



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ
Stress Analysis and Safety Values of Steel Mooring Piles

โดย

นาย ธีรเดช ธรรมมณูญกุล 6223100006

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา (151-495) สหกิจศึกษา
หลักสูตร วิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 3 ปี)
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2564

หัวข้อโครงการ การวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ
Stress Analysis and Safety Values of Steel Mooring Piles
รายชื่อผู้จัดทำ นาย ชีรเดช ธรรมมณูญกุล 6223100006
หลักสูตร วิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 3 ปี)
อาจารย์นิเทศ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 3 ปี) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....อาจารย์นิเทศ
(ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

.....ผู้นิเทศ
(นายณัฐสันต์ ธรรมมณูญกุล)

.....กรรมการกลาง
(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2564

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์นิเทศ หลักสูตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 3 ปี)
อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย

ตามที่ นาย ชีรเดช ธรรมมณูญกุล นักศึกษาหลักสูตร 3 ปี วิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับ
การทำงาน ระหว่างวันที่ 13 มกราคม 2564 ถึง วันที่ 2 พฤษภาคม 2564 ในตำแหน่ง นักศึกษา
ฝึกสหกิจศึกษา ณ ห้างหุ้นส่วน จำกัด นาวากรุงเทพ (สำนักงานใหญ่) และได้รับมอบหมายจาก
ผู้นิเทศ นาย ณัฐสันต์ ธรรมมณูญกุล ให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง การวิเคราะห์ความคุ้มค่าและค่า
ความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

บัดนี้การปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานได้สิ้นสุดแล้ว
นาย ชีรเดช ธรรมมณูญกุล วิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 3 ปี) คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสยาม จึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษา
ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ลงชื่อ.....



(นายชีรเดช ธรรมมณูญกุล)

ผู้จัดทำ

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่ ผู้จัดทำ ได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ในตำแหน่ง นักศึกษาฝึกสหกิจศึกษา ณ ห้างหุ้นส่วน จำกัด นาวา กรุงเทพ (สำนักงานใหญ่) ตั้งแต่ วันที่ 13 มกราคม 2564 ถึง 2 พฤษภาคม 2564 ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดีส่งผลให้ ผู้จัดทำ ได้รับความรู้ ประสบการณ์การทำงานต่างๆ และความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการ เรียนและสามารถนำความรู้ประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคตด้วยความ อนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ห้างหุ้นส่วน จำกัด นาวา กรุงเทพ (สำนักงานใหญ่) ที่ให้โอกาส ผู้จัดทำ เข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษากรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอด ระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการ สนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

1. นายณัฐสันต์ ธรรมมณูญกุล (เจ้าของบริษัท)

2. อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย (อาจารย์นิเทศ)

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จน เสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำ หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ ห้างหุ้นส่วน จำกัด นาวา กรุงเทพ (สำนักงานใหญ่) และผู้สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของบริษัทเพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นใน การทำความเข้าใจและพัฒนาโครงการต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าของผู้สนใจทั่วไปด้วย หาก รายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำ ก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

ธีรเดช ธรรมมณูญกุล

ผู้จัดทำ

9 เมษายน 2567

ชื่อโครงการ : การวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ
หน่วยกิต : 5 หน่วยกิต
ผู้จัดทำ : นาย ชีรเดช ธรรมมณญกุล 6223100006
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย
ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี
หลักสูตร : วิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 3 ปี)
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา : 2/2564

บทคัดย่อ

ห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวา กรุงเทพ ได้รับมอบหมายงานจากการท่าเรือแห่งประเทศไทย ให้จัดทำท่าเทียบเรือโดยใช้เสาเข็มเหล็ก แบบตอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว จำนวน 14 ต้น ติดตั้งลึกลงไปถึงระดับน้ำประมาณ -20.00 เมตร โดยมีขีดความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวตั้ง 130 ตัน ทางห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวากรุงเทพ จึงได้ให้ทางนักศึกษาออกแบบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks เพื่อหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กในบริเวณท่าเทียบเรือ ได้ทำการจำลอง 4 แบบ โดยกำหนดค่าคงที่ของแรงกระแทกเท่ากับ 7,775 N ที่เสาในทุกแบบจำลอง แบบจำลองที่ 1.กำหนดระยะความสูงของเสา 6 เมตร เพื่อใช้เป็นตำแหน่งใส่แรงกระแทกที่มีระดับน้ำสูงสุด จะได้ค่า ความปลอดภัยอยู่ที่ 5.2 แบบจำลองที่ 2.กำหนดระยะความสูงของเสา 7 เมตร เพื่อใช้เป็นตำแหน่งใส่แรงกระแทกค่า ความปลอดภัยอยู่ที่ 6.5 แบบจำลองที่ 3.กำหนดระยะความสูงของเสา 8 เมตร เพื่อใช้เป็นตำแหน่งใส่แรงกระแทก ค่าความปลอดภัยอยู่ที่ 7.6 แบบจำลองที่ 4.กำหนดระยะความสูงของเสา 9 เมตร เพื่อใช้เป็นตำแหน่งใส่แรงกระแทก ค่าความปลอดภัยอยู่ที่ 9.4

ผลสรุปการวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ กองบริการ ฝ่ายการร่อนน้ำ การท่าเรือแห่งประเทศไทย ซึ่งในแบบจำลองที่ 4 จะได้ Stress Max เท่ากับ $3.003 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ และมีค่า Yield Strength อยู่ที่ $2.827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ส่วนค่าความปลอดภัยจะอยู่ที่ 9.4 ซึ่งจะเป็นจุดที่แข็งแรงที่สุดและเหมาะสมเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานความปลอดภัย

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ความเค้น / ค่าความปลอดภัย / เสาเหล็กที่จอดเรือ



Project Title : Stress Analysis and Safety Values of Steel Mooring Piles

By : Thiradet Tummanunkul 6223100006

Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Mechanical Engineering (3 year program)

Faculty : Engineering Siam University

Semester / Academic year : 2/2021

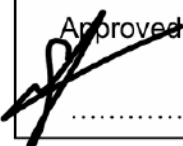
Abstract

Nava Bangkok Partnership Limited was assigned by the Port Authority of Thailand to build a pier using 14 inch diameter driven steel piles, installed at a depth of approximately -20.00 meters below the water level, with a vertical load capacity of 130 tons. Nava Bangkok Partnership Limited had students create design using the ready made Solidworks program to find the safety value of the piles in the pier area. Four models were simulated with a constant impact force of 7,775 N set at the piles in each model. Model 1: Set the height of the piles at 6 meters to be the impact position with the highest water level, resulting in a safety value of 5.2; Model 2: Set the height of the piles at 7 meters to be the impact position with a safety value of 6.5; Model 3: Set the height of the piles at 8 meters to be the impact position with a safety value of 7.6; Model 4: Set the height of the piles at 9 meters to be the impact position with a safety value of 9.4

The result of stress analysis and safety value of steel piles used for anchoring ships Service Division Waterway Division Port Authority of Thailand, in model 4: the Stress Max is equal to $3.003 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ and the Yield Strength is $2.827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ while the safety value is 9.4, which is the strongest point and is appropriate when compared to the safety standard value.

Keywords : stress analysis, safety values, steel mooring piles


.....
(Co-op Advisor)

Approved by

.....

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ข้อมูลของสถานประกอบการและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารงานวิจัย/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature)	
2.1 พฤติกรรมภายใต้แรงกระตุ้น	3
2.2 เสือเหล็ก	6
2.3 ค่าความปลอดภัยของเสือเหล็กที่จอดเรือ	9
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	11
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	13
3.2 ลักษณะของสถานประกอบการ	14
3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	14
3.4 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	14
3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	14
3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	14

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.7 การคำนวณการวิเคราะห์หาแรงกระแทกและค่าความปลอดภัย ของเสาเหล็กที่จุดเดือ	16
3.8 การทดสอบเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็ก	17
3.9 ขั้นตอนและวิธีการ Simulation	18
3.10 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	26
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน	
4.1 ผลการปฏิบัติงานการวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัย ของเสาเหล็ก	28
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลโครงการ	38
5.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน	39
5.3 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก ภาพผลงานขั้นตอนการทำเสาเหล็ก	42
ภาคผนวก ข ภาพและขั้นตอน Simulation	53
ประวัติผู้จัดทำ	65

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แผนงานการประกอบเสาเหล็ก (บทที่ 3)

15



สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การเสริมเหล็กปลอกในเสาและระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติ	7
รูปที่ 2.2 ค่าสัดส่วนความปลอดภัย หรือ SAFETY FACTOR	9
รูปที่ 3.1 สถานที่ตั้งของห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวากรุงเทพ (สำนักงานใหญ่)	13
รูปที่ 3.2 การทดสอบเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็ก	17
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของเสาเหล็ก	18
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการกำหนดจุดยึดโครงสร้างของเสาเหล็กด้วยคำสั่ง Fixed	19
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการกำหนดแรงที่กระทำกับโครงสร้างของเสาเหล็ก	20
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการกำหนดค่าของแรงโน้มถ่วง	21
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการกำหนด Create Mesh	22
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการ Run Simulation	23
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max	24
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนตรวจสอบและค่า Factor of Safety	25
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max	28
รูปที่ 4.2 ขั้นตอนตรวจสอบและค่า Factor of Safety	29
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max	30
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนตรวจสอบและค่า Factor of Safety	31
รูปที่ 4.5 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max	32
รูปที่ 4.6 ขั้นตอนตรวจสอบและค่า Factor of Safety	33
รูปที่ 4.7 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max	34
รูปที่ 4.8 ขั้นตอนตรวจสอบและค่า Factor of Safety	35
รูปที่ 4.9 ขั้นตอนตรวจสอบค่า Stress Max	36
รูปที่ 4.10 ขั้นตอนตรวจสอบและค่า Factor of Safety	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อมูลของสถานประกอบการและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

1.1.1 ห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวากรุงเทพ 174/1 ถนนเจริญกรุง แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

1.1.2 ลักษณะของสถานประกอบการ รับจ้างซ่อมสร้างรถยนต์ เรือกลไฟ เครื่องจักร เครื่องยนต์ ทำถังเหล็ก โครงเหล็ก ถังน้ำมัน กิ่งโลหะ เชื่อมโลหะ ชุบโลหะ

1.1.3 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย ทำเอกสารต่าง ๆ ของบริษัท และคุมหน้างาน และประชุมความคืบหน้า

1.1.4 ตำแหน่งงาน นายธีรเดช ธรรมมณูญกุล ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่ง ผู้รับเหมาทำภายใน

1.1.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน ประมาณ 4 เดือน

1.1.6 ผู้แทนและตำแหน่งงาน นาย ณัฐสันต์ ธรรมมณูญกุล ตำแหน่ง เจ้าของบริษัท

1.2 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาการทำเรือฯ ได้พัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพงานบริการของทำเรือต่าง ๆ ที่อยู่ในความรับผิดชอบนอกจากนี้ยังได้นำระบบการบริหารจัดการสมัยใหม่และเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ รวมทั้งปรับเปลี่ยนระบบการบริหารงานเป็นแบบธุรกิจเอกชน เพื่อความคล่องตัวในการดำเนินงานและรองรับการขยายธุรกิจใหม่ๆ ที่เกี่ยวเนื่องในอนาคต ตลอดจนนำระบบรับรองมาตรฐานคุณภาพต่าง ๆ มาใช้เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการ ณ วันนีการทำเรือฯ ได้ก้าวมาเป็นรัฐวิสาหกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ การค้าของประเทศ มีผลประกอบการที่ดีติด 10 อันดับแรกของรัฐวิสาหกิจที่นำเงินรายได้เข้ารัฐสูงสุด ได้รับการประเมินผลงานจากรัฐบาลให้เป็นรัฐวิสาหกิจชั้นดีติดต่อกันหลายปี เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้บริการทั้งในและต่างประเทศ

ในครั้งนีทางท่าเทียบเรือกองบริการ ได้มอบหมายให้ ห้างหุ้นส่วน จำกัด นาวา กรุงเทพ (สำนักงานใหญ่) ทำการรับเหมางานปักเสาเหล็ก จำนวน 14 ต้น ให้กับทางท่าเทียบเรือกองบริการ ฝ่ายการร่อนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย

ดังนั้นในโครงการเล่มนี้ จึงทำการวิเคราะห์หาแรงกระทำและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3.1 เพื่อวิเคราะห์ความเค้น

1.3.2 เพื่อวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 ทดสอบการหาความเค้นของเสาเหล็กที่จอดเรือ

1.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพการหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

1.4.3 ความเร่งของเรือที่ขณะจอดเทียบตัวเสาเหล็ก $a = 0.5 \text{ m/s}^2$

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 เพื่อได้ทราบถึงหลักการวิเคราะห์หาแรงกระทำและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

1.5.2 ข้อมูลด้านเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาแรงกระทำและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารงานวิจัย/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature)

2.1 พฤติกรรมภายใต้แรงกระแทก

วัสดุหรือชิ้นทดสอบของเครื่องจักรกลที่ถูกแรงกระแทก อันเนื่องจากแรงที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเกิดจากพลังงานจลน์กระทบ กับวัสดุหรือชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้น ไม่เพียงจะทำให้เกิดความเค้นขึ้น แต่ยังจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานอีกด้วยคือจะเกิดการถ่ายเทดูดกลืนและการ แพร่กระจายพลังงานไปยังวัสดุหรือชิ้นส่วนเครื่องกลนั้นด้วย พลังงานกระแทกอาจถูกดูดกลืนผ่าน ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลได้หลายลักษณะเช่น ในช่วงการแปรรูปที่สามารถคืนรูปได้ในช่วงการแปร รูปถาวรในช่วงผลกระทบของ Hysteresis และผลของความเสียหายของเครื่องทดสอบเองอีกด้วย ในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องจักรกล ที่ต้องรับแรงกระแทกนั้น จะต้องพิจารณา ถึงความสามารถของวัสดุในการดูดกลืน หรืออมพลังงานกระแทกไว้ได้มาน้อยเท่าใด ถ้าวัสดุสามารถ เก็บสะสมพลังงานต่อหน่วยปริมาตร ตั้งแต่เริ่มต้นได้รับแรงกระแทกจนแตกหักนั้น ก็ หมายความว่าวัสดุนั้นมีความเหนียวแน่นสูง (Toughness) หรือ มีความแข็งแรงต่อการกระแทกสูง (Impact Strength) นั้นเอง โดยทั่วไปวัสดุที่มีความเหนียวแน่นสูง จะต้องเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทั้ง พิกัดความยืดหยุ่น และความเหนียวสูง ดังที่เคยได้กล่าวมาแล้วแต่ที่สนใจ สำหรับวัสดุหรือโลหะ ที่ถูกแรงกระแทกนั้น มักจะให้ค่าพิกัดความเป็นสัดส่วน (Proportional limit) และค่าความแข็งแรง สูงสุด (Ultimate Strength) สูงขึ้นกว่าเมื่อได้รับแรงกระทำอย่างช้าๆ และนอกจากนั้นโลหะยังยืดตัวออกได้ช้า เพราะต้องรอเวลาช่วงหนึ่ง ซึ่งแสดงว่าโลหะไม่อาจจะ ปรับโครงสร้างภายใน เพื่อกระจาย ความเค้นออกให้ทั่วเนื้อโลหะได้ง่าย ฉะนั้นผลของความเค้นอาจจะรวมอยู่ ที่จุด ๆ เดียวในเนื้อโลหะ ซึ่งทำให้โลหะหักที่จุดนั้นเสียก่อน ลักษณะ เช่นนี้เป็นลักษณะของโลหะที่เปราะ

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุ ภายใต้แรงกระแทกนั้น ได้เครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ มาใช้ อย่างมาก เพื่อต้องการการศึกษาในรายละเอียดของแปรรูป และการแตกหักของ วัสดุ อันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ส่วนผสม อุณหภูมิ ขนาดรูปร่าง ของชิ้นทดสอบ และความเร็วของแรงกระแทก แต่จุดประสงค์ของการทดสอบการกระแทกหลักกล้า นั้น ส่วนมากก็ทำเพื่อศึกษาถึงความเหนียว หรือความเปราะของโลหะ เมื่อถูกนำไปใช้งานที่อุณหภูมิ ต่ำมาก ๆ และศึกษาถึงผลของผลการอบชุบโลหะว่าจะมีความต้านทานการแตกหักภายใต้แรงกระแทก มากน้อยเพียงใด (มณฑล ฉายอรุณ ,2531:137)

2.1.1 ความแกร่ง (Toughness)

ความสามารถของวัสดุที่จะดูดซับพลังงานไว้ได้โดยไม่เกิดการแตกหัก เรียกว่า ความแกร่ง (Toughness) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความเหนียว โดย กำหนดว่า Modulus of Toughness เท่ากับพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งความเค้น ความเครียดที่ได้จากการ ทดสอบแรงดึง ค่า Modulus of Toughness นี้ จะแสดงถึงงานต่อหน่วยปริมาตรของ วัสดุที่ ต้องใช้จนทำให้เกิดการแตกหักด้วย ข้อกำหนดนี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อแตกต่างระหว่าง วัสดุเหนียวที่มี ความแกร่งสูงและวัสดุเปราะที่มีความแกร่งต่ำด้วย

การวัดค่าความแกร่งที่แน่นอนเป็นเรื่องค่อนข้างยาก จึงได้มีผู้กำหนดวิธีการทดสอบที่ เรียกว่าการทดสอบแรงกระแทก (Impact Test) วัดค่า Impact Energy หรือ Impact Toughness ซึ่งเป็น การวัดปริมาณของพลังงานที่วัสดุจะดูดซับไว้ได้เมื่อได้รับแรงจากการกระแทกจนหัก (Dynamic Impact Force)

วิธีการทดสอบมีอยู่ 2 ชนิดคือ Charpy Impact Test และ Izod Impact Test เครื่องมือ ทดสอบ ทั้ง 2 ชนิดวิธีการทดสอบของทั้ง 2 ชนิดนี้คล้ายกัน คือจะวางชิ้นงาน ทดสอบไว้รับแรงกระแทก จากการเหวี่ยงของลูกตุ้มที่น้ำหนักค่าหนึ่ง พลังงานนี้ขึ้นอยู่กับมวลของ ลูกตุ้ม และความเร็วของ มั่นขณะกระแทก จุดกระแทกจะเป็นจุดต่ำสุดของการเหวี่ยง ซึ่งลูกตุ้มมี ความเร็วมากที่สุด เมื่อ ลูกตุ้มกระทบชิ้นทดสอบ ลูกตุ้มจะเสียพลังงานไปจำนวนหนึ่งในการจะทำให้ ชิ้นทดสอบหัก พลังงานที่เสียไปนี้ก็คือ ค่า Impact Energy นั่นเอง มีหน่วยเป็น ft-lb หรือ Joule ชิ้นทดสอบจะ เป็นแท่งยาว มีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และมีรอยบากอยู่ตรง กลางรอยบากนี้จะทา เป็นรูปตัว V, U หรือรูปอื่นๆแฉ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ซึ่งมีมาตรฐานกำหนดไว้

ข้อแตกต่างระหว่าง Charpy และ Izod ก็คือ การวางชิ้นทดสอบ Charpy test จะวางชิ้น ทดสอบไว้ในแนวระดับ ให้ลูกตุ้มตกกระแทกที่ด้านตรงข้ามกับรอยบาก ส่วน Izod จะวางชิ้น ทดสอบ ไว้ในแนวตั้งและให้ลูกตุ้มกระแทกกับด้านที่มีรอยบาก อุณหภูมิมีผลต่อความแกร่งอย่าง มาก วัสดุเหนียวอาจจะเปลี่ยนเป็นวัสดุเปราะได้เมื่อ อุณหภูมิต่ำลง ถ้าเรานำค่า Impact Energy มาพลอตกับอุณหภูมิ เราจะพบว่าอุณหภูมิอยู่ช่วงหนึ่งซึ่งมี ค่าของ Impact Energy เพิ่มขึ้น อย่างรวดเร็ว ค่าอุณหภูมิในช่วงนี้เรียกว่า Impact Transition Temperature (ITT) Impact Transition Temp. นี้เป็นอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากวัสดุเหนียวมา เป็นวัสดุเปราะ คือ ช่วงที่มีค่าพลังงานสูงจะเป็นวัสดุเหนียวและช่วงที่มีพลังงานต่ำจะเป็นวัสดุเปราะ ค่า Impact energy จะไม่นามาใช้โดยตรงในการออกแบบ แต่มันมีประโยชน์ที่จะใช้เป็น แนวทางในการ ประเมินคุณสมบัติของวัสดุ เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ ๆ โดยเฉพาะพวกเหล็กที่มีค่า ITT อยู่ใกล้ กับอุณหภูมิห้อง เราจะต้องระมัดระวัง ไม่ใช้งานวัสดุที่อุณหภูมิต่ำกว่า ITT ของมัน

