



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การออกแบบสร้างและทดสอบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย

โครงการ เดอะ เพรสซิเดนท เพชรเกษม-บางแค

(Design, Build and Test Equipment for Opening-Closing of Wastewater Treatment

Pond The President Phetkasem-Bangkhae)

โดย

นายศรัณย์ ชาติรัตนะ 6111100004

นายสิทธิชัย สูดเนตร 6111100007

นายสุภชัย สมบูรณ์ษา 6111100008

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

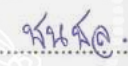
ภาคการศึกษา 1 ปีการศึกษา 2563


หัวข้อโครงการ                    การออกแบบสร้างและทดสอบอุปกรณ์เปิดปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย  
รายชื่อผู้จัดทำ                    นาย ศุภชัย สมบูรณ์ษา 6111100008  
   นาย สิทธิชัย สุกเนตร 6111100007  
   นาย ศรัณย์ ชาศิริคณะ 6111100004  
ภาควิชา                                    วิศวกรรมเครื่องกล  
คณะ                                        วิศวกรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา                            1/2563  
อาจารย์ที่ปรึกษา                    ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชา  
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 1/2563

คณะกรรมการการสอบโครงการ

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ  
(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

  
..... พนักงานที่ปรึกษาโครงการ  
(นาย ชนชล อันทอง)

  
..... กรรมการกลาง  
(ดร. ชานิดา พิทยานนท์)

  
..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา  
(ผศ.ดร. มารุจ ลิ้มประวัฒน์)

## จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ. 2563

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ตามที่ นายศุภชัย สมบูรณ์ษา นายสิทธิชัย สูดเนตร และนายศรัณย์ ชาตรีตันะ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้เข้าปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 24 สิงหาคม 2563 ถึง วันที่ 11 ธันวาคม 2563 ในแผนกวิศวกรบำรุงรักษาประจำคอนโด ตำแหน่งช่างประจำอาคาร ณ บริษัท เรียด พร็อพเพอร์ตี้ แมเนจเม้นท์ โดยได้รับมอบหมายงานจากทางแผนกวิศวกรบำรุงรักษาคอนโดให้ใช้วิชาที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการทำงานและได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานบำรุงรักษาคอนโดให้มีความถูกต้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหน้าที่ หลักการทำงานของระบบต่างๆในอาคาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้มาตรฐาน

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดแล้วข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้ จำนวน 1 เล่มเพื่อขอรับคำปรึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายศรัณย์ ชาตรีตันะ

นายสิทธิชัย สูดเนตร

นายศุภชัย สมบูรณ์ษา

## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำ ได้เข้ามาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท เรียด พร็อพเพอร์ตี้ แมเนจเมนท์ จำกัด ตั้งแต่วันที่ 24 สิงหาคม 2563 – 11 ธันวาคม 2563 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้ และประสบการณ์ต่างๆ ที่มีค่ามากมายสำหรับโครงการ หรือรายงานสหกิจศึกษาเล่มนี้สำเร็จลงได้ ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
2. คุณชนชล อันทอง ตำแหน่ง วิศวกร

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำ รายงาน ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการปฏิบัติงานจริง ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายศรัณย์ ชาติรัตนะ

นายสิทธิชัย สุตเนตร

นายศุภชัย สมบูรณ์ษา

12 ธันวาคม 2563

ชื่อโครงการ	: การออกแบบสร้างและทดสอบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อน้ำบาดาลน้ำเสีย โครงการ เดอะ เพรสซิเดนท์ เพชรเกษม-บางแค
ชื่อนักศึกษา	: นายสุภชัย สมบูรณ์ษา 6111100008 นายสิทธิชัย สุคนธร 6111100007 นายศรัณย์ ชาตรีคณะ 6111100004
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย
ระดับการศึกษา	: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา	: 1/2563

#### บทคัดย่อ

ในโครงการ เดอะ เพรสซิเดนท์ เพชรเกษม-บางแค ในการซ่อมบำรุงระบบบ่อน้ำบาดาลน้ำเสีย ช่างอาคารใช้ อุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อน้ำบาดาล โดยใช้หลักการคานงัด ซึ่งไม่เกิดความสะดวกและปลอดภัยในการทำงาน ดังนั้น กลุ่มนักศึกษาสหกิจจึงสังเกตเห็นปัญหานี้เป็นสำคัญ จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อน้ำบาดาลน้ำเสียขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,400 mm ท้องออกแบบให้ถูกหลักทางวิศวกรรม ซึ่งวัสดุที่เลือกใช้คือ เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งนำมาเป็นโครงสร้าง และใช้หลักการไฮดรอลิกมาช่วยผ่อนแรง ซึ่งฝาบ่อน้ำบาดาลน้ำเสียที่ยกนั้นมีน้ำหนัก 250 kg และแรงที่ใช้คำนวณคือ 2,500 N

ผู้จัดทำจึงได้ออกแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และได้ทำการคำนวณความแข็งแรงของเหล็กเพื่อที่จะใช้เหล็ก ได้คุ้มค่าที่สุดและยังได้ค่าความปลอดภัยตามหลักวิศวกรรม ซึ่งได้ออกแบบมาสองแบบ ซึ่งแบบที่ 1 ใช้เหล็ก 6 ชั้น ในการสร้างโครง ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 4.865 และระยะ โกงตัวเท่ากับ 1.726 mm และแบบที่ 2 ใช้เหล็ก 4 ชั้น ในการสร้างโครง ได้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 5.133 และระยะการ โกงตัวเท่ากับ 1.002 mm ซึ่งได้ค่าความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ แต่ทางผู้จัดทำต้องการลดระยะ โกงตัวของ โครงสร้างให้ลดลงจึงทำการออกแบบเพิ่มขนาดของเหล็ก โดยได้ใช้แบบที่ 2 ซึ่งมีค่าความปลอดภัยสูงกว่า และขนาดของเหล็กกล่องที่นำมาวิเคราะห์มี 3 ขนาดคือ 40x40 mm 50x50 mm และ 60x60 mm ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปพบว่า เหล็กกล่องขนาด 40x40 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 2.999 และระยะ โกงตัวเท่ากับ 1.788 mm เหล็กกล่องขนาด 50x50 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 5.133 และระยะ โกงตัวเท่ากับ 1.002 mm เหล็กกล่องขนาด 60x60 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 8.215 และระยะ โกงตัวเท่ากับ 0.561 mm ดังนั้นสรุปว่าในการสร้างชิ้นงานนี้ทางผู้จัดทำจึงได้เลือกแบบที่ 2 และใช้โครงสร้าง 60x60 mm เพราะมีความปลอดภัยสูงสุด ในการสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อน้ำบาดาลน้ำเสียซึ่งงบประมาณไป 4,420 บาท ประหยัด ได้ 700 บาทต่อเดือน ระยะเวลาในการคืนทุนคือ 6.3 เดือนสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย 8,400 บาทต่อปี

คำสำคัญ : การออกแบบ สร้าง วิเคราะห์

ผู้ตรวจ  
.....

**Project Title** : Design, Build and Equipment for Opening-Closing of Wastewater Treatment Pond

**By** : Mr. Suppachai Somboonsa

Mr. Sithichai Sutnet

Mr. Sarun Charattana

**Advisor** : Asst. Prof. Pitagpong Boonprasom

**Degree** : Bachelor of Engineering

**Major** : Mechanical Engineering

**Faculty** : Engineering

**Semester / academic year** : 3/2020

#### Abstract

In the maintenance of wastewater treatment pond system of the President Phetkasem – Bangkhae Project, the building technician used a device to turn on/off the treatment pond cover by using leverage principle. This method was inconvenient and unsafe at work. The authors have understood this problem and initiated the design of a device to turn on/off the cover of the wastewater treatment pond with a diameter of 1400 mm based on engineering principles. The required materials included square steel tubes used as a structure. The hydraulic principle was used as force leveraging. The weight of the lifted treatment pond cover was 250 kg. And the force that is calculated is 2500 N.

Therefore, the weight of the design must be reserved for this. The authors designed it with software package. The strength of steel was calculated in order to get the most cost-effective steel and the safety value according to engineering principles. The design was made in two models: Model 1 was to use six pieces of steel to build the frame, and material safety factor was 4.865 and the deflection was 1.726 mm; Model 2 was to use 4 steel pieces to construct the frame, and the safety factor was 5.133 and the deflection was 1.002 mm. The safety value met the criteria, however, the authors wanted to reduce the structural deflection, leading to the design to increase the size of the steel. Model 2 was selected, because it provided a higher safety factor. There were three sizes of square steel tubes, namely: 40x40 mm, 50x50 mm and 60x60 mm. The analytic results with the software program showed that 40x40 mm square steel tube's material safety factor was 2.999 and a deflection was 1.788 mm; 50x50 mm square steel tube's material safety factor was 5.133 and a deflection was 1.002 mm; 60x60 mm square steel tube's material safety factor was 8.215 and a deflection was 0.651 mm. Therefore, it could be summarized that Model 2 and 60x60 mm structure were selected due to the safest condition. Construction of equipment to open-close the lid of the wastewater treatment pond cost 4,420 baht, saving 700 baht per month, payback period 6.3 months, saving 8,400 baht per year.

**Keywords:** Design, Construction, Analysis

Approved 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 ประโยชน์ที่ได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบสุขภาพภิบาล	2
2.2 ความหมายของน้ำเสีย	2
2.3 ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย	2
2.4 การรวบรวมน้ำเสีย	3
2.5 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในต่อระบบระบายน้ำ	3
2.6 ลักษณะน้ำเสียที่ปฏิบัติงาน	3
2.7 ลักษณะเฉพาะของน้ำเสีย	4
2.8 ระบบบ่อเกรอะ	5
2.9 บ่อดักไขมัน	6
2.10 ฝาบ่อบำบัดแบบต่างๆ	7
2.11 คานรับแรง	8
2.12 การเชื่อมโลหะ	12
2.13 สนิม	19
2.14 แม่แรงไฮดรอลิก	21
2.15 แม่แรงยกรถยนต์	22
2.16 เหล็กกล่อง	23

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.17 การออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยโปรแกรมเชิงวิศวกรรม	27
2.18 ไฟไนต์เอลิเมนต์ กับความผิดพลาดใน การออกแบบผลิตภัณฑ์	31
2.19 ความผิดพลาดจากความเข้าใจแบบผิดๆ ในไฟไนต์เอลิเมนต์	31
2.20 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
<b>บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน</b>	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	37
3.2 ลักษณะของสถานประกอบการ	37
3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	38
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	39
3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	39
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	39
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	39
3.8 รูปภาพชิ้นงานที่ออกแบบ	40
3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	46
3.10 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	49
3.11 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน	50
<b>บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ</b>	
4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ	54
4.2 ทดสอบการใช้งาน	55
4.3 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการเปิดฝาบ่อบำบัด	58
4.4 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายอุปกรณ์	58
4.5 การคำนวณจุดคุ้มทุน	59
4.6 ผลสรุปก่อนการปรับปรุงในการทำงาน	59
4.7 ผลสรุปที่ได้หลังจากการปรับปรุงวิธีการทำงาน	59



## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล โครงการ	60
5.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน	60
5.3 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ประวัติผู้จัดทำ	63



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางหลักกล่อง	26
ตารางที่ 3.1 ตารางระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	40
ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบก่อนและหลังมีอุปกรณ์	54
ตารางที่ 4.2 ตารางค่าใช้จ่ายในการเปิดฝาบ่อบำบัด	58
ตารางที่ 4.3 ตารางค่าใช้จ่ายในอุปกรณ์	58



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 บ่อเกรอะ	6
รูปที่ 2.2 บ่อดักไขมัน	7
รูปที่ 2.3 ฝาบ่อบำบัดแบบกลม	7
รูปที่ 2.4 ฝาบ่อบำบัดแบบสี่เหลี่ยม	8
รูปที่ 2.5 คาน	8
รูปที่ 2.6 คานอันดับที่ 1	9
รูปที่ 2.7 คานอันดับที่ 2	9
รูปที่ 2.8 คานอันดับที่ 3	9
รูปที่ 2.9 คานที่จุดรองรับแบบง่าย	10
รูปที่ 2.10 คานปลายยื่น	10
รูปที่ 2.11 คานแขวน	10
รูปที่ 2.12 คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น	11
รูปที่ 2.13 คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลาย 2 จุด	11
รูปที่ 2.14 คานต่อเนื่อง	11
รูปที่ 2.15 คานที่มีจุดยึดทั้งสองข้าง	11
รูปที่ 2.16 รวมทางที่ขคณิตที่กระทำผ่านจุดศูนย์กลางที่หน้าตัดใด ๆ ของคาน	12
รูปที่ 2.17 การเชื่อมโลหะ	12
รูปที่ 2.18 เครื่องเชื่อมโลหะ	13
รูปที่ 2.19 สายเชื่อม	13
รูปที่ 2.20 หัวจับลวดเชื่อม	14
รูปที่ 2.21 หัวจับสายดิน	14
รูปที่ 2.22 หน้ากากในงานเชื่อมโลหะ	14
รูปที่ 2.23 ค้อนเคาะและแปรงสำหรับงานเชื่อมโลหะ	15
รูปที่ 2.24 ถุงมือหนัง	15
รูปที่ 2.25 การเริ่มต้นอาร์คด้วยการขีดและการเคาะ	15
รูปที่ 2.26 การเชื่อมต่อเกลียวในท่าราบ	16
รูปที่ 2.27 การเชื่อมรอยต่อชนท่าราบ	16
รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่อแบบตัวที	17

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.29 การเชื่อมในท่าขนานนอน	17
รูปที่ 2.30 การเชื่อมในท่าตั้ง	18
รูปที่ 2.31 ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ	18
รูปที่ 2.32 แบบรอยต่อเชื่อมแบบต่างๆ	19
รูปที่ 2.33 การเกิดสนิมในเหล็ก	20
รูปที่ 2.34 ระบบไฮดรอลิก	21
รูปที่ 2.35 แม่แรงยก	22
รูปที่ 2.36 แม่แรงยกแบบตั้งพื้น	22
รูปที่ 2.37 แม่แรงดันแบบเคลื่อนที่	23
รูปที่ 2.38 เหล็กกล่อง	24
รูปที่ 2.39 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม หรือ เหล็กแป๊บโปร่ง	24
รูปที่ 2.40 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน หรือเหล็กแป๊บแบน	25
รูปที่ 2.41 การออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้คอมพิวเตอร์	27
รูปที่ 2.42 ภาพแบบจำลอง 3 มิติ	31
รูปที่ 2.43 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	32
รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้งโครงการ เดอะ เพรสซิเดนท์ เพชรเกษม บางแค	37
รูปที่ 3.2 รูปแบบองค์กรและการบริหารบริษัท	38
รูปที่ 3.3 ชิ้นงานแบบที่ 1	40
รูปที่ 3.4 ชิ้นงานแบบที่ 2	40
รูปที่ 3.5 โครงสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย	41
รูปที่ 3.6 ใส้จุดยึดที่โครงสร้าง	42
รูปที่ 3.7 ใส้แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง	43
รูปที่ 3.8 แสดงค่าความปลอดภัย	44
รูปที่ 3.9 แสดงค่าระยะโค้งตัว	45
รูปที่ 3.10 ชิ้นงานแบบที่ 1 ขนาด 50x50 mm	46
รูปที่ 3.11 ชิ้นงานแบบที่ 2 ขนาด 50x50 mm	47
รูปที่ 3.12 ชิ้นงานแบบที่ 2 ขนาด 40x40 mm	48
รูปที่ 3.13 ชิ้นงานแบบที่ 2 ขนาด 60x60 mm	49
รูปที่ 3.14 เหล็กกล่อง	50

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.15 ล้อชิ้นงาน	50
รูปที่ 3.16 แม่แรง	51
รูปที่ 3.17 โഴ้	51
รูปที่ 3.18 สเก็น	52
รูปที่ 3.19 ตะขอ	52
รูปที่ 3.20 ฝาบ่อบำบัด	54
รูปที่ 3.21 การขีดเส้นชิ้นงาน	54
รูปที่ 3.22 การตัดชิ้นงาน	55
รูปที่ 3.23 การเชื่อมชิ้นงาน	55
รูปที่ 3.24 การเจียรจุดเชื่อม	56
รูปที่ 3.25 การทำแท่นยึดแม่แรง	56
รูปที่ 3.26 การติดล้อชิ้นงาน	57
รูปที่ 3.27 การตรวจความเรียบรอย	57
รูปที่ 3.28 การทาสีชิ้นงาน	58
รูปที่ 3.29 กานยกฝาท่อ	58
รูปที่ 4.1 การยกฝาแม่แรงก่อนและหลังมีอุปกรณ์	59
รูปที่ 4.2 การนำอุปกรณ์ไปเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย	60
รูปที่ 4.3 การเกี่ยวตะขอ	60
รูปที่ 4.4 การป้อนแม่แรง	61
รูปที่ 4.5 การเข็นย้ายอุปกรณ์	61
รูปที่ 4.6 การปิดฝาท่อบ่อบำบัดน้ำเสีย	62
รูปที่ 4.7 การปลดตะขอ	62

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย เป็นอุปกรณ์ในการทำหน้าที่เปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในการเปิดฝาท่อบำบัดแบบเก่านั้น ใช้หลักการคานงัด เป็นวิธีที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุสูงและใช้ผู้ปฏิบัติงานถึง 4 คน ในการเปิดฝาท่อบำบัด ดังนั้น นักศึกษาศึกษาหกิจจึงเล็งเห็นปัญหาของการทำงาน จึงได้ออกแบบอุปกรณ์เปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย เพื่อลดจำนวนผู้ปฏิบัติงาน และลดความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน ในการออกแบบนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดของฝาท่อบำบัดอย่างยิ่ง เพราะเนื่องจากมีทรายเป็นอยู่รอบๆฝาท่อจึงจำเป็นต้องให้เกิดแรงเสียดทาน ทำให้น้ำหนักที่ต้องยกขึ้นมามีแรงยกที่มากขึ้นการออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาท่อบำบัด จึงมีความสำคัญมากทั้งในส่วนของการออกแบบและการคำนวณจะต้องให้เป็นไปตามหลักวิศวกรรมและมาตรฐานความปลอดภัย และสามารถเขียนได้จากหลายโปรแกรม แต่ในที่นี้ ใช้โปรแกรมเขียนแบบสำเร็จรูปเนื่องจากเป็น โปรแกรมที่มีฟังก์ชันการใช้งานไม่ยุ่งยาก และหาค่าความปลอดภัยของวัสดุ เพื่อเปรียบเทียบหาขนาดเหล็กที่จะใช้ในการสร้างโครงสร้างที่รับน้ำหนักได้ดีที่สุด และระยะ โกงตัวของเหล็กน้อยที่สุด

ดังนั้นในโครงการเล่มนี้ จึงทำการออกแบบ สร้างและวิเคราะห์แรงยก ความแข็งแรงของวัสดุ และแนวเชื่อมจุดต่างๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อการออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องยกฝาท่อบำบัดน้ำเสีย

1.2.2 เพื่อหาค่าความปลอดภัยและระยะ โกงตัวของ โครงสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย

1.2.3 เพื่อยกฝาท่อบำบัดขนาด 1,400 mm ได้อย่างปลอดภัย

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ความกว้างในการเปิดฝาท่อบำบัดได้มากที่สุด 1,400 mm

1.3.2 ความสามารถในการยกน้ำหนักได้มากที่สุด 250 kg

1.3.3 สามารถออกแบบชิ้นงาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 เครื่องนี้ประหยัดเวลาในการเปิด-ปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย

1.4.2 ลดเจ้าหน้าที่ในการเปิด-ปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย

1.4.3 เพิ่มความปลอดภัยกับเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน

1.4.4 ลดค่าใช้จ่ายในการเปิดฝาท่อบำบัด

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ระบบสุขาภิบาล (Sanitary System)

ระบบสุขาภิบาล (Sanitary System) โดยหลักการคือ ระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญ ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เราได้อาศัยน้ำทั้ง ในการอุปโภคและบริโภคอยู่เกือบตลอดเวลา ดังนั้นระบบสุขาภิบาล จึงเป็นระบบที่ถือว่าเป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้สำหรับอาคารทุกอาคารระบบสุขาภิบาลที่สำคัญ และจัดว่าเป็นระบบพื้นฐานที่จำเป็นจะต้องมีในอาคาร ได้แก่

2.1.1 ระบบน้ำประปา มีหน้าที่หลักคือการจ่ายน้ำที่สะอาดไปยังจุดใช้งานต่างๆ ในอาคารในปริมาณ และแรงดันที่เหมาะสม หน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งของน้ำประปาถือเป็นแหล่งน้ำสำรองไว้ใช้ในอาคาร ในช่วงระยะเวลาที่ระบบจ่ายน้ำประปาภายนอก อาคารมีการปิดซ่อมแซมระบบ

2.1.2 ระบบท่อระบายน้ำเสีย คือระบบที่นำผ่านการใช้งานจะเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นน้ำเสีย เพราะปนเปื้อนสิ่งสกปรกต่างๆ โดยทั่วไปน้ำเสียจากอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักคือ

2.1.2.1 น้ำเสียที่เกิดจากการชำระล้างอาบนํ้าจะเรียกว่าน้ำทิ้ง (Waste Water)

2.1.2.2 น้ำเสียที่เกิดจากสุขภัณฑ์โถปัสสาวะและส้วมจะเรียกว่าน้ำโสโครก (Soil Water)

#### 2.2 ความหมายของน้ำเสีย

2.1.1 น้ำเสียหมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆมากมายจนกลายเป็นน้ำที่ไม่มีประโยชน์ และน่ารังเกียจของคนทั่วไปไม่เหมาะสมหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไปหรือปล่อยลงสู่ธรรมชาติก็ทำให้คุณภาพของธรรมชาติเสียหายได้

2.2.2 น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพได้แก่น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกทั้งหลายภายในครัวเรือนและอาคารประเภทต่างๆ เป็นต้น

