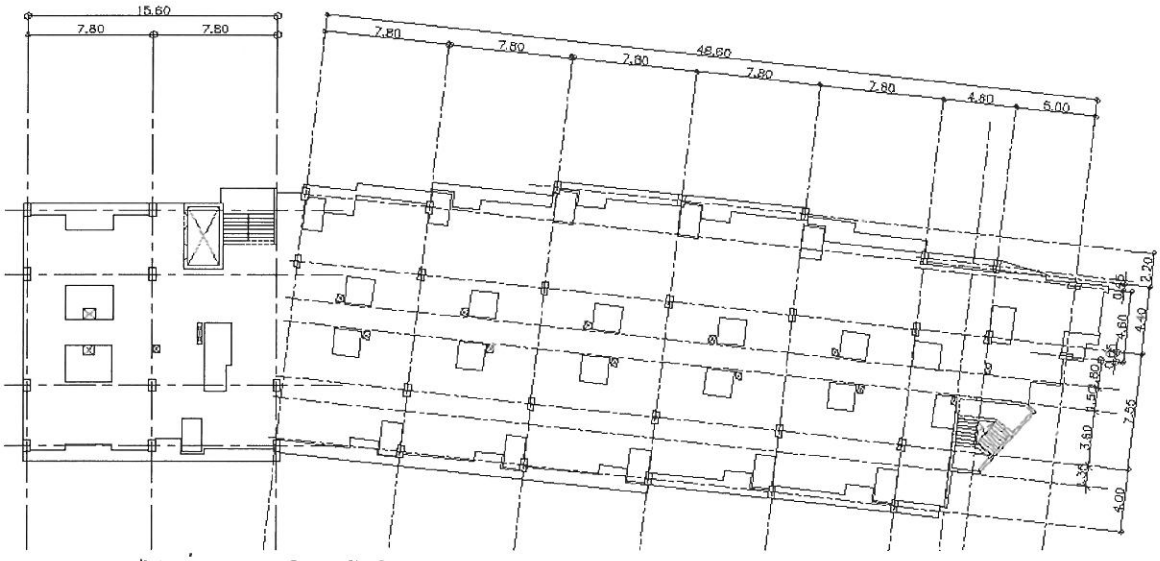
วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

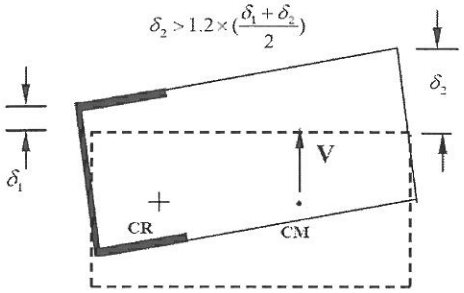
Structural Model for Seismic Design





ตรวจสอบความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวระนาบ

- Check ความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิดที่ขอบอาคาร



δ_1 = 7.07 cm. ที่ขอบซ้าย เมื่อรับแรงในแนวแกน Y

δ_2 = 3.16 cm. ที่ขอบขวา เมื่อรับแรงในแนวแกน Y

$\delta_{ave} = (\delta_1+\delta_2)/2$ = 5.12 cm.

$\delta_1 > 1.2\,\delta_{ave}$ *** อาคารมีความไม่สม่ำเสมอของ

7.07 > 6.14 โครงสร้างเชิงการบิด ***

งาน : TROPICANA Building A

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

ค่าการเคลื่อนที่ในแต่ละชั้นสำหรับแรงกระทำแผ่นดินไหว ทิศทาง X

ระดับชั้น	แรงเฉือน V_x (kg)	การเคลื่อนที่ของแต่ละชั้น, δ_{xe} (cm.)	การเคลื่อนที่จากฐาน, δ_x (cm.)	การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น, Δ_x (cm.)	Allowabel Story Dirft, Δ_a (cm.)
9 (Roof)	69,980	4.850	17.460	2.340	4.275
8	141,074	4.200	15.120	2.448	4.500
7	199,853	3.520	12.672	2.556	4.275
6	248,834	2.810	10.116	2.628	4.275
5	288,020	2.080	7.488	2.484	4.275
4	317,409	1.390	5.004	2.196	4.275
3	337,002	0.780	2.808	1.728	4.275
2	346,798	0.300	1.080	1.080	4.275
Base	0	0.000	0.000	0.000	-

