



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
การออกแบบและหาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จ
แบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่
**The Design and Evaluation for Structural Safety of Mobile Vehicle
Battery Charger Cabinets**

โดย

นาย อนันต์ บุญเรือง รหัส 6323100008

นาย พิพัฒน์ นิธิรุจิยางกูร รหัส 6323100021

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งวิชา สหกิจศึกษาสำหรับวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2565

หัวข้อโครงการ : การออกแบบและหาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างผู้ติดตั้งเครื่อง
ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่
: The Design and Evaluation for Structural Safety of Mobile Vehicle
Battery Charger Cabinets

รายชื่อผู้จัดทำ : นาย อนันต์ บุญเรือง 6323100008
: นาย พิพัฒน์ นิธิรัฐจิยางกูร 6323100021

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 2/2565

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบโครงการ



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)



.....พนักงานที่ปรึกษา

(นาย พชร นวิวงศ์)



.....กรรมการกลาง

(อาจารย์ สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)



.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารุจ ลิ้มปะวัตนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 31 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2566

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ ดร. ชานูชัย วิรุณทวิชัย

ตามที่นาย อนันต์ บุญเรือง และ นาย พิพัฒน์ นิธิรุจิยางกูร นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานในโครงการศึกษา ระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 ถึง วันที่ 24 พฤษภาคม 2566 ในตำแหน่งทีมบำรุงรักษา ณ บริษัท ชนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงาน เรื่องการออกแบบและหาค่าความปลอดภัยของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้ว นาย อนันต์ บุญเรือง และ นาย พิพัฒน์ นิธิรุจิยางกูรจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม และ CD จำนวน 1 แผ่น เพื่อขอ คำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นาย อนันต์ บุญเรือง

นาย พิพัฒน์ นิธิรุจิยางกูร

นักศึกษาสหกิจศึกษา

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ในตำแหน่งตำแหน่งทีมบำรุงรักษา ณ บริษัท ชนบุรีประกอบรถยนต์ ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 ถึง 24 พฤษภาคม 2566 ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดี ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้ ประสบการณ์การทำงานต่างๆ และความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนและสามารถนำความรู้ประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก บริษัท ชนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด ที่ให้โอกาส คณะผู้จัดทำ เข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษา กรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการสนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1. นาย พชร ฉวีวงศ์ | พนักงานที่ปรึกษา |
| 2. อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์ | กรรมการกลาง |
| 3. ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย | อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา |

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษานับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ บริษัท ชนบุรีประกอบรถยนต์ และผู้ที่สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของบริษัทเพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำความเข้าใจและพัฒนาโครงการต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าผู้สนใจทั่วไปด้วย หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำ ก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

นาย อนันต์ บุญเรือง

นาย พิพัฒน์ นิธิรัฐจิยางกูร

25 พฤษภาคม พ.ศ. 2566

Project Title : The Design and Evaluation for Structural Safety of Mobile Vehicle
BatteryCharger Cabinets

Credits : 5 Units

By : Anun Boonrueng 6323100008
: Pipat Nitirujiyangkoon 6323100021

Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Mechanical Engineering

Faculty : Engineering

Semester / Academic year: 2 /2022

Abstract

During the cooperative training at Thonburi Automotive assembly plant, the students were assigned to take care of the machinery and equipment in the automotive assembly process. It was found that the process of preparing car batteries before assembly was complex and time consuming. The students consulted with the mentor and created mobile vehicle battery charger cabinets using SOLIDWORKS program to design and analyze the safety values of the cabinets. The analysis showed from 3 simulations that 3 common steel tube sizes were used: 1) Steel tube size 1x1 in with a thickness of 2.3 mm; 2) Steel tube size 1.1/2x1.1/2 in with a thickness of 2.3 mm; 3) Steel tube size 2x2 in with a thickness of 2.3 mm. It was found that steel tube size 1x1 in with a thickness of 2.3 mm was most suitable to meet the requirements. The simulation results were Stress Max value of 2.463×10^7 N/mm², Yield Strength value of 2.500×10^8 N/mm², and The Factor of Safety was 7.1. The standard uses a Factor of Safety value of 1.5 - 2.0. Therefore, a steel tube size of 1x1 in, with a thickness of 2.3 mm has been chosen to design the mobile vehicle battery charger cabinets.

Keywords: design, analyze, steel tube



(Co-op Advisor.)

Approved by



ชื่อโครงการ : การออกแบบและหาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จ
แบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

หน่วยกิต : 5 หน่วยกิต

ชื่อนักศึกษา : นาย อนันต์ บุญเรือง 6323100008
: นาย พิพัฒน์ นิธิรุจิยางกูร 6323100021

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา : 2 /2565

บทคัดย่อ

จากการได้ฝึกสหกิจภายในโรงงานธนบุรีประกอบรถยนต์ได้รับมอบหมายให้ดูแลเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในกระบวนการประกอบรถยนต์ได้พบว่ากระบวนการเตรียมแบตเตอรี่รถยนต์ก่อนนำไปทำการประกอบนั้นมีความซับซ้อนและเสียเวลาเป็นอย่างมากจึงได้ทำการปรึกษากับพนักงานพี่เลี้ยงและได้ทำการออกแบบผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่เพื่อจะแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ในการออกแบบและวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่พบว่าจากการทำ Simulation ทั้ง 3 ครั้ง โดยเลือกใช้เหล็กกล่อง 3 ขนาดที่นิยมใช้กัน 1) เหล็กกล่องขนาด 1x1 in หน้า 2.3 mm 2) เหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หน้า 2.3 mm 3) เหล็กกล่องขนาด 2x2 in หน้า 2.3 mm พบว่าเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หน้า 2.3 mm มีความเหมาะสมตรงความต้องการมากที่สุดซึ่งมีผลการ Simulation คือ ค่า Stress Max อยู่ที่ $2.463 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$ มีค่า Yield Strength $2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$ และมีค่า Factor of Safety อยู่ที่ 7.1 ซึ่งตามมาตรฐานที่จะใช้ค่า Factor of Safety อยู่ที่ 1.5 – 2.0 ดังนั้นจึงได้ทำการเลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 1x1 in หน้า 2.3 mm ในการทำการออกแบบผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

คำสำคัญ: การออกแบบ วิเคราะห์ เหล็กกล่อง

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	3
2.1.1 ทฤษฎีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานเขียนแบบ	3
2.1.2 ทฤษฎีภาพที่ใช้ในงานเขียนแบบ	4
2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความปลอดภัย	8
2.1.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับเหล็กกล่อง	9
2.1.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับ โปรแกรม SOLIDWORKS	12
2.1.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลของวัสดุ	16
2.1.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับกลศาสตร์วิศวกรรม	20
2.1.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับ ไฟไนต์เอลิเมนต์	20
2.1.9 คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเหล็ก ASTM A36	30
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	31
2.2.1 การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงแรงชุดโครงสร้าง ของเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	31

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องทดสอบแรงดึงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Analysis of Strength of Tensile Testing Machine by Finite Element method 31

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1	ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	33
3.2	ลักษณะของสถานประกอบการ	34
3.3	รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	35
3.4	ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	35
3.5	ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา	35
3.6	ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	35
3.7	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	36
3.7.1	ปรึกษาพนักงานที่เลี้ยง	36
3.7.2	ตั้งหัวข้อโครงการ	36
3.7.3	ขั้นตอนรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	36
3.7.4	ขั้นตอนดำเนินการออกแบบชิ้นงานเบื้องต้น	36
3.7.5	ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของผู้ติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ 12V โดยใช้โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูป	37
3.7.6	ขั้นตอนออกแบบส่วนของหัวของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	38
3.7.7	ขั้นตอนการ Mate ส่วนของโครงสร้างกับหัวของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	39
3.7.8	ขั้นตอนการทดสอบ โครงสร้างของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	40
3.7.9	ขั้นตอนการตรวจสอบผลการทดสอบของการ Simulation	44

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.7.10	ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านหน้าของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	47
3.7.11	ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านหลังของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	48
3.7.12	ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านซ้าย-ขวาของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	49
3.7.13	ขั้นตอนออกแบบส่วนพื้นภายในของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	50
3.7.14	ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านบนของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	51
3.7.15	ขั้นตอนการนำส่วนประกอบทั้งหมดมาทำการMateรวมกันจะได้เป็นชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	52
3.7.16	ทำการสร้างแบบ 2Dเพื่อนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงาน	53
3.7.17	ทำการส่งมอบแบบชิ้นงานให้กับทีมสร้างของทางโรงงาน	54
3.8	ระยะเวลาในการดำเนินการ	54
3.9	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	54

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน

4.1	ทำการทดสอบโดยการใส่โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปครั้งที่ 1	55
4.2	ทำการทดสอบโดยการใส่โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปครั้งที่ 2	60
4.3	ทำการทดสอบโดยการใส่โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปครั้งที่ 3	64
4.4	สรุปผลการทดลอง	68
4.5	ประเมินราคาทุนในการสร้าง	69

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลรายงานและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลโครงการ	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก ก ภาพขณะปฏิบัติงานและการนิเทศของอาจารย์	73
ประวัติผู้จัดทำ	77



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ชนิดของแรงและวัสดุที่นำมาใช้งาน	9
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเหล็ก ASTM A36	30
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกลแผ่นเหล็ก ASTM A36	30
ตารางที่ 3.8 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	54
ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์จากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง	68
ตารางที่ 4.2 ตารางราคาสินค้า	69



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ภาพ 2 มิติ และ ภาพ 3 มิติ	4
รูปที่ 2.2 ภาพ 2 มิติ	4
รูปที่ 2.3 ภาพ 3 มิติ	5
รูปที่ 2.4 ลักษณะของภาพออบบลิค	6
รูปที่ 2.5 ลักษณะของภาพไดเมตริก	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะของภาพไอโซเมตริก	7
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างภาพเพอร์สเปกทีฟ	7
รูปที่ 2.8 ลักษณะของภาพเพอร์สเปกทีฟ	8
รูปที่ 2.9 ภาพของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม	10
รูปที่ 2.10 ขนาดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม แบบมาตรฐาน มอก.	10
รูปที่ 2.11 ขนาด และน้ำหนักของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบบทั่วไป	11
รูปที่ 2.12 ไอคอนโปรแกรม SOLIDWORKS	12
รูปที่ 2.13 สมบัติทางกลที่แสดงออกมาเมื่อวัสดุถูกแรงภายนอกกระทำ	16
รูปที่ 2.14 โดเมนและเงื่อนไขขอบเขตของวัตถุทรงตันภายใต้แรงกระทำใด ๆ	21
รูปที่ 2.15 การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในอุตสาหกรรมการบิน	29
รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้งบริษัท ชนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด (โรงงาน 2)	33
รูปที่ 3.2 ภาพด้านหน้าบริษัท ชนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด (โรงงาน 2)	34
รูปที่ 3.3 แผนผังการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กรของฝ่าย Maintenance	35
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนทำการร่างรูปแบบชิ้นงานด้วยการเขียนแบบมือ	36
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของผู้ติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ 12V	37
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนออกแบบส่วนของหัวของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	38
รูปที่ 3.7 การ Mate ส่วนของโครงสร้างกับหัวของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	39

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการกำหนดจุดยึด โครงสร้างผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	40
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการกำหนดแรงที่กระทำกับ โครงสร้างผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	41
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนทำการ Create Mesh	42
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการ Run Simulation	43
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนตรวจสอบผลการตรวจสอบค่า Stress Max	44
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนตรวจสอบผลการตรวจสอบค่า Strain Max	45
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนตรวจสอบผลการตรวจสอบ Factor of Safety	46
รูปที่ 3.15 ขั้นตอนออกแบบเฟรมส่วนด้านหน้าของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	47
รูปที่ 3.16 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านหลังของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	48
รูปที่ 3.17 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านซ้าย-ขวาของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	49
รูปที่ 3.18 ขั้นตอนออกแบบส่วนพื้นภายในของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	50
รูปที่ 3.19 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านบนของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่	51
รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการนำส่วนประกอบทั้งหมดมาทำการ Mate รวมกันจะได้เป็นชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์	52
รูปที่ 3.21 ขั้นตอนทำการสร้างแบบ 2D เพื่อนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงาน	53
รูปที่ 4.1 การกำหนดแรงใส่โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หน้า 2.3 mm	56

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบค่า Stress Max โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm	57
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบค่า (Equivalent) Strain Max โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm	58
รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm	59
รูปที่ 4.5 การกำหนดแรงใส่ โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm หนา 2.3 mm	60
รูปที่ 4.6 การผลการทดสอบค่า Stress Max โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm หนา 2.3 mm	61
รูปที่ 4.7 การผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm	62
รูปที่ 4.8 การผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm	63
รูปที่ 4.9 การกำหนดแรงใส่ โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm หนา 2.3 mm	64
รูปที่ 4.10 การผลการทดสอบค่า Stress Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2 x 1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm	65
รูปที่ 4.11 การผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้าง เหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm	66
รูปที่ 4.12 การผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้าง เหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm	67
รูปที่ 5.1 รูปชิ้นงานจริงที่สร้างจากแบบชิ้นงานที่ออกแบบ	71
รูปภาพผนวกที่ 1 ตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงาน	73
รูปภาพผนวกที่ 2 แทนติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เดิม	73

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปภาพผนวกที่ 3 แบบชิ้นงาน 2D ที่ทำการออกแบบ	74
รูปภาพผนวกที่ 4 ชิ้นงานจริงที่สร้างโดยทีม Production	75
รูปภาพผนวกที่ 5 นักศึกษาและพนักงานร่วมถ่ายภาพภายในด้านหน้าโรงงาน กับอาจารย์ที่ปรึกษา	76



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนของประเทศไทยมีมาอย่างต่อเนื่องมาตลอด 50 กว่าปีที่ผ่านมาทำให้ประเทศไทยเป็นหนึ่งในรัฐที่รู้จักและถูกจับตามองมากที่สุดประเทศหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์โลกซึ่งทำให้ผู้ผลิตและประกอบการต่างๆ ให้ความสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตอยู่เสมอทั้งด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิต

จากการศึกษาตามโครงการสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยสยามได้รับมอบหมายให้เป็นส่วนหนึ่งที่ทีมงานฝ่าย Maintenance ในภายในโรงงานประกอบยานยนต์หน้าตู้แลเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในกระบวนการผลิตพบว่าในกระบวนการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ก่อนนำไปทำการประกอบติดตั้งกับตัวถังรถยนต์นั้นมีความค่อนข้างล่าช้าเป็นอย่างมากจึงได้ไปทำการสำรวจค้นคว้าแล้วพบว่าโดยกระบวนการที่ใช้ของผู้ปฏิบัติงานนั้นกระทำโดยใช้รอกไฟฟ้าเคลื่อนแบตเตอรี่จากกล่องบรรจุแบตเตอรี่รถยนต์ไปยังสถานีชาร์จครั้งละ 1 ลูก โดยภายในกล่องบรรจุแบตเตอรี่นั้นมีบรรจุมีถึง 12 ลูก กระบวนการเช่นนี้จะทำให้เวลาเฉลี่ยอยู่ประมาณ 15-30 นาทีต่อกล่องและยังใช้เวลาชาร์จแบตเตอรี่อีก 30 นาที ซึ่งกระบวนการมีความซับซ้อนและเสียเวลานานมาซึ่งต้นทุนการผลิตที่สูงซึ่งและด้วยการที่พนักงานปฏิบัติงานนั้นต้องมีการก้มเงยบ่อยครั้งอาจนำมาซึ่งโรคที่เกี่ยวข้องกระดูกสันหลังต่างๆ เช่นกระดูกสันหลังทับเส้นประสาท ในอนาคต

จึงได้เห็นปัญหาดังกล่าวจึงได้นำเรื่องมาทำการปรึกษากับพนักงานที่เลี้ยงเพื่อหาวิธีการแก้ไขกระบวนการดังกล่าวพบว่าพนักงานที่เลี้ยงเห็นด้วยกับแนวคิดนี้ตัวข้าพเจ้าจึงได้ทำการคิดและออกแบบสถานีชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ขึ้นมาใหม่ให้สามารถเคลื่อนที่มายังกล่องบรรจุแบตเตอรี่ได้เพื่อที่จะสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในเคลื่อนย้ายแบตเตอรี่มายังสถานีชาร์จและลดจำนวนการก้มเงยต่อการชาร์จซึ่งทั้งหมดนี้จะต้องผ่านการค้นคว้าหาข้อมูลและการคำนวณตามหลักทางวิศวกรรม ดังนั้นในโครงการเล่มนี้จึงจัดทำการออกแบบสถานีชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์เคลื่อนที่ ให้เป็นไปตามหลักการทางวิศวกรรม เพื่อให้ทางโรงงานสามารถนำแบบชิ้นงานไปใช้เป็นประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาขนาดเหล็กกล่องที่เหมาะสมในออกแบบโครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่โดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของโครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่โดยใช้โปรแกรมโปรแกรม SOLIDWORKS

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาวิธีการเขียนแบบโดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS ในการเขียนแบบชิ้นงาน

1.3.2 ออกแบบโครงสร้างของสถานีชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

1.3.3 การหาค่าความปลอดภัยโครงสร้างของสถานีชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

1.3.4 ระยะเวลาการจัดทำตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ – 24 พฤษภาคม พ.ศ.2566

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.4.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจในการออกแบบโครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

1.4.2 สามารถนำแบบชิ้นงานที่ออกแบบไปทำการสร้างและใช้งานได้อย่างปลอดภัย

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.1.1 ทฤษฎีความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานเขียนแบบ

2.1.1.1 ความหมายของงานเขียนแบบ

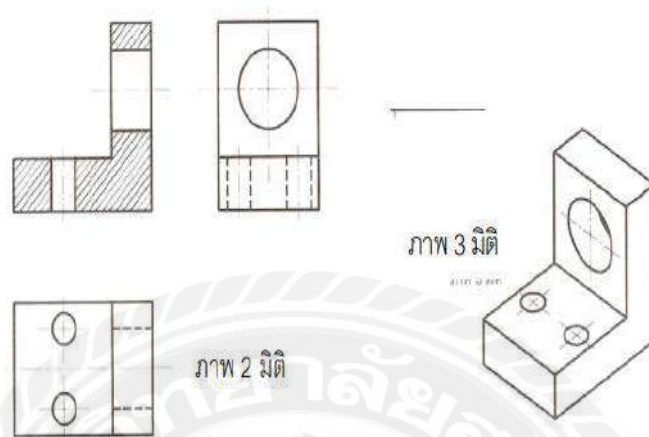
งานเขียนแบบคือ การถ่ายทอดความคิดและจินตนาการของวิศวกรหรือสถาปนิก ออกมาให้ปรากฏเป็นรูปร่าง ลักษณะและรูปทรงต่าง ๆ ในกระดาษเขียนแบบ ซึ่งสามารถนำไปปฏิบัติและ ทำได้จริง ดังนั้นการเขียนแบบจึงเป็นงานที่ถ่ายทอดความคิดอย่างสร้างสรรค์โดยการบูรณาการความคิดและจินตนาการเข้าด้วยกันอย่างถูกต้องเหมาะสมและสวยงาม

2.1.1.2 ความสำคัญของงานเขียนแบบ

แบบคือหัวใจของงานช่างทุกสาขา โดยเฉพาะงานช่างอุตสาหกรรม เป็นภาษาสากลที่ใช้แสดงหรือสื่อความหมายของงานที่จะสร้าง หรือที่ต้องการผลิต ภาพหรือรูปร่างที่เราเรียกกันว่าแบบนั้น เขียนขึ้นโดยอาศัย เส้นชนิดต่าง ๆ เช่น เส้นตรง เส้นประ สัญลักษณ์และเครื่องหมายเฉพาะอื่น ๆ เมื่อประกอบกันขึ้นเป็นรูปทรง ก็ใช้สื่อความหมายที่ให้ผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้เห็นรูปร่าง เห็นขนาด เห็นลักษณะของผิว สี ชนิดของวัสดุ เห็นวิธีการและขั้นตอนในการนำไปสร้างหรือประกอบ ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำแบบมาแยกแยะ เพื่อกำหนดปริมาณของวัสดุ ประมาณราคา และระยะเวลาในการผลิตได้ เป็นการยากที่จะพูดว่าอาชีพใดบ้างที่ไม่ต้องการความสามารถในการอ่าน เขียน และเข้าใจแบบ สำหรับอาชีพช่างอุตสาหกรรมแล้วถือว่าแบบเป็นหัวใจสำคัญของงานการจะสร้างอาคาร สร้างรถยนต์ โทรทัศน์ วิทยุ ตู้เย็น ของใช้ที่ผลิตขึ้นในงานอุตสาหกรรม ที่เราอุปโลก บริโภค อยู่ทุกวันนี้ล้วนแล้วแต่ต้องออกแบบและเขียนแบบขึ้นมาก่อนทั้งสิ้น เมื่อพูดถึงการเขียนแบบเรามักจะรวมถึงการออกแบบไว้ด้วย หากเราออกแบบได้สวยงาม มีประโยชน์ เป็นที่ประทับใจแก่ผู้ใช้อย่อมถือว่าแบบมีความสำคัญ การออกแบบ เขียนแบบ จึงเปรียบเสมือนเป็นการวางแผน คือหาวิธีที่จะสร้างหรือผลิตของสิ่งหนึ่งขึ้นมาล่วงหน้าผู้ที่คิดวางแผนอาจไม่ใช่ผู้สร้างหรือผู้ผลิต เมื่อออกแบบหรือเขียนแบบสำเร็จขึ้นมาแล้ว ผู้ผลิตต้องสามารถเข้าใจแบบ ดังนั้น การเขียนแบบจะต้องชัดเจน แม่นยำ และตีความหมายแบบได้อย่างเดียวกัน

2.1.2 ทฤษฎีภาพที่ใช้ในงานเขียนแบบ

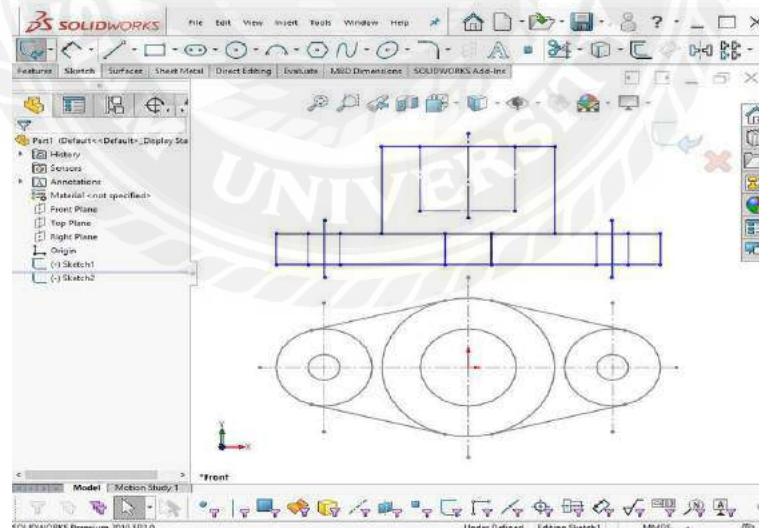
ในงานเขียนแบบชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล หรือแบบงานทั่วไป ภาพที่ใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ภาพ 2 มิติ และ ภาพ 3 มิติ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพ 2 มิติ และ ภาพ 3 มิติ

2.1.2.1 ภาพ 2 มิติ

ภาพ 2 มิติ คือภาพที่แสดงรูปทรงของภาพใน 2 มิติ คือ ความกว้าง และความสูงหรือ ความกว้างและความยาว โดยจะมองเห็นเป็นลักษณะของพื้นที่ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพ 2 มิติ

2.1.2.2 ภาพ 3 มิติ

ภาพ 3 มิติ คือภาพที่แสดงรูปทรงของภาพใน 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาวหรือความสูง และความลึก ลักษณะของภาพจะแสดงปริมาตรของสิ่งที่อยู่ในภาพนั้น ๆ ดังรูปที่ 2.3



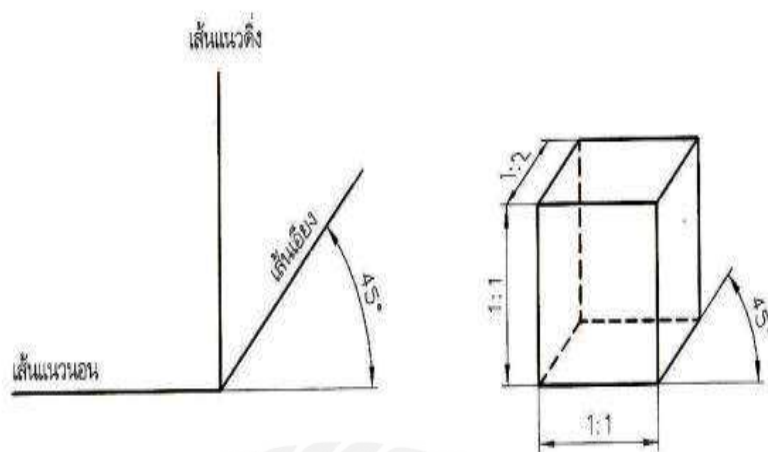
รูปที่ 2.3 ภาพ 3 มิติ

ภาพสามมิติที่นิยมใช้ในงานเขียนแบบ มีอยู่ด้วยกัน 4 ชนิด คือ

1) ภาพออบบลิค (Oblique)

ลักษณะของภาพออบบลิค

โครงสร้างของขอบภาพจะประกอบด้วยเส้น 3 เส้น คือ เส้นในแนวนอน(180 องศา) เส้นในแนวตั้ง (90 องศา) และ เส้นเอียง 45 องศา ดังแสดงในรูป 2.4 ขนาดความกว้าง ความสูงของภาพจะมีขนาดเท่ากับของจริง (1 : 1) ส่วนความลึกของภาพจะมีขนาดเพียงครึ่งหนึ่ง (1 : 2) ของขนาดของจริงขอบของชิ้นงานหรือส่วนที่ถูกบังเอาไว้จะแสดงด้วยเส้นประในกรณีที่รูปทรงของวัตถุมีวงกลมหรือรูปไม่ปกติเขียนยาก จะนำมาเขียนไว้ด้านหลังของภาพออบบลิค เพราะเป็นด้านที่สามารถเขียนเป็นรูปจริง ขนาดจริงได้ เช่น ถ้ามีรูปวงกลมอยู่เมื่อนำมาเขียนไว้ที่รูปด้านหลังของภาพออบบลิค ก็ยังคงสภาพเป็นวงกลมตามเดิม แต่ถ้านำรูปวงกลมไปเขียนที่ด้านที่เป็นมุมเอียงแล้ว รูปวงกลมนั้นจะกลายเป็นรูปเอลลิปส์ ซึ่งเขียนยากต้องมีหลักการและวิธีการเขียนที่ซับซ้อนขึ้นไปอีก

