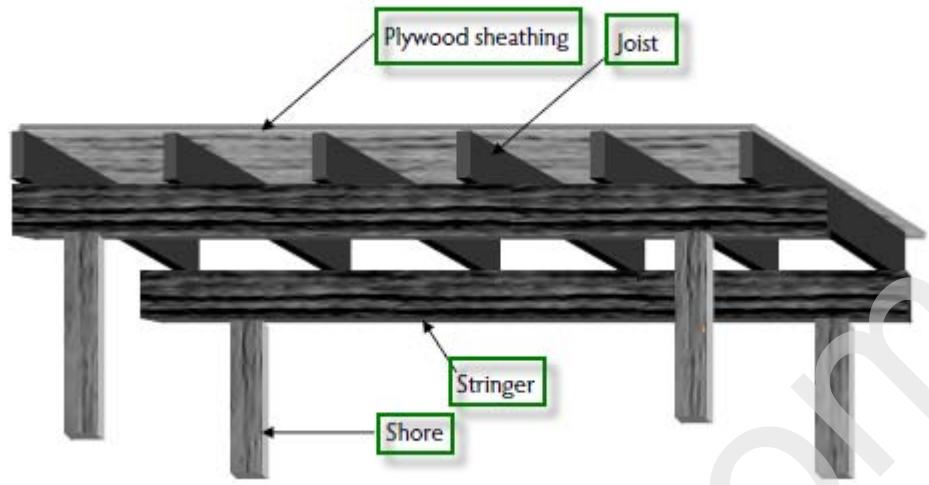
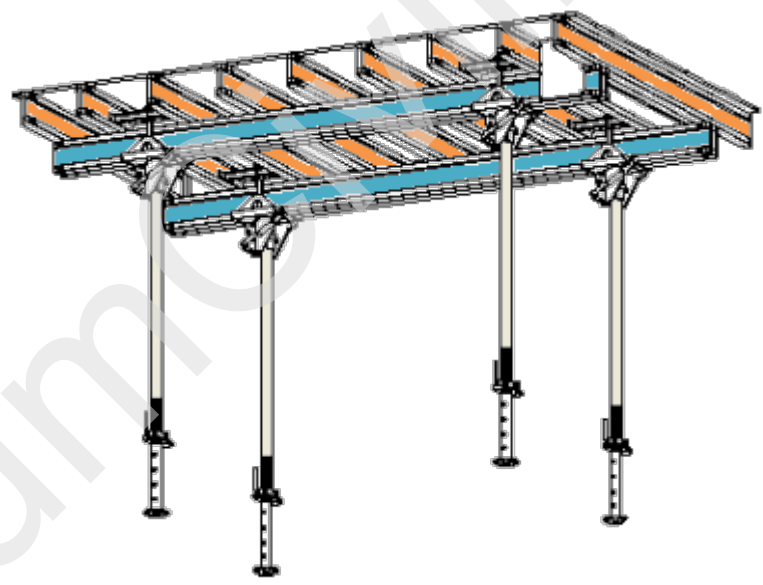


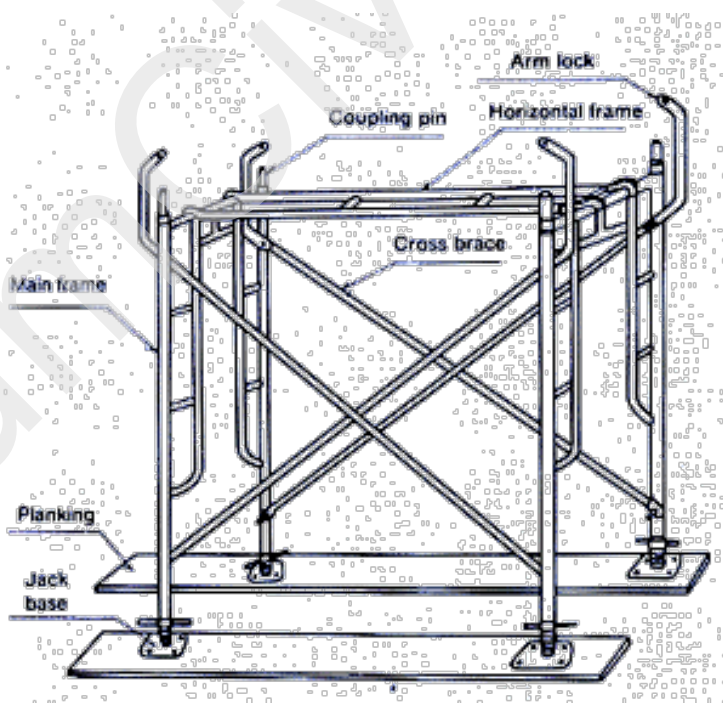
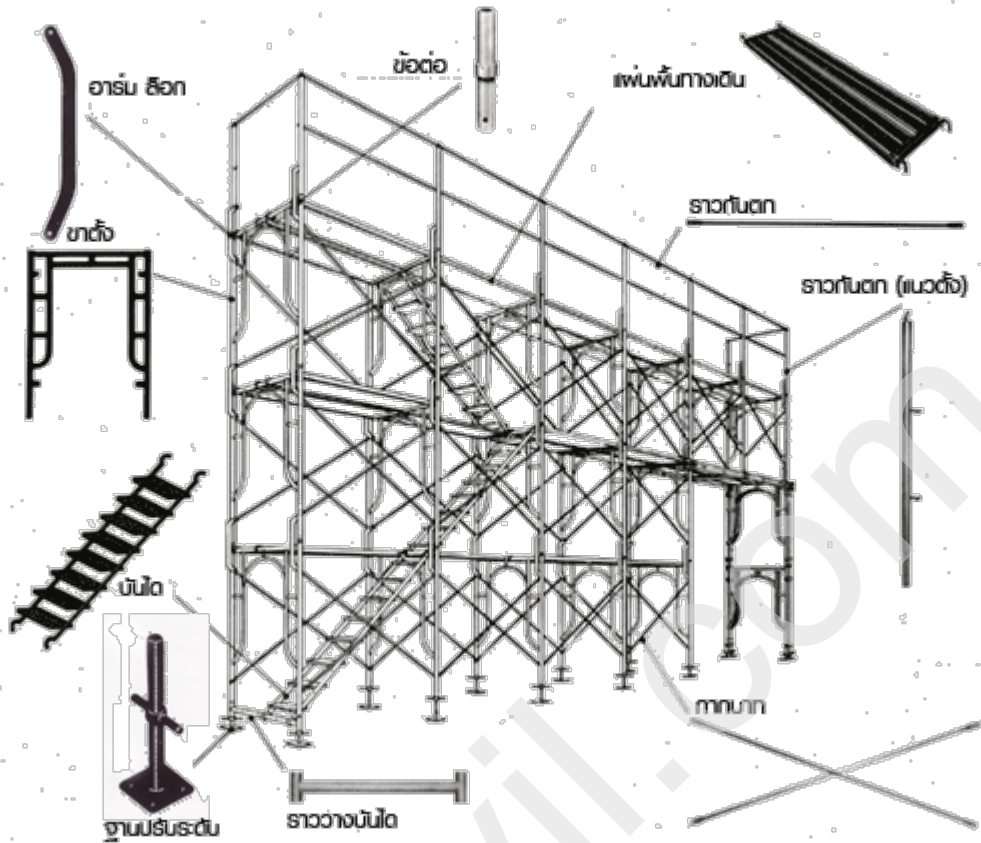
1. ออกแบบโครงสร้างนั่งร้าน (Scaffold) และค้ำยัน (Bracing)