วิธีกำหนดค่า ITT เป็นค่าเดียว (ไม่ใช่ช่วงอุณหภูมิดังที่แสดงใน รูปที่ 2.2) มีอยู่หลายวิธี เช่น ตรวจสอบผิวรอยแตกของชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกแล้ว ใช้อุณหภูมิที่ผิวรอยแตกมี สัดส่วน ของการแตกแบบเปราะ (Brittle Fracture) กับการแตกแบบเหนียว (Ductile Fracture)

เป็น 50:50 พอดี เป็นค่า ITT (ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า Fracture Appearance Transition Temperature - FATT) แต่วิธี ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ กำหนดค่า Impact Energy ที่ต่ำค่าหนึ่ง ขึ้นมาเป็นเกณฑ์ ซึ่งถ้าวัสดุใด ทดสอบแล้วมีค่า Impact Energy ต่ำกว่านี้ก็ถือว่าเป็นวัสดุเปราะ อย่างแน่นอน แล้วกำหนดให้อุณหภูมิที่ทดสอบได้ค่า Impact Energy เท่ากับเกณฑ์นี้พอดีเป็น ITT (ITT ที่กำหนดโดยวิธีนี้เรียกว่า Ductility Transition Temperature) ค่าพลังงานแรงกระแทก ที่ใช้เป็นเกณฑ์ คือ 20 J สำหรับการทดสอบ Charpy V-Notch (ชิ้นงานมีรอยบากรูปตัว V)

2.1.2 ความเค้นกระทำต่อชิ้นทดสอบแรงกระแทก

ชิ้นทดสอบตีกระแทกจะมีร่องบาก ในขณะที่หัวค้อนกระแทกชิ้นทดสอบชิ้น ทดสอบจะทำหน้าที่เป็นคานรับภาระตัดผ่านร่องบากบริเวณขอบร่องด้านใน (มานพ ต้นตระ บัณฑิตย์ , 2546: 82-89) ในขั้นแรกแนวปฏิบัติกรรณแรงรอบรอยขอบร่องบากจะทำให้เกิดความ เค้น 2 แกน แล้วทำให้เกิดการยิดในขอบรอยบากด้านหน้า และเกิดการหดตามแนวกว้างรอย บากด้านข้าง มีผลทำให้เกิดความเค้นตึง σ_t ผลดังกล่าวชิ้นทดสอบจะรับความเค้น 3 แกน ซึ่ง ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลส่วนใหญ่ที่มีร่อง บาก, ตกป่าต่าง ๆ ก็จะได้รับความเค้น 3 แกน เช่นกันผล การตีกระแทกต่อชิ้นทดสอบสามารถสรุปผลได้

การประเมินค่าหรือการเปรียบเทียบค่าจากการทดสอบต้องมีข้อมูลดังต่อไปนี้

1. งานที่ใช้ในค้อนตี W_v
2. ลักษณะรูปร่างของชิ้นทดสอบ
3. อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ (ในกรณีที่ไม่ได้บอกมาให้ทดสอบที่ $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)
4. ทิศทางการตีชิ้นทดสอบที่ถูกตีตามแนวขวางหรือตามแนวยาว
5. งานทั้งหมดที่หัวค้อนใช้ทั้งหมดในการทดสอบ

ความแตกต่างระหว่างวัสดุที่เหนียว (คือ เหล็กกล้าโครเมียม -นิเกิล) กับวัสดุเปราะ (คือ เหล็กกล้าคาร์บอน) จะเห็นได้ตามรูปตัวอย่างของรอยแตกหักของชิ้นทดสอบ

การคำนวณหางานที่ใช้ในการตีกระแทก

$$W_v = F (H - h)$$

$$\text{หรือ } W_v = F L (\cos\beta - \cos\alpha)$$

(2.1)

2.1.3 หลักการทดสอบแรงกระแทก

ในการทดสอบโดยแรงกระแทก ส่วนใหญ่เพื่อต้องการหาความสามารถในการดิ่ง กลืน พลังงานของวัสดุภายใต้การกระแทก ซึ่งทำได้โดยใช้พลังงานกระแทกชิ้นทดสอบจน แตกหัก ตาม มาตรฐานกำหนดการทดสอบการกระแทกเหล็กกล้านั้น ต้องใช้ค้อนเหวี่ยง (Pendulum hammer) ตีชิ้น ทดสอบเพียงครั้งเดียวให้แตกหักภายใต้ภาวะที่กำหนด โดยชิ้น

ทดสอบจะต้องผ่านการตกแต่งผิวด้วย เครื่องจักรให้ได้ขนาด ให้ได้ขนาด รูปร่าง และมีร่องบากตามมาตรฐานด้วย (มณฑล ฉายอรุณ ,2531:139-138)

สำหรับหลักการทดสอบโดยแรงกระแทกวัสดุนั้น มีการทดสอบที่แตกต่างกันหลายแบบ แต่สำหรับการทดสอบแรงกระแทกเหล็กกล้า หรือโลหะแล้ว มักจะนิยมทดสอบโดยวิธีค้อนเหวี่ยง (Pendulum Test) ซึ่งมีหลักการทดสอบ

2.2 เสาคเหล็ก

เสาเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากต้องแบกรับ น้ำหนักของอาคารทั้งหลังเมื่อเสาเกิดการวิบัติหรือพังทลาย อาจส่งผลให้โครงสร้างทั้งหลังพังถล่มลงมาได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเสริมความแข็งแรงและความเหนียวให้แก่เสา เพื่อให้สามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นในที่นี้จะกล่าวถึงการเสริมเหล็กในเสา อาคารที่ยังไม่ได้ก่อสร้างและที่ ก่อสร้างไปแล้ว โดยหลักการที่คล้ายๆกัน คือ เพิ่มกำลังรับแรงและความเหนียวให้แก่เสา

เสาอาคารที่ก่อสร้างในประเทศไทย หรือประเทศที่แผ่นดินไหวเป็นภัยที่ไม่เด่นชัด มักมีขนาดเล็กใส่เหล็กเสริมน้อย เนื่องจากการออกแบบที่ผ่านมาไม่ได้คำนึงถึงแรงแผ่นดินไหว ดังนั้นเมื่อมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น เสาเหล่านี้จะมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงจนอาจทำให้เสาขาดหรือเกิดการวิบัติได้ ลักษณะการวิบัติในเสาได้แก่การเกิดรอยร้าวขนาดใหญ่ในเสา คอนกรีตกะเทาะหลุดออกมา เหล็กเสริมดิ่งหรือขาด ความเสียหายที่เกิดขึ้นแก่เสามักเกิดขึ้นที่บริเวณโคนเสา หรือ หัวเสา อาคารที่วิบัติเนื่องจากแผ่นดินไหว สำหรับ 2010 Haiti Earthquake ขนาด 7.0 เนื่องจากเสามีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน รวมถึงมีการเสริมเหล็กในเสาและจุดต่อไม่เหมาะสม การวิบัติของเสาเกิดขึ้นใน 4 ขั้นตอนดังนี้

1. แผ่นดินไหวทำให้คอนกรีตแตกกระเปาะที่หัวเสาและโคนเสา
2. คอนกรีตที่แตกกระเปาะบ่งออกหรือดันให้เหล็กแกนคด และเหล็กปลอกง้างออก
3. เมื่อเหล็กแกนคด โครงสร้างจะทรุดลงเนื่องจากน้ำหนักที่เสาต้องแบกรับไว้กดเหล็กเสริม

4. หากคอนกรีตแตกกระเปาะถึงเนื้อในและหลุดออกมา โครงสร้างจะยึดกันอยู่ด้วยเหล็กแกนเท่านั้น ซึ่งถือว่าเสาขาด โครงสร้างจะทรุดตัวอย่างมาก และถล่มลงมา

2.2.1 บริเวณที่ต้องเสริมเหล็กปลอกในเสา

เสามีหน้าที่หลักคือรับน้ำหนักในแนวดิ่งของโครงสร้างอาคาร เมื่อเกิดแผ่นดินไหวเสาต้องรับแรงกระทำทางด้านข้างด้วย ทำให้เสาเกิดการสั่นสะเทือนและหากการสั่นสะเทือนนั้นรุนแรง จะทำให้คอนกรีตกะเทาะหลุดออกมา จนเหล็กเสริมดิ่งหรือบิดเสียรูป และทำให้โครงสร้างไม่สามารถรองรับน้ำหนักได้อีกต่อไป ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการวิบัติของเสา

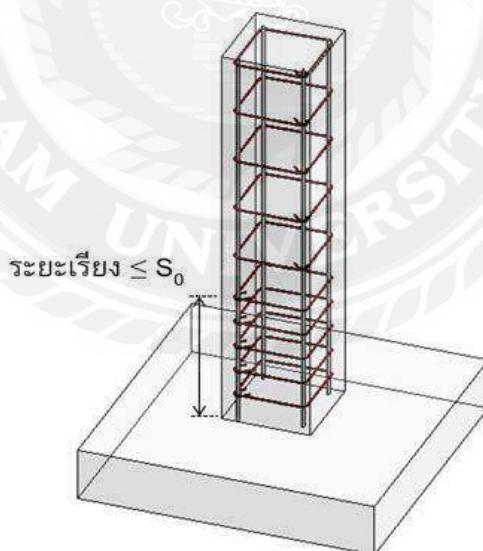
จะต้องเสริมเหล็กปลอกในช่วงระยะวิกฤติ (L_0) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดโมเมนต์ดัดมากที่สุด ซึ่งตามมาตรฐาน มยผ.1301-54 กำหนดความยาวระยะวิกฤติไว้ต้องไม่น้อยกว่าค่าดังต่อไปนี้

- (ก) 1 ใน 6 ของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา
- (ข) มิตินี้มากที่สุดของหน้าตัดเสา
- (ค) 500 มิลลิเมตร

2.2.2 การเสริมเหล็กปลอกในเสาและระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติ

สำหรับการเสริมเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติของเสา มาตรฐาน มยผ.1301-54 กำหนดไว้ว่า ในกรณีเหล็กปลอกเดี่ยว จะต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีระยะห่างไม่เกิน 50 เซนติเมตรตลอดความยาวระยะวิกฤติ (L_0) ที่วัดจากขอบของข้อต่อ โดยที่ระยะ S_0 จะต้องไม่มากกว่าระยะดังต่อไปนี้

- (ก) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กที่สุด
- (ข) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก
- (ค) ครึ่งหนึ่งของมิตินี้เล็กที่สุดของหน้าตัดเสา
- (ง) 300 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.1 การเสริมเหล็กปลอกในเสาและระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติ

2.2.3 การเสริมเหล็กปลอกในเสาและระยะเรียงของเหล็กปลอกนอกบริเวณวิกฤติ

การเสริมเหล็กในเสานอกบริเวณวิกฤติ ตามมาตรฐาน มยผ.1301-54 กำหนดว่า เหล็กยื่นทุกเส้นจะต้องมีเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 6 มิลลิเมตร พันโดยรอบ โดยมีระยะเรียงของเหล็กปลอกไม่เกิน 2 เท่าของระยะเรียงเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติ (S_0) และจะต้องจัดให้มุมของเหล็กปลอกยึดเหล็กยื่นทุกมุม

2.2.4 การทาบเหล็กยื่นในเสาและระยะทาบเหล็ก

การต่อทาบเหล็กเสริม โดยทั่วไปอาคารที่ไม่ได้ออกแบบรับแรงแผ่นดินไหว บริเวณที่ทำการต่อทาบเหล็กจะอยู่ที่โคนเสาในชั้นต่าง ๆ ของอาคาร ซึ่งถือว่าเป็นบริเวณวิกฤติ เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่เกิดโมเมนต์สูงภายใต้แรงแผ่นดินไหว เพื่อหลีกเลี่ยงการวิบัติในบริเวณดังกล่าว

มาตรฐาน มยผ.1301-54 ได้กำหนดให้ทำการต่อทาบเหล็กยื่นที่บริเวณช่วงกลางความสูงของเสา ($h/2$)

2.2.5 ตำแหน่งของเหล็กปลอกวงแรกในเสา

ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน มยผ. 1301-54 กำหนดตำแหน่งของเหล็กปลอกเสาวงแรก จะต้องอยู่ห่างจากขอบรอยต่อไม่เกิน 0.5 เท่าของระยะเรียงเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติ (S_0) โดยระยะเรียงเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติสามารถพิจารณาได้

2.2.6 การเสริมเหล็กปลอกในเสาตอม่อหรือเสาใต้ถุนบ้าน

เสาตอม่อ เป็นส่วนประกอบหนึ่งซึ่งมีความสำคัญสำหรับโครงสร้างอาคาร หน้าที่ของเสาตอม่อคือการรองรับน้ำหนักของตัวอาคารที่อยู่เหนือพื้นดินแล้วถ่ายน้ำหนักนั้นลงสู่ฐานรากต่อไป นอกจากนั้นเสาตอม่อ ยังใช้สำหรับปรับระดับความสูงของพื้นบ้านหรืออาคารให้ไต่ระดับตามที่กำหนดไว้ในแบบ โดยทั่วไปแล้วเสาตอม่อจะจมอยู่ใต้ดินและมีความสูงไม่มากนัก จึงมีลักษณะเป็น “เสาสั้น (Short Column)” แสดงลักษณะของเสาสั้นสำหรับบ้านเรือนทั่วไปในประเทศไทย

โดยปกติเสาตอม่อหรือเสาสั้นนั้น จะมีความแข็งแรงหรือ Stiffness สูงแต่มีความเหนียวต่ำ (เนื่องจากเสริมเหล็กปลอกน้อย) ส่งผลให้เมื่อเกิดแรงแผ่นดินไหวมากระทำกับอาคาร เสาตอม่อหรือเสาสั้นจะเกิดการวิบัติได้สองรูปแบบ คือ (ก) การวิบัติเฉือน และ (ข) การวิบัติแบบดัด ซึ่งเป็นการวิบัติที่เกิดขึ้นที่โคนเสาและหัวเสา

เนื่องจากเสาตอม่อเป็นโครงสร้างสำคัญที่รองรับน้ำหนักของอาคารทั้งหลาย ดังนั้น หากเสาตอม่อเกิดการวิบัติไปอาจส่งผลให้อาคารทั้งหลายถล่มลงมาได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการวิบัติที่จะเกิดขึ้นกับเสาตอม่อ จำเป็นต้องเพิ่มเหล็กปลอกเพื่อเพิ่มความเหนียวให้แก่เสาตอม่อ

สำหรับระยะเรียงของเหล็กปลอกในเสาตอม่อ แนะนำให้ใช้เท่ากับระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณวิกฤติของเสา

2.3 ค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

ค่าสัดส่วนความปลอดภัย หรือ SAFETY FACTOR

Classification of Structures	Acceptable Probability of Failure	Design Factor of Safety (S.F.)			
		Good Control	Normal Control	Poor Control	Very Poor Control
Monumental	10^{-5}	2.3	3.0	3.5	4.0 Max.
Permanent	10^{-4}	2.0	2.5	2.8	3.4
Temporary	10^{-3}	1.4 Min.	2.0	2.3	2.8

รูปที่ 2.2 ค่าสัดส่วนความปลอดภัย หรือ SAFETY FACTOR

ที่มา : <https://www.shorturl.asia/h4Hwg>

เวลาทำการออกแบบคาน้ำหนักบรรทุกความปลอดภัยของเสาเข็มนั้น ค่า Safety Factor ที่เรานิยมใช้โดยทั่วไปนั้นเท่ากับ 2.5 หรือ น้อยที่สุดเท่ากับ 2 นั้น ทางผู้ออกแบบมีเกณฑ์อย่างไรที่ใช้ในการประเมินและพิจารณาให้ค่าๆ นี้ออกมา กระบวนการและเกณฑ์ในการพิจารณาถึงค่า Safety Factor เมื่อผู้ออกแบบจะทำการประเมินค่าสัดส่วนความปลอดภัยในการออกแบบตัวเสาเข็มนั้น จะทำการคำนึงถึงองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความสำคัญของอาคาร
2. ความแปรปรวนของชั้นดิน
3. คุณภาพของกระบวนการในการเจาะสำรวจชั้นดิน
4. ประเภทและจำนวนของการทดสอบชั้นดิน
5. โอกาสที่จะมีการทำการทดสอบเสาเข็มแบบเต็มขนาด (Full Scale Load Test)
6. การควบคุมคุณภาพของการก่อสร้าง และ การควบคุมงานการก่อสร้าง
7. ความเป็นไปได้ที่น้ำหนักบรรทุกทุกในการใช้งานจะ สูง เท่ากับน้ำหนักบรรทุกในการออกแบบตลอดช่วงอายุในการใช้งานของอาคาร

องค์ประกอบดังที่ได้กล่าวอธิบายข้างต้นนั้นได้มีการพูดถึงการพิจารณาความสำคัญของอาคารด้วย จึงมีการกำหนดประเภทของอาคารไว้ 3 ประเภท คือ

1. Mounmental Structure โครงสร้างประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานเกิน 100 ปี เช่น สะพานขนาดใหญ่ อาคารพิเศษ เป็นต้น

2. Permanent Structure โครงสร้างประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานประมาณ 25 ถึง 100 ปี เช่น สะพานของถนน และ ทางรถไฟ อาคารขนาดใหญ่ เป็นต้น

3. Temporary Structure โครงสร้างประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างน้อย กล่าวคือจะต่ำกว่า 25 ปี เช่น ส่วนชั่วคราวของงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

นอกจากความสำคัญของอาคารแล้วไปยังตัว "ควบคุม" อีกประการหนึ่งด้วยที่จะสามารถนำมาใช้ประเมินลักษณะต่างๆ ของอาคารข้างต้นได้ โดยที่ตัวควบคุมนั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Good Control ถือว่าเงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่หากสามารถทำได้ จะถือว่าดีที่สุด เช่น มีลักษณะของชั้นดินมีความสม่ำเสมอโดยทราบได้จากกระบวนการเจาะสำรวจที่ดี สามารถทำการทดสอบแบบเต็มขนาดได้ ในการก่อสร้างมีการควบคุมคุณภาพดี เป็นต้น ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป

2. Normal Control เป็นลักษณะเงื่อนไขที่ดูแล้วจะสามารถควบคุมให้ออกมาเป็นจริงได้มากกว่าเงื่อนไขแรกค่อนข้างมาก เช่น พิจารณาว่าลักษณะของชั้นดินนั้นมีความสม่ำเสมอหรือไม่ สามารถทำการทดสอบเต็มขนาดได้ เป็นต้น

3. Poor Control เป็นเงื่อนไขที่ถือว่าเกือบจะแย่ที่สุดแล้ว เช่น ไม่มีการทดสอบกำลังของเสาเข็มในสนาม แต่ ยังมีการเจาะสำรวจชั้นดิน โดยที่ลักษณะของชั้นดินมีความซับซ้อน และการควบคุมการก่อสร้างไม่ดีเท่าที่ควร เป็นต้น

4. Very Poor Control เงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่มีความวิกฤติที่สุด เช่น สภาพชั้นดินนั้นมีความสลับซับซ้อน การเจาะสำรวจ และการควบคุมการก่อสร้างนั้นไม่ดี เป็นต้น

จากเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องตามที่ได้อธิบายไปข้างต้นนั้นได้มีงานที่ทำไว้ในปี คศ 1989 โดย REESE และ O'NEILL ที่ได้ให้คำแนะนำค่าสัดส่วนความปลอดภัยสำหรับฐานรากเสาเข็มรับแรงกระทำในทิศทางลงดังรูปที่ 2.1 โดยจะเห็นได้ว่าค่าสัดส่วนความปลอดภัยที่มีการให้คำแนะนำให้ใช้ตามตารางนี้จะมีค่าต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.40 ซึ่งจะเป็นค่าที่ต่ำกว่า 2.00 ที่มีความเข้าใจ และ มีการใช้งานกันอยู่เป็นประจำ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.4.1 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องทดสอบแรงดึงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (ชื่อผู้แต่ง เตชา สุขมา, สมบัติ มุกดา, เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ, ศิวะพงษ์ ลัมพาภิวัฒน์ พ.ศ.2555 การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม) การออกแบบเครื่องทดสอบแรงดึงสำหรับใช้งานในห้องปฏิบัติการ เพื่อการศึกษาคุณสมบัติการต้านทานแรงดึงของวัสดุจำพวกพลาสติก โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design: CAD) โครงสร้างชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักคานบน และชุดจับยึดชิ้นงาน (Gripper) ชิ้นส่วนต่างๆที่ผ่านการออกแบบจะทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis) หากชิ้นส่วนดังกล่าวมีค่าความปลอดภัย (Factor of Safety: FOS) ต่ำหรือมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ จะต้องนำกลับไปออกแบบใหม่ (Redesign) เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการรับแรงดึงขนาด 50,000 นิวตัน และชิ้นส่วนบริเวณที่มีค่า FOS มากกว่า 3 จะถูกตัดออกเพื่อลดขนาดและน้ำหนักของโครงสร้างให้น้อยลง ผลจากการจำลอง (Simulation) ชิ้นส่วนโครงสร้างหลักพบว่ามีค่า FOS เท่ากับ 2.3 ค่าความเค้น (Stress) มีค่าสูงสุด บริเวณพื้นที่ส่วนกลางคานบน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 121 N/m^2 ค่าความเครียด (strain) มีค่าสูงสุดบริเวณพื้นที่ส่วนกลางของคานบน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.45 mm ชิ้นส่วนคานบนพบว่ามีค่า FOS เท่ากับ 1.2 ค่าความเค้นมีค่าสูงสุดบริเวณรูเจาะสำหรับยึดแกนบอลสกรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 N/m^2 ค่าความเครียดมีค่าสูงสุดบริเวณขอบเหล็กที่เชื่อมเสริมความแข็งแรง มีค่าเท่ากับ 0.07 mm และสำหรับชุดจับยึดชิ้นงาน พบว่ามีค่า FOS เท่ากับ 2.4 ค่าความเค้นมีค่าสูงสุดบริเวณขอบด้านล่างของสกรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 115 N/m^2 ค่าความเครียดมีค่าสูงสุดบริเวณคานบนของสกรู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.023 mm เมื่อนำไปสร้างเครื่องต้นแบบ พบว่า โครงสร้างต่างๆสามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

