



DESING PROJECT
(ໂກດັກອນເນກປະສົງຄໍ)

ເສນອ

ຜ.ສ. ດຣ.ມາຈຸລ ຈິරວັ້ຊຣເດ່ຍ

ຈັດທຳໄດຍ

ນາຍີນພຣັຕນ	ປີ່ມແສງ	B6506148
ນາຍັນວຽຣອນ	ແຊ່ຈຶງ	B6514594
ນາຍຄຸມິກັກ	ແກ້ວມນີ	B6531409

รายงานເລີ່ມນີ້ເປັນສ່ວນໜຶ່ງຂອງກາຮືກຂາວິຊາ 530318 ກາຮອກແບບໂຄຮສ້າງໄມ້ແລ້ວເຫັນ

ສາຂາວິຊາວິສະກະຮົມໂຍຮາ ສຳນັກວິຊາວິສະກະຮົມສາສຕ່ງ ມາຮວິທາລີຍເທັກໂນໂລຢີສູນໄວ້

ປະຈຳການກາຮືກທີ 1 ປີກາຮືກ 2567

ชื่อโครงการ	โภดังโเนกประสงค์	
ผู้จัดทำ	นายนพรัตน์ ปิชุณแสง	B6506148
	นายธนวรรธน์ แซ่จิง	B6514594
	นายภูมิภัทร แก้วมนี	B6531409
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช	

บทคัดย่อ

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา 530318 การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก เหล็กเป็นวัสดุ ก่อสร้างพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างโลกสมัยใหม่ ความแข็งแกร่ง ความทนทาน และความอนenkประสงค์ที่โดดเด่นทำให้เป็นวัสดุที่เลือกใช้สำหรับการใช้งานด้านโครงสร้างที่หลากหลาย ตั้งแต่ตระฟ้า สูงตระหง่านและสะพานที่กว้างใหญ่ไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารที่พักอาศัย เรื่องของการออกแบบเหล็กครอบคลุมหลักการ การปฏิบัติ และวิธีการใช้ในการออกแบบโครงสร้างของส่วนประกอบระบบเหล็ก โดยมอบความรู้และเครื่องมือที่จำเป็นแก่วิศวกรและสถาปนิกในการสร้างโครงสร้างที่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และสวยงามน่าพึงพอใจ ซึ่งสามารถทนต่อพลังแห่งธรรมชาติ สภาพแวดล้อม และความต้องการของชีวิต สมัยใหม่ การออกแบบเหล็กเกี่ยวข้องกับความเข้าใจที่ครอบคลุมเกี่ยวกับพฤติกรรมทางกลของเหล็กรวมถึงจุดแข็งและจุดอ่อน ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของโครงสร้างเหล็ก เป็นสิ่งสำคัญสำหรับมืออาชีพในสาขาวิศวกรรมโยธาและโครงสร้าง เช่นเดียวกับสถาปนิกและผู้เชี่ยวชาญด้านการก่อสร้าง ที่จะเชี่ยวชาญศิลปการออกแบบเหล็ก

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า	1
1.4 ระยะเวลาการศึกษาค้นคว้า	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ปัญหาและอุปสรรค	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้าง	3
2.2 มาตรฐานการคำนวณแรงลม	4
2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหมายเลข 1227-2558	5
2.4 แบบจำลองโปรแกรม SAP 2000	6
2.5 แบบจำลองโปรแกรม AutoCAD (AutoCad Ver 2022)	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	7
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	7
3.2 การคำนวณแรงลม	11
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	14
4.1 การคำนวณ Metal Sheet	14
4.2 การคำนวณ Design purin	15
4.3 การคำนวณ อะเส	16
4.4 การคำนวณ truss	17
4.5 การคำนวณ column	18
4.6 การคำนวณส่วนต่างๆของโครงสร้าง และรอยเชื่อม	19
บทที่ 5 สรุปผลดำเนินงาน	23
5.1 สรุปผลการศึกษา	23
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

โครงถัก หรือโครง Truss หรือโครงข้อหมุน ชิ้นส่วนวัสดุหลายชิ้นที่มาประกอบกันเป็นโครงถักในรูปแบบต่างๆ เป็นโครงสร้างที่เกิดขึ้นจากการนำเอาชิ้นส่วนวัสดุอย่างเหล็ก และไม้เนื้อ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างรูปทรงเลขคณิตแบบต่างๆ โดยยึดปลายทั้งสองของชิ้นส่วนต่างๆให้ยึดติดกัน และสามารถถ่ายแรงเฉือน แรงตามแนวแกน และโมเมนต์ตัดให้กันได้อย่างทั่วถึงด้วยวิธีการเชื่อม การใช้หมุดย้ำ หรือ การใช้น็อต เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา รับน้ำหนักได้มาก ให้สวยงาม และสามารถวางพาดในรูปแบบโครงสร้างช่วงพอดกواง หรือโครงสร้างช่วงยาวได้ โดยไม่ต้องมีเสาค้ำยันตรงกลาง เพื่อรองรับ荷重ในการใช้งานพื้นที่ได้สูงสุด และลดการบดบังที่ศูนย์ภาพจากเสาค้ำที่อยู่ภายใต้อาคาร

การออกแบบโครงข้อหมุนจะมีวิธีลองผิดลองถูก (Trial – Error Method) ด้วยการเลือกหน้าตัดโดยประมาณ แล้วตรวจสอบกว่าจะได้หน้าตัดที่เหมาะสมสำหรับต้านทานแรงและโมเมนต์ได้ ซึ่งขบวนการดังกล่าวจะเสียเวลาในการคำนวณ เมื่อคำนวณด้วยมือ

ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามายึดทบทวนในชีวิตประจำวันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากศักยภาพของคอมพิวเตอร์ที่สามารถเก็บข้อมูล คำนวณ ประมวลผล รวมไปถึงการแสดงผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ หากมีการประยุกต์ในทางวิศวกรรม ก็จะช่วยในการออกแบบและสามารถค้นหาข้อมูลและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณและสามารถพบจุดซึ่งผิดพลาดในการออกแบบหน้าตัดและแรงผ่านโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.เพื่อศึกษามาตรฐาน ข้อกำหนด และ วิเคราะห์โครงสร้างมาใช้ในการออกแบบ
- 2.เพื่อศึกษาและมีความเข้าใจในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเหล็ก
- 3.เพื่อให้สามารถทำแบบจำลองในการวิเคราะห์แรงลมโดยใช้โปรแกรม Sap 2000

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

- 1.ศึกษาแบบแปลนโครงสร้างเหล็ก
- 2.วิเคราะห์โครงสร้างเหล็ก
- 3.ออกแบบโครงสร้างเหล็ก
- 4.ตรวจสอบโครงสร้างเหล็กโดยใช้โปรแกรมSAP2000

1.4 ระยะเวลาการศึกษาค้นคว้า

11 กรกฎาคม – 3 ตุลาคม 2567

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.สามารถนำมาตรฐานการออกแบบมาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างได้ถูกต้อง
- 2.สามารถวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเหล็กได้
- 3.สามารถใช้โปรแกรมSAP2000 ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างได้

1.6 ปัญหาและอุปสรรค

- 1.โปรแกรมซบบเด้งหลุดขณะปฏิบัติการ

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเอกสาร งานวิจัย แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา การทำโครงการ ดังนี้

2.1 กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงาน

โครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2567

2.2 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายเลขอ 1227-2558 เหล็กรีดร้อน

2.4 แบบจำลองโครงสร้างอาคารผ่านโปรแกรมออกแบบ และวิเคราะห์โครงสร้าง 3 มิติ SAP 2000
V.25

2.5 แบบจำลองโครงสร้างอาคารผ่านโปรแกรม AutoCAD

2.1 กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงาน
โครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566

กฎกระทรวงกำหนดวัสดุฯ ฉบับนี้ประกอบด้วยหมวดต่างๆ ได้แก่ วัสดุตกแต่งพิવากยในและวัสดุตกแต่งผิวพื้นภายใน วัสดุตกแต่งพิวากยนอก หลังคา กระจก และแผ่นยิบซัม ในส่วนของวัสดุตกแต่งพิวากยใน และวัสดุตกแต่งผิวพื้นภายใน จะพิจารณาถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการ lameไฟและการกระจายของควันของวัสดุ ในส่วนของวัสดุตกแต่งพิวากยนอกและผนังภายนอก มีการคำนึงถึงการยึดเกาะกับตัวอาคารไม่ให้เกิดการร่วงหล่น การต้านทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ การต้านทานแรงลม การสะท้อนแสง เป็นต้น และมีข้อกำหนดครอบคลุมถึงแผ่นโลหะคอมโพสิตด้วย สำหรับกระจก มีการกำหนดกระจกที่ใช้เป็นผนังภายนในประตู หน้าต่าง และช่องเปิดของผนังภายนอกและผนังภายนใน กระจกที่ยึดกับหรือใช้เป็นส่วนหนึ่งของรากนตกรากบันได รวมไป การต้านทานของลมและการสะท้อนแสงของกระจกที่ใช้เป็นผนังภายนอก และกระจกที่ใช้เป็นพื้นทางเดินหรือพื้นบันไดด้วย ข้อกำหนดในหลายส่วนยังจะต้องมีการกำหนดรายละเอียดเพิ่มเติม ซึ่งกฎกระทรวงกำหนดว่าให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนด ดังนั้นก็จะต้องมีการออกแบบและคำนวณ และมาตรฐานน้ำหนักบรรทุก ของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารต่อไป

2.2 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

บส. 1311-50

**เกตเวย์ในการดำเนินงานแรงลม
และการตอบสนองของอาคาร**



กรุงศรีราชวิทยาลัยและพัฒนาเมือง

สถาบันเทคโนโลยีไทย-

ว.ศ. 2550

2.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายเลข 1227-2558 เหล็กเกรดร้อน



สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

หลักเกณฑ์เฉพาะในการตรวจสอบเพื่อการอนุญาต
สำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กโครงสร้างชุบพรมเวิร์ค์อ่อน