#### 2.3 ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสถานที่รวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือนแหล่งพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และแหล่งต่างๆเข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบต่างๆ เพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้น ค่าความเป็นกรดปกติตามมาตรฐาน และไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อแม่น้ำลำคลองหรือแหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือบางส่วนยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้ เช่น การเกษตรหรืออุตสาหกรรมและอื่นๆแม้ว่าน้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้งวนเวียนเป็นวัฏจักร และมีกระบวนการทำให้สะอาดได้โดยตัวมันเองเรียกว่า (Self Purification) แต่กระบวนการนั้นก็มีขีดความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำดังนั้นการบำบัด น้ำเสียจึงเป็นกลไกที่สำคัญมากอันหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำ ในการทำความสะอาดตัวเองตามธรรมชาติ

## 2.4 การรวบรวมน้ำเสีย

ระบบท่อระบายน้ำเป็นระบบท่อที่มีการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่ซับซ้อน ทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากที่พักอาศัยต่างๆ รวมถึงอุตสาหกรรม ธุรกิจพาณิชยกรรมให้ไหลไปตามท่อระบายน้ำซึ่งวางอยู่ใต้ดิน ไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับอัตราการใช้น้ำ ในชุมชนนั้นๆ และการไหลของน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสียจะแปรผันตามช่วงการใช้น้ำในแต่ละวันและยังแปรผันตามฤดูกาลในแต่ละปี ทั้งนี้ระบบท่อระบายน้ำจะต้องมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียที่ไหลเข้าท่อระบายน้ำได้ทั้งหมดโดยไม่ก่อให้เกิดการรั่วซึมหรือทำให้เกิดน้ำท่วมขังภายในชุมชน

## 2.5 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในท่อระบบระบายน้ำ

2.5.1 กลิ่นเหม็น เกิดจากการหมักของน้ำเสียในท่อในสภาพไร้อากาศซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า อันเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่ความเร็วในท่อระบายน้ำต่ำมากจนทำให้น้ำเกิดการตกตะกอนในท่อขึ้นและเกิดการหมัก โดยผลกระทบทางสรีรวิทยาของก๊าซไข่เน่า

2.5.2 การกักร้อน เป็นปัญหาที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในท่อทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศ ก่อให้เกิดเป็นไอกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นกรดเข้มข้นที่มีฤทธิ์ ในการกักร้อนท่อได้

2.5.3 ปัญหาน้ำจากภายนอกและน้ำซึมเข้าท่อระบายน้ำ (Infiltration & Inflow) เกิดจากน้ำจากภายนอก ได้แก่ น้ำบาดาลหรือน้ำฝนรั่วเข้าสู่ท่อระบายน้ำเสียซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากท่อแตก รอยต่อเชื่อมท่อชำรุดเสื่อมสภาพ บ่อตรวจระบายชำรุด หรือฝาของบ่อตรวจระบายอยู่ต่ำกว่าระดับถนนซึ่งส่งผลทำให้มีน้ำในระบบท่อระบายมากเกินกว่าที่ออกแบบไว้และเกินขีดความสามารถของสถานีสูบน้ำ

## 2.6 ลักษณะน้ำเสียที่ปฏิบัติงาน

น้ำเสียที่เกิดขึ้น มาจากคอนกรีตที่พักอาศัยประกอบไปด้วยน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมต่างๆดังนี้

2.6.1 สารอินทรีย์ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เช่น เศษใบไม้ เศษข้าวหรือเศษอาหารต่างๆรวมไปถึงน้ำแกง เศษเนื้อสัตว์ต่างๆ ซึ่งเศษเหล่านี้สามารถถูกย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมนวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำมีระดับที่สูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพน้ำเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

2.6.2 สารอนินทรีย์ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ ซัลเฟอร์ คลอไรด์ เป็นต้น

2.6.3 น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และยังกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดสภาพไม่นาดู เช่น น้ำมันเครื่องของเหลวต่างๆที่ความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ



2.6.4 สารก่อให้เกิดฟองสารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ น้ำยาล้างจาน ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2.6.5 ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงต่ำมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ

2.6.6 กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่น ๆ

## 2.7 ลักษณะเฉพาะของน้ำเสีย

2.7.1 พีเอช (PH) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์ในถังบำบัดจะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง คือ PH ประมาณ 6-8

2.7.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก

2.7.3 ปริมาณของแข็ง (Solids) หมายถึงปริมาณสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งในลักษณะที่ไม่ละลายน้ำและที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids) ของแข็งบางชนิดมีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ (Suspended Solids) บางชนิดหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง (Settleable Solids) ของแข็งที่ไม่ละลายน้ำนี้อาจสร้างปัญหาในการอุดตันเครื่องเติมอากาศ และถ้าปล่อยทิ้งในปริมาณมากจะทำให้เกิด ความสกปรกและดินเหนียวในแหล่งน้ำธรรมชาติ ตลอดจนบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

2.7.4 ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นธาตุจำเป็นในการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนีย ถ้าหากในน้ำมีออกซิเจนพอเพียงก็จะถูกย่อยสลายไปเป็นไนไตรต์และไนเตรท ดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูงจึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในแหล่งน้ำลดน้อยลง

2.7.5 ไขมันและน้ำมัน (Fat, Oil, and Grease) ส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำมันและไขมันจากพืช และสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร สบู่หรือยาสระผมจากการอาบน้ำ ฟองสารซักฟอกจากการชำระล้างจากการซักผ้า สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำทำให้เกิดสภาพไม่น่าดูและขวางกั้นการซึมของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำนอกจากนี้ยังมีค่าบีโอดีสูงเพราะเป็นสารอินทรีย์

2.7.6 ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) คือค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้เทียบหาค่าบีโอดีโดยคร่าวๆ ปกติ COD:BOD ของน้ำเสีย ชุมชนประมาณ 2-4 เท่า

## 2.8 ระบบบ่อเกรอะ (Septic Tank)

บ่อเกรอะมีลักษณะเป็นบ่อปิด ซึ่งน้ำซึมไม่ได้และไม่มีการเติมอากาศ ดังนั้นสถานะในบ่อจึงเป็นแบบไร้อากาศ (Anaerobic) โดยทั่วไปมักใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากน้ำในห้องน้ำ แต่จะใช้บำบัดน้ำเสียจากครัวหรือน้ำเสียอื่นๆ ด้วยก็ได้

ถ้าหากสิ่งที่ไม่ไหลเข้ามาในบ่อเกรอะมีแต่อุจจาระหรือสารอินทรีย์ที่ย่อยง่าย หลังการย่อยแล้วก็จะกลายเป็นก๊าซกับน้ำและกากตะกอน (Septage) ในปริมาณที่น้อยจึงทำให้บ่อไม่เต็มได้ง่าย (อัตราการเกิดกากตะกอนประมาณ 1 ลิตร/คน/วัน) แต่อาจต้องมีการสูบกากตะกอนในบ่อเกรอะ (Septage) ออกเป็นครั้งคราว ประมาณปีละหนึ่งครั้ง สำหรับบ่อเกรอะมาตรฐาน แต่ถ้าหากมีการทิ้งสิ่งที่ย่อยหรือสลายยาก เช่น พลาสติก ฝ้ายอนามัย กระดาษชำระ สิ่งเหล่านี้จะยังคงค้างอยู่ในบ่อและทำให้บ่อเต็มก่อนเวลาอันสมควร เพื่อให้บ่อเกรอะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของบ่อเกรอะไม่สูงนัก คือประมาณร้อยละ 40 - 60 ทำให้น้ำที่ทิ้งจากบ่อเกรอะยังคงมีค่าบีโอดีสูงเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ จึงไม่สามารถปล่อยทิ้งแหล่งน้ำธรรมชาติหรือท่อระบายน้ำสาธารณะได้ จึงจำเป็นต้องผ่านระบบบำบัดขั้นสองเพื่อลดค่าบีโอดีต่อไป

### ลักษณะของบ่อเกรอะ

ลักษณะที่สำคัญของบ่อเกรอะ คือ ต้องป้องกันตะกอนลอย (Scum) และตะกอนจมไม่ให้ไหลไปยังบ่อเกรอะชั้นสอง เช่น ใช้แผ่นกั้นขวาง หรือท่อรูปตัวทีสามทาง บ่อเกรอะมีใ้ช้อยู่ตามอาคารสถานที่ทั่วไปจะสร้างเป็นบ่อคอนกรีตในที หรือถ้าเป็นอาคารขนาดเล็กหรือบ้านพักอาศัยก็มักนิยมสร้างโดยใช้วงขอบซีเมนต์ ซึ่งมีจำหน่ายตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไป แต่ปัจจุบันมีการสร้างถังเกรอะสำเร็จรูป โดยใช้หลักการเดียวกัน

### 2.8.1 เกณฑ์การออกแบบ

บ่อเกรอะที่รับน้ำเสียเฉพาะน้ำเสียจากส้วมของบ้านพักอาศัย ซึ่งหาขนาดได้จากสูตร

2.8.1.1 กรณีจำนวนคนน้อยกว่า 5 คน ให้ใช้ปริมาตรบ่อขนาดตั้งแต่ 1.5 ลูกบาศก์เมตรขึ้นไป

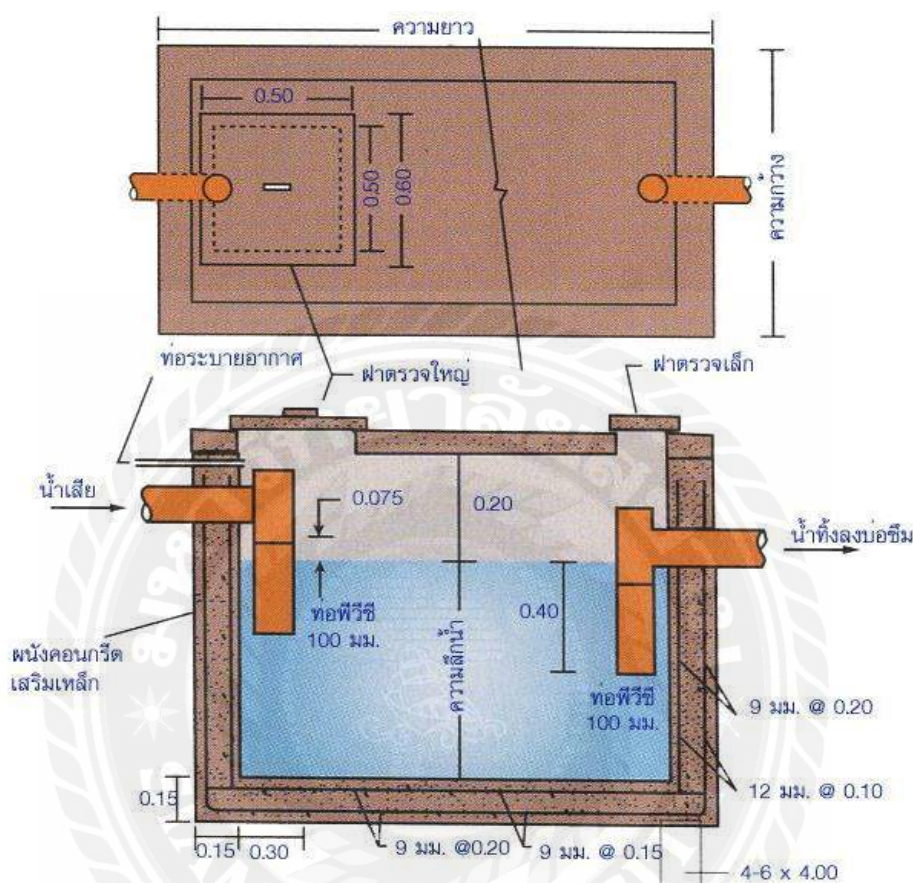
2.8.1.2. กรณีจำนวนคนตั้งแต่ 5 คนขึ้นไป ปริมาตรบ่อ ลูกบาศก์เมตร =  $1.5 + 0.1$  คูณด้วยจำนวน 5

### 2.8.2 การใช้งานและการดูแลรักษา

2.8.2.1. ห้ามเทสารที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ลงในบ่อเกรอะ เช่น น้ำกรดหรือด่างเข้มข้น น้ำยาล้างห้องน้ำเข้มข้น คลอรีนเข้มข้น ฯลฯ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของบ่อเกรอะลดลง เพราะน้ำที่มิได้คุณภาพตามต้องการ

2.8.2.2. ห้ามทิ้งสารอินทรีย์หรือสารย่อยยาก เช่น พลาสติก ฝ้ายอนามัย ฯลฯ ซึ่งนอกจากมีผลทำให้ส้วมเต็มก่อนกำหนดแล้วยังอาจเกิดการอุดตันในท่อระบายได้

2.8.2.3. ในกรณีน้ำในบ่อเกรอะสูงและรวดเร็วไม่ลง ให้ตรวจดูการระบายของบ่อซึม ว่ามีการซึมออกดีหรือไม่ ถ้าไม่มีบ่อซึม ปัญหาอาจมาจากน้ำภายนอกไหลท่วมเข้ามาในถัง ต้องแก้ไข โดยการยกถังขึ้นสูง ในกรณีใช้บ่อเกรอะสำเร็จรูป ให้ติดต่อผู้แทนจำหน่ายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขต่อไป



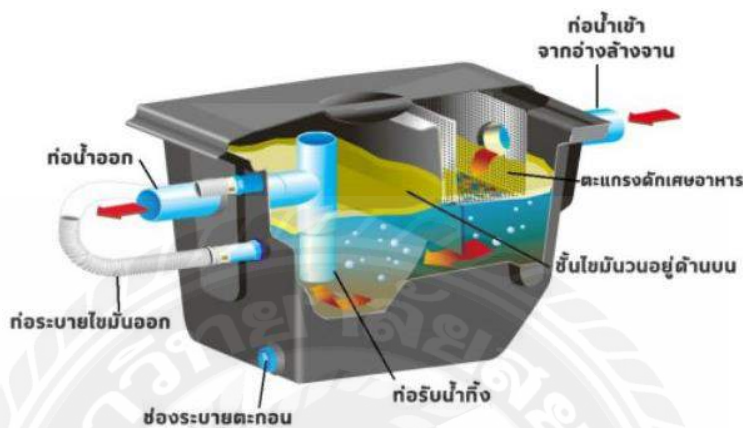
รูปที่ 2.1 บ่อเกรอะ

เนื่องจากประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของถังบำบัดน้ำเสียไม่สูงนัก คือประมาณร้อยละ 40-60 ทำให้น้ำที่จากถังบำบัดน้ำเสียยังคงมีค่าบีโอดีสูงเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ จึงไม่สามารถปล่อยทิ้งแหล่งน้ำธรรมชาติหรือท่อระบายน้ำสาธารณะได้จึงจำเป็นต้องผ่านระบบบำบัดขั้นสองเพื่อลดค่าบีโอดีต่อไป

## 2.9 บ่อดักไขมัน

บ่อดักไขมันใช้สำหรับใช้บำบัดน้ำเสียจากครัวของบ้านพักอาศัย ห้องอาหารภัตตาคารและอาคารสูง เนื่องจากน้ำเสียดังกล่าวจะมีน้ำมันและไขมันปนอยู่มาก หากไม่กำจัดออกจะทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน โดยลักษณะน้ำเสียจากครัวของบ้านพักอาศัยกรณีที่ไม่ผ่านตะแกรงจะมีน้ำมันและไขมันประมาณ 2,700 มิลลิกรัม/ลิตร หากผ่านตะแกรงจะมีน้ำมันและไขมันประมาณ 500 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับลักษณะน้ำเสียจากครัวของภัตตาคารจะมีน้ำมันและไขมันประมาณ 1,500 มิลลิกรัม/ลิตร

ลิตร ดังนั้น บ่อดักไขมันที่ใช้จะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะกักน้ำเสียไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้ไขมันและน้ำมันมีโอกาสลอยตัวขึ้นมาสะสมกันอยู่บนผิวน้ำ เมื่อปริมาณไขมันและน้ำมันสะสมมากขึ้น ต้องตักออกไปกำจัด เช่น ใส่ถุงพลาสติกทิ้งฝากระถายหรือนำไปตากแห้งหรือหมักทำปุ๋ย บ่อดักไขมันจะสามารถกำจัดไขมันได้มากกว่าร้อยละ 60 บ่อดักไขมันมีทั้งแบบสำเร็จรูปที่สามารถซื้อและติดตั้งได้ง่าย หรือสามารถสร้างเองได้ โดยใช้วงขอบซีเมนต์หรือถังซีเมนต์หินขัด ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าแบบสำเร็จรูป และสามารถปรับให้เหมาะสมกับพื้นที่และปริมาณของน้ำที่ใช้



รูปที่ 2.2 บ่อดักไขมัน

## 2.10 ฝาบ่อบำบัดแบบต่างๆ

ฝาบ่อบำบัด คือ ฝาที่ปิดบ่อบำบัด ซึ่งมีรูปแบบใช้งานที่แตกต่างกันไป และมีป้องกันก๊าซและกลิ่น ที่เกิดจากของเสีย และจุลินทรีย์ที่เติมลงบ่อ ซึ่งฝาเหล็กมี 2 แบบคือ แบบทรงกลม และสี่เหลี่ยมจัตุรัส

2.10.1 ฝาบ่อบำบัดแบบทรงกลม ใช้ติดตั้งบริเวณทางเท้า หรือที่ไม่มีรถวิ่งผ่าน ทำทางเหล็กหล่อเหนียว มีการกระจายแรงที่ดี มีฐานป้องกันการโค้งงอ



รูปที่ 2.3 ฝาบ่อบำบัดแบบกลม

2.10.2 ฝาบ่อบำบัดแบบสี่เหลี่ยม ใช้ติดตั้งบริเวณทางเท้า รถวิ่งผ่านได้ ทำทางเหล็กหล่อเหนียว มีการกระจายแรงที่ดี ออกแบบเพื่อให้คอนกรีตเกาะกับเฟรม มีสองร่องเพื่อป้องกันกลิ่น รับโหลดได้ตามมาตรฐาน



รูปที่ 2.4 ฝาปิดบับัดแบบสี่เหลี่ยม

### 2.11 คานรับแรง

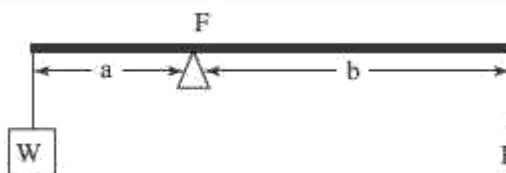
คานกลศาสตร์ ในทางฟิสิกส์ หมายถึง วัตถุแข็งเกร็งที่ใช้โดยมีจุดหมุน เพื่อทวีคูณแรงเชิงกล ที่กระทำต่อวัตถุอื่น และนับเป็นตัวอย่างหนึ่งของหลักโมเมนต์ หลักของคานนั้นยังใช้จากการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และสถิตยศาสตร์สมัยใหม่

คาน (Lever) คือ เครื่องกลชนิดหนึ่งที่ใช้ติดตั้งวัตถุให้เคลื่อนที่รอบจุดหมุน (Fulcrum Point) มีลักษณะแข็งเป็นแท่งยาว เช่น ท่อนไม้หรือโลหะยาว คานอาจจะตรงหรือโค้งงอก็ได้ การทำงานของคานใช้หลักของโมเมนต์

หลักการของโมเมนต์ เรานำมาใช้กับอุปกรณ์ที่เรียกว่า คาน (Lever) หรือคานดีดคานงัด คานเป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่ใช้ติดตั้งวัตถุให้เคลื่อนที่รอบจุดหมุน มีลักษณะเป็นแท่งยาว หลักการทำงานของคานใช้หลักของโมเมนต์

ส่วนประกอบที่สำคัญในการทำงานของคานมี 3 ส่วนดังนี้

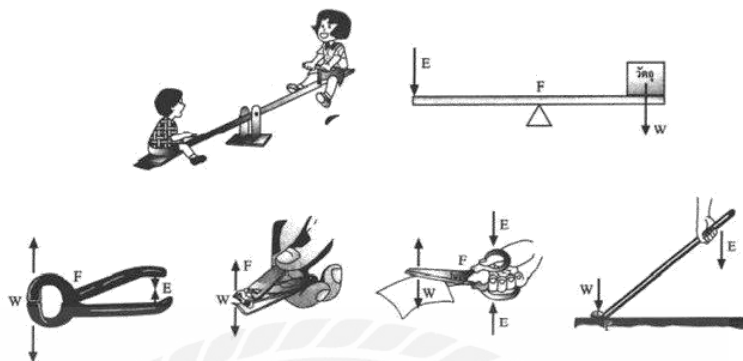
1. แรงความต้านทาน (W) หรือน้ำหนักของวัตถุ
2. แรงความพยายาม (E) หรือแรงที่กระทำต่อคาน
3. จุดหมุนหรือจุดพีลครัม (F=Fulcrum)



รูปที่ 2.5 คาน

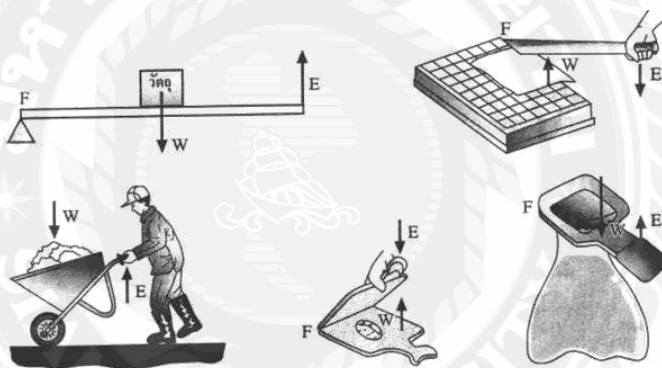
คานจำแนกได้เป็น 3 ประเภท หรือ 3 อันดับ ดังนี้

คานอันดับที่ 1 เป็นคานที่มีจุดหมุน (F) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และแรงความต้านทาน (W) เครื่องใช้ที่ใช้หลักของคานอันดับหนึ่ง ได้แก่ ฆะแลง กรรไกรตัดผ้า แจว คีมตัดลวด กรรไกรตัดเล็บ



