



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การออกแบบและติดตั้งโครงสร้างหลังคาเหล็ก

อาคาร Research and Development

Steel Structure Designed & Installation of Research and

Development Building

โดย

นายกฤษณ์ ฌ ชันโท

รหัสนักศึกษา 6323900005

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา
ภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2563

โครงการเรื่อง การออกแบบและติดตั้ง โครงสร้างหลังคาเหล็ก อาคาร Research and Development
Steel Structure designed & Installation of Research and Development Building

ผู้จัดทำ นายกฤษณ์ ฒ ชันโท รหัสนักศึกษา 623900005

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ภาคภูมิ มงคลสังข์

ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา 3/2563


อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจ ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษาที่ 3/2564



คณะกรรมการสอบรายงาน

 อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ภาคภูมิ มงคลสังข์)

 กรรมการกลาง
(ผศ.ดร.ไตรทศ ชำสุวรรณ)

 กรรมการกลาง
(อาจารย์เฉลิมโรจน์ เลิศบริรักษ์กุล)

 ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผศ.ดร.มารุจ ทิมประวัฒน์นะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วัน 11 พฤศจิกายน 2564

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

อาจารย์ ภาคภูมิ มงคลสังข์

ตามที่คุณผู้จัดทำ นายกฤษณ์ ณ ชันโท นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้เข้าปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษาในนาม มหาวิทยาลัยสยาม ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2564 ณ บริษัท โอเซ็น พูลส์ จำกัด และในตำแหน่งผู้ช่วยวิศวกรโยธา การออกแบบและติดตั้งโครงสร้างหลังคาเหล็ก อาคาร Research and Development (R&D)

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว คุณผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่มเพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายกฤษณ์ ณ ชันโท

นักศึกษาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรม โยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่นักศึกษาได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา บริษัท โอเซียนพูลส์ จำกัด ระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2564 ส่งผลให้นักศึกษาได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมาย สำหรับรายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความกรุณาและอนุเคราะห์อย่างดีของ คุณกิตติ กิตติสารยางกูร เจ้าของบริษัทที่อนุญาตให้ใช้แบบเป็นกรณีศึกษา อาจารย์ ภาคภูมิ มงคลสังข์ ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะคำปรึกษา นายภิญโญวดี วุฒิมานานนท์ วิศวกรโยธา เลขทะเบียน สย.7584 ให้คำปรึกษาเรื่องการออกแบบ,การติดตั้งความและเรื่องความปลอดภัยๆ ความช่วยเหลือในทุกสิ่งทุกอย่างจนกระทั่งการปฏิบัติงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน นักศึกษาปฏิบัติงานสหกิจขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการ ปฏิบัติงานให้คำแนะนำให้การดูแลและเพิ่มทักษะชีวิตการทำงานจริงตลอดจนให้ข้อมูลและคำปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ซึ่งนักศึกษาปฏิบัติงานสหกิจขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำ

นายกฤษณ์ ฌ ชันโท

(11 พฤศจิกายน 2564)

หัวข้อโครงการ	: การออกแบบและติดตั้งโครงสร้างหลังคาเหล็ก
รายชื่อผู้จัดทำ	: นายกฤษณ์ ฌ ชันโท
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์สมศักดิ์ ชินวิภักย์
ระดับการศึกษา	: ปริญญาตรี
ภาควิชา	: วิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา / ปีการศึกษา	: 3/2563

อนุมัติโครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธา
สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ประจำปีภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

การออกแบบคำนวณและติดตั้งโครงสร้างหลังคาเหล็ก อาคาร Research and Development (R&D) มีความสำคัญอย่างมากในสาขาวิศวกรรมโยธา เนื่องจากเป็นอาคารจะอยู่ในหมวดของประเภทอาคารสาธารณะ ซึ่งเป็นไปตามข้อบังคับกฎหมาย พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 และข้อบังคับสภาวิศวกร ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบต้องได้รับใบประกอบวิชาชีพระดับสามัญวิศวกรขึ้นไปในการปฏิบัติงานครั้งนี้จึง เป็นโอกาสที่ดีของนักศึกษาที่ได้มีโอกาสนำความรู้ด้านทฤษฎีที่ได้ศึกษาผ่านมาแล้ว มาใช้ทำการออกแบบและคำนวณ โครงสร้างอาคารเพื่อทำ การก่อสร้างจริง โดยมีวิศวกรที่มีประสบการณ์ในการออกแบบคอยให้คำแนะนำ

โครงการนี้มุ่งเน้นไปที่งานออกแบบโครงสร้างของอาคารทั้งในส่วนของ การออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยนักศึกษาสหกิจได้รับมอบหมายงานให้เป็นผู้ช่วยวิศวกรโยธา ทำการออกแบบและคำนวณและวางแผนการติดตั้ง ซึ่งทั้งนี้ นักศึกษาได้เรียนรู้การออกแบบและการทำรายการคำนวณและการเขียนแบบก่อสร้างเบื้องต้นเพื่อเป็นประโยชน์ในการทำงานในอนาคตได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : การออกแบบโครงสร้างเหล็ก , คำนวณโครงสร้างอาคาร , พรบ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522

Project Title	Steel Structure Design & Installation at a Research and Development Building
Student Name	Mr. Krit Na Khantor
Advisor	Asst. Prof. Phakphum Mongkhonsang
Degree	Bachelor of Engineering
Department	Civil Environment and Sustainable Engineering
Faculty	Engineering
Semester / Academic year	3/2020

Abstract

The reinforced concrete, steel structure design & installation at a Research and Development Building are important in Civil Engineering. Due to the fact that Research and Development Building are public buildings, and need to comply with Thailand law; Building Control Act B.E.2522(1979) and Regulation of the Council of Engineers, where design engineers must have an engineering license level of Professional Civil engineer or higher. It was an opportunity for student to apply theoretical knowledge in engineering design and calculations for structural buildings and get advice of Professional Civil engineers.

This project focused on the steel structural design and the student was assigned to be a Civil engineer assistant to learn the design and calculation processes, as well as construction drafting. This learning will be useful in further career path.

Keywords: Steel Structure Design, Reinforced Concrete Designed, Building Control Act B.E.2522(1979)

Approver By

.....

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Structure Design).....	2-4
2.2 การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงดึง.....	5-8
2.3 การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงอัด.....	9-13
2.4 การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงเฉือน.....	14-15
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ.....	16
3.2 ลักษณะการประกอบการ.....	17
3.3 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย.....	18
3.4 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา.....	18
3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานสหกิจ.....	18
3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	18
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	19-20
3.8 ความหมายของหน้าที่ตรวจสอบควบคุมงานก่อสร้าง.....	20
3.9 ข้อมูลของโครงการก่อนสร้าง.....	21-22
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน	
4.1 ออกแบบโครงสร้างโครงหลังคา	
4.1.1 การประชุมเพื่อหาข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบ.....	23-26
4.1.2 จัดทำแบบจำลอง 3D เพื่อประกอบการนำเสนอ ให้เห็น โครงสร้างจริง.....	26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.3	นำข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติ จำนวน โครงสร้างหลังคา.....	27-55
4.1.4	จัดทำแบบแปลน Shop-Drawing และจำนวนวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ต้องใช้งาน.....	55-61
4.2	วางแผนการติดตั้งและการติดตั้ง โครงสร้างหลังคา	
4.2.1	การจัดทำแผนงานการติดตั้งและการขอพื้นที่จัดวางวัสดุและพื้นที่ประกอบ ชิ้นงาน.....	62-65
4.2.2	การวิเคราะห์การติดตั้งหลังคาแต่ละส่วน เพื่อความปลอดภัยในการติดตั้ง.....	66-74
4.2.3	การดำเนินการติดตั้ง โครงสร้างหลังคา.....	74-82
4.2.4	การดำเนินการติดตั้ง โครงสร้างหลังคา.....	82-87
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ		
5.1	สรุปผลโครงการ.....	88-89
5.2	สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา.....	89
บรรณานุกรม		
ภาคผนวก		
ประวัติผู้จัดทำ		

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 3.1 ภาพแสดงตราสัญลักษณ์ประจำ บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด.....	16
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงแผนที่ บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด.....	17
รูปที่ 3.3 ภาพแสดงแผนที่ของโครงการ.....	21
รูปที่ 3.4 ภาพแสดงพื้นที่การก่อสร้าง.....	22
รูปที่ 4.1 ภาพแสดงการประชุมรับข้อมูล.....	24
รูปที่ 4.2 ภาพแสดงแบบโครงสร้างอาคารสถาปัตยกรรม.....	24
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงแบบหลังคาสถาปัตยกรรม.....	25
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงรูปด้านสถาปัตยกรรม.....	25
รูปที่ 4.5 ภาพแสดงConceptual Drawing Definition.....	26
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงแบบ โครงสร้างเหล็กหลังคา 3D.....	26
รูปที่ 4.7 ภาพแสดงการขึ้น โมเดลเพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบ.....	27
รูปที่ 4.8 ภาพแสดงโดยใช้ Design Code: AISC(14th)-LRFD10.....	27
รูปที่ 4.9 ภาพแสดงการใส่ Load ต่างๆ.....	28
รูปที่ 4.10 ภาพแสดงLoad Combination List.....	28
รูปที่ 4.11 ภาพแสดงการวิเคราะห์หา Reaction บริเวณ Support.....	29
รูปที่ 4.12 ภาพแสดงการวิเคราะห์หา Bending Moment บริเวณ Support	29
รูปที่ 4.13 ภาพแสดงการวิเคราะห์การเสียรูป (Displacement Contour) Max 1.5 cm.....	30
รูปที่ 4.14 ภาพแสดงการวิเคราะห์ แรงกระทำต่างๆ ใน ตัวอย่าง Elements	31
รูปที่ 4.15 ภาพแสดงการทำ Elements Code Checking Result.....	31
รูปที่ 4.16 ภาพแสดงแบบแปลนพิกัดเสาตอม่อ.....	55
รูปที่ 4.17 ภาพแสดงแบบแปลนเสารับ โครงสร้างหลังคา.....	56
รูปที่ 4.18 ภาพแสดงแบบแปลนเสารับ โครงสร้างหลังคา.....	56
รูปที่ 4.19 ภาพแสดงแบบแปลนกระดิดตั้งแผ่น Metal Sheet	57
รูปที่ 4.20 ภาพแสดงแบบขยาย Truss T-1A.....	57
รูปที่ 4.21 ภาพแสดงแบบขยาย Truss T-1B.....	58
รูปที่ 4.22 ภาพแสดงแบบรูปตัด โครงสร้างหลังคา.....	58
รูปที่ 4.23 ภาพแสดงจัดทำ Gantt Chart เพื่อนำเสนอแผนงานติดตั้ง.....	61
รูปที่ 4.24 ภาพแสดงจัดทำแบบขอพื้นที่ทำงาน.....	61
รูปที่ 4.24 ภาพแสดงการวางวัสดุเพื่อประกอบ.....	62
รูปที่ 4.26 ภาพแสดงการวางวัสดุเพื่อประกอบ.....	62

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.27 ภาพแสดงแบบการเดินรถ Mobile Crane เพื่อขออนุญาตปีดการจราจรภายใน.....	63
รูปที่ 4.28 ภาพแสดงการหาน้ำหนักบรรทุกของชิ้นงานและระยะของเสาการยกของ.....	63
รูปที่ 4.29 ภาพแสดงการยกชิ้นงานและพักชิ้นงานก่อนการติดตั้ง.....	64
รูปที่ 4.30 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้าง รูปการเสยรูปประมาณ 1 cm.....	65
รูปที่ 4.31 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X.....	65
รูปที่ 4.32 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y	66
รูปที่ 4.33 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z.....	66
รูปที่ 4.34 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสยรูปประมาณ 1.1 cm	67
รูปที่ 4.35 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X	67
รูปที่ 4.36 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y	68
รูปที่ 4.37 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z	68
รูปที่ 4.38 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสยรูปประมาณ 1.0 cm.....	69
รูปที่ 4.39 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X	69
รูปที่ 4.40 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y.....	70
รูปที่ 4.41 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z.....	70
รูปที่ 4.42 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสยรูปประมาณ 0.9 cm.....	71
รูปที่ 4.43 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X.....	71
รูปที่ 4.44 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y.....	72
รูปที่ 4.45 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z.....	72
รูปที่ 4.46 ภาพแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z ด้านติดอาคาร.....	73
รูปที่ 4.47 ภาพแสดงเตรียมพื้นที่ขึ้น โครงสร้างเหล็ก.....	73
รูปที่ 4.48 ภาพแสดงการเตรียมวัสดุและทาสีกันสนิม ก่อนนำมาประกอบ.....	74
รูปที่ 4.49 ภาพแสดงงานประกอบ โครงรับหลังคา.....	74
รูปที่ 4.50 ภาพแสดงงานประกอบ โครงรับหลังคา.....	75
รูปที่ 4.51 ภาพแสดงการยกโครงสร้างรับหลังคาเพื่อรอติดตั้ง.....	75
รูปที่ 4.52 ภาพแสดงติดตั้ง โครงสร้างเหล็กรับหลังคา.....	76
รูปที่ 4.53 ภาพแสดงประกอบชิ้นงาน โครงสร้างหลังคา T-1.....	76
รูปที่ 4.54 ภาพแสดงประกอบชิ้นงาน โครงสร้างหลังคา T-1.....	77

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.55 ภาพแสดงประกอบชิ้นงาน โครงสร้างหลังคา T-1B.....	77
รูปที่ 4.56 ภาพแสดงการยกชิ้นงาน T-1 เพื่อรอติดตั้ง.....	78
รูปที่ 4.57 ภาพแสดงการยกชิ้นงาน T-1 เพื่อรอติดตั้ง.....	78
รูปที่ 4.58 ภาพแสดงติดตั้ง โครงสร้างเหล็ก.....	79
รูปที่ 4.59 ภาพแสดงติดตั้ง โครงสร้างเหล็ก.....	79
รูปที่ 4.60 ภาพแสดงติดตั้ง โครงสร้างเหล็ก.....	80
รูปที่ 4.61 ภาพแสดงติดตั้ง โครงสร้างเหล็กแล้วเสร็จ.....	81
รูปที่ 4.62 ภาพแสดงติดตั้งงานสถาปัตยกรรม.....	81
รูปที่ 4.63 ภาพแสดงการเชื่อมศูนย์ของค่อม.....	82
รูปที่ 4.64 จัดทำ Band Beam แก้ไขปัญหาค่อมเชื่อมศูนย์.....	82
รูปที่ 4.65 รูปภาพเหล็ก Dowel ที่ถูกตัดขาด.....	83
รูปที่ 4.66 ภาพการติดตั้ง Anchor rod แบบเคมี.....	84
รูปที่ 4.67 แบบรูปตัดแสดง โครงสร้างรับหลัง.....	85
รูปที่ 4.68 ภาพแสดงการเสียบรูปของ โครงสร้างรับหลังคา.....	85
รูปที่ 4.69 ภาพแสดงการทำโครงเหล็กเพื่อทำการประกอบชิ้นส่วนหลังคา.....	86
รูปที่ 4.70 ภาพแสดงการยกชิ้นงานข้ามรั้วชั่วคราว.....	87

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 (ก) อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาสูงสุดของชิ้นส่วนรับแรงอัด เนื่องจากแรงอัดตามแนวแกน.....	3
ตารางที่ 1 (ข) อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาสูงสุดของชิ้นส่วนรับแรงอัด เนื่องจากโมเมนต์คด.....	4
ตารางที่ 2 (ก) เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะระบุ (มม.) และขนาดรูเจาะระบุ (มม. x มม.).....	6
ตารางที่ 2 (ข) ตัวคูณเชิร้แลก (Shear Lag Factor, U) ที่รอยต่อขององค์อาคารรับแรงดึง.....	6
ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล.....	10
ตารางที่ 4 หน่วยแรงอัดวิกฤต (F_{cr}) (เมกะปาสคาล) ($E = 2 \times 10^5$ เมกะปาสคาล, $F_y = 245$ เมกะปาสคาล).....	11
ตารางที่ 5 คุณสมบัติหน้าตัดด้านการบิด.....	12
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนิน โครงการงานสหกิจศึกษา.....	19



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

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

ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องทำการศึกษา หาข้อมูลข้อกำหนด ระเบียบ กฎกระทรวง ข้อบัญญัติ หรือข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวกับการออกแบบซึ่งวิศวกรจะต้องมีความเข้าใจเป็นอย่างดีในการพิจารณา ค่าพารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้มาใช้ให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมด้วย และศึกษาวิธีการติดตั้ง โครงสร้างหลัก รวมถึงขั้นตอนวิธีการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1) เพื่อศึกษาความรู้เกี่ยวกับวิชาการออกแบบโครงสร้างเหล็ก
- 1.2.2) เพื่อศึกษาขั้นตอนการออกแบบและคำนวณและนำไปปฏิบัติได้จริง
- 1.2.3) เพื่อศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากหน้างานจริง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1) ออกแบบและคำนวณ โครงสร้างเหล็ก
- 1.3.2) การควบคุมงานติดตั้งโครงสร้างหลังคา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1) สามารถออกแบบและคำนวณอาคาร โครงสร้างหลังคาเหล็กได้
- 1.4.2) สามารถใช้โปรแกรมเขียนแบบเบื้องต้นได้
- 1.4.3) สามารถทราบถึงขั้นตอน และการแก้ปัญหาที่พบในการทำงานจริง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทำ โครงงานเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและคำนวณงาน โครงสร้างเหล็ก มีแนวคิดและทฤษฎีดังต่อไปนี้

2.1 การออกแบบโครงสร้างเหล็ก (Steel Structure Design) โดยวิธีวิธีน้ำหนักบรรทุก และตัวคูณความต้านทาน Load and Resistance Factored Design หรือ LRFD

2.1.1 ทั่วไป

ข้อกำหนดการออกแบบโดยทั่วไปนอกเหนือจากระบุในคู่มือการออกแบบให้ปฏิบัติตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมืองที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 น้ำหนักบรรทุก ตัวคูณ และการจัดกลุ่ม

ปฏิบัติตามกฎกระทรวง และมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมืองที่เกี่ยวข้อง

2.1.3 พื้นฐานการออกแบบ

การออกแบบต้องกระทำตามข้อกำหนดของวิธีกำลังที่ยอมให้หรือวิธีตัวคูณน้ำหนักบรรทุกและกำลังต้านทาน กำลังที่ต้องการขององค์อาคาร โครงสร้างและรอยต่อองค์อาคารคำนวณได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างภายใต้น้ำหนักบรรทุกโดยอาจใช้วิธีอิลาสติก อินอิลาสติก หรือพลาสติก อย่างใดอย่างหนึ่ง การออกแบบรอยต่อค่าของแรงและการเปลี่ยนรูปร่างต้องเป็นไปตามสมมติฐานการวิเคราะห์โครงสร้างประเภทของรอยต่อแบ่งออกได้เป็น แบบง่าย แบบยึดแน่น และแบบกึ่งยึดแน่น

2.1.4 คุณสมบัติหน้าตัดดองค์อาคาร

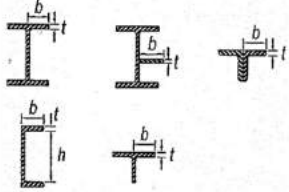
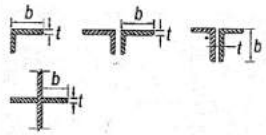

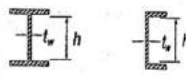

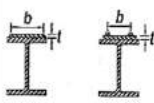


หน้าตัดดองค์อาคารแบ่งออกเป็น หน้าตัดอัดแน่น หน้าตัดไม่อัดแน่น หรือหน้าตัดชิ้นส่วนชะลูดโดยใช้อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาตามระบุในตารางที่ 1 หน้าตัดชิ้นส่วนชะลูด คือ หน้าตัดที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความหนามากกว่า λ_c

2.1.5 การออกแบบเพื่อเสถียรภาพ

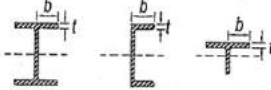
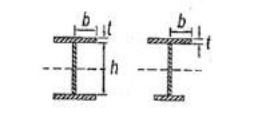
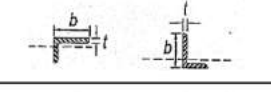
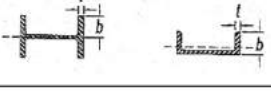
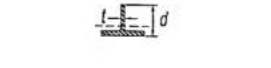
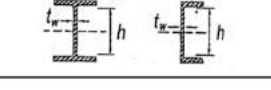
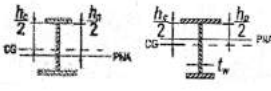
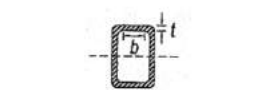
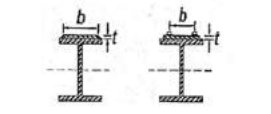
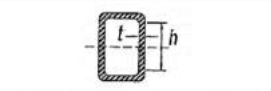
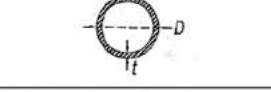
การออกแบบต้องคำนึงถึงความเสถียรภาพของระบบ โครงสร้างทั้งหมด และความเสถียรภาพของชิ้นส่วนย่อย การวิเคราะห์โครงสร้างเนื่องจากแรงกระทำด้านข้างเพื่อตรวจสอบความเสถียรภาพกรณีที่เป็นให้พิจารณาผลรวมของน้ำหนักบรรทุกแนวตั้ง และแรงกระทำด้านข้าง รวมถึงพฤติกรรมอินอิลา

สถิติของชิ้นส่วนย่อย ชิ้นส่วนไม่เป็นเส้นตรง และผลของโมเมนต์อันดับสอง เนื่องจากผลลัพท์ของ P - Δ

ตารางที่ 1 (ก) อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาสูงสุดของชิ้นส่วนรับแรงอัด เนื่องจากแรงอัดตามแนวแกน

กรณี	ประเภทของชิ้นส่วน	อัตราส่วนความกว้างต่อความหนา	อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาสูงสุด λ_r ไม่อัดแน่น/ขะลุค	ตัวอย่าง	
ชิ้นส่วนปลายยื่น	1	ปีกของหน้าตัดรูปตัว H แผ่นเหล็กที่ยื่นออกมาจากหน้าตัดรูปตัว H ขาที่ยื่นออกมาจากเหล็กฉากคู่แนบติดกันอย่างต่อนื่อง ปีกของรูปตัว C และ T	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	ปีกของหน้าตัดประกอบรูปตัว H ขาที่ยื่นออกมาจากหน้าตัดประกอบรูปตัว H	b/t	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ ^(a)	
	3	ขาของเหล็กฉากเดี่ยว ขาของเหล็กฉากคู่ที่ไม่แนบติดกัน ชิ้นส่วนปลายยื่นอื่นๆ	b/t	$0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	ขาของเหล็กรูปตัว T	d/t	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
ชิ้นส่วนปลายยึด	5	เอวของรูปตัว H สมมาตรสองแกน และรูปตัว C	h/t_w	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	ผนังของท่อกลางรูปตัดสี่เหลี่ยมความหนาคงที่	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	ปีกของแผ่นเหล็กประกบ และแผ่นเหล็กคั่นกลางระหว่างแนวของหมุดยึดหรือแนวเชื่อม	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	ชิ้นส่วนปลายยึดอื่นๆ	b/t	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	ผนังของท่อกลม	D/t	$0.11E/F_y$	

ตารางที่ 1 (ข) อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาสูงสุดของชิ้นส่วนรับแรงอัดเนื่องจากโมเมนต์ดัด

กรณี	ประเภทของชิ้นส่วน	อัตราส่วนความกว้างต่อความหนา	อัตราส่วนความกว้างต่อความหนาสูงสุด		ตัวอย่าง	
			λ_p	λ_r		
ชิ้นส่วนปลายยื่น	10	ปีกของคานรูปพรรณรูปตัว H รูปตัว C และรูปตัว T	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	ปีกของคานประกอบรูปตัว H สมมาตรแกนเดียวและสองแกน	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y L}}$ ^{(a) (b)}	
	12	ขาของเหล็กฉากเดี่ยว	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	ปีกของคานรูปพรรณรูปตัว H และรูปตัว C รับโมเมนต์รอบแกนรอง	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	ขาของเหล็กรูปตัว T	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
ชิ้นส่วนปลายยึด	15	เอวของรูปตัว H สมมาตรสองแกน และรูปตัว C	h/t_w	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	เอวของรูปตัว H สมมาตรแกนเดียว	h/t_w	$\frac{\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{\left(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09\right)^2} \leq \lambda_r$ ^(c)	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	ปีกของท่อกลางรูปดัดสี่เหลี่ยมความหนาคงที่	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	ปีกของแผ่นเหล็กประกบและแผ่นเหล็กคั่นกลางระหว่างแนวของหมุดยึดหรือแนวเชื่อม	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	เอวของท่อกลางรูปดัดสี่เหลี่ยม	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
20	ผนังของท่อกลม	D/t	$0.07E/E_y$	$0.31E/F_y$		

2.2 การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงดึง

2.2.1 อัตราส่วนความชะลูด

อัตราส่วนความชะลูดสำหรับองค์อาคารรับแรงดึงไม่ควรมีค่ามากกว่า 300 ยกเว้นองค์อาคารเหล็กกลมรับแรงดึง และยึดแขวน

2.2.2 กำลังรับแรงดึง

การรับแรงดึงขององค์อาคาร คำนวณได้จากกรณีการวิบัติ 2 กรณี ค่ากำลังรับแรงดึงที่น้อยกว่าจะเป็นค่าที่ใช้ออกแบบ

ก) การวิบัติเนื่องจากการครากบนพื้นที่หน้าตัดรวม

$$P_n = F_y A_g \quad (1)$$

โดยที่ P_n = กำลังรับแรงดึงระบุ (นิวตัน)

F_y = หน่วยแรงดึงคราก (เมกะปาสคาล)

A_g = พื้นที่หน้าตัดรวม (มิลลิเมตร²)

ข) การวิบัติเนื่องจากการขาดบนพื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิภาพ

$$P_n = F_u A_e \quad (2)$$

โดยที่ F_u = หน่วยแรงดึงประลัย (เมกะปาสคาล)

A_e = พื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิภาพ (มิลลิเมตร²)

2.2.3 พื้นที่หน้าตัดสุทธิ และพื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิภาพ

- พื้นที่หน้าตัดสุทธิขององค์อาคาร ที่มีรูเจาะเนื่องจากการใช้สลักเกลียว หรือหมุดยาที่รอยต่อ

พื้นที่หน้าตัดสุทธิขององค์อาคารรับแรงดึง หมายถึง พื้นที่รูเจาะซึ่งเป็นผลคูณระหว่าง

เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะจากสมการ (2) กับความหนาขององค์อาคาร

$$D = d + 2 \quad (3)$$

โดยที่ D = เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ (มิลลิเมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะระบุ (มิลลิเมตร)

กรณีองค์อาคารมีรูเจาะแบบเยื้องให้คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดวิกฤติ โดยคำนึงถึงผลของการจัดรูเจาะแบบเยื้อง

ตารางที่ 2 (ก) เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะระบุ (มม.) และขนาดรูเจาะระบุ (มม. x มม.)

สลักเกลียว	ประเภทของรูเจาะ			
	แบบมาตรฐาน (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	แบบใหญ่กว่ามาตรฐาน (เส้นผ่านศูนย์กลาง)	แบบร่องสั้น (กว้าง x ยาว)	แบบร่องยาว (กว้าง x ยาว)
M12	14	16	14 x 18	14 x 32
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 26	22 x 50
M22	24	28	24 x 30	24 x 55
M24	27	30	27 x 32	27 x 60
M27	30	35	30 x 37	30 x 67
M30	33	38	33 x 40	33 x 75
≥ M36	∅+3	∅+8	(b+3) x (t+10)	(b+3) x 2.5b

หมายเหตุ ∅ = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวยึด (มิลลิเมตร)

- พื้นที่หน้าตัดสุทธิขององค์อาคารที่ไม่มีรูเจาะเนื่องจากการใช้รอยเชื่อมที่รอยต่อ

พื้นที่หน้าตัดสุทธิขององค์อาคารรับแรงดึง มีค่าเท่ากับพื้นที่หน้าตัดรวม


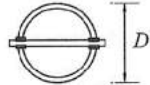
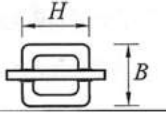
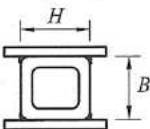
- พื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิภาพ

พื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิภาพ A_e มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่าง shear lag factor หรือตัวคูณ U จากตารางที่ 2 (ข) กับพื้นที่หน้าตัดสุทธิ

ตารางที่ 2 (ข) ตัวคูณเชียร์แลก (Shear Lag Factor, U) ที่รอยต่อขององค์อาคารรับแรงดึง

กรณี	รายละเอียด	ตัวคูณ U	ตัวอย่าง
1	แรงดึงส่งถ่ายโดยตรงไปยังทุกชั้นส่วนของหน้าตัดผ่านตัวยึดหรือการเชื่อม (ยกเว้นกรณี 4, 5 และ 6)	$U = 1.0$	-
2	ยกเว้นแผ่นเหล็ก และเหล็กท่อ เมื่อแรงดึงส่งถ่ายไปยังบางชั้นส่วนของหน้าตัดผ่านตัวยึดหรือการเชื่อมตามยาว (สำหรับหน้าตัด W, M, S และ HP สามารถใช้กรณี 7 แทนได้)	$U = 1 - \bar{x}/l$	

ตารางที่ 2 (ข) (ต่อ) ตัวคูณเชียร์แล็ก (Shear Lag Factor, U) ที่รอยต่อขององค์อาคารรับแรงดึง

กรณี	รายละเอียด	ตัวคูณ U	ตัวอย่าง	
3	เมื่อแรงดึงส่งถ่ายไปยังบางชิ้นส่วนของหน้าตัดผ่านการเชื่อมตามขวาง	$U = 1.0$ และ $A_n =$ พื้นที่ของชิ้นส่วนที่ต่อโดยตรง	-	
4	แผ่นเหล็กที่แรงดึงส่งถ่ายผ่านการเชื่อมตามยาวเท่านั้น	$l \geq 2w : U = 1.0$ $2w > l \geq 1.5w : U = 0.87$ $1.5w > l > w : U = 0.75$		
5	เหล็กท่อกกลมที่มีแผ่นเหล็กประกบกับเดียวผ่านจุดศูนย์กลาง	$l \geq 1.3D : U = 1.0$ $D > l \geq 1.3D : U = 1 - \bar{X}/l$ และ $\bar{X} = D/\pi$		
6	เหล็กท่สี่เหลี่ยม	มีแผ่นเหล็กประกบเดียวผ่านจุดศูนย์กลาง	$l \geq H : U = 1 - \bar{X}/l$ และ $\bar{X} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$	
		มีแผ่นเหล็กประกบ 2 ซ้าง	$l \geq H : U = 1 - \bar{X}/l$ และ $\bar{X} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	
7	W, M, S หรือ HP หรือ T ที่ตัดมาจากหน้าตัดเหล่านี้ (ถ้า U จากกรณี 2 เป็นค่าที่มากกว่าสามารถนำไปใช้ได้)	ปีกมีการยึดด้วยตัวยึด 3 ตัวหรือมากกว่าต่อ 1 แถวในทิศทางของแรง	$b_f \geq 2d / 3 : U = 0.90$ $b_f < 2d / 3 : U = 0.85$	-
		เอวมีการยึดด้วยตัวยึด 4 ตัวหรือมากกว่าในทิศทางของแรง	$U = 0.70$	-
8	เหล็กฉากเดี่ยว (ถ้า U จากกรณี 2 เป็นค่าที่มากกว่าสามารถนำไปใช้ได้)	มีตัวยึด 4 ตัว หรือมากกว่าต่อ 1 แถวในทิศทางของแรง	$U = 0.80$	-
		มีตัวยึด 3 ตัว ต่อ 1 แถวในทิศทางของแรง	$U = 0.60$	-

2.2.3 ขั้นตอนการออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบของค้ำอาคารรับแรงดึงมีดังนี้

- ก) เลือกชนิดรูปตัดเหล็กรูปพรรณ เช่น เหล็กฉาก เหล็กทรงน้ำ และประเภทของค้ำอาคาร ได้แก่ องค์กรอาคารเดี่ยวหรือประกอบ
- ข) เลือกประเภทและขนาดของตัวยึด ได้แก่ สลักเกลียว หรือเชื่อม
- ค) คำนวณพื้นที่หน้าตัดสุทธิ และพื้นที่หน้าตัดสุทธิประสิทธิผล
- ง) คำนวณกำลังรับแรงดึงตามหัวข้อ 3.2 จากการวิบัติ 2 กรณี และเปรียบเทียบกับแรงดึงใช้งานจริง และแรงดึงประลัยโดยตัวค้ำหน้าหน้าบรทุกตามกฎกระทรวง

วิธี ASD $\Omega_t = 1.67$ กรณีวิบัติเนื่องจากการคราก

$\Omega_t = 2.00$ กรณีวิบัติเนื่องจากการขาด

วิธี LRFD $\phi_t = 0.90$ กรณีวิบัติเนื่องจากการคราก

$\phi_t = 0.75$ กรณีวิบัติเนื่องจากการขาด

จ) ตรวจสอบอัตราส่วนความชะลูด ต้องไม่มากกว่า 300

ฉ) กรณีที่ทราบจำนวนสลักเกลียว และตำแหน่งรูเจาะหรือความยาว และตำแหน่งรอยเชื่อม ให้ตรวจสอบ

การวิบัติเนื่องจากการเฉือนออก ตามสมการ (4)

$$T_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (4)$$

โดยที่ $\Omega_t = 2.00$ วิธี ASD

$\phi_t = 0.75$ วิธี LRFD

A_{nv} = พื้นที่หน้าตัดสุทธิรับแรงเฉือน (มิลลิเมตร²)

A_{nt} = พื้นที่หน้าตัดสุทธิรับแรงดึง (มิลลิเมตร²)

A_{gv} = พื้นที่หน้าตัดรวมรับแรงเฉือน (มิลลิเมตร²)

U_{bs} = สัมประสิทธิ์ตัวลด

= 1.0 เมื่อหน่วยแรงดึงมีค่าสม่ำเสมอ

= 1.0 เมื่อหน่วยแรงดึงมีค่าไม่สม่ำเสมอ

2.3 การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงอัด

ใช้สำหรับองค์อาคารหน้าตัดสม่ำเสมอตลอดความยาว ซึ่งรับแรงอัดตามแนวแกนผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด กำลังรับแรงอัดที่ใช้ออกแบบ ϕ_c/P_n และกำลังรับแรงอัดที่ยอมให้ P_n/Ω_c ขององค์อาคารรับแรงอัดคำนวณได้จากการโก่งเดาะแบบ FB, TB หรือ FTB ที่เป็นสาเหตุการวิบัติ

โดยที่ P_n = กำลังรับแรงอัดระบุจากสาเหตุของการโก่งเดาะ

$$\phi_c = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

$$\Omega_c = 1.67 \text{ (ASD)}$$

FB = การโก่งเดาะจากการตัด

TB = การโก่งเดาะจากการบิด

FTB = การโก่งเดาะจากการตัด และการบิด

รูปตัดขององค์อาคารรับแรงอัด หรือเสารับแรงอัด ได้แก่ เหล็กรูปตัว H เหล็กกลวงรูปตัดกลม และสี่เหลี่ยม เหล็กรูปตัว C เหล็กรูปตัว T เหล็กฉากเดี่ยว และเหล็กฉากคู่

2.3.1 ความยาวประสิทธิผล

อัตราส่วนความชะลูดขององค์อาคาร (KL/r) ใช้ในการออกแบบไม่ควรเกิน 200 โดยคำนวณจากอัตราส่วนของความยาวประสิทธิผลที่ปราศจากค้ำยันด้านข้างหารด้วยรัศมีไจเรชัน

K = ค่าสัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล

L = ความยาวปราศจากค้ำยันขององค์อาคาร (มิลลิเมตร)

r = รัศมีไจเรชัน (มิลลิเมตร)

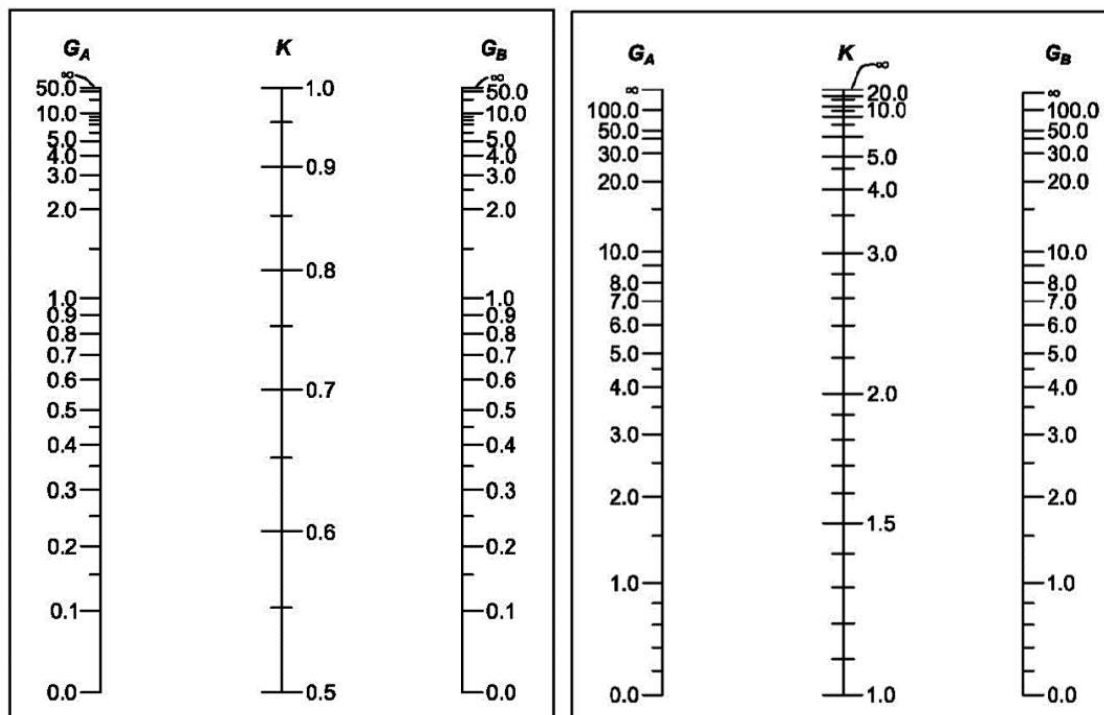
2.3.2 ขั้นตอนการออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบของค้ำอาคารรับแรงอัดมีดังนี้

- ก) เลือกชนิดรูปตัดเหล็กรูปพรรณ เช่น เหล็กฉาก เหล็กรางน้ำ เหล็กรูปตัว H และประเภทองค์อาคารเป็นองค์อาคารเดี่ยว หรือองค์อาคารประกอบ
- ข) กำหนดค่าความยาวประสิทธิผล ต้องมีค่าไม่มากกว่า 200
- ค) กำหนดกำลังรับแรงอัด โดยพิจารณาประเภทขององค์อาคารตามสาเหตุการโก่งเดาะและประเภทความชะลูด และคำนวณหน่วยแรงอัดวิกฤต F_{cr}
- ง) เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัด กับแรงอัดใช้งานจริงหรือแรงอัดประลัย

