เอกสารการบรรยายพิเศษงาน เก๋า 2019

ช่วงที่ 3

โดย

รศ.ดร.สายันต์ ศิริมนตรี

- B.Eng. (Civil Engineering), Khonkaen University, Thailand.
- M.Eng. (Structural Engineering), Chulalongkorn University, Thailand.
- Ph.D. (Structural Engineering), Khonkaen University, Thailand.

เรื่องเชี่ยวชาญ

- Durability of concrete structures
- Repair and strengthening of concrete structures
- Reinforced Concrete Design

เนื่องในงานเก๋า 2019

(การบรรยายพิเศษด้านเทคนิคงานวิศวกรรมและช่าง ครั้งที่ 6)

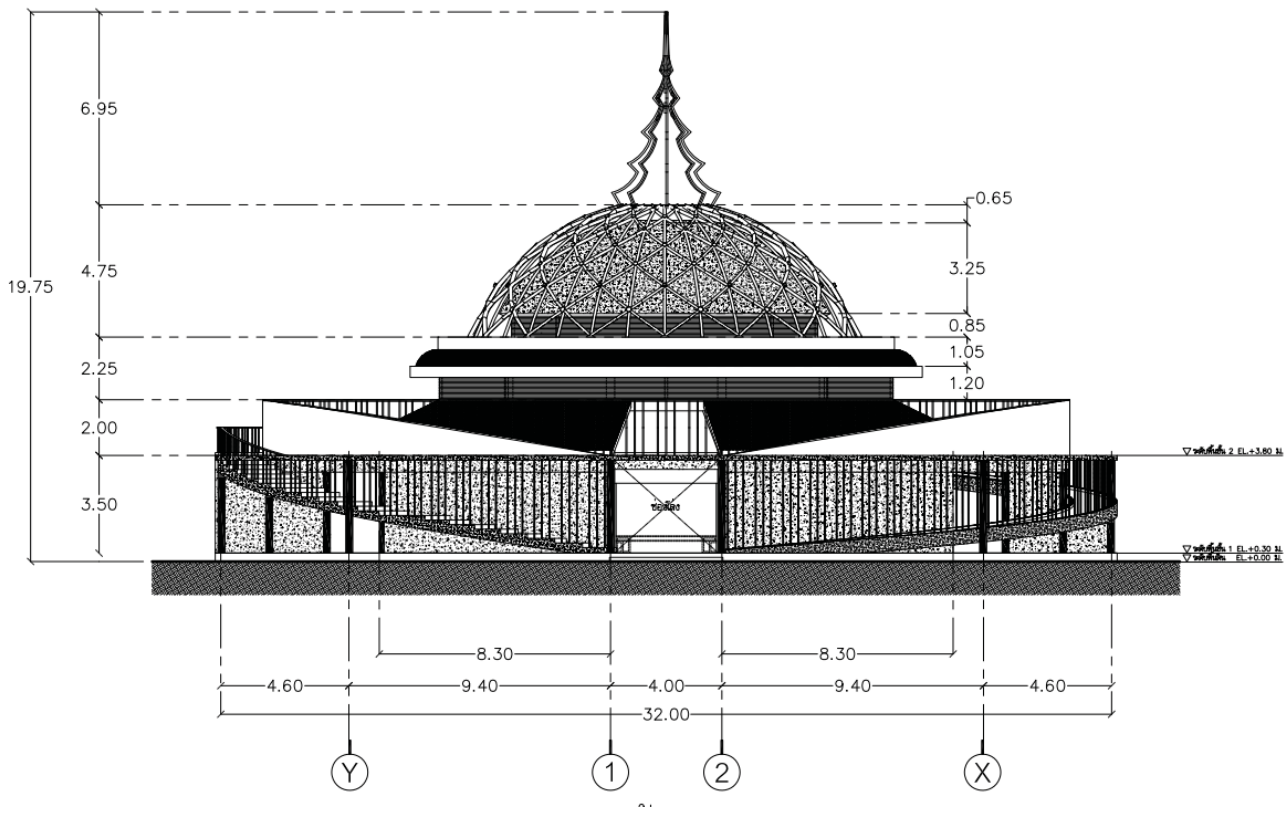
26 มกราคม 2562

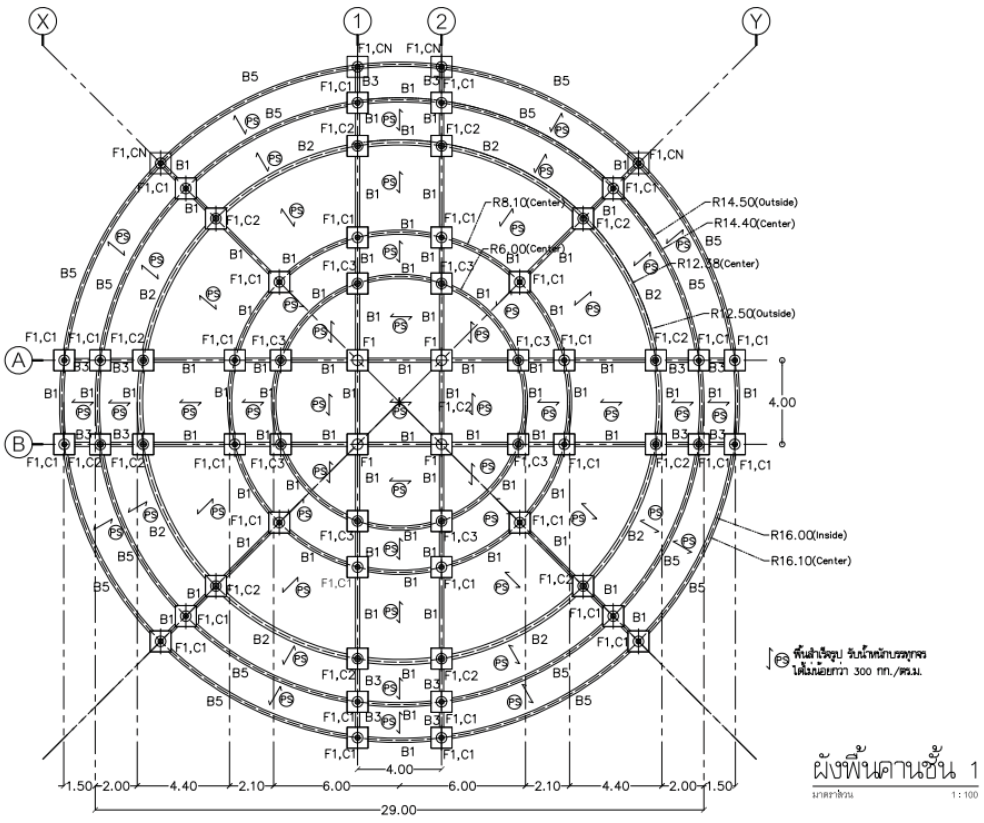
ห้องกรุงธนบอลล์รูม (โรงแรมรอยัลริเวอร์ กรุงเทพฯ)

TUMCIVIL.COM
Engineering Software Center
engfanatic CLUB
& member

พระมหาธาตุเจดีย์2600ปีพุทธชยันตีเฉลิมราช

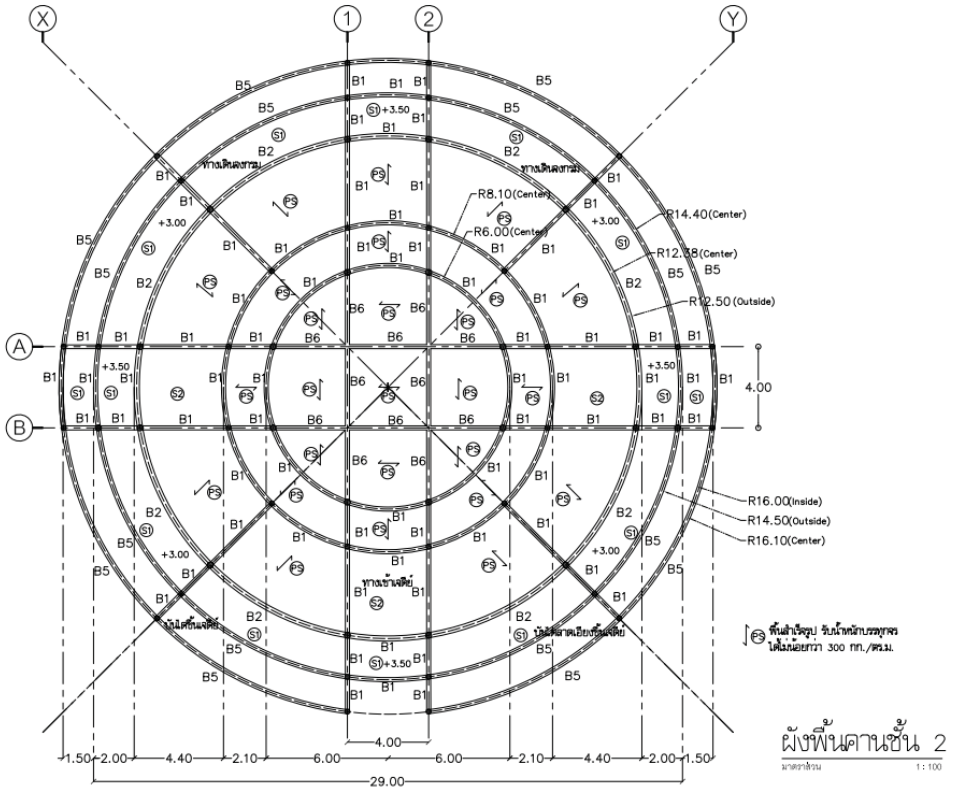
ศูนย์ปฏิบัติธรรมมาบเอื้อง เพื่อเศรษฐกิจพอเพียง อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี





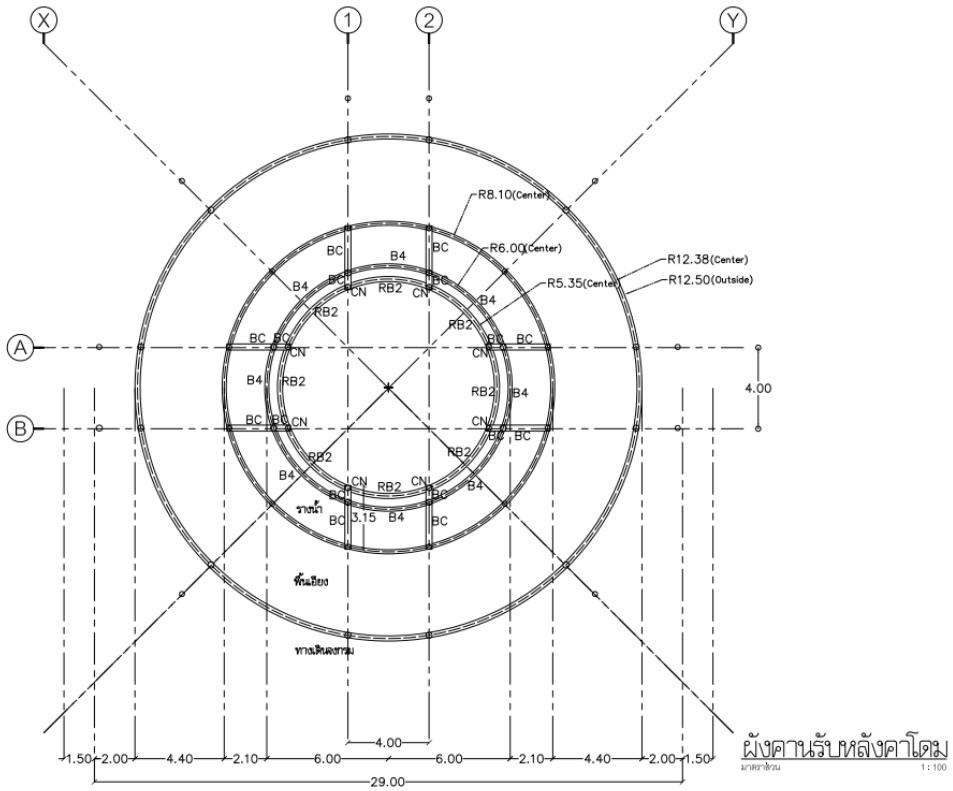
ผังพื้นคานชั้น 1

มาตราส่วน 1 : 100



ผังพื้นดานชั้น 2

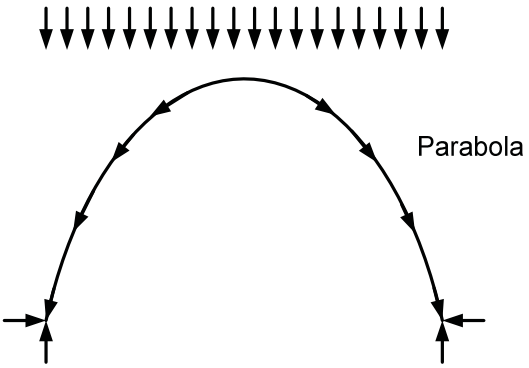
มาตราส่วน 1 : 100



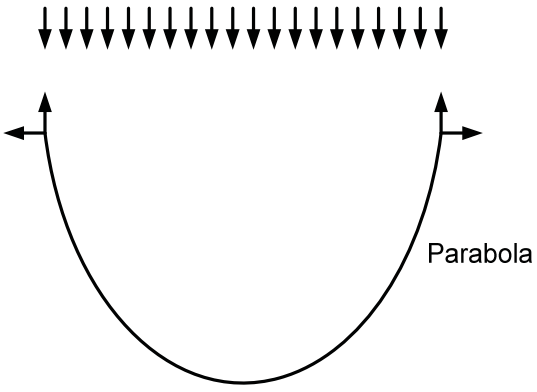
ผังดานรับหลังคาโดม

มาตราส่วน 1 : 100

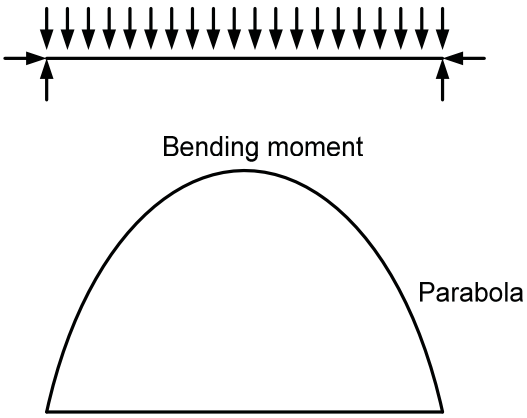
รายการคำนวณโครงสร้างโดม



ถ้า Arch หรือ Dome มีรูปร่างเป็น Parabola
รับน้ำหนักสม่ำเสมอ (Uniformly distributed load)
การถ่ายแรงภายใน จะเป็น Compression อย่างเดียว



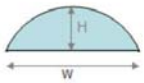
ถ้า Cable รับน้ำหนักสม่ำเสมอ (Uniformly distributed load) จะเกิดการหย่อนตัว (Sag) เป็นรูป Parabola
การถ่ายแรงภายใน จะเป็น Tension อย่างเดียว



ถ้าคานรับน้ำหนักสม่ำเสมอ (Uniformly distributed load)
จะเกิน Bending moment diagram จะเป็นรูป Parabola
การถ่ายแรงภายใน จะเป็น Bending กับ Shear

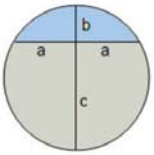
Arc radius formula derivation

This page describes how to derive the forumula for the radius of an arc given the arc's width W, and height H.



Derivation

The arc radius equation is a use of the intersecting chord theorem. In the figure on the right the two lines are chords of the circle, and the vertical one passes through the center, bisecting the other chord.



The blue segment is the arc whose radius we are finding. Its width is 2a, and height b.

Recall from the intersecting chord theorem that

$$a.a = bc$$

Since *a* is half the arc's width W, and *b* is its height H:

$$\frac{W}{2}.\frac{W}{2} = \mathrm{H}\,.\,\mathrm{c}$$

Combining terms

$$\frac{W^2}{4} = \mathrm{H}\,.\,\mathrm{c}$$

Dividing both sides by H

$$c = \frac{W^2}{4H}$$

Now, the diameter of the circle is equal to b+c, and b is the height H, so

$$diameter = H + \frac{W^2}{4H}$$

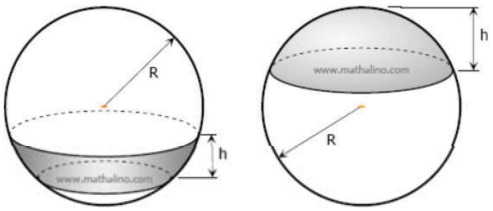
The radius is half the diameter, so dividing through by 2:

$$radius = \frac{H}{2} + \frac{W^2}{8H}$$

Spherical Zone

Zone

A *zone* is that portion of the surface of the sphere included between two parallel planes.



Properties of Spherical Zone

- The *bases* of the zone are the circumference of the sections made by the two parallel planes.
- The *altitude* of the zone is the perpendicular distance between these two parallel planes.
- If one of the bounding parallel planes is tangent to the sphere, the surface bounded is a *zone of one base*.

Area of the Zone

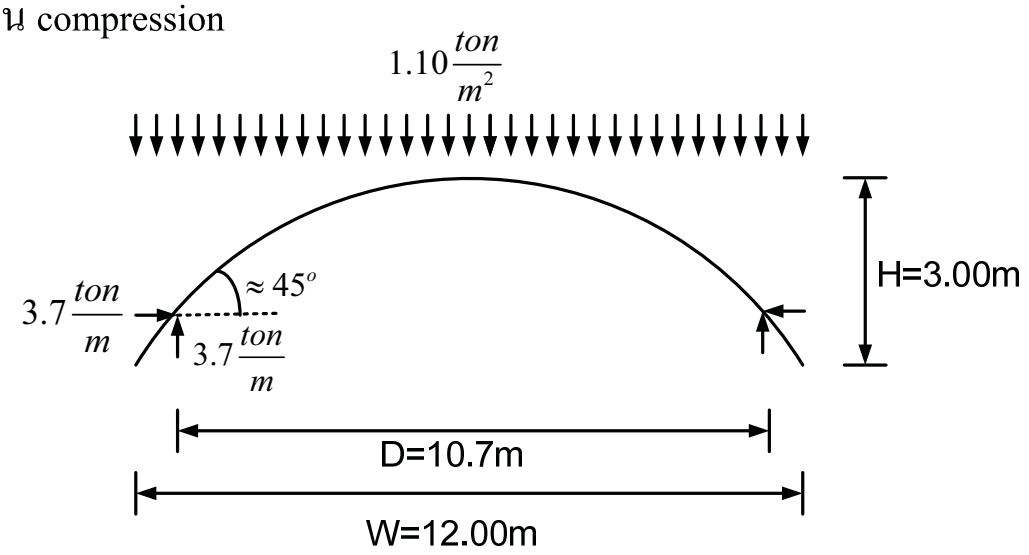
The area of any zone (one base or two bases) is equal to the product of its altitude h and the circumference of the great circle of the sphere.

$$A_{zone} = \text{circumference of great circle} \times \text{altitude}$$

$$A_{zone} = 2\pi Rh$$

Note that when h = 2R, the area of the zone will equal to the total surface area of the sphere which is $4\pi R^2$.