มาตรฐานเลขที่ นก.1227-2558

2.4 แบบจำลองโครงสร้างอาคารผ่านโปรแกรมออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้าง 3 มิติ SAP 2000 V.25

โปรแกรม SAP 2000 ซึ่งทางบริษัทเขาได้ให้คำจำกัดความว่า SAP มีความหมายถึงการวิเคราะห์โครงสร้างที่ล้ำสมัยนับตั้งแต่เปิดตัวมากกว่า 30 ปีที่แล้ว SAP2000 นั้นเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การวิเคราะห์โครงสร้างที่ซับซ้อนง่ายขึ้นอย่างมาก ใช้สำหรับงานวิศวกรรมขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม อาคารสาธารณะ สนามกีฬาและระบบสาธารณูปโภคอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้าง จากการจำลองโครงสร้างผ่านระบบกราฟฟิก 3 มิติ สามารถนำมาวิเคราะห์โครงสร้างที่มีความหลากหลายรูปแบบช่วยให้ผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถใช้จำลองระบบโครงสร้างที่เราพบเห็นได้ในปัจจุบัน โปรแกรมยังมีรูปร่างหน้าตาที่ใช้งานง่ายเป็นมิตรต่อผู้ใช้ เรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถทำการวิเคราะห์ขึ้นส่วนงานเล็กๆ เช่นจะได้แบบสันต่อวันเลยที่เดียวสามารถจำลองโครงสร้างที่มีความซับซ้อนสามารถ Mesh ขึ้นส่วนด้วยคำสั่งในโปรแกรมที่ทรงพลัง สามารถออกแบบได้อย่างสอดประสานด้วยการสร้าง Design code แบบอัตโนมัติ ได้แก่ แรงลม แรงแผ่นดินไหว ได้อย่างง่ายดาย ด้วยมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา และมาตรฐานการออกแบบของนานาชาติได้

2.5 แบบจำลองโครงสร้างอาคารผ่านโปรแกรม AutoCAD

คือโปรแกรมที่ใช้ในงานเขียนแบบ 2D และ 3D ออกแบบทางด้านวิศวกรรม งานสถาปัตยกรรม เช่น การเขียนแบบอาคาร งานเครื่องกล ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ด้วยประสิทธิภาพที่เรียบง่ายทำให้ได้รับความนิยม เป็นอันดับต้น ๆ ของโลก เป็นโปรแกรมเขียนแบบและออกแบบ (CAD) 2 มิติ ในราคายield สำหรับผู้ที่ต้องการทำงานด้านเขียนแบบ 2 มิติ เพียงอย่างเดียว ซึ่งมีความน่าเชื่อถือและการมีประสิทธิภาพของเครื่องมือ วาดภาพ 2 มิติ และออกแบบทั่วไป 2 มิติ หมายสำหรับผู้ใช้งาน CAD เช่น เขียนแบบอาคาร เขียนแบบโครงสร้าง เขียนแบบโยธา ด้วยไฟล์ DWG ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิผลของผู้ใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

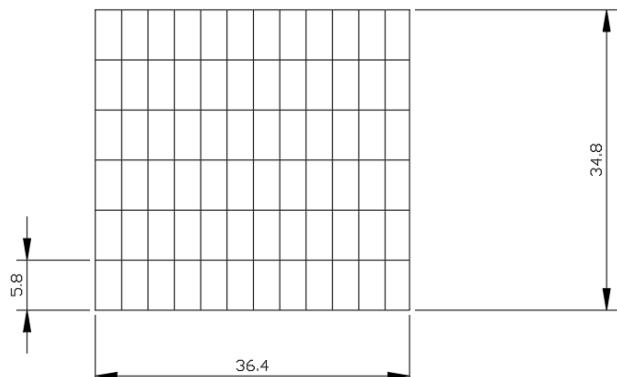
รายการคำนวณนี้อ้างตาม กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกแบบตามความพระราชบัญญัติ
ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 (มาตรฐาน NBCC 2005)

รายการคำนวณโครงสร้าง

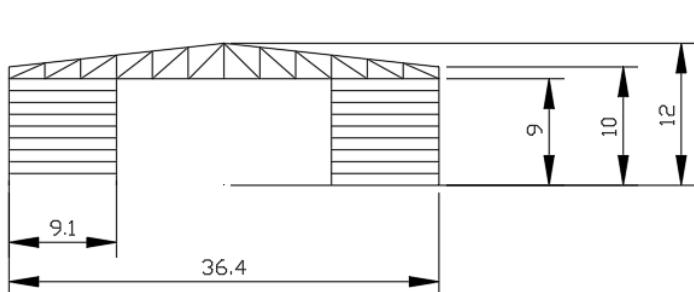
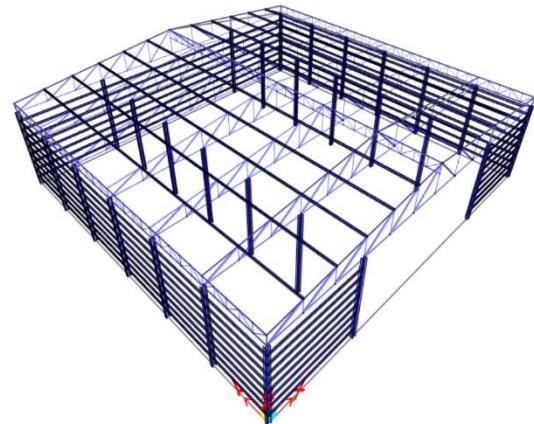
รายการคำนวณนี้อ้างตาม กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคารและลักษณะและ
คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 หมวดที่ 2 วิธีการออกแบบและคำนวณโครงสร้าง
อาคาร ตามข้อที่ 6 และข้อที่ 7 ,หมวด 3 ข้อที่ 11 น้ำหนักบรรทุก

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

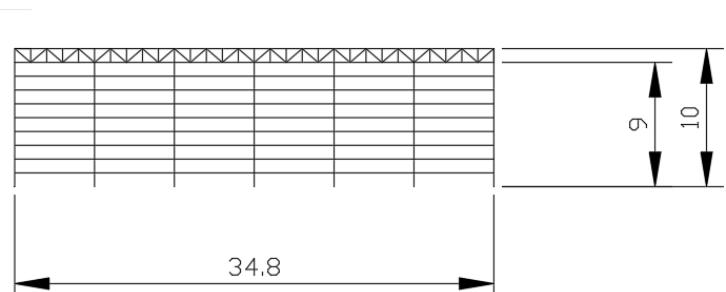
โครงสร้างที่ออกแบบ



Top View

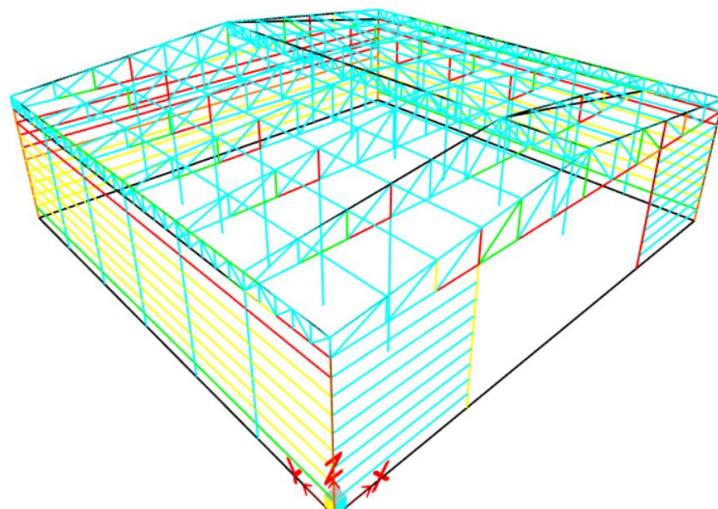


Front View

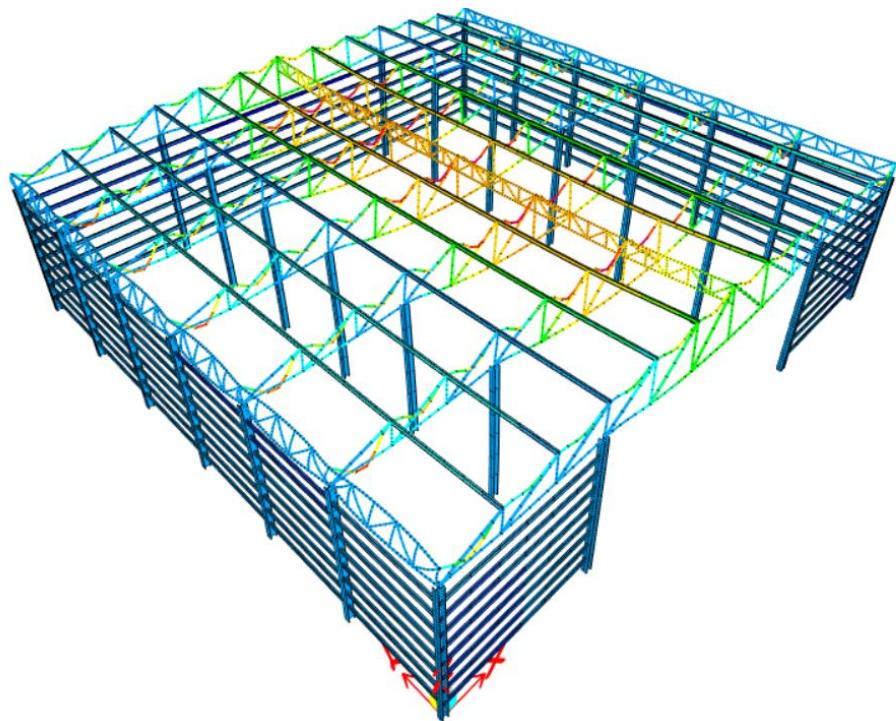


Side View

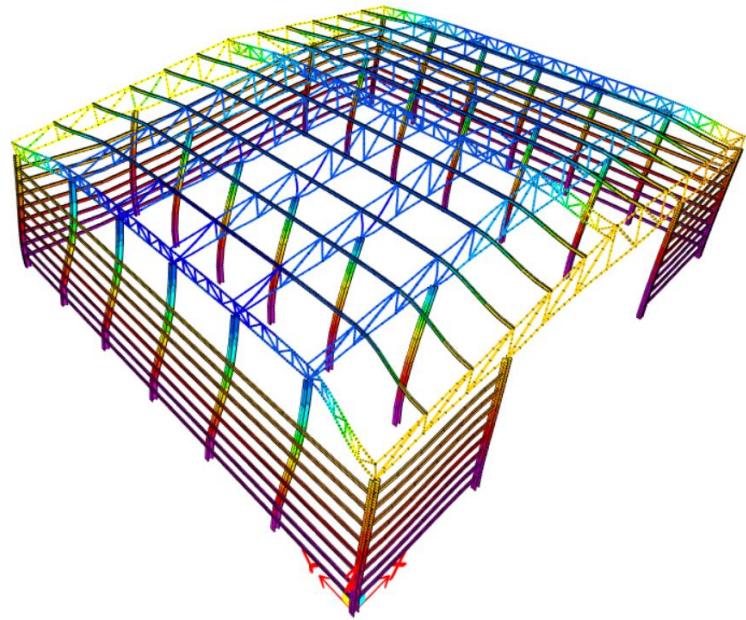
ภาพแสดงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม



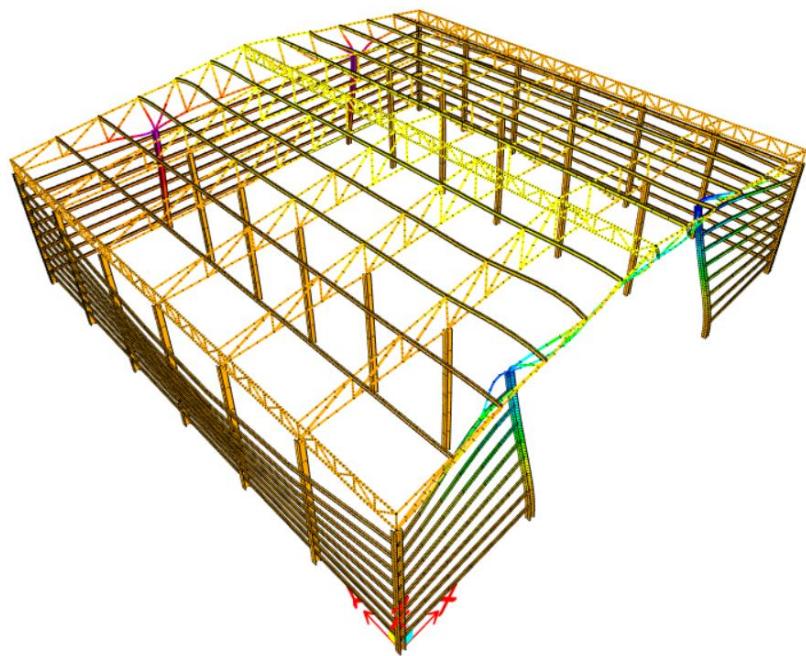
รูปแสดงการวิเคราะห์หน้าตัดเหล็ก



รูปแสดงผลการทรุดตัวในแนวแกน Z



รูปแสดงผลการทรุดตัวในแนวแกน Y



รูปแสดงผลการทรุดตัวในแนวแกน X

ข้อมูลอาคาร

ตำแหน่งที่ตั้ง : จังหวัดนครราชสีมา ($V=25 \text{ m/s}$)

สภาพการเปิดโล่ง : สภาพภูมิประเทศแบบโล่ง (A)

ขนาดอาคาร : ขนาดกับสันหลังคา 34.8 เมตร

ตั้งฉากกับสันหลังคา 36.4 เมตร

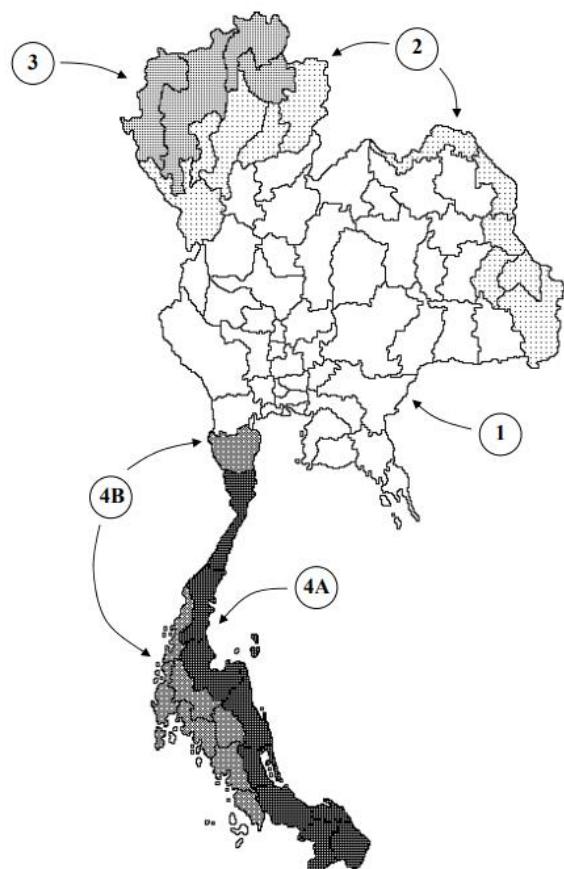
ความชันของหลังคา 2 :18.2 (6.27 องศา)

ความสูงชายคา 10 เมตร

ความสูงเฉลี่ย 9 เมตร

ความสำคัญอาคาร : อาคารปกติ ($I_w = 1.0$)

ช่องเปิดอาคาร : อาคารทึบบางส่วน (กรณีที่ 2)



การจำแนกและการแบ่งกثุ่มความเร็วลมอ้างอิงแสดงในรูป ก.1 และตาราง ก-1 กทุ่มความเร็วลม
อ้างอิงเมื่องานนน ๕ กทุ่ม ได้แก่

กทุ่มที่ 1	$V_{50} = 25 \text{ เมตร ต่อ วินาที: } T_F = 1.0$
กทุ่มที่ 2	$V_{50} = 27 \text{ เมตร ต่อ วินาที: } T_F = 1.0$
กทุ่มที่ 3	$V_{50} = 29 \text{ เมตร ต่อ วินาที: } T_F = 1.0$
กทุ่มที่ 4A	$V_{50} = 25 \text{ เมตร ต่อ วินาที: } T_F = 1.2$
กทุ่มที่ 4B	$V_{50} = 25 \text{ เมตร ต่อ วินาที: } T_F = 1.08$

3.2 การคำนวณแรงลม

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม

$$q = \frac{1}{2}(p/g)v^2 \quad \text{เมื่อ } Pa \text{ หรือ } r = 1.25 \text{ kg/m}^3 \text{ (ความหนาแน่นอากาศ)}$$

$$= \frac{1}{2}(1.25)(25)^2 = 390.6 \text{ N/m}^2$$

ตัวคูณสภาพการเปิดโล่ง (C_e)

$$C_e = \left(\frac{Z}{10}\right)^{0.2} = \left(\frac{9}{10}\right)^{0.2} = 0.98$$

แรงดันลมภายในอาคาร

ตัวคูณลมกระโโซกภายในอาคารใช้ค่า $C_{gi} = 2.0$

อาคารปิดทึบ $C_{pi} = -0.45, +0.3$

ดังนั้นความดันลมภายในอาคารมีค่าเท่ากับ

$$P_i = Lw q C_e C_g C_p = 1.0 \times 390.6 \times 0.98 \times 2.0 \times (-0.45) = -344.51 \text{ N/m}^2$$

แรงดันลมภายนอกอาคารและความดันลมสุทธิ

พิจารณาความกว้าง y ของพื้นที่ขอบอาคาร:

ระยะ y = ค่าที่มากกว่าระหว่าง 9m และ 2z

ระยะ z = ค่าที่น้อยกว่า 10% ของความกว้างด้านที่แคบทที่สุดของอาคาร และ 40% ของความสูง (แต่ต้องไม่น้อยกว่า 4 % ของดินที่แคบที่สุด และไม่น้อยกว่า 1m)

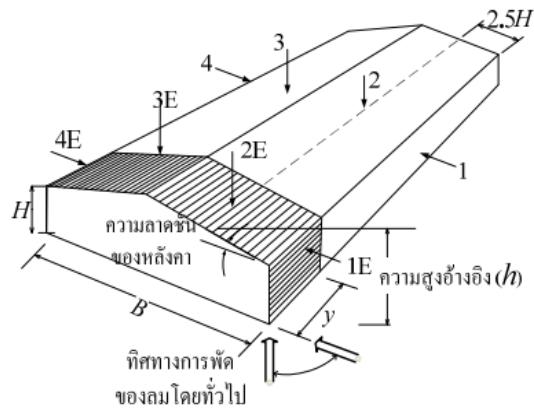
ดังนั้น $z = 3.63 \text{ m}$

ระยะ y = ค่าที่มากกว่าระหว่าง 9m และ $2z = 2(3.63) = 7.26 \text{ m}$

ดังนั้น $y = 9 \text{ m}$

สัมประสิทธิ์ความดันลมภายนอก (C_p)

1. พิจารณาหาผลคูณสัมประสิทธิ์ $C_p C_g$ สำหรับอาคารเตี้ยกรณีลมพัดตั้งฉากกับสันหลังคาได้



กรณีที่ 1 ทิศทางลมตั้งฉากกับสันหลังคา

ค่าผลคูณ $C_p C_g$ บนพื้นผิวต่างๆ ของอาคาร คือ

ความลาดชัน หลังคา	พื้นที่ผิวอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0-20 องศา	1.0	1.25	-1.3	-2.0	-0.9	-1.3	-0.8	-1.2

สำหรับอาคารนี้อัตราส่วน $\frac{B}{H} = \frac{36.4}{9} = 4.04 < 5$ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบบนพื้นผิว 3.63 เมตร และ 2E ใช้ได้ตามปกติ

