

บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงการ

4.1 การรับน้ำหนักได้จริงของเสาเข็ม

จากการคำนวณการรับน้ำหนักได้จริงของเสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 30×30 เซนติเมตร อ้างอิงจากหลุมเจาะ BH - 7 ที่ความลึก 21 เมตร มหาวิทยาลัยนเรศวร (แสดงในภาคผนวก ข) โดยเสาเข็มแต่ละต้นมีความสามารถรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอยู่ที่ 66.91 ตันต่อต้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1 และ ตำแหน่งของเสาเข็มแสดงในภาคผนวก ค

จากตารางที่ 4.1 จะสรุปได้ว่า การรับน้ำหนักจริงของเสาเข็มทั้งหมดโดยเฉลี่ยสามารถรับได้ 308.65 ตัน ซึ่งเสาเข็มที่รับน้ำหนักได้สูงสุดคือ เสาเข็มใน Grid line ที่ A-10, A-11, B-10 และ B-11 สามารถรับได้ 468 ตัน เนื่องจากมีเสาเข็มรวมกันทั้งหมด 7 ต้น

4.2 ภาระการรับน้ำหนักของเสาเข็ม

จากการคำนวณภาระการรับน้ำหนักของเสาเข็มแต่ละต้นพบว่า ค่าภาระการรับน้ำหนักของเสาเข็มแต่ละต้น มีค่าน้อยกว่าการรับน้ำหนักได้จริงของเสาเข็ม และสามารถรับน้ำหนักเพิ่มได้อีก ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 4.1 และ ตำแหน่งของเสาเข็มแสดงในภาคผนวก ค.

จากตารางที่ 4.1 ภาระการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่รับน้ำหนักมาก คือ

Grid line C - 10, D - 10	รับน้ำหนัก	245 ตัน - 265 ตัน
Grid line C - 11, D - 11	รับน้ำหนัก	281 ตัน - 295 ตัน
Grid line D - 3, D - 18	รับน้ำหนัก	348 ตัน - 369 ตัน

จากผลการคำนวณภาระการรับน้ำหนักของเสาเข็ม สามารถรับน้ำหนักส่วนที่เพิ่มในโครงสร้างอาคาร ได้อีก ดังตัวอย่างเช่น Grid line D - 11 ภาระการรับน้ำหนักของเสาเข็มมีค่าเท่ากับ 295 ตัน น้ำหนักที่เสาเข็มรับได้จริงมีค่าเท่ากับ 401 ตัน ดังนั้นเหลือน้ำหนักที่สามารถรับได้อีกเท่ากับ 105 ตัน

4.3 แรงที่กระทำกับโครงสร้าง

จากการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้โปรแกรม CCT-TRUSS และ MICROFEAP เพื่อทำการวิเคราะห์แรงเปรียบเทียบกัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 รวมทั้งแบบจำลองโครงสร้างหลังคา แสดงในภาคผนวก ง.

สำหรับแรงต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์และนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก มีดังนี้

1. โครงหลังคา T-1

เหล็กบน (TOP CHORD)	=	1,684	กิโลกรัม (แรงอัด)
เหล็กล่าง (BOTTOM CHORD)	=	1,912	กิโลกรัม (แรงอัด)
เหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD)	=	2,075	กิโลกรัม (แรงดึง)
เหล็กตั้ง (VERTICAL CHORD)	=	2,917	กิโลกรัม (แรงอัด)
เสา	=	4,256	กิโลกรัม (แรงอัด)

2. โครงหลังคา T-3

เหล็กบน (TOP CHORD)	=	6,233	กิโลกรัม (แรงอัด)
เหล็กล่าง (BOTTOM CHORD)	=	5,906	กิโลกรัม (แรงดึง)
เหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD)	=	3,922	กิโลกรัม (แรงดึง)
เหล็กตั้ง (VERTICAL CHORD)	=	4,330	กิโลกรัม (แรงอัด)
เสา	=	4,528	กิโลกรัม (แรงอัด)

จากการวิเคราะห์พบว่า แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง โดยใช้โปรแกรม CCT-TRUSS ให้ผลการวิเคราะห์แรงออกมามีค่าใกล้เคียงกับการวิเคราะห์จากโปรแกรม MICROFEAP

4.4 ภาวะการรับน้ำหนักของโครงสร้างและเสาเข็ม

จากการวิเคราะห์แรง เมื่อได้นำน้ำหนักของโครงสร้างหลังคาที่ลงเสาเข็มแต่ละต้นแล้วสามารถสรุปภาวะการรับน้ำหนักของเสาเข็ม และกำลังรับน้ำหนักของเสาแต่ละต้นหลังจากมีน้ำหนักของโครงสร้างหลังคาเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ และตำแหน่งของเสาเข็มแสดงในภาคผนวก ค.

ผลการตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาที่สามารถรับได้ ดังนี้

เสาหน้าตัดกลมป้อกเดี่ยวเสา C1

เสาคอนกรีตขนาด Ø	= 60	cm	f' c	= 280	ksc
เหล็กเสริม DB	= 25	mm	จำนวน	= 14	เส้น
กำลังคาน , fy	= 4,000	ksc			
P	=	$0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$			
	=	261,695	kg		

เสา C3

เสาคอนกรีตขนาด Ø	= 100	cm	f' c	= 280	ksc
เหล็กเสริม DB	= 20	mm	จำนวน	= 25	เส้น
กำลังคาน , fy	= 4,000	ksc			
P	=	$0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$			
	=	574,126	kg		

เสา CY

เสาคอนกรีตขนาด Ø	= 60	cm	f' c	= 280	ksc
เหล็กเสริม DB	= 20	mm	จำนวน	= 14	เส้น
กำลังคาน , fy	= 4,000	ksc			
P	=	$0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$			
	=	228,048	kg		

เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมเสา C1, C2, C3

เสาคอนกรีตขนาด	= 50	x	50	cm	
f' c	= 280		ksc		
เหล็กเสริม DB	= 20	mm	จำนวน	= 16	เส้น
กำลังคาน , fy	= 4,000		ksc		

$$P = 0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$$

$$= 217,111 \text{ kg}$$

เสา C2 ,C3

เสาคอนกรีตขนาด	= 60	x	60	cm
f'c	= 280	ksc		
เหล็กเสริม DB	= 25	mm	จำนวน = 12	เส้น
กำลังคาน, fy	= 4000	ksc		

$$P = 0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$$

$$= 294,311 \text{ kg}$$

เสา C4

เสาคอนกรีตขนาด	= 30	x	50	cm
f'c	= 280	ksc		
เหล็กเสริม DB	= 20	mm	จำนวน = 10	เส้น
กำลังคาน, fy	= 4,000	ksc		

$$P = 0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$$

$$= 131,976 \text{ kg}$$

เสา C4

เสาคอนกรีตขนาด	= 30	x	60	cm
f'c	= 280	ksc		
เหล็กเสริม DB	= 25	mm	จำนวน = 10	เส้น
กำลังคาน, fy	= 4,000	ksc		

$$P = 0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$$

$$= 173,859 \text{ kg}$$

เสา C0

เสาคอนกรีตขนาด	= 50	x	50	cm
f'c	= 280	ksc		

ป นว
๒๑๐๐
ป ๕๒๔๐
๒๕๔๕



สำนักหอสมุด

๒-๔ พ.ร. ๒๕๔๑
4840541

เหล็กเสริม DB = 20 mm จำนวน = 8 เส้น
กำลังคาลาก, fy = 4,000 ksc
 $P = 0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$
= 182,931 kg

เสา CX

เสาคอนกรีตขนาด = 25 x 25 cm
 $f'c = 280$ ksc
เหล็กเสริม DB = 16 mm จำนวน = 8 เส้น
กำลังคาลาก, fy = 4,000 ksc
 $P = 0.85Ag(0.25f'c + 0.4fy.Pg)$
= 59,063 kg

จากตารางที่ 4.4 จะสรุปได้ว่า น้ำหนักของโครงสร้างอาคาร โดยเฉลี่ยที่लगฐานราคามีค่าเท่ากับ 141.87 คตัน คิดเป็น 46.02% ของน้ำหนักที่ฐานราคับได้ โดยค่าที่มากที่สุด และ ค่าที่น้อยที่สุดเท่ากับ 95.7% และ 1.13% ตามลำดับ

ส่วนน้ำหนักของโครงสร้างอาคารที่รวมกับน้ำหนักโครงหลังคา โดยเฉลี่ยที่लगฐานราคามีค่าเท่ากับ 145.39 คตัน คิดเป็น 47.22% ของน้ำหนักที่ฐานราคับได้ โดยค่าที่มากที่สุด และ ค่าที่น้อยที่สุดเท่ากับ 97.97% และ 1.13% ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.5 จะสรุปได้ว่า เมื่อตรวจสอบจากการหาค่าलगรับน้ำหนักของเสาที่รับได้ กำลังรับน้ำหนักของเสาโดยเฉลี่ยที่สามารถรับได้เท่ากับ 400 คตัน และน้ำหนักที่เสาได้รับจริงโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 120 คตัน ซึ่งคิดเป็น 30% ของกำลังรับน้ำหนักของเสาที่รับได้ โดยค่าที่มากที่สุด และ ค่าที่น้อยสุด เท่ากับ 81.77 % และ 1.77 % ตามลำดับ

ดังนั้น เสาคอนกรีตแต่ละชั้นทั้งหมคใน โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักได้ทุกคตัน เมื่อมี น้ำหนักส่วน โครงสร้างหลังคาเพิ่มเข้ามา

4.5 การคำนวณออกแบบโครงสร้างหลังคา

เมื่อได้ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วนและผลลัพธ์แรงปฏิกิริยาจากการวิเคราะห์แล้ว จะสามารถทำการออกแบบโครงสร้างหลังคาต่าง ๆ ได้ดังสรุปตามตารางที่ 4.6 - 4.17 รวมทั้งแบบโครงสร้างหลังคาและรายละเอียดต่าง ๆ ของโครงสร้างหลังคาแสดงในภาคผนวก ง.

จากตารางที่ 4.6 และ 4.7 จะแสดงการหาน้ำหนักกระทำและการออกแบบแปหลังคาโครงสร้างหลังคา T - 3 (ต่อ)

ผลการออกแบบแปหลังคาของ โครงหลังคา T - 1 และ T - 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โครงหลังคา T - 1

เลือกใช้แปหลังคา □ - 150 x 75 x 4.5 mm

โครงหลังคา T - 3

เลือกใช้แปหลังคา □ - 150 x 100 x 4.5 mm

จากผลการออกแบบจะเห็นได้ว่า ขนาดเหล็กแปของ โครงหลังคา T - 1 และ T - 3 ไม่เท่ากัน เนื่องจากน้ำหนักที่กระทำต่อแปของ โครงหลังคา T - 3 มีมากกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากระยะห่าง โครงหลังคา T - 3 ที่มีความยาวถึง 7 m ทำให้ขนาดของเหล็กแปมีขนาดใหญ่กว่า และการตรวจสอบการโก่งตัวได้ค่าออกมาน้อยกว่าค่าที่ยอมให้

ส่วนการออกแบบเหล็กยึดแปและเหล็กยึดทแยงได้เท่ากันคือ ใช้เหล็กขนาด Ø 15 mm

จากตารางที่ 4.8 และ 4.9 จะแสดงผลการออกแบบหลัก โครงหลังคารับแรงดึง T - 1 และ T - 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โครงหลังคา T - 1 พิจารณาจากแรงดึงที่เกิดขึ้นในส่วนโครงสร้างมากที่สุด

- เหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) ใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm

โครงหลังคา T - 3 พิจารณาจากแรงดึงที่เกิดขึ้นในส่วนโครงสร้างมากที่สุด

- เหล็กล่าง (BOTTOM CHORD) ใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm

- เหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) ใช้เหล็กขนาด Ø 40 mm หน้า 2.9 mm

จากผลการคำนวณจะเห็นว่า โครงหลังคา T - 1 มีชิ้นส่วนเหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) เท่านั้นที่รับแรงดึง ส่วน โครงหลังคา T - 3 จะมีชิ้นส่วนที่รับแรงดึงที่เป็นทั้งเหล็กล่าง (BOTTOM CHORD) และเหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) ซึ่งใช้ขนาดหน้าตัดเหล็กที่ไม่เท่ากัน เพราะเหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) มีแรงภายในเกิดขึ้นน้อยกว่าและเลือกหน้าตัดเหล็กที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมกว่า

จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 แสดงการออกแบบเหล็กโครงหลังคารับแรงอัด T - 1 และ T - 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โครงหลังคา T-1 พิจารณาจากแรงอัดที่เกิดขึ้นในส่วนโครงสร้างมากที่สุด

- เหล็กบน (TOP CHORD) ใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm
 - เหล็กล่าง (BOTTOM CHORD) ใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm
 - เหล็กแนวตั้ง (VERTICAL) ใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm
- โครงหลังคา T-3 พิจารณาจากแรงอัดที่เกิดขึ้นในส่วนโครงสร้างมากที่สุด
- เหล็กบน (TOP CHORD) ใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm
 - เหล็กแนวตั้ง (VERTICAL) ใช้เหล็กขนาด Ø 40 mm หน้า 2.9 mm

จากผลการคำนวณจะเห็นว่า โครงหลังคา T - 1 ส่วนโครงสร้างส่วนใหญ่จะรับแรงอัดเนื่องจากโครงหลังคามีสารองรับทั้งหมด 4 ต้น ทำให้โครงหลังคามีสารองรับแรงภายในเกิดขึ้นไม่มากนัก เหล็กที่ใช้ก็น้อยลง

ส่วน โครงหลังคา T - 3 ส่วนเหล็กบน (TOP CHORD) และเหล็กแนวตั้ง (VERTICAL) ใช้ขนาดหน้าตัดเหล็กไม่เท่ากัน เนื่องจากในส่วนเหล็กแนวตั้ง (VERTICAL) มีแรงภายในเกิดขึ้นน้อยกว่าและสามารถเลือกหน้าตัดได้มีขนาดที่เล็กกว่าและเหมาะสมกว่า

สำหรับ โครงหลังคา T - 2 จะเป็นโครงที่ช่วยยึดให้โครงหลังคา T - 1 ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะใช้ขนาดเหล็กเท่ากับเหล็ก WEB CHORD โดยใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm ส่วน โครงหลังคา T - 4 จะเป็นโครงที่ช่วยยึดให้โครงหลังคา T - 3 ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งจะใช้เหล็กขนาด Ø 50 mm หน้า 2.9 mm

จากตารางที่ 4.12 และ 4.13 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัดที่รับ โครงหลังคา T - 1 และ T - 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โครงหลังคา T-1 ใช้เสาเหล็กทรงรับโครงหลังคาทั้งหมด 4 ต้นต่อ โครงหลังคา ซึ่งมีเสาความยาวมากที่สุดเท่ากับ 5.75 m. และจากการออกแบบใช้เหล็กขนาด Ø 100 mm หน้า 4.5 mm

โครงหลังคา T-3 ใช้เสาเหล็กทรงรับโครงหลังคาทั้งหมด 2 ต้นต่อ โครงหลังคา ซึ่งใช้ความยาวไม่มากนักโดยมีความยาวเท่ากับ 1.5 m และจากการออกแบบใช้เหล็กขนาด Ø 65 mm หน้า 3.25 mm