ค่าการเคลื่อนที่ในแต่ละชั้นสำหรับแรงกระทำแผ่นดินไหว ทิศทาง Y

ระดับชั้น	แรงเฉือน V_y (kg)	การเคลื่อนที่ของแต่ละชั้น, δ_{ye} (cm.)	การเคลื่อนที่จากฐาน, δ_y (cm.)	การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น, Δ_y (cm.)	Allowabel Story Dirft, Δ_a (cm.)
9 (Roof)	69,980	7.070	25.452	3.312	4.275
8	141,074	6.150	22.140	3.564	4.500
7	199,853	5.160	18.576	3.708	4.275
6	248,834	4.130	14.868	3.780	4.275
5	288,020	3.080	11.088	3.672	4.275
4	317,409	2.060	7.416	3.276	4.275
3	337,002	1.150	4.140	2.556	4.275
2	346,798	0.440	1.584	1.584	4.275
Base	0	0.000	0.000	0.000	-

- สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ที่ยอมให้ = 0.015

***** จากตาราง ค่าระยะการเคลื่อนที่สัมพันธ์ในแต่ละชั้นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ($\Delta_x < \Delta_a$) & ($\Delta_y < \Delta_a$) ok. *****

งาน : TROPICANA Building A

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

การคำนวณค่า Overturning Moment

ชั้น	แรงกระทำด้านข้าง F_x (kg)	ความสูงระหว่างชั้น, h_x (m.)	Overturing Moment, M_x (kg-m.)
9 (Roof)	69,980	2.85	0
8	71,095	3.00	199,442
7	58,778	2.85	622,665
6	48,982	2.85	1,192,245
5	39,185	2.85	1,901,424
4	29,389	2.85	2,722,280
3	19,593	2.85	3,626,896
2	9,796	2.85	4,587,352
Base	0	0.00	5,575,726

ตำแหน่งพิกัด Center of Mass

ชั้น	c.g. X Ordinate (m.)	c.g. Y Ordinate (m.)	Min Edge Ordinate X (m.)	Min Edge Ordinate Y (m.)
9 (Roof)	32.349	6.774	58.20	0.00
8	31.240	6.782	58.20	0.00
7	31.977	6.761	58.20	0.00
6	31.977	6.761	58.20	0.00
5	31.977	6.761	58.20	0.00
4	31.977	6.761	58.20	0.00
3	31.977	6.761	58.20	0.00
2	31.977	6.761	58.20	0.00
Base	31.977	6.761	58.20	0.00

การคำนวณค่า Resisting Moment

ชั้น	นน.โครงสร้าง ประสิทธิผล ของชั้นที่ x,	c.g. of Mass, C_x (m.)	c.g. of Mass, C_y	Resisting Moment, M_{Re_X} (kg-m.)	Resisting Moment, M_{Re_Y} (kg-m.)
9 (Roof)	964,818	25.85	6.77	24,941,501	6,535,675
8	1,119,176	26.96	6.78	30,172,991	7,590,253
7	1,087,619	26.22	6.76	28,520,628	7,353,391
6	1,087,619	26.22	6.76	28,520,629	7,353,391
5	1,087,619	26.22	6.76	28,520,630	7,353,391
4	1,087,619	26.22	6.76	28,520,630	7,353,391
3	1,087,619	26.22	6.76	28,520,631	7,353,392
2	1,087,619	26.22	6.76	28,520,631	7,353,392
Base	882,062	26.22	6.76	23,130,316	5,963,622
		Summary of Resisting Moment		249,368,588	64,209,898

งาน : TROPICANA Building A

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

- Overturning Moment @ Base M_{action} = 5,575,726 kg-m
- Minimum Resisting Moment @ Base $M_{Reaction}$ = 64,209,898 kg-m

***** ความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำ $S.F = M_{Reaction} / M_{action}$ = 11.52 > 1.50 ok. *****

ในกรณีที่อาคารมีประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว แบบ ค หรือ ง, ฐานรากเข็มจะต้องถูกยึดโยงกันด้วยองค์อาคารเชื่อมต่อ (Ties)