แรงดันลมภายนอกอาคารจะมีค่าเท่ากับ

$$P_i = Lw q C_e C_g C_p = (1)(390.6)(0.98)C_g C_p = 382.79 C_g C_p$$

$$\text{แรงดันลมสุทธิ } (P_{net}) = P + P_i$$

เมื่อแทนค่า $C_p C_g$ ลงในสมการแรงดันลมภายนอกและแรงดันลมสุทธิสำหรับกรณีที่ 1

พื้นผิวอาคาร	แรงดันลมภายนอก (N/m ²)	แรงดันสูญญี่(N/m ²)	
		แรงดันภายในบวก	แรงดันภายในลบ
1	383	38	728
1E	574	229	919
2	-498	-843	-153
2E	-766	-1111	-421
3	-345	-690	0
3E	-498	-843	-153
4	-306	-651	39
4E	-459	-804	-114

กรณี 2 ทิศทางลมขานกับลังกา

ความลาดชัน ของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0 ถึง 90องศา	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

แรงดันลมภายนอกอาคารมีค่าเท่ากับ $P_i = Lw q Ce Cg Cp = (1)(390.6)(0.98)CgCp = 382.79CgCp$

$$\text{แรงดันลมสุทธิ } (P_{net}) = P + P_i$$

เมื่อแทนค่า $C_p C_g$ ลงในสมการแรงดันลมภายนอกและแรงดันสูญญี่สำหรับกรณีที่ 2

พื้นผิวอาคาร	แรงดันลมภายนอก (N/m ²)	แรงดันสูญญี่(N/m ²)	
		แรงดันภายในบวก	แรงดันภายในลบ
1	-325	-670	20
1E	-345	-690	0
2	-498	-843	-153
2E	-766	-1111	-421
3	-268	-613	77
3E	-383	-728	-38
4	-325	-670	20
4E	-345	-690	0
5	287	-58	632
5E	440	95	785
6	-211	-556	134
6E	-306	-651	39

บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

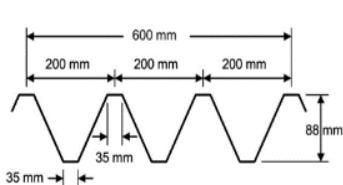
ออกแบบโครงสร้างมุ่งหลังคา (Metal Sheet)

วัสดุมุง METAL SHEET มีข้อมูลดังแสดงข้างล่าง (การเอ่นตัว Δ/L ต้องไม่เกิน 1/300) ระยะแบ่ง 1.5 เมตร

1) คุณสมบัติเหล็ก

กำลังคราก $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$, โมดูลัสยืดหยุ่น $E = 2.10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

2) แผ่นเหล็กกรีดลอน Metal sheet



ความหนาแผ่น	$(t) = 0.5 \text{ mm}$
น้ำหนักหน้าตัด	$(Wd) = 5.15 \text{ kg/m}^2$
โมเมนต์อินเนอร์เชีย (I_x)	$= 47.12 \text{ cm}^4$
โมดูลัสหน้าตัด	$(S_x) = 13.00 \text{ cm}^3$

4.1 การคำนวณ Metal Sheet

$$\text{Live load} = 50 \text{ kg/m}^2 = 0.491 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dead load} = 6.45 \text{ kg/m}^2 = 0.0633 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Wind load} = 1.11 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักร่วมกรณี 1 : } 1.4D + 1.7L = 1.4(0.0633) + 1.7(0.491) = 0.923 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{น้ำหนักร่วมกรณี 2 : } 0.75(1.4D + 1.7L) + 1.6W = 0.75(0.923) + 1.6(1.11) = 2.47 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Max Mu} = (2.47 + 2.5^2)/8 = 1.09 \text{ kN}$$

$$\text{Moment strength : } M_n = F_y S_x = 2500 \text{ kg/cm}^2 \times 13.00 \text{ cm}^3 = 3.25 \text{ kN-m}$$

$$\emptyset M_n = (0.9)(3.25) = 2.925 \text{ kN*m} > Mu$$

Check Deflection

$$\text{Max Deflection } \Delta_{\max} = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5(247 \times 10^{-2})(250)^4}{384(2.1 \times 10^6)(60.80)} = 0.01 \text{ cm}$$

$$\text{การเอ่นตัวที่ยอมให้ } \Delta_{\text{allow}} = \frac{L}{300} = \frac{250}{300} = 0.83 \text{ cm} > \Delta_{\max} \text{ OK.}$$

4.2 การคำนวณ Design purin

Span L = 5.8 m

ระยะห่างแป๊ S = 3.052 m

Slope หลังคา $\theta = 6.27^\circ$

น้ำหนัก gw สดุมุง $W_D = 6.45 \text{ kg/m}^2$

น้ำหนัก $W_L = 50 \text{ kg/m}^2$

แรงดันลม $W_w = 111 \text{ kg/m}^2$

สมมุติน้ำหนักแป๊ = 10 kg/m^2

$$W_u = 0.75(1.4(16.45) + 1.7(50)) + 0.16(111) = 276 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{ux} = 276 \sin 6.27^\circ = 30.14 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{uy} = 276 \cos 6.27^\circ = 274.35 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ux} = (30.14 \times 5.8^2)/8 = 126.75 \text{ kg/m}$$

$$M_{uy} = (274.35 \times 5.8^2)/8 = 1153.64 \text{ kg/m}$$

$$\text{Required } Z_x = \frac{M_{ux}}{\phi_b F_y} = \frac{(1153.64)(100)}{(0.9)(2500)} = 51.27 \text{ cm}^3$$

Select C200x75x3.2 mm ($S_x = 71.6 \text{ cm}^3$, $S_y = 15.8 \text{ cm}^3$, $I_x = 716 \text{ cm}^4$,

$I_y = 84.1 \text{ cm}^4$, น้ำหนัก = 9.52 kg/m)

$$M_{px} = F_y Z_x = (2500)(71.6)/100 = 1790 \text{ kg*m}$$

$$M_{py} = F_y Z_y = (2500)(15.8)/100 = 395 \text{ kg*m}$$

$$\text{Check Moment strength} = \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} < 1.0$$

$$M_{cx} = \phi_b M_{px} = (0.9)(1790) = 1611 \text{ kg*m}$$

$$M_{cy} = \phi_b M_{py} = (0.9)(395) = 356 \text{ kg*m}$$

$$\frac{1153.64}{1611} + \frac{126.75}{356} = 0.985 < 1.0 \text{ OK}$$

Check Deflection ($I_x = 716 \text{ cm}^4$)

$$\Delta_{\max} = \frac{5W_L L^4}{384EI} = \frac{5(50/100)(580)^4}{384(2.1 \times 10^6)(716)} = 0.49 < \left(\frac{580}{180} = 3.22 \text{ cm}\right) \text{ OK}$$

4.3 การคำนวณอะเสส

คานหน้าตัด W175x175x40.2

พื้นที่หน้าตัด $A = 51.21 \text{ cm}^2$

โมดูลัสหน้าตัด $S_x = 330 \text{ cm}^3$

ความยาวกำลังตัด $L_p = 2.20 \text{ m}$, $L_r = 9.59 \text{ m}$

น้ำหนักบรรทุกคูณเพิ่มที่ต้องการ (ยังไม่รวมน้ำหนักคน)

$$W_u = 1.4 W_u + 1.7 W_L = 1.4(6.45) + 1.7(50) = 94.03 \text{ kg/m}^2$$

ถ้าเราทำจัดรองรับปลายการเป็นจุดหมุน โมเมนต์ดัดคูณที่เกิดขึ้น

$$M_u = \frac{1}{8} W_u L^2 = \frac{1}{8} (0.09403)(5.8)^2 = 0.395 \text{ t*m}$$

สำหรับคานที่มีการรองรับด้านข้างเต็มที่ โมดูลัสหน้าตัดพลาสติก Z_x

$$Z_u = \frac{M_n}{F_y} = \frac{M_n/\phi b}{F_y} = \frac{(0.395 \times 10^5)/0.9}{2500} = 17.57 \text{ cm}^3$$

คิดน้ำหนักคนเพิ่ม 40.2 kg/m

$$M_u = 0.395 + \frac{(1.2)(0.0402)(5.8)^2}{5.8} = 0.67 \text{ t*m}$$

กำลังโมเมนต์ออกแบบ

$$\emptyset_b M_n = \emptyset_b F_y Z_x = (0.9)(2.5) \left(\frac{330}{100} \right) = 7.425 \text{ t*m} > Mu \text{ OK}$$

กำลังเฉือนคูณเพิ่มที่ต้องการคือ

$$V_u = \frac{W_u L}{2} = \frac{(0.09043+1.2*0.0402)(5.8)}{2} = 0.41 \text{ t}$$

ตรวจสอบกำลังเฉือนของหน้าตัด : W175x175x40.2 ($d = 17.5 \text{ cm}$, $t_w = 7.5 \text{ mm}$, $t_f = 11 \text{ mm}$)

ตรวจสอบอัตราส่วนความชี้สูดของแผ่นเอว

$$h = d - 2t_f = 17.5 - 2(1.1) = 15.3 \text{ cm}$$

$$h/t_f = 15.3/0.75 = 20.4$$

$$C_v = 1.0, \emptyset_v = 1.00 \text{ และ } \Omega = 1.50$$

พื้นที่เอว $A_w = dt_w = (17.5)(0.75) = 13.125 \text{ cm}^2$

กำลังเฉือนระบุ $V_n = 0.6F_y A_w C_v = 0.6(2.5)(13.125)(1.0) = 19.69t$

แรงเฉือนออกแบบ $\emptyset_{\nu} V_n = (1.0)(19.69) = 19.69 t > V_u$ ที่ต้องการ

$$\text{ค่าการแอลอนตัวหนักที่ยอมให้ } \frac{L}{360} = \frac{560}{360} = 1.55 \text{ cm}$$

$$\Delta L = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5(50/100)(560)^4}{384(2.1 \times 10^6)(4980)} = 0.063 \text{ cm} < 1.55 \text{ cm}$$

4.4 การคำนวณ truss

Maximum forces in member

Top chord : $P_D = -1567 \text{ kg}$ $P_L = -1559 \text{ kg}$ $L = 3.05 \text{ m}$