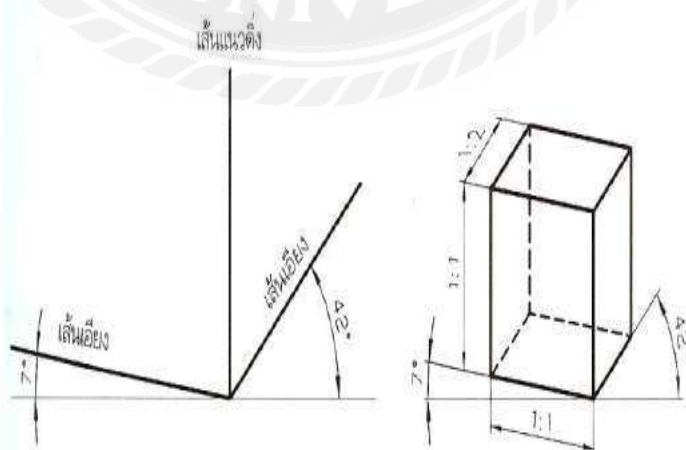


รูปที่ 2.4 ลักษณะของภาพออบบลิค

2) ภาพไดเมตริก (Dimetric)

ลักษณะของภาพไดเมตริก

โครงร่างของขอบภาพจะประกอบด้วยเส้นสามเส้น คือ เส้นเอียง 7 องศา เส้นในแนวตั้ง และเส้นเอียง 42 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ขนาดความกว้าง ความสูง จะมีขนาดเท่าของจริง (1 : 1) ส่วนความลึกจะมีขนาดเพียงครึ่งหนึ่ง (1 : 2) ของขนาดของจริงของชิ้นงานหรือส่วนที่ถูกบังมองไม่เห็นใส่เป็นเส้นประภาพไดเมตริกเป็นภาพที่เขียนได้ยาก เนื่องจากมีเส้นเอียงทำมุม 7 องศา และ 42 องศา ต้องใช้ฉากที่ปรับมุมได้ แต่รูปร่างของภาพจะเหมือนจริงมากกว่าภาพ 3 มิติ แบบอื่น ๆ

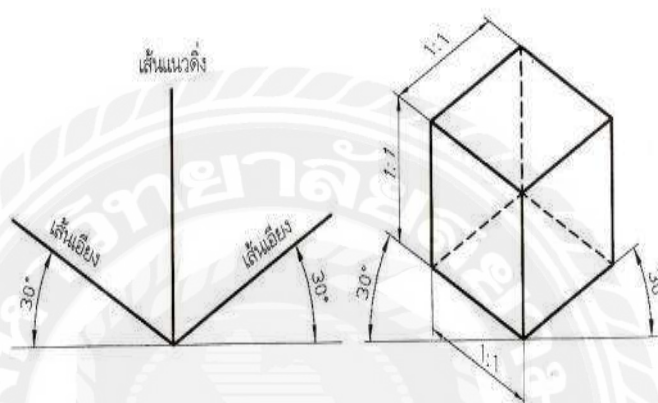


รูปที่ 2.5 ลักษณะของภาพไดเมตริก

3) ภาพไอโซเมตริก (Isometric)

ลักษณะของภาพไอโซเมตริก

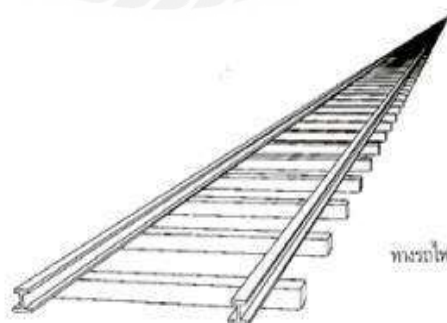
โครงสร้างของขอบภาพจะประกอบด้วยเส้น 3 เส้น คือ เส้นเอียง 30 องศา 2 เส้น และเส้นในแนวตั้ง (90 องศา) 1 เส้น ดังรูปที่ 2.6 ขนาดความกว้าง ความสูง และความลึกของภาพจะมีขนาดเท่ากับขนาดของจริงของชิ้นงานหรือส่วนที่ถูกบังเอาไว้หรือมองไม่เห็นจะถูกเขียนด้วยเส้นประ



รูปที่ 2.6 ลักษณะของภาพไอโซเมตริก

4) เพอร์สเปกทีฟ (Perspective)

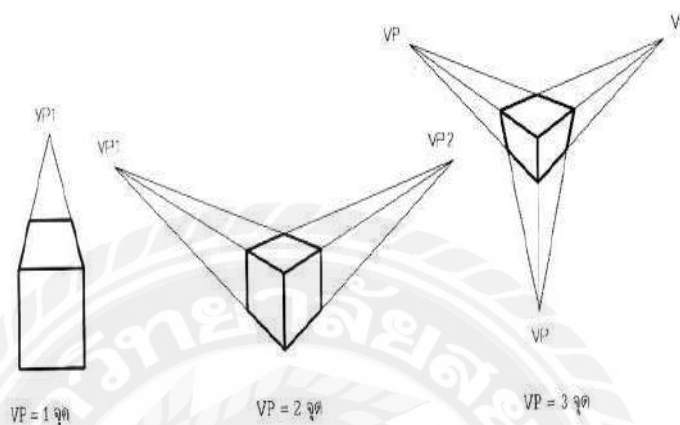
ภาพเพอร์สเปกทีฟ เป็นภาพที่เหมือนที่คล้ายภาพจริงมากที่สุด หรือคล้ายกับภาพจริงที่ตามองเห็นมากที่สุด คือสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวจะมีขนาดใหญ่ สิ่งที่อยู่ไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลง เช่นการมองภาพทางรถไฟที่รางทั้งสองข้างพุ่งบรรจบกันที่ปลายสุดสายตา ดังรูปที่ 2.7 นิยมใช้กันมากในงานด้านสถาปัตยกรรม



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างภาพเพอร์สเปกทีฟ

ลักษณะของภาพเพอร์สเปกทีฟ

โครงร่างของขอบภาพจะประกอบด้วยเส้น 3 เส้น คือ เส้นเอียง 2 เส้น และเส้นในแนวตั้ง 1 เส้น และมีจุดปลายสายตามองเห็นที่เรียกว่า Vanishing Point (VP) 1-3 จุด ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะของภาพเพอร์สเปกทีฟ

2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความปลอดภัย

ในการผลิตการออกแบบชิ้นงานเครื่องจักร เครื่องก่อสร้างหรือแม้แต่การขนถ่ายวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงานหรือที่หน้างานก่อสร้าง เมื่อจะดำเนินงานใด ๆ ก็ตาม จะต้องมีการคำนวณไว้สำหรับการออกแบบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่าง ๆ มากกระทำต่อเครื่องจักรหรือเครื่องมือต่าง ๆ มีมากกว่าที่เครื่องจักรหรือเครื่องมืออื่น ๆ จะรับได้ค่าเพื่อตั้งกล่าวเรียกว่าค่าความปลอดภัย หากเผื่อน้อยไปก็จะเกิดอันตราย แต่แม้เราจะพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับชิ้นงาน เครื่องจักรหรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่เราได้ออกแบบไว้อย่างครบถ้วนแล้ว แต่เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เราไม่สามารถคาดเดาได้อย่างไรก็ดีการใช้ค่าความปลอดภัยมากไปก็ทำให้สิ้นเปลืองยิ่งในยุคนสมัยนี้แล้วการลดต้นทุนในการผลิตเป็นสิ่งจำเป็นหากใช้ค่าความปลอดภัยมากต้นทุนก็สูงมาก

$$F.S = \frac{P_{fail}}{P_{allow}} \quad \text{หรือ} \quad F.S = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}} \quad \text{หรือ} \quad F.S = \frac{\tau_{fail}}{\tau_{allow}} \quad (2.1)$$

F.S. คือ ค่าความปลอดภัย

P_{fail} คือ แรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหาย

P_{allow} คือ แรงที่อนุญาตให้ใช้งานได้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของแรงและวัสดุที่นำมาใช้งาน

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ
แรงอยู่นิ่ง	1.5 – 2.0	5 - 6
แรงที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา	8	10
แรงกระแทกอย่างหนัก	10-15	15-20

2.1.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับเหล็กกล่อง

เหล็กกล่อง เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความสำคัญมาก นิยมใช้กันในงานก่อสร้างเกือบทุกประเภทเลยทีเดียว รวมถึงยังใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องใช้ต่าง ๆ และยานพาหนะอีกด้วย เหล็กกล่องนับเป็นอีกหนึ่งวัสดุที่สามารถตอบสนองการใช้งานได้หลากหลาย โดยจะเด่นด้านคุณสมบัติของหน้าตัด รับแรงต้านทาน ใช้เป็นโครงสร้างอาคาร หรือทำหลังคาเหล็กได้ดีซึ่งเหล็กกล่องสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.4.1 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม (Square Steel Tube) เป็นท่อเหล็กที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผิวเรียบ ขาวเท่ากันทุกเส้น ทำมุมฉาก 90 องศา มีคุณสมบัติโดดเด่นสามารถรับแรงต้านทานได้ดี มีความแข็งแรงทนทาน และที่สำคัญมีน้ำหนักเบาเหมาะแก่การนำไปใช้งานก่อสร้างที่ตัวเหล็กไม่ต้องรองรับน้ำหนักมากจนเกินไป

คุณสมบัติของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม

1. น้ำหนักเบา
2. แข็งแรง
3. ทนทาน
4. รับแรงต้านทานได้ดี
5. การนำไปใช้งานได้หลากหลาย

เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม มักนิยมนำไปใช้สำหรับงาน โครงสร้างที่รองรับน้ำหนักไม่มากนัก อย่างเช่น งานแปหลังคา ทำสะพาน งานเสา นั่งร้าน หรือนำไปประยุกต์ใช้ในงานทั่วไป ทดแทนการ ใช้ไม้ คอนกรีต สำหรับงานก่อสร้างอาคาร ที่พักอาศัย และ โรงงาน เป็นต้น



รูปที่ 2.9 ภาพของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม

ขนาดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม แบบมาตรฐาน มอก.

เหล็กแป๊บสี่เหลี่ยม

มอก.107-2561


รหัสสินค้า	ขนาดระบุ (นิ้ว)	ขนาดด้าน [H] (มิลลิเมตร)	ขนาดด้าน [B] (มิลลิเมตร)	ความหนา (มิลลิเมตร)	ความยาว (เมตร)
022004291722	1" X 1"	25	25	2.30	6.0
0810012000131	1 1/4" X 1 1/4"	32	32	2.30	6.0
0810012000062	1 1/2" X 1 1/2"	38	38	2.30	6.0
0810012000034	2" X 2"	50	50	2.30	6.0
022002033282	2" X 2"	50	50	3.20	6.0
022109214083	3" X 3"	75	75	2.30	6.0
022101262436	3" X 3"	75	75	3.20	6.0
0810012000060	4" X 4"	100	100	2.30	6.0
0810012000151	4" X 4"	100	100	3.20	6.0
022107022659	5" X 5"	150	150	3.20	6.0

Asiametal

รูปที่ 2.10 ขนาดเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม แบบมาตรฐาน มอก.

2.1.4.2 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน (Rectangular Steel Tube) เป็นท่อเหล็กที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผิวเรียบ มีคุณสมบัติเหมือนกับเหล็กแป้นเหลี่ยมทุกประการ แตกต่างเพียงแต่รูปลักษณะภายนอกที่เรียบแบนมากกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานก่อสร้างทั่วไปที่ไม่ต้องรองรับน้ำหนักมาก

ขนาด และน้ำหนักของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบนแบบทั่วไป



RECTANGULAR TUBE เหล็กกล่อง				
QUALITY		TIS 107 : 1990		
Size D x D	Thickness t(mm)	Weight		Sectional Area cm ²
		Kg/m	Kg/6m	
50x25	2.3	2.44	14.64	3.101
	3.2	3.24	19.44	4.126
60x30	2.3	2.98	17.88	3.791
	3.2	3.99	23.94	5.086
75x38	2.3	3.81	22.86	4.850
	3.2	5.15	30.90	6.558
75x45	2.3	4.06	24.36	5.171
	3.2	5.50	33.00	7.006
100x50	2.3	5.14	30.84	6.551
	3.2	7.01	42.06	8.926
125x75	4.5	9.55	57.30	12.160
	2.3	6.95	41.70	8.851
125x75	3.2	9.52	57.12	12.120
	4.5	13.09	78.54	16.660
150x75	2.3	7.85	47.10	10.000
	3.2	10.78	64.68	13.720
150x75	4.5	14.85	89.10	18.910
	150x100	3.2	12.03	72.18
150x100	4.5	16.62	99.72	21.160
	6.0	21.70	130.20	27.630

รูปที่ 2.11 ขนาด และน้ำหนักของเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบนแบบทั่วไป

2.1.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับโปรแกรม SOLIDWORKS

SOLIDWORKS คือ โปรแกรมในตระกูล CAD (Computer Aided Design and Drafting) ถือเป็นอีกโปรแกรมที่สำคัญสำหรับนักออกแบบทางด้านวิศวกรรมที่ช่วยจำลองการสร้างชิ้นงานออกมาในรูปแบบ 3 มิติ มีความละเอียดสูง สามารถวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงานในเรื่องของความแข็งแรง อุณหภูมิ อายุการใช้งาน เป็นต้น โดย SOLIDWORKS ได้นำเสนอฟังก์ชันการใช้งานที่ง่าย และสะดวกด้วย User Interface ที่ใช้ไอคอนในการทำงาน รวมถึงการใช้คีย์ลัดเข้ามาช่วยในขั้นตอนการออกแบบ เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในกระบวนการออกแบบและทำให้สร้างสรรค์งานได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2.12 ไอคอนโปรแกรม SOLIDWORKS

SOLIDWORKS ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี 2534 และก่อตั้งเป็นบริษัท SOLIDWORKS Corporation ในปี 2536 โดย Jon Hirschtick ซึ่งมีจุดมุ่งหมายจะพัฒนาโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ ที่ง่ายต่อการใช้งาน ราคาเหมาะสม และสามารถใช้งานบน Windows Desktop ได้ โดยได้ปล่อยผลิตภัณฑ์ตัวแรกคือ SOLIDWORKS

ในปัจจุบัน โปรแกรม SOLIDWORKS 2022 สามารถใช้งานได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เป็นโปรแกรมที่นิยมในการออกแบบแมคคาทรอนิกส์ ใช้จำลองแบบอุปกรณ์และเครื่องจักรกล รวมไปถึงกลไกการทำงานก่อนไปสู่ขั้นตอนการผลิต

SOLIDWORKS Simulation

โปรแกรม SolidWorks Simulation คือ ระบบการวิเคราะห์และออกแบบอย่างสมบูรณ์ซึ่งทำงานร่วมกับโปรแกรม SOLIDWORKS ซึ่งโปรแกรม SOLIDWORKS Simulation สามารถวิเคราะห์ปัญหาทางด้านความร้อน (Thermal), ความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain), ความถี่ (Frequency), การโก่งงอ (Buckling), ความล้า (Fatigue), การตกกระแทก (Drop Test), การวิเคราะห์ปัญหาแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Analysis), การวิเคราะห์ปัญหาแบบไดนามิกเชิงเส้น (Linear Dynamic Analysis) และการออกแบบปัญหางานลักษณะท่อที่รับแรงดัน (Pressure Vessel Design) ได้ภายในเวลาอันรวดเร็วและง่ายดายด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งแบบ Notebook และแบบ PC โปรแกรม SolidWorks Simulation ใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

FEM ในการวิเคราะห์ปัญหา FEM คือ วิธีการประมาณเชิงตัวเลข (Numerical Method) เพื่อใช้คำนวณหาผลเฉลยโดยประมาณของปัญหาที่กำหนดมาให้ โดยการแบ่งรูปร่างขอบเขตของปัญหาออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ ที่เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) แล้วสร้างสมการของแต่ละเอลิเมนต์ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหานั้น โดยที่เอลิเมนต์ต่าง ๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันที่จุดต่อ (Node) และจะเข้าไปแทนที่ในชิ้นงานที่มีลักษณะซับซ้อน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณค่าตัวแปรตามที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการที่ว่า นำปัญหาง่าย ๆ หลาย ๆ ปัญหาไปทดแทนปัญหาที่ยากซับซ้อน และทำการแก้ปัญหาร่วมกันครั้งเดียว

พฤติกรรมของแต่ละเอลิเมนต์จะอยู่ภายใต้ภาระกระทำ (Load) ต่างๆ ที่มากระทำกับชิ้นงานและการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง โดยทั่วไปการตอบสนองของจุดต่อ จะถูกอธิบายโดยการเคลื่อนที่ในแนวแกนทั้ง 3 และการหมุนรอบแกนทั้ง 3 ซึ่งถูกเรียกว่า Degree of Freedom (DOF) การวิเคราะห์โดยใช้ FEM จะถูกเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การวิเคราะห์ทาง Finite Element Analysis (FEA)

SolidWorks Simulation จะใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมของแต่ละเอลิเมนต์ที่เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย กระบวนการแบบนี้เรียกว่า Meshing โดยจะมีคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ข้อจำกัดของภาระ จากนั้นโปรแกรมจะจัดรูปแบบของสมการให้อยู่ในรูปแบบของสมการทางพีชคณิต (Algebraic Equations) แล้วทำการแก้ปัญหาร่วมกันเพื่อให้ทราบค่าตัวแปรที่ต้องการ หลังจากทีวิศวกรผู้ออกแบบสร้างชิ้นงานในโปรแกรม SolidWorks อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ จากนั้นทำ การวิเคราะห์ปัญหาด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation ด้วยวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน FEM ก็จะช่วยให้ วิศวกรผู้ออกแบบได้ชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งโปรแกรม SolidWorks Simulation สามารถช่วยให้ ผู้ออกแบบประสบความสำเร็จในลักษณะต่าง ๆ

1. ลดต้นทุนโดยการทดสอบชิ้นงาน (Simulation) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ลง
2. ลดเวลาในการผลิตชิ้นงานเข้าสู่ตลาดโดยการลดจำนวนของวัฏจักรของการพัฒนาชิ้นงานลง
3. เพิ่มประสิทธิภาพของชิ้นงาน โดยการทดสอบแบบเปลี่ยนแนวคิดหลายๆ แบบอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะทำการตัดสินใจขั้นสุดท้าย
4. แก้ไขปรับปรุงชิ้นงาน โดยอ้างอิงข้อมูลผลเฉลยของปัญหาจากการวิเคราะห์

วิธีการวิเคราะห์ปัญหาโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม SolidWorks Simulation นี้จะสามารถทำการแบ่งออกได้เป็น 9 วิธีด้วยกัน

1. วิธีการวิเคราะห์ปัญหาแบบ Static วิธีการแก้ปัญหานี้ เป็นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับค่าระยะการกระจัด (Displacement), ค่าแรงปฏิกิริยา (Reaction Force), ค่าความเค้น (Stresses), ค่าความเครียด (Strains) และค่าความปลอดภัย (Factor of Safety, FOS) ลักษณะการเสียหายของชิ้นงานที่ตำแหน่งค่าความเค้นเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ค่าหนึ่ง การคำนวณหาความปลอดภัยจะอยู่บนพื้นฐานของการเสียหายของชิ้นงาน ซึ่งโปรแกรม SolidWorks Simulation สามารถแสดงผลเฉลยของการเสียหายที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน วิธีการแก้ปัญหานี้ ยังสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น จากค่าความเค้นสูงสุด ซึ่งค่าความปลอดภัยที่ได้จากผลเฉลยในการแก้ปัญหาที่มีค่าน้อยกว่า 1 จะบ่งบอกถึง ความเสียหายของชิ้นงาน ค่าความปลอดภัยที่มีค่ามาก ๆ ในขอบเขตที่มีความสัมพันธ์กันจะบ่งบอกถึงค่าความเค้นต่ำ ซึ่งผู้ออกแบบสามารถทำการปรับเปลี่ยนขนาดของรูปร่างให้อยู่ในขอบเขตของปัญหาได้

2. วิธีการแก้ปัญหานี้แบบ Frequency คือ แรงโน้มถ่วงที่ทำให้ชิ้นงานเกิดการสั่นที่ความถี่ค่าหนึ่งจะถูกเรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) หรือ Resonant Frequency ในแต่ละความถี่ธรรมชาติชิ้นงานจะสั่น และอยู่ในรูปร่างที่แน่นอน ซึ่งเรียกว่า Mode Shape การวิเคราะห์ทางความถี่จะคำนวณความถี่ ธรรมชาติและ Mode Shape ที่เกิดขึ้นจากความถี่ธรรมชาตินั้นๆ ในทางทฤษฎีชิ้นงานจะมีจำนวนจุดต่ออยู่ มากมาย แต่ในทาง FEM จะมีจำนวนจุดต่อมากเท่ากับจำนวน Degree of Freedom (DOF) โดยทั่วไปแล้ว จะมีเพียงไม่กี่จุดต่อที่จะถูกพิจารณากรณีที่ชิ้นงานเกิดการสั่นมาก ๆ นั้น โดยเกิดจากที่ชิ้นงานถูกกระตุ้น โดยภาระกระทำภายนอก แบบ Dynamic และสั่นที่ความถี่ธรรมชาติของชิ้นงานเอง ซึ่งปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า Resonance การ

วิเคราะห์ทางความถี่สามารถช่วยให้ผู้ออกแบบหลีกเลี่ยงการเสียหายจากค่าความเค้นที่มากเกินไป ซึ่งสาเหตุมาจากระดับความถี่ที่เพิ่มสูงขึ้น

3. วิธีการแก้ปัญหาแบบ Buckling คือ การวิเคราะห์การ โกงเดาะของชิ้นงาน ที่มีแรงมากระทำตามแนวแกน (Axial Load) โครงสร้างที่มีความยาวมากๆ ที่ถูกแรงที่แตกต่างกันกระทำตามแนวแกนสามารถเสียหายได้เนื่องจากการ โกงเดาะ (Buckling) ที่ระดับของแรงสูงกว่าขีดจำกัดความยืดหยุ่นของชิ้นงาน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียหายของวัสดุในกรณีทั่วไปรูปร่างของชิ้นส่วนที่บิดงอสามารถพิจารณาได้จากค่า Buckling Load ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบหลีกเลี่ยงการเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นงานได้

4. วิธีนี้เป็นการแก้ปัญหาทางความร้อนจะคำนวณเกี่ยวกับ Temperature, Temperature Gradients และ Heat Flow ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานความร้อน Heat Flux, Heat Power การพาความร้อน (Convection) การนำความร้อน (Conduction) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การแก้ปัญหา ทางด้านความร้อนสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบหลีกเลี่ยงสภาวะทางความร้อนที่ไม่ต้องการได้ เช่น การให้ความ ร้อนมากเกินไป (Overheating) และการหลอมละลาย (Melting) ทั้งในรูปแบบที่ขึ้นอยู่กับเวลาและไม่ขึ้นอยู่กับเวลา (Transient and Steady State)

5. วิธีนี้เป็นการแก้ปัญหาทางความเค้น-ความเครียด (Stresses-Strains) ระยะขจัด (Displacement) และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Deform Shape) ของชิ้นงานที่เกิดจากการตกกระแทก โดยการกำหนดขอบเขตของปัญหาที่เกิดจากความเร็ว (Velocity), ความสูง (Height), ความเร่ง (Acceleration) และขอบเขตทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน ผลเฉลยของปัญหาจะแสดงความเสียหายที่เกิดจากการกระแทก และกราฟแสดงข้อมูลของความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน รวมไปถึงภาพเคลื่อนไหวของการ เสียหายของชิ้นงาน

6. วิธีการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านความล้า (Fatigue) ที่เกิดจากความเค้นสลับ ไปสลับมาเป็นล้านครั้ง เช่น ความเค้นดึง (Tensile Stress), ความเค้นอัด (Compressive Stress) จนที่สุดแล้วชิ้นงานนั้นจะเกิด การแตกหักเสียหาย (Fracture) โดยการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวจะแสดงผลเฉลยของปัญหาเป็นกราฟ S-N Curve เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นที่มากระทำ และจำนวนรอบที่ชิ้นงานจะรับได้

7. วิธีการแก้ปัญหาแบบ Nonlinear Static Analysis จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของ กราฟที่แสดงค่าความสัมพันธ์กันระหว่างระยะขจัดกับแรงที่มากระทำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เชิงเส้นของปัญหา จะขึ้นอยู่กับเวลาและเงื่อนไขปัญหาต่าง ๆ ผลสรุปของปัญหาจะอธิบายและแสดงออกมา

เหมือนกับ Linear Static Analysis แต่ข้อมูลของผลเฉลยที่ได้จะมีความแม่นยำ และผิดพลาดน้อยกว่า การแก้ปัญหาแบบ Nonlinear จะต้องมีความรู้ทางด้าน Finite Element Method ค่อนข้างดี

8. วิธีการแก้ปัญหาแบบ Linear Dynamic นั้น จะเป็นการแก้ปัญหาแบบภาระกระทำที่เรา กำหนดลงไปแบบจำลอง โดยจะแปรผันตามเวลาที่ภาระนั้น ๆ กระทำเสมอกล่าวคือ เมื่อช่วงเวลา เปลี่ยนไปในขณะใดขณะหนึ่งแล้วเราก็เราสามารถที่จะทราบปริมาณของภาระกระทำนั้น ๆ ได้ หรือ ถ้าในกรณีที่ไม่สามารถแก้ปัญหามาออกมาเป็นปริมาณได้ โปรแกรมก็จะอธิบายผลออกมาในรูปแบบ ของสถิติ อาทิเช่น ความเร็ว และความเร่งของระบบว่าแตกต่างกันแบบมีนัยสำคัญหรือไม่อย่างไร ดังนั้นแล้วในกรณีการใส่แรงกระทำที่เราจะทำอย่างเป็นระบบและรูปแบบที่ถูกต้อง