2.4.2 การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

(ชื่อผู้แต่ง ณัฐชา มุราชัย พ.ศ.2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ปัจจุบันการใช้รถโดยสารในการคมนาคมขนส่งมีบทบาทมากยิ่งขึ้นเนื่องจากมีความสะดวกสบายและราคาประหยัด แต่รถโดยสารนั้นกลับมีระบบความปลอดภัยในระดับค่อนข้างต่ำเนื่องจากเข็มขัดนิรภัยเป็นแบบชนิด 2 จุดยึด รวมไปถึงปัญหาความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งจากข้อมูลการสืบค้นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุเมื่อรถโดยสารได้รับอุบัติเหตุผู้โดยสารที่ได้รับบาดเจ็บส่วนหนึ่งเกิดจากสาเหตุที่เบาะหรือที่นั่งหลุดออกจากจุดยึดทำให้เบาะหรือที่นั่งเคลื่อนที่มารวมกันส่งผลให้ผู้โดยสารได้รับบาดเจ็บสาหัสจนถึงขั้นเสียชีวิต กรมการขนส่งทางบกจึงได้ กำหนดมาตรฐานการทดสอบความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งอ้างอิงตามมาตรฐานยุโรป ECE Regulation No. 80 งานวิจัยนี้จึงได้นำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วย ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งเพื่อลดเวลาในการทดสอบจริงอีกทั้งยังประหยัดและง่ายต่อการปรับปรุงจุดยึดที่นั่งให้มี

ความแข็งแรงตามมาตรฐานก่อนนำไปทดสอบจริง ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่าจุดยึดที่หนึ่งของรถโดยสารยังมีความแข็งแรงไม่เพียงพอต่อมาตรฐานการทดสอบ จุดยึดที่หนึ่งสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ซึ่งจุดยึดที่หนึ่งเข้ากับพื้นมีค่าความเค้น Vonmises Stress มากกว่า ค่าความเค้นคราก จึงได้ปรับปรุงจุดยึดที่หนึ่งรถโดยสารด้วยวิธีออกแบบการทดลองที่ทำให้ได้ปัจจัย ในการปรับปรุงจุดยึดที่หนึ่งที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความเค้น Vonmises Stress ของจุดยึดที่หนึ่ง การปรับปรุงโดยใช้ปัจจัยเหล่านี้ทำให้จุดยึดที่หนึ่งมีความแข็งแรงผ่านตามมาตรฐานการทดสอบ จุดยึดที่หนึ่งของรถโดยสารขนาดใหญ่

2.4.3 การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงชุดโครงสร้างกระบะของเครื่องมือเคลื่อนย้าย ไม้ท่อนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

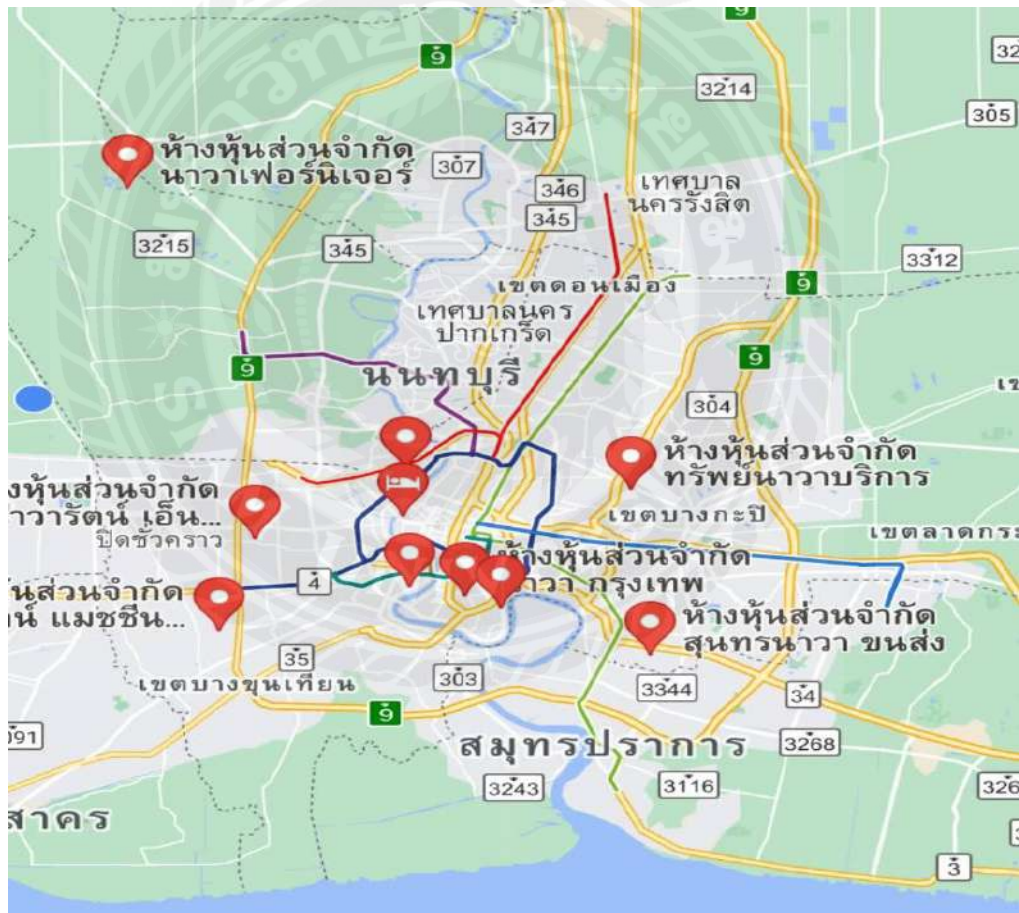
(ชื่อผู้แต่ง ศุภัสฐา หาญชนะ พ.ศ. 2552 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) การออกแบบเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนรูปแบบใหม่นั้นมาจากแนวคิดที่จะทำการรวมหลักการทำงานของรถแทรกเตอร์การเกษตร และรถงา ให้สามารถทำงานอย่างต่อเนื่องในเครื่องเดียวกัน ซึ่งการเคลื่อนย้ายไม้ท่อนในแต่ละครั้งนั้นเป็นงานที่มีน้ำหนักเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นต้องทำการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวโครงสร้างชุดกระบะเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนเป็นขั้นตอนแรกโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยใน 1)การออกแบบขนาดของโครงสร้างชุดกระบะมีความยาวเท่ากับ 6.10 เมตร ความกว้างเท่ากับ 2.00 เมตร 2) การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนต้นแบบจำลองนี้ ประกอบด้วยชิ้นงาน 2 ชิ้น คือ โครงสร้างหลัก และชุดกระบะรองรับไม้ท่อนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) โดยกำหนดโหลดที่กระทำต่อโครงสร้างหลัก ที่น้ำหนักไม้ท่อนประมาณ 4,500 kg (รวมน้ำหนักกระบะรองรับ) พบว่า ค่าความปลอดภัยของโครงสร้างหลัก มีค่าเท่ากับ 3.14 แสดงว่าเครื่องมือนี้สามารถรองรับน้ำหนักท่อนไม้ได้อย่างปลอดภัยในขณะทำงานโดยที่ตัวโครงสร้างชุดกระบะจะไม่เกิดการเปลี่ยนรูป จากผลการศึกษางานวิจัยนี้สามารถนำข้อมูลไปปรับใช้ในการสร้างเป็นเครื่องมือเคลื่อนย้ายไม้ท่อนต้นแบบจริง

บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ที่ตั้ง : ห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวากรุงเทพ (สำนักงานใหญ่)
: 3761/412 ตรอกนอกเขต ถนนจันทน์ แขวงบางโคล่ เขตบางคอ
แหลม กรุงเทพมหานคร 10120
โทรศัพท์ : 02-864 0990



รูปที่ 3.1 สถานที่ตั้งของห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวากรุงเทพ (สำนักงานใหญ่)

3.2 ลักษณะของสถานประกอบการ

รับจ้างซ่อมสร้างรถยนต์ เรือกลไฟ เครื่องจักร เครื่องยนต์ ทำถังเหล็ก โครงเหล็ก ถังน้ำมัน กิ่งโลหะ เชื่อมโลหะ ชุบโลหะ

3.3 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงาน : นายธีรเดช ธรรมมณูญกุล ได้ปฏิบัติงานในตำแหน่ง ผู้รับเหมาทำ
ภายใน

ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย ทำเอกสารต่างๆ ของบริษัท และคุมหน้างาน และ
ประชุมความคืบหน้า

3.4 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

นาย ณัฐสันต์ ธรรมมณูญกุล ตำแหน่ง เจ้าของบริษัท

3.5 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

ประมาณ 4 เดือน

3.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.6.1 ปรึกษากับผู้รับเหมาที่เสี่ยงเรื่องของการวิเคราะห์หาแรงกระแทกและค่า
ความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

1.1 ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาแรงกระแทกและค่าความปลอดภัยของเสา
เหล็กที่จอดเรือ

3.6.2 ดึงหัวข้อโครงงาน

2.1 หาหัวข้อโครงงาน โดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ใน
การทำโครงงาน รวมถึงขอคำแนะนำเมื่อเจอปัญหาในการทำโครงงาน

3.6.3 การศึกษาเกี่ยวกับเสาเหล็กที่จอดเรือ

3.1 ทำการสำรวจที่จอดเรือ

3.2 ปัญหาที่พบคือการวิเคราะห์หาแรงกระแทกและค่าความปลอดภัยของเสา
เหล็กที่จอดเรือ

3.6.4 การศึกษาอุปกรณ์และออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพค่าความ
ปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

4.1 ศึกษาเกี่ยวกับเสาเหล็กที่จอดเรือ

4.2 ออกแบบเพื่อปรับปรุงเสาเหล็กที่จอดเรือให้เหมาะสมกับการใช้งาน

4.3 เลือกขนาดและความแข็งแรงของเสาเหล็กที่จุดเดือ

3.6.5 จัดทำเอกสารประกอบรูปเล่มโดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาคอยให้คำแนะนำในการทำรูปเล่ม

5.1 ศึกษาการทำรูปเล่มสหกิจโดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

5.2 จัดทำรูปเล่มโครงงานสหกิจศึกษา

3.6.6 ตรวจสอบรายละเอียดของโครงงานว่ามีเนื้อหาที่ครบถ้วนและถูกต้องเหมาะสม

6.1 ตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยของรูปเล่ม การจัดหน้ากระดาษ ย่อหน้า การจัดวางรูปภาพ และตัวสะกดให้ถูกต้อง

ตารางที่ 3.1 แผนงานการประกอบเสาเหล็ก

แผนงานการประกอบเสาเหล็ก Ø 14 x 21.00 ม. X 9 มม. จำนวน 14 ต้น

ลำดับ	รายการ	พ.ย.-64																														หมายเหตุ
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	(จำนวนวัน)						
1	พ่นทรายท่อ/ทาสีชั้นที่1																										3 วัน					
2	ประกอบท่อไฟได้ยาว 21 เมตร																										7 วัน					
3	ตรวจสอบแนวเชื่อมต่อโดยวิธี PT																										1วัน					
4	ประกอบ Sleeve เขากับรอยต่อของท่อทุกจุด																										6 วัน					
5	ทาสีท่อ ชั้นที่ 2																										1 วัน					
6	ทาสีท่อ ชั้นที่ 3																										1 วัน					
7	นำท่อเหล็กพร้อมโประบับันจันไปที่กองบริการ																										1 วัน					

หมายเหตุ Penetrant Testing - PT

3.7 การคำนวณการวิเคราะห์หาแรงกระทำและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็ก

ในการพิจารณาแรงกระทำของเรือที่กระทำต่อโครงสร้างท่าเทียบเรือนั้น ได้มีการคำนวณพลังงานและแรงจากการเทียบเรือดังต่อไปนี้

$$V^2 = u^2 + 2as$$

โดย u^2 = ความเร็วต้น, m/s

a = ความเร่ง, m/s²

s = ระยะทาง, m

$$0^2 = (1 \text{ m/s})^2 + 2a(1\text{m})$$

โดย (1 m/s) = ความเร็วต้น, m/s

a = ความเร่ง, m/s²

(1m) = ระยะทาง, m

$$F = m a$$

โดย m = มวลของวัตถุ, kg

a = ความเร่ง, m/s²

$$V^2 = u^2 + 2as$$

$$0^2 = (1 \text{ m/s})^2 + 2a(1\text{m})$$

$$\frac{(-1 \text{ m} \cdot \frac{m}{s^2})}{2 \cdot (1\text{m})} = a$$

$$\frac{-1 \text{ m}}{2 \text{ s}^2} = a$$

$$a = \frac{1}{2} \text{ m/s}^2$$

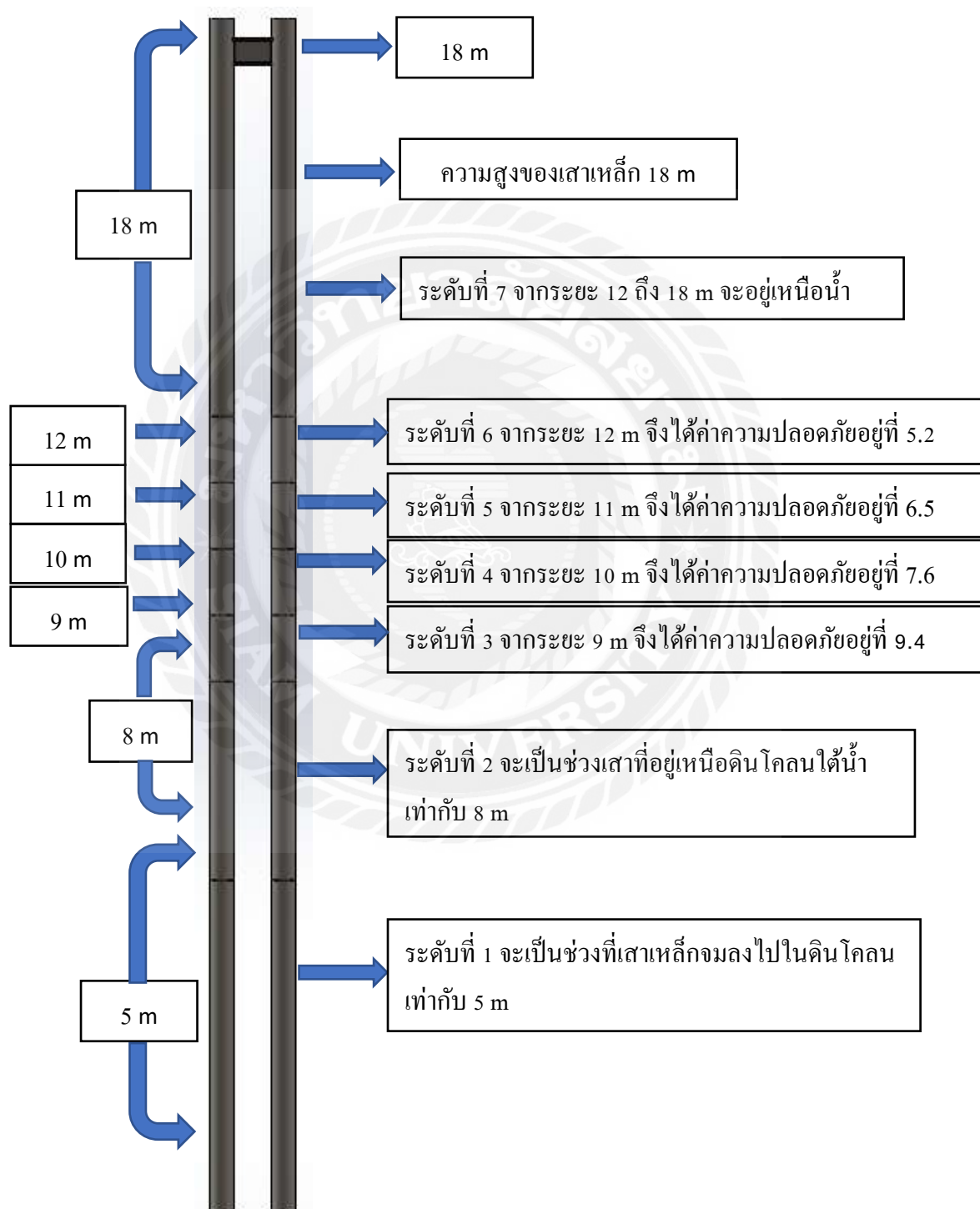
$$F = m a$$

$$F = (15,550 \text{ kg}) \left(\frac{1}{2} \text{ m/s}^2 \right)$$

$$F = 7,775 \text{ N}$$

3.8 การทดสอบเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็ก

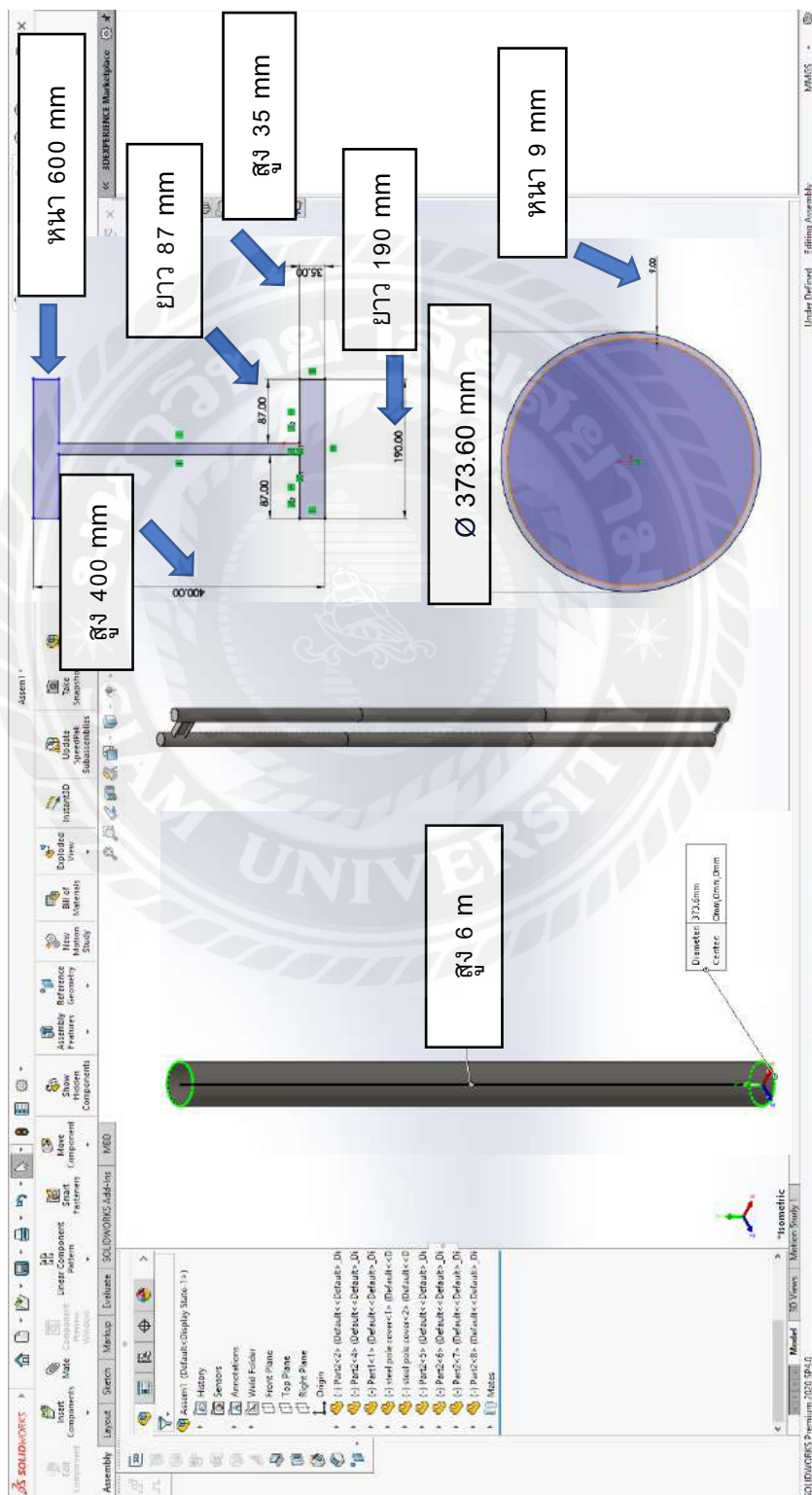
จุดประสงค์ในการทดสอบครั้งนี้เพื่อหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอตเรียกว่าค่าความปลอดภัยที่ได้อยู่ที่เท่าไร เราจึงทดสอบ ความสูงที่ 3 ระดับเพราะระดับน้ำจะไม่เท่ากันในแต่ละวัน