โดมของพระมหาธาตุเจดีย์ไม่เป็น Parabola แต่เป็น ส่วนของทรงกลม แต่การถ่ายแรงส่วนใหญ่ก็ยังคงเป็น compression



$$R = \frac{H}{2} + \frac{W^2}{8H} = \frac{3}{2} + \frac{12^2}{8(3)} = 7.5m$$

พื้นที่ผิวของ Dome A= $2\pi RH = 2\pi(7.5)(3) = 141.4m^2$

ความหนาของ Dome = 0.20M

Dead load ของ Dome=141.4(0.20)(2.4)=67.87ton

พื้นที่ในแนวดิ่งของ Dome $\frac{\pi}{4}(12)^2 = 113.1m^2$

DL ของ Dome ต่อหน่วยพื้นที่ในแนวดิ่ง $\frac{67.87}{113.1} = 0.6\frac{ton}{m^2}$

Live load ต่อหน่วยพื้นที่ในแนวดิ่งของ Dome= 0.5 $\frac{ton}{m^2}$

Dead load + Live load ต่อหน่วยพื้นที่ในแนวดิ่งของ Dome= 0.5+0.6=1.1 $\frac{ton}{m^2}$

เส้นรอบวงของ Ring beam = $\pi(10.7) = 33.62m$

Load/m ตามแนวเส้นรอบวงของ Ring beam

$$= \frac{1.1(113.1)}{33.62} = 3.7\frac{ton}{m}$$

แรงในแนวนอนทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางของวงกลมตามแนวเส้นรอบวงของ Ring beam= $3.7\frac{ton}{m}$

แรงอัดในแนวผิว Dome = $\sqrt{3.7^2 + 3.7^2} = 5.23\frac{ton}{m}$

หน่วยแรงอัดในแนวผิว Dome

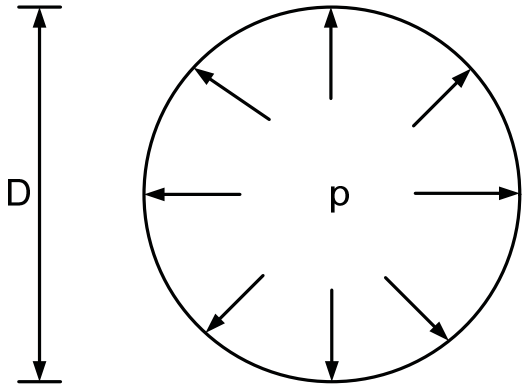
$$= \frac{5.23(1000)}{100(20)} = 2.62\frac{kg}{cm^2} \quad < \quad 0.25f_c^{'} = 0.25(210) = 52.5ksc$$

เหล็กเสริมใช้ปริมาณเหล็กเสริมต่ำสุด

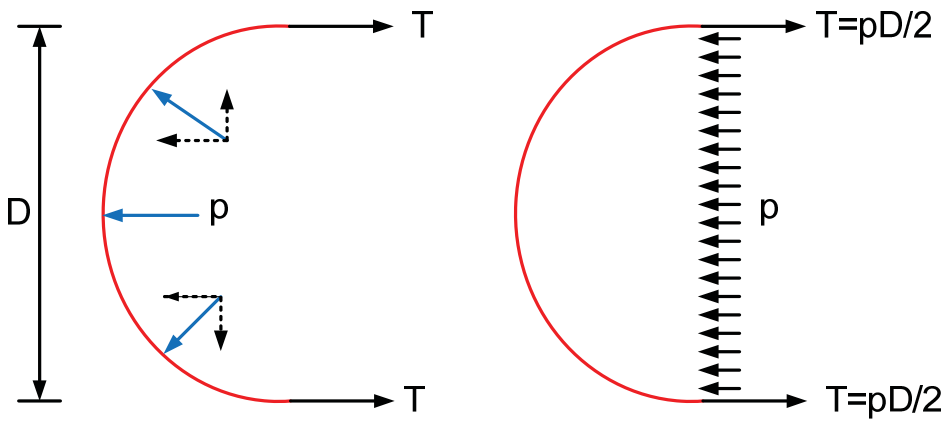
$$= 0.0025bt = 0.0025(100)(20) = 5cm^2$$

ใช้ DB12@0.20 $A_s = 5.65cm^2$

ออกแบบ Ring beam



$$p = 3.7 \frac{ton}{m}$$

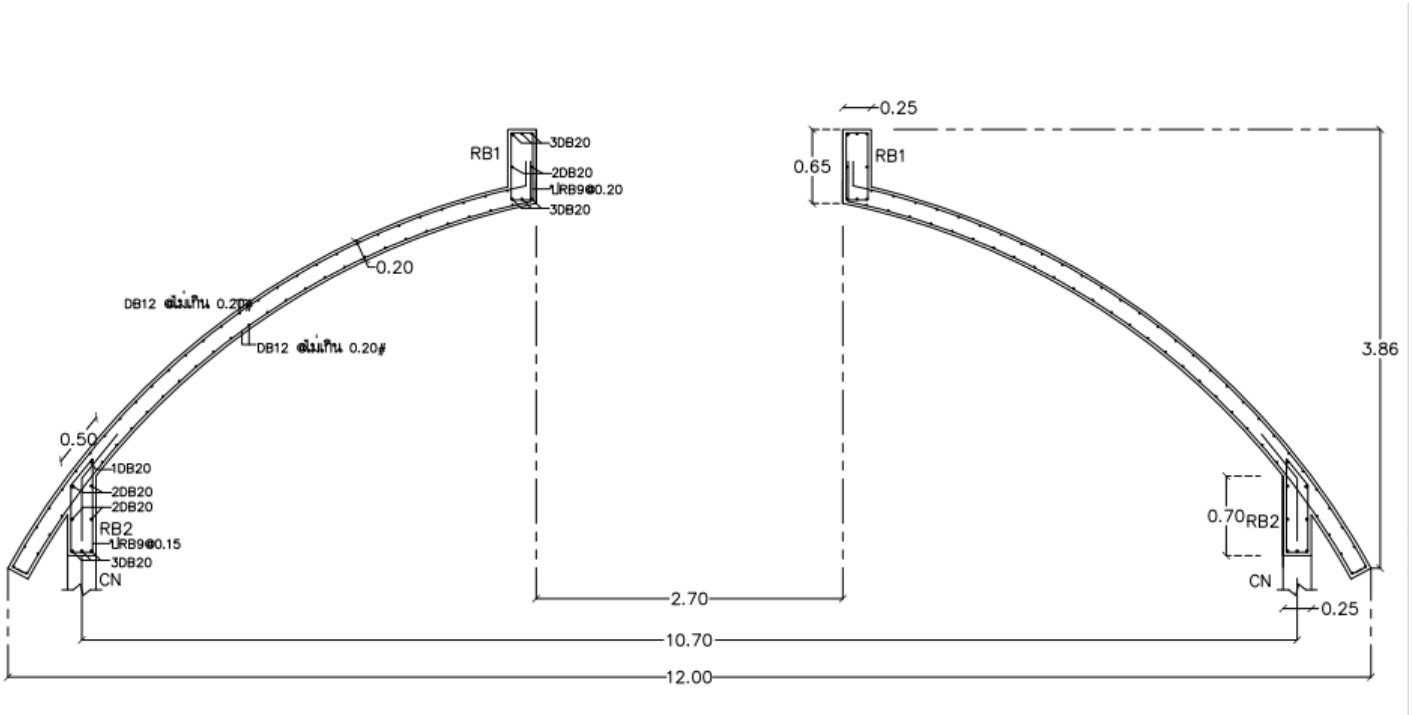


$$T = \frac{pD}{2} = \frac{3.7(10.7)}{2} = 19.8ton$$

DB20 1 เส้นรับแรงดึงปลอดภัยได้

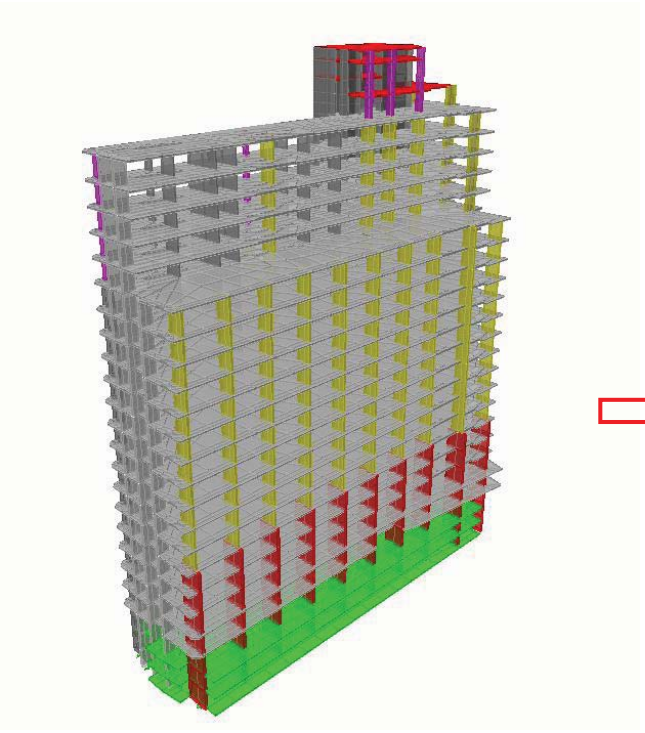
=3.14(0.5)(3000)=4710kg=4.71ton

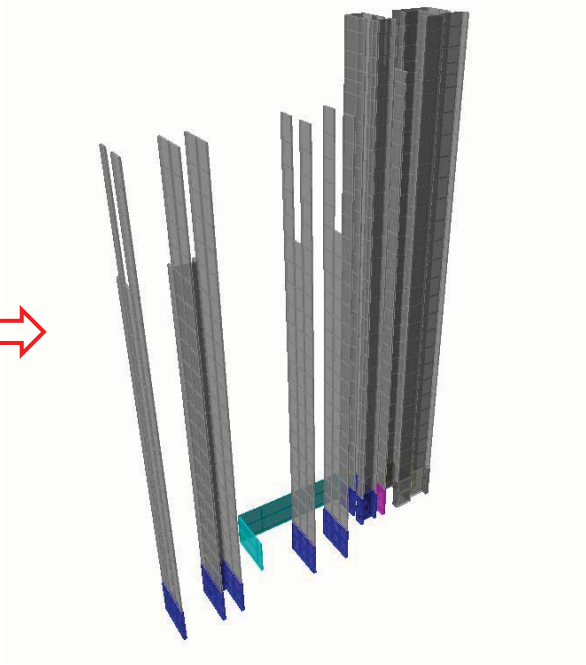
ต้องการเหล็กเสริม 19.8/4.71= 4 เส้น



รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงสร้างโดม

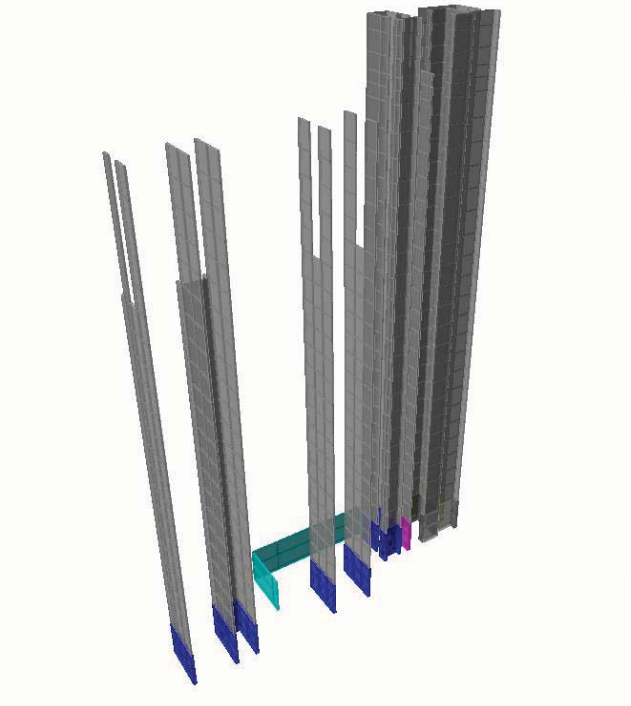
การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

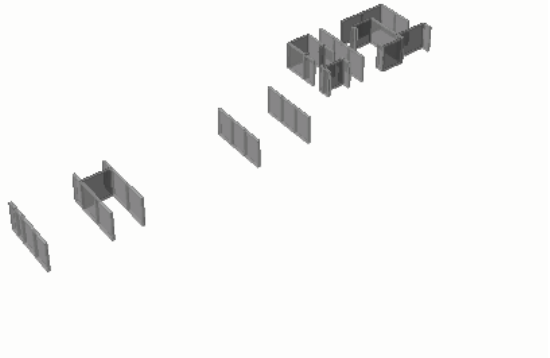




การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

อาคารสูง 21 ชั้นตั้งอยู่ในพื้นที่ริมทะเล บริเวณชายหาดจอมเทียน พัทยา พิจารณาออกแบบกำแพงรับแรงเฉือนที่ชั้นที่ 7





การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

ผนังมีความหนา 30 cm ยาว 6.75 เมตร

กำลังอัดคอนกรีต fc’ = 420 ksc

กำลังรับแรงดึงเหล็กเสริม fy = 4000 ksc

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

น้ำหนักบรรทุกในการออกแบบ

DL	คอนกรีต	2400 kg/m^2
SPDL	350	kg/m^2
LL	200	kg/m^2

จากการคำนวณพบว่าแรงลมร่วมกับ Gravity force ให้ผลตอบสนองต่อโครงสร้าง มากกว่าผลตอบสนองจากแผ่นดินไหว

แรงลมตาม มยผ. 1311 – 50 หน่วยแรงลมสูงสุดที่ยอดอาคาร 146.9 kg/m^2

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน- แรงลมออกแบบ

ชั้น	H	ค่าระดับ	แรงลมต้นลม	แรงลมท้ายลม	แรงลมในการออกแบบ	ความกว้างด้านประทะลม	WY101	WY102		W201		W202		
							Py	Py	Mz	0.75Py	0.75Px	0.563Px	0.563Py	Mz
Top roof	1.8	74.25	95.14	51.76	146.9	14	3.70188	2.77641	5.830461	2.77641	4.806748575	3.80826593	2.08415844	15.66158442
ถังเก็บน้ำ	2.4	72.45	94.62	51.76	148.38	14	4.918388	3.688776	7.7464296	3.688776	6.3770976	4.767074596	2.769041184	20.78656229
ห้องเครื่องลิฟท์	1.95	70.05	94.09	51.76	145.85	14	3.961705	2.98627875	6.271185375	2.98627875	5.15455785	3.869354759	2.241699915	16.80697683
ห้องเครื่องปั๊ม	3	66.1	93.55	51.76	145.31	21.6	9.416088	7.062066	22.88109384	7.062066	7.888338675	5.921511548	5.301257544	35.89580181
ชั้นดาดฟ้า	3.15	65.1	92.71	51.76	144.47	61.12	27.81452016	20.86089012	181.2526406	20.86089012	8.214777508	8.166558648	15.65857485	162.6526875
ชั้นที่ 21	2.95	61.95	91.84	51.76	143.6	61.12	25.8916544	19.4187408	178.0310157	19.4187408	7.627237538	5.725512978	14.57700143	151.5484909
ชั้นที่ 20	2.95	59	90.94	51.76	142.7	61.12	25.7293808	19.2970356	176.9152224	19.2970356	7.559425519	5.674806756	14.48584139	150.5516992
ชั้นที่ 19	2.95	56.05	90	51.76	141.76	61.12	25.55989504	19.16992128	175.7496383	19.16992128	7.488845663	5.621626611	14.39022091	149.5111831
ชั้นที่ 18	2.95	53.1	89.02	51.76	140.76	61.12	25.38319712	19.03739784	174.5348834	19.03739784	7.415497969	5.566567142	14.29073998	148.4289429
ชั้นที่ 17	3.25	50.15	87.99	51.76	139.75	61.12	27.75994	20.819955	190.8773474	20.819955	8.085780313	6.069710741	15.62864822	162.2662625
ชั้นที่ 16	2.95	46.9	86.91	51.76	138.67	61.12	25.00275586	18.75206676	171.9189481	18.75206676	7.259576456	5.44952206	14.07855145	146.0972039
ชั้นที่ 15	2.95	43.95	85.76	51.76	137.54	61.12	24.79901216	18.59925912	170.5180076	18.59925912	7.176080025	5.386844072	13.96184385	144.8495392
ชั้นที่ 14	2.95	41	84.59	51.76	136.35	61.12	24.5844504	18.4383378	169.042861	18.4383378	7.088431838	5.321049499	13.84104558	143.5362681
ชั้นที่ 13	2.95	38.05	83.32	51.76	135.08	61.12	24.35548432	18.26659824	167.4681727	18.26659824	6.996170588	5.251792054	13.71212641	142.1377548
ชั้นที่ 12	2.95	35.1	81.97	51.76	133.73	61.12	24.11205392	18.08404044	165.7944628	18.08404044	6.896373663	5.176379183	13.57506836	140.6517726
ชั้นที่ 11	2.95	32.15	80.52	51.76	132.28	61.12	23.85061312	17.88795984	163.9988156	17.88795984	6.794579756	5.100464537	13.42769519	139.0586459
ชั้นที่ 10	2.95	29.2	78.97	51.76	130.73	61.12	23.57114192	17.67835644	162.0751718	17.67835644	6.68340495	5.017009316	13.2705529	137.3551256
ชั้นที่ 9	2.95	26.25	77.27	51.76	129.03	61.12	23.26482512	17.44848684	159.9675823	17.44848684	6.583928631	4.927320925	13.09798394	135.492513
ชั้นที่ 8	2.95	23.3	75.42	51.76	127.18	61.12	22.93108272	17.19829704	157.6739673	17.19829704	6.433636269	4.829867927	12.91018831	133.4653929
ชั้นที่ 7	2.95	20.35	73.37	51.76	125.13	61.12	22.58143952	16.92107964	155.1324581	16.92107964	6.291294638	4.722865175	12.70209045	131.2229006
ชั้นที่ 6	2.95	17.4	71.05	51.76	122.81	61.12	22.14313424	16.60735088	152.256191	16.60735088	6.132605268	4.603542389	12.48658458	128.6912282
ชั้นที่ 5	2.95	14.45	68.39	51.76	120.15	61.12	21.6835256	16.2476442	148.958402	16.2476442	5.95269585	4.468490351	12.19858491	125.7933107
ชั้นที่ 4	2.95	11.5	65.23	51.76	116.99	61.12	21.09378496	15.82032372	145.0407279	15.82032372	5.742601508	4.310929684	11.87578967	122.3596722
ชั้นที่ 3	3	8.55	61.31	51.76	113.07	61.12	20.7325152	15.5493864	142.5587745	15.5493864	5.738606125	4.307930485	11.87240606	120.4856713
ชั้นที่ 2	3.25	5.55	57.34	51.76	109.1	61.12	21.671824	16.253718	149.0140686	16.253718	6.217039969	4.66892487	12.20112431	126.4557148
ชั้นที่ 1	2.3	2.3	57.34	51.76	109.1	61.12	15.3368416	11.5026312	105.4561226	11.5026312	4.399751363	3.302746869	8.634841821	89.49173648

