รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การออกแบบโครงสร้างเหล็ก กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างสนามกีฬาในร่มรามอินทรา

(Steel Structure Designed Case Study Of Ramintra Indoor Stadium)

โดย

นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน

รหัสนักศึกษา 6323920001

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2563

โครงงานเรื่อง การออกแบบโครงสร้างเหล็ก กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างสนามกีฬา
ในร่มรามอินทรา
(Steel Structure Designed Case Study Of Ramintra Indoor Stadium)

ผู้จัดทำ นาย เสริมพันธ์ หมูสีโทน รหัสนักศึกษา 6323920001

ภาควิชา วิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศลิษา เปลี่ยนดี

อนุมัติโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธา
สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนประจำ ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2563

คณะกรรมการการสอบโครงงาน

.....,....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ศลิษา เปลี่ยนดี)

.....กรรมการกลาง
(ผศ.ดร. ไตรทศ ขำสุวรรณ)

.....กรรมการกลาง
(อาจารย์เฉลิมโรจน์ เลิศบริรักษ์กูล)

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผศ.ดร.มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2564

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน
อาจารย์ ศลิษา เปลี่ยนดี

ตามที่ผู้จัดทำ นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2564 ณ บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด และในตำแหน่งผู้ช่วยวิศวกร โยธา ออกแบบและคำนวณโครงสร้างเหล็ก อาคารสนามกีฬาในร่ม

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้ว ผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่มเพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ
นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน
นักศึกษาสหกิจศึกษา
ภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

การที่นักศึกษาได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2564 ส่งผลให้นักศึกษาได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความกรุณาและอนุเคราะห์อย่างดีของ คุณสุธี หล่อวาเหล็ก เจ้าของโครงการที่อนุญาตให้ใช้แบบเป็นกรณีศึกษา และอาจารย์ศลิยา เปลี่ยนดี ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะคำปรึกษา และความช่วยเหลือในทุกสิ่งทุกอย่าง จนกระทั่งการปฏิบัติงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด ที่ให้โอกาสแก่ผู้จัดทำได้เข้ามาฝึกปฏิบัติงานในครั้งนี้ ขอบคุณ คุณอาทิตย์ ศรีจำปา สามัญวิศวกร โยธา เลขทะเบียน สย.11906 ดูแลสอนงานให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำในการทำงานและให้การช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำ

นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน

4 พฤศจิกายน 2564

ชื่อโครงงาน	การออกแบบโครงสร้างเหล็ก กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างสนามกีฬาในร่มรามอินทรา
ผู้จัดทำ	นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน รหัสนักศึกษา 6323920001
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ศลิษา เปลี่ยนดี
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา	3/2563

บทคัดย่อ

การออกแบบและคำนวณโครงสร้างเหล็กและคอนกรีตเสริมเหล็ก อาคารสนามกีฬาในร่มมีความสำคัญอย่างมากในสาขาวิศวกรรมโยธา เนื่องจากเป็นอาคารจะอยู่ในหมวดของ ประเภทอาคารสาธารณะ ซึ่งเป็นไปตามข้อบังคับกฎหมาย พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และข้อบังคับสภาวิศวกร ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบต้องได้รับใบประกอบวิชาชีพระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป

โครงการนี้มุ่งเน้นไปที่งานออกแบบโครงสร้างของอาคารทั้งในส่วนของ การออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยประเด็นสำคัญที่ผู้ออกแบบต้องพิจารณาได้แก่ ข้อกำหนดการออกแบบ / น้ำหนักบรรทุก / การวิเคราะห์โครงสร้าง โดยนักศึกษาสหกิจได้รับมอบหมายงานให้เป็นผู้ช่วยวิศวกรโยธา ทำการออกแบบและคำนวณ ซึ่งทั้งนี้นักศึกษาได้เรียนรู้การออกแบบและการทำรายการคำนวณและการเขียนแบบก่อสร้างเบื้องต้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการทำงานในอนาคตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : การออกแบบโครงสร้างเหล็ก

Project Title	**: Steel Structure Designed Case Study Of Ramintra Indoor Stadium**
Credits	**: 5**
By	**: Mr. Soemphun Mooseethon**
Advisor	**: Miss Salisa Pliendee**
Degree	**: Bachelor of Engineering**
Department	**: Civil Environment and Sustainable Engineering**
Faculty	**: Engineering**
Semester / Academic year	**: 3/2020**

Abstract

The reinforced concrete and steel structure design of indoor stadium buildings are important in civil engineering because Indoor stadium buildings are public buildings, and need to comply with Thailand law; Building Control Act B.E.2522(1979) and Regulation of the Council of Engineers. Only professional level civil engineers with an engineering license could be allowed to create the design.

This project focused on the steel structural design, with most considered important issues of design requirements/load/structure analysis. The student was assigned to be a civil engineer assistant and Learn design and calculations processes, as well as the construction drafting. This knowledge will be useful in further career paths.

Keywords: Steel structure design, load, civil engineering

Approve By

.....

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่งรายงาน ก

กิตติกรรมประกาศ ข

บทคัดย่อ ค

Abstract ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…….. 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน..... 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน..... 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบโครงสร้างเหล็ก(Steel Structure Design) โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน.....2

2.2 ข้อกำหนดการออกแบบ.....5

2.3 ข้อบัญญัติควบคุมอาคาร 5

2.4 น้ำหนักบรรทุกคงที่.....5

2.5 น้ำหนักบรรทุกจร.....7

2.6 นิยามของการออกแบบอีลาสติกและพลาสติก.....12

2.7 การออกแบบโดยใช้ตัวคูณน้ำหนักและความต้านทาน.....12

2.8 ส่วนความปลอดภัย.....13

2.9 การวิบัติของโครงสร้าง.....13

2.10 การถ่ายน้ำหนักและน้ำหนักบรรทุกในชั้น.....14

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ.....16

3.2 โครงสร้างการจัดการ.....17

3.3 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย.....17

3.4 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน.....17

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการ.....17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการออกแบบและคำนวณ Truss..... 44

4.2 ผลการการออกแบบและคำนวณโครงสร้างหลังคาอาคาร 2 ชั้น.....44

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน.....45

5.2 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา.....45

บรรณานุกรม 46

ประวัติผู้จัดทำ 47

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบงานโครงสร้างอาคาร ในประเภทของ อาคารสาธารณะ ซึ่งเป็นอาคารที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับผู้ใช้งานจำนวนมาก ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบและทำรายการคำนวณ จึงมีความจำเป็นจะต้องดำเนินการอย่างรอบคอบถูกต้องตามหลักวิศวกรรมและกฎหมาย พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 อย่างเคร่งครัด

ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องทำการศึกษา หาข้อมูลข้อกำหนด ระเบียบ กฎกระทรวง ข้อบัญญัติ หรือข้อกฎหมายต่างๆที่เกี่ยวกับการออกแบบ ซึ่งวิศวกรจะต้องมีความเข้าใจเป็นอย่างดีในการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้มาใช้ให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1) เพื่อศึกษาและทบทวนความรู้เกี่ยวกับวิชาการออกแบบโครงสร้างเหล็ก

1.2.2) เพื่อศึกษาขั้นตอนการออกแบบและคำนวณและนำไปปฏิบัติได้จริง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1) รวบรวมข้อมูลเพื่อออกแบบโครงสร้างเหล็ก

1.3.2) ออกแบบและคำนวณโครงสร้างเหล็ก

1.4 ประโยชน์คาดว่าที่จะได้รับ

1.4.1) ได้เรียนรู้ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างเหล็ก

1.4.2) สามารถออกแบบและคำนวณอาคารโครงสร้างหลังคาเหล็กได้

1.4.3) สามารถใช้โปรแกรมเขียนแบบเบื้องต้นได้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทำโครงงานเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับการการออกแบบและคำนวณงานโครงสร้างเหล็ก มีแนวคิดและทฤษฎีดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Structure Design) โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน Allowable stress design method

2.1.1 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างหมายถึงการพิจารณาขนาดรูปร่างขององค์รวมตลอดจนถึงการเลือกใช้ขนาดหน้าตัดขององค์ประกอบแต่ละส่วนของโครงสร้าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเริ่มจากการออกแบบฟังก์ชั่นการใช้งาน เช่น จำนวนชั้น รูปแบบแปลนของแต่ละชั้น ซึ่งเป็นงานของสถาปนิก วิศวกรโครงสร้างจะทำงานภายใต้ข้อกำหนดจากการออกแบบ หรือพูดง่ายๆก็คือสถาปนิกจะเป็นผู้ระบุว่าโครงสร้างจะมีรูปร่างหน้าตาอย่างไร ส่วนวิศวกรโครงสร้างจะพิจารณาว่าจะสร้างอย่างไรโดยที่โครงสร้างจะไม่พังลงมา นั่นคือวัตถุประสงค์ที่สำคัญที่สุดคือ *ความปลอดภัย* ปัจจัยอื่นที่สำคัญได้แก่ *ความสามารถในการใช้งาน* และ *ความประหยัด*

2.1.2 โครงสร้างเหล็ก

เหล็กจัดเป็นวัสดุโครงสร้างที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในงานโครงสร้างสะพาน อาคาร หอคอย และโครงสร้างอื่นๆ การใช้เหล็กในงานโครงสร้างได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา เนื่องจากเหล็กเป็นวัสดุโครงสร้างที่ดีเยี่ยม นั่นคือ มีกำลังและอัตราส่วนกำลังต่อน้ำหนักที่สูง ความคงทน ความเหนียว ความยืดหยุ่น มีความคล่องตัวในการใช้งาน ง่ายต่อการขึ้นรูป และสามารถผลิตได้ปริมาณมาก แม้ว่าจะมีข้อเสียในเรื่องของการเป็นสนิมและความทนไฟแต่ก็สามารถป้องกันได้

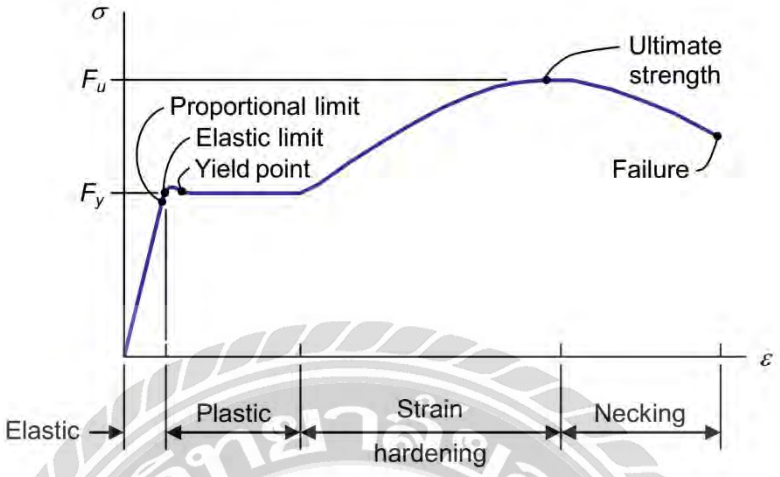
เหล็กโครงสร้างที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันเป็น *อัลลอยด์* ระหว่างเหล็กและคาร์บอน โดยปริมาณคาร์บอนจะมีน้อยกว่า 1% โดยน้ำหนัก นอกจากนั้นยังมีการผสมสารตัวอื่นเช่น ซิลิกอน แมงกานีส ทองแดง นิเกิล โครเมียม และวานาเดียม ในปริมาณที่น้อยมากแต่จะทำให้ได้เหล็กที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป

2.1.3 คุณสมบัติเหล็ก

คุณสมบัติของเหล็กที่วิศวกรโครงสร้างให้ความสนใจที่สุดหาโดยการพล็อตกราฟผลที่ได้จากการทดสอบการดึง เมื่อท่อนวัสดุรับแรงดึง P มีพื้นที่ A ความยาวเดิม L ความยาวที่เพิ่มขึ้น ΔL ค่าหน่วยแรงและความเครียดคำนวณได้จาก

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad \text{และ} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

เมื่อนำชิ้นงานมาดึงจนวิบัติจะได้แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดดังในรูปที่ 1.1 ในช่วงเริ่มต้นของการรับแรงหน่วยแรงและความเครียดจะแปรตามกันเป็นเส้นตรงจนถึง *ขีดจำกัดสัดส่วน(Proportional limit)* จากนั้นจะไม่เป็นเส้นตรง และเมื่อถึง *ขีดจำกัดยืดหยุ่น(Elastic limit)* วัสดุจะเกิดการเสียรูปทรงถาวรเข้าสู่ช่วงพลาสติก



รูปที่ 1.1 แผนภูมิหน่วยแรง-ความเครียดของเหล็กโครงสร้าง

เมื่อหน่วยแรงถึง *จุดคราก(Yield point)* ความเครียดจะเพิ่มขึ้นโดยที่หน่วยแรงมีค่าคงที่เรียกว่า *หน่วยแรงคราก(Yield stress, F_y)* ซึ่งเป็นค่าที่สำคัญในการระบุกำลังของเหล็กโครงสร้าง ในการออกแบบโครงสร้างเหล็กจะให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงมีค่าไม่เกิน *หน่วยแรงที่ยอมให้* ซึ่งอยู่ต่ำกว่า F_y การออกแบบโดยวิธีนี้เรียกว่า *วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้(Allowable stress design, ASD)*

หลังจากนั้นกำลังวัสดุจะเพิ่มขึ้นในช่วง *ความเครียดแข็งตัว(Strain hardening)* จนถึงค่าสูงสุดคือ *หน่วยแรงขีดสุด(Ultimate stress, F_u)* จากนั้นกำลังจะตกลงและวิบัติในที่สุด ค่าอัตราส่วนของหน่วยแรงต่อความเครียดคือ *โมดูลัสยืดหยุ่น(Young's modulus or Modulus of elasticity, E)* จะมีค่าคงที่เท่ากันสำหรับเหล็กโครงสร้างทุกเกรดมีค่าเท่ากับ 2.1×10^6 ก.ก./ซม.^{2} ตามมาตรฐานของ ว.ส.ท.

คุณสมบัติของเหล็กจะเปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อเปลี่ยนปริมาณคาร์บอน และโดยการเพิ่มสารตัวอื่น เช่น ซิลิคอน นิเกิล แมงกานีส และทองแดง เหล็กที่มีปริมาณของสารตัวอื่นมากจะถูกเรียกว่าเป็นเหล็กอัลลอยด์ ถึงแม้ว่าสารเหล่านี้จะมีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กมาก แต่ปริมาณของคาร์บอนและสารผสมมีอยู่น้อยมากในเหล็ก ตัวอย่างเช่น คาร์บอนในเหล็กมักจะต่ำกว่า 0.5% โดยน้ำหนักเสมอ และโดยปกติจะประมาณ 0.2-0.3% เท่านั้น

เหล็กโครงสร้างจะถูกแบ่งเกรดโดย American Society for Testing and Materials (ASTM) โดยเหล็กโครงสร้างเกรดที่มีการใช้งานมากที่สุดคือ ASTM A36 หรือ A36 มีกำลังดึง:

หน่วยแรงคราก: $F_y = 36{,}000$ psi (36 ksi) = 2,500 กก./ซม.^{2}

หน่วยแรงขีดสุด: F_u = 58,000-80,000 psi (58-80 ksi) = 4,000-5,600 กก./ซม.^{2}

สำหรับในประเทศไทยแล้วนอกจากจะมีการใช้มาตรฐานอเมริกันซึ่งได้แก่ ASTM AISC(American Institute of Steel Construction) AASHO(American Association of State Highway Officials) และ AREA(American Railway Engineering Association) ก็มีมาตรฐานของไทยเองที่ออกโดย ว.ส.ท.(วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย) และ TIS(Thailand Industrial Standard) อย่างไรก็ตามเหล็กที่ใช้มากในประเทศเราจะเป็นเหล็กที่ผลิตตามมาตรฐานญี่ปุ่น JIS(Japan Industrial Standard) นอกจากนั้นก็มีบางส่วนที่ใช้มาตรฐานอังกฤษ BS(British Standard) ตารางที่ 1-1 ได้แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็กตามมาตรฐานต่างๆ ซึ่งผู้ออกแบบควรทราบและเลือกใช้ก่อนจะทำการออกแบบ

ตารางที่ 1.1 คุณสมบัติเชิงกลของเหล็กตามมาตรฐานต่างๆ

ชั้นคุณภาพ	จุดคราก (ก.ก./ซม.^{2}) ความหนา (ม.ม.)		กำลังดึงสูงสุด (ก.ก./ซม.^{2})
	16 หรือน้อยกว่า	มากกว่า 16	
ASTM A36, A572 Gr. 42 JIS G3101 SS 400 JIS G3101 SM 400 A, B, C TIS SM400	2500	2400	4000 - 5200
JIS G3106 SS 490	2900	2800	5000 – 6200
JIS G3106 SM 490A, B, C TIS SM490	3300	3200	5000 – 6200
ASTM A572 Gr. 50 JIS G3106 SM 490 YA, YB TIS SM 520	3700	3600	5300 – 6500
JIS G3106 SM 570	4600	4500	5800 - 7300

เพื่อความสะดวก ตัวอย่างในหนังสือเล่มนี้จะใช้เหล็ก A36 โดยเลือกใช้กำลังคราก 2,500 ก.ก./ซม.^{2} และหน่วยแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 4,000 ก.ก./ซม.^{2} เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณและทำความเข้าใจ

2.1 ข้อกำหนดการออกแบบ

ข้อกำหนดการออกแบบจะถูกจัดทำขึ้นโดยองค์กรวิชาชีพต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบแก่วิศวกรผู้ออกแบบ โดยพัฒนาขึ้นจากผลงานวิจัยทางวิศวกรรมที่ได้รับการยอมรับ วิธีการออกแบบที่แนะนำในข้อกำหนดนั้นเป็นวิธีที่องค์กรเชื่อว่าเป็นวิธีที่ปลอดภัย ประหยัด และเหมาะสมที่สุดในการใช้งาน ข้อกำหนดจะมีการพัฒนาและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

วิศวกรผู้ออกแบบควรจะมีความเข้าใจหลักการพื้นฐานของวิธีการตามข้อกำหนด ติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดอยู่เสมอเพื่อให้ทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี แต่อย่างไรก็ตามวิจารณญาณของตัวผู้ออกแบบเองยังคงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากไม่มีข้อกำหนดใดครอบคลุมในทุกสถานการณ์ ความรับผิดชอบในการออกแบบโครงสร้างให้มีความปลอดภัยเป็นของผู้ออกแบบเพียงผู้เดียว

สำหรับการออกแบบโครงสร้างเหล็กของอาคารในสหรัฐอเมริกา ข้อกำหนดที่เป็นหลักคือ *Manual of Steel Construction* ออกโดย American Institute of Steel Construction (AISC) องค์กรอื่นที่ให้ความรู้ในการออกแบบทางวิศกรรมได้แก่ American Concrete Institute (ACI), American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO), American Institute of Timber Construction (AITC) และ American Welding Society (AWS) ส่วนองค์กรในประเทศไทยได้แก่ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

2.2 ข้อบัญญัติควบคุมอาคาร

ข้อบัญญัติควบคุมอาคารจะต่างจากข้อกำหนดการออกแบบโดยจะครอบคลุมในหลายๆด้านของโครงการอาทิเช่น น้ำหนักบรรทุกออกแบบ ข้อจำกัดการใช้งาน รูปแบบอาคาร บันไดหนีไฟ ข้อบัญญัติควบคุมอาคารจะถูกกำหนดขึ้นและบังคับใช้โดยเทศบาลและรัฐบาลในแต่ละท้องถิ่นที่คำนึงถึงความปลอดภัยในการก่อสร้างได้กำหนดมาตรฐานขึ้นเพื่อใช้ควบคุมการก่อสร้างในเขตรับผิดชอบของตน ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามในการออกแบบอาคาร สำหรับประเทศไทยกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารจะกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และมีกฎกระทรวงที่ออกตามความใน พ.ร.บ.ควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้องคือ กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) นอกจากนั้นก็มี ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร และเทศบัญญัติของเทศบาลในแต่ละท้องที่

2.3 น้ำหนักบรรทุก

บางทีงานที่ยากที่สุดในการออกแบบโครงสร้างก็คือการประมาณน้ำหนักบรรทุกที่อาจเกิดขึ้นกับโครงสร้างตลอดอายุการใช้งานของมันอย่างถูกต้องนั่นเอง ในทุกข้อบัญญัติควบคุมอาคารจะมีบทที่กำหนดน้ำหนักบรรทุกน้อยที่สุดในการออกแบบและน้ำหนักร่วมกระทำบนโครงสร้าง ทั้งนี้ก็เพื่อให้แน่ใจว่าภายใต้สภาวะปกติโครงสร้างจะอยู่ในสภาพที่ปลอดภัยและใช้งานได้

2.4 น้ำหนักบรรทุกคงที่

น้ำหนักบรรทุกคงที่(Dead Load) คือน้ำหนักบรรทุกที่มีขนาดคงที่ซึ่งคงอยู่ประจำตำแหน่งหนึ่งๆ ประกอบด้วยน้ำหนักของตัวโครงสร้างเองและน้ำหนักอื่นที่ติดตั้งอย่างถาวรเข้ากับตัวอาคาร สำหรับอาคารเหล็ก น้ำหนักคงที่จะได้แก่ โครงเหล็ก ผนัง พื้น หลังคา ท่อประปา และ สุขภัณฑ์

ในการออกแบบโครงสร้างนั้น จำเป็นที่จะต้องรู้น้ำหนักคงที่โดยประมาณของส่วนต่างๆเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ขนาดที่แน่นอนจะยังคงไม่ทราบจนกระทั่งทำการวิเคราะห์แล้วเลือกหน้าตัด น้ำหนักจริงที่ได้จากการออกแบบจะต้องถูกเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ประมาณไว้ในตอนต้น ถ้ามีความแตกต่างกันมาก จะต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้งหนึ่งและออกแบบโดยใช้น้ำหนักประมาณที่ดีกว่า

การประมาณน้ำหนักของโครงสร้างที่มีเหตุผลทำได้โดยอ้างอิงกับโครงสร้างที่คล้ายกัน น้ำหนักของวัสดุต่างๆถูกแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 น้ำหนักบรรทุกคงที่

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุก	หน่วย
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2,400	กก./ลบ.ม.
เหล็ก	7,850	กก./ลบ.ม.
ไม้	500	กก./ลบ.ม.
อิฐ	1,900	กก./ลบ.ม.
โครงหลังคา	10-30	กก./ตร.ม.
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	14	กก./ตร.ม.
กระเบื้องคอนกรีต	50	กก./ตร.ม.
เหล็กรีดลอน	14	กก./ตร.ม.
สังกะสี	5	กก./ตร.ม.
ฝ้าเพดาน	14-26	กก./ตร.ม.
กำแพงอิฐมอญ	180-360	กก./ตร.ม.
กำแพงอิฐบล๊อก	100-200	กก./ตร.ม.