Tie structure รับแรงดึง และอัด ได้ไม่น้อยกว่า $Tie = 0.1\ S_{DS}\ W_f$ = 11,215 kg

น้ำหนักบรรทุกปรับค่า $W_f = 1.4\ DL + 1.7\ LL$ = 890,067 kg (Max. Reaction Load)

การวิเคราะห์หาแรงภายในโครงสร้างอาคาร จากการรวมน้ำหนักบรรทุกกรณีพิจารณาแรงกระทำทางด้านข้าง จากกรณีดังนี้

U1 = 1.2 D + 0.5 L + 1.0 EQX + 0.3 EQY เนื่องจาก น้ำหนักบรรทุกจร มีค่า < 500 kg/m^2

U2 = 1.2 D + 0.5 L + 0.3 EQX + 1.0 EQY เนื่องจาก น้ำหนักบรรทุกจร มีค่า < 500 kg/m^3

U3 = 0.9 D + 1.0 EQX + 0.3 EQY

U4 = 0.9 D + 0.3 EQX + 1.0 EQY

BUILDING B

งาน : TROPICANA Building B

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

การออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ตาม มยผ.1302

Dynamic Method

บริเวณที่ 1 พื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ และจังหวัดในปริมลฑล แบ่งเป็น 7 โซนย่อย

บริเวณที่ 2 พื้นที่ทั่วประเทศไทย ยกเว้นแอ่งกรุงเทพ

- พื้นที่ที่พิจารณาโครงสร้างรับแผ่นดินไหว อยู่ที่จังหวัด **สมุทรปราการ** อำเภอ **เมือง**

  จัดอยู่ในบริเวณที่ **1** โซน 5 (แอ่งกรุงเทพ และปริมณฑล)

การจำแนกประเภทชั้นดินที่ตั้งอาคาร

ต้องพิจารณาจากคุณสมบัติของชั้นดิน ตั้งแต่ผิวดิน ถึงความลึก 30 ม. หากไม่มีข้อมูลดินที่ชัดเจนที่จะใช้จำแนก และไม่สามารถทำการสำรวจดิน ให้สมมุติว่าประเภทของชั้นดิน เป็นประเภท D ในกรณีมีชั้นดินหนา > 3 ม.อยู่ระหว่างฐานรากกับชั้นหิน ห้ามกำหนดเป็นชั้นดินประเภท A หรือ B

ประเภทชั้นดิน	$\overline{v}_s$ (ความเร็วคลื่นเฉือนเฉลี่ย)	$\overline{N}$	$\overline{S}_u$
A	> 1500 m/s	-	-
B	750 - 1500 m/s	-	-
C	360 - 750 m/s	> 50	> 100 kN/m^2
D	180 - 360 m/s	15 - 50	50 - 100 kN/m^3
E	< 180 m/s	< 15	< 50 kN/m^3
E	มีชั้นดินที่มีความหนา > 3 m. ที่มีคุณสมบัติ คือ Plasitc Index > 20, Moisture Content (w) > 40% , $\overline{S}_u$ < 25 kN/m^2		
F	ต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของชั้นดินต่อคลื่นการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กับชั้นดินที่มีลักษณะดังนี้ 1. ชั้นดินที่มีโอกาสวิบัติภายใต้แผ่นดินไหว เช่น ดินที่สามารถเกิด Liquefaction หรือ ดินเหนียวที่อ่อนมาก 2. ชั้นดินเหนียวที่มีวัตถุอินทรีย์อยู่มาก และมีความหนา > 3 m. 3. ชั้นดินที่มีความเป็นพลาสติกสูง (มีความหนา > 7.6 m. & PI > 75) 4. ชั้นดินเหนียวอ่อนถึงปานกลางที่หนามาก (> 37 m. และมีกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ S_u < 50 kN/m^2)		