541.830653

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน- แรงลมออกแบบ

Story	Pier	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3	
FL7	W14	DCON1	Top	-890.9268799	71.3312912	-21.86841011	-27.97287178	35.9596405	-819.6270752	
FL7	W14	DCON1	Bottom	-924.4216919	71.3312912	-21.86841011	-27.97287178	-28.5521698	-609.1997681	
FL7	W14	DCON2	Top	-1129.99939	98.81095123	-28.09790421	36.523983	-46.15256119	-1126.574951	
FL7	W14	DCON2	Bottom	-1163.494263	98.81095123	-28.09790421	36.523983	-36.73625565	-835.0826416	
FL7	W14	DCON3	Top	-894.2704468	65.01680756	-19.6627636	11.36454773	32.35573578	-299.7579651	
FL7	W14	DCON3	Bottom	-919.3916016	65.01680756	-19.6627636	11.36454773	-25.64941597	-107.9583817	
FL7	W14	DCON4	Top	-800.7286377	83.19961548	-22.48409271	43.42142868	36.8731041	-1390.10437	
FL7	W14	DCON4	Bottom	-825.8497314	83.19961548	-22.48409271	43.42142868	-29.45496941	-1144.665527	
FL7	W14	DCON5	Top	-882.8891602	52.64505386	-18.47457314	25.60910416	30.51115608	-352.2986755	
FL7	W14	DCON5	Bottom	-908.0103149	52.64505386	-18.47457314	25.60910416	-23.98883247	-196.9957581	
FL7	W14	DCON6	Top	-812.1099243	95.57136536	-23.67228508	29.17687225	38.7176857	-1337.563721	
FL7	W14	DCON6	Bottom	-837.2310181	95.57136536	-23.67228508	29.17687225	-31.1155529	-1055.628174	
FL7	W14	DCON7	Top	-838.0009766	75.33755493	-37.47498322	31.28833771	60.22769547	-848.4563599	
FL7	W14	DCON7	Bottom	-863.1221313	75.33755493	-37.47498322	31.28833771	-50.32350159	-626.2105713	
FL7	W14	DCON8	Top	-856.9981079	72.87886047	-4.671875	23.4976387	9.001146317	-841.4060059	
FL7	W14	DCON8	Bottom	-882.1192017	72.87886047	-4.671875	23.4976387	-4.780894266	-626.4133911	
FL7	W14	DCON9	Top	-865.4057007	63.94401932	-19.98244667	24.72110748	32.89580536	-610.3873291	
FL7	W14	DCON9	Bottom	-890.5267944	63.94401932	-19.98244667	24.72110748	-26.05241394	-421.7524719	
FL7	W14	DCON10	Top	-829.5934448	84.2723999	-22.16440964	30.06486893	36.33303833	-1079.474976	
FL7	W14	DCON10	Bottom	-854.7145386	84.2723999	-22.16440964	30.06486893	-29.05197334	-830.87146	
FL7	W14	DCON11	Top	-875.4538574	68.21165466	-32.31660843	18.29317474	52.13038254	-438.6948853	
FL7	W14	DCON11	Bottom	-900.5749512	68.21165466	-32.31660843	18.29317474	-43.20360947	-237.4705048	
FL7	W14	DCON12	Top	-819.5452271	80.00476837	-9.830249786	36.49280167	17.0984924	-1251.16748	
FL7	W14	DCON12	Bottom	-844.6663818	80.00476837	-9.830249786	36.49280167	-11.90077782	-1015.153442	
FL7	W14	DCON13	Top	-868.7153931	56.73321915	-28.14933014	29.51224327	45.63091278	-465.9598999	
FL7	W14	DCON13	Bottom	-893.8364868	56.73321915	-28.14933014	29.51224327	-37.40960693	-298.5968933	
FL7	W14	DCON14	Top	-826.2837524	91.48320007	-13.99752712	25.27373123	23.59792709	-1223.902466	
FL7	W14	DCON14	Bottom	-851.4048462	91.48320007	-13.99752712	25.27373123	-17.69477844	-954.0270386	
FL7	W14	DCON15	Top	-714.9660645	44.40706635	-14.9906435	4.951214314	24.71104813	-69.54707336	
FL7	W14	DCON15	Bottom	-740.0871582	44.40706635	-14.9906435	4.951214314	-19.51135063	61.45377731	
FL7	W14	DCON16	Top	-621.4242554	62.58987427	-17.81197166	37.00809479	29.22841454	-1159.893555	
FL7	W14	DCON16	Bottom	-646.5453491	62.58987427	-17.81197166	37.00809479	-23.31690407	-975.253418	
FL7	W14	DCON17	Top	-703.5847778	32.03531647	-13.80245209	19.19577026	22.86646652	-122.0877838	
FL7	W14	DCON17	Bottom	-728.7058716	32.03531647	-13.80245209	19.19577026	-17.85076714	-27.58360672	
FL7	W14	DCON18	Top	-632.8055542	74.96162415	-19.00016403	22.76353836	31.07299614	-1107.352783	
FL7	W14	DCON18	Bottom	-657.9266357	74.96162415	-19.00016403	22.76353836	-24.9774856	-886.2160034	
FL7	W14	DCON19	Top	-658.6965942	54.72781754	-32.80286026	24.87500381	52.583004	-618.2454224	
FL7	W14	DCON19	Bottom	-683.817688	54.72781754	-32.80286026	24.87500381	-44.18543625	-456.7984009	
FL7	W14	DCON20	Top	-677.6937256	52.26912308	0.000245644	17.08430481	1.356456757	-611.1951294	
FL7	W14	DCON20	Bottom	-702.8148193	52.26912308	0.000245644	17.08430481	1.35718143	-457.0012207	
FL7	W14	DCON21	Top	-686.1012573	43.33427811	-15.31032658	18.30777359	25.2511158	-380.1764526	
FL7	W14	DCON21	Bottom	-711.2223511	43.33427811	-15.31032658	18.30777359	-19.9143486	-252.340332	
FL7	W14	DCON22	Top	-650.2890625	63.66266251	-17.49228859	23.65153503	28.68834686	-849.2641602	
FL7	W14	DCON22	Bottom	-675.4101563	63.66266251	-17.49228859	23.65153503	-22.9139061	-661.4592896	
FL7	W14	DCON23	Top	-696.1494751	47.60191345	-27.64448738	11.87984085	44.48569107	-208.4839935	
FL7	W14	DCON23	Bottom	-721.2705688	47.60191345	-27.64448738	11.87984085	-37.06554413	-68.05835724	
FL7	W14	DCON24	Top	-640.2408447	59.39502716	-5.158129215	30.07946777	9.453769684	-1020.956604	
FL7	W14	DCON24	Bottom	-665.3619385	59.39502716	-5.158129215	30.07946777	-5.762712002	-845.741272	
FL7	W14	DCON25	Top	-689.4109497	36.12348175	-23.47720909	23.09890938	37.98623513	-235.7490082	
FL7	W14	DCON25	Bottom	-714.5321045	36.12348175	-23.47720909	23.09890938	-31.2715416	-129.1847534	
FL7	W14	DCON26	Top	-646.9793091	70.87345886	-9.325407028	18.86039734	15.95323753	-993.6915894	
FL7	W14	DCON26	Bottom	-672.1004639	70.87345886	-9.325407028	18.86039734	-11.5567131	-784.6148682	
FL7	W14	DCON27	Top	-620.4266968	36.58616638	-12.6199398	1.639837742	20.81394196	28.95978546	
FL7	W14	DCON27	Bottom	-641.9591064	36.58616638	-12.6199398	1.639837742	-16.41488075	136.8889771	
FL7	W14	DCON28	Top	-525.0507202	55.12549973	-15.49658775	34.32528305	25.41988373	-1082.765991	
FL7	W14	DCON28	Bottom	-546.5830688	55.12549973	-15.49658775	34.32528305	-20.29505157	-920.145813	
FL7	W14	DCON29	Top	-608.8222656	23.97183037	-11.40845013	16.1636982	18.9331913	-24.6111412	
FL7	W14	DCON29	Bottom	-630.3546143	23.97183037	-11.40845013	16.1636982	-14.72173595	46.10575867	
FL7	W14	DCON30	Top	-536.6551514	67.73983765	-16.70807838	19.80142212	27.30063438	-1029.195068	
FL7	W14	DCON30	Bottom	-558.187561	67.73983765	-16.70807838	19.80142212	-21.98819542	-829.3625488	
FL7	W14	DCON31	Top	-563.053894	47.10928345	-30.78141594	21.95428848	49.23240662	-530.4973755	
FL7	W14	DCON31	Bottom	-584.5863037	47.10928345	-30.78141594	21.95428848	-41.57277298	-391.5249939	
FL7	W14	DCON32	Top	-582.4235229	44.60237885	2.66488862	14.01083183	-2.998583078	-523.3088379	
FL7	W14	DCON32	Bottom	-603.9558716	44.60237885	2.66488862	14.01083183	4.862838745	-391.7318115	
FL7	W14	DCON33	Top	-590.9959106	35.4923439	-12.94589043	15.25828934	21.36459732	-287.760376	
FL7	W14	DCON33	Bottom	-612.5283203	35.4923439	-12.94589043	15.25828934	-16.82577896	-183.0579529	
FL7	W14	DCON34	Top	-554.4815063	56.2193222	-15.17063713	20.70683098	24.86922646	-766.0458374	
FL7	W14	DCON34	Bottom	-576.013855	56.2193222	-15.17063713	20.70683098	-19.88415337	-600.1988525	
FL7	W14	DCON35	Top	-601.2411499	39.84365463	-25.52189636	8.704319954	40.97632217	-112.7014008	
FL7	W14	DCON35	Bottom	-622.7734985	39.84365463	-25.52189636	8.704319954	-34.31127057	4.837388992	
FL7	W14	DCON36	Top	-544.2362671	51.86800766	-2.594630957	27.26080132	5.257500648	-941.1047974	
FL7	W14	DCON36	Bottom	-565.7686768	51.86800766	-2.594630957	27.26080132	-2.396660566	-788.0941772	
FL7	W14	DCON37	Top	-594.3705444	28.14015579	-21.27290726	20.14336967	34.34941483	-140.5010223	
FL7	W14	DCON37	Bottom	-615.9028931	28.14015579	-21.27290726	20.14336967	-28.40566254	-57.48756027	
FL7	W14	DCON38	Top	-551.1068726	63.57151031	-6.843619823	15.82175064	11.8844099	-913.3051758	
FL7	W14	DCON38	Bottom	-572.6392822	63.57151031	-6.843619823	15.82175064	-8.304268837	-725.7692261	

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

การรวมแรง (Load combination)

U = 1.4DL + 1.7LL

U = 0.75(1.4DL+1.7LL+1.7W)

U = 0.9DL+1.3W

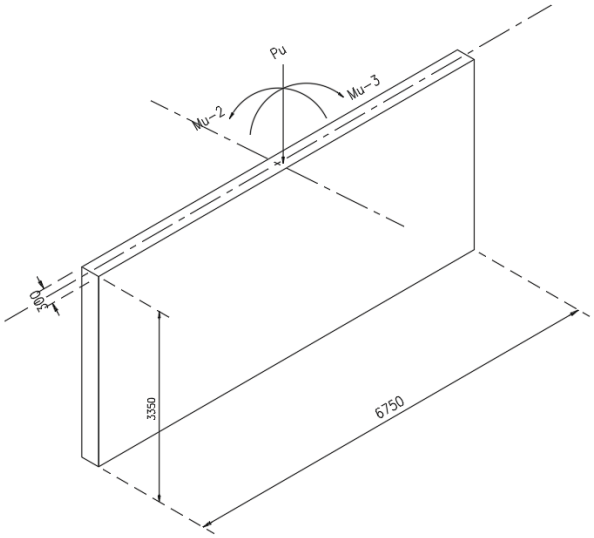
ผลจาก Gravity force

DCOM2 1.4DL+1.7LL

Pu = 1129.9 ton

Mu_3 = 1126.57 t-m

Vu_2 = 119.9 ton



ผลจาก Gravity force+แรงลม

DCOM6 1.05DL+1.275LL+1.275W

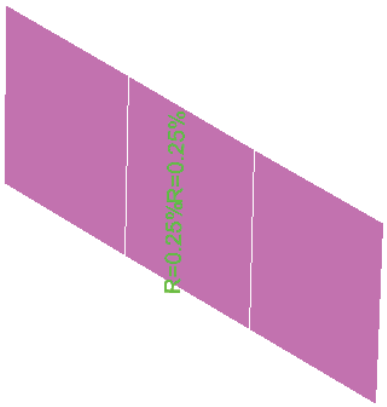
Pu = 812.1 ton

Mu_3 = 1337.5 t-m

Vu_2 = 112.8 ton

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

ผลวิเคราะห์ออกแบบจากโปรแกรม



Uniform Reinforcing Pier Section - Design (ACI 318-99)

Story ID: FL7 Pier ID: W14 X Loc: 45.11 Y Loc: 17.475 Units: Ton-m

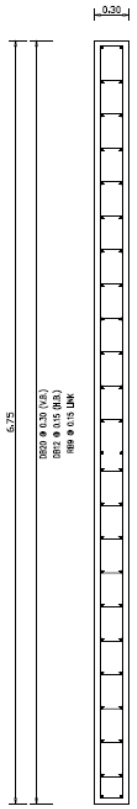
Flexural Design for P-M2-M3 (RLLF = 0.400)

Station Location	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	Pu	M2u	M3u	Pier Ag
Top	0.0025	0.0028	DCON38	441.985	3.787	-731.177	2.025
Bottom	0.0025	0.0028	DCON38	454.904	-3.266	-507.850	2.025

Shear Design

Station Location	Rebar cm^2/m	Shear Combo	Pu	Mu	Vu	Capacity phi Vc	Capacity phi Vn
Top Leg 1	7.500	DCON6	652.064	-1070.664	112.914	246.291	383.991
Bot Leg 1	7.500	DCON6	667.136	-737.569	112.914	360.342	498.042

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน



เหล็กเสริมแนวดิ่ง DB20@0.30

(1/0.3) x 3.141 x 2 / (100x30)

= 0.00698 > 0.0025

เหล็กเสริมแนวนอน DB12@0.15

(1/0.15) x 1.13 x 2

= 15.066 cm^2 > 7.5 cm^2

การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

คำนวณมือพิจารณาที่ DCON 2 Pu = 1129.9 t, Vu = 119.9, Mu = 1126.75t-m

1. พิจารณาความหนากำแพงและความลึกประสิทธิผล (d)

   พิจารณาใช้ 0.30 m

   พิจารณากำแพงเป็นเสมือนคานยื่นขนาด 0.3 x 6.75

   d = 0.8 x 6.75 = 5.4 m

2. ตรวจสอบความเหมาะสมของหน้าตัดรับแรงเฉือน

   ที่ขอบกำแพงรับแรงเฉือนเท่ากับ 119.9 ton และ Mu = 1226.75 t-m\

   หน้าตัดวิกฤตของแรงเฉือนที่ระยะ h_w/2 = 1.75 m

   กำลังรับแรงเฉือนของกำแพง คสล. $\emptyset V_c = \emptyset 0.9\sqrt{fc'}hd$

$$0.85\text{x}0.9\text{x}\sqrt{420}\text{x}30\text{x}540 \ / 1000 = 235.16ton > 98ton$$

3. ออกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตที่ไม่เสริมเหล็กปลอก ;

$$\emptyset 0.53\sqrt{fc'}hd$$

=0.85 x 0.53 x sqrt(320) x 30 x 540

= 130.55 ton > 119.9 ton

ไม่ต้องการเหล็กปลอก แต่ต้องเสริมเป็น Minimum steel

เหล็กเสริมแนวนอน Av = 0.0025hd ;

0.0025x30x100 = 7.5 cm^2/m

DB12@0.15 $\rho_h = 0.005$

4 ออกแบบเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด

$$\rho_b = 0.85\frac{fc'}{fy}\beta_1\left(\frac{6120}{6120+fy}\right) ;\ \beta_1 = 0.75$$

$$\rho_b = 0.85 \times \frac{280}{4000} \times 0.75 \times \left(\frac{6120}{6120+4000}\right) = 0.0268$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b; \quad \rho_{max} = 0.0203$$

$$q = \rho \frac{fy}{fc'} \; ; 0.0203 \times \frac{4000}{420} = 0.1927$$

$$\emptyset M_n = \emptyset f c' q(1 - 0.59q) b d^2$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 420 \times 0.1927 \times (1 - (0.59 \times 0.1927)) \times 30 \times 540^2$$

$$\emptyset M_n = 5647.63 \; t - m > 1337.5 \; t - m$$

$$R_u = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} ; \frac{1121 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 30 \times 540^2} = 14.238 \; ksc$$

$$\rho = \frac{0.85 f c'}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Ru}{0.85 f c'}} \right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 420}{4000} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{14.29 \times 2}{0.85 \times 420}} \right) = 0.00364$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy} = 0.0035$$

$$A_s = 0.00364 \times 30 \times 540 = 59.081 \; cm^2$$

ใช้เหล็กเสริม DB20@0.30

5.ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกน

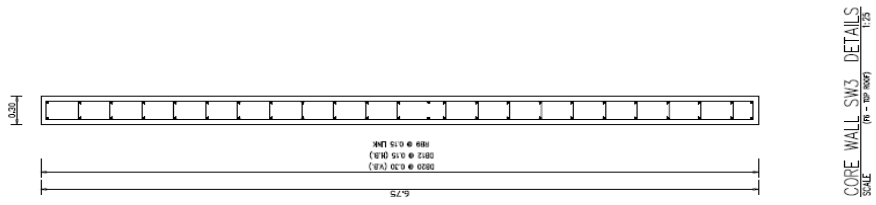
$$\emptyset P_n = 0.8\emptyset[0.85fc'Ag + Asfy]$$