รูปที่ 3.2 การทดสอบเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเสาเหล็ก

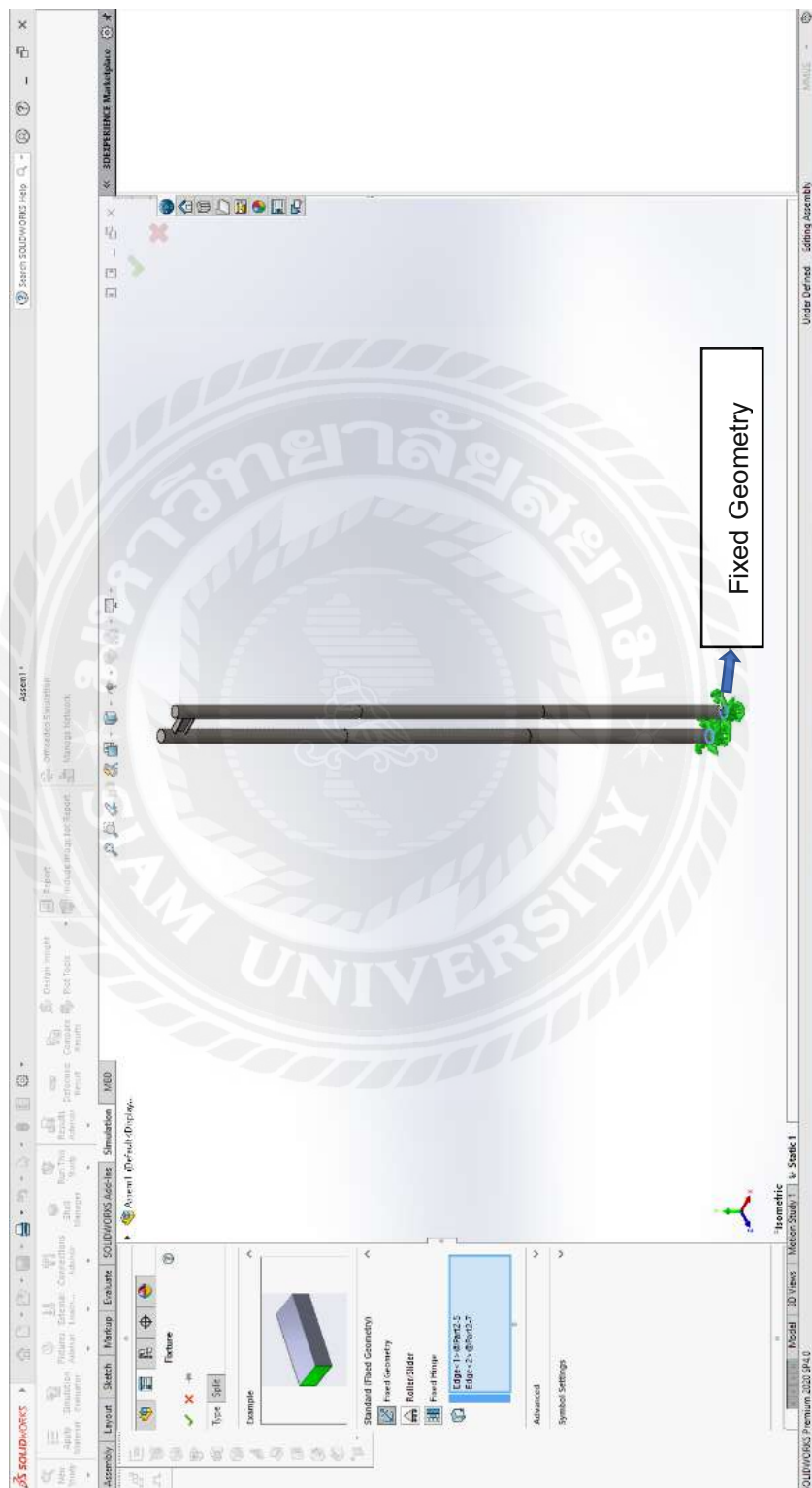
3.9 ขั้นตอนและวิธีการ Simulation

3.9.1 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของเสาเหล็กที่จอตเรือโดยใช้โปรแกรมเขียน SOLIDWORKS



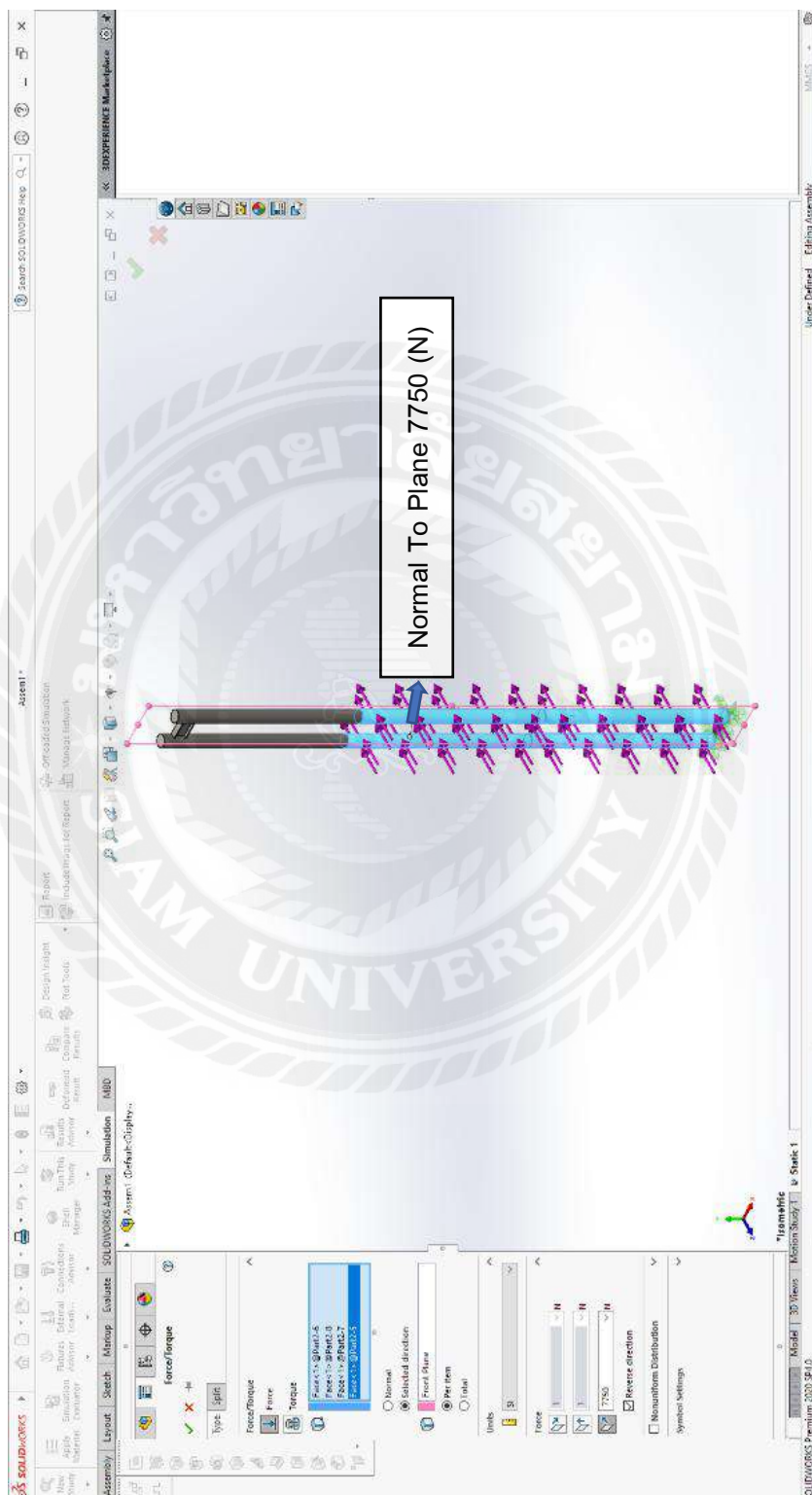
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบโครงสร้างของเสาเหล็ก

3.9.2 ขั้นตอนการกำหนดจุดยึดโครงสร้างของเสาเหล็กที่จ่อเรือด้วยคำสั่ง Fixed



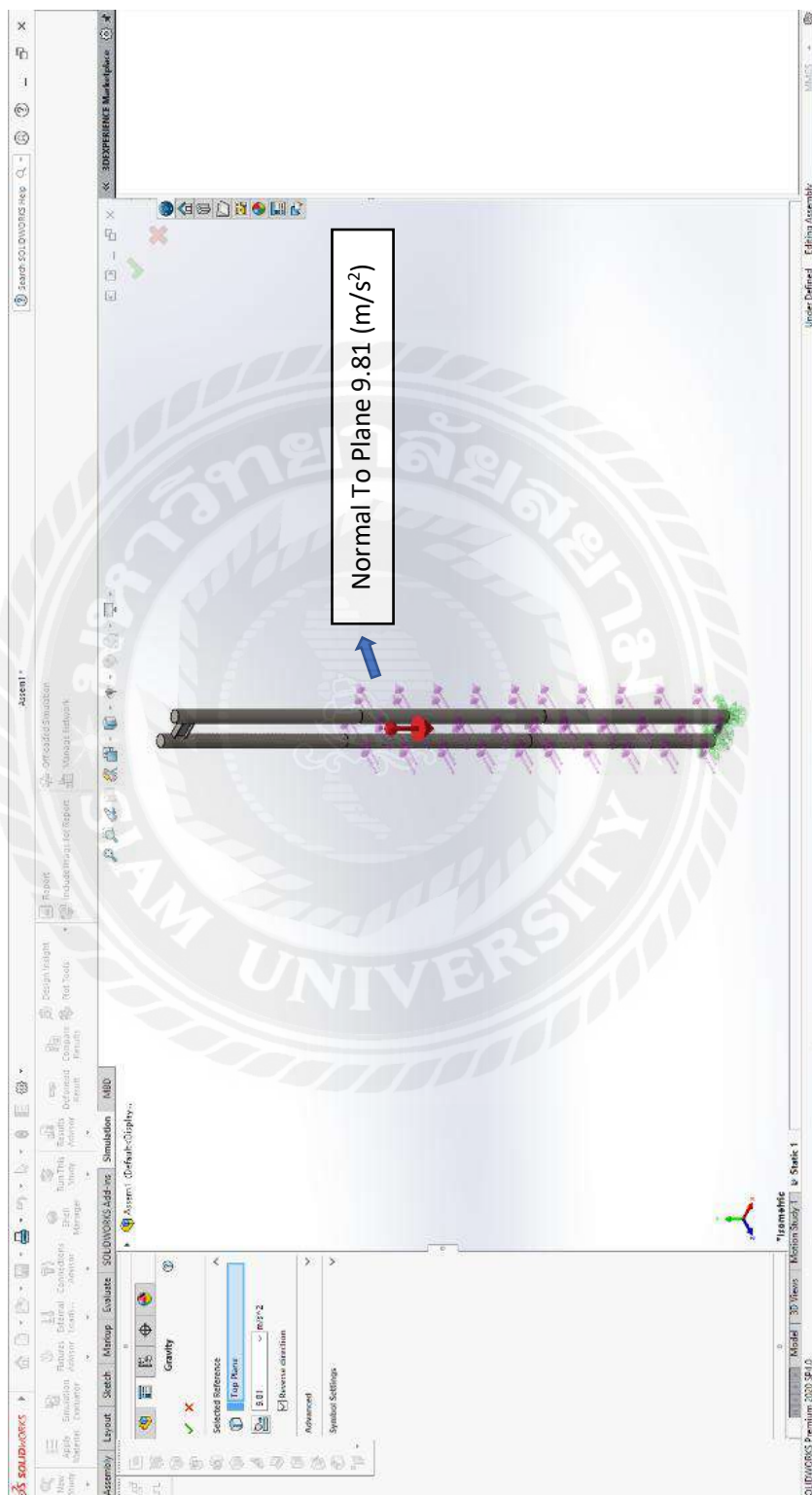
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการกำหนดจุดยึดโครงสร้างของเสาเหล็กด้วยคำสั่ง Fixed

3.9.3 ขั้นตอนทำการกำหนดแรงที่กระทำกับโครงสร้างของเสาเหล็กที่จอดเรือโดยที่แรงที่กระทำคิดได้จากน้ำหนักของเรือเวลากำลังจะเทียบกับท่าเรือ



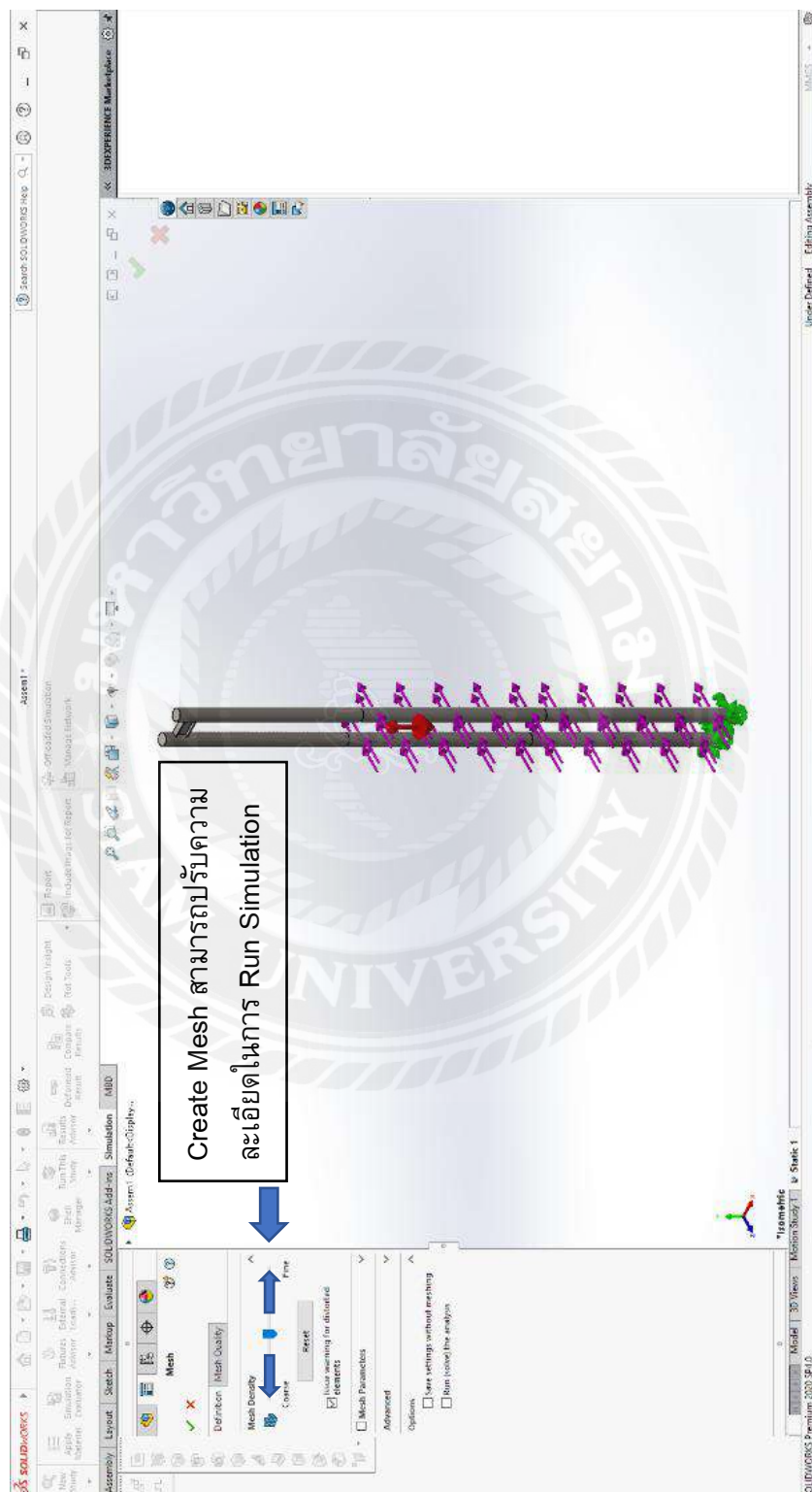
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการกำหนดแรงที่กระทำกับโครงสร้างของเสาเหล็ก

3.9.4 ขั้นตอนทำการกำหนดค่าของแรงโน้มถ่วงเท่ากับ 9.81 m/s^2



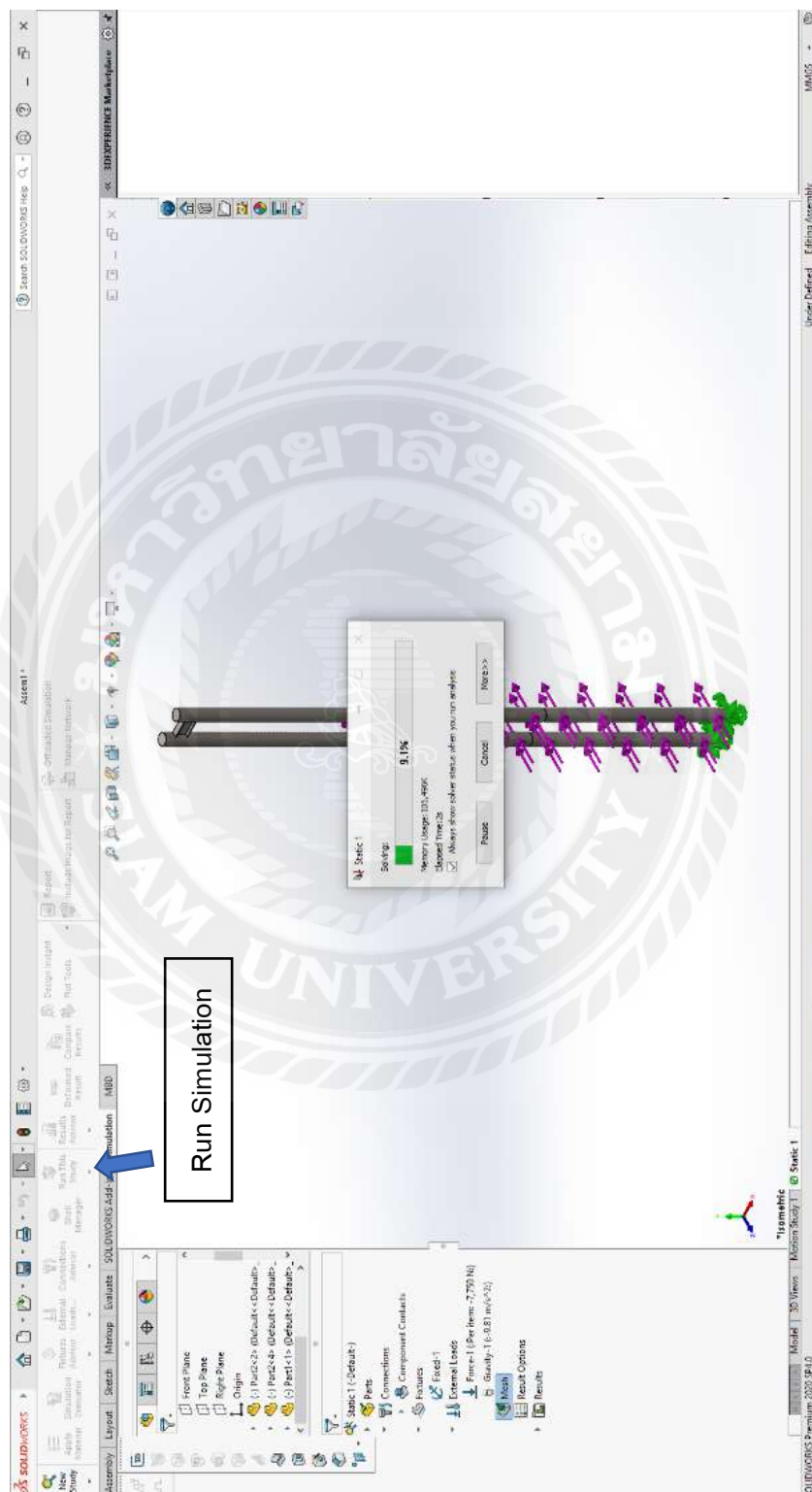
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการกำหนดค่าของแรงโน้มถ่วง