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 แสดงการออกแบบรอยต่อโครงหลังคาเหล็ก T - 1 และ T - 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ออกแบบ โดยใช้การเชื่อมต่อ ซึ่งความยาวรอยเชื่อมพิจารณาจากแรงภายในที่เกิดขึ้นมา ออกแบบหาความยาวของรอยเชื่อม แต่ในทางปฏิบัติเหล็กกลมจะทำการเชื่อมโดยรอบหน้าตัด

โครงหลังคา T-1 รอยต่อ โครงหลังคาใช้การเชื่อมต่อ โดยขึ้นส่วนเหล็กบน (TOP CHORD), เหล็กล่าง (BOTTOM CHORD), เหล็กแนวตั้ง (VERTICAL) และเหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) ใช้ความยาวรอยเชื่อมเท่ากับ 16 cm รอบเหล็กกลม Ø 50 mm

โครงหลังคา T-3 โดยขึ้นส่วนเหล็กบน (TOP CHORD) และเหล็กล่าง (BOTTOM CHORD) ใช้ความยาวรอยเชื่อมเท่ากับ 16 cm รอบเหล็กกลม Ø 50 mm ส่วนเหล็กแนวตั้ง (VERTICAL) และเหล็กแนวทแยง (DIAGONAL CHORD) ใช้ความยาวรอยเชื่อมเท่ากับ 13 cm รอบเหล็กกลม Ø 40 mm

จากตารางที่ 4.16 และ 4.17 แสดงการออกแบบตัวยึดปลายเสาและฐานรองรับโครงหลังคาเหล็ก T - 1 และ T - 3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

การออกแบบตัวยึดปลายเสาและฐานรองรับจะพิจารณาจากแรงที่ลงตามแกนสามออกแบบเพื่อหาขนาดและความหนาของแผ่นรองได้เสา รวมทั้งหาจำนวนสลักเกลียว และความยาวรอยเชื่อม

โครงหลังคา T-1 ใช้แผ่นยึดรองได้เสามีขนาด 300 x 300 x 30 mm จำนวนสลักเกลียว 4 ตัวต่อหนึ่งฐาน ซึ่งความยาวของสลักเกลียวเท่ากับ 46 cm และใช้รอยเชื่อมบริเวณจุดต่อเสามีขนาดความยาว 32 cm โดยรอบเหล็ก Ø 100 mm

โครงหลังคา T-3 ใช้แผ่นยึดรองได้เสามีขนาด 200 x 200 x 30 mm จำนวนสลักเกลียว 4 ตัวต่อฐาน ซึ่งความยาวของสลักเกลียวเท่ากับ 46 cm และใช้รอยเชื่อมบริเวณจุดต่อเสามีขนาดความยาว 21 cm โดยรอบเหล็ก Ø 65 mm

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำฝนที่วัดได้และปริมาณน้ำฝนของสถานี

Grid line	การรับน้ำหนัก	น้ำหนักของวัสดุ (kg)							การกระจายน้ำหนัก	ของเดิม (kg)	%	การเพิ่ม	%
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5	ชั้นที่ 6	ชั้นที่ 7					
A-1	134,000			19,875	25,784	23,200	3,240	72,099	53.81	61,901	46.195		
A-2	134,000			28,770	31,627	28,652	3,240	92,289	68.87	41,711	31.128		
A-3	268,000	19,676	12,361	26,464	26,574	23,200	3,780	112,055	41.81	155,945	58.188		
A-4	268,000	22,938	20,983	20,983	15,943	16,903	3,780	101,530	37.88	166,470	62.116		
A-5	401,000	36,366	30,551	30,551	21,573	22,856	6,912	148,809	37.11	252,191	62.891		
A-6	401,000	27,894	38,064	38,064	19,518	25,962	6,912	156,414	39.01	244,586	60.994		
A-7	401,000	27,894	34,500	38,064	19,518	25,962	6,912	152,850	38.12	248,150	61.883		
A-8	401,000	30,339	39,066	39,066	21,273	28,002	6,912	164,658	41.06	236,342	58.938		
A-9	401,000	31,554	40,836	38,484	18,490	32,056	6,912	168,332	41.98	232,668	58.022		
A-10	468,000	47,844	56,436	59,460	22,129	29,140	10,982	225,991	48.29	242,009	51.711		
A-11	468,000	47,844	56,436	59,460	22,129	29,140	10,982	225,991	48.29	242,009	51.711		
A-12	401,000	31,554	40,836	38,484	18,490	32,056	6,912	168,332	41.98	232,668	58.022		
A-13	401,000	30,339	39,066	39,066	21,273	28,002	6,912	164,658	41.06	236,342	58.938		
A-14	401,000	27,894	34,500	38,064	19,518	25,962	6,912	152,850	38.12	248,150	61.883		
A-15	401,000	27,894	38,064	38,064	19,518	25,962	6,912	156,414	39.01	244,586	60.994		
A-16	401,000	36,366	30,551	30,551	21,573	22,856	6,912	148,809	37.11	252,191	62.891		

ตารางที่ 4.1 แสดงการรับน้ำหนักโลหะและสารพิษจากการรับน้ำหนักของเตา (ต่อ)

Grid line	การรับน้ำหนัก (kg)	น้ำหนักของเตาแต่ละชั้น (kg)					การรับน้ำหนัก (kg)	คือน้ำหนัก %	คือน้ำหนัก %	คือน้ำหนัก %	
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5					
A-17	268,000	22,938	20,983	15,943	16,903	3780	101,530	37.88	166,470	62.116	
A-18	268,000	19,676	12,361	26,464	26,574	22,936	3780	111,791	41.71	156,209	58.287
A-19	134,000			28,770	31,627	28,652	3240	92,289	68.87	41,711	31.128
A-20	134,000			19,785	25,784	23,200	3240	72,009	53.74	61,991	46.262
B-1	134,000			22,326	30,589	24,766	3240	80,921	60.39	53,079	39.611
B-2	201,000			32,676	28,786	24,638	4512.48	131,212	65.28	69,788	34.72
B-3	268,000	18,513	16,629	31,707	23,414	20,648	3780	114,691	42.80	153,309	57.205
B-4	268,000	19,488	30,144	30,144	22,224	23,504	3780	129,284	48.24	138,716	51.76
B-5	401,000	23,097	36,495	36,495	26,100	27,465	6912	156,564	39.04	244,436	60.957
B-6	401,000	24,732	38,676	38,676	24,424	25,586	6912	159,006	39.65	241,994	60.348
B-7	401,000	24,732	36,300	38,676	24,424	25,586	6912	156,630	39.06	244,370	60.94
B-8	401,000	24,732	37,488	38,676	24,420	20,966	6912	153,194	38.20	247,806	61.797
B-9	401,000	24,732	37,488	38,676	26,472	23,486	6912	157,766	39.34	243,234	60.657
B-10	468,000	40,716	54,438	53,598	36,834	22,634	10982.4	219,202	46.84	248,798	53.162
B-11	468,000	40,716	54,438	53,598	37,890	22,634	10982.4	220,258	47.06	247,742	52.936
B-12	401,000	27,432	37,488	38,676	37,890	23,486	6912	171,884	42.86	229,116	57.136
B-13	401,000	27,432	37,488	38,676	26,796	20,966	6912	158,270	39.47	242,730	60.531

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำหนักของวัสดุและการใช้พลังงาน (กิโลวัตต์) (ต่อ)

Grid line	การรับน้ำหนัก					น้ำหนักของเสาเข็ม (kg)				การรับน้ำหนัก		คาน้ำหนัก	คาน้ำหนัก (%)	คาน้ำหนัก (%)
	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักเสาเข็ม (kg)			
B-14	401,000	27,432	36,300	38,676	26,796	25,586	6912	161,702	40.32	239,298	59.675			
B-15	401,000	27,432	38,767	38,676	24,420	25,586	6912	161,793	40.35	239,207	59.653			
B-16	401,000	23,097	36,495	36,495	26,100	27,465	6912	156,564	39.04	244,436	60.957			
B-17	268,000	19,488	30,144	30,144	22,224	23,504	3780	129,284	48.24	138,716	51.76			
B-18	268,000	18,513	16,629	31,707	23,414	20,648	3780	114,691	42.80	153,309	57.205			
B-19	201,000			32,676	28,786	24,638	4512.48	90,612	45.08	110,388	54.919			
B-20	134,000			22,326	30,589	24,766	3240	80,921	60.39	53,079	39.611			
C-1	134,000			22,326	37,087	30,607	3240	93,260	69.60	40,740	30.403			
C-2	201,000			32,676	26,662	34,950	4512.48	98,800	49.15	102,200	50.846			
C-3	335,000	113,857	29,869	52,306	40,107	35,661	4788	276,588	82.56	58,412	17.436			
C-5	401,000	37,059	44,074	48,627	19,400	31,650	6912	187,722	46.81	213,278	53.187			
C-6	401,000	27,432	38,676	36,300	37,488	25,586	6912	156,974	39.15	244,026	60.854			
C-7	401,000	27,432	36,300	37,488	26,124	25,586	6912	159,842	39.86	241,158	60.139			
C-8	401,000	27,432	37,488	37,488	22,188	20,966	6912	152,474	38.02	248,526	61.977			
C-9	401,000	27,432	38,676	38,676	26,940	23,486	6912	162,122	40.43	238,878	59.571			
C-10	401,000	56,707	51,916	51,916	35,426	42,699	6912	245,576	61.24	155,424	38.759			
C-11	401,000	52,512	62,716	62,716	44,896	52,375	6912	281,587	70.22	119,413	29.779			

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำฝนที่วัดได้และค่าการระเหยน้ำฝนของเมือง (ต่อ)

Grid line	การวัดปริมาณน้ำฝน (mm)						การวัดปริมาณน้ำฝน (mm)	การระเหยน้ำฝน (mm)	ปริมาณน้ำฝน (mm)	%
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6				
C-12	401,000	27,432	38,676	26,940	23,486	6912	162,122	40.43	238,878	59.571
C-13	401,000	27,432	37,488	38,676	22,068	20,966	153,542	38.29	247,458	61.71
C-14	401,000	27,432	36,300	38,676	30,528	25,586	165,434	41.26	235,566	58.745
C-15	401,000	27,432	38,676	36,300	22,068	25,586	156,974	39.15	244,026	60.854
C-16	401,000	37,059	44,074	48,627	19,400	31,650	187,722	46.81	213,278	53.187
C-18	335,000	113,857	29,869	52,306	30,738	34,008	265,566	79.27	69,434	20.727
C-19	201,000			32,676	25,072	31,230	4512.48	46.51	107,510	53.487
C-20	134,000			22,326	32,443	48,181	3240	79.25	27,810	20.754
D-1	201,000			76,848	70,903	47,332	4512.48	99.30	1,405	0.6988
D-2	201,000						4512.48	2.25	196,488	97.755
D-3	401,000	106,980	22,352	93,175	83,847	55,936	369,202	92.07	31,798	7.9297
D-5	401,000	32,024	41,927	42,495	26,483	35,459	185,300	46.21	215,700	53.791
D-6	401,000	27,894	38,064	38,064	26,544	25,962	163,440	40.76	237,560	59.242
D-7	401,000	27,894	34,500	38,064	29,544	25,962	162,876	40.62	238,124	59.383
D-8	401,000	30,339	39,066	39,066	26,328	28,002	169,713	42.32	231,287	57.678
D-9	401,000	31,554	40,836	38,484	27,506	31,318	176,610	44.04	224,390	55.958
D-10	401,000	61,450	55,034	55,034	43,409	44,022	265,861	66.30	135,139	33.7

ตารางที่ 4.1 แสดงการรับน้ำหนักไม้จริงและการรับน้ำหนักของเสาเข็ม (ต่อ)

Grid line	การรับน้ำหนัก					น้ำหนักของเสาเข็ม (kg)					การรับน้ำหนัก	ของเข็ม (kg)	%	การรับน้ำหนัก	ของเข็ม (kg)	%	การรับน้ำหนัก	ของเข็ม (kg)	%
	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม	น้ำหนักเสาเข็ม									
D-11	401,000	56,910	64,366	64,366	51,078	51,928	6912	295,560	73.71	105,440	26,294								
D-12	401,000	31,554	40,836	38,484	27,506	31,318	6912	176,610	44.04	224,390	55,958								
D-13	401,000	30,339	39,066	39,066	26,544	28,002	6912	169,929	42.38	231,071	57,624								
D-14	401,000	27,894	34,500	38,064	33,948	25,962	6912	167,280	41.72	233,720	58,284								
D-15	401,000	27,894	38,064	38,064	26,544	25,962	6912	163,440	40.76	237,560	59,242								
D-16	401,000	32,024	41,927	42,495	26,483	35,459	6912	185,300	46.21	215,700	53,791								
D-18	401,000	106,980	22,352	93,715	63,691	54,982	6912	348,632	86.94	52,368	13,059								
D-19	268,000					34,764	3780	38,544	14.38	229,456	85,618								
D-20	268,000			76,848	56,620	28,411	3780	165,659	61.81	102,341	38,187								
E-1	201,000				69,290	31,564	4512.48	105,366	52.42	95,634	47,579								
E-2	201,000						4512.48	4,512	2.25	196,488	97,755								
E-3	201,000				69,290	31,564	4512.48	105,366	52.42	95,634	47,579								
E-18	268,000				46,268	31,564	3780	81,612	30.45	186,388	69,548								
E-19	268,000					40,768	1512	42,280	15.78	225,720	84,224								
E-20	268,000				46,268	31,564	3780	81,612	30.45	186,388	69,548								
F-1	201,000			65,490	53,585	27,793	4512.48	151,380	75.31	49,620	24,686								
F-2	134,000						1512	1,512	1.13	132,488	98,872								

ตารางที่ 4.1 แสดงการรับน้ำหนักโดยโรงงานและการรับน้ำหนักของเสาเข็ม (ต่อ)

Grid line	การรับน้ำหนักจริงของเสาเข็ม (kg)	น้ำหนักที่ส่งแต่ละชั้น (kg)					การรับน้ำหนักของเข็ม (kg)	คิดเป็น %	น้ำหนักที่รับได้ (kg)	คิดเป็น %	
		ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5					
F-3	201,000			65,004	53,585	27,793	4512.48	150,894	75.07	50,106	24.928
F-18	268,000			65,004	40,400	27,793	3780	136,977	51.11	131,023	48.889
F-19	268,000					28,082	3780	31,862	11.89	236,138	88.111
F-20	268,000			65,490	40,400	27,793	3780	137,463	51.29	130,537	48.708
G-1	134,000			17,931	19,871	23,369	3240	64,411	48.07	69,589	51.932
G-2	134,000			18,858	25,637	21,568	3240	69,303	51.72	64,697	48.281
G-3	134,000			12,693	19,871	18,070	3240	53,874	40.20	80,126	59.796
G-18	134,000			12,693	20,947	18,070	3240	54,950	41.01	79,050	58.993
G-19	134,000			18,858	25,097	21,568	3240	68,763	51.32	65,237	48.684
G-20	134,000			17,931	20947	23369	3240	65,487	48.87	68,513	51.129
F20 - G20	67,000				4,619		960	5,579	8.33	61,421	91.673
F1 - G1	67,000				4,619		960	5,579	8.33	61,421	91.673
ค่าเฉลี่ย	308,656	36,059	37,311	39,801	30,090	28,544	5,924	141,873	46.02	166,783	53.98

**ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์แรงโดยใช้โปรแกรม CCT-TRUSS
สำหรับโครงหลังคา T - 1**

ชื่อโครงการ : T - 1

CCT-TRUSS

แฟ้ม : T-1.hct

วิศวกร : Civil Engineering

version 1.70

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
1	1.2500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.2500	-276.0000	-276.0000	-27.6000	-27.6000
3	1.0562	-1912.3446	-1912.3446	-191.2345	-191.2345
4	1.0469	-864.7967	-864.7967	-86.4797	-86.4797
5	1.0332	-167.6460	-167.6460	-16.7646	-16.7646
6	1.0261	203.4269	203.4269	20.3427	20.3427
7	1.0179	260.9496	260.9496	26.0950	26.0950
8	1.0127	35.8726	35.8726	3.5873	3.5873
9	1.0072	-475.5454	-475.5454	-47.5545	-47.5545
10	1.0098	-1264.1159	-1264.1159	-126.4116	-126.4116
11	1.0000	-1387.6789	-1387.6789	-138.7679	-138.7679
12	1.0000	-963.3707	-963.3707	-96.3371	-96.3371
13	1.0000	-1052.7819	-1052.7819	-105.2782	-105.2782
14	1.0000	-1571.4456	-1571.4456	-157.1446	-157.1446
15	1.0098	-396.6746	-396.6746	-39.6675	-39.6675
16	1.0072	456.2645	456.2645	45.6265	45.6265
17	1.0127	1021.8184	1021.8184	102.1818	102.1818
18	1.0179	1288.0110	1288.0110	128.8011	128.8011
19	1.0261	1257.3067	1257.3067	125.7307	125.7307
20	1.0332	898.4807	898.4807	89.8481	89.8481
21	1.0469	196.3760	196.3760	19.6376	19.6376
22	1.0562	-875.7457	-875.7457	-87.5746	-87.5746
23	1.2500	-276.0000	-276.0000	-27.6000	-27.6000
24	1.2500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

CCT-TRUSS
version 1.70
 ชื่อโครงการ : T - 1
 วิศวกร : Civil Engineering
 แฟ้ม : T-1.het

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
25	1.3865	266.2162	266.2162	26.6216	26.6216
26	1.3538	781.0416	781.0416	78.1042	78.1042
27	1.0663	-357.6292	-357.6292	-35.7629	-35.7629
28	1.0500	-1124.6797	-1124.6797	-112.4680	-112.4680
29	1.0385	-1561.5063	-1561.5063	-156.1506	-156.1506
30	1.0308	-1684.0690	-1684.0690	-168.4069	-168.4069
31	1.0198	-1514.2515	-1514.2515	-151.4252	-151.4252
32	1.0143	-1064.3196	-1064.3196	-106.4320	-106.4320
33	1.0072	-343.9670	-343.9670	-34.3967	-34.3967
34	1.0040	706.5231	706.5231	70.6523	70.6523
35	1.0018	207.7437	207.7437	20.7744	20.7744
36	1.0002	29.1481	29.1481	2.9148	2.9148
37	1.0002	29.1481	29.1481	2.9148	2.9148
38	1.0018	297.3156	297.3156	29.7316	29.7316
39	1.0040	891.0326	891.0326	89.1033	89.1033
40	1.0072	-220.7288	-220.7288	-22.0729	-22.0729
41	1.0143	-1007.2613	-1007.2613	-100.7261	-100.7261
42	1.0198	-1506.2351	-1506.2351	-150.6235	-150.6235
43	1.0308	-1712.5045	-1712.5045	-171.2505	-171.2505
44	1.0385	-1608.9020	-1608.9020	-160.8902	-160.8902
45	1.0500	-1177.5949	-1177.5949	-117.7595	-117.7595
46	1.0663	-391.9233	-391.9233	-39.1923	-39.1923
47	1.3538	781.0416	781.0416	78.1042	78.1042
48	1.3865	266.2162	266.2162	26.6216	26.6216

ชื่อโครงการ : T - 1

CCT-TRUSS

แฟ้ม : T-1.hct

วิศวกร : Civil Engineering

version 1.70

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
73	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
74	1.6008	-353.4525	-353.4525	-35.3452	-35.3452
75	2.0304	-898.4609	-898.4609	-89.8461	-89.8461
76	2.0417	2010.0994	2010.0994	201.0099	201.0099
77	2.0942	1390.0458	1390.0458	139.0046	139.0046
78	2.1471	774.0312	774.0312	77.4031	77.4031
79	2.1915	127.3513	127.3513	12.7351	12.7351
80	2.2450	-496.0165	-496.0165	-49.6017	-49.6017
81	2.2809	-1157.7389	-1157.7389	-115.7739	-115.7739
82	2.3259	-1813.6494	-1813.6494	-181.3649	-181.3649
83	2.3079	-2578.3755	-2578.3755	-257.8376	-257.8376
84	2.3893	1013.8125	1013.8125	101.3812	101.3812
85	2.4440	259.6171	259.6171	25.9617	25.9617
86	2.4440	478.1337	478.1337	47.8134	47.8134
87	2.3893	1239.2591	1239.2591	123.9259	123.9259
88	2.3079	-2720.0953	-2720.0953	-272.0095	-272.0095
89	2.3259	-1967.4154	-1967.4154	-196.7415	-196.7415
90	2.2809	-1268.1126	-1268.1126	-126.8113	-126.8113
91	2.2450	-575.5962	-575.5962	-57.5596	-57.5596
92	2.1915	87.7869	87.7869	8.7787	8.7787
93	2.1471	763.8169	763.8169	76.3817	76.3817
94	2.0942	1428.2322	1428.2322	142.8232	142.8232
95	2.0417	2075.7659 <max+>	2075.7659 <max+>	207.5766	207.5766
96	2.0304	-898.4609	-898.4609	-89.8461	-89.8461

ชื่อโครงการ : T - 1	CCT-TRUSS	แฟ้ม : T-1.hct
วิศวกร : Civil Engineering	version 1.70	

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
97	1.6008	-353.4525	-353.4525	-35.3452	-35.3452

ชื่อโครงการ : T - 1	CCT-TRUSS	แฟ้ม : T-1.hct
วิศวกร : Civil Engineering	version 1.70	

ผลลัพธ์ระยะการเคลื่อนตัว

จุดต่อที่	แกน X (cm)	แกน Y (cm)
49	0.004196	0.001919
50	0.009213	0.008307

ชื่อโครงการ : T - 1	CCT-TRUSS	แฟ้ม : T-1.hct
วิศวกร : Civil Engineering	version 1.70	

ผลลัพธ์แรงปฏิกิริยา

จุดต่อที่	แกน X (kg)	แกน Y (kg)
1	981.4237	4172.1685
2	-981.4237	3792.1380
3	0.0000	4256.0581
4	0.0000	3907.6354

**ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์แรงโดยใช้โปรแกรม CCT-TRUSS
สำหรับโครงหลังคา T - 3**

ชื่อโครงการ : T - 3

CCT-TRUSS

แฟ้ม : T3.hct

วิศวกร : Civil Engineering

version 1.70

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.0000	-262.6818	-262.6818	-26.2682	-26.2682
3	1.0000	2375.8663	2375.8663	237.5866	237.5866
4	1.0000	3847.9942	3847.9942	384.7994	384.7994
5	1.0000	4780.7606	4780.7606	478.0761	478.0761
6	1.0000	5364.8776	5364.8776	536.4878	536.4878
7	1.0000	5711.5322	5711.5322	571.1532	571.1532
8	1.0000	5906.0269 <max+>	5906.0269 <max+>	590.6027	590.6027
9	1.0000	5906.0269 <max+>	5906.0269 <max+>	590.6027	590.6027
10	1.0000	5711.5322	5711.5322	571.1532	571.1532
11	1.0000	5364.8776	5364.8776	536.4878	536.4878
12	1.0000	4780.7606	4780.7606	478.0761	478.0761
13	1.0000	3847.9942	3847.9942	384.7994	384.7994
14	1.0000	2375.8663	2375.8663	237.5866	237.5866
15	1.0000	-262.6818	-262.6818	-26.2682	-26.2682
16	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	1.0595	260.2952	260.2952	26.0295	26.0295
18	1.0500	-2548.0940	-2548.0940	-254.8094	-254.8094
19	1.0332	-4063.7556	-4063.7556	-406.3756	-406.3756
20	1.0198	-4996.7951	-4996.7951	-499.6795	-499.6795
21	1.0127	-5588.0600	-5588.0600	-558.8060	-558.8060
22	1.0072	-5940.8499	-5940.8499	-594.0850	-594.0850
23	1.0024	-6142.0197	-6142.0197	-614.2020	-614.2020
24	1.0002	-6233.2863 <max->	-6233.2863 <max->	-623.3286	-623.3286

ชื่อโครงการ : T - 3
 วิศวกร : Civil Engineering

CCT-TRUSS
version 1.70

เพิ่ม : T3.hct

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
25	1.0002	-6233.2863 <max->	-6233.2863 <max->	-623.3286	-623.3286
26	1.0024	-6142.0197	-6142.0197	-614.2020	-614.2020
27	1.0072	-5940.8499	-5940.8499	-594.0850	-594.0850
28	1.0127	-5588.0600	-5588.0600	-558.8060	-558.8060
29	1.0198	-4996.7951	-4996.7951	-499.6795	-499.6795
30	1.0332	-4063.7556	-4063.7556	-406.3756	-406.3756
31	1.0500	-2548.0940	-2548.0940	-254.8094	-254.8094
32	1.0595	260.2952	260.2952	26.0295	26.0295
33	0.7500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	1.1000	-4330.9886	-4330.9886	-433.0989	-433.0989
35	1.4200	-2902.4030	-2902.4030	-290.2403	-290.2403
36	1.6800	-2090.4216	-2090.4216	-209.0422	-209.0422
37	1.8800	-1567.0476	-1567.0476	-156.7048	-156.7048
38	2.0400	-1098.1398	-1098.1398	-109.8140	-109.8140
39	2.1600	-707.1754	-707.1754	-70.7175	-70.7175
40	2.2300	-420.1085	-420.1085	-42.0109	-42.0109
41	2.2500	-316.7186	-316.7186	-31.6719	-31.6719
42	2.2300	-420.1085	-420.1085	-42.0109	-42.0109
43	2.1600	-707.1754	-707.1754	-70.7175	-70.7175
44	2.0400	-1098.1398	-1098.1398	-109.8140	-109.8140
45	1.8800	-1567.0476	-1567.0476	-156.7048	-156.7048
46	1.6800	-2090.4216	-2090.4216	-209.0422	-209.0422
47	1.4200	-2902.4030	-2902.4030	-290.2403	-290.2403
48	1.1000	-4330.9886	-4330.9886	-433.0989	-433.0989

ชื่อโครงการ : T - 3

CCT-TRUSS

แฟ้ม : T3.hct

วิศวกร : Civil Engineering

version 1.70

ผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนที่	ความยาว (m)	แรงที่ I (kg)	แรงที่ J (kg)	หน่วยแรงที่ I (ksc)	หน่วยแรงที่ J (ksc)
49	0.7500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50	1.2500	-328.3523	-328.3523	-32.8352	-32.8352
51	1.4866	3922.4838	3922.4838	392.2484	392.2484
52	1.7368	2556.7602	2556.7602	255.6760	255.6760
53	1.9551	1823.6479	1823.6479	182.3648	182.3648
54	2.1294	1243.8262	1243.8262	124.3826	124.3826
55	2.2719	787.5700	787.5700	78.7570	78.7570
56	2.3803	462.9464	462.9464	46.2946	46.2946
57	2.4440	173.5527	173.5527	17.3553	17.3553
58	2.4440	173.5527	173.5527	17.3553	17.3553
59	2.3803	462.9464	462.9464	46.2946	46.2946
60	2.2719	787.5700	787.5700	78.7570	78.7570
61	2.1294	1243.8262	1243.8262	124.3826	124.3826
62	1.9551	1823.6479	1823.6479	182.3648	182.3648
63	1.7368	2556.7602	2556.7602	255.6760	255.6760
64	1.4866	3922.4838	3922.4838	392.2484	392.2484
65	1.2500	-328.3523	-328.3523	-32.8352	-32.8352

ชื่อโครงการ : T - 3
 วิศวกร : Civil Engineering

CCT-TRUSS
version 1.70

แฟ้ม : T3.hct

ผลลัพธ์ระยะการเคลื่อนตัว

จุดต่อที่	แกน X (cm)	แกน Y (cm)
1	0.000000	0.118465
2	0.000000	0.000000
3	-0.001251	-0.190519
4	0.010063	-0.361806
5	0.028387	-0.507473
6	0.051152	-0.623295
7	0.076699	-0.707015
8	0.103897	-0.758689
9	0.132021	-0.778511
10	0.160145	-0.758689
11	0.187343	-0.707015
12	0.212890	-0.623295
13	0.235655	-0.507473
14	0.253979	-0.361806
15	0.265293 <max.>	-0.190519
16	0.264042	0.000000
17	0.264042	0.118465
18	0.091292	0.118465
19	0.142086	-0.022686
20	0.188697	-0.210145
21	0.211818	-0.378530
22	0.215666	-0.521502
23	0.206369	-0.633963
24	0.187311	-0.714289

ชื่อโครงการ : T - 3

CCT-TRUSS

แฟ้ม : T3.hct

วิศวกร : Civil Engineering

version 1.70

ผลลัพธ์ระยะการเคลื่อนตัว

จุดต่อที่	แกน X (cm)	แกน Y (cm)
25	0.161340	-0.763150
26	0.132021	-0.781905 <max.>
27	0.102702	-0.763150
28	0.076731	-0.714289
29	0.057673	-0.633963
30	0.048376	-0.521502
31	0.052224	-0.378530
32	0.075345	-0.210145
33	0.121955	-0.022686
34	0.172750	0.118465

ชื่อโครงการ : T - 3	CCT-TRUSS	แฟ้ม : T3.het
วิศวกร : Civil Engineering	version 1.70	

ผลลัพธ์แรงปฏิกิริยา

จุดต่อที่	แกน X (kg)	แกน Y (kg)
1	0.0000	4528.0000
2	0.0000	4528.0000

ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินน้ำหนักของเสาเข็มจากค่าการทดสอบ

Grid line	การรับน้ำหนัก จิกของเสาเข็ม (kg)	การรับน้ำหนัก จากค่าการทดสอบ (kg)	การรับน้ำหนัก จิกของเสาเข็ม (kg)	การรับน้ำหนัก จากค่าการทดสอบ (kg)	คิดเป็น %
A-1	134,000	72,099	53.81	4,528	76,627
A-2	134,000	92,289	68.87		92,289
A-3	268,000	112,055	41.81	4,528	116,583
A-4	268,000	101,530	37.88		101,530
A-5	401,000	148,809	37.11	4,256	153,065
A-6	401,000	156,414	39.01	4,256	160,670
A-7	401,000	152,850	38.12	4,256	157,106
A-8	401,000	164,658	41.06	4,256	168,914
A-9	401,000	168,332	41.98	4,256	172,588
A-10	468,000	225,991	48.29	4,256	230,247
A-11	468,000	225,991	48.29	4,256	230,247
A-12	401,000	168,332	41.98	4,256	172,588
A-13	401,000	164,658	41.06	4,256	168,914
A-14	401,000	152,850	38.12	4,256	157,106
A-15	401,000	156,414	39.01	4,256	160,670
A-16	401,000	148,809	37.11	4,256	153,065
A-17	268,000	101,530	37.88		101,530

ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากโรงไฟฟ้า (ต่อ)