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล

	ก.	ข.	ค.	ง.	จ.	ฉ.
ลักษณะการโก่งเดาะ ของเสาแสดงโดยเส้นประ						
ค่า K (ทฤษฎี)	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
ค่า K (ออกแบบ)	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
สัญลักษณ์ของการยึดปลาย	 	การหมุนที่ปลายเสา		การเคลื่อนที่ของปลายเสา		
		ไม่มี		ไม่มี		
		มี		ไม่มี		
		ไม่มี		มี		
		มี		มี		



ก. ไม่มีการเคลื่อนที่ด้านข้าง

ข. มีการเคลื่อนที่ด้านข้าง

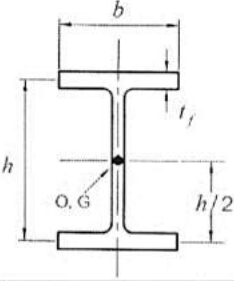
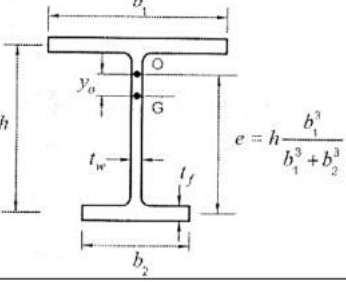
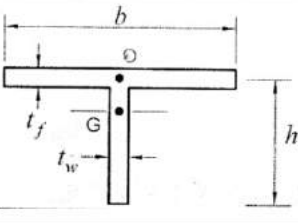
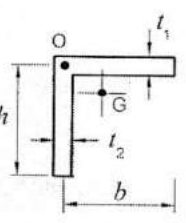
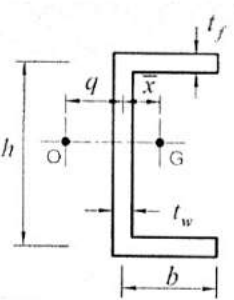
รูปที่ 3 Alignment Charts สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล

ตารางที่ 4 หน่วยแรงอัดวิกฤต (F_{cr}) (เมกะปาสคาล) ($E = 2 \times 10^5$ เมกะปาสคาล, $F_y = 245$ เมกะปาสคาล)

KL/r	F_{cr}	KL/r	F_{cr}	KL/r	F_{cr}	KL/r	F_{cr}	KL/r	F_{cr}
1	245	41	224	81	174	121	114	161	66
2	244	42	223	82	172	122	113	162	66
3	244	43	222	83	171	123	111	163	65
4	244	44	221	84	169	124	110	164	64
5	244	45	220	85	168	125	108	165	63
6	244	46	219	86	166	126	107	166	62
7	244	47	218	87	165	127	106	167	62
8	244	48	217	88	163	128	104	168	61
9	244	49	216	89	162	129	103	169	60
10	243	50	215	90	160	130	101	170	59
11	243	51	214	91	159	131	100	171	59
12	243	52	212	92	157	132	99	172	58
13	242	53	211	93	156	133	97	173	57
14	242	54	210	94	154	134	96	174	57
15	242	55	209	95	153	135	95	175	56
16	241	56	208	96	151	136	93	176	55
17	241	57	206	97	150	137	92	177	55
18	240	58	205	98	148	138	90	178	54
19	240	59	204	99	147	139	89	179	54
20	240	60	203	100	145	140	88	180	53
21	239	61	201	101	144	141	87	181	52
22	238	62	200	102	142	142	85	182	52
23	238	63	199	103	141	143	84	183	51
24	237	64	198	104	139	144	83	184	51
25	237	65	196	105	138	145	82	185	50
26	236	66	195	106	136	146	81	186	50
27	235	67	194	107	135	147	80	187	49
28	235	68	192	108	133	148	79	188	49
29	234	69	191	109	132	149	78	189	48
30	233	70	189	110	130	150	76	190	48
31	233	71	188	111	129	151	75	191	47
32	232	72	187	112	127	152	74	192	47
33	231	73	185	113	126	153	74	193	46
34	230	74	184	114	124	154	73	194	46
35	229	75	182	115	123	155	72	195	45
36	229	76	181	116	121	156	71	196	45
37	228	77	180	117	120	157	70	197	44
38	227	78	178	118	118	158	69	198	44
39	226	79	177	119	117	159	68	199	43
40	225	80	175	120	116	160	67	200	43

ตารางที่ 5 คุณสมบัติหน้าตัดด้านการบิด

O = จุดศูนย์กลางการเฉือน (shear center), J = ค่าคงที่เนื่องจากการบิด, C_w = ค่าคงที่การบิดเบี้ยว
 G = จุดศูนย์กลางของหน้าตัด, I_{ps} = โมเมนต์อินเนอร์เซียเทียบกับจุดศูนย์กลางการเฉือน

	$J = \frac{1}{3}(2bt_f^3 + ht_w^3)$ $C_w = \frac{I_f h^2}{2} = \frac{t_f b^3 h^2}{24} = \frac{h^2 I_y}{4}$ $I_{ps} = I_x + I_y$
	$J = \frac{1}{3}(b_1 t_f^3 + b_2 t_f^3 + ht_w^3)$ $C_w = \frac{I_f h^2}{12} \left[\frac{b_1^3 b_2^3}{b_1^3 + b_2^3} \right]$ $I_{ps} = I_x + I_y + Ay_0^2$
	$J = \frac{1}{3}(bt_f^3 + ht_w^3)$ $C_w = \frac{1}{36} \left(\frac{b^3 t_f^3}{4} + h^3 t_w^3 \right) \approx 0 \text{ เมื่อ } t \text{ มีค่าน้อย}$
	$J = \frac{1}{3}(bt_1^3 + ht_2^3)$ $C_w = \frac{1}{36}(b^3 t_1^3 + h^3 t_2^3) \approx 0 \text{ เมื่อ } t \text{ มีค่าน้อย}$
	$J = \frac{1}{3}(2bt_f^3 + ht_w^3)$ $C_w = \frac{t_f b^3 h^2}{12} \left[\frac{3bt_f + 2ht_w}{6bt_f + ht_w} \right] = \frac{h^2}{4} \left(I_y + Ax^2 - qx A \right)$ $q = \frac{3b^2 t_f}{6bt_f + ht_w}$

2.3.3 กำลังรับแรงอัดสำหรับการโก่งเดาะเนื่องจากการตัด

หัวข้อนี้ใช้คำนวณออกแบบหน้าตัดชิ้นส่วนไม้ชะลูดรวมถึงหน้าตัดประกอบรูปตัว H เหล็ก กลวงรูปตัดกลมและสี่เหลี่ยมที่ไม่ชะลูด โดยที่ค่าหน่วยแรงอัดขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนความชะลูด KL/r และ ใช้เกณฑ์การออกแบบดังนี้

$$\text{วิธี ASD} \quad P_w \leq P_n / \Omega_c \quad (5)$$

$$\text{วิธี LRFD} \quad P_u \leq \phi_c P_n \quad (6)$$

โดยที่ $P_n =$ กำลังรับแรงอัดระบุ = $F_{cr} A_g$ (นิวตัน)

$F_{cr} =$ หน่วยแรงอัดวิกฤต (เมกะปาสคาล)

$A_g =$ พื้นที่หน้าตัดรวม (มิลลิเมตร²)

ค่า F_{cr} พิจารณาจากสภาวะการวิบัติ 2 รูปแบบ คือ

- การวิบัติเนื่องจากการโก่งเดาะในช่วงอีลาสติก

$$KL/r > 4.71 \sqrt{E/F_y} \quad \text{หรือ} \quad F_y/F_e > 2.25$$

$$F_{cr} = 0.877 F_e \leq F_y$$

- การวิบัติเนื่องจากการโก่งเดาะในช่วงอินอีลาสติก

$$KL/r \leq 4.71 \sqrt{E/F_y} \quad \text{หรือ} \quad F_y/F_e \leq 2.25$$

$$F_{cr} = (0.658)^{F_y/F_e} F_y$$

โดยที่ $F_e = \pi^2 E / (KL/r)^2$ (เมกะปาสคาล)

$$KL/r \leq 200$$

2.3.4 กำลังรับแรงอัดสำหรับการโก่งเดาะเนื่องจากการตัด และการบิด

หัวข้อนี้ใช้คำนวณออกแบบหน้าตัดชิ้นส่วนไม้ชะลูดมีแกนสมมาตรแกนเดียว และเกิดการโก่งเดาะเนื่องจากการตัดและการบิด ได้แก่ หน้าตัดมีความสมมาตรรอบแกน y หน่วยแรงอัดอีลาสติก เกิดจากการตัดรอบแกน y และการบิดรอบแกน z ร่วมกัน และมีค่าตามสมการ

$$F_{cryz} = \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry} F_{crz} H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (7)$$

2.4 การออกแบบของค้ำอาคารรับแรงเฉือน

2.4.1 ข้อกำหนดทั่วไป

กำลังรับแรงเฉือนในบทนี้มีสองวิธี วิธีที่หนึ่งในหัวข้อ 6.2 ไม่พิจารณากำลังหลังจากการ โกงเดาะขององค์อาคาร (แรงกระทำเชิงแรงดึง (Tension Field Action)) และวิธีที่สองในหัวข้อ 6.3 ซึ่งพิจารณาผลของแรงกระทำเชิงแรงดึง (Tension Field Action)

กำลังรับแรงเฉือนออกแบบ $\phi_v V_n$ และ กำลังรับแรงเฉือนที่ยอมให้ V_n/Ω_v หาได้จาก

$$\phi_v = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad \Omega_v = 1.67 \text{ (ASD)}$$

2.4.2 องค์อาคารที่มีการเสริมและไม่มีการเสริมก้างที่แผ่นเอว

- กำลังรับแรงเฉือน

หัวข้อนี้ใช้สำหรับแผ่นเอวขององค์อาคารหน้าตัดสมมาตรแกนเดียวและสองแกน และองค์อาคารหน้าตัดรูปร่างน้ำ รับแรงเฉือนในระนาบของแผ่นเอว
ค่ากำลังรับแรงเฉือนระบุ V_n ของแผ่นเอวที่มีและไม่มีการเสริมก้างที่แผ่นเอว หาได้จากสภาวะขีดจำกัดการครากจากแรงเฉือน และสภาวะขีดจำกัดการ โกงเดาะจากแรงเฉือน

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

ก) สำหรับแผ่นเอวขององค์อาคารหน้าตัดรีร้อนรูปตัว H ที่มีค่า

$$h/t_w \leq 2.24\sqrt{E/F_y}$$

$$\phi_v = 1.00 \text{ (LRFD)} \quad \Omega_v = 1.50 \text{ (ASD)} \quad \text{และ} \quad C_v = 1.0$$

ข) สำหรับแผ่นเอวของหน้าตัดสมมาตรแกนเดียว สมมาตรสองแกน และหน้าตัดรูปร่างอื่นๆ ยกเว้นหน้าตัดรูปท่อกลม รับแรงเฉือนในระนาบของแผ่นเอว ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนของแผ่นเอว C_v หาได้จาก

$$(1) \text{ เมื่อ } h/t_w \leq 1.10\sqrt{k_v E/F_y}$$

$$C_v = 1.0$$

$$(2) \text{ เมื่อ } 1.10\sqrt{k_v E/F_y} < h/t_w \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_y}$$

$$C_v = \frac{1.10\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w}$$

$$(3) \text{ เมื่อ } h/t_w > 1.37\sqrt{k_v E/F_y}$$

$$C_v = \frac{1.51k_v E}{(h/t_w)^2 F_y}$$

สัมประสิทธิ์การโก่งเดาะจากแรงเฉือนของแผ่นเอว (Web Plate Shear Buckling Coefficient) k_v หาได้จาก

$$(1) \text{ สำหรับแผ่นเอวที่ไม่มีแผ่นเสริมกำลังทางขวาง และ } h/t_w < 260$$

$$k_v = 5$$

ยกเว้นขาของหน้าตัดรูปตัวที ใช้ค่า $k_v = 1.2$

$$(2) \text{ สำหรับแผ่นเอวที่มีแผ่นเสริมกำลังทางขวาง}$$

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$$

$$= 5 \text{ เมื่อ } a/h > 3.0 \text{ หรือ } a/h > \left[\frac{260}{(h/t_w)} \right]^2$$

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

รายละเอียดเกี่ยวกับ บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด

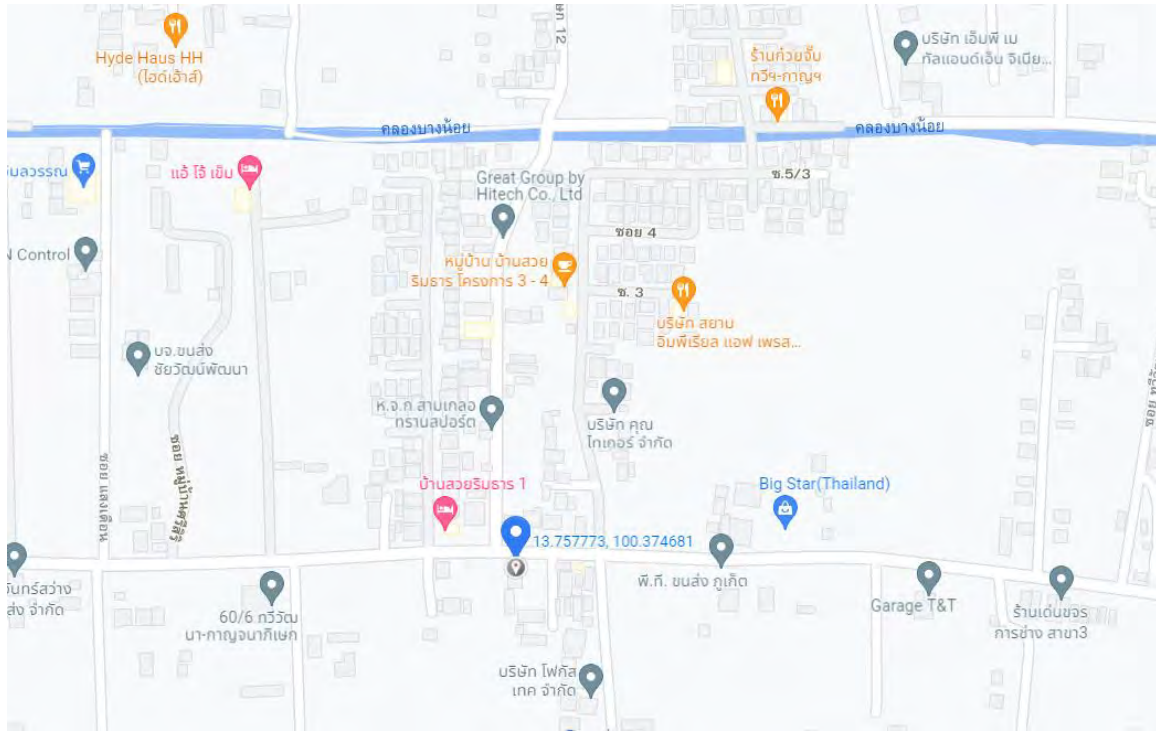
- 3.1.1 สถานที่ประกอบการ : บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด
- 3.1.2 เลขที่จดทะเบียน : 0105551097551
- 3.1.3 ที่ตั้งสถานประกอบการ : 78/13 หมู่ที่ 1 แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา

กรุงเทพมหานคร 10170

โทรศัพท์ : 089 499 8442



รูปที่ 3.1 ตราสัญลักษณ์ประจำ บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด



รูปที่ 3.2 รูปแสดงแผนที่ บริษัท โอเซียนพลัส จำกัด

3.2 ลักษณะการประกอบการ

บริษัท โอเซียนพลัส จำกัด เป็นบริษัทชั้นนำในการออกแบบ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โครงสร้าง หลังคาเหล็กโรงงาน โดยทีม งานวิศวกรและช่างเทคนิคที่มีความรู้ และประสบการณ์กว่า 20 ปีบริษัทฯ ได้ทุ่มเทการทำงาน อย่างต่อเนื่องจนมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์และการบริการตอบสนองความต้องการของลูกค้าใน ด้านคุณภาพและความประหยัดในการใช้งาน

3.2.1 ข้อมูลบริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด

บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัดเป็นบริษัทชั้นนำในการออกแบบ อาคาร คสล. โครงสร้างหลังคาแบบต่างๆ ผลิตและบริการติดตั้ง โดยทีม งานวิศวกรและช่างเทคนิคที่มีความรู้ และประสบการณ์ บริษัทฯ ได้ทุ่มเทการทำงาน การค้นคว้าและวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ อย่างต่อเนื่องจนมั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์และบริการตอบสนองความต้องการของลูกค้าในด้านคุณภาพและความประหยัดในการใช้งาน

3.3 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

3.3.1 ตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย ผู้ช่วยวิศวกรโยธา มีหน้าที่ช่วยออกแบบและคำนวณ และจัดทำแบบ Drawing เพื่อติดตั้งจริง

3.3.2 หน้าที่งานที่ได้รับมอบหมาย

- 1) ออกแบบและทำรายการคำนวณ โครงสร้างหลังคาเหล็ก
- 2) จัดทำรายละเอียดแบบก่อสร้าง

3.4 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

3.4.1 นายภิญโญวดี วุฒิमानานนท์ (ผู้จัดการฝ่ายก่อสร้าง)

3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานสหกิจ

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

ระยะเวลาในการปฏิบัติงานสหกิจ ศึกษาทั้งสิ้น 4 เดือน

3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินโครงการสหกิจศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ.2564			
	มิ.ย.64	ก.ค.64	ส.ค.64	ก.ย.64
1. รวบรวมข้อมูล	↔			
2. วิเคราะห์ข้อมูล	↔			
3.				
4.				
5. ออกแบบและคำนวณ โครงสร้าง และทำ แบบฯ		↔		
6. ควบคุมการติดตั้ง		↔		↔

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบโครงสร้าง

3.7.1.1 DESIGN CODE AND STANDARDS ที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบ

1. มาตรฐานสำหรับอาคาร คสล.โดยวิธีกาลังของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย วสท. 1008-38 (EIT1008-38) และ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (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. มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อดำเนินการสันติชนของแผ่นดินไหว มยผ. 1301/1302-61 กรมโยธาธิการและผังเมือง, กระทรวงมหาดไทย
6. มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองอาคาร มยผ.13011-50กรมโยธาธิการและผังเมือง, กระทรวงมหาดไทย

3.8 ความหมายของหน้าที่ตรวจสอบดูแลควบคุมการก่อสร้าง

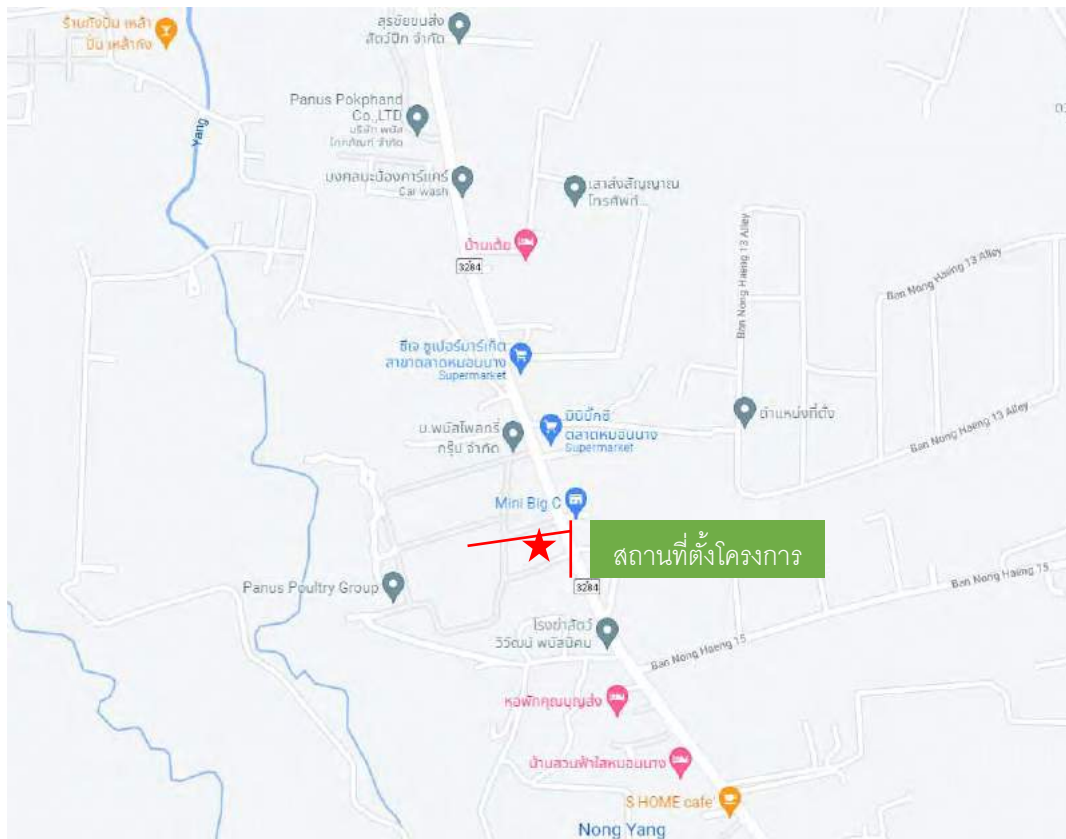
ความหมายของผู้ควบคุมงานก่อสร้าง มีความหมายหลายระดับแล้วแต่ความต้องการของเจ้าของงานที่จะให้ทำทั้งนี้ผู้ควบคุมงานอาจจะมาจากผู้ออกแบบหรือเป็นวิศวกรที่เจ้าของโครงการจ้างไว้เพื่อเป็นพนักงานของฝ่ายเจ้าของโครงการ

ผู้ควบคุมงานหมายถึง ผู้ที่เป็นผู้แทนของผู้ว่าจ้างซึ่งอาจเป็นบุคคลคนเดียวสำหรับงานขนาดเล็กหรือเป็นกลุ่มบุคคลหรือบริษัทที่ปรึกษาสำหรับงานขนาดใหญ่ โดยจะเป็นชุดเดียวกับชุดออกแบบก็ได้

การตรวจงานก่อสร้าง หมายถึง กระบวนการตรวจสอบให้งานก่อสร้างเป็นไปตามแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบการใช้วัสดุและลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานต้องเป็นไปตามมาตรฐานหลักวิชาช่างที่ดี การตรวจสอบงานก่อสร้างจะต้องปฏิบัติควบคู่ไปกับการควบคุมงาน ผู้ที่ทำหน้าที่ในการตรวจงานนี้จะเป็นตัวแทนของฝ่ายเจ้าของโครงการโดยตรงและจะต้องดูแลรักษาผลประโยชน์ของเจ้าของเพียงอย่างเดียว การตรวจงานจะเป็นขั้นตอนการทำงานที่ต่อเนื่องจากการควบคุมงาน มีอำนาจสั่งเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมหรือตัดทอนงานจ้างได้ตามที่เห็นสมควร

3.9 ข้อมูลของโครงการก่อสร้าง

3.10.1. โครงการ	:	ก่อสร้างอาคารสำนักงาน คสล. 3 ชั้น
ที่ตั้ง	:	ตำบล หมอนนาง อำเภอ พนัสนิคม ชลบุรี 20140
เนื้อที่	:	3,200 ตารางเมตร
เจ้าของโครงการ	:	บริษัท พนัสโพลทีรี กรุ๊ป จำกัด
ที่ปรึกษาและควบคุมงานก่อสร้าง	:	นายภิญโญวดี วุฒิमानานนท์
ผู้รับเหมาโครงการ	:	EULETZ DESIGN AND CONSTRUCTION CO.,LTD.
ระยะเวลาการก่อสร้าง	:	14 เดือน



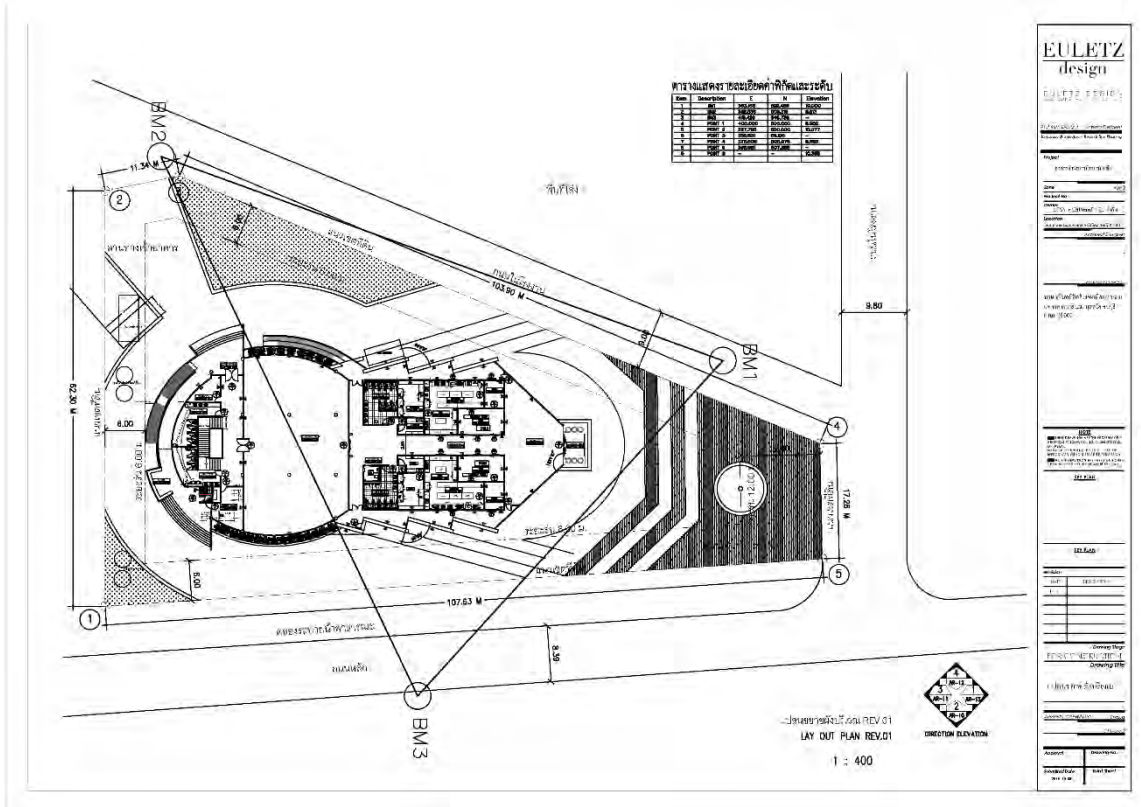
รูปที่ 3.3 แผนที่ของโครงการ

3.10.2 รายละเอียดการก่อสร้าง

พื้นที่ใช้สอยอาคาร : 3,200 ตารางเมตร

ขนาดที่ดิน : 3600 ตารางเมตร

จำนวนชั้น : 3 ชั้น



รูปที่ 3.4 พื้นที่การก่อสร้าง



บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงาน

การออกแบบและติดตั้ง โครงสร้างหลังคาเหล็ก อาคาร Research and Development (R&D) ซึ่งแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1 ออกแบบโครงสร้างโครงหลังคา

- 4.1.1 การประชุมเพื่อหาข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบ
- 4.1.2 จัดทำแบบจำลอง 3D เพื่อประกอบการนำเสนอ ให้เห็น โครงสร้างจริง
- 4.1.3 นำข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติ คำนวณ โครงสร้างหลังคา
- 4.1.4 จัดทำแบบแปลน Shop-Drawing และคำนวณวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ต้องใช้งาน

4.2 วางแผนการติดตั้งและการติดตั้งโครงหลังคา

- 4.2.1 การจัดทำแผนงานการติดตั้งและการขอพื้นที่จัดวางวัสดุและพื้นที่ประกอบชิ้นงาน
- 4.2.2 การวิเคราะห์การติดตั้งหลังคาแต่ละส่วน เพื่อความปลอดภัยในการติดตั้ง
- 4.2.3 การดำเนินการติดตั้ง โครงสร้างหลังคา

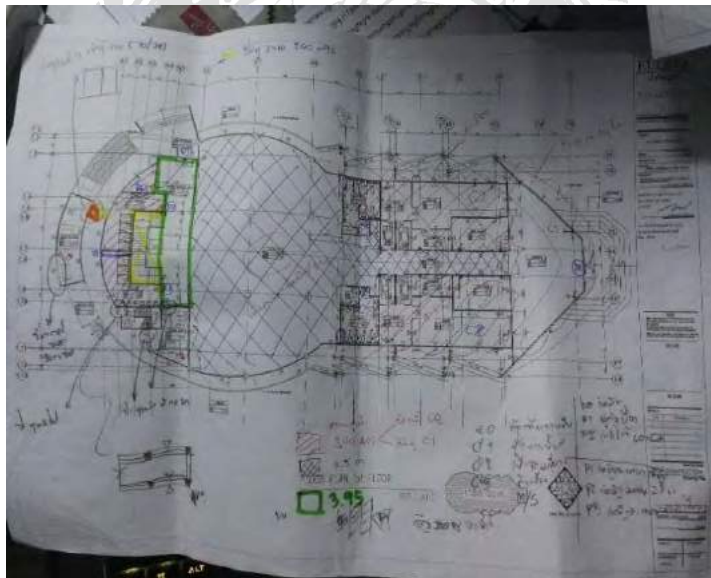
4.1 ออกแบบโครงสร้างโครงหลังคา

4.1.1 เข้าร่วมประชุมเกี่ยวกับรายละเอียดความต้องการ

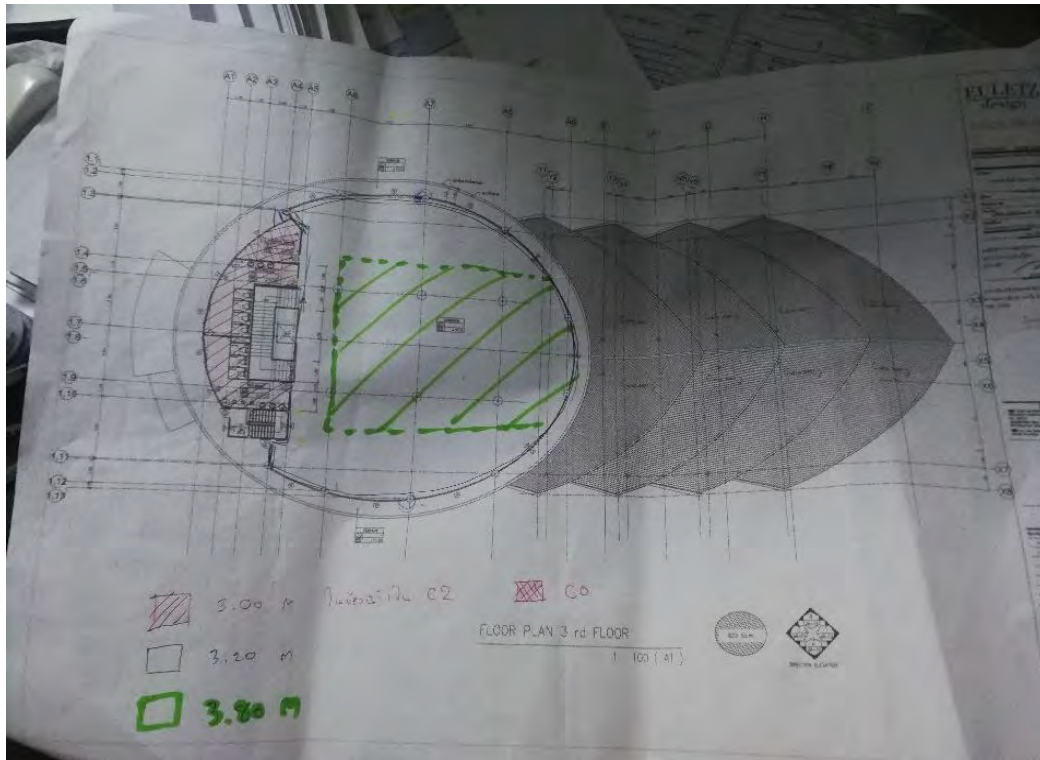
- วัสดุที่จะนำมาใช้ เพื่อให้ได้รูปทรง ตามผู้ออกแบบฯ
- สรุปปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในการติดตั้ง
- สรุปรายละเอียดของแบบ ระยะการทำงานในที่ประชุม
- นำข้อมูลที่ได้จากการประชุมมาลงแบบเบื้องต้น
- กำหนดระยะเวลาขอบเขตให้ถูกต้องตามกฎระเบียบ
- แสดงตำแหน่งและองค์ประกอบต่าง ๆ ให้ชัดเจน



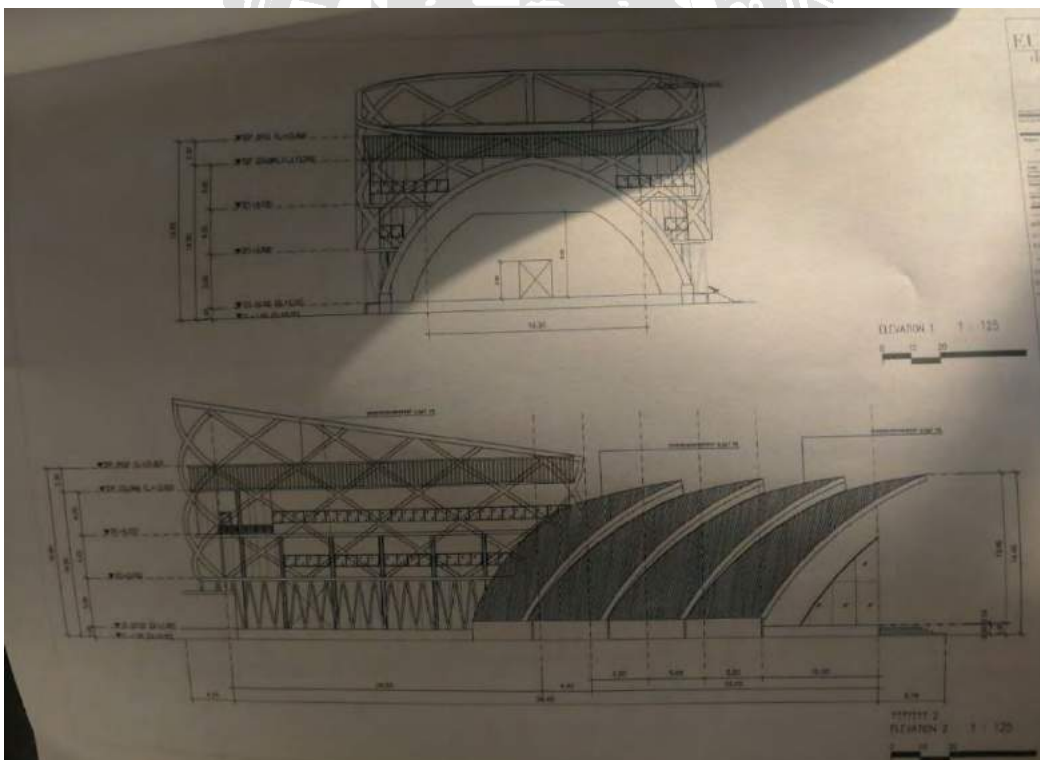
รูปที่ 4.1 การประชุมรับข้อมูล



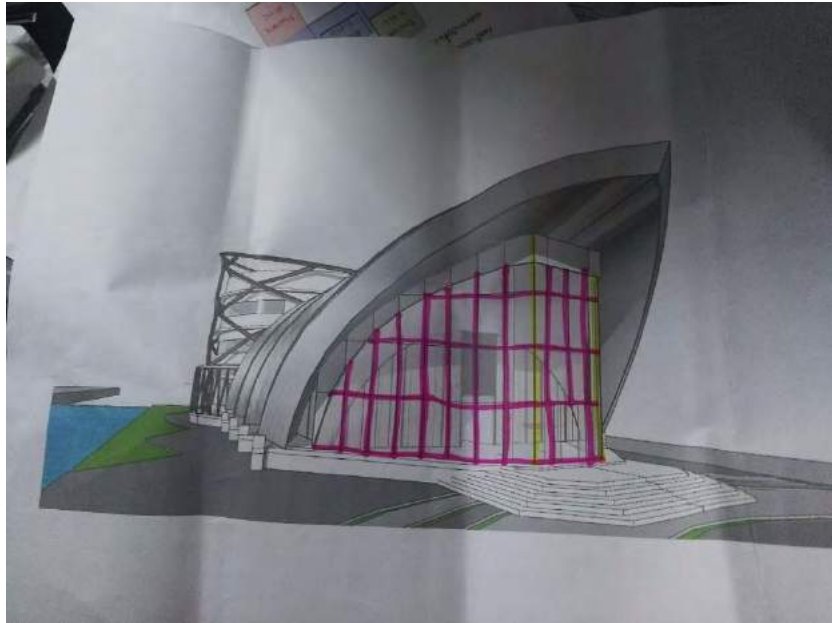
รูปที่ 4.2 แบบโครงสร้างอาคารสถาปัตยกรรม



รูปที่ 4.3 แบบหลังคาสถาปัตยกรรม

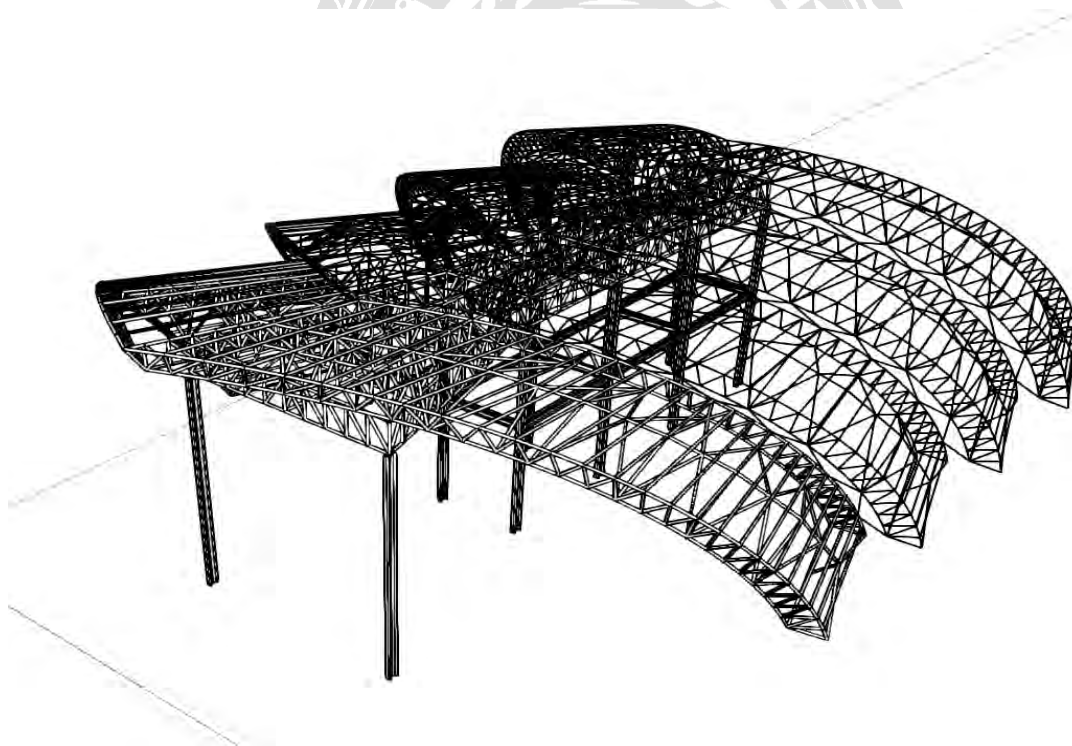


รูปที่ 4.4 รูปด้านสถาปัตยกรรม



รูปที่ 4.5 Conceptual Drawing Definition

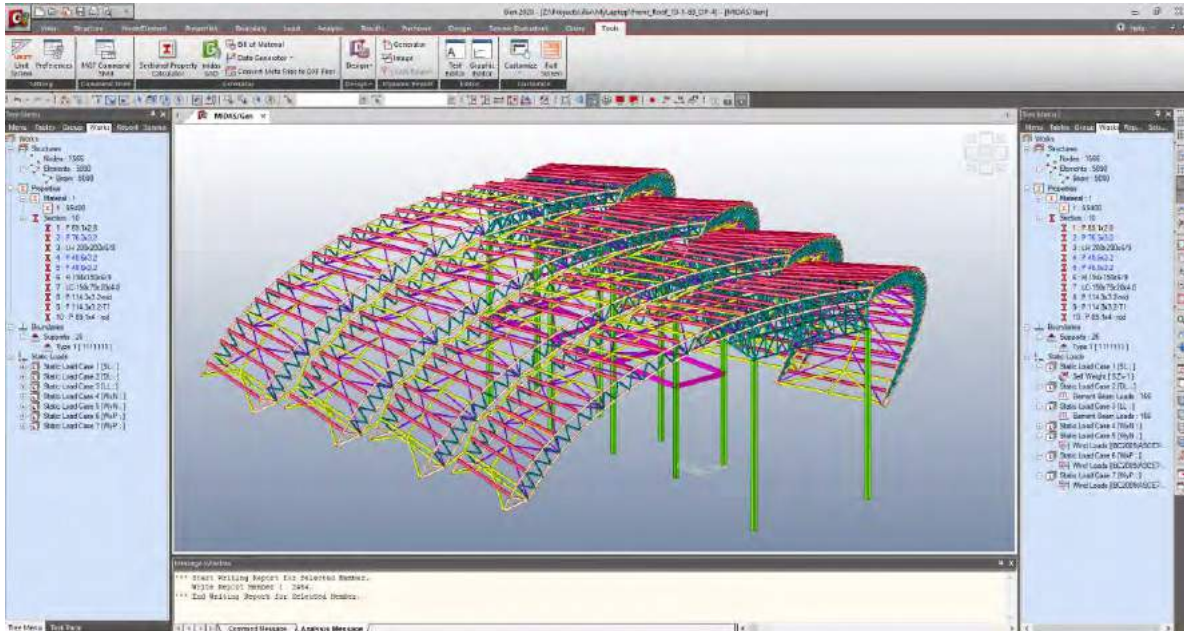
4.1.2 จัดทำแบบจำลอง 3D เพื่อประกอบการนำเสนอ ให้เห็นโครงสร้างจริง