Bottom chord : $P_D = 926 \text{ kg}$ $P_L = 972 \text{ kg}$ $L = 2.33 \text{ m}$

Vertical & Diagonal : $P_D = -2082 \text{ kg}$ $P_L = -2036 \text{ kg}$ $L = 3.83 \text{ m}$

Bottom chord Design

$$P_u = 1.4D + 1.7L = 1.4(926) + 1.7(972) = 2949 \text{ kg}$$

$$A_{reqd} = \frac{P_u}{\emptyset_t F_y} = \frac{2.949}{0.9(2.5)} = 1.31 \text{ cm}^2$$

$$\text{Required } r_{min} = \frac{L}{300} = \frac{233}{300} = 0.78 \text{ cm}$$

เลือก PIPE $\emptyset 2$ (48.6) ($A_g = 4.029 \text{ cm}^2$, $r = 5.68 \text{ cm}$)

$$\emptyset t P_n = \emptyset t F_y A_g = 0.9(2500)(4.029) = 9065 \text{ kg} > 2949 \text{ kg}$$

Top chord Design

$$P_u = 1.4D + 1.7L = 1.4(1567) + 1.7(1559) = 4844 \text{ kg}$$

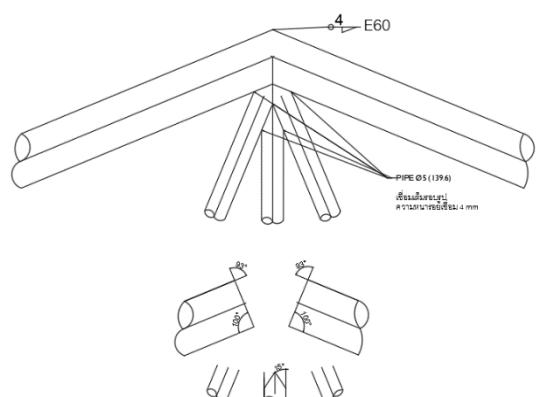
$$A_{reqd} = \frac{P_u}{\emptyset t F_y} = \frac{4.844}{0.9(2.5)} = 2.69 \text{ cm}^2$$

$$\text{Required } r_{min} = \frac{L}{200} = \frac{305}{200} = 01.525 \text{ cm}$$

เลือก PIPE $\emptyset 3*1/2$ (89.1) ($A_g = 7.591 \text{ cm}^2$, $r = 3.05 \text{ cm}$)

$$\emptyset t P_n = \emptyset t F_y A_g = 0.9(1487)(7.591) = 10159 \text{ kg} > 4844 \text{ kg}$$

Vertical & Diagonal



$$P_u = 1.4D + 1.7L = 1.4(2082) + 1.7(2036) = 6376 \text{ kg}$$

$$A_{reqd} = \frac{P_u}{\phi_t F_y} = \frac{6.376}{0.9(2.5)} = 3.54 \text{ cm}^2$$

$$\text{Required } r_{min} = \frac{L}{200} = \frac{383}{200} = 1.915 \text{ cm}$$

เลือก PIPE Ø5 (139.7) ($A_g = 17.05 \text{ cm}^2$, $r = 4.80 \text{ cm}$)

$$hL/r = 383/4.8 = 80 \rightarrow F_{cr} = 1793 \text{ ksc}$$

$$\phi t P_n = \phi t F_y A_g = 0.9(1793)(17.05) = 27514 \text{ kg} > 6376 \text{ kg}$$

4.5 การคำนวณ Column

หน้าตัด W300x300x94 ($A_g = 119.8 \text{ cm}^2$, $I_x = 20400 \text{ cm}^4$, $I_y = 6750 \text{ cm}^4$, $r_x = 13.1 \text{ cm}$, $r_y = 7.51 \text{ cm}$, $Z_x = 1360 \text{ cm}^3$, $Z_y = 450 \text{ cm}^3$, $L_p = 3.78 \text{ m}$, $L_r = 13.48 \text{ m}$, $M_p = 36.6 \text{ t-m}$, $M_r = 23.8 \text{ t-m}$)

ความยาวเสา $L = 9 \text{ m}$

น้ำหนักบรรทุกคูณเพิ่ม

$$P_u = 1.4(2.767) + 1.7(3.452) = 9.742 \text{ t-m}$$

$$M_{ux} = 1.4(0.01205) + 1.7(0.009) = 0.032 \text{ t*m}$$

กำลังอัดตามแนวแกนระบุ P_n

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{(0.8)(900)}{13.1} = 55$$

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{(0.8)(900)}{7.51} = 96 \text{ Control}$$

จากตาราง B-2 ได้ $F_{cr} = 1549 \text{ kg/cm}^2$

$$\phi c P_n = \phi c F_{cr} A_g = (0.9)(1.549)(119.8) = 167 \text{ t}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c F_y} = \frac{9.742}{167} = 0.06 < 0.20$$

กำลังโมเมนต์ดีดระบุ M_n

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_p = F_y Z_x = \frac{2.5 \times 1360}{100} = 34 \text{ t-m}$$

$$M_n = 1.0 \left[34 - (34 - 0.7(2.5)(1360/100))(\frac{900-378}{1348-378}) \right] = 28.51$$

ไมเมนต์ออกแบบ

$$\emptyset b M_n = 0.9(28.51) = 25.66 \text{ t-m}$$

$$\text{ดังนั้นใช้สมการ } \frac{P_r}{2P_r} + \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \leq 1$$

$$\frac{0.06}{2} + \frac{0.032}{25.66} + 0 = 0.03 \leq 1 \text{ OK}$$

4.6 การคำนวณส่วนต่างๆของโครงสร้าง และรอยเชื่อม Connection (อะเส ลงเสา)

องค์อาคารและแรงกระทำ

หน้าตัดเสา W300x300x94 (H = 300 mm , B = 300 mm , tf = 15 mm , tw = 10 mm)

หน้าตัดอะเส W175x175x40.2 (H = 175 mm , B = 175 mm , tf = 11 mm , tw = 7.5 mm)

หน้าตัดฉาก Z-L100x100x10 (B = 100 mm , t=10 mm, เหล็กฉากคู่)

ชนิดรอยเชื่อม E60 ขนาด 6 mm รอยเชื่อมที่เอว Hasan L=20 cm

แรงกระทำ R = 0.21 ton ระยะช่องว่าง a = 1.5 cm

การคำนวณออกแบบรอยเชื่อมอะเส

$$\text{Welds on Beam web : x bar } (\bar{x}) = \frac{(2)(8.5)(8.5/2)}{20+8.5+8} = 1.95 \text{ cm}$$

$$Ix = \frac{20^3}{12} + 2(8.5) \left(\frac{20^2}{2} \right) = 2367 \text{ cm}^4$$

$$Iy = \frac{2}{3}(1.95^3 + 6.55^3) + (20 + 1.95^5) = 268 \text{ cm}^4$$

$$I = Ix + Iy = 2367 + 268 = 2635 \text{ cm}^4$$

$$r_{pu} = \frac{P_u}{\sum L} = \frac{9.742}{36.5} = 0.267 \text{ ton/cm}$$

$$r_{muh} = \frac{P_u ev}{J} = \frac{9.742(10 - 1.95)(8.5)}{2635} = 0.253 \text{ ton/cm}$$

$$r_{muv} = \frac{P_u ev}{J} = \frac{9.742(10 - 1.95)(6.55)}{2635} = 0.195 \text{ ton/cm}$$

$$r_u = \sqrt{0.253^2 + (0.267+0.195)^2} = 0.527 \text{ ton/cm}$$

$$r_n = \text{for a 1- cm weld} = 0.707 \times 1 \times 0.6 \times 4.9 = 2.08 \text{ ton/cm}$$

$$\emptyset r_n = 0.75(2.08) = 1.56 \text{ ton/cm}$$

Weld size required

$$\frac{r_n}{\emptyset r_n} = \frac{0.527}{1.56} = 0.31 \text{ cm}$$

ใช้รอยเชื่อม 4 mm ≥ 1 mm OK

การคำนวณออกแบบโครงสร้าง Truss

Tensile yielding on effective section

$$P_n = F_y A_g = 2.5(17.05) = 42.625 \text{ tons}$$

Tensile rupture on effective section

$$A_e = U A_g = (0.87)(17.05) = 14.833 \text{ cm}^2$$

$$P_n = F_u A_e = (4.0)(14.833) = 5.334 \text{ tons}$$

For tensile yielding ($\emptyset t = 0.90$)

$$\emptyset t P_n = 0.9(42.625) = 38.36 \text{ tons } \textcolor{red}{control}$$

For tensile rupture ($\emptyset t = 0.75$)

$$\emptyset t P_n = 0.75(59.334) = 44.5 \text{ tons}$$

ออกแบบโครงสร้าง

Minimum weld size = 0.5 cm (from table)

Maximum weld size = 1.3 -0.2 = 1.1 cm

$$r_n \text{ of weld per cm} = F_w e A_w e = 0.6 \times 4.0 \times 0.707 \times 0.8 = 1.36 \text{ t/cm}$$

$$\emptyset t r_n = 0.75(1.36) = 1.02 \text{ t/cm}$$

$$\text{Reqd Lw} = \frac{38.36}{1.02} = 36.61 \text{ cm}$$

Taking moment about point A

$$(38.36)(2.40) - 8.77(P_2) = 0$$

$$P_2 = 10.5 \text{ tons}$$

$$L_2 = \frac{10.5}{0.877} = 11.97 \text{ cm}$$

$$L_1 = 36.61 - 11.97 = 24.64 \text{ cm}$$

Use L1 = 25 cm และ L2 = 12 cm

การคำนวณ Column Base Plate

คุณสมบัติวัสดุ

กำลังครากเหล็ก $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

กำลังอัดคอนกรีต $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

เลือกหน้าตัด W300x94 ($d=30\text{cm}$, $tw = 1.0 \text{ cm}$, $bf = 30 \text{ cm}$, $tf = 1.5 \text{ cm}$)

$$P_u = 1.4(2.767) + 1.7(3.452) = 3.742 \text{ tons}$$

$$M_u = 1.4(0.01205) + 1.7(0.009) = 0.032 \text{ tons}$$

$$e = M_u/P_u = 0.032 \times 100 / 9.742 = 0.33 \text{ cm}$$

ใช้แผ่นเหล็ก $B = 50\text{cm}$, $N = 50 \text{ cm}$

$$N/B - 50/6 = 8.33 \text{ cm} > e$$

Check bending pressure

$$F_p = 0.85t'c = 0.85(240) = 204 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pu} = \frac{P_u}{BN} \pm \frac{6M_u}{BN^2} = \frac{9.742 \times 10^3}{(50)(50)} \pm \frac{6(0.032 \times 10^5)}{(50)(50)^2}$$

$$f_{pu,min} = 3.9 - 0.15 = 3.75 \text{ kg/cm}^2 > 0 \text{ OK}$$

$$f_{pu,max} = 3.9 + 0.15 = 4.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset p F_p = 0.65 \times 204 = 132.6 \text{ kg/cm}^2 > t_{pu,max} \text{ OK}$$