- ประเภทชั้นดินที่พิจารณาออกแบบ			E	
- ประเภทอาคาร (Conc or Steel)			Conc	
- ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดิน	h_n	=	22.95	m
- คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร	T = 0.02 H	=	0.459	sec
- คาบการสั่นจากการคำนวณเชิงโหมด Eigenvalue Analysis	T_{EG_X}	=	1.208	sec > 1.5T = 0.689 sec
	T_{EG_Y}	=	1.783	sec > 1.5T
- คาบการสั่นที่ใช้ในการคำนวณ	T_X	=	0.689	sec ; T_Y = 0.689 sec
	Ts	=	1.00	sec
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสูงสุด ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที	S_S	=	See Sa	(สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสูงสุด ที่คาบการสั่น 1.0 วินาที	S_1	=	See Sa	(สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคารที่คาบการสั่น 0.2 วินาที	F_a	=	See Sa	(สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- สัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคารที่คาบการสั่น 1.0 วินาที	F_v	=	See Sa	(สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่ปรับแก้ผลของชั้นดิน	$S_{MS} = F_a S_S$	=	See Sa	(สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่ปรับแก้ผลของชั้นดิน	$S_{M1} = F_v S_1$	=	See Sa	(สำหรับพื้นที่แอ่งกทม.)
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ	$S_{DS} = 2/3 (S_{MS})$	=	0.13	(g) ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที [Static case]
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบ	$S_{D1} = 2/3 (S_{M1})$	=	0.16	(g) ที่คาบการสั่น 1.0 วินาที [Static case]
- ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบที่คาบการสั่นพื้นฐานของอาคาร (T)	S_a	=	0.146	(g) [Static case]

งาน : TROPICANA Building B

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

การจำแนกประเภทความสำคัญของอาคาร และค่าตัวประกอบความสำคัญของอาคาร

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ	ตัวประกอบความสำคัญ
1) อาคาร และโครงสร้าง ที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อย เช่น อาคารที่เกี่ยวกับการเกษตร, อาคารชั่วคราว, อาคารเก็บของซึ่งไม่มีความสำคัญ	I (น้อย)	1.00
2) อาคาร และโครงสร้างอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และ	II (ปกติ)	1.00
3) อาคาร และโครงสร้างอื่นๆ ที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวตมนุษย์และสาธารณะชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถม หรือมัธยมศึกษาที่มีความจุ มากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัย หรือวิทยาลัย ที่มีความจุ มากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่ความจุคนไข้ > 50 คน แต่ไม่สามารถรักษาในกรณีฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	III (มาก)	1.25
4) อาคาร และโครงสร้างที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน หรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุ เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า -โรงผลิตน้ำประปา ถังเก็บน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารและโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เชื้อเพลิง หรือสารเคมี อันอาจก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	IV (สูงมาก)	1.50

ประเภทความสำคัญ III (มาก)

ตัวประกอบความสำคัญของอาคาร I = 1.25

การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{DS}

ค่า S_{DS}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว			
	I	II	III	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

การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{D1}

ค่า S_{D1}	ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว			
	I	II	III	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

งาน : TROPICANA Building B

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

- ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{DS} : ก (ไม่ต้องออกแบบ) [SDs = Sa = 0.126 : Dynamic]
- ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว โดยพิจารณาจากค่า S_{D1} : ค [SD1 = Sa = 0.158 : Dynamic]
- ระบบโครงสร้างโดยรวม **Building Frame System** (See Seismic resisting system table)

TYPE : **2.6** กำแพงรับแรงเฉือนแบบธรรมดา (Ordinary Reinforced Concrete Shear Wall)

- ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor) : R = 5
- ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Overstrength Factor) : Ω_0 = 2.5
- ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว (Deflection Amplification Factor) : C_d = 4.5
- นน.โครงสร้างประสิทธิผลของอาคาร : (Total DL ของอาคาร สำหรับอาคารทั่วไป W = 6,918,457 กก.

หรือ Total DL + 25% LL สำหรับโกดังหรือคลังสินค้า)

- ตัวคูณปรับค่าแรงภายในจากการตอบสนองแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น = (I/ R) = 0.250 : (I/ R)*g = 2.453
- สัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว $C_{S1} = S_a(I/R)$ = 0.036
- แรงเฉือนจากการคำนวณ SPEC 1 at storey 1 V_x = 213,999 kg > 0.85 V = 213969 kg

SPEC 2 at storey 1 V_y = 213,984 kg > 0.85 V = 213969 kg

ปรับแก้ค่าแรงภายในในการออกแบบ : ค่าปรับสำหรับ : SPEC 1 = 0.85 V / V_x = 1.000 : ตัวปรับค่า *(I/R)*g = 3.000