3.9.5 ขั้นตอนทำการกำหนด Create Mesh



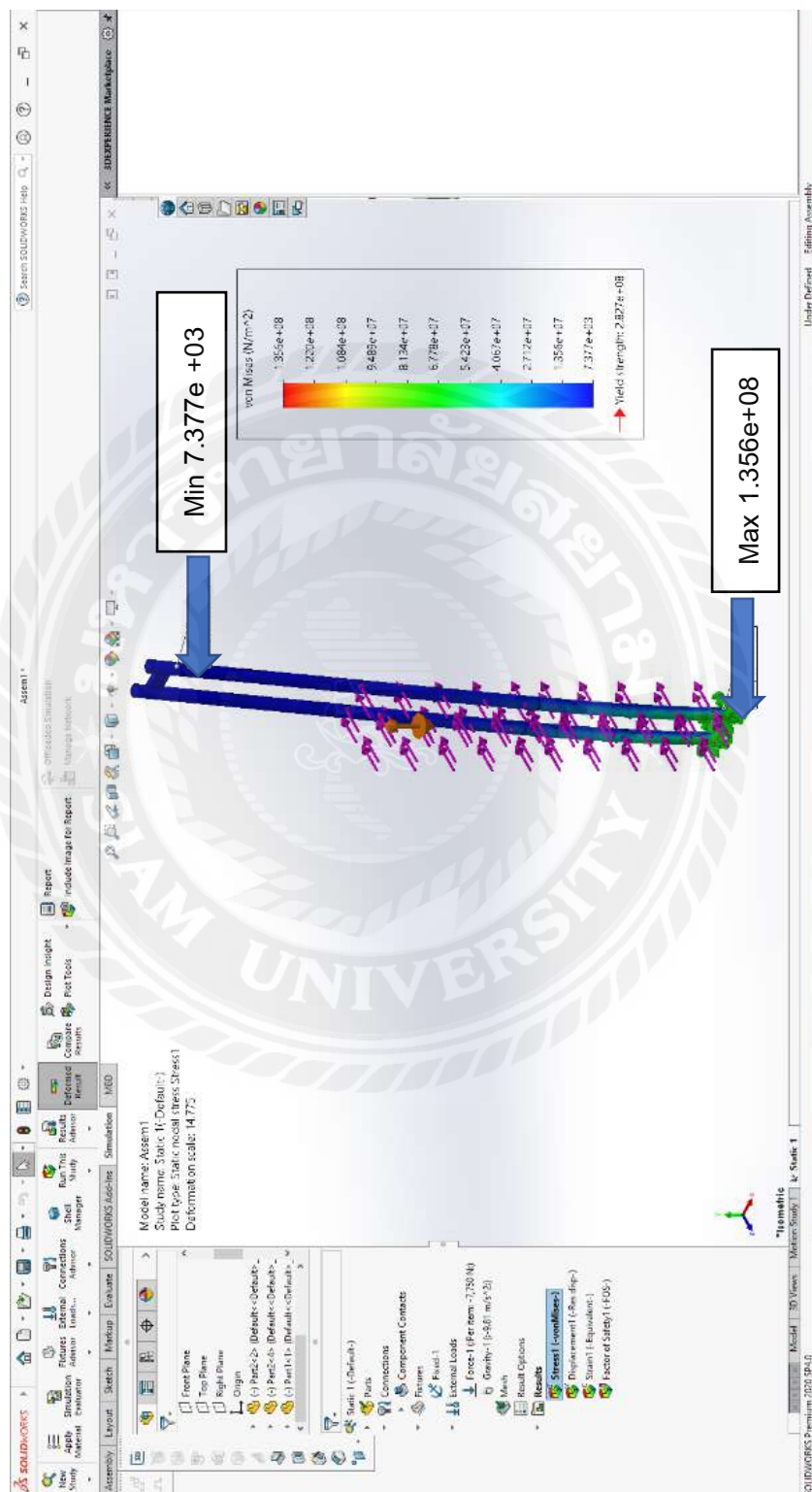
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการกำหนด Create Mesh

3.9.6 ขั้นตอนทำการ Run Simulation



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการ Run Simulation

3.9.7 ขั้นตอนการตรวจสอบค่า Stress Max จะเท่ากับ $1.356 \times 10^8 \text{ N/m}^2$



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการตรวจสอบค่า Stress Max

3.10 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

ฮาร์ดแวร์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ Lenovo
2. โทรศัพท์มือถือ ยี่ห้อ Samsung
3. เครื่องคิดเลข ยี่ห้อ Casio

ซอฟต์แวร์

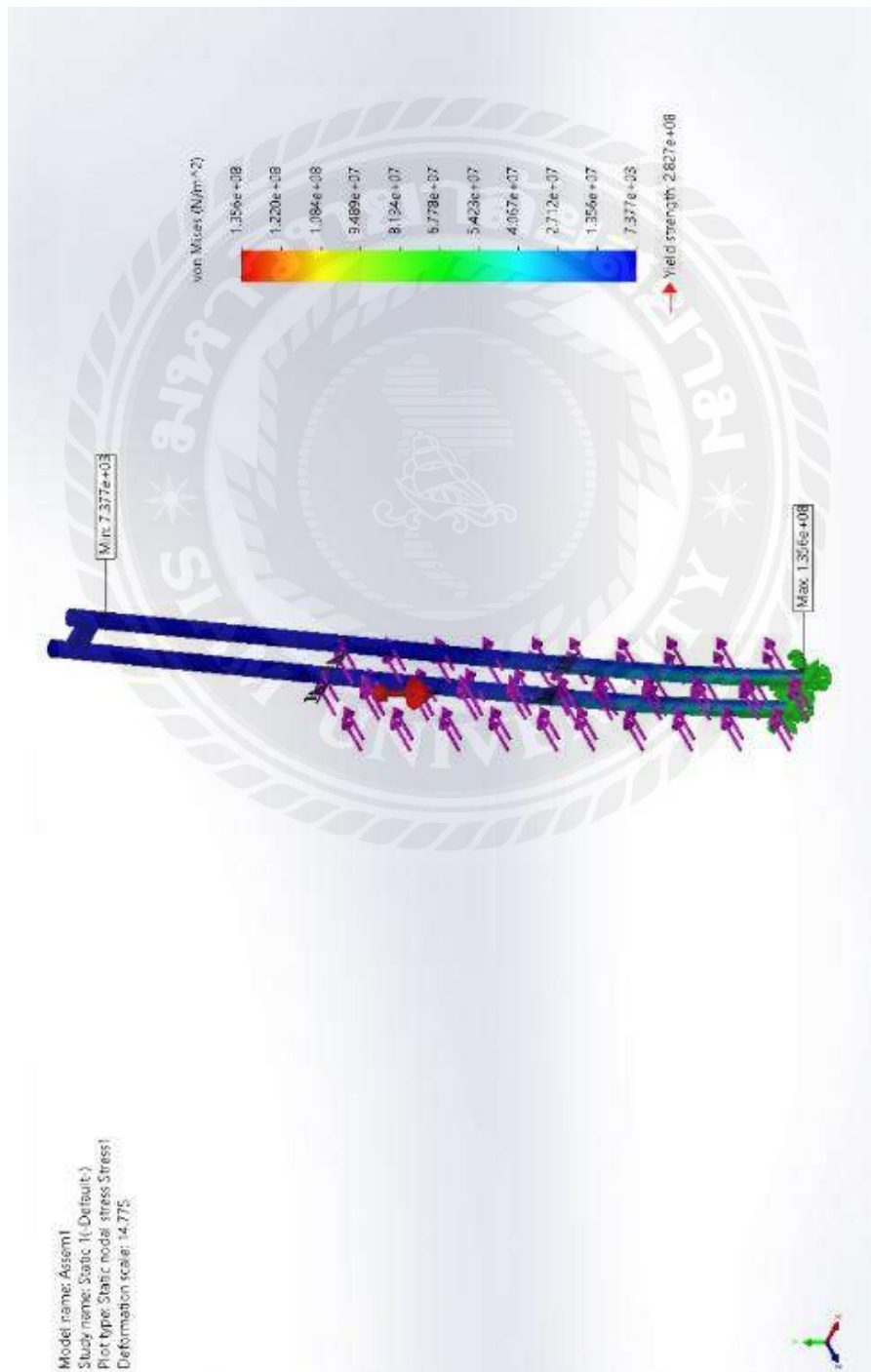
1. โปรแกรม Microsoft Word
2. โปรแกรม Microsoft Power Point
3. โปรแกรมสำเร็จรูป



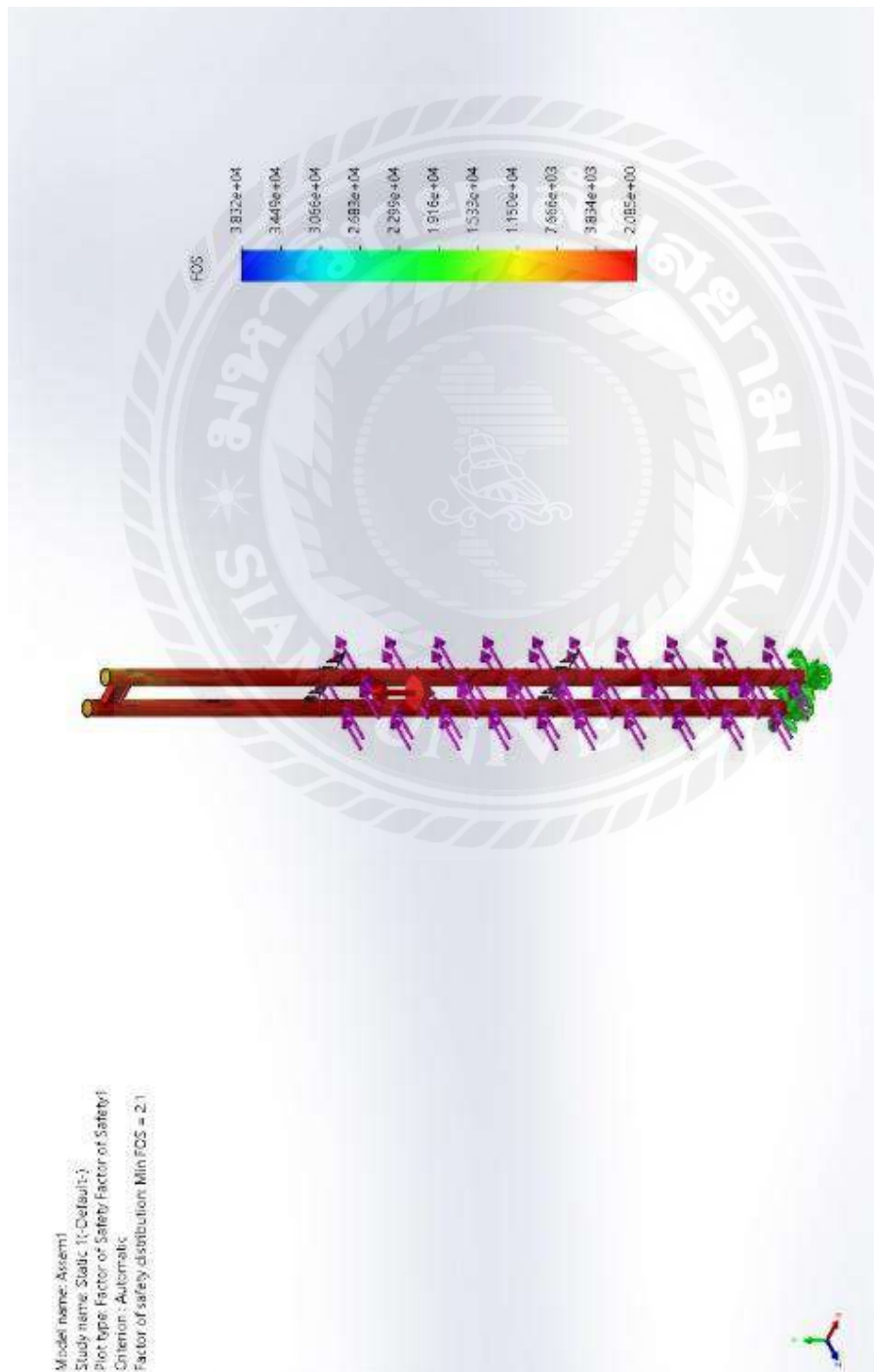
บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงาน

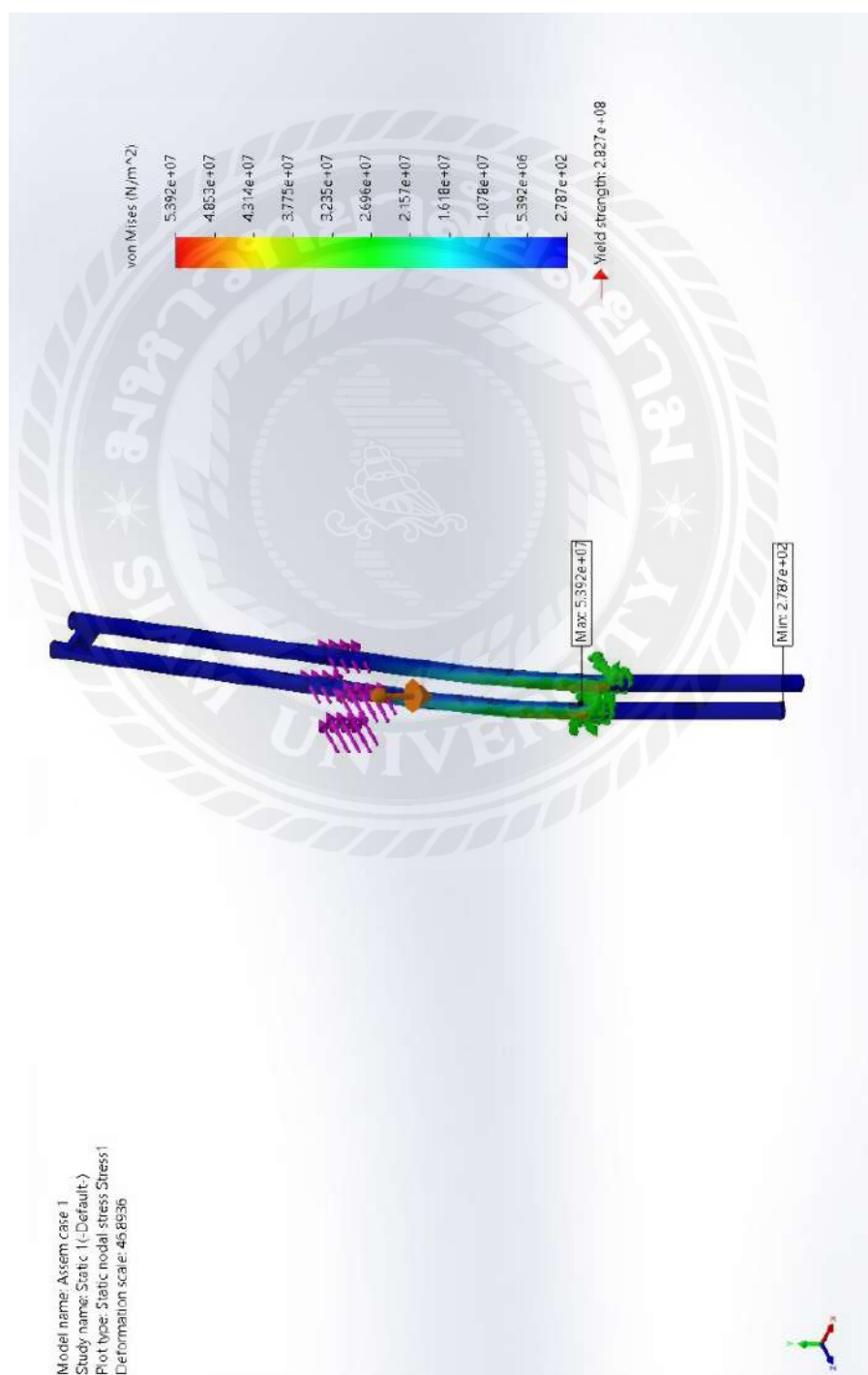
4.1 ผลการปฏิบัติงานการวิเคราะห์หาแรงกระทำและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็ก



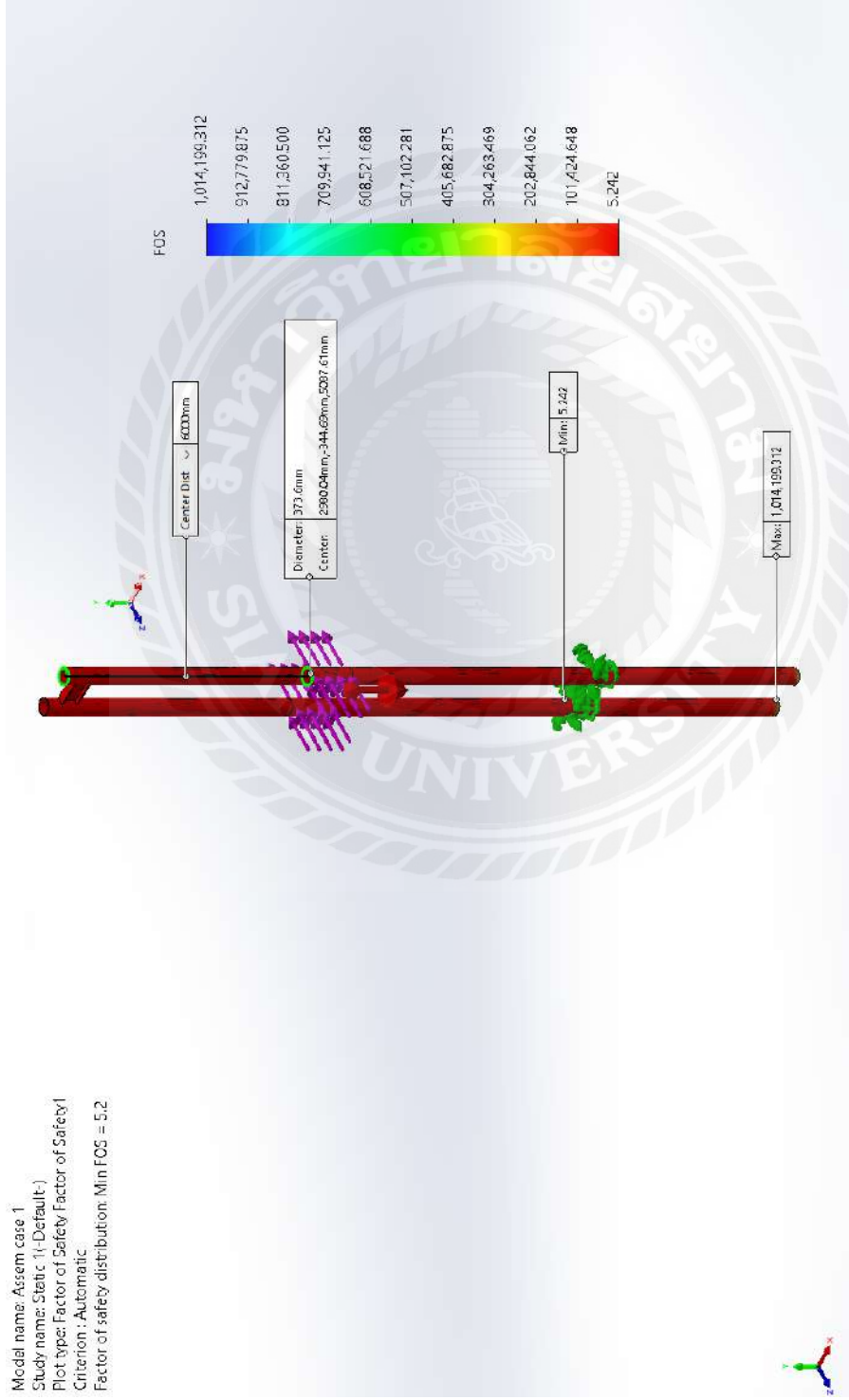
รูปที่ 4.1 ค่า Stress Max จะอยู่ที่ $1.356 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ และค่า Yield Strength เท่ากับ $2.827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$