Grid line	การรับน้ำหนัก จิงของเสาค้ำ (kg)	การรับน้ำหนัก จากโครงสร้างอาคาร (kg)	คิลใหม่ %	การรับน้ำหนัก จากโครงสร้างหลัก (kg)	การรับน้ำหนัก ของเสาค้ำ (kg)	คิลใหม่ %
A-18	268,000	111,791	41.71	4,528	116,319	43.40
A-19	134,000	92,289	68.87		92,289	68.87
A-20	134,000	72,009	53.74	4,528	76,537	57.12
B-1	134,000	80,921	60.39	4,528	85,449	63.77
B-2	201,000	131,212	65.28		131,212	65.28
B-3	268,000	114,691	42.80	4,528	119,219	44.48
B-4	268,000	129,284	48.24		129,284	48.24
B-5	401,000	156,564	39.04	4,256	160,820	40.10
B-6	401,000	159,006	39.65	4,256	163,262	40.71
B-7	401,000	156,630	39.06	4,256	160,886	40.12
B-8	401,000	153,194	38.20	4,256	157,450	39.26
B-9	401,000	157,766	39.34	4,256	162,022	40.40
B-10	468,000	219,202	46.84	4,256	223,458	47.75
B-11	468,000	220,258	47.06	4,256	224,514	47.97
B-12	401,000	171,884	42.86	4,256	176,140	43.93
B-13	401,000	158,270	39.47	4,256	162,526	40.53
B-14	401,000	161,702	40.32	4,256	165,958	41.39

ตารางที่ 4.4 แสดงการกระจายน้ำหนักของสถานีโทรกราฟหลัก (ต่อ)

Grid line	การรับน้ำหนัก จากรอบสถานี (kg)	การกระจายน้ำหนัก จากโครงสร้างอาคาร (kg)	การรับน้ำหนัก จากโครงสร้างหลัก (kg)	การกระจายน้ำหนัก จากสถานีโทรกราฟหลัก (kg)	คิดเป็น %	
B-15	401,000	161,793	40.35	4,256	166,049	41.41
B-16	401,000	156,564	39.04	4,256	160,820	40.10
B-17	268,000	129,284	48.24		129,284	48.24
B-18	268,000	114,691	42.80	4,528	119,219	44.48
B-19	201,000	90,612	45.08		90,612	45.08
B-20	134,000	80,921	60.39	4,528	85,449	63.77
C-1	134,000	93,260	69.60	4,528	97,788	72.98
C-2	201,000	98,800	49.15		98,800	49.15
C-3	335,000	276,588	82.56	4,528	281,116	83.92
C-5	401,000	187,722	46.81	4,256	191,978	47.87
C-6	401,000	156,974	39.15	4,256	161,230	40.21
C-7	401,000	159,842	39.86	4,256	164,098	40.92
C-8	401,000	152,474	38.02	4,256	156,730	39.08
C-9	401,000	162,122	40.43	4,256	166,378	41.49
C-10	401,000	245,576	61.24	4,256	249,832	62.30
C-11	401,000	281,587	70.22	4,256	285,843	71.28
C-12	401,000	162,122	40.43	4,256	166,378	41.49

ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินน้ำหนักของเตาหมักจากไม้ไผ่ (ต่อ)

Grid line	การประเมินน้ำหนัก ถังหมัก (kg)	การประเมินน้ำหนัก จากโครงสร้างถาวร (kg)	คิดเป็น %	การประเมินน้ำหนัก จากโครงสร้างหลัก (kg)	การประเมินน้ำหนัก หมักจากไม้ไผ่หมัก (kg)	คิดเป็น %
C-13	401,000	153,542	38.29	4,256	157,798	39.35
C-14	401,000	165,434	41.26	4,256	169,690	42.32
C-15	401,000	156,974	39.15	4,256	161,230	40.21
C-16	401,000	187,722	46.81	4,256	191,978	47.87
C-18	335,000	265,566	79.27	4,528	270,094	80.63
C-19	201,000	93,490	46.51		93,490	46.51
C-20	134,000	106,190	79.25	4,528	110,718	82.63
D-1	201,000	199,595	99.30	4,528	204,123	101.55
D-2	201,000	4,512	2.25		4,512	2.25
D-3	401,000	369,202	92.07	4,528	373,730	93.20
D-5	401,000	185,300	46.21	4,256	189,556	47.27
D-6	401,000	163,440	40.76	4,256	167,696	41.82
D-7	401,000	162,876	40.62	4,256	167,132	41.68
D-8	401,000	169,713	42.32	4,256	173,969	43.38
D-9	401,000	176,610	44.04	4,256	180,866	45.10
D-10	401,000	265,861	66.30	4,256	270,117	67.36
D-11	401,000	295,560	73.71	4,256	299,816	74.77

ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินน้ำหนักของเตาหมักจากไม้ไผ่ (ต่อ)

Grid line	การประเมินน้ำหนัก จริงของเตาหมัก (kg)	การประเมินน้ำหนัก จากไม้ไผ่สำหรับเตาหมัก (kg)	คัตเปอร์ (%)	การประเมินน้ำหนัก จากไม้ไผ่สำหรับเตาหมัก (kg)	การประเมินน้ำหนักของเตาหมัก หลังจากไม้ไผ่ (kg)	คัตเปอร์ (%)
D-12	401,000	176,610	44.04	4,256	180,866	45.10
D-13	401,000	169,929	42.38	4,256	174,185	43.44
D-14	401,000	167,280	41.72	4,256	171,536	42.78
D-15	401,000	163,440	40.76	4,256	167,696	41.82
D-16	401,000	185,300	46.21	4,256	189,556	47.27
D-18	401,000	348,632	86.94	4,528	353,160	88.07
D-19	268,000	38,544	14.38		38,544	14.38
D-20	268,000	165,659	61.81	4,528	170,187	63.50
E-1	201,000	105,366	52.42	4,528	109,894	54.67
E-2	201,000	4,512	2.25		4,512	2.25
E-3	201,000	105,366	52.42	4,528	109,894	54.67
E-18	268,000	81,612	30.45	4,528	86,140	32.14
E-19	268,000	42,280	15.78		42,280	15.78
E-20	268,000	81,612	30.45	4,528	86,140	32.14
F-1	201,000	151,380	75.31	4,528	155,908	77.57
F-2	134,000	1,512	1.13		1,512	1.13
F-3	201,000	150,894	75.07	4,528	155,422	77.32

ตารางที่ 4.4 แสดงการประเมินน้ำหนักของเตาหมักในโรงหมัก (กย)

Grid line	การรับน้ำหนัก จิ้งหรีดเลี้ยง (kg)	การรับน้ำหนัก จากโครงสร้างอาหาร (kg)	การรับน้ำหนัก จากโครงสร้างหมัก (kg)	การรับน้ำหนักของเตาหมัก หลังจากไม่ไผ่ทรงหมัก (kg)	คิดเป็น %
F-18	268,000	136,977	51.11	4,528	141,505
F-19	268,000	31,862	11.89	31,862	11.89
F-20	268,000	137,463	51.29	4,528	141,991
G-1	134,000	64,411	48.07	4,528	68,939
G-2	134,000	69,303	51.72	69,303	51.72
G-3	134,000	53,874	40.20	4,528	58,402
G-18	134,000	54,950	41.01	4,528	59,478
G-19	134,000	68,763	51.32	68,763	51.32
G-20	134,000	65,487	48.87	4,528	70,015
F20 - G20	67,000	5,579	8.33	5,579	8.33
F1 - G1	67,000	5,579	8.33	5,579	8.33
ทั้งหมด	308,656	141,873	46.02	4,356	145,321
					47.22

ตารางที่ 4.5 แสดงการกระจายของพื้นที่ปลูกของพืชในแปลงปลูกพืชในแปลงปลูก

Grid line	พื้นที่ปลูกพืชในแปลงปลูก (kg)				พื้นที่ปลูกพืชในแปลงปลูก (kg)				รวม	%
	พื้นที่ 1	พื้นที่ 2	พื้นที่ 3	พื้นที่ 4	พื้นที่ 1	พื้นที่ 2	พื้นที่ 3	พื้นที่ 4		
A-1	0	0	19,875	45,659	68,859				C3	7.95
A-2	0	0	28,770	60,397	89,049				C3	10.52
A-3	32,037	63,029	89,603	112,803	217,111	217,111	217,111	217,111	C3	15.61
A-4	43,921	64,904	80,847	97,750	131,976	131,976	131,976	131,976	C4	46.50
A-5	40,622	71,173	101,724	123,297	146,153	217,111	217,111	217,111	C2	41.89
A-6	32,150	70,214	108,278	127,796	153,758	217,111	217,111	217,111	C2	43.42
A-7	32,150	66,650	104,714	124,232	150,194	217,111	217,111	217,111	C2	42.21
A-8	34,595	73,661	112,727	134,000	162,002	217,111	217,111	217,111	C2	45.53
A-9	35,810	76,646	115,130	133,620	165,676	217,111	217,111	217,111	C3	23.27
A-10	52,100	108,536	167,996	190,125	219,265	217,111	217,111	217,111	C3	33.12
A-11	52,100	108,536	167,996	190,125	219,265	217,111	217,111	217,111	C3	33.12
A-12	35,810	76,646	115,130	133,620	165,676	217,111	217,111	217,111	C3	23.27
A-13	34,595	73,661	112,727	134,000	162,002	217,111	217,111	217,111	C2	45.53
A-14	32,150	66,650	104,714	124,232	150,194	217,111	217,111	217,111	C2	42.21
A-15	32,150	70,214	108,278	127,796	153,758	217,111	217,111	217,111	C2	43.42
A-16	40,622	71,173	101,724	123,297	146,153	217,111	217,111	217,111	C2	41.89

52

52

ตารางที่ 4.5 แสดงการกระจายการรับน้ำหนักของเสาในแนวราบ (ก)

Grid line	น้ำหนักเสาและฐาน (kg)				เสา	น้ำหนักเสาและฐาน (kg)					
	ฐาน 4	ฐาน 3	ฐาน 2	ฐาน 1		ฐาน 4	ฐาน 3	ฐาน 2	ฐาน 1		
	%	check	ฐาน 1	check		ฐาน 2	check	ฐาน 3	check	ฐาน 4	
B-13	31,688	69,176	107,852	134,648	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	
B-14	31,688	67,988	106,664	133,460	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	
B-15	31,688	70,455	109,131	133,551	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	
B-16	27,353	63,848	100,343	126,443	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	น้ำหนัก	
B-17	19,488	49,632	79,776	102,000	C4	131,976	131,976	131,976	173,859	น้ำหนัก	
B-18	18,513	35,142	71,377	94,791	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	น้ำหนัก	
B-19	0	0	32,676	61,462	CY			217,111	261,695	น้ำหนัก	
B-20	0	0	26,854	57,443	C3			574,126	574,126	น้ำหนัก	
C-1	0	0	26,854	63,941	C3			574,126	574,126	น้ำหนัก	
C-2	0	0	32,676	59,338	C2			217,111	294,311	น้ำหนัก	
C-3	113,857	143,726	200,560	240,667	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	น้ำหนัก	
C-5	41,315	85,389	134,016	153,416	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	น้ำหนัก	
C-6	31,688	70,364	106,664	128,732	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	
C-7	31,688	67,988	105,476	131,600	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	
C-8	31,688	69,176	106,664	128,852	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	
C-9	31,688	70,364	109,040	135,980	C1	217,111	217,111	217,111	261,695	น้ำหนัก	

ตารางที่ 4.5 แสดงการประเมินการปนเปื้อนของสารพิษตกค้างในอาหาร (ต่อ)

Grid line	น้ำหนักอาหารแต่ละชนิด (kg)				สาร	ค่าเฉลี่ยรวม (kg)				รวม
	ชนิดที่ 4	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 1		ชนิดที่ 4	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 1	
C-10	60,963	112,879	164,795	200,221	C1	217,111	217,111	217,111	217,111	34.87
C-11	56,768	119,484	181,660	226,556	C1	217,111	217,111	217,111	217,111	39.46
C-12	31,688	70,364	109,040	135,980	C1	217,111	217,111	217,111	217,111	51.96
C-13	31,688	69,176	107,852	129,920	C1	217,111	217,111	217,111	217,111	49.65
C-14	31,688	67,988	106,664	137,192	C1	217,111	217,111	217,111	217,111	52.42
C-15	31,688	70,364	106,664	128,732	C1	217,111	217,111	217,111	217,111	49.19
C-16	41,315	85,389	134,016	153,416	C2	217,111	217,111	217,111	217,111	52.13
C-18	113,857	143,726	200,560	231,298	C2	217,111	217,111	217,111	217,111	78.59
C-19	0	0	32,676	57,748	C2			217,111	294,311	19.62
C-20	0	0	26,854	59,297	C3			574,126	574,126	10.33
D-1	0	0	81,376	152,279	C3			574,126	574,126	26.52
D-3	106,980	129,332	227,035	310,882	C3	217,111	217,111	574,126	574,126	54.15
D-5	36,280	78,207	120,702	147,185	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	50.01
D-6	32,150	70,214	108,278	134,822	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	45.81
D-7	32,150	66,650	104,714	134,258	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	45.62
D-8	34,595	73,661	112,727	139,055	C2	217,111	217,111	217,111	294,311	47.25

ตารางที่ 4.5 แสดงการกระจายน้ำหนักของสารปนเปื้อนในอาหารไก่เนื้อ (ต่อ 100 กรัม)

Grid line	น้ำหนักสารปนเปื้อน (kg)				สาร	น้ำหนักสารปนเปื้อน (kg)			
	ชนิด 4	ชนิด 3	ชนิด 2	ชนิด 1		ชนิด 4	ชนิด 3	ชนิด 2	ชนิด 1
D-9	35,810	76,646	115,130	142,636	C1	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-10	65,706	120,740	175,774	219,183	C3	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-11	61,166	125,532	189,898	240,976	C3	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-12	35,810	76,646	115,130	142,636	C1	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-13	34,595	73,661	112,727	139,271	C2	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-14	32,150	66,650	104,714	138,662	C2	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-15	32,150	70,214	108,278	134,822	C2	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-16	36,280	78,207	120,702	147,185	C2	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-18	106,980	129,332	227,575	291,266	C3	217,111	น้ำหนัก	217,111	น้ำหนัก
D-20	0	0	81,376	137,996	C3				น้ำหนัก
E-1	0	0	0	73,818	C3				น้ำหนัก
E-3	0	0	0	73,818	C3				น้ำหนัก
E-18	0	0	0	50,796	C3				น้ำหนัก
E-20	0	0	0	50,796	C3				น้ำหนัก
F-1	0	0	70,018	123,603	C3				น้ำหนัก
F-3	0	0	69,532	123,117	C3				น้ำหนัก

ตารางที่ 4.5 แสดงการตรวจสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มตอกในพื้นที่หน้าเสาเข็ม (ต่อ)

Grid line	น้ำหนักบรรทุกและฐาน (kg)				เสา	กำลังรับแรงที่เสาเข็มได้ (kg)				คิดเป็น
	ฐาน 4	ฐาน 3	ฐาน 2	ฐาน 1		ฐาน 4	ฐาน 3	ฐาน 2	ฐาน 1	
F-18	0	0	69,532	109,932	137,725	C3		574,126	574,126	19.15
F-20	0	0	70,018	110,418	138,211	C3		574,126	574,126	19.23
G-1	0	0	22,459	42,330	65,699	C3		261,695	574,126	7.37
G-2	0	0	18,858	44,495	66,063	C3		261,695	574,126	7.75
G-3	0	0	17,221	37,092	55,162	C3		261,695	574,126	6.46
G-18	0	0	17,221	38,168	56,238	C3		261,695	574,126	6.65
G-19	0	0	18,858	43,955	65,523	C3		261,695	574,126	7.66
G-20	0	0	22,459	43,406	66,775	C3		261,695	574,126	7.56
F20 - G20	0	0	0	4,619	4,619	CY			261,695	1.77
F1 - G1	0	0	0	4,619	4,619	CY			261,695	1.77
ค่าเฉลี่ย				119,779					399,129	34.98