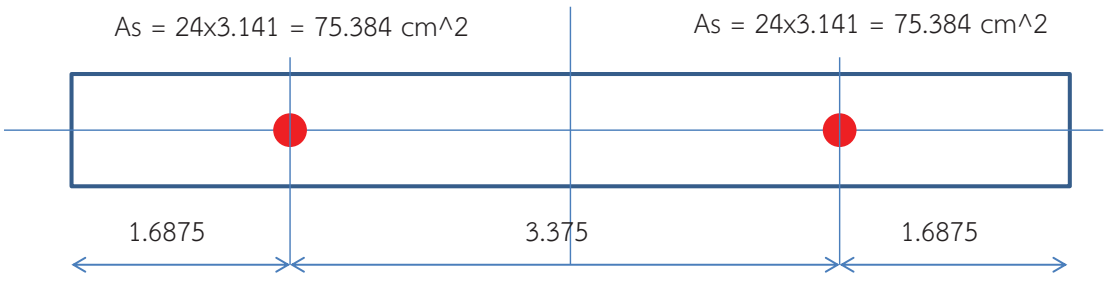
$$\emptyset P_n = 0.8(0.7) \times [0.85 \times 420 \times 30 \times 675 + 150.786 \times 4000]$$

$$\emptyset P_n = 4386\ t > 1129.9\ t$$

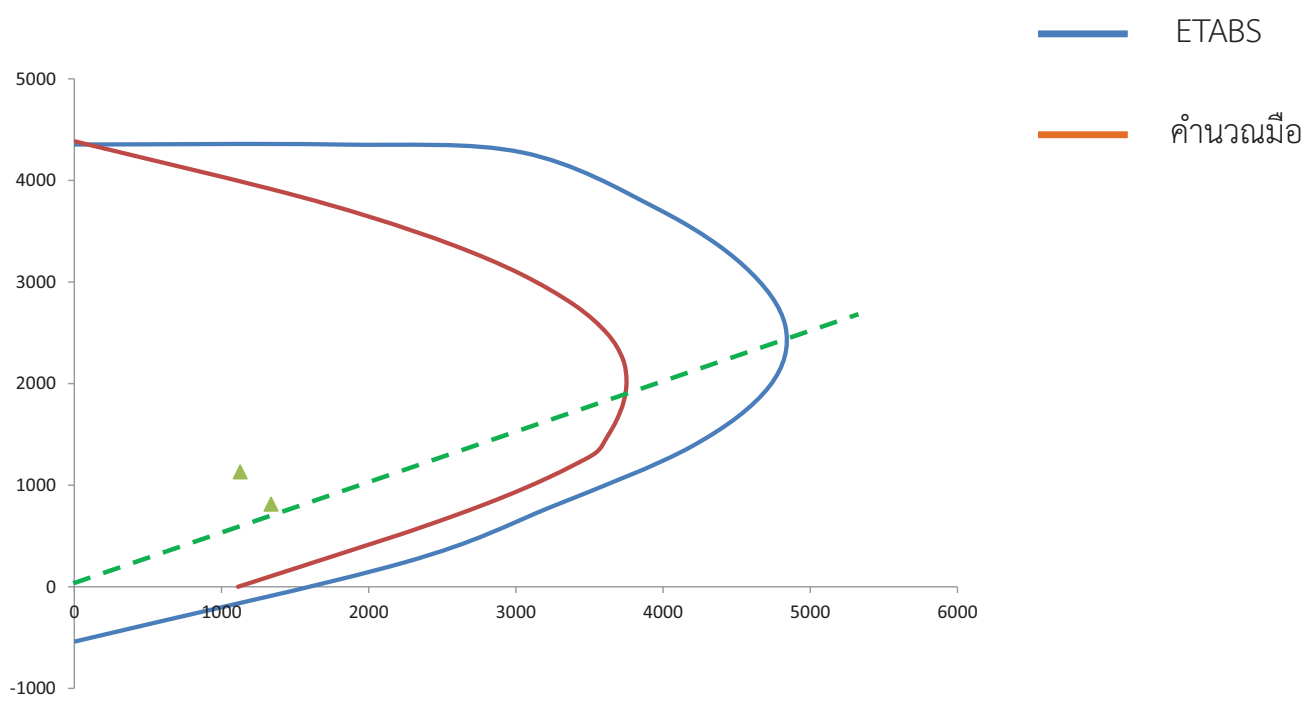
6.ตรวจสอบพฤติกรรมแรงดัดร่วมกับแรงอัด

DB20@0.30 ใส่ด้านละ 24 เส้น



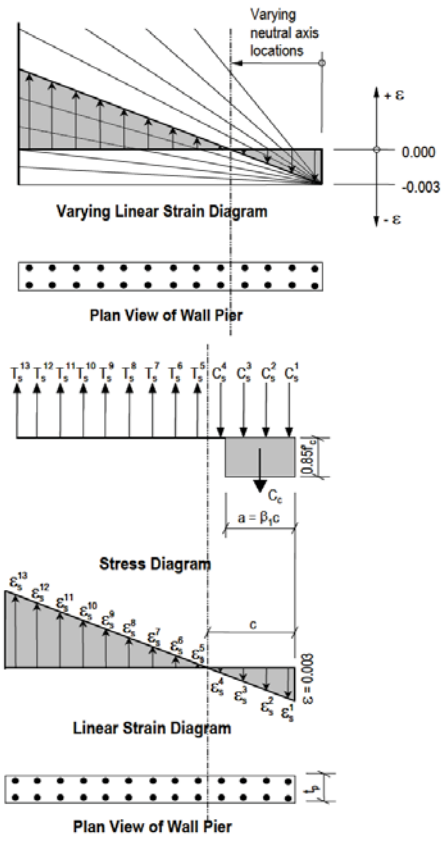


Interaction diagram

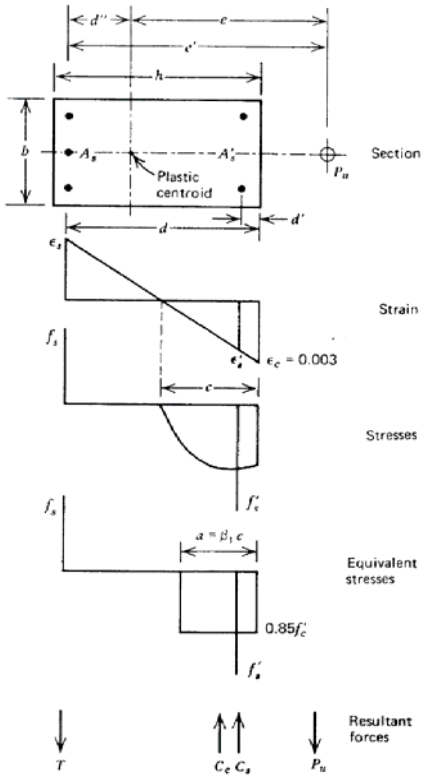


การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

ETABS



คำนวณมือ



การคำนวณออกแบบผนังรับแรงเฉือน

fc'	420
beta1	0.75
fy	4000
Es	2.04E+06
b	30
h	675
cov	168.75
d'	168.75
d=	506.25
As	75.384
As'	75.384
ebs_y	1.96E-03
d"	168.75

Try c $\quad \varepsilon_s = 0.003\frac{d}{c} - 0.003$ $\quad \varepsilon_s' = \frac{0.003(c-d')}{c}$

$a = \beta_1 c$

$P_u = 0.85 f_c' ab + A_s' f_s' - A_s f_s$

$P_u e = 0.85 f_c' ab(d - d'' - 0.5a) + A_s' f_s'(d - d' - d'') + A_s f_s d''$

P(kg)	a(cm)	ebs_s	ebs_sp	fs(ksc)	fs'(ksc)	0.85fc'ba	As'fs'	Asfs	c(cm)	Sum F	0.85*fc'ab(d-d"-0.5a)	As'fs'(d-d'-d")	Asfsd"	M(kg.m)	P
7,832,322														0	7,832,322
7,000,000	609.21	- 0.001	0.002377	-2306	4000	6,524,648	301536	(173,816)	812	-0.0000381	214625592.4	50884200	-29331454.59	2361783	7,000,000
6,500,000	565	-0.0009827	0.002328	-2005	4000	6,047,342	301536	(151,122)	753	-0.0000552	333678779.5	50884200	-25501753.18	3590612	6,500,000
6,000,000	520	-0.0008113	0.002270	-1655	4000	5,573,705	301536	(124,759)	694	0.0002785	430789918.2	50884200	-21053107.26	4606210	6,000,000
5,500,000	477	(0.000610)	0.002203	-1245	4000	5,104,635	301536	(93,829)	635	-0.0000442	506320515.8	50884200	-15833720.65	5413710	5,500,000
4,950,000	429	(0.000345)	0.002115	-704	4000	4,595,364	301536	(53,100)	572	0.0000245	565063707.2	50884200	-8960599.574	6069873	4,950,000
4,455,000	387	(0.000057)	0.002019	-116	4000	4,144,749	301536	(8,715)	516	-0.0000045	596847922.9	50884200	-1470668.02	6462615	4,455,000
4,009,500	350	0.000250	0.001917	511	3909.773	3,753,263	294734	38,497	467	-0.0000003	609070654	49736413.54	6496411.39	6653035	4,009,500
3,608,550	319	0.000569	0.001810	1162	3692.793	3,417,740	278377	87,568	425	0.0000000	608158276.6	46976199.47	14777053.6	6699115	3,608,550
3,247,695	292	0.000903	0.001699	1843	3465.721	3,125,355	261260	138,920	389	0.0000274	598792211.7	44087613.79	23442810.64	6663226	3,247,695
2,922,926	268	0.001249	0.001584	2547.158	3230.947	2,871,379	243562	192,015	357	-0.0000001	584178286.1	41101042.53	32402524.41	6576819	2,922,926
2,630,633	248	0.001601	0.001466	3266.3424	2991.219	2,651,373	225490	246,230	330	0.0000002	566650754.1	38051449.19	41551304.44	6462535	2,630,633
2,367,570	230	0.001957	0.001348	3991.5874	2749.471	2,461,205	207266	300,902	306	0.0000002	547858872	34976156.44	50777182.67	6336122	2,367,570
2,130,813	210	0.002424	0.001192	4000	2431.526	2,249,051	183298	301,536	280	0.0000000	522909442.7	30931564.04	50884200	6047252	2,130,813
1,917,731	192	0.002918	0.001027	4000	2095.559	2,061,296	157972	301,536	257	-0.0000020	497324108	26657705.22	50884200	5748660	1,917,731
1,725,958	177	0.003434	0.000855	4000	1744.647	1,895,976	131518	301,536	236	0.0000000	472070913	22193736.4	50884200	5451488	1,725,958
1,553,362	163	0.003968	0.000677	4000	1381.685	1,750,741	104157	301,536	218	0.0000000	447780213.4	17576486.24	50884200	5162409	1,553,362
1,398,026	152	0.004515	0.000495	4000	1010.067	1,623,419	76142.9	301,536	202	-0.0002152	424865260.3	12849109.98	50884200	4885986	1,398,026
1,258,224	141	0.005068	0.000311	4000	633.5232	1,512,002	47757.5	301,536	188	-0.0000242	403570995.7	8059079.742	50884200	4625143	1,258,224
1,132,401	132	0.005624	0.000125	4000	255.9344	1,414,644	19293.4	301,536	176	0.0000000	384014794.4	3255754.751	50884200	4381547	1,132,401
1,019,161	124	0.006175	(0.000058)	4000	-119	1,329,658	-8961	301,536	166	-0.0000002	366220349.4	-1512158.061	50884200	4155924	1,019,161
917,245	117	0.006717	(0.000239)	4000	-487	1,255,515	-36734	301,536	156	-0.0006113	350145471.7	-6198938.974	50884200	3948307	917,245
50,000	69	0.013535	(0.002512)	4000	-5124	737,789	-386253	301,536	92	0.0000003	223591535.2	-65180257.19	50884200	2092955	50,000
0	67	0.014064	(0.002688)	4000	-5484	714,912	-413376	301,536	89	0.0000000	217422072.5	-69757269.38	50884200	1985490	0

fc'	420
beta1	0.748
fy	4000
Es	2.04E+06
b	30
h	675
cov	5
d'	5
d=	670
As	75.36
As'	75.36

			phi =	0.56
Mn(ton-m)	Pn (ton)	phi*Mn	Phi*Pn	
0.0	7832.1	0.0	4386.0	
11028.2	3245.9	6175.8	1817.7	
2005.6	0.0	1123.2	0.0	

Load Effect	
Mu	Pu
1126.57	1129.9
1337.5	812.1

Balance

ab	303.07	
0.85fc'ab	3245912.30	
Asfy	301440.00	
As'fy	301440.00	
Pb	3245912.296	kg
Po	7832130	
d"	240.46	
Mb	1102819827	kg.cm
ebs y =fy/Es	0.00196	
c=a/beta1	405.17787	
ebs s'	0.002962979	
fs'	4000	

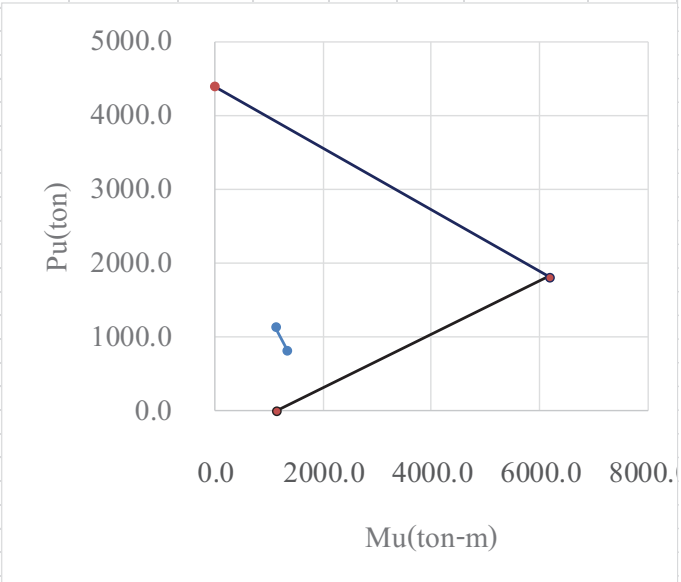
Pure bending

0.85fc'b	10710
0.003As' Es-Asfy	159763.20
-0.003As' * beta1*d' *Es	-1724899.96800
a	7.261651622
c=a/beta1	9.70809
ebs s'	0.001454897
fs'	2967.989797

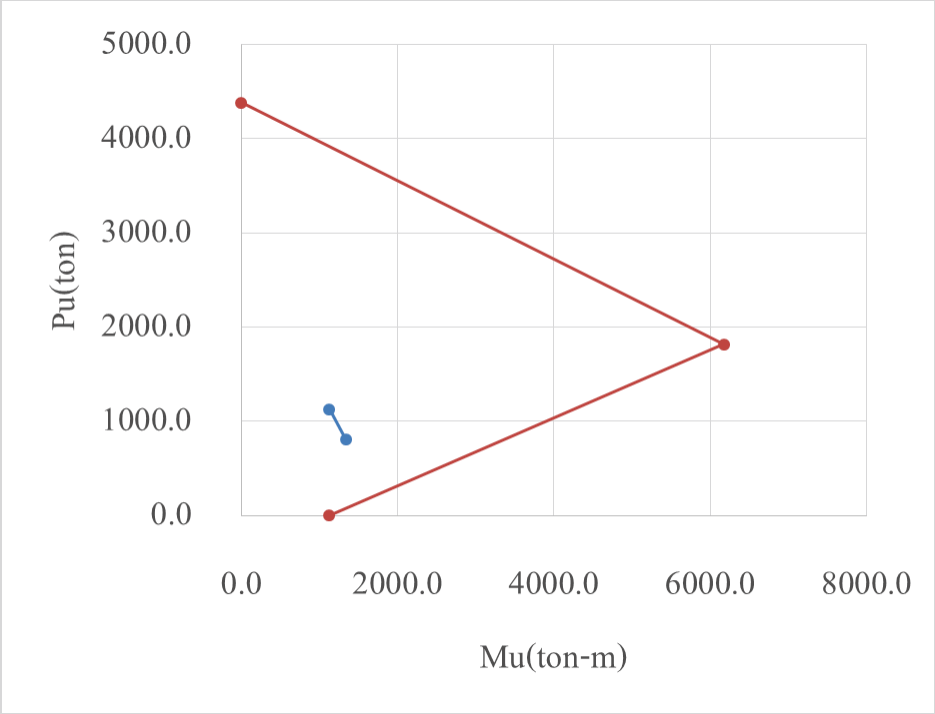
0.85fc'ba(d-d'-d")	33123627.48
As'fy(d-d'-d")	94955016.24
Asfyd"	72485440.09
M=P*e	200564083.8

Pure Tension

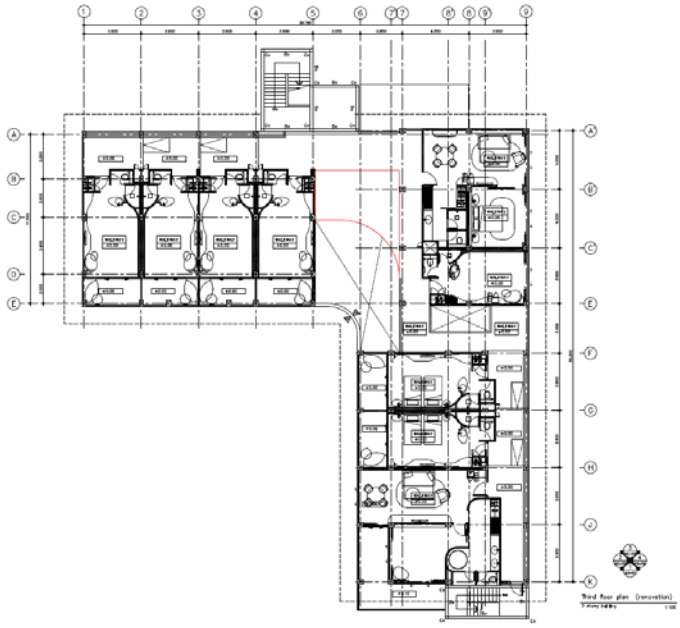
M	0.00000
P=-Asfy-As'fy	-602880

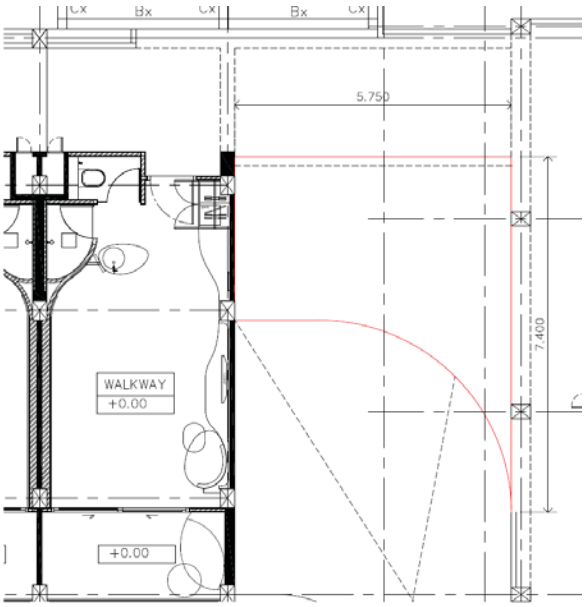


ผลการคำนวณโดยประมาณโดยการคำนวณ 3 จุด ได้แก่ กรณีเสารับแรงอัดอย่างเดียว สภาวะสมดุล และ กรณี Pure Bending