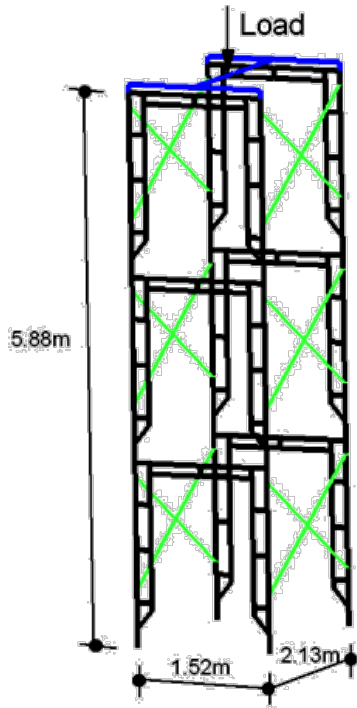
รูปแสดง กรณีใช้ไม้เป็นแบบนั่งร้าน



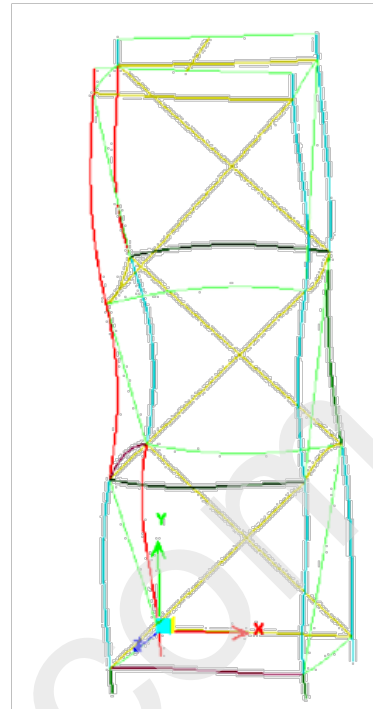
รูปแสดง กรณีใช้เหล็กเป็นแบบนั่งร้าน



รูปแสดง องค์ประกอบของนั่งร้าน



(ก) รูปร่างที่เป็นผลมาจาก (ข)



(ข) การเลือกรูปนำไปสู่รูปทรงใน (ก)

รูปแสดง พฤติกรรมของนั่งร้านเหล็ก (เพื่อให้รู้ว่าทำไมนั่งร้านจึงต้องมีรูปร่างอย่างที่เห็นใน (ก))

สิ่งแรกที่ต้องทราบก่อนทำการลงมือวิเคราะห์และออกแบบคือ

1.1 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ออกแบบ ซึ่งประกอบด้วย

-น้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง

1. น้ำหนักบรรทุกทุกตายตัว ประกอบด้วย

- ของคอนกรีตสดและเหล็กเสริม = 2,400xความหนา
- ของวัสดุอื่นๆที่ฝังในคอนกรีต
- น้ำหนักของแบบนั่งร้านเองใช้ไม่น้อยกว่า 50 กก./ม² (ANSI.)

2. น้ำหนักบรรทุกจรใช้ไม่น้อยกว่า 245 กก./ม² (และ 365 กก./ม² กรณีใช้รถเข็นสองล้อ

ช่วยงาน) ประกอบด้วย

- ของคนปฏิบัติงาน

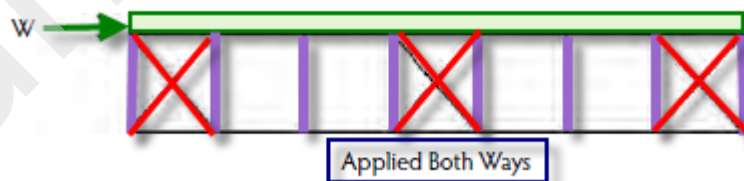
- ของเครื่องจักรต่างๆ
- วัสดุหน้างานที่สั่งมากองเก็บรวมถึงเศษขยะ-คอนกรีตที่เหลือ
- แรงกระแทกเนื่องจากการเท-เขย่าคอนกรีต การทำงานของเครื่องจักร

หมายเหตุ: ให้พึงระวังมีวิศวกรเป็นจำนวนมากทั้งที่ทำการคำนวณออกแบบเพื่อยืนยันขออนุมัติแบบนั่งร้าน (ซึ่งผมก็เป็นหนึ่งในผู้ตรวจรับของหน่วยงานที่ต้องเจอปัญหาดังกล่าว จากวิศวกรผู้รับเหมาทุก!...โครงการเสมอมาเป็นอาทิ) และที่เห็นเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ มักใช้ค่าของน้ำหนักในส่วนนี้ ไม่ถูกต้องกล่าวคือนิยมใช้กันที่ 150 กก./ม² ซึ่งหากไม่แก้ไขตั้งแต่จะเป็นการปลุกถ่ายของค้ความรู้ที่ผิดๆ จากรุ่นสู่รุ่น

3. น้ำหนักบรรทุกรวม (ของน้ำหนักบรรทุกทุกตายตัว + น้ำหนักบรรทุกจร) ใช้ไม่น้อยกว่า 450 กก./ม² (และ 600 กก./ม² กรณีใช้รถเข็นสองล้อช่วยงาน)

-น้ำหนักบรรทุกในแนวราบ

1. น้ำหนักกระทำต่อแบบพื้น (ต้องทำในสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน) ใช้จากค่ามากที่สุดต่อไปนี้คือ (รับโดยเสาตึ่หรือเสาค้ำยันและระบบค้ำยันด้านข้าง) 150 กก./ม. หรือ 2%ของน้ำหนักบรรทุกตายตัว



2. น้ำหนักกระทำต่อแบบผนัง ใช้ค่ามากที่สุดต่อไปนี้คือ

80 กก./ม² หรือ 150 กก./ม. หรือแรงลมตามมาตรฐานของแต่ละพื้นที่

1.2 ข้อควรระวังและสมมติฐานการออกแบบเพื่อความปลอดภัย

-น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดถูกมองว่าเป็นน้ำหนักแผ่กระจายแบบสม่ำเสมอ (ω)

-กรณีส่วนของแบบนั่งร้านที่เป็นคาน (ทั้งตงและคานหลัก) หากมีช่วงยาวที่ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ 3 ช่วงขึ้นไป ให้ทำการวิเคราะห์และออกแบบเป็นแบบคานต่อเนื่อง ดังนั้นสมการที่ใช้ในการออกแบบและตรวจสอบคือ

$$M = (\omega L^2)/10, \quad V = (5\omega L)/8, \quad \Delta = (\omega L^4)/(145IE) \leq L/360 \dots \text{ใช้วิเคราะห์}$$

$$F_b = Mc/I = (6M)/(bd^2), \quad d = \sqrt{(6M/bF_b)} \dots \text{ใช้หาขนาดชิ้นส่วน}$$

$$F_b = M/S = (\omega L^2)/(10S), \quad L = 3.16 \sqrt{(SF_b/\omega)} \dots \text{ใช้ตรวจสอบ}$$

$$F_s = (VQ/Ib), \quad L = [F_s/(0.625\omega)](Ib/Q) \dots \text{ใช้ตรวจสอบ}$$

$$(\omega L^4)/(145IE) = L/360, \quad L = 0.74 \sqrt[3]{(IE/\omega)} \dots \text{ใช้ตรวจสอบ}$$

เมื่อ F_b = หน่วยแรงคดที่ยอมให้, S = โมเมนต์ของหน้าตัด, L = ช่วงระยะห่างระหว่างจุดรองรับ, b = ความกว้างของหน้าตัด, d = ความลึกของหน้าตัด

-หากมีช่วงยาวที่ต่อเนื่องกัน 2 ช่วงลงมา ให้ทำการวิเคราะห์และออกแบบเป็นแบบคาน ช่วงเดียวอย่างง่าย (Simple Support Beam) ดังนั้นสมการที่ใช้ในการออกแบบและตรวจสอบคือ

$$M = (\omega L^2)/8, \quad V = (\omega L)/2, \quad \Delta = (5\omega L^4)/(384IE) \leq L/360 \dots \text{ใช้วิเคราะห์}$$

$$F_b = Mc/I = (6M)/(bd^2), \quad d = \sqrt{(6M/bF_b)} \dots \text{ใช้หาขนาดชิ้นส่วน}$$

$$F_b = M/S = (\omega L^2)/(8S), \quad L = 2.83 \sqrt{(SF_b/\omega)} \dots \text{ใช้ตรวจสอบ}$$

$$F_s = (VQ/Ib), \quad L = [F_s/(0.50\omega)](Ib/Q) \dots \text{ใช้ตรวจสอบ}$$

$$(5\omega L^4)/(384IE) = L/360, \quad L = 0.60 \sqrt[3]{(IE/\omega)} \dots \text{ใช้ตรวจสอบ}$$

หมายเหตุ: ข้อสังเกต!...ทำไม?...ในการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบจึงต้องกำหนดไว้ว่า หากมีช่วงยาวที่ต่อเนื่องกันตั้งแต่ 3 ช่วงขึ้นไป ให้พิจารณาเป็นคานต่อเนื่องที่เหลือเป็นคานช่วงเดียว
เค้าเฝ้ามองอะไรอยู่...คิดๆ