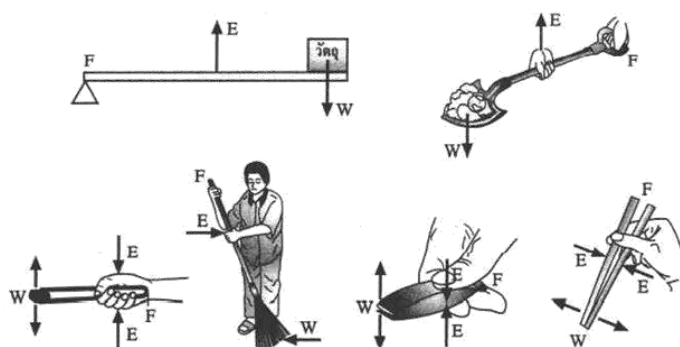
รูปที่ 2.6 คานอันดับที่ 1

คานอันดับที่ 2 คือ คานที่มีแรงความต้านทาน (W) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และจุดหมุน (F) เครื่องใช้ที่จัดเป็นคานอันดับที่ 2 ได้แก่ รถเข็นดิน ที่เปิดขวด ที่ตัดกระดาษ



รูปที่ 2.7 คานอันดับที่ 2

คานอันดับที่ 3 คือคานที่มีแรงความพยายาม (E) อยู่ระหว่างแรงความต้านทาน (W) และจุดหมุน (F) เครื่องใช้ที่จัดเป็นคานอันดับ 3 ได้แก่ แหนบ ตะเกียบ พลั่ว คีมคีบถ่าน ปากกา ไม้กวาดด้ามยาว



รูปที่ 2.8 คานอันดับที่ 3

การผ่อนแรงของคานจะมีมากหรือน้อยให้พิจารณาจากจากระยะทางจาก E ถึง F และ W ถึง F ว่าระยะทาง EF ยาวหรือสั้นกว่า WF ถ้ายาวกว่า ก็จะผ่อนแรงถ้าสั้นกว่าจะไม่ผ่อนแรง

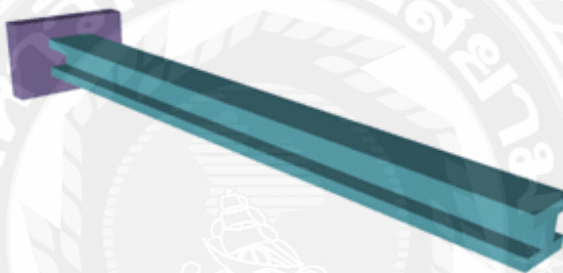
### 2.11.1 ประเภทของคาน

#### 2.11.1.1 คานประเภทดีเทอร์มิเนต (Determinate Beam)

เป็นคานที่เราสามารถหาค่าแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่าได้ โดยการใช้สมการของการสมดุล ( $\sum M = 0$  และ  $\sum F_y = 0$ ) ก็สามารถหาค่าได้ซึ่งคานประเภทนี้มี 3 แบบได้แก่ คานที่จุดรองรับแบบง่าย (Simple Support) คานปลายยื่น (Cantilever Beam) และ คานแขวน (Overhanging Beam)



รูปที่ 2.9 คานที่จุดรองรับแบบง่าย (Simple Supported)



รูปที่ 2.10 คานปลายยื่น (Cantilever Beam)



รูปที่ 2.11 คานแขวน (Overhanging Beam)

#### 2.11.1.2 คานประเภทอินดีเทอร์มิเนต (Indeterminate Beam)

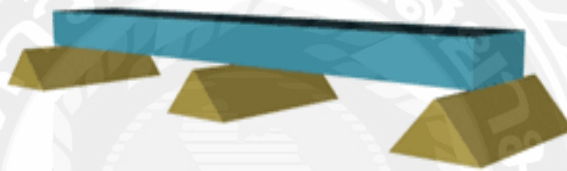
เป็นคานประเภทที่เราไม่สามารถหาค่าแรงปฏิกิริยาของคานได้ จากการใช้สมการของการสมดุล แต่สามารถหาได้จากการใช้ทฤษฎีของสามโมเมนต์ (Three Moment) หรือใช้วิธีการหาแรงปฏิกิริยาจากค่าของระยะโก่งและมุมลาดชันของคานแล้วนำไปสู่ค่าของแรงปฏิกิริยาของคาน ซึ่งคานประเภทนี้ได้แก่ คานที่มีจุดยึดทั้งสองข้าง (Double End Fixed) หรือคานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น (Restrained Beam) และคานต่อเนื่อง (Continuous Beam)



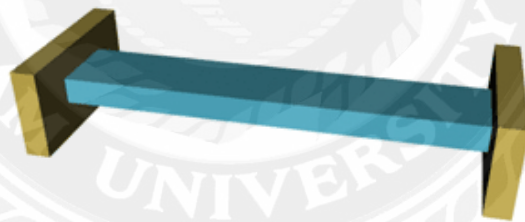
รูปที่ 2.12 คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น (Simply Supported Beam)



รูปที่ 2.13 คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลาย 2 จุด (Restrained Beam)



รูปที่ 2.14 คานต่อเนื่อง (Continuous Beam)



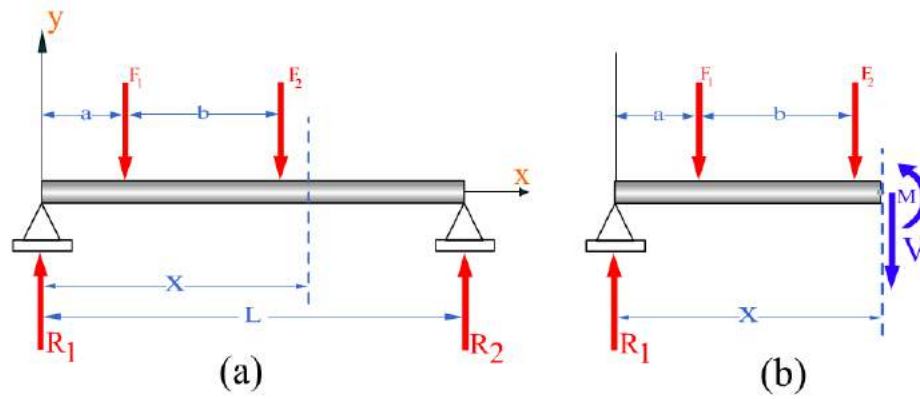
รูปที่ 2.15 คานที่มีจุดยึดทั้งสองข้าง (Fixed Ended Beam)

#### 2.11.2 แรงเฉือนและโมเมนต์คั่นภายในคาน

แรงเฉือน (Shearing Force) คือ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงกระทำภายนอกผ่านจุดศูนย์กลางถ่วงที่หน้าตัดใดๆ ของคาน ระยะ  $X$  จากปลายคานด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งในที่นี้กำหนดให้  $V$  แทนแรงเฉือน

โมเมนต์คั่น (Bending Moment) คือ ผลรวมโมเมนต์ทางพีชคณิตของแรงภายนอกรอบแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางถ่วงในระนาบที่หน้าตัดใดๆ ของคานจากปลายคานด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งในที่นี้กำหนดให้  $M$  แทนโมเมนต์คั่น

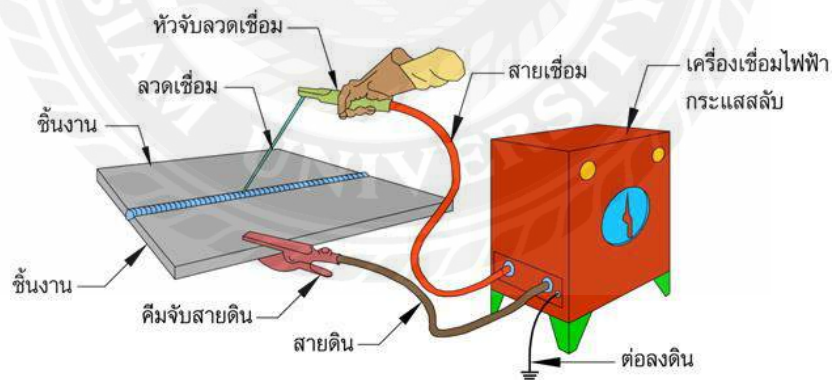




รูปที่ 2.16 ผลรวมทางพีชคณิตที่กระทำผ่านจุดศูนย์กลางถ่วงที่หน้าตัดใด ๆ ของคาน การที่จะเลือกคิดแรงบนด้านใดของภาพตัดนั้นขึ้นอยู่กับความสะดวกแต่ไม่ว่าจะคิดจากด้านใดค่าที่ได้จะต้องเท่ากันแต่โดยส่วนใหญ่แล้วตามตำราต่าง ๆ จะคิดจากทางซ้ายมือ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษานี้จะนำวิธีคิดนี้มาใช้วิธีการวิเคราะห์จากทางซ้ายมือเป็นหลัก

## 2.12 การเชื่อมโลหะ

ในปัจจุบันบ้านเรือนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ การก่อสร้างหลายสิ่งหลายอย่างจำเป็นต้องมีโลหะ เข้ามาเกี่ยวข้อง การเชื่อมโลหะก็เป็นวิทยาการด้านหนึ่งที่จำเป็น เพราะการเชื่อมเป็นการต่อ การยึด โลหะเข้าด้วยกัน และเป็นเนื้อเดียวกัน การเชื่อม หมายถึงขบวนการที่ทำให้โลหะหลอม ละลายติดกัน โดยอาศัยความร้อนจากการอาร์ค (Arc) ที่จะเกิดขึ้นระหว่างโลหะงานกับลวดเชื่อม อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมโดยเฉลี่ยประมาณ 6,000 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้โลหะงานที่ถูกเชื่อม หลอมละลายพร้อมกับปลายของลวดเชื่อม และเป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 2.17 การเชื่อมโลหะ

การเชื่อมโลหะพื้นฐานสำหรับผู้เริ่มต้นฝึกหัดเชื่อมแบ่งออกได้ดังนี้

1. การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)
2. การเชื่อมด้วยแก๊ส (Gas Welding)

### 2.12.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Arc Welding)

การเชื่อมด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีการเชื่อมโลหะ โดยการทำให้โลหะหลอมละลายพร้อม ๆ กับลวดเชื่อม ด้วยกระแสไฟฟ้า

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมไฟฟ้ามี่ดังนี้

2.12.1.1 เครื่องเชื่อม (Generator) เครื่องเชื่อมมีหลายชนิด เช่น เครื่องเชื่อมแบบมอเตอร์ Motor Generator เครื่องเชื่อมแบบ AC-DC Combination เครื่องเชื่อมแบบ AC-DC React เครื่องเชื่อมแบบ Engine Driven Generator และเครื่องเชื่อมกระแสไฟฟ้าสลับ



รูปที่ 2.18 เครื่องเชื่อมโลหะ

2.12.1.2 สายเชื่อม (Welding Cable) มีหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจากเครื่องเชื่อมผ่านลวดเชื่อมไปสู่โลหะงาน และกลับสู่เครื่องเชื่อม



รูปที่ 2.19 สายเชื่อม

2.12.1.3 หัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder) ใช้สำหรับจับลวดเชื่อมที่ด้ามมีฉนวนหุ้ม ป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจรผู้ปฏิบัติงานปลายหัวจับต่อกับสายเชื่อมและต่อเข้าเครื่องเชื่อม



รูปที่ 2.20 หัวจับลวดเชื่อม

2.12.1.4 หัวจับสายดิน (Ground Lamp) มีลักษณะเป็นคีมจับใช้จับชิ้นงานมีหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าจากชิ้นงานผ่านสายเชื่อมกลับเข้าเครื่องเชื่อม



รูปที่ 2.21 หัวจับสายดิน

2.12.1.5 หน้ากาก (Welding Helmet) ทำมาจากไฟเบอร์ (Fiber) ใช้ป้องกันดวงตาและผิวหนัง หน้ากากที่ดีจะต้องมีเลนส์กรองแสง Infrared Ray และ Ultra Violet Ray ได้ตั้งแต่ 99.50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป หน้ากากมีอยู่ 2 แบบคือ แบบสวมศีรษะ (Hear Shield) และแบบมือถือ (Hand Shield)



รูปที่ 2.22 หน้ากากในงานเชื่อมโลหะ

2.12.1.6 ค้อนเคาะ, แปรงลวด (Hammer and Brush) เป็นเครื่องมือที่ใช้ทำความสะอาดรอยเชื่อม



รูปที่ 2.23 ค้อนเคาะและแปรงสำหรับงานเชื่อมโลหะ

2.12.1.6 ถุงมือหนัง (Gloves) ใช้สำหรับป้องกันไฟฟ้าดูดและป้องกันความร้อนจากการเชื่อมไฟฟ้า



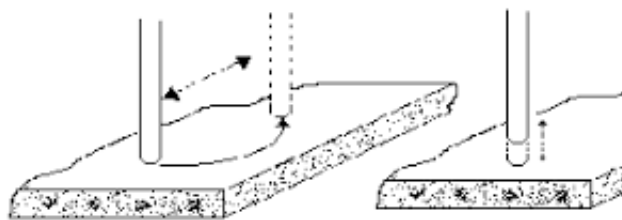
รูปที่ 2.24 ถุงมือหนัง

### 2.12.2 การเริ่มต้นอาร์ค

การเริ่มต้นฟีกัดเชื่อมจะเริ่มต้นจากการอาร์คก่อน การอาร์ค คือ ระยะห่างระหว่างปลายลวดเชื่อมกับ ผิวโลหะงาน ซึ่งเป็นระยะพอดีที่จะทำให้การอาร์คเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การเริ่มต้นอาร์ค มี 2 วิธีคือวิธีการขีด และวิธีการเคาะ

วิธีการขีด เป็นการบังคับให้ลวดเชื่อมสัมผัสกับโลหะงานโดยการขีดออกข้าง ๆ จนเกิดการอาร์ค แล้ว ยกลวดเชื่อมขึ้นเล็กน้อยจนได้ระยะอาร์คที่ต้องการคือประมาณ 1/8 นิ้ว

วิธีการเคาะ เป็นการบังคับให้ลวดเชื่อมกระทบกลางไปในแนวดิ่งจนสัมผัสกับโลหะงานแล้วยกขึ้น-ลง จนเกิดการอาร์คตามที่ต้องการ



การขีด

การเคาะ

รูปที่ 2.25 การเริ่มต้นอาร์คด้วยการขีดและการเคาะ

### 2.12.3 ตำแหน่งท่าเชื่อมไฟฟ้า

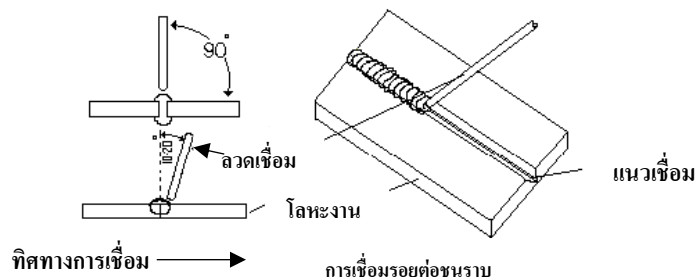
ในการเชื่อมไฟฟ้าจะมีท่าเชื่อมในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

2.12.3.1 การเชื่อมต่อเกยในท่าราบ การเชื่อมต่อเกยท่าราบเป็นแบบของรอยต่อที่นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ จัดเป็นรอยต่อที่ประหยัด ไม่เสียเวลาในการเตรียมงาน รอยต่อเกยจะมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อเชื่อมรอยต่อทั้งสองด้าน ในการเชื่อมจะต้องไม่ใช้กระแสไฟสูงเกินไป มุมของลวดเชื่อม ในขณะที่เชื่อมประมาณ 45 - 60 องศา การเคลื่อนไหวลวดเชื่อมจะเป็นลักษณะเดินหน้าถอยหลังไปตามแนวเชื่อม การเคลื่อนไหวลวดเชื่อมเช่นนี้จะเป็นการอุ่น โลหะงานให้ร้อนล่วงหน้าก่อนที่จะเชื่อมไปถึงซึ่งจะทำให้รอยเชื่อมสมบูรณ์และป้องกันไม่ให้เกิดหลอมเหลวไหลล้าหน้ารอยเชื่อม



รูปที่ 2.26 การเชื่อมต่อเกยในท่าราบ

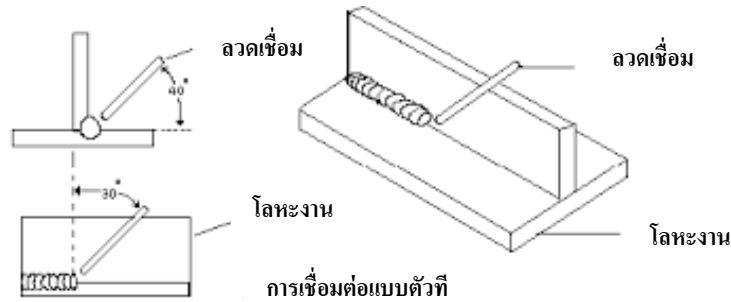
2.12.3.2 การเชื่อมรอยต่อชนท่าราบ รอยต่อชนท่าราบเป็นรอยต่อที่ใช้กันมากสำหรับการต่อโลหะ งานทั่วไป โลหะงานซึ่งหนาเกิน 1/4 นิ้ว เมื่อทำการเชื่อมรอยต่อทั้งสองด้านแล้วจะเป็นรอยต่อที่มีประสิทธิภาพสูงมาก การที่จะให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของการซึมลึกของรอยเชื่อม ขนาดของการซึมลึกจะขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อมและกระแสที่ใช้ในการเชื่อม สำหรับงานที่มีความหนา 3/16 นิ้ว เมื่อเชื่อมรอยต่อเพียงด้านเดียว รอยต่อจะเว้นระยะไว้เสมอ การเชื่อมรอยต่อชนท่าราบจะต้องปรับกระแสให้เหมาะกับลวดเชื่อม ขณะเชื่อมลวดเชื่อมจะต้องเอียงไปข้างหน้า 10 - 20 องศาตามทิศทางที่ลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไป



รูปที่ 2.27 การเชื่อมรอยต่อชนท่าราบ

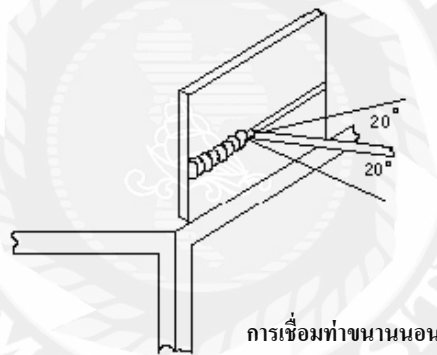
2.12.3.3 การเชื่อมรอยต่อรูปตัวทีในท่าราบ การเชื่อมรอยต่อชนรูปตัวทีจะต้องปรับกระแสไฟให้สูงพอที่จะทำให้โลหะหลอมเหลวจนไหลได้ง่าย เพื่อทำให้เกิดการซึมลึกลงไปจนถึงส่วนล่างสุดของรอยต่อ การบังคับลวดเชื่อมไปยังมุมของรอยต่อต้องขึ้นอยู่กับโลหะแผ่นตั้งมากกว่า

แผ่นนอน พร้อมกับเอียงลวดเชื่อมไปข้างหน้าประมาณ 30 - 40 องศา พยายามเคลื่อนลวดเชื่อมด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และมีการเดินหน้าถอยหลังในระยะสั้น เพื่อเป็นการอุ่นงานส่วนล่างสุดของรอยต่อ และยังป้องกันสแลคหลอมเหลวล้าหน้ารอยเชื่อม



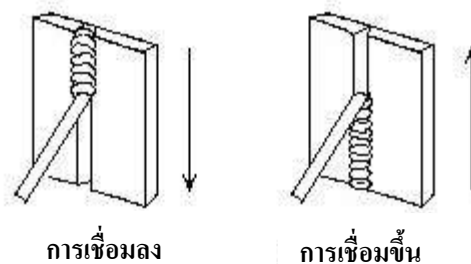
รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่อแบบตัวที

2.12.3.4 การเชื่อมในทำขานนอน การเชื่อมรอยต่อแบบต่างๆ ในทำขานนอน การบังคับลวด เชื่อมจะต้องบังคับให้ลวดเชื่อมชี้ขึ้นเป็นมุม 20 องศา เพื่อใช้แรงผลักดันจากการอาร์คช่วยพุงให้โลหะที่หลอมเหลวในแอ่งไหลลงมาไหลย้อนขึ้นไปกับรอยเชื่อม นอกจากนี้จะต้องเอียงลวดเชื่อมเป็นมุม 20 องศาในทิศทางเคลื่อนที่ของลวดเชื่อมด้วย เช่นเดียวกับการเชื่อมในทำราบ



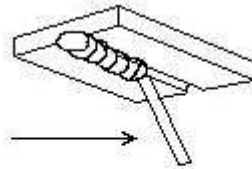
รูปที่ 2.29 การเชื่อมในทำขานนอน

2.12.3.5 การเชื่อมในทำตั้งการฝึกหัดทำเชื่อมลักษณะนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การเชื่อมขึ้น (Up Hill) และการเชื่อมลง (Down Hill) การเชื่อมขึ้นมีเทคนิคที่สำคัญ คือการบังคับให้ลวดเชื่อมตั้งฉากกับพื้นผิวโลหะงานและการเอียงลวดเชื่อมทำมุมชี้ขึ้นไม่เกิน 10 องศา การปรับกระแสควรปรับให้มีกระแสค่อนข้างสูงเสมอ ขณะทำการเชื่อมควรเคลื่อนไหวลวดเชื่อมเป็นแบบยกขึ้น แล้วลดต่ำลงมาที่แอ่งโลหะหลอมเหลวเป็นระยะประมาณ 2 นิ้วแต่ระวังอย่าให้การอาร์คดับ



รูปที่ 2.30 การเชื่อมในทำตั้ง

2.13.3.6 ทำเชื่อมเหนื่อศิระเป็นท่าเชื่อมที่ปฏิบัติยากที่สุด และเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติมากที่สุด ถ้าหากสวมชุดปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง ที่สำคัญสำหรับการเชื่อมท่าเหนื่อศิระคือ การปรับขนาดของกระแสไฟต้องให้สูงไว้ และใช้ระยะอาร์คสั้นๆ บังคับให้ลวดเชื่อมตั้งฉากกับพื้นผิวโลหะงาน และทำมุมเอียงประมาณ ไม่เกิน 10 องศาตามทิศทางที่ลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่ลวดเชื่อมจะเป็นลักษณะเดินหน้าถอยหลัง หรือเคลื่อนไหวยลวดเชื่อมแบบส่าย