รายการคำนวณออกแบบพื้นที่มี Support 3 ด้าน

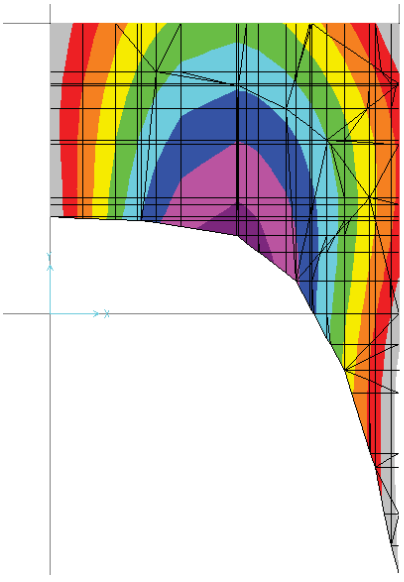




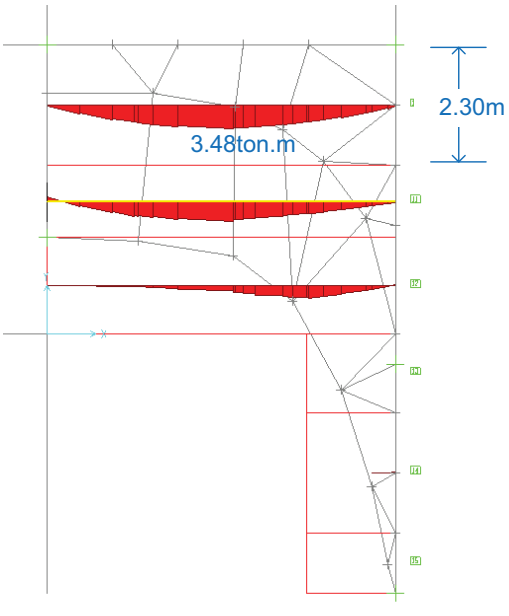
รายการคำนวณออกแบบพื้นที่มี Support 3 ด้าน

FEM (Finite Element Model)

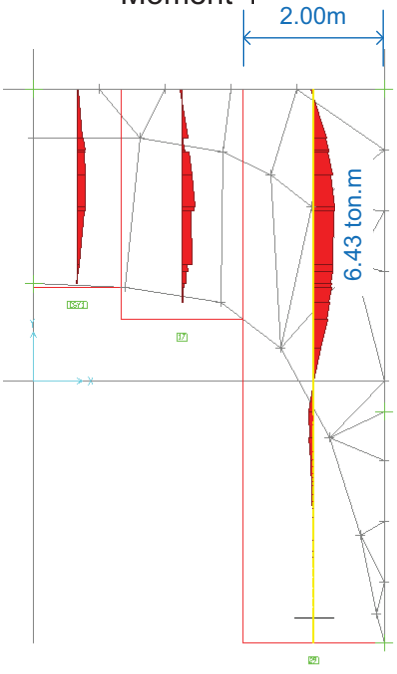
Deformed shape



Moment X



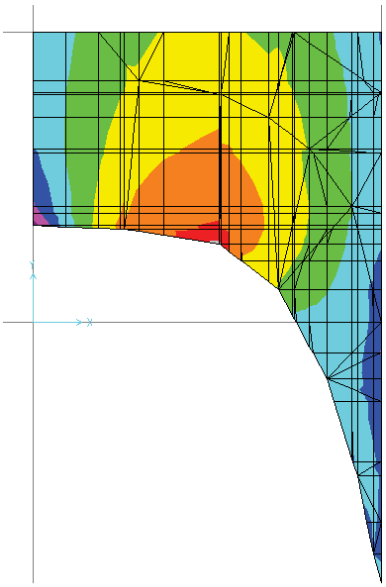
Moment Y



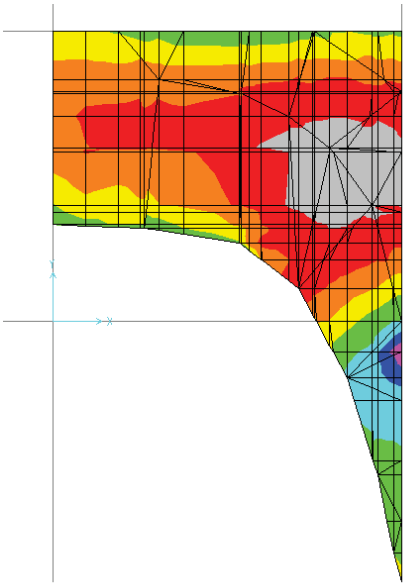
รายการคำนวณออกแบบพื้นที่ Support 3 ด้าน

FEM (Finite Element Model)

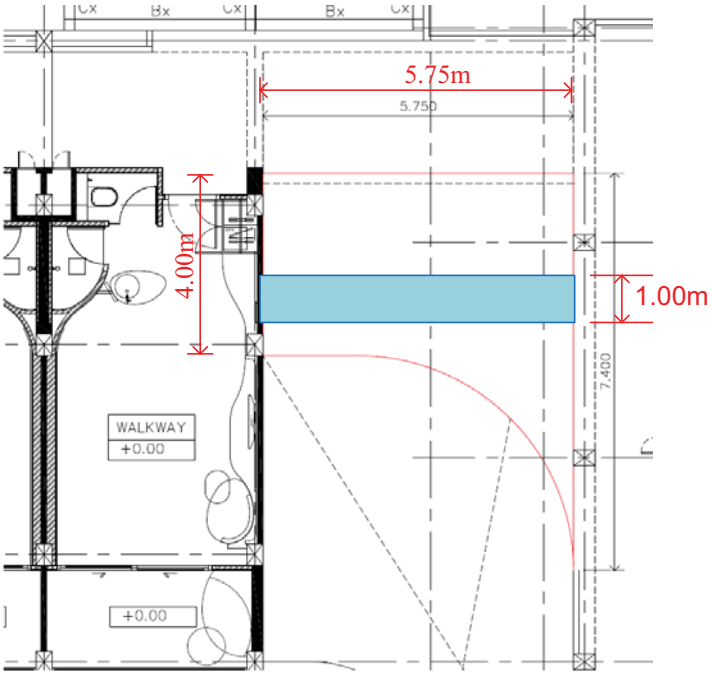
Stress X

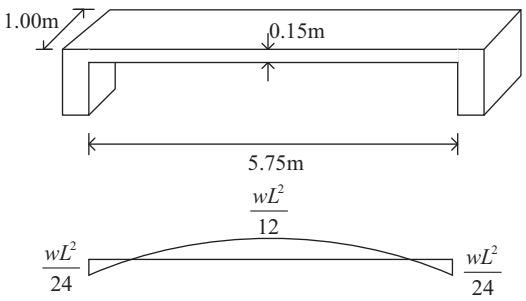


Stress Y



Mx คำนวณมือ





รายการคำนวณออกแบบพื้นที่ Support 3 ด้าน

t	0.15	m		
DL	0.36	t/m^2		
floor finishing	0.06	t/m^2		
LL	0.4	t/m^2		
Total factored load	1.268	t/m^2		
Simplified hand calculation				
Ly	4	m		
My = Wy*Ly^2 / 12	1.69	t.m/m	3.89	t.m/2.3m
Lx	5.75	m		
Mx= Wx*Lx^2 / 12	3.49	t.m/m	6.99	t.m/2.0m
			10.88	
FEM				
Mx	6.43	t.m/2.0m	3.215	t.m/m
My	3.48	t.m/2.3m	1.51	t.m/m

รายการคำนวณสำหรับ Mx ที่ได้จาก FEM

fc'	280	ksc			
fy	4000	ksc			
Es	2.04E+06	ksc			
eby	0.00196				
beta1	0.85				
pb	0.0360				
p=0.75pb	0.0270				
q=pfy/fc'	0.3855				
phi	0.9				
Ru=fc'*q*(1-0.59*q)	83.39	ksc			
b=	100.00		$\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = q(1-0.59q)$		
t=	15.00				
c=	2.50	cm			
d=	12.50	cm	$0.59q^2 - q + \frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = 0$		
Mu=phi*Ru*b*d^2	1,172,716.96	kg.cm			
	11.73	t.m			
Mu design	3.125	t.m	$q = 0.848\left[1 - \sqrt{1 - 2.36\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2}}\right]$		
Mu/(phi*fc'*b*d^2)	0.0794				
q=	0.0835				
p=q*fc'/fy	0.0058				
As=p*b*d	7.31	cm^2			
Use bar diameter	12	mm			
As/bar	1.13	cm^2			
Spacing <=	0.155	m			
Use spacing	0.15	m			

รายการคำนวณสำหรับ My ที่ได้จาก FEM

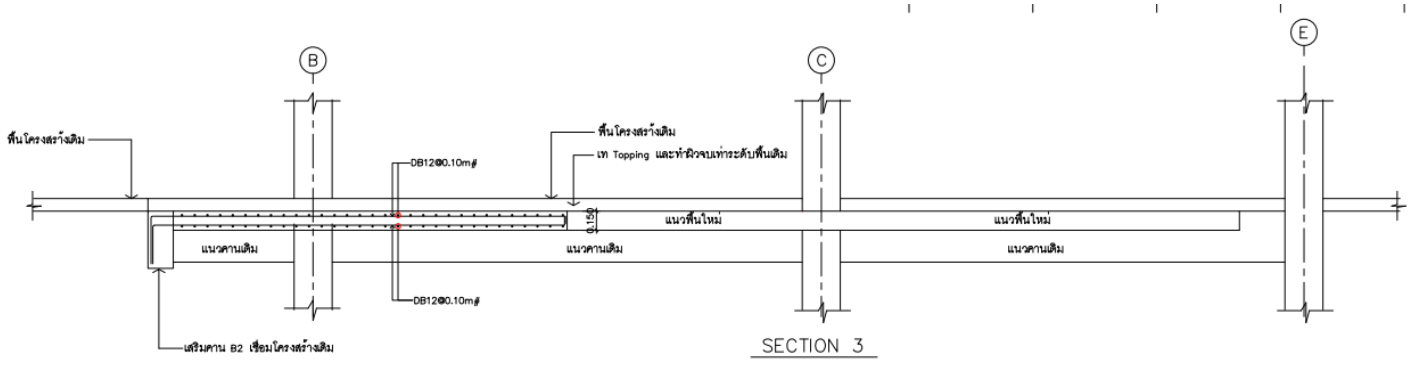
fc'	280	ksc			
fy	4000	ksc			
Es	2.04E+06	ksc			
eby	0.00196				
beta1	0.85				
pb	0.0360				
p=0.75pb	0.0270				
q=pfy/fc'	0.3855				
phi	0.9				
Ru=fc'*q*(1-0.59*q)	83.39	ksc			
b=	100.00		$\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = q(1-0.59q)$		
t=	15.00				
c=	2.50	cm			
d=	12.50	cm	$0.59q^2 - q + \frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = 0$		
Mu=phi*Ru*b*d^2	1,172,716.96	kg.cm			
	11.73	t.m			
Mu design	1.513	t.m	$q = 0.848\left[1 - \sqrt{1 - 2.36\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2}}\right]$		
Mu/(phi*fc'*b*d^2)	0.0384				
q=	0.0394				
p=q*fc'/fy	0.0028				
As=p*b*d	3.44	cm^2			
Use bar diameter	12	mm			
As/bar	1.13	cm^2			
Spacing <=	0.328	m			
Use spacing	0.3	m			

รายการคำนวณสำหรับ Mx ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ

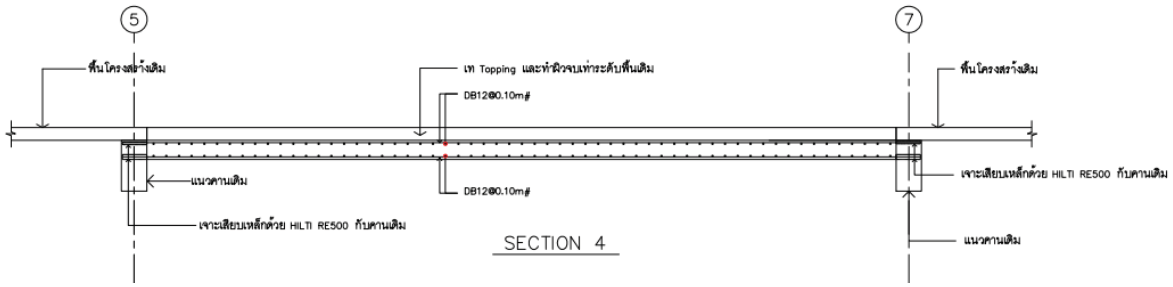
fc'	280	ksc			
fy	4000	ksc			
Es	2.04E+06	ksc			
eby	0.00196				
beta1	0.85				
pb	0.0360				
p=0.75pb	0.0270				
q=pfy/fc'	0.3855				
phi	0.9				
Ru=fc'*q*(1-0.59*q)	83.39	ksc			
b=	100.00		$\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = q(1-0.59q)$		
t=	15.00				
c=	2.50	cm			
d=	12.50	cm	$0.59q^2 - q + \frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = 0$		
Mu=phi*Ru*b*d^2	1,172,716.96	kg.cm			
	11.73	t.m			
Mu design	3.494	t.m	$q = 0.848\left[1 - \sqrt{1 - 2.36\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2}}\right]$		
Mu/(phi*fc'*b*d^2)	0.0887				
q=	0.0940				
p=q*fc'/fy	0.0066				
As=p*b*d	8.22	cm^2			
Use bar diameter	12	mm			
As/bar	1.13	cm^2			
Spacing <=	0.138	m			
Use spacing	0.125	m			

รายการคำนวณสำหรับ My ที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ

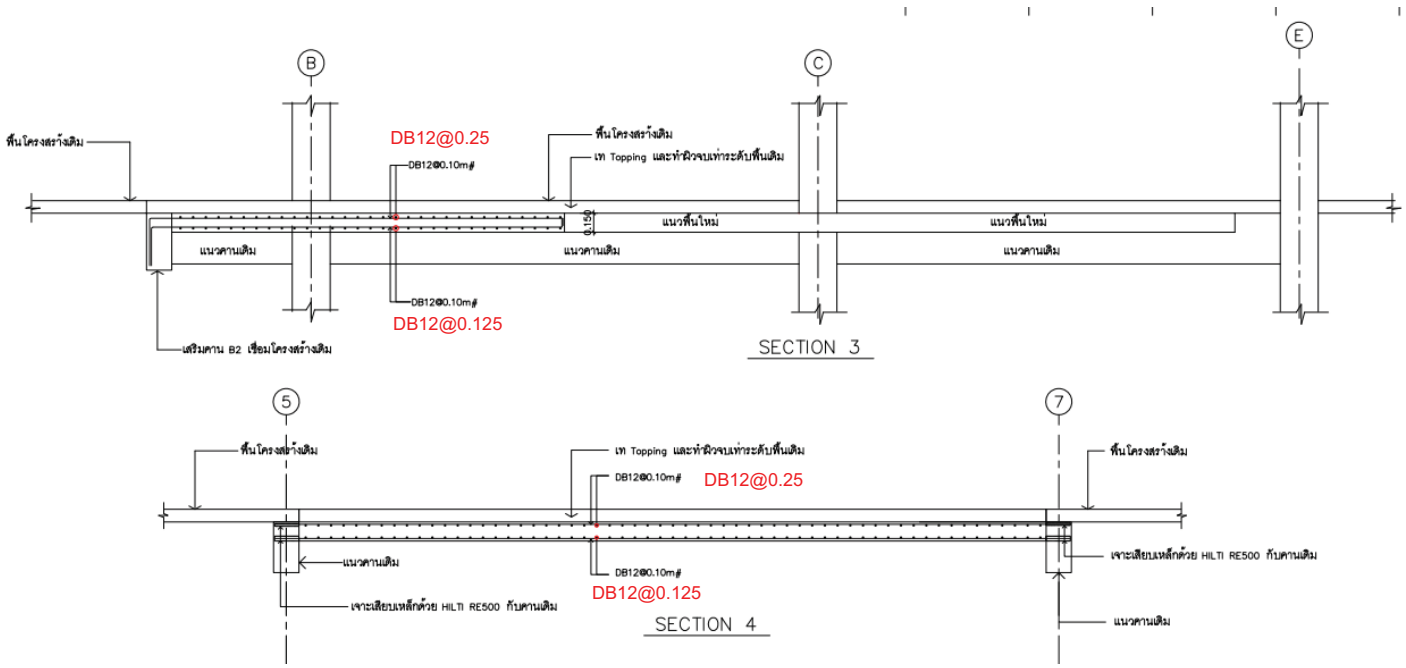
fc'	280	ksc			
fy	4000	ksc			
Es	2.04E+06	ksc			
eby	0.00196				
beta1	0.85				
pb	0.0360				
p=0.75pb	0.0270				
q=pfy/fc'	0.3855				
phi	0.9				
Ru=fc'*q*(1-0.59*q)	83.39	ksc			
b=	100.00		$\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = q(1-0.59q)$		
t=	15.00				
c=	2.50	cm			
d=	12.50	cm	$0.59q^2 - q + \frac{M_u}{\phi f_c' bd^2} = 0$		
Mu=phi*Ru*b*d^2	1,172,716.96	kg.cm			
	11.73	t.m			
Mu design	1.691	t.m	$q = 0.848\left[1 - \sqrt{1 - 2.36\frac{M_u}{\phi f_c' bd^2}}\right]$		
Mu/(phi*fc'*b*d^2)	0.0429				
q=	0.0441				
p=q*fc'/fy	0.0031				
As=p*b*d	3.86	cm^2			
Use bar diameter	12	mm			
As/bar	1.13	cm^2			
Spacing <=	0.293	m			
Use spacing	0.3	m			



SECTION 3

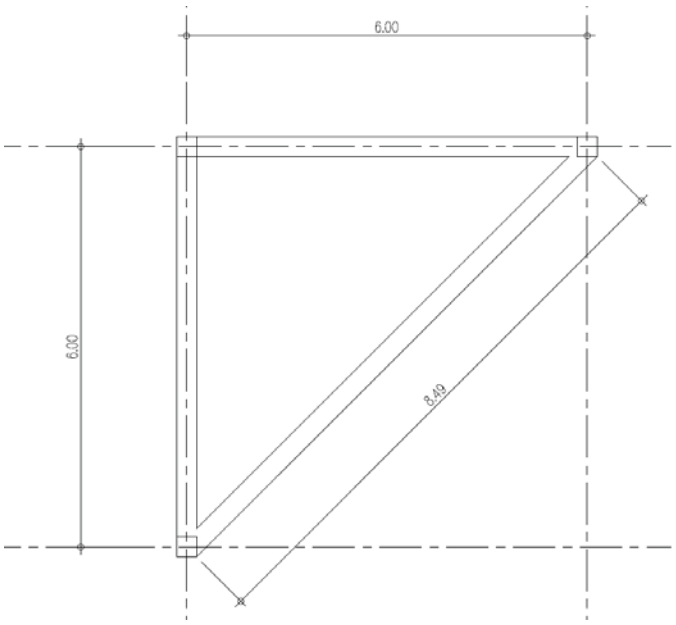


SECTION 4


B
C
E
พื้นโครงสร้างเดิม
DB12@0.25
DB12@0.10m#
พื้นโครงสร้างเดิม
เท Topping และทำผิวจบเท่าระดับพื้นเดิม
0.15m
แนวพื้นใหม่
แนวพื้นใหม่
แนวคานเดิม
แนวคานเดิม
แนวคานเดิม
DB12@0.10m#
DB12@0.125
เสริมคาน B2 เชื่อมโครงสร้างเดิม
SECTION 3

5
7
พื้นโครงสร้างเดิม
เท Topping และทำผิวจบเท่าระดับพื้นเดิม
DB12@0.10m#
DB12@0.25
พื้นโครงสร้างเดิม
แนวคานเดิม
เจาะเสียบเหล็กด้วย HILTI RE500 กับคานเดิม
DB12@0.10m#
DB12@0.125
เจาะเสียบเหล็กด้วย HILTI RE500 กับคานเดิม
แนวคานเดิม
SECTION 4