9. วิธีการแก้ปัญหาแบบ Pressure Vessel Design นั้น จะเป็นการแก้ปัญหาในรูปแบบที่เรา เอง สามารถที่จะรวมเอาผลจากการวิเคราะห์แบบ Static และตัวแปรที่ทำการศึกษามาใช้ได้โดยที่ การวิเคราะห์แบบ Static นั้น จะมีภาระกระทำที่หลากหลายที่จะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น โดยที่ ภาระกระทำอาจจะเป็นภาระกระทำแบบตายตัวแบบไม่ตายตัว แบบอุณหภูมิความร้อน และแบบ Seismic Loads ผลลัพธ์ที่ได้จาก การแก้ปัญหาแบบนี้จะอยู่ในรูปของ The Square Root of the Sum of the Squares (SRSS)

2.1.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลของวัสดุ

สมบัติทางกล (Mechanical properties) หมายถึง พฤติกรรมที่วัสดุแสดงออกมาเมื่อมีแรง ภายนอกกระทำ ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อมีแรงภายนอกกระทำวัสดุจะเกิดการเปลี่ยนรูปและแสดง พฤติกรรมให้เราเห็น ได้แก่ ความแข็งแรง ความแข็ง หรือความเหนียว เป็นต้น



รูปที่ 2.13 สมบัติทางกลที่แสดงออกมาเมื่อวัสดุถูกแรงภายนอกกระทำ

การเลือกใช้วัสดุในงานวิศวกรรมนั้น สมบัติอย่างแรกที่เรามักพิจารณา คือ สมบัติทางกล โดยวัสดุที่จะนำมาใช้นั้นจำเป็นที่จะต้องมีความแข็งแรง ความยืดหยุ่น หรือความเหนียว ลักษณะเหล่านี้ล้วนเป็นสมบัติทางกลทั้งสิ้น ค่าของสมบัติทางกลจะถูกบันทึกข้อมูลไว้เป็นคู่มือหรือเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ที่เราจะสามารถหามาพิจารณาเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับงานของเราได้ ข้อมูลของสมบัติทางกลนั้นจะได้มาจากการทดสอบด้วยเครื่องมือ และวิธีการทดลองจนขึ้นทดสอบที่เป็นมาตรฐานที่สามารถให้ความเชื่อถือ สำหรับการทดสอบสมบัติทางกล หากแบ่งตามลักษณะของแรงที่ใช้ในหารทดสอบแล้วจะแบ่งเป็น 3 ชนิด ของแรงดังนี้

ชนิดที่ 1 แรงสถิต (Static Load) หมายถึง แรงกระทำต่อวัสดุขนาดวัสดุอยู่นิ่ง เช่น การทดสอบแรงดึง

ชนิดที่ 2 แรงสลับ (Cyclic Load) หมายถึง แรงกระทำต่อวัสดุที่มีขนาดแตกต่างกัน และทำซ้ำ ๆ เช่น การทดสอบความล้า

ชนิดที่ 3 แรงกระแทก (Dynamic หรือ Impact Load) หมายถึงแรงกระทำกับวัสดุอย่างรวดเร็วในทันทีทันใดเช่นการทดสอบแรงกระแทกในบดนี้จะได้กล่าวถึงคุณสมบัติทางกลกับวัสดุและวิธีการทดสอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดความสามารถในการรับแรงในสภาวะต่าง ๆ โดยผลของการวัดจะออกมาเป็นคุณสมบัติทางกลของวัสดุที่เราทำการทดสอบเพื่อให้เกิดความเข้าใจและวัสดุได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

2.1.6.1 ความเค้นกับความเครียด

การเปลี่ยนรูปของวัสดุวัสดุเมื่อถูกแรงภายนอกกระทำจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปขึ้น ซึ่งแบ่งเป็นสองแบบคือ การเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic Deformation) และการเปลี่ยนรูปแบบถาวร (Plastic Deformation)

1. การเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น เกิดขึ้นกับวัสดุเมื่อเราให้แรงกระทำ และวัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปหรือขนาด และเมื่อเราปล่อยแรงกระทำออกไปแล้ว วัสดุจะกลับสู่สภาพเดิมหรือกลับสู่ขนาดปกติเหมือนก่อนหน้าที่จะรับแรงเช่น การดึงหนังยางให้ยืดออกแล้วปล่อยแรงหนังยางจะกลับสู่สภาพเดิม

2. การเปลี่ยนรูปแบบถาวร เกิดขึ้นเมื่อวัสดุรับแรงแล้วเกิดการเปลี่ยนรูปหรือเปลี่ยนขนาดจากเดิมไป และเมื่อปล่อยแรงกระทำออกไปแล้ว วัสดุจะไม่กลับสู่สภาพเดิมได้ครบ 100% เช่น การงอหรือดัดลวดโลหะเป็นรูปร่างต่าง ๆ

2.1.6.2 ความเค้น (Stress)

หมายถึง แรงต้านทางภายในเนื้อวัสดุที่พยายามต้านทานแรงภายนอกที่มากระทำ เพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนรูปไปจากเดิม แรงที่มากระทำจะถูกกระจายไปอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ หากแบ่งตามลักษณะของแรงที่กระทำกับวัสดุแล้ว จะทำให้เกิดความเค้นขึ้น 3 แบบ คือ ความเค้นดึง (Tensile Stress) ความเค้นอัด (Compressive Stress) และความเค้นเฉือน (Shear Stress) ความเค้นดึงและความเค้นอัด จะรับแรงที่มากระทำในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ส่วนความเค้นเฉือนแรงที่กระทำจะขนานกับพื้นที่หน้าตัด จากลักษณะของแรงกระทำที่เป็นแรงอัด เราสามารถหาความเค้นที่เกิดขึ้นได้โดยคิดเป็นอัตราส่วน ระหว่างแรงกระทำต่อพื้นที่หน้าตัด ดังสมการที่ 2.2

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.2)$$

เมื่อ

$$\sigma = \text{ความเค้นทางวิศวกรรม (lb/in}^2, \text{N/m}^2, \text{kgf/mm}^2)$$

$$F = \text{แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด (lb., N, kgf)}$$

$$A_0 = \text{พื้นที่หน้าตัดขวางที่ถูกแรงกระทำ (in}^2, \text{m}^2, \text{mm}^2)$$

กรณีที่ได้รับแรงเฉือน ความเค้นที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดที่ขนานกับแนวแรงดังสมการที่ 2.3

$$\tau = \frac{F}{A_0} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$$\tau = \text{ความเค้นเฉือน (lb/in}^2, \text{N/m}^2, \text{kgf/mm}^2)$$

$$F = \text{แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด (lb, N, kgf)}$$

$$A_0 = \text{พื้นที่หน้าตัดขวางที่ถูกแรงกระทำ (in}^2, \text{m}^2, \text{mm}^2)$$

2.1.6.3 ความเครียด (Strain)

คือ การเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) ของวัสดุเมื่อมีแรงมากระทำ โดยแบ่งเป็น ความเครียดยืดหยุ่น (Elastic strain) และความเครียดถาวร (Plastic Strain) ความเครียดยืดหยุ่นเป็นการเปลี่ยนรูปในลักษณะที่เมื่อลดแรงกระทำแล้ว วัสดุจะกลับสู่รูปเดิมเหมือนก่อนหน้าที่จะรับแรง ส่วนความเครียดแบบถาวรเป็นลักษณะที่เมื่อปล่อยแรงแล้ววัสดุจะไม่กลับสู่ขนาดเดิมการหาความเครียดทางวิศวกรรม (Engineering Strain) หากจากอัตราส่วนของขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปต่อขนาดเดิมโดยแบ่งตามลักษณะแรงที่กระทำได้ 2 แบบ คือ ความเครียดเชิงเส้น (Linear Strain) และความเครียดเฉือน (Shear Strain) และความเครียดเชิงเส้นจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุรับแรงดึง หรือแรงกด ส่วนความเครียดเฉือนจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุได้รับแรงเฉือน และความเครียดเชิงเส้นหาได้จากสมการที่ 2.4

$$e = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.4)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} e &= \text{ความเครียดเชิงเส้น} \\ l &= \text{ความยาวเมื่อได้รับแรงกระทำ} \\ l_0 &= \text{ความยาวเกจ (Gauge length)} \\ \Delta l &= \text{ความยาวเมื่อเปลี่ยนแปลงไป} \end{aligned}$$

ความเครียดเฉือนหาได้จาก

$$\gamma = \tan\theta \quad (2.5)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \gamma &= \text{ความเครียดเฉือน} \\ \tan\theta &= \text{มุมที่มีเฉไป} \end{aligned}$$

2.1.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับกลศาสตร์วิศวกรรม

สภาพสมดุลเป็นสภาพที่วัตถุหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ในทิศทางตรง (ไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง การเคลื่อนที่) ด้วยความเร็วคงที่ตามกฎข้อที่สองของนิวตันพบว่า วัตถุจะอยู่ในสภาพสมดุลได้ เมื่อ Resultant ของทุก ๆ แรงและโมเมนต์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าเป็น 0 หรือเขียนได้ดังสมการที่ 2.6 ดังนี้

$$\vec{R} = \sum \vec{F} = 0 \text{ และ } \vec{M} = \sum \vec{M} = 0 \quad (2.6)$$

เนื่องจากวัตถุในธรรมชาติมีลักษณะเป็นสามมิติ ดังนั้นการพิจารณาปัญหาสภาพสมดุล จึงควรคิดเป็นปัญหาสามมิติ อย่างไรก็ตาม ถ้าแรงทุก ๆ แรงกระทำในระนาบเดียวกันทั้งหมดจะพิจารณาปัญหาเป็นปัญหาสมดุลในสองมิติได้

2.1.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับไฟไนต์เอลิเมนต์

ไฟไนต์เอลิเมนต์ คือวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ เขียนเป็น โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้คำนวณ แก้ปัญหาทางวิศวกรรม เช่น คำนวณหาความแข็งแรง ของวัสดุหรือ ชิ้นส่วนเครื่องกล ศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหล การถ่ายเทความร้อน ในชิ้นส่วนเครื่องกล รูปแบบการกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า, คลื่นเสียง ฯลฯ

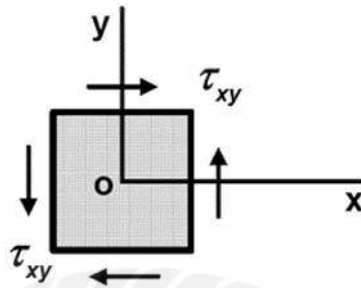
2.1.8.1 หลักการของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กล่าวอย่างง่าย ๆ ก็คือ เราทำการเติมรูปทรงของผลิตภัณฑ์ ด้วยชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่มีรูปทรงเรขาคณิต เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ เป็นต้น เนื่องจากเราสามารถคำนวณหาคำตอบที่แน่แท้ ของชิ้นส่วนที่มีรูปทรงเรขาคณิตได้ ดังนั้นเมื่อ เราเติมชิ้นส่วนเล็กๆ เหล่านี้ลงไป ในชิ้นส่วนใหญ่ เราก็สามารถศึกษาพฤติกรรมโดยรวมของระบบได้

2.1.8.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์เกี่ยวกับของแข็ง

รูปที่ 2.14 แสดงวัตถุทรงตัน รูปร่างใด ๆ ใน 3 มิติคือ x-y-z โคออร์ดิเนตบนผิวบางส่วนของวัตถุนี้อาจถูกจับยึดตรึงแน่น (Fixed) ในขณะที่ผิวบางส่วนอาจถูกแรงภายนอกมากระทำ หรือผิวบางส่วนอาจปล่อยอิสระไว้ (Free Boundary) โดเมนของวัตถุทรงตันสามารถแบ่งออกเป็น เอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้า (Tetrahedral Element) ย่อย ๆ ได้ดังแสดงในรูปอนึ่งวัตถุทรงตันนี้ จะมีรูปร่างใด ๆ ก็ได้ไม่ว่าจะเป็นรูปร่างของเครื่องยนต์ซึ่งอาจมีส่วนเว้าส่วนโค้งหรือ

กลวงอยู่ ภายในรูปร่างซึ่งมีลักษณะซับซ้อนเช่นนี้สามารถบางออกเป็นเอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้าที่มี ขนาดเล็กเป็นจำนวนมากได้



รูปที่ 2.14 โดเมนและเงื่อนไขขอบเขตของวัตถุทรงตันภายใต้แรงกระทำใด ๆ

ที่ตำแหน่งใด ๆ ก็ตามในวัตถุทรงตันนี้สมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งแสดงความสมดุลของแรงในแนวแกน x , y และ z คือ

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \quad (2.7)$$

โดย $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ แทนค่าความเค้นจาก (Normal Stress) ในแนวแกน x, y, z ตามลำดับ
 τ_x, τ_y, τ_z แทนค่าความเค้นเฉือน (Shearing Stress)

บนผิวรอบนอกบางส่วนของวัตถุทรงตันนี้อาจประกอบไปด้วยเงื่อนไขขอบเขตที่แตกต่างกันไป เช่น ผิวบางส่วนอาจมีการกำหนดระยะของการเคลื่อนตัวในขณะที่ผิวส่วนอื่น ๆ อาจมีการกำหนดเงื่อนไขของความเค้นที่ผิว (Surface Traction) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปได้คือ

$$\vec{T} = T_x \hat{i} + T_y \hat{j} + T_z \hat{k} \quad (2.8)$$

โดย T_x, T_y, T_z แทนค่าความเค้นที่ผิวในทิศแกน x, y, z ตามลำดับค่าความเค้นผิวเหล่านี้สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของค่าความเค้นฉากและความเค้นเฉือนได้คือ

$$\begin{Bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{Bmatrix} \quad (2.9)$$

โดย n_x, n_y, n_z เป็นทิศทางโคไซน์ (Direction Cosines) ของเวกเตอร์

$$\hat{n} = n_x \hat{i} + n_y \hat{j} + n_z \hat{k} \quad (2.10)$$

ซึ่งเป็นเวกเตอร์หน่วย (Unit Vector) ที่ตั้งฉากกับผิว ณ จุดที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น ค่าของความเค้นย่อย (Stress Components) ต่าง ๆ ในสมการ (2.9) มีความสัมพันธ์กับค่าของความเครียดย่อยดังนี้

$$\{\sigma\} = [c]\{\varepsilon\} \quad (2.11)$$

เวกเตอร์ในสมการ (2.11) นี้ประกอบด้วย

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{xz} \end{Bmatrix}; \quad \{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} \quad (2.12)$$

โดย $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ แทนค่าความเครียดดาก (Normal Strain)
 $\gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yx}$ แทนค่าความเครียดเฉือน (Shearing Strain)
 เมทริกซ์ [C] แทนเมทริกซ์ความยืดหยุ่นของวัสดุ (Material Elasticity Matrix) ซึ่งมี
 รายละเอียดดังนี้

$$[C] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{(1-2\nu)}{2} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

โดย E แทนค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus Of Elasticity)
 ν แทนอัตราส่วนของปัวซอง (Poisson's Ratio)

ค่าความเครียดย่อยต่าง ๆ ข้างต้น สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของค่าการเคลื่อนตัว u, v, w ตาม
 ทฤษฎีของการเสีรูปน้่อย (Small Deformation Theory)

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}; & \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y}; & \gamma_{yz} &= \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \varepsilon_z &= \frac{\partial w}{\partial z}; & \gamma_{xz} &= \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \end{aligned} \quad (2.14)$$

กล่าวคือจำนวนตัวไม่รู้ค่าสำหรับปัญหาวัตถุทรงตันคือค่าของการเสีรูป u, v, w เท่านั้น
 เมื่อทราบค่าของการเสีรูปเหล่านี้แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่าของความเครียดย่อยและค่าของความ
 เกล้นย่อยตามสมการที่ (2.14) และ (2.11) ได้ตามลำดับ

ลักษณะการกระจายของค่าการเคลื่อนตัว u, v, w บนเอลิเมนต์ต่างถูกสมมติให้อยู่ใน
รูปแบบของเชิงเส้น ยกตัวอย่างเช่น

$$u(x, y, z) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 z \quad (2.15)$$

โดย $\alpha_i, i = 1, 2, 3, 4$ เป็นค่าคงที่ซึ่งหาได้จากเงื่อนไขที่จุดต่อทั้งสี่ดังนี้

$$\text{จุดต่อ1: } u(x_1, y_1, z_1) = u_1 = \alpha_1 + \alpha_2 x_1 + \alpha_3 y_1 + \alpha_4 z_1 \quad (2.16 \text{ ก})$$

$$\text{จุดต่อ2: } u(x_2, y_2, z_2) = u_2 = \alpha_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 y_2 + \alpha_4 z_2 \quad (2.16 \text{ ข})$$

$$\text{จุดต่อ3: } u(x_3, y_3, z_3) = u_3 = \alpha_1 + \alpha_2 x_3 + \alpha_3 y_3 + \alpha_4 z_3 \quad (2.16 \text{ ค})$$

$$\text{จุดต่อ4: } u(x_4, y_4, z_4) = u_4 = \alpha_1 + \alpha_2 x_4 + \alpha_3 y_4 + \alpha_4 z_4 \quad (2.16 \text{ ง})$$

สมการ (2.10 ก) ถึง (2.10 ง) สามารถนำมาใช้หาค่าคงที่ $\alpha_i, i = 1, 2, 3, 4$ ได้
จากนั้นจึงเขียนสมการให้อยู่ในรูปแบบใหม่ได้คือ

$$\begin{aligned} u(x, y, z) &= N_1 u_1 + N_2 u_2 + N_3 u_3 + N_4 u_4 \\ &= [N] \{u\} \end{aligned} \quad (2.17)$$

โดย $[N]$ เรียกว่า เมทริกซ์ของการประมาณภายในเอลิเมนต์ (Element Interpolation
Matrix) และ $\{u\}$ แทนเวกเตอร์ของค่าการเคลื่อนตัวที่จุดต่อ (Vector Of Nodal U-displacement)

ในแนวแกน x รายละเอียดของฟังก์ชันการประมาณภายในของเมทริกซ์ $[N]$ ประกอบด้วย

$$N_i(x, y, z) = L_i(x, y, z) \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (2.18)$$

โดย L_i เรียกว่าโคออร์ดิเนตปริมาตร (Volume Coordinate) ซึ่งมีรายละเอียดคือ

$$L_i = \frac{1}{6V} (a_i + b_i x + c_i y + d_i z) \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (2.19)$$

$$\text{ในที่นี้ } V = \text{ปริมาตรของเฮลิเมนต์} = \frac{1}{6} \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 & z_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & z_2 \\ 1 & x_3 & y_3 & z_3 \\ 1 & x_4 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad (2.20ก)$$

$$a_1 = \begin{vmatrix} x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \\ x_4 & y_4 & z_4 \end{vmatrix}; \quad c_1 = \begin{vmatrix} x_2 & 1 & z_2 \\ x_3 & 1 & z_3 \\ x_4 & 1 & z_4 \end{vmatrix} \quad (2.20ข)$$

$$b_1 = \begin{vmatrix} 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \\ 1 & y_4 & z_4 \end{vmatrix}; \quad d_1 = \begin{vmatrix} x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \\ x_4 & y_4 & 1 \end{vmatrix} \quad (2.20ค)$$

ส่วนค่าคงที่ตัวอื่น ๆ ได้แก่ a_i, b_i, c_i, d_i เมื่อ $i = 2, 3, 4$ สามารถเขียนออกมาได้ในทำนองเดียวกันโดยใช้การวนสลับเปลี่ยนตัวเลข (Cyclic Permutation) เช่น

$$a_2 = \begin{vmatrix} x_3 & y_3 & z_3 \\ x_4 & y_4 & z_4 \\ x_1 & y_1 & z_1 \end{vmatrix} \quad (2.20ง)$$

ดังนั้น ลักษณะการกระจายของค่าการเคลื่อนตัว u, v, w ในแนวแกน x, y, z บนเฮลิเมนต์ทรงสี่หน้าแบบ 4 จุดต่อคือ

$$\begin{aligned} u(x, y, z) &= [N] \{u\} \\ v(x, y, z) &= [N] \{v\} \\ w(x, y, z) &= [N] \{w\} \end{aligned} \quad (2.21)$$

โดยเมทริกซ์ฟังก์ชัน การประมาณภายใน $[N]$ มีรายละเอียดดังแสดงในสมการ (2.18) ถึง (2.20) เอลิเมนต์ทรงสี่หน้าอันดับสูงขึ้นไปอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่าเป็นเอลิเมนต์อันดับ 2 (Quadratic) นั้นประกอบด้วย 10 จุดต่อโดยมีจุดต่อหมายเลข 1 ถึง 4 อยู่ที่มุมทั้งสี่และหมายเลข 5 ถึง 10 อยู่ที่กึ่งกลางของขอบทั้งหก

เอลิเมนต์ชนิดนี้สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงมากกว่าเอลิเมนต์แบบ 4 จุดต่อจากการสมมุติลักษณะการเคลื่อนตัวซึ่งมีอันดับสูงกว่าด้วยการใช้จำนวนจุดต่อที่มากกว่าฟังก์ชันการประมาณภายในของเอลิเมนต์ชนิดนี้สามารถประดิษฐ์ขึ้นได้โดยใช้กระบวนการเช่นเดียวกันกับที่ได้อธิบายสำหรับเอลิเมนต์แบบ 4 จุดต่อ ซึ่งเริ่มจากการสมมุติลักษณะการกระจายของค่าเคลื่อนตัวเช่น $u(x, y, z)$ ให้แปรผันไปกับ x, y, z ขึ้นไปถึงกำลังสอง

$$u(x, y, z) = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 z + \alpha_5 x^2 + \alpha_6 xy + \alpha_7 y^2 + \alpha_8 yz + \alpha_9 z^2 + \alpha_{10} xz \quad (2.22)$$

โดย $\alpha_i, i = 1$ ถึง 10 เป็นค่าคงที่ซึ่งหาได้จากเงื่อนไขที่จุดต่อทั้งสิบในทำนองเดียวกันกับเอลิเมนต์แบบ 4 จุด หลังจากได้ α_i ทั้งสิบค่านี้แล้วให้แทนกลับลงในสมการ (2.16) เราสามารถเขียนลักษณะการกระจายของค่าการเคลื่อนตัว u ในทิศแกน x ในรูปแบบของค่าการเคลื่อนตัวที่จุดต่อทั้งสิบได้ดังนี้

$$u(x, y, z) = [N] \{u\} \quad (2.23)$$

โดย

$$\begin{aligned} N_i &= L_i (2L_i - 1) & i &= 1, 2, 3, 4 \\ N_5 &= 4L_1 L_2 & ; & \\ N_6 &= 4L_1 L_3 & ; & \\ N_7 &= 4L_1 L_4 & ; & \\ N_8 &= 4L_2 L_3 & \\ N_9 &= 4L_3 L_4 & \\ N_{10} &= 4L_2 L_4 & \end{aligned} \quad (2.24)$$

ในทำนองเดียวกันลักษณะการกระจายของค่าการเคลื่อนตัว v และ w ในทิศแกน y และ z สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของค่าการเคลื่อนตัวที่จุดต่อทั้งสิบได้เช่นกัน คือ

$$v(x, y, z) = [N] \{v\} \quad (2.25)$$

$$w(x, y, z) = [N] \{w\} \quad (2.26)$$

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับเอลิเมนต์ทรงสี่หน้าไม่ว่าจะเป็นแบบ 4 จุดต่อหรือแบบ 10 จุดต่อ สามารถประดิษฐ์ขึ้นได้โดยการประยุกต์ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (Method Of Weighted Residuals) เริ่มจากการคูณสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยด้วยฟังก์ชันน้ำหนักซึ่งในที่นี้คือ ฟังก์ชันการประมาณภายใน N_i แล้วอินทิเกรตตลอดทั่วทั้งปริมาตรของเอลิเมนต์นั้นจากนั้นจึง กำหนดให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับศูนย์นั่นคือ

$$\int_V N_i \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) dV = 0$$

$$\int_V N_i \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) dV = 0 \quad (2.27)$$

$$\int_V N_i \left(\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} \right) dV = 0$$

โดย V แทนปริมาตรของเอลิเมนต์นั้น ๆ ส่วนฟังก์ชันการประมาณภายใน N_i ในสมการ (2.22) ขึ้นอยู่กับชนิดของเอลิเมนต์ที่ใช้ยกตัวอย่างเช่น หากเราเลือกใช้เอลิเมนต์ทรงสี่หน้าแบบ 4 จุดต่อแล้วฟังก์ชัน การประมาณภายในจะเกิดจากการเขียนหลัก ษณะการกระจายของค่าการเคลื่อน ตัว u, v, w ในสมการ (2.21) รวมเข้าด้วยกันคือ

$$[\bar{\delta}] = [N(x, y, z)] [\delta] \quad (2.28)$$

โดย $[\bar{\delta}]^T = [u \ v \ w]$

$$[\bar{\delta}]^T = [u_1 \ v_1 \ w_1 \ u_2 \ v_2 \ w_2 \ u_3 \ v_3 \ w_3 \ u_4 \ v_4 \ w_4] \quad (2.29)$$

ซึ่งหมายถึงเวกเตอร์ของความเครียดย่อยในสมการ (2.8) สามารถเขียนในรูปแบบของค่า การเคลื่อนตัวที่จุดต่อ $[\delta]$ ได้ดังนี้

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{xz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \end{Bmatrix} = [B(x, y, z)]\{\delta\} \quad (2.30)$$

โดย [B] แทนเมทริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดย่อยและการเคลื่อนตัวที่จุดต่อจากการประยุกต์ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตค่างตามสมการ (2.21) นี้ทำให้เกิดสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับเอลิเมนต์ทรงสี่หน้าแบบ 4 จุดต่อ ประกอบไปด้วย 12 สมการย่อยซึ่งสามารถเขียนในรูปแบบของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$[N] \{\delta\} = \{F\} \quad (2.31)$$

โดย [K] แทนเมทริกซ์ของความแข็งแกร่ง (Stiffness Matrix) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$[K] = [B]^T [C] [B] V \quad (2.32)$$

โดย [C] แทนเมทริกซ์ความยืดหยุ่น ของวัสดุตามสมการ (2.13)