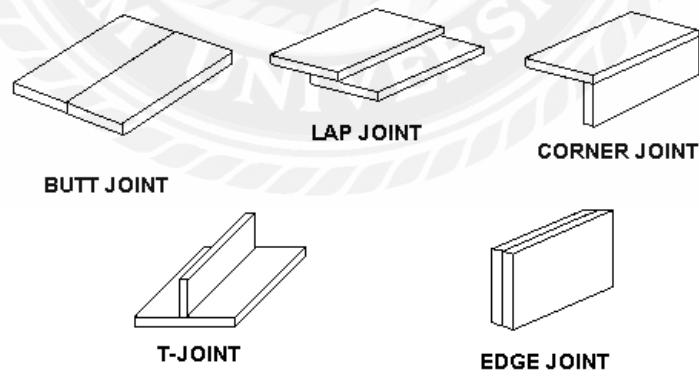


การเชื่อมท่าเหนื่อศิระ

รูปที่ 2.31 ทำเชื่อมเหนื่อศิระ

2.12.3.7. แบบของรอยต่อเชื่อม แบบของรอยต่อเชื่อมต่างๆสามารถแยกออกได้ตามพื้นฐานของรอยต่อเชื่อมเบื้องต้นสำหรับผู้ฝึกปฏิบัติงานใหม่ ได้ดังนี้

1. แบบรอยต่อชน (Butt Joint)
2. แบบรอยต่อเกย (Lap Joint)
3. แบบรอยต่อมุม (Corner Joint)
4. แบบรอยต่อตัวที (T - Joint)
5. แบบรอยต่อขอบ (Edge Joint)



รูปที่ 2.32 แบบรอยต่อเชื่อมแบบต่างๆ

## 2.12.4 ความปลอดภัยในการเชื่อมไฟฟ้า

การปฏิบัติการเชื่อมใดๆ ผู้ปฏิบัติต้องคำนึงถึงความปลอดภัยไว้เสมอเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุกับ ตนเองหรือผู้อื่นความปลอดภัยเหล่านี้ได้แก่

1. การป้องกันนัยน์ตาและใบหน้า เพื่อไม่ให้ได้รับอันตรายจากรังสีอุตราไวโอเลต และรังสีอินฟราเรด หรือสะเก็ดไฟ โดยการสวมแว่นตานิรภัยและหน้ากากเชื่อม
2. ขณะทำการเชื่อมควรสวมเครื่องแต่งกายที่ทำด้วยวัสดุทนไฟหรือติดไฟยาก
3. ถ้าเสื้อผ้าหรือกางเกงที่มีกระเป๋าคือต้องมีฝาปิด กางเกงจะต้องไม่พับขา
4. ขณะปฏิบัติงานควรสวมถุงมือหนังสำหรับการต่อเชื่อม
5. ถ้าไม่มีความรู้เรื่องไฟฟ้า ห้ามทำการต่อไฟฟ้าเข้าเครื่องเชื่อมเอง ควรปล่อยเป็นหน้าที่ของช่างไฟฟ้า
6. อย่าปล่อยให้ร่างกายส่วนหนึ่งส่วนใดถูกรังสีขณะทำการเชื่อม
7. ห้องปฏิบัติงานต้องมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ป้องกันควันที่เกิดจากการเชื่อม
8. หลีกเลี่ยงการปฏิบัติงานในที่เปียกชื้นเพราะอาจถูกไฟฟ้าดูดได้
9. ขณะทำการเชื่อมต้องคำนึงถึงแหล่งวัตถุไวไฟ ควรให้อยู่ห่าง ๆ
10. ควรมีถังดับเพลิงอยู่ในบริเวณที่ทำการเชื่อม

## 2.13 สนิม (Rust)

สนิม (Rust) เป็นโลหะส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม เนื่องจากได้รับปฏิกิริยาเคมีที่มีอากาศ น้ำ หรือความร้อนเป็นตัวการสำคัญทำให้โลหะมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิม เช่น สีที่เปลี่ยนไป มีความแข็งแรงลดลง และทำให้เกิดการผุกร่อน ตัวอย่างที่เราพบเห็นอยู่บ่อยๆ ได้แก่ เหล็ก

### 2.13.1 การเกิดสนิมในเหล็ก

การเกิดสนิม เป็นปฏิกิริยาที่พบเห็นได้ง่ายๆกับสิ่งก่อสร้างต่างๆที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ แต่เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ อาจจะกินเวลายาวนาน เกิดขึ้นเมื่อมีเหล็กสัมผัสกับน้ำและความชื้น โดยจะค่อย ๆ สึกกร่อนกลายเป็นเหล็กออกไซด์มีชื่อทางเคมีว่า ไฮดรอกไซด์หรือที่เรารู้จักกันว่า สนิมเหล็ก มีลักษณะเป็นคราบสีแดง ซึ่งไม่สามารถเกาะอยู่บนผิวของเหล็กได้อย่างเหนียวแน่น สามารถหลุดออกออกไปได้ง่าย ทำให้เนื้อเหล็กที่อยู่ชั้นในสามารถเกิดสนิมต่อจนกระทั่งหมดทั้งชิ้น กระบวนการเกิดสนิมค่อนข้างซับซ้อน โดยมีปัจจัยคือ น้ำและออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศโลก เหล็กจะเกิดสนิมเร็วขึ้นในบางสภาวะ เช่น สภาวะที่เป็นกรด สถานที่ชายทะเลที่ไอเกลือเข้มข้น เป็นต้น





รูปที่ 2.33 การเกิดสนิมในเหล็ก

### 2.13.2 ประเภทของสนิม

2.13.2.1 สนิมทั่วไป ประกอบด้วย 2 แบบใหญ่ๆคือ เกิดบนผิวเหล็กเปลือย (Flash Rust) และ เกิดบนผิวเหล็กที่มีการทาสีแล้ว (Brush Rust )

2.13.2.2. สนิม (Galvanic) เมื่อโลหะสองชนิดสัมผัสกัน โลหะที่ไวต่อการเกิดสนิมมากกว่า ซึ่งจะมีประจุเป็นลบ (Anode) จะขึ้นสนิมก่อน โลหะที่มีประจุเป็นบวก (Cathode)

2.13.2.3 สนิมหลุม เมื่อเกิดสนิมปริมาณมากรวมอยู่ในพื้นที่แคบ

2.13.3.4 สนิมตามรอยแยก เมื่อเกิดสนิมขึ้นในช่องแคบระหว่าง ชิ้นส่วนเล็กๆ เช่น ระหว่าง เกลียวกับหัวหมุด

### 2.13.3 วิธีป้องกันไม่ให้เกิดสนิม

2.13.3.1 การเคลือบผิวเหล็ก เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อเหล็กสัมผัสกับน้ำและอากาศโดยตรง อาจทำได้หลายวิธี เช่น การทาสี การชุบด้วยโลหะ อาทิ ดีบุก สังกะสี วิธีนี้มักใช้กับชิ้นงานขนาดเล็กหรือกลาง อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีนี้คือ ผิวเคลือบชนิดนี้ สามารถหลุดออกได้ง่าย ทั้งทางกายภาพและเคมีซึ่งจะทำให้เนื้อเหล็กมีโอกาสสัมผัสกับบรรยากาศและเกิดสนิมขึ้น ยิ่งกว่านั้นผิวเคลือบบางชนิด เช่น ดีบุก ยังสามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสนิมให้เร็วขึ้นอีกด้วย

2.13.3.2 การทำเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) โดยการเติมธาตุอื่นๆ ที่สามารถทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆ ขึ้นบนผิวเหล็ก เช่น โครเมียม นิกเกิล ธาตุเหล่านี้จะสร้างฟิล์มบางๆ ที่ติดแน่นบนผิวเหล็ก ช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อเหล็กสัมผัสกับบรรยากาศโดยตรง ผิวเคลือบชนิดนี้มีความคงทนทั้งทางกายภาพและเคมี เหล็กกล้าไร้สนิมมีหลายเกรด แต่ละเกรดก็จะมีส่วนผสมที่ต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งานแต่ละประเภท

2.13.3.3 การใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อให้เหล็กมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้เหล็กไม่เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนและกลายเป็นสนิม วิธีนี้สามารถป้องกันการเกิดสนิมได้ในทุกสภาพแวดล้อม แต่มีค่าใช้จ่ายสูง และต้องอาศัยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าซึ่งไม่สะดวกกับการโยกย้ายไปมา จึงเหมาะสมสำหรับโครงสร้างใหญ่ๆ ที่ต้องใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเกิดสนิมอย่างรุนแรง เช่น ท่อที่ฝังอยู่ใต้ดิน ท่อส่งน้ำมันใต้ทะเล เป็นต้น

## 2.14 แม่แรงไฮดรอลิก

ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System) คือ ระบบการสร้างควบคุมและถ่ายทอดพลังงานกำลังงาน โดยอัดน้ำมันไฮดรอลิกให้มีความสูงเพื่อให้แรงมาก ไปให้อุปกรณ์เปลี่ยนความดันของน้ำมันไฮดรอลิก (Hydraulic Oil) เป็นพลังงานกล (Actuator) หรือ (Hydraulic Cylinder) ไปชูดงาน โดยระบบต้องอาศัยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้

2.14.1 ปั๊มไฮดรอลิก (Hydraulic Pump) อุปกรณ์สร้างความดันน้ำมันให้สูงขึ้น

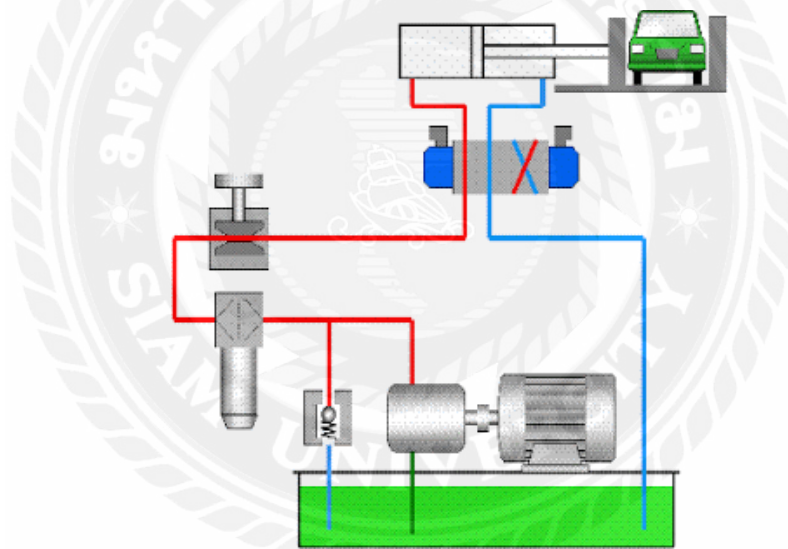
2.14.2 วาล์วไฮดรอลิก (Hydraulic Valve) อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน, อุปกรณ์ควบคุมการไหล อุปกรณ์ควบคุมทิศทาง

2.14.3 อุปกรณ์ Actuator หรือ กระบอกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder)

2.14.4 ท่อไฮดรอลิก (Hydraulic Pipe) สำหรับส่งผ่านน้ำมันไฮดรอลิกไปยังอุปกรณ์ไฮดรอลิกต่างๆ

2.14.5 น้ำมันไฮดรอลิก (Hydraulic Oil) เป็นของเหลวที่ส่งผ่านความดันให้เป็นพลังงานกล

2.14.6 ถังน้ำมันไฮดรอลิก (Oil Tank , Reservoir)



รูปที่ 2.34 ระบบไฮดรอลิก

## 2.15 แม่แรงยกรถยนต์

ตามปกติตัวถังและโครงรถยนต์ จะต้องทำการซ่อมเนื่องมาจากอุบัติเหตุ ทำให้โครงตัวถังรถเกิดการโค้งงอ บิดตัว แตกหัก หรือนึกขาด ซึ่งจะต้องทำการซ่อมบริเวณส่วนที่โค้งงอ บิดตัว ให้ตรงเหมือนเดิม (Straightening) โดยใช้เครื่องมือที่ให้กำลัง (Power Tool) สำหรับดึง และดันซึ่งแล้วแต่ลักษณะของงานที่จะซ่อมนั้นๆ และตัวถังบางชิ้นที่ซ่อมไม่ได้จะต้องเปลี่ยนใหม่ด้วยเครื่องมือที่ให้กำลัง (Power Tool) ในการซ่อมตัวถังและโครงรถ มีแม่แรงแบบต่างๆ เช่น

1. แม่แรงยก (Hydraulic Hand Jack) แม่แรงยกแบบนี้เป็นแม่แรงยกขนาดเล็กที่ใช้ยกงานที่ไม่หนักเกินไปและใช้ยกในช่วงสั้นๆ และสามารถดันงานตัวถังและ โครงรถ เพื่อให้ตัวถังและ โครงรถได้ศูนย์ขณะซ่อมงานตัวถังด้วย และแม่แรงยกโดยตรงจะมีแม่ปั๊มกับกระบอกดันรวมอยู่ในชุดเดียวกัน ลักษณะการทำงานจะทำการยกหรือดันก็ได้



รูปที่ 2.35 แม่แรงยก

2. แม่แรงยกแบบตั้งพื้น (Hydraulic Floor Jack) แม่แรงยกแบบตั้งพื้น เป็นแม่แรงยกอาศัยหลักการทำงานของระบบไฮดรอลิก จะใช้ยกส่วนหน้า ส่วนหลัง และด้านข้างของรถยนต์ ซึ่งแม่แรงยกตั้งพื้นจะมีขนาดต่างๆ กันและสามารถยกน้ำหนักได้ตั้งแต่ 1-20 ตัน ย่อมขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดที่นำไปใช้งาน และแม่แรงยกแบบตั้งพื้นแม่ปั๊มและกระบอกดันจะอยู่ในชุดเดียวกัน



รูปที่ 2.36 แม่แรงยกแบบตั้งพื้น

3. แม่แรงดันแบบเคลื่อนที่ (Portable Hydraulic Jack) แม่แรงดันเป็นแม่แรงที่ให้กำลังในการดันงานโลหะ ตัวถังและ โครงรถ ที่เกิดจากการบิดตัว โค้งงอ เนื่องจากการชนหรือจากอุบัติเหตุอื่นๆ ให้ตรงและได้ศูนย์ ซึ่งแม่แรงดันแบบเคลื่อนที่ที่จะประกอบด้วยส่วน 3 ส่วนคือ

1. แม่ปั๊ม (Pump)
2. สายต่อ (Flexible Hose)
3. กระบอกดัน (Ram unit)

แม่แรงดันแบบเคลื่อนที่ แม่ปั๊มกับกระบอกดัน จะอยู่แยกกัน ซึ่งจะมีสายยางที่ทนกำลังดันสูงต่อเข้าระหว่างแม่ปั๊มกับกระบอกดัน ทั้งนี้เพื่อสะดวกแก่การใช้งานดันตัวถังรถยนต์ ตัวกระบอก

ค้ำ (Ram) และลูกสูบค้ำ (Ram Plunger) ของแม่แรงค้ำแบบเคลื่อนที่แต่ละแบบแต่ละบริษัทผู้ผลิต จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะเกลียวที่กระบอกค้ำ และเกลียวที่ลูกสูบค้ำ ของแม่แรงจะเป็นเกียรยแบบมาตรฐานทั่วไป เมื่อนำเครื่องมืออุปกรณ์ประกอบเข้า เช่น ท่อต่อ ฐานรอง ฐานยาง ก็ สามารถนำมาประกอบกันเข้าได้แม้จะเป็นบริษัทอื่นก็ตาม



รูปที่ 2.37 แม่แรงค้ำแบบเคลื่อนที่

## 2.16 เหล็กกล่อง (Steel Tube)

เหล็กกล่องคือเหล็กรูปพรรณชนิดหนึ่ง แบบเป็นเหล็กกล่องสองแบบคือ เหล็กกล่องแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและเหล็กกล่องแบน

เหล็กกล่องเหลี่ยม (Carbon Steel Square Tube) เป็นเหล็กรูปพรรณ (Structural Steel) รีดร้อน (Hot Rolled) มักใช้ทำโครงสร้างรองรับน้ำหนัก งานโครงหลังคา งานประกอบทั่วไป มีขนาดมาตรฐานเริ่มต้น 12x12x0.6 mm มีความยาว 6,000 mm บางครั้งเรียกในท้องตลาดว่า แป๊ปโปรง, กล่อง, เหล็กกล่อง,เหล็กหลอดเหลี่ยม เหล็กรูปพรรณเหล่านี้ ทำให้งานก่อสร้างเสร็จได้รวดเร็วกว่างานคอนกรีต และทำให้ได้โครงสร้างที่มีช่วงกว้างกว่า และมีน้ำหนักเบากว่า เช่น โครงสร้างโรงงานอุตสาหกรรม สะพาน อาคารสูง ฯลฯ เหล็กรูปพรรณผลิตออกมามีหลายหน้าตัด ส่วนประกอบทางเคมีสำคัญได้แก่ คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เหล็กที่มีรูปร่างแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองต่อการใช้งาน รับแรงต้านทานการเสียรูปขณะใช้งานได้ดี ใช้เป็นเหล็กในโครงสร้างหลักหรือโครงสร้างอื่นๆ เช่นบ้าน ที่พักอาศัย ออฟฟิศ โรงจอดรถ ร้านค้า เหล็กกล่อง (Steel Tube) หรือเหล็กแป๊ป จัดอยู่ในประเภท เหล็กรูปพรรณ เหล็กที่มีรูปร่างแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองต่อการใช้งาน โดยมีจุดประสงค์หลักคือ การเพิ่มคุณสมบัติของหน้าตัด เพื่อรับแรงต้านทานการเสียรูปขณะใช้งานได้ดีขึ้น ใช้เป็นเหล็กในโครงสร้างหลักหรือโครงสร้างอื่นๆ เช่น โครงหลังคาเหล็ก คานเหล็ก

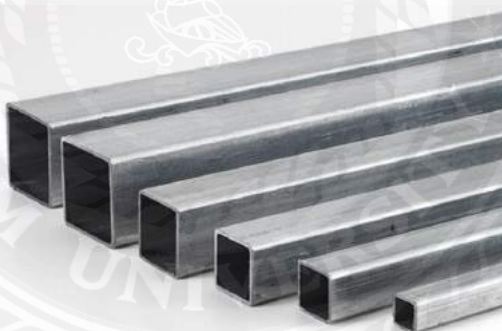


รูปที่ 2.38 เหล็กกล่อง

### 2.16.1 เหล็กกล่อง (Steel Tube) 2 ประเภท

#### 2.15.1.1 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม หรือ เหล็กแป๊บ โปร่ง (Square Steel Tube)

เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม หรือ เหล็กแป๊บ โปร่ง เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวงแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความยาว 6,000 mm/เส้น มีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยม มีมุมจากที่เรียบคม ไม่มน ได้มุมจาก 90 องศา ผิวเรียบไม่หยาบ ขนาดความยาวต้องวัดได้หน่วยมิลลิเมตร ผิดพลาดไม่เกิน 2% ขนาดต้องเท่ากันทุกเส้น เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม เหมาะสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปที่ไม่รับน้ำหนักมาก เช่น เสา, นั่งร้าน เป็นต้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทั่วไป ทดแทนการใช้ไม้ คอนกรีต และเหล็กรูปพรรณชนิดอื่นๆ น้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติที่แข็งแรงทนทาน



รูปที่ 2.39 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม หรือ เหล็กแป๊บ โปร่ง

#### 2.16.1.2 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน หรือเหล็กแป๊บแบน (Rectangular Steel Tube)

เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน หรือเหล็กแป๊บแบน เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวงแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว 6,000 mm/เส้น เหล็กแป๊บแบน มีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผิวเรียบไม่หยาบ ขนาดความยาวต้องวัดได้หน่วยมิลลิเมตร ผิดพลาดไม่เกิน 2% ขนาดต้องเท่ากันทุกเส้น เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน เหมาะสำหรับงานก่อสร้างทั่วไปที่มีขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น เสา, นั่งร้าน, ประตู เป็นต้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานทั่วไป ทดแทนการใช้ไม้ คอนกรีต และเหล็กรูปพรรณชนิดอื่นๆ น้ำหนักเบา และมีคุณสมบัติที่แข็งแรงทนทาน



รูปที่ 2.40 เหล็กกล่องสี่เหลี่ยมแบน หรือเหล็กแป๊บแบน

#### ลักษณะการใช้งานเหล็กกล่อง

เหล็กกล่องจะมีน้ำหนักเบา แข็งแรง ราคาไม่แพง เหมาะกับงานก่อสร้างได้หลายรูปแบบ เช่น บ้านที่พักอาศัย สำนักงาน อาคารพาณิชย์ ใช้ทำคานเหล็ก โครงหลังคาเหล็ก โรงจอดรถ หรือประยุกต์ใช้ในแบบอื่น ๆ ได้หลากหลาย

ข้อดีของเหล็กกล่อง คือ สามารถใช้งานได้หลากหลาย คัดแปลงได้ มีน้ำหนักเบา แข็งแรง ราคาถูก และทำให้งานก่อสร้างมีโครงสร้างที่เบากว่า มีช่วงกว้างกว่า และก่อสร้างได้เสร็จรวดเร็วกว่างานคอนกรีต ไม่ทำให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายอีกด้วย

#### คุณลักษณะของเหล็กกล่องที่ดี

น้ำหนักจริงได้มาตรฐาน เหล็กกล่องต้องมีความหนาที่เหมาะสมต่อการใช้งานไม่ผิดแบบ มุมต้องได้ฉาก 90 องศา ไม่มน มีความยาว 6,000 mm ต่อเส้น ขนาดความยาวของเหล็กกล่องต้องเท่ากันทุกเส้น มีผิวเรียบ ไม่หยาบ และเหล็กกล่องคุณภาพ ต้องได้รับการรับรอง มอก.