ค่าปรับสำหรับ : SPEC 2 = 0.85 V / V_y = 1.000 : ตัวปรับค่า *(I/R)*g = 4.074

- แรงเฉือนที่ฐานอาคาร (Seismic Base Shear) $V = C_S W$ = 251,728 กก.
- ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดรูปแบบการกระจายแรง k = 1.00
- แรงสถิตเทียบเท่าที่กระทำต่ออาคาร ณ ชั้นใดๆในแนวราบ $F_x = [w_x h^k_x / (\sum w_i h^k_i)] * V$

ชั้นอาคาร	Wt_x (กก.)	h_x (ม.)	$W_x h^k_x$ (กก.-ม.)	F_x (ม.)	V_x (ม.)
10 (Roof)	37,967	25.80	979,548	2,841	52,181
9 (Roof)	741,300	22.95	17,012,828	49,340	49,340
8	845,614	20.10	16,996,839	49,294	98,634
7	881,891	17.10	15,080,341	43,736	142,370
6	881,891	14.25	12,566,951	36,446	178,817
5	881,891	11.40	10,053,561	29,157	207,974
4	881,891	8.55	7,540,171	21,868	229,842
3	881,891	5.70	5,026,780	14,579	244,420
2	884,120	2.85	2,519,742	7,308	251,728
Base	0	0.00	0	0	0
		ผลรวม	86,797,214		