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

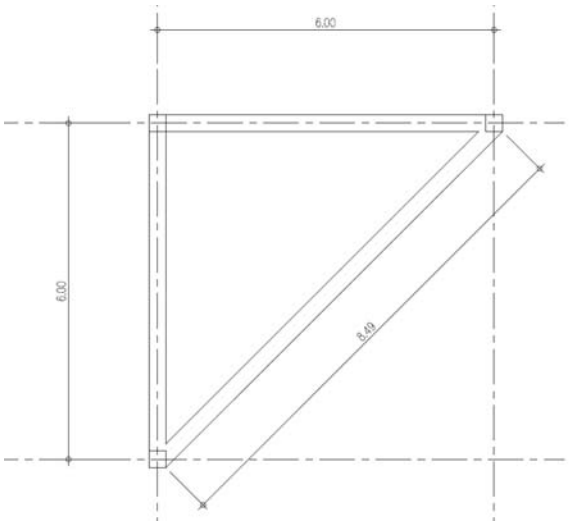


พื้นสามเหลี่ยมหนา 15 cm

มีการเท topping 2.5 cm

และรับน้ำหนักบรรทุกจร 300 kg/m^2

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม



ขั้นตอนการออกแบบ

1. กำหนดคุณสมบัติวัสดุ

    1.1 fc' = 280 ksc

    1.2 fy = 4000 ksc

2. น้ำหนักบรรทุก

    DL พื้น พิจารณาความหนาต่ำสุด

$$t = \frac{20.4}{180} = 0.0.113\ m$$

    พิจารณาใช้ความหนาพื้น 15 cm

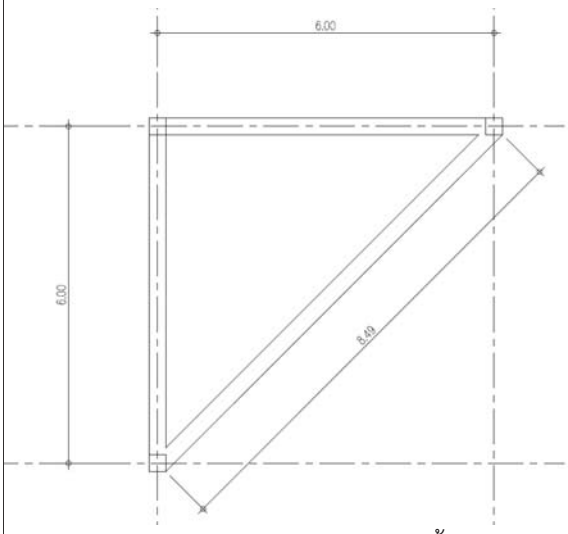
    DL = 0.15 x 2.4 = 0.36 t/m^2

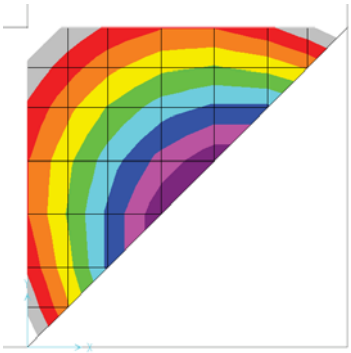
    SDL = 0.06 t/m^2 (topping 2.5 cm)

    LL = 0.3 t/m^2

Wu=1.4DL+1.7LL=1.4(0.36+0.06)+1.7(0.3)=1.098t/m^2

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม





ขั้นตอนการออกแบบ

3. วิเคราะห์โครงสร้าง

3.1 การแอ่นตัวของพื้น

จาก DL ที่ปลายพื้น 0.2 cm

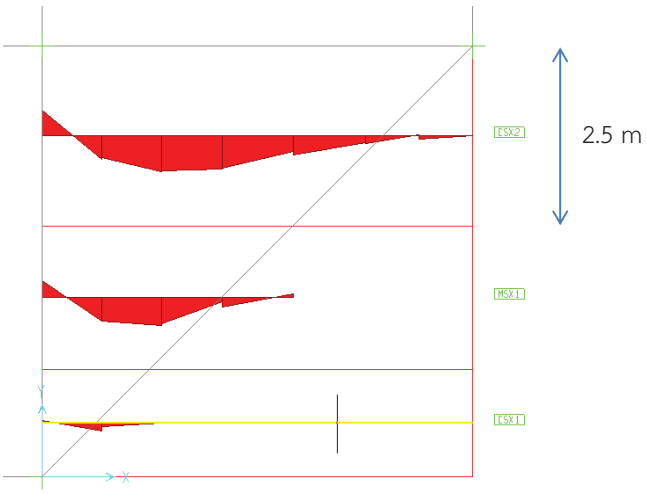
3.2 การแอ่นตัวของพื้น

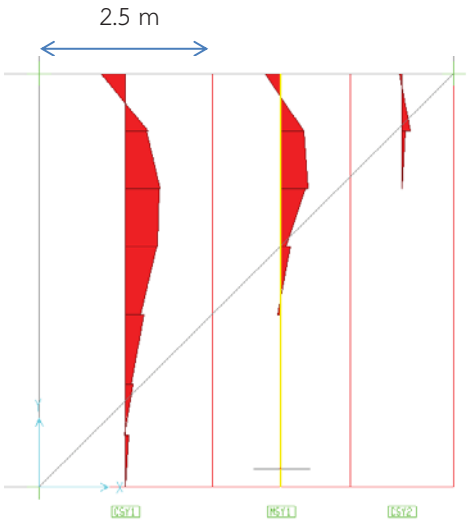
จาก LL ที่ปลายพื้น 0.07 cm < L/180

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

Mux = 1.2 t-m/2.5 m, Mux- = 0.744 t-m/2.5

Muy = 1.2 t-m/2.5 m, Mux- = 0.744 t-m/2.5





การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

4. ออกแบบเหล็กเสริมพื้น

ทิศทาง x พิจารณาวางเหล็กเสริมทิศทาง x เป็นเหล็ก B1

$$\rho_b = \frac{0.85fc'}{fy}\beta_1\left(\frac{6120}{6120+4000}\right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85\times280}{4000}\times 0.85 \times \frac{6120}{6120+4000} = 0.0305$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b = 0.0229$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

$$q = \rho\frac{fy}{fc'} = 0.0233\frac{4000}{280} = 0.3276$$

$$\emptyset M_n = \emptyset fc'q(1-0.59q)bd^2$$

$$\emptyset M_n = 0.9\times280\times0.3276\left(1-(0.59\times0.3276)\right)\times250\times12.5^2$$

$$\emptyset M_n = 26.01\ t-m > Mu+, Mu-$$

สำหรับ Mu+

$$R_u = \frac{M_{u+}}{\emptyset bd^2}$$

$$R_u = \frac{1.2\times1000\times100}{0.9\times250\times12.5^2} = 3.413\ ksc$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

$$\rho = \frac{0.85fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2R_u}{0.85fc'}\right)}\right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{3.41 \times 2}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00085$$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

$$As+ = 0.00183 \times 250 \times 12.5 = 5.625\ cm^2$$

$$USE\ DB12@0.20\ m$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

สำหรับ Mu-

$$R_u = \frac{M_{u-}}{\emptyset bd^2}$$

$$R_u = \frac{0.744 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 250 \times 12.5^2} = 2.116\ ksc$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

$$\rho = \frac{0.85fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2R_u}{0.85fc'}\right)}\right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.116 \times 2}{0.85 \times 280}}\right) = 0.000531$$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

$$As+ = 0.0018 \times 250 \times 12.5 = 5.625\ cm^2$$

$$USE\ DB12@0.20\ m$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

5. ออกแบบเหล็กเสริมพื้น

ทิศทาง Y พิจารณาวางเหล็กเสริมทิศทาง Y เป็นเหล็ก B2

$$\rho_b = \frac{0.85fc'}{fy}\beta_1\left(\frac{6120}{6120 + 4000}\right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85\times280}{4000} \times 0.85 \times \frac{6120}{6120+4000} = 0.0305$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b = 0.0229$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

$$q = \rho \frac{fy}{fc'} = 0.0233 \frac{4000}{280} = 0.3276$$

$$\emptyset M_n = \emptyset fc' q(1 - 0.59q)bd^2$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 280 \times 0.3276\big(1 - (0.59 \times 0.3276)\big) \times 250 \times 10.7^2$$

$$\emptyset M_n = 19.06\ t - m > Mu+, Mu -$$

สำหรับ Mu+

$$R_u = \frac{M_{u+}}{\emptyset bd^2}$$

$$R_u = \frac{1.2 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 250 \times 10.7^2} = 4.65\ ksc$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

$$\rho = \frac{0.85fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2R_u}{0.85fc'}\right)}\right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4.65 \times 2}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00174$$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

$$As+ = 0.0018 \times 250 \times 10.5 = 4.725\ cm^2$$

$$USE\ DB12@0.20\ m$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

สำหรับ Mu-

$$R_u = \frac{M_{u-}}{\emptyset b d^2}$$

$$R_u = \frac{0.744 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 250 \times 10.5^2} = 2.99\ ksc$$

การออกแบบพื้นสามเหลี่ยม

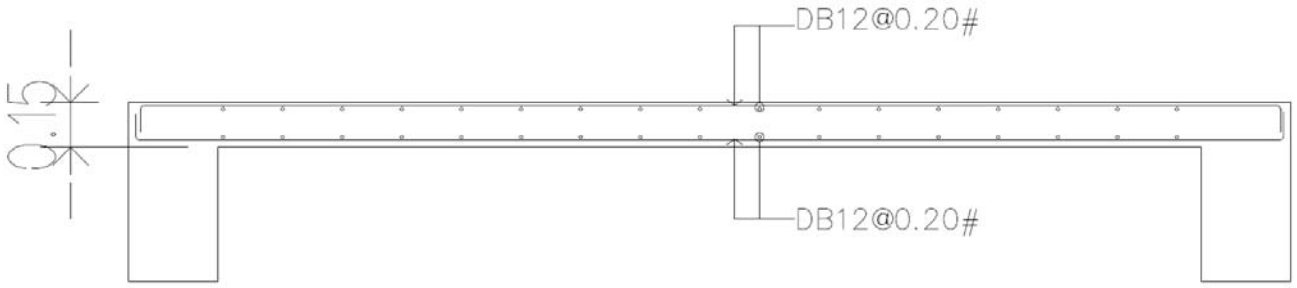
$$\rho = \frac{0.85 fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2R_u}{0.85 fc'}\right)}\right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.99 \times 2}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00075$$

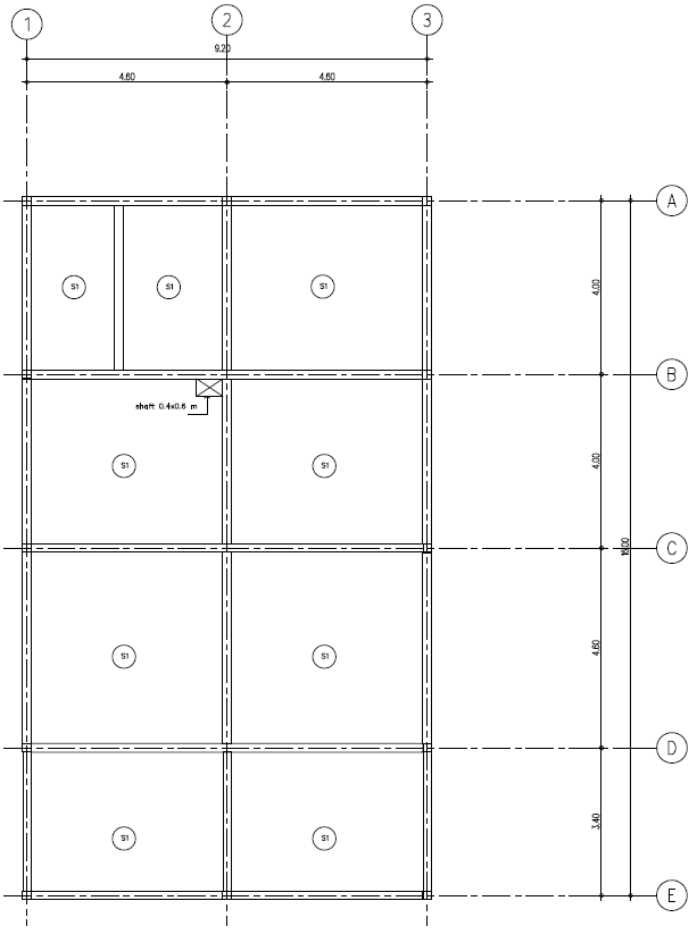
$$\rho_{min} = 0.0018$$

$$As+ = 0.0018 \times 250 \times 10.5 = 4.725\ cm^2$$

$$USE\ DB12@0.20\ m$$


DB12@0.20#
0.15
DB12@0.20#

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด



บ้านพักอาศัย 2 ชั้น มีการเปิดช่องเปิดสำหรับงานระบบบริเวณห้องน้ำขนาด 40 x 60 cm ตามแบบ

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

1. น้ำหนักบรรทุกในการออกแบบ

น้ำหนักบรรทุกตายตัว

พิจารณาความหนาต่ำสุดของพื้น

$$t = \frac{Perimete}{180} = \frac{2\times(4.4+3.79)}{180} = 0.091\ m$$

$$USE\ ; t = 0.12\ m$$

$$DL = 0.12 \times 2.4 = 0.288 \frac{t}{m^2}$$

$$SDL = 0.25 \frac{t}{m^2}$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

น้ำหนักบรรทุกจร

$$LL = 0.3\frac{t}{m^2}$$

พิจารณาที่ความกว้าง 1.0 เมตร

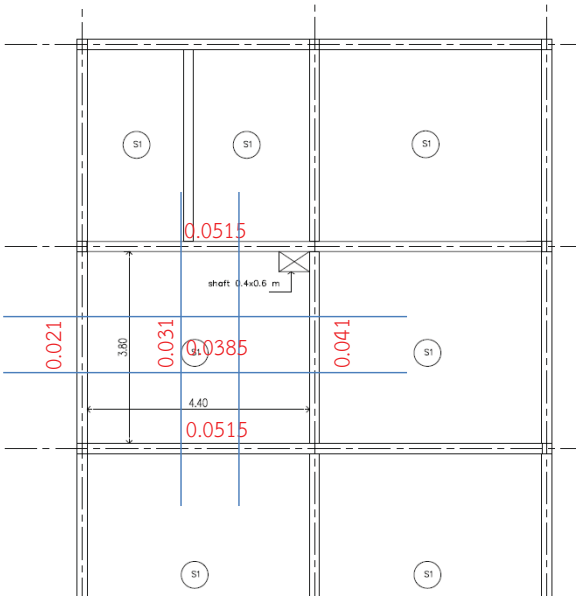
$$w_u = 1.4(0.288 + 0.25) + 1.7(0.3) = 1.2632\ t/m$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

2. ออกแบบพื้นตามวิธี สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์

พื้นไม่ต่อเนื่อง 1 ด้าน

$$m = \frac{S}{L} = \frac{3.8}{4.4} = 0.86$$



ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

3 วิเคราะห์โครงสร้าง

พื้นด้านสั้น

	M-_ต่อเนื่อง	M+ กลาง	M-_ต่อเนื่อง
C	0.0515	0.0385	0.0515
S	3.8	3.8	3.8
M	0.939	0.696	0.939

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

3 วิเคราะห์โครงสร้าง (ต่อ)

พื้นด้านยาว

	M-_ต่อเนื่อง	M+ กลาง	M-_ต่อเนื่อง
C	0.041	0.031	0.021
S	3.8	3.8	3.8
M	0.747	0.565	0.383

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

4. ออกแบบพื้น

คอนกรีต fc’ = 280 ksc

เหล็กเสริม fy = 2400 ksc

$$\rho_b = \frac{0.85fc'}{fy}\beta_1 \frac{6120}{6120+fy}$$

$$\rho_b = \frac{0.85\times280}{2400} \times 0.85 \times \frac{6120}{6120+fy} = 0.060$$

$$\rho_{\max} = 0.06\times0.75 = 0.045$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

$$q = \rho\frac{fy}{fc'} = 0.045\frac{2400}{280} = 0.385$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 280 \times 0.385 \times (1 - 0.59 \times 0.385) \times 100 \times 9.5^2$$
$$= 6.76\ t - \frac{m}{m} > Mu$$

ออกแบบสำหรับพื้นด้านสั้น

Mu -

$$R_u = \frac{0.939\times1000\times100}{0.9\times100\times9.5^2} = 11.56\ ksc$$

$$\rho = \frac{0.85fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Ru}{0.85fc'}}\right)$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{2400} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.56}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00499$$

$$\rho_{min} = 0.0025$$

$$As = 0.00499 \times 100 \times 9.5 \quad = 4.7405 \frac{cm^2}{m}$$

$$USE\ RB9@0.125\ m$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

ออกแบบสำหรับพื้นด้านสั้น

Mu +

$$R_u = \frac{0.696 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 100 \times 9.5^2} = 8.56\ ksc$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{2400} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8.56}{0.85 \times 280}}\right) = 0.0036$$

$$\rho_{min} = 0.0025$$

$$As = 0.0036 \times 100 \times 9.5 \quad = 3.42 \frac{cm^2}{m}$$

$$USE\ RB9@0.15\ m$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

ออกแบบสำหรับพื้นด้านยาว

Mu - ด้านต่อเนื่อง

$$R_u = \frac{0.747 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 100 \times 8.15^2} = 9.19\ ksc$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{2400} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.19}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00390$$

$$\rho_{min} = 0.0025$$

$$As = 0.0039 \times 100 \times 9.5 \quad = 3.713 \frac{cm^2}{m}$$

$$USE\ RB9@0.15m$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

ออกแบบสำหรับพื้นด้านยาว

Mu - ด้านไม่ต่อเนื่อง

$$R_u = \frac{0.383 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 100 \times 8.15^2} = 4.715\ ksc$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{2400} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4.715}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00198$$

$$\rho_{min} = 0.0025$$

$$As = 0.0025 \times 100 \times 8.15 \quad = 2.125 \frac{cm^2}{m}$$

$$USE\ RB9@0.25m$$

ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

ออกแบบสำหรับพื้นด้านยาว

Mu +

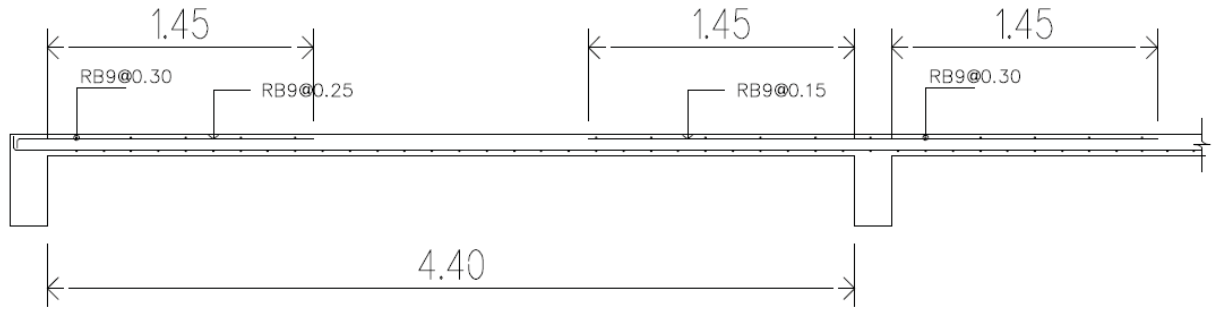
$$R_u = \frac{0.565\times1000\times100}{0.9\times100\times8.15^2} = 9.45\ ksc$$