Plate bending : Contilever distance : $m = (50 - 0.95 \times 30) / 2 = 10.75 \text{ cm}$

$$F_{pu2} = f_{pu,max} - (f_{pu,max} - f_{pu,min})(m/n)$$

$$= 4.05 - (4.05 - 3.75)(10.75 / 50)$$

$$F_{pu2} = 4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{fpu1*m^2}{3} + \frac{fpu2*m^2}{6} \\ &= \frac{4.05*10.75^2}{3} + \frac{4*10.75^2}{6} \end{aligned}$$

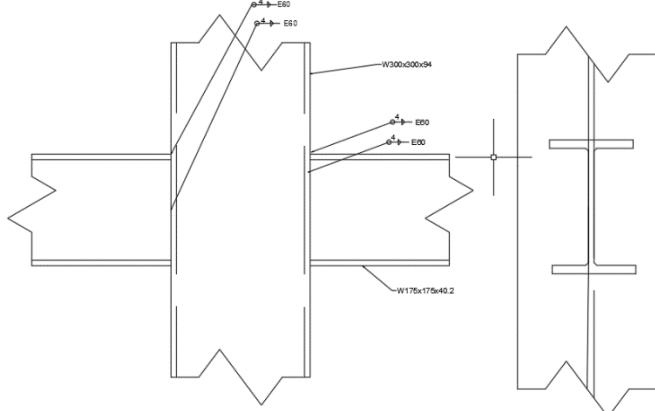
$$Mu = 233.05 \text{ kg*cm}$$

Plate thickness:

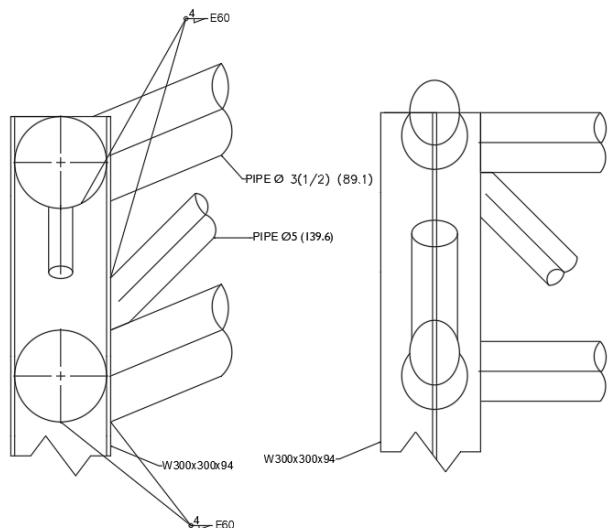
$$t = \sqrt{\frac{4M_u}{\phi b F_y}} = \sqrt{\frac{4x233.05}{0.9x2500}} = 0.64 \text{ cm}$$

ใช้แผ่นเหล็กขนาด $50 \times 50 \times 1 \text{ cm}$

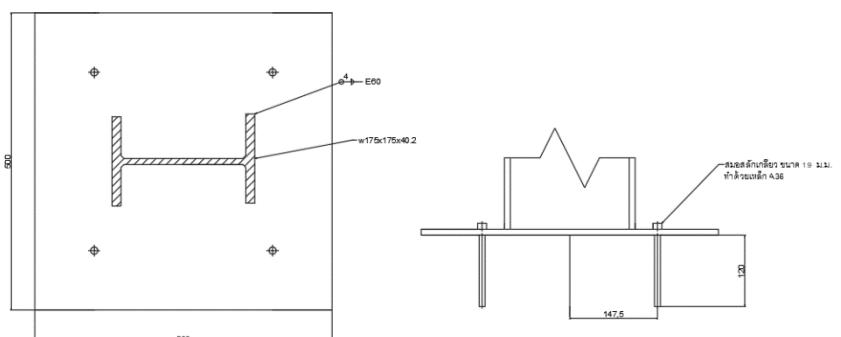
รูปการออกแบบรอยเชื่อมจุดต่อโครงหลังคาด้านข้าง



รูป Base Plate



รูป BEAM to Column Welded Connection



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการศึกษา

Column	W300x300x94
Beam	W175x175x40.2
Truss	
Top chord	PIPE $\emptyset 3*1/2$ (89.1)
Bottom Chord	PIPE $\emptyset 2$ (48.6)
Diagonal member	PIPE $\emptyset 5$ (139.7)
Purlins	C200x75x3.2

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

1. เราสามารถเข้าใจและสามารถใช้งานโปรแกรม SAP 2000 ในการออกแบบและตรวจสอบการคำนวณของโครงสร้างอาคารที่เราศึกษาได้

2. ได้ฝึกกระบวนการการทำงานร่วมกันเป็นทีม

3. โปรแกรม SAP 2000 เป็นโปรแกรมที่เห็นรูปโครงสร้างเป็น 3D ง่ายต่อการทำางาน และสามารถนำไปต่อยอดในอาชีพของเราได้

4. สามารถออกแบบและวิเคราะห์การคำนวณการรับแรง แรงของโครงสร้างแต่ละชิ้นส่วน แรงลม ของโครงสร้างได้

เอกสารอ้างอิง

มยพ.1301/1302-61. สีบคัน 22 กันยายน 2567, จาก

<http://subsites.dpt.go.th/edocument/index.php/sd-work/4-2017-04-03-02-26-37>

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายเลข 1227-2558 เหล็กปรีดร้อน. สีบคันเมื่อ 22 กันยายน 2567, จาก

<https://www.yotathai.com/yotanews/tis-1227-58>

กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างและลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566. สีบคันเมื่อ 22 กันยายน 2567, จาก

<https://www.yotathai.com/yotanews/building-law-2566>

การใช้โปรแกรม Sap 2000 สีบคัน 22 กันยายน 2567, จากหนังสือ Sap 2000

ผู้เขียนโดย ผศ.ดร.มงคล จิรวัชรเดช

ภาคผนวก
(ตัวอย่างการคำนวณมือ)



ການຄົງສໍາເລັດ

ການຕິດຫຼາຍ

1. ອົບຮັດທີ່ໄດ້ຮັດໃຫຍ່ ແລະ ລາຍລະອຽດຂອງອົບຮັດ (q)

$$q = \frac{1}{2} g V^2 = \frac{1}{2} (1.25) (25)^2 = 390.6 \text{ N/m}^2$$

2. ຕຳຫຼັກສໍາເລັດ (Cz)

$$Cz = \left(\frac{z}{10}\right)^{0.2} = \left(\frac{9}{10}\right)^{0.2} = 0.98$$

3. ດັວວັດສະນຸພິບຕາມກົດ

1) ຕຳຫຼັກສໍາເລັດ ປົກລົງໄດ້ຕາມກົດ ຊັງຈິ = 2.0

2) ດາວະໂຫຼດຕົວ ຊັງປີ = -0.45, +0.3

ມີຄົງສໍາເລັດ ດັວວັດສະນຸພິບຕາມກົດ ທີ່ມີຄົງສໍາເລັດ

$$\begin{aligned} p_i &= \ln q Cz c_{gi} c_{pi} \\ &= \ln(390.6)(0.98)(2)(-0.45) \\ &= -344.51 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

4. ດັວວັດສະນຸພິບຕາມກົດຕາມຕາມກົດ

ມີຄົງສໍາເລັດ ປົກລົງໄດ້ຕາມກົດ

ກົດ = ທີ່ມີຄົງສໍາເລັດ 10 M ໂດຍ = 22

ກົດ = ທີ່ມີຄົງສໍາເລັດ 10% ມີຄົງສໍາເລັດ 10% ທີ່ມີຄົງສໍາເລັດ 10% ມີຄົງສໍາເລັດ 10%

(ມີຄົງສໍາເລັດ 10% ມີຄົງສໍາເລັດ 10% ມີຄົງສໍາເລັດ 10% ມີຄົງສໍາເລັດ 10%)

$$\therefore z = 3.63 \text{ M}$$

$$z = \text{ຄົງສໍາເລັດ } 3.63 \text{ M } \Rightarrow 22 = 2(3.63) = 7.26$$

$$\therefore z = 9 \text{ M}$$



ກໍານົດ 1 ດິນທີ່ມີຄວາມສັງເກດຂອງຕະຫຼາດ

ລັບອະນຸຍາກ	ຄື່ນົດມີຄວາມສັງເກດ							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0° ໂດຍ 20°	1.0	1.5	-1.3	-2.0	-0.9	-1.3	-0.8	-1.2

$$\text{ຮັບອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ} \frac{B}{H} = \frac{36.4}{9} = 4.04 < 5 \quad \text{ຕໍ່ນີ້ແນ່ໃຈກ່ຽວຂ້ອງຕະຫຼາດໄດ້ຮັບອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ} 3.63 \text{ ຢູ່ທີ່}$$

ໄດ້ 2E ຕະຫຼາດໄດ້ຮັບອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ

ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ

$$\begin{aligned}
 P &= I_w q C_c C_g C_p \\
 &= (1)(390.6)(0.08) C_g C_p \\
 &= 382.79 C_g C_p
 \end{aligned}$$

$$\text{ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ (P_{net}) = P + p_i$$

ສິນໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ ທີ່ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ ໄດ້ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ 1