และ V แทนปริมาตรของเอลิเมนต์ที่พิจารณาอยู่นั้น

ส่วนเวกเตอร์ {F} ทางด้านขวามือของสมการ (2.31) แทนโหลดเวกเตอร์ (Load Vector) ซึ่งอาจเกิดแรงดัน (Pressure) ที่กระทำบนผิวภายนอกยกตัวอย่างเช่นหากด้านซึ่งประกอบด้วยจุด ต่อ 2-3-4 เป็นด้านที่ผิวภายนอกของโมเดลซึ่งถูกแรงดันที่มีค่า P_x, P_y, P_z กระทำในทิศแกน x, y, z ตามลำดับแล้วเวกเตอร์ {F} ที่เกิดขึ้นคือ

$$[F]^T = \frac{A_{2-3-4}}{3} [0 \ 0 \ 0 \ p_x \ p_y \ p_z \ p_x \ p_y \ p_z \ p_x \ p_y \ p_z] \quad (2.33)$$

โดย A_{2-3-4} แทนพื้นที่ของด้านซึ่งประกอบด้วยจุดต่อ 2-3-4 เป็นต้น

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์พร้อมไฟไนต์เอลิเมนต์เมทริกซ์ดังสมการ (2.32) และ (2.33) นี้เองที่นำไปประยุกต์เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์และฝังตัวอยู่ในไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟต์แวร์ที่ใช้วิเคราะห์ปัญหารูปทรงตันใด ๆ ภายใต้งื่อนไขขอบเขตต่าง ๆ กันได้ สมการไฟไนต์เอลิเมนต์จะถูกคำนวณขอบเขตลงบนระบบสมการรวมนี้แล้วจึงแก้สมการรวมทั้งระบบเพื่อหาค่าของการเคลื่อนตัว u, v, w ในทิศทาง x, y, z ของทุก ๆ จุดต่อ เมื่อสมการค่าของการเคลื่อนตัว u, v, w ของทุก ๆ จุดต่อแล้วคำนวณหาค่าความเครียดย่อยในแต่ละเอลิเมนต์โดยใช้สมการ (2.25) ก่อนนำไปหาค่าความเค้นย่อยโดยใช้สมการ (2.11) ต่อไป

2.1.8.3 ไฟไนต์เอลิเมนต์ในปัจจุบัน

ในปัจจุบันแทบจะพูดได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ได้ผ่านการออกแบบด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์แทบทั้งนั้น ดังเช่นที่ได้ยกตัวอย่างเอาไว้ตอนต้นเกี่ยวกับ การออกแบบรถยนต์ ที่เรียกได้ว่าไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้มีส่วนร่วมแทบทุกชิ้นส่วนเลยทีเดียว ผลิตภัณฑ์พลาสติกก็เช่นกัน ได้มีการนำเอาไฟไนต์เอลิเมนต์ มาศึกษาการไหลของน้ำพลาสติก เพื่อใช้ออกแบบ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีขนาด รูปทรงที่มีความเที่ยงตรงสูง และมีผิวเรียบสวยงาม



รูปที่ 2.15 การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในอุตสาหกรรมการบิน

2.1.9 คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเหล็ก ASTM A36

ผลิตภัณฑ์เหล็ก A36 ที่ผ่านการรับรองจะต้องมีช่วงความต้านทานแรงดึงสูงสุดตั้งแต่ 58,000 ถึง 79,800 psi ไม่ใช่ตัวเลขที่แน่นอนเนื่องจากได้รับผลกระทบจากองค์ประกอบทางเคมีและวิธีการผลิต ในการทดสอบแรงดึง เหล็กเส้น ASTM A36 สามารถยืดออกได้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของความยาวเดิม นอกจากนี้ยังแสดงความสามารถในการรับแรงกระแทกได้ดีเยี่ยมที่อุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเหล็ก ASTM A36

คุณสมบัติทางกายภาพ	Metric	Imperial
ความหนาแน่น	7.85 g/cm ³	0.284 lb/in ³

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางกลแผ่นเหล็ก ASTM A36

Mechanical Properties	Metric	English
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58,000 – 79,800 psi
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36,300 psi
Elongation at Break in 200 mm	20.0 %	20.0 %
Elongation at Break in 50 mm	23.0 %	23.0 %
Modulus of Elasticity	200 GPa	29,000 ksi
Bulk Modulus	160 GPa	23,200 ksi
Poisson's Ratio	0.260	0.260
Shear Modulus	79.3 GPa	11,500 ksi

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.2.1 การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (ชื่อผู้แต่ง ศุภชญา หาญชนะ พ.ศ.2552 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

การออกแบบเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนรูปแบบใหม่นั้นมาจากแนวคิดที่จะทำการรวมหลักการทำงานของรถแทรกเตอร์การเกษตร และรถงา ให้สามารถทำงานอย่างต่อเนื่องในเครื่องเดียวกัน ซึ่งการเคลื่อนย้ายไม้ท่อนในแต่ละครั้งนั้นเป็นงานที่มีน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นต้องทำการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวโครงสร้างชุดเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนเป็นขั้นตอนแรกโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยใน 1)การออกแบบขนาดของโครงสร้างชุดมีความยาวเท่ากับ 6.10 เมตร ความกว้างเท่ากับ 2.00 เมตร 2) การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนต้นแบบจำลองนี้ ประกอบด้วยชิ้นงาน 2 ชิ้น คือ โครงสร้างหลัก และชุดรองรับไม้ท่อนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) โดยกำหนดโหลดที่กระทำต่อโครงสร้างหลัก ที่น้ำหนักไม้ท่อนประมาณ 4,500 กิโลกรัม (รวมน้ำหนักกระบะรองรับ) พบว่า ค่าความปลอดภัยของโครงสร้างหลัก มีค่าเท่ากับ 3.14 แสดงว่าเครื่องมือนี้สามารถรองรับน้ำหนักท่อนไม้ได้อย่างปลอดภัยในขณะทำงาน โดยที่ตัวโครงสร้างชุดจะไม่เกิดการเปลี่ยนรูป จากผลการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลไปปรับใช้ในการสร้างเป็นเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนต้นแบบจริง

2.2.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องทดสอบแรงดึงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ Analysis of Strength of Tensile Testing Machine by Finite Element method (เดชา สุขมา, สมบัติ มุกดา, เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ, ศิวะพงษ์ ลัมพากวิวัฒน์. (2555).

การออกแบบเครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับใช้งานในห้องปฏิบัติการ เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการต้านทานแรงดึงของวัสดุจำพวกพลาสติก โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโครงสร้างชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนโครงสร้างหลัก คานบน และชุดจับยึดชิ้นงานชิ้นส่วนต่างๆที่ผ่านการออกแบบจะทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis) หากชิ้นส่วนดังกล่าวมีค่าความปลอดภัย (Factor of Safety: FOS) ต่ำหรือมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ จะต้องนำกลับไปออกแบบใหม่ (Redesign) เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการรับแรงดึงขนาด 50,000 นิวตันและชิ้นส่วนบริเวณที่มีค่า FOS มากกว่า 3 จะถูกตัดออกเพื่อลดขนาดและน้ำหนักของโครงสร้างให้น้อยลง ผลจากการจำลอง (Simulation) ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักพบว่า มีค่า FOS เท่ากับ 2.3 ค่าความเค้น (Stress) มีค่าสูงสุดบริเวณพื้นที่

ส่วนกลางด้านบน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 121 N/m^2 ค่าความเครียด (strain) มีค่าสูงสุดบริเวณพื้นที่ส่วนกลางของด้านบน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.45 mm ชั้นส่วนคานบนพบว่า มีค่า FOS เท่ากับ 1.2 ค่าความเค้นมีค่าสูงสุดบริเวณรูเจาะสำหรับยึดแกนบอลสกรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 N/m^2 ค่าความเครียดมีค่าสูงสุดบริเวณขอบเหล็กที่เชื่อมเสริมความแข็งแรง มีค่าเท่ากับ 0.07 mm และสำหรับชุดจับยึดชิ้นงานพบว่า มีค่า FOS เท่ากับ 2.4 ค่าความเค้นมีค่าสูงสุดบริเวณขอบด้านล่างของสกรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 115 N/m^2 ค่าความเครียดมีค่าสูงสุดบริเวณด้านบนของสกรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.023 mm เมื่อนำไปสร้างเครื่องต้นแบบ พบว่า โครงสร้างต่างๆ สามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดความเสียหาย



บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

รายละเอียดของงานที่ปฏิบัติ จะกล่าวถึง ชื่อ-ที่ตั้ง ของสถานประกอบการ ลักษณะโดยรวมของสถานประกอบการ รูปแบบการบริหารองค์กร ตำแหน่งงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงาน โครงการสหกิจ

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

บริษัท ธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด (โรงงาน 2) ตั้งอยู่ที่ 2/360 ถนนสุขุมวิท ต.บางเมือง อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10270 โทรศัพท์ 02-757-9544



รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้งบริษัท ธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด (โรงงาน 2)



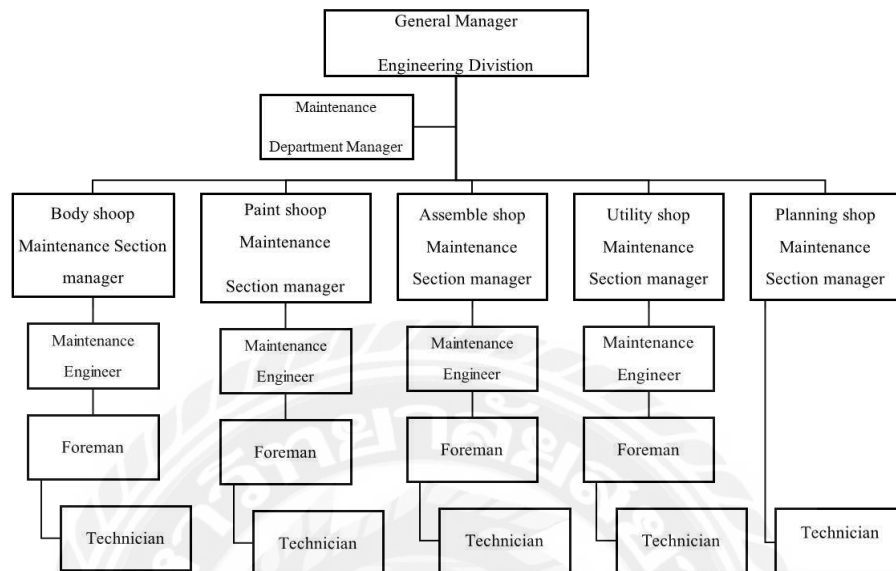
รูปที่ 3.2 ภาพด้านหน้าบริษัท ธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด (โรงงาน 2)

3.2 ลักษณะของสถานประกอบการ

เป็นผู้ผลิตรถยนต์ชั้นแนวหน้าว่าเป็นโรงงาน ที่มีคุณภาพและทันสมัยที่สุดแห่งหนึ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และยังได้รับความไว้วางใจจากบริษัท เมอร์เซเดส-เบนซ์ แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด ให้เป็นผู้ประกอบรถยนต์เมอร์เซเดส-เบนซ์ ภายใต้มาตรฐานคุณภาพการประกอบรถยนต์เมอร์เซเดส-เบนซ์จาก บริษัท เดมเลอร์ เอจี ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร

รูปแบบแผนผังการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กรของฝ่าย Maintenance



รูปที่ 3.3 แผนผังการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กรของฝ่าย Maintenance

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงานที่นักศึกษารับผิดชอบ

: ทีมบำรุงรักษา

ลักษณะงานที่นักศึกษารับผิดชอบ

: ตรวจสอบและบำรุงรักษา
เครื่องจักรภายในโรงงาน

3.5 ชื่อและตำแหน่งพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา

: นาย พชร ฉวีวงศ์

ตำแหน่ง

: ผู้จัดการแผนก

แผนก

: Utility maintenance

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน

: วันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565

สิ้นสุดวันปฏิบัติงาน

: วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ปรีกษาพนักงานที่เลี้ยง

สอบถามถึงหัวข้อโครงการในหัวเรื่องต่างๆ ที่สามารถ นำมา ประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม

3.7.2 ตั้งหัวข้อโครงการ

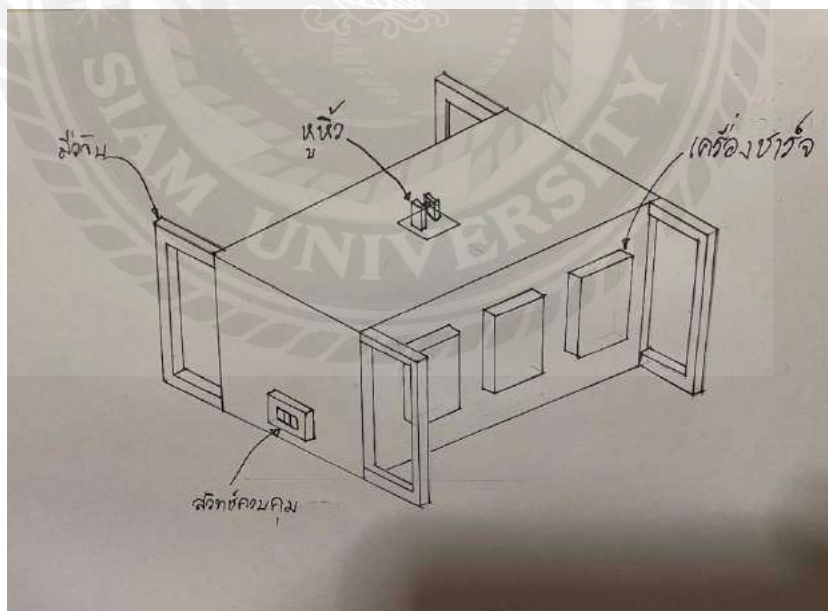
หาหัวข้อโครงการ โดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ในโครงการ รวมถึง คำชี้แนะในการเจอปัญหาในการทำโครงการ

3.7.3 ขั้นตอนรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

รวบรวมข้อมูลต่างๆจากพื้นที่ที่ปฏิบัติงานและผู้ปฏิบัติงานเพื่อนำมาใช้ประกอบในการออกแบบชิ้นงานเพื่อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของพนักงานรวมทั้งศึกษาหาทฤษฎีหลักการที่เกี่ยวข้องและการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบ

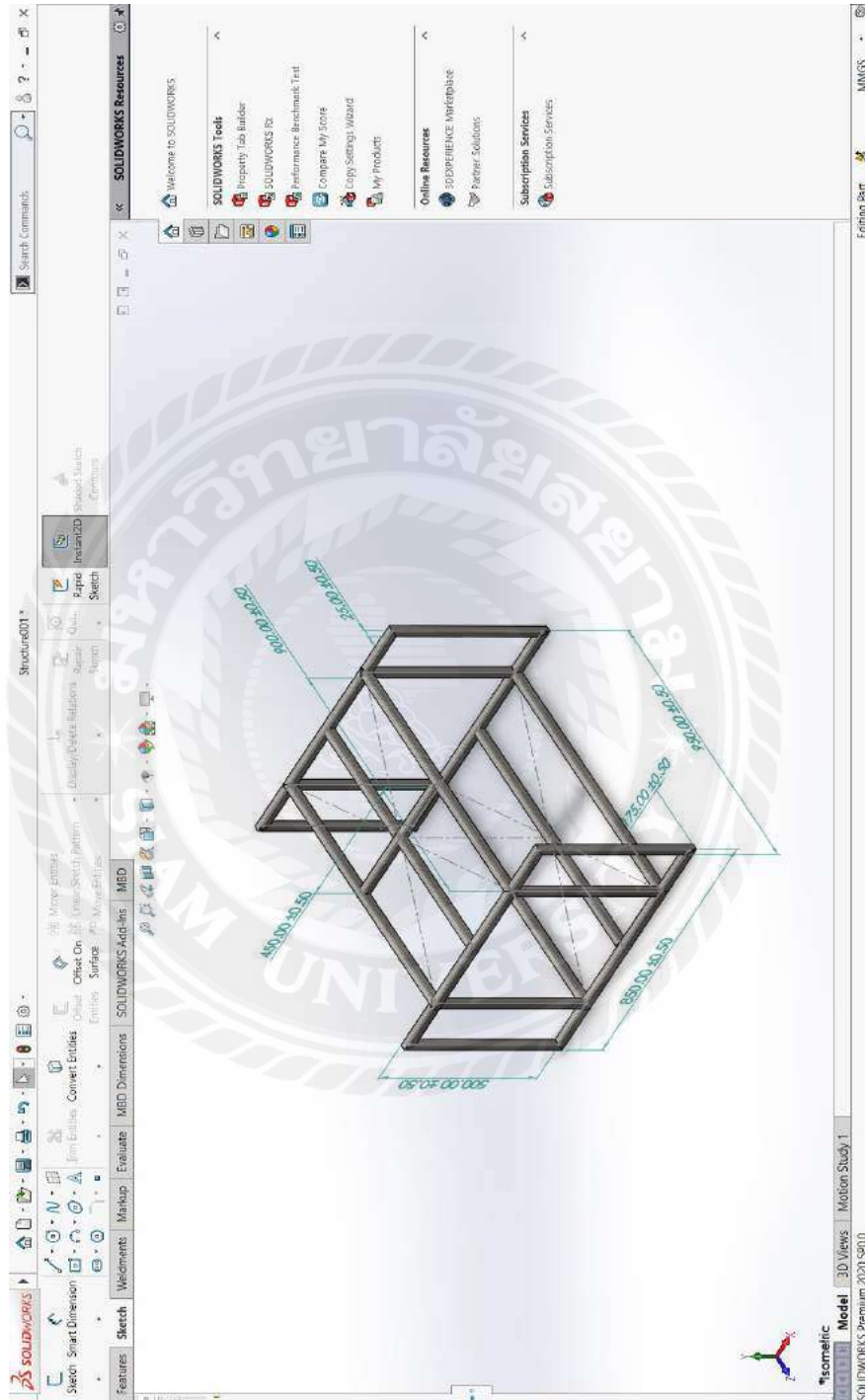
3.7.4 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบชิ้นงานเบื้องต้น

นำข้อมูลที่รวบรวมมาทำการร่างรูปแบบชิ้นงานด้วยการเขียนแบบมือเพื่อให้ชิ้นงานตรงกับความต้องการของพนักงานผู้ปฏิบัติงานก่อนนำไปใช้ในการออกแบบจริง



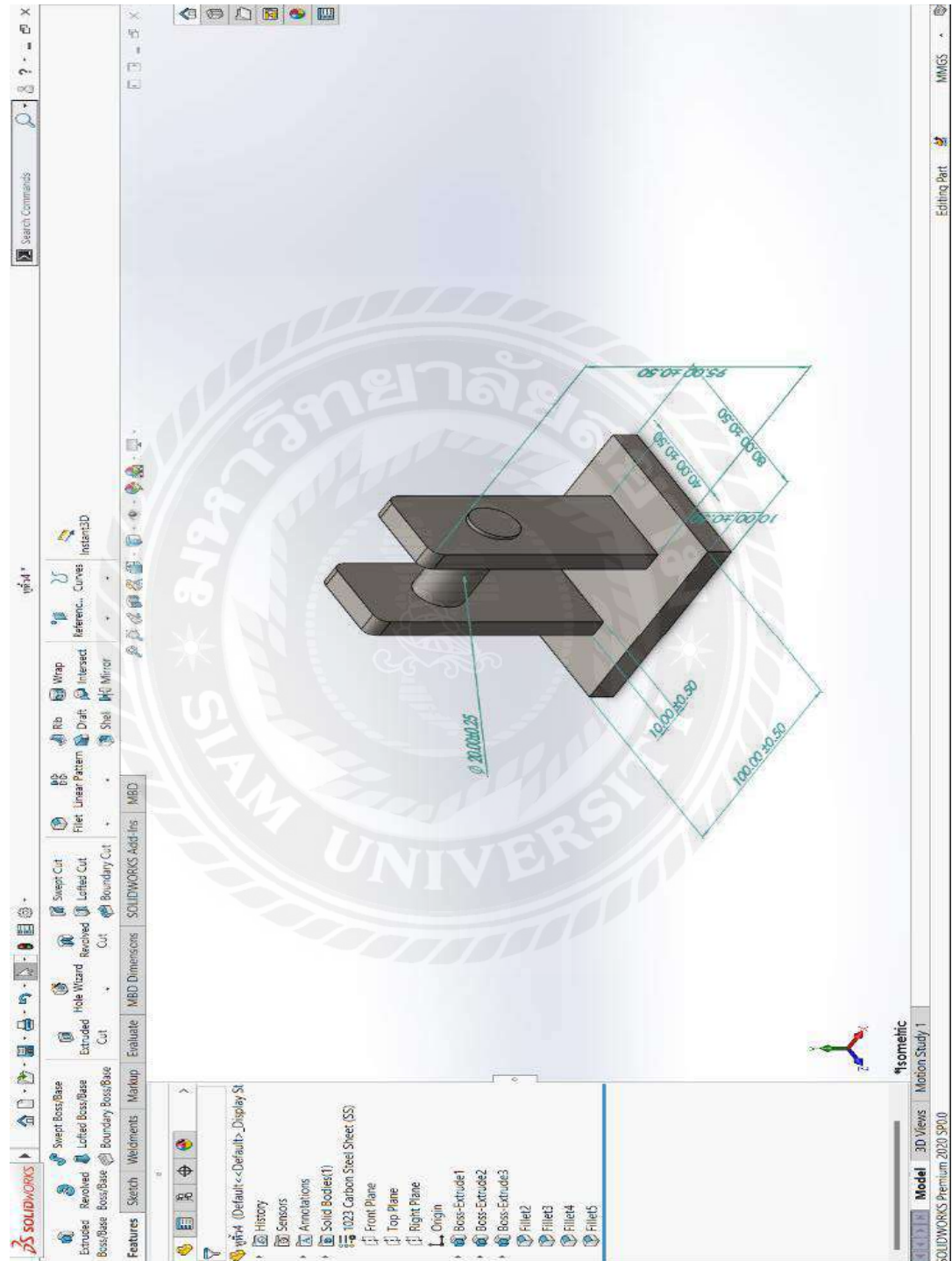
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนทำการร่างรูปแบบชิ้นงานด้วยการเขียนแบบมือ

3.7.5 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของผู้ติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ 12V โดยใช้โปรแกรมเขียน SOLIDWORKS



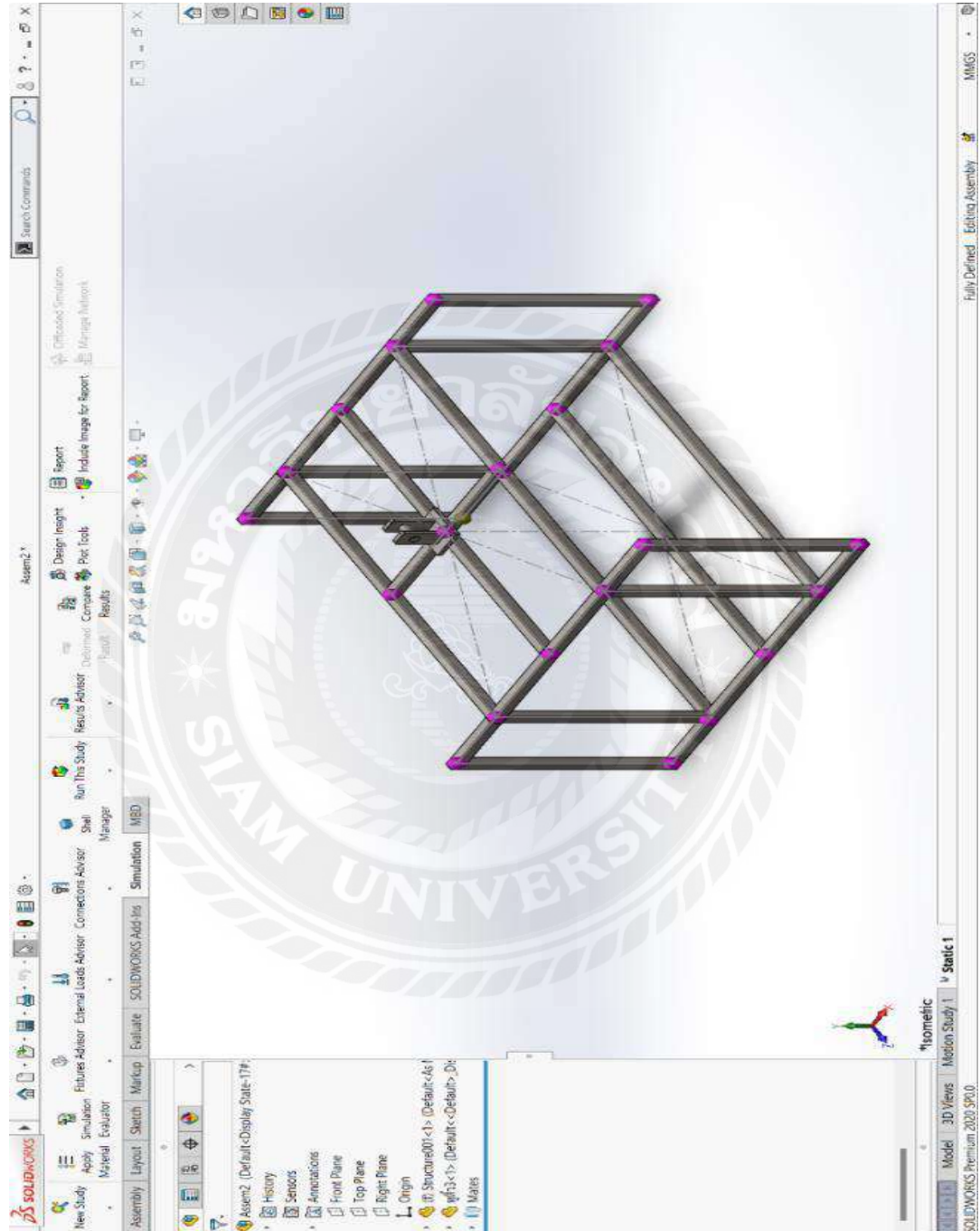
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของผู้ติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ 12V

3.7.6 ขั้นตอนออกแบบส่วนของหูหัวของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนออกแบบส่วนของหูหัวของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