-ในการออกแบบชิ้นส่วนหรือคานหลัก ความแข็งแรงเนื่องจากอุปกรณ์ยึด ต่างๆ ไม่ให้นำมา
รวมคิดในการออกแบบขนาดของชิ้นส่วนดังกล่าว

-ในการออกแบบเสารับแบบนั่งร้าน (เสาคู่หรือเสาค้ำยัน) ออกแบบตามวิธีการออกแบบ
โครงสร้างรับแรงอัด (ทั้งกรณีเป็นไม้และเป็นเหล็กรูปพรรณ) แต่โดยทั่วไปแล้วเสามักจะมีขนาด
เล็กและชะลูด ซึ่งอาจโค้งเคาะได้โดยง่าย ดังนั้นจะต้องมีการใส่ระบบค้ำยันเข้าไปช่วยเสริมใน
ส่วนนี้

1.3 ขั้นตอนการออกแบบ

- คำนวณหา (หรือคาดการณ์) น้ำหนักบรรทุกที่อาจเกิดหรืออาจมี
- คำนวณหาความหนาของแผ่นไม้อัด (Plywood) โดยการเลือกใช้ขึ้นมาก่อน แล้วจึงหาหรือ
ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดระหว่างตง (Joist)
- คำนวณหาขนาดของตง โดยการเลือกใช้ขึ้นมาก่อน แล้วจึงหาหรือตรวจสอบระยะห่างสูงสุด
ระหว่างคานหลัก (Stringer)
- คำนวณหาขนาดของคานหลัก โดยการเลือกใช้ขึ้นมาก่อน แล้วจึงหาหรือตรวจสอบระยะห่าง
สูงสุดระหว่างเสาคู่ (Shore)
- ออกแบบเสาคู่ และอย่าลืมตรวจสอบการค้ำยันด้านข้างด้วย (กรณีมีแรงกระทำด้านข้างมากๆ)
- ตรวจสอบหน่วยแรงแบกทาน (Bearing Stress) ระหว่างหน้าสัมผัสของ ตง -คานหลัก, คาน
หลัก-เสาคู่ และเสาคู่-ฐานรองรับ
- คำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนที่เป็นค้ำยัน

Derived from recommendations of the American Forest & Paper Association (Reference 4-3) and from recommendations of the American Plywood Association (Reference 4-8)

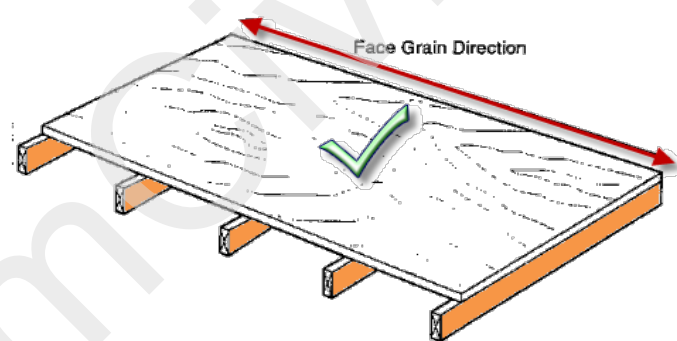
SPECIES AND GRADE	Extreme fiber bending stress, F_b	Compression \perp to grain, $F_{c\perp}$	Compression \parallel to grain, F_c	Horizontal shear, F_v (\perp to grain)	Modulus of elasticity, E
PLYWOOD SHEATHING USED WET: Plyform B-B, Class 1 (Grade stress level S2)	1545**	Bearing on face: 210	---	57***	1,500,000***

Example Effective Section Properties for Plywood: 12-in. Unit Width of B-B Plyform, Class I

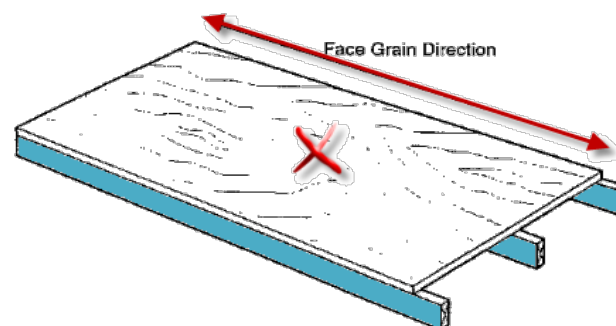
Plywood Net Thickness (in.)	12-in Width, Used with Face Grain Parallel to Span			12-in. Width, Used with Face Grain Perpendicular to Span			Weight (psf)
	Moment of Inertia (I) (in. ⁴)	Effective Section Modulus (S) (in. ³)	Rolling Shear Constant (Ib/Q) (in. ²)	Moment of Inertia (I) (in. ⁴)	Effective Section Modulus (S) (in. ³)	Rolling Shear Constant (Ib/Q) (in. ²)	
1/2	0.077	0.268	5.153	0.024	0.130	2.739	1.5
5/8	0.130	0.358	5.717	0.038	0.175	3.094	1.8
3/4	0.199	0.455	7.187	0.092	0.306	4.063	2.2
7/8	0.296	0.584	8.555	0.151	0.422	6.028	2.6
1	0.427	0.737	9.374	0.270	0.634	7.014	3.0

(ไม้อัดทำแบบพื้นที่มักพบบ่อยมีขนาด 1.22x2.44 ม. หน้า 3, 4, 6, 10, 12, 15 และ 20 มม.)

รูปแสดงตารางคุณสมบัติของแผ่นไม้อัดแบบที่ใช้ในการออกแบบความหนา



a. Strong orientation of plywood (Face grain perpendicular to span)



b. Weak orientation of plywood (Face grain parallel to span)

รูปแสดงทิศทางการวางตัวของแผ่นไม้อัดแบบที่ถูกต้อง

-น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบประกอบด้วย

น้ำหนักบรรทุกตายตัวของแบบค้ำยันเอง

น้ำหนักบรรทุกของวัสดุที่ต้องการออกแบบรองรับ เช่น น้ำหนักคอนกรีต , น้ำหนักเหล็กต่างๆ และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

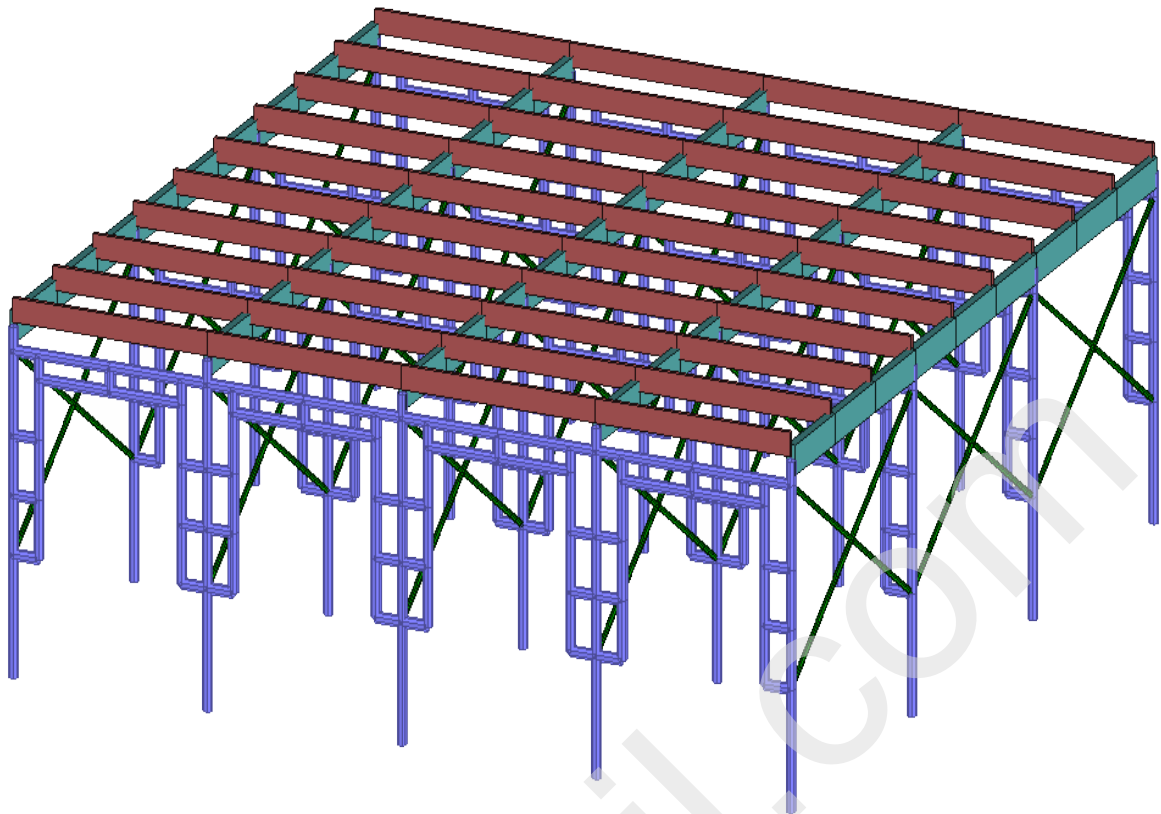
น้ำหนักบรรทุกจรไม่น้อยกว่า 150 กก./ตร.ม.