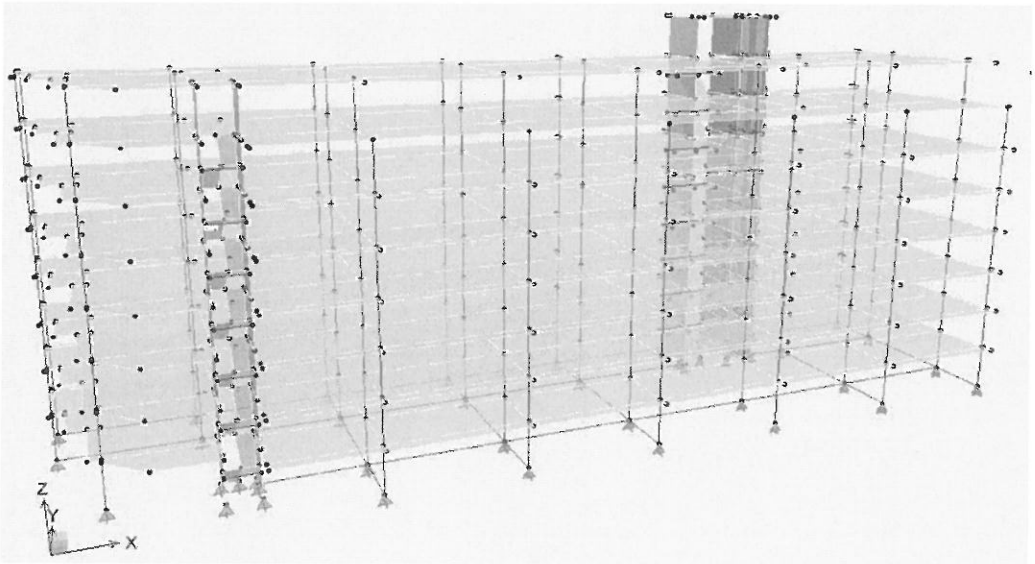
งาน : TROPICANA Building B

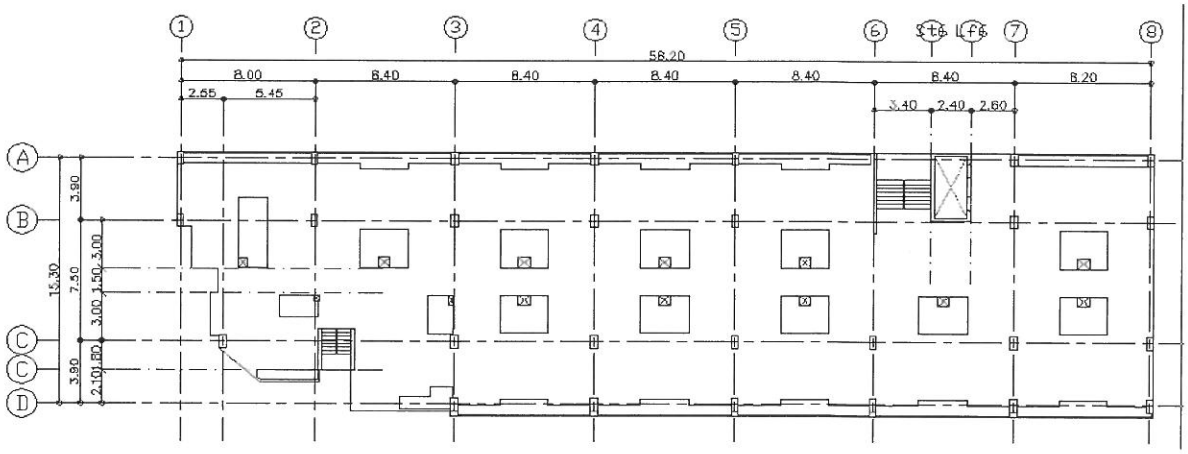
วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

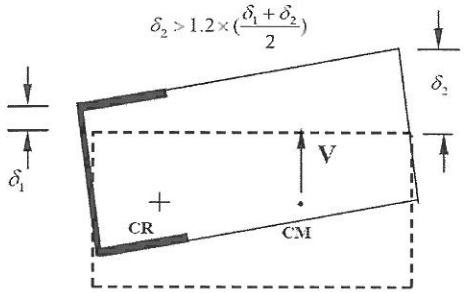
Structural Model for Seismic Design





ตรวจสอบความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวระนาบ

- Check ความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิดที่ขอบอาคาร



δ_1 = 11.09 cm. ที่ขอบซ้าย เมื่อรับแรงในแนวแกน Y

δ_2 = 4.98 cm. ที่ขอบขวา เมื่อรับแรงในแนวแกน Y

$\delta_{ave} = (\delta_1+\delta_2)/2$ = 8.04 cm.

$\delta_1 > 1.2\,\delta_{ave}$ *** อาคารมีความไม่สม่ำเสมอของ

11.09 > 9.64 โครงสร้างเชิงการบิด ***

งาน : TROPICANA Building B

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

ค่าการเคลื่อนที่ในแต่ละชั้นสำหรับแรงกระทำแผ่นดินไหว ทิศทาง X

ระดับชั้น	แรงเฉือน V_x (kg)	การเคลื่อนที่ของแต่ละชั้น, δ_{xe} (cm.)	การเคลื่อนที่จากฐาน, δ_x (cm.)	การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น, Δ_x (cm.)	Allowabel Story Dirft, Δ_a (cm.)
9 (Roof)	49,340	0.607	2.184	0.674	4.275
8	98,634	0.794	2.859	0.212	4.500
7	142,370	0.853	3.071	0.280	4.275
6	178,817	0.931	3.351	0.093	4.275
5	207,974	0.957	3.444	0.190	4.275
4	229,842	0.904	3.254	0.603	4.275
3	244,420	0.736	2.651	1.320	4.275
2	251,728	0.370	1.331	1.331	4.275
Base	0	0.000	0.000	0.000	-

ค่าการเคลื่อนที่ในแต่ละชั้นสำหรับแรงกระทำแผ่นดินไหว ทิศทาง Y

ระดับชั้น	แรงเฉือน V_y (kg)	การเคลื่อนที่ของแต่ละชั้น, δ_{ye} (cm.)	การเคลื่อนที่จากฐาน, δ_y (cm.)	การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น, Δ_y (cm.)	Allowabel Story Dirft, Δ_a (cm.)
9 (Roof)	49,340	0.819	2.948	1.539	4.275
8	98,634	1.246	4.486	1.127	4.500
7	142,370	1.559	5.613	0.586	4.275
6	178,817	1.722	6.199	0.252	4.275
5	207,974	1.792	6.451	0.096	4.275
4	229,842	1.765	6.355	0.896	4.275
3	244,420	1.516	5.459	2.520	4.275
2	251,728	0.817	2.939	2.939	4.275
Base	0	0.000	0.000	0.000	-

- สัมประสิทธิ์การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ที่ยอมให้ = 0.015