ขนาด ( D x D )		ความหนา (mm.)	น้ำหนัก	
นิ้ว	(mm.)		1 M.	6 M.
3/4 x 3/4	19 x 19	1.6	0.82	4.92
	19 x 19	2.0	0.99	5.94
1 x 1	25 x 25	1.6	1.12	6.72
	25 x 25	2.3*	1.53	9.18
	25 x 25	3.2	1.98	11.88
1 1/4 x 1 1/4	32 x 32	1.6	1.48	8.88
	32 x 32	2.3*	2.04	12.24
	32 x 32	3.2*	2.69	16.14
1 1/2 x 1 1/2	38 x 38	1.6	1.78	10.68
	38 x 38	2.3*	2.47	14.82
	38 x 38	3.2*	3.29	19.74
2 x 2	50 x 50	1.6	2.38	14.28
	50 x 50	2.3*	3.34	20.04
	50 x 50	3.2*	4.50	27.00
	50 x 50	4.5	6.02	36.12
	50 x 50	6.0	7.56	45.36
2 1/2 x 2 1/2	65 x 65	1.6	3.13	18.78
	65 x 65	2.3	4.42	26.52
	65 x 65	3.2	6.00	36.00
3 x 3	75 x 75	1.6	3.64	21.84
	75 x 75	2.3	5.14	30.84
	75 x 75	3.2*	7.01	42.06
	75 x 75	4.5	9.55	57.30
	75 x 75	6.0	12.27	73.62
	75 x 75	9.0	17.02	102.12
4 x 4	100 x 100	1.6	4.89	29.34
	100 x 100	2.3	6.95	41.70
	100 x 100	3.2*	9.52	57.12
	100 x 100	4.5*	13.10	78.60
	100 x 100	6.0	16.98	101.88
5 x 5	125 x 125	9.0	24.08	144.48
	125 x 125	3.2	12.03	72.18
	125 x 125	4.5*	16.62	99.72
	125 x 125	6.0*	21.69	130.14
	125 x 125	9.0	31.15	186.90
6 x 6	150 x 150	3.2	14.54	87.24
	150 x 150	4.5*	20.10	120.60
	150 x 150	6.0*	26.40	158.40
	150 x 150	9.0	38.21	229.26
8 x 8	200 x 200	4.5	27.22	163.32
	200 x 200	6.0*	35.80	214.80
	200 x 200	9.0	52.34	314.04

ตารางที่ 2.1 ตารางเหล็กกล่อง

## 2.17 การออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยโปรแกรมเชิงวิศวกรรม

ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ในปัจจุบัน มีพัฒนาการของการออกแบบที่แตกต่างกันออกไปจากผลิตภัณฑ์ในอดีต ซึ่งมักจะเน้นที่ประโยชน์การใช้สอยเป็นหลัก ด้วยการประยุกต์ความรู้ในศาสตร์ต่างๆ ร่วมกันเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยเน้นคุณลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ มีฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานตรงตามกำหนด มีรูปทรงสวยงามน่าใช้ อันเป็นการเพิ่มคุณค่าให้กับตัวผลิตภัณฑ์ และสุดท้าย มีราคาขายที่ผู้บริโภคยอมรับได้ อุปสรรคสำคัญของการออกแบบผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คือ การเขียนแบบ ที่ต้องมีการร่างรูปทรงหรือลักษณะทางกายภาพที่เด่นชัด และยังต้องปรับเปลี่ยนรูปร่างและมิติได้ตลอดเวลา เพื่อให้ตรงกับความต้องการของตลาด นอกจากนี้ กระบวนการออกแบบไปจนถึงการผลิตออกมาต้องตรงกับความต้องการของตลาด นอกจากนี้ กระบวนการออกสู่ตลาดยังถูกจำกัดด้วยค่าใช้จ่ายและระยะเวลาเพื่อสนองต่อกลยุทธ์ในการแข่งขัน ปัญหาดังกล่าวทำให้ภาคอุตสาหกรรมต้องปรับเปลี่ยนวิธีการออกแบบและวิธีผลิต จากเดิมที่ใช้แรงงานและเครื่องจักรควบคุมด้วยคนเป็นหลัก มาเป็นการใช้คอมพิวเตอร์และเครื่องจักรอัตโนมัติ มาช่วยในขั้นตอนดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญ

### การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อจำลองลักษณะทางกายภาพ ซึ่งจะแสดงให้เห็นในรูปของเส้นต่างๆ พื้นผิว และทรงตันที่เป็น 2 หรือ 3 มิติ โดยผู้ใช้สามารถกำหนดคุณลักษณะและแสดงรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้ก่อนดำเนินการผลิตจริง เช่น กำหนด สี ลักษณะผิวของวัตถุ วัสดุที่ใช้ทำ ตลอดจนการคำนวณหาปริมาตร หรือน้ำหนัก เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปกำหนดขั้นตอนผลิต และค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.41 แสดงถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้คอมพิวเตอร์



## หลักคำคัญของการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้คอมพิวเตอร์

### 1.หน้าที่ใช้สอย

หน้าที่ใช้สอยถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึง ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นๆนั้นถือว่า มีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์นั้นก็ถือว่า มีประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร (Low Function)

สำหรับคำว่าประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) ต้องทำเพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจขอให้ดูตัวอย่าง การออกแบบมีดหั่นผักแม้ว่ามีดหั่นผักจะมีประสิทธิภาพในการหั่นผักให้ขาดได้ตามความต้องการ แต่จะกล่าวว่า มีดนั้นมีประโยชน์ใช้สอยดี ยังไม่ได้ จะต้องมียุทธศาสตร์ประกอบอย่างอื่นร่วมอีกเช่น ด้ามจับของมีดนั้นจะต้องมีความโค้งเว้าที่สัมพันธ์กับขนาดของมือผู้ใช้ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดความสะดวกสบายในการหั่นผักด้วย และภายหลังจากการใช้งานแล้วยังสามารถทำความสะอาดได้ง่าย การเก็บและบำรุงรักษาจะต้องง่ายสะดวกด้วย ประโยชน์ใช้สอยของมีดจึงจะครบถ้วนและสมบูรณ์

เรื่องหน้าที่ใช้สอยนับว่าเป็นสิ่งที่ละเอียดอ่อนซับซ้อนมาก ผลิตภัณฑ์บางอย่างมีประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้คนที่ไปทราบเบื้องต้นว่า มีหน้าที่ใช้สอยแบบนี้ แต่ความละเอียดอ่อนที่นักออกแบบได้คิดออกมานั้นได้ตอบสนองความสะดวกสบายอย่างเต็มที่ เช่น มีดในครัวมีหน้าที่หลักคือใช้ความคมช่วยในการหั่น สับ แต่เราจะเห็นได้ว่ามีการออกแบบมีดที่ใช้ในครัวอยู่มากมายหลายแบบ หลายชนิดตามความละเอียดในการใช้ประโยชน์เป็นการเฉพาะที่แตกต่างเช่น มีดสำหรับปอกผลไม้ มีดเนื้อสัตว์ มีดสับกระดูก มีดบะช่อ มีดหั่นผัก เป็นต้น ซึ่งก็ได้มีการออกแบบลักษณะแตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน ถ้าหากมีการใช้มีดอยู่ชนิดเดียวแล้วใช้กันทุกอย่างตั้งแต่เนื้อ สับบะช่อ สับกระดูก หั่นผัก ก็อาจจะใช้ได้ แต่จะไม่ได้ความสะดวกเท่าที่ควร หรืออาจได้รับอุบัติเหตุขณะที่ใช้ได้ เพราะไม่ใช่ประโยชน์ใช้สอยที่ได้รับการออกแบบมาให้ใช้เป็นการเฉพาะอย่าง

### 2.ความปลอดภัย

สิ่งที่อำนวยความสะดวกได้มากเพียงใด ย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่างๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจนหรือมีคำอธิบายไว้

ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็ก ต้องคำนึงถึงวัสดุที่เป็นพิษเวลาเด็กเอาเข้าปากกัดหรืออม นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้เป็นสิ่งสำคัญ มีการออกแบบบางอย่าง ต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่าแบบธรรมดา แต่คาดไม่ถึงช่วยในการให้ความปลอดภัย เช่น การออกแบบหัวเกลียวแล้ว ถึงแก๊สหรือปุ่มเกลียว ถือกบพัดของพัดลม จะมีการทำเกลียวเปิดให้ย้อนตรงกันข้ามกับเกลียวทั่วไป เพื่อความปลอดภัย สำหรับคนที่ไม่ทราบหรือเคยมือไปหมุนเล่นคือ ยิ่งหมุนก็ยิ่งขันแน่น เป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้

### 3.ความแข็งแรง

ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างเป็นความเหมาะสมในการที่นักออกแบบรู้จักใช้คุณสมบัติของวัสดุและจำนวน หรือปริมาณของ โครงสร้าง ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก อีกทั้งต้องไม่ทิ้งเรื่องของความสวยงามทางศิลปะ เพราะมีปัญหาว่า ถ้าใช้โครงสร้างให้มากเพื่อความแข็งแรง จะเกิดสวนทางกับความงาม นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ดึงเอาสิ่งสองสิ่งนี้เข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้

ส่วนความแข็งแรงของตัวผลิตภัณฑ์เองนั้นก็ขึ้นอยู่กับที่การออกแบบรูปร่างและการเลือกใช้วัสดุ และประกอบกับการศึกษาข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องรับน้ำหนักหรือกระทบกระแทกอะไรหรือไม่ในขณะใช้งานก็จะต้องทดลองประกอบการออกแบบไปด้วยแต่อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของ โครงสร้างหรือตัวผลิตภัณฑ์ นอกจากเลือกใช้ประเภทของวัสดุ โครงสร้างที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงความประหยัดควบคู่กันไปด้วย

### 4.ความสะดวกสบายในการใช้

นักออกแบบต้องศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายของมนุษย์ทุกเพศ ทุกวัย ซึ่งจะประกอบด้วยความรู้ทางด้านขนาดสัดส่วนมนุษย์ (Anthropometry) ด้านสรีรศาสตร์ (Physiology) จะทำให้ทราบ ขีดจำกัดความสามารถของอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบ หรือศึกษาด้านจิตวิทยา (Psychology) ซึ่งความรู้ในด้านต่างๆ ที่กล่าวมานี้ จะทำให้นักออกแบบ ออกแบบและกำหนดขนาด (Dimensions) ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ส่วนตรง ส่วนแคบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างพอเหมาะกับร่างกายหรืออวัยวะของมนุษย์ที่ใช้ ก็จะเกิดความสะดวกสบายในการใช้การไม่เมื่อยมือหรือเกิดการล้าในขณะที่ใช้ไปนานๆ ผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิชาดังกล่าว ก็จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้ต้องใช้อวัยวะร่างกายไปสัมผัสเป็นเวลานาน เช่น เก้าอี้ ค้ำม เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ การออกแบบภายในห้องโดยสารรถยนต์ ที่มีมือจับรถจักรยาน ปุ่มสัมผัสต่างๆ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ยกตัวอย่างมาถ้าผู้ใช้ผู้ใดได้เคยใช้มาแล้วเกิดความไม่สบายร่างกายขึ้น ก็แสดงว่าศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลไม่ดีพอแต่ทั้งนี้ก็ต้องศึกษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ดีก่อน จะไปเหมาว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดี เพราะผลิตภัณฑ์บางชนิดผลิตมาจากประเทศตะวันตก ซึ่งออกแบบโดยใช้มาตรฐานผู้ใช้ของชาวตะวันตก ที่มีรูปร่างใหญ่โตกว่าชาวเอเชีย เมื่อชาวเอเชียนำมาใช้อาจจะไม่พอดีหรือหลวม ไม่สะดวกในการใช้งาน นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาสัดส่วนร่างกายของชนชาติหรือเผ่าพันธุ์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์

## 5. ความสวยงาม

ผลิตภัณฑ์ในยุคปัจจุบันนี้ความสวยงามนับว่ามีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าหน้าที่ใช้สอยเลย ความสวยงามจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อเพราะประทับใจ ส่วนหน้าที่ใช้สอยจะดีหรือไม่ ต้องใช้เวลาอีกกระยะหนึ่งคือใช้ไปเรื่อยๆ ก็จะเกิดข้อบกพร่องในหน้าที่ใช้สอยให้เห็น ภายหลังผลิตภัณฑ์บางอย่างความสวยงามก็คือ หน้าที่ใช้สอยนั่นเอง เช่น ผลิตภัณฑ์ของทีระลีก ของโซว์ ตกแต่งต่างๆ ซึ่งผู้ซื้อเกิดความประทับใจในความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามจะเกิดมาจาก สิ่งสองสิ่งด้วยกันคือ รูปร่าง (Form) และสี (Color) การกำหนดรูปร่างและสี ในงานออกแบบ ผลิตภัณฑ์ไม่เหมือนกับการกำหนด รูปร่าง สี ได้ตามความนึกคิดของจิตรกรที่ต้องการ แต่ในงาน ออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นในลักษณะศิลปะอุตสาหกรรมจะทำตามความชอบ ความรู้สึกนึกคิดของนัก ออกแบบแต่เพียงผู้เดียวไม่ได้จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานรูปร่างและสีกันให้ เหมาะสม

## 6. ราคาพอสมควร

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาขายนั้นย่อมต้องมีข้อมูลด้านผู้บริโภคและการตลาดที่ได้ค้นคว้าและ สืบค้นแล้ว ผลิตภัณฑ์ย่อมจะต้องมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นคนกลุ่มใด อาชีพฐานะ เป็นอย่างไร มีความต้องการใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด นักออกแบบก็จะเป็นผู้กำหนดแบบ ผลิตภัณฑ์ ประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่จะซื้อได้การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มี ราคาเหมาะสมกับผู้ซื้อนั้น ก็อยู่ที่การเลือกใช้นิคมหรือเกรดของวัสดุ และเลือกวิธีการผลิตที่ง่าย รวดเร็ว เหมาะสม

## 7. การซ่อมแซมง่าย

หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีกลไก ภายในซับซ้อน ะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเชื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือการใช้งาน ในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้นตลอดจนถอด สกรู เพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝากรอบบริเวณต่างๆ ให้สะดวก ในการถอดซ่อมแซมหรือ เปลี่ยนอะไหล่ได้ง่าย

## 8. วัสดุและวิธีการผลิต

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตด้วยวัสดุสังเคราะห์ อาจมีกรรมวิธีการเลือกใช้วัสดุและวิธีผลิตได้ หลายแบบ แต่แบบหรือวิธีใดถึงจะเหมาะสมที่สุด ที่จะไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณ ฉะนั้น นักออกแบบคงจะต้องศึกษาเรื่องวัสดุและวิธีผลิตให้ลึกซึ้ง โดยเฉพาะวัสดุจำพวกพลาสติก ในแต่ละชนิด จะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น มีความใส ทนความร้อน ผิวมันวาว ทนกรดต่างได้ดี ไม่ลื่น เป็นต้น ก็ต้องเลือกให้คุณสมบัติดังกล่าวให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์ที่พึงมีในยุคสมัยนี้ มีการบรรณรค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้วัสดุที่นำกลับ

หมุนเวียนมาใช้ใหม่ ก็ยังทำให้นักออกแบบต้องมียุทธศาสตร์เพิ่มขึ้นอีกคือ เป็นผู้ช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ ที่เรียกว่า รีไซเคิล

## 9. การขนส่ง

นักออกแบบต้องคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง การขนส่งสะดวกหรือไม่ ระยะใกล้หรือระยะไกลกินเนื้อที่ในการขนส่งมากน้อยเพียงใด การขนส่งทางบกทางน้ำหรือทางอากาศต้องทำการบรรจุหีบห่ออย่างไร ถึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียหายชำรุด ขนาดของผู้คอนเทนเนอร์บรรจุหีบห่อหรือเนื้อที่ที่ใช้ในการขนส่งมีขนาด กว้าง ยาว สูง เท่าไหร่ เป็นต้น หรือในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบมีขนาดใหญ่โดยมาก เช่น เตียง หรือพัดลมแบบตั้งพื้น นักออกแบบก็ควรที่จะคำนึงถึงเรื่องการขนส่ง ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบกันเลยทีเดียว คือ ออกแบบให้มีชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้ง่าย สะดวก เพื่อให้หีบห่อมีขนาดเล็กที่สุดสามารถบรรจุได้ในลังที่เป็นขนาดมาตรฐาน เพื่อการประหยัดค่าขนส่ง

### 2.18 ไฟไนต์เอลิเมนต์ กับความผิดพลาดในการออกแบบผลิตภัณฑ์

โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการวิเคราะห์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพื่อเป็นการลดต้นทุนของการสร้างต้นแบบที่มีราคาแพง และเทคโนโลยีนี้ยังถูกมองว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ให้ดีขึ้น หลายคนอาจสงสัยว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis, FEA) กับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มีความแตกต่างกันอย่างไร โดยส่วนใหญ่คนในวงการอุตสาหกรรมมักพูดถึง FEA มากกว่า ขณะที่ในวงการการศึกษาจะพูดถึง FEM จริงๆแล้วสองคำนี้มีความหมายที่ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ FEA เป็น กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม โดยอาศัยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) ซึ่งเป็นวิธีการเชิงตัวเลข (Numerical Method) ที่ช่วยในการแก้ปัญหา ทางวิศวกรรมได้หลากหลาย

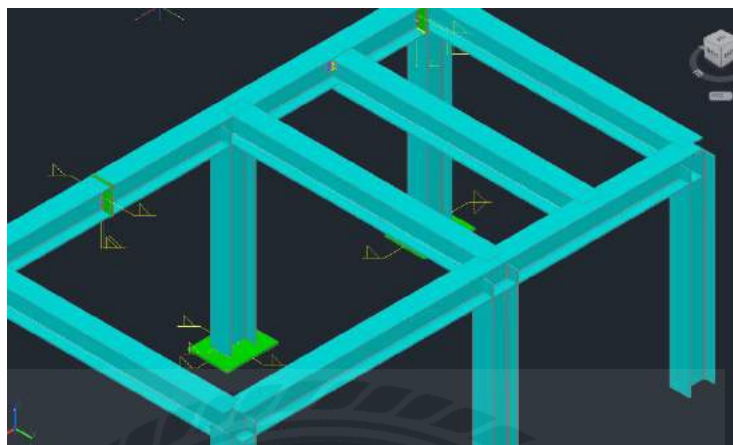
โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเครื่องมือในการคำนวณเชิงตัวเลขด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สร้างขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้เข้าถึงได้ง่าย ซึ่งมีหลากหลายตามสายงาน เช่น งานวิเคราะห์โครงสร้างงานวิเคราะห์การไหล และอื่นๆ เพื่อเลียนแบบพฤติกรรมของวัสดุ และทำนายความเป็นไปได้ของพฤติกรรมวัสดุที่มีรูปร่างต่างๆ และเปลี่ยน ไปจากสภาวะปกติไปสู่สภาวะใหม่ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแผ่นเหล็กตรงไปเป็นแผ่นเหล็ก โค้งด้วยแรงดัดขนาดต่างๆ เป็นต้น

แม้ว่าไฟไนต์เอลิเมนต์จะเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับการระบุจุดอ่อนแอกากรูปร่างของชิ้นงานได้อย่างดี แต่ผู้วิเคราะห์ก็จำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการของไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วย เพื่อวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง และนำเชื่อถือตามหลักการและเหตุผล

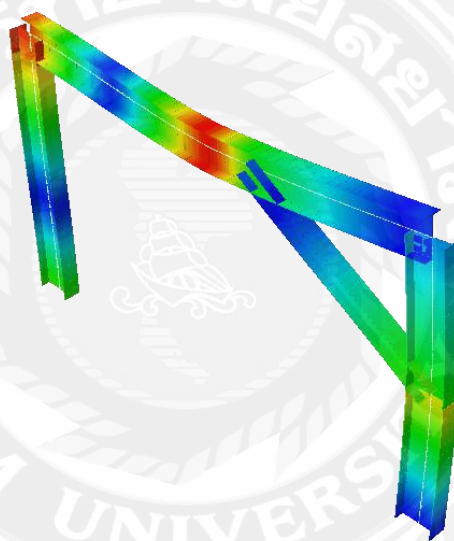
### 2.19 ความผิดพลาดจากความเข้าใจแบบผิดๆ และการขาดความรู้ในไฟไนต์เอลิเมนต์

โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย จนอาจทำให้ผู้ใช้คิดว่าการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มีความคล้ายคลึงกับการใช้โปรแกรมวาดแบบ 3 มิติ คือ เพียงแค่ทำตามคำแนะนำ การใช้โปรแกรมก็จะสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่มีลักษณะเดียวกันได้ ซึ่ง

เป็นความคิดที่ผิดเพราะในความง่ายนั้นได้ ซ่อนและข้ามขั้นตอนบางอย่างเพื่อทำงานได้คล่องตัวมากขึ้น เช่น การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เปลี่ยน รูปร่างจากแบบ 3 มิติ ไปเป็นแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์



ภาพที่ 2.42 แสดงถึงภาพแบบจำลอง 3 มิติ (CAD)



ภาพที่ 2.43 แสดงถึงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (FE)

หากดูผิวเผินแล้ว CAD และ FE อาจดูคล้ายกัน แต่แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ คือ การแบ่งแบบจำลอง สามมิติออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ซึ่งคุณภาพของความต่อเนื่องจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของขนาดของเอลิเมนต์ ย่อย บ่อยครั้งที่ผู้ชำนาญในการใช้โปรแกรม CAD มาใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มักใช้การแบ่งเอลิเมนต์แบบ อัตโนมัติด้วยการกำหนดขนาดของเอลิเมนต์เท่านั้น โดยที่ยังขาดความตระหนักในการสร้างแบบจำลองทาง ไฟไนต์เอลิเมนต์และความเข้าใจในการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์จริงๆ หลักการทั่วไปของการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์หรือการสร้างแบบจำลองเป็นเอลิเมนต์ย่อยทำได้ไม่ ยาก แต่การสร้างแบบจำลองเพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ดีนั้น จะต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์พอสมควร เพราะ เวลาประมาณ 70% ของการเตรียมแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ทั้งหมดนั้น คือขั้นตอน การเตรียมแบบจำลอง

3 มิติทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่รวมถึงการปรับปรุงของแบบจำลอง CAD เพื่อสร้างแบบจำลอง FE แล้วทำการแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ในแบบจำลอง 3 มิติ