น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากพฤติกรรมการทำงาน เช่น แรงสั่นสะเทือนเนื่องการทำงานหรือเคลื่อนไหวของเครื่องจักร แรงกระแทกเนื่องจากการเทคอนกรีต แรงสั่นสะเทือนเนื่องจากการจี้คอนกรีตหรือเขย่าแบบ ฯลฯ

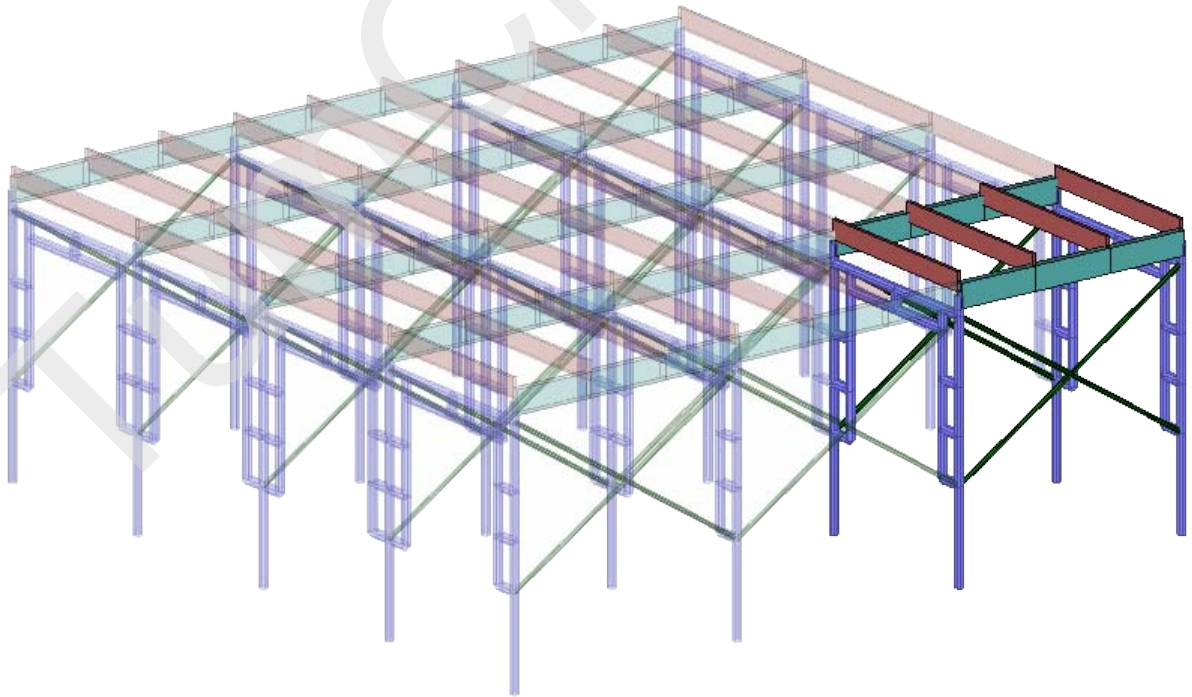
แรงลมและแรงแผ่นดินไหว (ถ้ามี)

กรณีศึกษาเพื่อการออกแบบ (กรอบแนวความคิดเบื้องต้น)

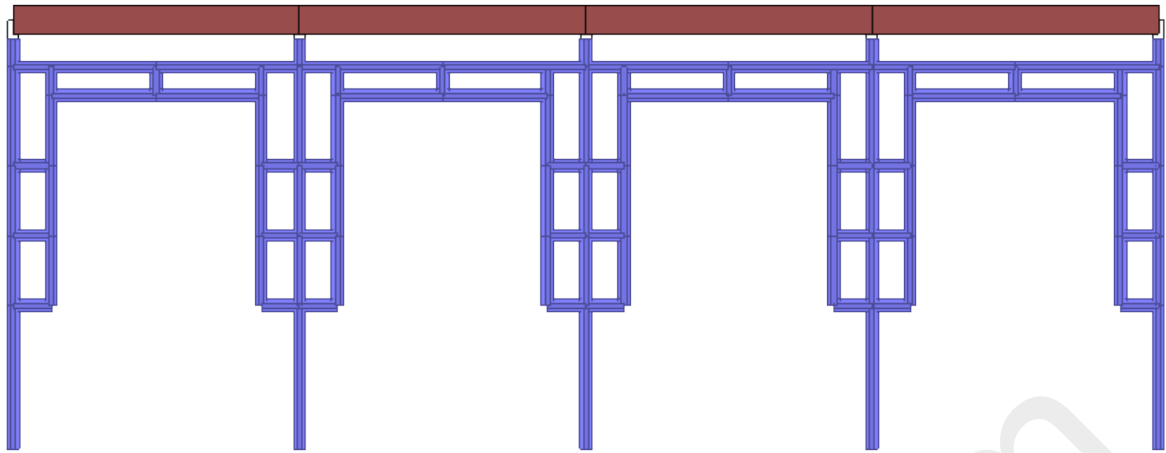
ต้องการออกแบบระบบนั่งร้าน เหล็กรูปพรรณ เพื่อรองรับแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 23 cm. (ระบบโพสเทนชั่น ระยะห่างระหว่างเสา แต่ละด้าน 8 m.) สำหรับอาคาร ปฏิบัติการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี



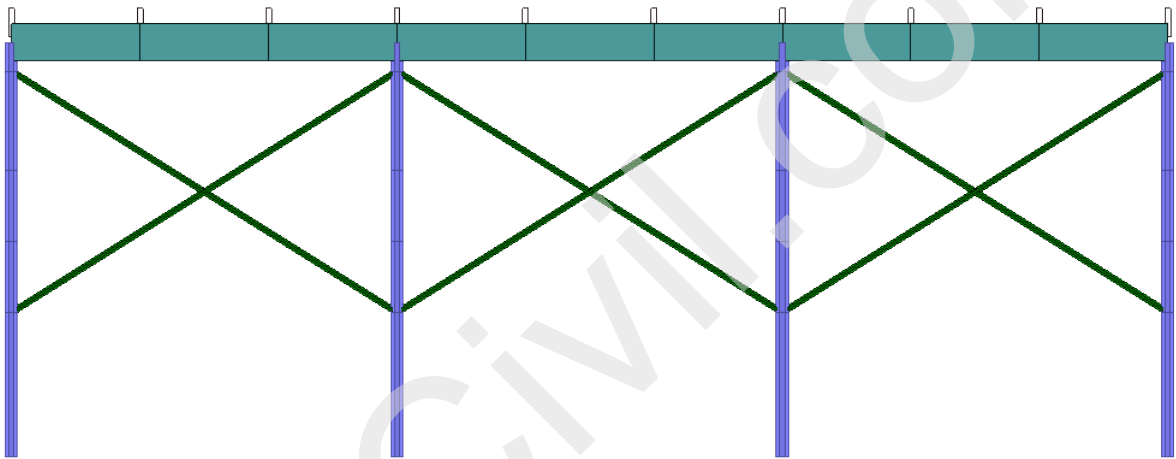
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปแสดงนั่งร้านรับแผ่นพื้นไร้คาน (ที่มา: อ.เสริมพันธ์, ห้ามลอกเลียนหรือทำสำเนา)

1. ออกแบบความหนาของแผ่นไม้อัด (Plywood Decking) แบบท้องพื้น

1.1 ข้อมูลการออกแบบ

-ระยะวางพาดของไม้อัด (เท่ากับระยะห่างระหว่างตง) = กำลังที่จะหา, m.