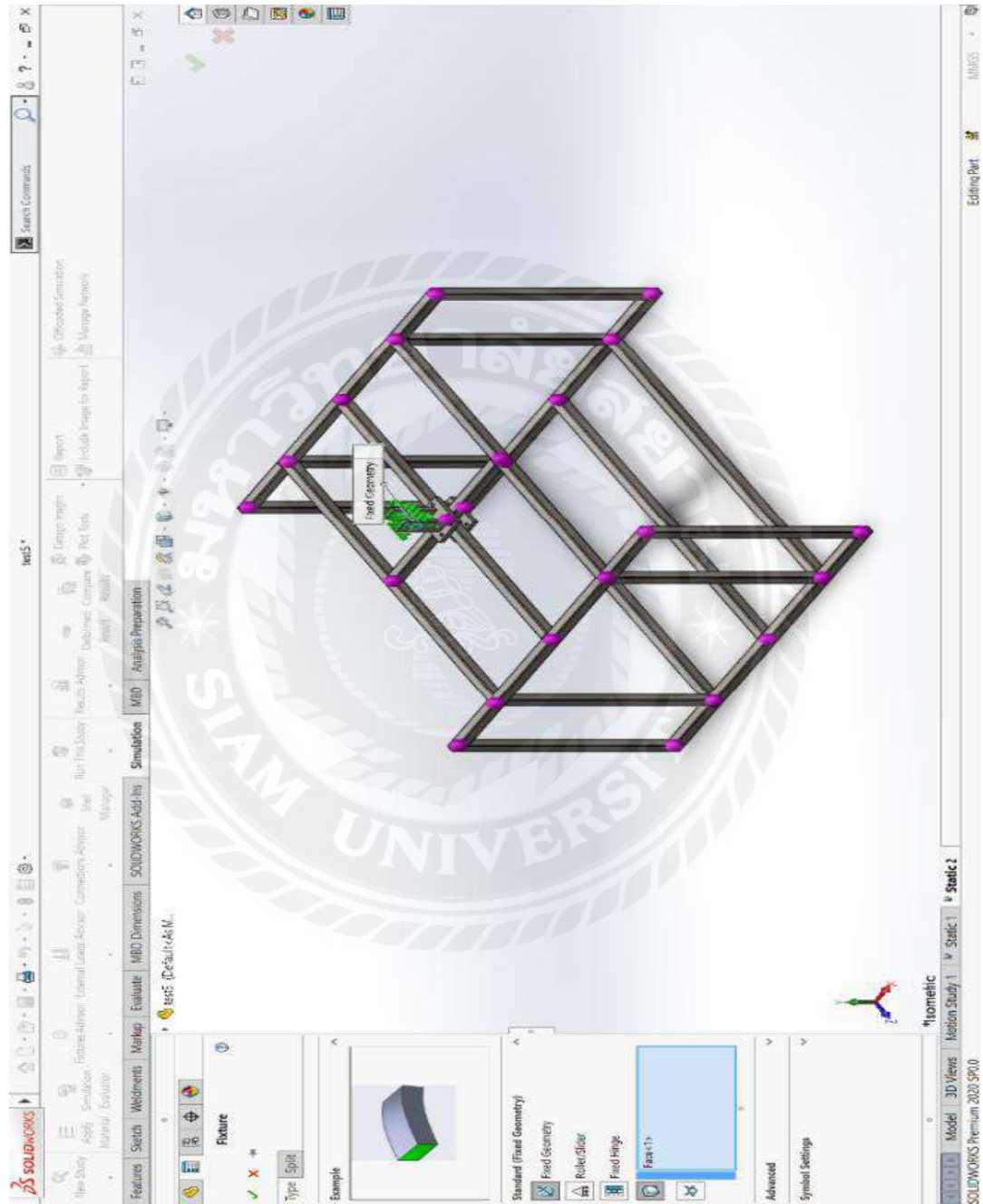
3.7.7 ขั้นตอนการ Mate ส่วนของโครงสร้างกับหัวของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



รูปที่ 3.7 การ Mate ส่วนของโครงสร้างกับหัวของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

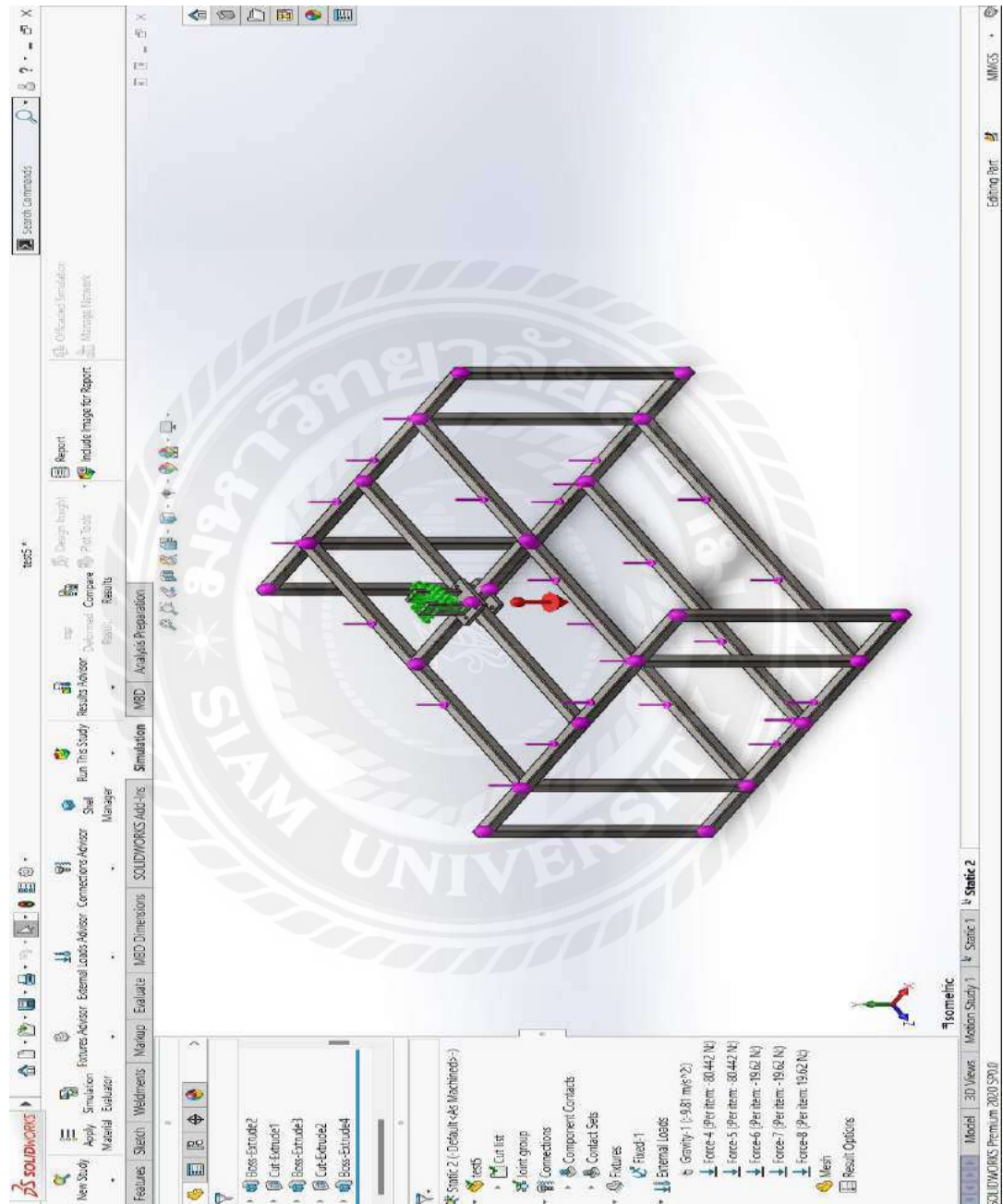
3.7.8 ขั้นตอนการทดสอบโครงสร้างของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.8.1 ขั้นตอนทำการกำหนดจุดยึด โครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



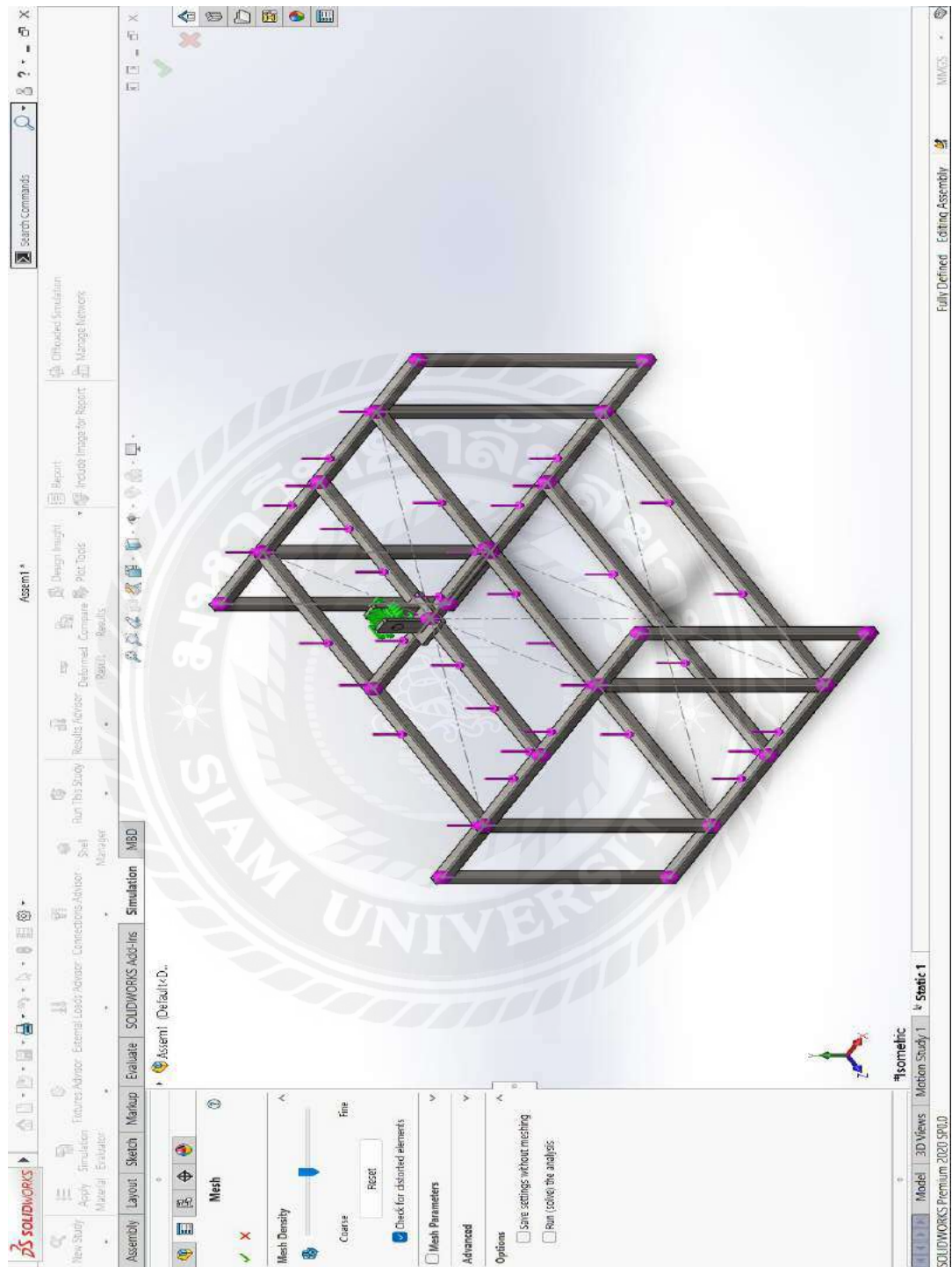
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการกำหนดจุดยึด โครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.8.2 ขั้นตอนทำการกำหนดแรงที่กระทำกับโครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่ โดยแรงที่กระทำคิดได้จากค่าน้ำหนักของส่วนประกอบที่ติดตั้งกับตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



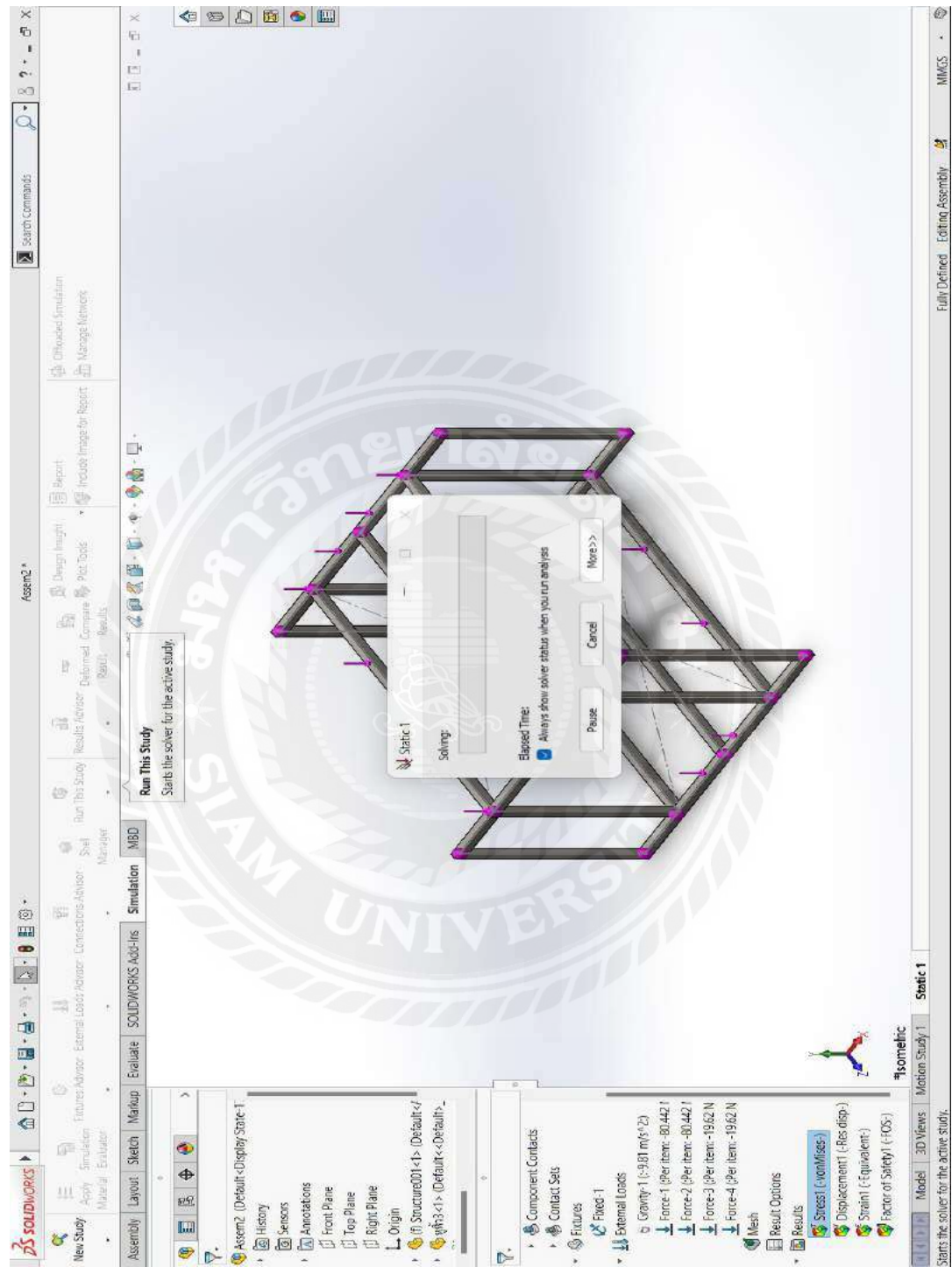
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการกำหนดแรงที่กระทำกับโครงสร้างตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.8.3 ขั้นตอนทำการ Create Mesh



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนทำการ Create Mesh

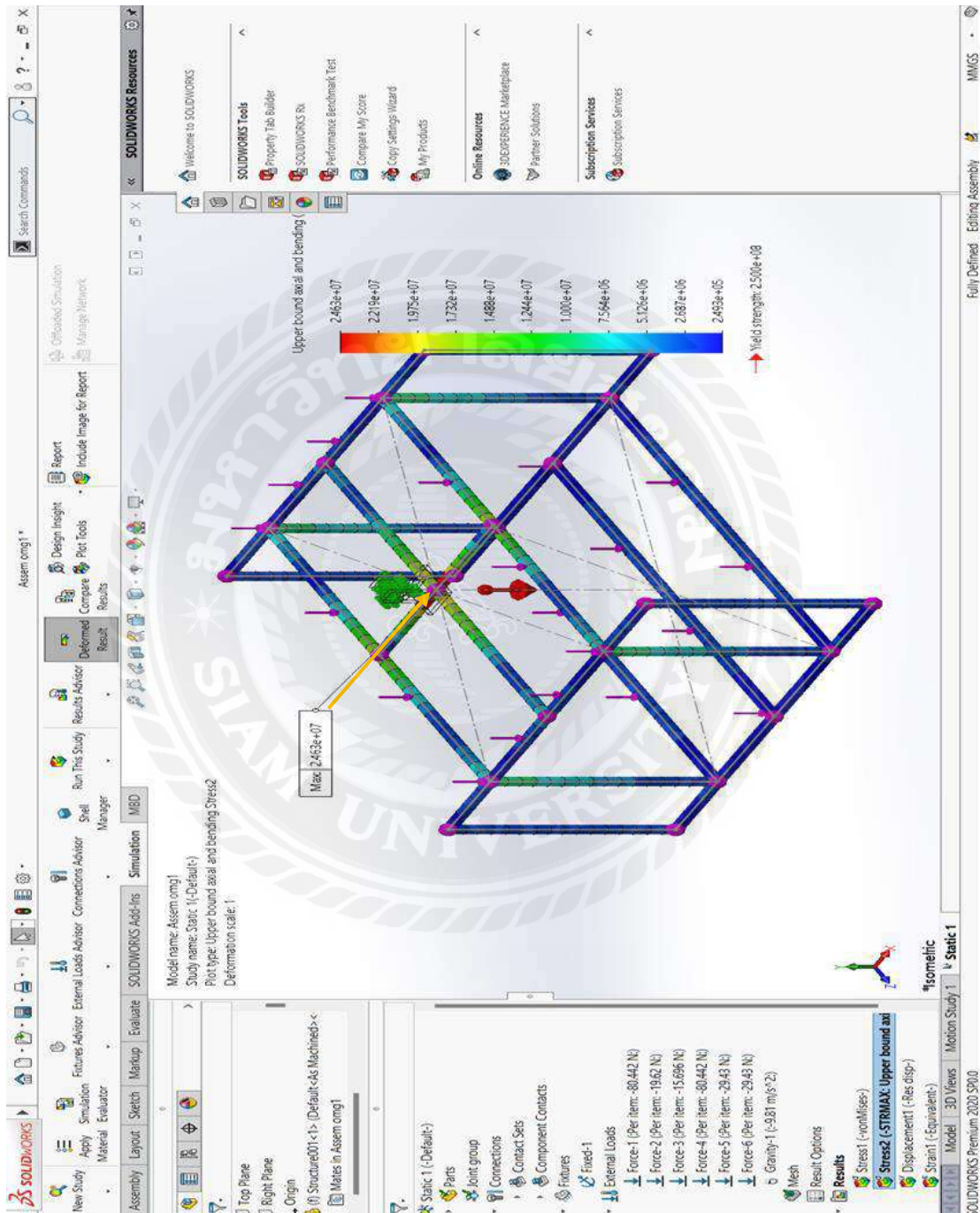
3.7.8.4 ขั้นตอนทำการ Run Simulation



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการ Run Simulation

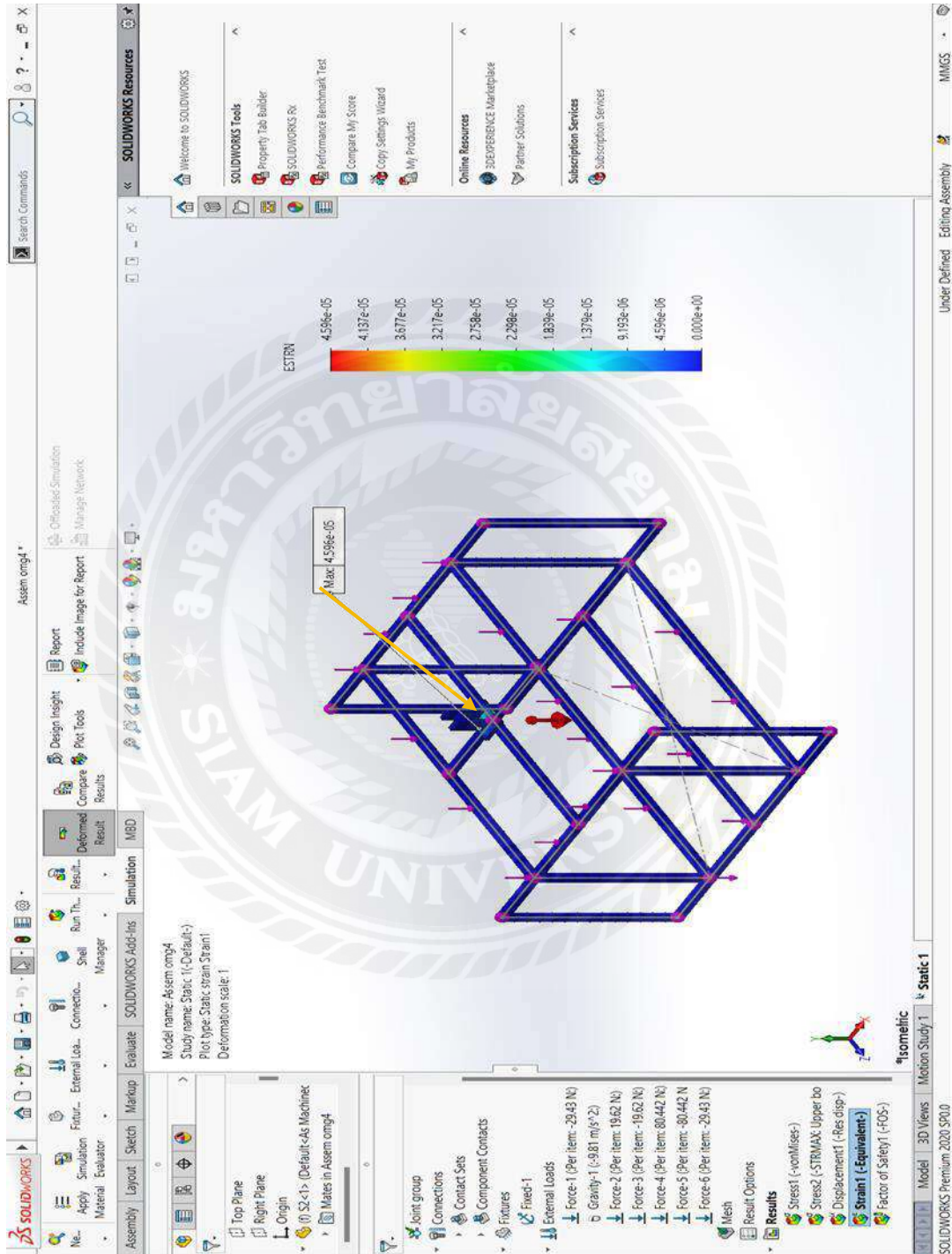
3.7.9 ขั้นตอนการตรวจสอบผลการทดสอบของการ Simulation

3.7.9.1 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max จะอยู่ที่ $2.463 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$ และมี Yield Strength อยู่ที่ $2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$



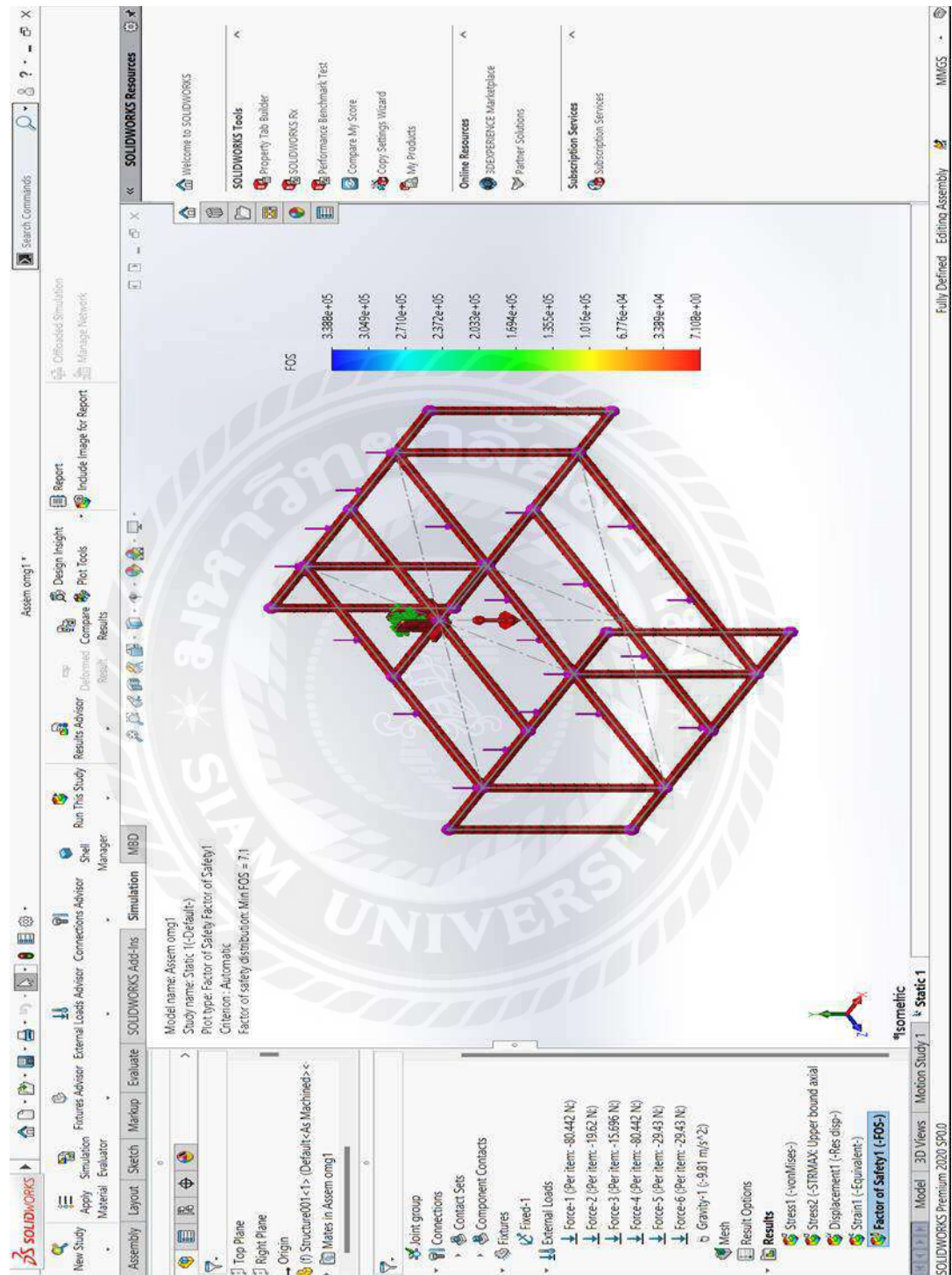
รูปที่ 3.12 ขั้นตอนตรวจสอบผลการตรวจสอบค่า Stress Max