รูปที่ 4.6 แบบโครงสร้างเหล็กหลังคา 3D

1.1.3 นำข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติ วิเคราะห์และคำนวณโครงสร้างหลังคา

- จัดการข้อมูลเรื่ององวัสดุที่ใช้ประกอบ ขนาดและน้ำหนักของโครงสร้าง
- สร้างโมเดล 3D จากแบบ Shop Drawing เพื่อนำมาใช้งานวิเคราะห์โครงสร้าง



รูปที่ 4.7 การขึ้นโมเดลเพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบ

Strength Reduction Factors

Design Code : AISC(14th)-LRFD10 Update By Code

Strength Reduction Factors

For Tension Members

- For Yielding in the Gross Section (ϕ_{t1}) : 0.9
- For Fracture in the Net Section (ϕ_{t2}) : 0.75

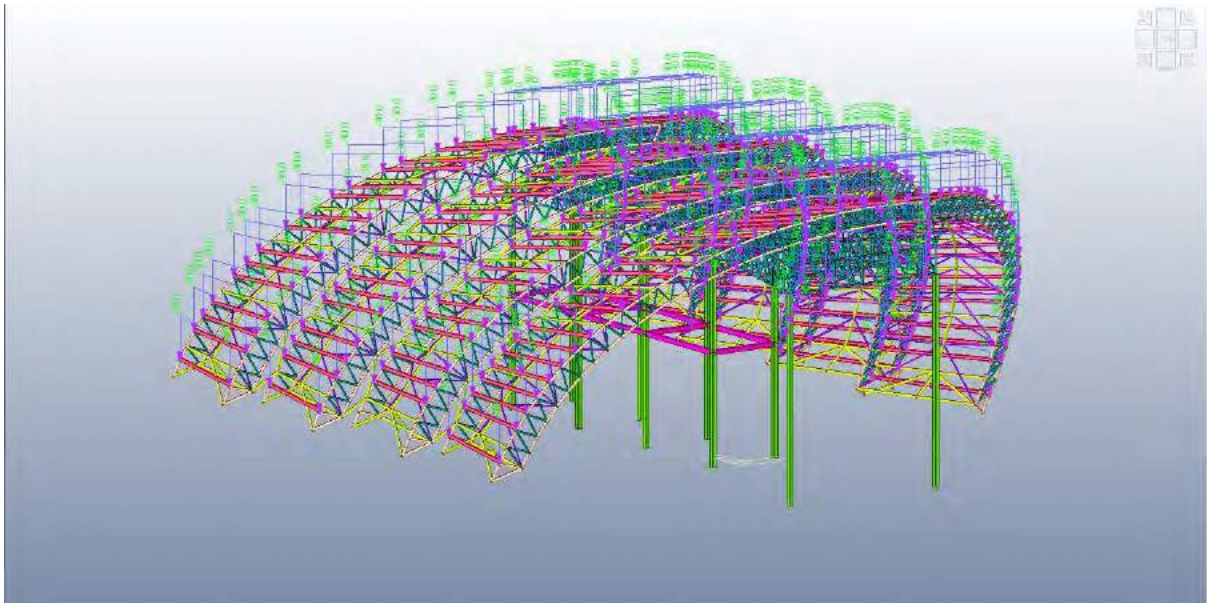
For Compression Members (ϕ_c) : 0.9

For Flexural Members (ϕ_b) : 0.9

For Shear (ϕ_v) : 0.9

OK Close

รูปที่ 4.8 โดยใช้ Design Code: AISC(14th)-LRFD10



รูปที่ 4.9 การใส่ Load ต่างๆ

General | Steel Design | Concrete Design | SRC Design | Cold Formed Steel Design | Footing Design | Aluminum Design

Load Combination List

No	Name	Active	Type	Description
1	gl.CB1	Active	Add	1.4D
2	gl.CB2	Active	Add	1.2(D) + 1.6(L)
3	gl.CB3	Active	Add	1.2D + 1.0WxN + 1.0L
4	gl.CB4	Active	Add	1.2D + 1.0WyN + 1.0L
5	gl.CB5	Active	Add	1.2D + 1.0WxP + 1.0L
6	gl.CB6	Active	Add	1.2D + 1.0WyP + 1.0L
7	gl.CB7	Active	Add	1.2D - 1.0WxN + 1.0L
8	gl.CB8	Active	Add	1.2D - 1.0WyN + 1.0L
9	gl.CB9	Active	Add	1.2D - 1.0WxP + 1.0L
10	gl.CB10	Active	Add	1.2D - 1.0WyP + 1.0L
11	gl.CB11	Active	Add	0.9D + 1.0WxN
12	gl.CB12	Active	Add	0.9D + 1.0WyN
13	gl.CB13	Active	Add	0.9D + 1.0WxP
14	gl.CB14	Active	Add	0.9D + 1.0WyP
15	gl.CB15	Active	Add	0.9D - 1.0WxN
16	gl.CB16	Active	Add	0.9D - 1.0WyN
17	gl.CB17	Active	Add	0.9D - 1.0WxP
18	gl.CB18	Active	Add	0.9D - 1.0WyP
19	gl.CB19	Active	Add	(D)
20	gl.CB20	Active	Add	(D) + L
21	gl.CB21	Active	Add	(D) + 0.6WxN
22	gl.CB22	Active	Add	(D) + 0.6WyN
23	gl.CB23	Active	Add	(D) + 0.6WxP
24	gl.CB24	Active	Add	(D) + 0.6WyP
25	gl.CB25	Active	Add	(D) - 0.6WxN
26	gl.CB26	Active	Add	(D) - 0.6WyN
27	gl.CB27	Active	Add	(D) - 0.6WxP
28	gl.CB28	Active	Add	(D) - 0.6WyP
29	gl.CB29	Active	Add	(D) + 0.75(0.6WxN + 0.6WyN)
30	gl.CB30	Active	Add	(D) + 0.75(0.6WxN + 0.6WyN)

Load Cases and Factors

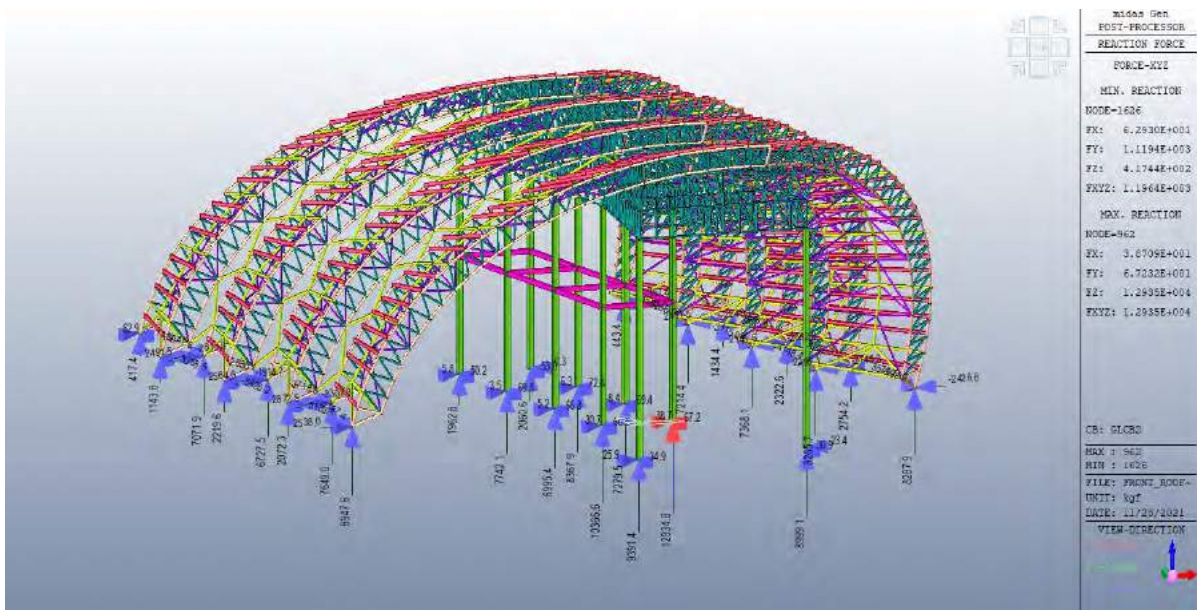
LoadCase	Factor
SI(ST)	1.2000
DL(ST)	1.2000
LL(ST)	1.6000
*	

Copy Import... Auto Generation... Spread Sheet Form Copy into Steel Design

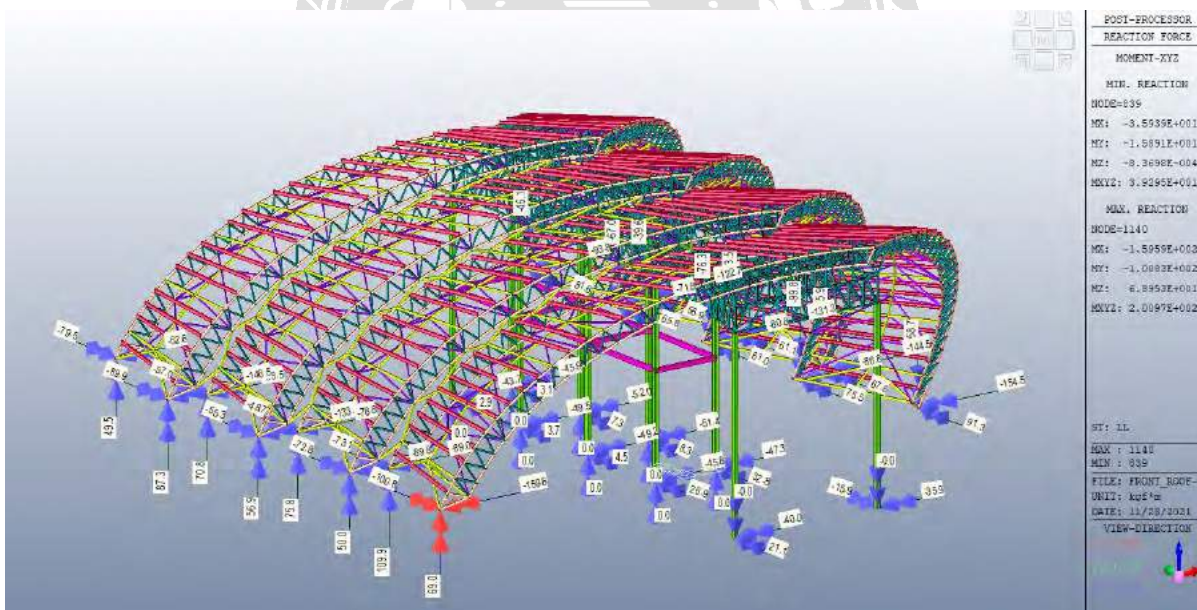
File Name: Z:\Projects\In\MyLaptop\Front_Roof_19-14-3_OP=4.lcp

Browse Make Load Combination Sheet Close

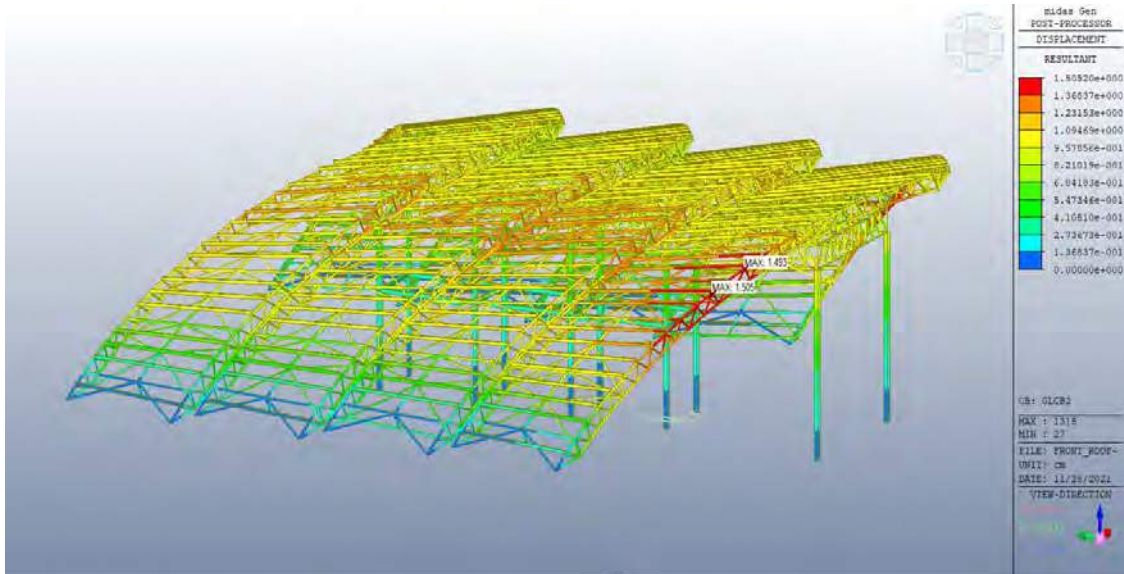
รูปที่ 4.10 Load Combination List



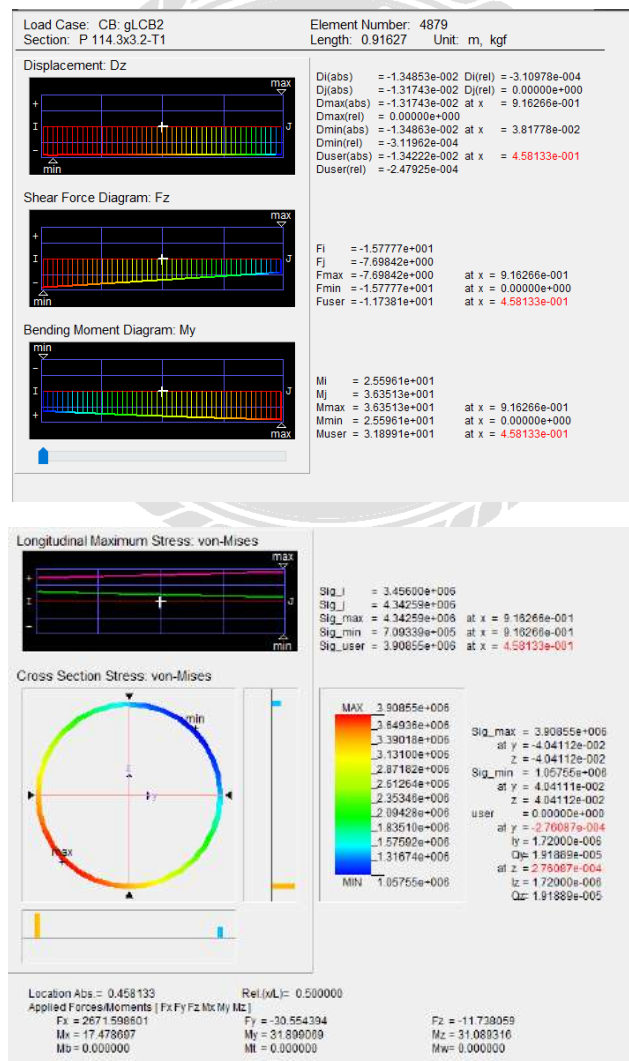
รูปที่ 4.11 การวิเคราะห์หา Reaction บริเวณ Support



รูปที่ 4.12 การวิเคราะห์หา Bending Moment บริเวณ Support



รูปที่ 4.13 การวิเคราะห์การเสียรูป (Displacement Contour) Max 1.5 cm.



รูปที่ 4.14 การวิเคราะห์ แรงกระทำต่างๆ ใน ตัวอย่าง Elements

AISC(14th)-LRFD10 Code Checking Result Dialog

Code : AISC(14th)-LRFD10 Unit : kgf , m Primary Sorting Option

Sorted by Member Property Change... Update... SECT MEMB

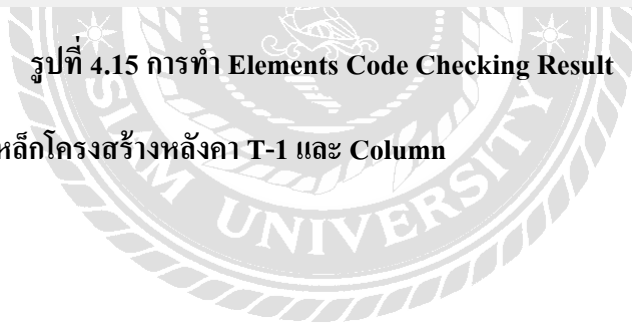
CHK	MEMB COM	SECT SHR	SEL	Section		LCB	Len		Cb	Ky			Pr	Mry	Mrz	Vry	Vrz	Tr	Def
				Material	Fy		Lb	Lz		Kz	B1z	B2z							
OK	5	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		2	0.73724	0.73724	1.000	1.000	1.001	1.000	-342.02	205.536	-10.717	27.9209	397.925	14.8377	-
	0.413	0.071		SS400	2.4E+07		0.73724	0.73724		1.000	1.001	1.000	18129.6	510.259	510.259	5596.13	5596.13	449.372	-
OK	12	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	1.33752	1.33752	1.000	1.000	1.000	1.000	-66.962	-151.40	295.278	413.997	-165.36	24.2666	-
	0.390	0.057		SS400	2.4E+07		1.33752	1.33752		1.000	1.000	1.000	22810.1	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-
OK	14	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	3.28607	3.28607	1.000	1.000	1.000	1.000	475.564	55.7507	-197.13	-97.789	71.4216	11.3446	-
	0.250	0.014		SS400	2.4E+07		3.28607	3.28607		1.000	1.000	1.000	24127.2	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-
OK	15	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	3.28607	3.28607	1.000	1.000	1.000	1.000	29.7626	-46.565	150.536	-66.439	50.6754	5.14504	-
	0.185	0.009		SS400	2.4E+07		3.28607	3.28607		1.000	1.000	1.000	24127.2	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-
OK	17	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	3.31732	3.31732	1.000	1.000	1.112	1.000	-3282.5	3.95011	66.0257	-30.385	-27.131	4.70237	-
	0.174	0.004		SS400	2.4E+07		3.31732	3.31732		1.000	1.112	1.000	17081.8	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-
OK	22	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		2	0.00183	0.00183	1.000	1.000	1.000	1.000	1014.36	-6.9973	12.1800	1796.88	-702.32	13.4928	-
	0.055	0.321		SS400	2.4E+07		0.00183	0.00183		1.000	1.000	1.000	18653.8	510.259	510.259	5596.13	5596.13	449.372	-
OK	24	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	4.44102	4.44102	1.000	1.000	1.000	1.000	1928.13	-17.866	3.87392	1.95527	-22.349	10.6357	-
	0.061	0.004		SS400	2.4E+07		4.44102	4.44102		1.000	1.000	1.000	24127.2	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-
OK	25	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		1	0.00517	0.00517	1.000	1.000	1.000	1.000	0.04310	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	0.000	0.000		SS400	2.4E+07		0.00517	0.00517		1.000	1.000	1.000	18653.8	510.259	510.259	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002
OK	27	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		1	0.00392	0.00392	1.000	1.000	1.000	1.000	0.03272	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
	0.000	0.000		SS400	2.4E+07		0.00392	0.00392		1.000	1.000	1.000	18653.8	510.259	510.259	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
OK	28	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		2	0.82576	0.82576	1.000	1.000	1.022	1.000	-5228.9	39.3431	-74.803	-154.43	64.7963	7.29055	-
	0.438	0.028		SS400	2.4E+07		0.82576	0.82576		1.000	1.022	1.000	17998.5	510.259	510.259	5596.13	5596.13	449.372	-
OK	29	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	2.81469	2.81469	1.000	1.000	1.077	1.000	-3239.5	-27.302	-88.409	-45.714	-24.146	9.50024	-
	0.195	0.006		SS400	2.4E+07		2.81469	2.81469		1.000	1.077	1.000	18816.4	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-
OK	36	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		2	0.71937	0.71937	1.000	1.000	1.002	1.000	-765.74	3.48705	0.88723	-1.6965	4.17066	1.10697	-
	0.028	0.001		SS400	2.4E+07		0.71937	0.71937		1.000	1.002	1.000	18154.3	510.259	510.259	5596.13	5596.13	449.372	-
OK	37	1	<input type="checkbox"/>	P 89.1x3.2		2	0.26430	0.26430	1.000	1.000	1.001	1.000	-2395.1	-78.486	-17.411	60.0401	396.213	14.6035	-
	0.222	0.071		SS400	2.4E+07		0.26430	0.26430		1.000	1.001	1.000	18585.5	510.259	510.259	5596.13	5596.13	449.372	-
OK	40	8	<input type="checkbox"/>	P 114.3x3.2-mid, P 114.3x		2	3.31732	3.31732	1.000	1.000	1.000	1.000	1143.29	6.87941	-210.17	-108.40	29.2169	15.4433	-
	0.270	0.015		SS400	2.4E+07		3.31732	3.31732		1.000	1.000	1.000	24127.2	853.399	853.399	7238.16	7238.16	750.819	-

Connect Model View View Result Ratio... Result View Option All OK NG

Select All Unselect All Re-calculation << Graphic... Detail... Summary... Close Summary by LCB... Copy Table

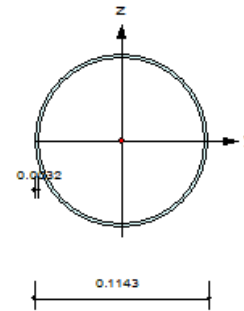
รูปที่ 4.15 การทำ Elements Code Checking Result

ตัวอย่างรายการคำนวณเหล็กโครงสร้างหลังคา T-1 และ Column



1. Design Information

Design Code AISC(14th)-LRFD10
 Unit System kgf, m
 Member No 6122
 Material SS400 (No:1)
 (Fy = 24000000, Es = 210000000000)
 Section Name P 114.3x3.2-mid (No:8)
 (Rolled : P 114.3x3.2).
 Member Length : 1.32428



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 6238.32 (LCB: 2, POS:I)
 Bending Moments My = -316.74, Mz = -323.36
 End Moments Myi = -316.74, Myj = 330.809 (for Lb)
 Myi = -316.74, Myj = 330.809 (for Ly)
 Mzi = -323.36, Mzj = 305.566 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -474.92 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = -494.46 (LCB: 2, POS:I)

Outer Dia.	0.11430	Well Thick.	0.00320
Area	0.00112	Asz	0.00050
Cyb	0.00309	Czb	0.00309
Iyy	0.00000	Izz	0.00000
Ybar	0.05715	Zbar	0.05715
Syy	0.00003	Szz	0.00003
ry	0.03930	rz	0.03930

3. Design Parameters

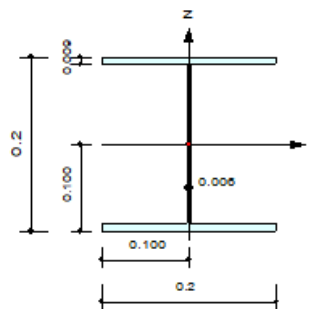
Unbraced Lengths Ly = 1.32428, Lz = 1.32428, Lb = 1.32428
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 104.0 < 200.0$ (Memb:5603, LCB: 17)..... O.K
 Axial Strength
 $P/Pc = 6238.3/24127.2 = 0.259 < 1.000$ O.K
 Bending Strength
 $M_y/M_{cy} = 316.737/853.399 = 0.371 < 1.000$ O.K
 $M_z/M_{cz} = 323.359/853.399 = 0.379 < 1.000$ O.K
 Combined Strength (Tension+Bending)
 $P/Pc = 0.26 > 0.20$
 $R_{max} = P/Pc + 8/9 * \sqrt{[(M_y/M_{cy})^2 + (M_z/M_{cz})^2]} = 0.730 < 1.000$ O.K
 Shear Strength
 $V_y/V_{cy} = 0.066 < 1.000$ O.K
 $V_z/V_{cz} = 0.068 < 1.000$ O.K

1. Design Information

Design Code AISC(14th)-LRFD10
 Unit System kgf, m
 Member No 2454
 Material SS400 (No:1)
 (Fy = 24000000, Es = 210000000000)
 Section Name LH 200x200x6/9 (No:3)
 (Rolled : LH 200x200x6/9).
 Member Length : 5.00000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -12935 (LCB: 2, POS:I)
 Bending Moments My = -114.02, Mz = 185.330
 End Moments Myi = -114.02, Myj = 79.5233 (for Lb)
 Myi = -114.02, Myj = 79.5233 (for Ly)
 Mzi = 185.330, Mzj = -150.83 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 67.2324 (LCB: 2, POS:1/2)
 Fzz = -38.709 (LCB: 2, POS:1/2)

Depth	0.20000	Web Thick	0.00600
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.00900
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.00900
Area	0.00459	Asz	0.00120
Cyb	0.03279	Czb	0.00500
Iy	0.00004	Izz	0.00001
Ybar	0.10000	Zbar	0.10000
Syy	0.00036	Szz	0.00012
ry	0.08740	rz	0.05000

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 5.00000, Lz = 5.00000, Lb = 5.00000
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Moment Factor / Bending Coefficient
 Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, Cb = 1.00

4. Checking Results

Slenderness Ratio
 $KL/r = 98.8 < 200.0$ (LCB: 17)..... O.K

Axial Strength
 $P_r/P_c = 12934.8/63137.5 = 0.205 < 1.000$ O.K

Bending Strength
 $M_r/M_cy = 114.02/7354.64 = 0.016 < 1.000$ O.K
 $M_r/M_cz = 185.33/3923.38 = 0.047 < 1.000$ O.K

Combined Strength (Compression+Bending)
 $P_r/P_c = 0.20 > 0.20$
 $R_{max} = P_r/P_c + 8/9 * [M_r/M_cy + M_r/M_cz] = 0.261 < 1.000$ O.K

Shear Strength
 $V_r/V_{cy} = 0.001 < 1.000$ O.K
 $V_r/V_{cz} = 0.002 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 0.0167 > 0.0027$ (Memb:2454, LCB: 20, Dir-Y)..... O.K

MIDAS (Modeling, Integrated Design & Analysis Software) midas Gen - Design & checking system for windows	
Steel Member Applicable Code Checking Based On Eurocode3:05, Eurocode3, AISC (15th)-LRFD16, AISC (15th)-ASD16, AISC (14th)-LRFD10, AISC (14th)-ASD10, AISC (13th)-LRFD05, AISC (13th)-ASD05, AISC-LRFD2K, AISC-LRFD93, AISC-ASD89, CSA-S16-01, BS5950-90	
(c) SINCE 1989	
MIDAS Information Technology Co., Ltd. MIDAS IT Design Development Team	(MIDAS IT)
HomePage : www.MidasUser.com	
Gen 2020	

*. DEFINITION OF LOAD COMBINATIONS WITH SCALING UP FACTORS.

LCB	C	Loadcase Name (Factor) + Loadcase Name (Factor) + Loadcase Name (Factor)
1	1	SL (1.400) + DL (1.400)
2	1	SL (1.200) + DL (1.200) + LL (1.600)
3	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WxN (1.000)
	+	LL (1.000)
4	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WyN (1.000)
	+	LL (1.000)
5	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WxP (1.000)
	+	LL (1.000)
6	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WyP (1.000)
	+	LL (1.000)
7	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WxN (-1.000)
	+	LL (1.000)
8	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WyN (-1.000)
	+	LL (1.000)
9	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WxP (-1.000)
	+	LL (1.000)
10	1	SL (1.200) + DL (1.200) + WyP (-1.000)
	+	LL (1.000)
11	1	SL (0.900) + DL (0.900) + WxN (1.000)
12	1	SL (0.900) + DL (0.900) + WyN (1.000)
13	1	SL (0.900) + DL (0.900) + WxP (1.000)
14	1	SL (0.900) + DL (0.900) + WyP (1.000)
15	1	SL (0.900) + DL (0.900) + WxN (-1.000)
16	1	SL (0.900) + DL (0.900) + WyN (-1.000)

```

* PROJECT      :
* MEMBER NO   = 2454, ELEMENT TYPE = Beam
* LOADCOMB NO = 2, MATERIAL NO   = 1, SECTION NO = 3
* UNIT SYSTEM : kgf, m

* SECTION PROPERTIES : Designation = LH 200x200x6/9
Shape      = I - Section. (Built-up)
Depth     = 0.200, Top F Width = 0.200, Bot.F Width = 0.200
Web Thick = 0.006, Top F Thick = 0.009, Bot.F Thick = 0.009

Area = 4.69200e-003, Asy = 2.40000e-003, Asz = 1.20000e-003
Ybar = 1.00000e-001, Zbar = 1.00000e-001, Qyb = 3.27905e-002, Qzb = 5.00000e-003
Syy = 3.59000e-004, Szz = 1.20000e-004, Zyy = 3.93486e-004, Zzz = 1.81638e-004
Iyy = 3.59000e-005, Izz = 1.20000e-005, Iyz = 0.00000e+000
ry  = 8.74000e-002, rz  = 5.06000e-002
J   = 1.10952e-007, Cwp = 1.09443e-007

* DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :
Ly = 5.00000e+000, Lz = 5.00000e+000, Lu = 5.00000e+000
Ky = 1.00000e+000, Kz = 1.00000e+000

* MATERIAL PROPERTIES :
Fy = 2.40000e+007, Es = 2.10000e+010, MATERIAL NAME = SS400

```

```

[[[*]]] COMPUTE MOMENT MAGNIFICATION FACTORS AND MAGNIFIED MOMENTS.

```

(). Factored force/moments caused by unit load case.

*. Load combination ID = 2

Load Case	Pa	Myi	Myj	Mzi	Mzj
DL	-8103.58	-61.48	40.28	109.70	-94.19
LL	-4831.26	-52.54	39.24	75.63	-56.65
DL+LL	-12934.84	-114.02	79.52	185.33	-150.83
OTHER CASES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	-12934.84	-114.02	79.52	185.33	-150.83

*. Member end moments caused by gravity load(DL+LL).

My1G = 79.52, My2G = 114.02
Mz1G = 150.83, Mz2G = 185.33

(). Compute coefficient assuming no lateral translation of the frame (Cmy, Cnz)

[AISC(14th) Specification C2.1.1b. (C2-4)]

-. Cmy = 0.850 (User defined or default value)

-. Cnz = 0.850 (User defined or default value)

- (). Compute moment magnification factors(B_{1y}, B_{1z}).
- Pu = Pu(DL+LL) + Pu(WL(EL)) = 12934.84 kgf.
 - About major(Local-y) axis.
 - SLEny = Ky*Ly/ry = 57.21
 - Lambda = (SLEny/pi)*SQRT(Fy/Es) = 0.6156
 - Pey = (Area*Fy)/Lambda^2 = 297139.17 kgf.
 - B1y = Cmy / (1-Pu/Pey) = 0.89
 - B1y < 1.0 → B1y = 1.00
 - About minor(Local-z) axis.
 - SLEnz = Kz*Lz/rz = 98.81
 - Lambda = (SLEnz/pi)*SQRT(Fy/Es) = 1.0633
 - Pez = (Area*Fy)/Lambda^2 = 99595.12 kgf.
 - B1z = Cmz / (1-Pu/Pez) = 0.98
 - B1z < 1.0 → B1z = 1.00
- (). Magnification factors for sidesway moments(B_{2y}, B_{2z}).
- B2y = 1.00 (Default value)
 - B2z = 1.00 (Default value)
- (). Given factored axial forces and moments at <I>.

Load Case	Pa	My	Mz
DL	-8103.58	-61.48	109.70
LL	-4831.26	-52.54	75.63
DL+LL	-12934.84	-114.02	185.33
OTHER CASES	0.00	0.00	0.00
TOTAL	-12934.84	-114.02	185.33

- (). Compute magnified moments.
- M_{uy} = B_{1y}*M_y(DL+LL) + B_{2y}*M_y(OTHERS) = -114.02 kgf-m.
 - M_{uz} = B_{1z}*M_z(DL+LL) + B_{2z}*M_z(OTHERS) = 185.33 kgf-m.

[[[*]]] CHECK AXIAL STRENGTH.

- (). Check slenderness ratio of axial compression member (KL/r).
- [AISC(14th) Specification E2.]
- KL/r = 98.8 < 200.0 → O.K.



- (). Check width-thickness ratio of flange (BTR).
 [AISC(14th) Specification B4. <Table B4.1a>]
 -. $kc = 4/\text{SQRT}[h/tw] = 0.726$ (for Built-up)
 -. $\text{Lambda}_r = 0.64 * \text{SQRT}[kcEs/Fy] = 16.13$
 -. $\text{BTR} = bf/2tf = 11.11 < \text{Lambda}_r \rightarrow \text{NON-SLENDER SECTION !}$
- (). Check depth-thickness ratio of web (DTR).
 [AISC(14th) Specification B4. <Table B4.1a>]
 -. $\text{Lambda}_r = 1.49 * \text{SQRT}[Es/Fy] = 44.07$
 -. $D_{web} = H - tf1 - tf2 = 0.18 \text{ m.}$
 -. $\text{DTR} = D_{web}/tw = 30.33 < \text{Lambda}_r \rightarrow \text{NON-SLENDER SECTION !}$
- (). Calculate Flexural Buckling Stress (Fcr1).
 [AISC(14th) Specification E3]

$$Fe = \frac{\pi^2 * E}{(KL/r)^2} = 2.1227e+007 \text{ kgf/m}^2.$$
 -. $KL/r = 98.814 < 4.71 * \text{SQRT}[Es/Fy] = 139.324$
 -. $F_{cr1} = (0.658)^{(Fy/Fe)} * Fy = 1.4952e+007 \text{ kgf/m}^2.$
- (). Torsional and flexural-torsional buckling stress (Fcr2)
 [AISC(14th) Specification E4. (b) (E4-4)]
 -. Doubly symmetric shape
 -. $G_s = 7.8744e+009 \text{ kgf/m}^2.$
 -. $K_x = 1.00$ (Conservatively taken value).
 -. $L = 5.000 \text{ m.}$
 -. $Fe = [\pi^2 * E * C_{wp} / (K_x * L)^2 + G_s * J] / (I_{yy} + I_{zz}) = 3.7182e+007 \text{ kgf/m}^2.$
 -. $KL/r = 98.814 < 4.71 * \text{SQRT}[E / (Q * Fy)] = 139.324$
 -. $F_{cr2} = Q * (0.658)^{(Q * Fy / Fe)} * Fy = 1.8318e+007 \text{ kgf/m}^2.$
- (). Calculate axial compressive strength (phiPn).
 [AISC(14th) Specification E1.]
 -. $F_{cr} = 1.4952e+007 \text{ kgf/m}^2.$
 -. Resistance factor for compression : $\phi = 0.90$
 -. $\phi P_n = \phi * \text{Area} * F_{cr} = 63137.51 \text{ kgf.}$
- (). Check ratio of axial strength (Pu/phiPn).

$$\frac{Pu}{\phi P_n} = \frac{12934.84}{63137.51} = 0.205 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

[[[*]]] CHECK FLEXURAL STRENGTH ABOUT MAJOR AXIS.

- (). Elastic section modulus refered to tension and compression flanges.
 -. $S_{yc} = 0.0004 \text{ m}^3.$
 -. $S_{yt} = 0.0004 \text{ m}^3.$
 [AISC(14th) Specification F4.2 (F4-6)]
 -. $FL = 0.7Fy = 1.6800e+007 \text{ kgf/m}^2. (S_{yt}/S_{yc} > 0.7)$

- (). Calculate limiting width-thickness ratio of flange for flexure.
 [AISC(14th) Specification B4, <Table B4.1b>]
 -. $\Lambda_{p} = 0.38 \cdot \sqrt{E_s/F_y} = 11.24$
 -. $k_c = 0.726$
 -. $FL = 1.6800e+007 \text{ kgf/m}^2$
 -. $\Lambda_{r} = 0.95 \cdot \sqrt{k_c \cdot E_s/FL} = 28.62$
- (). Calculate limiting width-thickness ratio of web for flexure.
 [AISC(14th) Specification B4, <Table B4.1b>]
 -. $\Lambda_{p} = 3.76 \cdot \sqrt{E_s/F_y} = 111.22$
 -. $\Lambda_{r} = 5.70 \cdot \sqrt{E_s/F_y} = 168.61$
- (). Check width-thickness ratio of flange (BTR).
 [AISC(14th) Specification B4, <Table B4.1b>]
 -. $BTR = 11.11 < \Lambda_{p} = 11.24 \rightarrow \text{COMPACT}$.
- (). Check width-thickness ratio of web (DTR).
 [AISC(14th) Specification B4, <Table B4.1b>]
 -. $DTR = 30.33 < \Lambda_{p} = 111.22 \rightarrow \text{COMPACT}$.
- (). Calculate lateral-torsional buckling modification factor (Cb).
 [AISC(14th) Specification F1. (2) (F1-1)]
 -. $C_b = 1.000$ (User defined or default value)

[*] Check Yielding (Y).

- (). Calculate nominal flexural strength for Yielding (Y).
 [AISC(14th) Specification F2.1 (F2-1)]
 -. $M_n = M_p = F_y \cdot Z_{yy} = 9443.66 \text{ kgf-m}$.

[*] Check Lateral-Torsional Buckling (LTB).

- (). Compute limiting laterally unbraced length for the limit state of yielding (Lp).
 [AISC(14th) Specification F2.2 (F2-5)]
 -. $L_p = 1.76 \cdot r_z \cdot \sqrt{E_s/F_y} = 2.63 \text{ m}$.
- (). Compute laterally unbraced length for the limit state of inelastic lateral-torsional buckling (Lr).
 [AISC(14th) Specification F2.2 (F2-6)]
 -. $r_{ts} = \sqrt{\frac{\sqrt{R_{zz} \cdot C_w}}{S_{yy}}} = 0.06 \text{ m}$
 -. $c = 1.00$ (for a doubly symmetry H-Shape)

$$\begin{aligned}
\rightarrow h_0 &= H - 0.5 \cdot (t_{f1} + t_{f2}) = 0.19 \text{ m. (distance between the flange centroid)} \\
\rightarrow X_1 &= \frac{E_s}{0.7 F_y} = 50.28 \\
\rightarrow X_2 &= \frac{J \cdot c}{S_{yy} \cdot h_0} = 2.65 \\
\rightarrow L_r &= 1.95 \cdot r_{ts} \cdot X_1 \cdot \sqrt{X_2 + \sqrt{X_2^2 + 6.76 \cdot (1/X_1)^2}} = 8.98 \text{ m.}
\end{aligned}$$

- (). Calculate nominal flexural strength for Lateral-torsional buckling (LTB).
 [AISC(14th) Specification F2.2 (F2-2)]

$$\rightarrow L_p < L_b < L_r.$$

$$\rightarrow M_n = C_b \cdot \left[M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_{yy}) \cdot \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] = 8171.82 \text{ kgf-m.}$$

$$\rightarrow M_{n2} = \text{MIN} [M_n, M_p] = 8171.82 \text{ kgf-m.}$$

- (). Compute flexural strength about major axis (ϕM_n).

$$\begin{aligned}
\rightarrow M_{ny} &= 8171.82 \text{ kgf-m.} \\
\rightarrow \text{Resistance factor for flexure} &: \phi = 0.90 \\
\rightarrow \phi M_{ny} &= \phi \cdot M_{ny} = 7354.64 \text{ kgf-m.}
\end{aligned}$$

- (). Check ratio of flexural strength ($M_u / \phi M_{ny}$).

$$\rightarrow \frac{M_u}{\phi M_{ny}} = \frac{114.02}{7354.64} = 0.016 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

[[[*]]] CHECK FLEXURAL STRENGTH ABOUT MINOR AXIS.

- (). Elastic section modulus referred to tension and compression flanges.

$$\begin{aligned}
\rightarrow S_{yc} &= 0.0004 \text{ m}^3. \\
\rightarrow S_{yt} &= 0.0004 \text{ m}^3. \\
\text{[AISC(14th) Specification F4.2 (F4-6)]} \\
\rightarrow FL = 0.7 F_y &= 1.6800 \text{e}+007 \text{ kgf/m}^2. (S_{yt}/S_{yc} > 0.7)
\end{aligned}$$

- (). Calculate limiting width-thickness ratio of flange for flexure.

$$\begin{aligned}
\text{[AISC(14th) Specification B4. <Table B4.1b>]} \\
\rightarrow \lambda_{p} &= 0.38 \cdot \sqrt{E_s / F_y} = 11.24 \\
\rightarrow k_c &= 0.726 \\
\rightarrow FL &= 1.6800 \text{e}+007 \text{ kgf/m}^2. \\
\rightarrow \lambda_{r} &= 0.95 \cdot \sqrt{k_c \cdot E_s / FL} = 28.62
\end{aligned}$$

- (). Check width-thickness ratio of flange (BTR).

$$\begin{aligned}
\text{[AISC(14th) Specification B4. <Table B4.1b>]} \\
\rightarrow \text{BTR} &= 11.11 < \lambda_{p} = 11.24 \rightarrow \text{COMPACT.}
\end{aligned}$$

[*] Check Yielding (Y).

- (). Calculate nominal flexural strength for Yielding (Y).
 [AISC(14th) Specification F6.1 (F6-1)]
 -. $M_n1 = M_p = \text{MIN}[F_y * Z_{xx}, 1.6 * F_y * S_{xx}] = 4359.31 \text{ kgf-m.}$

[*] Check Flange Local Buckling (FLB).

- (). Calculate nominal flexural strength for Flange local buckling (FLB).
 -. COMPACT flange \rightarrow the limit state of flange local buckling is not applied.
- (). Compute flexural strength about minor axis (ϕM_nz).
 -. $M_nz = M_n1 = 4359.31 \text{ kgf-m.}$
 -. Resistance factor for flexure : $\phi = 0.90$
 -. $\phi M_nz = \phi * M_nz = 3923.38 \text{ kgf-m.}$
- (). Check ratio of flexural strength ($M_uz / \phi M_nz$).

$$\frac{M_uz}{\phi M_nz} = \frac{185.33}{3923.38} = 0.047 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

[[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED STRENGTH.

- (). Check interaction ratio of combined strength.
 [AISC(14th) Specification H1.1(a)]
 -. $P_r / P_c > 0.20 \rightarrow \text{Formula(H1-1a)}$

$$\text{ComRat} = \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ry}}{M_{cy}} + \frac{M_{rz}}{M_{cz}} \right]$$

$$= 0.205 + (8/9) * [0.016 + 0.047]$$

$$= 0.261 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$$

[[[*]]] CHECK SHEAR STRENGTH.

- (). Calculate the web plate buckling coefficient (k_v).
 [AISC(14th) Specification G2.]
 -. for singly and doubly symmetric shapes loaded in the weak axis.
 -. $k_v = 1.20$
- (). Calculate the web shear coefficient (C_v).
 [AISC(14th) Specification G2.1 (G2-3)]
 -. for webs of all other doubly/singly symmetric shapes and channels.
 -. $h/t_w = 11.111 < 1.10 * \text{SQRT}[k_v * E_s / F_y] = 35.644$
 -. $C_v = 1.00$

- (). Calculate shear strength in local-y direction (ϕV_n).
- Aw = 3.60e-003 m².
 - Vn = 0.6*Fy*Aw*Cv = 51840.0000 kgf.
 - Resistance factor for shear : $\phi = 0.90$
 - $\phi V_n = \phi * V_n = 46656.00$ kgf.
- (). Check ratio of shear strength ($V_u/\phi V_n$).
- (LCB = 2, POS = J)
- Applied shear force : Vuy = 67.23 kgf.
 - $\frac{V_{uy}}{\phi V_n} = \frac{67.23}{46656.00} = 0.001 < 1.000 \rightarrow 0.K.$
- (). Calculate the web plate buckling coefficient (kv).
- [AISC(14th) Specification G2.1(ii)]
- for stiffened webs.
 - kv = 5.00
- (). Calculate the web shear coefficient (Cv).
- [AISC(14th) Specification G2.1 (G2-3)]
- for webs of all other doubly/singly symmetric shapes and channels.
 - $h/t_w = 30.333 < 1.10 * \sqrt{kv * E_s / F_y} = 72.758$
 - Cv = 1.00
- (). Calculate shear strength in local-z direction (ϕV_n).
- Aw = 1.20e-003 m².
 - Vn = 0.6*Fy*Aw*Cv = 17280.0000 kgf.
 - Resistance factor for shear : $\phi = 0.90$
 - $\phi V_n = \phi * V_n = 15552.00$ kgf.
- (). Check ratio of shear strength ($V_u/\phi V_n$).
- (LCB = 2, POS = J)
- Applied shear force : Vuz = 38.71 kgf.
 - $\frac{V_{uz}}{\phi V_n} = \frac{38.71}{15552.00} = 0.002 < 1.000 \rightarrow 0.K.$

[[[*]]] CHECK DEFLECTION.

- (). Compute Maximum Deflection.
- LCB = 20
 - DAF = 1.000 (Deflection Amplification Factor).
 - Def = 0.003 * DAF = 0.003m (Global Y)
 - Def_Lim = 0.017m
 - Def < Def_Lim $\rightarrow 0.K!$

รายการคำนวณแบบทอม่อ

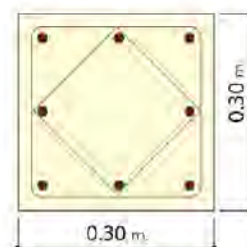
MEMBER NAME : CX-2

1. General Information

- (1) Design Code : ACI318-14
 (2) Unit System : lbf, in

2. Material

- (1) F'_c : 3,414psi (240 kg/cm²)
 (2) F_y : 42,670psi (3,000 kg/cm²)
 (3) F_{ys} : 34,136psi (2,400 kg/cm²)



3. Section

- (1) Section Size : 11.81 x 11.81in (0.30m. x 0.30 m.)
 (2) L_x : 0.984ft (0.30m.)
 (3) L_y : 0.984ft (0.30m.)
 (4) K_x : 1.000
 (5) K_y : 1.000
 (6) Splicing Limit : 50%
 (7) Frame Type : Braced Frame

4. Forces

- (1) P_{ux} : -22.05kip (-10,000 kg.)
 (2) M_{ux} : 278kip-in (3,200 kg-m.)
 (3) M_{uy} : 278kip-in (3,200 kg-m.)
 (4) V_{ux} : 6.614kip (3,000 kg.)
 (5) V_{uy} : 6.614kip (3,000 kg.)
 (6) P_{uy} : -22.05kip (-10,000 kg.)
 (7) P_{yx} : -22.05kip (-10,000 kg.)

5. Factors

- (1) C_{mf} : 0.600
 (2) C_{mv} : 0.550
 (3) β_{dns} : 0.600

6. Rebar

- (1) Main Bar
 • Layer-1 : 8 - 4 - P16 ($C_c = 1.476$ in, $A_c = 2.493$ in²) (16.08 cm²)
 •)
 • Layer-2 : -
 • Layer-3 : -
 • Layer-4 : -
 • $A_{s,total}$: 2.493in² (16.08 cm²)
 (2) Hoop Bar
 • End : P9@3.937 (P9@0.10m.)
 • Middle : P9@3.937 (P9@0.10m.)
 (3) Tie Bar
 • Apply Tie Bar to Shear Check : Yes
 • Tie Bar : P9 ($F_y = 58,015$ psi)

7. Check Slenderness Ratio

- Column under tension force: Skipped

8. Check Magnified Moment

(1) Calculate moment magnification factor

- $\delta_{nsy} = 1.000$
- $\delta_{nsy} = 1.000$

9. Check Minimum Moment

- Column under tension force, Skipped.

10. Check Design Moment

- Column under tension force, Skipped.

11. Check Design Parameter

(1) Calculate rebar ratio

- $A_g = 140\text{in}^2$, $A_{st} = 2.493\text{in}^2$
- $\rho_{min} = 0.0100$, $\rho_{max} = 0.0800$, $\rho = 0.0179$
- $\rho_{min} < \rho < \rho_{max} \rightarrow \text{O.K}$

(2) Calculate eccentricity

- Column under tension force, Skipped.

(3) Calculate concentric axial load capacity

- $P_0 = 0.85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} = 504\text{kip}$
- $P_{0,max} = 0.80P_0 = 403\text{kip}$
- $P_t = f_y A_{st} = -106\text{kip}$

12. Check Moment Capacity (Balanced axis)

(1) Calculate capacity of compression stress block

- $\beta_1 = 0.850$
- $c = 9.618\text{in}$, $a = \beta_1 \cdot c = 8.175\text{in}$
- $A_{com} = 69.52\text{in}^2$
- $c_{cy} = 1.320\text{in}$, $c_{cy} = 2.522\text{in}$
- $C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot A_{com} = 202\text{kip}$
- $M_{ix} = C_c \cdot c_{cy} = 509\text{kip}\cdot\text{in}$
- $M_{iy} = C_c \cdot c_{cy} = 266\text{kip}\cdot\text{in}$

(2) Calculate capacity of rebar

i	d_s (in)	ϵ_s	f_s (psi)	A_s (in^2)	F_s (kip)	d_y (in)	M_{ix} (kip)	d_x (in)	M_{iy} (kip)
1	14.33	-0.001471	-42,670	0.312	-13.30	-4.429	58.90	-4.429	58.90
2	11.88	-0.000706	-20,461	0.312	-6.377	-1.476	9.414	-4.429	28.24
3	9.424	0.000060	1,748	0.312	0.545	1.476	0.804	-4.429	-2.413
4	6.969	0.000826	23,957	0.312	7.466	4.429	33.07	-4.429	-33.07
5	2.048	0.002361	42,670	0.312	13.30	4.429	58.90	4.429	58.90
6	4.503	0.001595	42,670	0.312	13.30	1.476	19.63	4.429	58.90
7	6.958	0.000830	24,058	0.312	7.497	-1.476	-11.07	4.429	33.21
8	9.413	0.000064	1,849	0.312	0.576	-4.429	-2.552	4.429	2.552

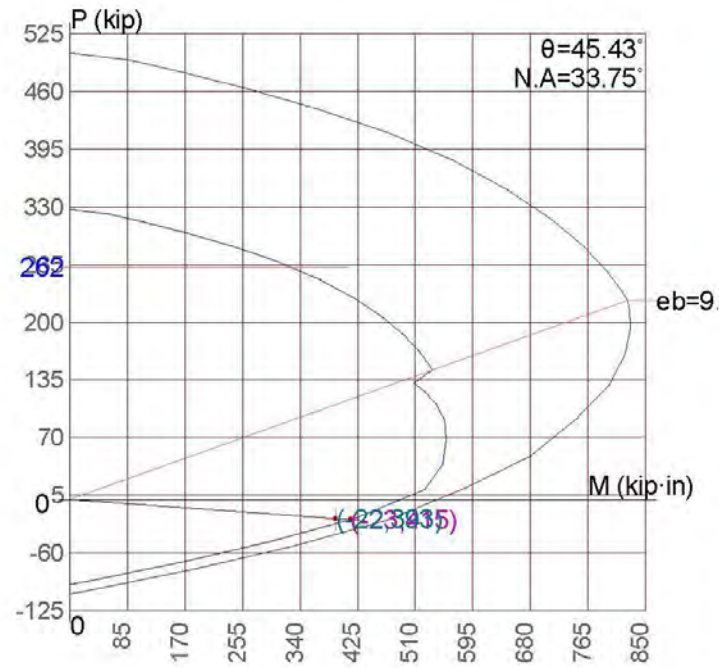
- $\Sigma F_x = 23.01 \text{ kip}$
- $\Sigma M_{rx} = 167 \text{ kip}\cdot\text{in}$
- $\Sigma M_{ry} = 205 \text{ kip}\cdot\text{in}$
- (3) Calculate nominal capacity for neutral axis
 - $P_n = C_c + P_s = 225 \text{ kip}$
 - $M_{nx} = M_{rx, \text{conc}} + M_{rx, \text{bar}} = 676 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $M_{ny} = M_{ry, \text{conc}} + M_{ry, \text{bar}} = 471 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $M_n = \sqrt{(M_{nx})^2 + (M_{ny})^2} = 824 \text{ kip}\cdot\text{in}$

13. Check Moment Capacity (Neutral axis)

- (1) Calculate capacity of compression stress block
- $c = 4.319 \text{ in}$, $a = \beta_1 \cdot c = 3.671 \text{ in}$
 - $A_{\text{com}} = 14.59 \text{ in}^2$
 - $c_x = 3.703 \text{ in}$, $c_y = 4.434 \text{ in}$
 - $C_c = 0.85 \cdot f_c \cdot A_{\text{com}} = 42.33 \text{ kip}$
 - $M_{rx} = C_c \cdot c_x = 188 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $M_{ry} = C_c \cdot c_y = 157 \text{ kip}\cdot\text{in}$
- (2) Calculate capacity of rebar

i	d_s (in)	ϵ_s	f_s (psi)	A_s (in^2)	F_s (kip)	d_y (in)	M_{rx} (kip)	d_x (in)	M_{ry} (kip)
1	14.33	-0.006956	-42,670	0.312	-13.30	-4.429	58.90	-4.429	58.90
2	11.88	-0.005251	-42,670	0.312	-13.30	-1.476	19.63	-4.429	58.90
3	9.424	-0.003546	-42,670	0.312	-13.30	1.476	-19.63	-4.429	58.90
4	6.969	-0.001841	-42,670	0.312	-13.30	4.429	-58.90	-4.429	58.90
5	2.048	0.001578	42,670	0.312	13.30	4.429	58.90	4.429	58.90
6	4.503	-0.000128	-3,701	0.312	-1.153	1.476	-1.703	4.429	-5.108
7	6.958	-0.001833	-42,670	0.312	-13.30	-1.476	19.63	4.429	-58.90
8	9.413	-0.003538	-42,670	0.312	-13.30	-4.429	58.90	4.429	-58.90

- $\Sigma F_x = -67.64 \text{ kip}$
- $\Sigma M_{rx} = 136 \text{ kip}\cdot\text{in}$
- $\Sigma M_{ry} = 172 \text{ kip}\cdot\text{in}$
- (3) Calculate nominal capacity for neutral axis
 - $P_n = C_c + P_s = -25.31 \text{ kip}$
 - $M_{nx} = M_{rx, \text{conc}} + M_{rx, \text{bar}} = 323 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $M_{ny} = M_{ry, \text{conc}} + M_{ry, \text{bar}} = 328 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $M_n = \sqrt{(M_{nx})^2 + (M_{ny})^2} = 461 \text{ kip}\cdot\text{in}$
- (4) Calculate strength reduction factor
 - $\epsilon_{L, \text{min}} = 0.0015$, $\epsilon_{L, \text{max}} = 0.0050$
 - $\epsilon_r = 0.006956$
 - $\phi = 0.900$
- (5) Calculate axial load and moment capacities
 - $\phi P_n = -22.78 \text{ kip}$
 - $\phi M_{rx} = 291 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $\phi M_{ry} = 295 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $\phi M_n = 415 \text{ kip}\cdot\text{in}$
 - $M_{ux} / \phi M_{rx} = 0.954 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$
 - $M_{uy} / \phi M_{ry} = 0.940 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$
 - $P_u / \phi P_n = 0.968 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$
 - $M_c / \phi M_n = 0.947 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$



14. Check Shear Capacity

(1) Calculate maximum space

- $\phi = 0.750$
- $s_{max} = \min(16D_{MainBar}, 48D_{Stirrup}, B, D) = 10.08\text{in}$

(2) Calculate Shear Strength (Direction X)

- $s = 3.937\text{in} < s_{max} = 10.08\text{in} \rightarrow \text{O.K}$
- $\phi V_c = \max\left(\phi 2 \left(1 + \frac{N_u}{500A_g}\right) \sqrt{f'_c} b_w d, 0\right) = 7.316\text{kip}$
- $\phi V_s = \phi \frac{A_v f_{yt} d}{s} = 24.51\text{kip}$
- $\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s = 31.83\text{kip}$
- $V_u / \phi V_n = 0.208 \rightarrow \text{O.K}$

(3) Calculate Shear Strength (Direction Y)

- $s = 3.937\text{in} < s_{max} = 10.08\text{in} \rightarrow \text{O.K}$
- $\phi V_c = \max\left(\phi 2 \left(1 + \frac{N_u}{500A_g}\right) \sqrt{f'_c} b_w d, 0\right) = 7.316\text{kip}$
- $\phi V_s = \phi \frac{A_v f_{yt} d}{s} = 13.25\text{kip}$
- $\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s = 20.57\text{kip}$
- $V_u / \phi V_n = 0.322 \rightarrow \text{O.K}$

รายการคำนวณแบบแผ่น Plate เสาคอม่อ

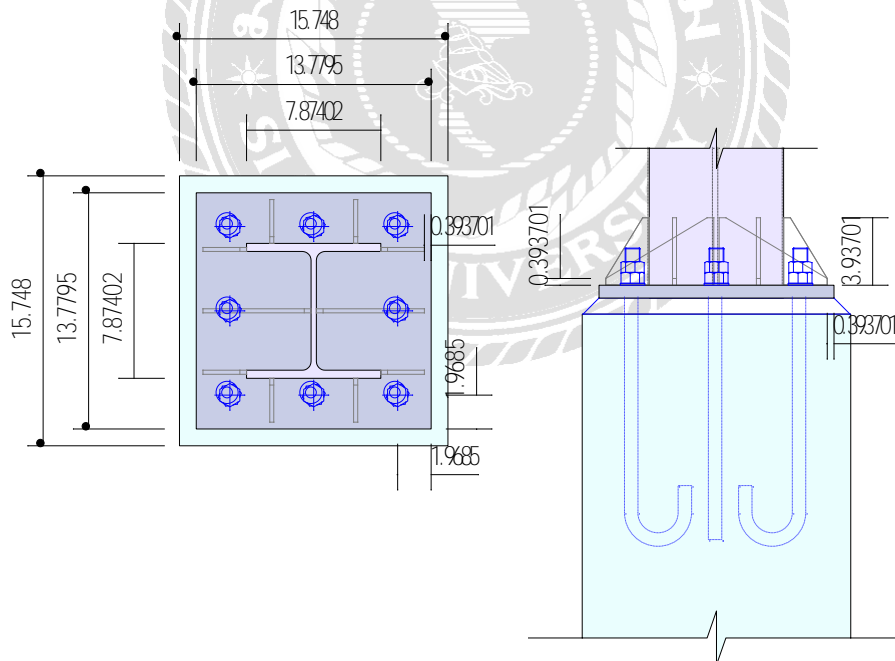
- MEMBER NAME : BP01

○ General Information

- Design Code : AISC-LRFD10
- Unit System : kip, in

○ Material

- Base Plate : SS400 ($F_y = 34.14\text{ksi}$, $E_s = 29,869\text{ksi}$)
- Anchor Bolt : SS400
- Concrete : 3.481ksi



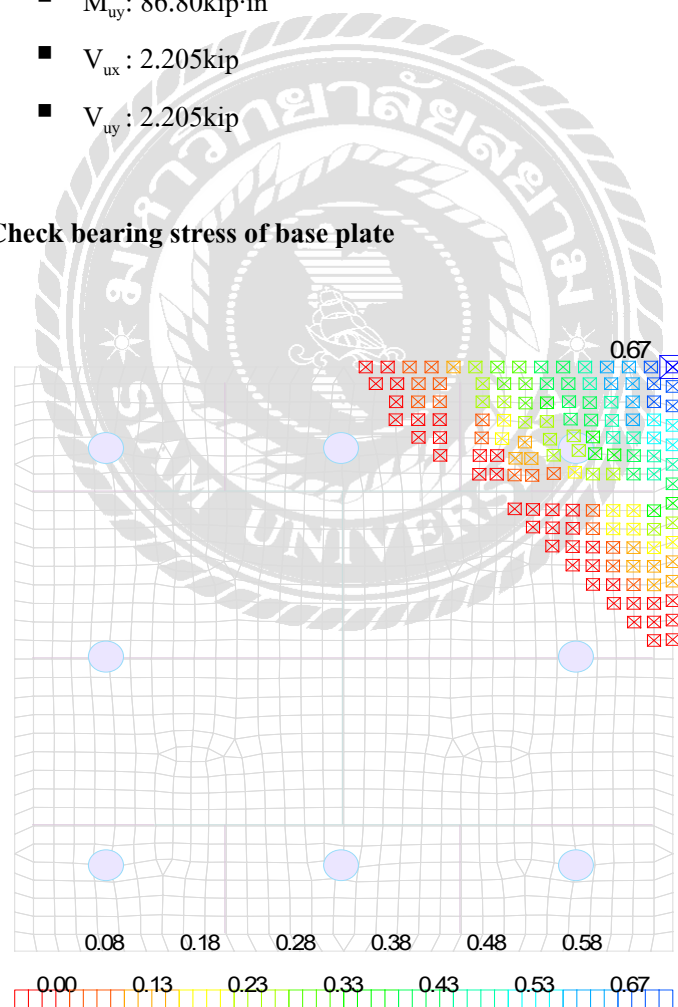
○ **Section**

- Column : H 200x200x8/12
- Base Plate : 13.78x13.78x0.748t (Rectangle)
- Anchor Bolt : 8-M20 (Pos.(x) : 1.969in, Pos.(y) : 1.969in)
- Rib Plate : 3.937x0.236t (No(x) : 2EA, No(y) : 3EA)
- Pedestal : 15.75x15.75 (Rectangle)

○ **Design Forces**

- P_u : -22.05kip
- M_{ux} : 86.80kip·in
- M_{uy} : 86.80kip·in
- V_{ux} : 2.205kip
- V_{uy} : 2.205kip

○ **Check bearing stress of base plate**



■ Bearing Stress

- $f_{\max} = 0.666\text{kip (Area = 1.000in}^2 \text{)}$
- $f_{\min} = 0.000135\text{kip (Area = 1.000in}^2 \text{)}$
- $\sigma_{\max} = 0.666\text{ksi}$
- $\sigma_{\min} = 0.000135\text{ksi}$

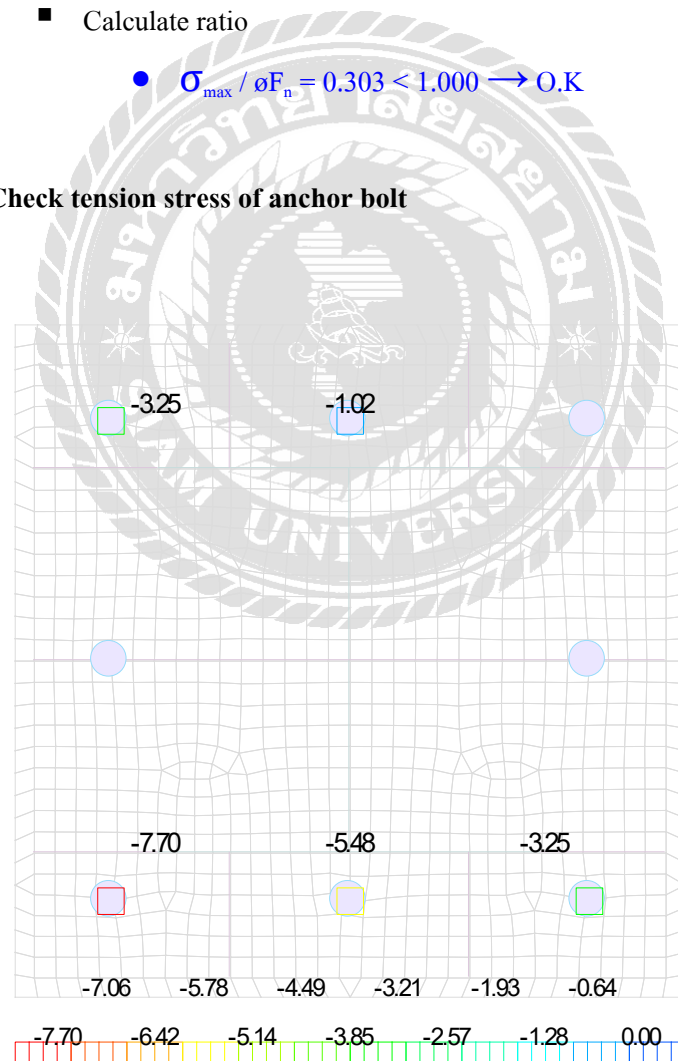
■ Calculate Bearing Stress of Concrete

- $\Phi = 0.650$
- $A_1 = 190\text{in}^2, A_2 = 248\text{in}^2$
- $F_n = 0.85 f_{ck} \sqrt{A_2 / A_1} = 3.381\text{ksi}$
- $\phi F_n = 2.198\text{ksi}$

■ Calculate ratio

- $\sigma_{\max} / \phi F_n = 0.303 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

○ Check tension stress of anchor bolt



- Tension Forces

- $T_{u,max} = -7.703\text{kip}$

- $T_{u,min} = -1.022\text{kip}$

- Check Tensile Strength

- $\Phi = 0.750$

- $F_{nt} = 43.51\text{ksi}$

- $A_b = 0.487\text{in}^2$

- $R_{nt} = F_{nt} \times A_b = 21.19\text{kip}$

- $\phi R_{nt} = 15.89\text{kip}$

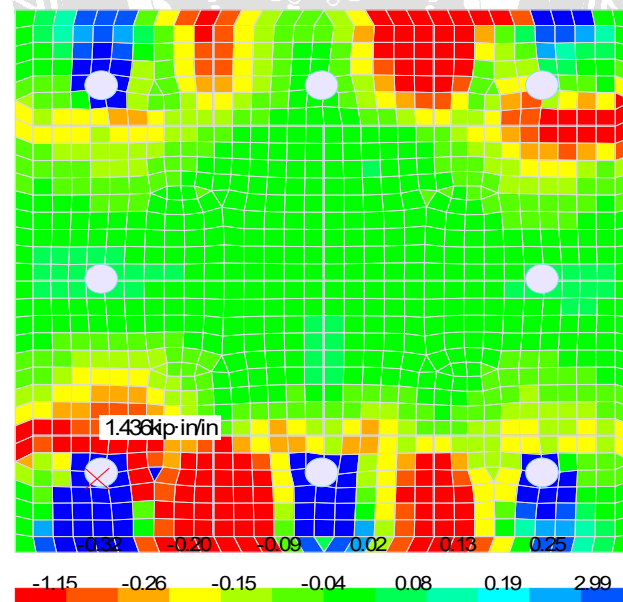
- Calculate ratio

- $T_{u,max} / \phi R_{nt} = 0.485 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

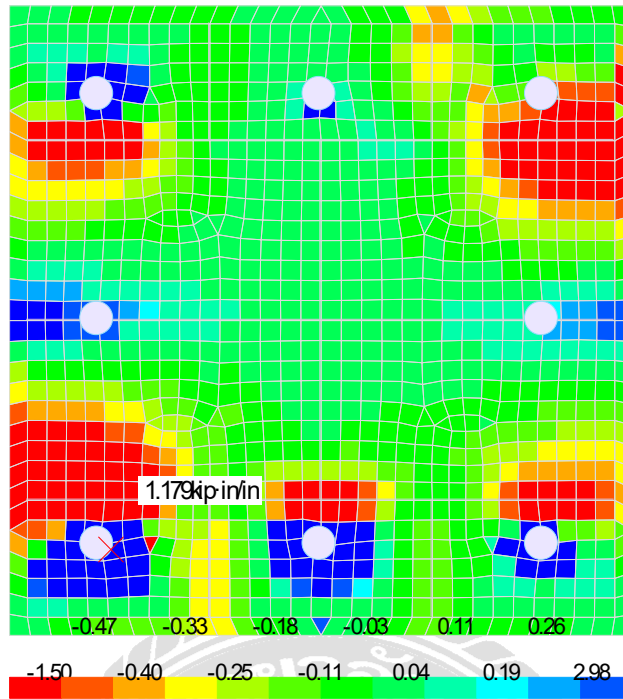
- Check base plate

- Moment Diagram (Element Force. Nodal Average is not Applied.)

- Moment Diagram (Mxx)

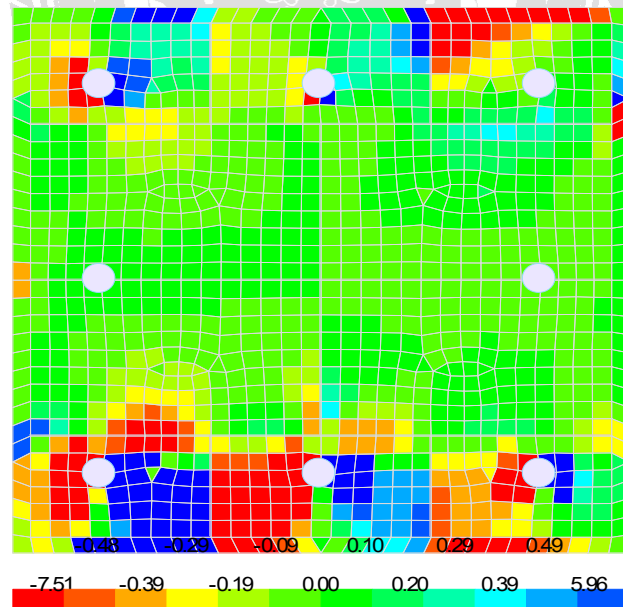


- Moment Diagram (Myy)

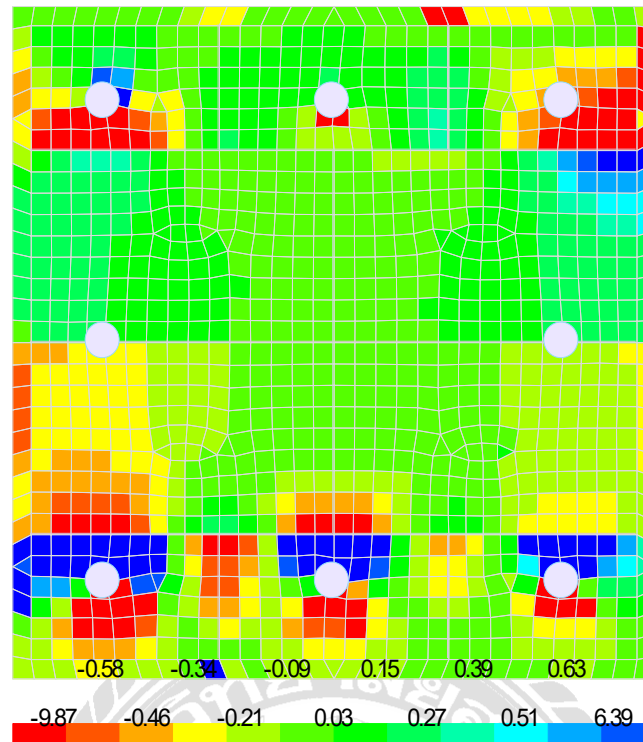


■ Shear Force Diagram

- Shear Force Diagram (Vxx)



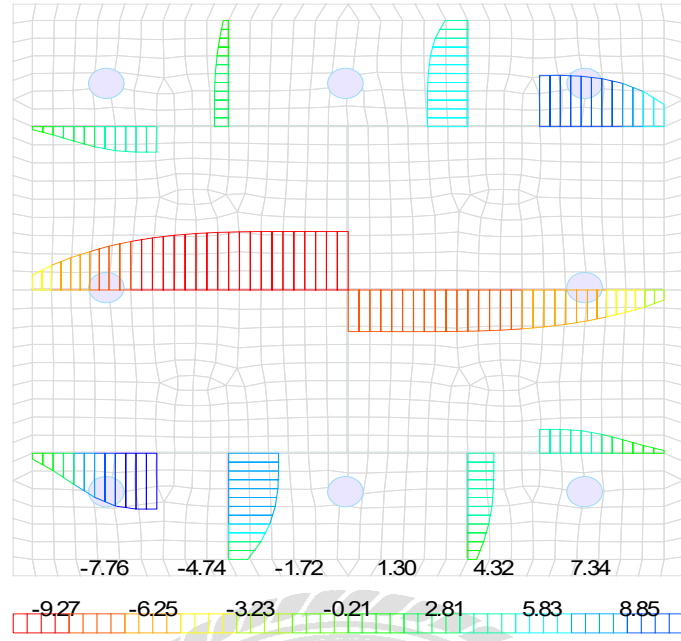
- Shear Force Diagram (Vyy)



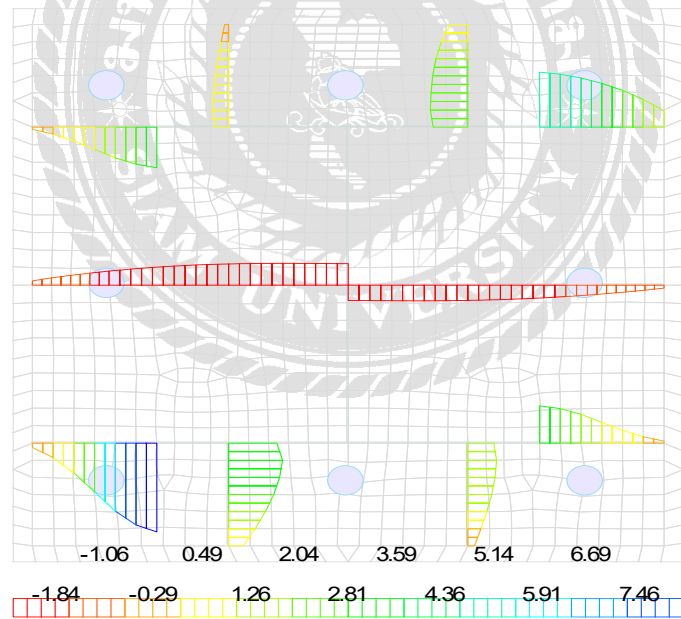
- Design Moment (Use Average)
 - $M_{ux} = 1.436 \text{kip}\cdot\text{in}/\text{in}$
 - $M_{uy} = 1.179 \text{kip}\cdot\text{in}/\text{in}$
 - $M_u = \max(M_{ux}, M_{uy}) = 1.436 \text{kip}\cdot\text{in}/\text{in}$
- Calculate moment strength
 - $\Phi = 0.900$
 - $Z_{bp} = (t_{bp})^2 / 4 = 0.140 \text{in}^3 / \text{in}$
 - $M_n = F_y \times Z_{bp} = 4.775 \text{kip}\cdot\text{in}/\text{in}$
 - $\phi M_n = 4.298 \text{kip}\cdot\text{in}/\text{in}$
- Calculate ratio
 - $M_u / \phi M_n = 0.334 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

○ Check rib plate

- Force Diagram
 - Moment Diagram



● Shear Force Diagram



- Design Forces
 - $M_u = -9.272 \text{kip}\cdot\text{in}$
 - $V_u = 7.462 \text{kip}$
- Calculate Width-Thickness Ratio
 - $BTR = H_{\text{rib}} / t_{\text{rib}} = 16.67$
 - $BTR_{\text{lim}} = 0.75 \sqrt{E_s / F_y} = 22.19$
 - $BTR < BTR_{\text{lim}} \rightarrow \text{O.K}$
- Calculate moment strength
 - $\Phi = 0.900$
 - $S_{\text{rib}} = t_{\text{rib}} \times (H_{\text{rib}})^2 / 6 = 0.610 \text{in}^3$
 - $M_n = F_y \times S_{\text{rib}} = 20.83 \text{kip}\cdot\text{in}$
 - $\phi M_n = 18.75 \text{kip}\cdot\text{in}$
- Calculate Shear Strength
 - $\Phi = 0.900$
 - $V_n = 0.60 \times F_y \times A_{\text{rib}} = 19.05 \text{kip}$
 - $\phi V_n = 17.14 \text{kip}$
- Calculate ratio
 - $M_u / \phi M_n = 0.495 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$
 - $V_u / \phi V_n = 0.435 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

○ Check anchor bolt (Cast-In-Place)

■ Design Force

- Number of Anchor Bolt = 8EA
- $T_{u,max} = -7.703\text{kip}$
- $V_u = 3.118\text{kip}$
- $V_{u1} = 0.390\text{kip}$

■ Check Shear Strength

- $\Phi = 0.750$
- $A_b = 0.487\text{in}^2$
- $F_{nv} = 23.21\text{ksi}$
- $R_{nv} = F_{nv} \times A_b = 11.30\text{kip}$
- $\phi R_{nv} = 8.475\text{kip}$
- $V_{u1} / \phi R_{nv} = 0.046 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

■ Check Tensile Strength

- $\Phi = 0.750$
- $A_b = 0.487\text{in}^2$
- $F_{nt} = 43.51\text{ksi}$
- $f_v = V_{u1} / A_b = 0.800\text{ksi}$
- $F_{nt}' = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_v \leq F_{nt}$
- $F_{nt}' = 43.51\text{ksi}$
- $R_{nt} = F_{nt}' \times A_b = 21.19\text{kip}$
- $\phi R_{nt} = 15.89\text{kip}$
- $T_{u,max} / \phi R_{nt} = 0.485 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