โครงหลังคาชั้นดาดฟ้า Grid line 3-18	T-1	
ระยะห่างของโครงหลังคา T-1	=	6 m
น้ำหนักบรรทุกจร (LL)	=	50 kg/m ²
น้ำหนักหลังคา Metal Sheet	=	5 kg/m ²
น้ำหนักแป (โดยประมาณ 6-10 kg/m ²)	=	6 kg/m ²
น้ำหนักรวมทั้งหมด	=	61 kg/m ²
ความยาวของโครงหลังคา (Span) , L	=	25 m.
น้ำหนักโครงหลังคา T-1		
Wt	=	0.01W(1+0.33L)
	=	0.01 x 61 x (1 + 0.33 x 25)
	=	5.64 kg/m ²
หรือ Wt	=	0.333L + 5
	=	(0.333 x 25) + 5
	=	13.33 kg/m ²
ใช้น้ำหนักโครงหลังคา T-1	=	13 kg/m ²
น้ำหนักรวมทั้งหมด	=	74 kg/m ²
ระยะห่างแต่ละช่วง	=	1.00 m
น้ำหนักลงจุดต่อภายใน	=	74 x 6 x 1 = 446 kg
น้ำหนักลงจุดต่อภายนอก	=	74 x 6 x (1/2) = 223 kg
น้ำหนักแรงลมที่กระทำต่อโครงหลังคา		
โครงหลังคาเอียงทำมุม θ	=	$\tan^{-1}(4/12.5)$ = 17.74 deg
แรงลมที่กระทำกับอาคาร	=	100 kg/m ²
แรงลมตามแนวตั้งฉากหลังคา P_n	=	$P_0 / 45$
	=	$(100 \times 17.74) / 45$
	=	39 kg/m ²
ระยะห่างของโครงหลังคา T-1	=	6 m
น้ำหนักต่อช่วงในแนวตั้งฉากกับหลังคา	=	39 x 6 x 1 = 237 kg
น้ำหนักที่กระทำทำในแนวนิ่ง	=	237 x cos 72.26 = 72 kg
น้ำหนักที่กระทำทำในแนวราบ	=	237 x sin 72.26 = 225 kg

ตารางที่ 4.6 แสดงการหาน้ำหนักกระทำและการออกแบบแปลนเหล็กโครงหลังคา T-1 (ต่อ)

<u>ออกแบบแปลน</u>	
น้ำหนักบรรทุกจร (LL)	= 50 kg/m ²
น้ำหนักหลังคา Metal Sheet	= 5 kg/m ²
น้ำหนักแรงลม	= 39 kg/m ²
น้ำหนักรวมทั้งหมด	= 94 kg/m ²
แปรงหางกัน	= 1.00 m.
วางบนจตุรกรับที่ระยะห่าง	= 6.00 m.
แป้นมีความยาว	= 6.00 m.
น้ำหนักแปลน	= 94 x 1 = 94 kg/m
ปริมาณน้ำหนักแปลน	= 6 x 1 = 6 kg/m
รวมน้ำหนักแปลนทั้งหมด	= 94 + 6 = 100 kg/m
Wx = 100sin 17.74	= 31 kg/m θ = 17.74 deg.
Wy = 100cos 17.74	= 96 kg/m L = 6 m.
Mx = (96 x 6 ²) / 8	= 430 kg/m Fy = 2,500 kg/cm ²
My = (31 x 6 ²) / 8	= 138 kg/m Fu = 4,050 kg/cm ²
Sx = Mx / Fb	= (430 x 100) / (0.6 x 2,500) E = 2,000,000 kg/cm ²
	= 28.69 cm ³
เพิ่ม Sx ประมาณ 2 เท่า	= 57.39 cm ³
เลือกแปลนหลัก ขนาด □ - 150 x 75 x 4.5 mm	
Sx = 71.6 cm ³	Sy = 48.5 cm ³ Weight = 14.90 kg/m
Ix = 537 cm ⁴	Iy = 182 cm ⁴ A = 18.92 cm ²
Fb = 0.60Fy	= 0.6 x 2500 = 1,500 kg/cm ²
Fb = (Mx / Sx) + (My / Sy)	= (430 x 100) / 71.6 + (138 x 100) / 48.5
= 885	< 1,500 kg/cm ² ok.

ตารางที่ 4.6 แสดงการหาหน้าหนักกระทำและการออกแบบเหล็กโครงสร้างตา T-1 (ต่อ)

ตรวจสอบการโก่งตัว

- การโก่งตัวที่ขอมให้

$$\Delta_{all} = L/360 = 600/360 = 1.67 \text{ cm}$$

- การโก่งตัวที่เกิดขึ้นจริง

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5 \times 96 \times (600)^4}{384 \times 100 \times 2 \times 10^6 \times 562.76}$$

$$= 1.50 < 1.67 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

เลือกใช้เหล็กขนาด $\square - 150 \times 75 \times 4.5 \text{ mm}$

ออกแบบเหล็กยึดแป

ความยาวเหล็กยึดแป = 1.00 m (คิดตามระยะห่างของแป) จำนวน = 13 ท่อน

1. คำนวณหาน้ำหนักที่ตัวยึดแปต้องรับ

น้ำหนักในแนวตั้งของแป = $13 \times 14.90 \times (6/2) = 581 \text{ kg}$

น้ำหนักในแนวตั้งของ Metal sheet = $5 \times 13 \times (6/2) = 195 \text{ kg}$

น้ำหนักจรงในแนวตั้ง = $50 \times 13 \times (6/2) = 1,950 \text{ kg}$

น้ำหนักจากแรงลม = $39 \times 13 \times (6/2) = 1,537 \text{ kg}$

รวมน้ำหนักทั้งหมดในแนวตั้ง

น้ำหนักทั้งหมดที่ตัวยึดแปต้องรับ = $4,264 \text{ kg}$

2. คำนวณหาน้ำหนักที่ตัวยึดแปต้องรับ

เนื้อที่หน้าตัด $Ab = T/0.33Fu = 1,299/(0.33 \times 4,050) = 0.97 \text{ cm}^2$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องการ = $\sqrt{4(0.97)/\pi} = 1.11 \text{ cm}$

เพื่อทำการลิขที่ปลายอีก 1/16" หรือ 0.16 cm

ดังนั้น $d_u = 1.11 + 0.16 = 1.27 \text{ cm}$

ใช้เหล็กยึดแปขนาดเล็กที่สุดที่ขอมให้ใช้ คือ ขนาด $\varnothing 15 \text{ mm} @ 6.00 \text{ m}$

เหล็กยึดแปแขง (bracing)

ใช้เหล็กยึดแปขนาด $\varnothing 15 \text{ mm}$ เช่นเดียวกับเหล็กยึดแป โดยที่ข้างหนึ่งยึดแน่น อีกข้างหนึ่งใช้ติง (turn buckle)

ตารางที่ 4.7 แสดงการหาน้ำหนักกระทำและการออกแบบแปลเหล็กโครงหลังคา T-3 (ต่อ)

ออกแบบแปล

น้ำหนักบรรทุกจร (LL)	=	50	kg/m ²
น้ำหนักหลังคา Metal Sheet	=	5	kg/m ²
น้ำหนักแฉกม	=	20	kg/m ²
น้ำหนักรวมทั้งหมด	=	75	kg/m ²
แฉวห่างกัน	=	1.00	m.
วางบนจุดรองรับระยะห่าง	=	7.00	m.
แป้นมีความยาว	=	7.00	m.
น้ำหนักลงแป	=	75 x 1	= 75 kg/m
ประมาณน้ำหนักแป	=	6 x 1	= 6 kg/m
รวมน้ำหนักลงแปทั้งหมด	=	75 + 6	= 81 kg/m
$W_x = 81 \sin 14.04$	=	20	kg/m
$W_y = 81 \cos 14.04$	=	79	kg/m
$M_x = (79 \times 7^2) / 8$	=	483	kg/m
$M_y = (20 \times 7^2) / 8$	=	121	kg/m
$S_x = M_x / F_b$	=	$(483 \times 100) / (0.6 \times 2,500)$	$E = 2,000,000$ kg/cm ²
	=	32.20	cm ³

เพิ่ม S_x ประมาณ 2 เท่า

$$= 64.40 \text{ cm}^3$$

เลือกแปลเหล็ก ขนาด

□ - 150 x 100 x 4.5 mm

$S_x = 87.74$	cm ³	$S_y = 46.93$	cm ³	Weight =	16.62	kg / m
$I_x = 658.06$	cm ⁴	$I_y = 351.96$	cm ⁴	A =	21.169	cm ²
$F_b = 0.60 F_y$	=	0.6×2500	=	1,500	kg/cm ²	150
$F_b = (M_x / S_x) + (M_y / S_y)$	=	$(483 \times 100) / 87.7 + (121 \times 100) / 46.93$				
=	808	<	1,500	kg/cm ²	ok.	

ตารางที่ 4.7 แสดงการหาน้ำหนักกระทำได้และการออกแบบเหล็กโครงหลังคา T-3 (ต่อ)

ตรวจสอบการโก่งตัว

- การ โกงตัวที่ยอมให้

$$\Delta_{all} = L/360 = 700/360 = 1.94 \text{ cm}$$

- การ โกงตัวที่เกิดขึ้นจริง

$$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5 \times 121 \times (700)^4}{384 \times 100 \times 2 \times 10^6 \times 658.06}$$

$$= 1.87 < 1.94 \text{ cm} \quad \text{ok}$$

เลือกใช้เหล็กขนาด $\square - 150 \times 100 \times 4.5 \text{ mm} @ 1.00 \text{ m}$

ออกแบบเหล็กยึดแป

ความยาวเหล็กยึดแป = 1.00 m (คิดตามระยะห่างของแป) จำนวน = 9 ท่อน

1. คำนวณหาน้ำหนักที่ตัวยึดแปต้องรับ

น้ำหนักในแนวคั้งของแป = $9 \times 16.62 \times (7/2) = 524 \text{ kg}$

น้ำหนักในแนวคั้งของ Metal sheet = $5 \times 9 \times (7/2) = 157.5 \text{ kg}$

น้ำหนักจรในแนวคั้ง = $50 \times 9 \times (7/2) = 1,575 \text{ kg}$

น้ำหนักจากแรงลม = $20 \times 9 \times (7/2) = 639 \text{ kg}$

รวมน้ำหนักทั้งหมดในแนวคั้ง = $2,895 \text{ sin } 14.04^\circ = 2,895 \text{ kg}$

น้ำหนักทั้งหมดที่ตัวยึดแปต้องรับ = 702 kg

2. คำนวณหาน้ำหนักที่ตัวยึดแปต้องรับ

เนื้อที่หน้าตัด $A_b = T/0.33F_u = 702/(0.33 \times 4,050) = 0.53 \text{ cm}^2$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องการ = $\sqrt{4(0.53)/\pi} = 0.82 \text{ cm}$

เพื่อทำเกลียวที่ปลายอีก 1/16" หรือ 0.16 cm

ดังนั้น $d_u = 0.82 + 0.16 = 0.98 \text{ cm}$

ใช้เหล็กยึดแปขนาดเล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ คือ

ขนาด $\varnothing 15 \text{ mm} @ 700 \text{ m}$.

เหล็กยึดทแยง (bracing)

ใช้เหล็กยึดขนาด $\varnothing 15 \text{ mm}$ เช่นเดียวกับเหล็กยึดแป โดยที่ข้างหนึ่งยึดแน่น อีกข้างหนึ่งใช้จันให้ตึง (turn buckle)

ตารางที่ 4.8 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงดึง T - 1

โครงหลังคาชั้นดาดฟ้า Grid line 3 - 18			
วิธี ASD			
เหล็ก Web Chords (diagonal) , L	=	2.04	m
ขนาดแรงดึงสูงสุด (P)	=	2,075	kg
กำลังจุดคาน (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy =	1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa =	2,075 / (1,500)
	=	1.383	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หน้า 2.9 mm			
A	=	5.166 cm ²	> 1.383 cm ² ok.
Sx	=	7.114 cm ³	Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2 cm ⁴	Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007 cm	ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014 kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
L / r	=	204 / 2.007	
	=	102	< 300 ok.
รับแรงดึงได้สูงสุด	=	Fa x A	
	=	7,749	> 2,075 kg ok.
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หน้า 2.9 mm			

ตารางที่ 4.2 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงดึง T - 3

โครงหลังคาชั้นดาดฟ้า Grid line 1 - 3, 18 - 20				T - 3
วิธี ASD				
1. เหล็ก Bottom Chords , L	=	1.00	m	
ขนาดแรงดึงสูงสุด (P)	=	5,906	kg	
กำลังจุดคาน (Fy)	=	2,500	kg/cm ²	
ค่าโมดูลัสความเฉื่อย (E)	=	2,000,000	kg/cm ²	
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy =	1,500	kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa =	5,906 / (1,500)	
	=	3.937	cm ²	
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm				
A	=	5.166	cm ²	> 3.937 cm ² ok.
Sx	=	7.114	cm ³	Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2	cm ⁴	Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007	cm	ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด				
L / r	=	100 / 2.007		
	=	50	<	300 ok.
รับแรงดึงได้สูงสุด	=	Fa x A		
	=	7,749	>	5,906 kg ok.
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm				

ตารางที่ 4.9 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงดึง T - 3 (ต่อ)

วิธี LRFD				
1. เหล็ก Bottom Chords, L	=	1.00	m	
ขนาดแรงดึงสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)	=	8,268	kg	
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²	
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²	
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Fcr)	=	0.9Fy =	2,250	kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)	=	Pu / Fcr =	8,268 / (2,250)	
	=	3.67	cm ²	
เลือกเหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm				
Ag	=	5.166	cm ²	> 3.67 cm ² ok.
Sx	=	7.114	cm ³	Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2	cm ⁴	Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007	cm	ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg/m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความระมัด				
L / r	=	100 / 2.007		
	=	49.83	<	300 ok.
รับแรงดึงได้สูงสุด	=	Fcr x Ag		
	=	11,624	>	8,268 kg ok.
เลือกเหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm				

ตารางที่ 4.2 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงดึง T - 3 (ต่อ)

วิธี ASD				
2. เหล็ก Web chords (Diagonal) , L	=	1.49	m	
ขนาดแรงดึงสูงสุด (P)	=	3,922	kg	
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²	
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²	
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy = 1,500	kg/cm ²	
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa = 3,922 / (1,500)		
	=	2.615	cm ²	
เลือกใช้เหล็ก Ø 40 mm หนา 2.9 mm				
A	=	4.091	cm ²	> 2.615 cm ² ok.
Sx	=	4.412	cm ³	Sy = 4.412 cm ³
Ix	=	10.544	cm ⁴	Iy = 10.544 cm ⁴
rx	=	1.591	cm	ry = 1.591 cm
Weight	=	3.178	kg/m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความหนา				
L / r	=	149 / 1.591		
	=	94	<	300 ok.
รับแรงดึงได้สูงสุด	=	Fax A		
	=	6,137	>	3,922 kg ok.
เลือกใช้เหล็ก Ø 40 mm หนา 2.9 mm				