***** จากตาราง ค่าระยะการเคลื่อนที่สัมพันธ์ในแต่ละชั้นไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ($\Delta_x < \Delta_a$) & ($\Delta_y < \Delta_a$) ok. *****

งาน : TROPICANA Building B

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

การคำนวณค่า Overturning Moment

ชั้น	แรงกระทำด้านข้าง F_x (kg)	ความสูงระหว่างชั้น, h_x (m.)	Overturing Moment, M_x (kg-m.)
9 (Roof)	49,340	2.85	0
8	49,294	3.00	140,620
7	43,736	2.85	436,523
6	36,446	2.85	842,278
5	29,157	2.85	1,351,906
4	21,868	2.85	1,944,631
3	14,579	2.85	2,599,680
2	7,308	2.85	3,296,278
Base	0	0.00	4,013,703

ตำแหน่งพิกัด Center of Mass

ชั้น	c.g. X Ordinate (m.)	c.g. Y Ordinate (m.)	Min Edge Ordinate X (m.)	Min Edge Ordinate Y (m.)
9 (Roof)	27.964	8.456	58.20	0.00
8	29.937	8.000	58.20	0.00
7	30.116	7.634	58.20	0.00
6	30.138	7.617	58.20	0.00
5	30.138	7.617	58.20	0.00
4	30.138	7.617	58.20	0.00
3	30.138	7.617	58.20	0.00
2	30.139	7.617	58.20	0.00
Base	30.139	7.617	58.20	0.00

การคำนวณค่า Resisting Moment

ชั้น	นน.โครงสร้าง ประสิทธิผล ของชั้นที่ x,	c.g. of Mass, C_x (m.)	c.g. of Mass, C_y	Resisting Moment, M_{Re_X} (kg-m.)	Resisting Moment, M_{Re_Y} (kg-m.)
9 (Roof)	741,300	30.24	8.46	22,413,937	6,268,430
8	845,614	28.26	8.00	23,899,585	6,764,911
7	881,891	28.08	7.63	24,767,035	6,732,358
6	881,891	28.06	7.62	24,747,634	6,717,366
5	881,891	28.06	7.62	24,747,634	6,717,366
4	881,891	28.06	7.62	24,747,634	6,717,366
3	881,891	28.06	7.62	24,747,634	6,717,366
2	884,120	28.06	7.62	24,809,296	6,734,343
Base	0	28.06	7.62	0	0
		Summary of Resisting Moment		194,880,389	53,369,507

งาน : TROPICANA Building B

วิศวกร : ประพจน์ โอสถสัมพันธ์สุข

หัวข้อ : แรงแผ่นดินไหว

วันที่ : 1 ก.พ. 57 หน้า :

- Overturning Moment @ Base M_{action} = 4,013,703 kg-m
- Minimum Resisting Moment @ Base $M_{Reaction}$ = 53,369,507 kg-m

***** ความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำ $S.F = M_{Reaction} / M_{action}$ = 13.30 > 1.50 ok. *****

ในกรณีที่อาคารมีประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว แบบ ค หรือ ง, ฐานรากเข็มจะต้องถูกยึดโยงกันด้วยองค์อาคารเชื่อมต่อ (Ties)

Tie structure รับแรงดึง และอัด ได้ไม่น้อยกว่า $Tie = 0.1 S_{DS} W_f$ = 6,664 kg

น้ำหนักบรรทุกปรับค่า $W_f = 1.4 DL + 1.7 LL$ = 528,898 kg (Max. Reaction Load)

การวิเคราะห์หาแรงภายในโครงสร้างอาคาร จากการรวมน้ำหนักบรรทุกกรณีพิจารณาแรงกระทำทางด้านข้าง จากกรณีดังนี้

U1 = 1.2 D + 0.5 L + 1.0 EQX + 0.3 EQY เนื่องจาก น้ำหนักบรรทุกจร มีค่า < 500 kg/m^2

U2 = 1.2 D + 0.5 L + 0.3 EQX + 1.0 EQY เนื่องจาก น้ำหนักบรรทุกจร มีค่า < 500 kg/m^3

U3 = 0.9 D + 1.0 EQX + 0.3 EQY

U4 = 0.9 D + 0.3 EQX + 1.0 EQY