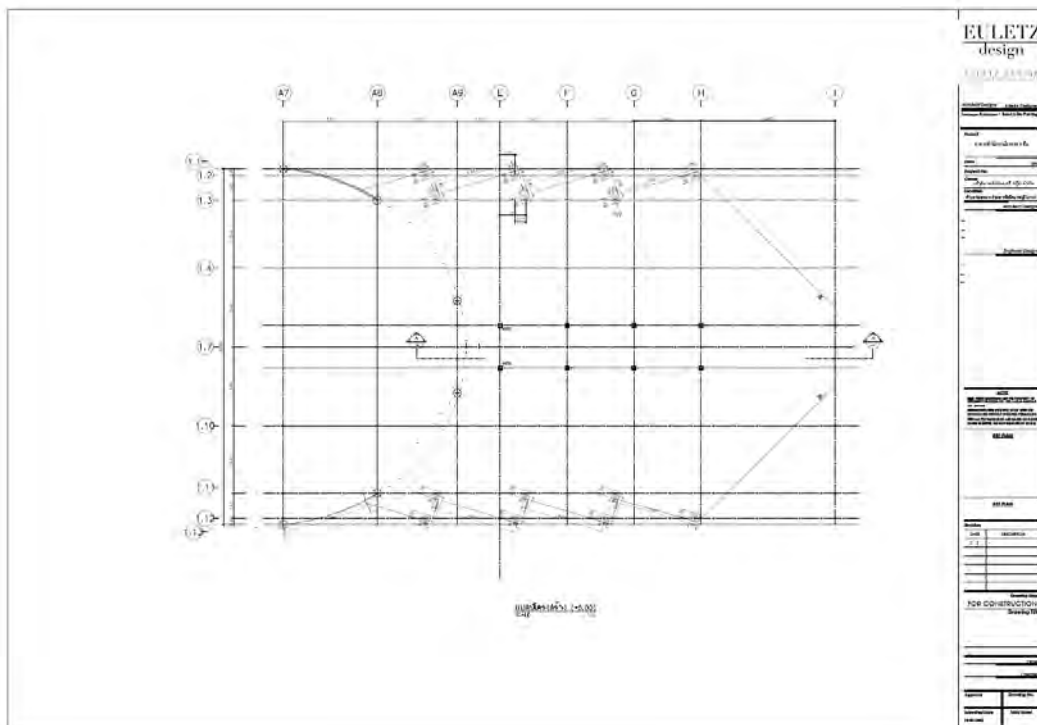
○ Check Development Length of Anchor Bolt

■ Check Development Length (Hooked Bar)

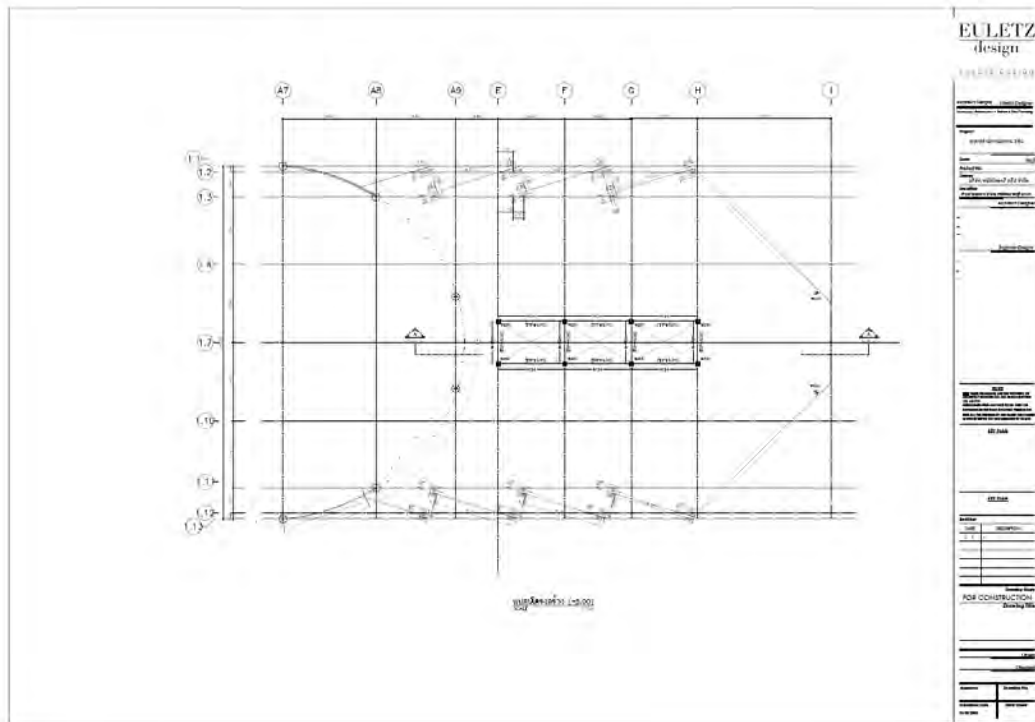
- $\Phi = 0.750$
- $L_{anc} = 14.17\text{in}$
- $T_{anc} = \phi F_{anc} A_{anc} = 15.89\text{kip}$
- $L_{h1} = (T_{anc} / 2) / (0.70 f_{ck} d_{anc}) = 4.141\text{in}$
- $L_{h2} = 12 d_{anc} = 9.449\text{in}$
- $L_{req} = L_{h1} + L_{h2} = 13.59\text{in}$
- $L_{req} / L_{anc} = 0.959 < 1.000 \rightarrow \text{O.K}$

1.1.4 จัดทำแบบแปลน Shop-Drawing และคำนวณวัสดุ-อุปกรณ์ ที่ต้องใช้งาน

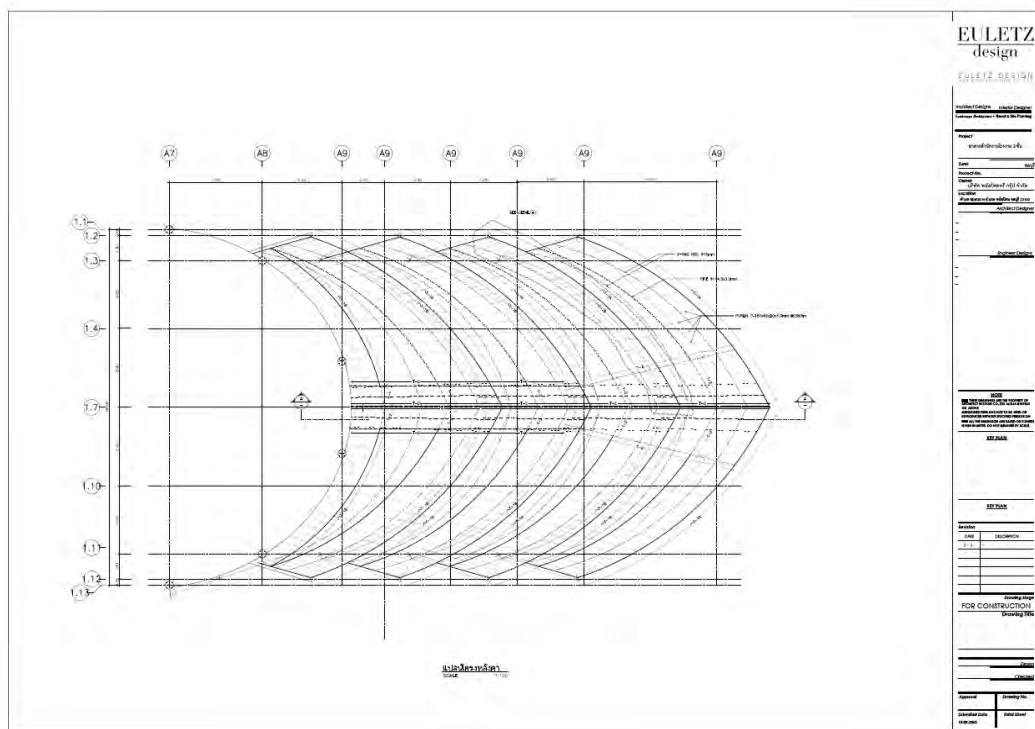
- แบบแปลน Shop-Drawing ใช้ในการประกอบและติดตั้งงาน



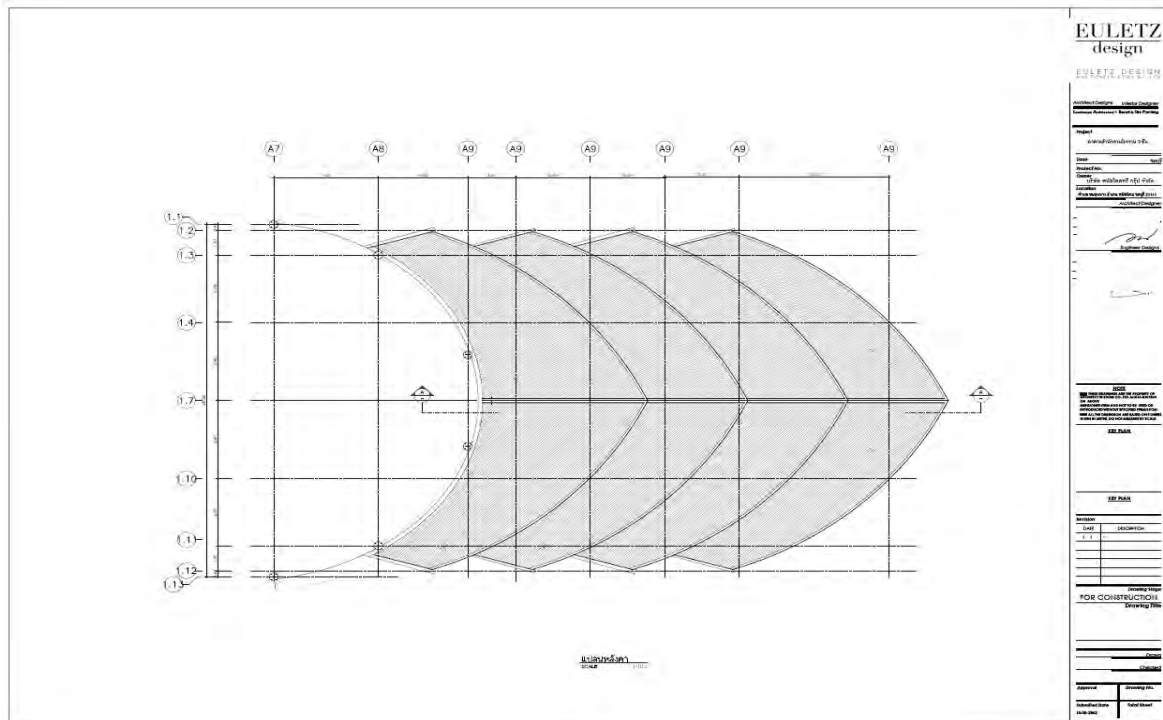
รูปที่ 4.16 แบบแปลนพิกัดเสาตอม่อ



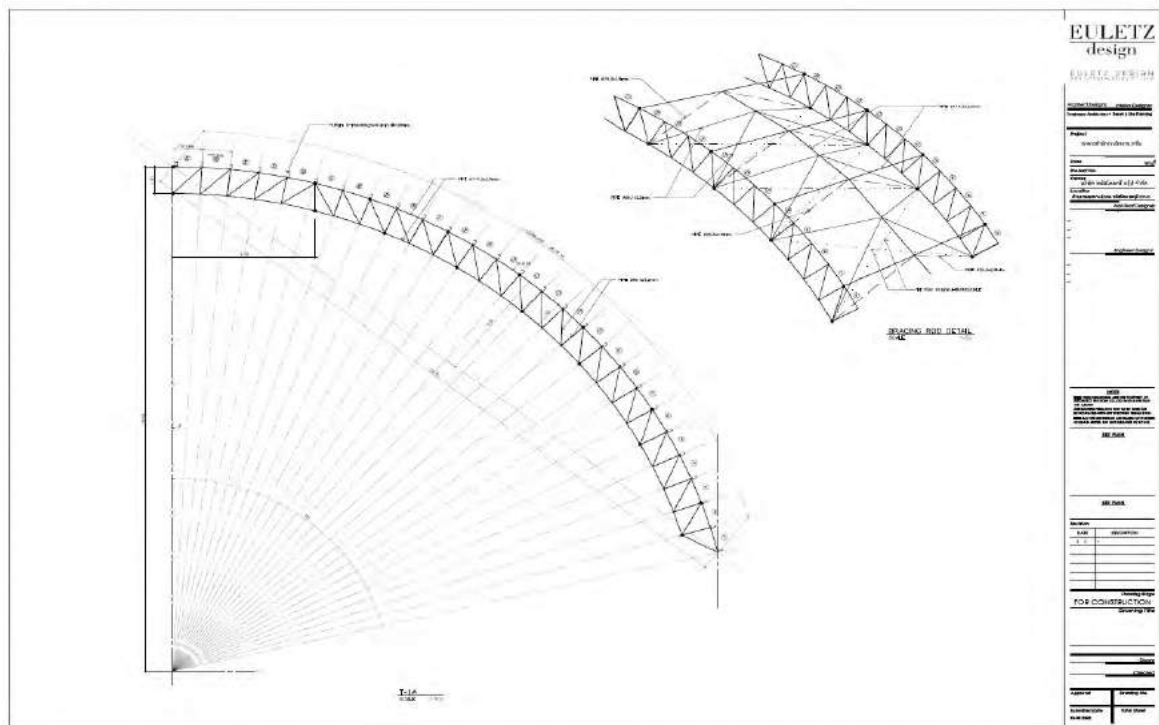
รูปที่ 4.17 แบบแปลนเสารับโครงสร้างหลังคา



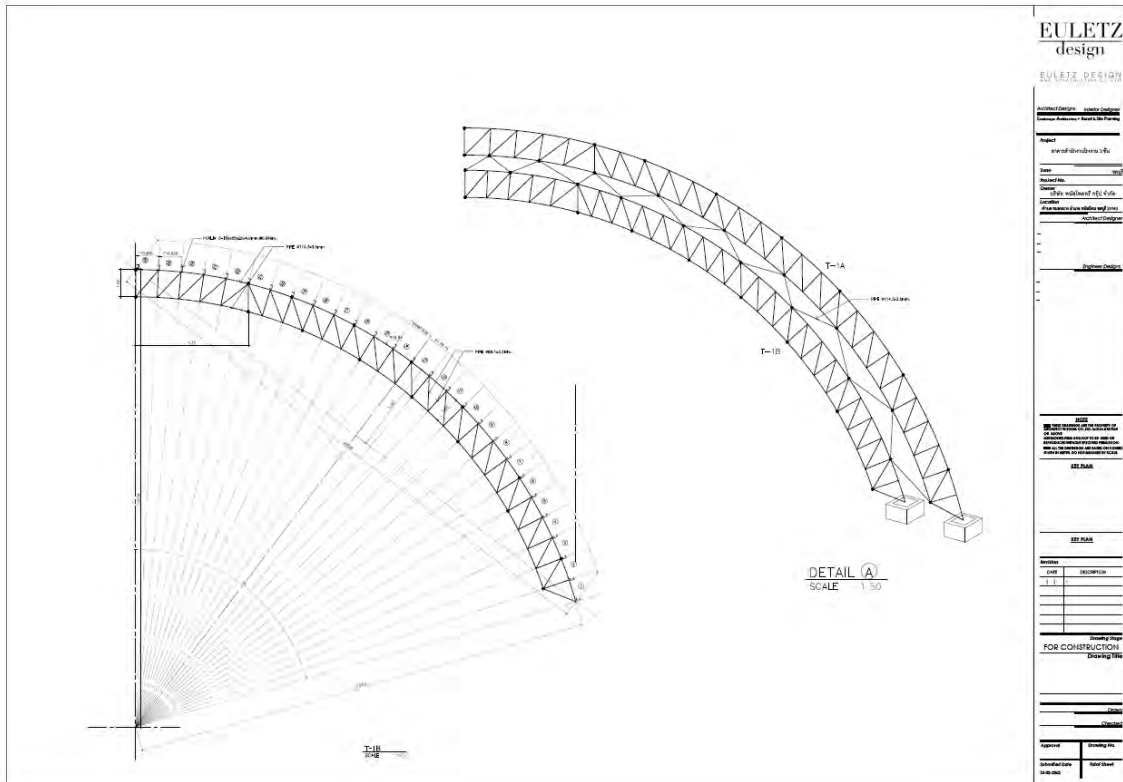
รูปที่ 4.18 แบบแปลนเสารับโครงสร้างหลังคา



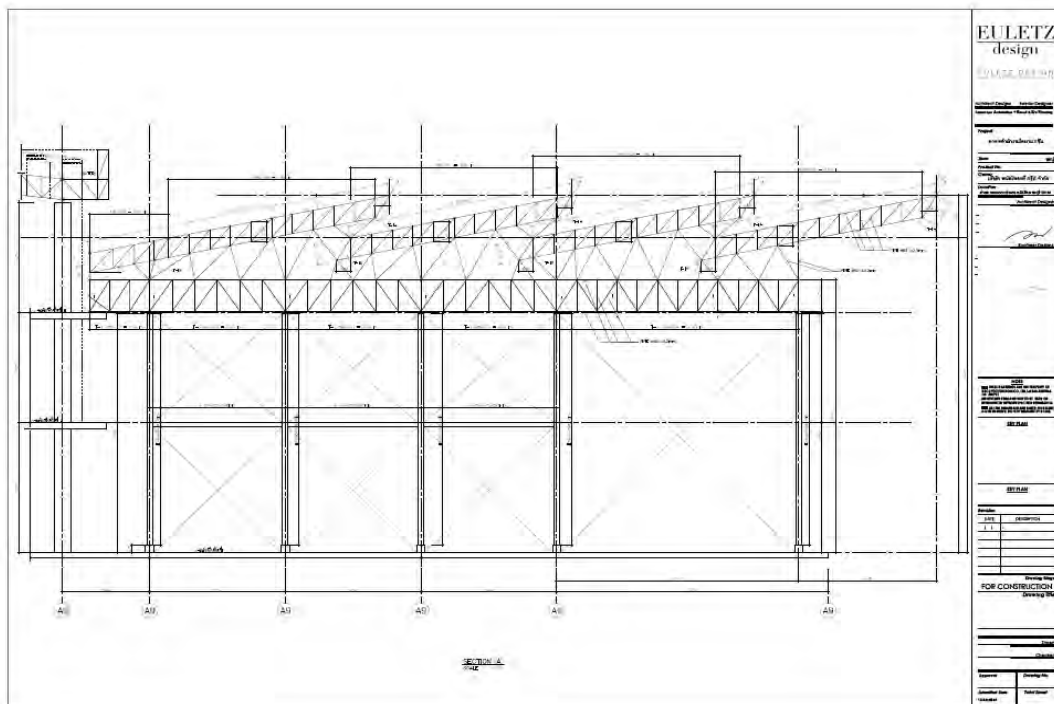
รูปที่ 4.19 แบบแปลนกระติตตั้งแผ่น Metal Sheet



รูปที่ 4.20 แบบขยาย Truss T-1A



รูปที่ 4.21 แบบขยาย Truss T-1B



รูปที่ 4.22 แบบรูปตัดโครงสร้างหลัก

- รายการ BILL OF MATERIAL (BOM) เพื่อการประมาณราคาและแผนการตั้งวัสดุ

BILL OF MATERIAL

BEAM & TRUSS BOM TYPE1 SECT ID, SECT NAME, MATERIAL Unit System : kgf , m

SECT ID	SECTION NAME	MATERIAL ID	MATERIAL NAME	DENSITY	LENGTH	PAINT AREA INNER	PAINT AREA OUTER	WEIGHT
1	P 89.1x2.8	1	SS400	7.850e+003	3.639e+003	9.547e+002	1.019e+003	2.169e+004
3	LH 200x200x6/9	1	SS400	7.850e+003	9.300e+001	0.000e+000	1.105e+002	3.425e+003
6	H 194x150x6/9	1	SS400	7.850e+003	4.287e+001	0.000e+000	4.184e+001	1.313e+003
7	LC-150x75x20x4.0	1	SS400	7.850e+003	1.219e+003	0.000e+000	7.577e+002	1.201e+004
8	P 114.3x3.2-mid	1	SS400	7.850e+003	8.238e+002	2.793e+002	2.958e+002	7.224e+003
9	P 114.3x3.2-T1	1	SS400	7.850e+003	7.760e+002	2.630e+002	2.786e+002	6.804e+003
10	P 89.1x4 - rod	1	SS400	7.850e+003	1.159e+003	2.575e+002	2.779e+002	5.884e+003
SUMMATION :					7.753e+003	1.754e+003	2.781e+003	5.834e+004

BEAM & TRUSS BOM TYPE2 SECTION NAME, MATERIAL Unit System : kgf , m

SECTION NAME	ID	MATERIAL TYPE	MATERIAL NAME	DENSITY	LENGTH	PAINT AREA INNER	PAINT AREA OUTER	WEIGHT
H 194x150x6/9	1	S	SS400	7.850e+003	4.287e+001	0.000e+000	4.184e+001	1.313e+003
LC-150x75x20x4.0	1	S	SS400	7.850e+003	1.219e+003	0.000e+000	7.577e+002	1.201e+004
LH 200x200x6/9	1	S	SS400	7.850e+003	9.300e+001	0.000e+000	1.105e+002	3.425e+003
P 114.3x3.2-T1	1	S	SS400	7.850e+003	7.760e+002	2.630e+002	2.786e+002	6.804e+003
P 114.3x3.2-mid	1	S	SS400	7.850e+003	8.238e+002	2.793e+002	2.958e+002	7.224e+003
P 89.1x2.8	1	S	SS400	7.850e+003	3.639e+003	9.547e+002	1.019e+003	2.169e+004
P 89.1x4 - rod	1	S	SS400	7.850e+003	1.159e+003	2.575e+002	2.779e+002	5.884e+003
SUMMATION :					7.753e+003	1.754e+003	2.781e+003	5.834e+004

BEAM & TRUSS BOM TYPE3 SECTION NAME Unit System : kgf , m

SECTION NAME	LENGTH	PAINT AREA		WEIGHT
		INNER	OUTER	
H 194x150x6/9	4.287e+001	0.000e+000	4.184e+001	1.313e+003
LC-150x75x20x4.0	1.219e+003	0.000e+000	7.577e+002	1.201e+004
LH 200x200x6/9	9.300e+001	0.000e+000	1.105e+002	3.425e+003
P 114.3x3.2-T1	7.760e+002	2.630e+002	2.786e+002	6.804e+003
P 114.3x3.2-mid	8.238e+002	2.793e+002	2.958e+002	7.224e+003
P 89.1x2.8	3.639e+003	9.547e+002	1.019e+003	2.169e+004
P 89.1x4 - rod	1.159e+003	2.575e+002	2.779e+002	5.884e+003
SUMMATION :	7.753e+003	1.754e+003	2.781e+003	5.834e+004

BEAM & TRUSS BUILT-UP PLATE BOM TYPE1 THICKNESS, MATERIAL Unit System : kgf , m

THICK ID	MATERIAL TYPE	MATERIAL NAME	PAINT AREA	DENSITY	WEIGHT
0.0090	1	S SS400	7.775e+001	7.850e+003	2.628e+003
SUMMATION :			1.127e+002		3.425e+003

BEAM & TRUSS BUILT-UP PLATE BOM TYPE2 THICKNESS Unit System : kgf , m

THICKNESS	PAINT AREA	WEIGHT
0.0060	3.497e+001	7.972e+002
0.0090	7.775e+001	2.628e+003
SUMMATION :	1.127e+002	3.425e+003

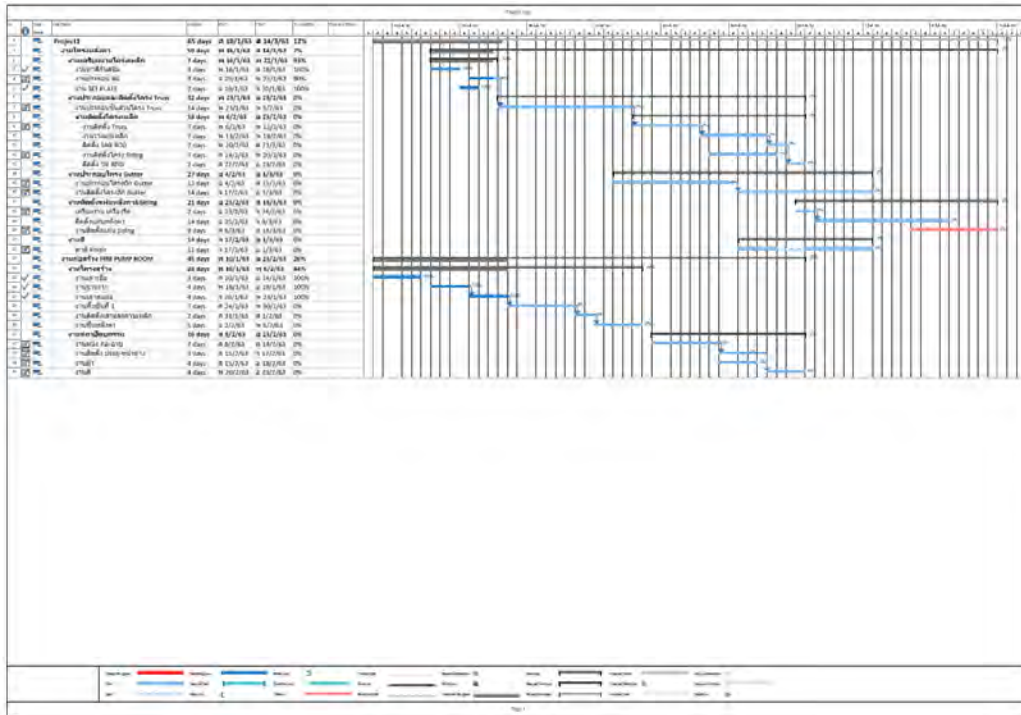
BOM SUMMARY MATERIAL Unit System : kgf , m

ID	MATERIAL TYPE	MATERIAL NAME	TOTAL	BEAM & TRUSS			PLATE	SOLID
				NORMAL	SRC STEEL	SRC CONC.		
1	S	SS400	5.834e+004	5.834e+004	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000
SUMMATION :			5.834e+004	5.834e+004	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000	0.000e+000

1.2 วางแผนการติดตั้งและการติดตั้งโครงสร้างหลังคา

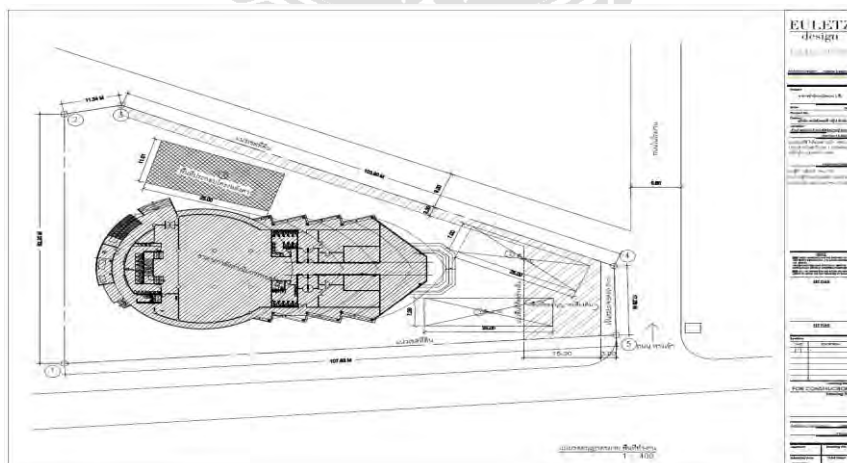
4.2.1 การจัดทำแผนงานการติดตั้งและการขอพื้นที่จัดวางวัสดุและพื้นที่ประกอบชิ้นงาน

- การจัดทำ Gantt Chart เพื่อวางแผนงานและประเมินระยะเวลาของการทำงาน



รูปที่ 4.23 จัดทำ Gantt Chart เพื่อนำเสนอแผนงานติดตั้ง

- การขอพื้นที่ประกอบงาน และพื้นที่กองวัสดุทำงาน



รูปที่ 4.24 จัดทำแบบขอพื้นที่ทำงาน

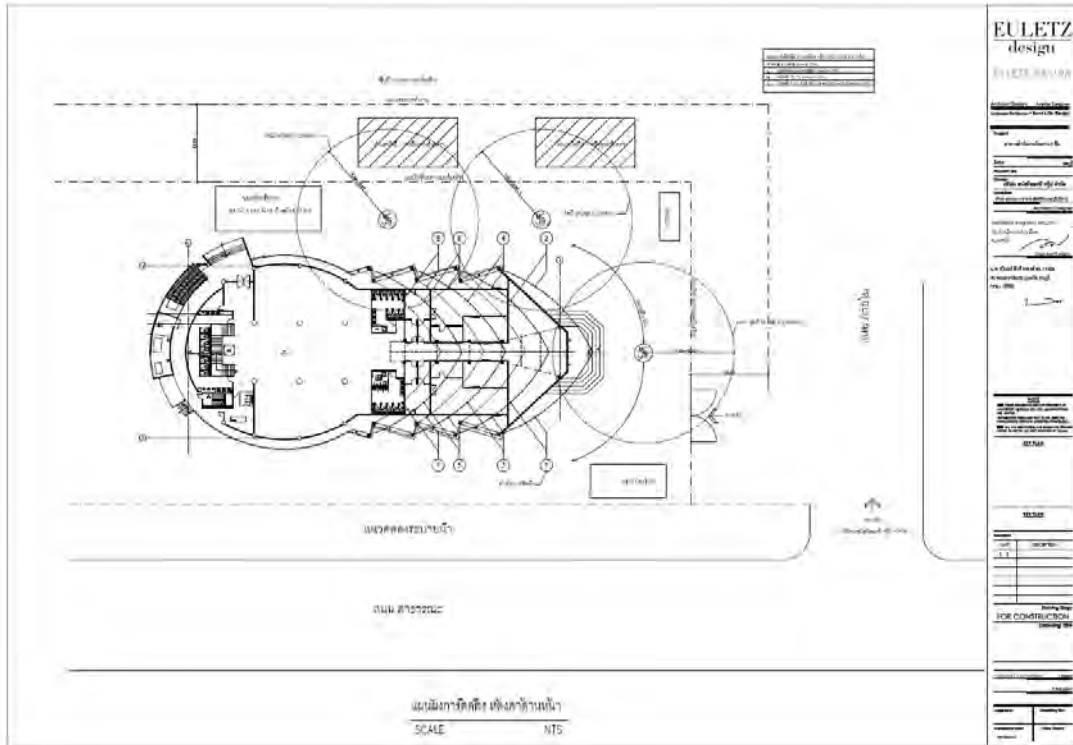


รูปที่ 4.25 การวางวัสดุเพื่อประกอบ

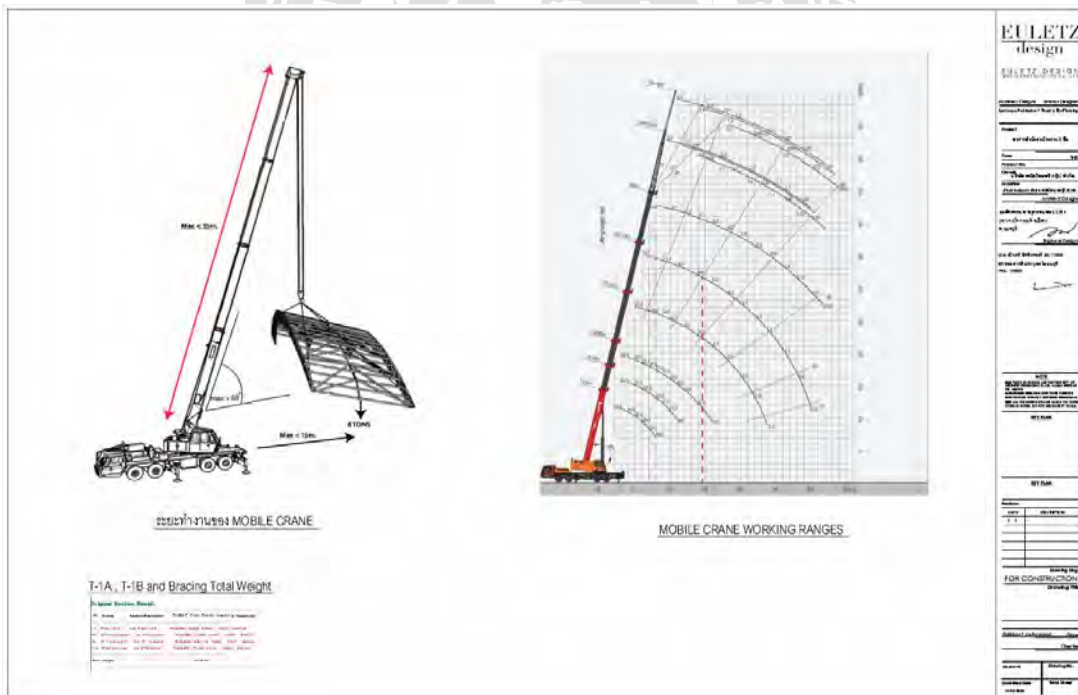


รูปที่ 4.26 การวางวัสดุเพื่อประกอบ

- การวางแผนการติดตั้งและการขอพื้นที่วางชิ้นงานก่อนการติดตั้ง โดยใช้ Mobile Crane



รูปที่ 4.27 แบบการเดินรถ Mobile Crane เพื่อขออนุญาตปิดการจราจรภายใน



รูปที่ 4.28 การหาหน้าหนักบรรทุกของชิ้นงานและระยะองศาการยกของ

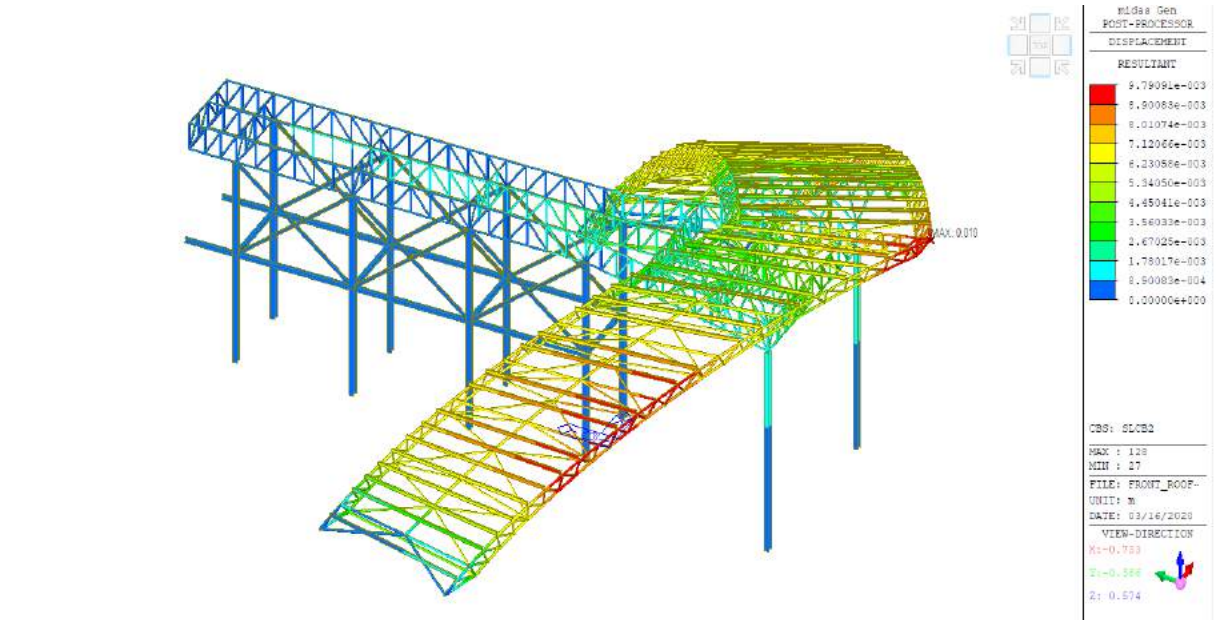


รูปที่ 4.29 การยกชิ้นงานและพักชิ้นงานก่อนการติดตั้ง

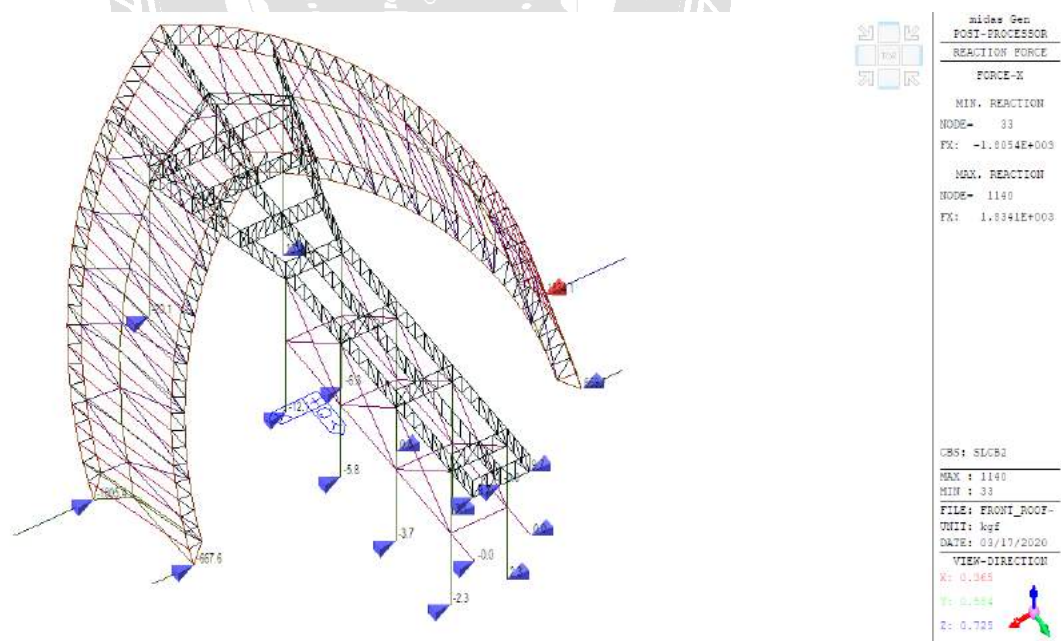
4.2.2 การวิเคราะห์การติดตั้งหลังคาแต่ละส่วน เพื่อความปลอดภัยในการติดตั้ง

- การวิเคราะห์การติดตั้งแต่ละส่วนเพื่อความปลอดภัย โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน

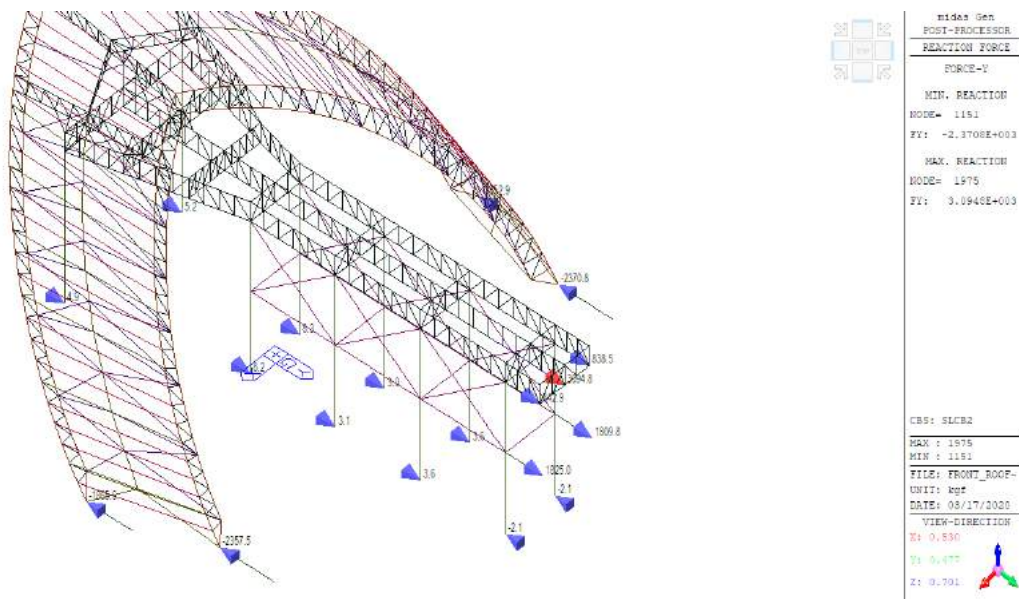
การวิเคราะห์การติดตั้งส่วนที่ 1



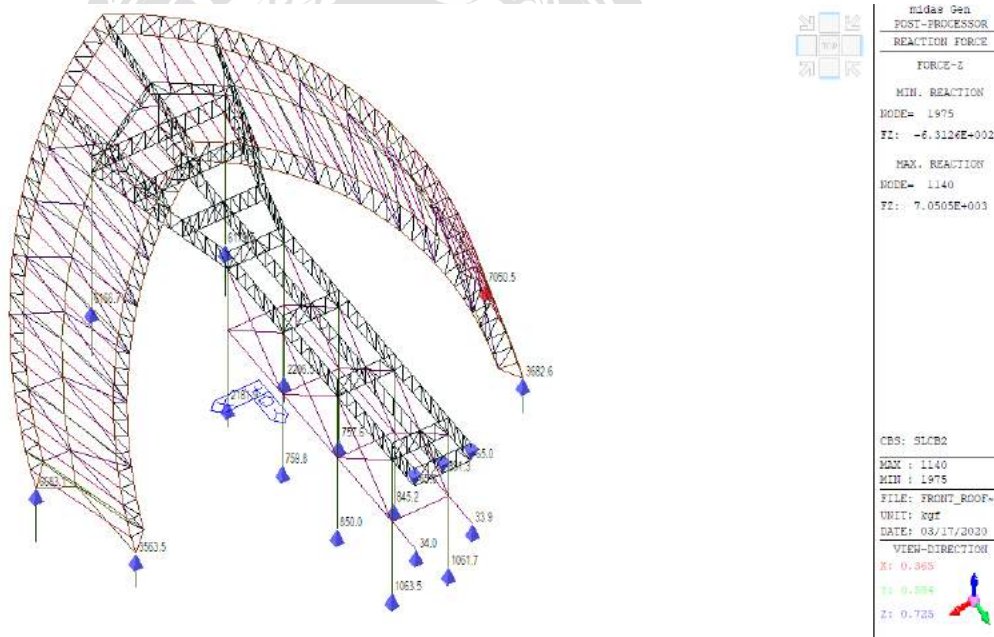
รูปที่ 4.30 การวิเคราะห์โครงสร้าง รูปการเดียวรูปประมาณ 1 cm.