2.5 น้ำหนักบรรทุกจร

น้ำหนักบรทุกจรคือน้ำหนักบรรทุกที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและตำแหน่ง หรือพูดง่ายๆก็คือเป็นน้ำหนักบรรทุกที่ไม่ใช่น้ำหนักบรรทุกคงที่นั่นเอง น้ำหนักจรที่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยกำลังของตัวมันเองเรียกว่าน้ำหนักบรรทุกเคลื่อนที่เช่นรถบรรทุก คน และเครน ในขณะที่น้ำหนักบรรทุกที่อาจจะถูกเคลื่อนย้ายเช่นเฟอร์นิเจอร์ ของในโกดังเก็บสินค้า น้ำหนักจรอย่างอื่นรวมถึงที่เกิดระหว่างการก่อสร้าง ลม ฝน แผ่นดินไหว ระเบิด และการเปลี่ยนอุณหภูมิ

น้ำหนักบรรทุกจรในอาคาร

ค่าน้ำหนักบรรทุกจรน้อยที่สุดในส่วนต่างๆของอาคารนอกเหนือไปจากน้ำหนักของตัวอาคารหรือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อย่างอื่น โดยปกติค่าน้ำหนักเหล่านี้จะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดควบคุมอาคารซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ สำหรับประเทศไทยจะใช้ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ข้อที่ 15 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 น้ำหนักบรรทุกจรในแนวดิ่งของอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุก (กก./ตร.ม.)
1. หลังคา	30
2. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4. ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรม และห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250

6. (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
7. (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400
8. (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุด และหอสมุด	500
9. ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
10. ที่จอดหรือเก็บรถบรรทุกเปล่า	800

น้ำหนักบรรทุกจากแรงลม

ตามมาตรฐาน Uniform Building Code (UBC) สูตรพื้นฐานในการคำนวณความดัน p (กก./ตรม.) จากแรงลมในการออกแบบคือ

$$p = C_e C_q q_s I \tag{2.1}$$

โดยที่แต่ละเทอมจะถูกนิยามดังต่อไปนี้

q_s = **แรงดันจากลมปะทะ (Wind Stagnation Pressure)** คือแรงดันในทางทฤษฎีที่เกิดจากลมปะทะผิวดิ่งที่ระดับน้ำทะเล คำนวณได้จาก

$$q_s = 0.004826\, V^2 \tag{2.2}$$

เมื่อ V คือความเร็วลมพื้นฐาน (กม./ชม.) สำหรับในประเทศไทยจากการศึกษาของ ปณิธาน และคณะ [8] พบว่าความเร็วพื้นฐานในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศที่ความสูง 10 เมตรในสภาพภูมิประเทศโล่ง คาบเวลา

เท่ากับ 50 ปี จะเท่ากับ 95.4 กม./ชม. เมื่อคำนวณเป็นแรงดันจะได้เท่ากับ 43.9 กก./ตรม. มีเพียงภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วนด้านที่ติดกับประเทศลาวที่มีความเร็วลมเฉลี่ย 108 กม./ชม. ทำให้ได้ความดันเท่ากับ 56.3 กก./ตรม.

ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพียงพอเพื่อใช้ในการคำนวณแรงลม ให้ใช้ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับแรงลมที่กระทำต่ออาคารโดยมีขนาดเพิ่มตามความสูงของอาคารดังแสดงในตารางที่ 2.3

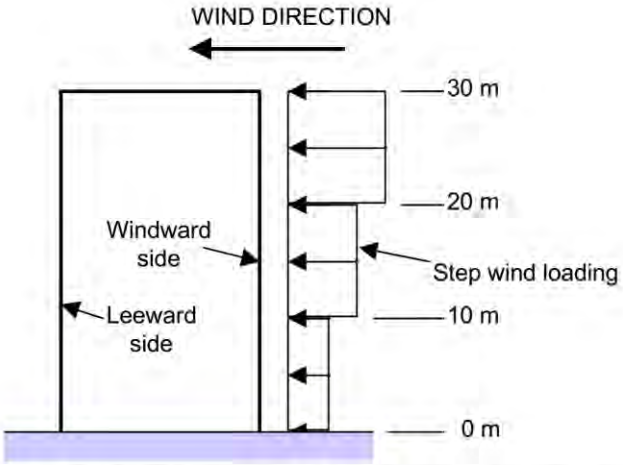
ตารางที่ 2.3 ขนาดของแรงลมตามความสูงของอาคาร

ความสูงอาคาร (*h*) (เมตร)	**หน่วยแรงลม** (กก./ตร.ม.)
น้อยกว่า 10	50
$10 < h < 20$	80
$20 < h < 40$	120
มากกว่า 40	160

***I* = ตัวคูณความสำคัญ(Important factor)**

ชนิดของอาคาร	***I***
อาคารสาธารณะ	1.5
อาคารที่ผู้อยู่อาศัยเกิน 300 คน(ในหนึ่งห้อง)	1.25
อาคารอื่น	1.0

C_e = **ตัวคูณความสูงร่วม, ความเปิดโล่ง และสัมประสิทธิ์ความกรรโชก** ตัวคูณนี้เป็นผลมาจากอิทธิพลของหลายปัจจัย โดยหน่วยแรงลม($C_e \times q_s$)จะหาได้จากตารางที่ 2.4 ซึ่งเป็นผลการศึกษาของปณิธานและคณะ[8] เมื่อทราบค่าความสูงของอาคารและภูมิประเทศที่ตั้งอาคาร แรงดันลมจะเพิ่มขึ้นที่ความสูงเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารมีความสูงเกิน 10 เมตรน้ำหนักบรรทุกจากแรงลมจะมีลักษณะเป็นขั้นบันได



รูปที่ 2.1 น้ำหนักบรรทุกขั้นบันไดบนด้านปะทะลม

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงลมอ้างอิงกับลักษณะภูมิประเทศ, กก./ตรม.

ความสูง (ม.)	ภูมิประเทศแบบ A	ภูมิประเทศแบบ B	ภูมิประเทศแบบ C
0 – 10	140	95	75
10 – 20	155	105	75
20 – 40	170	115	80
40 – 80	185	135	100
80 – 120	200	160	120
120 – 160	210	175	140
160 – 200	220	190	160
200 – 250	230	210	180
250 – 300	240	225	200

ความแปรปรวนที่เกิดจากความขรุขระของภูมิประเทศจะช่วยทำให้ความเร็วลมลดลง ในตาราง 2-4 ได้กำหนดลักษณะภูมิประเทศไว้สามแบบด้วยกันคือ แบบ A เป็นสภาวะเปิดโล่งที่เลวร้ายที่สุดเพราะเป็นพื้นที่ราบเรียบ แบบ B เป็นภูมิประเทศที่มีอาคาร ป่าไม้ หรือพื้นผิวไม่ราบเรียบที่สูงไม่น้อยกว่า 6 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 20% ขึ้นไปและพื้นที่ดังกล่าวขยายออกไปจากอาคารไม่ต่ำกว่า 1.6 กม. และแบบ C หมายถึง ใจกลางเมืองใหญ่ ซึ่งมีอาคารสูงหนาแน่น อย่างน้อย 50% ของอาคารต้องสูงเกิน 4 ชั้น

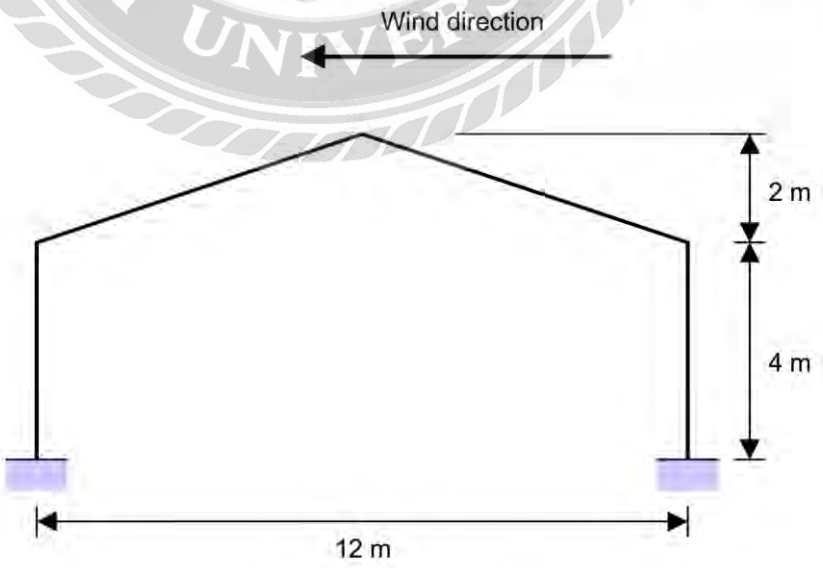
C_q = **ตัวคูณความดัน** ผลกระทบจากลมกรรโชกมักจะกระทำลงบนพื้นที่เล็กๆ ทำให้ต้องมีค่าตัวคูณ C_q ที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละส่วนของอาคารตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวคูณความดัน C_q

ลักษณะโครงสร้าง	C_q
ผนังด้านรับลม	0.8 ดันเข้า
ผนังด้านหลบลม	0.5 ดันออก
หลังคาด้านหลบลมหรือหลังคาราบ	0.7 ดันออก
หลังคาด้านปะทะลม	
เอียง < 9:12	0.7 ดันออก
เอียง 9:12 ถึง 12:12	0.4 ดันเข้า
เอียง > 12:12	0.7 ดันเข้า
ลมพัดขนานสันหลังคา	
โครงสร้างปิด	0.7 ดันออก
โครงสร้างเปิด[1]	1.2 ดันออก

[1]โครงสร้างที่มีด้านเปิดมากกว่า 30%

ตัวอย่างที่ 2.1 จงคำนวณแรงดันลมที่เกิดขึ้นกับอาคารในรูปที่ 2-2 โดยใช้ลักษณะภูมิประเทศแบบ A



รูปที่ 2.2 โครงอาคารภายใต้แรงลม

2.6 นิยามของการออกแบบอีลาสติกและพลาสติก

เกือบจะทั้งหมดของโครงสร้างเหล็กที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบันถูกออกแบบโดยวิธีอีลาสติก ผู้ออกแบบจะประมาณน้ำหนักบรรทุกใช้งานที่โครงสร้างอาจจะต้องรับ และเลือกขนาดขององค์อาคารตามหน่วยแรงที่ยอมให้ ซึ่งค่าหน่วยแรงที่ยอมให้เหล่านี้มักจะอยู่ในรูปเศษส่วนของค่าหน่วยแรงครากของเหล็ก แม้ว่าวิธีนี้น่าจะถูกเรียกว่า *วิธีออกแบบอีลาสติก* แต่คำว่า *วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้* หรือ *วิธีหน่วยแรงใช้งาน* จะมีความเหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตามมีหลายมาตรฐานสำหรับวิธีนี้ถูกสร้างขึ้นมาจากพฤติกรรมพลาสติกหรือกำลังประลัย

ความเหนียวของเหล็กทำให้มันมีกำลังสำรองซึ่งเป็นที่มาของทฤษฎีของ *วิธีพลาสติก* ในการออกแบบวิธีนี้น้ำหนักบรรทุกใช้งานจะถูกประมาณแล้วถูกคูณด้วยตัวคูณเกินกำลังหรือส่วนปลอดภัยและองค์อาคารจะถูกออกแบบโดยใช้กำลังขณะเกิดการวิบัติ จากการทดสอบพบว่าเหล็กสามารถต้านทานแรงที่มากระทำได้เกินจากจุดครากของมันค่อนข้างมาก ดังนั้นในกรณีที่มีน้ำหนักบรรทุกเกินในโครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนต โครงสร้างจะสามารถกระจายน้ำหนักบรรทุกออกไปเนื่องจากความเหนียวของเหล็ก สำหรับโครงสร้างบางชนิด การออกแบบพลาสติกทำให้สามารถใช้งานเหล็กได้ประหยัดมากกว่าการออกแบบอีลาสติก อย่างไรก็ตามการออกแบบพลาสติกยังไม่ค่อยได้รับความนิยมในหมู่นักออกแบบเท่าใดนัก อย่างไรก็ตามวิธีออกแบบพลาสติกนี้ก็ยังมีประโยชน์อย่างมากสำหรับนักออกแบบในการเข้าใจพฤติกรรมของเหล็กโครงสร้าง

2.7 การออกแบบโดยใช้ตัวคูณน้ำหนักและความต้านทาน

AISC ได้จัดพิมพ์คู่มือการออกแบบอีกหนึ่งเล่มคือ *Manual of Steel Construction Load and Resistance Factor Design* การออกแบบโดยวิธีนี้ซึ่งเรียกโดยย่อว่า LRFD ได้รวมเอาการคำนวณกำลังประลัยหรือกำลังที่ขีดสุดและความสามารถในการใช้งานเพื่อความปลอดภัยซึ่งอาศัยหลักทางสถิติเข้าด้วยกัน

LRFD จะเหมือนกับการออกแบบพลาสติกในแง่ที่ว่าจะพิจารณาสภาวะการวิบัติหรือสภาวะกำลังประลัย น้ำหนักบรรทุกจะถูกคูณด้วยตัวคูณเกินกำลัง (มากกว่า 1.0) และองค์อาคารจะถูกออกแบบให้มีกำลังเพียงพอหรือสามารถต้านทานน้ำหนักเกินนี้ได้ นอกจากนั้นความสามารถรับน้ำหนักของแต่ละองค์อาคารยังถูกคูณด้วยตัวคูณลดความสามารถหรือความต้านทานซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1.0 (เพื่อเป็นการคำนึงถึงความหลากหลายในคุณสมบัติของวัสดุและขนาดขององค์อาคาร) เงื่อนไขของ LRFD สามารถเขียนได้เป็น

$$\text{กำลังที่ได้จากการออกแบบ} \geq \text{ผลรวมของน้ำหนักประลัย} \qquad (2.3)$$

บ่อยครั้งที่ LRFD จะทำให้เราได้โครงสร้างที่ประหยัดขึ้นโดยเฉพาะเมื่อน้ำหนักจรมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับน้ำหนักคงที่เช่น ถ้าอัตราส่วนของน้ำหนักจรต่อน้ำหนักคงที่น้อยกว่า 3 วิธี LRFD จะช่วยประหยัดเหล็กได้ถึงหนึ่งในหกสำหรับองค์อาคารรับแรงดึงและเสา และหนึ่งในสิบสำหรับคาน

2.8 ส่วนปลอดภัย

ส่วนปลอดภัยขององค์อาคารของโครงสร้างถูกนิยามให้เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังขององค์อาคารต่อค่าหน่วยแรงมากที่สุดที่จะเกิดขึ้นกับมัน กำลังขององค์อาคารที่ใช้ในการพิจารณาส่วนปลอดภัยมักจะถูกเข้าใจว่าคือกำลังประลัยขององค์อาคารแต่บ่อยครั้งที่ต้องใช้ค่าที่ต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น การวิบัติจะถูกสมมุติให้เกิดขึ้นเมื่อองค์อาคารเกิดการเสียรูปทรงมากเกินไป ซึ่งถ้าเป็นในกรณีนี้ค่าส่วนความปลอดภัยอาจจะพิจารณาได้โดยการหารหน่วยแรงครากด้วยค่าหน่วยแรงมากที่สุดที่เกิดขึ้น สำหรับวัสดุเหนียว ส่วนปลอดภัยมักจะขึ้นกับหน่วยแรงคราก ในขณะที่สำหรับวัสดุเปราะจะขึ้นกับกำลังประลัย

2.9 การวิบัติของโครงสร้าง

ผู้ออกแบบที่ยังมีประสบการณ์น้อยจำเป็นที่จะต้องรู้ว่าควรจะให้ความสนใจในจุดใดและจะหาคำแนะนำจากภายนอกได้จากที่ไหน นักออกแบบส่วนใหญ่ทั้งที่มีและไม่มีประสบการณ์เลือกองค์อาคารที่มีขนาดและกำลังเพียงพอ การพังทลายของโครงสร้างส่วนใหญ่มักเกิดจากการไม่ให้ความสนใจอย่างเพียงพอในรายละเอียดของจุดต่อเชื่อม การโก่งแอ่น การติดตั้ง และการทรุดตัวของฐานราก เหล็กมักไม่พังจากความผิดปกติในเนื้อวัสดุแต่มักจะวิบัติจากการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง

ข้อผิดพลาดของนักออกแบบที่เกิดขึ้นบ่อยก็คือ หลังจากที่ออกแบบองค์อาคารอย่างระมัดระวังกลับเลือกใช้จุดต่อเชื่อมอย่างสะเพร่าซึ่งอาจจะมีขนาดไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสม โดยมากจะโยนงานเลือกจุดต่อเชื่อมให้คนเขียนแบบผู้ซึ่งไม่มีความเข้าใจในการออกแบบ ในโครงถักซึ่งองค์อาคารถูกออกแบบมาสำหรับแรงผ่านแนวแกนเท่านั้น จุดต่ออาจจะรับน้ำหนักเยื้องศูนย์ ทำให้เกิดโมเมนต์ที่ทำให้หน่วยแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งหน่วยแรงรองนี้บางครั้งมีมากจนต้องคำนึงถึงในการออกแบบ