3.7.9.2 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Strain Max พบว่าค่า Strain (Equivalent) Max อยู่ที่ 4.596×10^{-5}



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนตรวจสอบผลการตรวจสอบค่า Strain Max

3.7.9.2 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety อยู่ 7.1



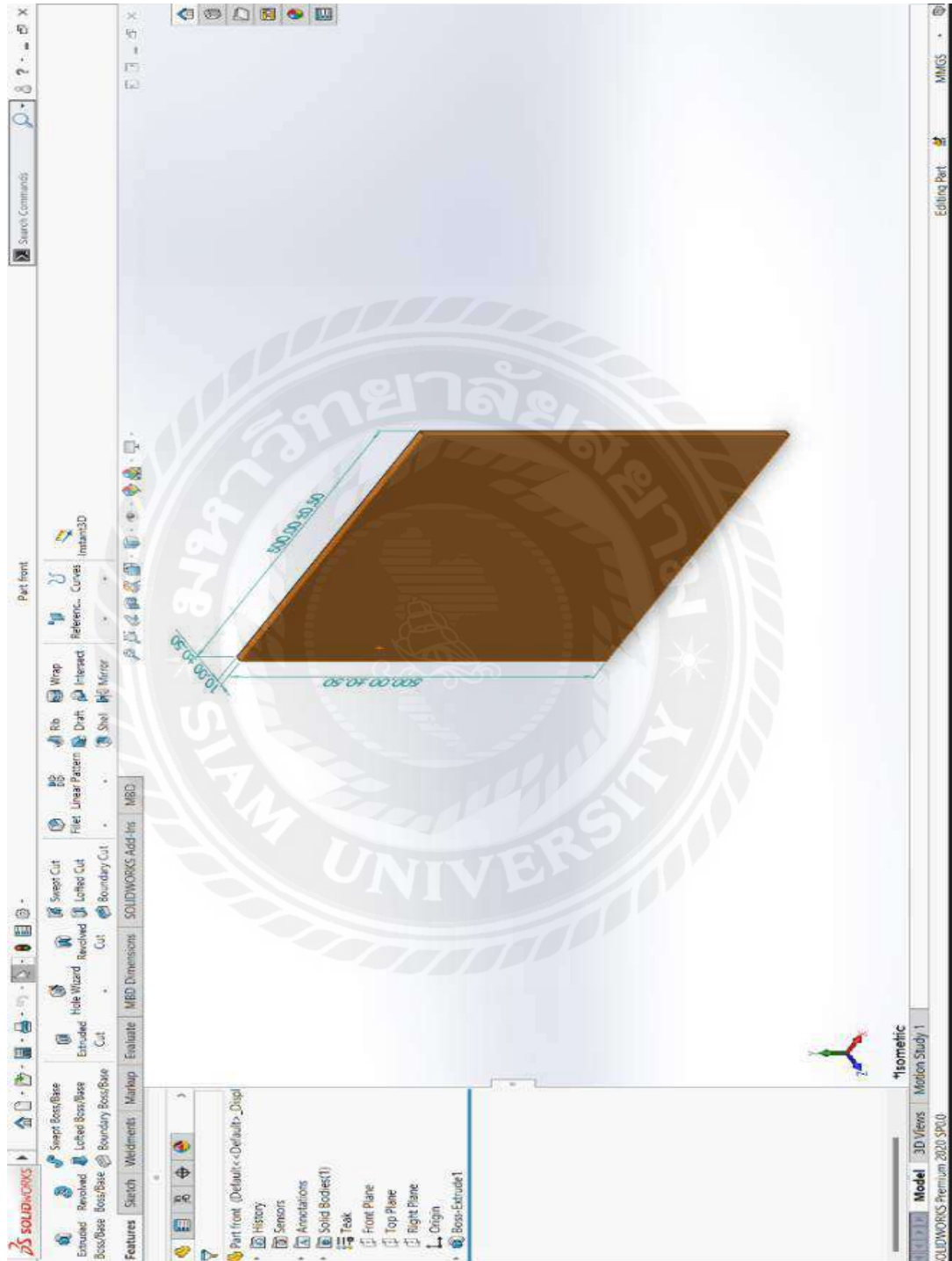
รูปที่ 3.14 ขั้นตอนตรวจสอบผลการตรวจสอบ Factor of Safety

3.7.10 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านหน้าของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนออกแบบเฟรมส่วนด้านหน้าของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.11 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านหลังของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านหลังของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.12 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านซ้าย-ขวาของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



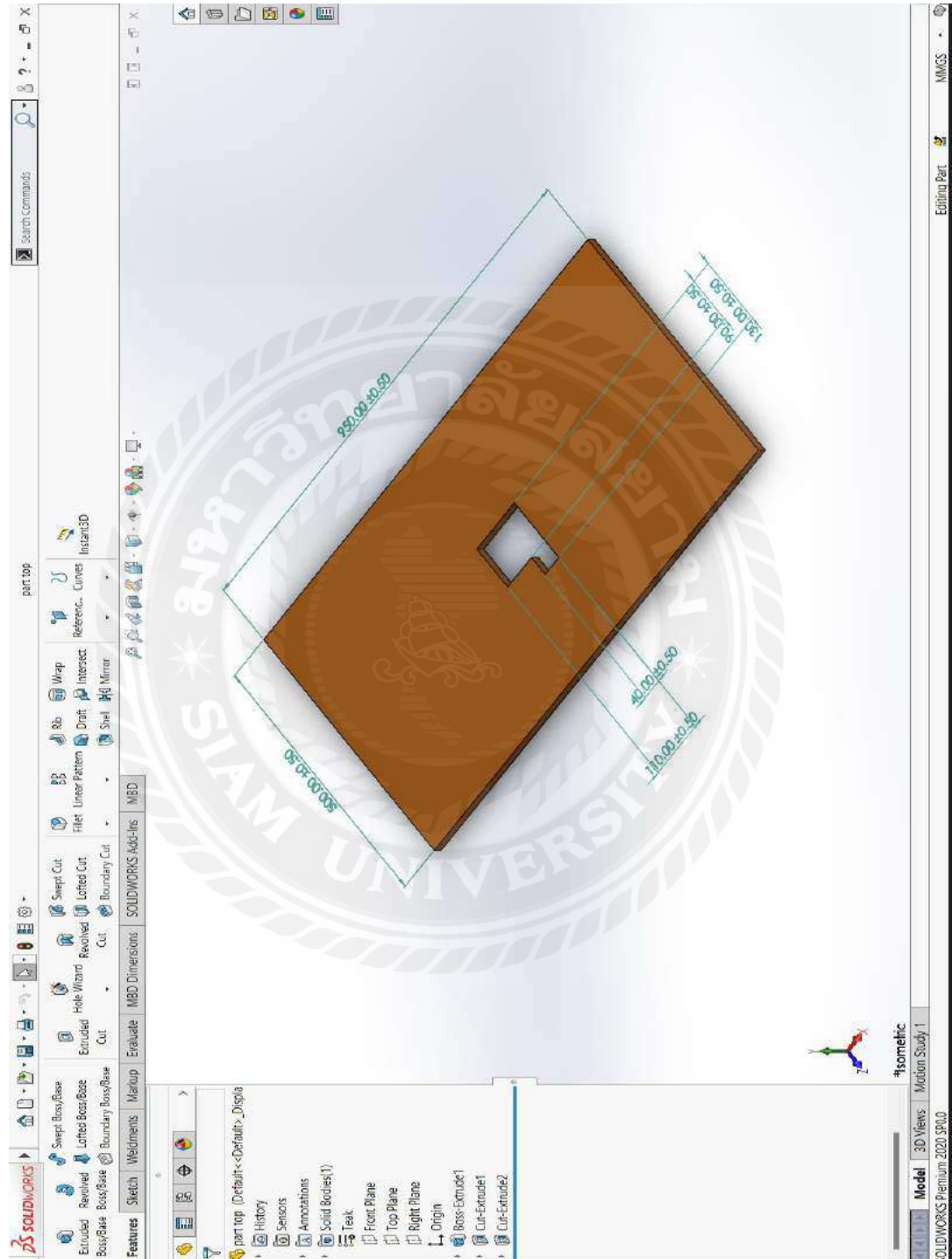
รูปที่ 3.17 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านซ้าย-ขวาของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.13 ขั้นตอนออกแบบส่วนพื้นภายในของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



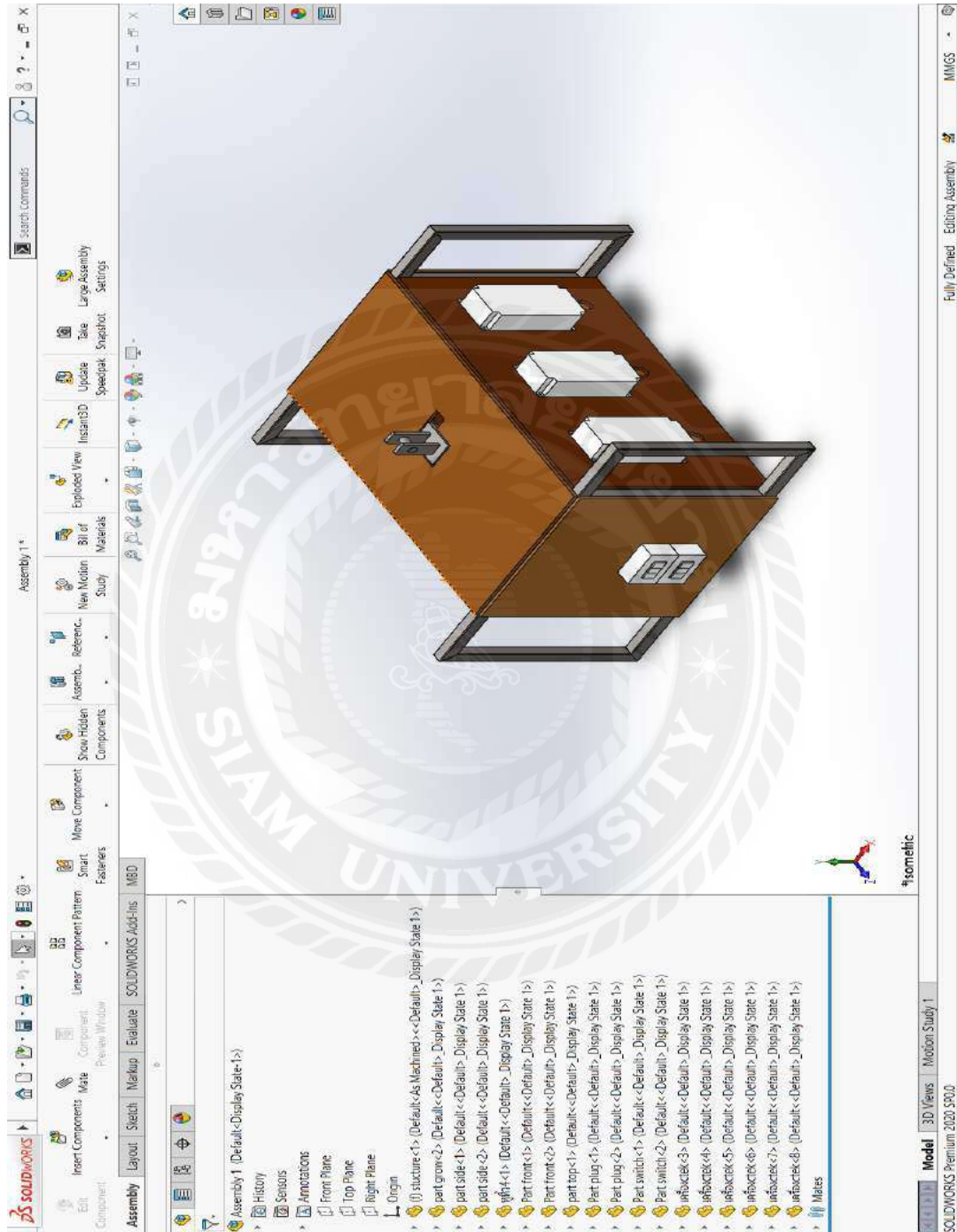
รูปที่ 3.18 ขั้นตอนออกแบบส่วนพื้นภายในของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.14 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านบนของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่



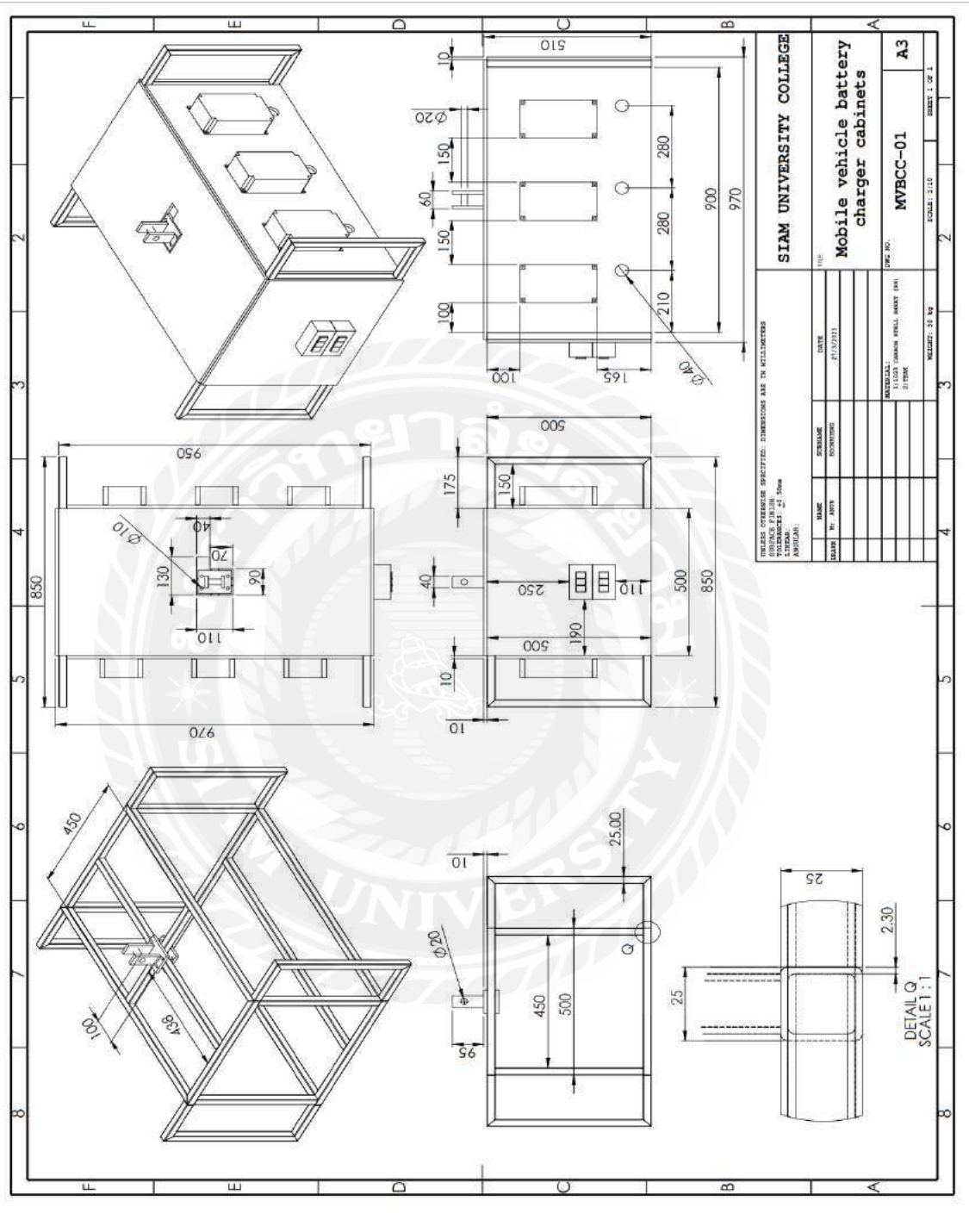
รูปที่ 3.19 ขั้นตอนออกแบบเฟรมด้านบนของตู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่

3.7.15 ขั้นตอนการนำส่วนประกอบทั้งหมดมาทำการ Mate รวมกันจะได้เป็นชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการนำส่วนประกอบทั้งหมดมาทำการMateรวมกันจะได้เป็นชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์

3.7.16 ขั้นตอนทำการสร้างแบบ 2D เพื่อนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงาน



รูปที่ 3.21 ขั้นตอนทำการสร้างแบบ 2D เพื่อนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงาน

3.7.17 ขั้นตอนทำการส่งมอบแบบชิ้นงานให้กับทีมสร้างของทางโรงงาน

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการ	ก.พ.66	มี.ค.66	เม.ย.66	พ.ค.66
1.ศึกษาหัวข้อโครงการ	←→			
2.ตั้งหัวข้อของโครงการ		←→		
3.รวบรวมข้อมูล			←→	
4.ออกแบบชิ้นงาน			←→	
5.ทดสอบระบบ				←→
6.จัดทำเอกสาร				←→

3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำโครงการโดยใช้เครื่องฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เช่น

3.9.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

3.9.1.1 คอมพิวเตอร์

3.9.1.2 เครื่องพริ้นเตอร์

3.9.1.3 กล้องถ่ายรูป ไอโฟน 12

3.9.1.4 เครื่องถ่ายเอกสาร

3.9.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

3.9.2.1 โปรแกรม Microsoft Word

3.9.2.2 โปรแกรม Microsoft PowerPoint

3.9.2.3 โปรแกรม SOLIDWORKS

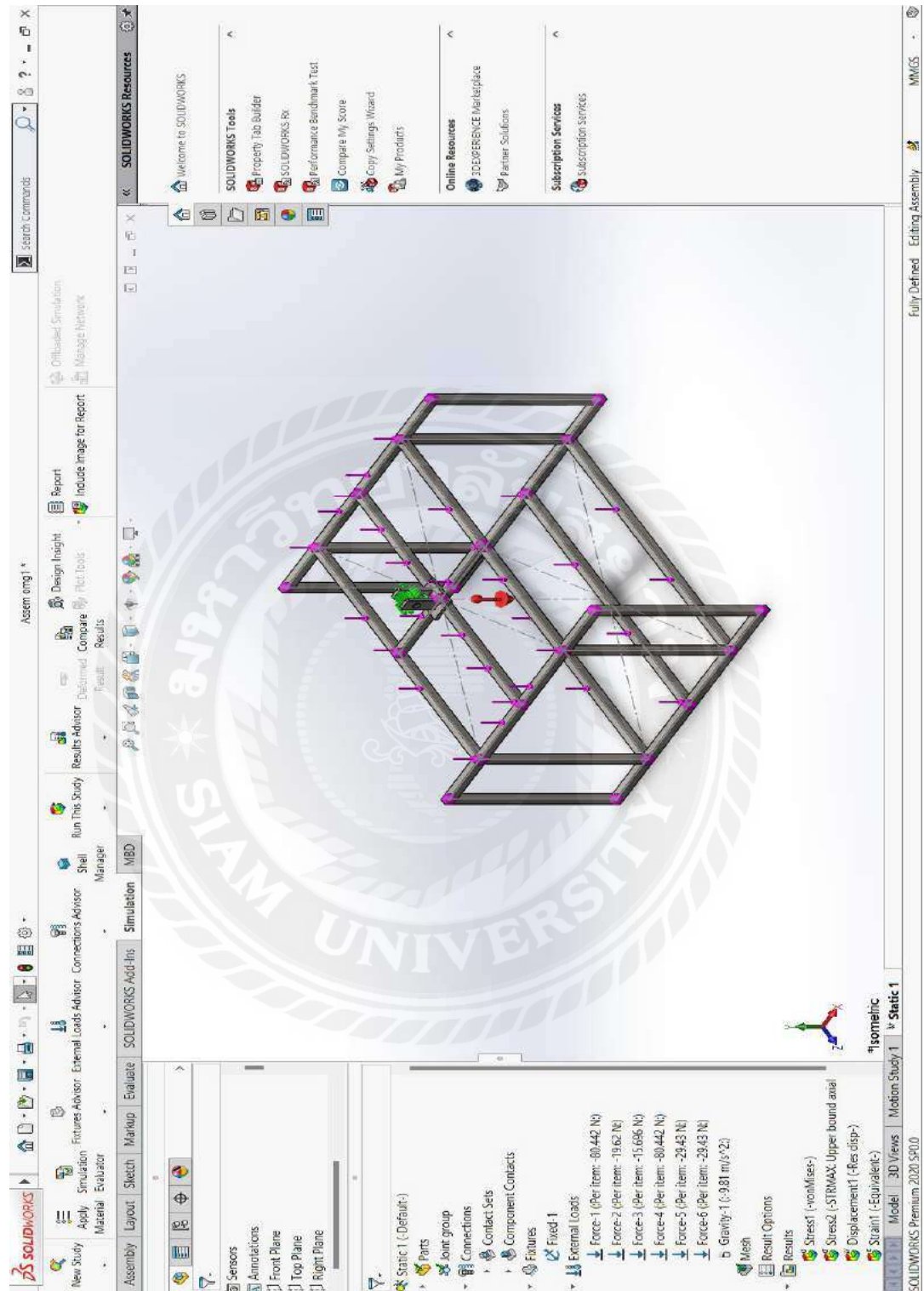
บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงาน

จากการที่นักศึกษาได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ทำการออกแบบผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่จึงได้ทำการศึกษาค้นหาหาข้อมูลและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการที่ใช้ในการออกแบบโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปจากการที่ดำเนินการออกแบบขึ้นนั้นก็พบปัญหาในการออกแบบทั้งการเลือกใช้น้ำหนักเหล็กกล่องที่เหมาะสมจึงได้ทำการใช้โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาในเลือกใช้น้ำหนักเหล็กกล่องที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำเสนอแก่พนักงานที่ปรึกษาก่อนนำแบบขึ้นงานไปใช้งานจริง

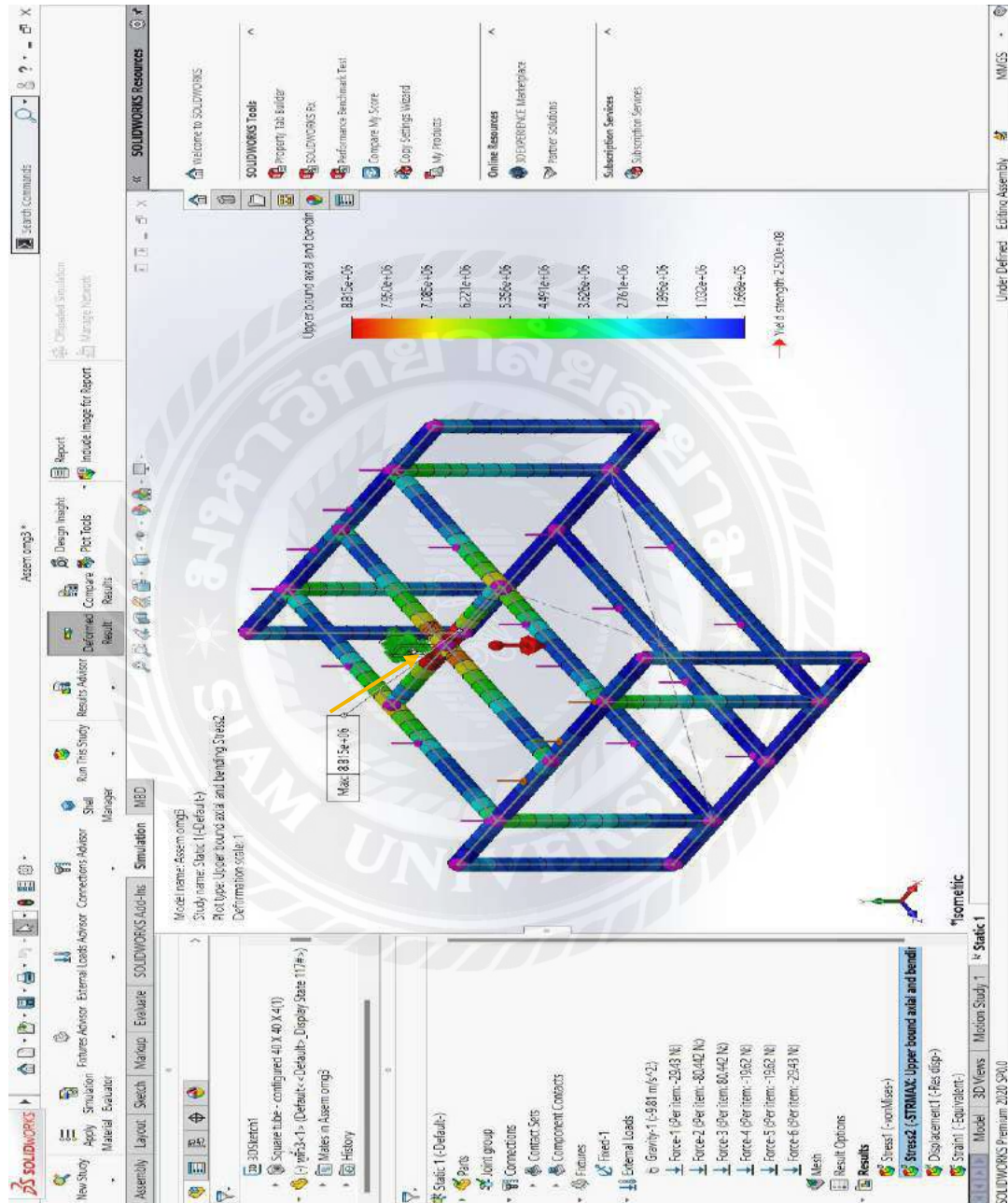
4.1 ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปครั้งที่ 1