1.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อนั่งร้าน

-น้ำหนักบรรทุกจร = 245 ksm. (ตรงนี้ไม่เกี่ยวหรือเป็นคนละเรื่องกับน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับ

ออกแบบโครงสร้าง ถ้าออกแบบแผ่นพื้นกรณีนี้เป็นอาคารเรียนจะใช้ที่อย่างต่ำ 400 ksm.)

-น้ำหนักบรรทุกทุกตายตัว

-น้ำหนักแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก = $2,450 \times (23/100) = 563.50 \text{ ksm}$. (กรณีคอนกรีตอัดแรง
ใช้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต $2,450 \text{ kg./m.}^3$)

-คิदन้ำหนักของตัวนั่งร้าน = 50 ksm .

-และคิเดื่อน้ำหนักของอุปกรณ์ติดตั้ง-ฝัง-ยึด = 15 ksm .

รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อนั่งร้านทั้งหมด = $245 + 563.50 + 50 + 15 = 873.50 > 450 \text{ ksm}...$

ผ่าน

1.3 หาความหนาของไม้อัดรองแผ่นพื้น (จากตารางไม้อัด...ในที่นี้ใช้ของ America)

Derived from recommendations of the American Forest & Paper Association (Reference 4-3) and from recommendations of the American Plywood Association (Reference 4-8)

SPECIES AND GRADE	Extreme fiber bending stress, F_b	Compression \perp to grain, $F_{c\perp}$	Compression \parallel to grain, F_c	Horizontal shear, F_v (\parallel to grain)	Modulus of elasticity, E
PLYWOOD SHEATHING USED WET: Plyform B-B, Class 1 (Grade stress level S2)	1545**	Bearing on face: 210	---	57***	1,500,000***

Example Effective Section Properties for Plywood: 12-in. Unit Width of B-B Plyform, Class I

Plywood Net Thickness (in.)	12-in Width, Used with Face Grain Parallel to Span			12-in. Width, Used with Face Grain Perpendicular to Span			Weight (psf)
	Moment of Inertia (I) (in. ⁴)	Effective Section Modulus (S) (in. ³)	Rolling Shear Constant (Ib/Q) (in. ²)	Moment of Inertia (I) (in. ⁴)	Effective Section Modulus (S) (in. ³)	Rolling Shear Constant (Ib/Q) (in. ²)	
1/2	0.077	0.268	5.153	0.024	0.130	2.739	1.5
5/8	0.130	0.358	5.717	0.038	0.175	3.094	1.8
3/4	0.199	0.455	7.187	0.092	0.306	4.063	2.2
7/8	0.296	0.584	8.555	0.151	0.422	6.028	2.6
1	0.427	0.737	9.374	0.270	0.634	7.014	3.0

จากรูปสมมติเลือกใช้ไม้อัดหนา 3/4 นิ้ว หรือ 19 mm. [มีคุณสมบัติดังนี้ $I = 0.199 \text{ in}^4 (8.28 \text{ cm}^4)$, $S = 0.455 \text{ in}^3 (7.46 \text{ cm}^3)$, $Ib/Q = 7.187 \text{ in}^2 (46.37 \text{ cm}^2)$, หนัก 2.20 psf., $F_b = 1,545 \text{ psi} = 108.62 \text{ ksc.}$, $F_s = 57 \text{ psi} = 4.01 \text{ ksc.}$, $E = 1,500,000 \text{ psi} = 105,452.91 \text{ ksc.}$,]

1.4 ตรวจสอบระยะห่างที่ยอมให้ของดงที่รองรับไม้อัดขนาดที่เลือก

-ระยะห่างสูงสุดของดงที่รองรับไม้อัดเนื่องจากผลของการค้ด

$$F_b = M/S = (\omega L^2)/(10S), L = 3.16\sqrt{(SF_b/\omega)} = 3.16\sqrt{[(7.46 \times 108)/(873.50/100)]} = 30.35$$

cm.

-ระยะห่างสูงสุดของตงที่รองรับไม้อัดเนื่องจากผลของการแอ่นตัว

$$(\omega L^4)/(145IE) = L/360, L = 0.74^3\sqrt{(IE_w/\omega)} = 0.74^3\sqrt{[(8.28 \times 105,452.91)/(873.50/100)]} =$$

34.34 cm.

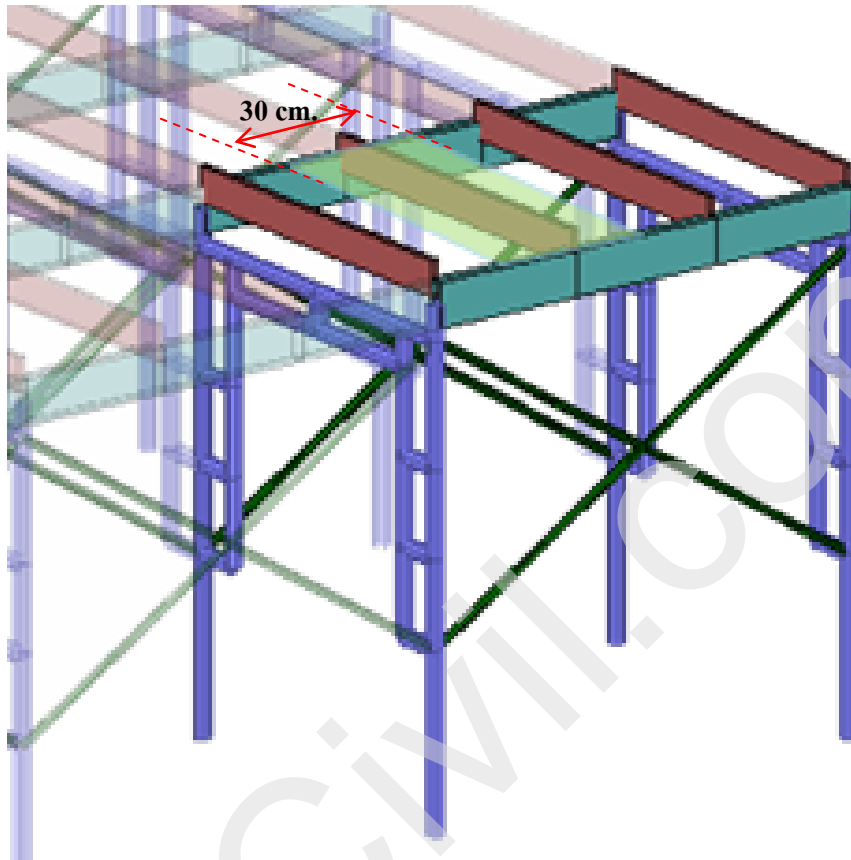
-ระยะห่างสูงสุดของตงที่รองรับไม้อัดเนื่องจากผลของ Rolling Shear

$$F_s = (VQ/Ib) = (0.625\omega LQ)/(8.28 \times 100), L = [F_s/(0.625\omega)](Ib/Q) = [4.01/(0.625 \times$$

(873.50/100))](46.37) = 34.06 cm.

สรุป: จะเห็นว่าระยะห่าง สูงสุดของตงที่รองรับไม้อัด จากผลของโมเมนต์คัตเป็นตัวควบคุม คือ 30.35 cm. ดังนั้นระยะห่างระหว่างตงจะต้องไม่เกิน 30.35 cm. แต่เพื่อให้ดูดีเหมาะสมจึงเลือกใช้เป็น 30 cm. เมื่อใช้ไม้อัดแบบหนา ¼ นิ้ว แต่ถ้าหากต้องการวางระยะห่างระหว่างตงมากกว่านี้...จะอย่างไร!... ในเบื้องต้นอาจทำได้โดยเพิ่มที่ความหนาของแผ่นไม้อัดแบบขึ้นอีก

2. ออกแบบตง (Joist) รับแผ่นไม้อัดแบบ



2.1 ข้อมูลการออกแบบ

-ระยะห่างระหว่างตง = 0.30 m.

-เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ มอก. 107, เกรด HS41: $F_y = 2,400 \text{ ksc.}$; $F_u = 4,100 \text{ ksc.}$; $\delta = 23\%$

2.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อตง (ยกมา 873.50 ksm.)

รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อนั่งร้านทั้งหมด = $245 + 563.50 + 50 + 15 = 873.50 > 450 \text{ ksm}$

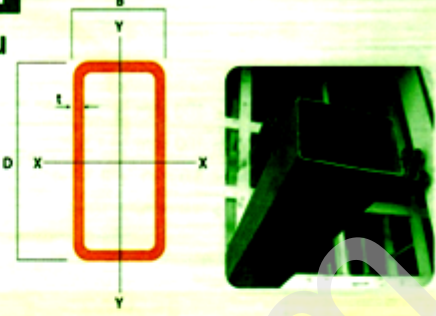
...ผ่าน

ดังนั้นน้ำหนักกระทำที่ตงแต่ละตัว = $\omega A = 873.50 \times (30/100) = 262.05 \text{ kg./m.}$...(ส่วนที่เสงา)

2.3 หาขนาดของตง

CARBON RECTANGULAR TUBE
เหล็กท่อเหลี่ยมแบน

Dimension Tolerance
 Outside Dimeter : ≤ 100 mm. ± 1.5 mm.
 : > 100 mm. ± 1.5 %
 Thickness : < 3.0 mm. ± 0.3 mm.
 : ≥ 3.0 mm. ± 10 %



Size Length inch	Thickness mm.	Calculate Weight	Cross Section Area	Informative Reference					
				Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration	
D x B	t	w	a	I _x	I _y	Z _x	Z _y	r _x	r _y
mm.	mm.	kg/m.	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
50x25	1.6	1.75	2.23	7.42	2.47	2.96	1.97	1.82	1.05
	2.3	2.43	3.10	10.13	3.29	4.05	2.63	1.80	1.03
	3.2	3.24	4.12	13.19	4.17	5.27	3.33	1.78	1.00
60x30	1.6	2.12	2.71	13.07	4.38	4.35	2.92	2.19	1.27
	2.3	2.97	3.79	18.01	5.93	6.00	3.95	2.17	1.25
	3.2	3.99	5.08	23.71	7.62	7.90	5.08	2.15	1.22
75x38	1.6	2.70	3.44	26.25	9.07	7.00	4.77	2.75	1.62
	2.3	3.80	4.84	36.47	12.43	9.72	6.54	2.74	1.60
	3.2	5.14	6.55	48.56	16.25	12.95	8.55	2.72	1.57
100x50	1.6	3.63	4.63	62.92	21.48	12.58	8.59	3.68	2.15
	2.3	5.14	6.55	88.17	29.77	17.63	11.90	3.66	2.13
	3.2	7.00	8.92	118.72	39.51	23.74	15.80	3.64	2.10
	4.5	9.55	12.16	159.19	51.90	31.83	20.76	3.61	2.06
	6.0	12.27	15.63	200.86	63.92	40.17	25.57	3.58	2.02

จากตารางสมมติเลือกใช้ตงเหล็กขนาด [] - 75 x 38 x 2.30 mm. (มีคุณสมบัติดังนี้ $I_x = 36.47$ cm⁴,

$S_x = 9.72$ cm.³, $A_s' = 4.84$ cm.², หนัก 3.80 kg./m.)

2.4 ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของคานารองรับตง

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของการค้ำ

$$F_b = M/S = (\omega L^2)/(10S), L = 3.16\sqrt{(S_x F_b/\omega)} = 3.16\sqrt{[(9.72 \times (0.6 \times 2,400))/(873.50/100)]} = 126.49 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากการแอ่นตัว

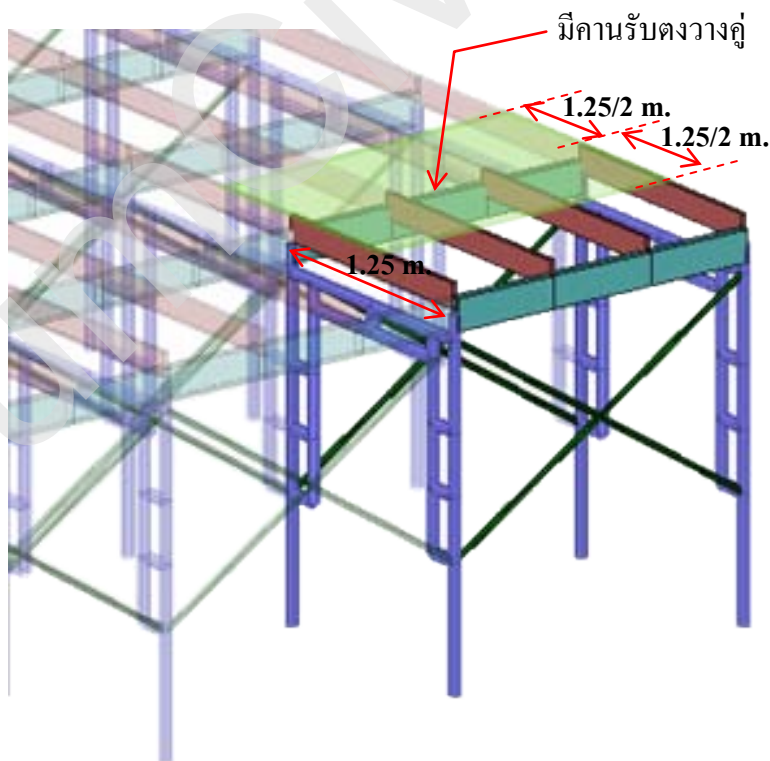
$$(\omega L^4)/(145IE) = L/360, L = 0.74^3 \sqrt{(IxEs/\omega)} = 0.74^3 \sqrt{[(36.47 \times 2040,000)/(873.50/100)]} = 151.12 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจาก Shear

$$F_s = 0.40F_y = (V/A_w) = (5\omega L/8)/(2dt_w), L = (1.28F_y dt_w)/\omega = [(1.28 \times 2,400 \times 7.50 \times (2.30/10))/(873.50/100)] = 606.66 \text{ cm.}$$

สรุป: จะเห็นว่าระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของคานรองรับตง จากผลของ โมเมนต์ดัดเป็นตัวควบคุม คือ 126.49 cm. ดังนั้นระยะห่างระหว่างคานรับตงจะต้องไม่เกิน 126.49 cm. แต่เพื่อให้ดูดีเหมาะสมจึงเลือกใช้เป็น 125 cm. เมื่อใช้ตงขนาด [] - 75 x 38 x 2.3 mm. @ 0.30 m.

3.ออกแบบคานรับตง (Stringer)



3.1 ข้อมูลการออกแบบ

-ระยะห่างระหว่างคานรับตง = 1.25 m.

-เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ มอก. 107, เกรด HS41: $F_y = 2,400 \text{ ksc.}$; $F_u = 4,100 \text{ ksc.}$; $\delta = 23\%$

3.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อคานรับตง (ยกมา 873.50 ksm.)

รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อนั่งร้านทั้งหมด = $245 + 563.50 + 50 + 15 = 873.50 > 450 \text{ ksm}$

...ผ่าน

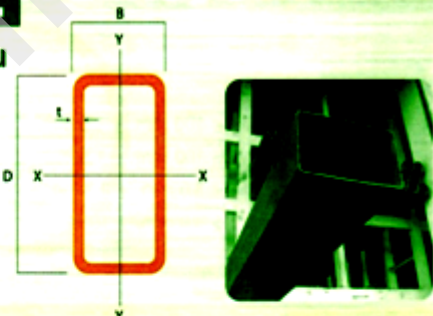
ดังนั้นน้ำหนักกระทำที่คานรับตงแต่ละตัว = $\omega A = 873.50 \times (1.25) = 1,091.88 \text{ kg./m.}$...(ส่วนที่แล

งาหาร 2....ทำไม?...คิคๆ) = $1,091.88/2 = 545.94 \text{ kg./m}$

3.3 หาขนาดของคานรับตง

CARBON RECTANGULAR TUBE
เหล็กท่อเหลี่ยมแบน

Dimension Tolerance
 Outside Dimeter : $\leq 100 \text{ mm.} \pm 1.5 \text{ mm.}$
 : $> 100 \text{ mm.} \pm 1.5 \%$
 Thickness : $< 3.0 \text{ mm.} \pm 0.3 \text{ mm.}$
 : $\geq 3.0 \text{ mm.} \pm 10 \%$



