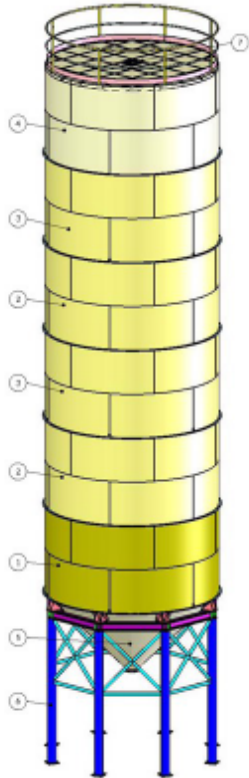


รายการคำนวณโครงสร้าง

ออกแบบถังไซโลเหล็กเก็บข้าวเปลือก

(Steel Plate Silos)



ความจุของถัง สูง $H = 14.630 \text{ m}$.

เส้นผ่านศูนย์กลาง $\text{Dia. } 4.60 \text{ m}$

$$\text{ความจุ } 2\pi rh = 2(3.14)(2.30)(14.63)$$

$$= 211.315 \text{ m}^3$$

$$\text{น้ำหนักข้าวเปลือก} = 580(211.315)$$

$$= 122.57 \text{ ตัน Use } 125 \text{ ตัน}$$

$$\text{น้ำหนักข้าวสารคิด } 1.5 \times \text{น้ำหนักข้าวเปลือก}$$

$$= 1.5 \times 122.57 \text{ ตัน} = 187 \text{ ตัน Use } 190 \text{ ตัน}$$

รายการคำนวณโครงสร้าง

ข้อกำหนดที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ

การคำนวณออกแบบใช้วิธีหน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ (Allowable Stress Design) ตามมาตรฐานของสถาบันการก่อสร้างเหล็กโครงสร้างและใช้ค่าการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน วสท.

ค่าคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. กำลังอัดประลัยของคอนกรีต f'_c | = 173 kg/cm ² |
| 2. หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต $f_c = 0.45(f'_c)$ | = 78 kg/cm ² |
| 3. กำลังดึงของเหล็กเสริมสูงสุดของเหล็กข้ออ้อย f_{yDB} | = 3,000 kg/cm ² |
| 4. หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กข้ออ้อย $f_{sDB} = 0.5(f_{yDB})$ | = 1500 kg/cm ² |
| 5. กำลังดึงของเหล็กเสริมสูงสุดของเหล็กเส้นกลม f_{yRB} | = 2,400 kg/cm ² |
| 6. หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเส้นกลม $f_{sRB} = 0.5(f_{yRB})$ | = 1200 kg/cm ² |

ค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบ โครงสร้าง คสล.

ค่าพารามิเตอร์	เหล็กข้ออ้อย DB	เหล็กเส้นกลม RB
$n = (E_s/E_c)$	10	10
$k = (1 / (1 + f_s / (n * f_c)))$	0.342	0.394
$J = (1 - k) / 3$	0.886	0.869
$R \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.5(f_y * k * j)$	11.82	13.46

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 7. โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต | = 2×10^5 kg/cm ² |
| 8. กำลังดึงที่จุดครากของเหล็กรูปพรรณ f_y | = 2,400 kg/cm ² |
| 9. หน่วยแรงดึง, อัดและดัดของเหล็กรูปพรรณ = $0.6(f_y)$ | = 1,440 kg/cm ² |
| 10. หน่วยแรงเฉือนของเหล็กรูปพรรณ | = 960 kg/cm ² |
| 11. โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กรูปพรรณ | = 2×10^6 kg/cm ² |
| 12. น้ำหนักบรรทุกทุก | |
| <input type="checkbox"/> แรงลมอาคารสูงไม่เกิน 10 เมตร | = 50 kg/m ² |
| <input type="checkbox"/> แรงลมอาคารสูง 10-20 เมตร | = 80 kg/m ² |
| <input type="checkbox"/> แรงลมอาคารสูงเกิน 20 เมตร | = 120 kg/m ² |
| <input type="checkbox"/> น้ำหนักบรรทุกจร | = 30 kg/m ² |
| <input type="checkbox"/> น้ำหนักคอนกรีตเสริมเหล็ก | = 2,400 kg/m ² |

13. หน่วยแรงเฉือนของลวดเชื่อม E60 $= 1,260 \text{ kg/cm}^2$

14. หน่วยแรงเฉือนของสลักเกลียว (A307) $= 700 \text{ kg/cm}^2$

15. หน่วยแรงดึงของสลักเกลียว (A307) $= 1,273 \text{ kg/cm}^2$

หมายเหตุ : นำหนักบรรทุกใช้งานที่เพิ่มค่าแล้วใช้ตามมาตรฐานของ AISC และมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ได้กำหนดให้หากำลังที่ต้องการ U ดังนี้

สำหรับอาคารที่ไม่ได้คิดให้รับแรงลมหรือแรงจากแผ่นดินไหว

$$U = DL + LL$$

สำหรับอาคารที่คิดให้รับแรงลม

$$U = 0.75(DL + LL + WL)$$

รายการคำนวณ

1. คำนวณหาปริมาตรของถังไซโล (ทรงกระบอก)

จากสูตร $V1 = 0.25\pi D^2 H1$

จะได้ว่า

$$\begin{aligned} V1 &= 0.25(3.14)(4.6^2)(14.630) \text{ m}^3 \\ &= 243.02 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. คำนวณหาปริมาตรทรงกรวย

จากสูตร

$$V2 = 0.0833 \pi D^2 H2$$

จะได้ว่า

$$\begin{aligned} V2 &= 0.0833(3.14)(4.6^2)(2.206) \\ &= 12.21 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

รวมปริมาตรถัง

$$\begin{aligned} V1 + V2 &= 243.02 + 12.21 \\ &= 255.22 \text{ m}^3 \text{ Use } 260 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. คำนวณหาความหนาของแผ่นเหล็กสำหรับทำผนังถังไซโล

ข้อกำหนด

แผ่นเหล็กที่นำมาทำผนังของถังเก็บ ข้าวสาร ต้องออกแบบให้สามารถรับแรง

Hoop Tension (T)

$$\text{จากสูตร } P = wh$$

จากการคำนวณนี้จะแบ่งความสูงของถัง 14.63 เมตร ออกเป็น 4 ช่วงเท่าๆกัน เพื่อหาแรงดันของแต่ละช่วงของไซโล จะได้ 14.63 เมตร / 4 ช่วง เท่ากับ 3.65 ต่อ 1 ช่วง

ดังนั้นแยกคำนวณหาแรงดันของแต่ละช่วงเนื่องจากช่วงมีระยะเท่ากันจะได้ว่า

$$= 1400(3.65)$$

$$= 5,110 \text{ kg/m}^2$$

สูตร การหาHoop Tension (T)

$$T = 0.5 PD$$

$$= 0.5(20,482)(4.6)$$

$$= 47,108.6 \text{ kg/m}$$

พื้นที่ของแผ่นเหล็กสำหรับต้านทานแรงดึง Area of the plate resisting this tension เท่ากับ

$$= t(100 \text{ cm}^2)$$

$$47,108.6 \text{ kg/m} = t(100)(fs)(n)$$

$$fs = \text{หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็ก} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \text{ค่า ส.ป.ส.ของ Riveted joints (0.70)}$$

$$\text{เมื่อ } t \text{ คือ ความหนาของแผ่นเหล็ก (cm)}$$

$$\text{จะได้ว่า } t = 47,108.6 / (100)(1400)(0.7)$$

$$= 0.487 \text{ cm หรือ เท่ากับ } 4.8 \text{ mm Use } 5 \text{ mm หรือมากกว่า}$$

= เลือกใช้ความหนาเท่ากับ 6 mm. OK

Remark : เลือกใช้แผ่นเหล็กที่มีความหนา 6 mm เป็นผนังถังไซโล

4. คำนวณความหนาของแผ่นเหล็กผนังพื้นกรวย

แรงดันเนื่องจากน้ำหนักของข้าวสารบริเวณกรวย จาก $P = wh$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } h &= H_1 + H_2 - 0.5 \tan \theta \\ &= (14.63 + 2.206) - 0.5 \tan(43^\circ) \\ &= 17.58 \text{ m.} \\ P &= 1400(17.58) \\ &= 24,612 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

5. คำนวณหา Max. Hoop Tension (T)

จากสูตร Hoop Tension กรวย

$$\begin{aligned} T &= 0.25 PD \operatorname{cosec} \theta \\ \theta &= 43.8^\circ \end{aligned}$$

ค่า $\operatorname{cosec} 43.8^\circ = 1.413$

$$\begin{aligned} T &= 0.25(24,612)(4.6)(1.413) \\ &= 39,993.27 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Area of the plate resisting this tension

$$= t \times 100 \text{ cm}^2$$

เมื่อ $t(100)(fs)(n)$

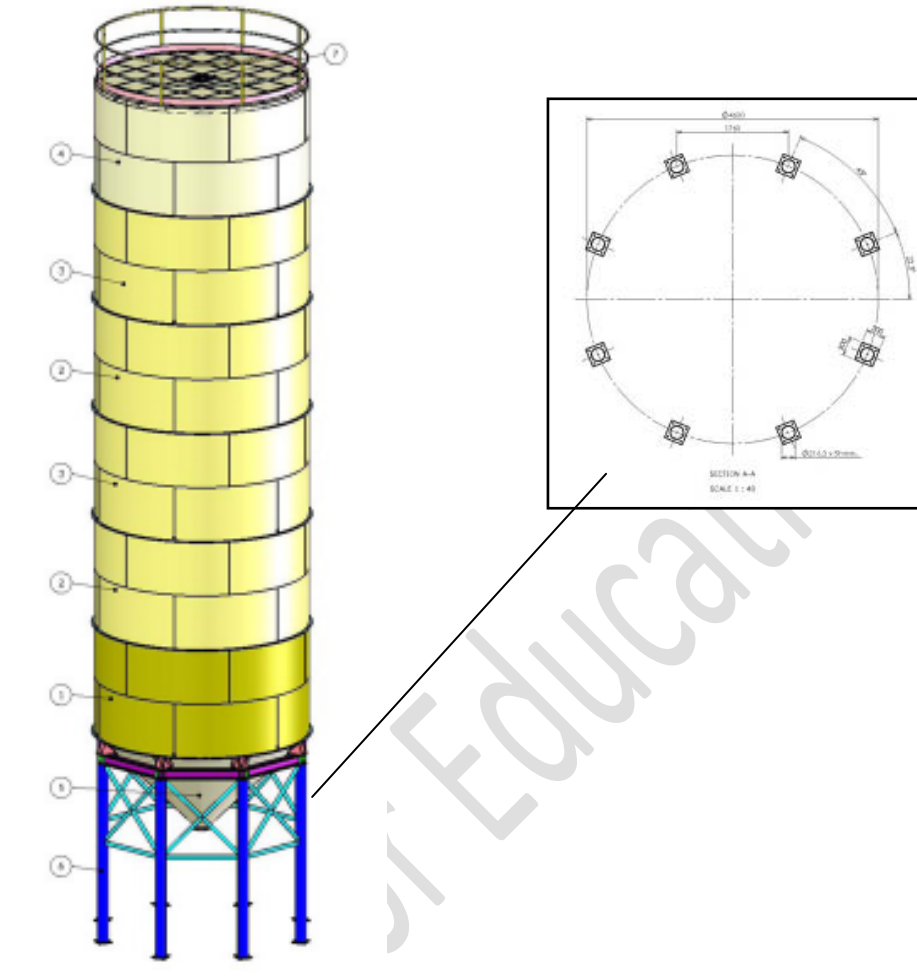
$$39,993.27 = t(100)(1400)(0.7)$$

$$T = 39,993.27 / [(100)(1400)(0.7)]$$

= 0.408 cm หรือ 4.08 mm. เลือกใช้ความหนา 4 mm หรือมากกว่า

Use 6 mm. OK

6. ออกแบบเสาเหล็กรับน้ำหนักถัง ไฮโล (Column Silo)



7. คำนวณหาจำนวนเสารับน้ำหนักถังไฮโลต่อต้น

กำหนดเลือกใช้จำนวนเสาColumn จำนวน 8 ต้น

ตั้งน้ำหนักที่ลงเสาในแต่ละต้นในแนวตั้ง (น้ำหนักถัง + น้ำหนักข้าวสารเมื่ออยู่ในไซโลเต็ม) และไม่รวมแรงลมที่มาประทะ จะได้เท่ากับน้ำหนักต่อต้น = น้ำหนักทั้งหมด / จำนวนเสา

$$P_n = P_u / N = 190,000 \text{ kg} / 8$$

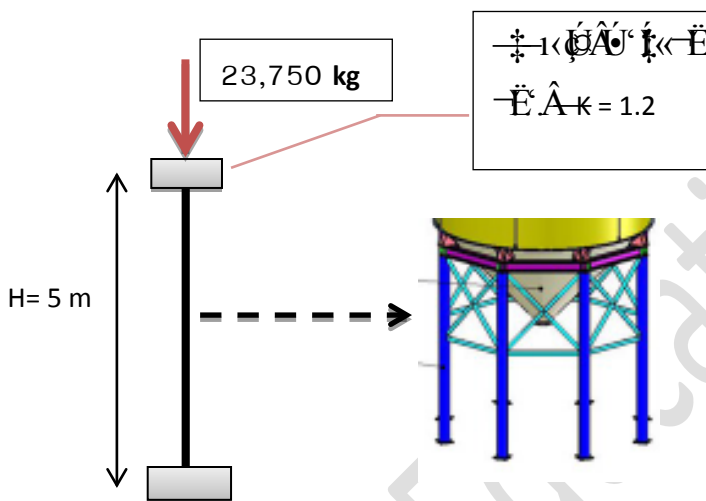
$$\text{จะได้น้ำหนักต่อต้น} = 190 / 8 = 23.75 \text{ ตัน หรือ } 23,750 \text{ kg}$$

8. ออกแบบเสาเหล็กรับน้ำหนักถังไซโล

องค์อาคารรับแรงอัด

เสา Column C1

พิจารณาตำแหน่งที่แรงกระทำสูงสุด $P = 23,750 \text{ kg}$



Model :

เสาสูง $H = 5 \text{ m}$.
น้ำหนักลงเสา $= 23,750 \text{ kg}$

สมมติ

โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กรูปพรรณ $= 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
กำลังดึงที่จุดครากของเหล็กรูปพรรณ $= 2,400 \text{ kg/cm}^2$
หน่วยแรงดึงของเหล็กรูปพรรณ $40\% F_y = 960 \text{ kg/cm}^2$
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ $A = P / (40\% F_y) = 23,750 / 960 = 24.74 \text{ cm}^2$
พื้นที่หน้าตัดที่เลือก $= 16.27 \text{ cm}^2$

ดังนั้นเลือกเหล็ก ชนิด \emptyset - Pipe 216.3x4.5mm.(23.5 kg/m)

รายละเอียดดังนี้

Dภายนอก (mm.)	ความ หนา (mm.)	น้ำหนัก (kg/m)	พื้นที่ หน้าตัด (cm ²)	Ix (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	Sx (cm ³)	Sy (cm ³)	rx (cm)	ry (cm)

216.3	4.5	49.9	29.94	1680	1600	155		7.49	
-------	-----	------	-------	------	------	-----	--	------	--

ตรวจสอบความชะลูด

$$\begin{aligned}
 KL/r &= (1.2)(500)/(7.49) \\
 &= 80.11 \text{ นำไปตรวจสอบกับ ค่า } C_c = \sqrt{(2\pi^2 E/F_y)} \\
 C_c &= \sqrt{(2\pi^2 E/F_y)} \\
 &= \sqrt{(2(3.14^2)(2.1 \times 10^6)/(2,400)} \\
 &= \sqrt{(17,254.3)} \\
 &= 131 \\
 KL/r &< C_c ;
 \end{aligned}$$

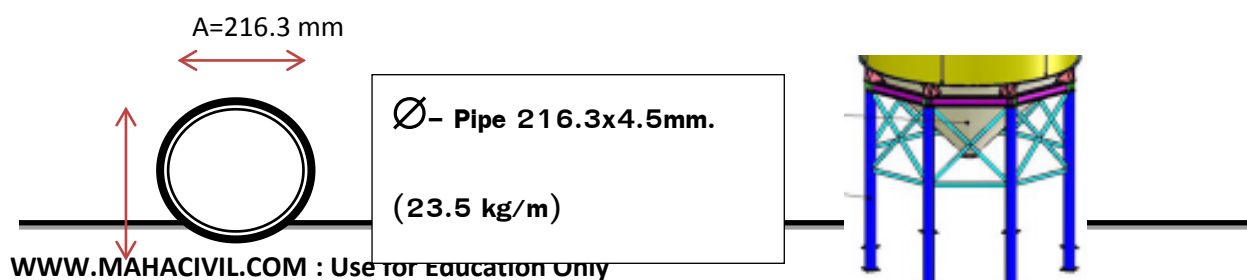
ดังนั้น หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จะได้เท่ากับ

$$\begin{aligned}
 F_a &= \frac{\left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^2\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c}\right) - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^3} \\
 F_a &= \frac{\left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{80.11}{131}\right)^2\right] 2400}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{80.11}{131}\right) - \frac{1}{8} \left(\frac{80.11}{131}\right)^3} = 1044.89 \\
 &= 1044.89 \text{ kg/cm}^2 \text{ Use } 1045 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

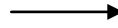
ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของหน้าตัด

$$\begin{aligned}
 P_c &= F_a \times A_s \\
 &= 1045 \times 29.94 = 31,245.5 \text{ kg} > 23,750 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเลือกใช้เสาเหล็กชนิด \emptyset - Pipe 216.3x4.5mm.(23.5 kg/m)



B=216.3mm



ออกแบบเหล็กค้ำยันแนวทแยง

$$V = 0.02P/2$$

$$= 0.02(133,000)/2$$

$$= 1,330 \text{ kg}$$

หาแรงอัดในแนวแกนของเหล็กยึดทแยงมุม

$$\sum F_x = 0$$

แรงอัดในเหล็กยึดทแยงมุม = $1330 \text{ kg} / \sin(55^\circ)$

$$= 1623.6 \text{ kg}$$

ความยาวเหล็กทแยงมุม L = $153 / \sin(55^\circ)$

$$= 186 \text{ cm หรือ } 1.86 \text{ m.}$$

ตรวจสอบ $L/r < 140$

$$r = 1.32 \text{ cm}$$

เลือกใช้เหล็กกลมทำเป็นเหล็กยึดทแยงมุม สำหรับเหล็กกลม $\phi = D$

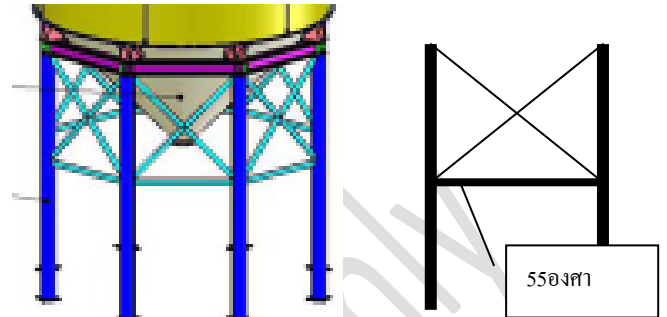
ค่า $r = \sqrt{I/A} = \sqrt{(\pi D^4/64)/(\pi D^2/4)} = D/4$

เพราะฉะนั้น $D = 4r = 4 \times 1.32$

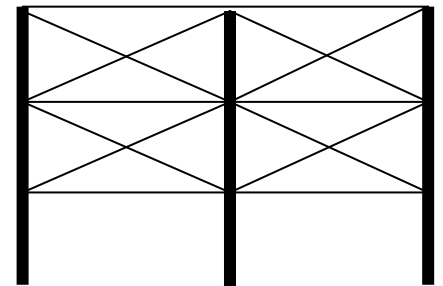
$$= 5.28 \text{ cm}$$

เลือกใช้เหล็กกลม ϕ ขนาด 114.3 x 4.5 mm (12.2 kg/m)

$$r = 2.00 > 1.32 \text{ OK}$$



• $170 \times 0.7 = 133,000 \text{ kg}$
 $190 \times 0.7 = 133,000 \text{ kg}$
 *** $1330 \text{ kg} / \sin(55^\circ) = 1623.6 \text{ kg}$
 $153 / \sin(55^\circ) = 186 \text{ cm หรือ } 1.86 \text{ m.}$
 $L/r < 140$
 $r = 1.32 \text{ cm}$



คำนวณแรงอัดที่เหล็กทแยงมุมรับได้

$$\text{ตรวจสอบ} = KL/r = (1.20)186/2.00 = 111$$

$$= 111 \text{ นำไปตรวจสอบกับ ค่า } C_c = \sqrt{(2\pi^2 E/F_y)}$$

$$\begin{aligned} C_c &= \sqrt{(2\pi^2 E/F_y)} \\ &= \sqrt{(2(3.14^2)(2.1 \times 10^6)/(2,400)} \\ &= \sqrt{(17,254.3)} \\ &= 131 \\ KL/r &< C_c ; \end{aligned}$$

ดังนั้น หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จะได้เท่ากับ

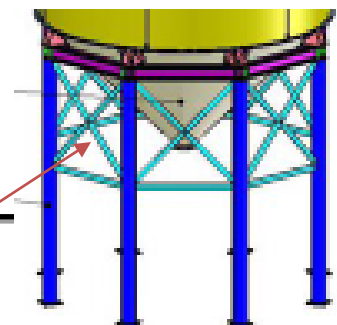
$$\begin{aligned} F_a &= \frac{\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^2\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{C_c}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^3} \\ F_a &= \frac{\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{111}{131}\right)^2\right] 2400}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{111}{131}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{111}{131}\right)^3} \\ &= 1538.45 / 1.9 \\ &= 806.16 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของหน้าตัด

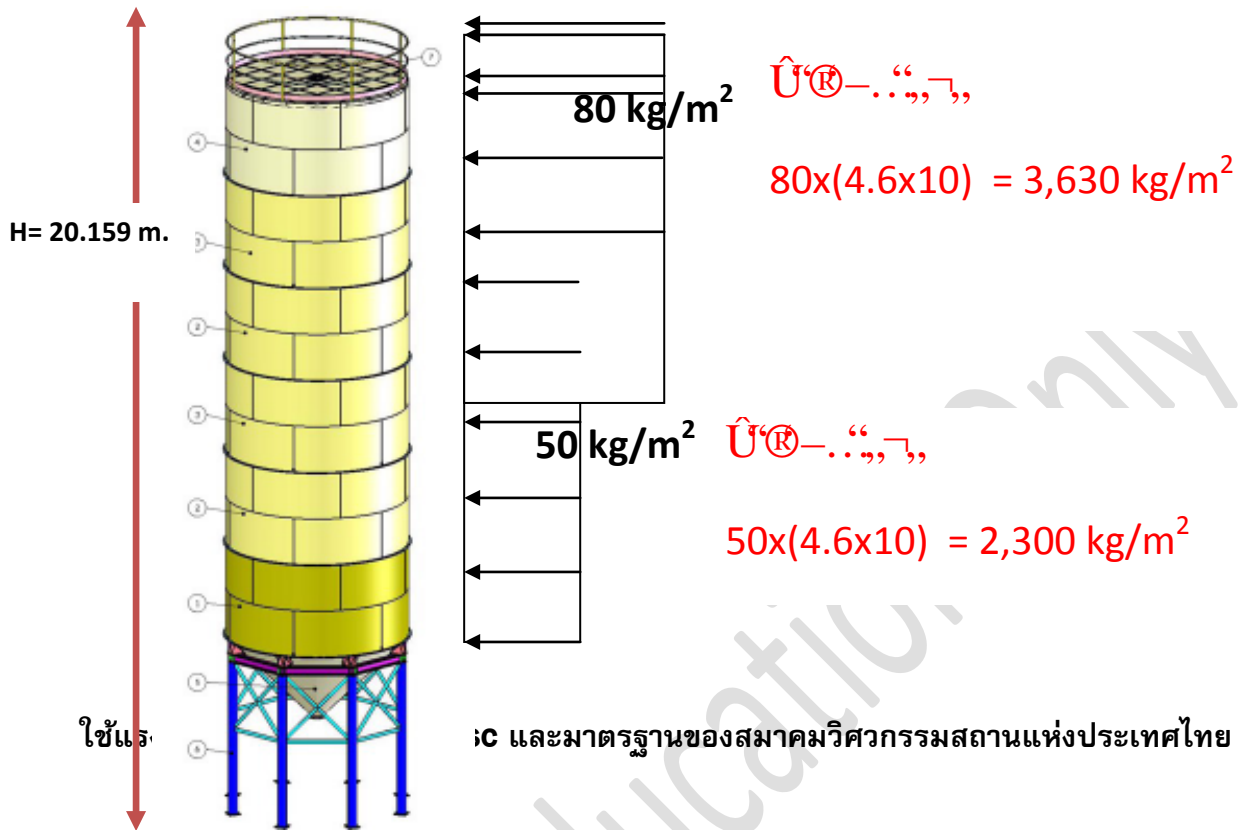
$$\begin{aligned} P_c &= F_a \times A_s \\ &= 806.16 \times 7.10 = 5,723 \text{ kg} \end{aligned}$$

ดังนั้นแรงอัดสูงสุดที่เหล็กยึดทแยงมุมรับได้

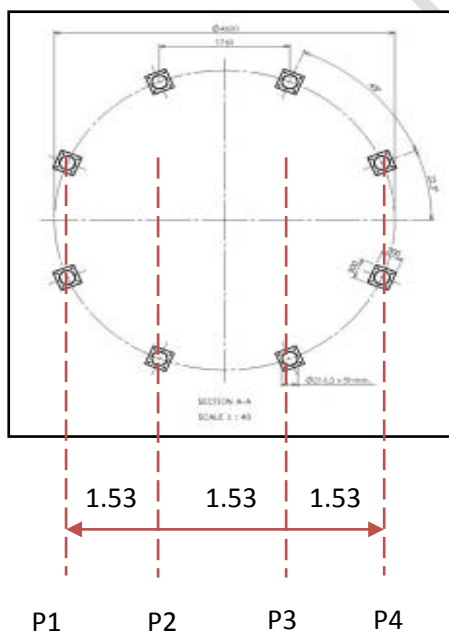
$$\begin{aligned} &= 5,723 \text{ kg} \times \pi \times \{(60.5)^2/4\} \\ &= 184037.5 > 1623.6 \text{ kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$



ตั้งน้ำหนักเลือกใช้เสาเหล็กชนิด \emptyset - Pipe 60.5x4 mm(5.57kg/m)



9. ตรวจสอบการพลิกคว่ำของถัง



จาก F.S. = M_{act} / M_{react} กำหนด 1.5

เมื่อ $M_{act} = (80 \times 4.8 \times 3.2 \times 10) + (50 \times 1.5 \times 18 \times 18)$

$$= (3630 + 2300)$$

$$= 5,930 \text{ kg-m}$$

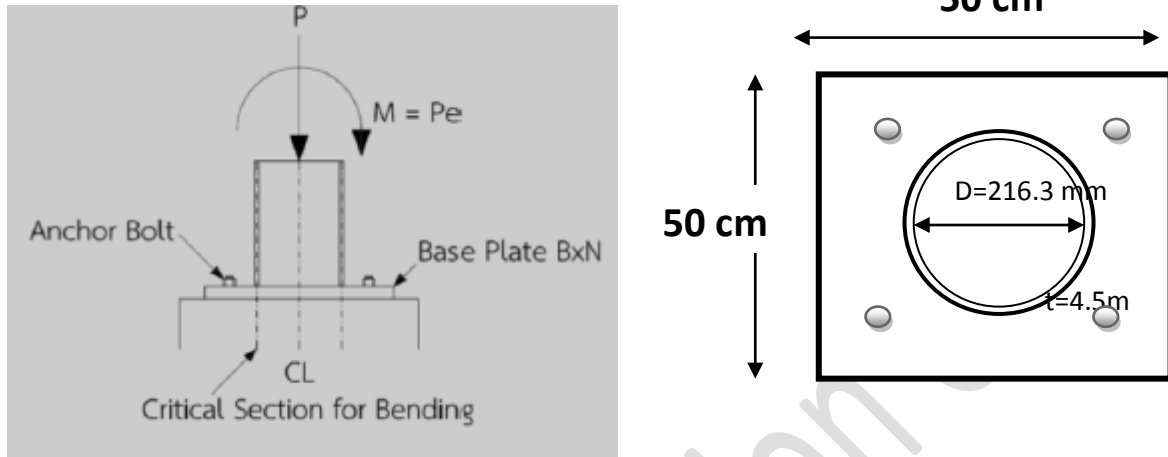
$M_{React} = 60,000 \times 0.95 \text{ kg}$

$$= 125,000(0.95) \text{ kg-m}$$

=

$$\text{ตั้งน้ำหนัก F.S.} = \frac{M_{act}}{M_{React}} = \frac{5,390}{118,750} = 0.05 < 1.5 \text{ OK}$$

10. คำนวณแผ่นรองหัวเสา



น้ำหนักที่กระทำจากเสาต่อม่อ $P = 190,000$ kg และ $M = 1200$ kg-m

พื้นที่เต็มฐานรองรับคอนกรีต $F_b = 0.35f'_c$ เมื่อ $f'_c = 173$ ksc.

$$F_b = 0.35(173) \\ = 60.55 \text{ ksc.}$$

หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้น $f_c = \frac{190000}{60 \times 60} \pm \frac{6(1200)}{(60 \times 60)^2}$

$$= 52.7 \pm 0.033$$

ดังนั้นหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้น $= 52.73 \text{ ksc.} < 60.55 \text{ OK}$

หน้าตัดวิกฤต

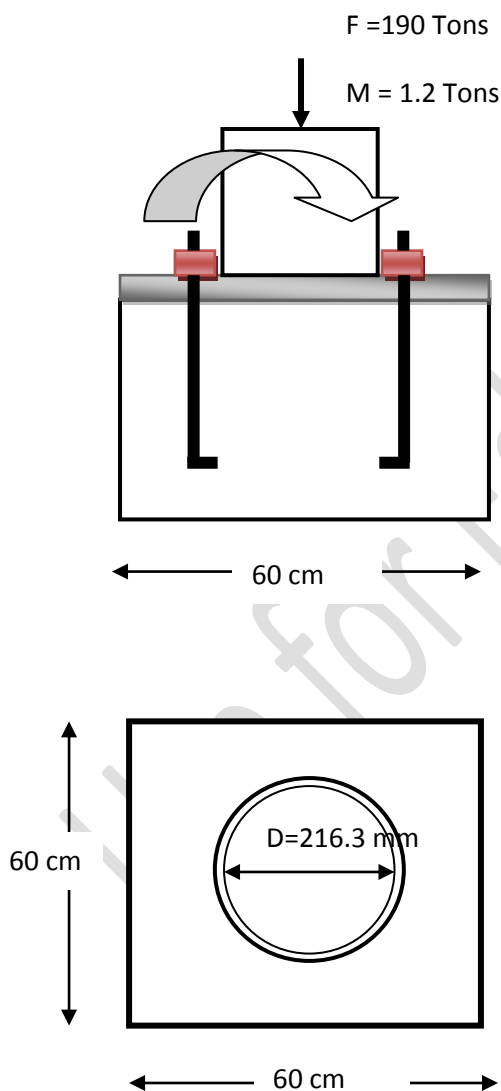
$$0.95d = 0.95(21.6) = 20.52 \text{ cm}$$

$$0.80d = 0.80(21.6) = 17.28 \text{ cm}$$

$$n = (60 - 20.52) / 2 = 19.74 \text{ cm}$$

$$m = (60 - 17.28) / 2 = 21.36 \text{ cm}$$

ใช้ค่า $m = 21.36 \text{ cm}$ เนื่องจากเป็นด้านที่ต้านโมเมนต์และมีค่า max



$$M_{\max} = 38.35 \times \left\{ \frac{60 - 17.28}{2} \right\} \times \left\{ \left(\frac{60 - 17.28}{4} \right) \right\}$$

$$= 8748.6 \text{ kg.cm}$$

$$t = \sqrt{(6M / b(F_b))}$$

$$= \sqrt{(6 \times 8748.6 / 60(0.75 \times 2400))}$$

$$= 0.48 \text{ cm Use 6mm.}$$

ดังนั้นใช้แผ่นเหล็กรองใต้เสาเหล็กขนาด 6 มม.

11. ออกแบบหาคำนวณสลักเกลียว

สมมติใช้สลักเกลียว A325 และเกลียวอยู่ในระนาบรับแรงเฉือน

ให้แรงเฉือนในแรงนอนมีค่าประมาณ 10 % ของแรงในแนวแกนต่อต้านเท่ากับ $15,000 \times 10\%$
แรงเฉือนเท่ากับ 1500 kg.

สมมติรอยต่อเป็นชนิดแรงแบกทาน หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของสลักเกลียวต่อแรงเฉือนระนาบเดียวเท่ากับ

$$= 1,470 \text{ kg/cm}^2$$

เลือกใช้สลักเกลียวขนาด

$$= \varnothing 12 \text{ mm.}$$

สลักเกลียวรับแรงเฉือน Pv

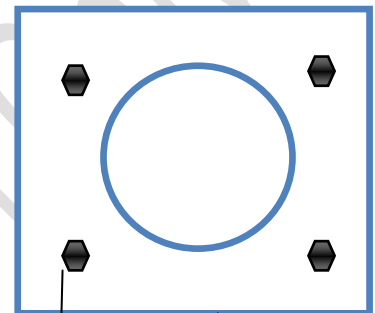
$$= (\pi/4) \times (1.2^2) \times 1470$$

$$= 1661.7 \text{ kg}$$

ดังนั้นใช้จำนวนสลักเกลียว

$$= 1500 / 1661.7$$

$$= 0.9 \text{ ตัว Use 4 ตัว ต่อเสา 1 ต้น}$$

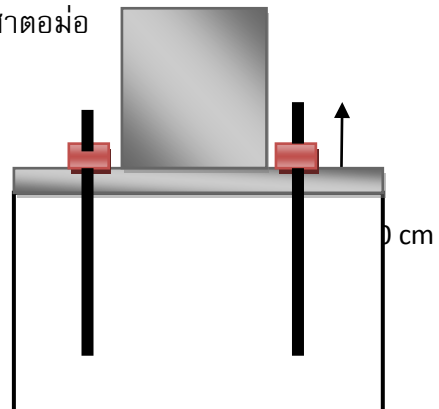


4-Bolt $\varnothing 12\text{mm}$.

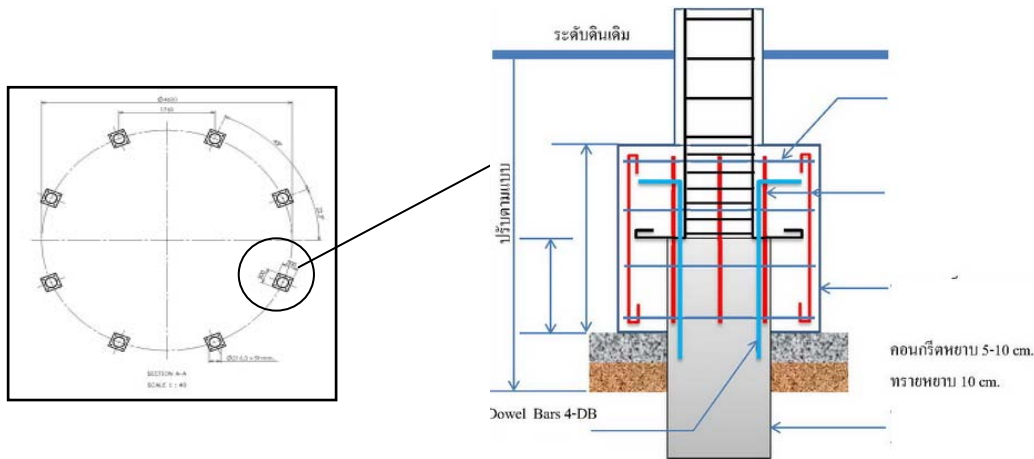
Plat 4mm.

คำนวณหาระยะฝังยึดและความยาวของสลักเกลียวที่ฝังในเสาต่อม่อ

$$\begin{aligned} \text{ความยาว } L &= DFt / 4U \\ &= 1.2(1440) / 4(11) \\ &= 39.25 \text{ cm Use 50 cm.} \end{aligned}$$



12. ออกแบบฐานรากเสาเข็มเดี่ยว



น้ำหนักที่ลงจากเสาตอม่อ $P = 23,750 \text{ kg.}$
 สมมติน้ำหนักฐานราก 5% $= 23,750 \times 5\% = 1187.5 \text{ kg}$ Use 1,200 kg
 รวม (P) $= 23750 + 1200$
 $= 24950 \text{ kg}$

เลือกใช้เสาเข็มอัดแรงสี่เหลี่ยมขนาด 30x30 cm รับน้ำหนักปลอดภัยไม่น้อยกว่า 30 ตัน ต่อ ตัน
 *** โดยมาตรฐานการรับน้ำหนักได้ปลอดภัยของเสาเข็มนั้น ต้องผ่านการเจาะทดสอบดินและวิเคราะห์
 โดยวิศวกรที่สามารถเชื่อถือได้ หรือ การทดสอบที่สามารถยืนยันการรับน้ำหนักของเสาเข็มได้

คำนวณหาเสาเข็มที่ต้องการ $N = P_u / P_{\text{pile}}$
 $= 24,950 \text{ kg} / 30,000 \text{ kg / ตัน}$
 $= 1 \text{ ตัน}$

ดังนั้นฐานรากจึงออกแบบ
 เป็นเสาเข็มต้นเดียว

คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมในฐานราก (As)

กำหนดขนาดของฐานราก เท่ากับกว้าง x ยาว x ลึก = 60x60x60 cm

จากสูตรเสาสั้นรับน้ำหนักโดยคอนกรีต

$$P_c = 0.2125 A_g f'_c$$

$$= 0.2125 (60 \times 60) (173)$$

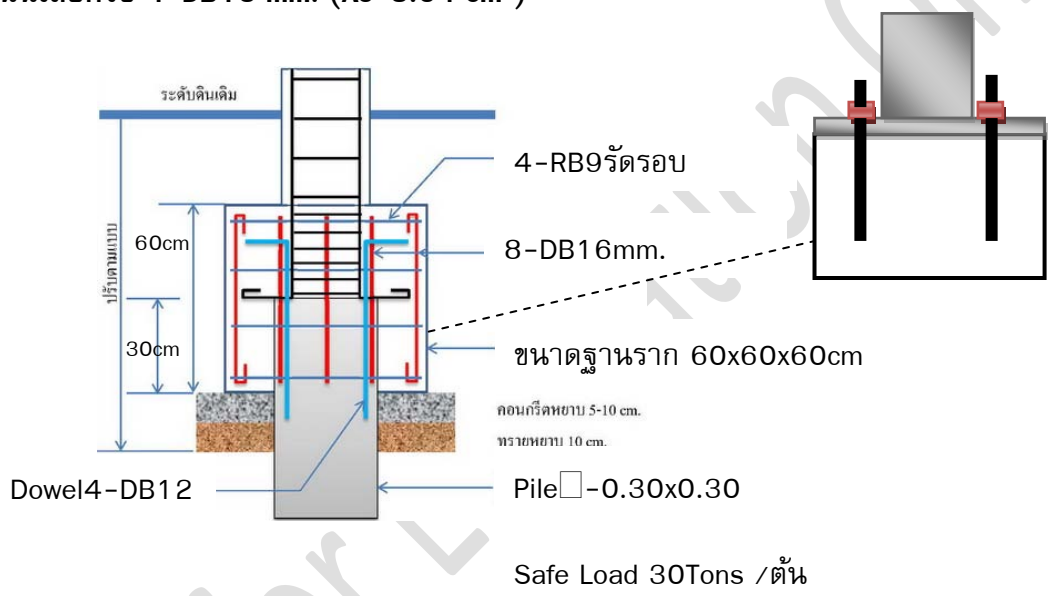
$$= 132,345 \text{ kg} > 15625 \text{ kg OK}$$

เหล็กเสริมที่ต้องการ

$$A_{st} = 0.0020 \times 60 \times 60$$

$$= 7.20 \text{ cm}^2$$

ดังนั้นเลือกใช้ 4-DB16 mm. ($A_s = 8.04 \text{ cm}^2$)



ออกแบบคานรัตรอบฐานราก

GB

รายการคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็ก (GB)

กำหนดขนาดคาน กว้าง (b)x ลึก (h)

$$= 0.25 \times 0.60 \text{ m}$$

กำหนดระยะหุ้มคอนกรีต (covering)

$$= 0.025 \text{ m}$$

วิเคราะห์หาโมเมนต์และแรงเฉือน

Type	Max Value	Use Value
M+max (kg-m)	10,368	10,500
M-max (kg-m)	12,960	13,000
V+max, V-max (kg)	12,960	13,000

กำหนดค่า $M_{max} < M_c$; $M_{min} > M_c$

กำหนดค่า $M_{max} < M_c$; $M_{min} > M_c$

$$M_{max} > M_c ; M_{min} > M_c$$

เลือกค่า M_{max} (Middle) ; M_{max}

จากแผนภาพโมเมนต์ตัดเลือกใช้โมเมนต์บวกช่วงกลางคาน ที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10,500 kg-m

$$M_c = Rbd^2$$

$$= \frac{11.82 \times 25 \times 57.5^2}{100} = 9,769 \text{ kg-m} < M_{max}^+$$

Not O.K

$$M' = M_{max}^+ - M_c$$

$$= 10,500 - 9,769 = 730 \text{ kg-m}$$

• $A_s = A_s + A_{s2}$

$$A_{s1} = \frac{Mc}{fsjd}$$

$$= \frac{9769 \times 100}{1,500 \times 0.88 \times 57.5} = 12.87 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{M'}{fsjd}$$

$$= \frac{730 \times 100}{1,500 \times 0.88 \times 57.5} = 0.96 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_s = A_{s1} + A_{s2} = 13.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } \phi 4 - \text{DB } 20 \text{ mm, } A_s = 19.63 \text{ cm}^2 > 13.8 \text{ cm}^2$$

O.K

• $A_s = A_s + A_{s3}$

$$A_{s3} = \frac{1}{2} A_{s2} \left[\frac{1-k}{k - \left(\frac{d}{l}\right)} \right]$$

$$= \frac{1}{2} (0.96) \left[\frac{1-0.34}{0.34 - \left(\frac{2.5}{57.5}\right)} \right] = 1.07 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_s = 12.91 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } \phi 3 - \text{DB } 20 \text{ mm, } A_s = 9.82 \text{ cm}^2 > 1.07 \text{ cm}^2$$

O.K

Use $\phi 3 - \text{DB } 20 \text{ mm}$

จากแผนภาพโมเมนต์ดัดเลือกใช้โมเมนต์ลบหัวเสา ที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ M_{max}

จากแผนภาพโมเมนต์ดัดเลือกใช้โมเมนต์ลบหัวเสา ที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 13,000 kg-m

$$M_c = Rbd^2$$

$$= \frac{11.82 \times 25 \times 57.5^2}{100} = 9,769 \text{ kg-m. } < M_{max}^+ \quad \text{Not O.K}$$

$$M' = M_{max}^+ - M_c$$

$$= 13,000 - 9,769 = 3,230 \text{ kg-m}$$

• คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม (As1)

$$\begin{aligned} \bullet \text{ คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม (As1)} &= \frac{M_c}{f_s \cdot j \cdot d} \\ &= \frac{9769 \times 100}{1,500 \times 0.88 \times 57.5} = 12.87 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม (As2)} &= \frac{M'}{f_s \cdot j \cdot d} \\ &= \frac{3230 \times 100}{1,500 \times 0.88 \times 57.5} = 4.26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมทั้งหมด } A_s = A_{s1} + A_{s2} = 17.13 \text{ cm}^2$$

$$\text{ใช้เหล็กเสริม } \phi 3\text{-DB } 20\text{mm, } A_s = 19.63 \text{ cm}^2 > 17.13 \text{ cm}^2 \quad \text{O.K}$$