รูปที่ 4.2 ค่า Factor of Safety เท่ากับ 2.1

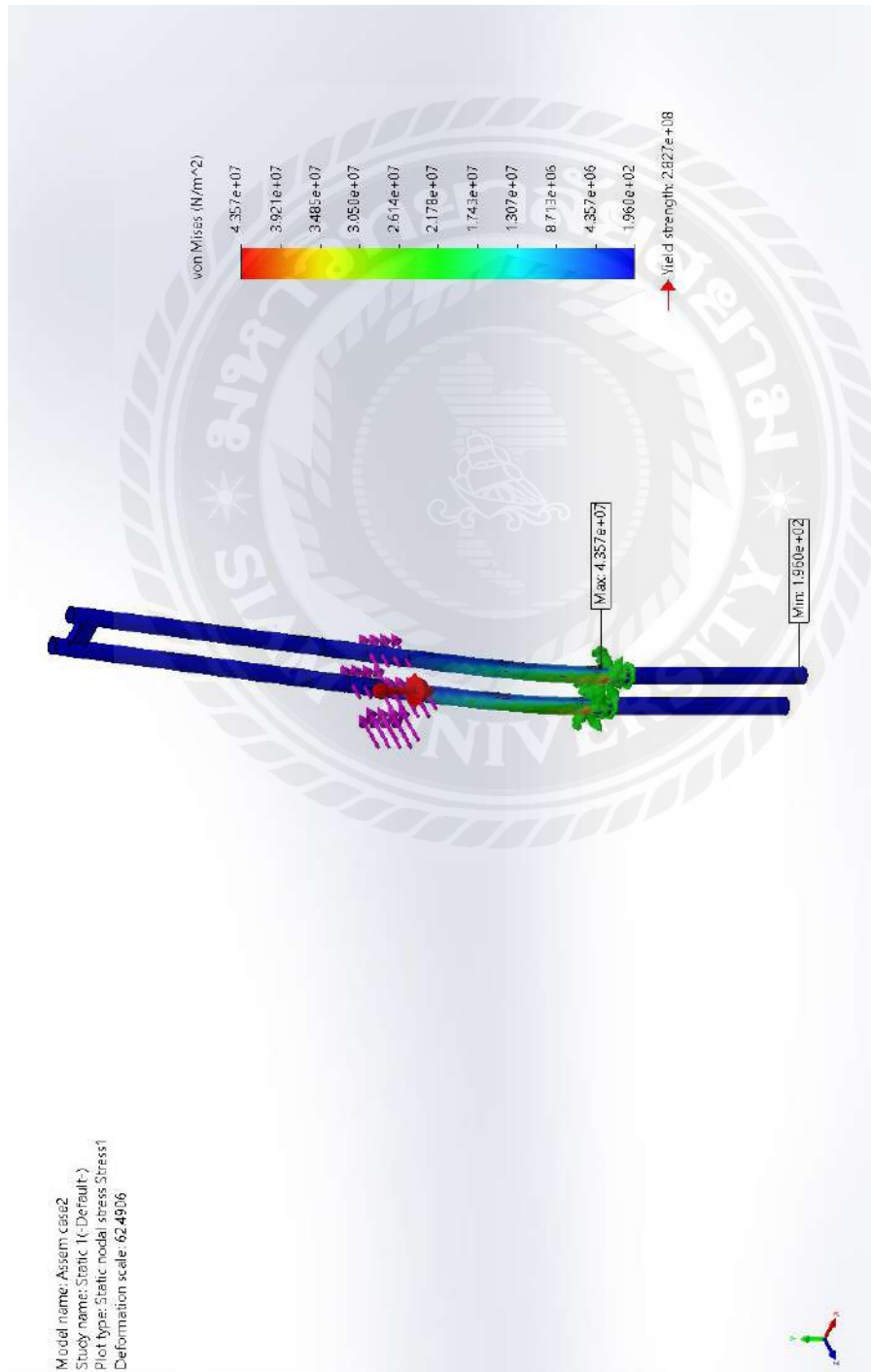


รูปที่ 4.3 ค่า Stress Max จะอยู่ที่ 5.392×10^7 N/m² และค่า Yield Strength เท่ากับ 2.827×10^8 N/m²

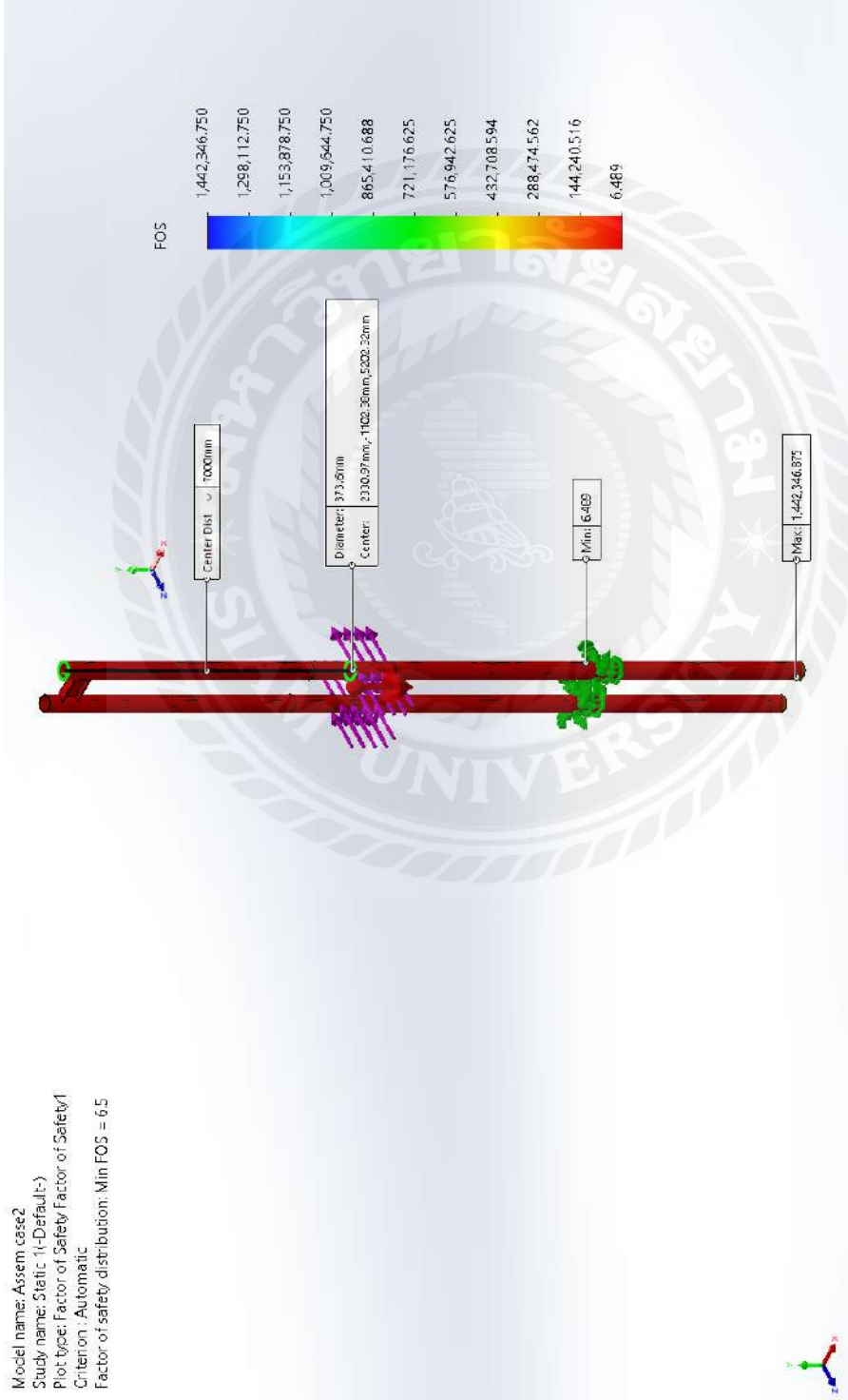


รูปที่ 4.4 ค่า Factor of Safety เท่ากับ 5.2

Case 1.ค่านี้มาจากระยะความสูงของเสา 6 เมตร ที่เราเลือกจุดกระแทกที่มีระดับน้ำสูงที่สุดที่เรือมากระแทกที่ตัวเสา

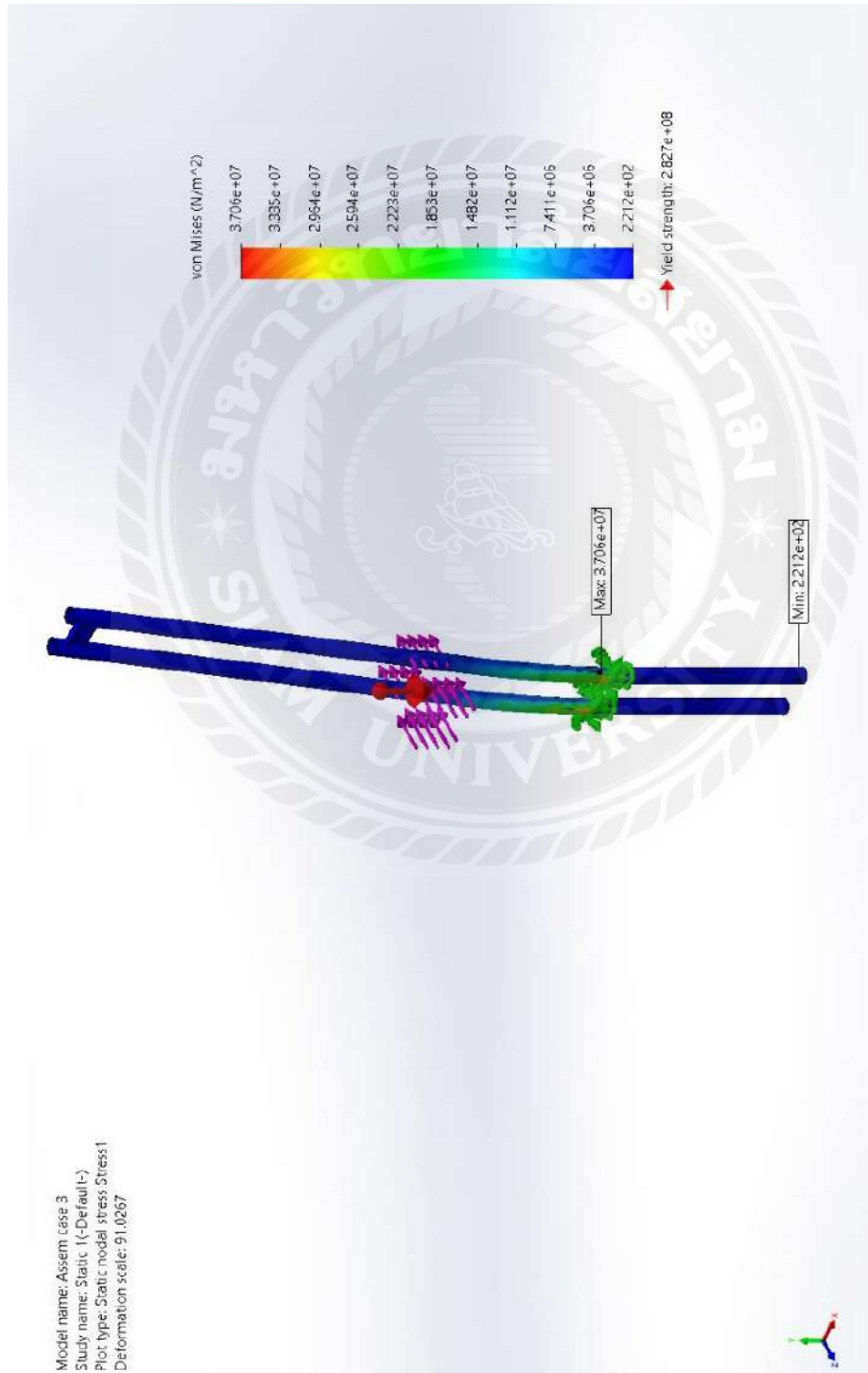


รูปที่ 4.5 ค่า Stress Max เท่ากับ 4.357×10^7 N/m² และมีค่า Yield Strength เท่ากับ 2.827×10^8 N/m²

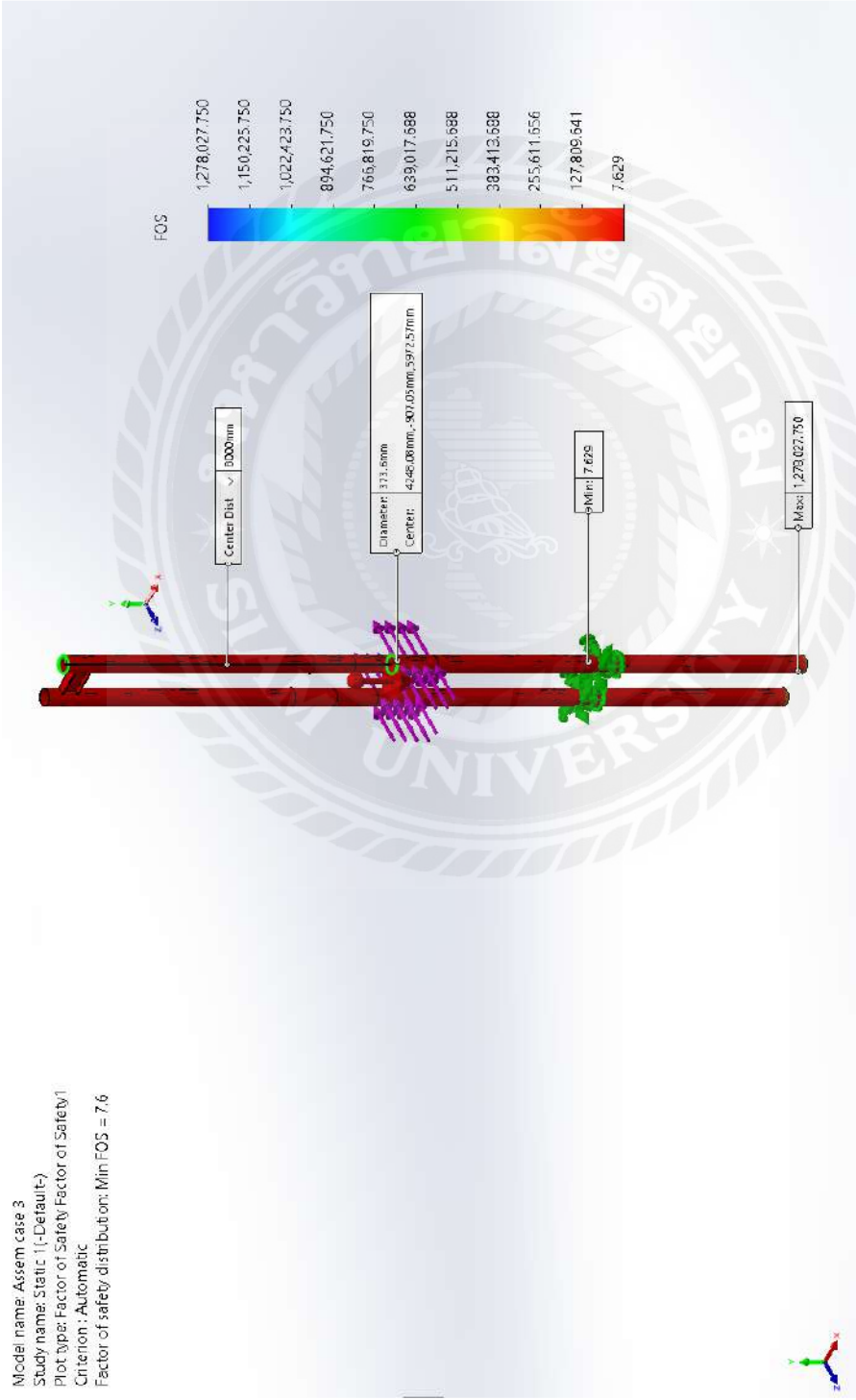


รูปที่ 4.6 ค่า Factor of Safety เท่ากับ 6.5

Case 2.เป็นจุดที่ 2 ที่ระดับน้ำลดลงมาระหว่างวันอยู่ที่ระยะความสูงของเสา 7 เมตร แล้วเป็นตำแหน่งที่เรือกระแทกจอด

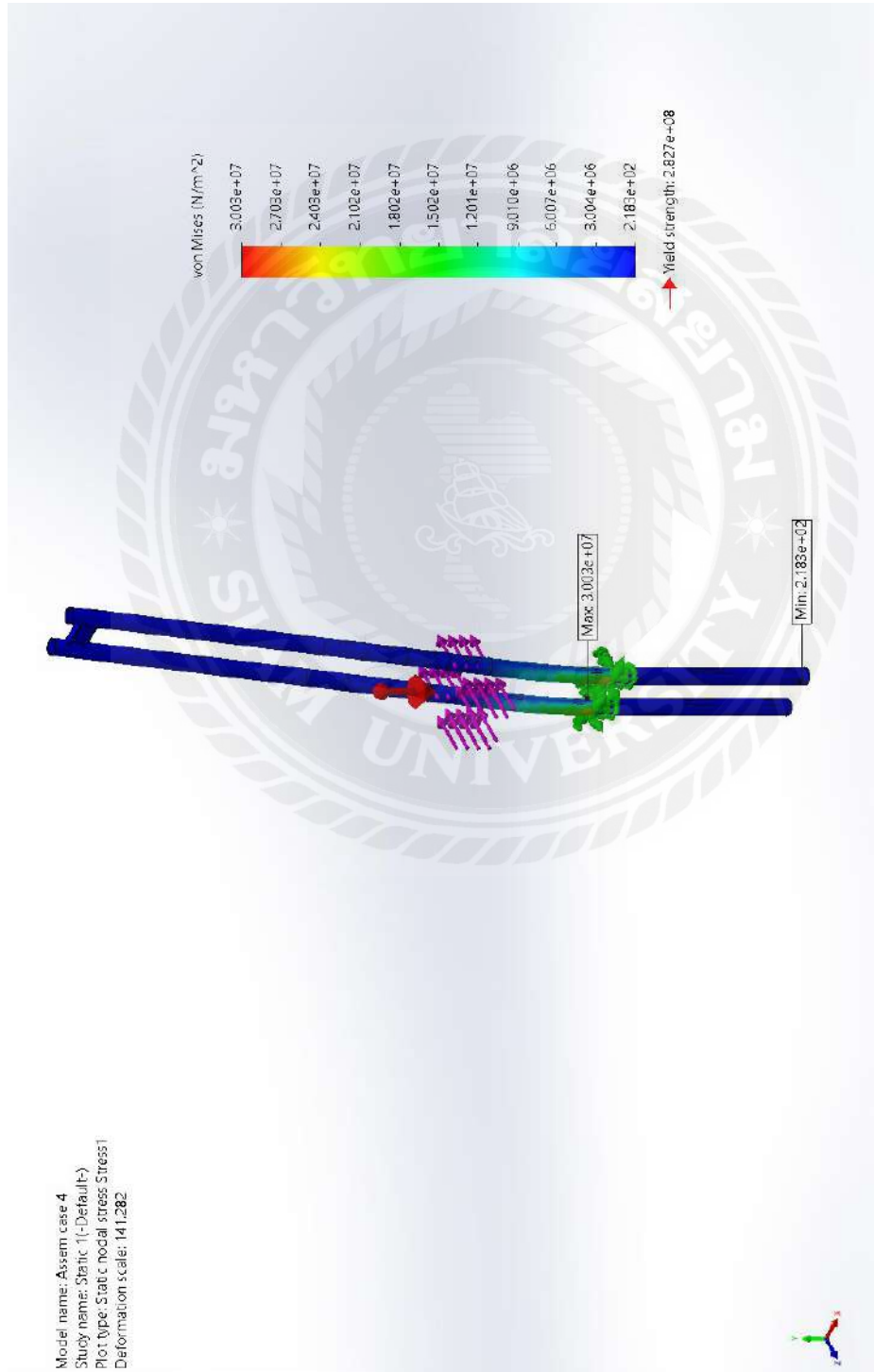


รูปที่ 4.7 ค่า Stress Max จะอยู่ที่ $3.706 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ และมีค่า Yield Strength เท่ากับ $2.827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

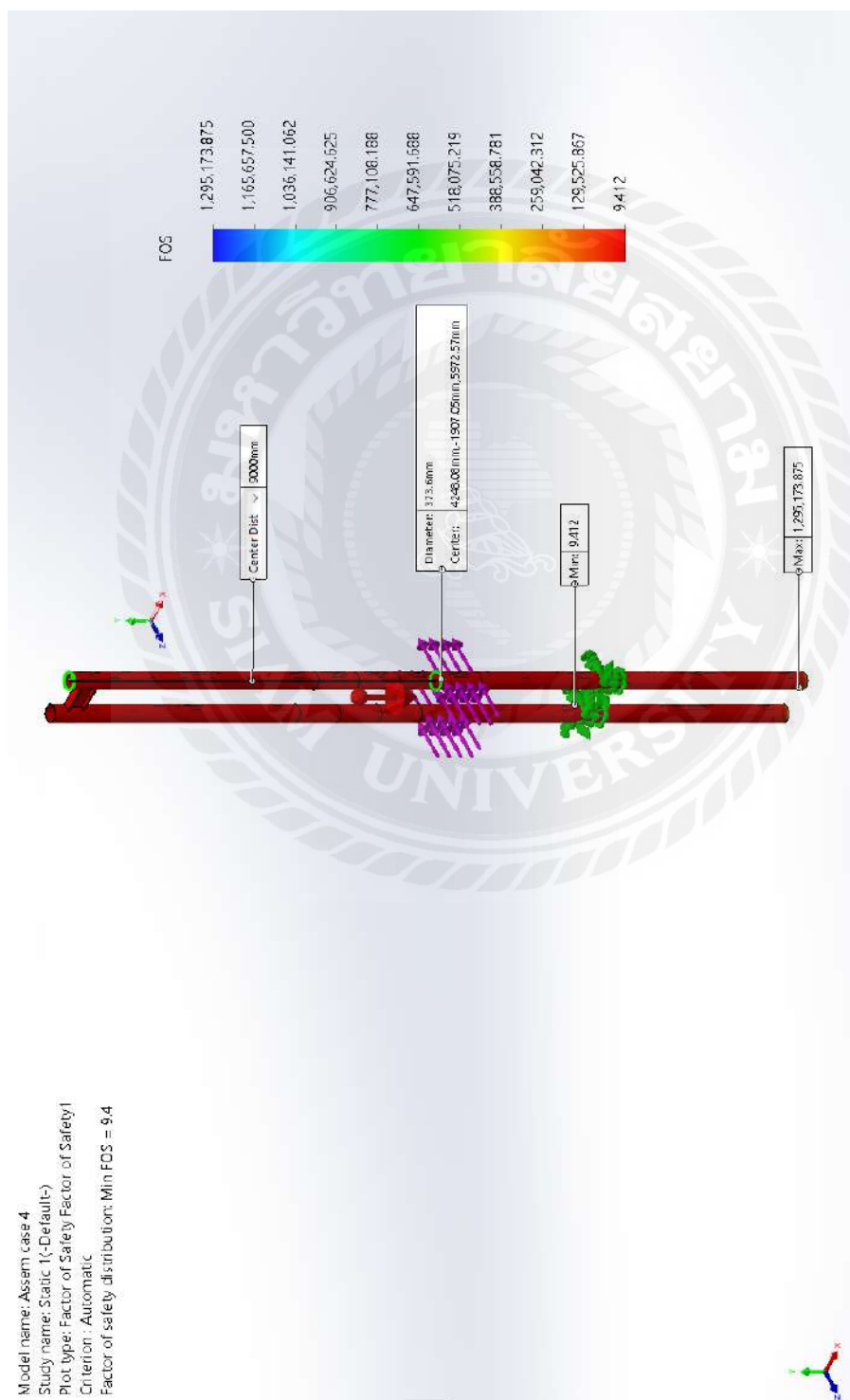


รูปที่ 4.8 ค่า Factor of Safety เท่ากับ 7.6

Case 3.เป็นระยะความสูงของเสา 8 เมตร จุดที่ 3 ที่ระดับน้ำลดลงมากกว่าจุดที่ 2 แล้วเป็นตำแหน่งที่เรือกระแทกจุด



รูปที่ 4.9 ค่า Stress Max จะอยู่ที่ 3.003×10^7 N/m² และมีค่า Yield Strength เท่ากับ 2.827×10^8 N/m²



รูปที่ 4.10 ค่า Factor of Safety เท่ากับ 9.4

Case 4: เป็นระยะความสูงของเสา 9 เมตร จุดที่ 3 ที่ระดับน้ำลดลงมากกว่าจุดที่ 2 แล้วเป็นตำแหน่งที่เรือกระแทกจอด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

ผลสรุปการวิเคราะห์หาแรงกระทำและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ กองบริการ ฝ่ายการร่อนน้ำ การท่าเรือแห่งประเทศไทย ได้มอบหมายให้ ห้างหุ้นส่วนจำกัด นาวากรุงเทพ (สำนักงานใหญ่) ทำการรับเหมางานปักเสาเหล็ก จำนวน 14 ต้น ให้กับทางท่าเทียบเรือกองบริการ ฝ่ายการร่อนน้ำ การท่าเรือแห่งประเทศไทย

ในการออกแบบเสาเข็มและฐานรากที่ใช้ในโครงสร้างท่าเทียบเรือ การคิดค่าน้ำหนักหรือแรงกระทำต่อโครงสร้างท่าเทียบเรือคำนวณจาก น้ำหนักของตัวท่าเทียบเรือและน้ำหนักจร (Live load) เช่น น้ำหนักบรรทุก เป็นต้น รวมถึงแรงกระทำด้านข้างจากการกระทำของเรือ (Impact load) ซึ่งเสาเข็มที่ออกแบบสามารถรองรับแรงกระทำตามแนวแกน (Axial load) และแรงจากโมเมนต์ดัด (Bending moment) หรือแรงที่กระทำจากด้านข้าง (Lateral loading) ที่เกิดขึ้นได้นอกจากนี้ตัวเสาเข็มได้ออกแบบให้สามารถทนต่อการกัดกร่อนจากน้ำทะเล (Erosion) ได้โดยผู้ออกแบบได้ออกแบบให้เสาเข็มเป็นเสาเข็มเหล็ก (Steel pipe pile) แบบตอก(Driven pile) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 700 มิลลิเมตร หยั่งลึกลงไปถึงระดับประมาณ 10 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (MSL.) โดยมีขีดความสามารถในการรับน้ำหนักในแนวตั้ง 130 ตัน ออกแบบโดยวิธี Allowable Stress Design มีค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) เท่ากับ 2.5 การออกแบบเสาเข็มและฐานรากยังได้พิจารณาการป้องกันการสึกกร่อน (Corrosion Protection)ของเสาเข็มเหล็กขนาดหนา 9 โดยเราได้ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม Solidworks ในการหาค่าความปลอดภัยโดยเราได้ใส่ค่าวัสดุตามจริงและได้ทดลองจุดที่มีการกระทำทั้งหมด 4 จุดหลัก

จุดที่ 1 ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Stress Max เท่ากับ 5.392×10^7 N/m²และมีค่า Yield Strength เท่ากับ 2.827×10^8 N/m² ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety อยู่ที่ 5.2 จุดที่ 1.ค่านี้มาจากระยะความสูงของเสา 6 เมตร ที่เราเลือกจุดกระทำที่มีระดับน้ำสูงสุดที่เรือมากระทำที่ตัวเสา

จุดที่ 2 ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Stress Max เท่ากับ 4.357×10^7 N/m²และมีค่า Yield Strength อยู่ที่ 2.827×10^8 N/m² ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety อยู่ที่ 6.5 จุดที่ 2.เป็นจุดที่ 2 ที่ระดับน้ำลดลงมาระหว่างวันอยู่ที่ระยะความสูงของเสา 7 เมตร แล้วเป็นตำแหน่งที่เรือกระทำจอด

จุดที่ 3 ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Stress Max เท่ากับ 3.706×10^7 N/m² และมีค่า Yield Strength อยู่ที่ 2.827×10^8 N/m² ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety อยู่ที่ 7.6 Case 3. เป็นระยะความสูงของเสา 8 เมตร จุดที่ 3 ที่ระดับน้ำลดลงมากกว่าจุดที่ 2 แล้วเป็นตำแหน่งที่เรือกระแทกจอด

จุดที่ 4 ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Stress Max เท่ากับ 3.003×10^7 N/m² และมีค่า Yield Strength อยู่ที่ 2.827×10^8 N/m² ขั้นตอนตรวจสอบและผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety อยู่ที่ 9.4 จุดที่ 4. เป็นระยะความสูงของเสา 9 เมตร จุดที่ 3 ที่ระดับน้ำลดลงมากกว่าจุดที่ 2 แล้วเป็นตำแหน่งที่เรือกระแทกจอด

สรุปค่าความปลอดภัยที่ได้ทำการทดสอบในการกระแทกเสาทั้ง 4 จุดซึ่งจุดที่ 4 จะมีค่าความปลอดภัยอยู่ที่ 9.4 ซึ่งเป็นระยะความสูงของเสา 9 เมตรและเป็นจุดที่แข็งแรงที่สุด

5.2 ปัญหาในการปฏิบัติงาน

5.2.1 เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19 ทำให้การไปสำรวจสถานที่ค่อนข้างยาก

5.2.2 เนื่องจากในการออกแบบจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลผู้ออกแบบก่อนทำการลงมือคำนวณเพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ผู้ปฏิบัติงานควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาแรงกระแทกและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ

5.3.2 ผู้ปฏิบัติงานควรวางแผนการปฏิบัติงานและกำหนดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน

บรรณานุกรม

กรมการขนส่งทหารเรือ. (2556). *บัญชียานพาหนะทางน้ำ*. กองทัพเรือ.

https://www.transport.navy.mi.th/download/401ts_boat.pdf

ณัฐชา มุราชัย. (2556). *การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งสำหรับรถโดยสาร*.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

<http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/4741/1/Abstract.pdf>

บริษัท ฐานพรรณ จำกัด. (2559). *สปันไมโครไพล์ (Spun Micropile)*. [https://www.spun-](https://www.spun-micropile.com/k-สปันไมโครไพล์-spunmicropile-171030/)

[micropile.com/k-สปันไมโครไพล์-spunmicropile-171030/](https://www.spun-micropile.com/k-สปันไมโครไพล์-spunmicropile-171030/)

มณฑล ฉายอรุณ. (2531). *ทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ*. ยูไนเต็คบุ๊กส์.

<http://lib.neu.ac.th/ULIB/dublin.php?ID=6242>

สมบัติ มุกดา, เอกสิทธิ์ ชนินทรภูมิ, ศิวะพงษ์ ลัมพาทิวัฒน์ และเดชา สุขมา. (2555). การวิเคราะห์

ความแข็งแรงของเครื่องทดสอบแรงดึงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. ใน *การประชุมวิชาการ*

ช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555 (หน้า 1453–1459). มหาวิทยาลัยศรี

ปทุม. <http://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/MPM052.pdf>



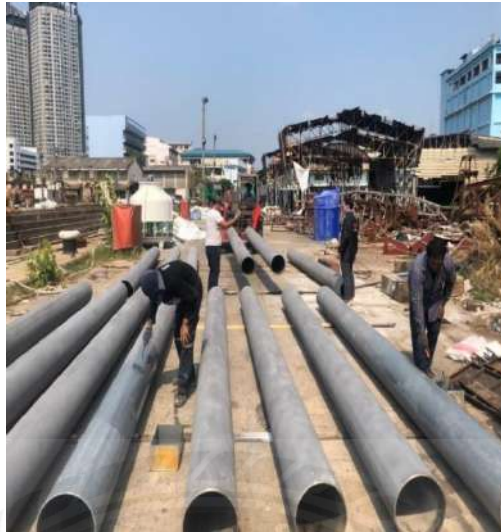
ภาคผนวก ก
ภาพผลงานขั้นตอนการทำเสาเหล็ก



รูปภาคผนวกที่ 1 ท่อมาตรฐาน JIS G 3444STK ตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 2 ฟันทรายทำความสะอาดผิวท่อแต่ละต้นตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 3 ทาสีรองพื้นซิงค์กันสนิม ชั้นที่ 1 ทั้งเส้น



รูปภาคผนวกที่ 4 เชื่อมต่อท่อแต่ละต้นให้ได้ความยาว 21 เมตร ด้วยลวดเชื่อมเบอร์ E-7016



รูปภาคผนวกที่ 5 เชื่อมต่อท่อเสร็จแล้วพร้อมเจียรให้เรียบ



รูปภาคผนวกที่ 6 ทำการ PT แนวเชื่อมพร้อมกรรมการแบบสุ่มตรวจ



รูปภาคผนวกที่ 7 พอทำการ PT แนวเชื่อมเสร็จแล้วเจอจุดที่ต้องแก้ไขพร้อมทั้งแก้ไขทันที



รูปภาคผนวกที่ 8 เก็บสัปดาห์ที่ 1 ตรงรอยเชื่อมต่อระหว่างท่อพร้อมทาสี ชั้นที่ 2 และ ชั้นที่ 3

ตรงจุดที่จะหุ้มปลอก SLEEVE



รูปภาคผนวกที่ 9 เตรียมการหุ้มปลอก SLEEVE รอยต่อของท่อ



รูปภาคผนวกที่ 10 เตรียมการหุ้มปลอก SLEEVE รอยต่อของท่อ พร้อมเก็บสัณฐานที่ 1 ตรงปลอก SLEEVE



รูปภาคผนวกที่ 11 ทาสีโคลทาร์อีพ็อกซี่ (สีน้ำตาล) ชั้นที่ 2 ทั้งเส้น



รูปภาคผนวกที่ 12 ทาสีโคลทาร์อีพ็อกซี่ (สีดำ) ชั้นที่ 3 ทั้งเส้น



รูปภาคผนวกที่ 13 รื้อถอนเสาของเดิมออก จำนวน 14 ต้น ตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 14 นำเสาเหล็กไปติดตั้งตามตำแหน่งที่จะปักพร้อมตอกเสาเหล็กให้แน่น



รูปภาพผนวกที่ 15 ติดตั้งแผ่นเหล็กยึดเสาเข็ม จำนวน 5 คู่ ตามที่ TOR กำหนด



รูปภาพผนวกที่ 16 ติดตั้งแผ่นเหล็กยึดเสาเข็ม จำนวน 5 คู่ ตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 17 สูบน้ำและโคลนในเสาแต่ละต้นออกจนหมด จำนวน 14 ต้น ตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 18 เททรายหยาบชั้นที่ 1 ลงในเสาเหล็กความสูงประมาณ 2 เมตร ตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 19 เทปูนชั้นที่ 2 ลงในท่อตามที่ TOR กำหนด



รูปภาคผนวกที่ 20 เทปูนชั้นที่ 2 ลงในท่อตามที่ TOR กำหนด

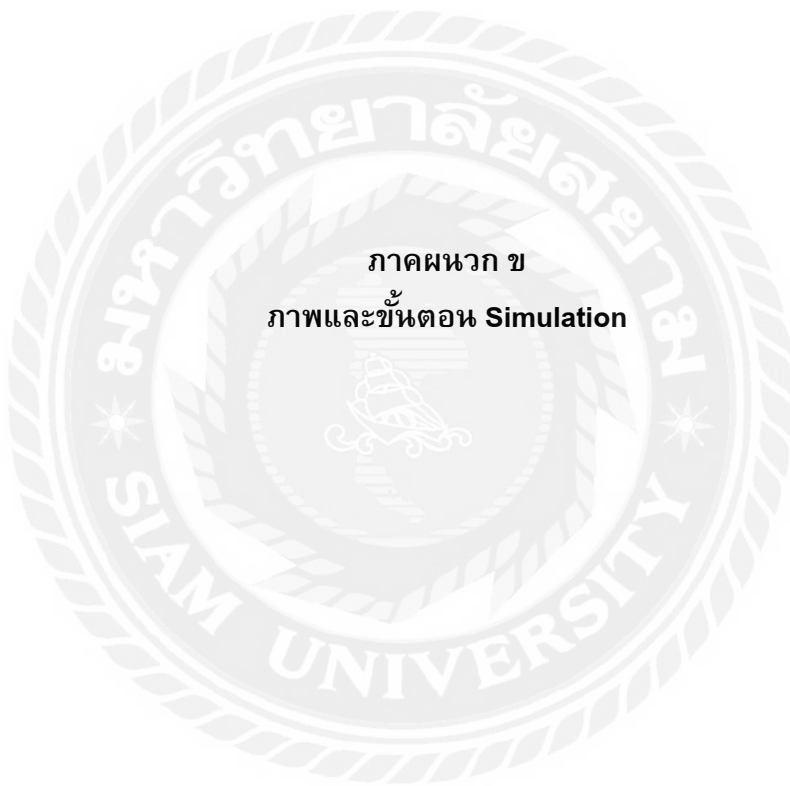


รูปภาพผนวกที่ 22 เททรายหยาบชั้นที่ 3 ตลอดความสูงของเสาตามที่ TOR กำหนด



รูปภาพผนวกที่ 22 ทำฝาเหล็ก ความหนา 9 มม. เชื่อมปิดเสาด้านบนสุดแต่ละต้นพร้อมเจียร์
เลียบ จำนวน 14 ต้น

ภาคผนวก ข
ภาพและขั้นตอน Simulation



ภาคผนวก ข

วิธีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1. เปิดโปรแกรม Solid Works



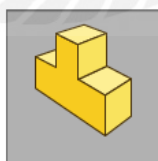
รูปภาคผนวกที่ 23 โปรแกรม Solid Works

2. เลือกคำสั่ง New



รูปภาคผนวกที่ 24 คำสั่ง New

3. เลือกคำสั่ง Part



Part

a 3D representation of a single design component

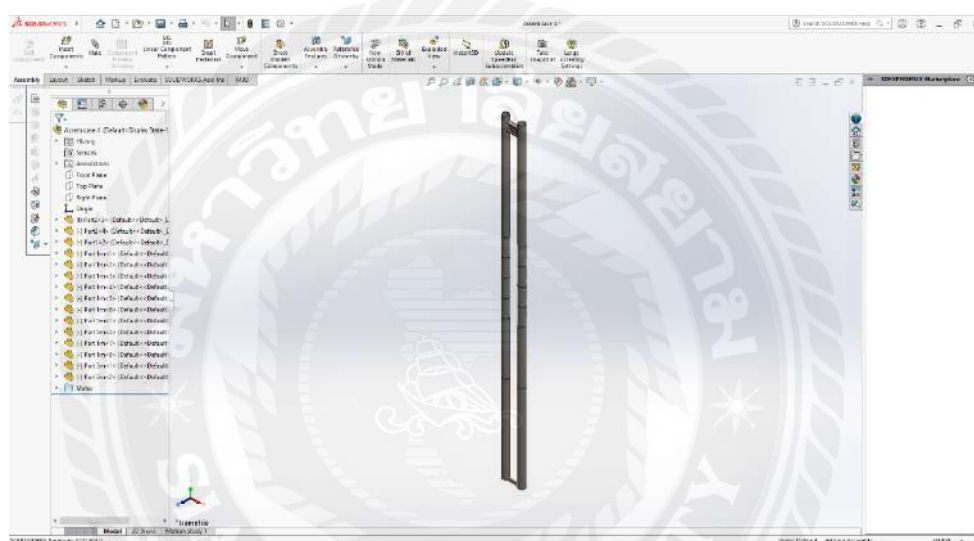
รูปภาคผนวกที่ 25 คำสั่ง Part

4. เลือกคำสั่ง Sketch



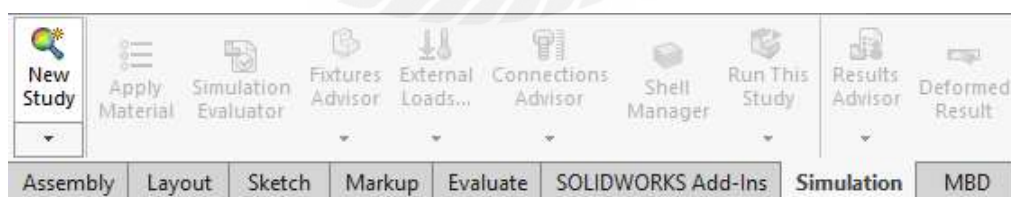
รูปภาคผนวกที่ 26 คำสั่ง Sketch

5. สร้างชิ้นงานจากคำสั่ง Sketch จะได้ชิ้นงานดังนี้



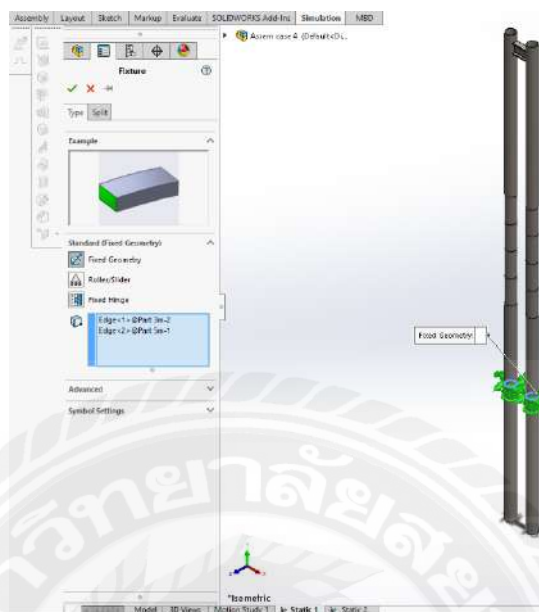
รูปภาคผนวกที่ 27 ชิ้นงานจากการสร้างโดยคำสั่ง Sketch

6. เปิดคำสั่ง Simulation



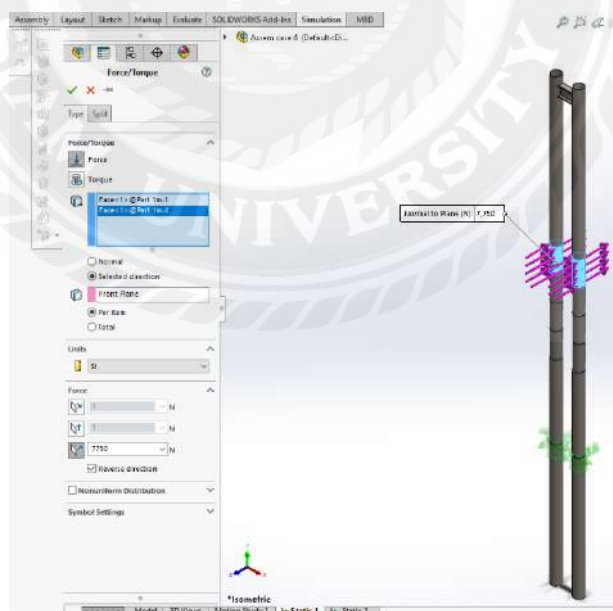
รูปภาคผนวกที่ 28 คำสั่ง Simulation

7. กำหนดจุดคงที่จากคำสั่ง Fixture



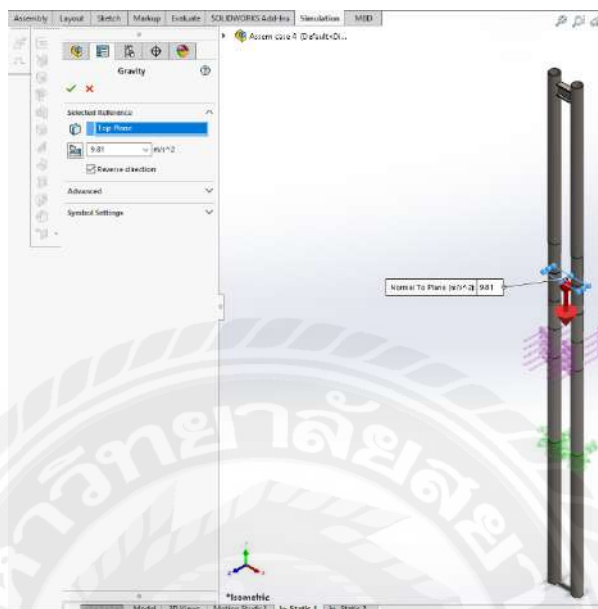
รูปภาคผนวกที่ 29 คำสั่ง Fixture

8. กำหนดแรงด้วยคำสั่ง External Loads



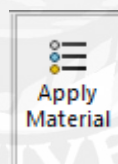
รูปภาคผนวกที่ 30 คำสั่ง External Loads

8. ทำการกำหนดด้วยคำสั่ง Gravity



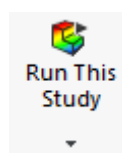
รูปภาคผนวกที่ 31 คำสั่ง Gravity

9. ทำการกำหนดวัสดุด้วยคำสั่ง Apply Material



รูปภาคผนวกที่ 32 คำสั่ง Apply Material

10. ทำการ Simulation โดยการใช้คำสั่ง Run This Study



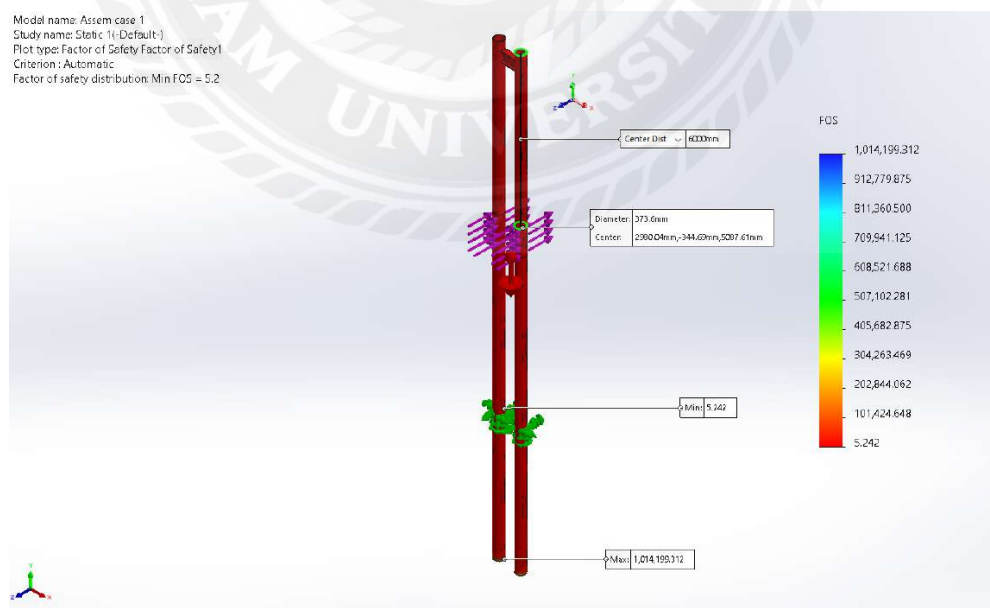
รูปภาคผนวกที่ 33 คำสั่ง Run This Study

11. ผลจาก Simulation Case 1 จากระยะความสูงของเสา 6 เมตร เพื่อหาค่า Stress Max



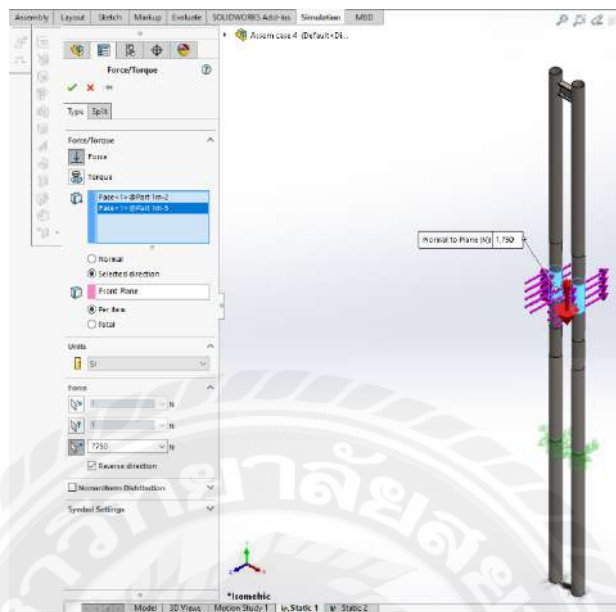
รูปภาคผนวกที่ 34 ผลการตรวจค่า Stress Max จะเท่ากับ 5.392×10^7 N/m²

12. ผลจาก Simulation Case 1 จากระยะความสูงของเสา 6 เมตร เพื่อหาค่า Factor of Safety



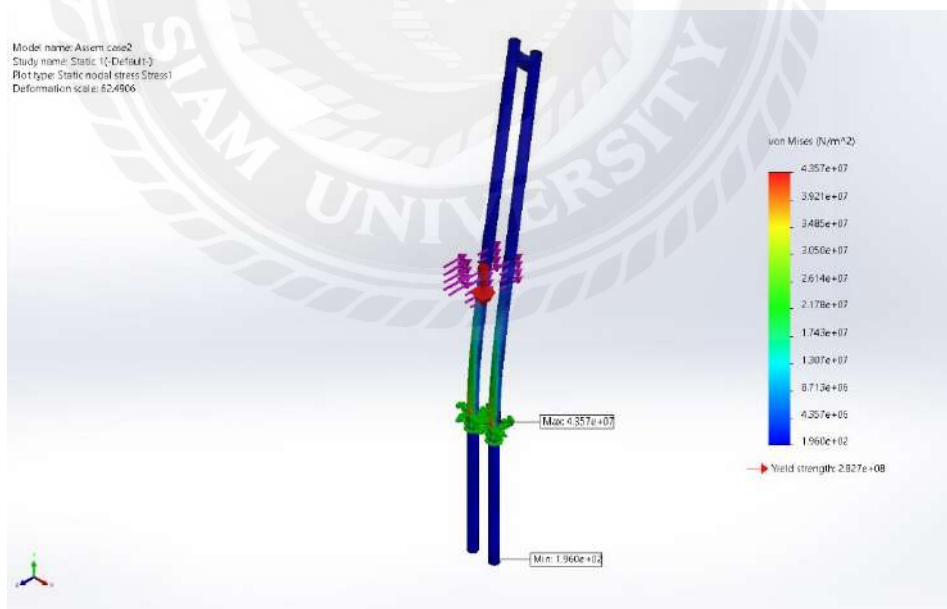
รูปภาคผนวกที่ 35 ผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety เท่ากับ 5.2

13. กำหนดแรงด้วยคำสั่ง External Loads จากความระยะความสูงของเสาสูง 7 เมตร



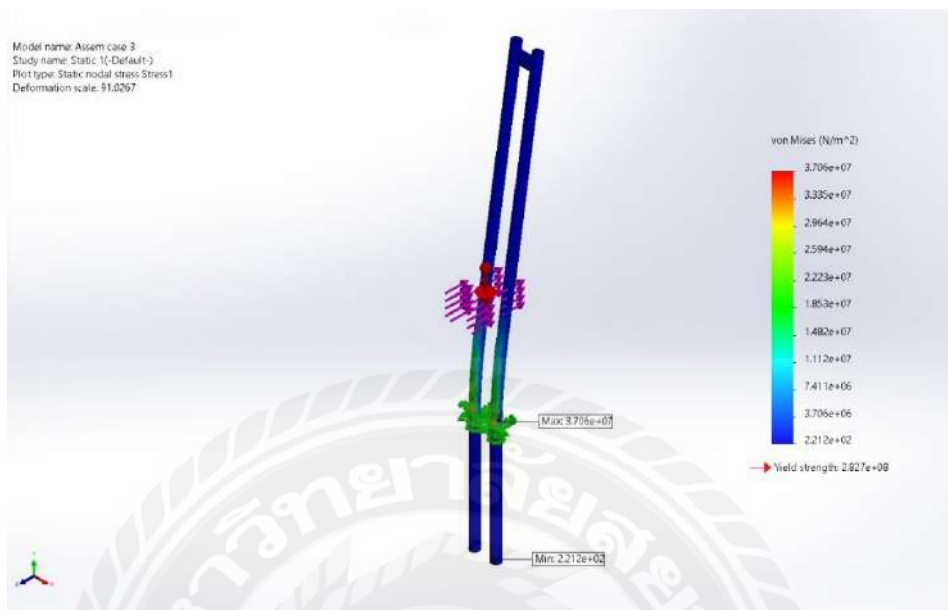
รูปภาคผนวกที่ 36 คำสั่ง External Loads ลงมา 7 เมตร

14. ผลจาก Simulation Case จากความสูงของเสา 7 เมตร เพื่อหาค่า Stress Max



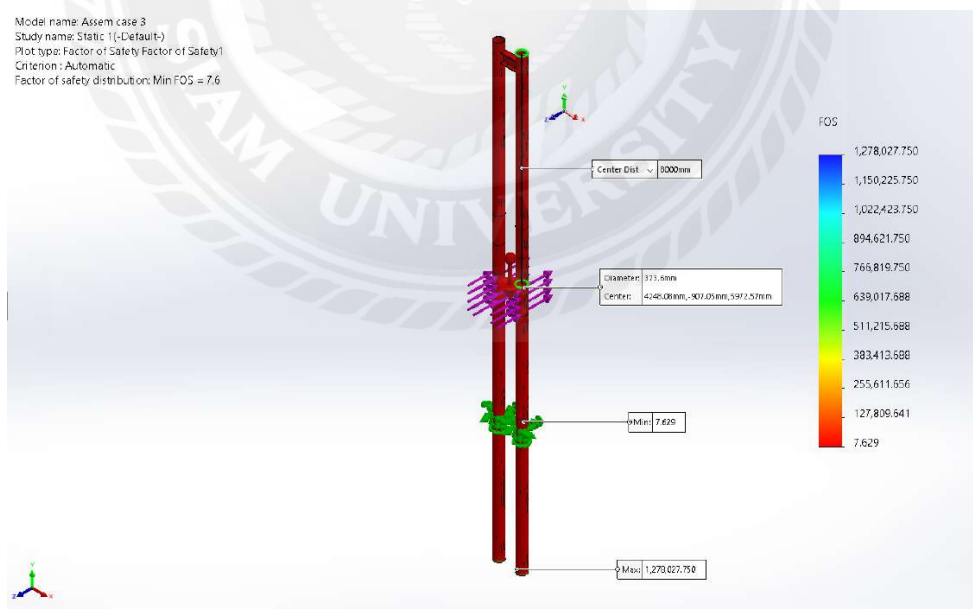
รูปภาคผนวกที่ 37 ผลการตรวจค่า Stress Max จะเท่ากับ $4.357 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

17. ผลจาก Simulation Case 3 จากระยะความสูงของเสา 8 เมตร เพื่อหาค่า Stress Max



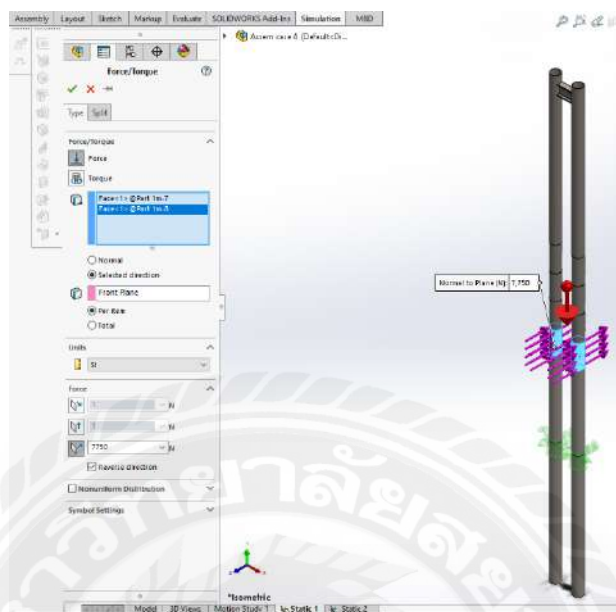
รูปภาคผนวกที่ 40 ผลการตรวจค่า Stress Max จะเท่ากับ $3.706 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

18. ผลจาก Simulation Case 3 จากระยะความสูงของเสา 8 เมตร เพื่อหาค่า Factor of Safety



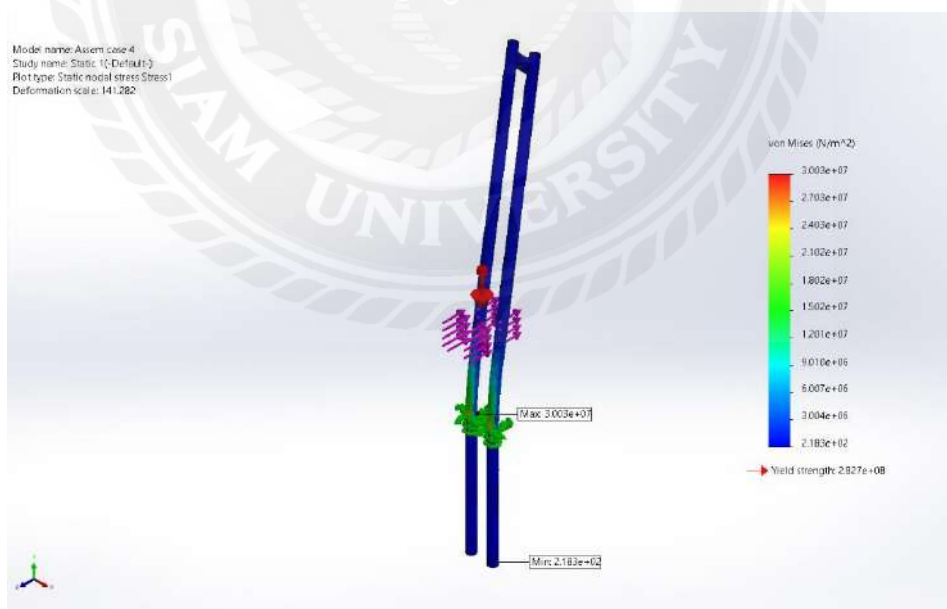
รูปภาคผนวกที่ 41 ผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety เท่ากับ 7.6

19. กำหนดแรงด้วยคำสั่ง External Loads จากความระยะความสูงของเสาสูง 9 เมตร



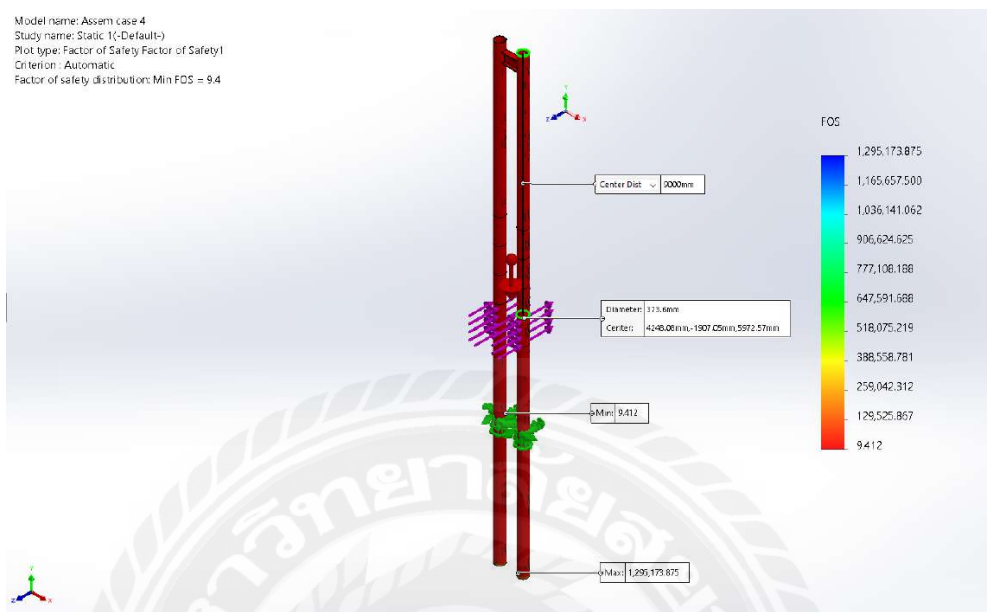
รูปภาคผนวกที่ 42 คำสั่ง External Loads ลงมา 9 เมตร

20. ผลจาก Simulation Case 4 จากระยะความสูงของเสา 9 เมตร เพื่อหาค่า Stress Max



รูปภาคผนวกที่ 43 ผลการตรวจค่า Stress Max จะเท่ากับ $3.003 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

18. ผลจาก Simulation Case 4 จากระยะความสูงของเสา 9 เมตร เพื่อหาค่า Factor of Safety



รูปภาคผนวกที่ 44 ผลการตรวจค่า Factor of Safety พบว่าค่า Factor of Safety เท่ากับ 9.4

ข้อมูลเรือ



รายการตัวเรือ	รายการเครื่องจักรใหญ่
ทะเบียน...๓๖๐๐๐๗๐๑-๑๙๑๐๐๐๒-๑๐๐๘	ทะเบียน...๓๖๐๐๐๗๐๑-๒๘๑๕๐๐๖-๑๐๐๘
ชื่อเรือ...ขส.ทร.๑๑๑๘ (กวนเจี๊ว)	ชนิด...เครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อ...YANMAR
ประเภทเรือ...เรือเฟอร์รี่ข้ามฟาก	No. 3714 Model
ลักษณะตัวเรือ...ไม้	แบบ...3TE จำนวนสูบ...๓ สูบ
กว้าง...๓.๐๐ ม. ยาว...๑๒.๕๐ ม.	หมุน...๒,๐๐๐ รอบ/นาที กำลัง...๓๓ แรงม้า
สูงจากแนวน้ำถึงปล่องหรือหลังคา...๓.๑๐ ม.	เชื้อเพลิง...ดีเซลหมุนเร็ว
กินน้ำลึก หัว... - ม. ท้าย...๐.๖๗ ม.	ระบายความร้อนด้วย...น้ำ
ระวางขับน้ำ...๑๕.๕๕ ตัน ระวางบรรทุก...๗ ตัน	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น...๑๐ ลิตร/เครื่อง
ความเร็วสูงสุด...๔.๕ น็อต ความเร็วมัธยัสถ์...๖ น็อต	อัตราทด...2:1
ความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเกียร์...๕ ลิตร/เครื่อง
- เมื่อแล่นเต็มที่...๕ ลิตร/ชม.	รายการแบตเตอรี่
- เมื่อแล่นมัธยัสถ์...๓ ลิตร/ชม.	จำนวน...๑ หม้อ แรงเคลื่อน...๑๒ โวลท์
รัศมีทำการ...๑๒ ชม.	ความจุ...๑๕๐ แอมแปร์/หม้อ, ชั่วโมงใช้การ...๑ ชม.
จำนวนคนโดยสาร...๔๘ คน	รายการเพลลาใบจักร
ถังเชื้อเพลิงบรรจุ...๔๐ ลิตร	จำนวน...๑ เเพลลา ขนาด (โต)...๑.๓/๔ นิ้ว
ข้อมูลทั่วไป	ยาว...๔๘ นิ้ว
ถังน้ำจืด... - ตัน	ใบจักร
สร้างเมื่อ...๑๖.๐๖.๑๑	จำนวน...๑ พวง จำนวนใบ...๓ ใบ ขนาด...๑๗.x.๒๕ นิ้ว
บริษัทผู้สร้าง...อู่ประดิษฐ์	ข้อมูลทั่วไป
ราคาตัวเรือ	ราคาเครื่องจักร
การซ่อมทำครั้งสุดท้าย	ติดตั้ง...อ.ประดิษฐ์ เมื่อ ๑๖.๐๖.๑๑
สถานภาพปัจจุบัน...ใช้ราชการได้	การซ่อมทำครั้งสุดท้าย
อื่น ๆ	สถานภาพปัจจุบัน

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล	นาย ธีรเดช ธรรมมณูญกุล
รหัสนักศึกษา	6223100006
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	3761/412 ตรอกนอกเขต ถนนจันทน์ แขวงบางโคล่ เขตบางคอแหลม กทม. 10120
อีเมล	thiradet.tum@siam.edu
เบอร์	0924914961
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนโกสุมพิตรวิทย์ มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนโกสุมพิตรวิทย์ ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยสยาม



[https://drive.google.com/drive/folders/11i4QCAj8uRh3e3s1qiWxB3oEV7JR8TFT?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/11i4QCAj8uRh3e3s1qiWxB3oEV7JR8TFT?usp=drive_link)

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
การวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัยของเสาเหล็กที่จอดเรือ
Stress Analysis and Safety Values of Steel Mooring Piles

โดย

นาย ธีรเดช ธรรมมณูกุล 6223100006

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 151-495 สหกิจศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2564