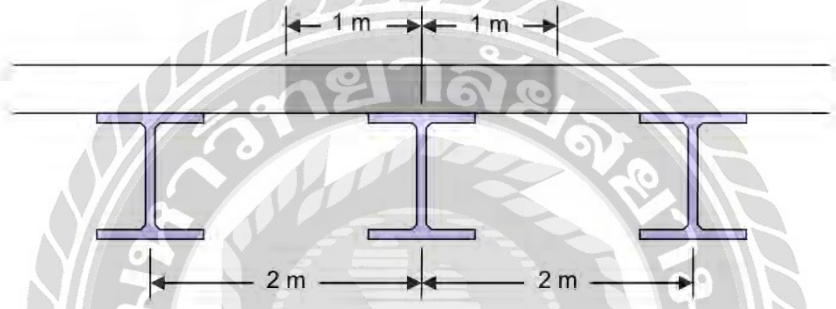
อีกจุดหนึ่งที่อาจเกิดความวิบัติคือเมื่อคานถูกรองรับโดยกำแพงที่มีความสามารถแบกทานหรือการยึดเกาะไม่เพียงพอ ลองนึกภาพคานในลักษณะนี้รองรับหลังคาราบในคืนฝนตกเมื่อรางระบายน้ำฝนเกิดการอุดตัน เมื่อน้ำฝนเริ่มรวมกันเป็นแอ่งบนหลังคาทำให้คานแอ่นตัวซึ่งจะยิ่งเกิดแอ่งน้ำที่ใหญ่ขึ้นและยิ่งทำให้คานแอ่นมากขึ้นไปอีก เมื่อคานแอ่น ท้องคานจะกดผลักผนังซึ่งอาจทำให้ผนังพังหรือเกิดรอยรั่วจากการแตกร้าวที่ปลายคาน

การทรุดตัวของฐานรากเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในการเสียหายของหลายโครงสร้าง ซึ่งบางทีอาจจะมากกว่าสาเหตุอื่นด้วยซ้ำ การทรุดตัวของฐานรากส่วนใหญ่ไม่ทำให้เกิดการพังทลายแต่จะทำให้เกิดรอยร้าวที่ไม่น่าดูและรอยรั่วในโครงสร้าง ถ้าทุกๆส่วนของโครงสร้างเกิดการทรุดตัวเท่ากัน หน่วยแรงในโครงสร้างจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยปกติแล้วผู้ออกแบบจะไม่สามารถป้องกันการทรุดตัวได้แต่จะต้องพยายามออกแบบฐานรากเพื่อที่จะทำให้เกิดการทรุดตัวเท่าๆกัน

2.10 การถ่ายน้ำหนักและน้ำหนักบรรทุกในชั้น

การถ่ายน้ำหนักระหว่างองค์อาคารในโครงสร้างเป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอันดับแรกที่วิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้างจะต้องตัดสินใจและมีความเข้าใจอย่างชัดเจนถึงเส้นทางการถ่ายเทน้ำหนักบรรทุก ตั้งแต่จุดเริ่มต้นถ่ายผ่านส่วนประกอบต่างๆ บางครั้งถูกกระจายออก บางครั้งถูกรวมกันเข้า จนสุดท้ายจะผ่านไปทั่วทั้งโครงสร้างลงสู่ฐานรากและพื้นดินที่รองรับ

โครงสร้างคือกลไกในการรับน้ำหนักซึ่งมีองค์ประกอบได้แก่ พื้น คาน และเสา ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องตัดสินใจว่าจะกระจายน้ำหนักลงองค์อาคารอย่างไร วิธีที่มักใช้กันคือการกำหนดพื้นที่รับน้ำหนักให้แก่แต่ละองค์อาคาร โดยขอบเขตของพื้นที่จะอยู่กึ่งกลางระหว่างองค์อาคารรองรับข้างเคียง ยกตัวอย่างเช่นในรูปที่ 2.4 คานเหล็กรองรับน้ำหนักจากพื้นมีระยะห่างระหว่างคาน 2 ม. พื้นที่รับน้ำหนักของคานจะวัดออกไปด้านซ้ายและขวาข้างละ 1 ม. ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.4 พื้นที่รับน้ำหนักจากพื้นสู่คาน

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด
ที่ตั้งสำนักงาน	เลขที่ 89/123 หมู่ 8 ต.พานทอง อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160
โทรศัพท์	08-8426-8868 , 092-878-2879
E-mail	aspmsteelwork@gmail.com
ฝึกงานตำแหน่ง	ผู้ช่วยวิศวกรโยธา
วิศวกรที่ปรึกษา	นายอาทิตย์ ศรีจำปา
	ใบอนุญาตวิศวกร สามัญวิศวกรโยธา เลขทะเบียน สย.11906

ประเภทธุรกิจ	ประกอบกิจการให้บริการ งานออกแบบและคำนวณ การวางผังโรงงาน และเครื่องจักร งานควบคุมการสร้างหรือการผลิต งานพิจารณา ตรวจสอบ และงานอำนวยการใช้ตาม พรบ.วิชาชีพวิศวกรรม
ทุนจดทะเบียน	1,000,000 บาท
ก่อตั้งเมื่อ	15 มกราคม พ.ศ. 2559
กรรมการบริษัท	นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน

3.3 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

3.3.1 ตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย ผู้ช่วยวิศวกร โยธา มีหน้าที่ช่วยออกแบบและคำนวณ และจัดทำแบบสำหรับประกอบการยื่นขออนุญาตก่อสร้าง

3.3.2 หน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย

1) ออกแบบและทำรายการคำนวณโครงสร้างหลังคาเหล็ก

2) จัดทำรายละเอียดแบบก่อสร้าง

3) จัดทำบัญชีแสดงปริมาณงานและสรุปราคาค่าก่อสร้าง

3.4 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2564

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานสหกิจ ศึกษาทั้งสิ้น 4 เดือน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มิ.ย. 64	ก.ค.64	ส.ค.64	ก.ย.64
1. รวบรวมข้อมูล	←			
2. ออกแบบและคำนวณโครงสร้าง	←	→		
3. จัดทำบัญชีแสดงปริมาณงาน BOQ			← →	
4. จัดทำรายละเอียดแบบก่อสร้าง				← →

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.5.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบโครงสร้าง

3.5.1.1 DESIGN CODE AND STANDARDS ที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบ

1. มาตรฐานสำหรับอาคาร คสล. .โดยวิธีกำลังของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย วสท.1008-38 (EIT1008-38) และ ตามกฎกระทรวงฉบับที่6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

2. มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย วสท.1015-40 (EIT1015-40)

3. ACI 318-99 Building Code Requirements for Structural Concrete

4. AISC Manual of Steel Construction 9th Edition, Allowable Stress Design

5. มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองอาคาร มยผ.13011-50 กรมโยธาธิการและผังเมือง, กระทรวงมหาดไทย

3.5.1.2 วัสดุโครงสร้าง

- คอนกรีตกำลังอัดประลัยทรงกระบอกที่ 28 วัน
- fc = 240 kg / cm2 สำหรับคอนกรีตโครงสร้าง
- เหล็กเสริมกำลังดึงที@จุดคลากเหล็กข้ออ้อย TIS24-2527
- เกรด SD40 ;fy = 4,000 kg / cm^2
- เกรด SR24 ;fy = 2,400 kg / cm^2
- เหล็กรูปพรรณกำลังดึงที@จุดคลากของเหล็ก A36 หรือเทียบเท่า (JIS G 3101 SS400); Fy = 2,400 kg / cm2
- ลวดเชื่อม AWS E70XX, Fwv = 1470 kg / cm^2

3.5.1.3 น้ำหนักบรรทุกของอาคาร

<u>น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522</u>

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	น้ำหนักบรรทุกคงที่ (kg/m2)
หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเสริมเหล็ก	2,400
หน่วยน้ำหนักของเหล็กรูปพรรณ	7,854
วัสดุปูพื้น (super imposed)	100
ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	180
ก่ออิฐมอญเต็มแผ่น	360
ฝ้าเพดาน	14-26
กระเบื้องลอนคู่	15
แปเหล็ก	5

<u>น้ำหนักบรรทุกจร (LL) พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522</u>

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุก (กก./ตร.ม.)
1. หลังคา	30
2. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4. ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรม และห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
7. (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400
8. (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุด และหอสมุด	500
9. ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
10. ที่จอดหรือเก็บรถบรรทุกเปล่า	800

<u>น้ำหนักบรรทุกจร (LL) ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร</u>

- หลังคา	50	kg/m^2
- กันสาด หรือ หลังคาคอนกรีต	100	kg/m^2
- ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150	kg/m^2
- อาคารชุด หอพัก โรงแรม	200	kg/m^2
- สำนักงาน ธนาคาร	250	kg/m^2
- อาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน	300	kg/m^2
- ห้องโถง บันได ทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม โรงพยาบาล สำนักงาน และธนาคาร	300	kg/m^2
- ห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม ภัตตาคาร ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่ง	400	kg/m^2
- ห้องโถง บันได ทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400	kg/m^2
- คลังสินค้า พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500	kg/m^2
- ห้องโถง บันได ทางเดินของห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม ภัตตาคาร และหอสมุด	500	kg/m^2
ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุด	600	kg/m^2
ที่จอดหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่าและรถอื่น	800	kg/m^2

แรงลมสำหรับส่วนของอาคาร

ที่สูงไม่เกิน 10 เมตร จากพื้นดิน	50	kg/m^2
ที่สูงกว่า 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร จากพื้นดิน	80	kg/m^2
ที่สูงกว่า 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร จากพื้นดิน	120	kg/m^2
ที่สูงกว่า 40 เมตร จากพื้นดิน	160	kg/m^2

3.5.2 การออกแบบและการคำนวณโครงสร้าง

3.5.2.1 การออกแบบโครงสร้างหลังคา

1. ออกแบบแป

น.น.บรรทุก

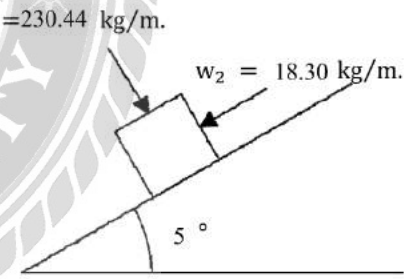
น.น.วัสดุมุง (METAL SHEET		5 kg/m^2
แป + จันทัน		15 kg/m^2
โครงหลังคา		20 kg/m^2
ค้ำยัน		10 kg/m^2
น.น.จร		50 kg/m^2
	รวม	100 kg/m^2

แรงลม

แรงลมบนระนาบดิ่ง	=	80 kg/m^2
มุมลาดเอียงของหลังคา	=	5 °
แรงลมตามแนวตั้งฉากหลังคา	=	7.08 kg/m^2
น.น.บรรทุก	=	70 kg/m^2
ระยะห่างระหว่างแป	=	1.50 m.
ระยะห่างระหว่างจันทัน (L)	=	2.00 m.

น.น.กระทำต่อแป

น.น.บรรทุก	105.00 kg/m
แรงลม	10.62 kg/m
$W_1 = (P\cos\theta + win) \times L =$	230.44 kg
$W_2 = P\sin\theta \times L =$	18.30 kg



โมเมนต์ในแนวตั้งฉากกับหลังคา $= \frac{w_1 \times L}{8}$ = 5,761 กก.- ซม.

โมเมนต์ในแนวขนานกับหลังคา $= \frac{1}{8}\left(\frac{W_2}{2} \times \frac{L}{2}\right)$ = 114 กก.- ซม.

เลือก C - 100 x 50 x 20 x 2.3 mm. Z_X 16.1 Z_y 6.01

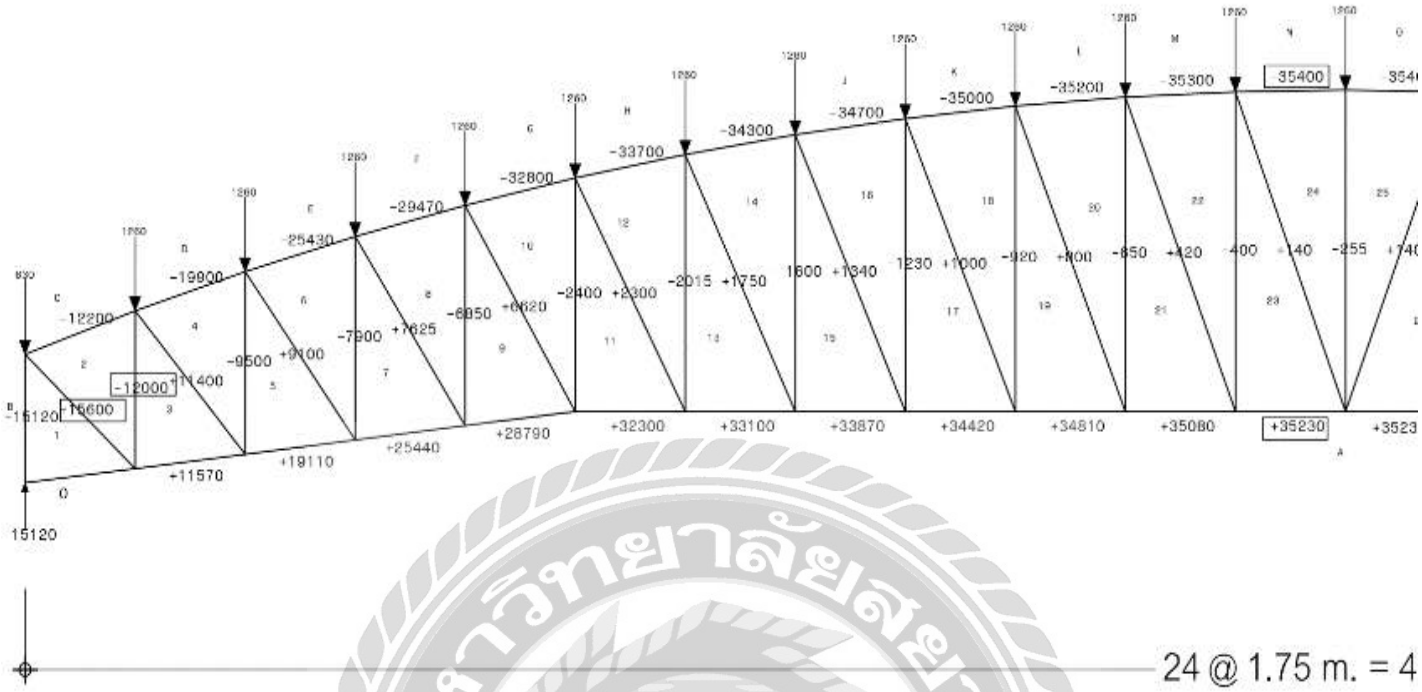
หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ $F_{bx} = 0.6F_y$ = 1,500 กก./ซม^2.

$F_{by} = 0.75F_y$ = 1,875 กก./ซม^2.

ดังนั้น 0.25 < 0.6 .....OK

2. ทำการวิเคราะห์โครงสร้าง Truss 1 เพื่อหาแรงกระทำใน Member และออกแบบชิ้นส่วน

Truss 1



รูปภาพแสดง Truss1

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

TRUSS 1

แรงกระทำเหล็กบน Max	-35,400 kg
แรงกระทำเหล็กล่าง Max	+35,230 kg
ตัวทะแยง แรงอัด Max	-12,000 kg
ตัวทะแยง แรงดึง Max	+15,600 kg

ออกแบบโครงTRUSS 1 ชิ้นส่วนรับแรงอัด

แรงกระทำมาที่สุด 35,400 กก.

ความยาวช่วง 1.75 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 25.93 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 6" หนา 6.0 มม. $A_s = 30.01$ $r = 5.63$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 20.20 < Cc$$

$$\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right] F_y = 2,489 \text{ กก./ซม².}$$

$$\text{ส่วนปลอดภัย F.S.} = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.73$$

$$F_a = \frac{2489}{1.73} = 1,442 \text{ กก./ซม².}$$

รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

$= 1,442 \times 30.01$

$= 43,289 > 35,400$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 6" หนา 6.0 มม.

ออกแบบโครงTURSS 1 ชิ้นส่วนรับแรงดึง

แรงกระทำมากที่สุด 35,230 กก.

ความยาวช่วง 1.75 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 23.49

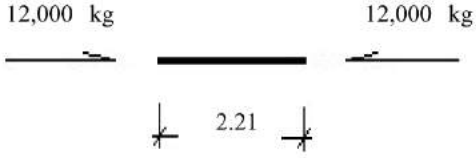
เลือกใช้เหล็ก Ø 6" หนา 6.0 มม. $A_s = 30.01$ $r = 5.63$

แรงดึงที่ยอมให้ = 45,375 กก.

$$\frac{KL}{r} = 31.08 < 300$$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 6" หนา 6.0 มม.

ออกแบบTRUSS 1 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 12,000 กก.

ความยาวช่วง 2.21 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 8.79 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 4" หนา 3.2 มม. A_s = 11.17 r = 3.93

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 36.55 < Cc$$

$$\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right]F_y = 2{,}418 \text{ กก./ซม².}$$

ส่วนปลอดภัย F.S. $= \frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.77$

$$F_a = \frac{2418}{1.77} = 1{,}365 \text{ กก./ซม².}$$

รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

$= 1{,}365 \times 11.17$

$= 15{,}251 > 12{,}000$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 4" หนา 3.2 มม.

ออกแบบTRUSS 1 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงดึง

แรงกระทำมากที่สุด 15,600 กก.

ความยาวช่วง 1.56 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 10.40

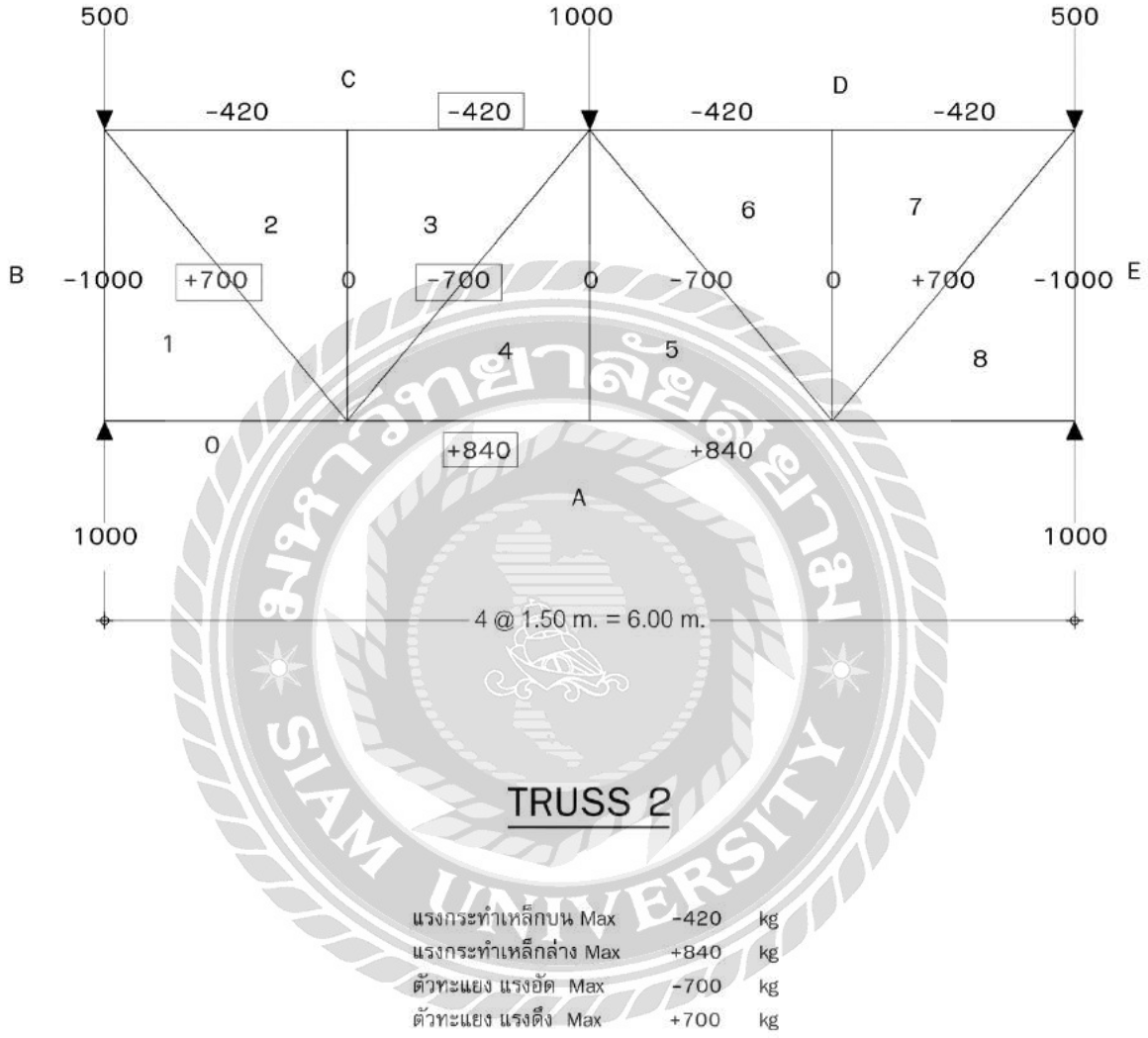
เลือกใช้เหล็ก Ø 4" หนา 3.2 มม. A_s = 11.17 r = 3.93

แรงดึงที่ยอมให้ = 16,889 กก.

$$\frac{KL}{r} = 39.69 < 300$$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 4" หนา 3.2 มม.

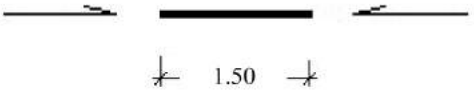
3. การวิเคราะห์โครงสร้าง Truss 2 เพื่อหาแรงกระทำใน Member และออกแบบชิ้นส่วน Truss 2



TRUSS 2

แรงกระทำเหล็กบน Max	-420	kg
แรงกระทำเหล็กล่าง Max	+840	kg
ตัวทะแยง แรงอัด Max	-700	kg
ตัวทะแยง แรงดึง Max	+700	kg

ออกแบบโครงTRUSS 2 ชิ้นส่วนรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 420 กก.

ความยาวช่วง 1.50 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.31 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม. A_s = 8.62 r = 3.03

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 32.18 < Cc$$

$$\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right] F_y = 2{,}441 \text{ กก./ซม².}$$

ส่วนปลอดภัย F.S. $= \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.76$

$$F_a = \frac{2441}{1.76} = 1{,}388 \text{ กก./ซม².}$$

รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

= 1,388 × 8.62

= 11,962 > 420 .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม.

ออกแบบโครงTURSS 2 ชิ้นส่วนรับแรงดึง

แรงกระทำมากที่สุด 840 กก.

ความยาวช่วง 1.50 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.56

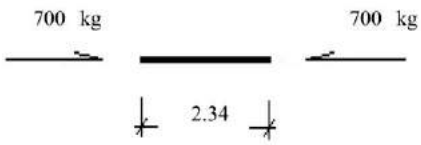
เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม. A_s = 8.62 r = 3.03

แรงดึงที่ยอมให้ = 13,033 กก.

$$\frac{KL}{r} = 49.50 < 300 \text{ .....OK}$$

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม.

ออกแบบTRUSS 2 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 700 กก.

ความยาวช่วง 2.34 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.51 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม. A_s = 4.21 r = 2.06

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 73.83 < Cc$$

$$\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right]F_y = 2{,}102 \text{ กก./ซม².}$$

ส่วนปลอดภัย F.S. $= \frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.86$

$$F_a = \frac{2102}{1.86} = 1{,}131 \text{ กก./ซม².}$$

รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

$= 1{,}131 \times 4.21$

$= 4{,}761 > 700$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม.

ออกแบบTRUSS 2 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงดึง

แรงกระทำมากที่สุด 700 กก.

ความยาวช่วง 2.34 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.47

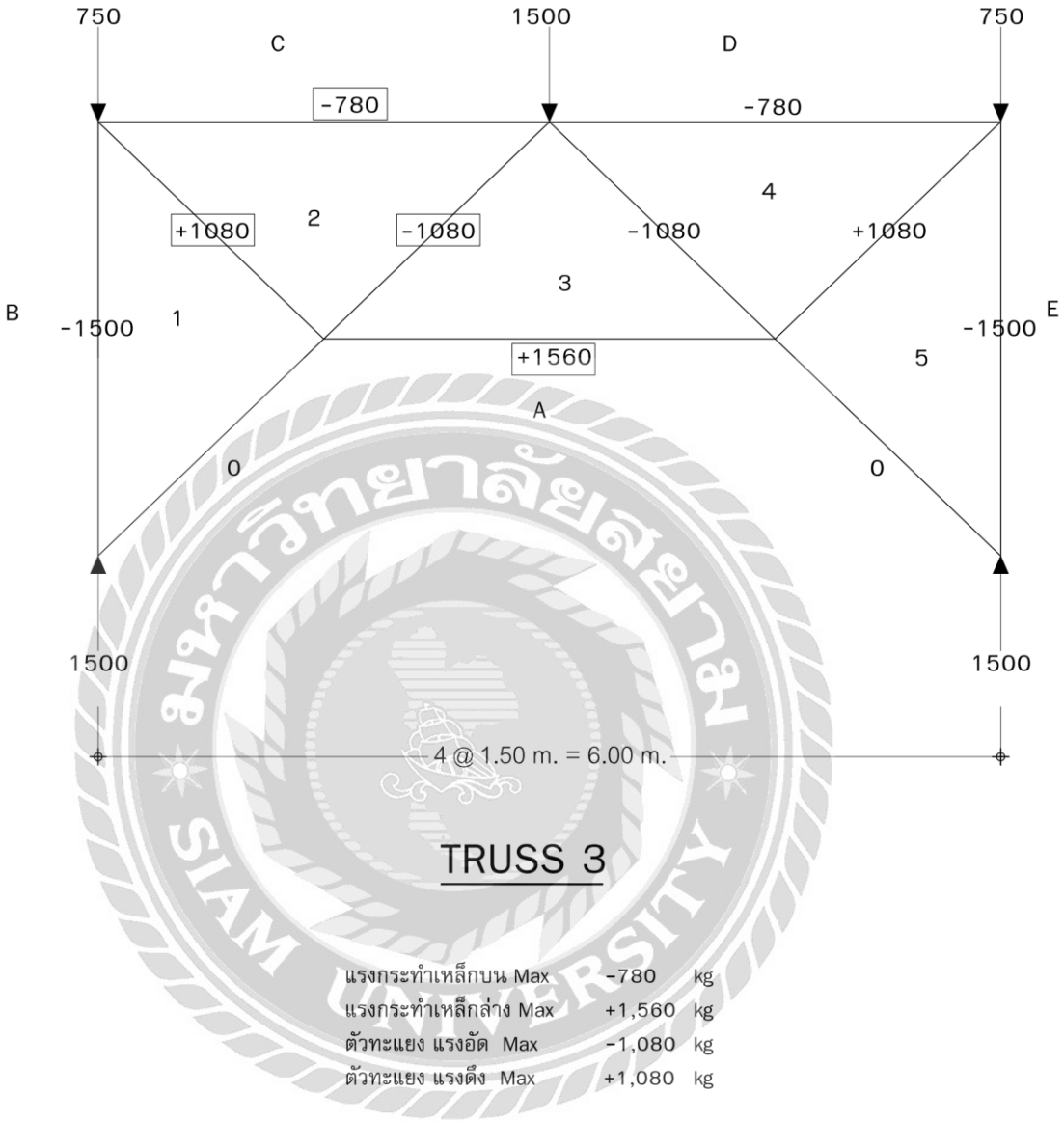
เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม. A_s = 4.21 r = 2.06

แรงดึงที่ยอมให้ = 6,366 กก.

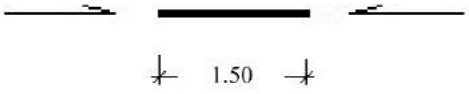
$$\frac{KL}{r} = 113.59 < 300$$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม.

4. การวิเคราะห์โครงสร้าง Truss 3 เพื่อหาแรงกระทำใน Member และออกแบบชิ้นส่วน Truss 3



ออกแบบโครงTRUSS 3 ชิ้นส่วนรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 780 กก.

ความยาวช่วง 1.50 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.57 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม. A_s = 8.62 r = 3.03

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 32.18 < Cc$$

$$\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right] F_y = 2,441 \text{ กก./ซม².}$$

$$\text{ส่วนปลอดภัย F.S.} = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.76$$

$$F_a = \frac{2441}{1.76} = 1,388 \text{ กก./ซม².}$$

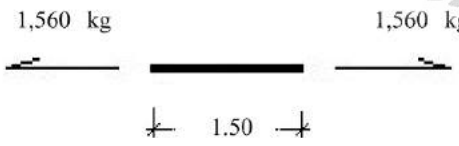
รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

= 1,388 × 8.62

= 11,962 > 780 .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม.

ออกแบบโครงTURSS 3 ชิ้นส่วนรับแรงดึง



แรงกระทำมากที่สุด 1,560 กก.

ความยาวช่วง 1.50 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 1.04

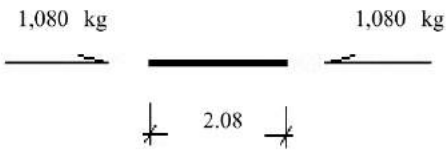
เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม. A_s = 8.62 r = 3.03

แรงดึงที่ยอมให้ = 13,033 กก.

$$\frac{KL}{r} = 49.50 < 300 \text{ .....OK}$$

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม.

ออกแบบTRUSS 3 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 1,080 กก.

ความยาวช่วง 2.08 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.79 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม. A_s = 4.21 r = 2.06

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 65.63 < Cc$$

$$\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right]F_y = 2{,}190 \text{ กก./ซม².}$$

ส่วนปลอดภัย F.S. $= \frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.84$

$$F_a = \frac{2190}{1.84} = 1{,}189 \text{ กก./ซม².}$$

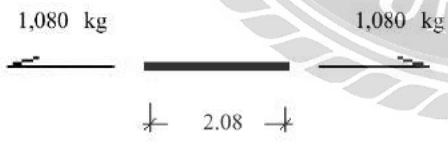
รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

$= 1{,}189 \times 4.21$

$= 5{,}005 > 1{,}080$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม.

ออกแบบTRUSS 3 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงดึง



แรงกระทำมากที่สุด 1,080 กก.

ความยาวช่วง 2.08 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.72

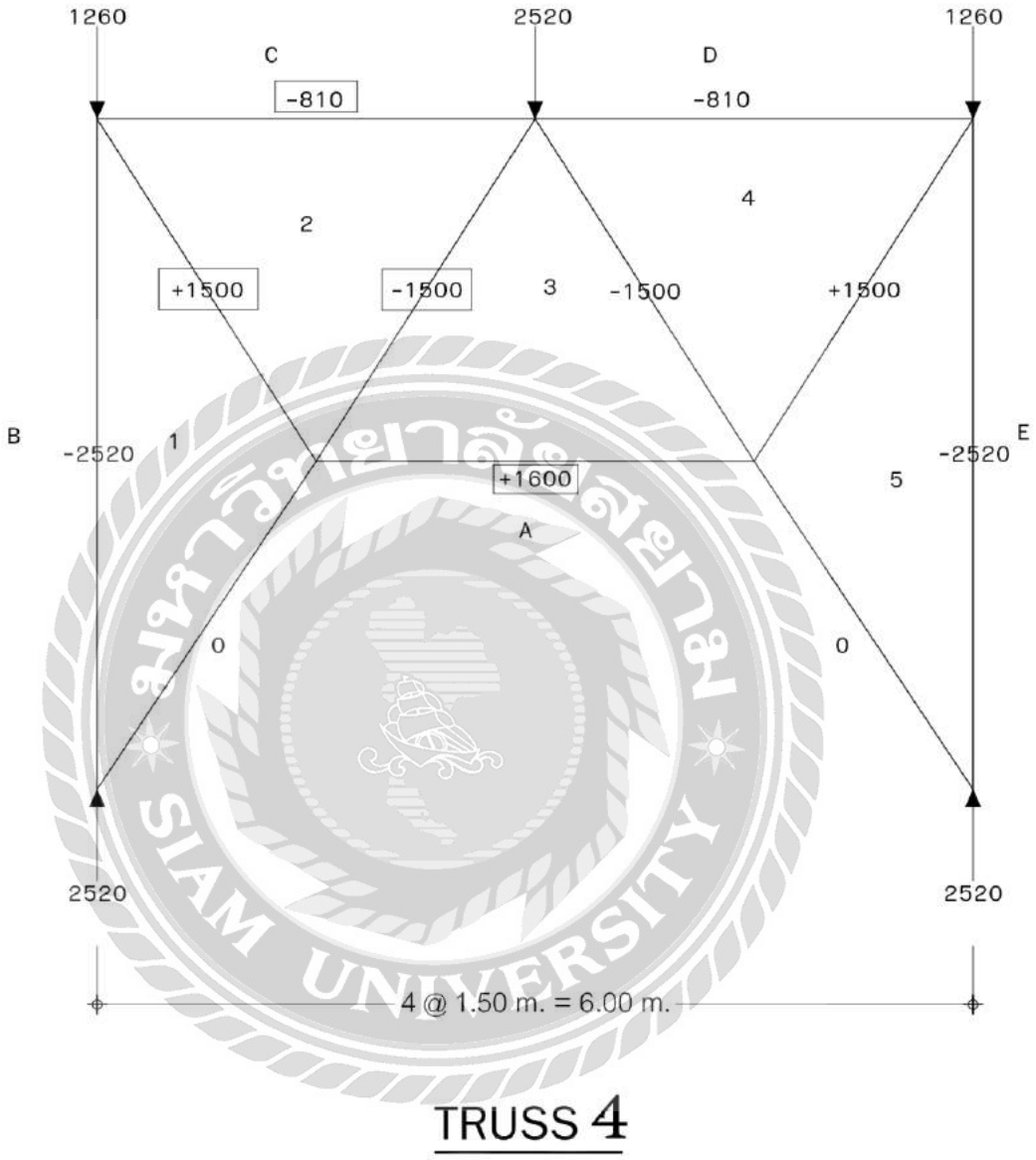
เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม. A_s = 4.21 r = 2.06

แรงดึงที่ยอมให้ = 6,366 กก.

$$\frac{KL}{r} = 100.97 < 300$$ .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม.

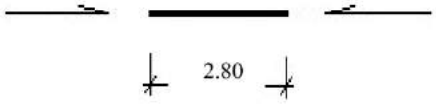
5. การวิเคราะห์โครงสร้าง Truss 4 เพื่อหาแรงกระทำใน Member และออกแบบชิ้นส่วน Truss 4



TRUSS 4

แรงกระทำเหล็กบน Max	-810	kg
แรงกระทำเหล็กล่าง Max	+1,600	kg
ตัวทะแยง แรงอัด Max	-1,500	kg
ตัวทะแยง แรงดึง Max	+1,500	kg

ออกแบบTRUSS 4 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 1,500 กก.

ความยาวช่วง 2.80 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 1.10 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม. A_s = 4.21 r = 2.06

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 88.35 < Cc$$

$$\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right] F_y = 1,922 \text{ กก./ซม².}$$

$$\text{ส่วนปลอดภัย F.S.} = \frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.88$$

$$F_a = \frac{1922}{1.88} = 1,020 \text{ กก./ซม².}$$

รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

= 1,020 × 4.21

= 4,294 > 1,500 .....OK

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม.

ออกแบบTRUSS 4 ส่วนที่เป็นค้ำยันรับแรงดึง

แรงกระทำมากที่สุด 1,500 กก.

ความยาวช่วง 2.80 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 1.00

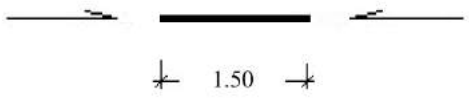
เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม. A_s = 4.21 r = 2.06

แรงดึงที่ยอมให้ = 6,366 กก.

$$\frac{KL}{r} = 135.92 < 300 \text{ .....OK}$$

เลือกใช้เหล็ก Ø 2" หนา 2.3 มม.

ออกแบบโครงTRUSS 4 ชิ้นส่วนรับแรงอัด



แรงกระทำมาที่สุด 810 กก.

ความยาวช่วง 1.50 ม.

สมมุติ $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ 1,365 กก./ซม².

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 0.59 ซม².

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม. A_s = 8.62 r = 3.03

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 I}{fy}} \quad 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 32.18 < Cc$$

$$\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^2\right] F_y = 2{,}441 \text{ กก./ซม².}$$

$$\text{ส่วนปลอดภัย F.S.} = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{Cc}\right)^3 = 1.76$$

$$F_a = \frac{2441}{1.76} = 1{,}388 \text{ กก./ซม².}$$

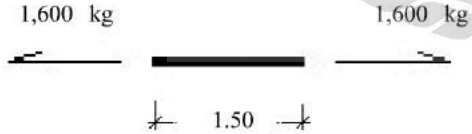
รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้

$$= 1{,}388 \times 8.62$$

$$= 11{,}962 > 810 \quad \text{.....OK}$$

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม.

ออกแบบโครงTURSS 4 ชิ้นส่วนรับแรงดึง



แรงกระทำมากที่สุด 1,600 กก.

ความยาวช่วง 1.50 ม.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ 1.07

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม. A_s = 8.62 r = 3.03

แรงดึงที่ยอมให้ = 13,033 กก.

$$\frac{KL}{r} = 49.50 < 300 \quad \text{.....OK}$$

เลือกใช้เหล็ก Ø 3" หนา 3.2 มม.

6. การชิ้นส่วนโครงสร้างหลังคาอาคาร 2 ชั้น

<u>ออกแบบจันทัน</u>

น.น.บรรทุก

น.น.วัสดุมุง(METALSHEET 5 kg/m^2

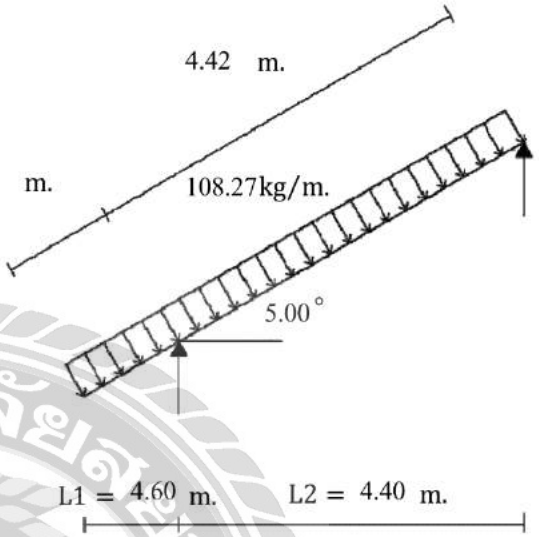
แป + จันทัน 15 kg/m^2

โครงหลังคา 20 kg/m^2

ค้ำยัน 10 kg/m^2

น.น.จร 50 kg/m^2

รวม 100 kg/m^2



แรงลมบนระนาบดิ่ง = 50 kg/m^2.

มุมลาดเอียงของหลังคา = 5 °

แรงลมตามแนวตั้งฉากหลังคา

$$P_n = \frac{P(2\sin\theta)}{(1+\sin^2\theta)} = 8.65 \text{ kg/m}^2.$$

ระยะห่างระห่างจันทัน = 1 m.

ระยะจันทันแนวราบ L1 = 4.60 m.

ระยะจันทันแนวราบ L2 = 4.40 m.

รวมน้ำหนักกระทำ W = 108.27 kg/m.

ค่าโมเมนต์ดัดมากที่สุด M_{max} = 2.28 kg-m.

ค่าแรงเฉือนที่มากที่สุด V_{max} = 500.44 kg.

Sx ที่ต้องการ = 0.16 cm.

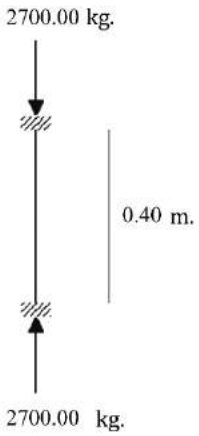
เลือกใช้เหล็ก C 150X50x20x2.3 mm. S_x = 28.00 I_x = 210

ตรวจสอบการโก่งตัว

$$\Delta = \frac{WL^4}{24EI}[m^4 - 2m^3(1-n^2) + m(1-2n^2)] < (L/230)$$

Δ = 0.67 < 1.47 .....OK

ออกแบบดั้ง



สมมุติค่า $\frac{P}{A}$ ที่ยอมให้ = 1,365 kg/m².

Fy = 2,520 kg/m².

K = 1.00

L = 0.40 m.

พื้นที่หลังคาที่ถ่ายน้ำหนักลงดั้ง = กว้าง = 6.00 m. ยาว = 4.50 m.

นน.บรรทุก = 2,700 kg.

เนื้อที่หน้าตัดที่ต้องการ = 2.0 cm^2

เลือกใช้ 2C - 100 x 50 x 20 x 2.3 mm. A 10.34 r = 3.95

$$C_C = \sqrt{2\pi^2 E/F_y} = 128.2$$

$$\frac{KL}{r} = 10.1 < C_C$$

$$\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{C_C}\right)^2\right] F_y = 2{,}512 \text{ kg/cm}^2.$$

$$F.S. = \frac{5}{3} + \frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{C_C}\right) - \frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{C_C}\right)^3 = 1.70$$

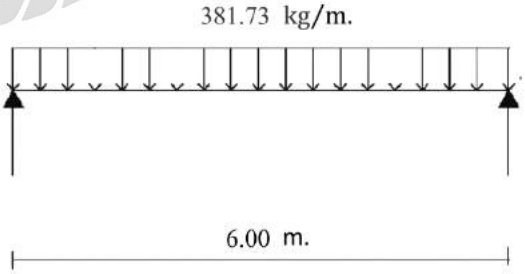
$$F_a = 1{,}481 \text{ kg/cm}^2.$$

รูปตัดที่เลือกจะรับน้ำหนักได้ =

15,320 kg > 2,700 kg .....OK

ดังนั้นใช้เสาเหล็กแบบ 2C - 100 x 50 x 20 x 2.3 mm.

ออกแบบอะเส



พื้นที่รับน้ำหนัก = 3.50 m.

พื้นที่รับน้ำหนักมุมยก θ = 3.51 m.

ความยาวอะเส = 6.00 m.

รวมน้ำหนัก = 381.73 kg/m.

ค่า Mmax $\frac{WL^2}{8}$ = 1717.77 kg - m.

ค่า Shear max $\frac{WL}{2}$ = 1145.18 kg

Sx ที่ต้องการ = 119.29 cm^3.

เลือกใช้เหล็ก ☐ ***200 x 100 x 8.0 mm.*** S_x =213.57 I_x =2,154

ตรวจสอบการโก่งตัว

$$\Delta = C_d \frac{WL^4}{EI} = \left(\frac{5}{384}\right) \times \left(\frac{\left(\frac{W}{100} \times L^4\right)}{(2.1 \times 10^6) \times I_x}\right) < (L/300)$$

Δ = 1.42 < 2.00 .....OK

<u>ออกแบบแผ่นเหล็กใต้TRUSS</u>

แรงกระทำที่มากที่สุดที่ฐานรอง	=	15,120	kg
หน่วยแรงกดที่ยอมให้ของคอนกรีต	=	45	kg/cm^2
พื้นที่ ที่ต้องการ	=	336	cm^2.
สมมุติขนาดของแผ่นเหล็ก	=	30 x 60	cm
	=	1800	cm^2.
ส่วนยื่นของแผ่นรอง	=	15 – 1.85	
	=	13.15	cm
หน่วยแรงกด	=	8.40	kg/cm^2
F_b ที่ยอมให้	=	1500	kg/cm^2
t	=	1.7	cm.
ใช้เหล็กแผ่นรอง	=	600 x 300 x 20	mm.

ใช้น๊อต Ø 20 mm. จำนวน 8 ตัว ฝั่งในคอนกรีต

<u>ที่ปลายอิสระ</u>

ที่อุณหาภูมิ 50 **องศาเซลเซียล**

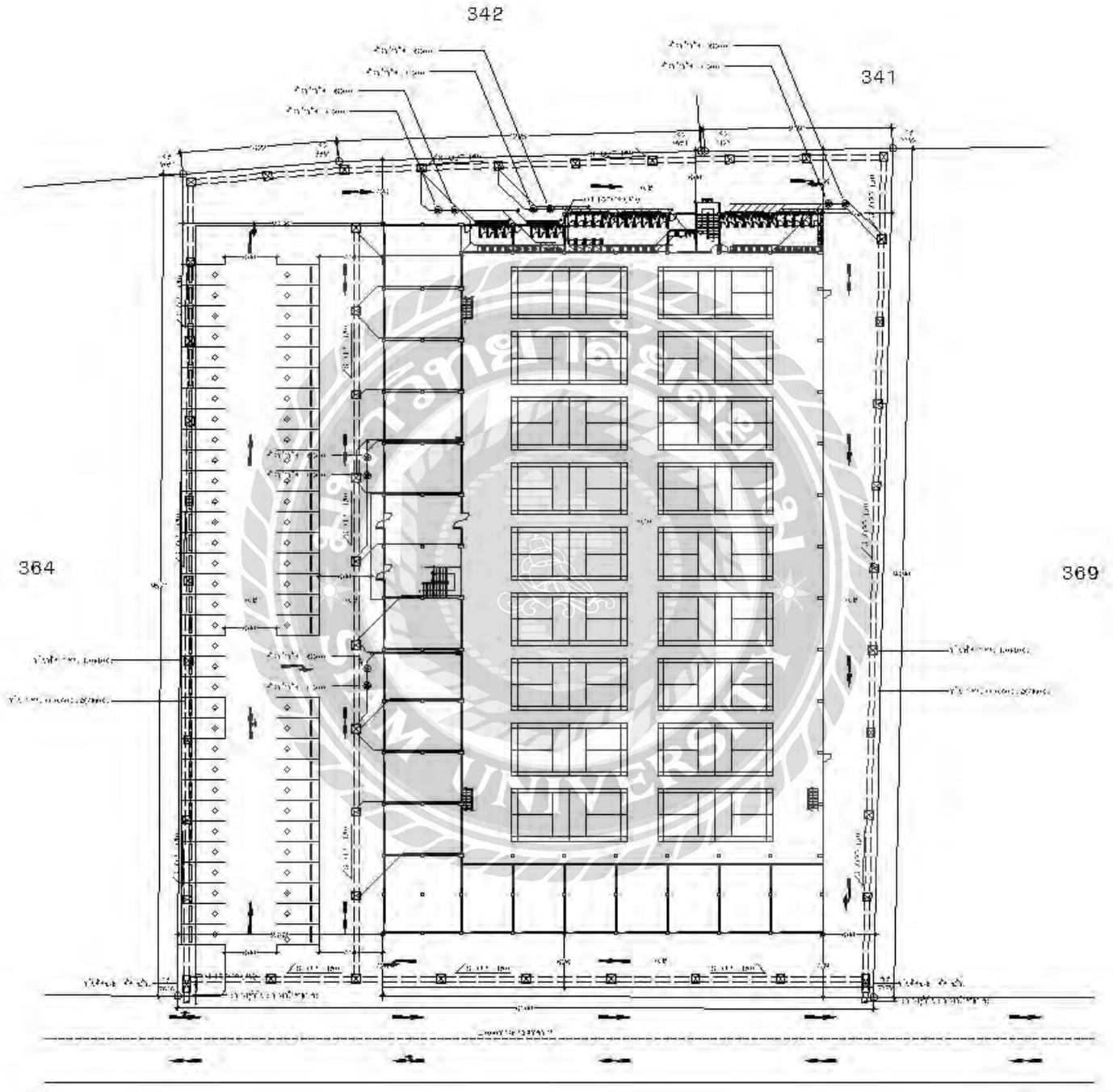
ความยาว TRUSS 4200 cm.

การเปลี่ยนแปลงความยาวของโครงหลังคา

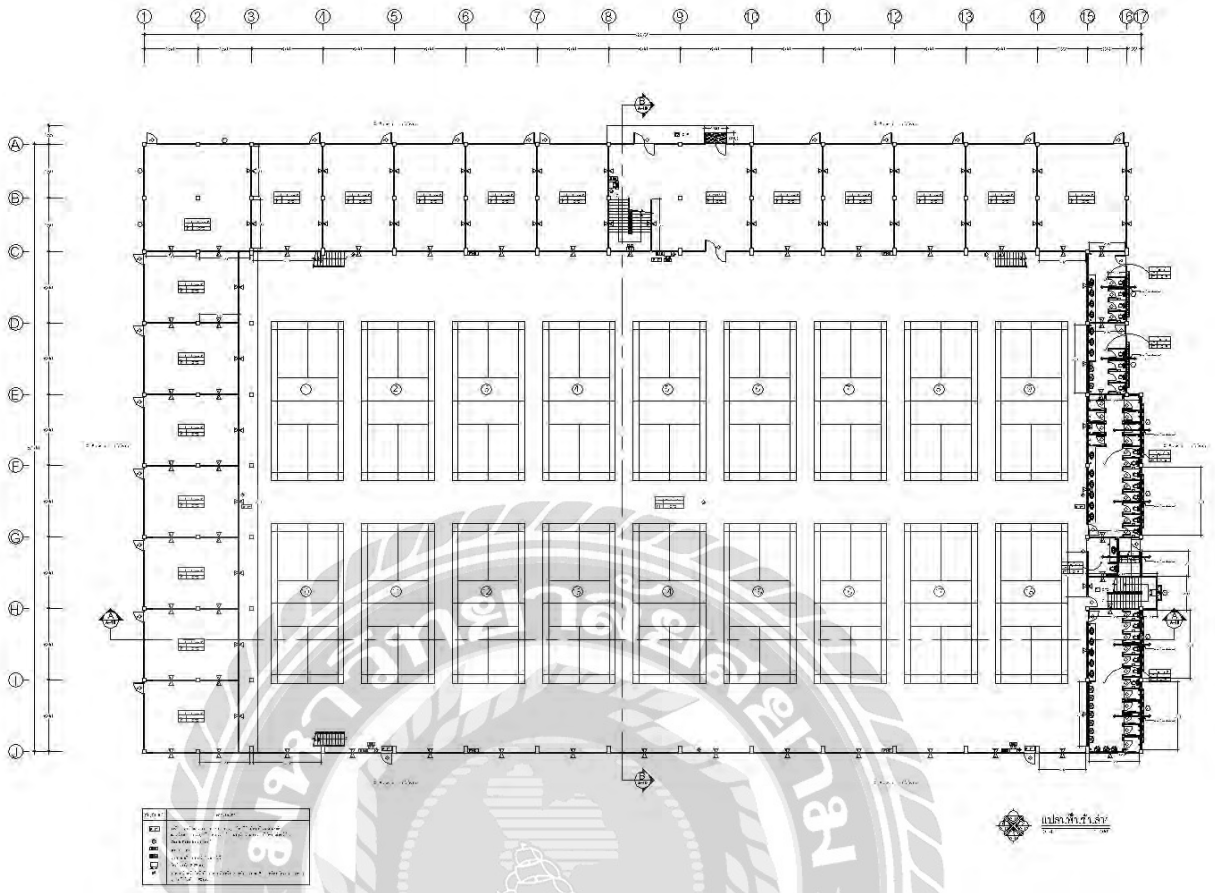
= 0.84 cm.

ดังนั้น ทำร่องกว้าง 25 mm. ยาว 85 mm. สำหรับเหล็ก Ø 20 mm.

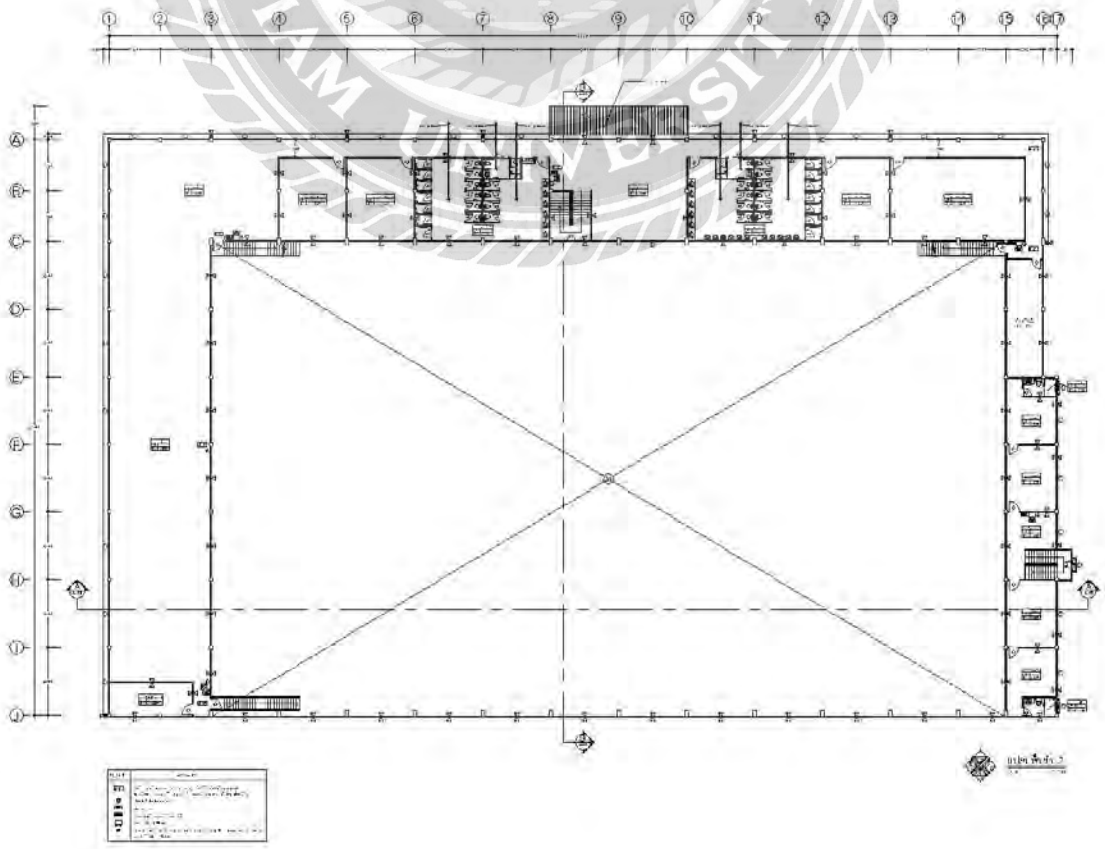
3.5.2.2 การจัดทำรายละเอียดแบบก่อสร้าง



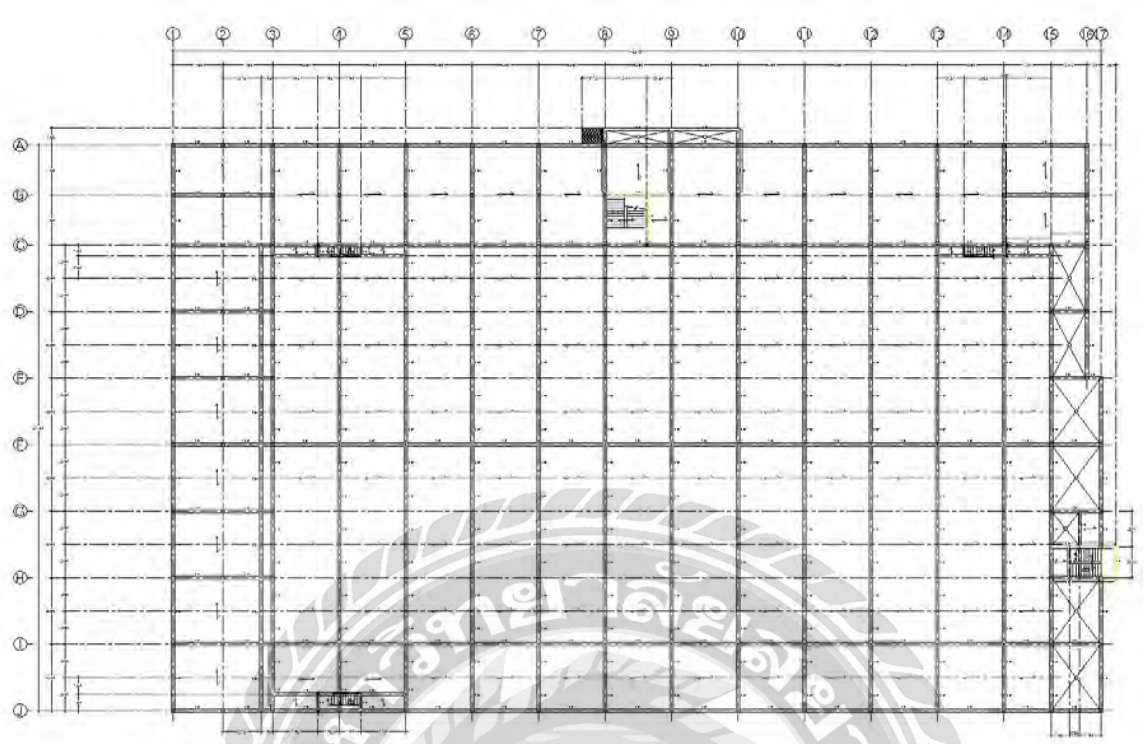
รูปที่ 3.1 แสดงการเขียนแบบผังบริเวณ



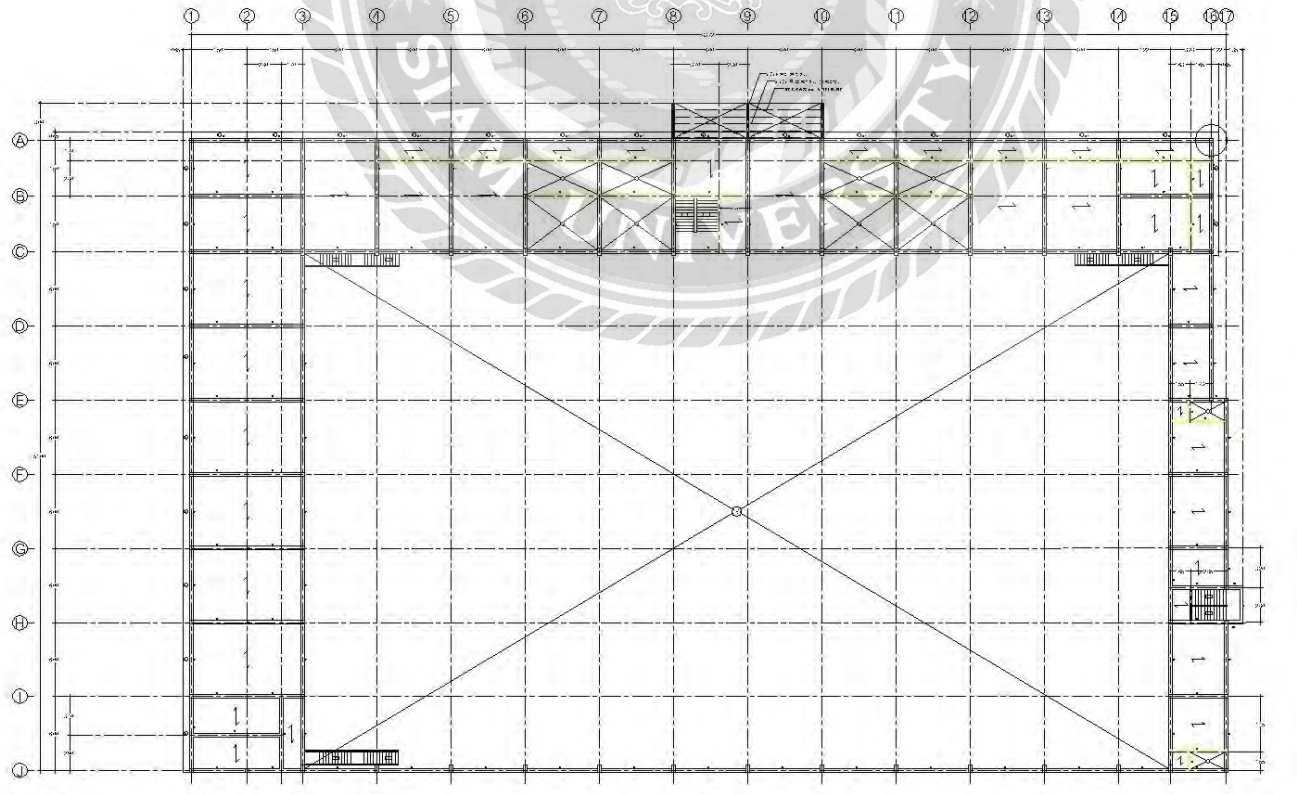
รูปที่ 3.2 แสดงการเขียนแบบ แปลนพื้นชั้นล่าง



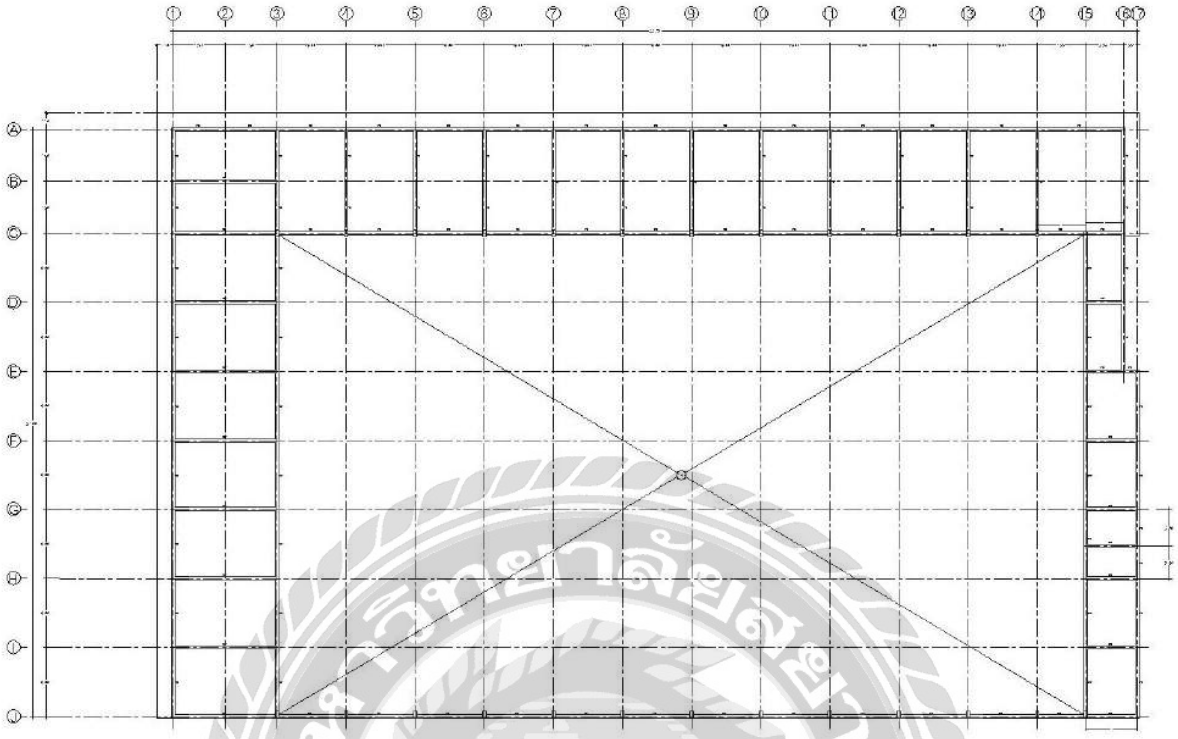
รูปที่ 3.3 แสดงการเขียนแบบ แปลนพื้นชั้นล่าง



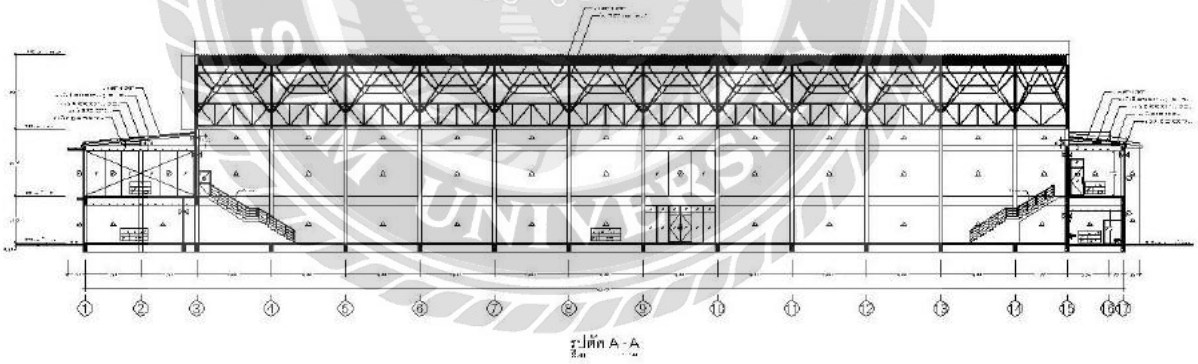
รูปที่ 3.4 แสดงการเขียนแบบ แปลนคานชั้นล่าง



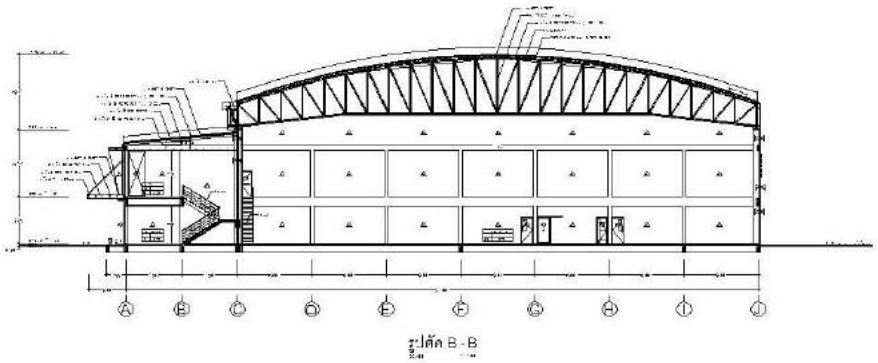
รูปที่ 3.5 แสดงการเขียนแบบ แปลนคานชั้น 2



รูปที่ 3.6 แสดงการเขียนแบบ แปลนคานหลังคา

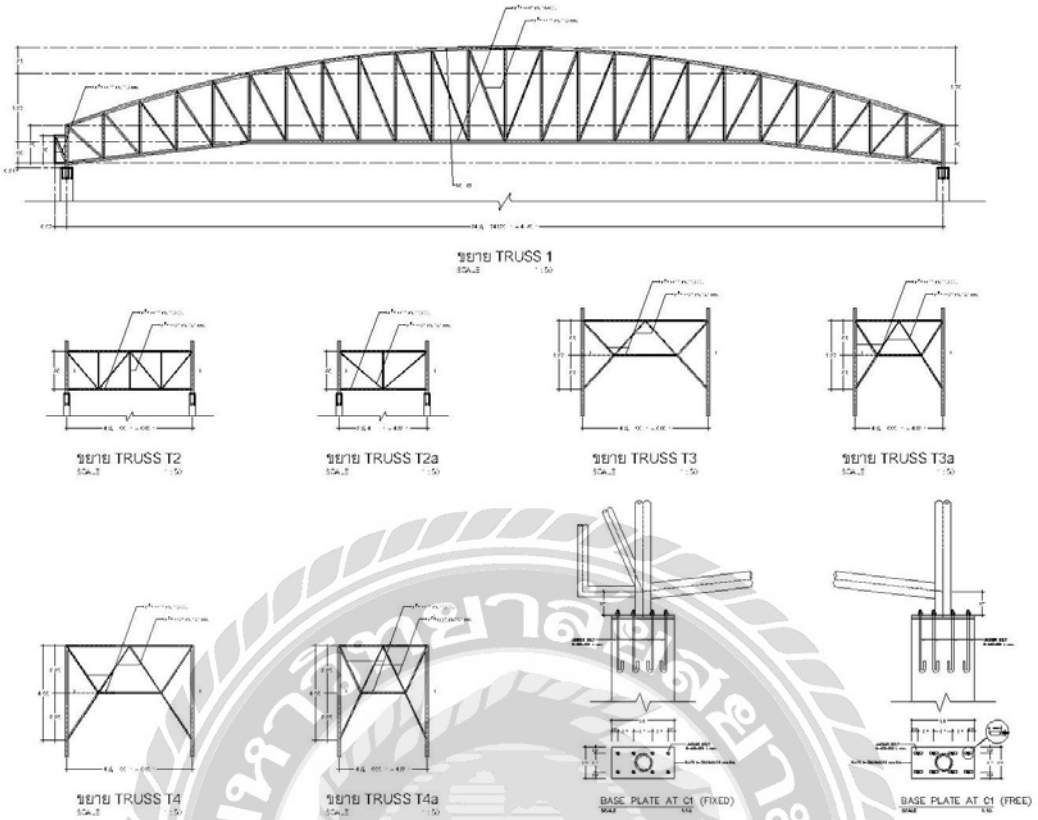


รูปตัด A - A

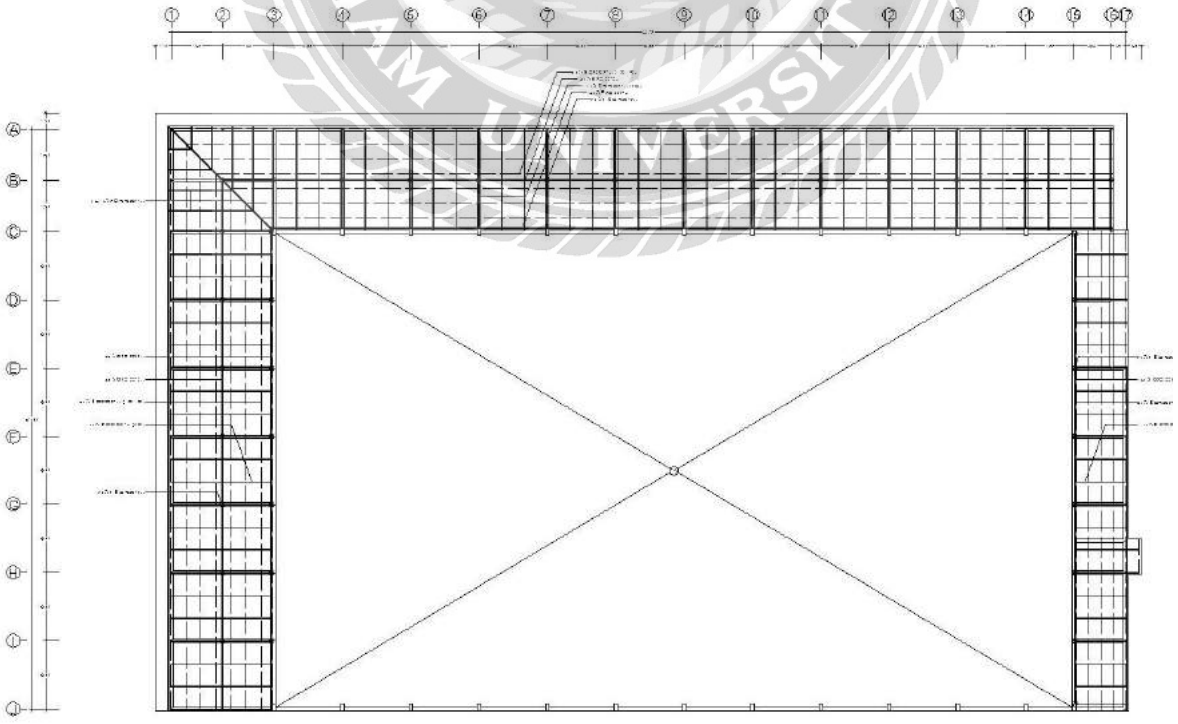


รูปตัด B - B

รปที่ 3.7 แสดงการเขียนแบบรปด้านตัดโครงหลังคา



รูปที่ 3.8 แสดงการเขียนแบบรายละเอียดโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 3.9 แสดงการเขียนแบบแปลนหลังคา

3.5.2.3 จัดทำบัญชีแสดงปริมาณงานและสรุปราคาค่าก่อสร้าง

บัญชีแสดงปริมาณงานและต้นทุนการก่อสร้าง

โครงการ อาคารสถานศึกษาเรียนรู้แบดมินตันและโยคะ
เจ้าของโครงการ บริษัท เอฟ บี อาร์ สปอร์ต จำกัด
ผู้รับผิดชอบโครงการ บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด เลขประจำตัวผู้เสียภาษี : 0205559001757
ที่อยู่ 89/123 หมู่ 8 ต.พานทอง อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160 โทร 088-426-8868 ,092-878-2879 คุณ เสริมพันธ์ หมูสีโทน

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)		
	หมวดงานโครงสร้างวิศวกรรม								
1	**งานโครงสร้างและฐานรากอาคาร**								
1.1	งานปักหมุด ทำผัง	1.00	เหมา					25,000.00	
1.2	งานปรับพื้นที่	1.00	เหมา					65,000.00	
1.3	งานตอกเสาเข็ม								
	- เสาเข็ม ค I-22 ยาว 21 m. มอก.	124.00	ต้น	5,500.00	682,000.00			682,000.00	
	- เสาเข็ม คอร. I-30 ยาว 21 m. มอก.	128.00	ต้น	7,500.00	960,000.00			960,000.00	
	- เสาเข็มเจาะ dia. 0.35	33.00	ต้น	12,000.00	396,000.00			396,000.00	
	- เสาเข็มเจาะ dia. 0.50 m	53.00	ต้น	14,000.00	742,000.00			742,000.00	
	- ค่าขนส่งเครื่องกดเข็ม							160,500.00	
	- งานสกัดตัดหัวเสาเข็ม	338.00	ต้น			300.00	98,100.00	98,100.00	
1.4	งานคาน คสล.								
	- Lean concrete 180 ksc. (cube)	50.00	ลบ.ม.	1,800.00	90,000.00		0.00	90,000.00	
	- คอนกรีตโครงสร้าง 240 ksc. (cube)	450.00	ลบ.ม.	1,850.00	832,500.00		0.00	832,500.00	
	- DB12	3,241.28	kg	27.00	87,514.58		0.00	87,514.58	
	- DB16	26,184.07	kg	27.00	706,969.88		0.00	706,969.88	
	- DB25	2,352.01	kg	27.00	63,504.16		0.00	63,504.16	
	- RB6	4,541.33	kg	27.00	122,616.02		0.00	122,616.02	
	- RB9	14,543.17	kg	27.00	392,665.62		0.00	392,665.62	
	ค่าไม้แบบ,ลวด ,ตะปู, วัสดุสิ้นเปลือง	1.00	เหมา					350,000.00	
	ค่าแรงงานก่อสร้างอาคาร คสล	2,760.00	ตรม		0.00	700.00	1,932,000.00	1,932,000.00	
1.5	งานเสา คสล.								
	- คอนกรีตโครงสร้าง 240 ksc. (cube)	235.00	ลบ.ม.	1,850.00	434,750.00		0.00	434,750.00	
	- DB16	11,753.37	kg	27.00	317,340.99		0.00	317,340.99	
	- DB20	27,080.16	kg	27.00	731,164.24		0.00	731,164.24	
	- RB6	6,799.99	kg	27.00	183,599.76		0.00	183,599.76	
	ค่าไม้แบบ,ลวด ,ตะปู, วัสดุสิ้นเปลือง	1.00	เหมา					150,000.00	
	ค่าแรงงานก่อสร้างอาคาร คสล	2,760.00	ตรม		0.00	250.00	690,000.00	690,000.00	
1.6	งานพื้นอาคาร								
	- คอนกรีตโครงสร้าง 240 ksc. (cube)	420.00	ลบ.ม.	1,850.00	777,000.00		0.00	777,000.00	
	- WIRE MESH Ø 4 มม.@ 0.20 ม.	5,700.00	ตร.ม.	30.00	171,000.00		0.00	171,000.00	
	- HOLLECORE หนา 0.10 ม.	5,700.00	ตร.ม.	500.00	2,850,000.00		0.00	2,850,000.00	
	ค่าเครนเทปูน	15.00	เที่ยว				8,000.00	120,000.00	
	ค่าแรงงานพื้นสนาม คสล	2,940.00	ตรม		0.00	400.00	1,176,000.00	1,176,000.00	
	งานฝ้าเพดาน (ชั้น 2 + ห้องน้ำ + ห้องพักครู)	1,554.00	ตร.ม.	400.00	621,600.00		0.00	621,600.00	
	งานขัดมันพื้นร้านค้า	1,244.00	ตร.ม.	100.00	124,400.00		0.00	124,400.00	
	ผนังก่ออิฐ ฉาบเรียบ อิฐมวลเบา	2,901.00	ตรม	700.00	2,030,700.00		0.00	2,030,700.00	
	งานทาสี	5,802.00	ตรม	50.00	290,100.00	40.00	232,080.00	522,180.00	
	งานกระจกชั้น 2 H-4M หนา 12 mm. แบบนิรภัย	445.00	ตรม	1,000.00	445,000.00	800.00	356,000.00	801,000.00	
	งานกระจกภายใน หนา 6 mm วงกบอลูมิเนียม	102.00	ตรม	900.00	91,800.00	700.00	71,400.00	163,200.00	
	รวมงานอาคารชั้น 2				**4,419,600.00**		**1,874,000.00**	**19,570,305.25**	

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและ	หมายเหตุ
				ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ค่าแรงงาน	
2	**โครงสร้างหลังคา**	**3,024.00**	**ตรม.**						
	ท่อเหล็กดำ 6 นิ้ว หนา 6 mm 23.6kg/m	27,458.60	Kg	38.00	1,043,426.80			1,043,426.80	
	ท่อเหล็กดำ 4 นิ้ว หนา 3.2 mm 8.77 kg/m	10,106.72	Kg	37.00	373,948.64			373,948.64	
	ท่อเหล็กดำ 3 นิ้ว หนา 3.2 mm 6.76 kg/m	5,297.14	Kg	37.00	195,994.03			195,994.03	
	ท่อเหล็กดำ 2 นิ้ว หนา 2.3 mm 3.29 kg/m	3,032.06	Kg	37.00	112,186.37			112,186.37	
	แปตัวซี 150x75x20 หนา 3.2 mm 8.01 kg/m	17,381.70	Kg	37.00	643,122.90			643,122.90	
	sag rod rb15 1.387 kg/m	715.69	Kg	37.00	26,480.60			26,480.60	
	Top plate 25 mm.	1,220.83	Kg	37.00	45,170.78			45,170.78	
	J-BOLTS M 24 L 700	208.00	ชุด	350.00	72,800.00	100.00	20,800.00	93,600.00	
	สีรองพื้นกันสนิม	3,096.00	ตรม.	25.00	77,400.00	25.00	77,400.00	154,800.00	
	สีน้ำมันทาเหล็ก ชนิดทนไฟ	3,096.00	ตรม.	35.00	108,360.00	35.00	108,360.00	216,720.00	
	ค่าแรงงานประกอบ BEAM	65,212.74	Kg			15.00	978,191.16	978,191.16	
	ค่าเครนยกติดตั้ง	12.00	วัน			9,000.00	108,000.00	108,000.00	
					2,698,890.13		**1,292,751.16**	**3,991,641.29**	
3	**โครงสร้างหลังคา อาคารอาคารชั้น2**	**3,024.00**	**ตรม.**						
	เหล็กกล่อง 150x50x3.2 7.01 kg/m	4,907.00	kg	37.00	181,559.00	10.00	49,070.00	230,629.00	
	แปหลังคา C-150x75x3.2 @1.0 m. 8.01 kg/m	10,765.44	kg	37.00	398,321.28	10.00	107,654.40	505,975.68	
	แผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน หนา 0.4 mm + PU 20 mm.	4,223.42	เมตร	250.00	1,055,853.75	40.00	168,936.60	1,224,790.35	
	แผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน หนา 0.40 mm + PU 20 mm	1,926.00	เมตร	250.00	481,500.00	40.00	77,040.00	558,540.00	
	Flashing Metal Sheet เคลือบสี หนา 0.35 mm	218.00	เมตร	60.00	13,080.00	50.00	10,900.00	23,980.00	
	Siding รวมโครงเคร่า +แผ่นหลังคาเหล็ก หนา 0.35 mm	1,383.20	เมตร	325.00	449,540.00	150.00	207,480.00	657,020.00	
					2,579,854.03		**621,081.00**	**3,200,935.03**	
4	**งานระบบระบายน้ำหลังคา**								
	รางน้ำสแตนเลส หนา 1 มม. พับขึ้นรูป พร้อมโครงเหล็กและอุปกรณ์	84.00	เมตร	2,500.00	210,000.00		0.00	210,000.00	
	ท่อระบายน้ำฝน PVC.4" (ชั้น 8.5)	17.50	ท่อน	600.00	10,500.00	350.00	6,125.00	16,625.00	
	อุปกรณ์ประกอบ	1.00	งาน	5,500.00	5,500.00		0.00	5,500.00	
	รวมงานหลังคา				**226,000.00**		**6,125.00**	**232,125.00**	
5	**งานอื่นๆ**								
	งานระบบไฟฟ้า MDB 3P พร้อมระบบป้องกันฟ้าผ่า	1.00	เหมา					800,000.00	
	ระบบป้องกันอัคคีภัยภายในอาคาร	1.00	เหมา					350,000.00	
	งานห้องน้ำ,สุขภัณฑ์ (ค่าแรง)	1.00	เหมา					100,000.00	
	ระบบน้ำประปาพร้อมปั๊มน้ำ+ถังพักน้ำ	1.00	เหมา					150,000.00	
	รวมงานอื่นๆ							**1,400,000.00**	

สรุปราคาต้นทุนทั้งหมด 28,395,006.57 บาท

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการการออกแบบและคำนวณ Truss

4.1.1 สรุปข้อมูลการออกแบบโครงสร้างเหล็ก Truss 1

- Upper chord ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 6” หนา 6.0 mm.
- Lower chord ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 6” หนา 6.0 mm.
- Diagonal bracing ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 4” หนา 3.2 mm.
- Vertical bracing ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 4” หนา 3.2 mm.

4.1.2 สรุปข้อมูลการออกแบบโครงสร้างเหล็ก Truss 2,3,4

- Upper chord ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 3” หนา 3.2 mm.
- Lower chord ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 3” หนา 3.2 mm.
- Diagonal bracing ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 2” หนา 2.3 mm.
- Vertical bracing ออกแบบใช้ท่อเหล็กขนาด 2” หนา 2.3 mm.

4.1.3 สรุปข้อมูลการออกแบบแผ่นรอง Truss

ออกแบบเป็นเหล็กแผ่นขนาด 300 x 600 mm. หนา 20 mm เกรด SS400

4.2 ผลการการออกแบบและคำนวณโครงสร้างหลังคาอาคาร 2 ชั้น

4.2.1 สรุปข้อมูลการออกแบบจันทัน เลือกใช้เหล็กตัวซี C-150x50x20 3.2 mm

4.2.2 สรุปข้อมูลการออกแบบดั้ง เลือกใช้เหล็กตัวซี 2C-100x50x20 2.3 mm

4.2.3 สรุปข้อมูลการออกแบบอะเส เลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 200x100 8.0 mm

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

5.1.1 สรุปผลโครงงานกับวัตถุประสงค์

นักศึกษาได้ทำการศึกษาข้อมูล ข้อกำหนด มาตรฐานต่างๆในการนำมาเป็นพื้นฐาน และสามารถทำการออกแบบและคำนวณโครงสร้างอาคารได้อย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรม รวมทั้งได้มีโอกาสเรียนรู้การใช้โปรแกรมในการเขียนแบบได้ดีมากยิ่งขึ้น ทำให้เพิ่มประสบการณ์สำหรับนำไปใช้ประกอบอาชีพในอนาคตได้เป็นอย่างดี

5.1.2 ข้อจำกัดและปัญหาของโครงงาน

- โครงงานที่จัดทำ ใช้ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูลในการจัดทำเป็นเวลา 4 เดือน ซึ่งถือว่าน้อย จึงทำให้ไม่มีโอกาสได้เรียนรู้งานก่อสร้างจริงจากหน้างานอย่างเต็มที่

5.2 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.2.1 ข้อดีของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ทำให้นักศึกษาได้เรียนรู้การออกแบบจากวิศวกรผู้มีประสบการณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจและความมั่นใจในการออกแบบและคำนวณได้ดียิ่งขึ้น

5.2.2 ปัญหาที่พบของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.2.2.1 ปัญหาการจัดทำบัญชีแสดงปริมาณงาน ,BOQ

- เนื่องจากมีการแก้ไขแบบแปลน ทำให้เสียเวลาในการแก้ไข BOQ บ่อยครั้ง และเกิดความผิดพลาดในการคำนวณปริมาณรวมทั้งเสียเวลาการทำงาน ดังนั้นการแก้ไขปัญหานี้ คือ ต้องพยายามสรุปแบบแปลน รายละเอียดแบบให้เกิดความชัดเจนที่สุด แล้วจึงดำเนินการจัดทำ BOQ

5.2.2.2 การวิเคราะห์ TRUSS ด้วยการคำนวณมือ หรือใช้ Excel ช่วยคำนวณ ยังคงทำงานได้ช้า การแก้ไขปัญหาคือ เรียนรู้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆมาใช้งาน เช่น โปรแกรม Midas gen , RFEM ,Robot structure ,Tekla มาช่วยให้การทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.2.2.3 การเขียนแบบด้วยโปรแกรม Auto cad หากมีการแก้ไขรูปแบบ จะทำให้เสียเวลาในการแก้ไขมาก ดังนั้นควรหาโปรแกรมอื่นที่มีการแก้ไขแบบอัตโนมัติมาช่วยทำงาน จะทำให้การแก้ไขรูปแบบแปลนต่างๆ ง่ายยิ่งขึ้น เช่น โปรแกรม Revit , Sketch up

5.2.3 ข้อเสนอแนะ

อยากให้มีโครงการสหกิจต่อไป เพื่อนักศึกษาจะได้เรียนรู้การทำงานจริง ทำให้มีความพร้อมในการประกอบอาชีพหลังจากจบการศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (ม.ป.ป.). *พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง*. www.dpt.go.th

มงคล จิรวัชรเดช. (ม.ป.ป.). *การออกแบบโครงสร้างเหล็ก*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

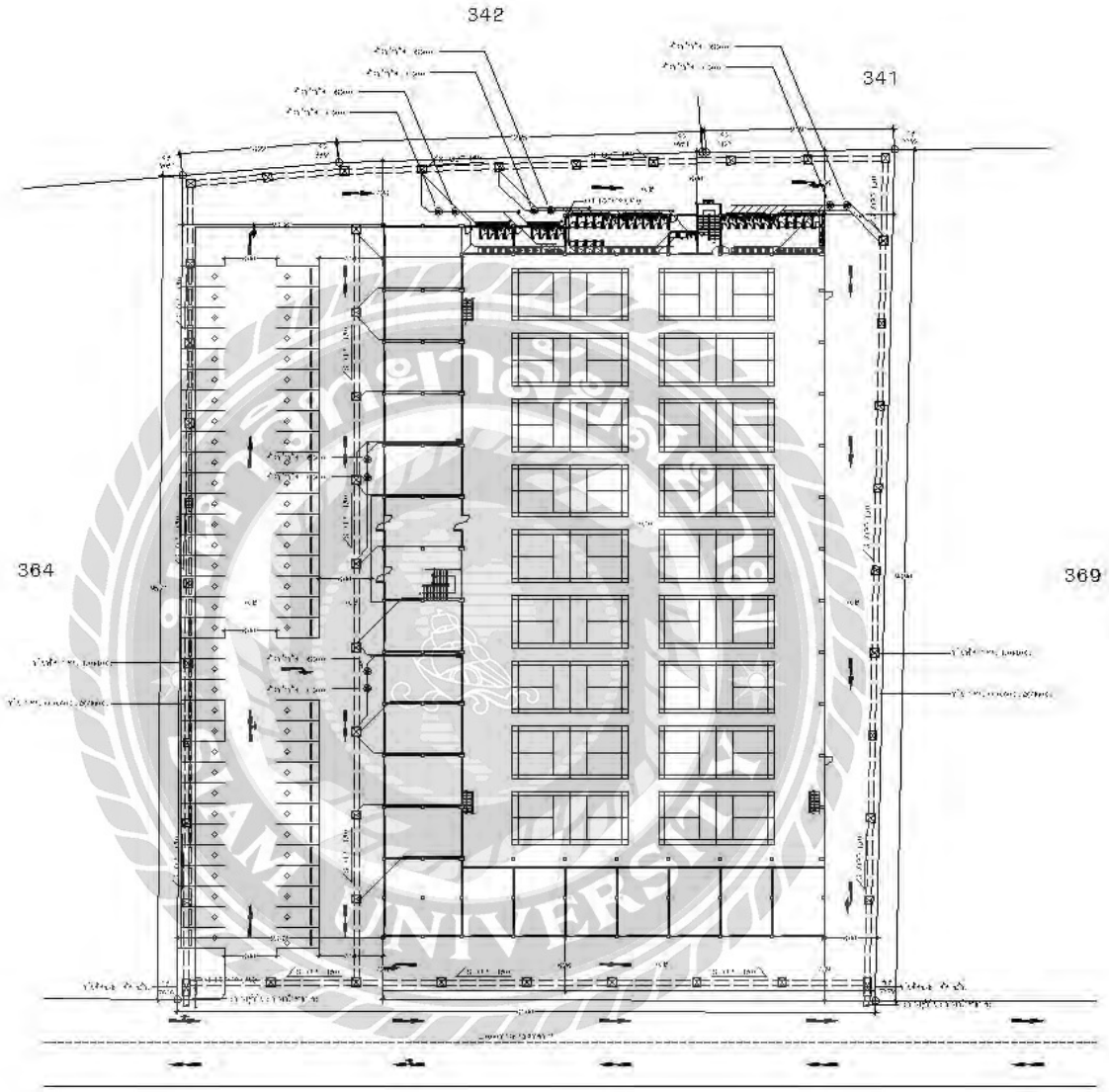
มนัส อนุศิริ. (ม.ป.ป.).*การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก*. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร. (2530). *คอนกรีตเสริมเหล็ก*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). โรงพิมพ์ ป. สัมพันธ์พานิชย์.

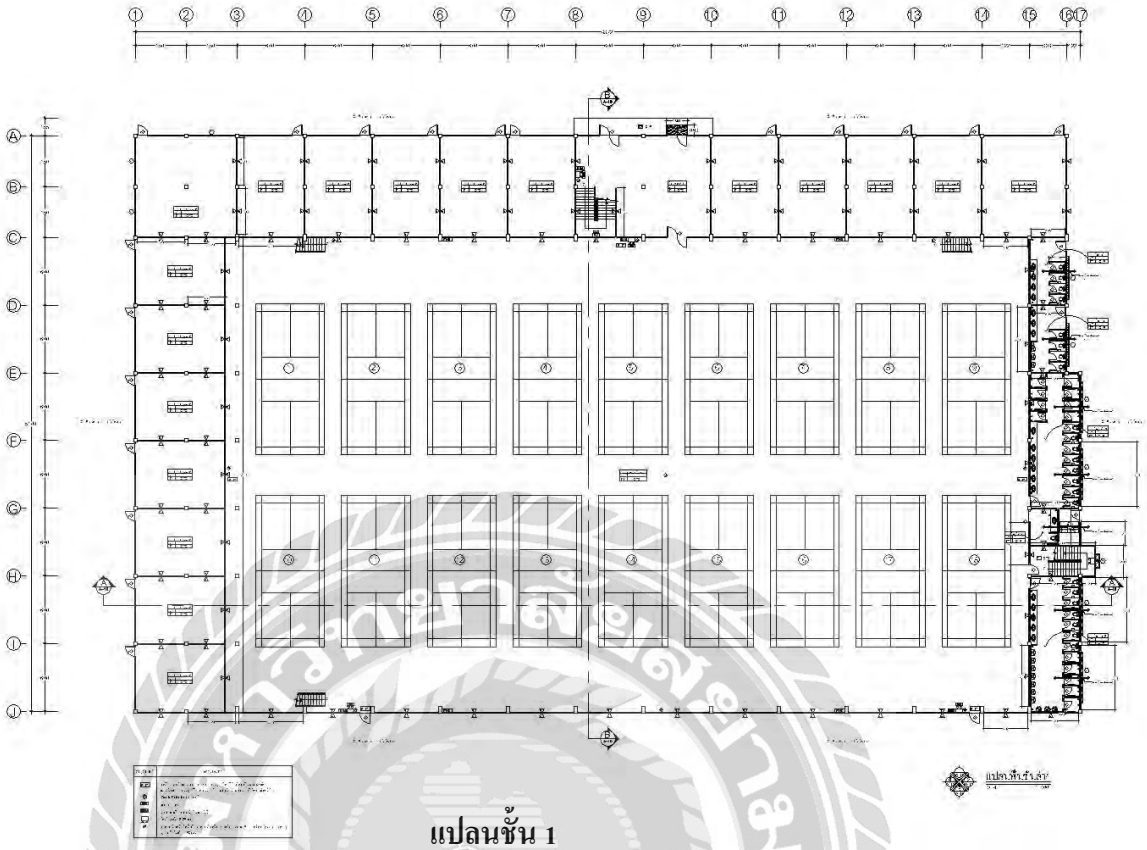
มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

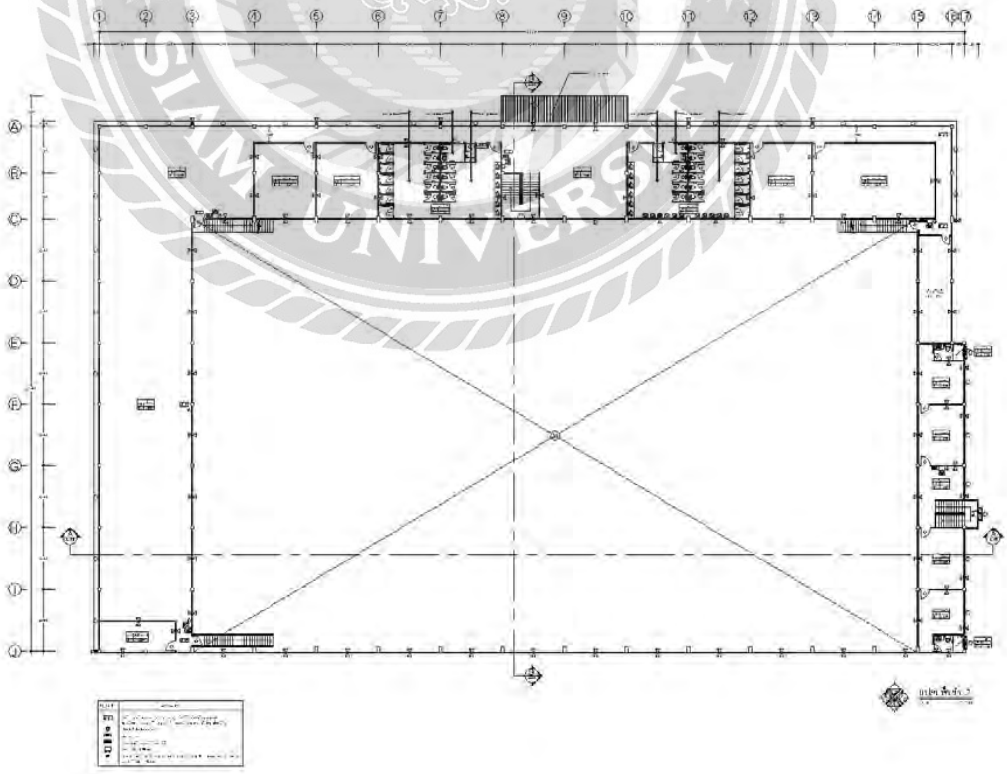
แบบแปลนอาคารที่ใช้ศึกษา



ผังบริเวณ

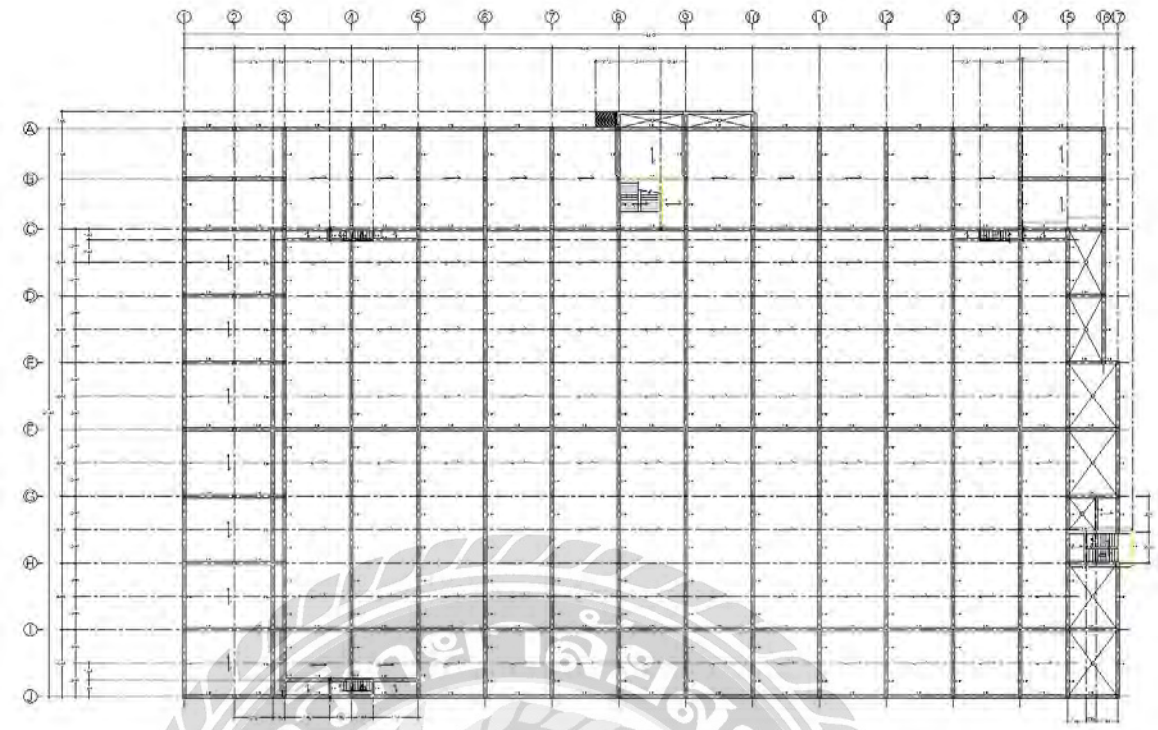


แปลนชั้น 1

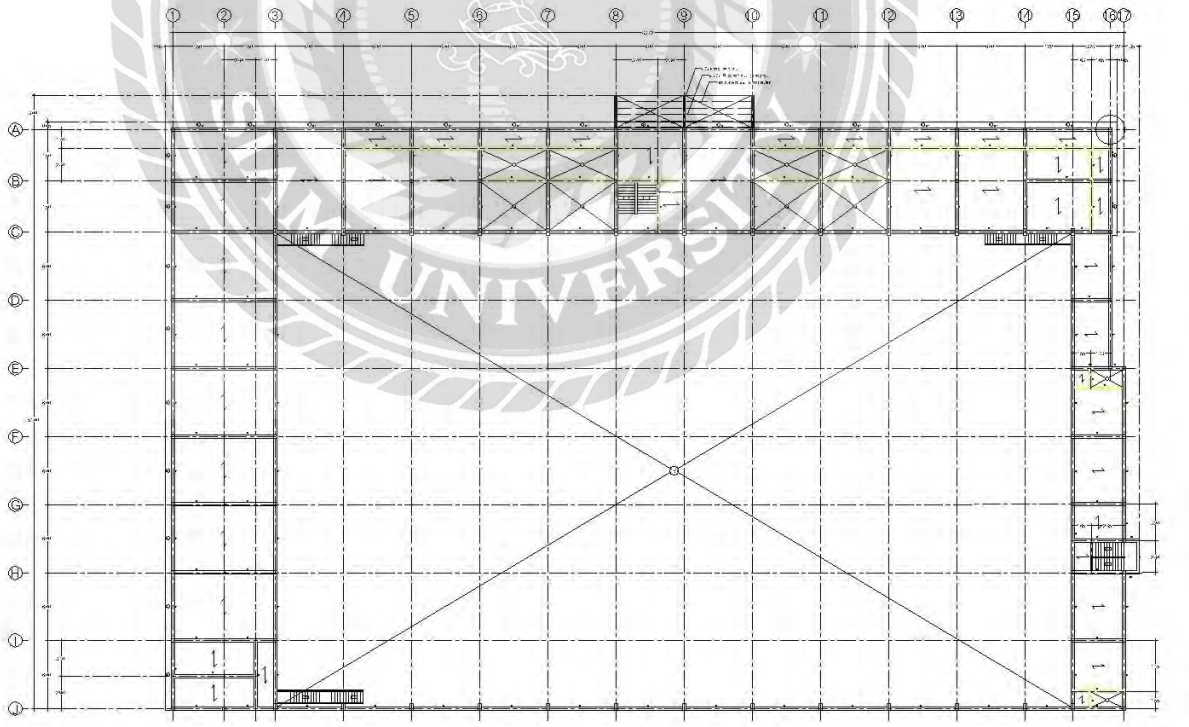


แปลนชั้นลอย

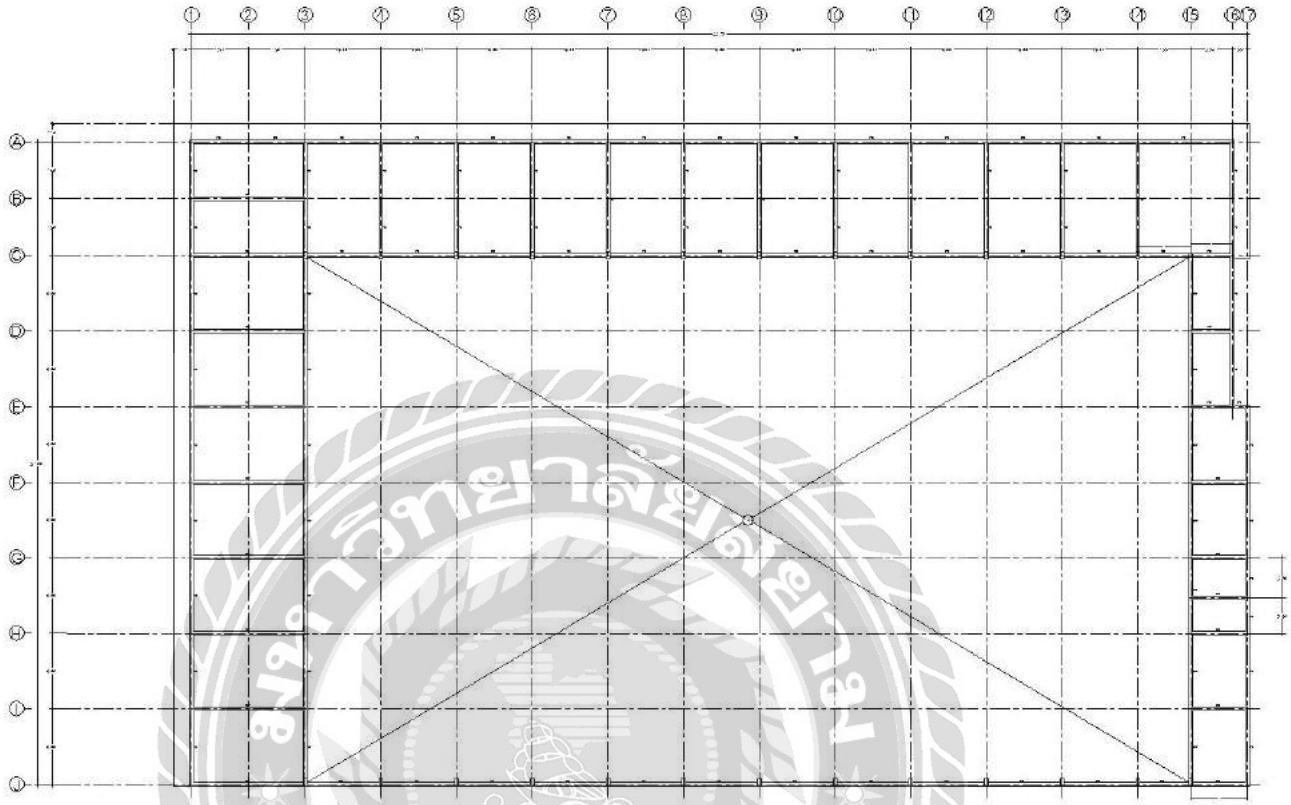
.



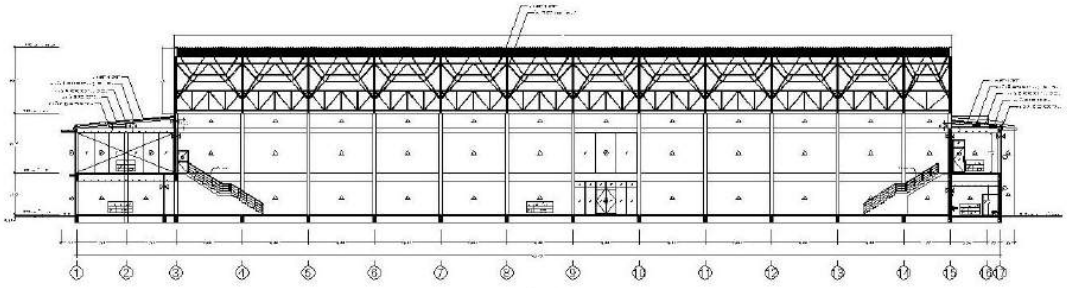
คานชั้น 1

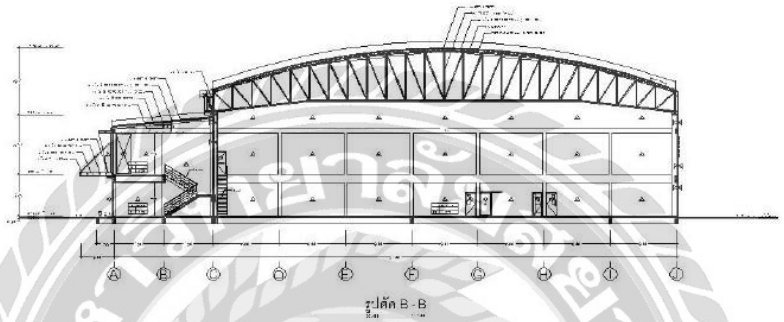


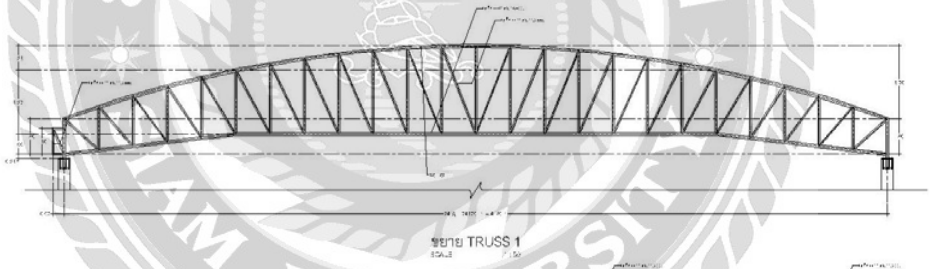
ผังคานชั้นลอย

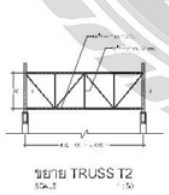


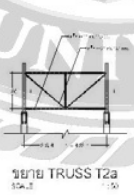
ผังโครงหลังคา

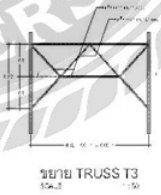


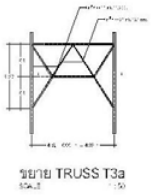


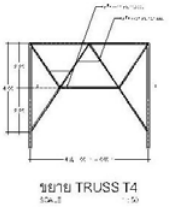


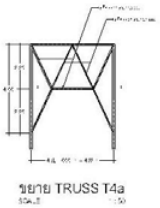


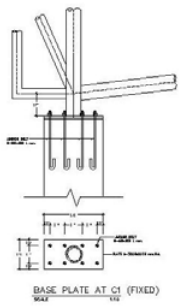


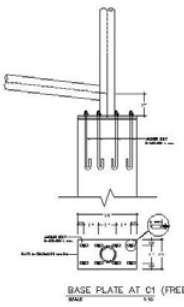




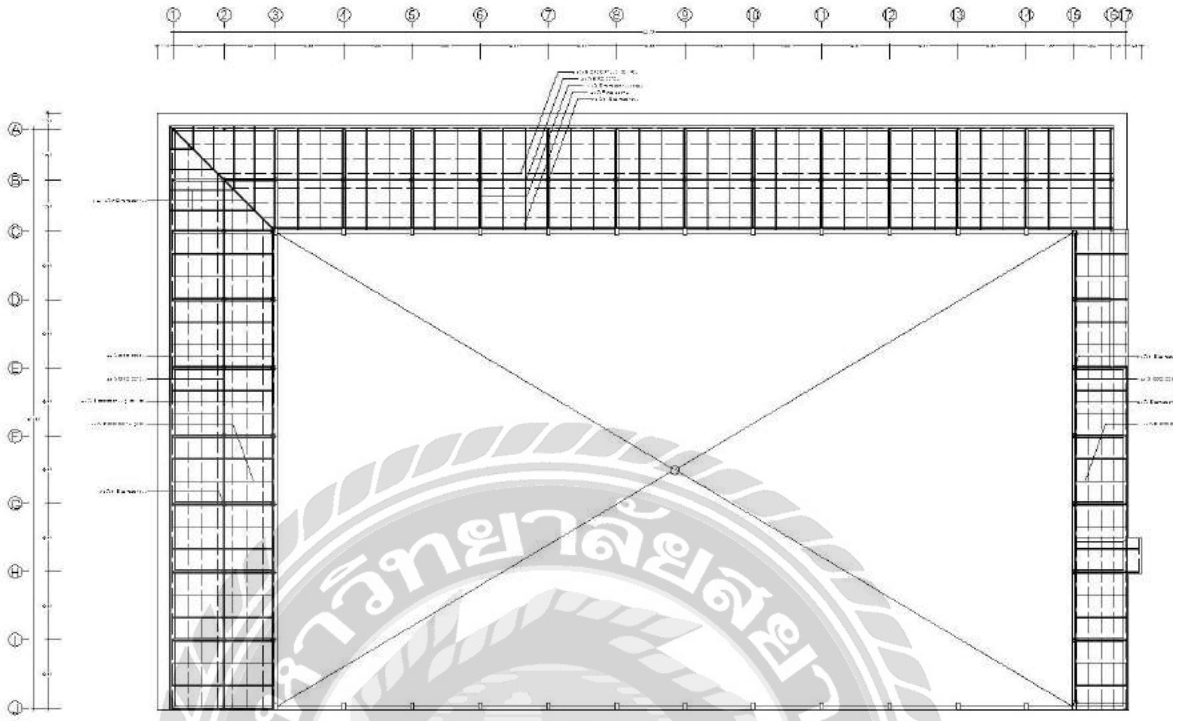








รูปตัด A-A และ รูปตัด



แบบรายละเอียดโครงหลังคา

บัญชีแสดงปริมาณงานและต้นทุนการก่อสร้าง

โครงการ อาคารสถานศึกษาเรียนรู้แบดมินตันและโยคะ

เจ้าของโครงการ บริษัท เอฟ บี อาร์ สปอร์ต จำกัด

ผู้รับผิดชอบโครงการ บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด เลขประจำตัวผู้เสียภาษี : 0205559001757

ที่อยู่ 89/123 หมู่ 8 ต.พานทอง อ.พานทอง จ.ชลบุรี 20160 โทร 088-426-8868 ,092-878-2879 คุณ เสริมพันธ์ หมูสีโทน

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)		
	หมวดงานโครงสร้างวิศวกรรม								
1	**งานโครงสร้างและฐานรากอาคาร**								
1.1	งานปักหมุด ทำผัง	1.00	เหมา					25,000.00	
1.2	งานปรับพื้นที่	1.00	เหมา					65,000.00	
1.3	งานตอกเสาเข็ม								
	- เสาเข็ม ค I-22 ยาว 21 m. มอก.	124.00	ต้น	5,500.00	682,000.00			682,000.00	
	- เสาเข็ม คอร. I-30 ยาว 21 m. มอก.	128.00	ต้น	7,500.00	960,000.00			960,000.00	
	- เสาเข็มเจาะ dia. 0.35	33.00	ต้น	12,000.00	396,000.00			396,000.00	
	- เสาเข็มเจาะ dia. 0.50 m	53.00	ต้น	14,000.00	742,000.00			742,000.00	
	- ค่าขนส่งเครื่องกดเข็ม							160,500.00	
	- งานสกัดตัดหัวเสาเข็ม	338.00	ต้น			300.00	98,100.00	98,100.00	
1.4	งานคาน คสล.								
	- Lean concrete 180 ksc. (cube)	50.00	ลบ.ม.	1,800.00	90,000.00		0.00	90,000.00	
	- คอนกรีตโครงสร้าง 240 ksc. (cube)	450.00	ลบ.ม.	1,850.00	832,500.00		0.00	832,500.00	
	- DB12	3,241.28	kg	27.00	87,514.58		0.00	87,514.58	
	- DB16	26,184.07	kg	27.00	706,969.88		0.00	706,969.88	
	- DB25	2,352.01	kg	27.00	63,504.16		0.00	63,504.16	
	- RB6	4,541.33	kg	27.00	122,616.02		0.00	122,616.02	
	- RB9	14,543.17	kg	27.00	392,665.62		0.00	392,665.62	
	ค่าไม้แบบ,ลวด ,ตะปู, วัสดุสิ้นเปลือง	1.00	เหมา					350,000.00	
	ค่าแรงงานก่อสร้างอาคาร คสล	2,760.00	ตรม		0.00	700.00	1,932,000.00	1,932,000.00	
1.5	งานเสา คสล.								
	- คอนกรีตโครงสร้าง 240 ksc. (cube)	235.00	ลบ.ม.	1,850.00	434,750.00		0.00	434,750.00	
	- DB16	11,753.37	kg	27.00	317,340.99		0.00	317,340.99	
	- DB20	27,080.16	kg	27.00	731,164.24		0.00	731,164.24	
	- RB6	6,799.99	kg	27.00	183,599.76		0.00	183,599.76	
	ค่าไม้แบบ,ลวด ,ตะปู, วัสดุสิ้นเปลือง	1.00	เหมา					150,000.00	
	ค่าแรงงานก่อสร้างอาคาร คสล	2,760.00	ตรม		0.00	250.00	690,000.00	690,000.00	
1.6	งานพื้นอาคาร								
	- คอนกรีตโครงสร้าง 240 ksc. (cube)	420.00	ลบ.ม.	1,850.00	777,000.00		0.00	777,000.00	
	- WIRE MESH Ø 4 มม.@ 0.20 ม.	5,700.00	ตร.ม.	30.00	171,000.00		0.00	171,000.00	
	- HOLLECORE หนา 0.10 ม.	5,700.00	ตร.ม.	500.00	2,850,000.00		0.00	2,850,000.00	
	ค่าเครนเทปูน	15.00	เที่ยว				8,000.00	120,000.00	
	ค่าแรงงานพื้นสนาม คสล	2,940.00	ตรม		0.00	400.00	1,176,000.00	1,176,000.00	
	งานฝ้าเพดาน (ชั้น 2 + ห้องน้ำ + ห้องพักครู)	1,554.00	ตร.ม.	400.00	621,600.00		0.00	621,600.00	
	งานขัดมันพื้นร้านค้า	1,244.00	ตร.ม.	100.00	124,400.00		0.00	124,400.00	
	ผนังก่ออิฐ ฉาบเรียบ อิฐมวลเบา	2,901.00	ตรม	700.00	2,030,700.00		0.00	2,030,700.00	
	งานทาสี	5,802.00	ตรม	50.00	290,100.00	40.00	232,080.00	522,180.00	
	งานกระจกชั้น 2 H-4M หนา 12 mm. แบบนิรภัย	445.00	ตรม	1,000.00	445,000.00	800.00	356,000.00	801,000.00	
	งานกระจกภายใน หนา 6 mm วงกบอลูมิเนียม	102.00	ตรม	900.00	91,800.00	700.00	71,400.00	163,200.00	
	รวมงานอาคารชั้น 2				**4,419,600.00**		**1,874,000.00**	**19,570,305.25**	

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและ	หมายเหตุ
				ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ราคาต่อหน่วย	จำนวนเงิน(บาท)	ค่าแรงงาน	
2	**โครงสร้างหลังคา**	**3,024.00**	**ตรม.**						
	ท่อเหล็กดำ 6 นิ้ว หนา 6 mm 23.6kg/m	27,458.60	Kg	38.00	1,043,426.80			1,043,426.80	
	ท่อเหล็กดำ 4 นิ้ว หนา 3.2 mm 8.77 kg/m	10,106.72	Kg	37.00	373,948.64			373,948.64	
	ท่อเหล็กดำ 3 นิ้ว หนา 3.2 mm 6.76 kg/m	5,297.14	Kg	37.00	195,994.03			195,994.03	
	ท่อเหล็กดำ 2 นิ้ว หนา 2.3 mm 3.29 kg/m	3,032.06	Kg	37.00	112,186.37			112,186.37	
	แปตัวซี 150x75x20 หนา 3.2 mm 8.01 kg/m	17,381.70	Kg	37.00	643,122.90			643,122.90	
	sag rod rb15 1.387 kg/m	715.69	Kg	37.00	26,480.60			26,480.60	
	Top plate 25 mm.	1,220.83	Kg	37.00	45,170.78			45,170.78	
	J-BOLTS M 24 L 700	208.00	ชุด	350.00	72,800.00	100.00	20,800.00	93,600.00	
	สีรองพื้นกันสนิม	3,096.00	ตรม.	25.00	77,400.00	25.00	77,400.00	154,800.00	
	สีน้ำมันทาเหล็ก ชนิดทนไฟ	3,096.00	ตรม.	35.00	108,360.00	35.00	108,360.00	216,720.00	
	ค่าแรงงานประกอบ BEAM	65,212.74	Kg			15.00	978,191.16	978,191.16	
	ค่าเครนยกติดตั้ง	12.00	วัน			9,000.00	108,000.00	108,000.00	
					2,698,890.13		**1,292,751.16**	**3,991,641.29**	
3	**โครงสร้างหลังคา อาคารอาคารชั้น2**	**3,024.00**	**ตรม.**						
	เหล็กกล่อง 150x50x3.2 7.01 kg/m	4,907.00	kg	37.00	181,559.00	10.00	49,070.00	230,629.00	
	แปหลังคา C-150x75x3.2 @1.0 m. 8.01 kg/m	10,765.44	kg	37.00	398,321.28	10.00	107,654.40	505,975.68	
	แผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน หนา 0.4 mm + PU 20 mm.	4,223.42	เมตร	250.00	1,055,853.75	40.00	168,936.60	1,224,790.35	
	แผ่นหลังคาเหล็กรีดลอน หนา 0.40 mm + PU 20 mm	1,926.00	เมตร	250.00	481,500.00	40.00	77,040.00	558,540.00	
	Flashing Metal Sheet เคลือบสี หนา 0.35 mm	218.00	เมตร	60.00	13,080.00	50.00	10,900.00	23,980.00	
	Siding รวมโครงเคร่า +แผ่นหลังคาเหล็ก หนา 0.35 mm	1,383.20	เมตร	325.00	449,540.00	150.00	207,480.00	657,020.00	
					2,579,854.03		**621,081.00**	**3,200,935.03**	
4	**งานระบบระบายน้ำหลังคา**								
	รางน้ำสแตนเลส หนา 1 มม. พับขึ้นรูป พร้อมโครงเหล็กและอุปกรณ์	84.00	เมตร	2,500.00	210,000.00		0.00	210,000.00	
	ท่อระบายน้ำฝน PVC.4" (ชั้น 8.5)	17.50	ท่อน	600.00	10,500.00	350.00	6,125.00	16,625.00	
	อุปกรณ์ประกอบ	1.00	งาน	5,500.00	5,500.00		0.00	5,500.00	
	รวมงานหลังคา				**226,000.00**		**6,125.00**	**232,125.00**	
5	**งานอื่นๆ**								
	งานระบบไฟฟ้า MDB 3P พร้อมระบบป้องกันฟ้าผ่า	1.00	เหมา					800,000.00	
	ระบบป้องกันอัคคีภัยภายในอาคาร	1.00	เหมา					350,000.00	
	งานห้องน้ำ,สุขภัณฑ์ (ค่าแรง)	1.00	เหมา					100,000.00	
	ระบบน้ำประปาพร้อมปั๊มน้ำ+ถังพักน้ำ	1.00	เหมา					150,000.00	
	รวมงานอื่นๆ							**1,400,000.00**	

ผังโครงหลังคา

ประวัติผู้จัดทำ

รหัสนักศึกษา : 6323920001

ชื่อ-นามสกุล : นายเสริมพันธ์ หมูสีโทน

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ที่อยู่ : 89/123 หมู่ 8 ตำบลพานทอง
อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี 20160

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมเกษตร
สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่ทำงานปัจจุบัน กรรมการผู้จัดการ บริษัท เอเอสพีเอ็ม สตีลเวอค จำกัด
เลขที่ 89/123 หมู่ 8 ตำบลพานทอง อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี 20160
ประสบการณ์ทำงาน 15 ปีด้านการออกแบบงานและงานติดตั้งเครื่องจักร
ก่อสร้างอาคารสาธารณะ อาคารโครงสร้างเหล็ก

สภาวิชาชีพ ภาคีวิศวกรเครื่องกล เลขทะเบียน ภก.28747, สภาวิศวกร
ภาคีพิเศษโยธา เลขทะเบียน พย.5425, สภาวิศวกร