#### **ความผิดพลาดจากการขาดความรู้ในตัวผลิตภัณฑ์**

การมอบหมายงานวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ให้กับวิศวกรออกแบบที่ขาดความรู้และประสบการณ์ในตัวของ ผลิตภัณฑ์ก็อาจสร้างความเสียหายได้เพราะวิศวกรที่ทำการวิเคราะห์ได้ดี นอกจากจะต้องมีความเข้าใจถึงหลักการ ของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แล้ว ยังต้องมีความเข้าใจ หลักการและเหตุผลในการออกแบบของผลิตภัณฑ์นั้น ด้วย ซึ่งความรู้ดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการเตรียมแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ดี รวมถึงการประเมิน และวิเคราะห์ผลจากการ คำนวณ พร้อมทั้งสามารถคาดเดาที่มาของค่าความคลาดเคลื่อนได้ เพื่อสามารถนำข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มาปรับปรุงแบบจำลองให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด และสรุปผลจากการวิเคราะห์ด้วยไฟ ไนต์เอลิเมนต์ ของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

อีกกรณีหนึ่งคือ การมอบหมายงานให้แก่วิศวกรที่เพิ่งจบการศึกษาใหม่ที่แม้จะมีความรู้ ความสามารถในการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นอย่างดี แต่ยังมีประสบการณ์น้อยในการ ออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นๆ ก็อาจทำให้ ความสนใจกับการแสดงผลที่มีสีสันสวยงามบนคอมพิวเตอร์ เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจทำให้วิศวกรใหม่ผู้นั้นไม่ได้เกิด กระบวนการเรียนรู้อย่างที่ควรเป็น เนื่องจาก ขาดการเรียนรู้จากการทดลองจริง หรือขาดการเปรียบเทียบผลจาก การวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิ เมนต์กับผลจากการทดลองจริง เพราะสิ่งสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ คือ การเลียนแบบพฤติกรรมของวัสดุ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยที่ไม่มีขั้นตอน ในการหาพารามิเตอร์อย่างเหมาะสมจากการเปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลองจริง ผลลัพธ์ที่ได้จาก การคำนวณด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ก็จะไม่มีความน่าเชื่อถือ ดังคำพูดที่ว่า ถ้า ป้อนสิ่งที่ไม่มีความหมายให้ กับโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลจากการคำนวณที่ได้ก็จะไม่มี ความหมายเช่นกัน

#### **ข้อแนะนำในการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์**

ตามที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น FEA ถือเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้เป็น อย่างดี แต่ถ้า ผู้วิเคราะห์ละเลยขั้นตอนการวิเคราะห์บางอย่าง ก็อาจส่งผลให้การวิเคราะห์นั้นไม่ได้ ผลลัพธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อ การออกแบบ ซึ่งในที่นี่จะขอหยิบยกขั้นตอนการตรวจสอบของการ วิเคราะห์ด้วย FEA อย่างคร่าวๆ ดังนี้

1. ลักษณะของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ หรือการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยของแบบจำลอง และ ชนิดของ เอลิเมนต์ที่ใช้มีความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่

2. การตรวจสอบความเหมาะสมของการให้แรงกระทำ การเคลื่อนที่ จุดจับยึดต่างๆ และเงื่อนไข ขอบเขต ของปัญหา ให้เหมาะสมกับสภาวะจริงหรือสภาวะในการทดสอบของผลิตภัณฑ์

3. การเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายถึงพฤติกรรมของวัสดุให้เหมาะสมกับรูปแบบของการเสียรูป และลักษณะของวัสดุ เช่น วัสดุมีคุณสมบัติเท่ากันทุกทิศทาง (Isotropic Material) หรือ วัสดุมีคุณสมบัติ ไม่เท่ากันทุกทิศทาง (Anisotropic Material) เป็นต้น

4. การตรวจสอบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการเปรียบเทียบกับปัญหาอย่างง่ายที่รู้ผลลัพธ์ หรือที่มีผลการทดลอง จริง ซึ่งสามารถทำได้ตั้งแต่ระดับชิ้นงานทดสอบมาตรฐาน จนถึงระดับชิ้นงานขนาดเท่าของจริงที่มีสภาวะ การทดสอบใกล้เคียงกับลักษณะการใช้งานจริง เพื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของผลการคำนวณ แล้วนำข้อมูลที่ได้ออกไปทำการปรับปรุงแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป

## 2.20 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.20.1 การวิเคราะห์ความเข้มของความเค้นที่เกิดขึ้นภายในหัวรีฟอร์ม โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ความเข้มของความเค้นที่เกิดขึ้นภายในหัวรีฟอร์ม โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งหัวรีฟอร์มมีลักษณะเป็น C-clamp ใช้ในการบีบอัดหน้าแปลนเสื้อเพลลาขับหลังโปรแกรม Solid Works และ Cosmos ใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ตามลำดับ ผลการทดสอบจริงและ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ มีความคลาดเคลื่อน 8.1%. สรุปว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหานี้ ได้ผลวิเคราะห์ ที่ความดัน 230, 270, 300, 350 และ 380 bars พบว่า ความเข้มของความเค้นที่คอของหัวรีฟอร์มเท่ากับ 227, 265, 289, 354, 382 MPa และมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2.3, 2.0, 1.8, 1.5, 1.38 ตามลำดับ ความเข้ม ของความเค้นจะแปรผันตรงตามค่าความดันที่ลดลง การเพิ่มรัศมีความโค้งเป็นแบบไม่คงที่ที่คอหัวรีฟอร์มจะสามารถลดความเข้มของความเค้นลงได้

(ผู้จัดทำ นายสมชาย เหลืองสด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม 2554)

2.20.2 อิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมอาร์กลดหุ้มฟลักซ์ที่มีผลต่อสมบัติโลหะพอกแข็งเหล็กกล้า

การเชื่อมพอกแข็งเป็นหนึ่งในวิธีการซ่อมแซมเพื่อเพิ่มปริมาณโลหะที่มีความแข็งบนผิวของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกษตรซึ่งหลุดหายไปเนื่องจากกลไกการสึกหรอ การกัดกร่อน หรือการกระแทก ระหว่างชิ้นส่วนและสิ่งแวดลอม การเลือกกระบวนการเชื่อมและตัวแปรการเชื่อมที่สามารถทำให้เกิดผิวหน้าที่มีความแข็งและสามารถยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนได้จึงเป็นที่ต้องการและมีความสำคัญ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมอาร์กด้วยลดหุ้มฟลักซ์ที่มี ผลต่อสมบัติผิวพอกแข็งเหล็กกล้า JIS-S50C ในการดำเนินการศึกษานี้จะใช้กระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยการเชื่อมอาร์กด้วยลดหุ้มฟลักซ์ขนาด 3.2 mm. บนผิวของแผ่นวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง JIS S50C ซึ่งมีขนาดกว้าง 100 mm. ยาว 150 mm. และหนา

20 mm. โดยการทดสอบจะทำการปรับตัวแปรในการเชื่อมต่างๆ ดังนี้คือ จำนวนชั้นของการเชื่อม 1-3 ชั้น กระแสเชื่อม 65-165 แอมแปร์และใช้วิธีการเชื่อมจะมีสองแบบคือ แบบที่มีและไม่มีการสร้างชั้นรองพื้น ชิ้นงานที่ผ่านเชื่อมด้วยตัวแปรดังกล่าว จะถูกนำไปวิเคราะห์หาค่าความแข็ง ความต้านทานการสึกหรอ และสภาพโครงสร้างของแนวเชื่อม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า จำนวนชั้นของการเชื่อมพอกที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น และลดอัตราการสึกหรอ วิธีการเชื่อมพอกผิวแข็งโดยไม่มีกรเชื่อมรองพื้นจะได้ค่าความแข็งสูงและมีอัตราการสึกหรอต่ำกว่าวิธีการเชื่อมที่มีการเชื่อมรองพื้น ตัวแปรการเชื่อมที่ดีที่สุด คือ กระแสเชื่อม 115 แอมแปร์ การเชื่อมไม่รองพื้นและจำนวนชั้นพอกแข็ง 3 ชั้น ที่ให้ค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด 800 HV มีความต้านทานการสึกหรอสูงกว่าความต้านทานการสึกหรอของโลหะฐานเดิมถึง ประมาณ 3.5 เท่า

(ผู้จัดทำ นาย อรรถกร จันทร์ชนะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการผลิต 2557)

2.20.3 การออกแบบสร้างและวิเคราะห์แม่แรงแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สติกเกลียวเมตริก สำหรับยกรถยนต์

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบ สร้างและวิเคราะห์แม่แรงแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สติกเกลียวเมตริก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm ระยะพิตซ์ 2 mm ซึ่งเป็นวัสดุที่มีจำหน่ายทั่วไปภายในประเทศ โดยนำมาประยุกต์เป็นองค์ประกอบหลักของ แม่แรงที่ออกแบบ เพื่อทดแทนสกรูส่งกำลังขนาด 13 mm ระยะพิตซ์ 3 mm ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และทำการ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks เพื่อศึกษาค่าโมเมนต์บิดสูงสุดของสกรูส่งกำลังและสติกเกลียวเมตริก ในการยกรถยนต์ ค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐาน และค่าความปลอดภัยของสติกเกลียวเมตริก ของแม่แรงที่ออกแบบผลจากการวิเคราะห์พบว่า โมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการหมุนสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 2,385.73 N.mm และ โมเมนต์บิดสูงสุดที่ใช้ในการหมุนสติกเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 2,407.04 N.mm ค่าความปลอดภัยของสกรูส่งกำลังของแม่แรงมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 12.06 และค่าความปลอดภัยของ สติกเกลียวเมตริกของแม่แรงที่ออกแบบมีค่าเท่ากับ 24.49

(ผู้จัดทำ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย มหาวิทยาลัยสยาม.คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2558)

2.20.4 การออกแบบและสร้างรถเข็นเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย

โครงการสหกิจศึกษาเรื่องการออกแบบและสร้างรถเข็นเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย จัดทำเพื่อทดสอบความสามารถและอำนวยความสะดวกในการเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสียในแต่ละครั้งให้ง่ายขึ้น เพื่อตรวจสอบการเช็คสภาพของน้ำ และตรวจเช็คสภาพของบ่มน้ำในคอนโดมิเนียม ซึ่งในปัจจุบันนี้คอนโดมิเนียมมีผู้อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ น้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ในการอุปโภคบริโภคเมื่อมีการใช้น้ำ น้ำจะถูกปล่อยทิ้งไหลผ่านท่อระบายน้ำไปยังแหล่งรองรับน้ำเสียของคอนโดมิเนียมเพื่อ เข้าสู่กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ มีการตรวจสอบการฆ่า



เชื้อโรคเพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสียให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อแม่น้ำลาคลอง และสิ่งแวดล้อม ก่อนที่จะปล่อยลงสู่ท่าสาธารณะเพื่อ ส่งไปบำบัดในกระบวนการต่อไป โครงการนี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาโครงสร้างรถเข็นเปิด-ปิดฝาบ่อเป็นการอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ประหยัดเวลาลง 15 นาที ลดจำนวนเจ้าหน้าที่และเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงานให้แก่เจ้าหน้าที่ด้วยการทำงานของชุดรถเข็นนี้ จะอาศัยตะขอที่ ติดตั้งไว้กับตัวรถเข็น ในการเกี่ยวฝาบ่อทั้งสองด้าน แล้วจึงยกฝาขึ้นได้ทันที

(ผู้จัดทำ นายวัชรินทร์ ผลเจริญ มหาวิทยาลัยสยาม.คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2558)

2.20.5 การวิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตสำหรับชิ้นงาน โดยวิธีวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบของการออกแบบ (DFMEA)

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการกำหนด GD&T โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบของการออกแบบ เพื่อตรวจสอบการให้สัญลักษณ์ GD&T บนแบบงานของชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องมือทางกล โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ASME Y14.5M และได้นำวิธีการ DFMEA มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจจะเกิดปัญหากับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบเมื่อนำไปใช้งานจริง รวมถึงการป้องกันและค้นหาจุดบกพร่องในการออกแบบเพื่อใช้กำหนดเกณฑ์ในการควบคุมและตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการ DFMEA มาปรับปรุงขั้นตอนของการกำหนดสัญลักษณ์ GD&T บนแบบงานวิศวกรรมให้ถูกต้องตามมาตรฐาน ASME Y14.5M ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถใช้งานจริงได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ (ผู้จัดทำ วิทยา จันทรี่เผ่าแสง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ 2558)

### บทที่ 3

## รายละเอียดการปฏิบัติงาน

### 3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

โครงการ เดอะ เพรสซิเดนท์ เพชรเกษม บางแค

ที่ตั้ง : เลขที่ 582 ถนน กาญจนภิเษก แขวง บางแคเหนือ เขต บางแค กรุงเทพมหานคร 10160

โทรศัพท์ : 0991103456

เว็บไซต์ : <http://rpm1997.com>



รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้งโครงการ เดอะ เพรสซิเดนท์ เพชรเกษม บางแค

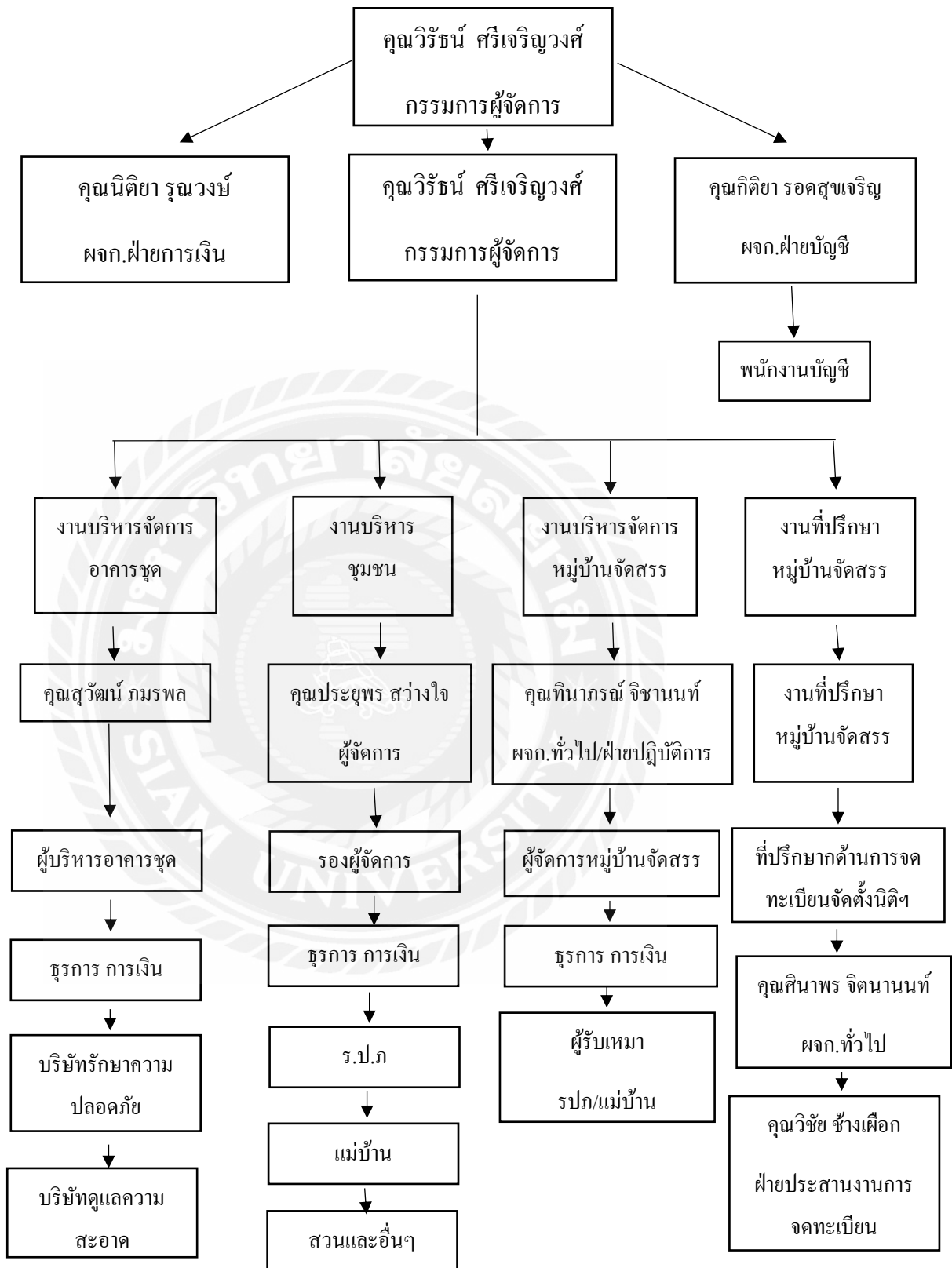
### 3.2 ลักษณะของสถานประกอบการ

บริษัท เรียด พร็อพเพอร์ตี้ แมเนจเม้นท์ ก่อตั้งขึ้นจากอุดมการณ์และความร่วมมือของกลุ่มผู้บริหารอาครระดับมืออาชีพ ซึ่งทีมผู้บริหรงานต่างสั่งสมประสบการณ์ ด้านธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ นานนับ 10 ปีทีมงานบริหารอาคาร และหมู่บ้าน ที่ผ่านการฝึกอบรมจากสถาบันการฝึกอบรมชั้นนำ และ มากด้วยประสบการณ์ในงานบริการพร้อมทั้งงานบำรุงรักษา ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยให้บริการครบวงจรด้านงานบริหารจัดการอสังหาริมทรัพย์

### 3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร

ฝั่งการบริหารงาน บริษัท เรียด พร็อพเพอร์ตี้ แมเนจเม้นท์ มีตำแหน่งดังนี้

ผังการบริหารงาน บริษัท เรือล พร็อพเพอร์ตี้ แมเนจเม้นท์



รูปที่ 3.2 รูปแบบองค์กรและการบริหาร บริษัท เรือล พร็อพเพอร์ตี้ แมเนจเม้นท์

### 3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงาน : นาย ศุภชัย สมบูรณ์ษา ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่ง ช่างประจำอาคาร  
 : นาย ศรัณย์ ชาตรีตนะ ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่ง ช่างประจำอาคาร  
 : นาย สิทธิชัย สุตเนตร ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่ง ช่างประจำอาคาร

#### ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

มีหน้าที่ดูแลและตรวจเช็คระบบภายในอาคารเช่น ระบบดับเพลิง ระบบเจนเนอเรเตอร์ ระบบควบคุมไฟฟ้าต่างๆและระบบประปาในทุกวัน ซึ่งจุดติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆและตรวจแบบ ตกแต่งเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องชุดเพื่อความปลอดภัยแก่ลูกบ้าน

### 3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

นาย ชนชล อันทอง ตำแหน่ง วิศวกรบำรุงรักษาประจำคอนโด

### 3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ตั้งแต่วันที่ 24 สิงหาคม 2563 – 11 ธันวาคม 2563

### 3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ปรึกษากับวิศวกรเรื่องของการทำโครงการสหกิจศึกษาในส่วนของชื่อเรื่อง ชื่องาน และ เนื้อหา
  - 1.1 ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในคอนโด
  - 1.2 ปัญหาที่พบคือวิธีการเปิดฝาบ่อด้วยการจัดเป็นอันตรายจึงคิดระบบไฮดรอลิกผ่อนแรง
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทำโครงการและศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงาน
  - 2.2 ศึกษาเรื่องเหล็กที่ใช้ในโครงสร้าง
  - 2.3 ศึกษาเกี่ยวกับหลักการไฮดรอลิกช่วยผ่อนแรง
3. เริ่มทำการศึกษาและออกแบบชิ้นงานที่จะนำเสนอโครงการ ตรวจสอบว่ามีขั้นตอนการทำงาน อย่างไร บ้างโดยมีวิศวกรที่เลี้ยงในสถานที่ฝึกงาน และอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้ คำปรึกษา
  - 3.1 ออกแบบโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป 2 แบบ
  - 3.2 โครงสร้างแบบที่ 1 ใช้เหล็ก 6 ท่อน แบบที่ 2 ใช้เหล็ก 4 ท่อน
4. นำชิ้นงานที่ออกแบบคำนวณแรงโดยใช้ ไฟในต์เอลิเมนต์ เพื่อดูความแข็งแรงของชิ้นงาน
  - 4.1 เมื่อได้ชิ้นงานที่ต้องคำนวณแรงเพื่อที่จะได้ชิ้นงานที่แข็งแรงที่สุด
  - 4.2 เมื่อได้รูปแบบชิ้นงานที่ต้องการคือแบบที่ 2 ซึ่งมีเหล็ก 4 ท่อน
  - 4.3 นำเหล็กแบบที่ 2 ไปคำนวณโดยเปลี่ยนขนาดของเหล็ก 3 ขนาด คือ 40x40 mm 50x50 mm และ 60x60 mm

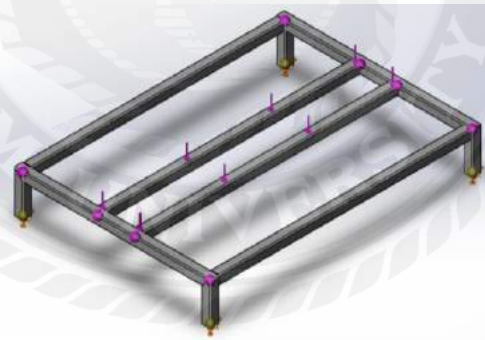
5. จัดทำเอกสารประกอบรูปเล่มโดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาคอยให้คำแนะนำในการทำรูปเล่ม  
โครงการงาน
  - 5.1 ศึกษาการเขียนรูปเล่มสหกิจโดยปรึกษาอาจารย์
6. ตรวจสอบรายละเอียดของโครงการว่ามีเนื้อหาที่ครบถ้วนและถูกต้องเหมาะสม
  - 6.1 ตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยของรูปเล่ม การจัดหน้า การวางรูปภาพ

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ก.ย.63	ต.ค.63	พ.ย.63	ธ.ค.63
1. รวบรวมความต้องการ	←→			
2. วิเคราะห์ระบบ	←→	←→		
3. ออกแบบระบบ		←→	←→	
4. พัฒนาระบบ		←→	←→	←→
5. ทดสอบระบบ			←→	←→
6. จัดทำเอกสาร		←→		←→