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T-1

โครงหลังคาชั้นคาตฟ้า Grid line 3 - 18		T - 1	
วิธี ASD			
1. เหล็ก Webs Chords (Vertical) , L	=	2.12	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)	=	2,917	kg
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy =	1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa =	2,917 / (1,500)
	=	1.94	cm ²
เลือกเหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm			
A	=	5.166 cm ²	> 1.94 cm ² ok.
S _x	=	7.114 cm ³	S _y = 7.114 cm ³
I _x	=	21.2 cm ⁴	I _y = 21.2 cm ⁴
r _x	=	2.007 cm	r _y = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg / m
ตรวจสอบอัตราส่วนความหนา			
K	=	1	
KL / r	=	105.63	< 300 ok.
C _c	=	$\sqrt{2\pi^2 E / F_y}$	= 125.66
∴ KL / r < C _c			
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้อิงอิง (Fa)	=	$\frac{[1 - 1/2 [(KL/r)/C_c]^2] F_y}{5/3 + 3/8 [(KL/r)/C_c] - 1/8 [(KL/r)/C_c]^3}$	
	=	848	kg/cm ²
รับแรงอัด ได้สูงสุด	=	F _a x A	
	=	4,378	> 2,917 kg ok.
เลือกเหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm			

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T - 1 (ต่อ)

วิธี LRFD

1. เหล็ก Webs Chords (Vertical) , L	=	2.12	m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มค่าแล้ว (Pu)	=	4,084	kg
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)	=	0.8Fy	= 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)	=	Pu / ϕ Fcr =	4,084 / 0.85(2,000)
	=	2.40	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm			
Ag	=	5.166 cm ²	> 2.40 cm ² ok.
Sx	=	7.114 cm ³	Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2 cm ⁴	Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007 cm	ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg / m
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K	=	1	
KL / r	=	105.63	< 300 ok.
λ_c	=	(KL / r) $\sqrt{F_y / E}$	= 1.19 < 1.5
λ_c^2	=	1.413	
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕ Fcr) =		$0.85(0.658^{\lambda_c^2})F_y$	
	=	1,176	kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	(ϕ Fcr)Ag	
	=	6,076	> 4,084 kg ok.
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm			

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T-1 (ต่อ)

วิธี ASD

2. เหล็ก Top chord, L	=	1.03	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)	=	1,684	kg
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy =	1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa =	1,684 / (1,500)
	=	1.12	cm ²

เลือกเหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm

A	=	5.166	cm ²	>	1.12	cm ²	ok.
S _x	=	7.114	cm ³	S _y	=	7.114	cm ³
I _x	=	21.2	cm ⁴	I _y	=	21.2	cm ⁴
r _x	=	2.007	cm	r _y	=	2.007	cm
Weight	=	4.014	kg / m				

ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด

K	=	1	
KL / r	=	51.32	< 300 ok.
C _c	=	$\sqrt{2\pi^2 E / F_y}$	= 125.66

$$\therefore KL / r < C_c$$

$$\text{หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa)} = \frac{[1 - 1/2[(KL/r)/C_c]^2] F_y}{5/3 + 3/8[(KL/r)/C_c] - 1/8[(KL/r)/C_c]^3}$$

$$= 1,265 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{รับแรงอัดได้สูงสุด} = F_{ax} A$$

$$= 6,536 > 1,684 \text{ kg ok.}$$

เลือกเหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T-1 (ต่อ)

วิธี LRFD

2. เหล็ก Top chord, L	=	1.03	m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)	=	2,358	kg
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความเฉื่อย (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมรับให้ (Fcr)	=	0.8Fy	= 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)	=	Pu / ϕF_{cr}	= 2,358 / 0.85(2,000)
	=	1.39	cm ²
เลือกให้เหล็ก	ϕ 50 mm	หนา 2.9 mm	
Ag	=	5.166	cm ² > 1.39 cm ² ok.
Sx	=	7.114	cm ³ Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2	cm ⁴ Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007	cm ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg/m

ตรวจสอบอัตราส่วนความยาว

K	=	1	
KL / r	=	51.32	< 300 ok.
λ_c	=	$(KL / r) \sqrt{F_y / E}$	= 0.58 < 1.5
λ_c^2	=	0.334	
หน่วยแรงอัดที่ยอมรับให้ (ϕF_{cr})	=	$0.85(0.658^{\lambda_c^2}) F_y$	
	=	1,848	kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	$(\phi F_{cr}) A_g$	
	=	9,547	> 2,358 kg ok.
เลือกให้เหล็ก	ϕ 50 mm	หนา 2.9 mm	

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T-1 (ต่อ)

วิธี ASD				
3. เหล็ก Bottom chords, L	=	1.06	m	
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)	=	1,912	kg	
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²	
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²	
สมบัติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy =	1,500	kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa =	1,912 / (1,500)	
	=	1.27	cm ²	
เลือกเหล็ก Ø 50 mm หน้า 2.9 mm				
A	=	5.166	cm ²	> 1.27 cm ² ok.
S _x	=	7.114	cm ³	S _y = 7.114 cm ³
I _x	=	21.2	cm ⁴	I _y = 21.2 cm ⁴
r _x	=	2.007	cm	r _y = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg/m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความหนา				
K	=	1		
KL / r	=	52.82	<	300 ok.
C _e	=	$\sqrt{2\pi^2 E / F_y}$	=	125.66
∴ KL / r < C _e				
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa) =		$\frac{[1 - 1/2[(KL/r)/C_e]^2] F_y}{5/3 + 3/8[(KL/r)/C_e] - 1/8[(KL/r)/C_e]^3}$		
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	1,256	kg/cm ²	
	=	F _a x A		
	=	6,487	>	1,912 kg ok.
เลือกเหล็ก	Ø 50 mm หน้า 2.9 mm			

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงหลังคารับอัด T - 1 (ต่อ)

วิธี LRFD

3. เหล็ก Bottom chords, L	=	1.02	m	
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)	=	2,677	kg	
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²	
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²	
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมรับให้ (Fcr)	=	0.8Fy	= 2,000	kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)	=	Pu / ϕ Fcr	= 3,042 / 0.85(2,000)	
	=	1.57	cm ²	
เลือกให้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm				
Ag	=	5.166	cm ²	> 1.57 cm ² ok.
Sx	=	7.114	cm ³	Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2	cm ⁴	Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007	cm	ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความหนา				
K	=	1		
KL / r	=	50.82	< 300	ok.
λ_c	=	(KL / r) $\sqrt{\phi F_y / E}$	= 0.57	< 1.5
λ_c^2	=	0.327		
หน่วยแรงอัดที่ยอมรับให้ (Fcr)	=	0.85(0.658 ^{λ_c^2}) Fy		
	=	1,853	kg/cm ²	
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	(ϕ Fcr) Ag		
	=	9,573	> 2,677	kg ok.
เลือกให้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm				

ตารางที่ 4.10 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T - 1 (ต่อ)

ออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด		T - 2
ขนาดของเหล็ก (T - 2) เป็นโครงช่วยค้ำยันค้ำยันโครงสร้าง (T - 1) แข็งแรงขึ้น		
ความยาว	$L =$	6 m.
ค้ำยัน	$r \geq$	$L/300$
	$r \geq$	$600/300 = 2.00$ cm.
จากตารางเหล็กเลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm (ค่า $r = 2.007$ cm)		
ส่วนเหล็กท่อนยึดแบบค้ำ และยึดยังใช้เท่ากับขนาดของเหล็ก T - 1 คือ Ø 50 mm หนา 2.9 mm		

ตารางที่ 4.11 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T - 3

โครงหลังคาชั้นดาดฟ้า Grid line 1 - 3, 18 - 20

T - 3

วิธี ASD

1. เหล็ก Top Chords, L	=	1	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)	=	6,233	kg
กำลังจุดคาน (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy =	1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Anet)	=	P / Fa =	6,233 / (1,500)
	=	4.16	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm			
A	=	5.166 cm ²	> 4.16 cm ² ok.
Sx	=	7.114 cm ³	Sy = 7.114 cm ³
Ix	=	21.2 cm ⁴	Iy = 21.2 cm ⁴
rx	=	2.007 cm	ry = 2.007 cm
Weight	=	4.014	kg / m
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K	=	1	
KL / r	=	49.83	< 300 ok.
Cc	=	$\sqrt{2\pi^2 E / Fy}$	= 125.66
∴ KL / r < Cc			
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa)	=	$\frac{[1 - 1/2 [(KL/r)/Cc]^2] Fy}{5/3 + 3/8 [(KL/r)/Cc] - 1/8 [(KL/r)/Cc]^3}$	
	=	1,274	kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	Fa x A	
	=	6,583	> 6,233 kg ok.
เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm			

ตารางที่ 4.11 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T-3 (ต่อ)

วิธี LRFD

1. เหล็ก Top Chords , L	=	1	m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)	=	8,726	kg
กำลังจุดคาน (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)	=	0.8Fy	= 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)	=	Pu / ϕ Fcr =	8,726 / 0.85(2,000)
	=	5.13	cm ²

เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm

Ag	=	5.166	cm ²	>	5.13	cm ²	ok.
Sx	=	7.114	cm ³	Sy	=	7.114	cm ³
Ix	=	21.2	cm ⁴	Iy	=	21.2	cm ⁴
rx	=	2.007	cm	ry	=	2.007	cm
Weight	=	4.014	kg / m				

ตรวจสอบอัตราส่วนความขรุขระ

K	=	1	
KL / r	=	49.83	< 300 ok.
λ_c	=	(KL / r) $\sqrt{F_y / E}$	= 0.56 < 1.5
λ_c^2	=	0.314	

หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕ Fcr) = $0.85(0.658^{\lambda_c^2})F_y$

$$= 1.863 \text{ kg/cm}^2$$

รับแรงอัดได้สูงสุด = (ϕ Fcr) Ag

$$= 9,624 > 8,726 \text{ kg ok.}$$

เลือกใช้เหล็ก Ø 50 mm หนา 2.9 mm

ตารางที่ 4.11 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T - 3 (ต่อ)

วิธี ASD				
2. เหล็ก Webs Chords (Vertical) , L	=	1.1	m	
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)	=	4,330	kg	
กำลังจุดกลาง (Fy)	=	2,500	kg/cm ²	
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²	
สมบัติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	0.6Fy	= 1,500	kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (A _{net})	=	P / Fa	= 4,330 / (1,500)	
	=	2.89	cm ²	
เลือกใช้เหล็ก Ø 40 mm หน้า 2.9 mm				
A	=	4.091	cm ²	> 2.89 cm ² ok.
Sx	=	4.412	cm ³	Sy = 4.412 cm ³
Ix	=	10.544	cm ⁴	Iy = 10.544 cm ⁴
rx	=	1.591	cm	ry = 1.591 cm
Weight	=	3.178	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความขรุขระ				
K	=	1		
KL / r	=	69.14	< 300	ok.
Cc	=	$\sqrt{2\pi^2 E / Fy}$	= 125.66	
∴ KL / r < Cc				
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa) = $\frac{[1 - 1/2[(KL/r)/Cc]^2] Fy}{5/3 + 3/8[(KL/r)/Cc] - 1/8[(KL/r)/Cc]^3}$				
	=	1,145	kg/cm ²	
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	Fa x A		
	=	4,686	> 4,330	kg ok.
เลือกใช้เหล็ก Ø 40 mm หน้า 2.9 mm				

ตารางที่ 4.11 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T - 3 (ต่อ)

วิธี LRFD

2. เหล็ก Webs Chords (Vertical) , L	=	1.1	m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลังแล้ว (Pu)	=	6,062	kg
กำลังจุดคาน (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)	=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)	=	0.8Fy	= 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)	=	Pu / ϕ Fcr	= 6,062 / 0.85(2,000)
	=	3.57	cm ²

เลือกใช้เหล็ก Ø 40 mm หน้า 2.9 mm

A	=	4.091	cm ²	>	3.57	cm ²	ok.
Sx	=	4.412	cm ³	Sy	=	4.412	cm ³
Ix	=	10.544	cm ⁴	Iy	=	10.544	cm ⁴
rx	=	1.591	cm	ry	=	1.591	cm
Weight	=	3.178	kg/m				

ตรวจสอบอัตราส่วนความระมัด

K	=	1					
KL / r	=	69.14	<	300			ok.
λ_c	=	$(KL/r)\sqrt{F_y/E}$	=	0.78	<	1.5	
λ_c^2	=	0.605					
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕ Fcr)	=	$0.85(0.658^{\lambda_c^2})F_y$					
	=	1,649	kg/cm ²				
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	$(\phi_{Fcr})Ag$					
	=	6,747	>	6,062	kg		ok.

เลือกใช้เหล็ก Ø 40 mm หน้า 2.9 mm

ตารางที่ 4.11 แสดงการออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด T-3 (ต่อ)

ออกแบบเหล็กโครงสร้างรับแรงอัด		T-4
ขนาดของเหล็ก (T-4) เป็นโครงสร้างค้ำยันโครงสร้าง (T-1) แรงงั้น		
ความยาว	$L =$	7 m.
ค้ำยัน	$r \geq$	$L/300$
	$r \geq$	$700/300 = 2.33 \text{ cm.}$
จากตารางเหล็กเลือกให้เหล็ก $\varnothing 50 \text{ mm}$ หน้า 2.9 mm (ค่า $r = 2.512 \text{ cm}$)		
ส่วนเหล็กท่อนยึดแบบค้ำ และยึดให้เท่ากับขนาดของเหล็ก T-1 คือ $\varnothing 50 \text{ mm}$ หน้า 2.9 mm		

ตารางที่ 4.12 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-1

โครงหลังคาชั้นดาดฟ้า Grid line 3 - 18				
วิธี ASD (กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ได้)				
เหล็กเสา C-1	L	=	5.75	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)		=	4,256	kg
กำลังจุดคาน (Fy)		=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)		=	0.6Fy =	1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Anet)		=	P / Fa =	4,256 / (1,500)
		=	2.837	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 100 mm ทน 4.5 mm				
A	=	15.381	cm ²	> 2.837 cm ² ok.
Sx	=	40.992	cm ³	Sy = 40.992 cm ³
Ix	=	232.221	cm ⁴	Iy = 232.221 cm ⁴
rx	=	3.849	cm	ry = 3.849 cm
Weight	=	11.951	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด				
K	=	1.2	กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ได้	
KL/r	=	179	<	300
Cc	=	$\sqrt{2\pi^2 E / Fy}$	=	125.66
∴ KL/r > Cc				
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa) = $\frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2}$				
	=	320.47		kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	Fa x A		
	=	4,929	>	4,256 kg
เลือกใช้เหล็ก Ø 100 mm ทน 4.5 mm				

ตารางที่ 4.12 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-1 (ต่อ)

<u>วิธี LRFD</u>		(กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ได้)	
เหล็กเสา C-1	L	=	5.75 m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)		=	5,958 kg
กำลังจุดกลาง (Fy)		=	2,500 kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		=	2,000,000 kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)		=	0.8Fy = 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)		=	Pu / Fcr = 5,958 / (0.85 x 2,000)
		=	2.979 cm ²
เลือกใช้เหล็ก O 100 mm หน้า 4.5 mm			
Ag =	15.381	cm ²	> 2.979 cm ² ok.
Sx =	40.992	cm ³	Sy = 40.992 cm ³
Ix =	232.221	cm ⁴	Iy = 232.221 cm ⁴
rx =	3.849	cm	ry = 3.849 cm
Weight =	11.951	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K	=	1.2	กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ได้
KL / r	=	179	< 300 ok.
λ_c	=	(KL / r) $\sqrt{F_y / E}$	= 2.02 > 1.5
λ_c^2	=	4.070	
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕ_{Fcr})	=	0.85(0.877 / λ_c^2) Fy	
	=	458	kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	(ϕ_{Fcr}) Ag	
	=	18,769	> 5,958 kg
เลือกใช้เหล็ก O 100 mm หน้า 4.5 mm			