รูปที่ 4.31 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X

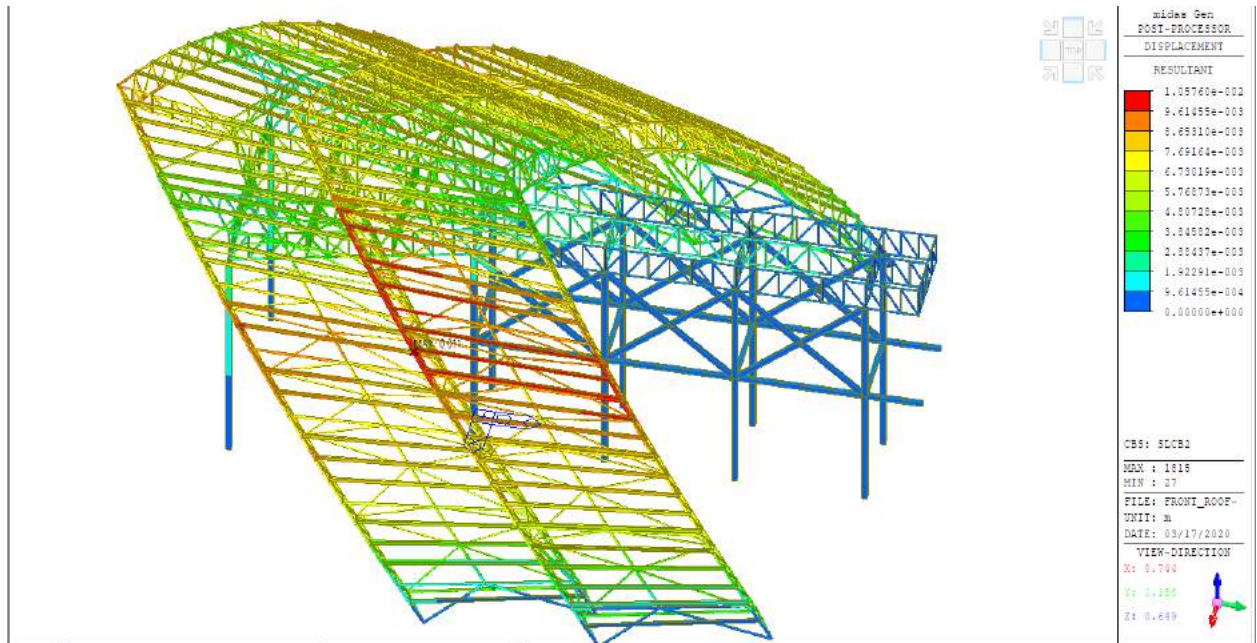


รูปที่ 4.32 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y

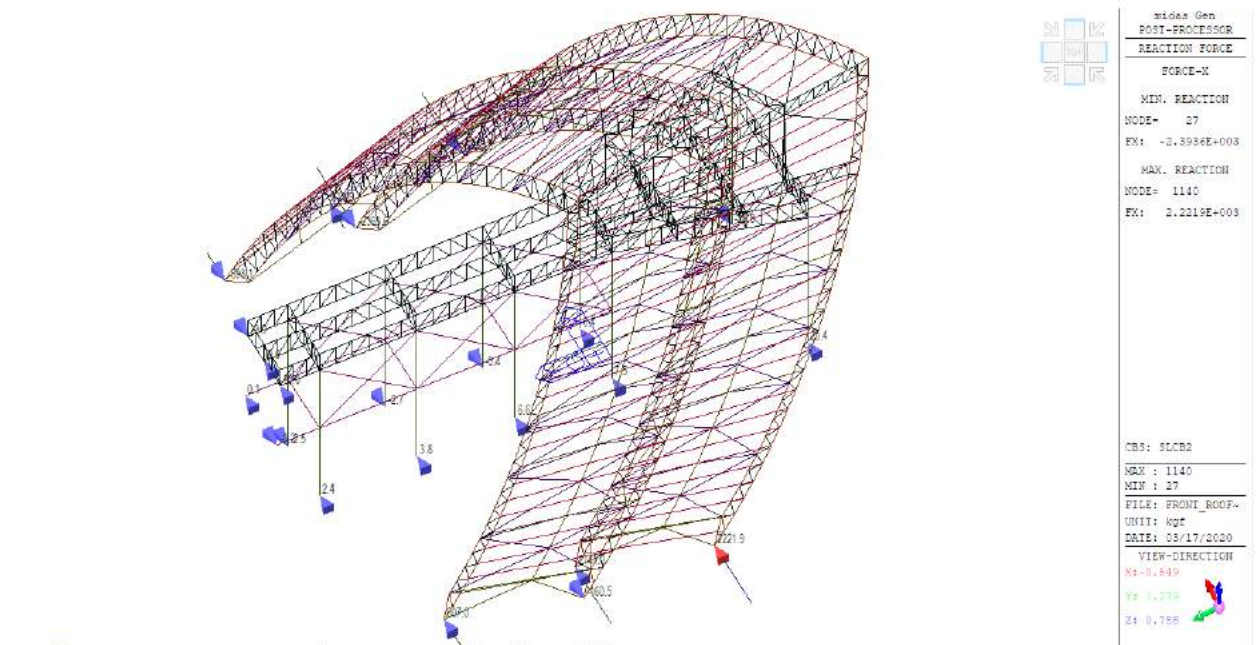


รูปที่ 4.33 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z

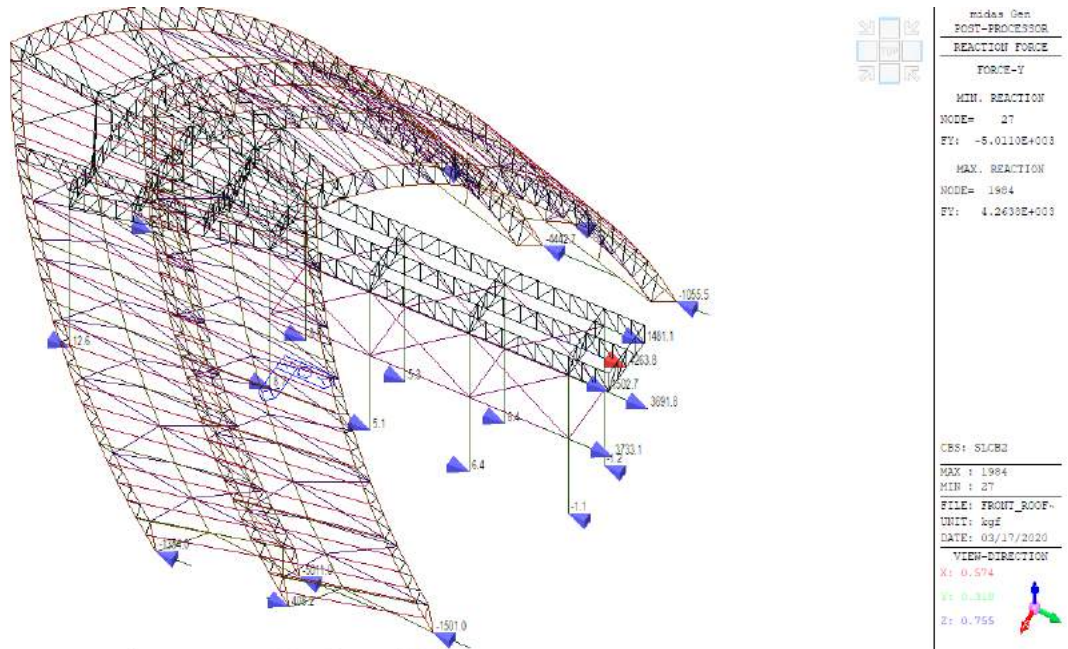
การวิเคราะห์การติดตั้งส่วนที่ 2



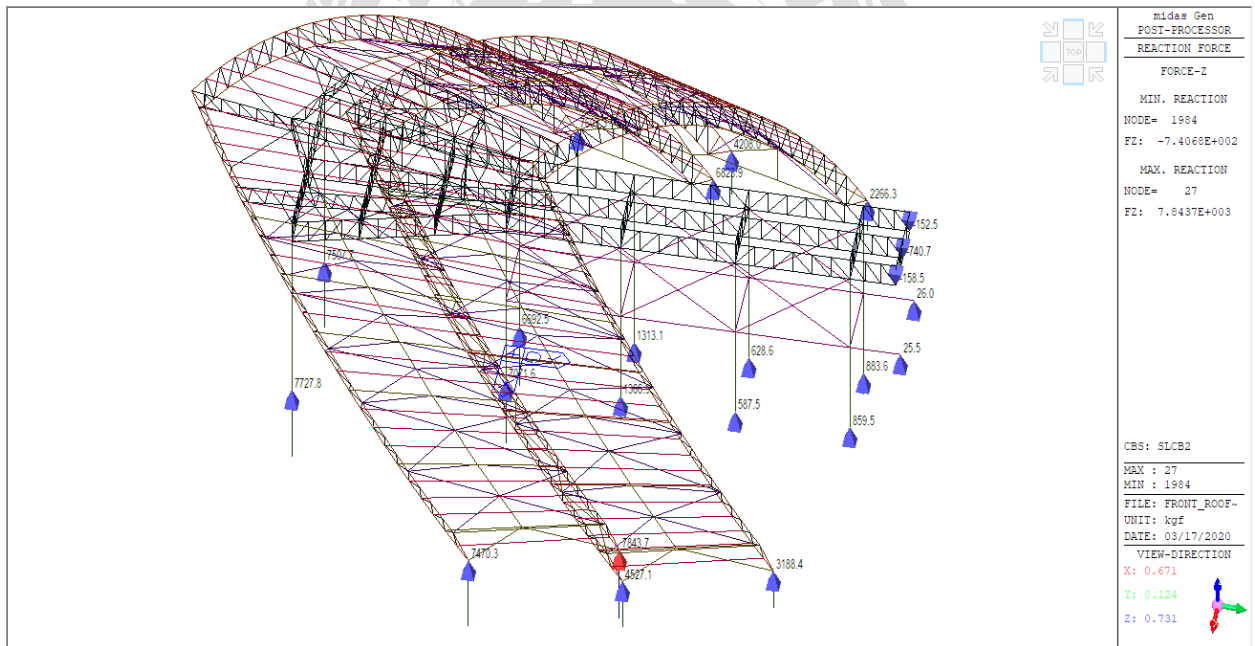
รูปที่ 4.34 การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสียรูปประมาณ 1.1 cm.



รูปที่ 4.35 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X

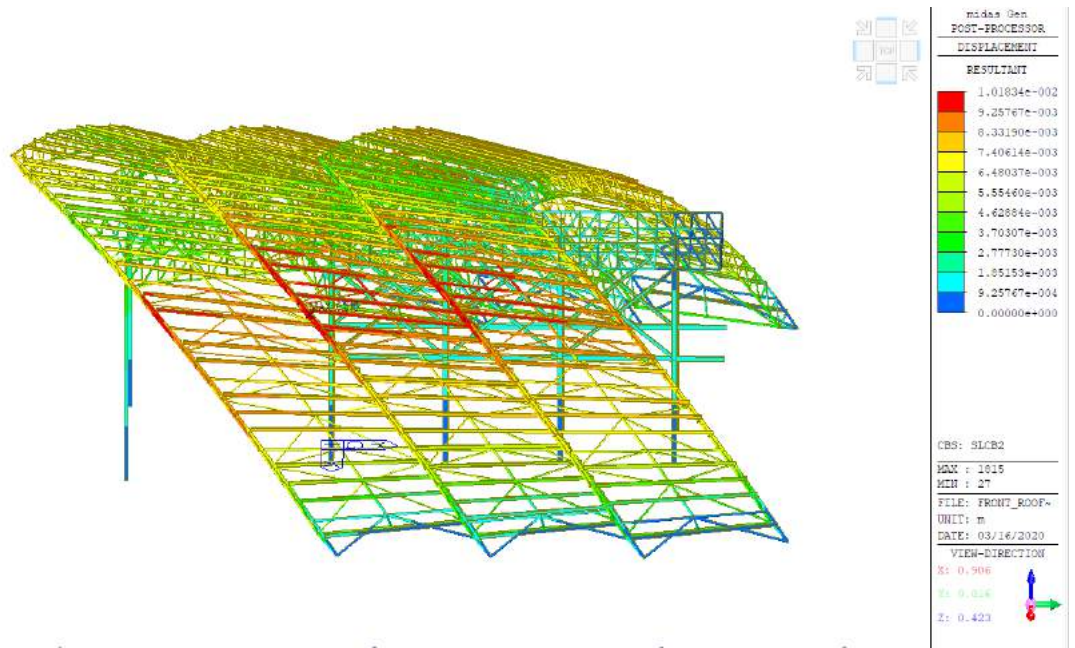


รูปที่ 4.36 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y

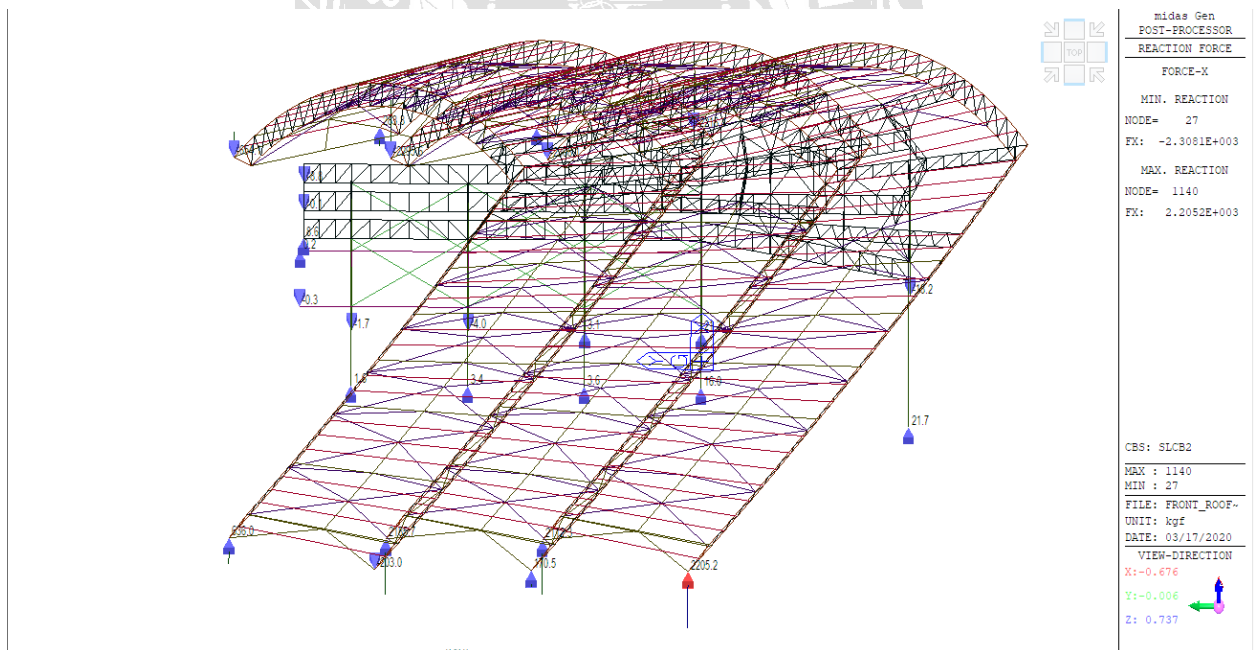


รูปที่ 4.37 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z

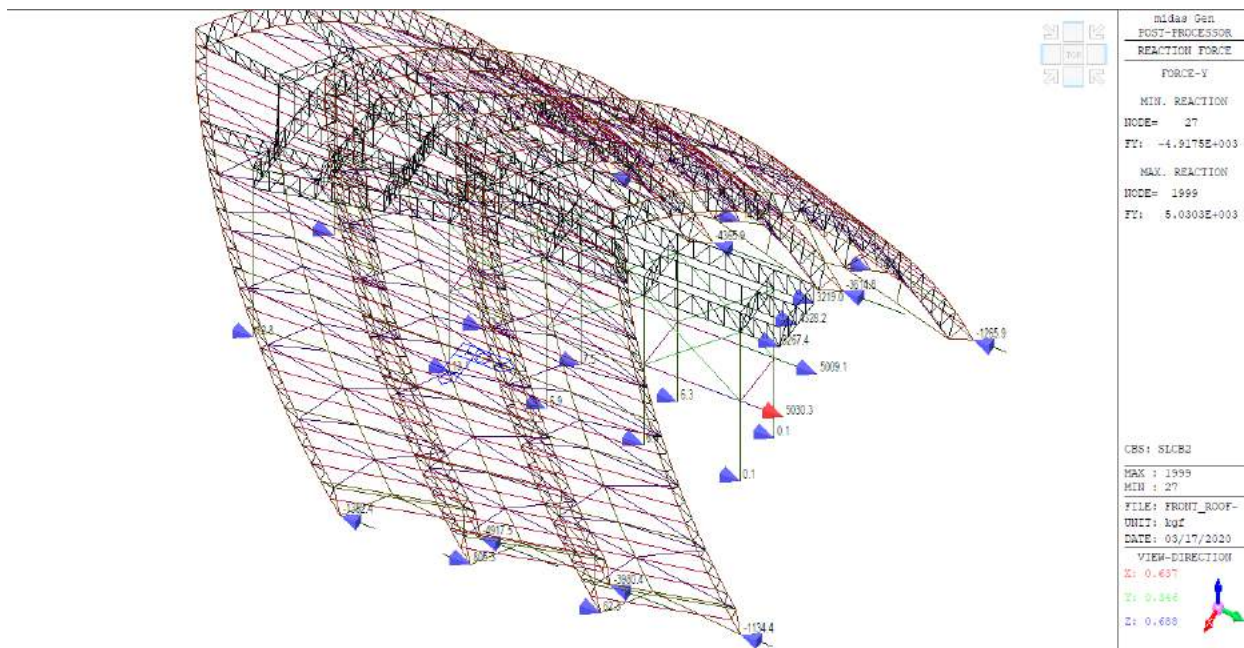
การวิเคราะห์การติดตั้งส่วนที่ 3



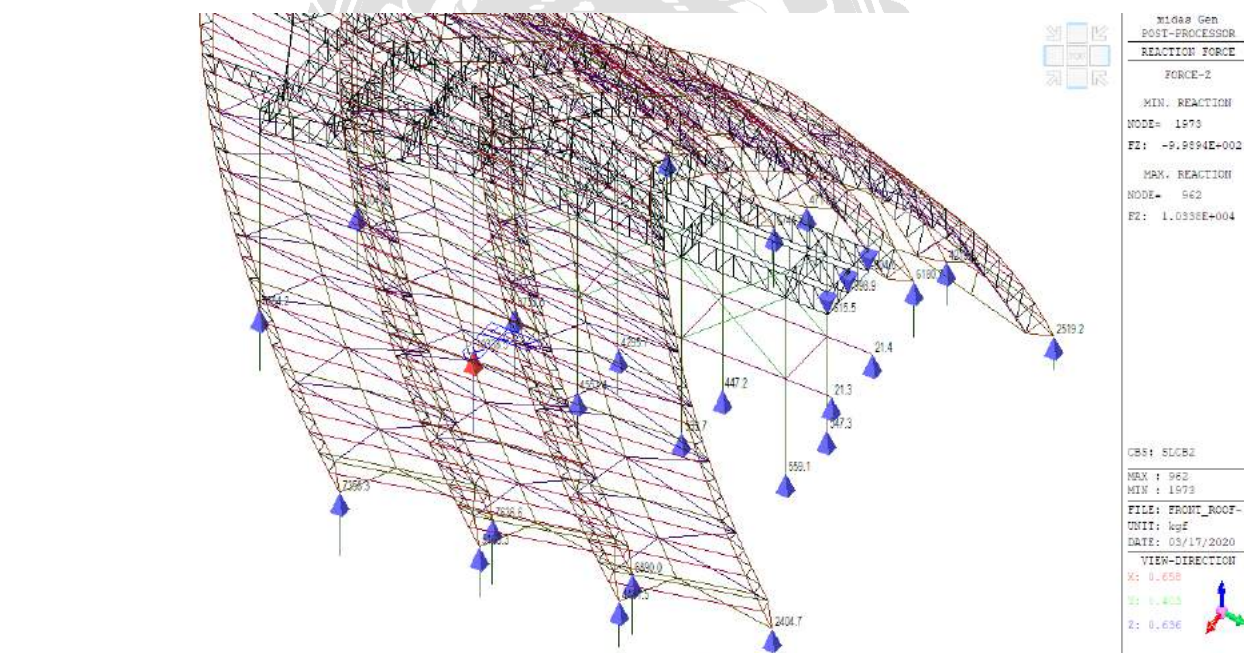
รูปที่ 4.38 การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสียรูปประมาณ 1.0 cm.



รูปที่ 4.39 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X

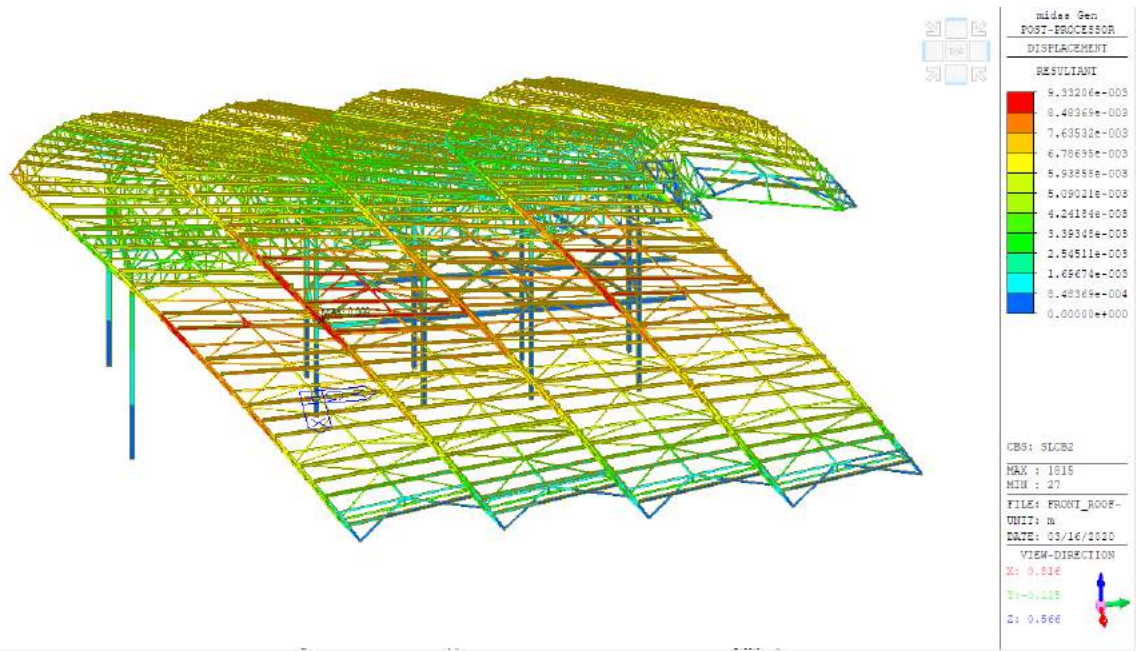


รูปที่ 4.40 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y

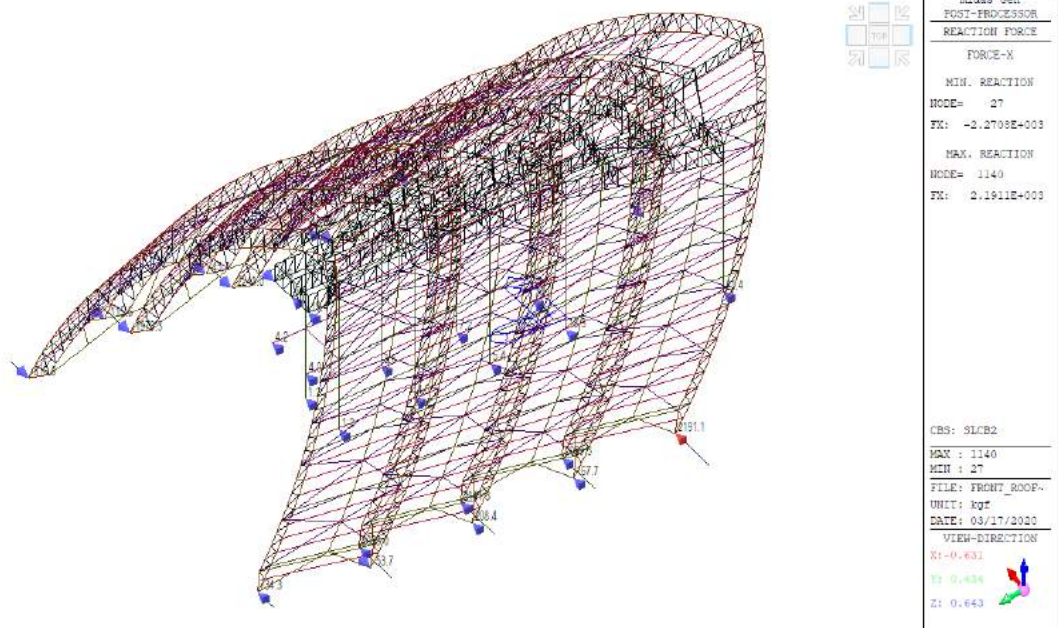


รูปที่ 4.41 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z

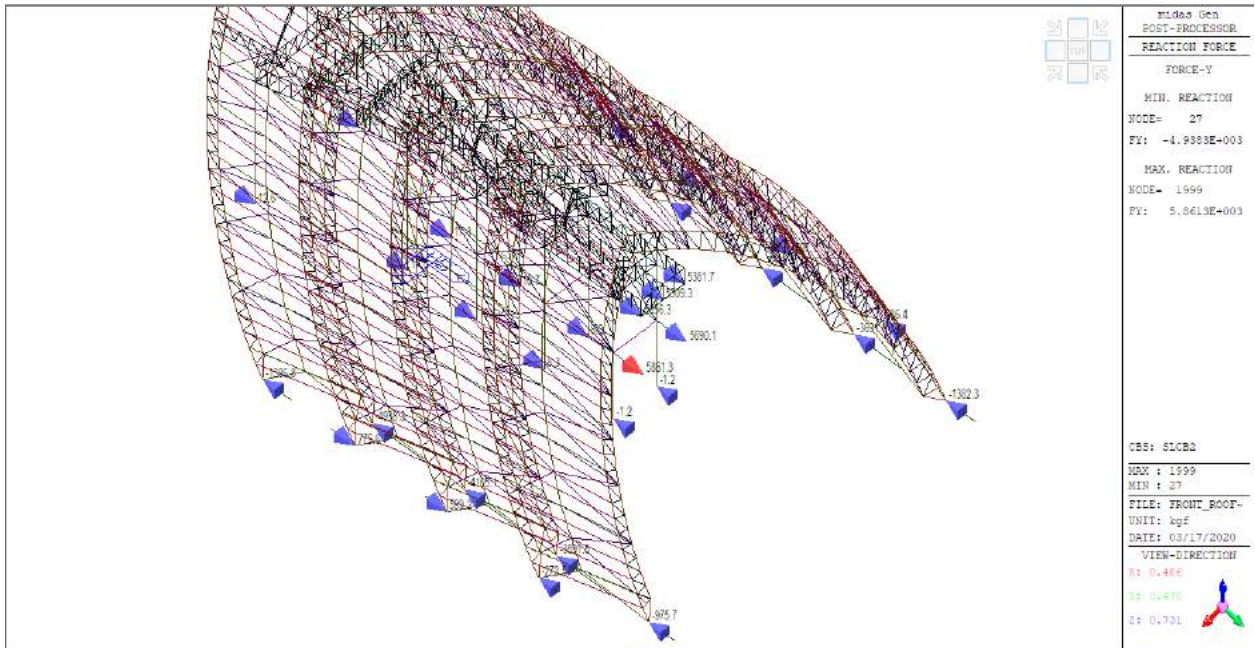
การวิเคราะห์การติดตั้งส่วนที่ 4



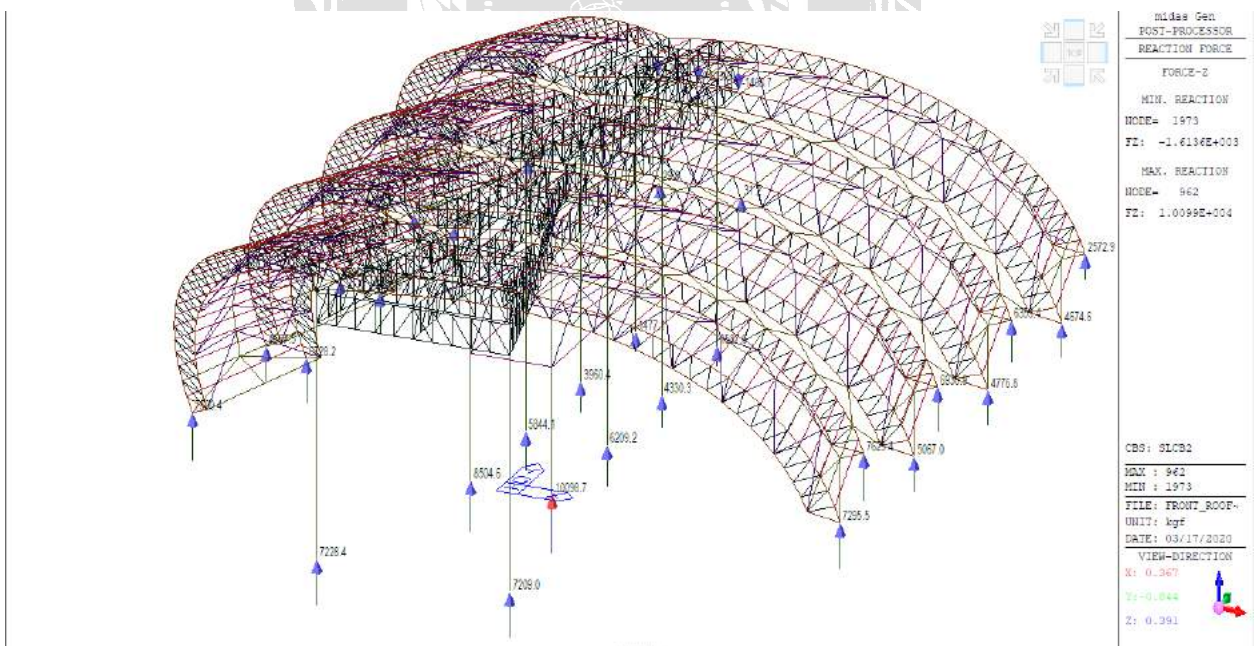
รูปที่ 4.42 การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเดียวรูปประมาณ 0.9 cm.



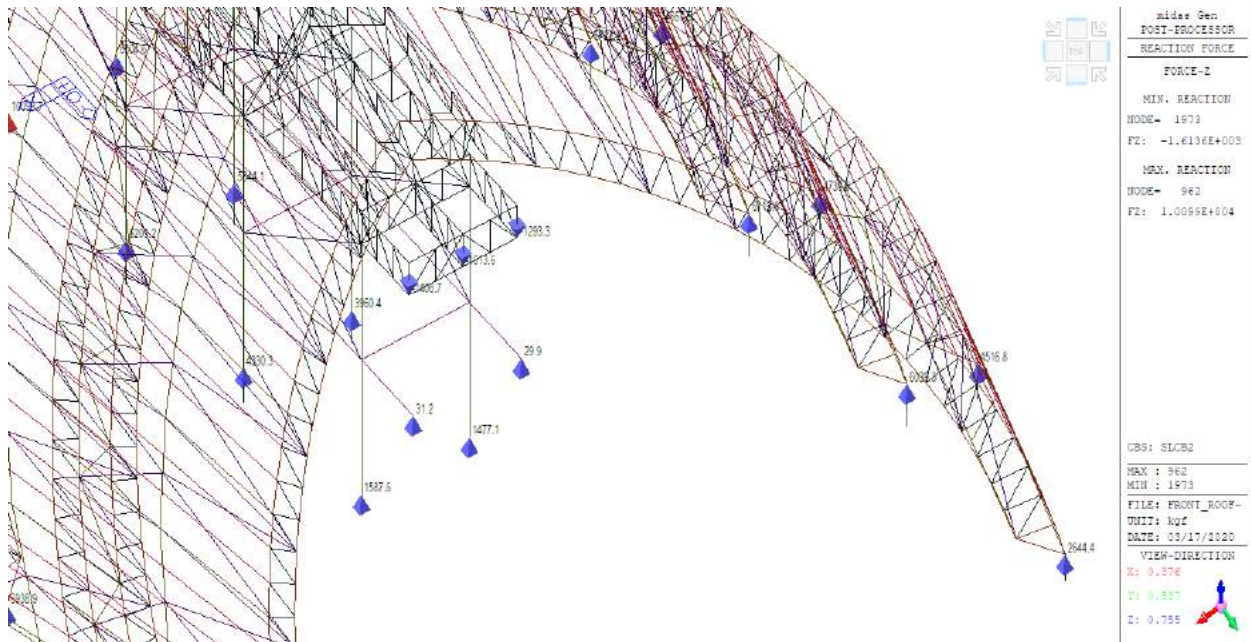
รูปที่ 4.43 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X



รูปที่ 4.44 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y



รูปที่ 4.45 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z



รูปที่ 4.46 การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z ด้านติดอาคาร

4.2.3 การดำเนินการติดตั้งโครงสร้างหลังคา



รูปที่ 4.47 เตรียมพื้นที่ขึ้นโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 4.48 การเตรียมวัสดุและทาสีกันสนิม ก่อนนำมาประกอบ



รูปที่ 4.49 งานประกอบโครงรับหลังคา



รูปที่ 4.50 งานประกอบโครงรับหลังคา



รูปที่ 4.51 การยกโครงสร้างรับหลังคาเพื่อติดตั้ง



รูปที่ 4.52 ติดตั้งโครงสร้างเหล็กรับหลังคา



รูปที่ 4.53 ประกอบชิ้นงานโครงสร้างหลังคา T-1



รูปที่ 4.54 ประกอบชิ้นงานโครงสร้างหลังคา T-1



รูปที่ 4.55 ประกอบชิ้นงานโครงสร้างหลังคา T-1B



รูปที่ 4.56 การยกชิ้นงาน T-1 เพื่อติดตั้ง



รูปที่ 4.57 การยกชิ้นงาน T-1 เพื่อติดตั้ง



รูปที่ 4.58 ติดตั้งโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 4.59 ติดตั้งโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 4.60 ติดตั้งโครงสร้างเหล็ก



รูปที่ 4.61 ติดตั้งโครงสร้างเหล็กแล้วเสร็จ



รูปที่ 4.62 ติดตั้งงานสถาปัตยกรรม

4.2.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในหน้างานและแนวทางการแก้ไข

4.2.4.1 เนื่องจากการให้ระยะ Grid Line ในการก่อสร้างจริง จึงทำให้ตอม่อมีการเอียงศูนย์เกินระยะที่ยอมรับได้

- การแก้ไขปัญหา ตอม่อมีการเอียงศูนย์ ไม่สามารถขยายตอม่อรับเสาจากโครงหลังคา จึงต้องทำการ Design คาน Band Beam ตามแนวของตอม่อเพื่อถ่ายน้ำหนักลงตอม่อ เพื่อให้แรงตาม axis และแรงจากโมเมนต์บิด กระจายลงคาน เพื่อกระจายแรงแล้วถ่ายลงตอม่อ



รูปที่ 4.63 ภาพแสดงการเยื้องศูนย์ของตอม่อ



รูปแสดงที่ 4.64 จัดทำ Band Beam แก้ไขปัญหาตอม่อเยื้องศูนย์

4.2.4.2 ปัญหาเกิดการผิดพลาด รู้เท่าไม่ถึงการณ์ ของทีมงาน โครงสร้าง ปล่อยให้ช่างตัดเหล็ก Dowel
เสาทั้งหมด

- การแก้ไขปัญหา เนื่องจากน้ำหนักที่ถ่ายลงมาค่อนข้างมาก จึงต้องใช้วัสดุที่มีคุณภาพจึงเลือกใช้ Anchor rod เป็นแบบเคมียี่ห้อ Hilti รุ่น HVU2 adhesive capsule และเจาะระยะฝังตามข้อมือที่กำหนดและรับแรงได้ไม่น้อยกว่า 10 Ton/ชุด



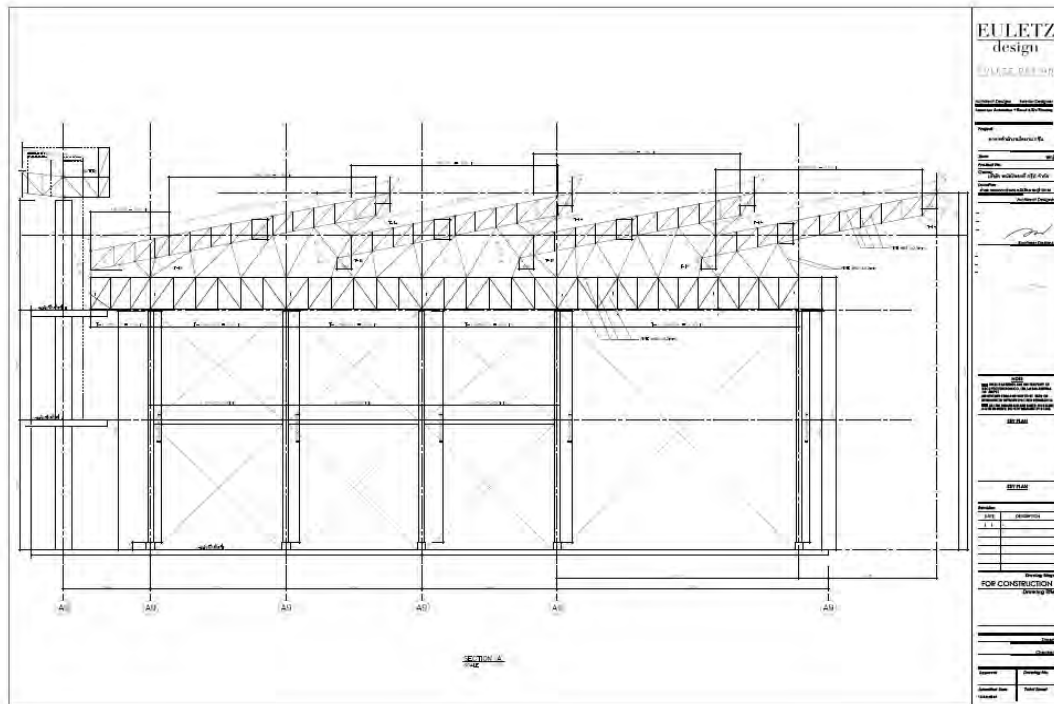
รูปที่ 4.65 รูปภาพเหล็ก Dowel ที่ถูกตัดขาด



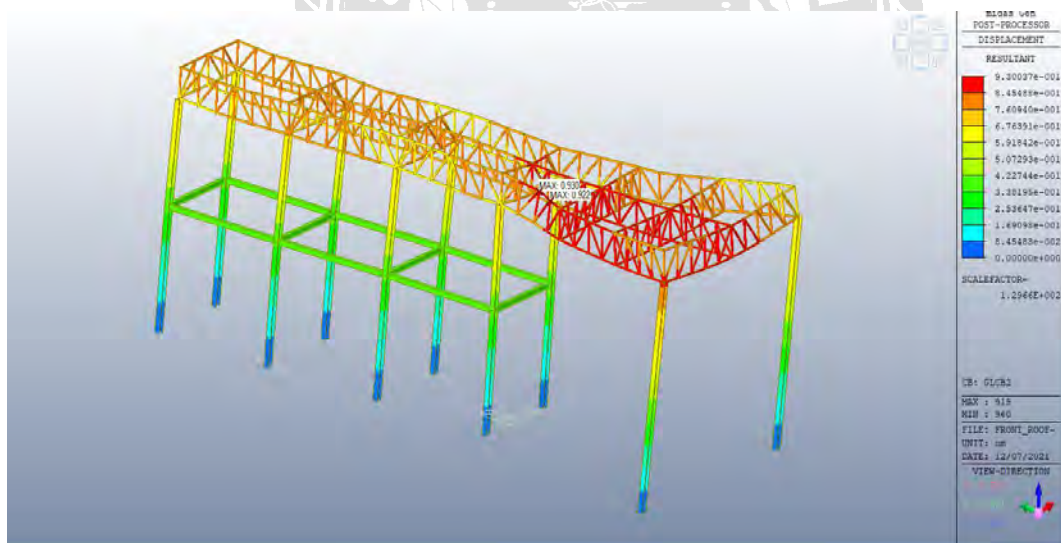
รูปที่ 4.66 ภาพการติดตั้ง Anchor rod แบบเคมี

4.2.4.3 เนื่องจากลักษณะของหลังคาไม่สมดุล โดยมีการโน้มไปด้าน จึงไม่สามารถยืนด้วยตัวเอง โดยปราศจากแรงดึงด้านหลัง จากการวิเคราะห์โครงสร้าง คสล. ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วนั้น ไม่ได้ถูก ออกแบบมารับแรงดึงจากหลังคา

- การแก้ไขปัญหา จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MIDAS GEN หาแรงที่กระทำต่อ โครงสร้างคสล. โดยถ่ายแรงลงตอม่อ จึงออกแบบโครงสร้างเหล็กเพื่อรับน้ำหนัก ถ่ายลงตามแกนลงสู่ตอม่อ และจัดทำแบบเพื่อขออนุญาตเพิ่มเติม โดยวิศวกร ระดับสามัญกำกับดูแลการออกแบบ โครงสร้างรับหลังคา



รูปที่ 4.67 แบบรูปตัดแสดงโครงสร้างรับหลังคา



รูปที่ 4.68 ภาพแสดงการเสียรูปของโครงสร้างรับหลังคา

4.2.4.4 พื้นที่ในการทำงานมีจำกัด และพื้นที่ทำงานเป็นดินที่ยังไม่มีการบดอัด จึงมีปัญหาการประกอบชิ้นงาน ไม่มั่นคงจะทำให้การประกอบมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้

- การแก้ไขปัญหา ทำการบดอัดดินและทำการทำเทคอนกรีตหยาบบางส่วน เพื่อติดตั้ง โครงคานเหล็กเพื่อประกอบงานให้มั่นคง และออกหนังสือเพื่อขอพื้นที่จัดวางและทำแผนงานการติดตั้งและทางเดินเครื่องจักรเพื่อใช้ในการประกอบงาน



รูปที่ 4.69 ภาพแสดงการทำโครงเหล็กเพื่อทำการประกอบชิ้นส่วนหลังคา

4.2.4.5 ปัญหาเรื่องการจราจร ภายในโรงงาน เนื่องเป็นการก่อสร้างพื้นที่ในโรงงาน จึงมีการสัญจรของรถต่างๆ ภายในโรงงานตลอดเวลา จึงมีปัญหากับการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

- การแก้ไขปัญหา จัดทำหนังสือ และแผนงานการหยุดการสัญจร ภายในโรงงานชั่วคราวให้ชัดเจน และกำหนดช่วงเวลา ขอความร่วมมือกับทางโรงงานฯ



รูปที่ 4.70 ภาพแสดงการยกชิ้นงานข้ามรั้ว



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

5.1.1 สรุปผลโครงการกับวัตถุประสงค์

ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โครงการเล่มนี้ได้รวบรวมข้อมูลขั้นตอนการทำงานก่อสร้างและปัญหาที่พบในโครงการก่อสร้าง และได้นำเสนอข้อมูลและแนวทางการแก้ไขปัญหา การทำโครงการเล่มนี้ทำให้ผู้จัดทำรู้ถึงการบริหารงานก่อสร้าง และการจัดการโครงการ และได้เห็นปัญหาต่างๆในการบริหารโครงการเพื่อที่จะนำปัญหาที่ตรวจพบไปดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และได้ตรงตามแผนโครงการที่วางไว้

จากกรณีศึกษาตำแหน่งงานผู้ช่วยที่ปรึกษาในการควบคุมงานก่อสร้างอาคารบริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด ในครั้งนี้ พบว่าการปฏิบัติงานช่วยยกระดับความรู้ความเข้าใจถึงขั้นตอนและรูปแบบในการควบคุมดูแลงานก่อสร้างอาคาร และได้ความรู้ในการปฏิบัติงานในแผนกผู้ช่วยที่ปรึกษา โดยวัดจากความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการทำงานตามชื่อโครงการ เทคนิคและการควบคุมตรวจสอบงานก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก อาคารสนามกีฬาในร่ม ทำให้ทราบวิธีควบคุมการก่อสร้างอาคารและกระบวนการทำงาน ให้ได้ตรงตามระยะเวลาที่กำหนดและปัญหาต่างๆ จากการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริง พร้อมแก้ไขปัญหา รับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย รวมถึงการพัฒนาความรู้ ความสามารถในการทำงานและการควบคุมดูแลงานก่อสร้างมากขึ้น

การเข้าปฏิบัติฝึกงานสหกิจศึกษาที่ บริษัท โอเชียนพูลส์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2564 งานที่ได้รับมอบหมายจากสถานปฏิบัติงานคือ ออกแบบและคำนวณโครงสร้างหลังคาเหล็ก อาคาร Research and Development (R&D) และได้เรียนรู้ระบบการทำงานขององค์กร ได้รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่นฝึกการตรงต่อเวลาและมีความรับผิดชอบในหน้าที่การทำงานมากขึ้นในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้ใช้ความสามารถด้านที่ตัวเองถนัดในการทำงาน โดยใช้ความรู้ที่ได้ศึกษาบางส่วนมาใช้ในการปฏิบัติงานจริงและทำหน้าที่ของตัวเองที่ได้รับมอบหมายงานอย่างเต็มที่การทำงานย่อมมีคำติชมจากผู้ที่มีประสบการณ์นำสิ่งเหล่านั้นมาปรับปรุงแก้ไขทำให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.1.2 ข้อจำกัดและปัญหาของโครงการ

- จากการลงพื้นที่จริงและได้ควบคุมการก่อสร้างจริง พบอุปสรรคที่เกิดขึ้น คือ ระยะเวลาเริ่มแรกยังไม่มีความชำนาญเกี่ยวกับการก่อสร้างและระบบงานในองค์กร
- ปัญหาความปลอดภัยของพนักงานก่อสร้างขณะกำลังปฏิบัติงานในการก่อสร้างต่างๆ
- ปัญหาเรื่องสภาพอากาศที่มีผลต่อการก่อสร้าง ทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างถูกยืดระยะเวลาออกไป
- ปัญหาแบบแปลนในการทำงานที่เปลี่ยนแปลงบ่อย มีผลทำให้งานเกิดความล่าช้าในบางส่วน
- ปัญหาเรื่องคนงานที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้งานไม่เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ จนทำให้ต้นทุนเพิ่มมากขึ้น

5.2 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.2.1 ข้อดีของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ทำให้นักศึกษาได้เรียนรู้และสัมผัสกับการทำงานจริง ได้ทำงานในองค์กรจริง มีระเบียบวินัยในการทำงาน สามารถร่วมงานทำงานเป็นทีมกับผู้อื่นได้ ได้มีประสบการณ์ในการทำงาน ได้รู้จักกับบุคคลในวงการก่อสร้างมากขึ้น มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและสามารถนำความรู้จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ไปใช้กับการทำงานจริงในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี

5.2.2 ปัญหาที่พบของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

ควรจัดให้มีระยะเวลาในการทำสหกิจศึกษามากกว่านี้ เนื่องจากไม่ทราบข้อแตกต่างระหว่างฝึกงานกับสหกิจอย่างชัดเจน เพื่อที่จะได้นำข้อมูลไปนำเสนอแนะให้กับผู้ประกอบการและเจ้าของโครงการได้

5.2.3 ข้อเสนอแนะ

อยากให้มีโครงการสหกิจต่อไป เพื่อที่สามารถนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานได้

บรรณานุกรม

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (ม.ป.ป.). พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 และกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง.

www.dpt.go.th

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2547). วิศวกรรมก่อสร้างการบริหารงานก่อสร้าง. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา. (2545). มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พูลศักดิ์เพียรสุสม, ปวีร์ศรี ศิริพิพัฒกุล และ วิโรจน์ ลิขนะเชียร. (2561). คู่มือการออกแบบโครงสร้างและ
การใช้งาน MIDAS GEN และ Design Plus 2015. สถาบันฝึกอบรมทางวิศวกรรมและก่อสร้าง

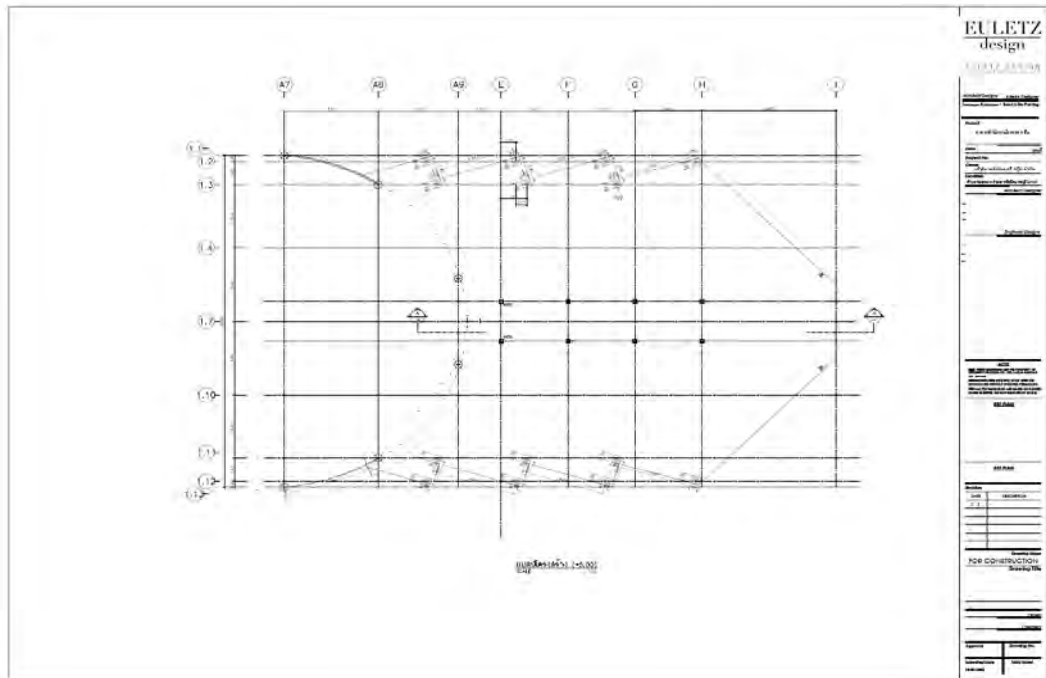
TumCivil.com



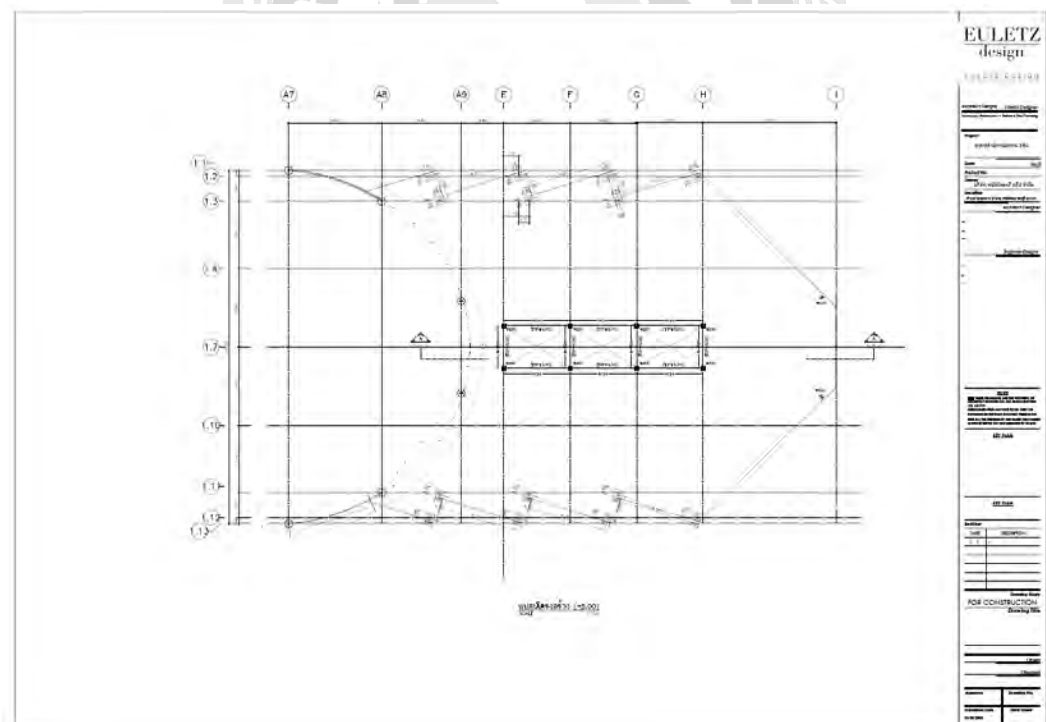


ภาคผนวก ก

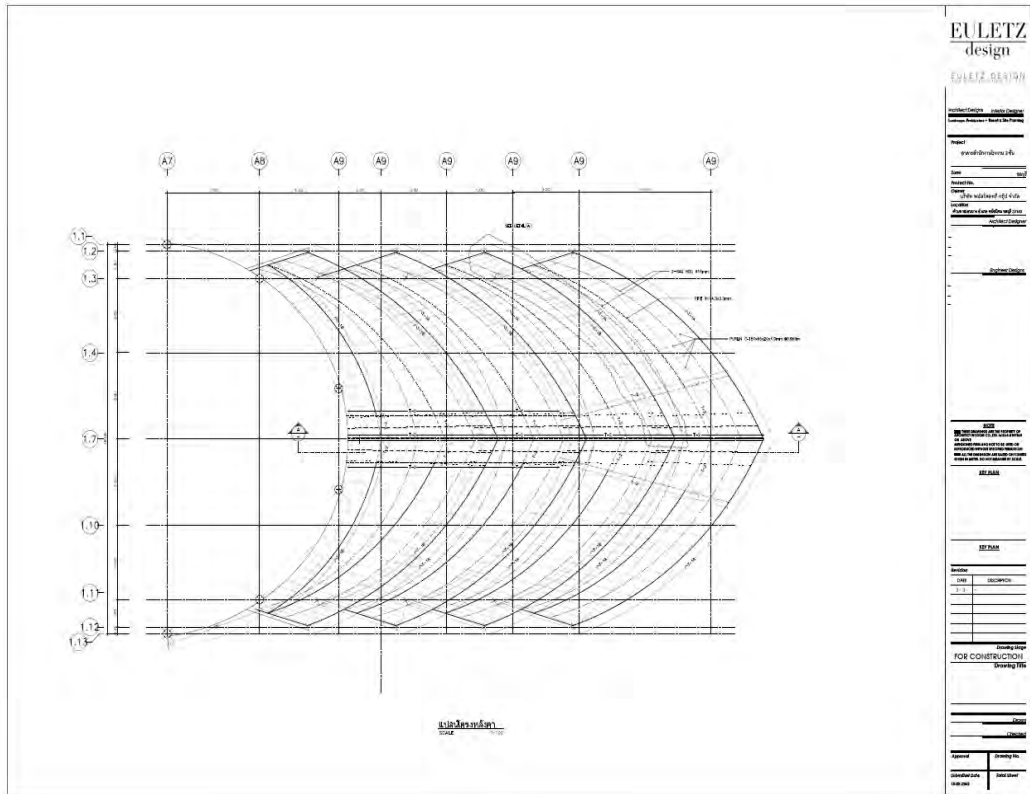
รูปภาพการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่



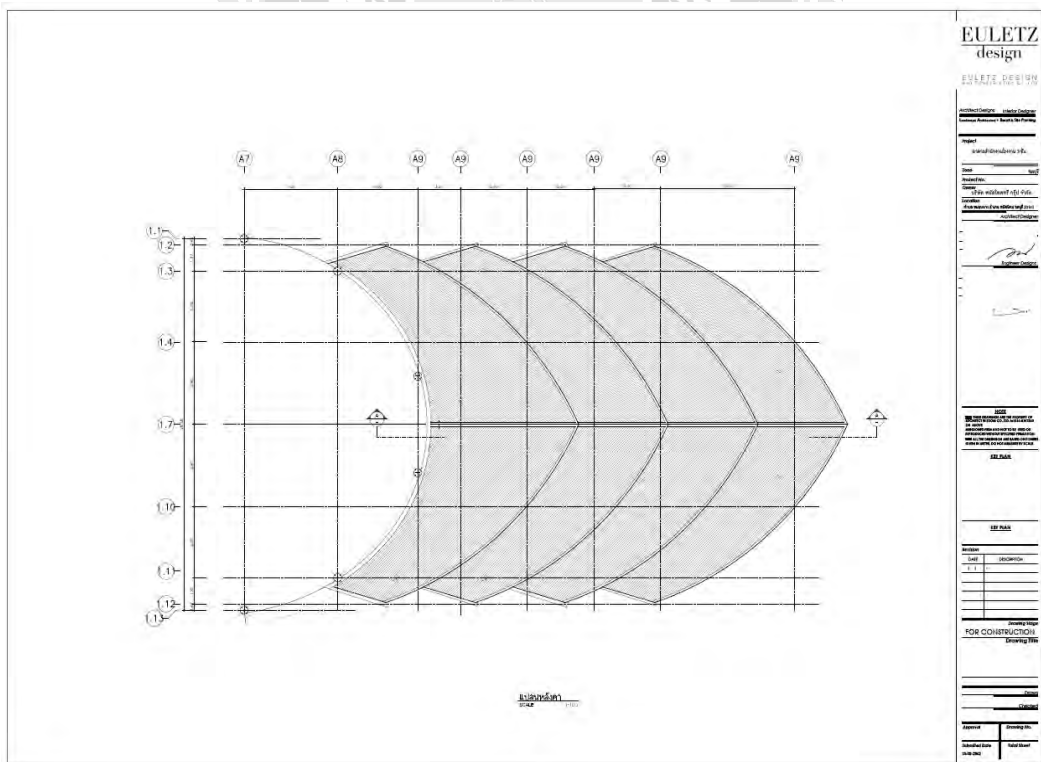
แบบแปลนพิกัดเสาตอม่อ



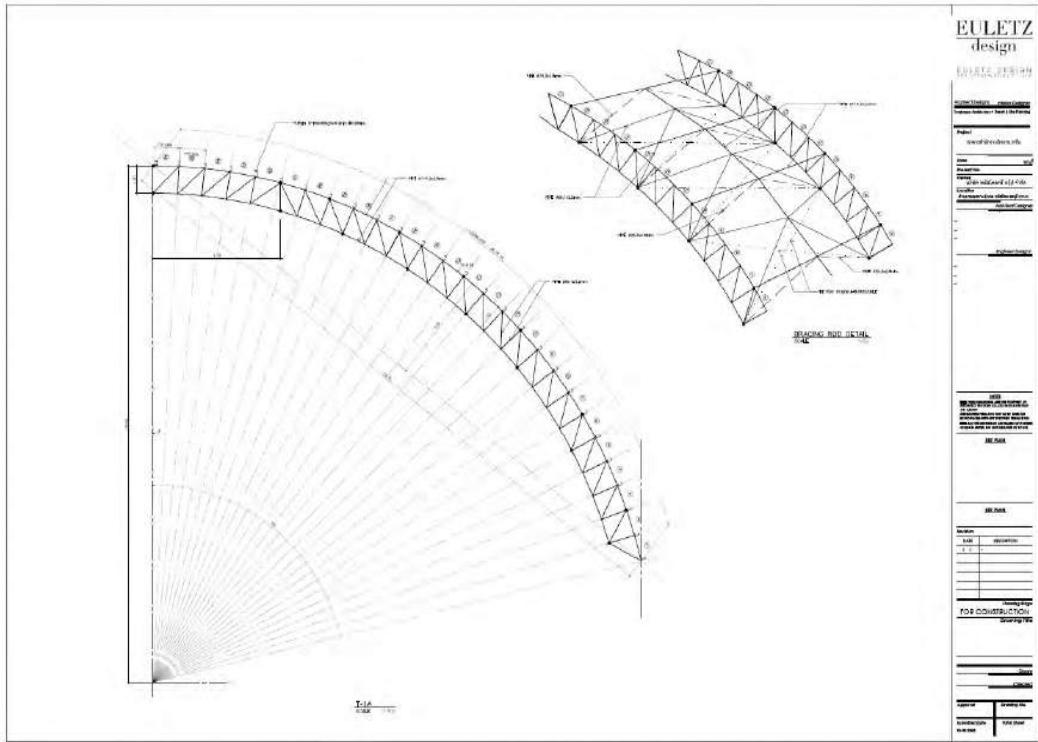
แบบแปลนเสารับโครงสร้างหลังคา



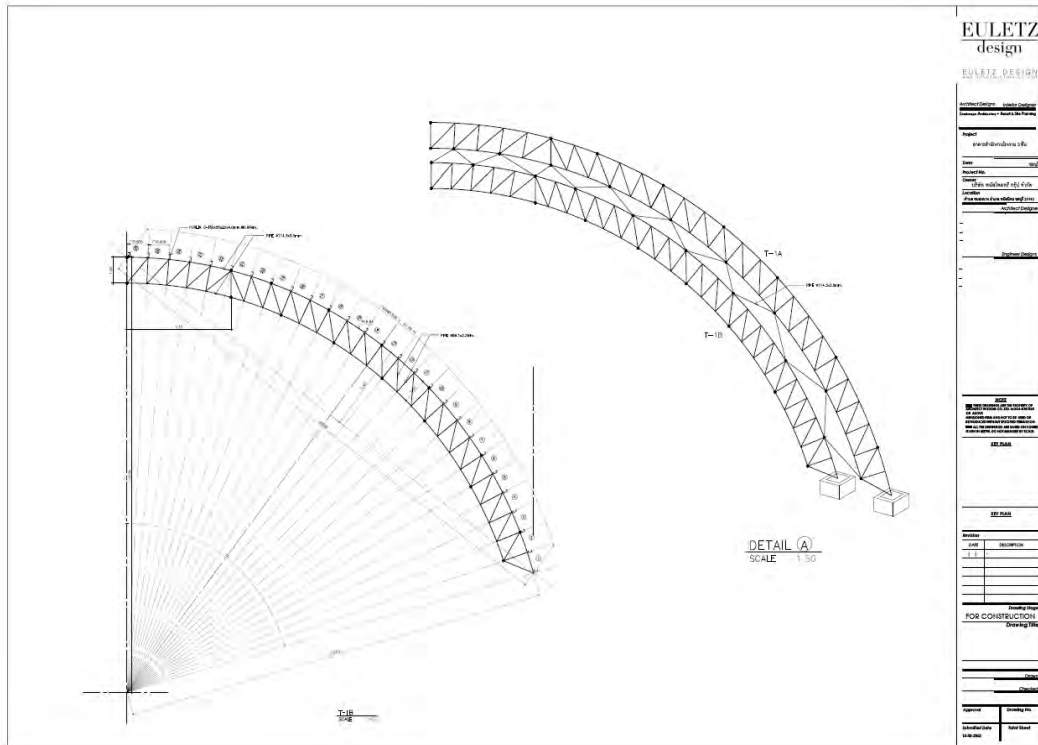
แบบแปลนเสารับโครงสร้างหลังคา



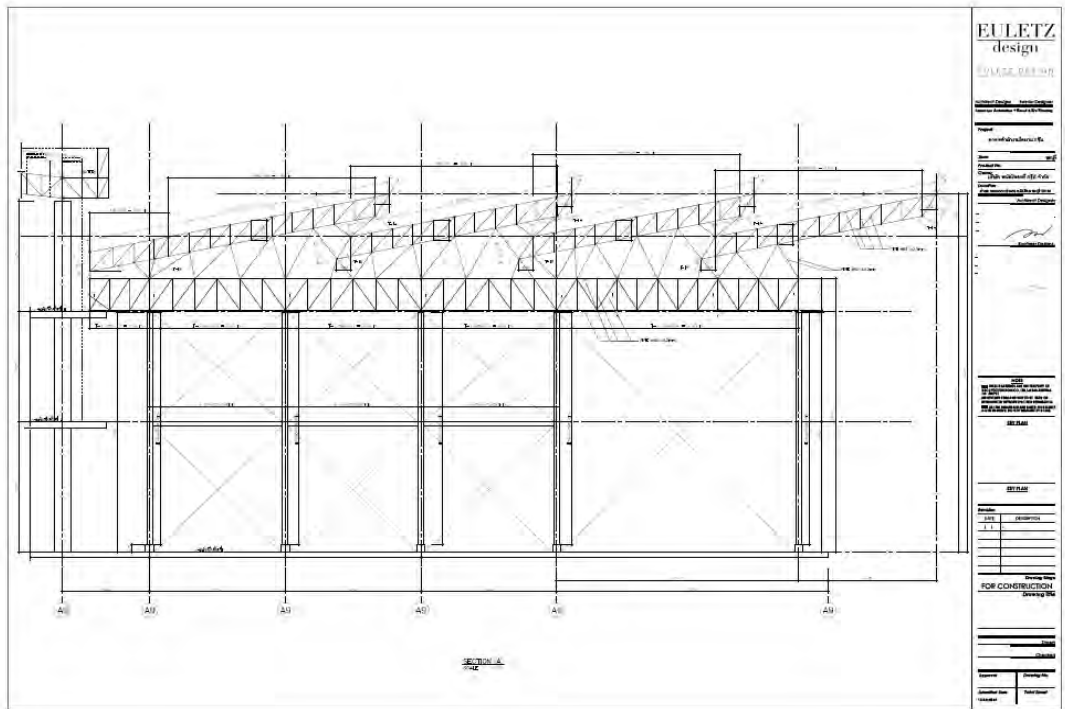
แบบแปลนกระดิดตั้งแผ่น Metal Sheet



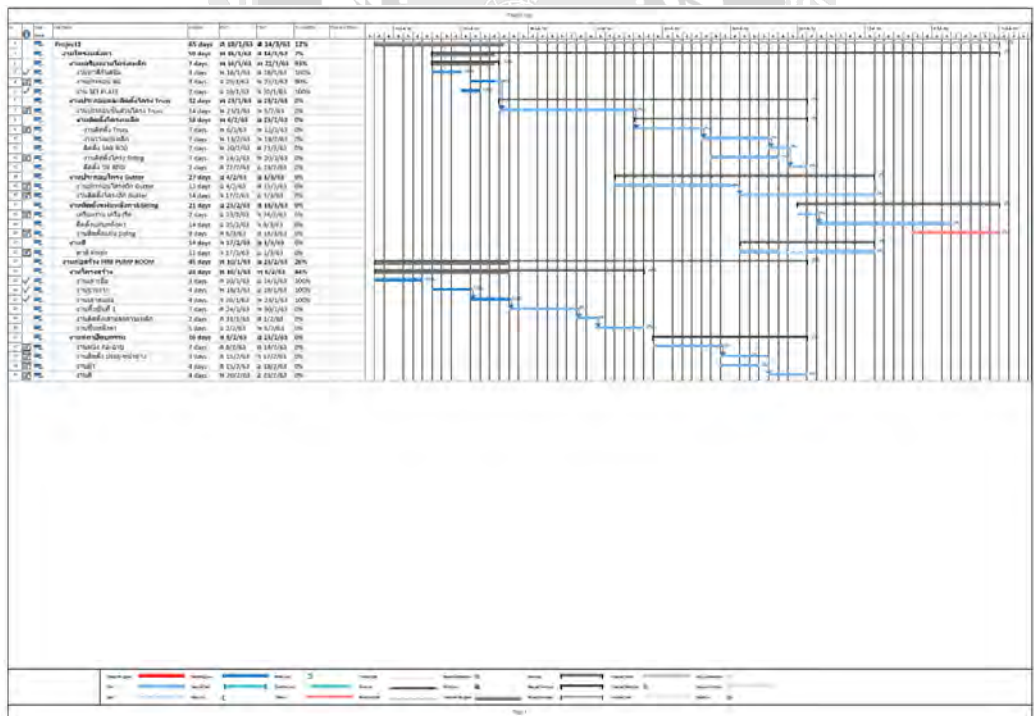
แบบขยาย Truss T-1A



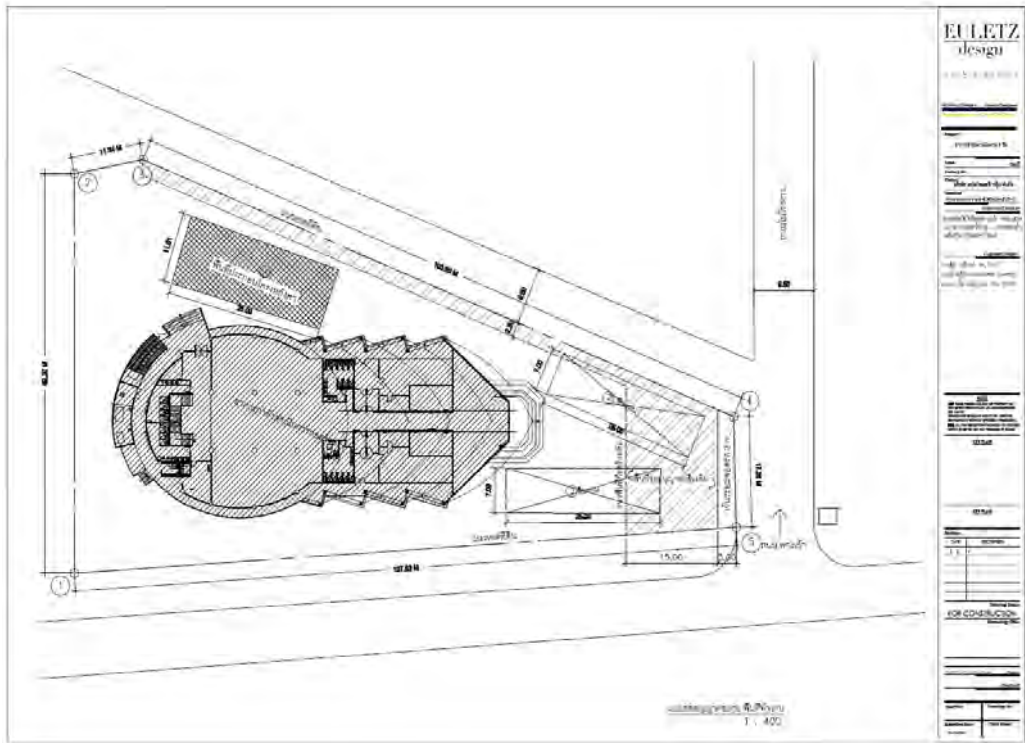
แบบขยาย Truss T-1B



แบบรูปตัดโครงสร้างหลังคา

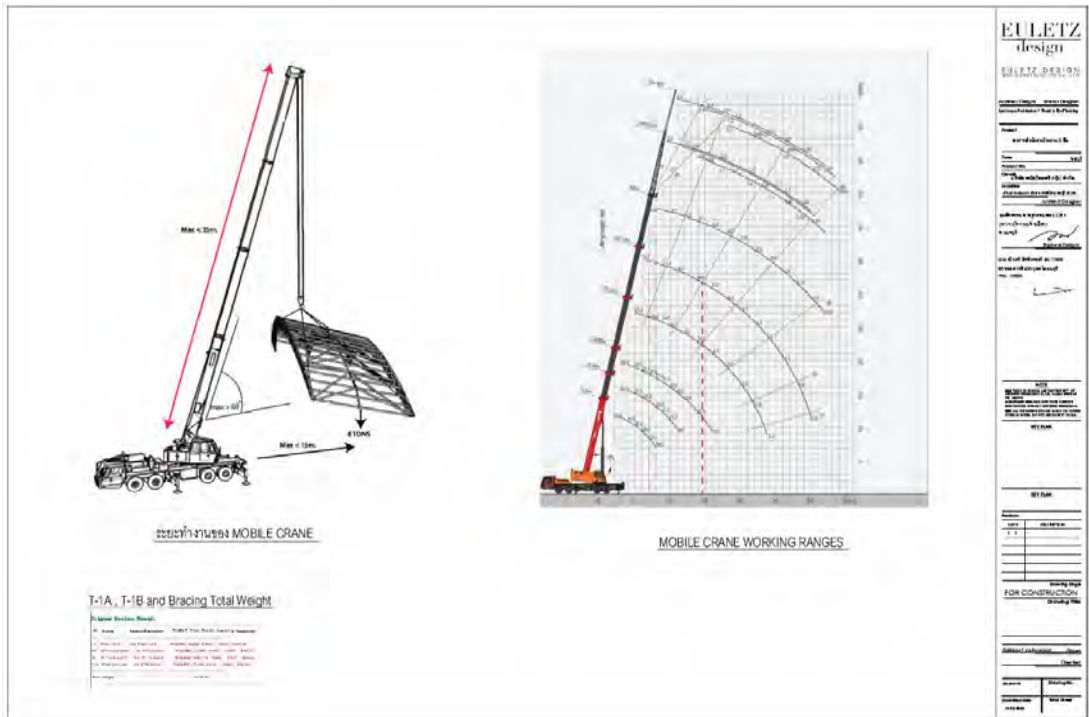


จัดทำ Gantt Chart เพื่อนำเสนอแผนงานติดตั้ง



จัดทำแบบขอพื้นที่ทำงาน
การวางวัสดุเพื่อประกอบ





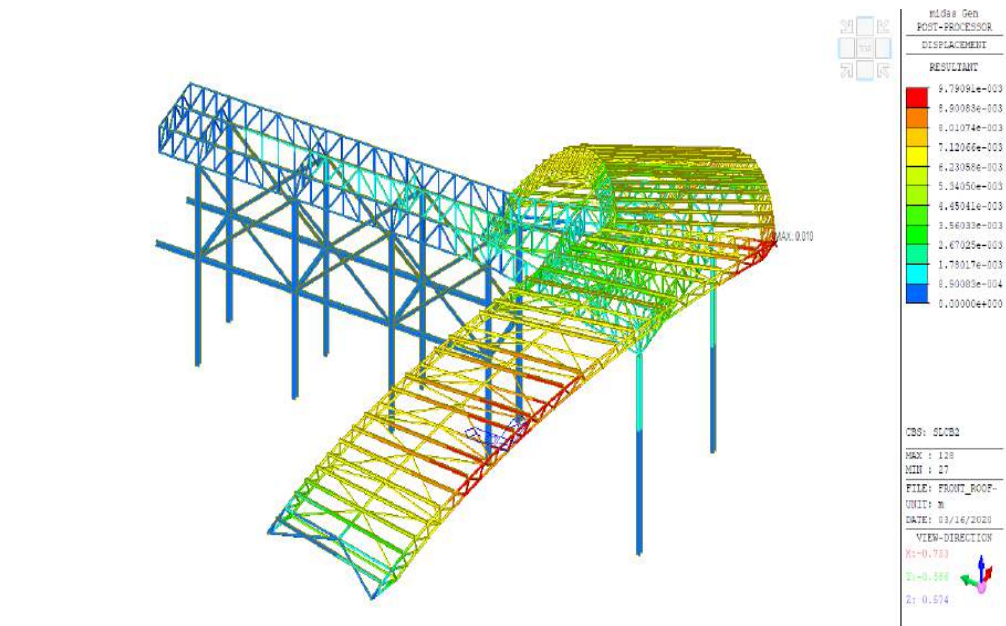
การนำน้ำหนักบรรทุกของชิ้นงานและระยงศการยกของ



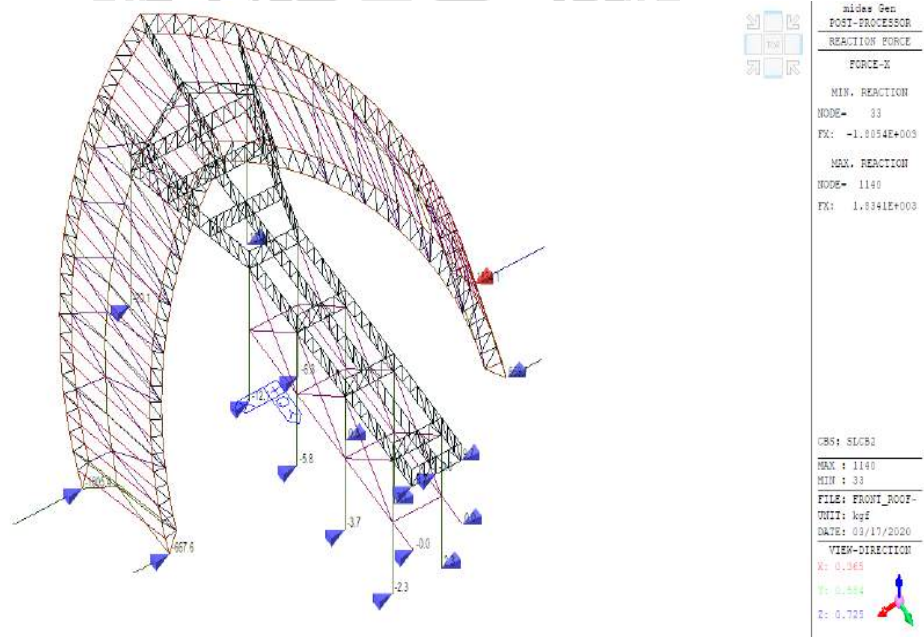


การยกชิ้นงานและพักชิ้นงานก่อนการติดตั้ง

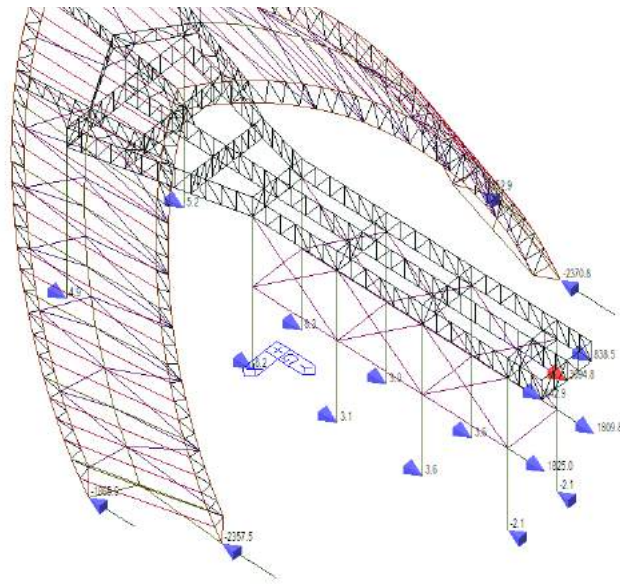




การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเดียวรูปประมาณ 1 cm.

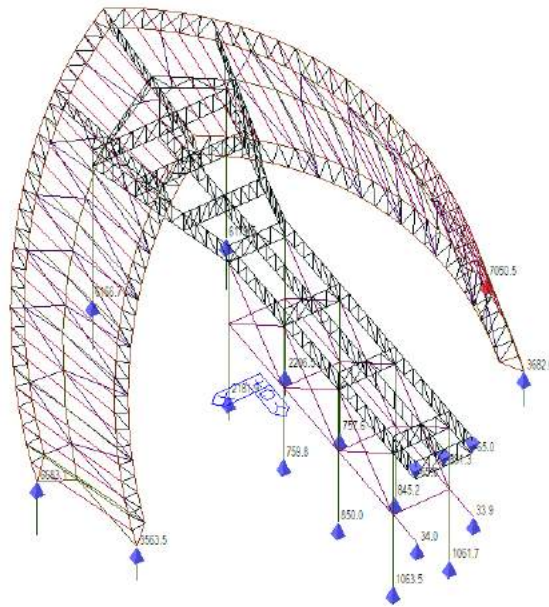


การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X



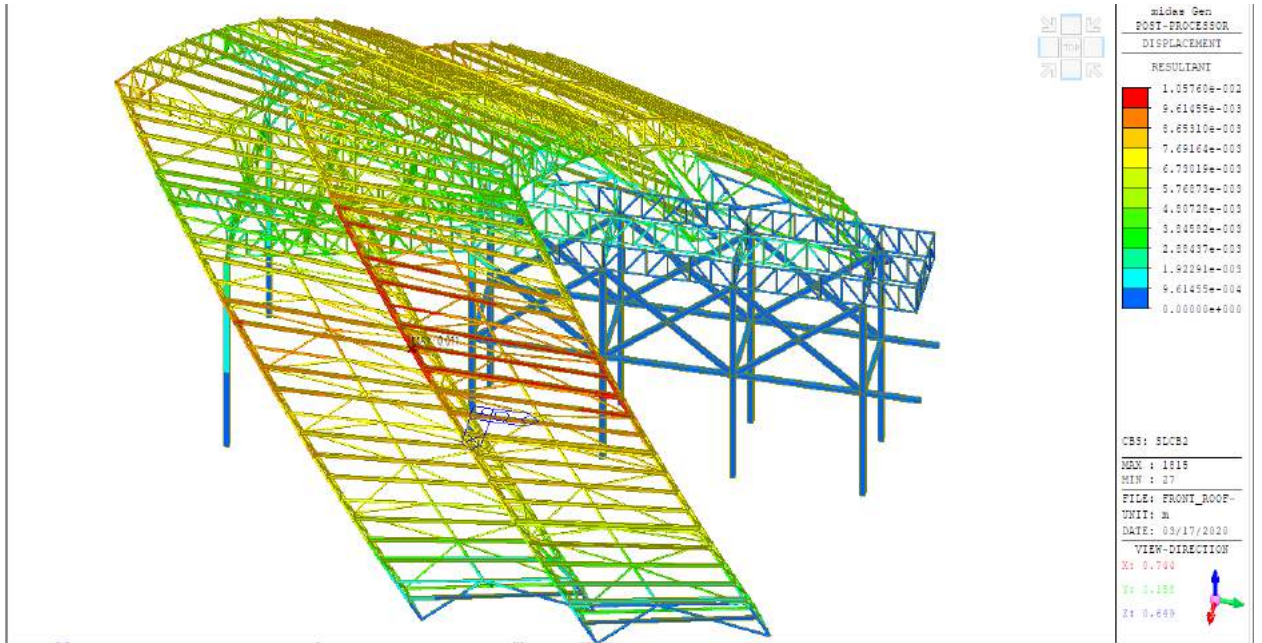
midas Gen	
POST-PROCESSOR	
REACTION FORCE	
FORCE-Y	
MIN. REACTION	
NODE= 1151	
FY: -2.3708E+003	
MAX. REACTION	
NODE= 1975	
FY: 3.0946E+003	
CBS: SLCB2	
MAX : 1975	
MIN : 1151	
FILE: FRONT_ROOF-	
UNIT: kgf	
DATE: 03/17/2020	
VIEW-DIRECTION	
X: 0.530	
Y: 0.477	
Z: 0.701	

การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y

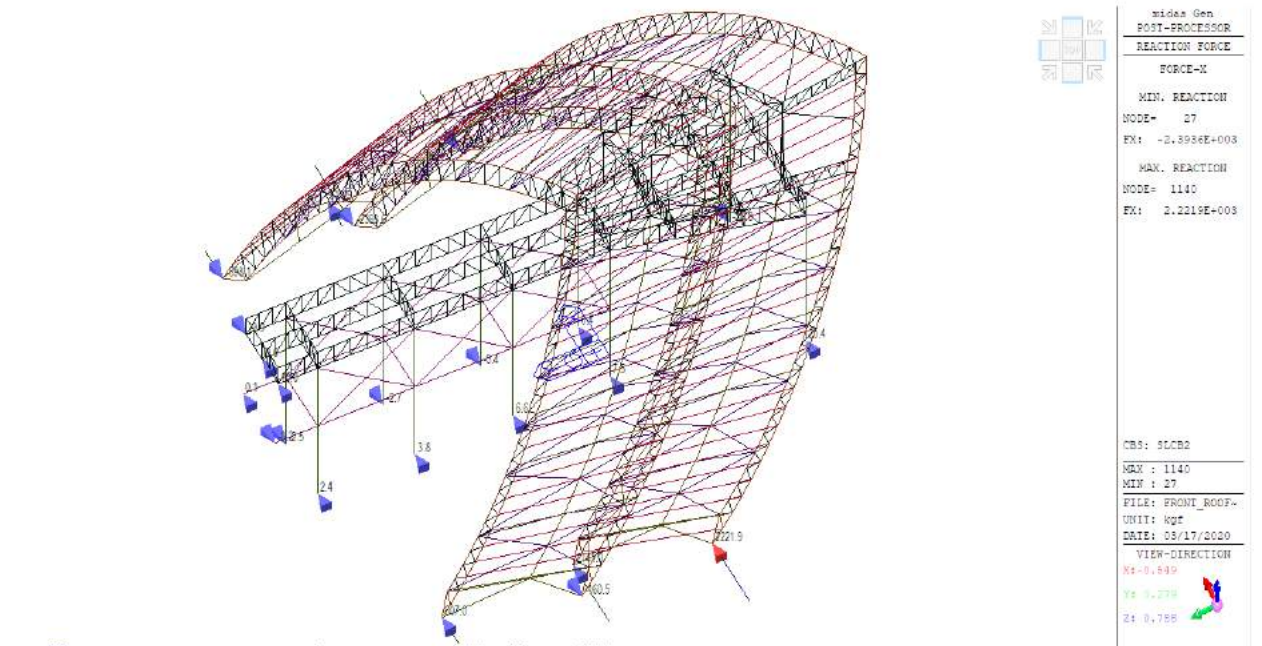


midas Gen	
POST-PROCESSOR	
REACTION FORCE	
FORCE-Z	
MIN. REACTION	
NODE= 1975	
FZ: -6.3626E+002	
MAX. REACTION	
NODE= 1140	
FZ: 7.0505E+003	
CBS: SLCB2	
MAX : 1140	
MIN : 1975	
FILE: FRONT_ROOF-	
UNIT: kgf	
DATE: 03/17/2020	
VIEW-DIRECTION	
X: 0.365	
Y: 0.384	
Z: 0.725	

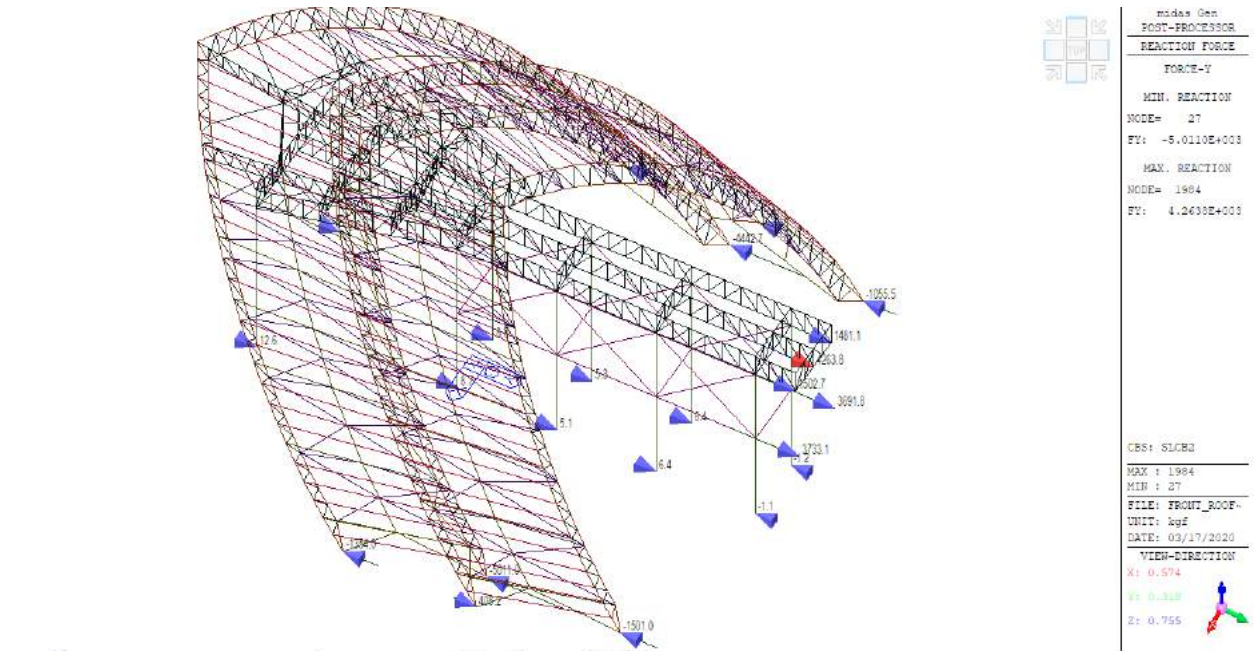
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z



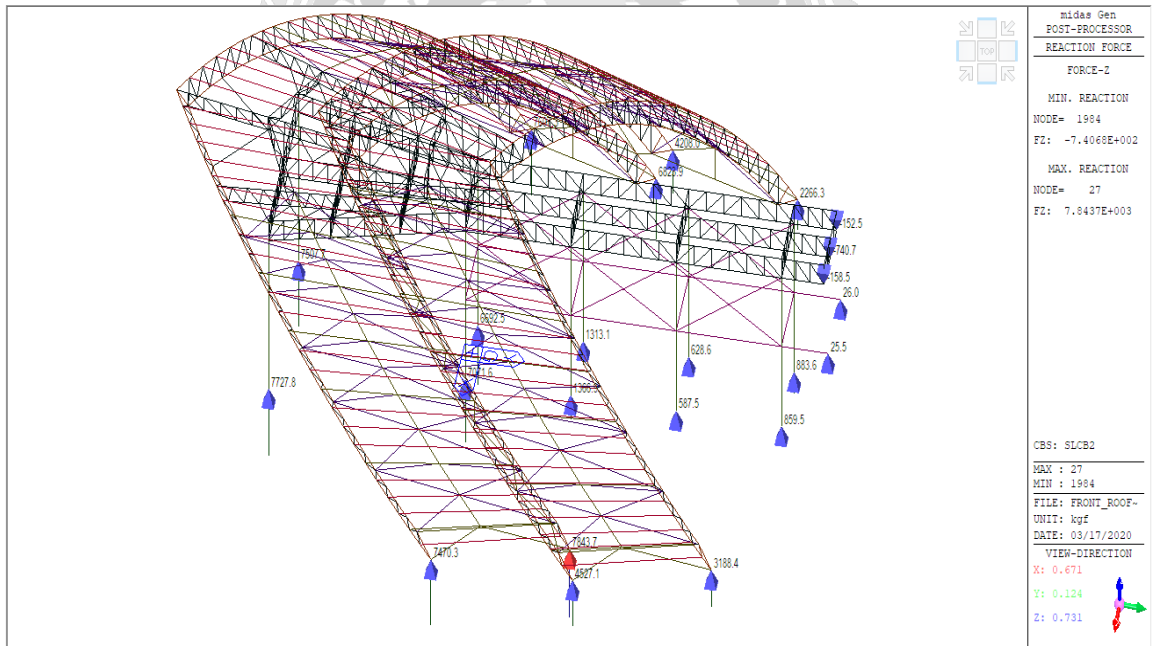
การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสีรูปประมาณ 1.1 cm.



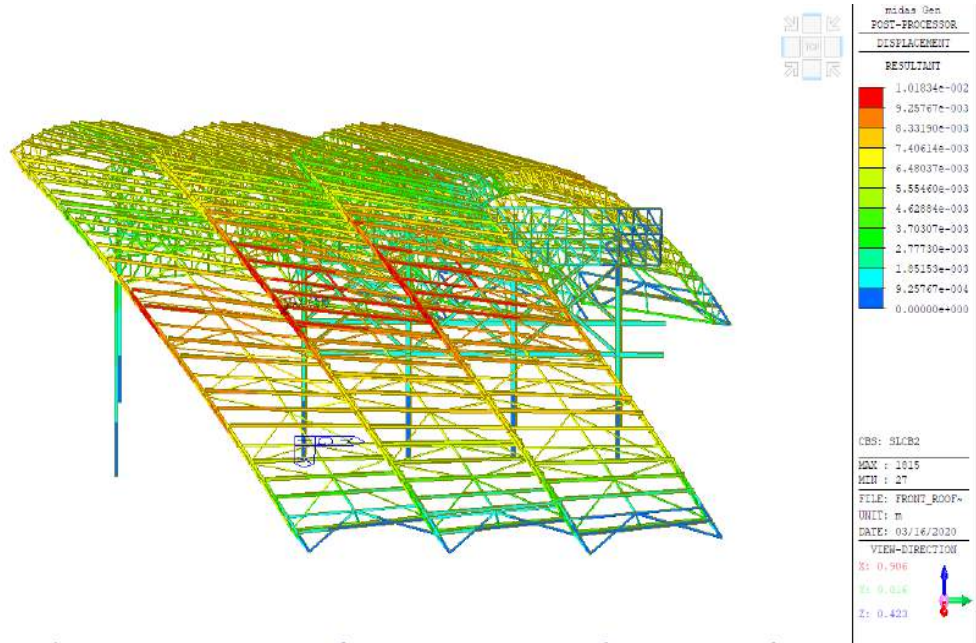
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X



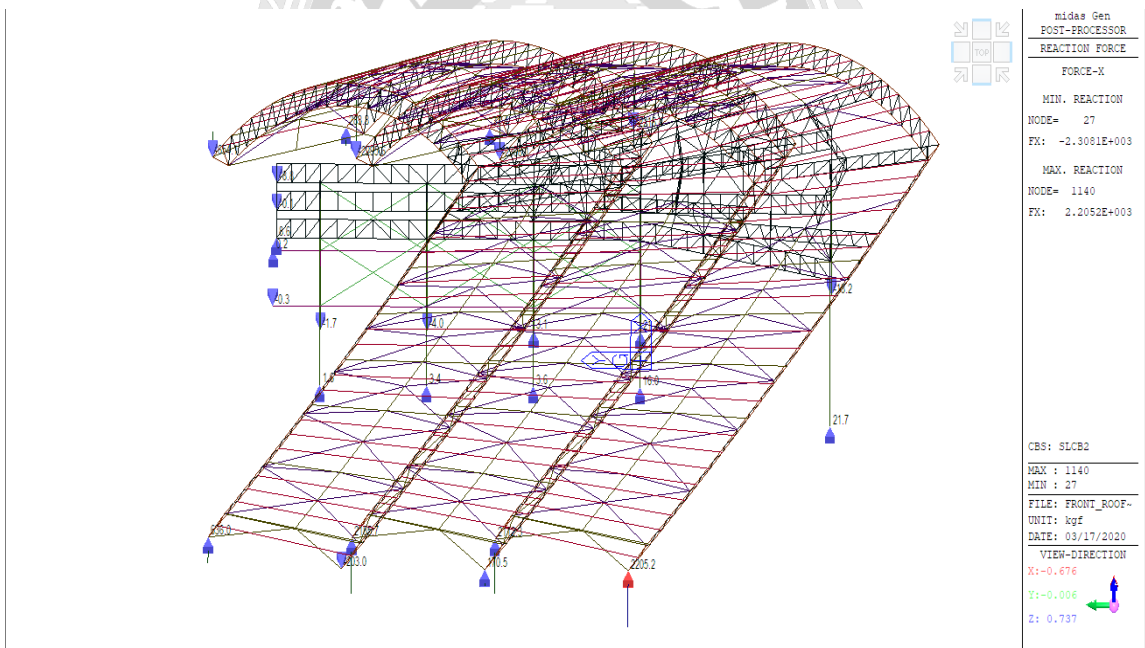
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y



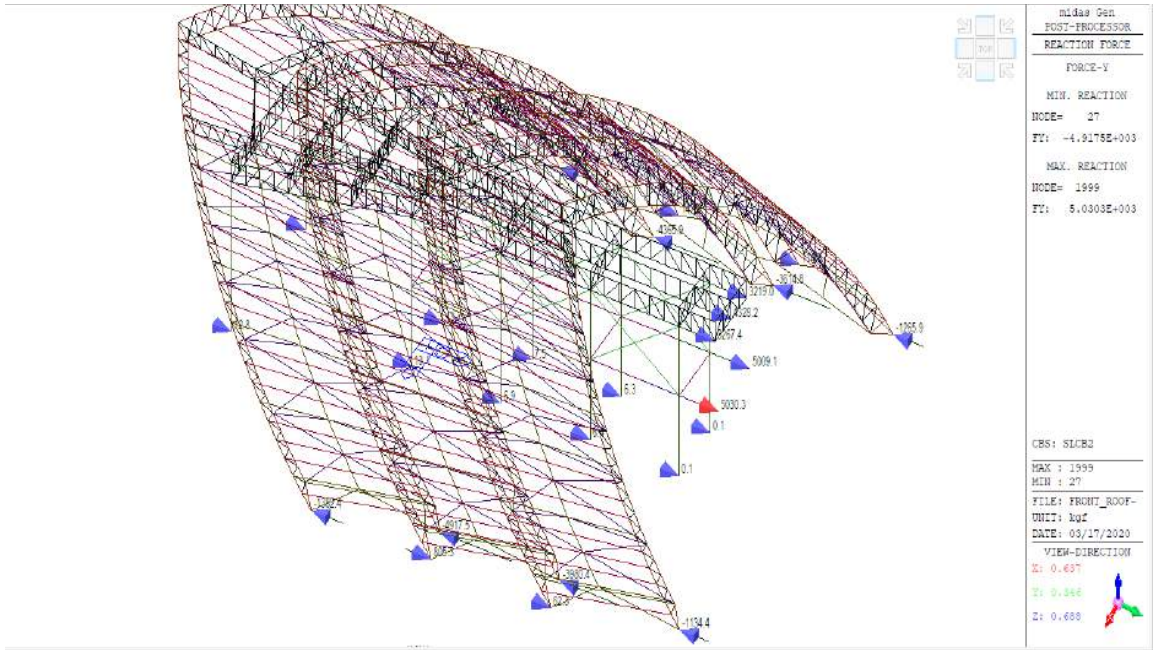
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z



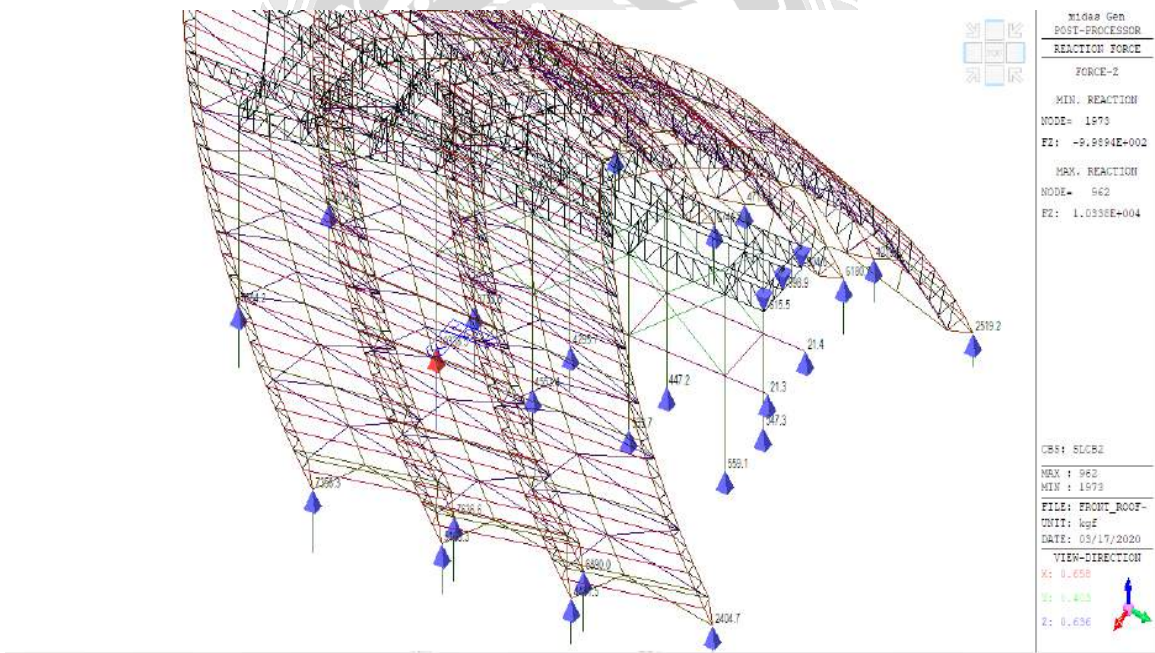
การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสีรูปประมาณ 1.0 cm.



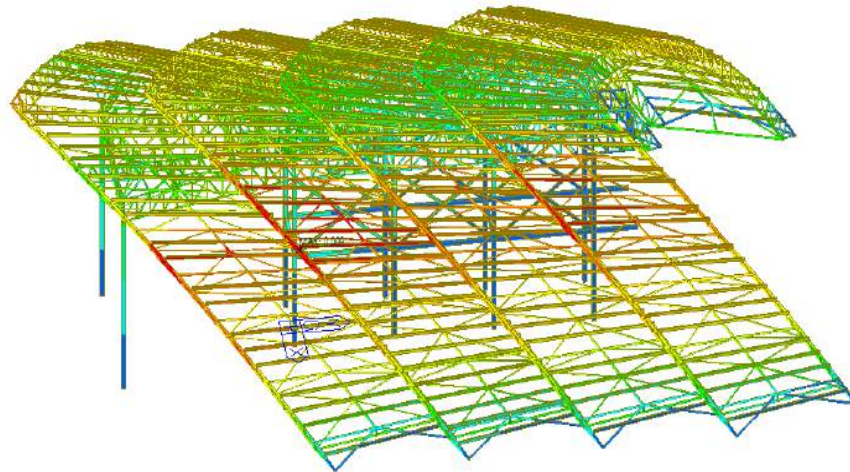
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X



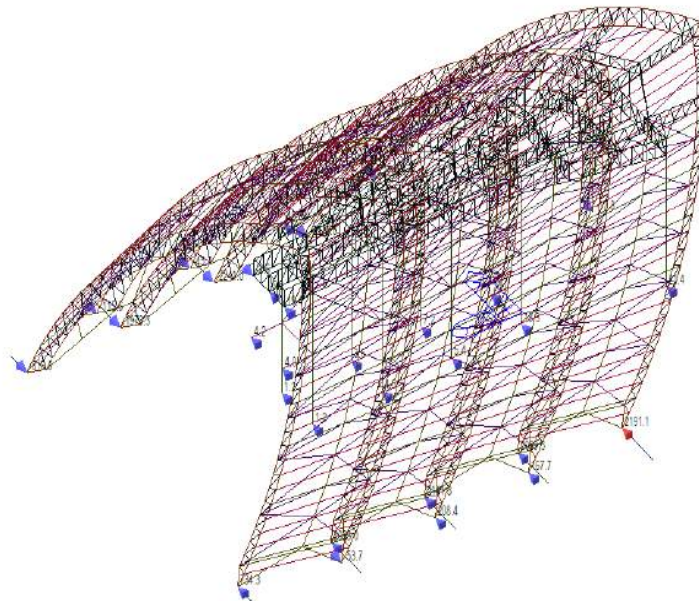
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y



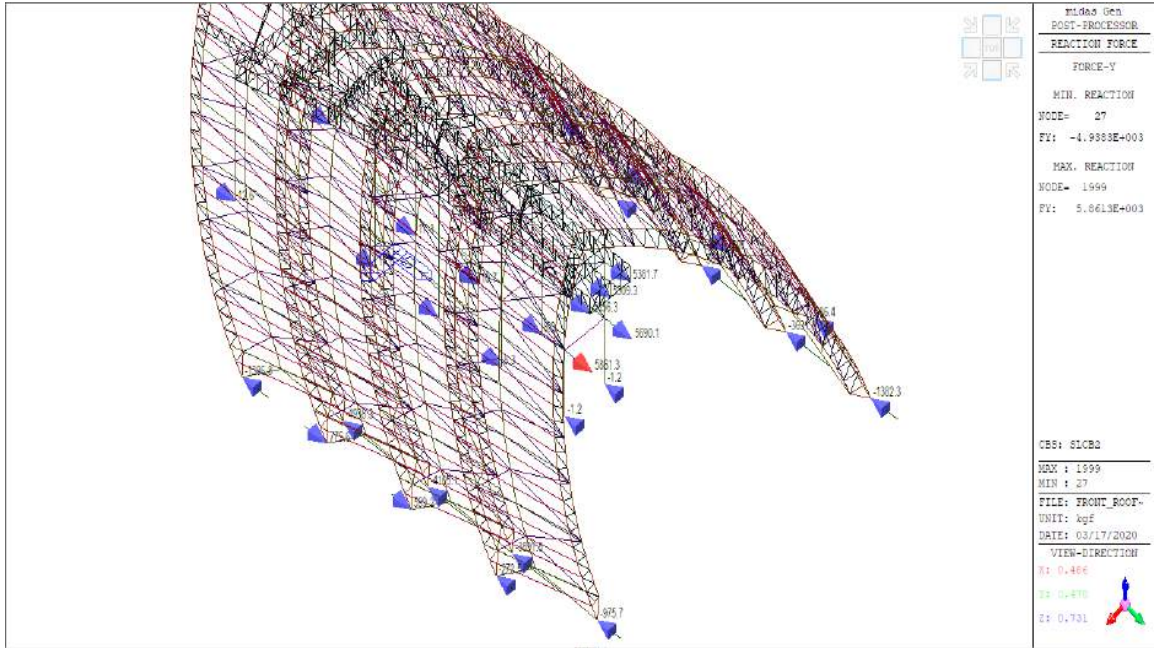
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z



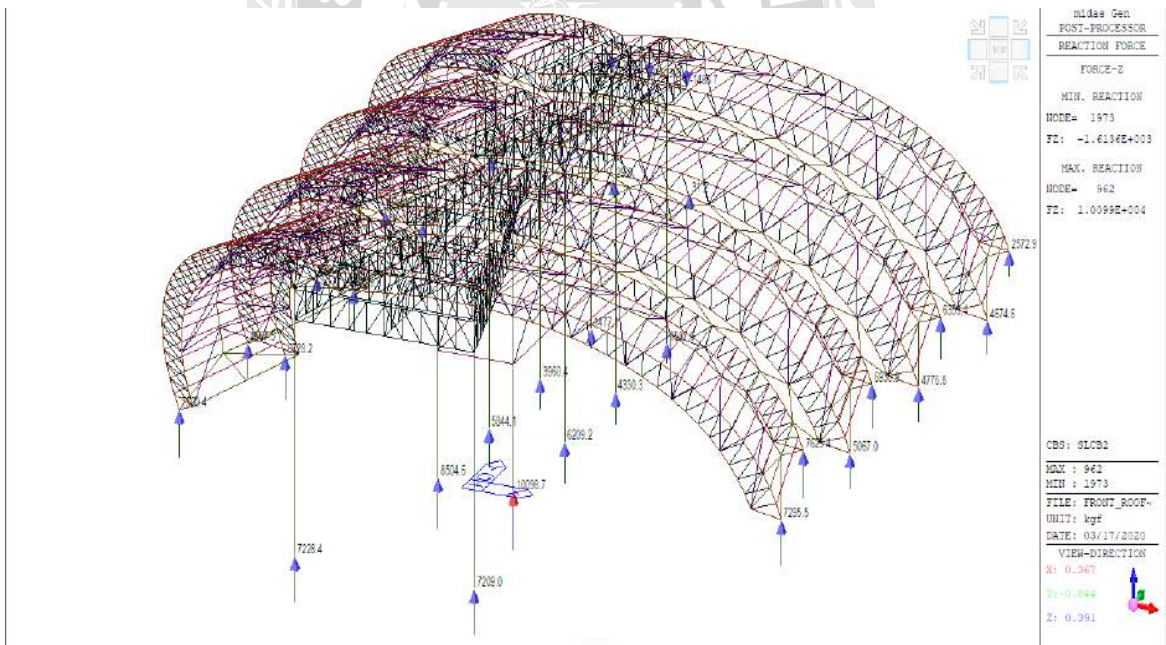
การวิเคราะห์โครงสร้างรูปการเสีรูปประมาณ 0.9 cm.



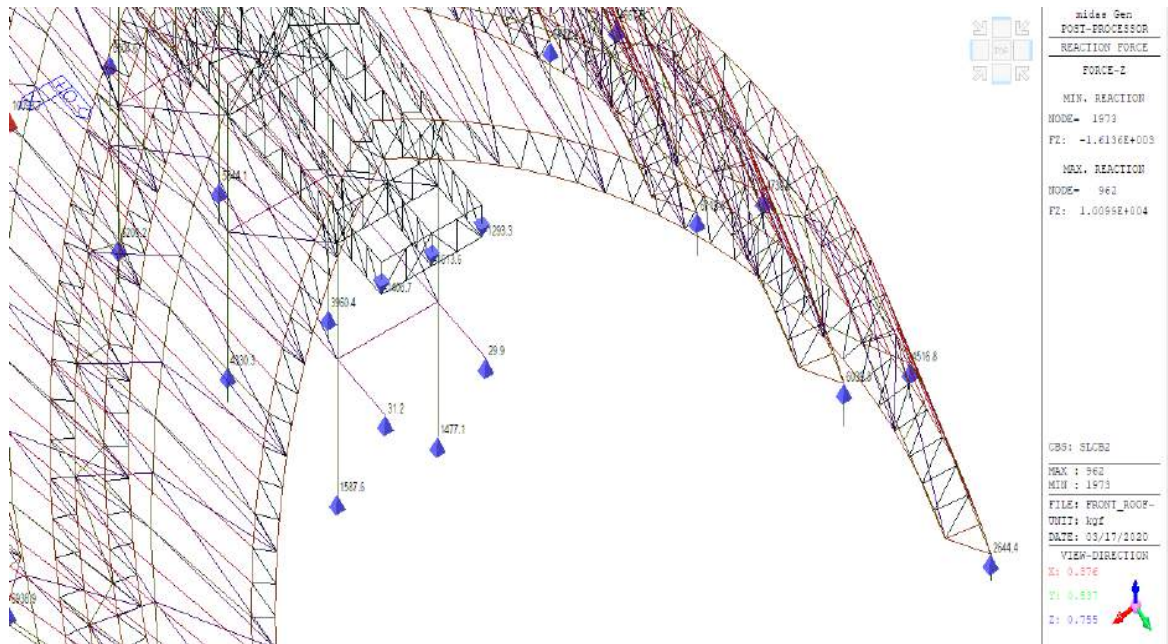
การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน X



การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Y



การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z



การวิเคราะห์โครงสร้างรูป REACTION แนวแกน Z ด้านติดอาคาร



ชื่อ-สกุล : นายกฤษณ์ ฌ ชันโท

รหัส : 6323900005

สาขา : วิศวกรรมโยธา

สถานศึกษา : มหาวิทยาลัยสยาม

ประวัติการศึกษา : - วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
- ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาก่อสร้าง

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2538-2539 : บริษัท พัชร แอนด์ ดีไซน์แอสโซซิเอตส์ จำกัด

ตำแหน่ง : ช่างเขียนแบบ AUTOCAD

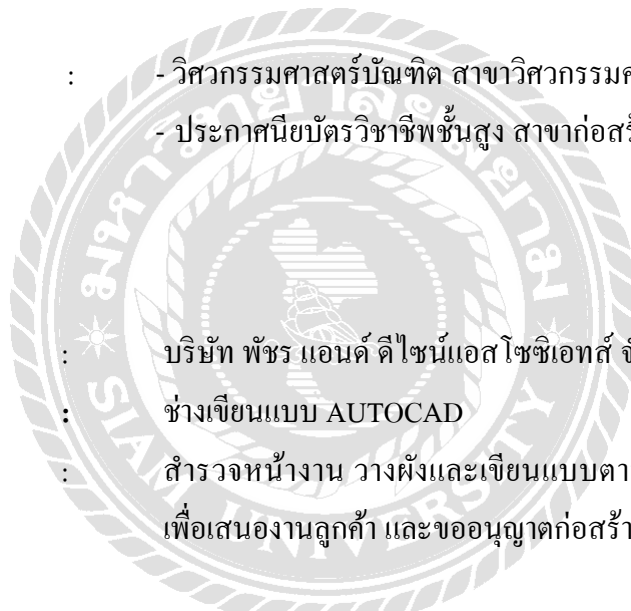
หน้าที่-ความรับผิดชอบ : สืบค้นหน้างาน วางผังและเขียนแบบตามการออกแบบของสถาปนิก เพื่อเสนองานลูกค้า และขออนุญาตก่อสร้าง

พ.ศ. 2539-2541 : บริษัท อาร์ท เอ็นจิเนียริงแอนด์คอนสตรัคชั่น

ตำแหน่ง : ช่างเขียนแบบประจำไซต์งาน (Shop Drawing) AUTOCAD

หน้าที่-ความรับผิดชอบ : เขียน Shop Drawing, Detail จุดต่างๆ ภายในอาคารตามที่วิศวกรหน้างาน ออกแบบ เพื่อนำส่งส่วนงานก่อสร้าง และเก็บงานแบบ As-Built ตามงานจริง

โครงการ : คอนโดบ้านริมวิภา หลักสี่ , โรงงานกษาปณ์ รังสิต เฟส 2 , ห้างบิ๊กซี สาขา ลพบุรี



- พ.ศ. 2550-2552 : บริษัท ดิงเน็ต คอร์ปอเรชั่น จำกัด
- ตำแหน่ง : Project Manager / Project Engineer
- หน้าที่-ความรับผิดชอบ : ติดต่อหน่วยงานรัฐ เพื่อขอความต้องการ ออกแบบระบบ ประมาณราคา และควบคุมงานโครงการภาครัฐ
- โครงการ : กรมการขนส่งทางบก จตุจักร
- ระบบ License Plate Recognition , Network Access Control
- ศูนย์รักษาความปลอดภัย (ศรภ. รามอินทรา)
- ระบบ เครื่องสแกนระเบิดใต้ท้องรถ , License Plate Recognition , Video Surveillance System
- กรมการขนส่งทางบก 4 เขต กรุงเทพ ,ปัตตานี ,ยะลา และ นราธิวาส
- ระบบ Video Surveillance System
- พ.ศ. 2553-2555 : บริษัท โอทาวา อิเล็กทริก จำกัด
- ตำแหน่ง : Production Manager
- หน้าที่-ความรับผิดชอบ : บริหารงาน วางระบบการขาย และควบคุมงานผลิตสินค้า
- พ.ศ. 2556-ปัจจุบัน : รับเหมาก่อสร้างอิสระ
- หน้าที่-ความรับผิดชอบ : รับงานออกแบบอาคาร ยื่นขออนุญาตก่อสร้าง และจัดการก่อสร้าง อาคารและสระว่ายน้ำ
- พ.ศ. 2562-ปัจจุบัน : บริษัท เอฟเวอร์ไซน์นิ่ง อินเกรเดียน จำกัด.
- ตำแหน่ง : Assistant Managing Director
- หน้าที่-ความรับผิดชอบ : ผู้ช่วยดำเนินที่ปรึกษางานก่อสร้างโรงงาน/คลังสินค้า ระบบต่างๆ ภายในโรงงาน และแผนการงานการขายธุรกิจ

ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ (สหกิจศึกษาสำหรับวิศวกรรมโยธา)

ชื่อสถานประกอบการ : บริษัท โอเชียน พูลส์ จำกัด
ที่ตั้งสำนักงาน : 78/13 หมู่ 1 ถนนทวีวัฒนา แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170
โทรศัพท์ : 02-048-9121
E-mail : kitti@thaiocanpools.com
เว็บไซต์ : <http://www.thaiocanpools.com>
เข้าฝึกงานในตำแหน่ง : วิศวกร โยธา
วิศวกรที่ปรึกษา : นายภิญโญวดี วุฒิमानานนท์ วิศวกรโยธา เลขทะเบียน สย.7584

บริษัทรับเหมาออกแบบ ให้คำปรึกษาก่อสร้างสระว่ายน้ำแบบครบวงจร ด้วยเทคนิคมาตรฐานทางวิศวกรรม ออกแบบและควบคุมงาน โดยทีมวิศวกรและสถาปนิกที่มีความเชี่ยวชาญ ทั้งด้านงาน โครงสร้างและงานระบบ โดยเฉพาะ และทางบริษัทยังจำหน่ายผลิตภัณฑ์สำหรับสระว่ายน้ำ รวมทั้งอุปกรณ์ ตลอดจนรับบริการดูแล สระว่ายน้ำให้แก่โครงการต่างๆ