4.1.1 ทำการทดสอบโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm ทำการกำหนดแรงใส่ตามจุดต่างๆรวม 258.984 N โดยคำนวณจากน้ำหนักส่วนประกอบอื่นที่ติดตั้งกับโครงสร้าง



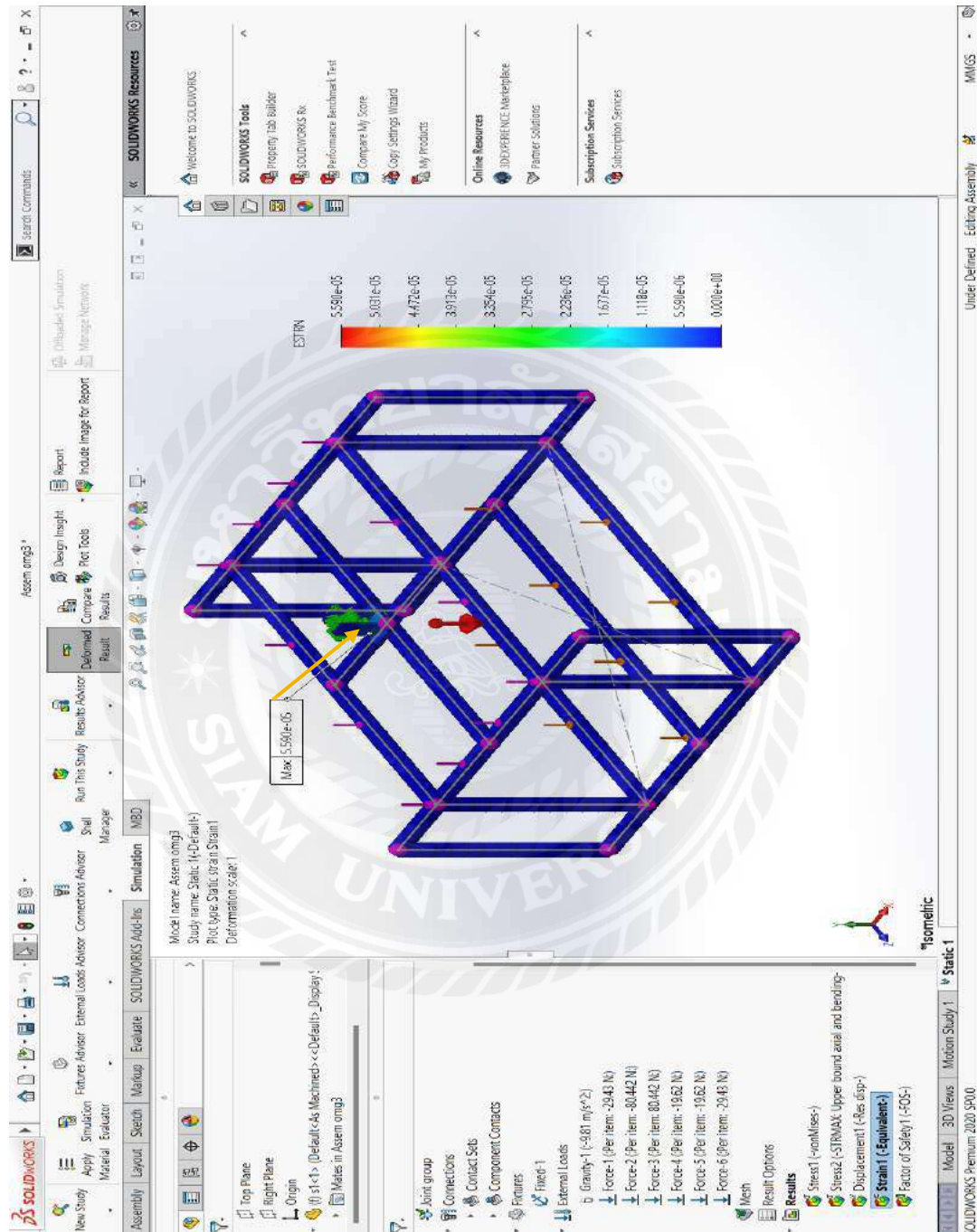
รูปที่ 4.1 การกำหนดแรงใส่โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm

4.1.2 จากผลการทดสอบค่า Stress Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm ที่ความหนา 2.3 mm จะพบว่าเกิด Stress Max บริเวณระหว่างโครงสร้างกับนูนหัวมีค่า Stress Max $8.815 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$ และมี Yield Strength อยู่ที่ $2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$



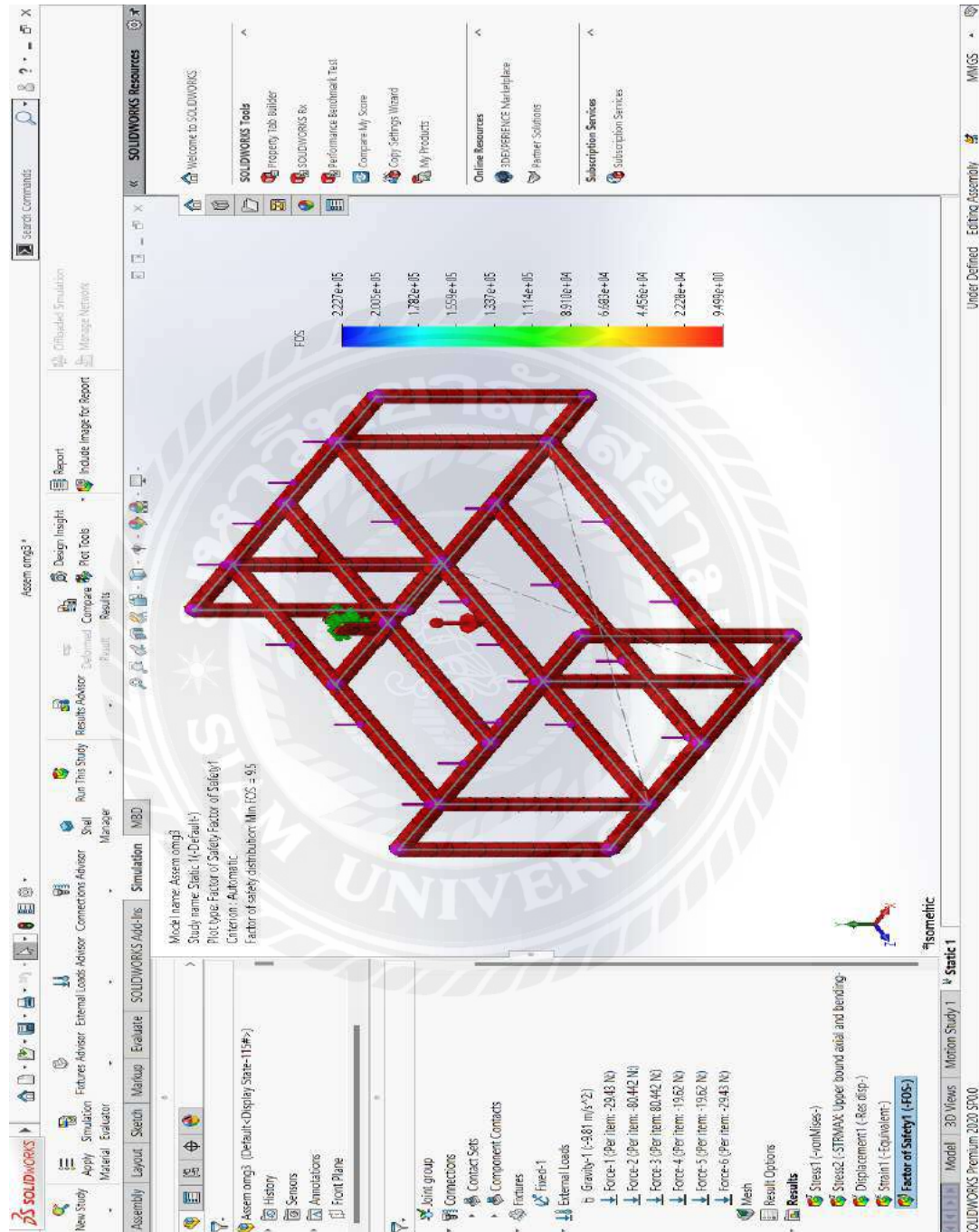
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบค่า Stress Max โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm

4.1.3 จากผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm ที่ความหนา 2.3 mm พบว่ามีค่า Strain (Equivalent) สูงสุดอยู่ที่ 5.590×10^{-5}



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm หนา 2.3 mm

4.1.4 ผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ 50x50 mm ที่ความหนา 2.3 mm จะมีค่า Factor of Safety อยู่ 9.5

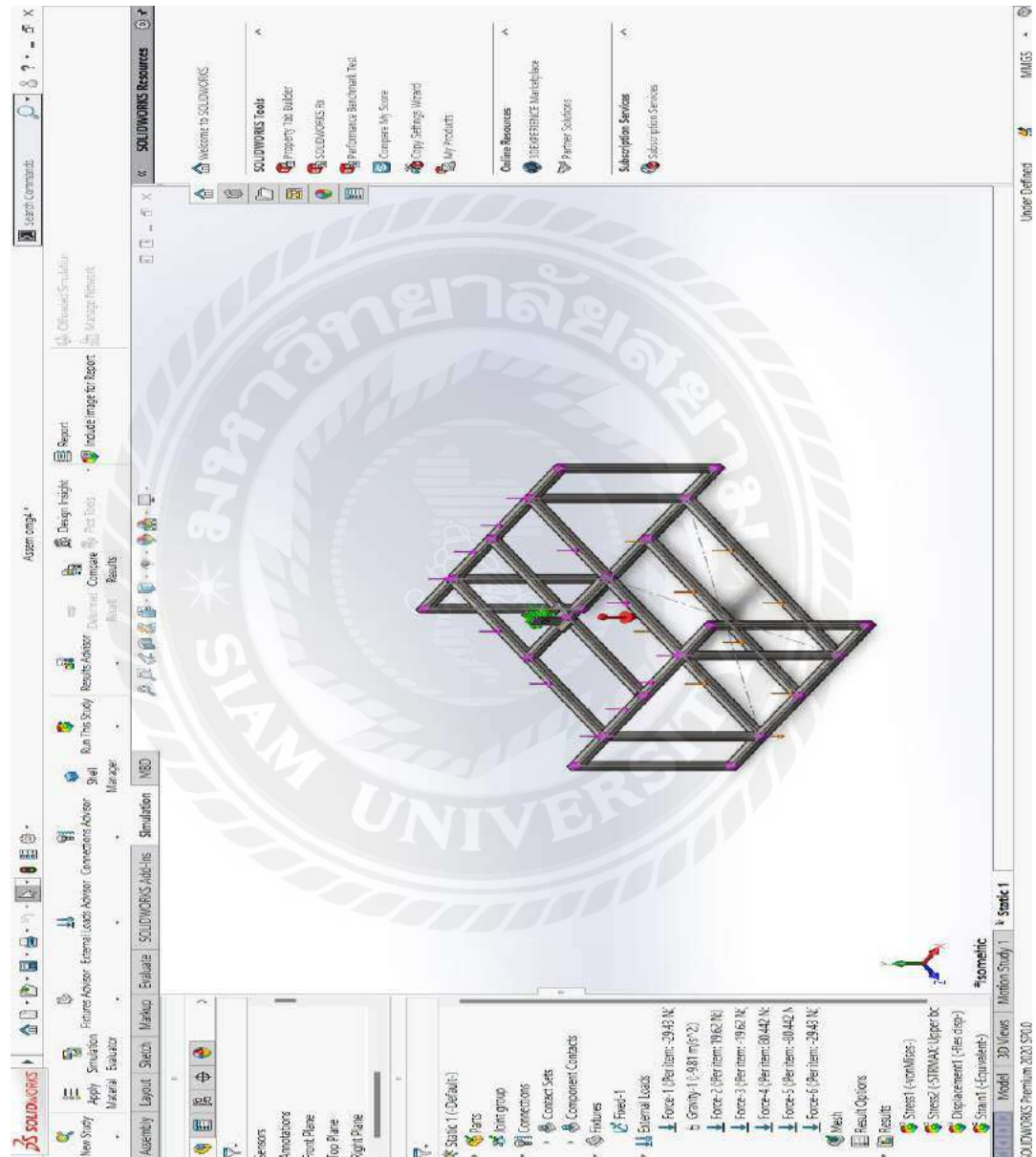


รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 2x2 in หรือ

50x50 mm หนา 2.3 mm

4.2 ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปครั้งที่ 2

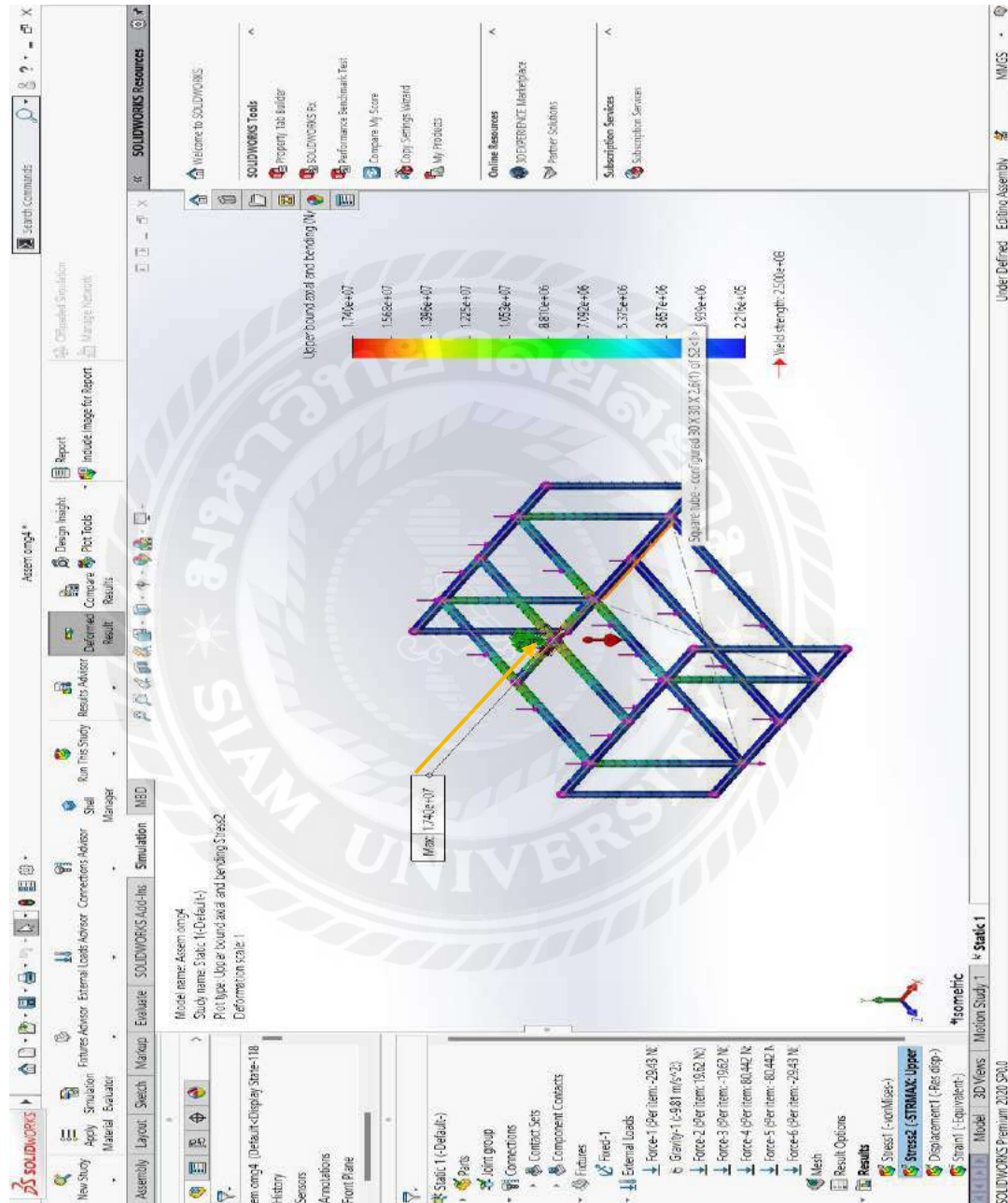
4.2.1 ทำการทดสอบโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm ทำการกำหนดแรงใส่ตามจุดต่างๆรวม 258.984 N โดยคำนวณจากน้ำหนักส่วนประกอบอื่นที่ติดตั้งกับโครงสร้าง



รูปที่ 4.5 การกำหนดแรงใส่โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2 x 1.1/2 in หรือ 30x30 mm

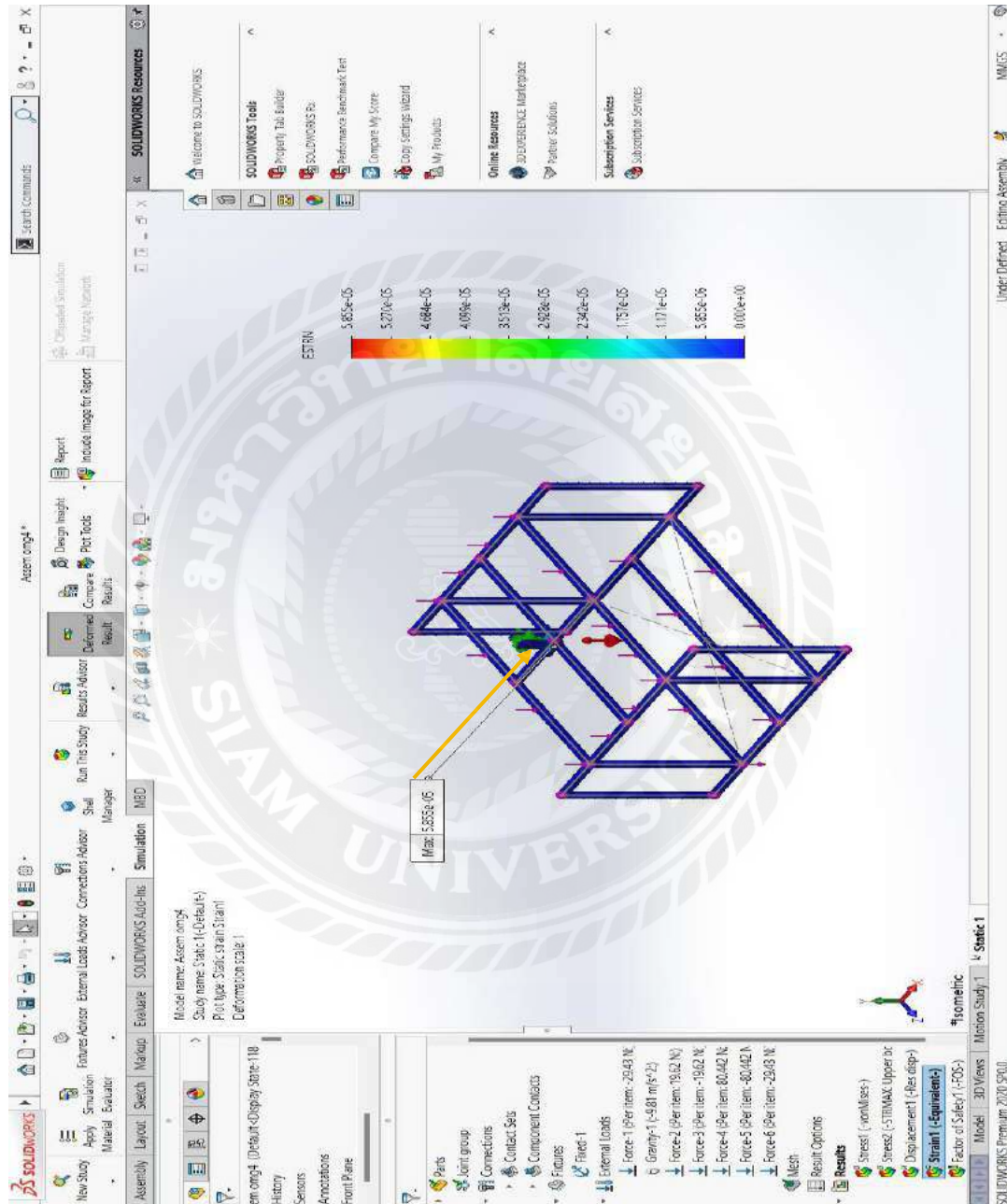
หนา 2.3 mm

4.2.2 จากผลการทดสอบค่า Stress Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm จะพบว่าเกิด Stress Max ที่บริเวณระหว่างโครงสร้างกับหัวหมี่ ค่า Stress Max 1.740×10^7 N/mm² และมี Yield Strength อยู่ที่ 2.500×10^8 N/mm²



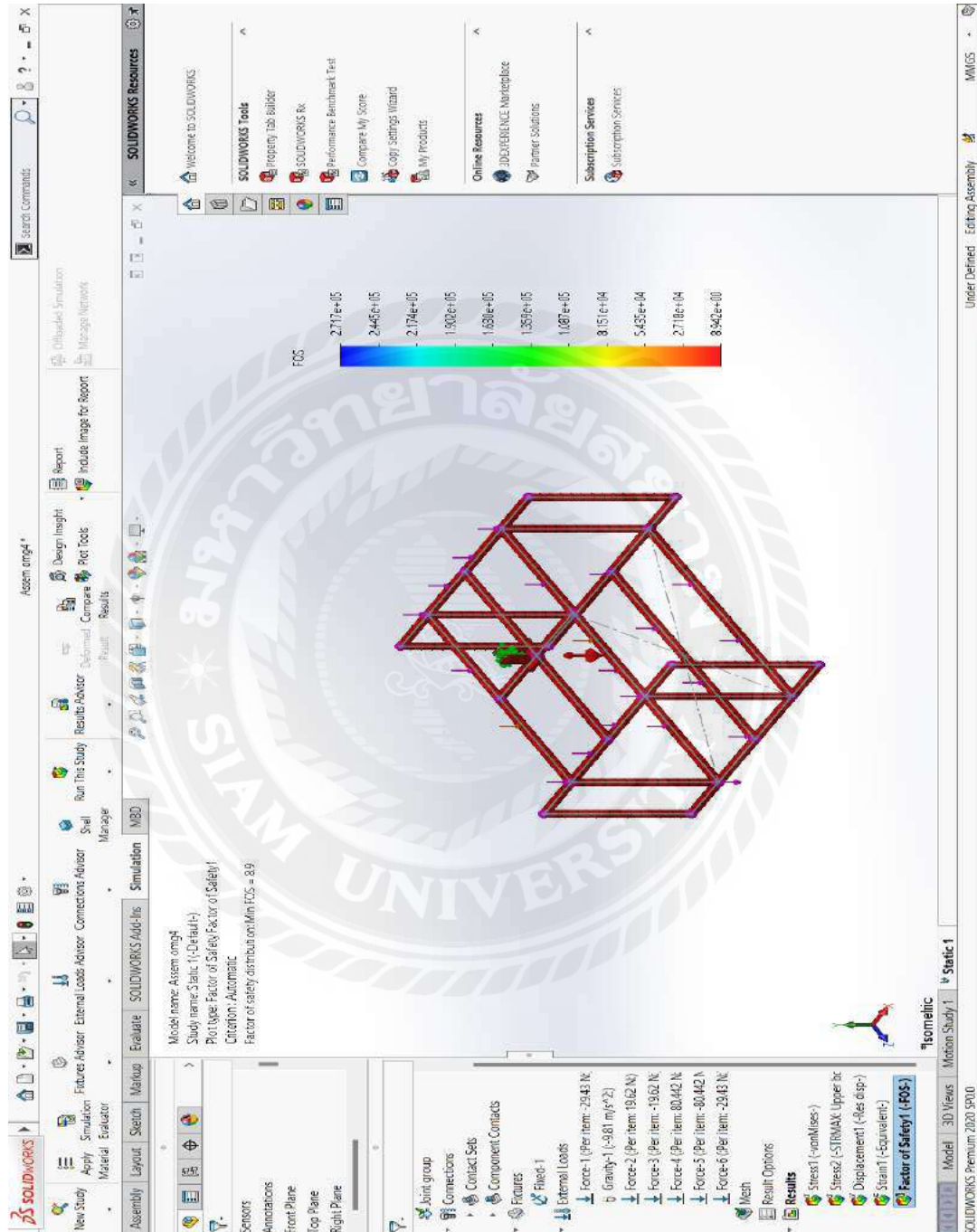
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบค่า Stress Max โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2 x 1.1/2 in หรือ 30x30 mm หนา 2.3 mm

4.2.3 จากผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm พบว่ามีค่า Strain (Equivalent) Max อยู่ที่ 5.855×10^{-5}