ตารางที่ 4.12 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-1 (ต่อ)

วิธี ASD			
(กรณีจุดเคลื่อนที่ไม่ได้)			
เหล็กเสา C-1	L	= 5.75	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)		= 4,256	kg
กำลังจุดกลาง (Fy)		= 2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		= 2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)		= 0.6Fy = 1,500	kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Anet)		= P / Fa = 4,256 / (1,500)	
		= 2.837	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 100 mm หน้า 4.5 mm			
A	= 15.381	cm ²	> 2.837 cm ² ok.
Sx	= 40.992	cm ³	Sy = 40.992 cm ³
Ix	= 232.221	cm ⁴	Iy = 232.221 cm ⁴
rx	= 3.849	cm	ry = 3.849 cm
Weight	= 11.951	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K	=	0.65	กรณีจุดเคลื่อนที่ไม่ได้
KL/r	=	97	< 300 ok.
Cc	=	$\sqrt{2 \pi^2 E / Fy}$	= 125.66
KL / r < Cc			
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa) =	$[1 - 1/2 [(KL/r)/Cc]^2] Fy$		
	$5/3 + 3/8 [(KL/r)/Cc] - 1/8 [(KL/r)/Cc]^3$		
	=	924	kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	Fa x A	
	=	14,205	> 4,256 kg
เลือกใช้เหล็ก Ø 100 mm หน้า 4.5 mm			

ตารางที่ 4.12 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-1 (ต่อ)

<u>วิธี LRFD</u>		(กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ไม่ได้)	
เหล็กเสา C-1	L	=	5.75 m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)		=	5,958 kg
กำลังจุดคานง (Fy)		=	2,500 kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		=	2,000,000 kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)		=	0.8Fy = 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)		=	Pu / ϕF_{cr} = 5,958 / (0.85 x 2,000)
		=	3.505 cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 100 mm หนา 4.5 mm			
Ag	=	15.381 cm ²	> 3.505 cm ² ok.
Sx	=	40.992 cm ³	Sy = 40.992 cm ³
Ix	=	232.221 cm ⁴	Iy = 232.221 cm ⁴
rx	=	3.849 cm	ry = 3.849 cm
Weight	=	11.951 kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K	=	0.65	กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ไม่ได้
KL / r	=	97	< 300 ok.
λ_c	=	$(KL/r\pi)\sqrt{F_y/E}$	= 1.09 < 1.5
λ_c^2	=	1.194	
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕF_{cr})	=	$0.85(0.658^{\lambda_c^2})F_y$	
	=	1,289 kg/cm ²	
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	$(\phi F_{cr})A_g$	
	=	19,828	> 5,958 kg
เลือกใช้เหล็ก Ø 100 mm หนา 4.5 mm			
ดังนั้น เสาในโครงสร้างเลือกใช้เสา Ø 100 mm หนา 4.5 mm			
ไม่ว่าจุดยึดนั้นจะมีการเคลื่อนที่หรือไม่มีการเคลื่อนที่			
แรงตามแกนที่ถ่ายลงสู่เสาคอนกรีต	=	4,256	kg

ตารางที่ 4.13 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-2

โครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์				
โครงการชลประทานฝาย Grid line 1-3, 18-20				
วิธี ASD	(กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ได้)			
เหล็กเสา C-2	L	=	1.5	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)		=	4,528	kg
กำลังจุดกลาง (Fy)		=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความเฉื่อย (E)		=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)		=	0.6Fy	= 1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Anet)		=	P / Fa	= 4,528 / (1,500)
		=	3.019	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 65 mm หนา 3.25 mm				
A	=	7.346	cm ²	> 3.019 cm ² ok.
Sx	=	12.904	cm ³	Sy = 12.904 cm ³
Ix	=	48.52	cm ⁴	Iy = 48.52 cm ⁴
rx	=	2.546	cm	ry = 2.546 cm
Weight	=	7.788	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด				
K	=	1.2	กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ได้	
KL/r	=	71	<	300 ok.
Cc	=	$\sqrt{2\pi^2 E / Fy}$	=	125.66
$\therefore KL / r < Cc$				
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa)		$[1 - 1/2 [(KL/r)/Cc]^2] Fy$		
		$5/3 + 3/8 [(KL/r)/Cc] - 1/8 [(KL/r)/Cc]^3$		
		=	1,134	kg/cm ²
รับแรงอัดได้สูงสุด		=	Fax A	
		=	8,332	> 4,528 kg
เลือกใช้เหล็ก Ø 65 mm หนา 3.25 mm				

ตารางที่ 4.13 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-2 (ต่อ)

วิธี LRFD		(กรณีขีดยึดเคลื่อนที่ได้)	
เหล็กเสา C-2	L	=	1.5 m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)		=	6,339 kg
กำลังจุดกลาง (Fy)		=	2,500 kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		=	2,000,000 kg/cm ²
สมบัติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)		=	0.8Fy = 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)		=	Pu / ϕ Fcr = 6,339 / (0.85 x 2,000)
		=	3.729 cm ²
เลือกให้เหล็ก Ø 65 mm หนา 3.25 mm			
Ag =	7.346 cm ²	>	3.729 cm ² ok.
Sx =	12.904 cm ³	Sy =	12.904 cm ³
Ix =	48.52 cm ⁴	Iy =	48.52 cm ⁴
rx =	2.546 cm	ry =	2.546 cm
Weight =	7.788 kg/m		
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K =	1.2	กรณีขีดยึดเคลื่อนที่ได้	
KL/r =	71	<	300 ok.
$\lambda_c =$	$(KL/r) \sqrt{F_y/E}$	=	0.80 < 1.5
$\lambda_c^2 =$	0.633		
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕ Fcr) =	$0.85(0.658^{\lambda_c^2})F_y$		
	=	1,630 kg/cm ²	
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	$(\phi Fcr) Ag$	
	=	11,977 >	6,339 kg
เลือกให้เหล็ก Ø 65 mm หนา 3.25 mm			

ตารางที่ 4.13 แสดงการออกแบบเหล็กเสารับแรงอัด C-2 (ต่อ)

วิธี ASD				
(กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ไม่ได้)				
เหล็กเสา C-2	L	=	1.5	m
ขนาดแรงอัดสูงสุด (P)		=	4,528	kg
กำลังจุดคานง (Fy)		=	2,500	kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		=	2,000,000	kg/cm ²
สมมติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)		=	0.6Fy	= 1,500 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Anet)		=	P / Fa	= 4,528 / (1,500)
		=	3.019	cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 65 mm หน้า 3.25 mm				
A	=	7.346	cm ²	> 3.019 cm ²
Sx	=	12.904	cm ³	Sy = 12.904 cm ³
Ix	=	48.52	cm ⁴	Iy = 48.52 cm ⁴
rx	=	2.546	cm	ry = 2.546 cm
Weight	=	7.788	kg / m	
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด				
K	=	0.65	กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ไม่ได้	
KL/r	=	38	<	300 ok.
Cc	=	$\sqrt{2\pi^2 E / Fy}$	=	125.66
∴ KL/r < Cc				
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จริง (Fa) =			$[1 - 1/2 \{ (KL/r) / Cc \}^2] Fy$	
			$5/3 + 3/8 [(KL/r) / Cc] - 1/8 [(KL/r) / Cc]^3]$	
	=	1,341	kg/cm ²	
รับแรงอัดได้สูงสุด	=	Fa x A		
	=	9,853	>	4,528 kg
เลือกใช้เหล็ก Ø 65 mm หน้า 3.25 mm				

ตารางที่ 4.13 แสดงการออกแบบเหล็กสำหรับแรงอัด C-2 (ต่อ)

วิธี LRFD		(กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ไม่ได้)	
เหล็กเสา C-2	L	=	1.5 m
ขนาดแรงอัดสูงสุดที่เพิ่มกำลัง (Pu)		=	6,339 kg
กำลังจุลกลาก (Fy)		=	2,500 kg/cm ²
ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		=	2,000,000 kg/cm ²
สมบัติหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fcr)		=	0.8Fy = 2,000 kg/cm ²
พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ (Ag)		=	Pu / ϕF_{cr} = 6,339 / (0.85 x 2,000)
		=	3.729 cm ²
เลือกใช้เหล็ก Ø 65 mm หนา 3.25 mm			
Ag	= 7.346 cm ²	>	3.729 cm ²
Sx	= 12.904 cm ³	Sy	= 12.904 cm ³
Ix	= 48.52 cm ⁴	Iy	= 48.52 cm ⁴
rx	= 2.546 cm	ry	= 2.546 cm
Weight	= 7.788 kg / m		
ตรวจสอบอัตราส่วนความละเอียด			
K	= 0.65	กรณีจุดยึดเคลื่อนที่ไม่ได้	
KL / r	= 38	<	300 ok.
λ_c	= $(KL/r) \sqrt{F_y/E}$	= 0.43	< 1.5
λ_c^2	= 0.186		
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (ϕF_{cr})	= $0.85(0.658^{\lambda_c^2}) F_y$		
	= 1,966 kg/cm ²		
รับแรงอัดได้สูงสุด	= $(\phi F_{cr}) A_g$		
	= 14,443	>	6,339 kg
เลือกใช้เหล็ก Ø 65 mm หนา 3.25 mm			
ดังนั้น เสาในโครงสร้างเลือกใช้เสา Ø 65 mm หนา 3.25 mm			
ไม่ว่าจุดยึดนั้นจะมีการเคลื่อนที่หรือไม่มีการเคลื่อนที่			
แรงตามแกนที่ถ่ายลงสู่เสาคอนกรีต	= 4,528		kg

ตารางที่ 4.14 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 1

กรณีใช้การเชื่อม	ชนิดลวดเชื่อม	=	E70
กำลังจุดคาน (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
หน่วยแรงดึงประลัย	=	4,050	kg/cm ²
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Fa)	=	1,500	kg/cm ²
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	1,250	kg/cm ²

หาพื้นที่หน้าตัดสุทธิในการรับแรง			
รับส่วนเหล็ก web chords			
A	=	5.166 cm ²	หนา = 4 มม.
A _{net}	=	[(5.166 / 2) + 1/2 (5.166 / 2)]	
	=	3.87 cm ²	(รับแรงดึง)
A	=	5.166 cm ²	หนา = 4 มม.
A _{net}	=	5.166 cm ²	(รับแรงอัดจึงคิดพื้นที่เต็มทั้งหมด)
รับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords			
A	=	5.166 cm ²	หนา = 6 มม.
A _{net}	=	5.166 cm ²	(รับแรงอัดจึงคิดพื้นที่เต็มทั้งหมด)
A	=	5.166 cm ²	หนา = 6 มม.
A _{net}	=	[(5.166 / 2) + 1/2 (5.166 / 2)]	
	=	3.87 cm ²	(รับแรงดึง)
ดังนั้นแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมีดังนี้			
แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords	=	1,500 x 3.87	= 5,812 kg
แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords	=	1,250 x 5.166	= 6,458 kg
แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords	=	1,250 x 5.166	= 6,458 kg
แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords	=	1,500 x 3.87	= 5,812 kg

ตารางที่ 4.14 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 1 (ต่อ)

วิธี ASD

เลือกขนาดลวดเชื่อม 6 mm คิดต่อความยาว 1 cm

$$F_{Exx} = 4,900 \quad \text{kg / cm}^2$$

กำลังรับแรงเฉือนของลวดเชื่อม

$$P_w = (0.3F_{Exx})(0.707 \times \text{size} \times L)$$

$$= (0.3 \times 4,900) \times 0.707 \times 0.6$$

$$= 624 \quad \text{kg / cm}$$

ชิ้นส่วนเหล็ก web chords (รับแรงดึง)

เหล็กกลมขนาด $\varnothing$ = 50 mm

แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords = 5,812 kg

ความยาวรอยเชื่อม L = P / P_w

$$= 5,812 / 624$$

$$= 9.32 \quad \text{cm}$$

$$\therefore \text{ใช้ความยาวจริง} = \text{เส้นรอบรูปของเหล็ก} = 15.71 \quad \text{cm} \quad \therefore \text{ใช้} \quad 16 \quad \text{cm}$$

ชิ้นส่วนเหล็ก web chords (รับแรงอัด)

เหล็กกลมขนาด $\varnothing$ = 50 mm

แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords = 6,458 kg

ความยาวรอยเชื่อม L = P / P_w

$$= 6,458 / 624$$

$$= 10.36 \quad \text{cm}$$

$$\therefore \text{ใช้ความยาวจริง} = \text{เส้นรอบรูปของเหล็ก} = 15.71 \quad \text{cm} \quad \therefore \text{ใช้} \quad 16 \quad \text{cm}$$

ชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงอัด)

เหล็กกลมขนาด $\varnothing$ = 50 mm

แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords = 6,458 kg

ความยาวรอยเชื่อม L = P / P_w

$$= 6,458 / 624$$

$$= 10.36 \quad \text{cm}$$

$$\therefore \text{ใช้ความยาวจริง} = \text{เส้นรอบรูปของเหล็ก} = 15.71 \quad \text{cm} \quad \therefore \text{ใช้} \quad 16 \quad \text{cm}$$

ตารางที่ 4.14 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงสร้างตา T - 1 (ต่อ)

วิธี ASD				
รับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงดึง)				
เหล็กกลมขนาด Ø	=	50	mm	
แรงดึงในรับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords	=	5,812	kg	
ความยาวรอยเชื่อม	=	P / Pw		
	=	5,812 / 624		
	=	9.32	cm	
∴ ให้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	∴ ใช้	16 cm

ตารางที่ 4.14 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 1 (ต่อ)

วิธี LRFD				
เลือกขนาดลวดเชื่อม	6	mm	คิดต่อความยาว 1 cm	
F_{Exx}	=	4,900	kg / cm ²	
กำลังรับแรงเฉือนของลวดเชื่อม				
P_w	=	$(0.75)(0.6F_{Exx})(0.707 \times \text{size} \times L)$		
	=	$(0.707)(0.6)(0.75 \times 0.60 \times 4,900)$		
	=	935	kg / cm	
รับส่วนเหล็ก web chords (รับแรงดึง)				
เหล็กกลมขนาด Ø		=	50	mm
แรงดึงในรับส่วนเหล็ก Web chords , ϕP_n		=	8,718	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	8,718 / 935	
		=	9.32	cm
∴ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	= 15.71	cm
			∴ ใช้	16
				cm
รับส่วนเหล็ก web chords (รับแรงอัด)				
เหล็กกลมขนาด Ø		=	50	mm
แรงอัดในรับส่วนเหล็ก Web chords , ϕP_n		=	8,782	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	8,782 / 935	
		=	9.39	cm
∴ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	= 15.71	cm
			∴ ใช้	16
				cm
รับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงอัด)				
เหล็กกลมขนาด Ø		=	50	mm
แรงอัดในรับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords , ϕP_n		=	8,782	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	8,782 / 935	
		=	9.39	cm
∴ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	= 15.71	cm
			∴ ใช้	16
				cm