ລັບອະນຸຍາກ	ມີຄວາມສັງເກດ (N/m²)	ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ (N/m²)		
		ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ	ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ	ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ
1	383	38	728	
1E	574	829	919	
2	-498	-843	-153	
2E	-766	-1111	-421	
3	-345	-690	0	
3E	-498	-843	-153	
4	-306	-651	39	
4E	-459	-804	-114	

ກໍານົດ 2 ດິນທີ່ມີຄວາມສັງເກດຈົດຕະຫຼາດ

ລັບອະນຸຍາກ	ຄື່ນົດມີຄວາມສັງເກດ											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ໂດຍ 90°	-0.25	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

$$\text{ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ} P = I_w q C_c C_g C_p = 382.79 C_g C_p$$

$$\text{ໄດ້ອະນຸຍາກຈົດຕະຫຼາດ (P_{net}) = P + p_i$$



ສົດທະນາຄົມ ຄູ່ປະ ພົມພາດ ທະອິດຕະການ ອານຸຍາວ ປຸດທະນາຄົມ ດີເລີໂມງ

ຫຼັງຈາກນັດ	ມາດຕະການ (N/m ²)	ໄລຍະ ດັບຕະຫຼາດ (N/m ²)	
		ເລືອດຕະຫຼາດ	ມາດຕະການ
1	-325	-670	20
1E	-345	-690	0
2	-498	-843	-153
2E	-766	-1111	-421
3	-268	-613	77
3E	-383	-728	-38
4	-325	-670	20
4E	-345	-690	0
5	287	-58	632
5E	440	95	785
6	-211	-556	134
6E	-306	-651	39

ນໍ້າມືອນມືສຶກ

$$\text{live load} = 50 \text{ kg/m}^2 = 0.491 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{dead load} = 6.45 \text{ kg/m}^2 = 0.0633 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{wind load} = 1.11 \text{ kN/m}$$

$$\text{ວຽກທີ່ໄດ້ມີກະຕືກ } 1 : 1.4D + 1.7L = 1.4(0.0633) + 1.7(0.491) = 0.923 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{ວຽກທີ່ໄດ້ມີກະຕືກ } 2 : 0.75(1.4D + 1.7L) + 1.6W = 0.75(0.923) + 1.6(1.11) = 2.47 \text{ kN/m}^2 \text{ Control}$$

$$\text{Max Mu} = (2.47 + 2.5^2)/8 = 1.09 \text{ kN}$$

$$\text{Moment strength} : M_n = F_y d = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 13.00 \text{ cm}^3 = 3.25 \text{ kN-m}$$

$$\phi M_n = 0.9(3.25) = 2.925 \text{ kN.m} \geq Mu$$

check Deflection

$$\text{Max Deflection } \Delta_{max} = \frac{5L^4}{384EI} = \frac{5(247 \times 10^{-2}) (250)^4}{384 (2.1 \times 10^6) (60.8G)} = 0.01 \text{ cm}$$

$$\text{ມີເລີຍຕະຫຼາດ ດ້ວຍ } \frac{L}{300} = \frac{250}{300} = 0.83 \text{ cm} > \Delta_{max} \text{ off}$$



Structural Design path

- Span $L = 5.5 \text{ m}$
- transverse $a = 3.05 \text{ m}$
- Slope action $\alpha = 12^\circ$
- dead load $w_0 = 1.45 \text{ kN/m}^2$
- dead $w_d = 20 \text{ kN/m}^2$
- dead $w_d = 11.1 \text{ kN/m}^2$

$$w_{d1} = 0.25 [1.4(11.1) + 1.5(50)] + 0.16(11.1) = 22.6 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{d2} = 22.6 \cos 12^\circ = 20.58 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{d3} = 22.6 \cos 12^\circ = 222.35 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{p1} = (20.58 \times 5)^2 / 8 = 126.75 \text{ kN/m}$$

$$w_{p2} = (222.35 \times 5)^2 / 8 = 252.64 \text{ kN/m}$$

$$\text{Required } I_y \frac{M_{p1}}{M_{p2}} = \frac{(126.75)(100)}{(0.9)(252.64)} = 41.27 \text{ cm}^3$$

Select $2000 \times 35 \times 2.5 \text{ mm}$ ($S_x = 21.6 \text{ cm}^2$, $S_y = 15.8 \text{ cm}^2$, $A = 416 \text{ cm}^2$, $I_y = 71.1 \text{ cm}^4$,

$$W_L = 9.58 \text{ kN/m})$$

$$M_{p1} = F_y S_y = (2000)(21.6) / 100 = 1290 \text{ kN.m}$$

$$M_{p2} = F_y S_y = (2000)(15.8) / 100 = 39.5 \text{ kN.m}$$

Check element strength: $\frac{M_{p1}}{M_{p2}} = \frac{1290}{39.5} = 3.26 < 4.0$

$$M_{p1} = M_p M_{p1} = 0.9(1290) = 1161 \text{ kN.m}$$

$$M_{p2} = M_p M_{p2} = 0.9(39.5) = 35.55 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1161}{35.55} = \frac{32.75}{1} = 0.999 < 1.0 \text{ OK}$$

Check deflection ($\Delta = 71.1 \text{ cm}^4$)

$$\Delta = \frac{w_0 L^4}{384 G I_y} = \frac{2(20/100)(350)^4}{384(2.1 \times 10^9)(71.1)} = 0.19 < \left[\frac{L^3}{192} = 3.72 \text{ cm} \right] \text{ OK}$$



ກາງສົ່ງເຫດຕະການ 0=15

ຕາມຕະຫຼາດທີ່ N 175 x 175 x 40.2

ຕຳຫຼັກທີ່ A = 51.25 cm²

ໄວ້ກູ້ສົ່ງເຫດຕະການ Zx = 330 cm³

ຕະຫຼາດທີ່ Lp = 2.20 m , Lr = 9.59 m

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ (ເພື່ອໃຫ້ຮັບຄຸນຕະຫຼາດ)

$$W_u = 1.4H_u + 1.7H_L = 1.4(6.45) + 1.7(10) = 94.03 \text{ kg/m}^2$$

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່

$$M_u = \frac{1}{8}H_u L^2 = \frac{1}{8}(0.09403)(5.8)^2 = 0.395 \text{ t-m}$$

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ Zx

$$Z_x = \frac{M_u}{f_y} = \frac{M_u / \phi_b}{f_y} = \frac{(0.395 \times 10^5) / 0.9}{2500} = 17.57 \text{ cm}^3$$

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ 40.2 kg/m

$$M_u = 0.395 + \frac{(1.2)(0.0402)(5.8)^2}{5.8} = 0.67 \text{ t-m}$$

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ 100% ໂດຍ

$$\phi_b M_h = \phi_b f_y Z_x = (0.9)(2.5)(330/100) = 7.425 \text{ t-m} > M_u \text{ OK}$$

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່

$$V_u = \frac{W_u L}{2} = \frac{(0.09403 + 1.2 \times 0.0402)(5.8)}{2} = 0.43 \text{ t}$$

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ : N 175 x 175 x 40.2 (d = 17.5 cm , t_H = 7.5 mm , t_f = 11 mm)

ຕຳຫຼັກທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ ດິນຕະຫຼາດທີ່ :

$$h = d - z t_f = 17.5 - 2(1.1) = 15.3 \text{ cm}$$

$$h/t_H = 15.3 / 0.75 = 20.4$$

$$c_V = 1.0 , \phi_V = 1.00 \pi = \pi = 1.50$$

$$\text{ຕຳຫຼັກທີ່ } A_H = d t_H = (17.5)(0.75) = 13.125 \text{ cm}^2$$

$$\text{ຕຳຫຼັກທີ່ } V_u = 0.6 f_y A_H c_V = 0.6(2.5)(13.125)(1.0) = 19.49 \text{ t}$$



$$\text{ผู้รับน้ำหนัก } \phi_v V_n = 1.0 (19.69) = 19.69 \text{ t} > V_n \text{ จึงถูก}$$

ผู้รับน้ำหนัก $I_x = 4980 \text{ cm}^4$

$$\text{ระยะห่างระหว่างจุดต่อสู่จุดต่อ } L/3bc = 5bc/3b0 = 1.55 \text{ cm}$$

$$\Delta L = \frac{5H_L L^4}{384 EI} = \frac{5(\frac{50}{100})(5b0)^4}{384(\frac{\pi}{4} \times 10^6)(4980)} = 0.063 \text{ cm} < 1.55 \text{ cm} \text{ ok}$$

Structural truss

- Maximum forces in member

$$\text{Top chord : } P_D = -1567 \text{ kg} \quad P_L = -1559 \text{ kg} \quad L = 3.05 \text{ m}$$

$$\text{Bottom chord : } P_D = 926 \text{ kg} \quad P_L = 972 \text{ kg} \quad L = 2.33 \text{ m}$$

$$\text{Vertical & Diagonal : } P_D = -2082 \text{ kg} \quad P_L = -2036 \text{ kg} \quad L = 3.83$$

- Bottom chord Design

$$P_u = 1.4D + 1.7L = 1.4(926) + 1.7(972) = 2949 \text{ kg}$$

$$A_{reqd} = \frac{P_u}{\phi_t F_y} = \frac{2949}{0.9(25)} = 1.31 \text{ cm}^2$$

$$\text{Required } r_{min} = L/300 = 233/300 = 0.78 \text{ cm}$$

ท่อ PIPE $\phi 2(48.6)$ ($A_g = 4.029 \text{ cm}^2$, $r = 5.68 \text{ cm}$)

$$\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g = 0.9(2500)(4.029) = 9065 \text{ kg} > 2949 \text{ kg} \text{ ok}$$

- Top chord Design

$$P_u = 1.4D + 1.7L = 1.4(1567) + 1.7(1559) = 4844 \text{ kg}$$

$$A_{reqd} = \frac{P_u}{\phi_t F_y} = \frac{4844}{0.9(25)} = 1.69 \text{ cm}^2$$

$$\text{Required } r_{min} = L/300 = 205/300 = 1.525 \text{ cm}$$

ท่อ PIPE $\phi 3\frac{1}{2}(89.1)$ ($A_g = 7.591 \text{ cm}^2$, $r = 3.05 \text{ cm}$)

$$N_L/r = 305/3.05 = 100 \rightarrow F_{cr} = 1487 \text{ N/cm}$$

$$\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g = 0.9(1487)(7.591) = 10159 \text{ kg} > 4844 \text{ kg} \text{ ok}$$



• Vertical & Diagonal

$$P_u = 1.4D + 1.7L = 1.4(2032) + 1.7(2036) = 6376 \text{ kg}$$

$$A_{eqd} = \frac{P_u}{\phi_e F_y} = \frac{6376}{0.9(25)} = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$\text{Required } r_{min} = L/800 = \frac{383}{800} = 1.915 \text{ cm}$$

From PIPE $\phi_e(139.7)$ ($A_g = 17.05 \text{ cm}^2$, $r = 4.86 \text{ cm}$)

$$M/L/r = 383/4.86 = 80 \rightarrow F_{cr} = 1793 \text{ N/cm}$$

$$\phi_e P_n = \phi_e F_{cr} A_g = 0.9(1793)(17.05) = 27514 \text{ kg} > 6376 \text{ kg ok}$$

Minimum Column

minimum W300x300x94 ($A_g = 119.8 \text{ cm}^2$, $I_x = 20,400 \text{ cm}^4$, $I_y = 6750 \text{ cm}^4$, $r_x = 13.1 \text{ cm}$, $r_y = 7.51 \text{ cm}$)

$$z_x = 1360 \text{ cm}^3, z_y = 450 \text{ cm}^3, L_p = 2.78 \text{ m}, L_r = 13.48 \text{ m}, M_p = 36.6 \text{ t-m}$$

$$M_r = 23.8 \text{ t-m}$$

Minimum length $L = 9 \text{ m}$

Minimum column dimensions

$$P_u = 1.4(2.717) + 1.7(2.452) = 9.742 \text{ t}$$

$$M_{ux} = 1.4(0.01205) + 1.7(0.009) = 0.032 \text{ t-m}$$

Minimum column dimensions, P_n

$$M_x L_x / r_x = (0.8)(900) / 13.1 = 55$$

$$M_y L_y / r_y = (0.8)(900) / 7.51 = 96 \text{ (control)}$$

From B-2 $F_{cr} = 1549 \text{ kg/cm}^2$

$$\phi_e P_n = \phi_e F_{cr} A_g = 0.9(1.549)(119.8) = 167 \text{ t}$$

$$\frac{P_u}{\phi_e P_n} = \frac{9.742}{167} = 0.06 < 0.80$$

Minimum column dimensions = M_n

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p$$

$$M_p = F_y Z_x = \frac{25 \times 1360}{100} = 34 \text{ t-m}$$



$$M_n = 1.0 \left[34 - (34 - 0.7 \times 2.5 \times 1360/100) \left(\frac{900 - 378}{1248 - 378} \right) \right] = 28.51$$

Yakrathornoniam

$$\phi b M_n = 0.9 (28.51) = 25.66 \text{ t-M}$$

$$\text{சுதாப்பும் } \frac{P_r}{\sigma P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{0.06}{2} + \left[\frac{0.032}{25.66} + 0 \right] = 0.03 \leq 1.0 \text{ OK}$$

Connection ($\alpha=6F$ மற்றும் $b=7$)

- கோலாராய் $\alpha = 11.27 \text{ t-m}$

கோலாராய் H300x300x94 ($H = 300 \text{ MM}$, $B = 300 \text{ MM}$, $t_f = 15 \text{ MM}$, $t_H = 10 \text{ MM}$)

கோலாராய் H175x175x40.2 ($H = 300 \text{ MM}$, $B = 300 \text{ MM}$, $t_f = 15 \text{ MM}$, $t_H = 10 \text{ MM}$)

கோலாராய் Z-L100x100x10 ($B = 100 \text{ MM}$, $t = 10 \text{ MM}$, மூலக்கூறு)

கோலாராய் E60 அப்ரை 6 MM தொழில்நுட்ப வெள்ளை $L = 80 \text{ CM}$

$$\text{கோலாராய் } R = 0.28 \text{ ton}$$

$$\text{கோலாராய் } \alpha = 1.5 \text{ CM}$$

- காந்திக்குமிழுவுமிகுஷாலாய் 18

$$\text{Welds on Beam Web : } x \text{ bar}(\bar{x}) = \frac{\pi (8.5) \left(\frac{8.5}{2} \right)}{80 + 8.5 + 8} = 1.95 \text{ CM}$$

$$I_x = \frac{\frac{8}{12}}{12} + \pi (8.5) \left(\frac{8.5}{2} \right)^2 = 2367 \text{ CM}^4$$

$$I_y = \frac{\pi}{3} (1.95^3 + 6.55^3) + (80 + 1.95)^2 = 268 \text{ CM}^4$$

$$J = I_x + I_y = 2367 + 268 = 2635 \text{ CM}^4$$

$$r_{pu} = \frac{P_u}{\leq L} = \frac{9.742}{36.5} = 0.267 \text{ ton/cm}$$

$$r_{muh} = \frac{P_u e_v}{J} = \frac{9.742 (10 - 1.95) (8.5)}{2635} = 0.253 \text{ ton/cm}$$

$$r_{muV} = \frac{f_u e_h}{J} = \frac{9.742 (10 - 1.95) (6.55)}{2635} = 0.195 \text{ ton/cm}$$

$$r_u = \sqrt{0.253^2 + (0.267 + 0.195)^2} = 0.527 \text{ ton/cm}$$

$$r_u \text{ for a 1-CM Weld} = 0.707 \times 1 \times 0.6 \times 4.9 = 2.08 \text{ ton/cm}$$



$$\phi r_n = 0.75 (2.08) = 1.56 \text{ ton/cm}$$

Weld size required

$$\frac{r_u}{\phi r_n} = \frac{0.527}{1.56} = 0.34 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{Total weld size } 4 \text{ mm} \geq 1 \text{ mm ok}$$

Minimum and Maximum Weld Size

Tensile yielding on effective section

$$P_y = F_y A_g = 2.5 (17.05) = 42.625 \text{ tons}$$

Tensile rupture on effective section

$$A_e = U A_g = (0.87) (17.05) = 14.833 \text{ cm}^2$$

$$P_r = F_u A_e = (4.0) (14.833) = 59.334 \text{ tons}$$

For tensile yielding ($\phi_t = 0.90$)

$$\phi_t P_y = 0.9 (42.625) = 38.36 \text{ tons} \quad (\text{Control})$$

For tensile rupture ($\phi_t = 0.75$)

$$\phi_t P_r = 0.75 (59.334) = 44.5 \text{ tons}$$

Controlled Weld Size

Minimum Weld size = 0.5 cm (from table)

Maximum Weld size = 1.3 - 0.2 = 1.1 cm

$$r_n \text{ of Weld per cm} = F_{yE} A_{wE} = 0.6 \times 4.0 \times 0.707 \times 0.8 = 1.36 \text{ t/cm}$$

$$\phi r_n = 0.75 (1.36) = 1.02 \text{ t/cm}$$

$$\text{Reqd } L_w = \frac{38.36}{1.02} = 36.61 \text{ cm}$$

Taking moment about point A

$$(38.36)(2.10) - 8.77(P_z) = 0$$

$$P_z = 10.5 \text{ tons}$$

$$L_z = \frac{10.5}{0.777} = 11.97 \text{ cm}$$



$$L_1 = 36.61 - 11.97 = 24.64 \text{ CM}$$

$$\therefore \text{Use } L_1 = 25 \text{ CM} \quad \text{then } L_2 = 18 \text{ CM}$$

Properties of Column Base Plate

Properties of Column Base Plate

- Strength of concrete $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

- Strength of reinforcement $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

Properties of Column Base Plate $N300 \times 94$ ($d = 300 \text{ CM}$, $t_w = 1.0 \text{ CM}$, $b_f = 30 \text{ CM}$, $t_f = 1.5 \text{ CM}$,

$$P_u = 1.4(2.717) + 1.7(2.452) = 9.74 \text{ kN}$$

$$M_u = 1.4(0.01205) + 1.7(0.009) = 0.032 \text{ t.M}$$

$$e = M_u / P_u = 0.032 \times 100 / 9.74 = 0.33 \text{ CM}$$

Properties of Column Base Plate $B = 50 \text{ CM}$, $N = 50 \text{ CM}$

$$N/b = \frac{50}{5} = 8.33 \text{ CM} > e$$

check bearing pressure

$$f_p = 0.85 f'_c = 0.85(240) = 204 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{pu} = \frac{P_u}{BN} \pm \frac{bM_u}{BN^2} = \frac{9.74 \times 10^3}{(50)(50)} \pm \frac{b(0.032 \times 10^5)}{(50)(50)^2}$$

$$f_{pu,\min} = 3.9 - 0.15 = 3.75 \text{ kg/cm}^2 > 0 \text{ OK}$$

$$f_{pu,\max} = 3.9 + 0.15 = 4.05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_p f_p = 0.65 \times 204 = 132.6 \text{ kg/cm}^2 > f_{pu,\max} \text{ OK}$$

Plate bending : Cantilever distance : $M = (50 - 0.95 \times 30)/2 = 10.75 \text{ CM}$

$$f_{pu2} = f_{pu,\max} - (f_{pu,\max} - f_{pu,\min})(M/n)$$

$$= 4.05 - (4.05 - 3.75)(10.75/50)$$

$$f_{pu2} = 4 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = \frac{f_{pu1} \cdot M}{3} + \frac{f_{pu2} \cdot M}{6}$$

$$= \frac{4.05 \times 10.75}{3} + \frac{4 \times 10.75}{6}$$

$$M_u = 233.05 \text{ kg.cm}$$



**School of Civil Engineering
Suranaree University of Technology**

Subject:

Made by:

Date:

Sheet no.:

Plate thickness :

$$t = \sqrt{\frac{4Mu}{\phi b f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 233.05}{0.9 \times 250}} = 0.64 \text{ CM}$$

∴ ទំហំតុលាក្រុងការរួច 50 x 50 x 1 CM