Size Length inch	Thickness mm.	Calculate Weight	Cross Section Area	Informative Reference					
				Geometrical Moment of Inertia		Modulus of Section		Radius of Gyration	
D x B	t	w	a	I_x	I_y	Z_x	Z_y	i_x	i_y
mm.	mm.	kg/m.	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm
50x25	1.6	1.75	2.23	7.42	2.47	2.96	1.97	1.82	1.05
	2.3	2.43	3.10	10.13	3.29	4.05	2.63	1.80	1.03
	3.2	3.24	4.12	13.19	4.17	5.27	3.33	1.78	1.00
60x30	1.6	2.12	2.71	13.07	4.38	4.35	2.92	2.19	1.27
	2.3	2.97	3.79	18.01	5.93	6.00	3.95	2.17	1.25
	3.2	3.99	5.08	23.71	7.62	7.90	5.08	2.15	1.22
75x38	1.6	2.70	3.44	26.25	9.07	7.00	4.77	2.75	1.62
	2.3	3.80	4.84	36.47	12.43	9.72	6.54	2.74	1.60
	3.2	5.14	6.55	48.58	16.25	12.95	8.55	2.72	1.57
100x50	1.6	3.63	4.63	62.92	21.48	12.58	8.59	3.68	2.15
	2.3	5.14	6.55	88.17	29.77	17.63	11.90	3.66	2.13
	3.2	7.00	8.92	118.72	39.51	23.74	15.80	3.64	2.10
	4.5	9.55	12.16	159.19	51.90	31.83	20.76	3.61	2.06
	6.0	12.27	15.63	200.86	63.92	40.17	25.57	3.58	2.02

จากตารางสมมติเลือกใช้คานรับตงขนาด [] - 100 x 50 x 2.30 mm. (มีคุณสมบัติดังนี้ $I_x = 88.17$ cm⁴, $S_x = 17.63$ cm.³, $A_s' = 6.55$ cm.², หนัก 5.14 kg./m.)

3.4 ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของเสาตั้งรองรับคานรับตง

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของการค้ำ

$$F_b = M/S = (\omega L^2)/(10S), L = 3.16\sqrt{(S_x F_b/\omega)} = 3.16\sqrt{[(17.63 \times (0.6 \times 2,400))/(545.94/100)]}$$

$$= 215.49 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากการแอ่นตัว

$$(\omega L^4)/(145IE) = L/360, L = 0.74^3\sqrt{(I_x E_s/\omega)} = 0.74^3\sqrt{[(88.17 \times 2040,000)/(545.94/100)]} =$$

$$237.23 \text{ cm.}$$

-ระยะห่างสูงสุดเนื่องจาก Shear

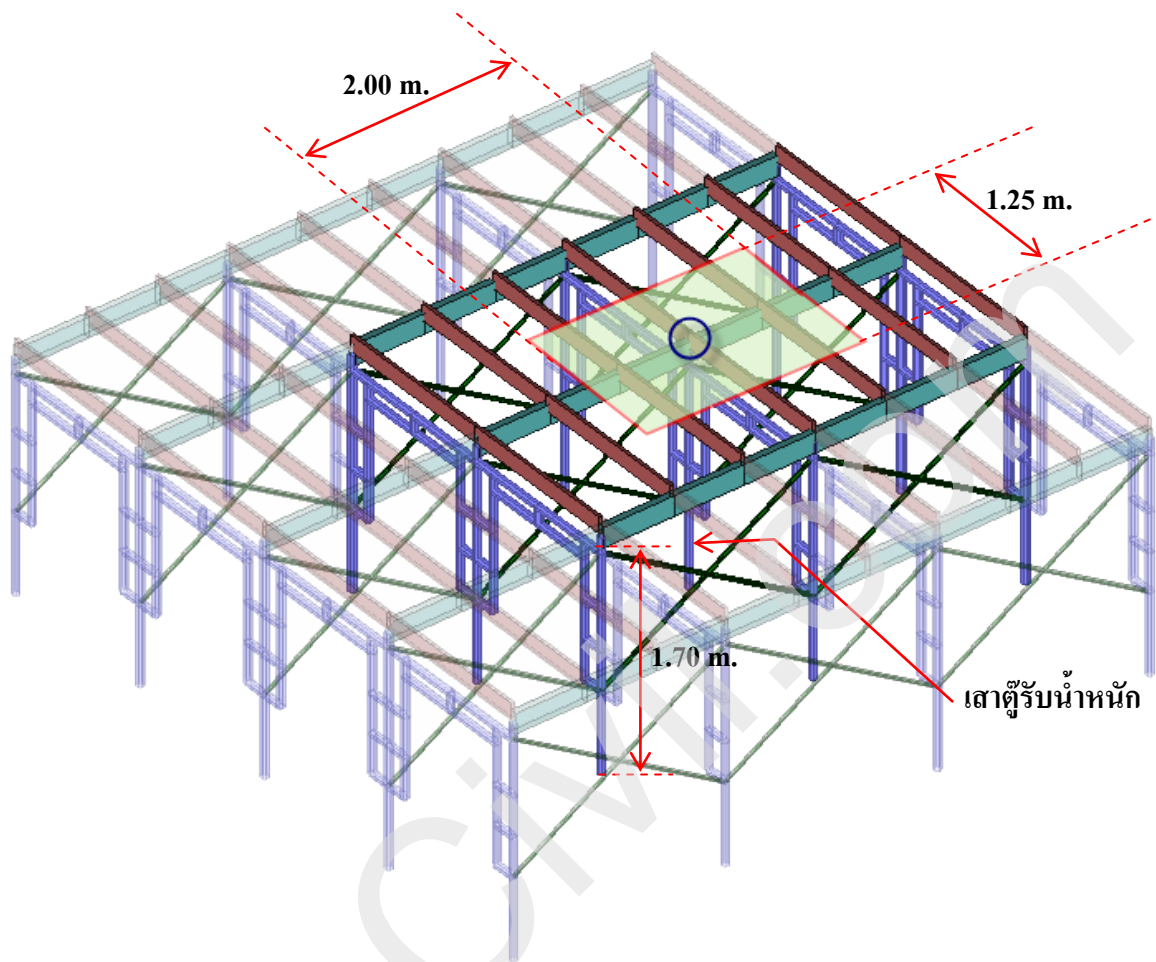
$$F_s = 0.40F_y = (V/A_w) = (5\omega L/8)/(2dt_w), L = (1.28F_y dt_w/\omega) = [(1.28 \times 2,400 \times 10 \times$$

$$(2.30/10))/(545.94/100)] = 1,294.21 \text{ cm.}$$

สรุป: จะเห็นว่าระยะห่าง สูงสุดที่ยอมให้ของเสาตั้งรองรับคานรับตง จากผลของโมเมนต์ค้ำเป็นตัวควบคุมคือ 215.49 cm. ดังนั้นระยะห่างระหว่างเสาตั้งรองรับคานรับตงจะต้องไม่เกิน 215.49 cm. แต่เพื่อให้คู่มือเหมาะสมจึงเลือกใช้เป็น 200 cm. เมื่อใช้คานรับตง [] - 100 x 50 x 2.30 mm. @ 1.25 m.

หมายเหตุ: ข้อสังเกต!...ทำไม?...ในการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบจึงต้องกำหนดไว้ว่า หากมี ช่วงยาวที่ต่อเนื่องกันตั้งแต่ 3 ช่วงขึ้นไปให้พิจารณาเป็นคานต่อเนื่องที่ถือเป็นคานช่วงเดียว कै้าฝ้ามองอะไรรออยู่....กิดๆ

4. ออกแบบเสาค้ำหรือเสาค้ำยัน



รูปแสดงพื้นที่ที่เทียบเท่าในการหาน้ำหนักบรรทุกลงเสาค้ำหรือเสาค้ำยัน

4.1 ข้อมูลการออกแบบ

-เสาค้ำสูง 1.70 m. (เท่าไรก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ)

-พื้นที่เทียบเท่าสำหรับน้ำหนักบรรทุกเพื่อการออกแบบ = $1.25 \times 2.00 = 2.50 \text{ m}^2$

-เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ มอก. 116, เกรด Fe24 ($F_y = 2,400 \text{ ksc.}$, $F_u = 4,100 \text{ ksc.}$)

4.2 น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาค้ำ (ในพื้นที่ 2.50 m^2)

รวมน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาค้ำ = $873.50 \times 2.50 = 2,183.75 \text{ kg.}$ say 2,500 kg.