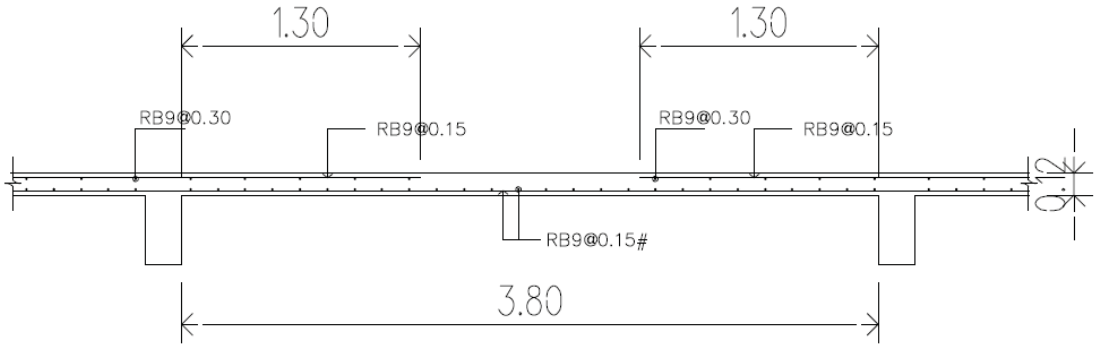
$$\rho = \frac{0.85\times280}{2400}\times\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times9.45}{0.85\times280}}\right) = 0.004$$

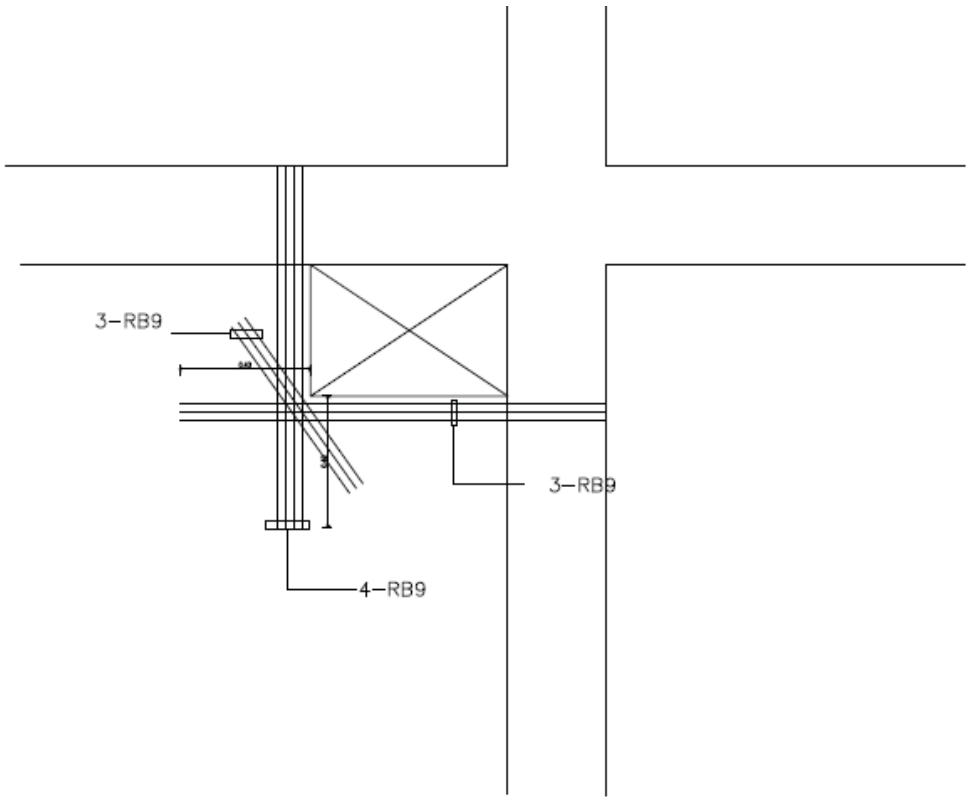
$$\rho_{min} = 0.0025$$

$$As = 0.004\times100\times8.15 \quad = 3.275\frac{cm^2}{m}$$

$$USE\ RB9@0.15m$$





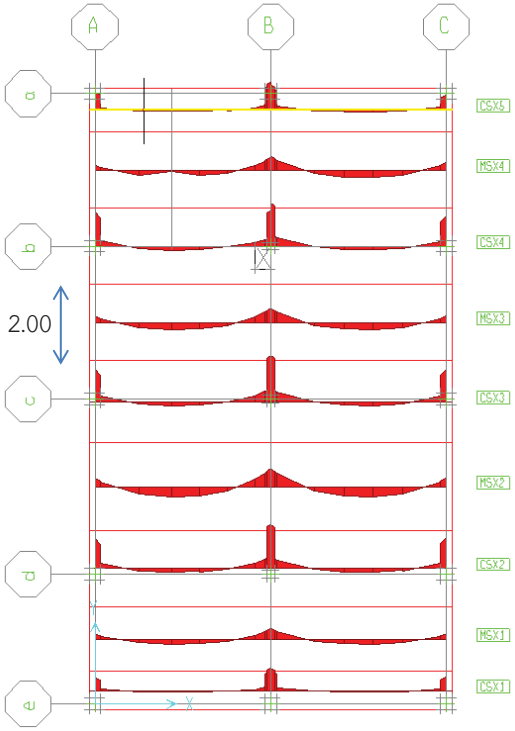


การเสริมเหล็กพิเศษบริเวณช่องเปิด

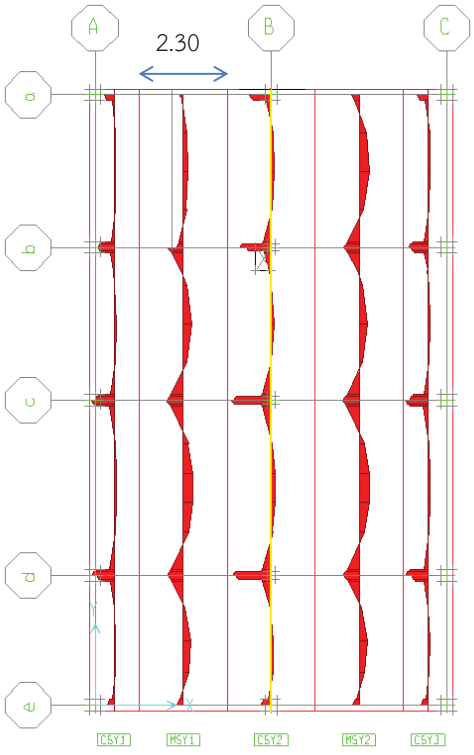
ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

พิจารณาผลจาก FEM

M_xx โมเมนต์ด้านยาว



M_yy >> โมเมนต์ด้านสั้น



ออกแบบพื้นมีช่องเปิด

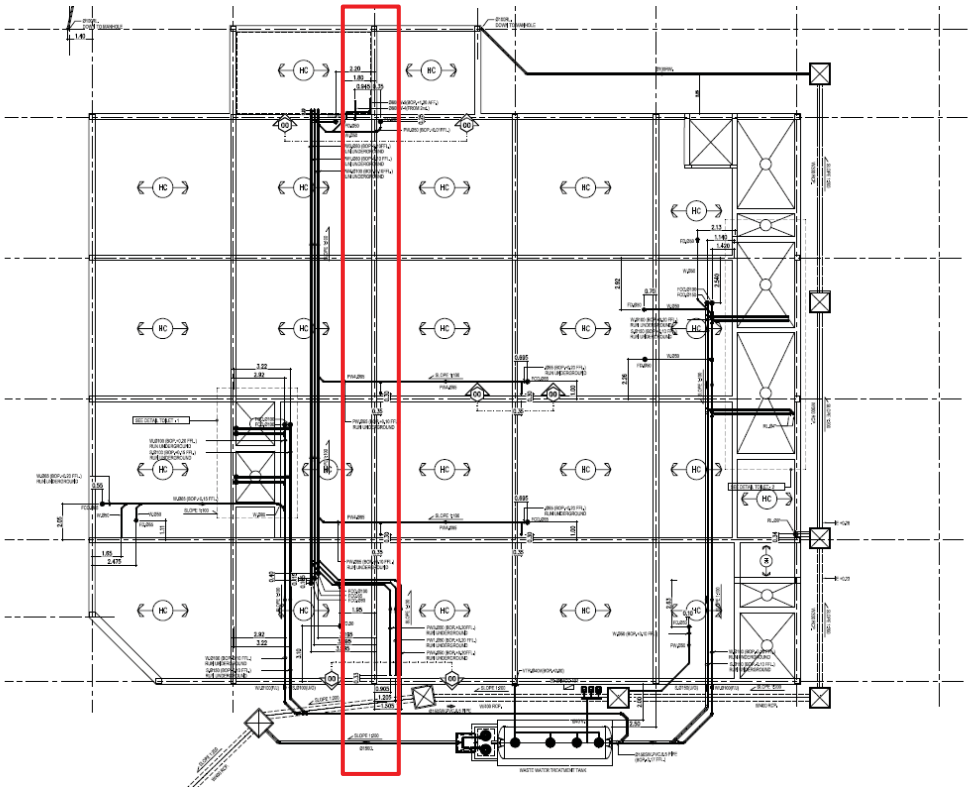
เทียบด้านสั้น

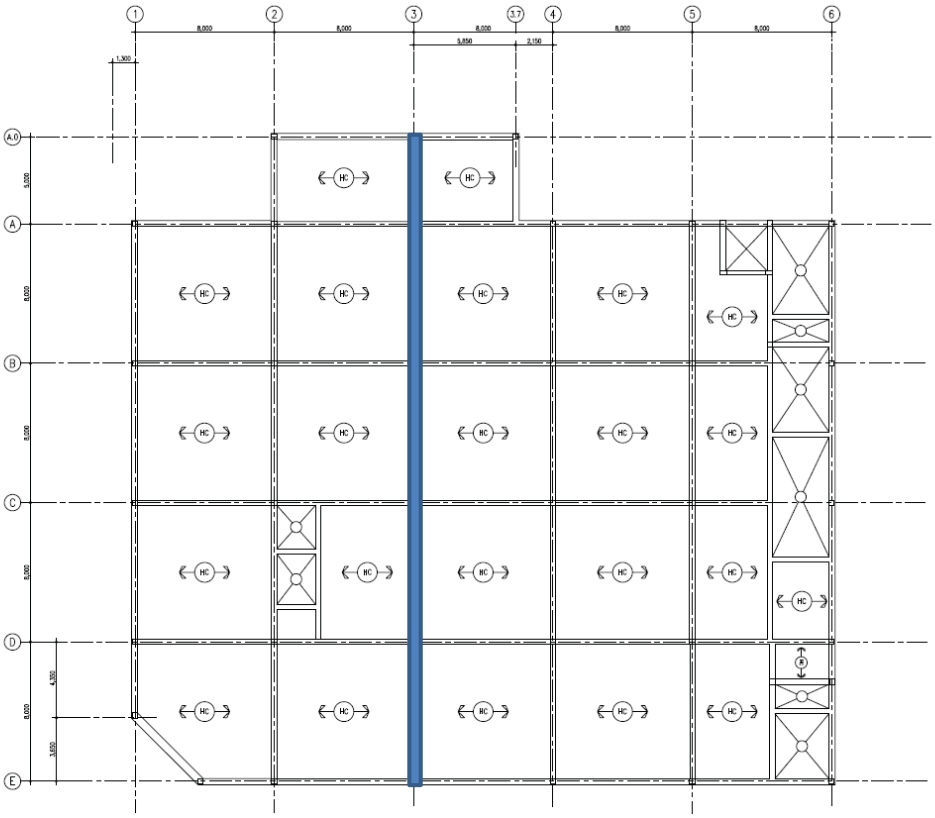
ลำดับ	สปส.โมเมนต์	FEM
M-	0.939	0.863
M+	0.696	0.480
M-	0.939	0.962

เทียบด้านยาว

ลำดับ	สปส.โมเมนต์	FEM
M-_ต่อเนื่อง	0.747	0.75
M+	0.565	0.455
M-_ไม่ต่อเนื่อง	0.383	0.250

การเสริมเหล็กในคานมีช่องเปิด





พื้นอาคารโรงงาน Span 8x8 เมตร ออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรได้ 500 kg/m^2 พิจารณาใช้พื้นสำเร็จรูป HOLLOW CORE หนา 20 cm รับน้ำหนักบรรทุกได้ 750 kg/m^2

คำนวณน้ำหนักบรรทุกในการออกแบบ

DL_พื้น ; ตามระบุในข้อมูลน้ำหนักเท่ากับ 350 kg/m^2 ดังนั้นถ่ายลงคาน GL.3 เท่ากับ 350 x 8 = 2800 kg/m (รวม Topping)

LL_พื้น ; 500 x 8 = 4000 kg/m

สมมุติหน้าตัดคานโดยพิจารณาหน้าตัดต่ำสุดที่ไม่ต้องตรวจสอบการแอ่นตัว สำหรับคานต่อเนื่อง L/21

H = 7.7/21 = 0.366 m >>> 0.80 เมตร

DL_คาน ; 0.3 x 0.8 x 2400 = 576 kg/m

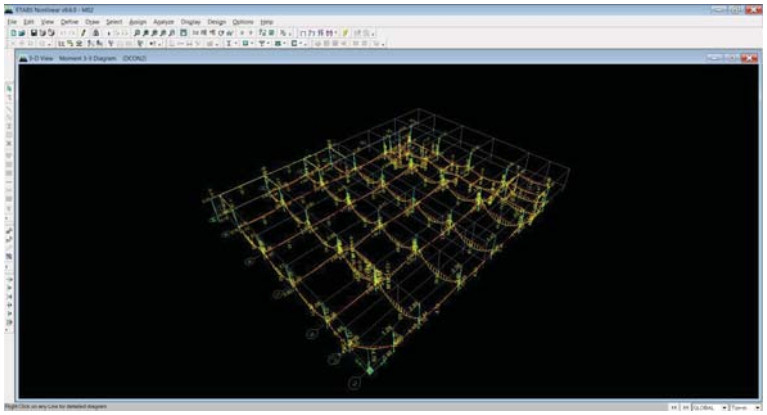
Wu = 1.4(2800+576)+1.7(4000) = 11526.4 kg/m

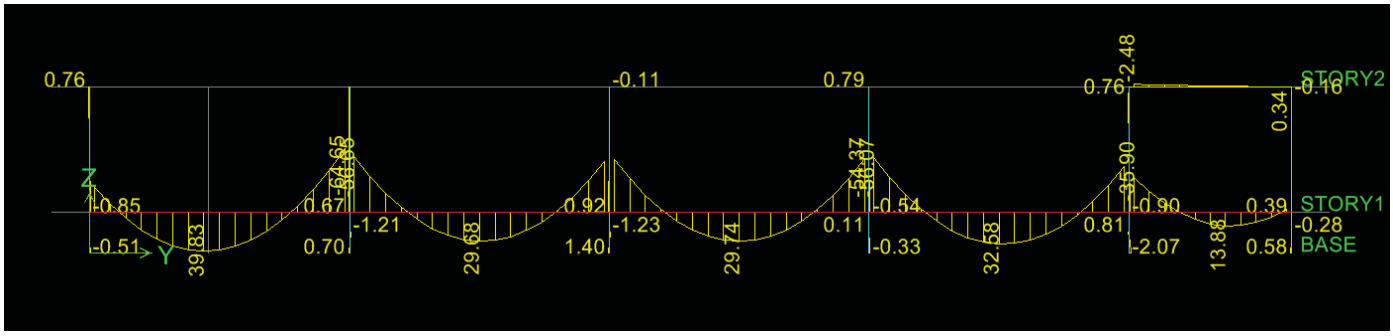
ผลวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Mu+ = 39.83 t-m

Mu- = 64.65 t-m

Vu = 44.12 t





ออกแบบโครงสร้างคาน

1. กำลังวัสดุ

fc'= 280 ksc

fy = 4000 ksc

2. ออกแบบโครงสร้างรับแรงดัด

$$\rho_b = \frac{0.85fc'}{fy}\beta_1\left(\frac{6120}{6120+4000}\right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85\times280}{4000}\times 0.85 \times \frac{6120}{6120+4000} = 0.0305$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b = 0.0229$$

$$q = \rho\frac{fy}{fc'} = 0.0233\frac{4000}{280} = 0.3276$$

$$\emptyset M_n = \emptyset fc' q(1-0.59q)bd^2$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 280 \times 0.3276\big(1-(0.59\times0.3276)\big)\times 30 \times 75^2$$

$$\emptyset M_n = 112.35\ t-m > Mu+, Mu-$$

สำหรับ Mu+

$$R_u = \frac{M_{u+}}{\emptyset bd^2}$$

$$R_u = \frac{39.83\times1000\times100}{0.9\times30\times75^2} = 26.22\ ksc$$

$$\rho = \frac{0.85fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2R_u}{0.85fc'}\right)}\right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{26.22 \times 2}{0.85 \times 280}}\right) = 0.00693$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy}(0.0035);$$

$$As+ = 0.00693 \times 30 \times 75 = 15.66\ cm^2$$

$$USE\ 4DB25\ (As = 19.64\ cm^2)$$

สำหรับ Mu-

$$R_u = \frac{M_{u-}}{0.9bd^2}$$

$$R_u = \frac{64.65 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 30 \times 75^2} = 42.56\ cm^2$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 280}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 42.56}{0.85 \times 280}\right)}\right) = 0.0118$$

$$As = 0.0118 \times 30 \times 75 = 26.58\ cm^2$$

$$USE\ 6DB25\ (As = 29.46\ cm^2)$$

ออกแบบโครงสร้างคาน (ต่อ)