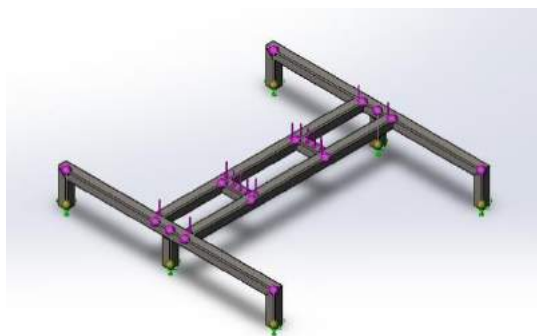
### 3.8 รูปภาพชิ้นงานที่ออกแบบ

ชิ้นงานที่ออกแบบ แบบที่ 1 ใช้เหล็ก 6 ชั้น ขนาด 50x50 mm



รูปที่ 3.3 ชิ้นงานแบบที่ 1

ชิ้นงานที่ออกแบบ แบบที่ 2 ใช้เหล็ก 4 ชั้น ขนาด 50x50 mm

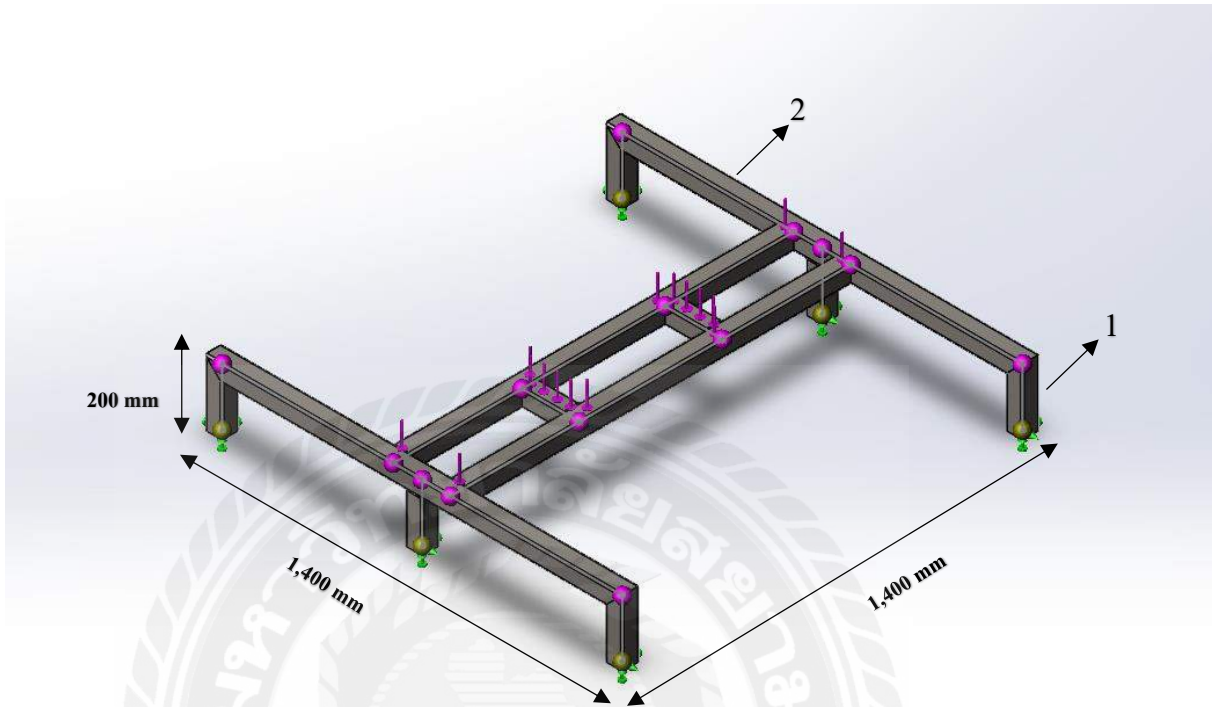


รูปที่ 3.4 ชิ้นงานแบบที่ 2

### 3.8.1 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ้ำบัดน้ำเสีย

#### 3.8.1.1 กดเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป

#### 3.8.1.2 ออกแบบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ้ำบัดน้ำเสีย ตามขนาด 1,400x1,400 mm



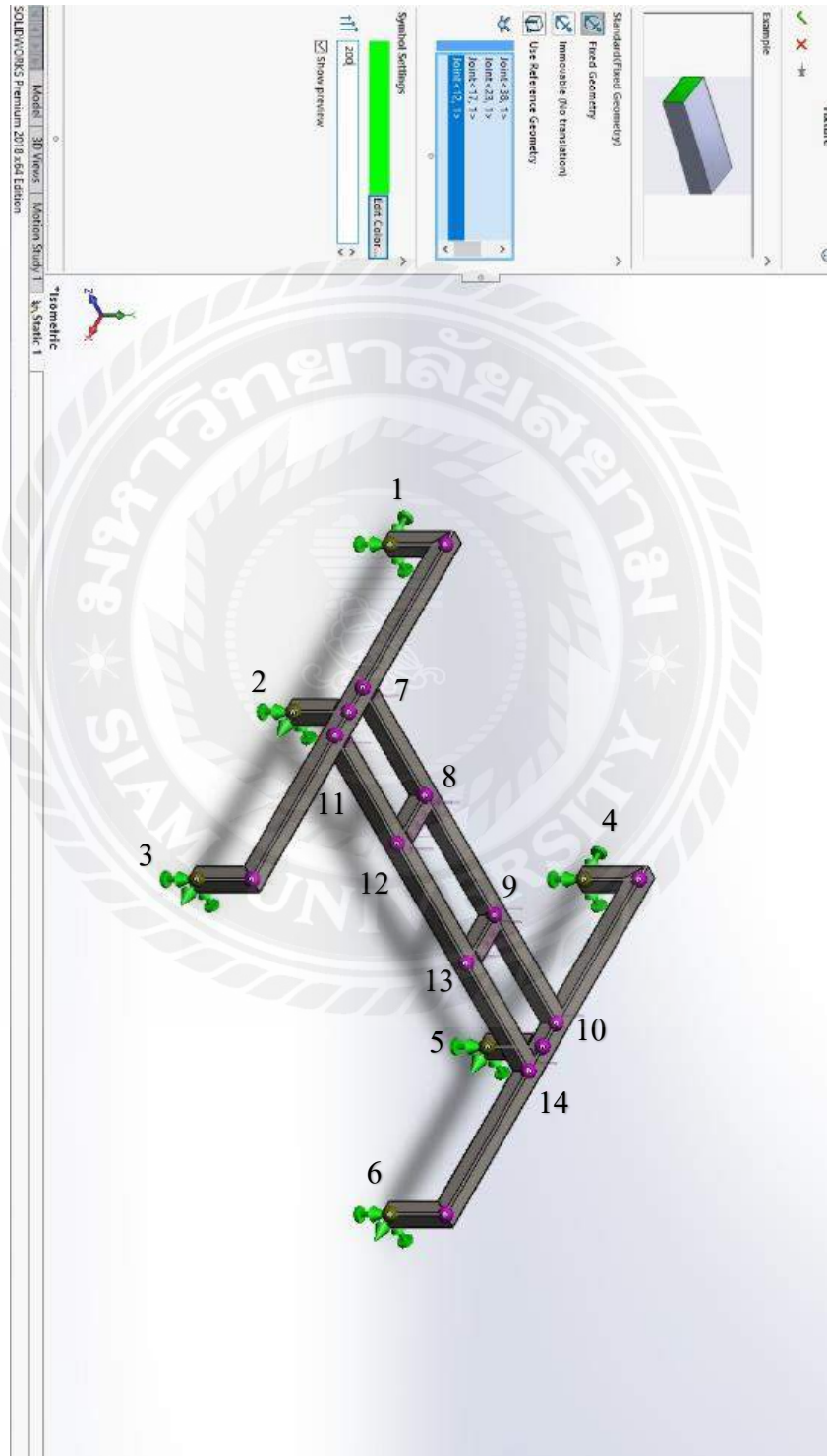
รูปที่ 3.5 โครงสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ้ำบัดน้ำเสีย

เหล็กกล่องโครงสร้างที่ใช้คือ 60x60 mm มี 12 ชั้น ประกอบด้วย

1. เหล็กกล่องขนาด 60x60 mm ความยาว 1,400 mm 4 ส่วนโครง
2. เหล็กกล่องขนาด 60x60 mm ความยาว 200 mm 8 ชั้น ส่วนฐาน

### 3.8.2 ใส่จุดยึดชิ้นงาน

จุดยึดของชิ้นงานคือจุดที่ไม่มีเคลื่อนไหว สิ่งสัมผัสกับพื้นโดยตรงไม่มีการขยับโดยจุดยึด  
 ตรงตำแหน่งไม่ให้ชิ้นงานเกิดการเคลื่อนที่ละไม่หมุน ทั้ง 14 จุดคือจุดที่ไม่มีเคลื่อนไหว  
 หมายเลข 1 ถึง 6 คือจุดรับน้ำหนักของโครงสร้างและยึดกับล้อ  
 หมายเลข 7 ถึง 14 คือฐานรองรับน้ำหนักของโครง



รูปที่ 3.6 ใส่จุดยึดที่โครงสร้าง

3.8.3 ใส่แรงที่ชิ้นงาน แรงที่กดใส่คือ น้ำหนักของฝาท่อบ่อบำบัดน้ำเสีย  
แรงที่ใส่ ฝาท่อบ่อบำบัดน้ำเสีย น้ำหนัก 250 kg กดแรงที่โครงสร้าง 2500 N



รูปที่ 3.7 ใส่แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง



### 3.8.4 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณหาค่าความปลอดภัยของโครงสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาที่ออกแบบข้างต้น ภายใต้รับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างจะมีค่าความปลอดภัยเท่าใด



รูปที่ 3.8 แสดงค่าความปลอดภัย

### 3.8.5 ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ห้ระยะโค้งตัว

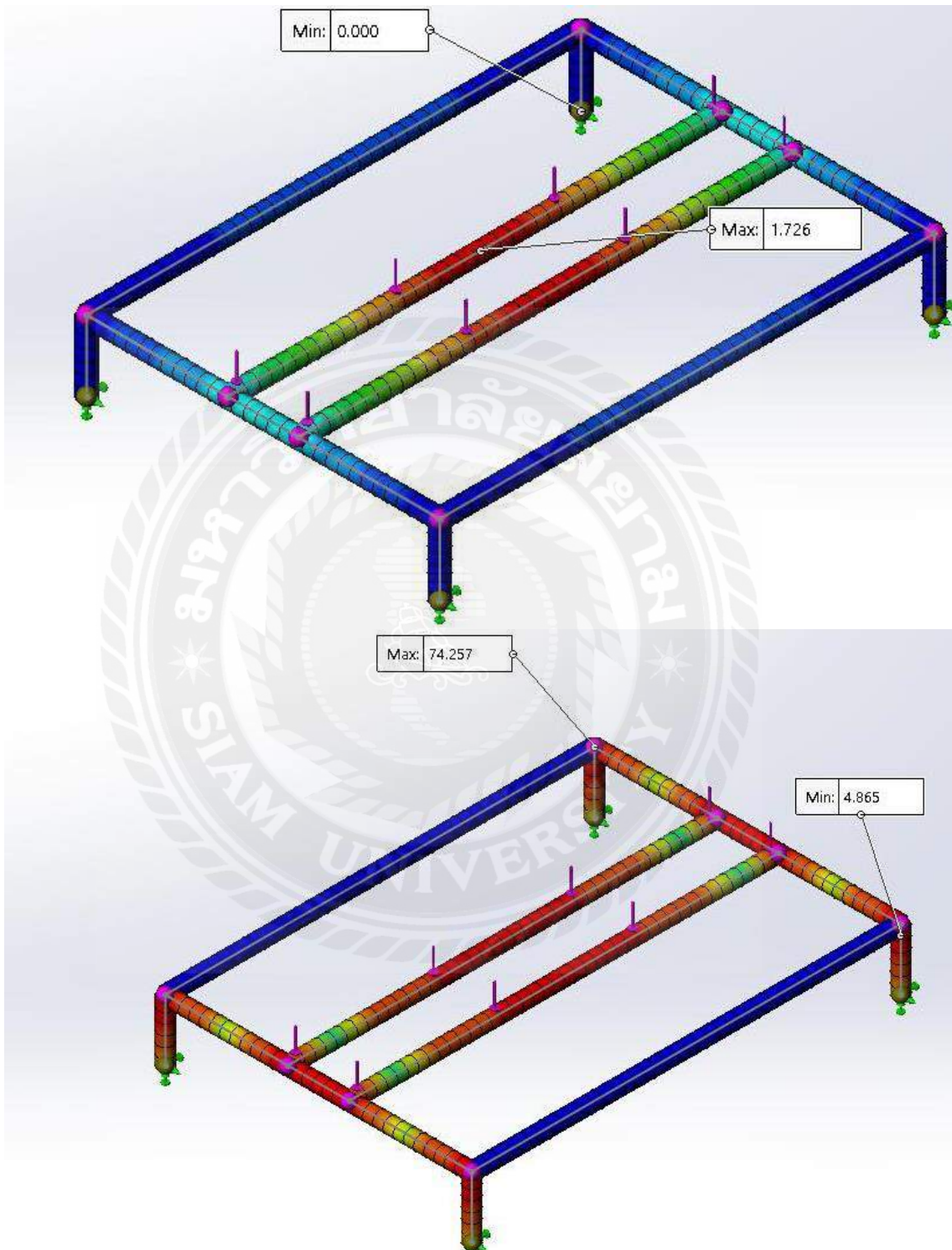
ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณหาค่าการโค้งตัวของโครงสร้างอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาท่อบ่อบำบัดน้ำเสีย ขณะรับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างจะมีค่าความปลอดภัยเท่าใด



## รูปที่ 3.9 แสดงค่าระยะ โกงตัว

3.8.6 วิเคราะห์ความแข็งแรงของของชิ้นงานแบบที่ 1 และแบบที่ 2 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

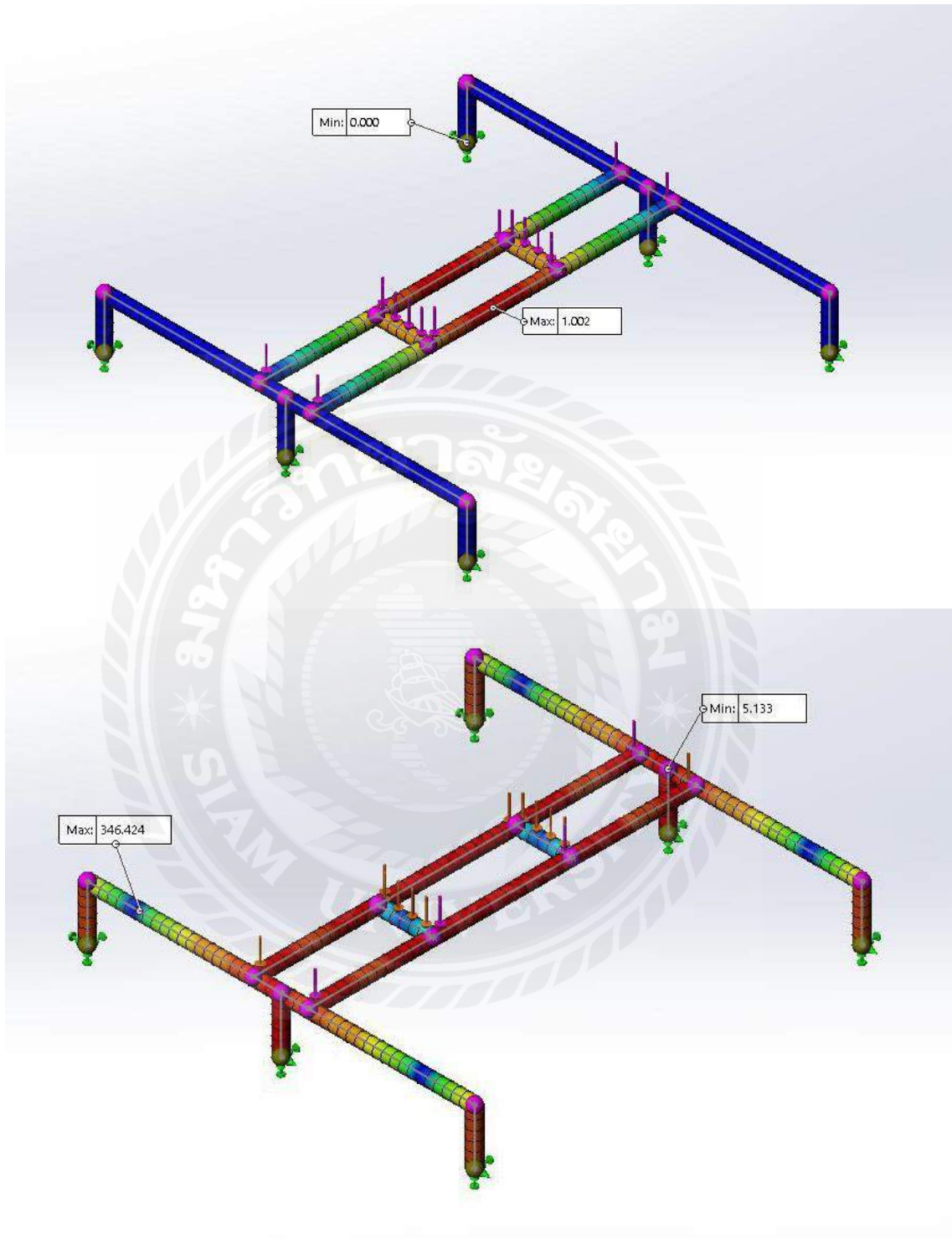
## 3.8.6.1 ชิ้นงานแบบที่ 1 เหล็กขนาด 50x50



รูปที่ 3.10 ชิ้นงานแบบที่ 1 ขนาด 50x50 mm

ในการออกแบบเหล็กกล่องขนาด 50x50 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 4.865 และระยะ โกงตัวเท่ากับ 1.726 mm

### 3.8.6.2 ชิ้นงานแบบที่ 2 เหล็ก 50x50 mm

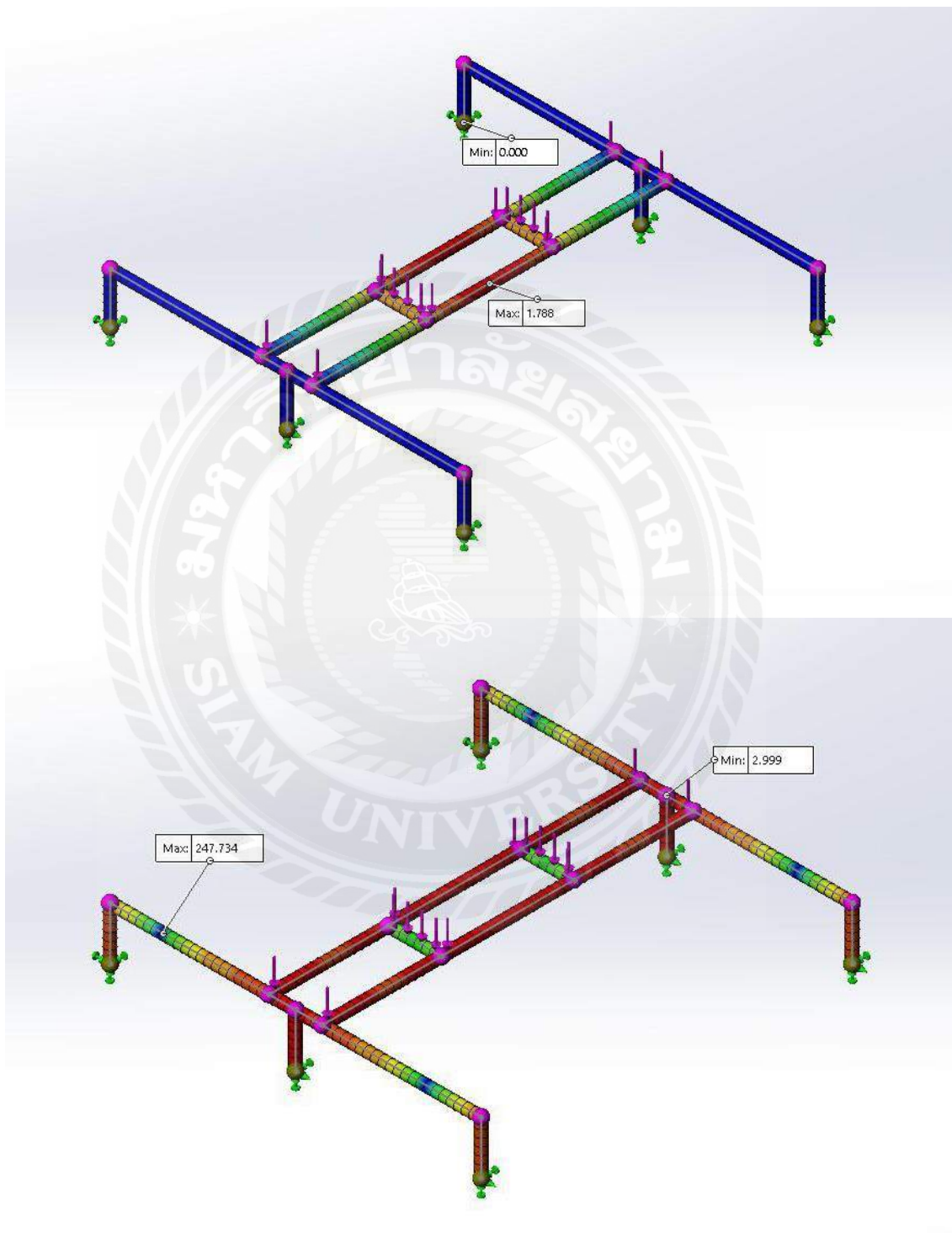


รูปที่ 3.11 ชิ้นงานแบบที่ 2 ขนาด 50x50 mm

ในการออกแบบ เหล็กกล่องขนาด 50x50 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 5.133 และ ระยะ โกงตัวเท่ากับ 1.002 mm

3.8.7 ชิ้นงานแบบที่ 2 วิเคราะห์โดยการเพิ่มและลดขนาดของเหล็ก โดยใช้เหล็ก 2 ขนาด คือ 40x40 mm และ 60x60 mm