รูปที่ 4.7 การผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm

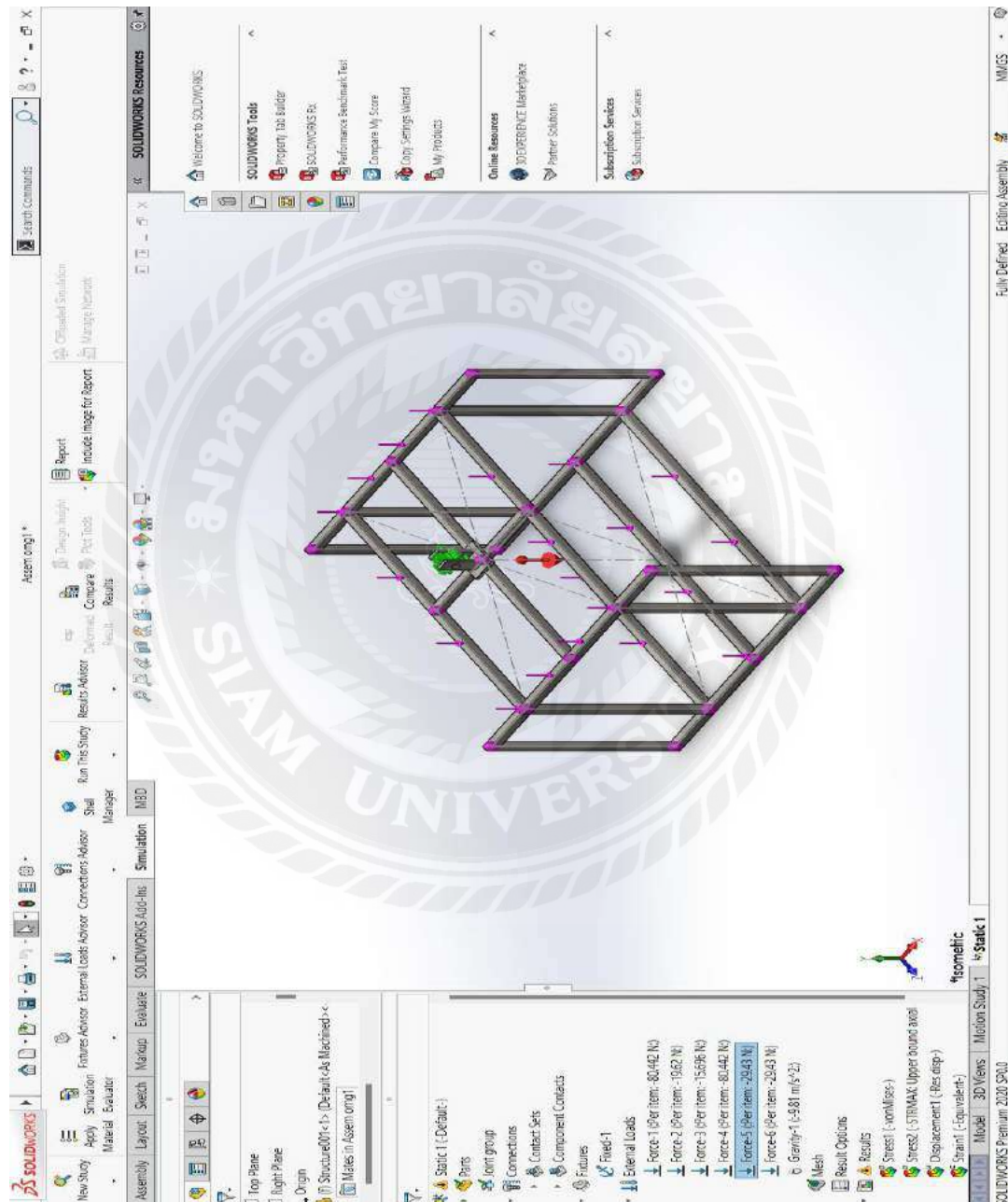
4.2.4 ผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm จะมีค่า Factor of Safety อยู่ 8.9



รูปที่ 4.8 การผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของ โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm

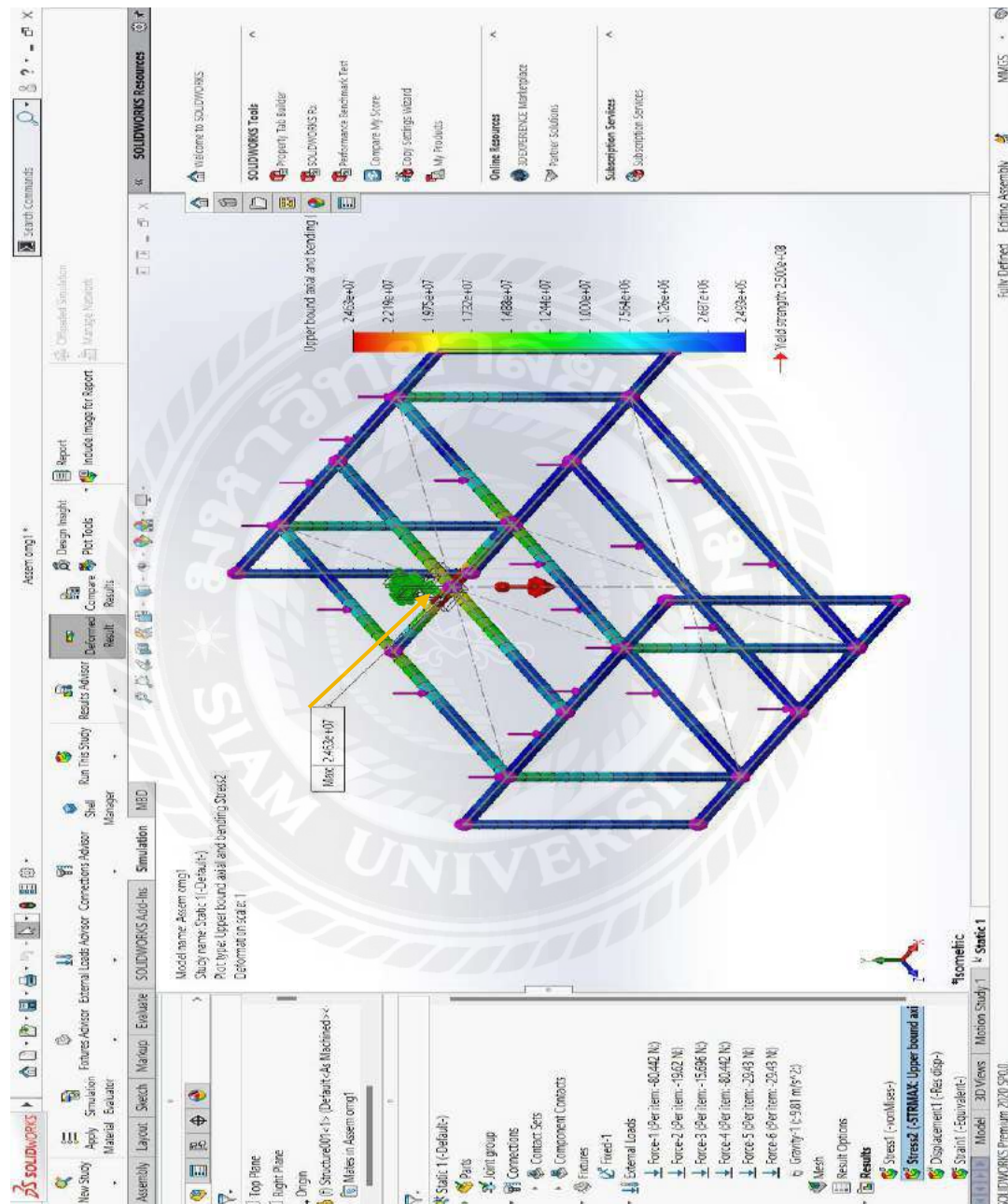
4.3 ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปครั้งที่ 3

4.3.1 ทำการทดสอบโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm ทำการกำหนดแรงใส่ตามจุดต่างๆรวม 258.984 N โดยคำนวณจากน้ำหนักส่วนประกอบอื่นที่ติดตั้งกับโครงสร้าง



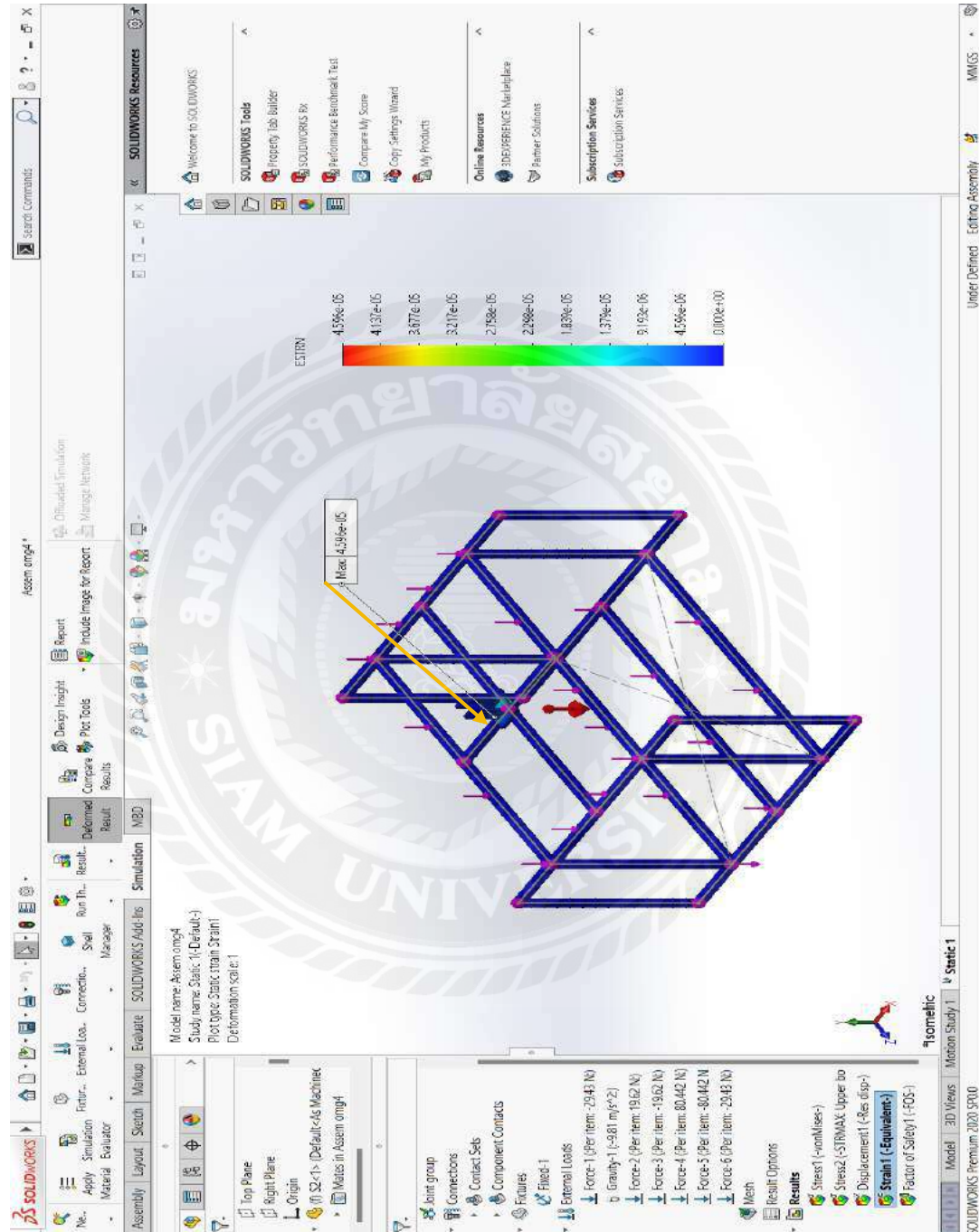
รูปที่ 4.9 การกำหนดแรงใส่โครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm หนา 2.3 mm

4.3.2 จากผลการทดสอบค่า Stress Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm จะพบว่าเกิด Stress Max ที่บริเวณระหว่างโครงสร้างกับหัวที่มีค่า Stress Max 2.463×10^7 N/mm² และมี Yield Strength อยู่ที่ 2.500×10^8 N/mm²



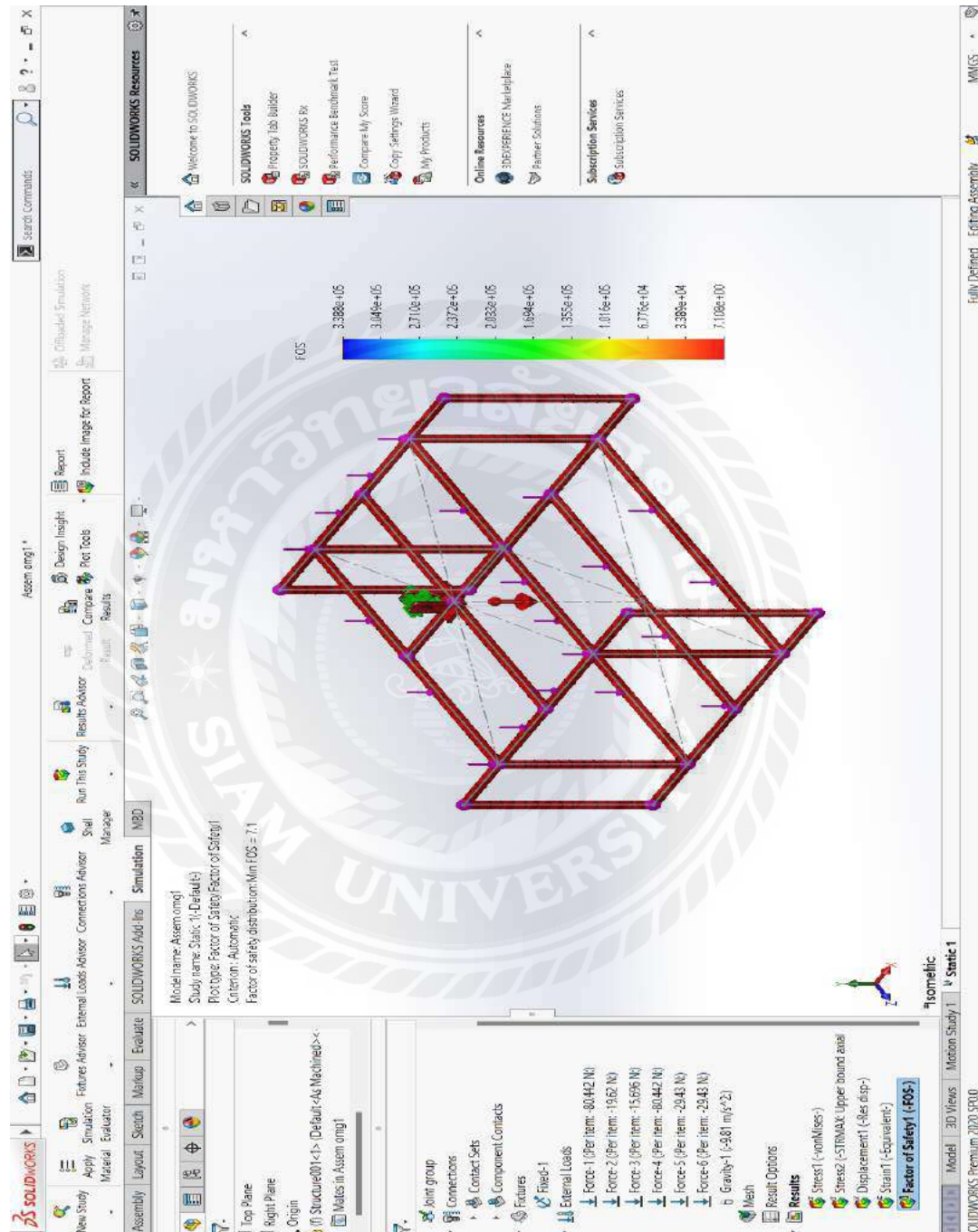
รูปที่ 4.10 การผลการทดสอบค่า Stress Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 30x30 mm ที่ความหนา 2.3 mm

4.3.3 จากผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm พบว่ามีค่า Strain (Equivalent) Max อยู่ที่ 4.596×10^{-5}



รูปที่ 4.11 การผลการทดสอบค่า Strain (Equivalent) Max ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm

4.3.4 ผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm จะมีค่า Factor of Safety อยู่ 7.1



รูปที่ 4.12 การผลการทดสอบค่า Factor of Safety ของโครงสร้างเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หรือ 25x25 mm ที่ความหนา 2.3 mm

4.4 สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์จากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

	เหล็กกล่องขนาด 1x1 in	เหล็กกล่องขนาด 1.1/2x1.1/2 in	เหล็กกล่องขนาด 2x2 in
Stress สูงสุด	$2.463 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$	$1.740 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$	$8.815 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$
Yield Strength	$2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$	$2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$	$2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$
Strain (Equivalent)	4.596×10^{-5}	5.855×10^{-5}	5.590×10^{-5}
Factor of Safety	7.1	8.9	9.5
น้ำหนักต่อ เส้น	8.5 kg/6 m	11.5kg/6 m	18.5/6 m
ราคาต่อ 1 เส้น	202 B/1 เส้น	268 B/1 เส้น	444 B/1 เส้น

จากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ได้เห็นของความแตกต่างของเหล็กกล่องทั้ง 3 ขนาดและนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกใช้ในการออกแบบดังนั้นนักศึกษาจึงได้เลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 1x1 in เพราะมีราคาที่ถูกที่สุดและมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานแล้วสังเกตได้จากค่า Factor of Safety อยู่ 7.1 ซึ่งตามหลักการความปลอดภัยในการออกแบบจะใช้ Factor of Safety อยู่ที่ 1.5-2.0 เพียงเท่านั้น

4.5 ประเมินราคาทุนในการสร้าง

ตารางที่ 4.2 ตารางราคาสินค้า

รายการ	จำนวน หน่วย	ราคาต่อ หน่วย (บาท)	จำนวนเงิน (บาท)
เหล็กกล่องขนาด 1x1 in	3	202	606
แผ่น ไม้้อัดขนาด 120x240 cm.หนา 3 mm.	4	160	640
กล่องสวิตซ์ไฟฟ้า	2	100	200
กล่องปลั๊กไฟฟ้า	2	100	200
สายไฟ VCT 3x2.5 30 m.	1	1,127	1,127
บาท		รวมเงิน	2,773

หมายเหตุ:ราคาที่ใช้อ้างอิงมาจากเว็บไซต์ต่างๆราคาอาจมีการปรับขึ้น-ลงตามกลไกการตลาด

บทที่ 5

สรุปผลรายงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

ผลสรุปของการออกแบบผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่ผู้ออกแบบได้ทำการออกแบบโดยใช้เหล็กใช้เหล็กใช้เหล็กกล่อง 3 ขนาดที่นิยมใช้ทำการออกแบบผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่โดยใช้โปรแกรม SOLIDWORKS โดยเลือกใช้วัสดุ ASTM A36 มาใช้ในการดำเนินการ Simulation วิเคราะห์โครงสร้างโดยมีแรงกระทำต่อโครงสร้าง 258.984 N ซึ่งมาจากน้ำหนักอุปกรณ์เครื่องชาร์จ 4.1 kg จำนวน 6 เครื่อง เท่ากับ 160.830 N ส่วนประกอบเฟรมที่เป็นไม้ 10 kg เท่ากับ 98.066 N ซึ่งรวมกันแล้วจะได้ 258.984 N โดยประมาณ จะกระจายตามจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์นั้นๆมาทำการทดสอบ Simulation โดยโปรแกรม SOLIDWORKS จะพบว่าเหล็กกล่องขนาด 1x1 in หนา 2.3 mm มีความเหมาะสมกับความต้อการมากที่สุดโดยที่ได้ค่าดังนี้

5.1.1 มีค่า Factor of Safety อยู่ที่ 7.1 ซึ่งตามมาตรฐานตามลักษณะงานค่า Factor of Safety อยู่ที่ 1.5 – 2.0

5.1.2 มีค่า Stress Max อยู่ที่ $2.463 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$ และมีค่า Yield Strength อยู่ที่ $2.500 \times 10^8 \text{ N/mm}^2$

5.1.3 มีค่า Strain (Equivalent) Max อยู่ที่ 4.596×10^{-5}

ผลจากการทดสอบจะพบว่าโครงสร้างของแบบนี้มีความปลอดภัยเพียงพอต่อผู้ปฏิบัติงานและมีอายุการใช้งานยืนยาวคุ้มต่อการลงทุนสร้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการที่ออกแบบผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่และส่งมอบให้กับทางโรงงานแล้วพบว่าทางโรงงานได้ส่งมอบแบบชิ้นงานไปยังทีม Production เพื่อทำการสร้างชิ้นจริงขึ้นและทำการทดสอบการใช้งานแล้วสามารถใช้งานได้ดี แต่ควรพัฒนารูปลักษณ์ของผู้ติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์แบบเคลื่อนที่ให้มีความสวยงามให้มากขึ้น เพิ่มฟังก์ชันการทำงานให้ทำงานสะดวกมากขึ้นเช่นเพิ่มการตั้งเวลาในการชาร์จ



รูปที่ 5.1 รูปชิ้นงานจริงที่สร้างจากแบบชิ้นงานที่ออกแบบ



บรรณานุกรม

- เกรียงไกร แซมสีม่วง. (14 กรกฎาคม 2564). การวิเคราะห์ปัญหาแบบ *Static Analysis of a Part*. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร. <https://ae.engineer.rmutt.ac.th/wpcontent/uploads/2021/08/บทความ-Analysis-of-a-Part-ด้วย-SolidsWork-Simulation.pdf>
- เดชา สุขมา. (2555). การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องทดสอบแรงดึงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ *Analysis of Strength of Tensile Testing Machine by Finite Element method*. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร. <https://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/MPM052.pdf>
- เดชา สุขมา, สมบัติ มุกดา, เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ และ ศิวะพงษ์ ลัมพากิวัฒน์. (2555). การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องทดสอบแรงดึงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. ใน *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม การประจำปี 2555* (หน้า1453-1459). มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ทิฆัมพร จันทร์เพชร. (2007). *ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับงานเขียนแบบ*. Academic. https://academic.kus.ku.ac.th/ctech/Drawing/P1_10.pdf
- บริษัท ดีไซน์คอล สตูดิโอ จำกัด. (2021). *การออกแบบสถาปัตยกรรม*. Designical. <https://designical.co.th/2021/01/11/ขั้นตอนการออกแบบสถาปัต/>
- บริษัท ภาคเหนือเหล็กกรุ๊ป จำกัด. (ม.ป.ป). *เหล็กกล่อง*. Npsnpw. <https://www.npsnpw.com/Article/Detail/103637>
- บริษัท มอร์บราเธอร์ จำกัด. (ม.ป.ป). *ขั้นตอนการออกแบบ*. Morebrother. <https://morebrother.co.th/ขั้นตอนการออกแบบ/>
- ปราโมทย์ เฉชะอำไพ. (2552). *การประยุกต์ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย SolidWorks Simulation*. มหาวิทยาลัยสยาม.
- สมบัติทางกลของโลหะ. (ม.ป.ป.). e-Book Ramkhamhaeng University. [http://old-book.ru.ac.th/e-book/m/MY318\(51\)/MY318-1.pdf](http://old-book.ru.ac.th/e-book/m/MY318(51)/MY318-1.pdf)

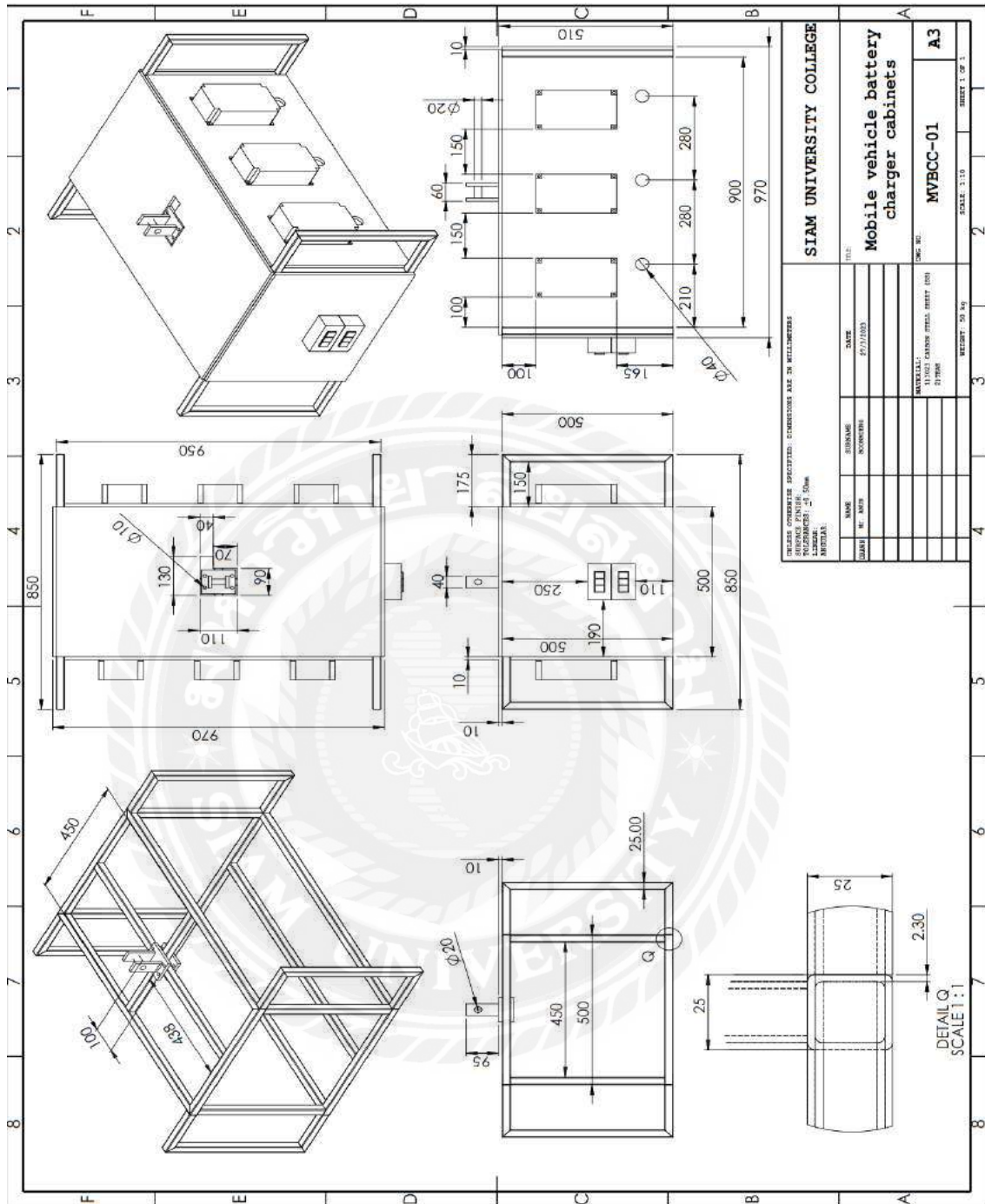
ภาคผนวก ก ภาพขณะปฏิบัติงานและการนิเทศของอาจารย์



รูปภาคผนวกที่ 1 ตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงาน



รูปภาคผนวกที่ 2 แทนติดตั้งเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เดิม



รูปภาคผนวกที่ 3 แบบชิ้นงาน 2 D ที่ทำการออกแบบ



รูปภาคผนวกที่ 4 ชิ้นงานจริงที่สร้างโดยทีม Production





รูปภาคผนวกที่ 5 นักศึกษาและพนักงานร่วมถ่ายภาพภายในด้านหน้าโรงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-สกุล : นาย อนันต์ บุญเรือง
 รหัสนักศึกษา : 6323100008
 ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
 ที่อยู่ : บ้านเลขที่ 22 ซอย บางพรม18 แขวงบางพรม
 เขตตลิ่งชันกรุงเทพมหานคร 10170



ชื่อ-สกุล : นาย พิพัฒน์ นิธิรัฐียงกูร
 รหัสนักศึกษา : 6323100021
 ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
 ที่อยู่ : 62/213 หมู่ 3 ตำบล วัดชลอ อำเภอ บางกรวย
 นนทบุรี 11130