3. ออกแบบสำหรับแรงเฉือน

$$V_u = 44.12 \text{ t}$$

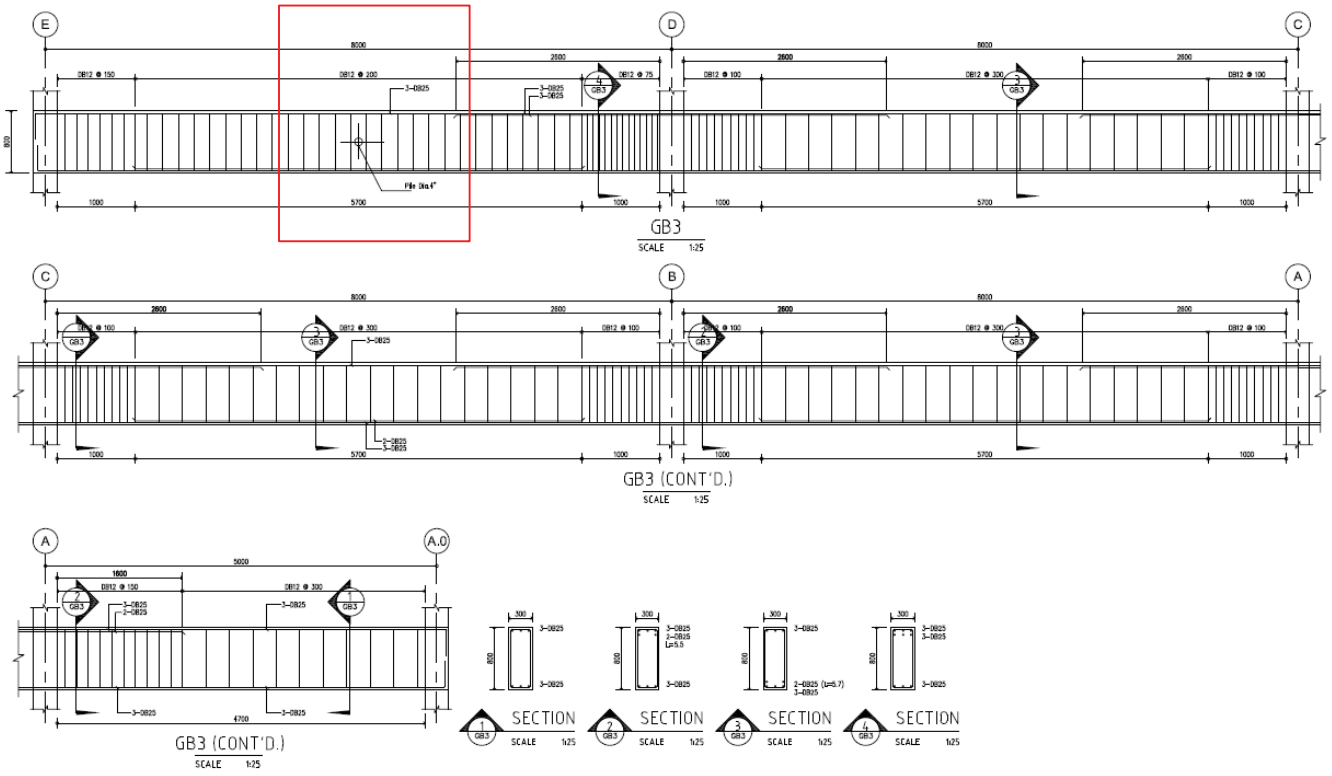
$$\emptyset Vc = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{280} \times 30 \times 75 \times \frac{1}{1000} = 16.96\ t$$

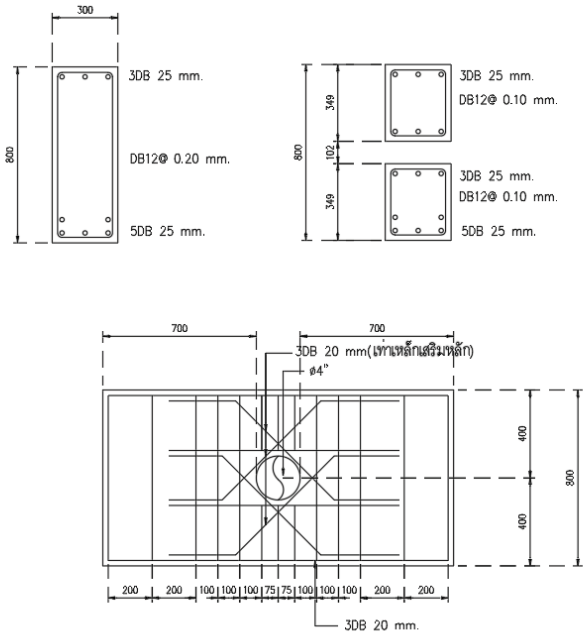
ตรวจสอบหน้าตัด

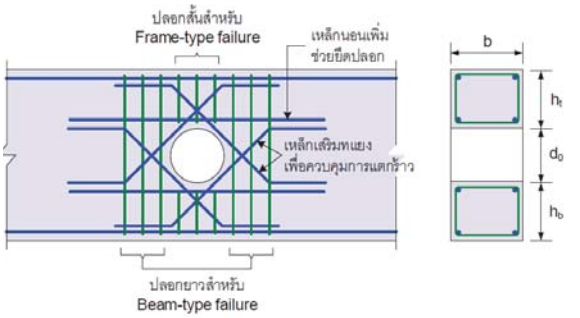
$$2.1 \times \sqrt{280} \times 30 \times 75 \times \frac{1}{1000} = 663.54\ t > Vu$$

พิจารณาใช้เหล็กเสริม DB12MM

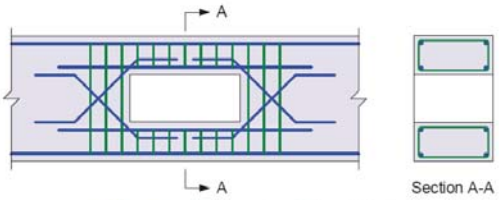
$$s = \frac{2 \times 1.13 \times 4000 \times 75}{44120 - 16960} = 24.95\ cm\ USE\ DB12@0.20\ m$$





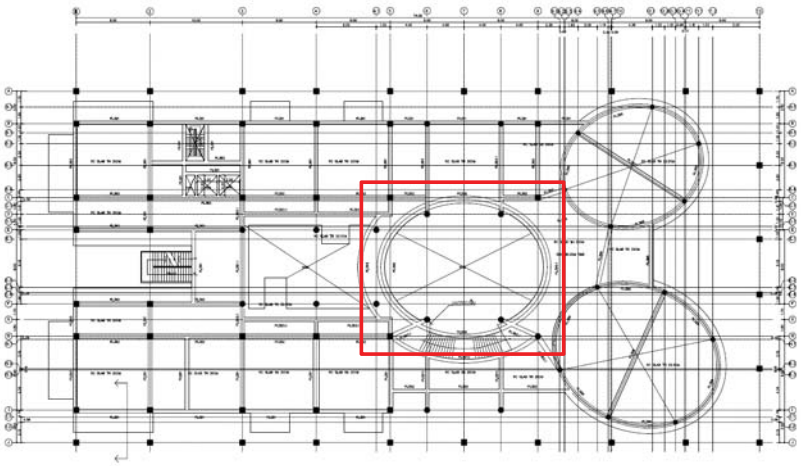


รูปที่ 2.57 รายละเอียดการเสริมเหล็กช่องเปิดวงกลม



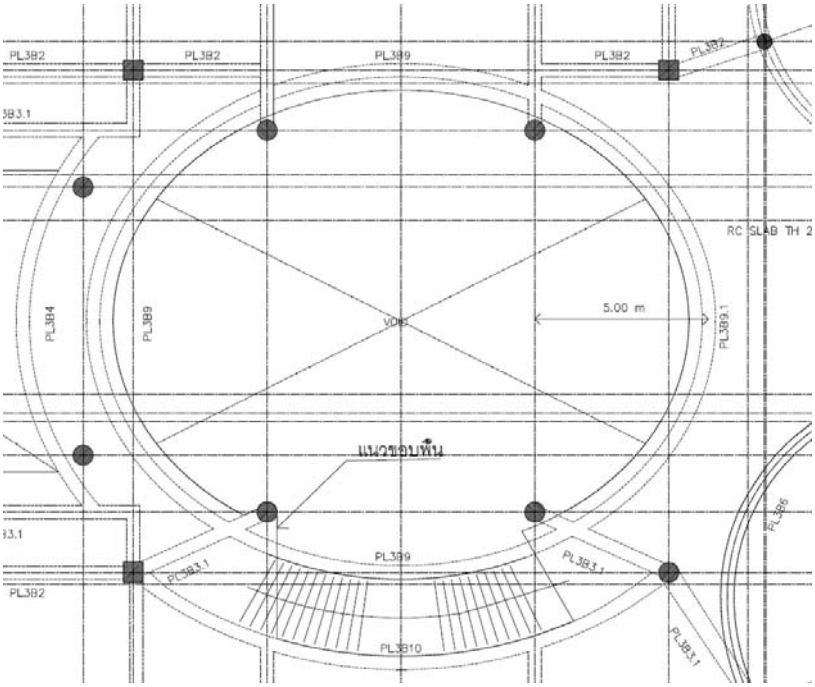
รูปที่ 2.58 รายละเอียดการเสริมเหล็กช่องเปิดสี่เหลี่ยม

การออกแบบคานโค้ง



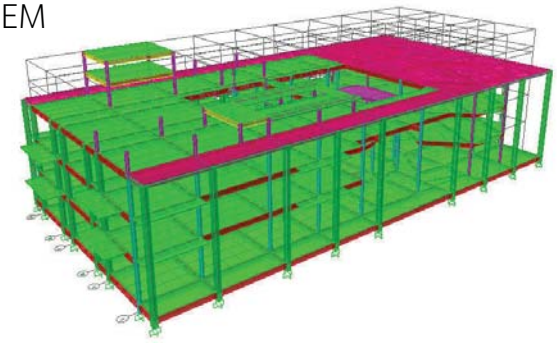
อาคารเรียนรวมแห่งหนึ่ง ตามแบบสถาปัตยกรรมมีช่องเปิดเป็น วงกลมตามแบบ มีเสาเป็น Support สี่ จุดตามแบบ

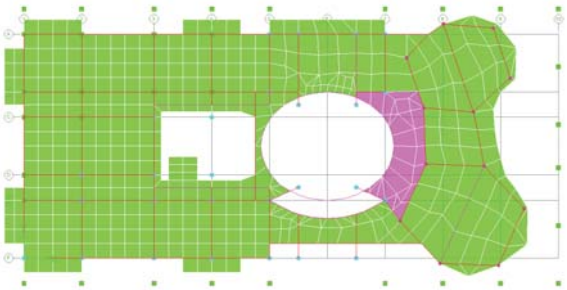
การออกแบบคานโค้ง



การออกแบบคานโค้ง

FEM





น้ำหนักบรรทุกออกแบบ

DL ; คอนกรีต 2400 kg/m^2

SDL ; 250 kg/m^2

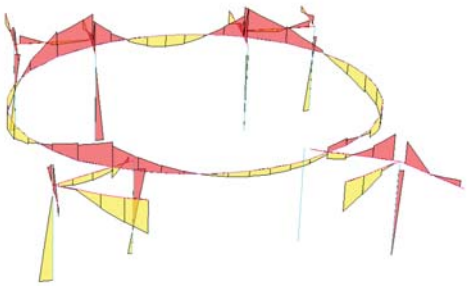
LL ; 300 kg/m^2

กำลังอัดคอนกรีต (fc') = 420 ksc

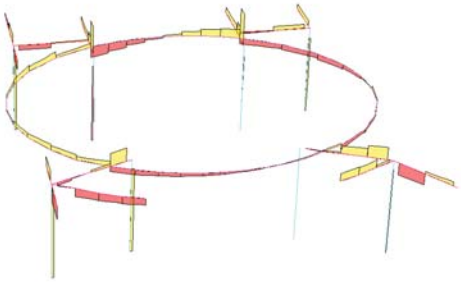
กำลังรับแรงดึงเหล็กเสริม (fy) = 4000 ksc

การออกแบบคานโค้ง

Mu+ = 25.99 t-m, Mu- = 42.24 t-m

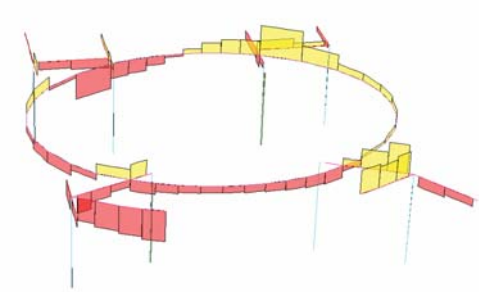


Vu = 10.97 t



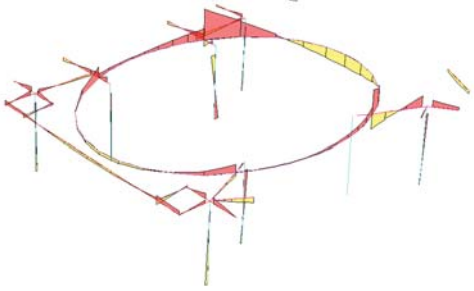
Shell Element

Tu = 19.7 t

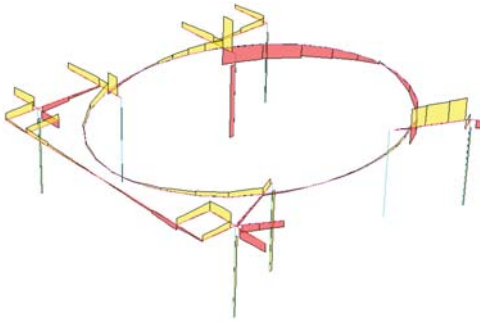


การออกแบบคานโค้ง

Mu+ = 88.36 t-m, Mu- = 226 t-m

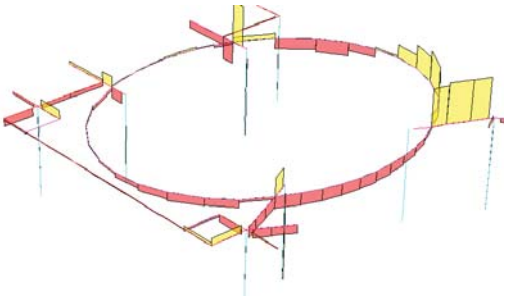


Vu = 50.28 t



Membrane Element

Tu = 54 t



การออกแบบคานโค้ง

ออกแบบหน้าตัดคอนกรีตคานโค้ง

1. พิจารณาความลึกของคาน

พิจารณาเป็นคานต่อเนื่อง 2 ด้าน ความลึกคานน้อยสุ Ln/21

H = 16.79 / 21 = 0.799 m ใช้ 0.80 m

พิจารณาใช้คานขนาด 0.40 x 0.80 m

การออกแบบคานโค้ง

ออกแบบหน้าตัดคอนกรีตคานโค้ง

2. ออกแบบรับแรงดัด โดยพิจารณาออกแบบจากผลวิเคราะห์ Shell

$$\rho_b = \frac{0.85fc'}{fy}\beta_1\left(\frac{6120}{6120+4000}\right)$$

$$\rho_b = \frac{0.85\times420}{4000}\times 0.75 \times \frac{6120}{6120+4000} = 0.0404$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b = 0.0303$$

การออกแบบคานโค้ง

$$q = \rho\frac{fy}{fc'} = 0.0303\frac{4000}{420} = 0.2885$$

$$\emptyset M_n = \emptyset fc' q(1-0.59q)bd^2$$

$$\emptyset M_n = 0.9 \times 420 \times 0.2885\big(1-(0.59\times 0.2885)\big)\times 40 \times 75^2$$

$$\emptyset M_n = 203.60\ t-m > Mu+, Mu-$$

สำหรับ Mu+

$$R_u = \frac{M_{u+}}{\emptyset bd^2}$$

$$R_u = \frac{25.99\times1000\times100}{0.9\times40\times75^2} = 12.83\ ksc$$

$$\rho = \frac{0.85fc'}{fy}\left(1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2R_u}{0.85fc'}\right)}\right)$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 420}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{12.834 \times 2}{0.85 \times 420}}\right) = 0.00328$$

$$\rho_{min} = \frac{14}{fy}(0.0035);$$

$$As+ = 0.0035 \times 40 \times 75 = 10.50\ cm^2$$

$$USE\ 3DB25\ (As = 14.73\ cm^2)$$

สำหรับ Mu-

$$R_u = \frac{M_{u-}}{0.9bd^2}$$

$$R_u = \frac{42.25 \times 1000 \times 100}{0.9 \times 40 \times 75^2} = 20.85\ cm^2$$

$$\rho = \frac{0.85 \times 420}{4000}\left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 20.85}{0.85 \times 420}\right)}\right) = 0.00537$$

$$As = 0.00537 \times 40 \times 75 = 16.13\ cm^2$$

$$USE\ 4DB25\ (As = 19.64\ cm^2)$$

3. ออกแบบสำหรับแรงเฉือนร่วมแรงบิด

Vu = 10.97 ton , Tu = 19.7 ton

ตรวจสอบโมเมนต์บิดแตกร้าว

$$\emptyset T_{cr} = \emptyset 0.275\sqrt{fc'}\,\frac{Ac}{Pcp}$$

Ac = (40x80)+(55x25) = 4575 cm^2

Pcp = 2 x (80+95) = 350 cm

$$\emptyset T_{cr} = \frac{0.85 \times 0.275 \times \sqrt{420} \times 4575^2}{350 \times 1000 \times 100} = 2.864\ t-m$$

ต้องพิจารณาหน่วยแรงบิด

ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือนร่วมแรงบิด

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)} < \emptyset\left(\frac{V_c}{bd} + 2.1\sqrt{fc'}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{10.97}{40 \times 75}\right)^2 + \left(\frac{19.7 \times 100 \times 208}{1.7 \times 2304^2}\right)^2} = 0.0455$$

$$\frac{0.85}{1000}(0.53+2.1)\sqrt{420}=0.0458$$

$$0.0455\sim0.0458\ \ OK$$

เหล็กปลอกรับแรงบิด

$$\frac{A_v}{s}=\frac{T_u}{2f_{yv}A_o}=\frac{19.7\times1000\times100}{2\times4000\times2340}=0.105$$

พิจารณาแรงเฉือน

$$\emptyset V_c=\emptyset0.53\sqrt{fc},bd$$

$$\emptyset V_c=0.85\times0.53\times\sqrt{420}\times40\times75\times\frac{1}{1000}=27.69\ ton$$

$$V_u<\emptyset V_c$$

พิจารณาเหล็กรับแรงเฉือนน้อยสุด

$$\frac{A_v}{s}=\frac{0.2\sqrt{fc'}bw}{fy}=\frac{0.2\times\sqrt{420}\times40}{4000}=0.0409$$

เหล็กปลอกรวมทั้งหมด

$$\frac{A_{V+T}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s}$$

$$\frac{A_{V+T}}{s} = 0.0409 + (2 \times 0.105) = 0.2509$$

ตรวจสอบปริมาณเหล็กเสริมน้อยสุด

$$\frac{3.5b_w}{fy} = \frac{3.5 \times 40}{4000} = 0.035 < \frac{A_{v+t}}{s}\ OK$$

พิจารณาใช้เหล็ก DB12 Av = 1.13 x 2 = 2.26 cm^2

$$\frac{A_{v+t}}{s} = 0.2509\ ; s = \frac{2.26}{0.2509} = 9.007\ cm$$

พิจารณาใช้ DB12@0.075 m จากของฐานรองรับมา 4.5 เมตร

พิจารณาเหล็กเสริมแนวนอนที่ต้องการ

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}}$$

$$A_l = 0.105\ \times 350 = 36.75\ cm^2$$ กระจายรอบหน้าตัด

$$\frac{36.75}{2} = 18.375\ cm^2$$

เหล็กเสริมแนวนอน

เหล็กเสริมบน

แรงดัด 4DB25 + แรงบิด 4DB25 (19.64 cm^2) = 8DB25 mm

เหล็กเสริมล่าง

แรงดัด 3DB25 + แรงบิด 4DB25 (19.64 cm^2) = 7DB25 mm