ดังนั้นน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาตู้แต่ละตัว = $2,183.75/2 = 1,250 \text{ kg} \dots$ (ส่วนที่แลงหาร 2....

ทำไม?...คิดๆ...ถ้าไม่หาร 2 ใช้เลยได้มัย!

4.3 ออกแบบขนาดหน้าตัดของเสาตู้

-หาพื้นที่หน้าตัด (A) ที่ต้องการ = $F_c / (0.60 F_y) = 1,250 / (0.60 \times 2,400) = 0.87 \text{ cm}^2$

-เปิดตารางเหล็ก Pipe เลือกขนาดเหล็กโดยใช้ค่า $A = 0.87 \text{ cm}^2$ เป็นค่าต่ำสุดในการเลือกขนาด

หน้าตัดเหล็ก

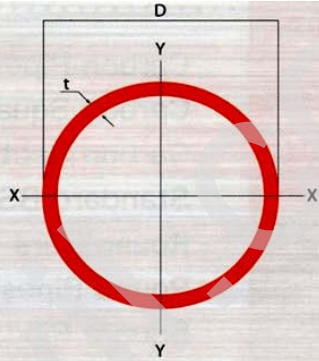

CARBON PIPES เหล็กท่อน้ำ

Dimension Tolerance

Outside Diameter : < 50 mm. + 0.5 mm.
: > 50 mm.-150 mm. : + 1%
: > 200 mm. - : + 0.8%

Thickness : +Not Specified
: - 12%

Length - : + 1%










Normal Dimension	Outside Diameter	Thickness	Calculate Weight	Informative Reference			
				Cross Section Area	Geometrical Moment of Inertia	Modulus of Section	Radius of Gyration
DN	D	t	w	a	I	Z	i
in	mm.	mm.	kg/m.	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
1/2" (15)	21.7	1.6	0.77	0.99	0.49	0.45	0.70
		2.3	1.08	1.38	0.63	0.59	0.67
3/4" (20)	27.2	1.6	1.00	1.28	1.03	0.76	0.89
		2.3	1.40	1.78	1.37	1.01	0.87
		3.2	1.87	2.39	1.72	1.27	0.84
1" (25)	34.2	1.6	1.28	1.64	2.17	1.26	1.15
		2.3	1.80	2.30	2.93	1.71	1.12
		3.2	2.44	3.11	3.76	2.19	1.09
1 1/4" (32)	42.7	1.6	1.61	2.05	4.27	2.01	1.44
		2.3	2.27	2.90	5.84	2.75	1.42
		3.2	3.09	3.94	7.62	3.56	1.39
		4.0	3.82	4.86	9.20	4.31	1.38
1 1/2" (40)	48.6	1.6	1.84	2.35	6.44	2.66	1.65
		2.3	2.61	3.33	8.87	3.65	1.63
		3.2	3.56	4.54	11.66	4.81	1.6
		4.0	4.40	5.60	14.05	5.78	1.58
2" (50)	60.5	2.3	3.29	4.19	17.64	5.84	2.05
		3.2	4.50	5.74	23.46	7.77	2.02
		4.0	5.57	7.10	28.50	9.41	2.00
2 1/2" (65)	76.3	2.3	4.19	5.34	36.47	9.56	2.61
		3.2	5.76	7.34	48.95	12.83	2.58
		4.0	7.13	9.08	59.50	15.60	2.56

จากตารางสมมติเลือกใช้คานรับตงขนาด O - 42.70 x 2.30 mm. (มีคุณสมบัติดังนี้ $I_x = 5.84 \text{ cm}^4$,

$S_x = 2.75 \text{ cm}^3$, $A_s = 2.90 \text{ cm}^2$, น้ำหนัก 2.27 kg./m., $r_{min} = 1.42 \text{ cm}$.)

4.4 ตรวจสอบหน่วยแรง

Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated.	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

1. หาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้

-หาค่า K จากตารางเมื่อการต่อที่ปลายบน-ล่าง เป็น hinge ได้ $K = 1.0$

-หา $C_c = KL/r_{min} = [(1)(1.70 \times 100)]/1.42 = 119.72 < 200$ (สำหรับโครงสร้างหลัก)...ผ่าน

-หา $S = \sqrt{[(2Es\pi^2)/F_y]} = \sqrt{[(2 \times 2.04 \times 10^6 \times (22/7)^2)/2,400]} = 129.58$

-เนื่องจากค่าของ $C_c < S$ ดังนั้นหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (F_{ac}) จึงหาได้จากสมการ

$$F_{ac} = [1 - 0.5(C_c/S)^2][F_y] / [(5/3) + (3/8)(C_c/S) - (1/8)(C_c/S)^3]$$

$$\text{เมื่อค่า } (C_c/S) = (119.72/129.58) = 0.92$$

$$F_{ac} = [1 - 0.5(0.92)^2][2,400] / [(5/3) + (3/8)(0.92) - (1/8)(0.92)^3]$$

$$= 734.67 \text{ ksc.}$$

2. ตรวจสอบขนาดหน้าตัดที่เลือกออกแบบ

-หาความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกนได้จากสมการ $(F_{ac})(A_s') \geq F_c$

-ความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกน = $(734.67 \times 2.90) = 2,130 \text{ kg} > 1,250 \text{ kg} \dots$ ผ่าน

สรุป: ใช้เสาตู้หรือเสาค้ำยันขนาด Pipe O – 42.70 x 2.30 mm

หมายเหตุ: หากต้องการออกแบบโดยใช้นั่งร้านสำเร็จรูป...จะอย่างไร

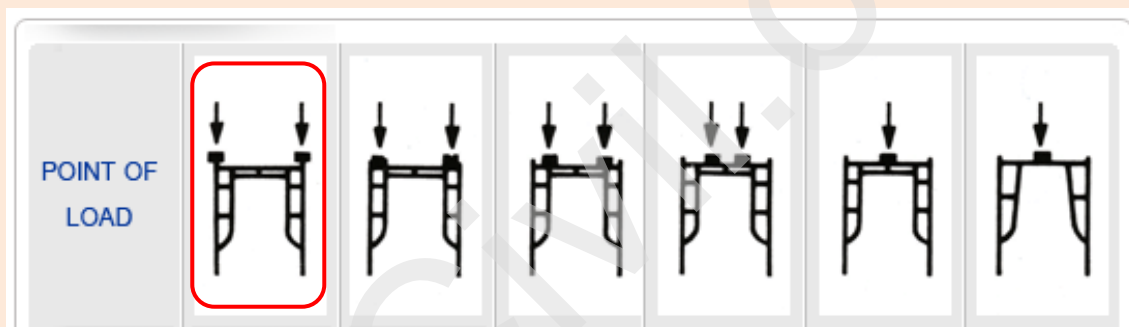
1. ต้องหาสเปกของเหล็กนั่งร้านมาก่อนดังแสดง

MAXIMUM LEG LOADS (Safety factor: 2)

2,500 kg. per leg - Fame A - 1217B, A - 1217A, A - 917A

2,250 kg. per leg - Fame A - 1219

1,750 kg. per leg - Fame A - 717S, A - 617S



ขนาด

CODE	CODE	CODE	CODE
A	A	A	A
B	B	B	B
A-1219	A-1700	A-1215	A-1217A
1219	1219	1219	1219
1930	1700	1524	1700
			A-917A
			914
			1700

2. เลือกใช้... โดยเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่เราหาได้กับความสามารถในการรับน้ำหนักของขาตั้งแต่ละ CODE... ในที่นี้เราได้ว่าน้ำหนักที่ต้องการออกแบบคือ 1,250 kg. ก็ไปดูว่ามีมิติใกล้เคียงกับที่

เราออกแบบแล้วรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ไม่น้อยกว่า $1,250 \text{ kg}$...ผมสมมติเลือกขาตั้งที่ CODE A-1217A (ซึ่งมีมิติใกล้เคียงกับที่เราออกแบบคือ ระยะห่างระหว่างคานรับตง $\sim A$ และความสูง $\sim B$) ซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ $2,500 \text{ kg./ขา} > 1,250 \text{ kg.}$ (โดยลักษณะของแรงที่ตกลงเสาตู้กระทำได้รูป



พื้นที่บันทึกช่วยจำ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....