บทที่ 6

คำนวณหาขนาดของเหล็กที่ใช้ในการทำขารองถัง

6.1 การคำนวณ

การติดตั้งถังสำหรับบรรจุสารเคมีในงานจำเป็นจะต้องให้ถังลอยสูงจากพื้นในระยะที่เหมาะสม เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและการซ่อมบำรุง

จากคุณสมบัติของ Formalin เราทราบ

$$V = 5.5 \quad m^3$$

$$\rho = 1108 \quad kg/m^3$$

ดังนั้นน้ำหนักของ Formalin

$$m = \rho \cdot V \qquad (6.1)$$

$$= 5.5 \times 1108$$

$$= 6094 \quad kg$$

น้ำหนักของถังซึ่งใช้วัสดุเป็น Aluminum Alloy

จากตารางคุณสมบัติเราได้

$$\rho = 2700 \quad kg/m^3$$

หาปริมาตรของตัวถัง

จาก $V = \frac{\pi}{4}\left(d^2{}_1 - d_2{}^2\right)\cdot h \qquad (6.2)$

เมื่อ d_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกถัง (m)

d_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในถัง (m)

h คือ ความสูงของถัง (m)

จากขนาดถังเราจะได้ปริมาตรของตัวถัง

$$V = \left|\frac{\pi}{4}\left((1.7085)^2 - (1.7)^2\right)\times 2.55\right| + \left(\frac{2\times\pi}{4}(1.7085)^2 \times \frac{8.5}{1000}\right)$$

$$V = 0.076 \quad (m^3)$$

จากสมการ 6.1

$$m = \rho V$$

$$= 2700 \times 0.076$$

$$= 206.24 \quad kg$$

ดังนั้นน้ำหนักรวม = 6094 + 206.24 = 6300.24 kg

เสาที่รองรับถังเป็นแบบปลายยึดอิสระ (CC) ค่าความยาวสมมูล

$$L_e = \frac{L}{2} \tag{6.3}$$

หาอัตราส่วนความเพรียว ($\frac{L_e}{k}$) เพื่อหาสมการที่จะมาใช้ในการคำนวณความเสียหายเนื่องจากการโก่งตัวของเสา

จาก $k = \left(\frac{I}{A}\right)^{\frac{1}{2}}$ (6.4)

เมื่อ k คือ รัศมีไจเรชัน (m)

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของเหล็ก (m^4)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (m)

ซึ่งจากค่า I และ A ของเหล็กตัวไอเราจะได้ค่า

$$k = \sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{GH^3 - gh^3}{GH - gh}\right)} \tag{6.5}$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณการโก่งงอของเสาจะมีอยู่ 2 สูตร คือ

1) สูตรของออยเลอร์

$$F = \frac{\pi^2 EA}{N(L_e/k)^2} \quad ; \ L_e/k \geq 115 \tag{6.6}$$

2) สูตรของจอห์นสัน

$$F = \frac{\sigma_y}{N}\left[1 - \frac{\sigma_y (L_e/k)}{4\pi^2 E}\right] \quad ; \ 40 \leq L_e/k < 115 \tag{6.7}$$

เมื่อ F คือ แรงที่เสาจะรับได้ (N)

σ_y คือ ค่าความต้านแรงดึงครากของเหล็ก (N/m^2)

N คือ ค่าความปลอดภัย (ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 10 เผื่อความล้าจากการทำงาน)

L_e คือ ค่าความยาวสมมูล (m)

k คือ รัศมีไจเรชัน (m)

E คือ โมดุลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 207 (N/m^2)

กำหนดให้ให้เสาทั้ง 4 ต้นรับน้ำหนักเท่ากันทุกต้นจะได้แรงที่เสาแต่ละต้นต้องรับคือ

$$F = \frac{6300.24}{4} = 1575.02 \quad kg$$

$$= 15450.94 \quad N$$

จากตารางคุณสมบัติของเหล็กตัวไอ เราทดลองใช้เหล็กที่มีขนาดเล็กที่สุดในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 คุณสมบัติเหล็กตัวไอ

H	G	s	t	r	w^1	w^2	w^3	d(รูเจาะโตสุด)	A	σ_y
100	100	6	10	12	56	-	-	13	260	520

*หน่วยเป็นมิลลิเมตร

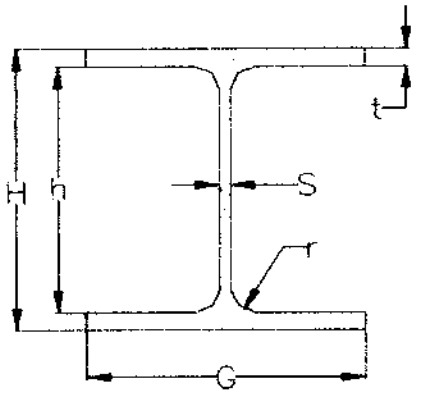
จากสมการที่ 6.5

$$k = \sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{GH^3 - gh^3}{GH - gh}\right)}$$

ได้

$$k = \sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{100\times100^3 - 94\times80^3}{100\times100 - 94\times80}\right)}$$

$$k = 0.0427 \quad m$$



รูปที่ 6.1 หน้าตัดเหล็ก

หาอัตราส่วนความเพรียวถ้าเราคิดเสาสูง 6 เมตร

$$\frac{L_e}{k} = \frac{5}{2\times 0.042}$$
$$= 59.52$$

จากสมการที่ 6.7

$$F = \frac{\sigma_y}{N}\left[1-\frac{\sigma_y(L_e/k)}{4\pi^2 E}\right] \quad ; \ 40 \le L_e/k < 115$$
$$F = \frac{520\times 260}{10}\times\left(1-\frac{520\times 59.52^2}{4\pi^2\times 207000}\right)$$
$$F = 10472.27 \quad N$$

จากแรงที่กระทำเนื่องมาจากน้ำหนักถังเท่ากับ 15450.94 N

คิดแรงเนื่องจากน้ำหนักของเสาแองจากตารางน้ำหนักของเสาเท่ากับ 20.4 kg/m

น้ำหนักทั้งหมดของเสาจะเท่ากับ $20.6\times 4 = 122.6\ kg = 1200.74\ N$

ดังนั้นน้ำหนักทั้งหมดเสาจะต้องรับจะต้องเท่ากับ $15450.94 + 1200.74 = 16651.68\ N$

แต่จากการคำนวณสามารถรับแรงได้แค่ 10472.27 ดังนั้นเหล็กขนาดนี้ใช้ไม่ได้ต้องเปลี่ยนเป็นเหล็กที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จากการคำนวณหลาย ๆ ครั้งเราจะได้ขนาดเหล็กตามตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 คุณสมบัติเสาเหล็ก

H	G	s	t	r	w1	w2	w3	d(รูเจาะใหญ่สุด)	A	σ_y
160	160	8	13	15	86	-	-	23	543	520

*หน่วยเป็นมิลลิเมตร

จากสมการที่ 6.5

$$k = \sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{GH^3 - gh^3}{GH - gh}\right)}$$
$$k = \sqrt{\frac{1}{12}\left(\frac{160\times 160^3 - 152\times 134^3}{160\times 160 - 152\times 134}\right)}$$
$$= 0.0679 \quad m$$

$$\frac{L_e}{k} = \frac{6}{2\times 0.0679}$$

$$= 44.18$$

จากสมการที่ 6.7

$$F = \frac{\sigma_y}{N}\left[1-\frac{\sigma_y (L_e/k)}{4\pi^2 E}\right] \quad ; \ 40 \le L_e/k < 115$$

ได้ $$F = \frac{520\times 543}{10}\left[1-\frac{520\times 44.18^2}{4\pi\times 207000}\right]$$

$$F = 24728.64 \quad N$$

จากน้ำหนักของถังได้ 15450.94 N

คิดแรงจากน้ำหนักของเสาเองเมื่อเสาหนัก 42.6 kg/m ,ยาว 6 เมตร

ได้แรงจากน้ำหนักเสาเท่ากับ $42.6\times 6 = 255.6\ kg$

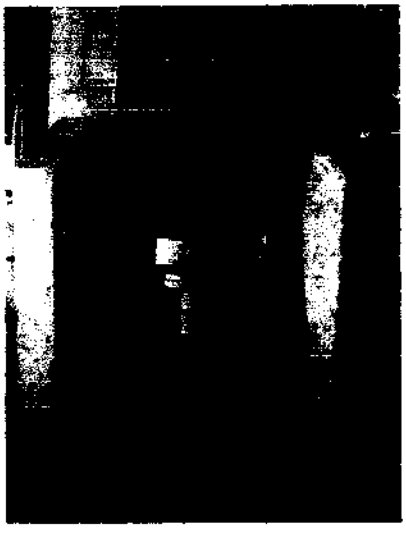
$= 2507.44\ N$

ดังนั้นแรงรวมเท่ากับ $15750.2 + 2507.44 = 18257.64\ N$

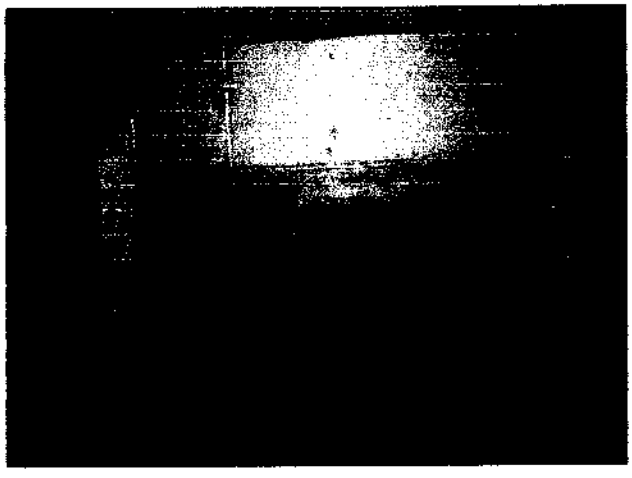
ซึ่งค่าแรงที่เสาสามารถรับได้มีค่ามากกว่าแรงที่จะต้องรับแสดงว่าสามารถใช้เสาขนาดนี้ได้

6.2 สรุปและวิจารณ์

ค่าที่ได้จากการคำนวณใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ติดตั้ง ซึ่งในระบบเดิมที่มีอยู่ได้ทำการติดตั้งกับถังอยู่แล้ว ค่าจากการออกแบบที่ได้มาจากการศึกษาการรองรับถังเดิมที่มีอยู่ดังรูปที่ 6.2 และ 6.3 จากการคำนวณสามารถใช้ได้



รูปที่ 6.2 ฐานรองถังบรรจุ



รูปที่ 6.3 ฐานรองถังผสม