ตารางที่ 4.14 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 1 (ต่อ)

วิธี LRFD				
ชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงดึง)				
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$	=	50	mm	
แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords , ϕP_n	=	8,718	kg	
ความยาวรอยเชื่อม L	=	P / P_w		
	=	8,718 / 935		
	=	9.32	cm	
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง = เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	15.71	cm	$\therefore$ ใช้ 16 cm

ตารางที่ 4.15 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 3

กรณีใช้การเชื่อม	ชนิดลวดเชื่อม	=	E70
กำลังจุดดลาก (Fy)	=	2,500	kg/cm ²
หน่วยแรงดึงประลัย	=	4,050	kg/cm ²
หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ (Fa)	=	1,500	kg/cm ²
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (Fa)	=	1,250	kg/cm ²

หาพื้นที่หน้าตัดสุทธิในการรับแรง		$A_{net} = A_{lact} + 1/2 A_2$	
รับส่วนเหล็ก web chords			
A	=	4.091 cm ²	หน้า = 4 มม.
A_{net}	=	[(4.09 / 2) + 1/2 (4.09 / 2)]	
	=	3.07 cm ²	(รับแรงดึง)
A	=	4.091 cm ²	หน้า = 4 มม.
A_{net}	=	4.091 cm ²	(รับแรงอัดจึงคิดพื้นที่เต็มทั้งหมด)
รับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords			
A	=	5.166 cm ²	หน้า = 6 มม.
A_{net}	=	5.166 cm ²	(รับแรงอัดจึงคิดพื้นที่เต็มทั้งหมด)
A	=	5.166 cm ²	หน้า = 6 มม.
A_{net}	=	[(5.166 / 2) + 1/2 (5.166 / 2)]	
	=	3.87 cm ²	(รับแรงดึง)
คํง้นบ้นแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมีดังนี้			
แรงดึงในชั้นส่วนเหล็ก Web chords	=	1,500 x 3.07	= 4,602 kg
แรงอัดในชั้นส่วนเหล็ก Web chords	=	1,250 x 4.091	= 5,114 kg
แรงอัดในชั้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords	=	1,250 x 5.166	= 6,458 kg
แรงดึงในชั้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords	=	1,500 x 3.87	= 5,812 kg

ตารางที่ 4.15 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 3 (ต่อ)

วิธี ASD				
เลือกขนาดลวดเชื่อม	6	mm	คิดต่อความยาว 1 cm	
F_{Exx}	=	4,900	kg/cm^2	
กำลังรับแรงเฉือนของลวดเชื่อม				
P_w	=	$(0.3F_{Exx})(0.707 \times \text{size} \times L)$		
	=	$(0.3 \times 4,900) \times 0.707 \times 0.6$		
	=	624	kg/cm	
ชิ้นส่วนเหล็ก web chords (รับแรงดึง)				
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$		=	40	mm
แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords		=	4,602	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	4,602 / 624	
		=	7.38	cm
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	12.57 cm
			$\therefore$ ใช้	13 cm
ชิ้นส่วนเหล็ก web chords (รับแรงอัด)				
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$		=	40	mm
แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords		=	5,114	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	5,114 / 624	
		=	8.20	cm
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	12.57 cm
			$\therefore$ ใช้	13 cm
ชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงอัด)				
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$		=	50	mm
แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords		=	6,458	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	6,458 / 624	
		=	10.36	cm
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	15.71 cm
			$\therefore$ ใช้	16 cm

ตารางที่ 4.15 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงห้ดงกา T - 3 (ต่อ)

วิธี ASD				
จันส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงค้ดง)				
เหล็กกลมขนาด Ø	=	50	mm	
แรงค้ดงในจันส่วนเหล็ก Top & Bottom chords	=	5,812	kg	
ความยาวรอยเชื่อม	L	P / Pw		
	=	5,812 / 624		
	=	9.32	cm	
∴ ใช้ความยาวจรง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	∴ ใช้	16 cm

ตารางที่ 4.15 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 3 (ต่อ)

วิธี LRFD				
เลือกขนาดลวดเชื่อม	6	mm	คิดต่อความยาว 1 cm	
F_{Exx}	=	4,900	kg/cm ²	
กำลังรับแรงเค้นของลวดเชื่อม				
P_w	=	$(0.75)(0.6F_{Exx})(0.707 \times \text{size} \times L)$		
	=	$(0.707)(0.6)(0.75 \times 0.60 \times 4,900)$		
	=	935	kg/cm	
ชิ้นส่วนเหล็ก web chords (รับแรงดึง)				
เหล็กกลมขนาด Ø		=	40	mm
แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords , ϕP_n		=	6,904	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	13,129 / 935	
		=	7.38	cm
∴ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	12.57 cm ∴ ใช้ 13 cm
ชิ้นส่วนเหล็ก web chords (รับแรงอัด)				
เหล็กกลมขนาด Ø		=	40	mm
แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Web chords , ϕP_n		=	6,955	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	6,955 / 935	
		=	7.44	cm
∴ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	12.57 cm ∴ ใช้ 13 cm
ชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงอัด)				
เหล็กกลมขนาด Ø		=	50	mm
แรงอัดในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords , ϕP_n		=	8,782	kg
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
		=	8,782 / 935	
		=	9.39	cm
∴ ใช้ความยาวจริง	=	เส้นรอบรูปของเหล็ก	=	15.71 cm ∴ ใช้ 16 cm

ตารางที่ 4.15 ออกแบบรอยต่อเหล็กโครงหลังคา T - 3 (ต่อ)

วิธี LRFD				
รับส่วนเหล็ก Top & Bottom chords (รับแรงดึง)				
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$	=	50	mm	
แรงดึงในชิ้นส่วนเหล็ก Top & Bottom chords, ϕP_n	=	8,718	kg	
ความยาวรอยเชื่อม	=	P / P _w		
	=	8,718 / 935		
	=	9.32	cm	
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง =	เส้นรอบรูปของเหล็ก	15.71	cm	$\therefore$ ใช้ 16 cm

ตารางที่ 4.16 แสดงการออกแบบตัวยึดปลายเสา และฐานรองโครงหลังคา T - 1

เสากลม $\varnothing$ 100 mm	หนา 4.5 mm	รับน้ำหนักได้	4.256	ตัน
วางบนเสาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด	= 50 x 50	cm		
หาขนาดแผ่นเหล็ก				
หน่วยแรงอัดที่ยอมให้คอนกรีตใช้ตามมาตรฐาน AISC เมื่อ				
f'_c	= 280	kg/cm ²		
กำลังจุดกลางของเหล็ก (F_y)	= 2,500	kg/cm ²		
หน่วยแรงกดของคอนกรีตที่ยอมให้				
F_p	= 0.35 f'_c			
	= 0.35 x 280	=	98	kg/cm ²
เหล็กกลม	$\varnothing$ = 10	cm	t = 0.45	cm
เสาคอนกรีต	B = 50	cm	H = 50	cm
น้ำหนักที่ถ่ายจากเสาเหล็กสู่เสาคอนกรีต P = 4,256 kg				
1. หาขนาดของแผ่นเหล็กรองใต้เสา	โดยพิจารณาจากเนื้อที่ของแผ่นเหล็ก A_1 ที่ต้องการดังนี้			
A_1	= $[P / (0.35 f'_c)]^2 / A_2$	= $[4,256 / 98]^2 / (50 \times 50)$		
	= 0.75	cm ²		
A_1	= $[P / (0.7 f'_c)]^2$	= $4,256 / (0.7 \times 280)$		
	= 21.71	cm ²		
A_1	= $\pi D^2 / 4$			
	= 78.54	cm ²		
ดังนั้น เนื้อที่ที่ต้องการ A_1	= $B \times N$	= 78.54	cm ²	
$\therefore$ เลือกแผ่นเหล็กมีขนาด	B	= 30	cm	
	N	= 30	cm	
3. หาความหนาของแผ่นเหล็ก				
ระยะ n	= $(B/2) - (t/2) - (\varnothing/2)$	= 9.775		
ความหนาที่ต้องการ t_{min}	= $2n \sqrt{P / (B N F_y)}$			
	= $2(9.775) \sqrt{4,256 / (30 \times 30 \times 2,500)}$			
	= 0.85	cm	$\therefore$ ใช้	3 cm
เลือกใช้แผ่นรองใต้เสาขนาด 300 x 300 x 30 mm				

ตารางที่ 4.16 แสดงการออกแบบตัวยึดปลายเสา และฐานรองโครงหลังคา T-1 (ต่อ)

จากค่าที่กำหนดให้				
μ =	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของคอนกรีตสำหรับเหล็กเส้นกลมมีค่าเท่ากับ			11 kg/cm ²
f_s =	$0.5 F_y = 0.5 \times 2,500$	=	1,250 kg/cm ²	
<u>หาจำนวนสลักเกลียว</u>				
แรงเฉือนในแนวนอนมีค่าประมาณ 10 % ของแรงในแนวนอน		=	425.6 kg	
กำลังต้านทานของสลักเกลียวต่อแรงเฉือนระบายเดียว เลือกขนาด $\varnothing$		=	16 mm	
หน่วยแรงดึงสลักเกลียวที่ยอมให้ (F_t)		=	3,080 kg/cm ²	
หน่วยแรงเฉือนของสลักเกลียวที่ยอมให้ (F_v)		=	1,470 kg/cm ²	
P_v =	$\pi D^2 / 4 \times (1.6)^2 \times 1,470$			
	=	2,956 kg		
จำนวนสลักเกลียว	=	$452.8 / 2,956$	= 0.14 ตัว	$\therefore$ ใช้ 4 ตัว
ความยาว	=	$D_s / 4\mu$	= $(1.6 \times 1,250) / (4 \times 11)$	
	=	45.45 cm	$\therefore$ ใช้	46 cm
<u>ออกแบบรอยเชื่อม</u>				
ใช้ลวดเชื่อม	E70	$F_{Exx} =$	4,900 kg/cm ²	
เลือกขนาดลวดเชื่อม	6 mm	คิดต่อความยาว 1 cm		
$F_v = 0.3 F_{Exx}$	=	$0.3 \times 4,900$		
	=	1,470 kg/cm ²		
<u>กำลังรับแรงเฉือนของสวดเชื่อม</u>				
P_w =	$(0.3 F_{Exx}) (0.707 \times \text{size} \times L)$			
	=	$(0.3 \times 4,900) \times 0.707 \times 0.6$		
	=	624 kg/cm		
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$	=	100 mm	t =	4.5 mm
แรงตามแกน	=	4,256 kg		
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
	=	$4,256 / 624$		
	=	6.83 cm		
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง =	เส้นรอบรูป	=	31.42 cm	$\therefore$ ใช้ 32 cm

ตารางที่ 4.17 แสดงการออกแบบตัวยึดปลายเสา และฐานรองรับโครงหลังคา T-3

เสากลม Ø 50 mm	หนา 2.9 mm	รับน้ำหนักได้	4.528	ตัน
วางบนเสาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด	= 50 x 50	cm		
หาขนาดแผ่นเหล็ก				
หน่วยแรงอัดที่ยอมรับให้คอนกรีตใช้ตามมาตรฐาน AISC เมื่อ				
f'_c	= 280	kg/cm ²		
กำลังจุดดลากของเหล็ก (F_y)	= 2,500	kg/cm ²		
หน่วยแรงกดของคอนกรีตที่ยอมรับให้				
F_p	= 0.35 f'_c			
	= 0.35 x 280	= 98	kg/cm ²	
เหล็กกลม Ø	= 6.5	cm	t = 0.325	cm
เสาคอนกรีต B	= 50	cm	H = 50	cm
น้ำหนักที่ถ่ายจากเสาเหล็กสู่เสาคอนกรีต	P = 4,528	kg		
1. น้ำหนักที่ถ่ายจากเสาเหล็กสู่เสาคอนกรีต โดยพิจารณาจากเนื้อที่ของแผ่นเหล็ก A1 ที่ต้องการดังนี้				
A1	= $[P / (0.35f'_c)]^2 / A2$	= $[(4,528 / 98)^2] / (50 \times 50)$		
	= 0.85	cm ²		
A1	= $[P / (0.7f'_c)]$	= 4,528 / (0.7 x 280)		
	= 23.10	cm ²		
A1	= $\pi D^2 / 4$			
	= 33.18	cm ²		
ดังนั้น เนื้อที่ที่ต้องการ A1	= B x N	= 33.18	cm ²	
∴ เลือกแผ่นเหล็กมีขนาด	B = 20	cm		
	N = 20	cm		
3. หาความหนาของแผ่นเหล็ก				
ระยะ π	= (B/2) - (t/2) - (Ø/2)	= 6.588		
ความหนาที่ต้องการ t_{min}	= $2\pi \sqrt{(P / (BNF_y))}$			
	= $2(6.588) \sqrt{(4,528 / (20 \times 20 \times 2,500))}$			
	= 0.89	cm	∴ ใช้	3 cm
เลือกใช้แผ่นเหล็กมีขนาด 200 x 200 x 30 mm				

ตารางที่ 4.17 แสดงการออกแบบตัวยึดปลายเสา และฐานรองรับโครงหลังคา T-3 (ต่อ)

จากค่าที่กำหนดให้				
μ	=	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ของคอนกรีตสำหรับเหล็กเส้นกลมมีค่าเท่ากับ		11 kg/cm ²
f_s	=	$0.5 F_y = 0.5 \times 2,500$	=	1,250 kg/cm ²
หาจำนวนสลักเกลียว				
แรงเฉือนในแนวนอนมีค่าประมาณ 10 % ของแรงในแนวนอน	=	452.8	kg	
กำลังต้านทานของสลักเกลียวต่อแรงเฉือนขนาด $\varnothing$	=	16	mm	
หน่วยแรงดึงสลักเกลียวที่ยอมให้ (F_t)	=	3,080	kg/cm ²	
หน่วยแรงเฉือนของสลักเกลียวที่ยอมให้ (F_v)	=	1,470	kg/cm ²	
P_v	=	$\pi D^2 / 4 \times (1.6)^2 \times 1,470$		
	=	2,956	kg	
จำนวนสลักเกลียว	=	$452.8 / 2,956$	=	0.15 ตัว $\therefore$ ใช้ 4 ตัว
ความยาว	=	$D_s / 4 \mu$	=	$(1.6 \times 1,250) / (4 \times 11)$
	=	45.45	cm	$\therefore$ ใช้ 46 cm
ออกแบบรอยเชื่อม				
ใช้ลวดเชื่อม	E70	$F_{Exx} = 4,900$	kg/cm ²	
เลือกขนาดลวดเชื่อม	6	mm	คิดต่อความยาว 1 cm	
$F_v = 0.3 F_{Exx}$	=	$0.3 \times 4,900$		
	=	1,470	kg/cm ²	
กำลังรับแรงเฉือนของลวดเชื่อม				
P_w	=	$(0.3 F_{Exx}) (0.707 \times \text{size} \times L)$		
	=	$(0.3 \times 4,900) \times 0.707 \times 0.6$		
	=	624	kg/cm	
เหล็กกลมขนาด $\varnothing$	=	65	mm	$t = 3.25$ mm
แรงตมแกน	=	4,528	kg	
ความยาวรอยเชื่อม	L	=	P / P_w	
	=	$4,528 / 624$		
	=	7.26	cm	
$\therefore$ ใช้ความยาวจริง =	เก็บรอบรูป	=	20.42	cm $\therefore$ ใช้ 21 cm