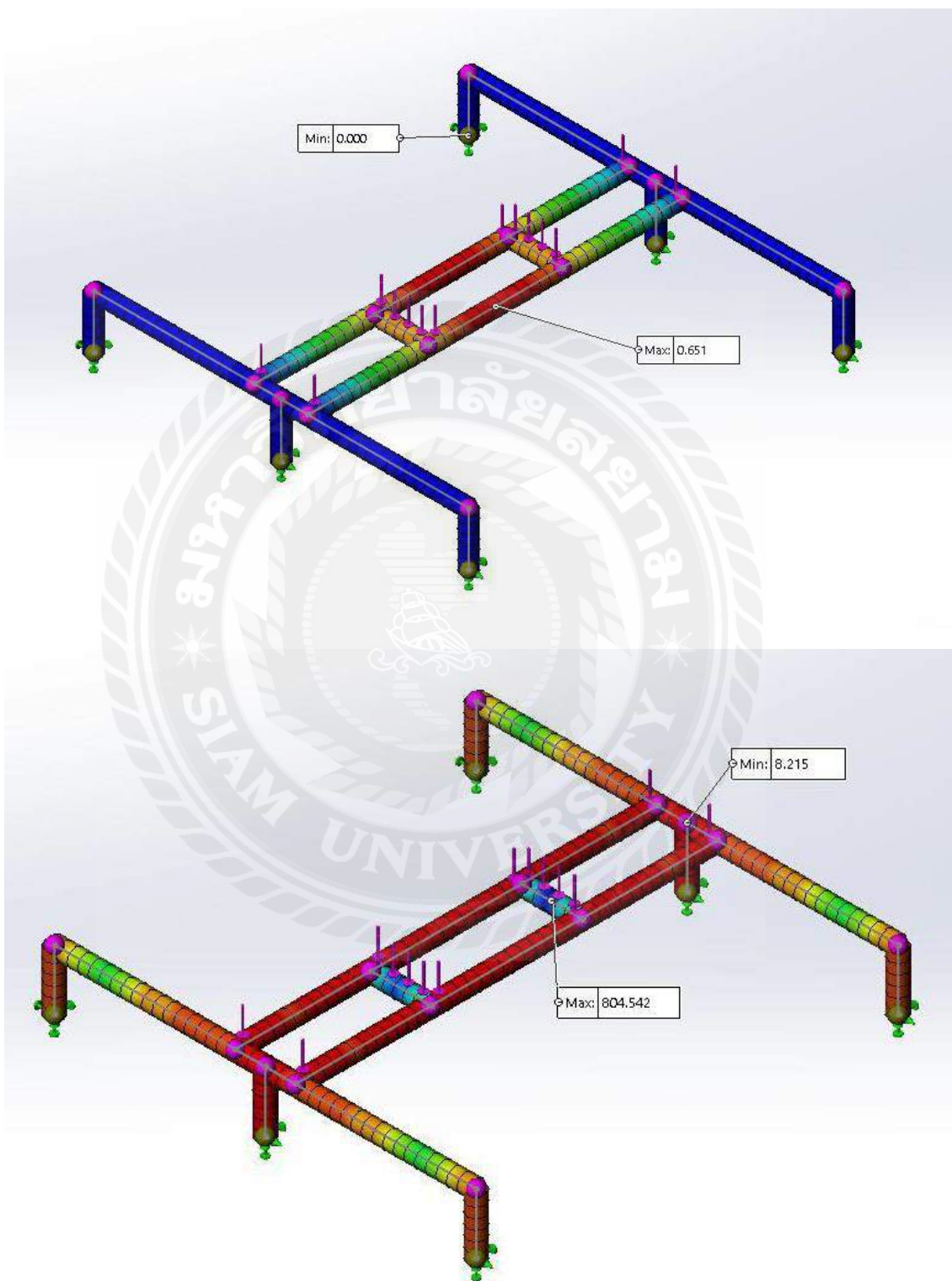
3.8.7.1 ชิ้นงานแบบที่ 2 เหล็ก 40x40 mm



รูปที่ 3.12 ชิ้นงานแบบที่ 2 ขนาด 40x40 mm

ในการออกแบบเหล็กกล่องขนาด 40x40 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 2.999 และระยะ โกงตัวเท่ากับ 1.788 mm

### 3.8.7.2 ชิ้นงานแบบที่ 2 เหล็ก 60x60 mm

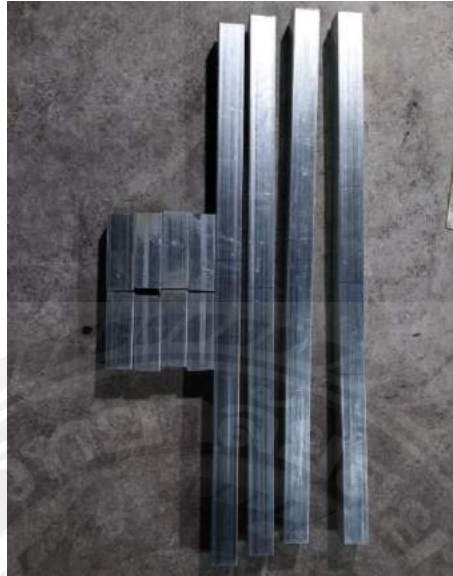


รูปที่ 3.13 ชิ้นงานแบบที่ 2 ขนาด 60x60 mm

ในการออกแบบ เหล็กกล่องขนาด 60x60 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 8.215 และ ระยะ โกงตัวเท่ากับ 0.651 mm

### 3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

3.9.1 เหล็กกล่อง 60x60 mm ขนาด 140 cm 4 ชิ้น และ ขนาด 20 cm 8 ชิ้น



รูปที่ 3.14 เหล็กกล่อง

3.9.2 ล้อขึ้นงาน จำนวน 6 ล้อ



รูปที่ 3.15 ล้อขึ้นงาน

3.9.3 แม่แรง



รูปที่ 3.16 แม่แรง

3.9.4 โซ่



รูปที่ 3.17 โซ่



## 3.9.4 สเก็น



รูปที่ 3.18 สเก็น

## 3.9.5 ตะขอ



รูปที่ 3.19 ตะขอ

### 3.10 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

#### 3.10.1 อุปกรณ์

เหล็กกล่อง 60x60 mm

แม่แรงยกขนาด 2 T

ล้อยันงาน เส้นผ่าศูนย์กลางล้อ 10 mm

โซ่ 2 เมตร

สเก็น

#### 3.10.2 เครื่องมือช่าง

เครื่องเจียรไฟฟ้า หรือ ลูกหมู

เครื่องเชื่อม อินเวอร์เตอร์ 400 A

แม่เหล็กยึดฉาก

ไม้ฉากเหล็ก

ฟุตเหล็กสำหรับขีด

แปรงทองเหลืองสำหรับขัดแนวเชื่อม

สีทาเหล็ก

#### 3.10.3 ฮาร์ดแวร์

คอมพิวเตอร์

อุปกรณ์ถ่ายภาพ

เครื่องปรีน

#### 3.10.4 ซอฟต์แวร์

โปรแกรม Microsoft Word

โปรแกรมสำเร็จรูป

### 3.11 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน

3.11.1 สำรองฝาบ่อบำบัดที่จะสร้างอุปกรณ์ให้ทราบถึงลักษณะและขนาด ซึ่งขนาดที่วัดได้คือ 1,400 mm



รูปที่ 3.20 ฝาบ่อบำบัด

3.11.2 ทำการขีดเส้นชิ้นงานตามขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 3.21 การขีดเส้นชิ้นงานส่วนขา

### 3.11.3 ทำการตัดชิ้นงานตามขนาดที่ขีดเส้นไว้



รูปที่ 3.22 การตัดชิ้นงาน

### 3.11.4 ทำการเชื่อมชิ้นงานตามจุดเชื่อมต่างๆ



รูปที่ 3.23 การเชื่อมชิ้นงาน

### 3.11.5 ทำการเจียรจุดเชื่อมเพื่อความสวยงาม



รูปที่ 3.24 การเจียรจุดเชื่อม

### 3.11.6 ทำแท่นเพื่อยึดแม่แรงติดกับโครงโดยไม่ต้องเชื่อม



รูปที่ 3.25 การทำแท่นยึดแม่แรง

### 3.11.7 ทำการตัดล้อยื่นงาน



รูปที่ 3.26 การตัดล้อยื่นงาน

### 3.11.8 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงาน



รูปที่ 3.27 การตรวจสอบความเรียบร้อย

### 3.11.9 ทำการทาสีชิ้นงาน



รูปที่ 3.28 การทาสีชิ้นงาน

### 3.11.10 ทำคานยกฝาท่อ



รูปที่ 3.29 คานยกฝาท่อ

## บทที่ 4

### ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

#### 4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบ

จากการการออกแบบสร้างและทดสอบอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย ตารางการเปรียบเทียบแสดงเวลา ค่าใช้จ่าย จำนวนคนก่อนและหลังมีอุปกรณ์และไม่มีอุปกรณ์ได้ผลดังนี้ ตารางที่ 4.1 แสดงถึงตารางเปรียบเทียบก่อนและหลังมีอุปกรณ์ ใช้อุปกรณ์ 10 ครั้งต่อ 1 ปี

หัวข้อ	4 คน (เปิดแบบเก่า)	1 คน (มีอุปกรณ์)
เวลาที่ใช้	10 นาที	5 นาที
ค่าใช้จ่าย	1,000 บาท	300 บาท
จำนวนคน	4 คน	1 คน

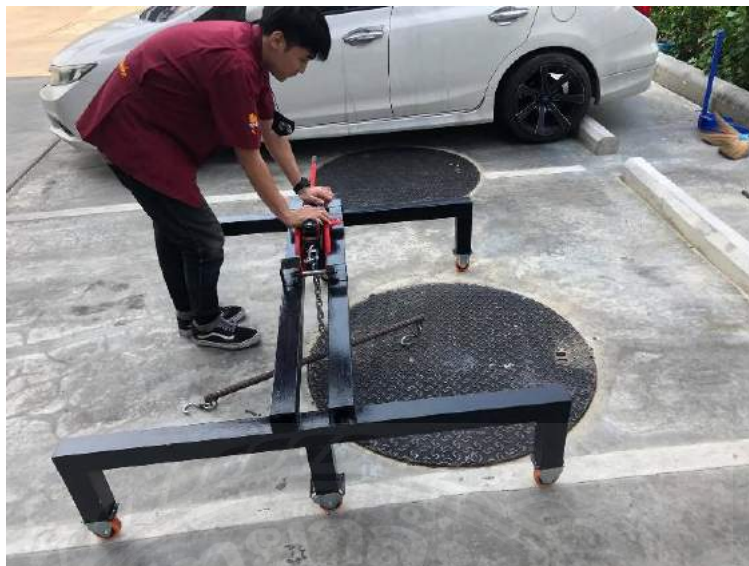


รูปที่ 4.1 การยกฝาแม่แรงก่อนและหลังมีอุปกรณ์



## 4.2 ทดสอบการใช้งาน

### 4.2.1 นำอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย ไปคร่อมที่ฝาบ่อบำบัดที่ต้องการเปิด



รูปที่ 4.2 การนำอุปกรณ์เปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย ไปคร่อมที่ฝาบ่อบำบัดที่ต้องการเปิด

### 4.2.2 เกี่ยวตะขอที่ฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย เพื่อเตรียมการยก



รูปที่ 4.3 การเกี่ยวตะขอ

4.2.3 ทำการปั๊มแม่แรงเพื่อยกฝาบ่อบำบัดขึ้นมาเพื่อได้ความสูงตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.4 การปั๊มแม่แรง

4.2.4 เซ็นอุปกรณ์ออกเพื่อทำการเติมจุลินทรีย์หรือทำงานที่ต้องการ



รูปที่ 4.5 การเซ็นย้ายอุปกรณ์

#### 4.2.5 ปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสียเมื่อทำงานเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 4.6 การปิดฝาท่อบำบัดน้ำเสีย

#### 4.2.6 ปลดตะขอก่อเมื่อใช้งานอุปกรณ์เรียบร้อย



รูปที่ 4.7 การปลดตะขอ

#### 4.3 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายในการเปิดฝาบ่อบำบัด

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในการเปิดฝาบ่อบำบัด

รายการ	ค่าใช้จ่าย		
	จากเดิม(บาท)	เมื่อใช้อุปกรณ์(บาท)	ค่าที่ประหยัดได้(บาท)
ค่าใช้จ่ายต่อเดือน	1,000	300	700
ค่าใช้จ่ายต่อปี	12,000	3,600	8,400

#### 4.4 ตารางแสดงค่าใช้จ่ายอุปกรณ์

ตารางที่ 4.3 แสดงถึงค่าใช้จ่ายในอุปกรณ์

อุปกรณ์	ราคาต่อหน่วย(บาท)	จำนวน	ราคารวม(บาท)
เหล็กกล่อง	660	2	1,320
แม่แรง 2 ตัน	800	1	800
สื้อ	220	6	1,320
โซ่	200	1	200
ตะขอ	140	2	280
สีทาเหล็ก	200	1	200
สเก็น	150	2	300
รวม			4,420

#### 4.5 การคำนวณจุดคุ้มทุน

จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาการคืนทุน} = \frac{\text{ต้นทุนการดำเนินงาน}}{\text{ส่วนต่างที่ประหยัดได้(ต่อเดือน)}}$$

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน} = \frac{4,420}{700}$$

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน} = 6.3 \text{ เดือน}$$

ระยะเวลาในการคืนทุนอุปกรณ์เป็นเวลาประมาณ 6.3 เดือน ซึ่งอุปกรณ์มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปีทำให้มีการประหยัดได้ดังสมการ ดังนี้

สามารถประหยัดได้ = ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดต่อเดือน × (อายุของอุปกรณ์ - ระยะเวลาในการคืนทุน)  
แปลงค่า 10 ปี = 120 เดือน

$$\text{สามารถประหยัดได้ (ค่าโดยประมาณ)} = 700 \times (120 - 6.3)$$

$$\text{สามารถประหยัดได้ (ค่าโดยประมาณ)} = 79,590 \text{ บาท}$$

#### 4.6 ผลสรุปก่อนการปรับปรุงในการทำงาน

4.6.1 พนักงานฝ่ายช่างใช้เวลาในการดำเนินการ เปิด - ปิด ฝาบ่อบำบัดตั้งแต่เริ่มจบปฏิบัติงานเสร็จทั้งกระบวนการใช้เวลา 20 นาที

4.6.2 สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน

4.6.3 มีความอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

#### 4.7 ผลสรุปที่ได้หลังจากการปรับปรุงวิธีการทำงาน

4.7.1 มีการใช้เวลาในการปฏิบัติงานลดลงได้ในขั้นตอนในการเปิด-ปิด ฝาบ่อบำบัดตั้งแต่เริ่มจนปฏิบัติงานเสร็จทั้งกระบวนการใช้เวลา 5 นาที

4.7.2 สามารถลดรายจ่ายต่อปีเท่ากับ 8,400 บาท ต่อปี

4.7.3 สามารถลดความอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลโครงการ

ผลสรุปการสร้างและทดสอบเครื่องเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสีย ผู้จัดทำได้ทำการคิดออกแบบเครื่องนี้เพราะว่าในการเปิดฝาบ่อแบบเดิม ด้วยการใช้ตะขอเกี่ยวและใช้คานยกขึ้นมา ต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานถึง 4 คน และยังมีเสียงต่ออันตรายที่จะเกิดกับผู้ปฏิบัติงานด้วย ดังนั้นผู้จัดทำจึงคิดออกแบบเครื่องเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดแต่ก็ยังมีปัญหาว่า เมื่อยกฝาบ่อออกมา มีทรายติดอยู่รอบฝาบ่อจึงทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น จึงได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปคำนวณโครงสร้าง ซึ่งทางผู้จัดทำได้ออกแบบโครงไว้ 2 แบบ ซึ่งโครงที่เลือกเป็นโครงแบบที่ 2 นั้นมีขนาด 60x60 mm ได้ค่าความปลอดภัยวัสดุเท่ากับ 8.215 และระยะโก่งตัวเท่ากับ 0.651 mm

เพื่อทดสอบคุณภาพของอุปกรณ์ เมื่อใช้แรงกดลงที่ตำแหน่งของพื้นที่ใช้งานจะรู้ผลลัพธ์ออกมาโดยทันที

5.1.1 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมที่ แรง = 2,500 N

ค่าความปลอดภัย ที่ได้ = 8.215

5.1.2 ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรมหาระยะ โกงลงตัว

ระยะ โกงตัว ที่ได้ = 0.651 mm

ผลการสร้างคือ ใช้โครง 60x60 mm ในการสร้าง โครงของเครื่องเปิด-ปิดฝาบ่อบำบัดน้ำเสียซึ่งเป็นโครงที่แข็งแรง ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และมีอายุการใช้งานที่นาน ใช้ผู้ปฏิบัติงานแค่คนเดียว

#### 5.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

5.2.1 เนื่องจากในช่วงแรกต้องเรียนรู้เกี่ยวกับวัสดุต่างๆที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด

5.2.2 ในการทำงานเราต้องเรียนรู้ระบบการทำงานเพื่อที่จะทำอุปกรณ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน

5.2.3 งานเกิดความล่าช้าเพราะเกิดการคลาดเคลื่อนในการเลือกใช้วัสดุต้องหาวัสดุที่ตรงความต้องการมากที่สุด

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ผู้ปฏิบัติงานควรทำความเข้าใจกับการออกแบบก่อนที่จะลงมือ
- 5.3.2 ผู้ปฏิบัติงานควรวางแผนการปฏิบัติงานและกำหนดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน
- 5.3.3 ควรเลือกใช้วัสดุที่แข็งแรงเพื่อใช้ชิ้นงานออกมามีประสิทธิภาพมากที่สุด
- 5.3.4 ผู้ปฏิบัติงานควรมีการฝึกอบรมก่อนการปฏิบัติงาน
- 5.3.5 ควรวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปที่หลากหลาย
- 5.3.6 ล้อควรเลือวงได้หลายทิศทาง
- 5.3.7 ปรับให้ยกฝาได้หลายขนาดและหลายแบบ



## บรรณานุกรม

- ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย. (2558). การออกแบบสร้างและวิเคราะห์แม่แรงแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สลักเกลียวเมตริก สำหรับยกรถยนต์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.
- ชนทรัพย์ ปิยะมณีธนา. (2558). การเลือกใช้วัสดุในการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน. เข้าถึงได้จาก <https://www.applicadthai.com/articles>
- บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด. (2563). งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: เข้าถึงได้จาก <https://www.truelookpanya.com>
- บริษัท แปซิฟิกไพพ์ จำกัด. (2563). ตารางเปรียบเทียบขนาดท่อเหล็กสี่เหลี่ยม. เข้าถึงได้จาก <http://demo376.itopplus.com>
- บริษัท ไทย เมทัลลิก จำกัด. (2563). บทความเหล็กกล่อง. เข้าถึงได้จาก <https://www.thaimetallic.com>
- ปราโมทย์ เฉซอำไพ. (2555). ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- พรเทพ สีมานพกุล. (2543). การวิเคราะห์การโก่งคาะ และการสิ้นสะท้อนของคาน-เสา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วิทยา จันทรเฝ้าแสง. (2558). การวิเคราะห์เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตสำหรับชิ้นงาน โดยวิธีวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบของการออกแบบ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิทธิ อึ้งภากรณ์. (2556). การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรินทร์ ผลเจริญ. (2558). การออกแบบและสร้างรถเข็นเปิด-ปิดฝากระบอับค้ำน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.
- สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2540). ค่ากำหนดออกแบบระบบน้ำเสีย. เข้าถึงได้จาก. <http://www.pcd.go.th>
- สมชาย เหลืองสด. (2554). การวิเคราะห์ความเข้มของความเค้นที่เกิดขึ้นภายในหัวรีฟอร์ม โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- อรรถกร จันทรชนะ. (2557). อิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมอาร์กลดอุณหภูมิพลาสมาที่มีผลต่อสมบัติโลหะ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.



## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ : นายศุภชัย สมบูรณ์ษา  
 รหัสนักศึกษา : 6111100008  
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 เบอร์โทรศัพท์ : 0814056570  
 อีเมลล์ : fluk4056570@gmail.com  
 ที่อยู่ปัจจุบัน : 494/1 ถ.พระราม2 แขวง แสมดำ เขต บางขุนเทียน จ.กรุงเทพฯ  
 ประวัติการศึกษา : ปี พ.ศ.2554 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนทวิธาภิเศก  
 ปี พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)  
 สาขา ช่างยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม  
 ปี พ.ศ. 2559 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)  
 สาขา เทคนิคยานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม  
 ปี พ.ศ. 2563 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี  
 สาขา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ : นายสิทธิชัย สุดเนตร  
 รหัสนักศึกษา : 6111100007  
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 เบอร์โทรศัพท์ : 0800246774  
 อีเมลล์ : aun49157@gmail.com  
 ที่อยู่ปัจจุบัน : 185/56 ถ.บางขุนนนท์ เขต บางกอกน้อย แขวง บางขุนนนท์ จ.กรุงเทพฯ  
 ประวัติการศึกษา : ปี พ.ศ.2554 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนทิวาภิเศก  
 ปีพ.ศ.2558 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)  
 สาขา ช่างยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม  
 ปี พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)  
 สาขา เทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม  
 ปี พ.ศ. 2563 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี  
 สาขา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ : นายศรัณย์ ชาตรีทันะ  
 รหัสนักศึกษา : 6111100004  
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 เบอร์โทรศัพท์ : 0637966790  
 อีเมลล์ : muwantlove@gmail.com  
 ที่อยู่ปัจจุบัน : 88/5 ถ.นางลิ้นจี่ เขต ยานนาวา แขวง บาง โพงพาง จ.กรุงเทพฯ  
 ประวัติการศึกษา : ปี พ.ศ.2554 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนนทบุรีวิทยา  
 ปีพ.ศ.2557 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพระแม่มาลี  
 ปี พ.ศ. 2559 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)  
 สาขา เทคนิคยานยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม  
 ปี พ.ศ. 2563 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี  
 สาขา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม