



การวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายของกันชนรถยนต์
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Finite Element Analysis of Strength and Damage
of Automobile Bumpers

พีรัชชัย กระจำงสัด
Pheerutchai Krajangsod

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2566

ชื่อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายของกันชนรถยนต์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
ชื่อ นามสกุล	พีรัชชัย กระจำงสด
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ประกอบ ชาติภักต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย ฟองสมุทร)

..... กรรมการ
(ดร.กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์)

..... กรรมการ
(ดร.ปฏิวัติ คมวชิรกุล)

..... กรรมการ
(ดร.ประกอบ ชาติภักต์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธนะ)

วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2567

ชื่อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
ชื่อ นามสกุล	พีรัชชัย กระจำสาด
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
สาขาวิชา และคณะ	วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรม ANSYS เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์แบบ Static Structural ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น โดยพิจารณาจากความเค้นครากเป็นหลัก โครงสร้างกันชนแบ่งออกเป็นสองส่วน ประกอบด้วยกันชนและส่วนแขนยึดกันชน จากการวิเคราะห์พบว่าถ้าแกนของกันชนซึ่งเป็นชิ้นส่วนยึดระหว่างกันชนกับตัวถังรถยนต์ยาวเท่าใดจะส่งผลให้เกิดการเสียรูปได้ง่ายขึ้น ตำแหน่งการยึดด้วยสลักเกลียวระหว่างกันชนกับแขนยึดกันชนจะเป็นตำแหน่งที่เสียรูปได้ง่ายและเมื่อพิจารณาตำแหน่งการยึดระหว่างแขนยึดกันชนกับตัวถังรถยนต์พบว่าจุดนี้เป็นจุดที่สำคัญแต่ด้วยมีจำนวนสลักเกลียวและพื้นที่ในการติดตั้งมากกว่าจึงมีการเสียรูปยากกว่าตำแหน่งที่ยึดกันระหว่างกันชนกับแขนยึดกันชน ตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการเสียรูป ประกอบด้วย แรงที่กระทำ ชนิดของแรง ทิศทางและตำแหน่งของแรง ความหนา รูปร่าง จุดจับยึด จากการออกแบบและวิเคราะห์ส่งผลให้สามารถนำโมเดลไปวิเคราะห์ต่อในรูปแบบ Explicit Dynamic ได้ การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกเลือกให้เป็นเครื่องมือสำคัญในการจำลองผลการวิเคราะห์ในรูปแบบการวิเคราะห์แบบ Explicit Dynamic ด้วยโปรแกรม ANSYS สำหรับแขนยึดกันชนรถยนต์เข้ากับตัวถังรถยนต์เป็นวัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) ในการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นนี้จะต้องกำหนดวัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล ให้มีสมบัติวัสดุเป็นไปตาม Steinberg-Guinan Strength การวิเคราะห์จะต้องทำการควบคุมขนาดเอลิเมนต์ และกำหนด Time Step ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ กันชนรถยนต์จะได้รับแรงปะทะใน 3 ทิศทาง ประกอบด้วย 1) แรงปะทะด้านหน้าโดยตรง 2) แรงปะทะด้านหน้าครึ่งเดียว และ 3) แรงปะทะทำมุมกับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ จากการวิเคราะห์พบว่าแรงปะทะทั้ง 3 รูปแบบด้วยความเร็วทดสอบที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมงส่งผลให้เกิดการเสียรูปโดยตรงต่อกันชนรถยนต์ ดังนั้นจึงทำการออกแบบกันชนรถยนต์โดยพิจารณาจากความหนา รูปร่าง รวมทั้งการออกแบบจุดจับยึด และทำการวิเคราะห์จนกระทั่งได้รูปแบบกันชนที่เหมาะสมและสามารถนำไปสู่การผลิตจริงต่อไป

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ความแข็งแรง, กันชนรถยนต์, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Thesis Title	Finite Element Analysis of Strength and Damage of Automobile Bumpers
Author	Pheerutchai Krajangsod
Degree	Master of Engineering (Mechanical Engineering)
Major Program	Mechanical Engineering Faculty of Engineering
Academic Year	2023

ABSTRACT

This research aims to analyze the strength of automobile bumpers using the finite element method. ANSYS software is the primary tool for Static Structural analysis in the linear elastic range, focusing on stress concentration. The bumper structure is divided into two parts: the bumper itself and the mounting bracket. The analysis reveals that the longer the bumper bracket, which connects the bumper to the car body, the more prone to deformation it becomes. The bolt fastening positions between the bumper and the bumper bracket are the most vulnerable to deformation. When considering the fastening positions between the bumper bracket and the car body, this point is critical, but due to the larger number of bolts and mounting area, it is less prone to deformation than the fastening positions between the bumper and the bumper bracket. Key variables affecting deformation include: applied force, force type, force direction and position, thickness, shape, and fastening points. The design and analysis allow the model to be further analyzed in the form of Explicit Dynamic. Finite element analysis is chosen as the primary tool for simulating analysis results in the form of Explicit Dynamic analysis using ANSYS software for the bumper bracket connecting the car bumper to the car body. In this nonlinear finite element simulation, structural steel must be defined to have material properties according to Steinberg-Guinan Strength. The analysis must control the element size and define an appropriate Time Step to obtain accurate results. The car bumper will be subjected to impact forces in three directions: 1) direct frontal impact, 2) half-frontal impact, and 3) impact at an angle to the direction of vehicle movement. The analysis reveals that all three impact forms at a test speed of 48 kilometers per hour result in direct deformation of the car bumper. Therefore, the car bumper is designed considering thickness, shape, and fastening point design, and analyzed until an appropriate bumper design is obtained that can be used for actual production.

Keywords : Strength Analysis, Car Bumper, Finite Element Method

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ ความกรุณาเมตตาและความช่วยเหลือในทุกด้านจากอาจารย์ ดร.ประกอบ ขาติภักต์ อาจารย์ที่ปรึกษาและกรรมการคุมสอบ วิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณามอบความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ การแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบ วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย ฟองสมุทร ผู้ซึ่งกรุณาเป็นประธาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่เรือตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี ผู้ซึ่งกรุณาเป็น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ปฐวิทย์ คมวชิรกุล และอาจารย์ ดร.กฤษณ์ อภิญา วิศิษฐ์ ผู้ซึ่งกรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งทั้งสี่ท่านได้ให้ความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ ตลอดจนตรวจสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ชี้แนะแนวทาง ให้คำแนะนำ ความรู้และแนวความคิดในด้าน ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เขียนเป็นอย่างมาก ทำให้ผู้เขียนได้สามารถปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับ นี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คุณครูทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำ ตักเตือนจนมีวันนี้

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย ครั้งนี้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัว และครูอาจารย์ทุกท่าน ผู้ที่ให้ความรู้ อนุเคราะห์ ส่งเสริม สนับสนุนด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ ค่อยอบรมสั่งสอนจนประสบความสำเร็จใน ด้านการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้อ่านไม่มากก็น้อยต่อไป

พีรัชชัย กระจำสาด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	๗
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	6
1.5 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	7
2.1.2 Ansys Software	14
2.1.3 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง Finite Element Method (FEM)	14
2.1.4 Material Model	15
2.1.4.1 แบบจำลองที่ใช้กับวัสดุจำพวกพลาสติก (Plasticity Model)	15
2.1.4.2 โมเดลของ Bilinear Isotropic / Kinematic Hardening	16
2.1.4.3 โมเดลของ Multilinear Isotropic / Kinematic Hardening	16
2.1.4.4 โมเดลของ Johnson Cook Strength	17
2.1.4.5 โมเดลของ Cowper Symonds Strength	17
2.1.4.6 โมเดลของ Steinberg Guinan Strength	17
2.1.4.7 โมเดลของ Zerilli Armstrong Strength	18
2.1.4.8 โมเดลของ Johnson Holmquist Failure Model	19

สารบัญ (ต่อ)

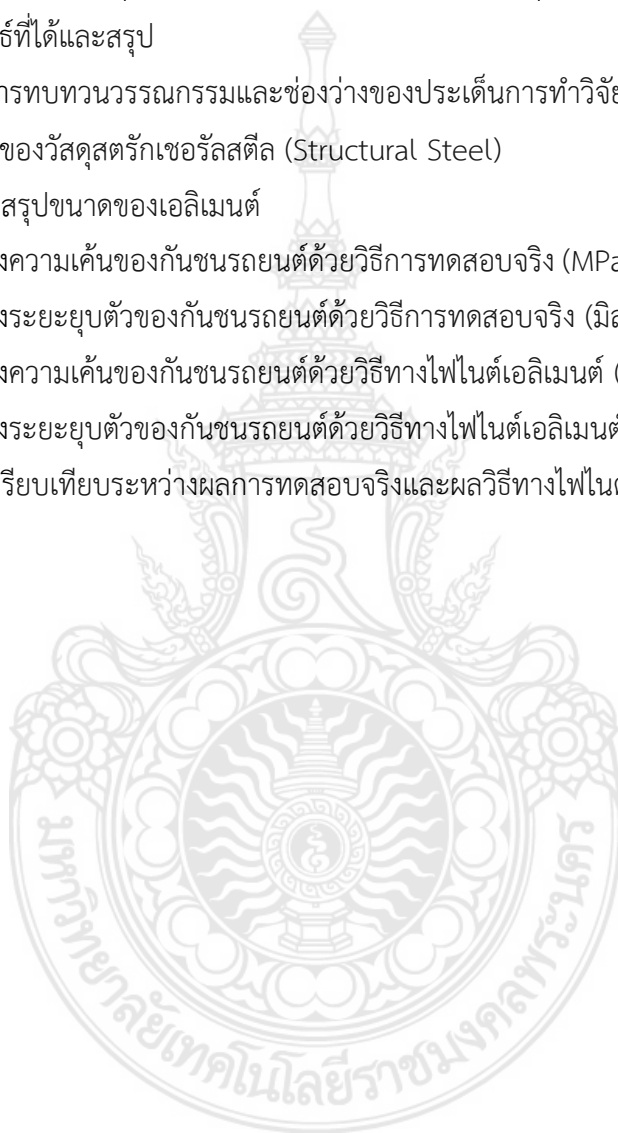
	หน้า
2.1.5 Explicit Dynamics Analysis	20
2.1.5.1 พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำที่เคลื่อนที่	21
2.1.5.2 กลไกการแก้ไขปัญหาของโปรแกรม Ansys โหมด Explicit Dynamics	22
2.2 กรอบการวิจัย	22
2.3 การทบทวนวรรณกรรม	22
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย	37
3.1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	37
3.1.2 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	39
3.1.3 กรอบการวิจัย	40
3.2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์	41
3.2.1 แบบจำลองสามมิติสำหรับการสร้างโมเดลไฟไนต์เอลิเมนต์	41
3.2.2 กำหนดสมมติฐานในการวิเคราะห์	41
3.2.3 ทฤษฎีและสมบัติของวัสดุ	41
3.2.4 การออกแบบกันชนรถยนต์และสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์	42
3.3 กระบวนการเตรียมและตั้งค่าการจำลอง (Pre-Processing)	44
3.3.1 การตั้งค่าสมบัติของวัสดุที่ชุดคำสั่ง	45
3.3.2 การสร้างเมช	46
3.3.3 แบบจำลองวัสดุสำหรับการวิเคราะห์แบบ Implicit ชนิด Static Structural	54
3.3.4 แบบจำลองวัสดุสำหรับการวิเคราะห์แบบ Explicit ชนิด Non linear	57
3.4 กระบวนการคำนวณทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Solve-Processing)	61
3.4.1 ขั้นตอนการตรวจสอบผลของการคลาดเคลื่อน (Error)	61
3.5 การแสดงผลผลลัพธ์ (Post-Processing)	65
3.6 การเตรียมการทดลองสำหรับกันชนรถยนต์	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ความละเอียดของเมช	70
4.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงกันชนรถยนต์	73
4.2.1 ผลของค่าความเค้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ และระยะที่กันชนรถยนต์ยุบตัว	77
4.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	79
4.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลการทดลองจริงเพื่อตรวจสอบ ความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	81
4.5 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	84
4.5.1 ผลการวิเคราะห์แบบ Implicit ชนิด Static Structural	84
4.5.2 ผลการวิเคราะห์แบบ Explicit ชนิด Non-Linear	94
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	103
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการวิจัย	106
5.3 ข้อเสนอแนะ	106
เอกสารอ้างอิง	107
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก ค่าสมบัติเชิงกลของวัสดุ	115
ภาคผนวก ข บทความตีพิมพ์เผยแพร่และใบรับรองผลงานนำเสนอ	117
บทความเรื่อง การวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	122
บทความเรื่อง การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จากการชนด้านหน้ากันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุ น้ำหนักเบา	133
ภาคผนวก ค มาตรฐานความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ	145
ภาคผนวก ง การขึ้นโมเดลสามมิติด้วยโปรแกรม Solidwork 2022	147
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	153

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง AL-7075T6 กับวัสดุอื่นๆ	28
2.2 ผลลัพธ์ที่ได้และสรุป	28
2.3 สรุปการทบทวนวรรณกรรมและช่องว่างของการประเดิมการทำวิจัย	31
3.1 สมบัติของวัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel)	42
4.1 ตารางสรุปขนาดของเอลิเมนต์	70
4.2 ผลของความเค้นของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีการทดสอบจริง (MPa)	76
4.3 ผลของระยะยุบตัวของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีการทดสอบจริง (มิลลิเมตร)	77
4.4 ผลของความเค้นของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (MPa)	78
4.5 ผลของระยะยุบตัวของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (มิลลิเมตร)	79
4.6 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบจริงและผลวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์	80



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	ผลิตภัณฑ์กันชนรถยนต์และการเชื่อมประกอบกันชนรถยนต์ด้วยช่างชำนาญการ	3
1.2	การประชุมหารือความร่วมมือการทำวิจัยร่วมกันระหว่างบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด และทีมนักวิจัยจาก มจพ. และ มทร.พระนคร เมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2022	4
2.1	ลักษณะความเค้นใน 3 มิติ	8
2.2	เอลิเมนต์รูปทรงสี่หน้า	10
2.3	กรอบการวิจัย (Conceptual Framework)	23
2.4	แผนผังของการทดสอบแรงกระแทกความเร็วต่ำ	24
2.5	การวิเคราะห์ด้วยการกระแทกด้วยความเร็วต่ำโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ ไฟไนต์สำหรับกันชนโลหะในการกระแทกส่วนกลางและการกระแทกมุม	25
2.6	โครงสร้างทางเรขาคณิตของคานกันชนเหล็ก	26
2.7	การจำลองการดัดของคานกันชนเหล็ก	26
2.8	การเสียรูปโดยรวมของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในการกระแทกผนังแข็งด้านหน้า ที่ 50 กม./ชม.	26
2.9	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนรูปของคานกันชน	27
2.10	กราฟอัตราเร่ง กำแพงแข็งด้านหน้าทำการกระแทกที่ 50 กม./ชม.	27
2.11	การเปรียบเทียบมวลของเฟรมโดยใช้ AL-7075T6, ASTM Carbon Steel, และ Carbon Fiber ใน SolidWorks	29
2.12	ตัวอย่างชิ้นงานในการทดสอบ	29
2.13	ไดอะแกรมของวัสดุผสมที่มีความเค้นและการเสียรูป	29
2.14	ไดอะแกรมของเหล็กกล้าประสมที่มีความเค้นและการเสียรูป	30
2.15	ไดอะแกรมของอลูมิเนียมอัลลอยด์ที่มีความเค้นและการเสียรูป	30
2.16	แบบจำลองการกระจายความเค้นตกค้าง (เป็น MPa), ภาพซ้ายเป็นภาคตัดขวาง การตีคั่น ตัว และภาพขวาคือส่วนเบี่ยงเบนแปรผัน	26
3.1	ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	38
3.2	กรอบการวิจัย	40
3.3	แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้าน Isometric	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3.4	แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้านหน้า	43
3.5	แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้านบน	44
3.6	แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้านข้าง	44
3.7	ลักษณะของหน้าต่าง Workbench	45
3.8	โหมด Explicit Dynamic และชุดคำสั่ง Engineering Data	45
3.9	ค่าสมบัติของวัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel)	46
3.10	การนำแบบชิ้นงานจำลองเข้าโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์	47
3.11	การนำแบบจำลองเข้าโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์	47
3.12	การตั้งค่าการรวมตัวของชิ้นงานกันชนรถยนต์	48
3.13	แสดงสัญลักษณ์ตั้งค่าเรียบร้อยและชุดคำสั่ง Model	49
3.14	ลักษณะหน้าต่างของชุดคำสั่ง Model	49
3.15	การกำหนดคุณลักษณะและวัสดุให้กับชิ้นงาน	50
3.16	การกำหนดจุดสัมผัสของกันชนรถยนต์	50
3.17	การกำหนดจุดสัมผัสของกันชนรถยนต์ชนิด Bonded	51
3.18	การกำหนดจุดสัมผัสของกันชนรถยนต์ชนิด Frictional	51
3.19	การตั้งค่าขนาดของ Element Size และรูปแบบเมชที่หัวกันชนรถยนต์	52
3.20	การตั้งค่าขนาดของ Element Size ที่ชิ้นงานกันชนรถยนต์	53
3.21	การตั้งค่าขนาดของ Element Size ที่ชิ้นงานกันชนรถยนต์	53
3.22	จำนวนของโหนดและเอลิเมนต์	54
3.23	ชุดคำสั่งการใส่ค่าความเร็วเริ่มต้น	55
3.24	การใส่ค่าความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่	55
3.25	ค่าของ “End Time”	55
3.26	การจับยึดชิ้นงานแบบ Fixed Support	56
3.27	คำสั่งแสดงผลการวิเคราะห์	57
3.28	ชุดคำสั่งการใส่ค่าความเร็วเริ่มต้น	57
3.29	การใส่ค่าความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่	58
3.30	ค่าของ “End Time”	59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.31 ค่าของ “Result Number of Points”	59
3.32 การจับยึดชิ้นงานแบบ Fixed Support	60
3.33 คำสั่งแสดงผลการวิเคราะห์	60
3.34 ผลการประมวลผลของ Solver Output ที่ปกติ	61
3.35 สถานะกราฟปกติ	62
3.36 สถานะที่กราฟมีความผิดปกติ	62
3.37 เส้นกราฟ Energy Conservation ที่มีสถานะปกติ	63
3.38 ผลที่เป็นปกติของ Impulse ในแกน Z	64
3.39 Hourglass Energy ปกติ	64
3.40 การวางโครงสร้างรองรับการทดสอบกันชนรถยนต์	66
3.41 การสร้างฐานรองรับการทดสอบกันชนรถยนต์	66
3.42 ติดตั้งชิ้นงานทดสอบกันชนรถยนต์กับฐานรองรับการทดสอบ	67
3.43 ชิ้นงานทดสอบพร้อมฐานรับการทดสอบ	67
3.44 ติดตั้งกันชนรถยนต์เข้ากับเครื่องทดสอบ	68
3.45 เครื่องทดสอบแรงกด “Servo-Hydraulic Universal Testing Machine” และ Specification ของเครื่องทดสอบ	68
3.46 การติดตั้ง Dial Gauge เข้ากับชิ้นงานกันชนรถยนต์ในการทดสอบ	69
4.1 กราฟความชื้นของจำนวนเอลิเมนต์	71
4.2 กราฟความชื้นของจำนวนโหนด	71
4.3 ตัวอย่างรายละเอียดของเมชในแต่ละขนาด 6 มิลลิเมตร (ก), 4 มิลลิเมตร (ข) และ 3 มิลลิเมตร (ค) ตามลำดับ	72
4.4 ชิ้นงานกันชนรถยนต์ในการทดสอบ	73
4.5 ชิ้นงานทดสอบไปทดสอบแรงกด ใช้เครื่องทดสอบแรงกดในภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จังหวัดกรุงเทพฯ	74
4.6 ดำเนินการทดสอบ	74
4.7 แรงกระทำที่ 500 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 3.31, 0.65 และ 0.71 ตามลำดับ	75
4.8 แรงกระทำที่ 800 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 6.34, 2.19 และ 1.63 ตามลำดับ	76

สารบัญรูป (ต่อ)

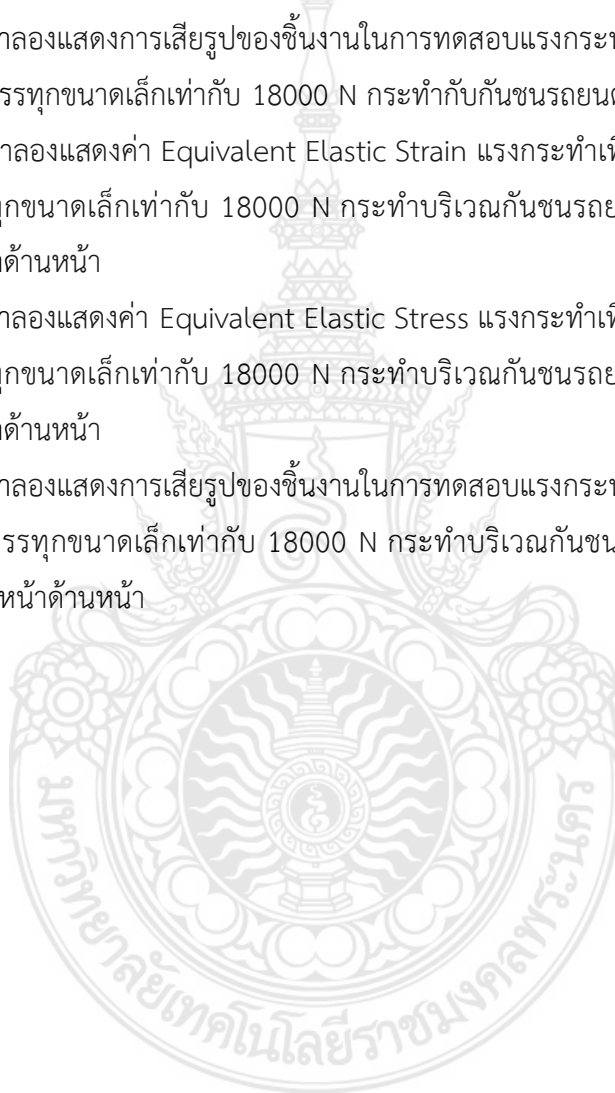
รูปที่	หน้า
4.9 แรงกระทำที่ 1000 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 8.83, 3.10 และ 2.12 ตามลำดับ	76
4.10 กราฟสรุปผลการทดสอบความเค้นในการทดสอบจริง	77
4.11 กราฟสรุปผลแรงกดในการทดสอบจริง	78
4.12 ตัวอย่างของการวิเคราะห์ความเค้นของกันชนรถยนต์ที่แรงกด 800 N ในการทดสอบ เปรียบเทียบกับ การทดสอบจริง	79
4.13 กราฟสรุปผลค่าความเค้นด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	80
4.14 กราฟสรุปผลการทดสอบแรงกดด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	80
4.15 กราฟสรุปการเปรียบเทียบระยะยุบของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการ ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 1	81
4.16 กราฟสรุปการเปรียบเทียบระยะยุบของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการ ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 2	82
4.17 กราฟสรุปการเปรียบเทียบระยะยุบของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการ ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 3	82
4.18 กราฟสรุปการเปรียบเทียบความเค้นของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการ ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 1	83
4.19 กราฟสรุปการเปรียบเทียบความเค้นของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการ ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 2	83
4.20 กราฟสรุปการเปรียบเทียบความเค้นของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการ ทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 3	84
4.21 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000 N	86
4.22 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 5000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า	87

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000 N	88
4.24 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 1000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้าข้างขวา	89
4.25 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวา ของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N	89
4.26 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 3000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้างขวา	90
4.27 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของ กันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000 N	91
4.28 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 2000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้างซ้าย	92
4.29 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกัน ชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300N และ แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 6500N	92
4.30 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 3300 N กระทำ กับ กันชนรถยนต์บริเวณด้านข้างขวา และ แรงกระทำ 6500 N กระทำกับกันชน รถยนต์บริเวณด้านหน้า	93
4.31 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า	95
4.32 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า	96
4.33 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนัก ของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า	97
4.34 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง	98

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.35 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง	99
4.36 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนัก ของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง	100
4.37 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวา ด้านหน้าด้านหน้า	100
4.38 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวา ด้านหน้าด้านหน้า	101
4.39 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนัก ของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่ง ขวาด้านหน้าด้านหน้า	102



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

FEM	วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
FEA	การวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ไฟไนต์เอลิเมนต์
σ_x	ความเค้นที่แนวแกน x
E	มอดุลัสยืดหยุ่น
[K]	เมทริกซ์คุณสมบัติของวัสดุ
[D]	เมทริกซ์คุณสมบัติของวัสดุ
F	แรงดึง
f'	เมทริกซ์ของแรงที่กระทำกับสปริง
k'	สทิฟเนสเมทริกซ์ของสปริง
d'	เมทริกซ์ของระยะยืด/หดตัวของสปริง
τ	ความเค้นเฉือน
$\{\sigma\}$	ความเค้นที่เกิดขึ้นในเอลิเมนต์
$\{\varepsilon\}$	ความเครียดที่เกิดขึ้นในเอลิเมนต์
σ	ความเค้น
ε	ความเครียด
γ	ความเครียดเฉือน
w_{i-1}, w_i และ w_{i+1}	ความกว้างของเอลิเมนต์
[B]	เมทริกซ์คุณสมบัติของวัสดุ
{d}	การกระจัดที่จุดต่อ
$\{f_s\}$	ผลจากแรงที่พื้นผิว
$\{f_b\}$	ผลจากแรงที่กระทำกับเอลิเมนต์
FVM	ไฟไนต์โวลุ่ม
CAE	ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
Y	Yield Stress
ε_p	ความเครียดในช่วงยืดหยุ่นไม่เชิงเส้น
Y_o	ค่าความเค้นที่จุดคราก
A	ค่า Tangent Modulus
ε^*	อัตราความเครียดไร้มิติ อ้างอิงอัตราความเครียดที่ 1/s
T^*	อุณหภูมิไร้มิติ (Nondimensional temperature)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

T_r	อุณหภูมิห้อง (298 K)
T_m	อุณหภูมิหลอมละลายของวัสดุ
ε_p^*	อัตราความเครียด
T_H	อุณหภูมิที่สัมพันธ์กันเท่ากับ $(T-T_{\text{room}})/(T_{\text{melt}}-T_{\text{room}})$
σ_o	Ambient strength
G_o	Shear Modulus
η	อัตราส่วนการอัดโดยที่ ρ / ρ_0
G'_P	อนุพันธ์ของโมดูลัสเฉือนที่มีความดัน โดยที่ $\partial G / \partial P$
G'_T	อนุพันธ์ของโมดูลัสเฉือนที่มีอุณหภูมิ โดยที่ $\partial G / \partial T$
t	อุณหภูมิ (K)
n	ผลกระทบจากการอัด (V_0/V)
C_2	แทนโลหะที่มีโครงสร้างแบบ Body Centered Cubic
C_1	แทนโลหะที่มีโครงสร้างแบบ Face Centered Cubic
P_{HEL}	ค่าความดันที่ Hugoniot Elastic Limit
HEL	ค่า Yield Limit ที่เมื่อวัสดุรับภาระไหลในทิศทางเดียว
T (สมการที่ 2.45)	ค่า Maximum Hydrodynamic Tensile Strength
$\Delta\sigma$	ความเค้นที่เปลี่ยนไป
$\Delta\tau$	ความเค้นเฉือนที่เปลี่ยนไป
$\Delta\gamma$	ความเครียดเฉือนที่เปลี่ยนไป
V	ปริมาตร
m	มวล
K	ค่าความแข็งแรงของสปริง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันรถยนต์ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการประกอบอาชีพและดำรงชีพทั้งในเมืองหรือแม้แต่ในชนบท ผู้คนนิยมขับรถยนต์ส่วนตัวไปตามสถานที่ต่าง ๆ ด้วยตัวเอง ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน เพื่อการทำงาน การติดต่อธุรกิจ การท่องเที่ยว และอื่นๆ ซึ่งรถยนต์ที่ใช้โดยปกติแล้วจะมีชิ้นส่วนสำคัญชิ้นส่วนหนึ่งที่ติดตั้งมากับรถยนต์ นั่นก็คือกันชน แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการป้องกันการกระแทกที่จะส่งผลต่อรถยนต์ ต่อคนขับหรือผู้โดยสาร จึงต้องมีการติดตั้งเพิ่มเติมโดยเฉพาะอย่างยิ่งรถบรรทุกขนาดเล็ก และมีความต้องการการใช้งานสูงในภาคเอกชน คราวเรือน จึงเป็นส่วนที่สำคัญอย่างหนึ่งในวงการรถยนต์ในปัจจุบัน ในภาคเอกชนจึงมีอุตสาหกรรมผลิตกันชนให้กับรถยนต์ทุกยี่ห้อและทุกรุ่น ตอบสนองต่อความต้องการภาคเอกชนและครัวเรือน นอกเหนือจากการผลิตเพื่อใช้งานในประเทศยังมีการผลิตเพื่อส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และประเทศไทยเป็นอีกประเทศที่กำลังส่งออกสูงและสร้างรายได้เข้าประเทศ ก่อเกิดการจ้างงานและความเข้มแข็ง

กันชนรถยนต์ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถป้องกันอันตรายจากการปะทะกันระหว่างรถยนต์กับรถยนต์ หรือรถยนต์กับสิ่งของต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งคนเดินถนน โดยการออกแบบนั้นจะออกแบบให้ซับแรงกระแทกที่เกิดขึ้น ไม่ทำให้เกิดอันตรายกับตัวผู้ขับขี่เอง หรืออาจช่วยลดความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้นในรถยนต์และผู้ขับขี่หรือผู้โดยสารด้วย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวถังอีกด้วย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยจากการเกิดการชนที่สูงขึ้น ในบางครั้งอาจส่งผลกับอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์อาจพบได้ว่ามีอัตราสิ้นเปลืองที่ดีขึ้น ในปัจจุบันมีวัสดุให้เลือกมากมายในท้องตลาด โดยถูกแบ่งประเภทจากชนิดของวัสดุที่ผลิตขึ้นกันชนขึ้นมานั้น

ปัจจุบันกันชนพลาสติกหรือกันชนไฟเบอร์เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เพราะนอกจากรูปทรงรูปร่างการออกแบบที่สวยงามทันสมัยและปรับเปลี่ยนได้หลากหลายมากกว่ากันชนประเภทอื่นๆ และยังมีน้ำหนักที่เบามาก ๆ ด้วย และในส่วนที่สำคัญคือกันชนพลาสติกสามารถช่วยซับแรงกระแทกเมื่อเกิดการชนได้เป็นอย่างดีและยังคืนรูปได้ง่าย แต่จุดอ่อนคือความแข็งแรงที่น้อยกว่า

กันชนนํ้ารถยนต์เหล็กล้วนมีความแข็งแรง ทนทานกว่ากันชนรถยนต์พลาสติกและอลูมิเนียมเป็นอย่างมาก ทำให้อัตราการเกิดความเสียหายของรถยนต์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุหนัก เช่น การชนต้นไม้ใหญ่ หรือการชนกับแผงกันถนน กันชนรถยนต์จะรับแรงกระแทกและความเสียหายส่วนหนึ่งเอาไว้ ทำให้รถยนต์มีโอกาสเสียหายได้น้อยลง โดยในบางกรณีอาจส่งผลให้ผู้โดยสารได้รับบาดเจ็บน้อยลงด้วยเช่นกัน กันชนเหล็กคือกันชนที่มีความแข็งแรงและแข็งแกร่งที่สุด รับ

แรงกระแทกได้มากกว่ากันชนประเภทอื่น ๆ ปกป้องรถยนต์ของคุณได้ดีกว่ากันชนประเภทอื่น ๆ ทั้งยังสามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ เช่น วินช์ (Winch) รอกไฟฟ้า หรือ ไฟแอลอีดี (LED) ได้อีกด้วย

กันชนอลูมิเนียมมีจุดเด่นตรงที่ความแข็งแรงของวัสดุ ผสมผสานกับความสวยงามแวววาวของอลูมิเนียม อีกทั้งไม่เป็นสนิม ทั้งยังมีความแข็งแรงคงทนมากกว่ากันชนพลาสติกและยังสามารถรับแรงกระแทกได้มากกว่า แต่ต้องแลกมาด้วยความไม่ทนทานเท่ากับกันชนรถยนต์ประเภททำจากวัสดุเหล็กก็ตาม แต่ในส่วนนี้ก็ได้ถูกชดเชยด้วยน้ำหนักที่เบากว่ากันชนรถยนต์เหล็กเป็นอย่างมาก ทำให้รถยนต์ไม่รับภาระน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นมากเกินไป

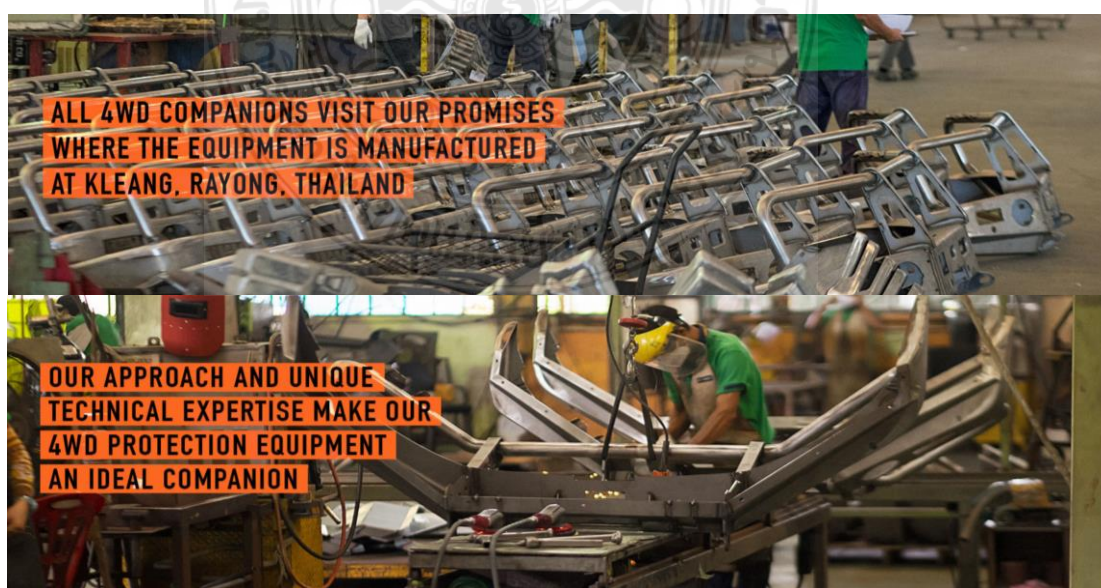
ดังนั้นในการออกแบบพัฒนากันชนรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพสามารถทนต่อแรงกระทำต่างๆ เช่น ความเค้น ความเครียด การทำให้เสียรูปและระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยึดตัว หรือยุบตัว มีรูปแบบการออกแบบ วิเคราะห์ได้หลายแบบ โดยระเบียบวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยการทดลอง ทดสอบ และการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เพื่อจำลองและคาดการณ์ความเสียหายที่เกิดจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการกระแทกของกันชนรถยนต์ และผลที่ได้รับจากการจำลอง วิเคราะห์ คือทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทดสอบจริง ลดงบประมาณในการวิจัยและสามารถนำผลจากการจำลองมาเปรียบเทียบการทดสอบจริงบางกรณี เพื่อวิเคราะห์ผลการแตกต่างระหว่างการทดสอบจริงกับการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

ด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีวัสดุเพื่อการประยุกต์ใช้งานทางด้านวิศวกรรม ได้ก้าวหน้าไปมาก โดยพัฒนาไปในระดับโครงสร้างวัสดุให้มีความเสถียร แม่นยำ และเฉพาะเจาะจง อันจะส่งผลให้เกิดสมบัติของวัสดุที่พิเศษเพื่อการใช้งานทางด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ แต่ก็ยังต้องมีการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตด้วย ยกตัวอย่างการวิจัยขั้นแนวหน้า (Frontier Research) ทางด้านวัสดุ เช่น นาโนคอมพอสิต วัสดุนาโนของคาร์บอน เส้นใยและวัสดุนาโนคอมพอสิต ไบโอบอลิเมอร์ หรือ อนุภาคผงระดับนาโน เป็นต้น ได้รับการพัฒนาและนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค และยังสามารถตอบโต้ภัยการผลิต ในการลดต้นทุนการผลิตแต่ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด ในปัจจุบันมีนวัตกรรมมากมายที่เกิดขึ้นจากการวิจัยและได้รับการพัฒนาต่อเนื่องและต่อยอดอย่างไม่หยุดยั้ง โดยหน่วยงานภาคการอุดมศึกษาเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ทำงานวิจัยและตอบสนองความต้องการทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ และยังพัฒนานวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ทั้งนี้เพื่อสร้างเทคโนโลยีของตนเองและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ กันชนรถยนต์เป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมที่ได้รับการพัฒนาโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งในด้านการออกแบบรูปร่างของตัวขึ้นงานกันชน

บริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ.2524 ที่อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ในช่วงแรกบริษัทผลิตอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์สำหรับซูซูกิ คาริเบียน และจัดการจัดตั้งทำพิเศษให้กับบริการให้เช่าในพื้นที่พัทยา ในขณะนั้นนักท่องเที่ยวต่างชาติและคนในท้องถิ่นต่างให้ความสนใจในสินค้าและบริการของบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด โดยผลิตรถจี๊ปมานานกว่า 10 ปี และเป็น

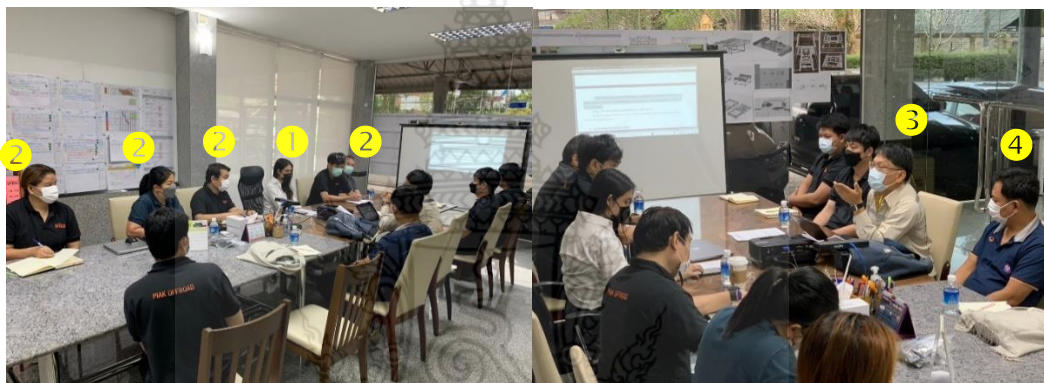
ผู้ผลิตอุปกรณ์ป้องกันระบบขับเคลื่อน 4 ล้อรายใหญ่มาดั้งแต่ปี พ.ศ.2532 และตั้งแต่ปี 2535 บริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด ได้ให้ความสนใจในธุรกิจตลาดรถออฟโรด ควบคู่กับการออกแบบและการผลิตอุปกรณ์ป้องกันสำหรับรถยนต์ขับเคลื่อนสี่ล้อ (4WD) ต่อมาบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด ได้ขยายด้วยการเพิ่มกำลังการผลิตอุปกรณ์ป้องกัน 4WD และอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์เพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ภายใต้แบรนด์ “PIAK” ลูกค้าสามารถขอปรับแต่งให้เหมาะกับการขับขี่ด้วยส่วนประกอบและอุปกรณ์เสริม “PIAK”

ปัจจุบัน บริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ไปยังประเทศต่างๆ เช่น ออสเตรเลีย แอฟริกาใต้ สหราชอาณาจักร ปานามา เคนยา เม็กซิโก รัสเซีย ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ นิวแคลิโดเนีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย เกาหลีใต้ เป็นต้น ด้วยการรับรองมาตรฐาน ISO 9001:2015 PIAK และไม่เคยหยุดนิ่งในการพัฒนานวัตกรรมของผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง จนประสบความสำเร็จภายใต้ชื่อ “PIAK” ซึ่งเกิดจากทีมงานที่เป็นเลิศ การบริการที่น่าเชื่อถือ และผลิตภัณฑ์คุณภาพสูง ดังรูปที่ 1.1 ทั้งนี้บริษัทก็ยังคงต้องมีการพัฒนาทั้งทางด้านบุคลากรและผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง การผลิตกันชนตามแบบที่มีอยู่และแบบของกันชนที่ออกแบบใหม่นั้น ยังขาดข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมเพื่อช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น การใช้องค์ความรู้ทางวิศวกรรมมาช่วยในการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์สำหรับรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กเป็นสิ่งที่บริษัทให้ความสำคัญ จึงได้มีการประชุมและหารือร่วมกันระหว่างภาคเอกชนและภาคการศึกษา และหนึ่งในประเด็นที่ให้ความสำคัญก็คือการใช้เทคโนโลยีทางวิศวกรรมมาช่วยออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างกันชนรถยนต์ให้ได้โมเดลแบบจำลองที่ถูกต้องและใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบและพัฒนากันชนรถยนต์รูปแบบอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์กันชนรถยนต์และการเชื่อมประกอบกันชนรถยนต์ด้วยช่างชำนาญการ

ในการประชุมหารือความร่วมมือระหว่างนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด ดังรูปที่ 1.2 ได้หารือความร่วมมือด้านการทำงานวิจัยร่วมกันเพื่อแก้ไขปัญหาในภาคอุตสาหกรรมการผลิตกันชน และหนึ่งในหลายประเด็นที่หารือ คือการพัฒนาวัตกรรมการกันชนด้วยเทคโนโลยีด้านวิศวกรรม ซึ่งมีข้อตกลงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กันชนและสร้างต้นแบบ 3 มิติรวมทั้งโมเดลไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เหมาะสม ถูกต้อง ให้เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับโมเดลกันชนของรถยนต์แต่ละรุ่นต่อไป โดยอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดล วิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และวิเคราะห์ความเสียหายของกันชนรถยนต์ที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำหลายทิศทาง



รูปที่ 1.2 การประชุมหารือความร่วมมือการทำงานวิจัยร่วมกันระหว่างบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด และทีมนักวิจัยจาก มจพ. และ มทร.พระนคร เมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2022

- 1) คุณปริยา เจริญใจ ประธานบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด 2) ทีมวิศวกรของบริษัท เปียกระยอง ออฟโรด จำกัด 3) รศ.ดร.สายประสิทธิ์ เกิดนิม และ 4) ผศ.ว่าที่เรื้อตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

ดังนั้นในการออกแบบพัฒนากันชนรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพสามารถทนต่อแรงกระทำต่างๆ เช่น ความเค้น ความเครียด การทำให้เสียรูปและระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยัดตัว หรือยุบตัว มีรูปแบบการออกแบบ วิเคราะห์ได้หลายแบบ เช่น การออกแบบรูปทรงของกันชนรถยนต์ การเลือกวัสดุที่เหมาะสมมาสร้างชิ้นงาน โดยระเบียบวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย การทดลอง ทดสอบ และการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) เพื่อจำลองและคาดการณ์ความเสียหายที่เกิดจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการกระแทกของกันชนรถยนต์ ผลที่ได้รับจากการจำลอง วิเคราะห์ คือทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทดสอบจริง ลดงบประมาณในการวิจัยและสามารถนำผลจากการจำลองมาเปรียบเทียบกับทดสอบจริงบางกรณี เพื่อวิเคราะห์ผลการแตกต่างระหว่างการทดสอบจริงกับการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) มุ่งเน้นในการออกแบบและวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1. ชิ้นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายคือกันชนรถบรรทุกขนาดเล็ก
2. วิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS/Explicit Dynamic
3. พารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าความเค้น ความเครียด การเสียรูป ระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยืดตัว หรือยุบตัว และชนิดของกันชนรถยนต์
4. โมเดลสำหรับเครื่องที่ใช้สำหรับในการทดสอบความแข็งแรงและความเสียหายโดยเลือกใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์และจำลองผลลัพธ์

ทั้งนี้การพิสูจน์ความถูกต้องจะใช้รูปแบบการ Pre-processing และ Solve- Processing เพื่อต่อยอดผลการออกแบบและวิเคราะห์ของงานวิจัยที่ผ่านมา โดยคาดหวังผลลัพธ์ที่ได้รับคือองค์ความรู้ที่จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายที่เกิดขึ้นที่กันชนและสามารถนำไปปรับใช้งานได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสร้างต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลของกันชนรถบรรทุกขนาดเล็ก
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายของกันชนรถยนต์ที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำหลายทิศทาง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์เบื้องต้นคือวัสดุประเภทเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และมีสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทาง (Isotropic Materials)
- 1.3.2 วิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Ansys/Explicit Dynamic
- 1.3.3 การวิจัยเลือกใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีการทดลอง เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างสองวิธีดังกล่าวด้วยค่าความเค้น ความเครียด และการเสียรูป (ระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยืดตัว หรือยุบตัว เป็นต้น)
- 1.3.4 การวิเคราะห์อยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic) ใช้ขีดจำกัดความเค้นด้วยความเค้นที่จุดคราก และการวิเคราะห์อยู่ในช่วงพลาสติกหรือไม่เชิงเส้น (Plastic Region or Non-linear)
- 1.3.5 ทฤษฎีความเสียหายที่เลือกใช้คือ Von-mises Stress (Maximum Distortion Energy Criteria)

1.3.6 เลือกใช้กันชนรถยนต์สำหรับรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก โดยวัสดุสำหรับกันชนเป็นสตรักเซอรัลสตีล

1.3.7 สร้างต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลของกันชนด้านหน้าของรถบรรทุกขนาดเล็กจำนวน 1 รุ่น เท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้องค์ความรู้จากการจำลองด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์และการทดสอบความแข็งแรงของกันชนรถยนต์

1.4.2 ได้ทราบถึงการใช้วัสดุอุปกรณ์และรูปแบบต่างๆที่ใช้ในการผลิตกันชนรถยนต์ สามารถนำมาปรับแก้ให้สามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.4.3 ได้ต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลของกันชนรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กเพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์กันชนของรถยนต์อื่นๆต่อไป

1.4.4 ได้ผลงานตีพิมพ์ในวารสารหรือการตีพิมพ์ลงในงานสัมมนาทางวิชาการ

1.5 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

1.5.1 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทรศัพท์/โทรสาร: 0 2836 3000 ต่อ 4138 โทรศัพท์มือถือ: -

บทที่ 2

ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [1], [2]

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เป็นวิธีทางตัวเลข เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (Structural) หรืออื่น ๆ โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นจะสามารถประมาณค่าผลเฉลยโดยการแก้สมการเชิงพีชคณิตแทนการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โครงสร้างหรือชิ้นงานจะถูกแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ (Element) ในจำนวนที่จำกัด (Finite) และผลเฉลยที่ได้จะเป็นคำตอบที่จุดต่อระหว่างเอลิเมนต์ (โหนด: Node) โดยที่แต่ละเอลิเมนต์จะมีผลเฉลยที่สามารถหาได้ง่าย และเมื่อนำมารวมกันจึงสามารถหาค่าผลเฉลยของทั้งโครงสร้างได้โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นจะสามารถให้ผลเฉลยของค่าการเสียรูปและแรงที่กระทำ ณ จุดหรือโหนด และค่าความเค้นและความเครียดที่แต่ละเอลิเมนต์ได้ ความเครียดกับการเสียรูปและความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เป็นสิ่งจำเป็นในการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ตัวอย่างปัญหาใน 1 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างการเสียรูปกับความเครียดเป็นดังนี้

$$\varepsilon_x = \frac{du}{dx} \quad (2.1)$$

ซึ่งเป็นสมการสำหรับปัญหาที่มีการเสียรูปน้อย (Small Displacement) และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดมีค่าเท่ากับ

$$\sigma_x = E\varepsilon_x \quad (2.2)$$

โดยที่ σ_x คือค่าความเค้นในแนวแกน x และ E คือ ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ

$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ & & & & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ & & & & & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

เมื่อ $[D]$ คือ เมทริกซ์คุณสมบัติของวัสดุ

การหาสทิสเมทริกซ์สำหรับเอลิเมนต์แบบสปริง เมื่อสปริงที่มีค่านิจของสปริง (Stiffness) เท่ากับ k รับแรงดึงเท่ากับ F สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อชิ้นงานกับระยะสปริงยืดตัวได้ตามสมการที่ (2.4)

$$F=kx \quad (2.4)$$

เมื่อนำเอาหลักการของสปริงตามสมการที่ (2.4) มาประยุกต์ใช้กับหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ จะสามารถเขียนสมการที่ (2.5) ใหม่ในลักษณะของเมทริกซ์ได้เป็น

$$f'=k'd' \quad (2.5)$$

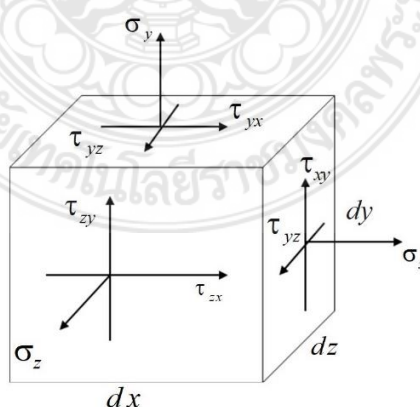
โดยที่ f' คือ เมทริกซ์ของแรงที่กระทำกับสปริง

k' คือ สทิสเมทริกซ์ของสปริง

d' คือ เมทริกซ์ของระยะยืด/หดตัวของสปริง

ในการวิเคราะห์เอลิเมนต์ในระบบ 3 มิตินั้น เอลิเมนต์ประเภทนี้จะให้คำตอบมากกว่าเอลิเมนต์แบบ 2 มิติ หรือแบบแกนสมมาตรเอลิเมนต์แบบทรงสี่หน้า (Tetrahedral) เป็นเอลิเมนต์เบื้องต้นสำหรับ 3 มิติ ในส่วนนี้จะยกตัวอย่างจากหนังสือไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น โดยผู้แต่ง รศ.ดร. ธงชัย พองสมุทร หน้า 175-180

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดใน 3 มิติ ตามรูปที่ 2.1 คือลักษณะของความเค้นที่เกิดขึ้นในเอลิเมนต์แบบ 3 มิติ และเมื่อพิจารณาตามหลักการสมดุล (Equilibrium) จะได้ว่า



รูปที่ 2.1 ลักษณะความเค้นใน 3 มิติ [1], [2]

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} \quad \tau_{yz} = \tau_{zy} \quad \tau_{zx} = \tau_{xz} \quad (2.6)$$

ดังนั้นจะมีความเค้นเฉือนแค่ 3 ตัวเท่ากันที่ต้องพิจารณารวมกับความเค้นตั้งฉากจะได้เป็น

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.7)$$

และความเค้นที่เกิดขึ้นในเอลิเมนต์จะมีดังนี้

$$\{\epsilon\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} \quad (2.8)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \gamma_{yx}, \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} = \gamma_{zy}, \quad \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \gamma_{xz} \end{aligned} \quad (2.9)$$

และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเท่ากับ

$$\{\sigma\} = [D]\{\epsilon\} \quad (2.10)$$

โดยที่

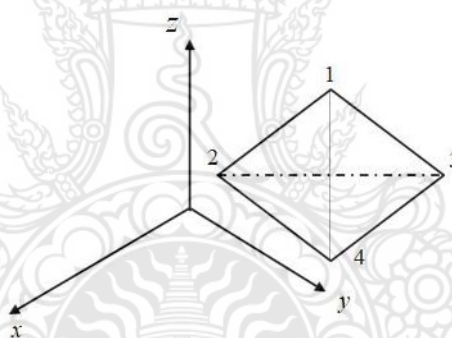
$$[D] = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ & & & & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ & & & & & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

การหาสทิงเฟเนสมทริกซ์สำหรับเอลิเมนต์แบบทรงสี่หน้า

ขั้นตอนที่ 1 เลือกประเภทของเอลิเมนต์

พิจารณาเอลิเมนต์ 3 มิติแบบสี่หน้า (Tetrahedral) ดังรูปที่ 2.2 โดยที่ 1 เอลิเมนต์ประกอบด้วย 4 โหนด แต่ละโหนดมีระดับความเสรี (Degree of Freedom) เท่ากับ 3 และเมทริกซ์สำหรับการเสียรูปเท่ากับ

$$d = \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \\ \vdots \\ u_4 \\ v_4 \\ w_4 \end{Bmatrix} \quad (2.12)$$



รูปที่ 2.2 เอลิเมนต์รูปทรงสี่หน้า [1]-[2]

ขั้นตอนที่ 2 เลือกฟังก์ชันของการเสียรูป

กำหนดให้การเสียรูปทั้งหมดยังอยู่ในช่วงของการยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear Elastic) อยู่ดังนั้นจะสามารถเขียนฟังก์ชันของการเสียรูป (u , v และ w) ในแต่ละแนวได้ดังนี้

$$\begin{aligned} u(x,y,z) &= a_1 + a_2x + a_3y + a_4z \\ v(x,y,z) &= a_5 + a_6x + a_7y + a_8z \\ w(x,y,z) &= a_9 + a_{10}x + a_{11}y + a_{12}z \end{aligned} \quad (2.13)$$

เป็นฟังก์ชันของการเสียรูปของ u , v และ w โดยที่ในการวิเคราะห์นั้นสามารถทำได้เหมือนกับกรณีของเอลิเมนต์สามเหลี่ยมจะได้ว่า

$$u(x, y, z) = \frac{1}{6v} \left\{ (\alpha_1 + \beta_1 x + \gamma_1 y + \delta_1 z)u_1 + (\alpha_2 + \beta_2 x + \gamma_2 y + \delta_2 z)u_2 \right. \\ \left. + (\alpha_3 + \beta_3 x + \gamma_3 y + \delta_3 z)u_3 + (\alpha_4 + \beta_4 x + \gamma_4 y + \delta_4 z)u_4 \right\} \quad (2.14)$$

โดยที่

$$6v = \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 & z_1 \\ 1 & x_2 & y_2 & z_2 \\ 1 & x_3 & y_3 & z_3 \\ 1 & x_4 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad (2.15)$$

$$\alpha_1 = \begin{vmatrix} x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \\ x_4 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \beta_1 = \begin{vmatrix} 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \\ 1 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \gamma_1 = \begin{vmatrix} 1 & x_2 & z_2 \\ 1 & x_3 & z_3 \\ 1 & x_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \delta_1 = \begin{vmatrix} 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \\ 1 & x_4 & y_4 \end{vmatrix} \quad (2.16)$$

$$\alpha_2 = -\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_3 & y_3 & z_3 \\ x_4 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \beta_2 = \begin{vmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 1 & y_3 & z_3 \\ 1 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \gamma_2 = -\begin{vmatrix} 1 & x_1 & z_1 \\ 1 & x_3 & z_3 \\ 1 & x_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_3 & y_3 \\ 1 & x_4 & y_4 \end{vmatrix} \quad (2.17)$$

$$\alpha_3 = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_4 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \beta_3 = -\begin{vmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \gamma_3 = \begin{vmatrix} 1 & x_1 & z_1 \\ 1 & x_2 & z_2 \\ 1 & x_4 & z_4 \end{vmatrix} \quad \delta_3 = -\begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_4 & y_4 \end{vmatrix} \quad (2.18)$$

$$\alpha_4 = -\begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix} \quad \beta_4 = \begin{vmatrix} 1 & y_1 & z_1 \\ 1 & y_2 & z_2 \\ 1 & y_3 & z_3 \end{vmatrix} \quad \gamma_4 = \begin{vmatrix} 1 & x_1 & z_1 \\ 1 & x_2 & z_2 \\ 1 & x_3 & z_3 \end{vmatrix} \quad \delta_4 = -\begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{vmatrix} \quad (2.19)$$

สามารถที่จะเขียนรูปของเมทริกซ์สำหรับฟังก์ชันการเสียรูปเท่ากับ

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & 0 & N_2 & 0 & 0 & N_3 & 0 & 0 & N_4 & 0 & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & 0 & N_2 & 0 & 0 & N_3 & 0 & 0 & N_4 & 0 \\ 0 & 0 & N_1 & 0 & 0 & N_2 & 0 & 0 & N_3 & 0 & 0 & N_4 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ w_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ w_3 \\ u_4 \\ v_4 \\ w_4 \end{Bmatrix} \quad (2.20)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{(\alpha_1 + \beta_1 x + \gamma_1 y + \delta_1 z)}{6V} & N_2 &= \frac{(\alpha_2 + \beta_2 x + \gamma_2 y + \delta_2 z)}{6V} \\ N_3 &= \frac{(\alpha_3 + \beta_3 x + \gamma_3 y + \delta_3 z)}{6V} & N_4 &= \frac{(\alpha_4 + \beta_4 x + \gamma_4 y + \delta_4 z)}{6V} \end{aligned} \quad (2.21)$$

ขั้นตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับการเสียรูป และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดกับการเสียรูป ได้ว่า

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{xy} \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{Bmatrix} \quad (2.22)$$

หรือ

$$\{\varepsilon\} = [B]\{d\} \quad (2.23)$$

โดยที่

$$[B] = [\underline{B}_1 \quad \underline{B}_2 \quad \underline{B}_3 \quad \underline{B}_4] \quad (2.24)$$

และ

$$B_1 = \begin{bmatrix} N_{1,x} & 0 & 0 \\ 0 & N_{1,y} & 0 \\ 0 & 0 & N_{1,z} \\ N_{1,y} & N_{1,x} & 0 \\ 0 & N_{1,z} & N_{1,y} \\ N_{1,z} & 0 & N_{1,x} \end{bmatrix} = \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \delta_1 \\ \gamma_1 & \beta_1 & 0 \\ 0 & \delta_1 & \gamma_1 \\ \delta_1 & 0 & \beta_1 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

และสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด

$$\{\sigma\} = [D]\{\epsilon\} \quad (2.26)$$

และ

$$\{\sigma\} = [D][B]\{d\} \quad (2.27)$$

ขั้นตอนที่ 4 หาสมการสทริกซ์และสมการสทิฟเนส
เมื่อพิจารณาในรูปของสมการ $\underline{F} = \underline{K}\underline{d}$ จะได้ว่า

$$[K] = \iiint_V [B]^T [D][B] dV \quad (2.28)$$

ในกรณีที่เป็นเอลิเมนต์แบบทรงสี่หน้า (Tetrahedron) จะมีค่าคงที่ ดังนี้

$$[K] = V[B]^T [D][B] \quad (2.29)$$

ผลจากน้ำหนัก (Body Force)

$$\{f_b\} = \iiint_V [N]^T \{X\} dV \quad (2.30)$$

โดยที่

$$\{X\} = \begin{Bmatrix} X_b \\ Y_b \\ Z_b \end{Bmatrix} \quad (2.31)$$

ผลจากแรงที่ผิว (Surface Force) จาก

$$\{f_s\} = \iint_s [N]^T \{T\} dS \quad (2.32)$$

โดยที่

$$\{T\} = \begin{Bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{Bmatrix} \quad (2.33)$$

2.1.2 ANSYS Software [3], [4]

โปรแกรม ANSYS เป็นโปรแกรมสากลที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอด 30 ปีที่ผ่านมาสามารถใช้วิเคราะห์พฤติกรรมทางฟิสิกส์ที่หลากหลาย เรียกโปรแกรมกลุ่มนี้ว่า โปรแกรมมัลติฟิสิกส์ (Multiphysics Program) และค่อนข้างนิยมในหมู่ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (CAE, Computer – Aided Engineering) อาศัยทั้งหลักการคำนวณวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) และ ไฟไนต์โวลุ่ม (Finite Volume Method, FVM) โปรแกรม ANSYS สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น การแก้ปัญหาในระบบสามมิติของกลศาสตร์ของแข็งสามารถประยุกต์ใช้กับโครงสร้างที่มีลักษณะพื้นฐาน (Stationary Geometrically) และระบบที่มีโครงสร้างซับซ้อน (Non-stationary Geometrically) ได้ ปรากฏการณ์ของก๊าซและของไหล กลศาสตร์ของไหล การแผ่รังสีความร้อนและการถ่ายเทความร้อน ปรากฏการณ์ด้านไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ปรากฏการณ์ของคลื่นเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถจำลองได้บนโปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองและการวิเคราะห์กระบวนการในอุตสาหกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่สูงและลดระยะเวลาในการออกแบบ

2.1.3 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง FEM มีพื้นฐาน 3 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 (Pre-Processing)

เตรียมข้อมูลเบื้องต้นของแบบจำลองก่อนการวิเคราะห์ เป็นการกำหนดและการสร้างแบบจำลองที่จะทำการวิเคราะห์ โดยแบบจำลองที่กำหนดจะประกอบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และกำหนดสภาวะขอบเขต จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการสร้างแบบจำลองบนโปรแกรม CAD ชนิดต่าง ๆ ซึ่งอาจแบ่งขั้นตอนย่อยๆ ได้เป็นดังนี้ การป้อนข้อมูลตัวแปรของรูปทรงเรขาคณิตแบบจำลอง เช่น ตำแหน่งพิกัดของโหนด เส้น พื้นผิว และปริมาตรของแข็ง กำหนดชนิดของเอลิเมนต์ ความถี่หรือการกำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของวัสดุ เช่น ค่าโมดูลัสของยัง ความหนาแน่นวัสดุสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็นต้น สภาวะที่กระทำต่อวัสดุ เช่น ตำแหน่ง ขนาดและทิศทางของสิ่งที่มากระทำต่อวัสดุ ซึ่งอาจจะเป็นแรงหรือความดัน

ขั้นตอนที่ 2 (Solve-Processing)

การวิเคราะห์แบบจำลองโดยการคำนวณบนคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์หรือจำลองพฤติกรรมตามธรรมชาติของระบบที่ต้องการ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้และการเลือกใช้กฎทางฟิสิกส์ที่สอดคล้องกัน เช่น จำลองการไหลแบบ Newtonian หรือ Non-newtonian ของไหลเป็นของไหลที่อัดตัวได้หรืออัดตัวไม่ได้ (Compressible or Incompressible Fluid) การไหลเป็นแบบ Lamina หรือ Turbulent ปัญหาที่มีลักษณะเป็นแบบยืดหยุ่นก็ควรเลือกเป็นแบบ Elasticity หรือปัญหาที่มีลักษณะเปลี่ยนรูปถาวรก็ควรเลือกแบบ Plasticity เป็นต้น หลังจากวิเคราะห์แบบจำลองแล้วขั้นตอนการพิจารณาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 (Post-Processing)

หลังจากการวิเคราะห์ผลการจำลองจะมีลักษณะเป็นค่าตัวเลขของแต่ละจุดหรือโหนด (Node) ค่าสมบัติของแต่ละเอลิเมนต์ (Element) ซึ่งจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ผลลัพธ์และการจัดแสดงในลักษณะที่เข้าใจง่ายเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป โดยทั่วไปแล้วสำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เชิงพาณิชย์จะมีความสามารถแสดงผลลัพธ์แบบกราฟิกสามมิติผ่านหน้าจอ เช่น แสดงกราฟิกและค่าของโหนดที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแสดงภาพกราฟิกและค่าของความเค้นในแต่ละเอลิเมนต์และโหนด แสดงภาพกราฟของโครงข่ายที่บิดไปหลังจากถูกแรงมากระทำหรือแสดงภาพการเคลื่อนไหวของเอลิเมนต์หลังจากถูกแรงมากระทำ

2.1.4 Material Model

ในหัวข้อที่ 2.1.4 นี้ ผู้แต่งได้คัดลอกเนื้อหาจากเล่มวิทยานิพนธ์ของ วริญดา จิรัญญารัฐ เรื่อง “การจำลองผิวหน้ารอยแตกของคอมโพสิตโดยใช้โปรแกรม Ansys”[42] และ นวพล กลางทัพ เรื่อง “การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุของกระสุนบนโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์” แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับการคำนวณคุณสมบัติด้านการดัดงอในรูปของกราฟ Stress-Strain ส่วนใหญ่พัฒนามาจากพฤติกรรมของโลหะ ตัวอย่างเช่น Johnson-Cook Model, Steinberg Guinan Strength, Johnson-Holmquist (JH-2) ทำให้สามารถทำนายพฤติกรรมในส่วนของ Elastic Region ได้ แต่สำหรับวัสดุที่เป็นพอลิเมอร์หรือโดยเฉพาะเทอร์โมพลาสติกที่มีความว่องไวต่ออัตราความเครียด ภายใต้การทดสอบแรงดัดงอจุด Yield Point ทำให้ไม่สามารถทำนายพฤติกรรมในช่วง Plastic Region ได้ ดังนั้นจึงได้ใช้รูปแบบโมเดล 2 รูปแบบ คือ Plasticity Model และ Hyper elasticity Model

2.1.4.1 แบบจำลองที่ใช้กับวัสดุจำพวกพลาสติก (Plasticity Model)

ข้อมูลความเป็นพลาสติก (Plasticity) เป็นอีกส่วนหนึ่งของคำสั่งในแถบเมนู Toolbox กล่าวคือหากให้แรงแก่วัสดุประเภทอีลาสติก (Elastic) และต่อมานำแรงออกพลังงานที่ทำให้เปลี่ยนรูปจะย้อนกลับมา (Recovery) ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปกลับมาอยู่ในสภาพเดิมเหมือนก่อนเปลี่ยนรูป หากพลังงานที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปมากขึ้นจนถึงขีดจำกัดความเป็นอีลาสติกทำให้วัสดุเริ่มเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร สำหรับโหมด Explicit Dynamic การคำนวณการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพลาสติก โดยอ้างอิงหลัก Von Mises Yield Criterion หรือรู้จักกันในนาม Prandtl-Reuss Yield Criterion เมื่อกำหนดให้แทน Yield Stress

$$\begin{aligned}
 (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 &= 2y^2 \\
 \sigma'_{V_{2n+1}} &= \sigma'_{V_{2n}} e^{-\beta \Delta t_n} + 2(G_0 - G_\infty) \frac{(1 - e^{-\beta \Delta t_n})}{\beta} \frac{\Delta \varepsilon'_n}{\Delta t_n}
 \end{aligned} \tag{2.34}$$

และ

$$(S_1 - S_2)^2 + (S_2 - S_3)^2 + (S_3 - S_1)^2 = 2y^2 \tag{2.35}$$

หรือ

$$S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 = \frac{2y^2}{3} \quad (\text{เมื่อ } S_1 + S_2 + S_3 = 0) \tag{2.36}$$

2.1.4.2 โมเดลของ Bilinear Isotropic / Kinematic Hardening

โมเดลอธิบาย Yield Stress (Y) กับฟังก์ชันเชิงเส้นตรงของ Plastic Strain (ε_p) ดัง สมการที่ 2.37 โดยที่ Y_0 คือค่า Yield Strength และ A คือค่า Tangent Modulus ลักษณะของ Isotropic Hardening คือผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress สูงสุดด้วย Y ส่วนลักษณะ Kinematic Hardening ผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress ที่จุดเริ่มต้น ด้วย Y, เป็นผลเนื่องมาจากโมเดลของ Bauschinger ใช้ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องเพื่อทำนายการ ตอบสนองของโครงสร้างที่บาง ๆ เช่น Shells

$$Y = Y_0 + A\varepsilon_p \tag{2.37}$$

2.1.4.3 โมเดลของ Multilinear Isotropic / Kinematic Hardening

ใช้อธิบาย Yield Stress (Y) และ ฟังก์ชันของคู่ลำดับเชิงเส้นตรงของ Plastic Strain (ε_p) โดยใช้สมบัติการเพิ่มค่าความเค้นและความเค้น 10 คู่อันดับในการอธิบายลักษณะของ Isotropic Hardening คือผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress สูงสุดด้วย Y และลักษณะ Kinematic Hardening คือผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress ที่จุดเริ่มต้นด้วย Y_0 สามารถใช้ได้กับองค์ประกอบที่เป็นของแข็งเท่านั้น

2.1.4.4 โมเดลของ Johnson Cook Strength

โมเดลสำหรับวัสดุประเภทโลหะเนื่องจากวัสดุมีค่าความเครียดที่มาก อัตราความเครียดที่สูง และอุณหภูมิสูง สามารถหาค่าความเค้นที่จุดคราก (Y) เมื่อมีฟังก์ชันของความเครียด อัตราความเครียดและอุณหภูมิสูง

$$Y = [A + B\varepsilon_p^n][1 + c \log \varepsilon_p^*][1 - T_H^m] \quad (2.38)$$

ε_p คือผลกระทบของความเครียดแบบคงรูป (Plastic Strain), ε_p^* คือผลกระทบของอัตราความเครียดคงรูปแบบปกติ (Normalized Effective Plastic Strain), T_H คืออุณหภูมิที่สัมพันธ์กันเท่ากับ $(T - T_{room}) / (T_{melt} - T_{room})$ เมื่อ A, B, C, m, n คือค่าคงที่ของวัสดุ

2.1.4.5 โมเดลของ Cowper Symonds Strength

โมเดลใช้หาความเค้นที่จุดครากของวัสดุที่มีความเครียดซึ่งจะทำให้วัสดุ Isotropic แข็งขึ้น (Strain Hardening) ค่าอัตราความเครียดจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุดังสมการ 2.39

$$Y = \left(A + B\varepsilon_{pl}^n \right) \left[1 + \left(\frac{\dot{\varepsilon} pl^n}{D} \right)^{\frac{1}{q}} \right] \quad (2.39)$$

โดยในเทอมที่เกิดความแข็ง (Hardening) จะใช้ Johnson Cook Strength Model อัตราความเครียดขึ้นอยู่กับเทอมที่แตกต่างกันคุณสมบัติให้เท่ากับ 1 ต่อวินาทีและไม่มีเทอมของความร้อน ที่ทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัว (Thermal softening) การไหลของพลาสติกสามารถใช้โมเดลนี้ในการลดความถี่ของการแกว่ง บางครั้งสังเกตได้จากจุดครากที่ผิวข้างภายใต้อัตราความเครียดสูง [42]

2.1.4.6 โมเดลของ Steinberg Guinan Strength

โมเดลที่คำนวณโมดูลัสเฉือนและความเค้นที่จุดครากที่เป็นผลเนื่องมาจากความเครียดของพลาสติก Plastic Strain ความดันและพลังงานหรืออุณหภูมิภายในเหมาะสมกับข้อมูลการทดลองที่เกิดความเร็วอย่างกะทันหันที่ผิวหน้าอิสระพบว่าค่าความเค้นที่จุดครากและค่าโมดูลัสเฉือนเพิ่มความดันเพิ่มและลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเค้นที่จุดครากจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อไม่มีผลเนื่องจากอัตราความเครียดในกรณี $Y_0 [1 + \beta \varepsilon] - Y_{max}$ ตัวแปร P และ t แทนค่าความดันและอุณหภูมิตามลำดับ [42]

$$Y = Y_0 \left\{ 1 + \left(\frac{Y_p'}{Y_0} \right) \frac{P}{n^{\frac{1}{3}}} + \left(\frac{G_t'}{G_0} \right) (t - 300) \right\} (1 + \beta \varepsilon)^n \quad (2.40)$$

หรือ

$$G = G_0 \left\{ 1 + \left(\frac{G_p'}{G_0} \right) \frac{P}{n^{\frac{1}{3}}} + \left(\frac{G_t'}{G_0} \right) (t - 300) \right\} \quad (2.41)$$

ε คือผลกระทบของ Plastic Strain, t คืออุณหภูมิ (K), n คือผลกระทบจากการอัด (V_0/V)

2.1.4.7 โมเดลของ Zerilli Armstrong Strength

โมเดลนี้ใช้ในกรณีที่ความเครียดและอัตราความเครียดสูง ๆ อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเคลื่อนที่แบบ Dislocation ประยุกต์ใช้กับโลหะที่มีโครงสร้างแบบ Body Centered Cubic และแบบ Face Centered Cubic [42]

$$Y = Y_0 + C_1 \exp[-C_3 T + C_4 T \log \varepsilon] + C_5 \varepsilon^n \quad (2.42)$$

กำหนดให้ $C_2 = 0$ แทนโลหะที่มีโครงสร้างแบบ Body Centered Cubic เช่น เหล็กโครเมียม ทังสเตน วานาเดียม เป็นต้น

$$Y = Y_0 + C_2 \exp[-C_3 T + C_4 T \log \varepsilon] \quad (2.43)$$

กำหนดให้ $C_1 = 0$ แทนโลหะที่มีโครงสร้างแบบ Face Centered Cubic เช่น คอปเปอร์

2.1.4.8 โมเดลของ Johnson Holmquist Failure Model [43]

ที่มีความเสียหายเมื่อแบบจำลองวัสดุที่เปราะ เช่น เซรามิกภายใต้แรงดันขนาดใหญ่และอัตราความเครียดสูงรูปแบบจะพยายามที่จะรวมปรากฏการณ์ที่พบเมื่อวัสดุที่เปราะบางถูก โหลดและเกิดความเสียหายซึ่งเป็นหนึ่งในแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดเมื่อต้องรับมือกับ ผลกระทบ Ballistic เมื่อ Y คือ Yield Stress 2.44

$$Y = \left[A(p^* + T^*)^n (1-D) + B(p^*)^m D \right] \left[1 + C \ln \dot{\varepsilon}_p^* \right] \quad (2.44)$$

เมื่อ

$$p^* = \frac{p}{p_{HEL}}, \quad T^* = \frac{T}{p_{HEL}} \quad (2.45)$$

ที่ p_{HEL} คือความดันที่ Hugoniot Elastic Limit (HEL), T คือ Maximum Hydrodynamic Tensile Strength และ A, B, C, n, m คือค่าคงที่ของวัสดุ, ค่า HEL คือ Yield Limit ที่ Uniaxial Strain เมื่อวัสดุรับภาระโหดในทิศทางเดียว ดังนั้นจะมี 2 สมการแยกกันเพื่อค่า Yield Stress เมื่อ $D = 1$ หรือ $D < 1$ ใน Johnson-Holmquist ค่า Yield Stress เป็นฟังก์ชันความเสียหายต่อเนื่องของ D ดังนั้นรูปแบบวัสดุที่มีคุณสมบัตินี้เรียกว่าแบบจำลองการแตกหักแบบ Active สำหรับกรณีพิเศษ $D = 0$ (ไม่มีความเสียหาย) และ $D = 1$ (มีความเสียหาย), ค่า Yield Stress จะลดลงตามสมการ 2.45 และ 2.46

$$Y = A(p^* + T^*)^n \left(1 + C \ln \dot{\varepsilon}_p^* \right) \quad (\text{ไม่มีความเสียหายเมื่อ } D = 0) \quad (2.46)$$

$$Y = B(p^*)^m \left(1 + C \ln \dot{\varepsilon}_p^* \right) \quad (\text{มีความเสียหายเมื่อ } D = 1) \quad (2.47)$$

ในการจำลองการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในที่นี่ได้เลือกใช้โปรแกรม Ansys และโหมดในโปรแกรมที่ใช้การจำลอง Ballistic ที่จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุพุ่งชนกระแทกเข้ากับอีกวัตถุหนึ่ง โดยอยู่ในภายใต้ความเร็ว ความเร่ง หรือระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเทียบกับเวลาเรียกว่า "พลศาสตร์" (Dynamics) สำหรับพลศาสตร์สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง คินเมติกส์ (Kinematics) ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ การหาการขจัด ความเร็ว และความเร่ง โดยไม่มีการพิจารณาแรงกระทำบนวัตถุ ส่วนที่สอง จลศาสตร์ (Kinetics) วิเคราะห์แรงกระทำที่ทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ โหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์เรียกว่า "Explicit Dynamics"

2.1.5 Explicit Dynamics Analysis [42],[44]

Ansys Explicit Dynamics เป็นการจำลองทางวิศวกรรมที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการจำลองทางกายภาพที่มีการรับโหลดรุนแรงในช่วงเวลาสั้น ๆ และอาจทำให้วัสดุเกิดการเสียหายซึ่งทำการทดลองได้ยากและมีค่าใช้จ่ายที่สูง การจำลองเป็นการสร้างความเข้าใจและแสดงรายละเอียดของชิ้นงานเมื่อได้รับแรงเพื่อเป็นการป้องกันการออกแบบที่ผิดพลาดการประยุกต์ใช้โปรแกรม Ansys Explicit Dynamics เช่น การทดลองความต้านทานการกระแทกและการเจาะทะลุ (Ballistic Impact Test) การทดลองความต้านทานการตกกระแทกของวัสดุ (Drop Test)

สมการพื้นฐานที่ใช้แก้ปัญหาการวิเคราะห์แบบ Explicit Dynamics แสดงโดยกฎการอนุรักษ์มวลโมเมนตัมและพลังงานของ Lagrange ซึ่งได้รวมโมเดลของวัสดุตั้งค่าของสถานะเริ่มต้นและขอบเขตเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับสูตรของ Lagrange ได้ทำการย้าย Mesh และการเปลี่ยนแปลงโมเดลของวัสดุ ดังนั้นการอนุรักษ์มวลเป็นไปอัตโนมัติ ความหนาแน่นที่เวลาใด ๆ สามารถหาจากปริมาตรที่เวลาใด ๆ ของบริเวณนั้นกับน้ำหนักเริ่มต้น

$$\frac{p_0 V_0}{V} = \frac{m}{V} \quad (2.48)$$

สมการเชิงอนุพันธ์บางส่วนแสดงถึงกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมที่เกี่ยวข้อกับความเร่งและเทนเซอร์ของความเค้น (σ_{ij})

$$\begin{aligned} p\ddot{x} &= b_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \\ p\ddot{y} &= b_y + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} \\ p\ddot{z} &= b_z + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} \end{aligned} \quad (2.49)$$

จากกฎอนุรักษ์พลังงาน

$$\dot{\epsilon} = \frac{1}{\rho} (\sigma_{xx} \dot{\epsilon}_{xx} + \sigma_{yy} \dot{\epsilon}_{yy} + \sigma_{zz} \dot{\epsilon}_{zz} + 2\sigma_{xy} \dot{\epsilon}_{xy} + 2\sigma_{yz} \dot{\epsilon}_{yz} + 2\sigma_{zx} \dot{\epsilon}_{zx}) \quad (2.50)$$

เวลาในแต่ละขั้นตอนหาได้จากสมการที่ใช้แก้ปัญหาองค์ประกอบในโมเดลโดยการป้อนค่าจุดสิ้นสุดของเวลาในขั้นตอนก่อนหน้าบังคับใช้เฉพาะกฎอนุรักษ์เชิงมวลและโมเมนตัมเท่านั้น อย่างไรก็ตามการจำลองแบบ Explicit ควรมีการอนุรักษ์เชิงมวล โมเมนตัม และพลังงานด้วยซึ่งการอนุรักษ์พลังงานจะไม่เปลี่ยนแปลงและใช้เพื่อตรวจสอบเชิงคุณภาพในการแก้ปัญหาโดยเทียบค่าการคลาดเคลื่อนใน Implicit Transient Dynamics

2.1.5.1 พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำที่เคลื่อนที่ (Dynamic Loading) [5]

โดยทั่วไปแล้ววัสดุจะมีการตอบสนองต่อแรงกระทำที่เคลื่อนที่ (Dynamic Loading) อย่างซับซ้อนการติดตามปรากฏการณ์ที่ต้องนำไปสร้างแบบจำลอง เช่น การตอบสนองต่อความที่ไม่เป็นเชิงเส้นพฤติกรรมที่โครงสร้างเปลี่ยนแปลงรูปร่างและความเครียดขึ้นภายในเนื้อวัสดุทำให้วัสดุแข็งขึ้น (Strain Hardening) พฤติกรรมการอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนพฤติกรรม Orthotropic ของวัสดุเสริมองค์ประกอบการแตกหักของแก้ว เซรามิกส์และคอนกรีตความเสียหายเนื่องจากแรงดัดงอการเปลี่ยนวิภาค เช่น ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

ข้อมูลเชิงวิศวกรรมใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนแรกต้องทำการป้อนค่าสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ได้แก่ ค่าความหนาแน่นวัสดุทุกชนิดต้องมีค่าความหนาแน่นเพื่อใช้อ้างอิงสำหรับการจำลองโหมด Explicit Dynamics สมบัติของความหนาแน่นถูกนิยามมาจากมวลเริ่มต้นต่อหน่วยปริมาตรที่เริ่มต้นและสมบัตินี้จะถูกนำไปใช้กับทุกโมเดลทุกประเภทและสมบัติทางความร้อน (Thermal) ได้แก่ ค่าความร้อนจำเพาะใช้สำหรับการคำนวณอุณหภูมิที่ใช้กับโมเดลของวัสดุ รวมไปถึงอุณหภูมิที่ทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัว สมบัตินี้จะถูกนำไปใช้กับโมเดลของวัสดุที่อ่อนตัวลงเนื่องจากความร้อน

ข้อมูล Linear Elastic เป็นอีกส่วนหนึ่งของคำสั่งหลักในแถบเมนู Toolbox ประกอบด้วยส่วนที่หนึ่งคือ isotropic Elasticity ใช้อธิบายวัสดุที่มีพฤติกรรมแบบ Linear Elastic เหมาะกับวัสดุที่มีการกดอัดต่ำ (Low Compression) สมบัติที่ใช้อธิบายได้แก่ Young's Modulus (E) และ Poisson's Ratio (ν) ซึ่งได้มาจากการอธิบายสมบัติของ Bulk Modulus และ Shear Modulus แล้วนำมาใช้แก้ปัญหาของวัสดุส่วนที่สองคือ Orthotropic Elasticity ใช้อธิบายวัสดุที่มีพฤติกรรมแบบ Linear Orthotropic Elastic เหมาะกับวัสดุ Orthotropic ที่มีการกดอัดต่ำสมบัติที่ใช้อธิบายได้แก่ Young's Modulus (E_x, E_y, E_z), Poisson's Ratio ($\nu_{xy}, \nu_{yz}, \nu_{xz}$), และ Shear Modulus (G_{xy}, G_{yz}, G_{xz}) ส่วนที่สามคือ Viscoelastic อัตราความเครียดที่ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมความเป็น Elastic อธิบายโดย Long Term Shear Modulus (G) ผ่านโมเดล Instantaneous Shear Modulus (G_0) และ Viscoelastic Decay Constant (β) เมื่อความเค้นของ Deviatoric Viscoelastic ที่เวลา $n+1$ คำนวณจากความเค้นของ Viscoelastic ที่เวลาและความเครียดเฉือนที่เพิ่มขึ้น ณ เวลาใด ๆ

หมายเหตุ ความเค้น Deviatoric Viscoelastic ถูกเพิ่มไปในพจน์ของความเค้น Elastic เพื่อหาความเค้นรวม

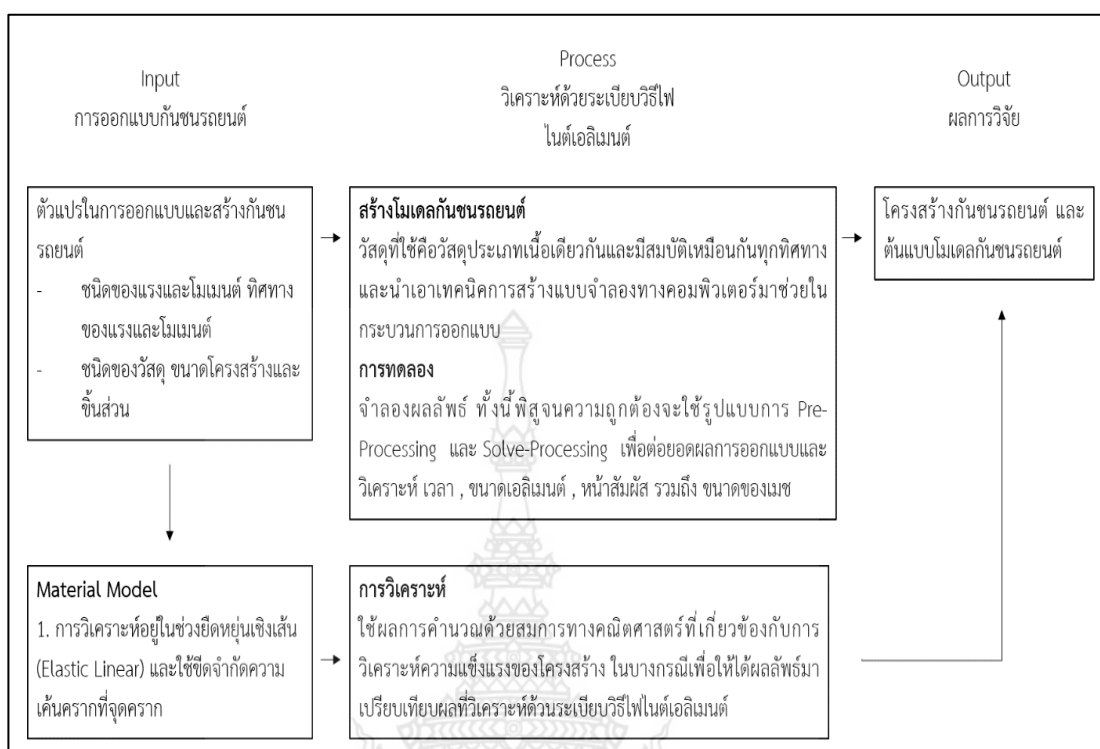
$$\sigma'_{V_{2n+1}} = \sigma'_{V_{2n}} e^{-\beta \Delta t_n} + 2(G_0 - G_\infty) \frac{(1 - e^{-\beta \Delta t_n})}{\beta} \frac{\Delta \varepsilon'_n}{\Delta t_n} \quad (2.51)$$

2.1.5.2 กลไกการแก้ปัญหาของโปรแกรม Ansys โหมด Explicit Dynamics [5]

- การแบ่งส่วน (Mesh) จะต้องมีข้อมูล เช่น สมบัติของวัสดุ แรงที่ใช้ ข้อจำกัดและสภาวะ
- การรวมเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ที่จุด (Node) แบ่งส่วน (Mesh)
- การเคลื่อนที่ของจุดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขององค์ประกอบ
- องค์ประกอบเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนปริมาตรและความหนาแน่นของ วัสดุในแต่ละองค์ประกอบ
- อัตราการเปลี่ยนแปลงรูปได้มาจากอัตราความเครียดโดยใช้องค์ประกอบของตัวแปรจากสูตร พฤติกรรมของวัสดุภายใต้การกระทำของแรงจากอัตราความเครียด
- ความเค้นเปลี่ยนกลับไปเป็นแรง Nodal ใช้องค์ประกอบของตัวแปรจากสูตร
- แรง Nodal ภายนอกคำนวณได้จากสภาวะขอบเขตและโหลด (Load)
- รวมแรง Nodal ที่ได้รับจากมวล Nodal ทำให้เกิดความเร่ง
- ความเร่งเป็นการรวม Explicitly ของเวลาที่ใช้ทำให้เกิดความเร็ว Nodal ใหม่
- ความเร็วเป็นการรวม Explicitly ภายใต้เวลาที่ใช้ทำให้เกิดตำแหน่ง Nodal ใหม่
- กระบวนการแก้ปัญหาจะเป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมดเวลา

2.2 กรอบการวิจัย

สำหรับกรอบการวิจัย (Conceptual Framework) จะเป็นการวางแผนความคิดของกระบวนการการวิจัย ที่ต้องกล่าวถึงตัวแปรต้นและตัวแปรตามต่าง ๆ ที่ใช้ในแต่ละกรอบ จะต้องมีความสัมพันธ์กันและกันซึ่งจะต้องสอดคล้องกับระเบียบวิธีวิจัยบนพื้นฐานของทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งได้ใช้รูปแบบตามระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการเตรียมโมเดล ชนิดของวัสดุ สมบัติของวัสดุ การสร้าง Mesh Method และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองต่าง ๆ (Pre-processing) เมื่อผ่านขั้นตอนเตรียมทำการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงวิเคราะห์กราฟเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความคลาดเคลื่อน (Solve-processing) หลังจากคอมพิวเตอร์คำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้วแสดงผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ เช่น การเสียหายของกระสุน, แผ่นเกราะและทิศทางต่าง ๆ (Post-processing) จึงเป็นแนวคิดดังรูปที่ 2.3



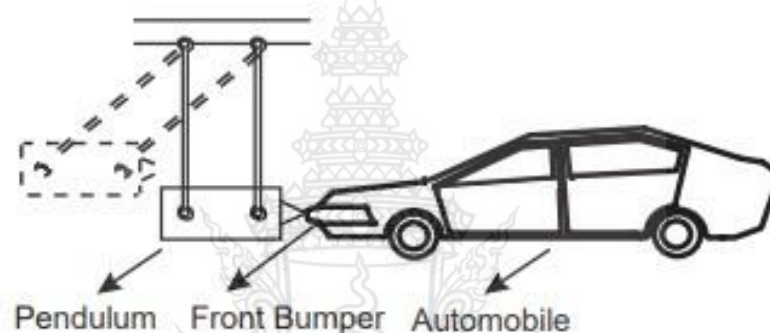
รูปที่ 2.3 กรอบการวิจัย (Conceptual Framework)

2.3 การทบทวนวรรณกรรม

ระบบกันชนหน้าของรถยนต์ประกอบด้วย ฝาครอบด้านหน้า ซึ่งค่อนข้างที่จะช่วยลดแรงต้านของอากาศและไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกระแทก [5] คานกันชน และตัวกันกระแทก โดยที่ตัวกันกระแทกจะกระจายแรงกระแทกสูงโดยการยุบตัว ในขณะที่ส่วนของคานกันชนจะดูดซับแรงกระแทกต่ำโดยการเสียรูปด้านข้าง [6] สำหรับการกระแทกที่ความเร็วสูง ในการทดสอบคาดเดากันชนรถยนต์ควรดูดซับพลังงานได้อย่างน้อย 15% ของพลังงานทั้งหมด ในขณะที่ 85% ที่เหลือกันชนรถยนต์ควรดูดซับพลังงานทั้งหมดสำหรับการกระแทกที่ความเร็วต่ำ [7]

การศึกษาก่อนหน้านี้ได้กำหนดเป้าหมายสำหรับการพิจารณาการออกแบบกันชนรถยนต์ไว้สามารถจัดกลุ่มกว้างๆคือ ผู้ที่มุ่งเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนรูปร่างรูปทรงทางเรขาคณิตของกันชนรถยนต์ และผู้ที่เน้นการใช้วัสดุและเทคโนโลยีใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุผสม เกี่ยวกับการศึกษาสำหรับตัวกันกระแทกนั้นมีผลงานมากมาย เช่น ผลกระทบของรูปทรงเรขาคณิตของท่อ [8]–[15] ประเภทวัสดุ [16, 17] และวัสดุใช้อุดเพิ่มเติม [18]–[20] โดยทั้งสองกลุ่ม Jang C D. et al. [21] ได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะการโค้งงอของคานเสริมโครงที่ไม่มีวัสดุโฟมอุดกับท่อกลวงที่มีผนังบาง โดยที่พวกเขาได้ใช้โปรแกรม Ansys ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข เพื่อที่จะตรวจสอบความผิดพลาดของคานกันชนรถยนต์ Khedkar et al. [22,23] ได้ศึกษาการออกแบบที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ Plackett-

Burman โดยใช้เทคนิคการออกแบบแบบจำลองพื้นผิวการตอบสนองระดับกลาง (Intermediate Response Surface Modeling : IRSM) โดยที่เขาได้ทำการทดสอบรูปทรงที่เหมาะสมของคานกันชนรถยนต์เมื่อชนกับผนังแข็งด้านหน้า ตามข้อบังคับการป้องกันอันตรายคนเดินถนนจากรถยนต์ นอกจากนี้เขายังเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นโดยจำกัดข้อผิดพลาดไว้ที่ 3% [24] Hosseinzadeh et al. [25] ได้ทำการตรวจสอบระบบคานกันชนรถยนต์ที่ทำจากเทอร์โมพลาสติก โดยที่โครงสร้างของคานกันชนรถยนต์นั้นได้รับการออกแบบและตรวจสอบตามวิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการกระแทกด้วยความเร็วต่ำ [26]



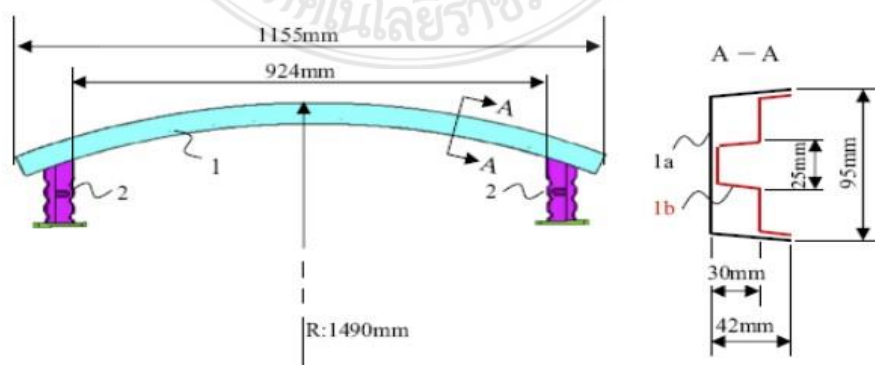
รูปที่ 2.4 แผนผังของการทดสอบแรงกระแทกความเร็วต่ำ [27]



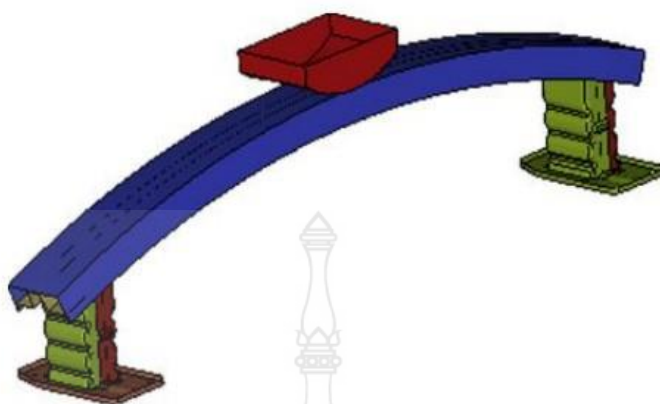
รูปที่ 2.5 การวิเคราะห์ด้วยการกระแทกด้วยความเร็วต่ำโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบไฟไนต์สำหรับกันชนโลหะในการกระแทกส่วนกลางและการกระแทกมุม

จากเงื่อนไขสำหรับการทดสอบเหล่านี้ ในการทดสอบควรจ่อตรบนพื้นราบโดยปลดเกียร์ว่าง และเบรก โดยรับแรงกระทำทั้งจากด้านหน้าและด้านข้าง [28, 29] เนื่องจากในการทดสอบความเร็วต่ำที่ระบุไว้ในข้อตกลง คือต้องใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการในการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับผลที่ตามมาของการทดสอบก็คือ เมื่อกันชนถูกกระทำด้วยวัตถุแข็งในลักษณะดังกล่าว อาจเกิดขึ้นได้ในการอุบัติเหตุขณะจ่อตรหรือในการทดสอบลูกตุ้มกระแทกในสภาวะความเร็วต่ำตามกฎหมายกำหนดไว้ [30] ดังนั้นกันชนเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะรับแรงกระทำได้

วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัยนี้คือการทำการวิเคราะห์ด้วยการกระทำด้วยความเร็วต่ำ โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบไฟไนต์สำหรับกันชนโลหะในการกระแทกส่วนกลางและการกระแทกมุม (ดังแสดงในรูปที่ 2 [31]) มีการศึกษาแบบพารามेटริกสำหรับรูปร่าง วัสดุ ความหนาของกันชน และสภาพการกระแทกที่แตกต่างกัน ในการวิเคราะห์คานกันชนรถยนต์ดำเนินการโดยพิจารณาจากวัสดุดังต่อไปนี้ เช่น อะลูมิเนียม และสแตนเลส โดยจะดำเนินการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของคานกันชนรถยนต์ และทำการวิเคราะห์ผลกระทบเพื่อระบุการโก่งตัว แรงระหว่างการกระแทก การกระจายความเค้น และปริมาณพลังงานที่ดูดซับ สำหรับการทดสอบนั้น มีการจำลองแบบจำลองการกระแทกของลูกตุ้มบนโปรแกรม Ansys จากการวิเคราะห์วัสดุพบว่า คานกันชนรถยนต์ผสม การขึ้นรูปแผ่น การโก่งตัวจะลดลง และพลังงานความเครียดในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่นๆด้วย เช่น รูปร่าง และสภาพในการกระแทกที่แตกต่างกันด้วย วิเคราะห์และเปรียบเทียบกับโลหะทั่วไป เช่น เหล็กและอะลูมิเนียม [32] Zhi Xiao et al. [33] ในปี พ.ศ. 2558 ได้สำรวจความสมเหตุสมผลของการชนของกันชนรถยนต์แบบใหม่ การทดลองสองครั้งที่ระดับส่วนประกอบของรถยนต์และระดับยานพาหนะเต็มรูปแบบ ได้ดำเนินการโดยใช้คานกันชนรถยนต์เหล็กกลวงเป็นแบบจำลองพื้นฐาน ที่ได้มีการนำคานกันชนและกล่องกันกระแทกมาทดสอบ โดยคานกันชนรถยนต์แผ่นนอกหนา 1.2 มม. และแผ่นในหนา 1.0 มม. และกล่องกันกระแทกมีความหนา 1.6 มม. อีกแผ่น คานกันชนรถยนต์มีส่วนโค้งรัศมี 1490 มม. และความยาวด้านข้าง 1155 มม. ระยะห่างระหว่างด้านในของกล่องกันกระแทกคือ 924 มม.



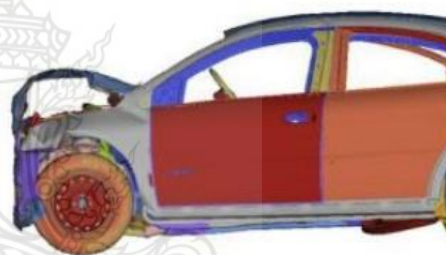
รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเรขาคณิตของคานกันชนเหล็ก



รูปที่ 2.7 การจำลองการตัดของคานกั้นชนเหล็ก



(a) Experiment

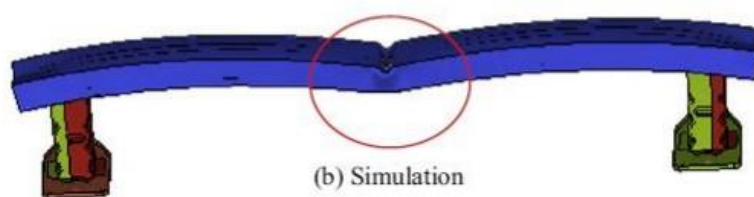


(b) Simulation

รูปที่ 2.8 การเสียรูปโดยรวมของรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในการกระแทกผนังแข็งด้านหน้า
ที่ 50 กม./ชม.

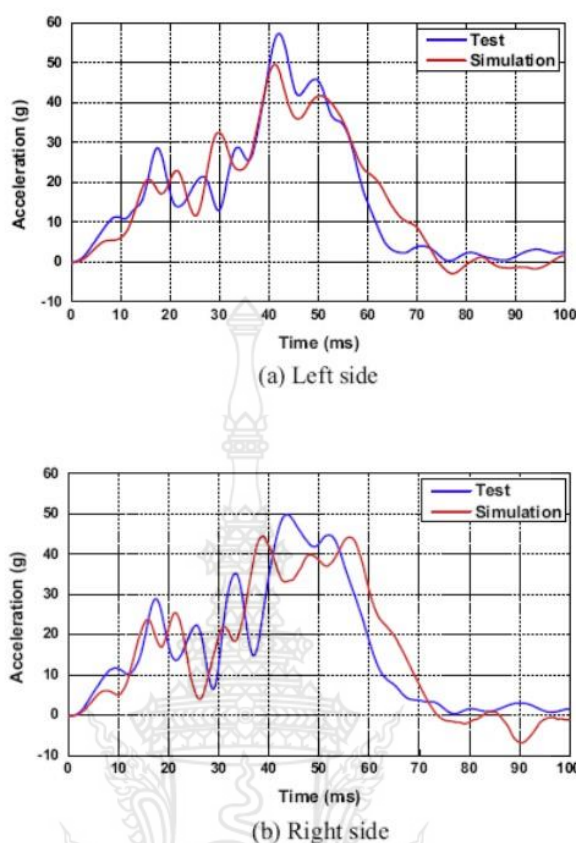


(a) Test



(b) Simulation

รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนรูปของคานกั้นชน



รูปที่ 2.10 กราฟอัตราเร่ง กำแพงแข็งด้านหน้าทำการกระแทกที่ 50 กม./ชม.

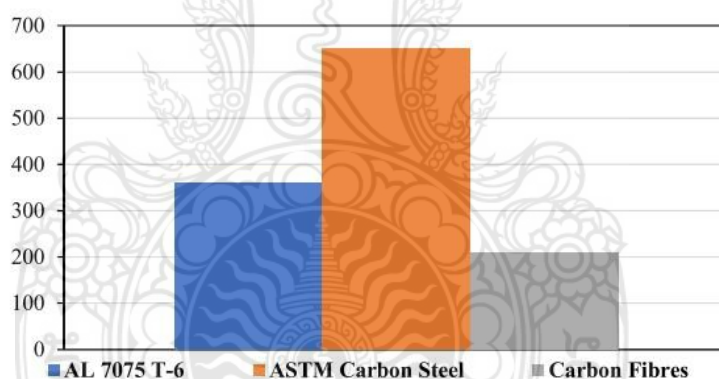
ผู้ผลิตรถยนต์ได้ตอบสนองด้วยวิธีการใหม่ๆ ที่หลากหลายเพื่อลดน้ำหนักและเพิ่มประสิทธิภาพของรถยนต์ในแง่ของความปลอดภัยและการใช้งาน หนึ่งในวิธีที่ง่ายที่สุดในการลดน้ำหนักของรถยนต์ คือการมองหาทางเลือกอื่นๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นเหล็กแบบเดิม ตัวอย่างเช่น วัสดุต่างๆ เช่น อะลูมิเนียม และวัสดุผสม [34] การลดน้ำหนักลง 10% อาจส่งผลให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 6–8% สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในยุคที่กำลังจะมาถึงหากวัสดุของรถยนต์มีน้ำหนักเบาจะส่งผลให้ใช้แบตเตอรี่น้อยลงและต้นทุนการผลิตต่ำ คอมโพสิต AL เช่น AL-7075- T6 สามารถส่งผลให้เฟรมลดน้ำหนักได้ถึง 30–60% เมื่อเทียบกับวัสดุแบบเดิม ซึ่งจะส่งผลให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีขึ้น การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุคอมโพสิตกับวัสดุอื่นๆ แสดงในตารางที่ 1 โดยที่ความแข็งแรงและอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักนั้นเหนือกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนมาก อย่างไรก็ตามในการยึดตัวนั้นน้อยกว่า 3% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุค่อนข้างเหนียวน้อยกว่า คุณสมบัติอื่น ๆ ส่วนใหญ่เหมือนกันและไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ เนื่องจากความเหนียวของวัสดุลดลง การศึกษาการเสียรูปและการดูดซับพลังงานของโครงรถยนต์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง อัตราส่วนน้ำหนักต่อความแข็งแรงเป็นคุณสมบัติหลักของโลหะผสมคอมโพสิต AL กับวัสดุอื่นๆ คุณสมบัตินี้ได้รับการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยการกำหนดวัสดุต่างๆ ให้กับโมเดลภายในการตั้งค่า ANSYS [35]

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่าง AL-7075T6 กับวัสดุอื่นๆ [36]-[38]

Properties	Al 7075T6	AL 6061	Low Carbon Steel	AISI 1045
Density (g/cm ³)	2.8	2.77	7.6	7.879
Specific Heat(J/kg-k)	870	875	470	486
Poisson ratio	0.32	0.33	0.29	0.29
Yield Strength (MPa)	480	280	290	310
Ultimate Tensile Strength (MPa)	560	310	560	565
Strength-to-weight ratio	50	47	17	19
Percentage Elongation	7.9	12	22	19

ตารางที่ 2.2 ผลลัพธ์ที่ได้และสรุป

S.No	MATERIAL	DEFORMATION	EQUIVALENT STRESS
1	CARBON FIBRE & JUTE FIBRE	0.33 mm	4.12 MPa
2	ALLOY STEEL	0.38 mm	14.3 MPa
3	ALLOY ALUMINUM	1.08 mm	16.4 MPa

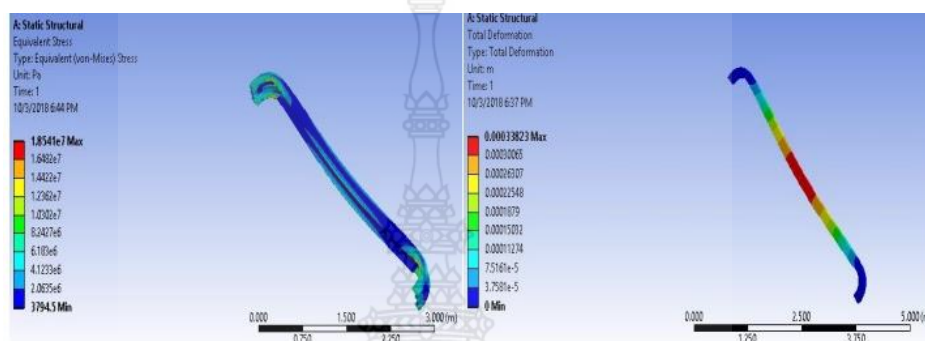


รูปที่ 2.11 การเปรียบเทียบมวลของเฟรมโดยใช้ AL-7075T6, ASTM Carbon Steel, และ Carbon Fiber ใน SolidWorks



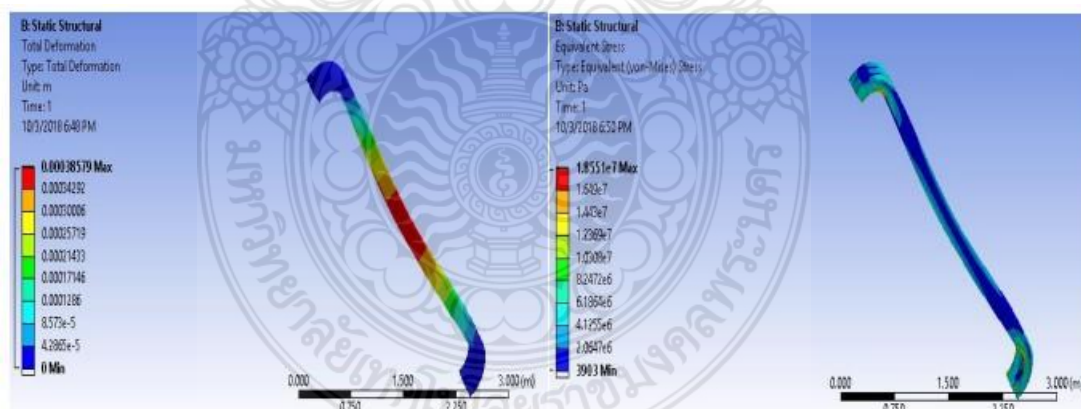
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างชิ้นงานในการทดสอบ

โดยพารามิเตอร์การออกแบบสำหรับการผลิต เช่น ความหนาของชิ้นงาน หน้าตัด วิธีการยึด และ ความแข็งแรงมีบทบาทหลัก [39] โดยนักวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมที่มีอิทธิพลของการทดสอบแรงกระแทกระหว่างรถยนต์กับยานพาหนะ ในการทดสอบยานพาหนะต่อสิ่งกีดขวาง เพื่อควบคุมว่าการทดสอบระหว่างยานพาหนะกับสิ่งกีดขวาง สามารถใช้แทนการทดสอบระหว่างยานพาหนะกับยานพาหนะด้วยกัน ตัวอย่างเช่นในกรณีการเกิดอุบัติเหตุขึ้น [40]



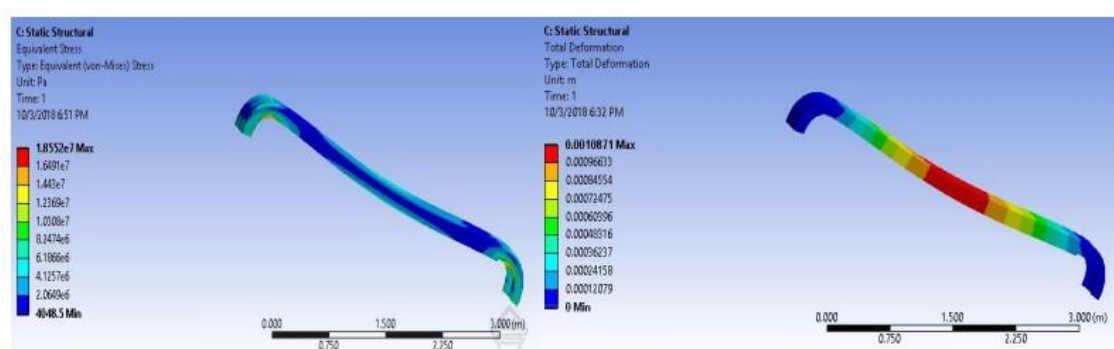
รูปที่ 2.13 ไดอะแกรมของวัสดุสมที่มีความเค้นและการเสียรูป [35]

แรงที่กระทำบนกันชนรถยนต์ที่ทำจากวัสดุผสม ค่าความเค้นและการเสียรูปได้ดังนี้ การเสียรูปคือ 0.33 มม. และความเครียดคือ 4.12 MPa



รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมของเหล็กกล้าประสมที่มีความเค้นและการเสียรูป [35]

แรงที่ใช้กับกันชนรถยนต์ที่ทำจากเหล็กกล้าประสม ค่าความเค้นและการเสียรูปได้ดังนี้ การเสียรูปคือ 0.38 มม. และความเค้นคือ 14.3 MPa



รูปที่ 2.15 โดอะแกรมของอลูมิเนียมอัลลอยด์ที่มีความเค้นและการเสียรูป [35]

แรงที่ใช้กับกันชนรถยนต์ที่ทำจากอลูมิเนียมอัลลอยด์ ค่าความเค้นและการเสียรูปได้ดังนี้ การเสียรูปคือ 1.08 มม. และความเค้นคือ 16.4 MPa

กันชนรถยนต์คอมโพสิตที่ใช้โพลิเมอร์ จากการทดสอบการกระแทกของกันชนรถยนต์ที่ความเร็วต่ำและการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง [45] , [46] Kelman [47] ได้ทำการอธิบายการทำงานสำหรับการออกแบบการพัฒนาต้นแบบและการทดสอบของส่วนประกอบด้านหน้าโดยใช้วัสดุคอมโพสิต โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคานเปล่ากับวัสดุชนิดขึ้นรูปเสริมโครงสร้าง (Structural RIM : SRIM) ทางด้าน Jacob et al. [48] ได้อธิบายวิธีการทดสอบต่างๆ พวกเขาได้ตรวจสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้สำหรับการทดสอบ เช่น ประเภทเส้นใย ประเภทเมทริกซ์ การวางแนวของเส้นใย รูปทรงของชิ้นงานทดสอบ ประมวลผลต่างๆ ปริมาณเส้นใย ความเร็วในการทดสอบ ฯลฯ ต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานของโพลิเมอร์คอมโพสิต จากเอกสารข้างต้น เห็นได้ชัดว่านักวิจัยหลายคนได้ศึกษาและปรับปรุงคานกันชนสำหรับการทดสอบแรงกระแทกที่ความเร็วต่ำ ซึ่งดำเนินการตามกฎระเบียบสากลที่แพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการสังเกตว่าคานกันชนรถยนต์ของอินเดียที่มีอยู่จำนวนมาก เมื่อทำการทดสอบมักจะเกิดข้อผิดพลาดอย่างมากและตามกฎระเบียบสากลที่มีอยู่เหล่านี้ นอกจากนี้ยังสามารถสังเกตได้ว่าในระหว่างการทดสอบที่สถานการณ์ความเร็วต่ำ เช่น การจอดรถ ยานพาหนะมีความเร็วต่ำมากหรือหยุดเคลื่อนที่โดยสิ้นเชิงแล้วเคลื่อนที่ช้าๆ อีกครั้ง เมื่อรถหยุดแล้วเคลื่อนที่อีกครั้งและชนกับสิ่งกีดขวาง ในการทดสอบนี้สามารถศึกษาได้โดยการทดสอบการโค้งงอ 3 จุด ร่วมกับการทดสอบการกระแทกที่ความเร็วต่ำ ในบทความนี้การทดสอบการดัดงอแบบสามจุดถูกนำเสนอที่นั่นสร้างขึ้นจากการศึกษาของการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้ดำเนินการ [49] อย่างไรก็ตาม ได้มีการกล่าวถึงผลการทดสอบการกระแทกที่ความเร็วต่ำสำหรับคานกันชนใน [50] ขนาดของกันชนเหล่านี้ได้รับการคัดเลือกให้อุตสาหกรรมยานยนต์ของอินเดียนำไปใช้ได้โดยตรง

วิธีการองค์ประกอบขอบเขต (Boundary Element Method : BEM) เป็นเทคนิคเชิงตัวเลขที่รู้จักกันดีที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆในด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรม [51][52] Betti E. [53] เป็นผู้เขียนคนแรกที่ใช้สมการเชิงอนุพันธ์เพื่อศึกษาทฤษฎีความยืดหยุ่นสมการเชิงอนุพันธ์เชื่อมโยงความแข็งแรงและการเคลื่อนที่บนขอบเขตพื้นผิวต่อมา Cruse TA. [54] ได้พัฒนาวิธีแก้ปัญหาเชิงตัวเลขสำหรับปัญหาสามมิติที่เกี่ยวข้องกับการลากและการเคลื่อนตัวของพื้นผิวที่ไม่ทราบสาเหตุ ผ่านกระบวนการอัตโนมัติเต็มรูปแบบเพื่อตรวจสอบปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับภาวะเอกฐานของความเครียด และโดยตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา มีผลงานจำนวนมากที่ได้รับการตีพิมพ์โดยนักเขียนคนอื่นๆหลายคนที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีนี้ [55–59]

ปัจจุบันวิธีการวิเคราะห์ความเครียดที่ใช้อย่างแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรมยานยนต์คือวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [60,61] วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นขึ้นอยู่กับคำจำกัดความขององค์ประกอบจำกัด (การกระจายตัวของตารางของโดเมนต่อเนื่องภายในกลุ่มย่อยแบบไม่ต่อเนื่อง) ซึ่งเดิมมาจากการวิเคราะห์โครงสร้างของส่วนประกอบที่จะสร้างแบบจำลอง โดยในตอนแรกวิธีการนี้ใช้ในอุตสาหกรรมการบินและปัจจุบันยังคงใช้ในสาขานี้ อย่างไรก็ตามด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิธีการนี้ได้รับการปรับปรุงอย่างมาก [62] นอกจากนี้ยังใช้เป็นขั้นตอนแรกในการออกแบบกระบวนการเพื่อลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ [63] ความแตกต่างหลักระหว่างวิธีองค์ประกอบขอบเขตและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือจำเป็นต้องแยกขอบเขตของกันและกันออกจากกัน ในขณะที่ต่อมาจำเป็นต้องแยกส่วนที่วิเคราะห์ออกจากกัน โดยรวมถือว่าเป็นข้อได้เปรียบของการวิเคราะห์ความเครียด ด้วยเหตุนี้วิธีองค์ประกอบขอบเขตสามารถแสดงพื้นที่ที่มีรายละเอียดเล็กๆ ได้โดยไม่ต้องแบ่งตารางที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังสามารถคาดการณ์ความเครียดได้อีกด้วย

ตารางที่ 2.3 สรุปการทบทวนวรรณกรรมและช่องว่างของประเด็นการวิจัย

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อวรรณกรรม	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
1	Niyazi Tanlak และคณะ (2015)	Shape optimization of bumper beams under high-velocity impact loads	ได้ทำการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการได้คำนวณค่าการรับแรงกระแทกจากแบบโครงสร้างกันชน	ได้รูปร่างและการใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการรับแรงกระแทกได้ดี และได้ลดปัจจัยรบกวนน้ำหนักของกันชนได้ดีอีกด้วย

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อวรรณกรรม	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
2	N.K. Khedkar และคณะ (2020)	Impact analysis of bumper beam to be proposed for Indian passenger cars	ได้ทำออกแบบและทำการจำลองรูปแบบทางไฟไนต์เอลิเมนต์ จากนั้นทำการทดสอบชิ้นงานจริง	การออกแบบกันชนมีการออกแบบและปรับปรุงสามครั้ง พบว่าแต่ละครั้งมีค่าการรับแรงกระแทกที่ต่างกันออกไป เนื่องจากวัสดุและรูปแบบของชิ้นงาน โดยการรับแรงกระแทกที่ดีที่สุดอยู่ที่ 29.8 %
3	Javad Marzbanrad และคณะ (2009)	Design and analysis of an automotive bumper beam in low-speed frontal crashes	ได้ทำการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และ ทำการทดสอบชิ้นงานจริงด้วยวิธีการเพนดูลัม	การใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงของโครงสร้างสูงสามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่าวัสดุที่มีความแข็งแรงต่ำและการเพิ่มความหนาของกันชนทำให้ความแข็งแรงของกันชนและแรงกระแทกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การโก่งตัวและความเครียดของกันชนลดลง
4	Zhao Liu, Jiahai Lu, Ping Zhu (2016)	Lightweight design of automotive composite bumper system using modified particle swarm optimizer	ทำการออกแบบและทดลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ร่วมกับการออกแบบคานกันชนรถยนต์ด้วยรูปทรงเรขาคณิต	เมื่อเปรียบเทียบกับกันชนรถยนต์รุ่นพื้นฐาน หลังจากขั้นตอนการนำมาปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพโครงสร้างกันชนรถยนต์ชนิดคอมโพสิต สามารถลดน้ำหนักลงได้ 31.5%
5	Neraj Natarajan, Preeti Joshi, R.K. Tyagi (2020)	Design improvements of vehicle bumper for low-speed impact	ออกแบบและวิเคราะห์คานกันชนรถยนต์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ และวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Ansys จำนวน 5 แบบ	แบบจำลองของคานกันชนห้าแบบถูกสร้างขึ้นโดยใช้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และทำการวิเคราะห์สำหรับผลกระทบด้านหน้าและมุม จากผลการทดสอบพบว่าคานกันชนหน้าทำด้วย

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อวรรณกรรม	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
				โลหะมีส่วนสำคัญในการดูดซับพลังงานขณะชนที่ความเร็วต่ำ การปรับเปลี่ยนการ ความหนาของคานกันชนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การดูดซับพลังงานสูงขึ้นสามารถสรุปได้ว่า ยิ่งหนา ยิ่งรับแรงกระแทกได้ดี
6	Usama Idrees และ คณะ (2023)	Finite element analysis of car frame frontal crash using lightweight materials	ออกแบบและวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำการทดสอบแรงกระแทกด้วยวิธี Explicit Dynamics module of the ANSYS LS-DYNA 19R1 version.	ในการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าพลังงานส่วนใหญ่ของการกระแทกถูกดูดซับโดยรางด้านหน้าภายในเวลา 0.035 วินาที หลังจากเกิดขึ้นไม่นาน และแรงกระแทกของเครื่องยนต์จะถูกส่งไปยังโชนผู้โดยสารในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งแสดงถึงความปลอดภัยของโชนผู้โดยสาร
7	Kishor Rambhadและ คณะ(2020)	A Review on Automotive Bumper Beam Design and Analysis	ทำการออกแบบและวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ จากนั้นได้ทำการทดสอบจริง เพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบ	ในการทดสอบจริงและการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลที่ออกมาสรุปได้ว่ามีความสอดคล้องกันอย่างมากมีนัยสำคัญ และความทนทานการชนของคานกันชนโม่อัดพบว่าการดูดซับพลังงานและลดความรุนแรงของการชนได้
8	Gandla Pradeep, P. Chandra kumar (2018)	Design and experimental analysis on car bumper with composite materials	ทำการออกแบบและทดสอบโดยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมี 3 ประเภท	ในการทดสอบความเครียดและความเสียหายของชิ้นงานเมื่อเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันสามชนิดสำหรับกันชนรถยนต์ เช่น วัสดุคอมโพสิต โลหะผสมเหล็กและโลหะผสม

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อวรรณกรรม	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
				อลูมิเนียม การเสียรูปในวัสดุคอมโพสิตมีน้อยมาก และแม้แต่ค่าความเค้นที่เท่ากันก็น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่น ๆ
9	Yadav nitin.b, Atul magikar, Nitin solke (2016)	Importance of Design Parameter of Bumper and a Material Study	ทำออกแบบและทดสอบโดยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ศึกษาวัสดุที่นำมาใช้ในการทำชิ้นงาน ใช้โปรแกรม MatLab เพื่อคำนวณแรงมวล และ ค่าคงที่ต่ำบางที่ใช้ในการทดสอบ	มวล ความเร็ว และเวลากระแทกของชิ้นงานนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการทดสอบ ในการเปลี่ยนพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งที่ส่งผลต่อแรงกระแทกนั้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง เมื่อเราเพิ่มความหนาของกันชน ก็สามารถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น เมื่อความหนาเพิ่มขึ้น ความเครียดและการเสียรูปจะลดลง สรุปได้ว่า Fiber PEI เป็นวัสดุที่น่าสนใจที่สุดสำหรับการใช้งานนี้ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่น ๆ ที่มี การเสียรูปน้อยกว่าและเกิดความเครียดน้อยกว่า หากเน้นน้ำหนักเบาของกันชนเกินความจำเป็นจะส่งผลต่อความแข็งแรง ความปลอดภัยของรถและผู้โดยสาร
10	S.M. Khatami, H. Naderpour, A. Mortezaei, al. (2023)	Optimum shapes and dimensions of rubber bumpers in order to reduce structural pounding during	ทำการออกแบบ ศึกษา และทำการทดสอบโดยใช้วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ รวมถึงขนาดและรูปร่างต่างๆ ในการทดสอบกันชนรถยนต์	การศึกษารูปร่างและขนาดที่เหมาะสมของกันชนชนิดยางเพื่อลดผลกระทบด้านลบของการกระแทกกระหว่างโครงสร้างภายใต้การกระตุ้น มีการสร้างโครงสร้างกันชนยางแบบ 3 ชั้นและโครงสร้างกันชนยางแบบ 4 ชั้น มียางกันกระแทกติดไว้ในแต่ละชั้น

ลำดับ	ผู้แต่ง	ชื่อวรรณกรรม	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
		seismic excitations		เพื่อดูระดับแรงขณะกระแทก โดยรูปร่างและขนาดต่างๆ ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบเชิงตัวเลข เพื่อค้นหาองค์ประกอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด
11	R.R. Magalhaes a,n , C.H.O. Fontes b, al. (2012)	Stress analysis of a front bumper fascia using the boundary element method	ทำการศึกษาและวิเคราะห์โดยวิธีการองค์ประกอบขอบเขต และนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์	หลังจากทำการศึกษาและวิเคราะห์ชิ้นงานในการทดสอบ สามารถสรุปได้ว่าในการวิเคราะห์ชิ้นงานในครั้งนี้ เพื่อนำไปต่อยอดในการพัฒนากันชนรถยนต์ต่อไป
12	Nitin K. Khedkar, C.R. Sonawane, Satish Kumar (2020)	Experimental and static numerical analysis on bumper beam to be proposed for Indian passenger car	ทำการศึกษาการรับแรงกระแทกและการดูดซับแรงในช่วงความเร็วต่ำ การยืดหยุ่นของกันชนรถยนต์ โดยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	ในการทดสอบแรงกระแทกในความเร็วต่ำพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้น มีส่วนที่เสียหายที่คล้ายกันในการทดสอบ ช่วงของระยะการยืดหยุ่นของกันชน และการเสียรูปของกันชนรถยนต์
13	M.M. Davoodi a,b, S.M. Sapuan b , A. Aidy c, al. (2012)	Development process of new bumper beam for passenger car	ทำการศึกษาและพัฒนาโดยใช้วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์	การออกแบบโครงสร้างกันชนรถยนต์ มีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูง เมื่อเปรียบเทียบกับก้านกันชนรถยนต์มาพัฒนา ซึ่งพบว่ามีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่ามาก และการทำงานไม่ซับซ้อนมากทำให้ไม่ยุ่งยากในการวิเคราะห์

จากการทบทวนวรรณกรรมและสรุปดังตารางที่ 2.3 พบว่า ยังไม่มีการศึกษาชนิดของวัสดุและความเร็วในการทดสอบแรงกระทำชิ้นงานมากพอ โดยการทดสอบทั่วไปความเร็วในการทดสอบจะอยู่ที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุพื้นฐานของกันชนรถยนต์ โดยงานวิจัยนี้จะกำหนดขอบเขตของการวิจัยเป็นการทดสอบแบบ Implicit + Explicit และการทดสอบจริง การกำหนดความเร็วที่กระทำต่อชิ้นงาน 40-150 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วัสดุที่ใช้เป็นโลหะไม่ชุบแข็ง ส่วนความหนา ความยาว และน้ำหนักของชิ้นงานนี้ขึ้นอยู่กับแบบของชิ้นงานของบริษัท และบริเวณที่ทำการทดสอบคือบริเวณด้านหน้าของชิ้นงานและบริเวณมุมของชิ้นงาน โดยการทดสอบจะทำการทดสอบโดยวิเคราะห์ในโปรแกรม Ansys และทำการทดสอบจริงจากนั้นนำค่าที่ได้มาทำเปรียบเทียบ หากพบว่าค่าที่ได้อยู่ที่ขอบเขตที่ยอมรับได้โดยมีค่าความผิดพลาดที่ 5% ผลที่ออกมาสรุปได้ว่ามีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญ



บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการดำเนินการวิจัยที่ประกอบด้วยวิธีการดำเนินงานวิจัย ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบ การออกแบบกันชนรถยนต์ที่ใช้วัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ การวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ การเปรียบเทียบผลการทดลองกับการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1.1.1 พิจารณาด้านความพร้อมในการทำวิจัยกับโจทย์วิจัยที่กำหนดไว้ ได้แก่ การทบทวนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์การวิจัย และองค์ความรู้เดิม

3.1.1.2 ตั้งโจทย์วิจัย กำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัย

3.1.1.3 ศึกษาบทความ เอกสารรายงานวิจัย เพื่อทบทวนวรรณกรรมจำนวนมากและคัดเลือกบทความที่เกี่ยวข้องกับโจทย์วิจัยทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยเน้นไปทางด้านวัสดุศาสตร์และกลศาสตร์วัสดุ

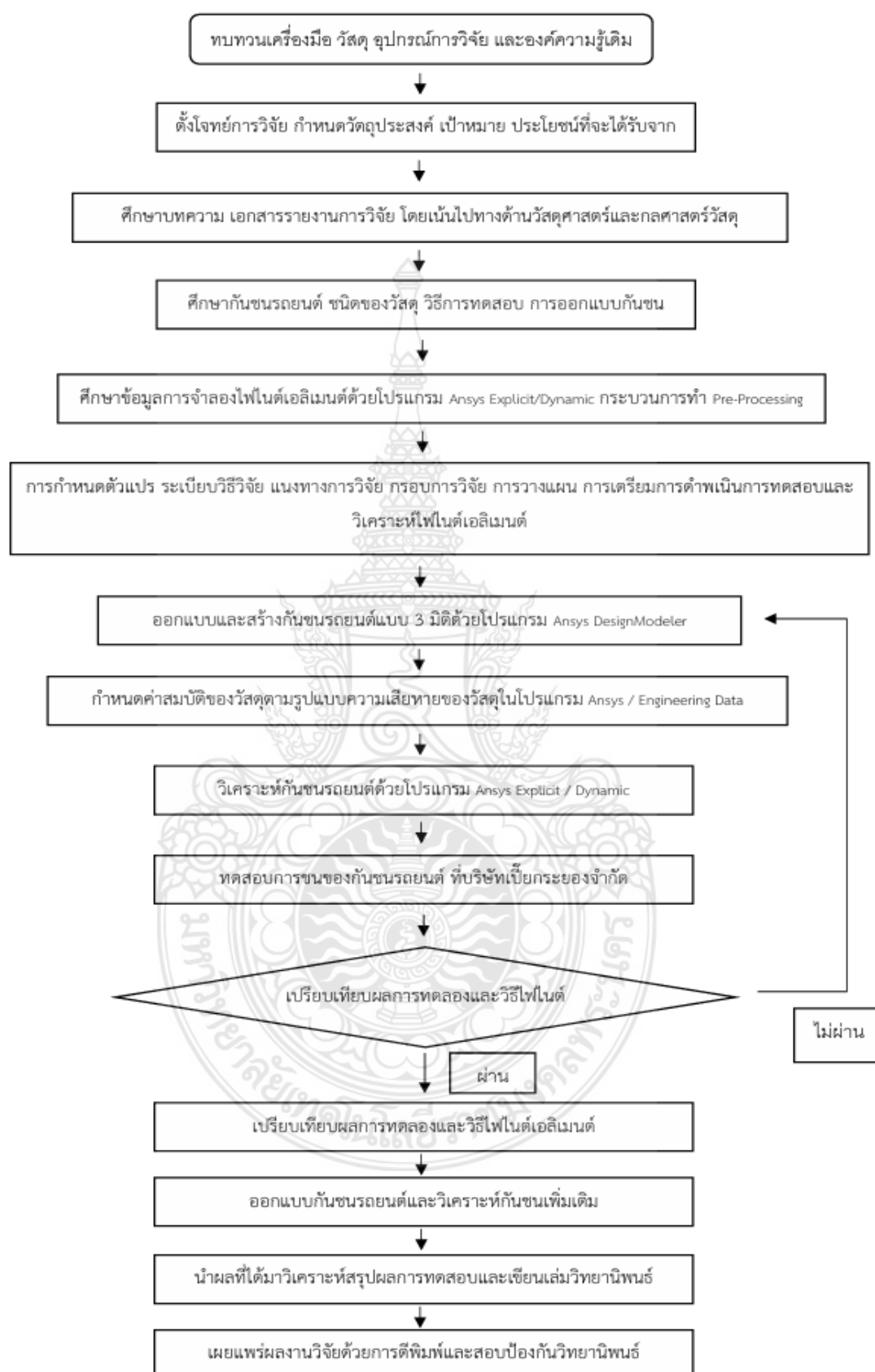
3.1.1.4 ศึกษากันชนรถยนต์แบบต่างๆ ชนิดของวัสดุ วิธีการทดสอบ การออกแบบกันชนรถยนต์ ผ่านการทบทวนวรรณกรรมจากวารสารวิชาการและวิจัย หนังสือ อินเทอร์เน็ต และสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตรต่าง ๆ

3.1.1.5 ศึกษาข้อมูลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Ansys Explicit/ Dynamics กระบวนการทำ Pre-Processing ที่ต้องให้ความสำคัญ เช่น การกำหนด Materials Properties, การทำ Element Mesh Control

3.1.1.6 การกำหนดตัวแปร ระเบียบวิธีวิจัย แนวทางวิจัย กรอบการวิจัย และการวางแผนการเตรียมการดำเนินงานทดสอบและวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

3.1.1.7 ออกแบบและสร้างแบบจำลองกันชนรถยนต์แบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Ansys Design Modeler ในรูปแบบของ Part ที่เป็น Multibody

3.1.1.8 กำหนดค่าสมบัติของวัสดุตามรูปแบบความเสียหายของวัสดุในโปรแกรม Ansys / Engineering Data โดยสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) มีสมบัติวัสดุเป็นไปตาม Steinberg-Guinan Strength



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.1.1.9 วิเคราะห์กันชนรถยนต์ด้วยโปรแกรม Ansys Implicit/ Static Structural และ Explicit/ Dynamics

3.1.1.10 ทดสอบการชนและทำการวิเคราะห์การเสียหายของกันชนรถยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

3.1.1.11 เปรียบเทียบผลจากวิธีการทดลองและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยลักษณะความเสียหาย การยุบตัว การเสียรูป เป็นต้น

3.1.1.12 ออกแบบกันชนรถยนต์และวิเคราะห์กันชนรถยนต์เพิ่มเติมด้วยการสร้างกรณีศึกษาเพิ่มขึ้น

3.1.1.13 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปผลการทดสอบ และเขียนเล่มวิทยานิพนธ์

3.1.1.14 เผยแพร่ผลงานวิจัยด้วยการตีพิมพ์เผยแพร่ลงในวารสารทางวิชาการ

3.1.1.15 สอบป้องกันวิทยานิพนธ์

3.1.2 เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองศึกษาวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวิจัยมีดังนี้

3.1.2.1 โลหะขนาดความกว้างและความยาวขนาดต่างๆ

3.1.2.2 โปรแกรม Ansys Explicit/Dynamics

3.1.2.3 โปรแกรม SolidWorks หรือ Ansys Design Modeler

3.1.2.4 เครื่อง CNC และเครื่องตัดแผ่นโลหะ

3.1.2.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ ในการคำนวณเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม Ansys/Explicit Dynamic มีปัจจัยในการคำนวณที่สำคัญเนื่องจากการคำนวณของโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ จำเป็นจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเนื่องจากการในสร้างขนาดของเมช (Mesh) ที่แบบจำลองมีขนาดเล็กซึ่งเป็นปัจจัยหลักและการคำนวณที่มีเวลาเป็นตัวแปรมาเกี่ยวข้องนั้นซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ (Dynamics) การเลือกใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่รวดเร็ว การคาดเคลื่อนที่น้อยและผลการจากการคำนวณที่เที่ยงตรงเพื่อให้ได้มาซึ่งผลการวิเคราะห์ที่สามารถใช้เพื่อในการคาดการณ์หรือเปรียบเทียบกับผลการจำลองการชนซึ่งจะต้องมีความใกล้เคียงจากความเป็นจริงเพื่อเป็นการยืนยันผลจากการคำนวณ รายละเอียดมีสเปคมีดังนี้ 1) หน่วยประมวลผล CPU: AMD Ryzen Threadripper 2990WX 32 Core Processor 2) Mainboard: MSI MEG X399 CREATION (MS-7B92) RAM Corsair 128 GB DDR4/3200 MHz 3) VGA: NVIDIA Quadro RTX 4000 4) Power supply: Thermaltake 850W 80 Plus Gold

ซึ่งในการคำนวณเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม ANSYS/Explicit Dynamic จำเป็นที่จะต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเพื่อให้ได้ผลการคำนวณที่รวดเร็ว การคาดเคลื่อนที่น้อยและผลการจากการคำนวณที่เที่ยงตรงเพื่อให้ได้มาซึ่งผลการวิเคราะห์ที่สามารถใช้เพื่อในการคาดการณ์หรือ

เปรียบเทียบเทียบกับผลการจำลองการชนซึ่งจะต้องมีความใกล้เคียงจากความเป็นจริงเพื่อเป็นการยืนยันผลจากการคำนวณ

3.1.3 กรอบการวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องมือในการทำวิจัย ประกอบด้วย การวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม Ansys Explicit/Dynamics ร่วมกับการทดลอง ทำการจำลองและทดสอบในบางกรณีเพื่อยืนยันขีดความสามารถในการวิเคราะห์ของโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อได้รูปแบบการดำเนินงานด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ถูกต้อง จึงสร้างโมเดลไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์กรณีศึกษาที่เป็นกันชนรถยนต์ในกรณีต่างๆ กรอบการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ประกอบด้วยส่วนของการนำเข้า (Input) เป็นเรื่องของการออกแบบรูปแบบของกันชนรถยนต์ที่จะต้องกำหนดตัวแปรในการออกแบบกันชนรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นชนิดของวัสดุ ความหนา จำนวนชั้นที่นำมาประกอบเข้าด้วยกัน จากนั้น จะต้องกำหนดโมเดลวัสดุ เลือกใช้ทฤษฎีความเสียหายให้เหมาะสมตามแต่ชนิดของวัสดุนั้นๆ ส่วนที่สองเป็นส่วนกระบวนการ (Process) ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ การวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์และการทดสอบการชนและวิเคราะห์ความเสียหายของกันชนรถยนต์ ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องสร้างไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลที่ถูกต้อง โดยเปรียบเทียบกับการทดลองการชน เช่น เปรียบเทียบด้านหน้าของกันชน รูปแบบความเสียหาย หากผลที่ได้สอดคล้องกันก็จะเข้าสู่กระบวนการที่สามคือผลลัพธ์ที่เป็นการวิเคราะห์ในกรณีศึกษาอื่นๆ แสดงกรอบวิจัยดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กรอบการวิจัย

3.2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

3.2.1 แบบจำลองสามมิติสำหรับการสร้างโมเดลไฟไนต์เอลิเมนต์

โปรแกรม ANSYS Explicit/Dynamic ได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบและวิเคราะห์ความเสียหายของกันชนรถยนต์ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่ไม่เชิงเส้นและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ซึ่งเป็นวิธีการรวมเวลาที่ใช้ในการจำลองไดนามิกเมื่อความเร็วเป็นสิ่งสำคัญ

3.2.2 กำหนดสมมติฐานในการวิเคราะห์

สมมติฐานของวัสดุที่ใช้สำหรับกันชนรถยนต์ชนิดสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) กำหนดให้เป็นวัสดุที่มีเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และมีสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทาง (Isotropic Materials) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะพิจารณาตั้งแต่ช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้นไปจนถึงในช่วงของพลาสติก ความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่มีอัตราความเครียดสูง

3.2.3 ทฤษฎีและสมบัติของวัสดุ

โมเดลของ Steinberg-Guinan Strength เป็นโมเดลที่คำนวณโมดูลัสเฉือนและความเค้นที่จุดครากที่เป็นผลเนื่องมาจาก ความเครียดของพลาสติก Plastic Strain ความดันและพลังงานหรืออุณหภูมิภายในเหมาะสมกับ ข้อมูลการทดลองที่เกิดความเร็วย่างกะทันหันที่ผิวหน้าอิสระพบว่าค่าความเค้นที่จุดครากและค่า โมดูลัสเฉือนเพิ่มเมื่อความดันเพิ่มและลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเค้นที่จุดครากจะมีค่าสูง ที่สุดเมื่อไม่มีผลเนื่องจากอัตราความเครียดในกรณี $Y_0 [1 + \beta \epsilon] - Y_{\max}$ ตัวแปร P และ t แทนค่า ความดันและอุณหภูมิตามลำดับ [42]

$$Y = Y_0 \left\{ 1 + \left(\frac{Y_p}{Y_0} \right) \frac{P}{n^{\frac{1}{3}}} + \left(\frac{G_t}{G_0} \right) (t - 300) \right\} (1 + \beta \epsilon)^n$$

หรือ

$$G = G_0 \left\{ 1 + \left(\frac{G_p}{G_0} \right) \frac{P}{n^{\frac{1}{3}}} + \left(\frac{G_t}{G_0} \right) (t - 300) \right\}$$

ϵ คือผลกระทบของ Plastic Strain, t คืออุณหภูมิ (K), n คือผลกระทบจากการอัด (V_0/V)

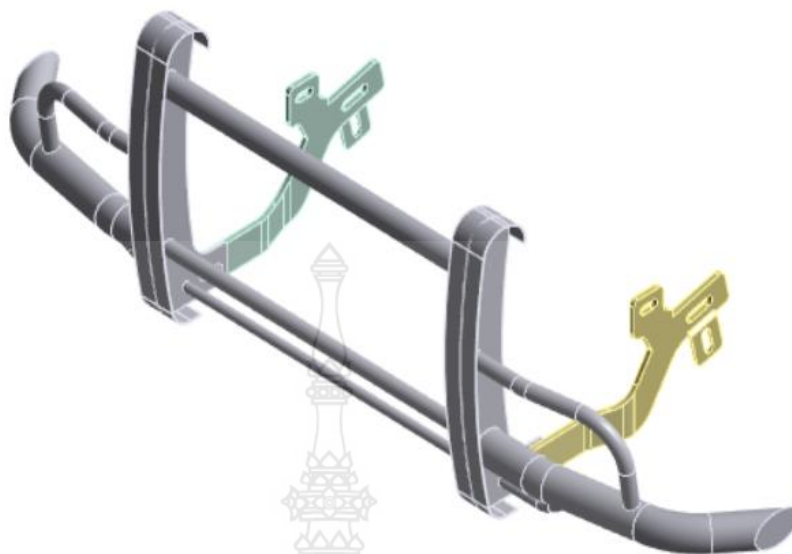
วัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) ซึ่งเลือกใช้แบบจำลองความเสียหาย Steinberg-Guinan Strength Model เป็นแบบกึ่งทดลองที่พัฒนาขึ้นสำหรับสถานการณ์ที่ทางมีอัตราความเครียดสูงและขยายไปยังอัตราความเครียดต่ำ ค่าคุณสมบัติและพารามิเตอร์ของวัสดุซึ่งมีในโปรแกรมจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของโปรแกรม ANSYS แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 Properties and parameter of Structural Steel

Properties	Structural Steel
Density (ρ , kg/mm ³)	7.85×10^{-6}
Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	2×10^5 MPa
Poisson's Ratio	0.3
Bulk Modulus	1.6667×10^5 MPa
Shear Modulus	76923 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1.2×10^{-5} 1/°C
Compressive Ultimate Strength	0 MPa
Compressive Yield Strength	250 MPa
Tensile Ultimate Strength	460 MPa
Tensile Yield Strength	250 MPa
Thermal	
Isotropic Thermal Conductivity	0.0605 W/mm·°C
Parameter (C1, m/s)	434000 mJ/kg·°C
Electric	
Isotropic Resistivity	0.00017 ohm·mm
Magnetic	
Isotropic Relative Permeability	10000

3.2.4 การออกแบบกันชนรถยนต์และสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

การออกแบบกันชนรถยนต์และการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Solidwork และนำเข้าสู่โปรแกรม Ansys เป็นการออกแบบกันชนรถยนต์ที่เป็นแบบวัสดุ 1 ชิ้น และมีขาจับกันชนรถยนต์ที่ติดกับตัวรถลักษณะยื่นออกมาขนาดของกันชนรถยนต์มีความกว้าง 12.5 เซนติเมตร ความยาว 160 เซนติเมตร และความสูง 45.5 เซนติเมตร โดยกันชนรถยนต์ เป็นวัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติ ที่มีน้ำหนักที่ไม่มากและสามารถดูดซับแรงกระแทกได้อยู่ในระดับที่ดี



รูปที่ 3.3 แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้าน Isometric



รูปที่ 3.4 แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้านหน้า

การสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ได้แบ่งออกเป็นแบบจำลอง 2 ส่วนคือ 1. ชิ้นงานกันชนรถยนต์ และ 2. ขาจับกันชนรถยนต์กับตัวรถ โดยในแบบจำลองทั้งสองใช้วัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) ทุกชิ้นส่วนมีการเชื่อมต่อแบบ Bonded และบริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์กับขาจับกันชนรถยนต์ มีการเชื่อมต่อแบบ Frictional เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการต้านทานการกระแทกและความเสียหายของกันชนรถยนต์เมื่อได้รับแรงกดหรือรับแรงกระแทกจากวัสดุตัวอย่างในการทดสอบ ตามรูปที่ 3.3 ถึงรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้านบน

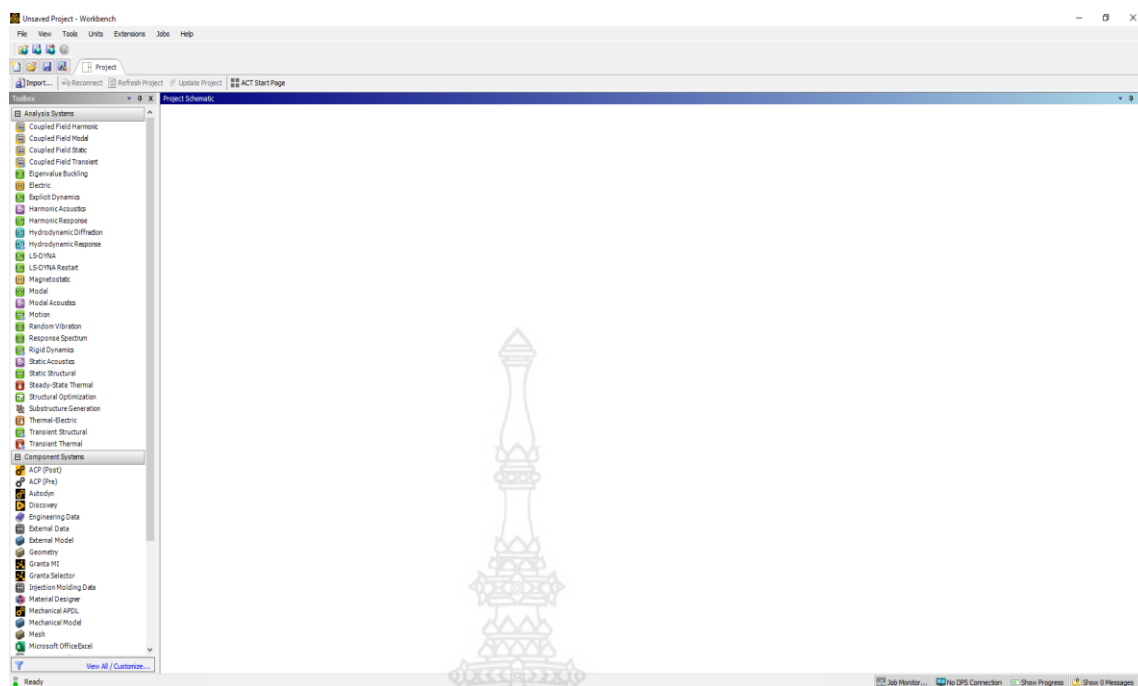


รูปที่ 3.6 แบบจำลองกันชนรถยนต์ในด้านข้าง

การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอิเมนต์ (Finite Element Analysis : FEA) มีองค์ประกอบอยู่ 3 อย่างคือ pre-processing, solve-processing และ post-processing โดยการใช้โปรแกรม Ansys/Explicit Dynamic ซึ่งได้อธิบายขั้นตอนดังกล่าวดังนี้

3.3 กระบวนการเตรียมและตั้งค่าการจำลอง (Pre-Processing)

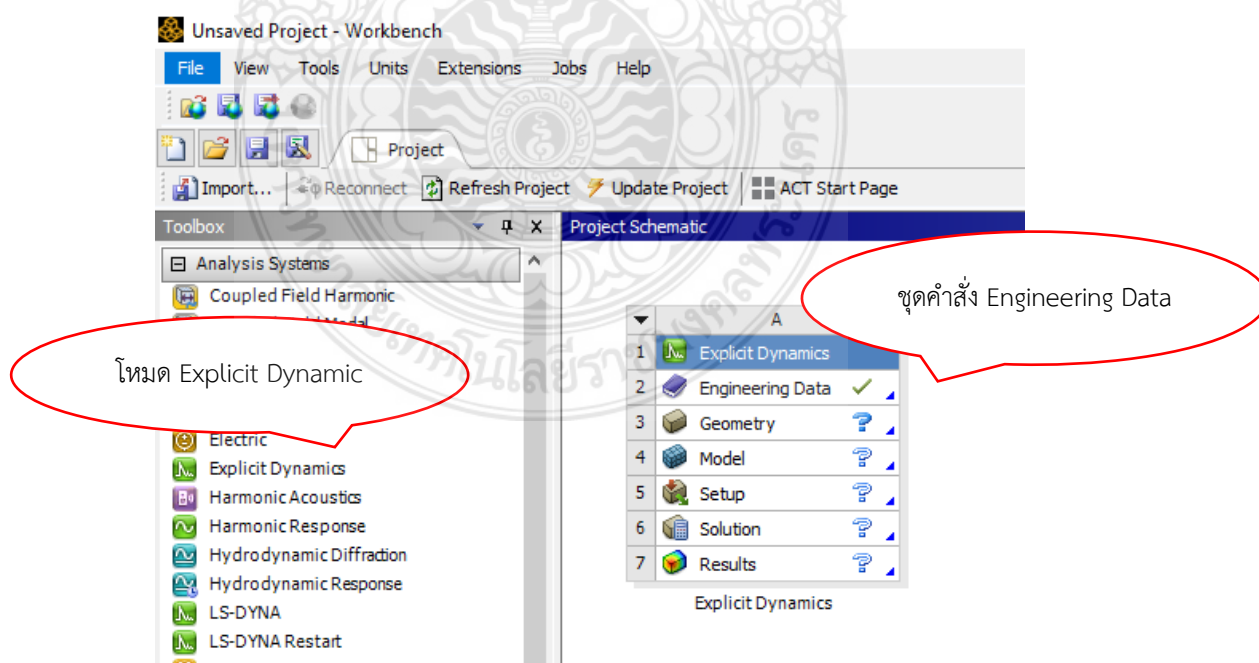
ในขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1.การตั้งค่าสมบัติของวัสดุ 2.การสร้างเมช (Mesh) 3.การตั้งค่าชุดคำสั่ง Explicit Dynamics และการตั้งค่าของชุดคำสั่งต่าง ๆ ได้เริ่มต้นที่คำสั่ง Workbench ซึ่งเปรียบเสมือนโต๊ะทำงานที่เป็นตัวแรกเริ่มการทำงานของโปรแกรม Ansys ตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ลักษณะของหน้าต่าง Workbench

3.3.1 การตั้งค่าสมบัติของวัสดุที่ชุดคำสั่ง

ในโหมดของ Explicit Dynamic จะมีชุดคำสั่งอยู่ตามรูปที่ 3.4 คำสั่ง “Engineering Data” เป็นการตั้งค่าวัสดุ 1 ชนิดคือ สตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) ซึ่งในโปรแกรม Ansys มีวัสดุนี้อยู่แล้วจึงไม่ต้องเพิ่มวัสดุเข้าไปใหม่



รูปที่ 3.8 โหมด Explicit Dynamic และชุดคำสั่ง Engineering Data

วัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) ในโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ได้มีค่าในสมบัติของวัสดุอยู่ในโปรแกรมซึ่งใช้ทฤษฎีความเสียหาย Steinberg-Guinan Strength ตามรูปที่ 3.9

4	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material			

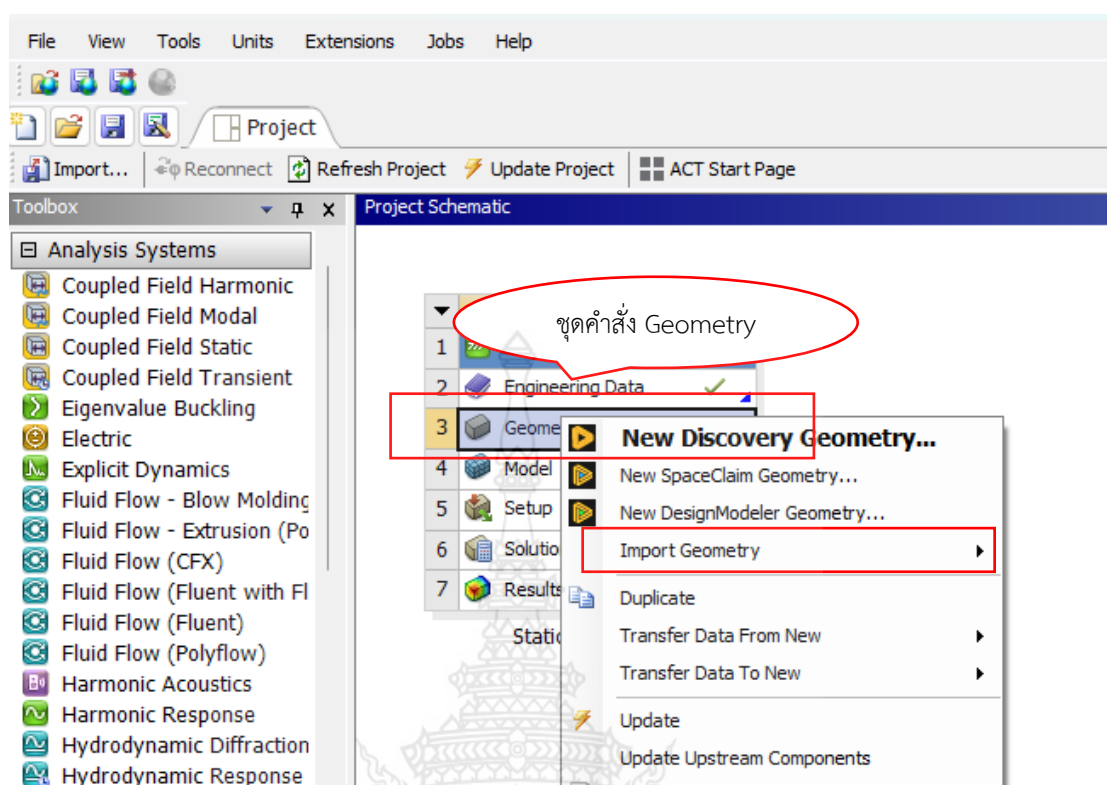
Properties of				
	Value	Unit	D	E
1				
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m ⁻³	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion			
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's ...		
8	Young's Modulus	2E+11	Pa	
9	Poisson's Ratio	0.3		
10	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa	
11	Shear Modulus	7.6923E+10	Pa	
12	Strain-Life Parameters			
20	S-N Curve	Tabular		
24	Tensile Yield Strength	2.5E+08	Pa	
25	Compressive Yield Strength	2.5E+08	Pa	
26	Tensile Ultimate Strength	4.6E+08	Pa	
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa	
28	Isotropic Thermal Conductivity	60.5	W m ⁻¹ ...	
29	Specific Heat Constant Pressure, C _p	434	J kg ⁻¹ ...	
30	Isotropic Relative Permeability	10000		
31	Isotropic Resistivity	1.7E-07	ohm m	

รูปที่ 3.9 ค่าสมบัติของวัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel)

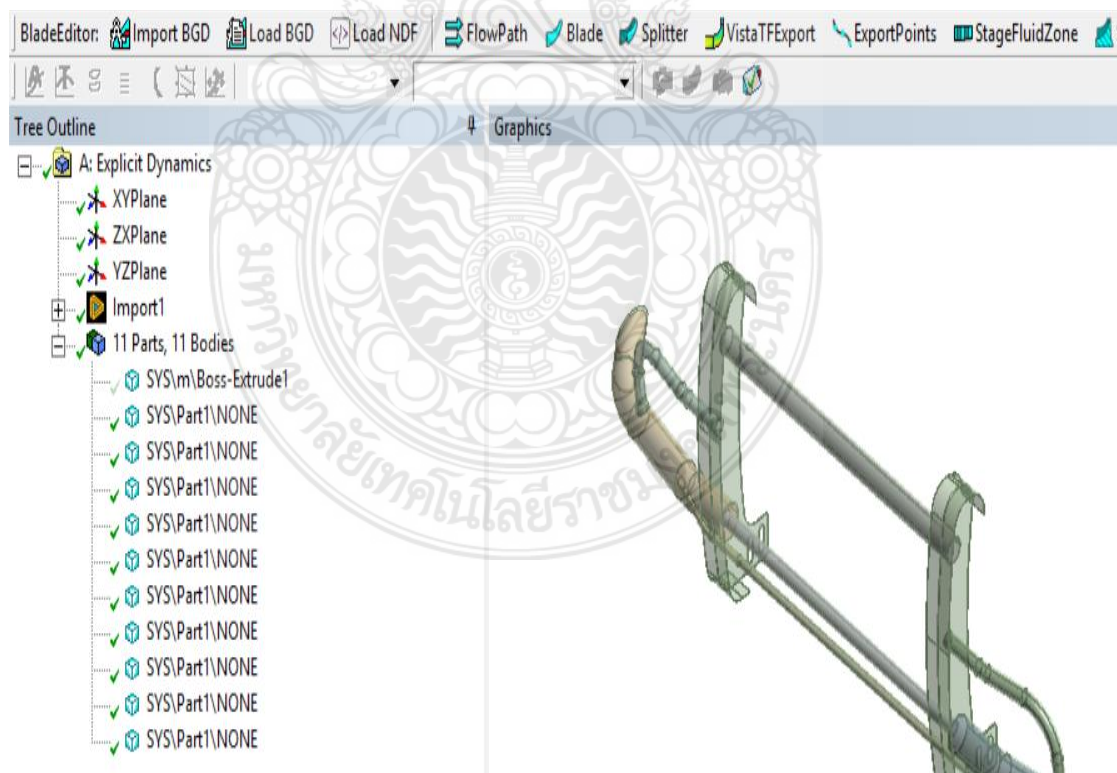
3.3.2 การสร้างเมช

ในการสร้างรูปแบบเมช (Mesh) จะมีหลัก ๆ อยู่สองรูปแบบคือ 1. เฮกซะอีตรอล (Hexahedral) และ 2. เตตระอีตรอล (Tetrahedral) ซึ่งเมชที่ใช้ในการจำลองนั้น ขึ้นงานกันชนรถยนต์จะเป็นแบบเตตระอีตรอล (Tetrahedral) เพื่อลดจำนวนของเซลล์, การคลาดเคลื่อนของผลวิเคราะห์และลดระยะเวลาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจะนำแบบขึ้นงานจำลองการชน (Modeling) ที่ได้ทำการออกแบบไว้เข้าสู่โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์โดยจะใช้ชุดคำสั่ง “Geometry” ตามรูปที่ 3.10 เพื่อนำขึ้นงานเข้าสู่โปรแกรมเพื่อตั้งค่าขึ้นงานที่กันชนรถยนต์

เมื่อได้นำขึ้นงานเข้ามาแล้วลักษณะของตัวสัญลักษณ์ของชุดคำสั่ง “Geometry” จะเปลี่ยนสี และในการตั้งค่าขึ้นงานจำลองนั้นจะใช้คำสั่ง “DesignModeler Geometry” และเมื่ออยู่ในหน้าต่างของคำสั่ง DesignModeler Geometry แล้วให้เลือก “Generate” เพื่อนำขึ้นงานจำลองเข้าไปยังโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ตามรูปที่ 3.11



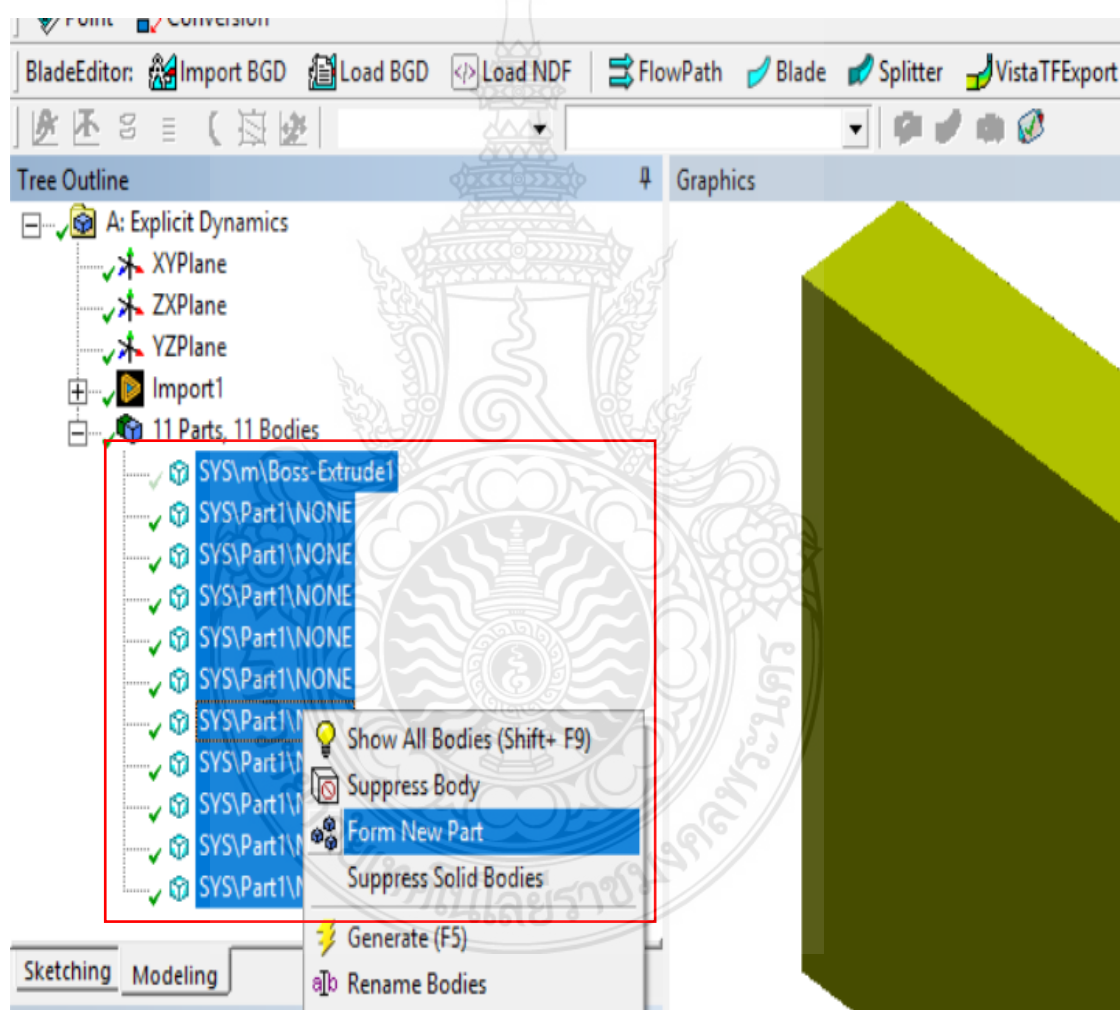
รูปที่ 3.10 การนำแบบชิ้นงานจำลองเข้าโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์



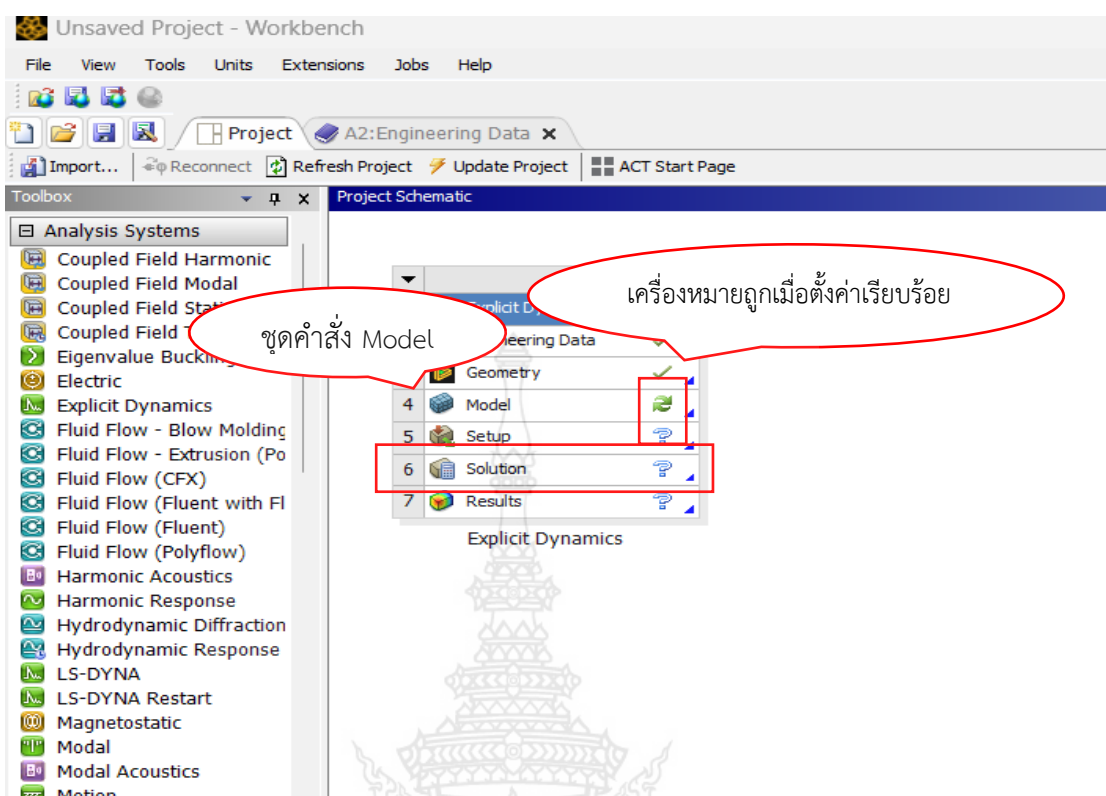
รูปที่ 3.11 การนำแบบจำลองเข้าโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการตั้งค่ากันชนรถยนต์ที่ใช้ในการจำลองนั้นได้ออกแบบมาเป็นชิ้นงานแยกตัวกันเป็นจำนวน 11 ส่วน เพื่อให้สามารถสร้างรูปแบบเมชได้ง่าย ดังนั้นจึงจะต้องทำให้ชิ้นงานของกันชนรถยนต์เป็นชิ้นงานตัวเดียวกันหรือนำมารวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันก่อน ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจะใช้คำสั่ง “From New Part” หลังจากกดคำสั่งเรียบร้อยแล้ว ชิ้นงานของกันชนรถยนต์ก็จะกลายเป็นเนื้อเดียวกันตามรูปที่ 3.12

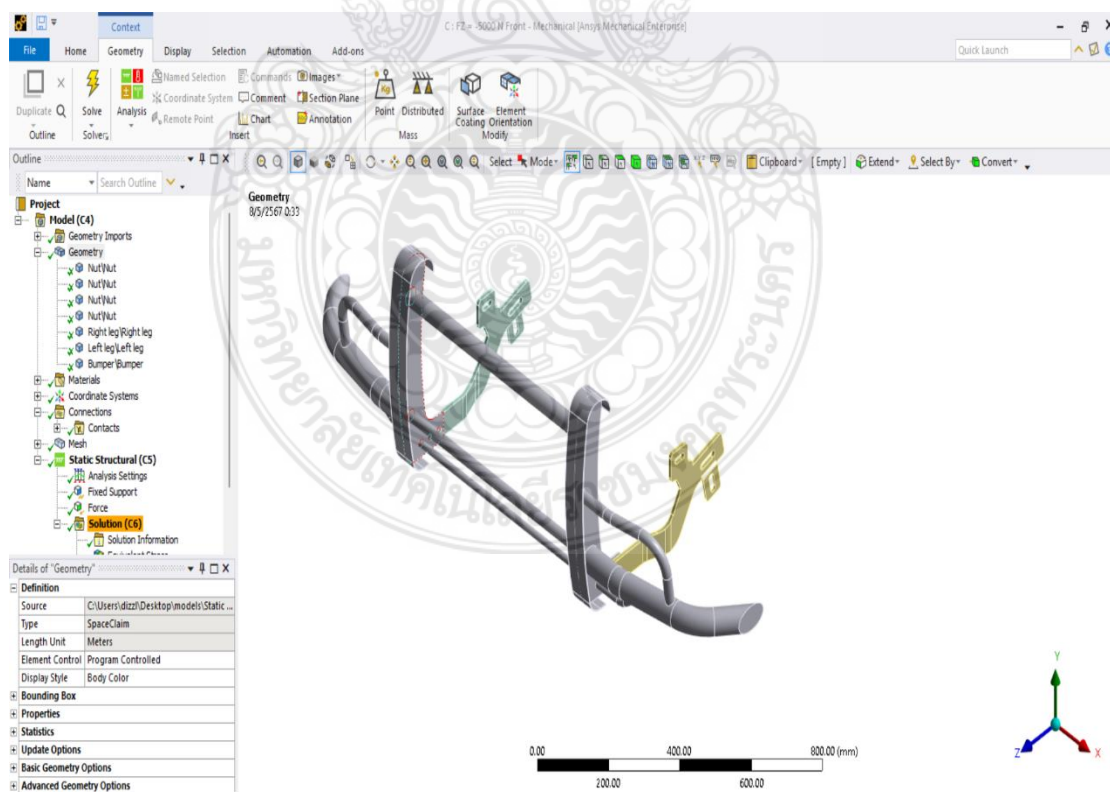
ในขั้นตอนต่อไปนั้นจะเป็นการสร้างเมชให้กับชิ้นงานจำลองโดยชุดคำสั่งที่ใช้ “Model” และจากที่ได้ตั้งค่าชิ้นงานเรียบร้อยแล้วจะสังเกตได้ว่าโปรแกรมนั้นจะมีเครื่องหมายถูกขึ้นที่ด้านขวาของชุดคำสั่ง จากนั้นกดเข้าไปในคำสั่ง Model เพื่อเข้าไปในหน้าต่างการทำงาน ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 การตั้งค่าการรวมตัวของชิ้นงานกันชนรถยนต์



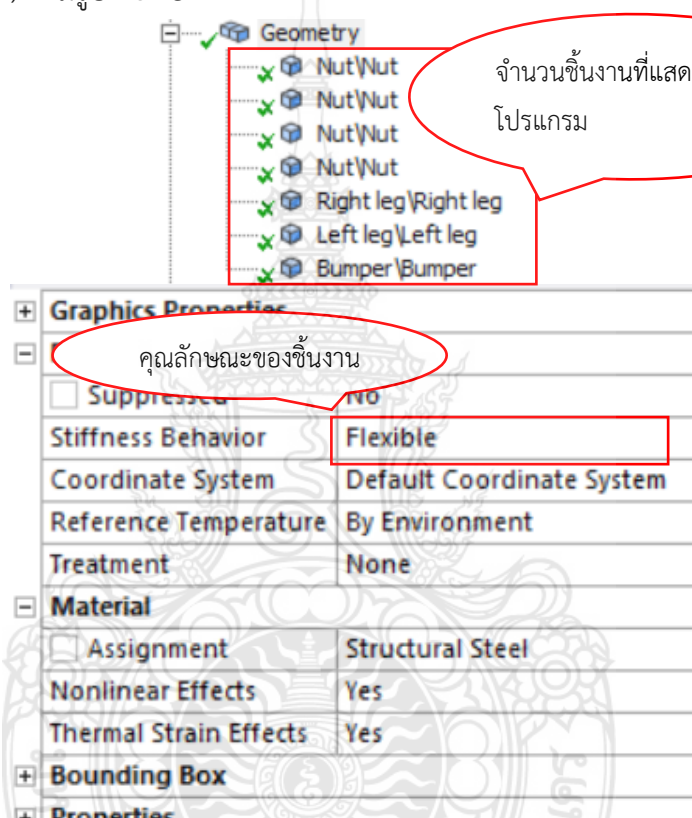
รูปที่ 3.13 แสดงสัญลักษณ์ตั้งค่าเรียบร้อยแล้วและชุดคำสั่ง Model



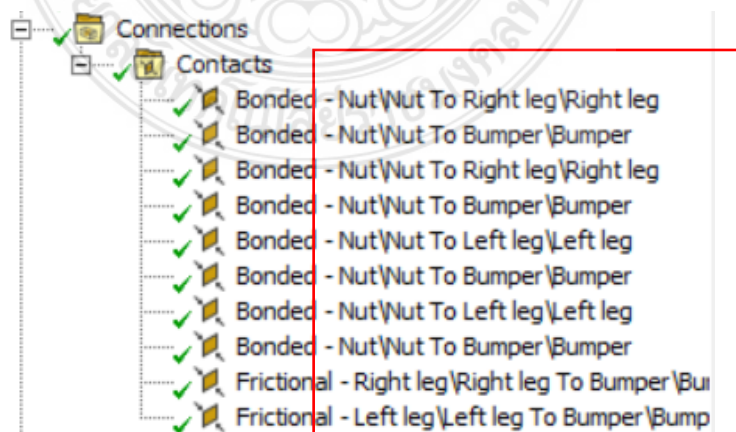
รูปที่ 3.14 ลักษณะหน้าต่างของชุดคำสั่ง Model

เมื่ออยู่ในหน้าต่างของชุดคำสั่ง Model ตามรูปที่ 3.14 จะมีแถบเครื่องมือการตั้งค่าต่าง ๆ ที่มีผลต่อการจำลอง ดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับชิ้นงานจำลองเบื้องต้นจะต้องกำหนดวัสดุให้กับชิ้นงาน (Material) และจุดสัมผัสของผิวชิ้นงาน (Contact)

ที่แถบเครื่องมือ “Geometry” จะแสดงจำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการจำลองดังนั้นในส่วนนี้จะต้องกำหนดคุณลักษณะของวัสดุซึ่งเป็นแบบ “Flexible” ทั้งชิ้นงานกันชนรถยนต์ละขาจับกันชนรถยนต์ แล้วกำหนดวัสดุให้กับชิ้นงานกันชนรถยนต์ละขาจับกันชนรถยนต์เป็นวัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) ตามรูปที่ 3.15

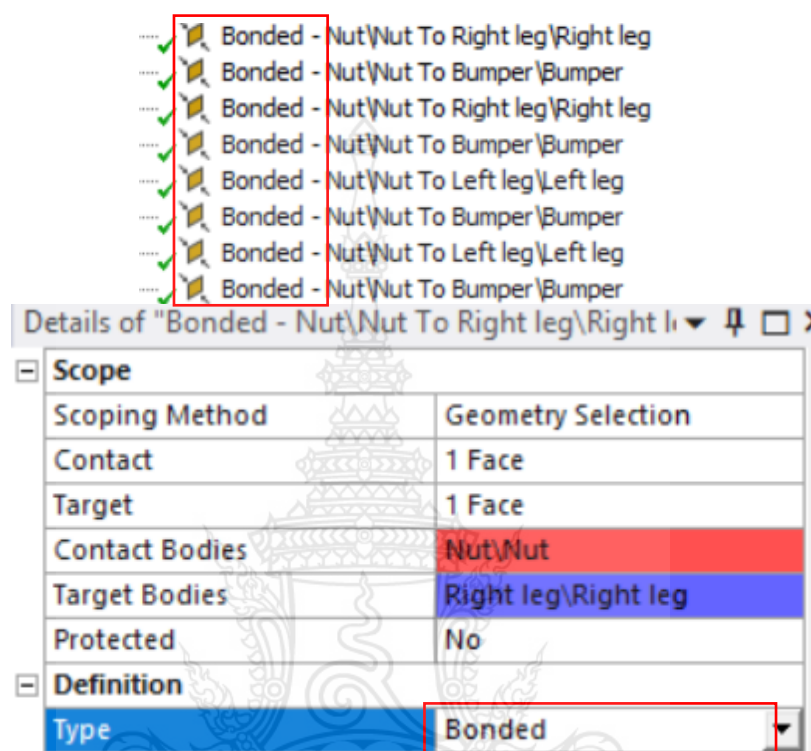


รูปที่ 3.15 การกำหนดคุณลักษณะและวัสดุให้กับชิ้นงาน

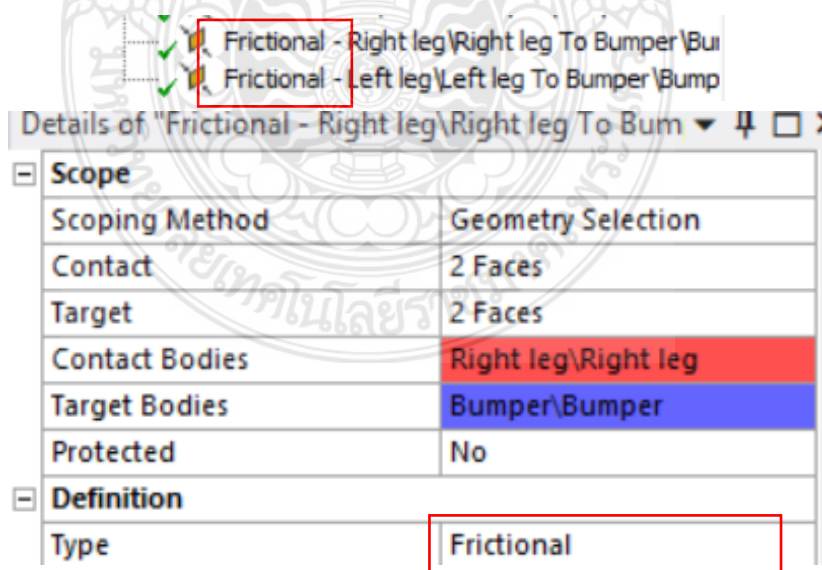


รูปที่ 3.16 การกำหนดจุดสัมผัสของกันชนรถยนต์

ในแถบงาน “Connections” จะเป็นแถบที่สามารถกำหนดจุดสัมผัสหรือจุดเชื่อมของวัสดุแต่ละวัสดุได้ โดยในการทดสอบโมเดลกันชนรถยนต์จะทำการกำหนดจุดสัมผัส 2 แบบ คือ 1. Bonded และ 2. Frictional ตามรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.17 การกำหนดจุดสัมผัสของกันชนรถยนต์ชนิด Bonded

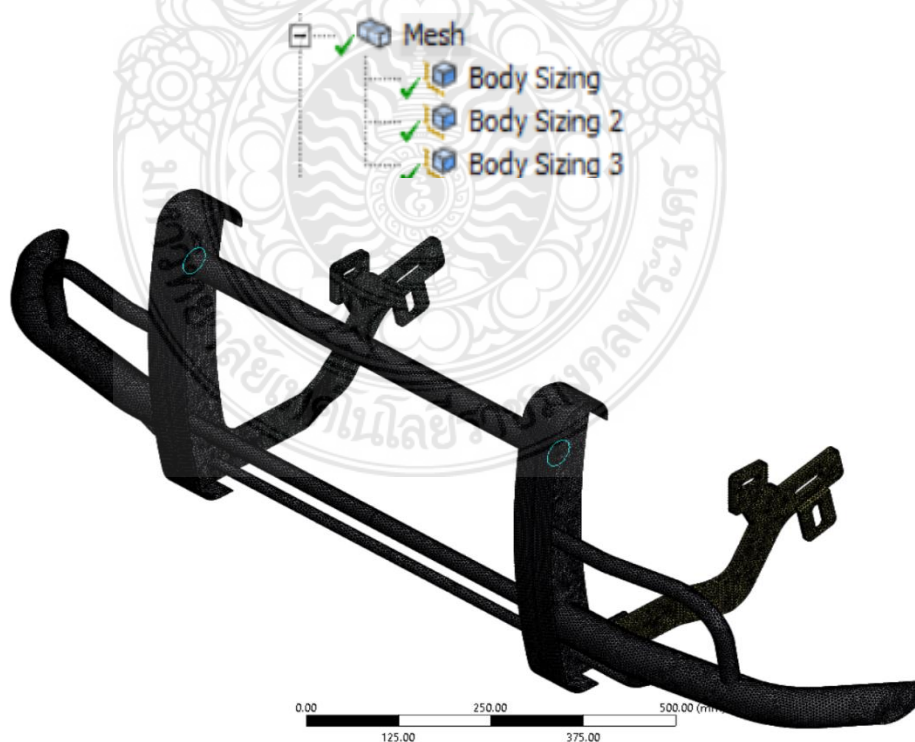


รูปที่ 3.18 การกำหนดจุดสัมผัสของกันชนรถยนต์ชนิด Frictional

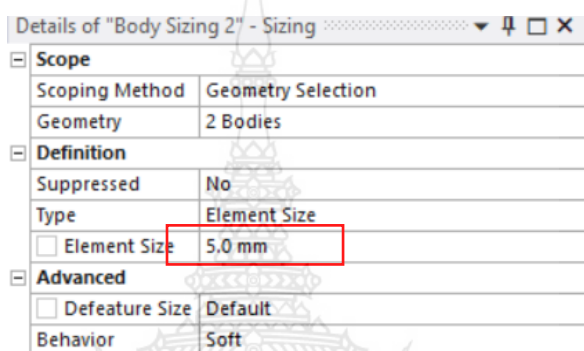
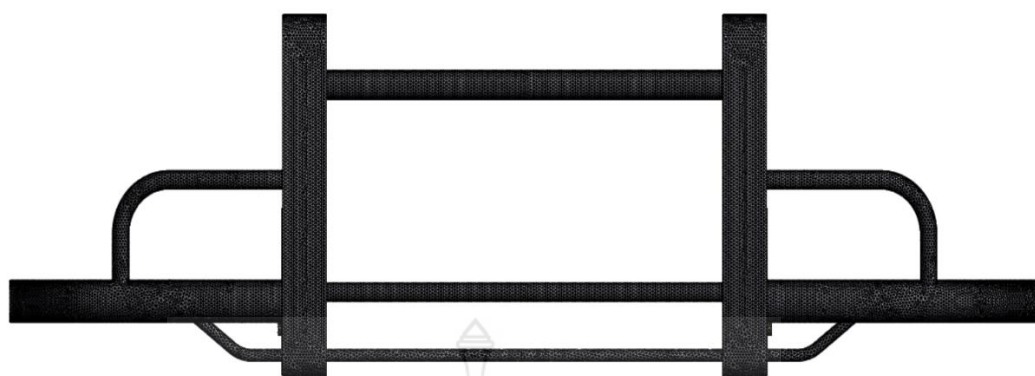
เมื่อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุแล้ว ที่กันชนรถยนต์จุดสัมผัสของชิ้นงานในการจำลอง เป็นจุด Nut/Nut ซึ่งการติดตั้งในส่วนที่เป็นชิ้นงานทั่วไปจะเป็นการสัมผัสกันแบบติดกันเป็นเนื้อเดียวกันที่ แถบเครื่องมือ “Connections” ได้กำหนดที่ “Nut/Nut” เป็นแบบ “Bonded” ซึ่งตัวกำหนดให้ ชิ้นงานติดเป็นเนื้อเดียวกันระหว่างหน้าสัมผัส ตามรูปที่ 3.17

และเมื่อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุแล้ว ที่กันชนรถยนต์จุดสัมผัสของชิ้นงานในการจำลอง เป็นส่วนของจุดต่อกันชนรถยนต์บริเวณขาจับกันชนตัวกันชิ้นงานกันชนรถยนต์ ซึ่งการติดตั้งในส่วนที่เป็นชิ้นงานทั่วไปจะเป็นการสัมผัสกันแบบติดกันแบบคิค่าแรงเสียดทานที่ แถบเครื่องมือ “Connections” ได้กำหนดที่ “Right Leg/Left Leg” และ “Left Leg/Right Leg” เป็นแบบ “Frictional” ซึ่งตัวกำหนดให้ชิ้นงานติดกับแบบคิค่าแรงเสียดทานระหว่างหน้าสัมผัส มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.8 ตามรูปที่ 3.18

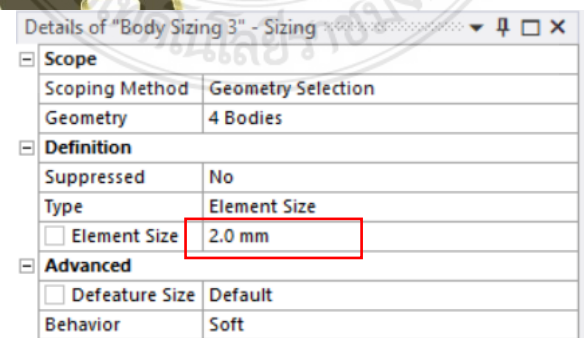
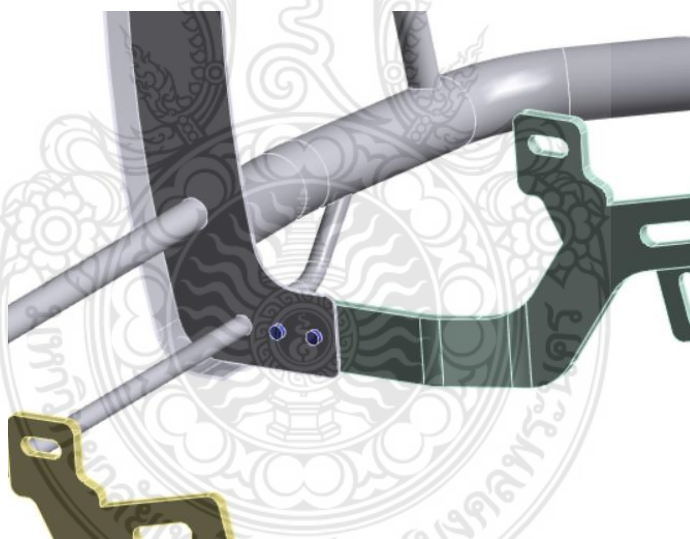
แถบเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างรูปแบบเมช “Mesh” ซึ่งจะต้องกำหนดรูปแบบวิธีในการสร้าง Mesh Method ในแต่ละส่วนของชิ้นงานจำลองและการตั้งค่าขนาดของ Element Size ในแต่ละส่วน เพื่อความเหมาะสมของชิ้นงานจำลองและการคำนวณของโปรแกรมให้ได้ผลการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่มีประสิทธิภาพแม่นยำและถูกต้อง ดังนั้นการสร้างเมชที่ชิ้นงานให้เป็นแบบเฮกซะฮีดรอล (Hexahedral) ที่บริเวณกันชนรถยนต์ เลือกแถบเครื่องมือ “Mesh Method” แล้วเลือกเป็นแบบ “MultiZone” โดยเลือกเป็น “Manual Source” กำหนดให้ Element Size ที่ชิ้นงานกันชนรถยนต์ มีขนาด 0.5 มิลลิเมตร และ 0.2 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การตั้งค่าขนาดของ Element Size และรูปแบบเมชที่หัวกันชนรถยนต์

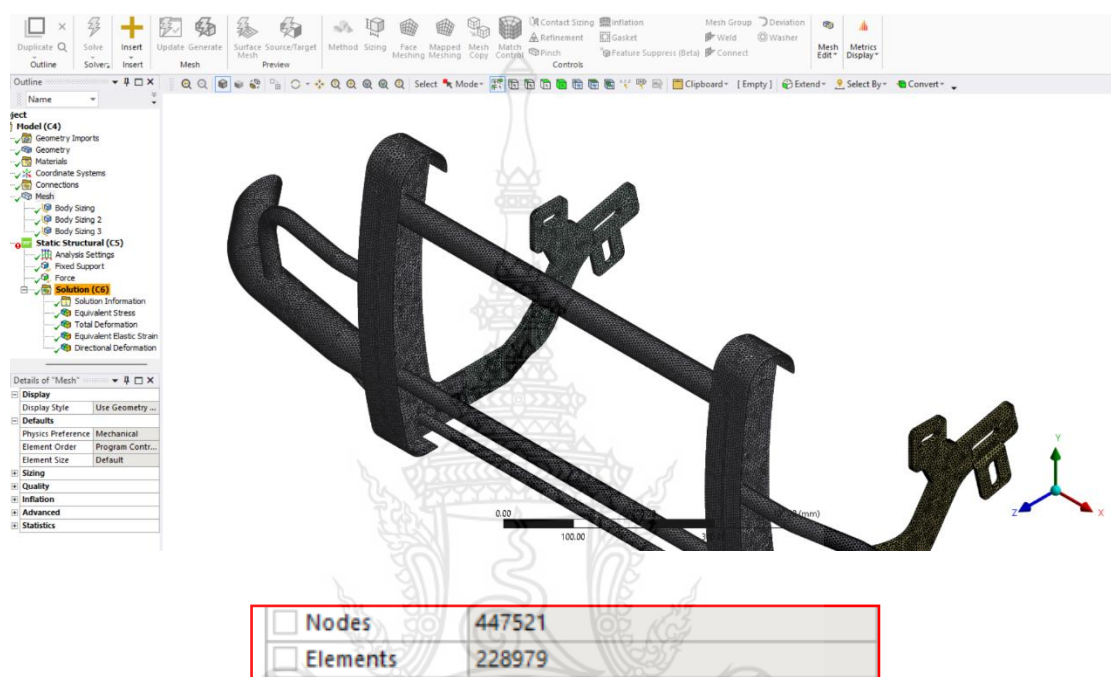


รูปที่ 3.20 การตั้งค่าขนาดของ Element Size ที่ชิ้นงานกันชนรถยนต์



รูปที่ 3.21 การตั้งค่าขนาดของ Element Size ที่บริเวณจุดยึดกันชนชิ้นงานกันชนรถยนต์

ในส่วนของการขึ้นงานกันชนรถยนต์ที่แถบเครื่องมือ “Sizing” เลือกตัว Cursor เป็นแบบ “Edge” เลือกที่บริเวณของรูปขึ้นงานตามรูปที่ 3.20 กำหนดให้ “Element Size” เท่ากับ 5 มิลลิเมตร และ บริเวณจุดยึดกันชนรถยนต์ของรูปขึ้นงานตามรูปที่ 3.21 กำหนดให้ “Element Size” เท่ากับ 2 มิลลิเมตร

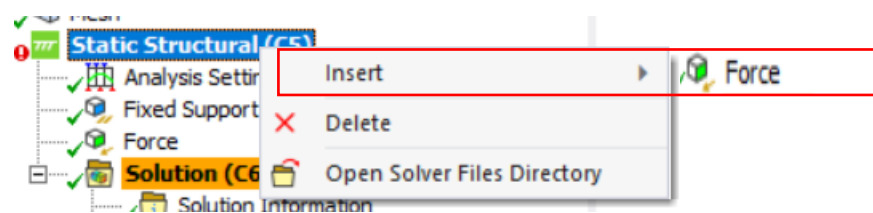


รูปที่ 3.22 จำนวนของโหนดและเอลิเมนต์

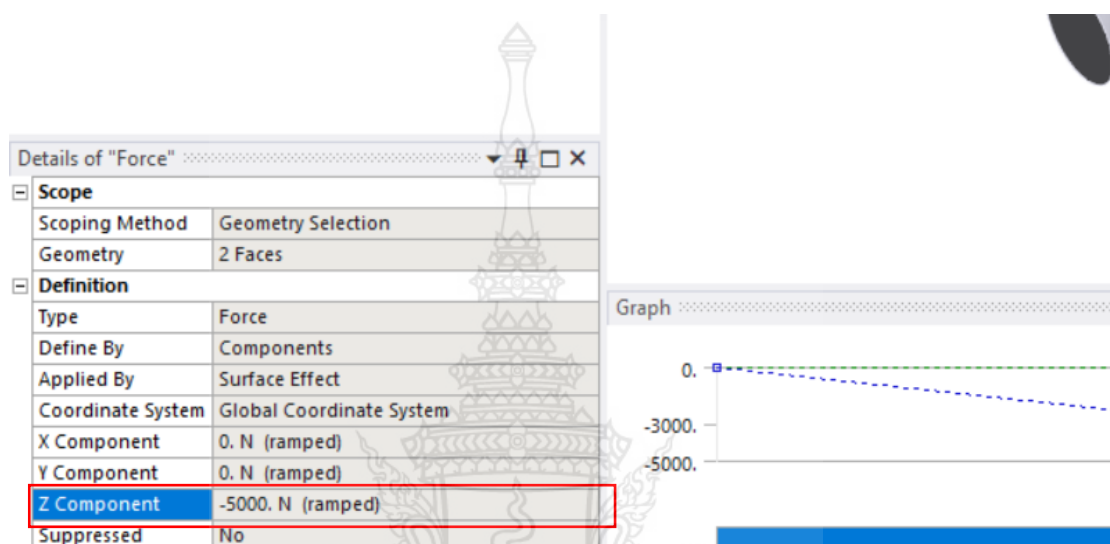
หลังจากกำหนดค่าของเอลิเมนต์ที่แถบเมนู “Element Size” เรียบร้อย สามารถสรุปยอดของเอลิเมนต์รวมได้ในแถบ “Mesh” และไปที่แถบ “Statistics” ซึ่งจำนวนของโหนดและเอลิเมนต์ที่แบบจำลองของกันชนรถยนต์มีจำนวนโหนดเท่ากับ 447,251 โหนด และจำนวนเอลิเมนต์เท่ากับ 228,979 เอลิเมนต์

3.3.3 แบบจำลองวัสดุสำหรับการวิเคราะห์แบบ Implicit ชนิด Static Structural

ในขั้นตอนการติดตั้งของชุดคำสั่ง “Static Structural” จะมีแถบเครื่องมือเพื่อใส่ค่าเริ่มต้นโดยการจำลองแรงกดซึ่งจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละกรณี ๆ ในการทดสอบแรงกดของกันชนรถยนต์ โดยเลือกใช้แถบเครื่องมือ “Analysis Setting” เลือกเป็น “Insert” จากนั้นเลือกเป็น “Force” ตามรูปที่ 3.23 เลือกด้านของชิ้นงานที่รับแรงกระทำโดยในกรณีนี้จะเป็นการทดสอบแรงกดใส่ค่าแรงกดเริ่มต้นให้กับกันชนรถยนต์ชิ้นงานทดสอบและทิศทางในการออกแรงกดที่ตามรูปที่ 3.24 ทิศทางของแรงกระทำ กระทำไปในทิศทางตรงข้ามกับแกน Z ค่าความเร็วจึงต้องใส่เครื่องหมาย “-” เพื่อให้แรงกระทำไปในทิศทางตรงกันข้ามกับแกน



รูปที่ 3.23 ชุดคำสั่งการใส่ค่าความเร็วเริ่มต้น



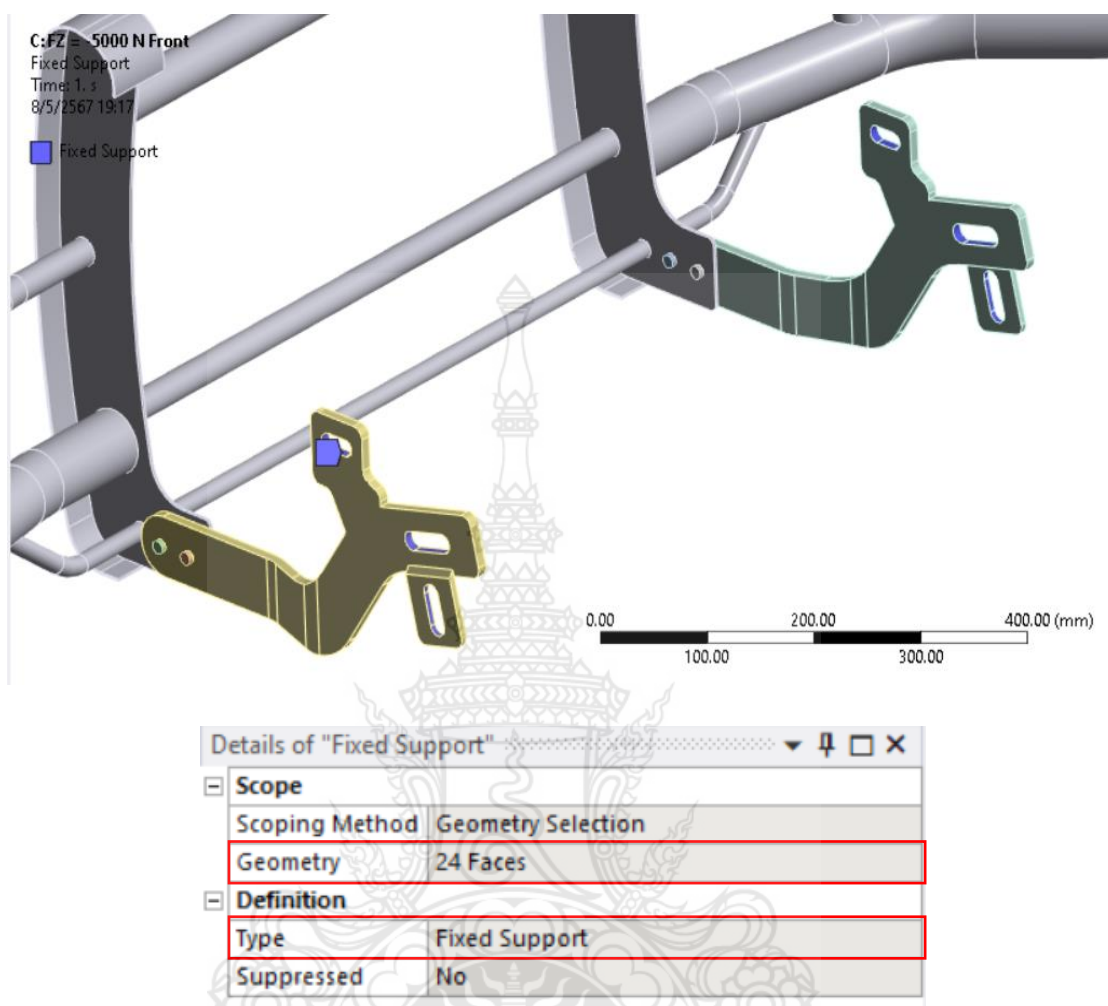
รูปที่ 3.24 การใส่ค่าความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่

เมื่อตั้งค่าของ “Initial Condition” เรียบร้อยแล้ว ในแถบเครื่องมือของ “Analysis Setting” จะเป็นการตั้งค่าการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณผลการจำลองและวิเคราะห์โดยเลือกที่คำสั่ง “End Time” เป็นชุดคำสั่งที่จะกำหนดให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ไปในระยะเวลาที่ 1 วินาทีตามรูปที่ 3.25

Step Controls	
Number Of Steps	1
Current Step Number	1
End Time	1

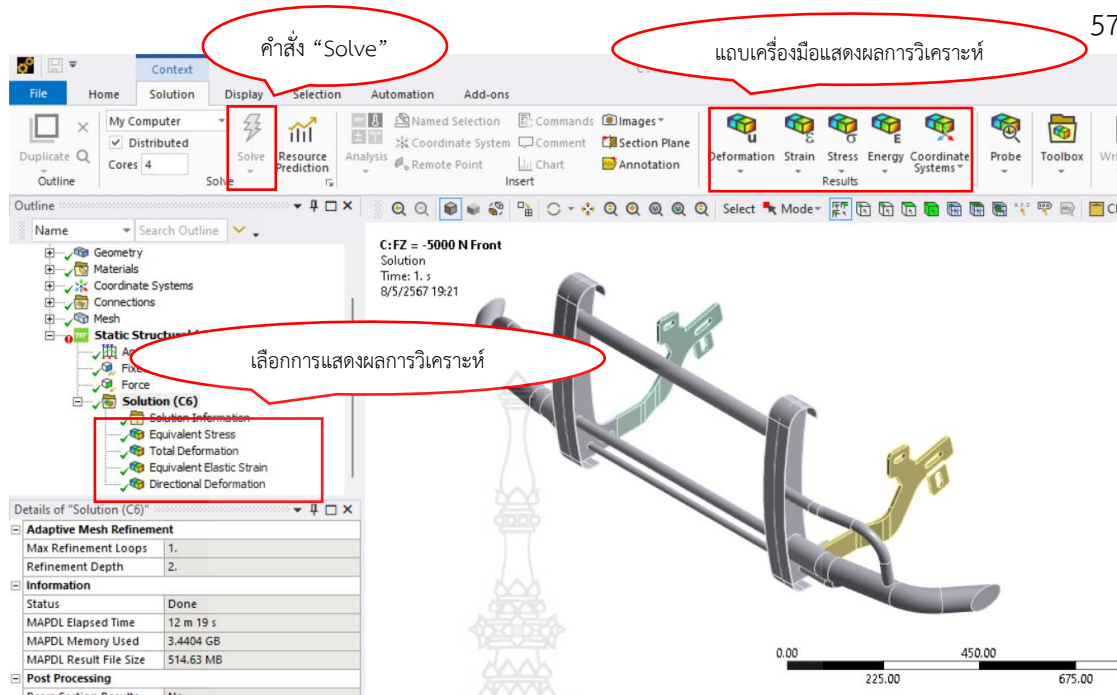
รูปที่ 3.25 ค่าของ “End Time”

ในชุดคำสั่ง “Analysis Setting” จะใช้แถบเครื่องมือ “Fixed Support” เพื่อเป็นการจับยึดงานที่บริเวณจุดจับยึดที่ขาของตัวจับยึดกันชนตามรูปที่ 3.26 ซึ่งจะมีสีน้ำเงินที่แสดงถึงบริเวณผิวสัมผัสที่เลือก เพื่อบ่งบอกถึงการจับยึดชิ้นงานเป็นที่เรียบร้อยแล้วเมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วต่อไปจะเป็นการเลือกคำสั่งแสดงผลวิเคราะห์จากการคำนวณของโปรแกรม



รูปที่ 3.26 การจับยึดชิ้นงานแบบ Fixed Support

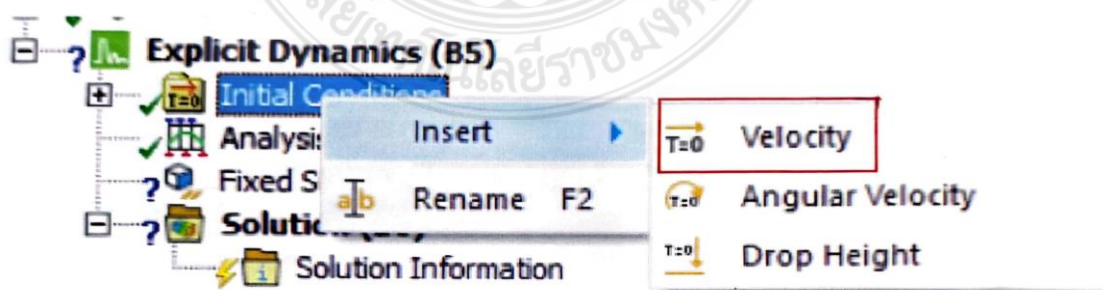
ที่แถบชุดคำสั่ง “Solution” จะสามารถเลือกผลการวิเคราะห์ได้เช่น ความเค้นความเครียด ความเร็วการยุบตัวเป็นต้นตั้งนั้น จึงได้เลือกแถบเครื่องมือ “Equivalent Stress”, “Total Velocity”, “Total Deformation” ตามรูปที่ 3.27 เพื่อให้เห็นผลการวิเคราะห์ค่าความเค้น ความเร็วที่เกิดขึ้น และการยุบตัวของชิ้นงาน ที่ได้จากการคำนวณและเมื่อเลือกแถบเครื่องมือแสดงผลวิเคราะห์จากนั้นเลือกคำสั่ง “Solve” เพื่อให้โปรแกรมได้เริ่มการคำนวณ



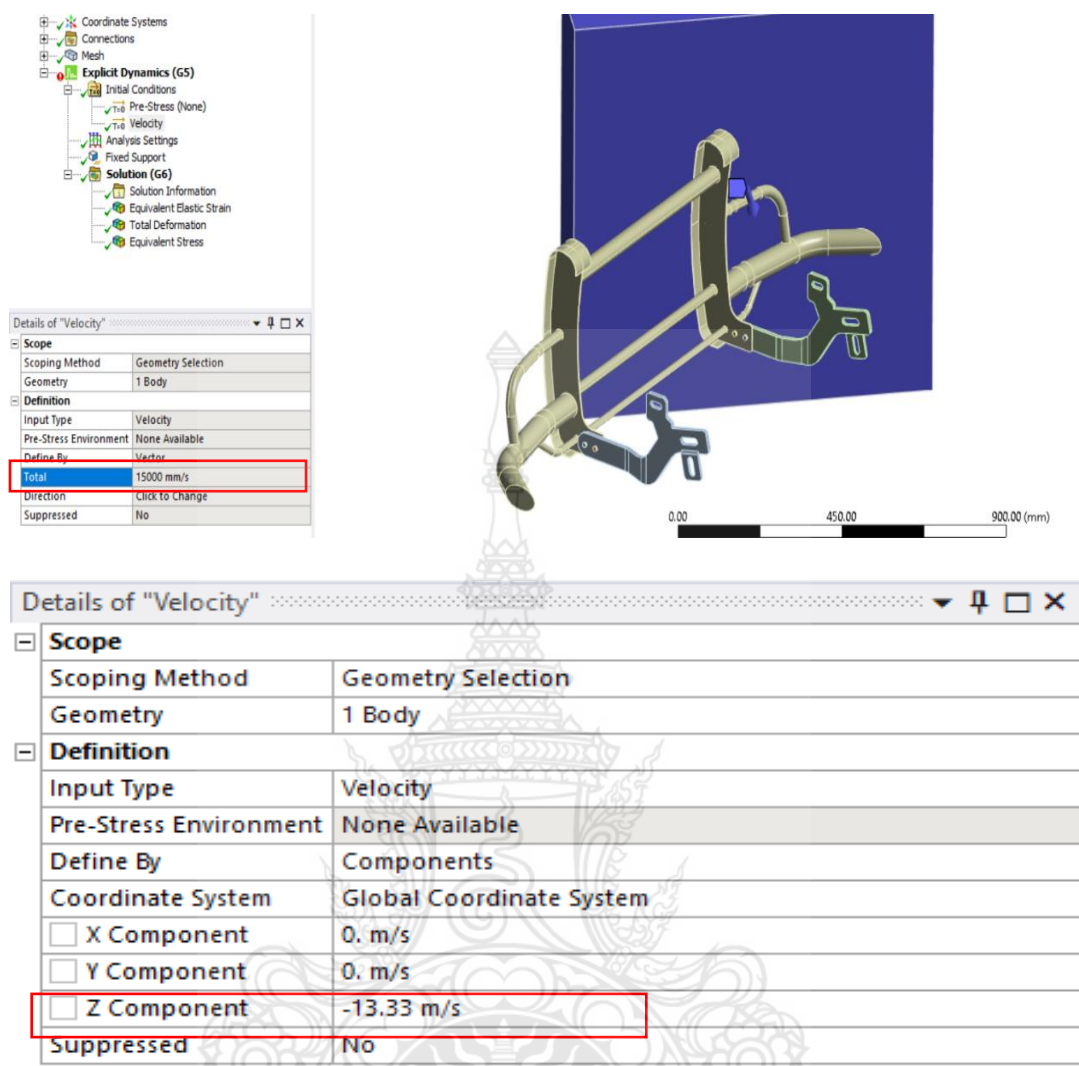
รูปที่ 3.27 คำสั่งแสดงผลการวิเคราะห์

3.3.4 แบบจำลองวัสดุสำหรับการวิเคราะห์แบบ Explicit ชนิด Non linear

ในขั้นตอนการติดตั้งของชุดคำสั่ง “Explicit Dynamic” จะมีแถบเครื่องมือเพื่อใส่ค่าเริ่มต้น โดยการจำลองการชน จะใส่ค่าเริ่มต้นเป็นความเร็วซึ่งมีความเร็ว เท่ากับ 48 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง หรือ 13.33 เมตรต่อวินาที เป็นค่าตามมาตรฐานในการทดสอบการชน ของกันชนรถยนต์ โดยเลือกใช้แถบเครื่องมือ “Initial Condition” เลือกเป็น “Velocity” ตามรูปที่ 3.28 เลือกชิ้นงานจำลองที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคือก้อนแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็ก ใส่ค่าความเร็วเริ่มต้นให้กับก้อนแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กและทิศทางในการเคลื่อนที่ตามรูปที่ 3.29 ทิศทางของก้อนแรงกระทำเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามกับแกน Z ค่าความเร็วจึงต้องใส่เครื่องหมาย “-” เพื่อให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับแกน



รูปที่ 3.28 ชุดคำสั่งการใส่ค่าความเร็วเริ่มต้น



รูปที่ 3.29 การใส่ค่าความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่

เมื่อตั้งค่าของ “Initial Condition” เรียบร้อยแล้ว ในแถบเครื่องมือของ “Analysis Setting” จะเป็นการตั้งค่าการทำงานของโปรแกรมในการคำนวณผลการจำลองและวิเคราะห์โดยเลือกที่คำสั่ง “End Time” เป็นชุดคำสั่งที่จะกำหนดให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ไปในระยะเวลาที่ 0.01 วินาที ตามรูปที่ 3.30 เนื่องจากก่อนแรงกระทำมีความเร็วเท่ากับ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 13.33 เมตรต่อวินาที จึงต้องกำหนดเวลาของ “End Time” ที่ น้อยมากเพื่อให้สามารถวิเคราะห์การชนของก้อนแรงกระทำกับกันชนรถยนต์จากการมองเห็นได้และที่แถบเครื่องมือ output control ที่ชุดคำสั่ง Result Number of Point เป็นคำสั่งในการบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์เมื่อจำนวนค่าที่ใส่เข้าไปเพิ่มขึ้น ความเสถียรของผลการวิเคราะห์จะมีการคลาดเคลื่อน (Error) ที่น้อยลง ดังนั้นในการใส่ค่าเข้าไปควรใส่ที่ 50-100 จุดขึ้นไปตามรูปที่ 3.31

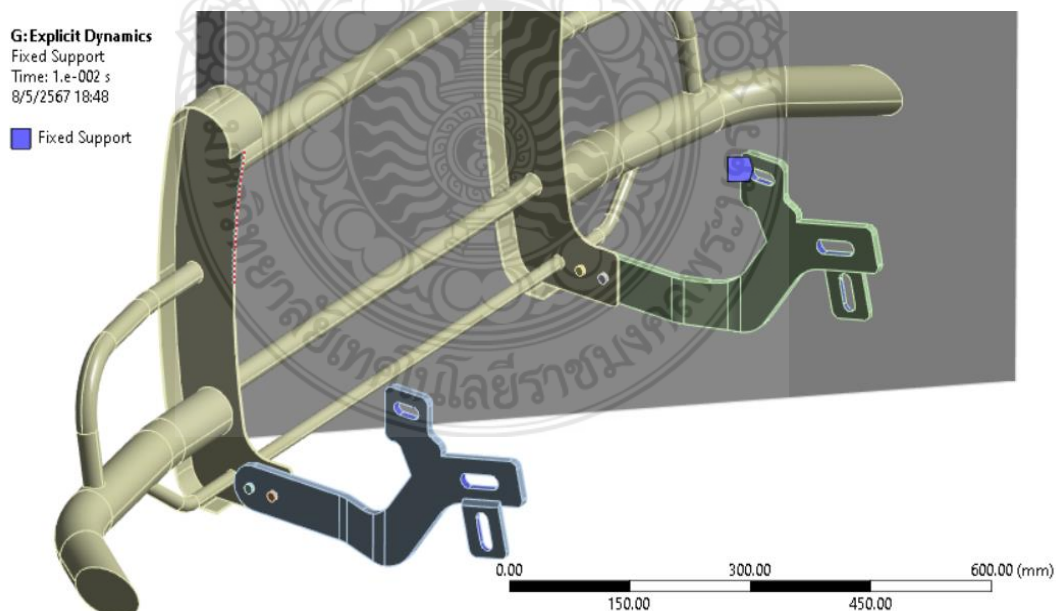
Step Controls	
Number Of Steps	1
Current Step Number	1
Load Step Type	Explicit Time Integration
End Time	1.e-002
Resume From Cycle	0
Maximum Number of Cycles	1e+07

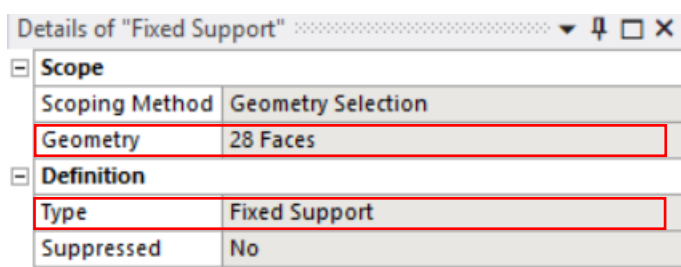
รูปที่ 3.30 ค่าของ “End Time”

Output Controls	
Step-aware Output Controls	No
Save Results on	Equally Spaced Points
Result Number Of Points	100
Save Restart Files on	Equally Spaced Points
Restart Number Of Points	10

รูปที่ 3.31 ค่าของ “Result Number of Points”

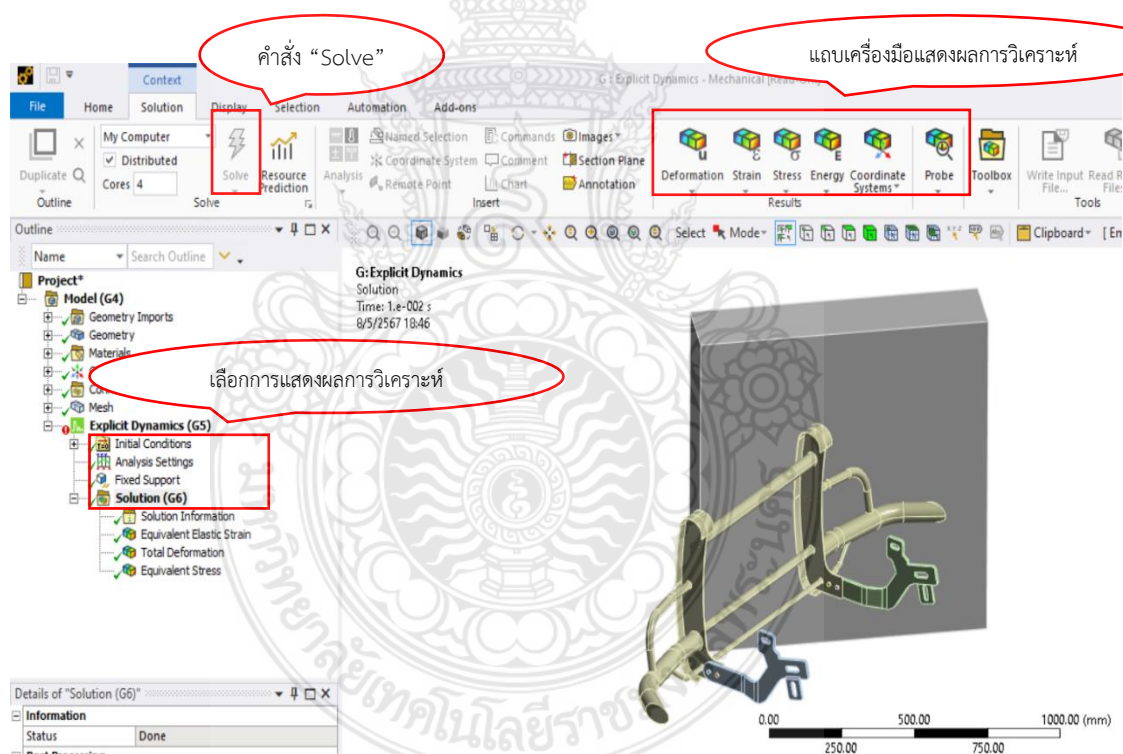
ในชุดคำสั่ง “Analysis Setting” จะใช้แถบเครื่องมือ “Fixed Support” เพื่อเป็นการจับยึดงานที่บริเวณจุดจับยึดที่ขาของตัวจับยึดกันชนตามรูปที่ 3.32 ซึ่งจะมีสีน้ำเงินที่แสดงถึงบริเวณผิวสัมผัสที่เลือก เพื่อบ่งบอกถึงการจับยึดชิ้นงานเป็นที่เรียบร้อยเมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วต่อไปจะเป็นการเลือกคำสั่งแสดงผลวิเคราะห์จากการคำนวณของโปรแกรม





รูปที่ 3.32 การจับยึดชิ้นงานแบบ Fixed Support

ที่แถบชุดคำสั่ง “Solution” จะสามารถเลือกผลการวิเคราะห์ได้เช่น ความเค้นความเครียด ความเร็วการยุบตัว เป็นต้น ดังนั้น จึงได้เลือกแถบเครื่องมือ “Equivalent Stress”, “Total Velocity”, “Total Deformation” ตามรูปที่ 3.33 เพื่อให้แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเค้น ความเร็วที่เกิดขึ้น และการยุบตัวของชิ้นงาน ที่ได้จากการคำนวณและเมื่อเลือกแถบเครื่องมือแสดงผลการวิเคราะห์จากนั้นเลือกคำสั่ง “Solve” เพื่อให้โปรแกรมได้เริ่มการคำนวณ



รูปที่ 3.33 คำสั่งแสดงผลการวิเคราะห์

ในส่วนของกระบวนการเตรียมชิ้นงาน Pre-Processing ได้อธิบายรูปแบบและขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และในส่วนต่อไปจะเป็นกระบวนการคำนวณหรือ Solve-Processing

3.4 กระบวนการคำนวณทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Solve-Processing)

ในส่วนของการวิเคราะห์ค่าในขั้นตอนการเตรียมค่าที่กำหนดโดยใช้โปรแกรมในการประมวลผลจากการปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ 1. ผลของการคลาดเคลื่อน (Error) ได้จากโปรแกรม 2. สมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งส่วนประกอบทั้ง 2 นี้จะเป็นตัวช่วยในการวิเคราะห์ผลจากการคำนวณ การคลาดเคลื่อน (Error) ซึ่งค่าที่ยอมรับได้จากโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 5-10 หลังจากที่ได้ “Solve” ในโปรแกรม

3.4.1 ขั้นตอนการตรวจสอบผลของการคลาดเคลื่อน (Error)

โดยการตรวจสอบผลของการคลาดเคลื่อนให้ไปที่คำสั่ง “Solution Information” ขั้นตอนต่อไปให้เข้าไปที่คำสั่ง “Solution Output” โดยจะมีตัวเลือกอยู่ทั้งหมด 5 รายการ คือ 1. Solver Output 2. Time Increment 3. Energy Conservation 4. Momentum Summary 5. Energy Summary ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบผลการคลาดเคลื่อนในระหว่างการประมวลผลได้

3.4.1.1. Solver Output จะบอกถึงจำนวนรอบของการทำงาน เวลาของการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอน (Time Step) จำนวนร้อยละของการคำนวณและเวลาในการประมวลผลหลังจากเสร็จสิ้นแล้ว หากเกิดข้อผิดพลาดจากการวิเคราะห์ โปรแกรมจะหยุดการประมวลผลทันทีพร้อมกับแสดงสถานะของจุดที่เกิดความผิดพลาด ตามรูปที่ 3.34

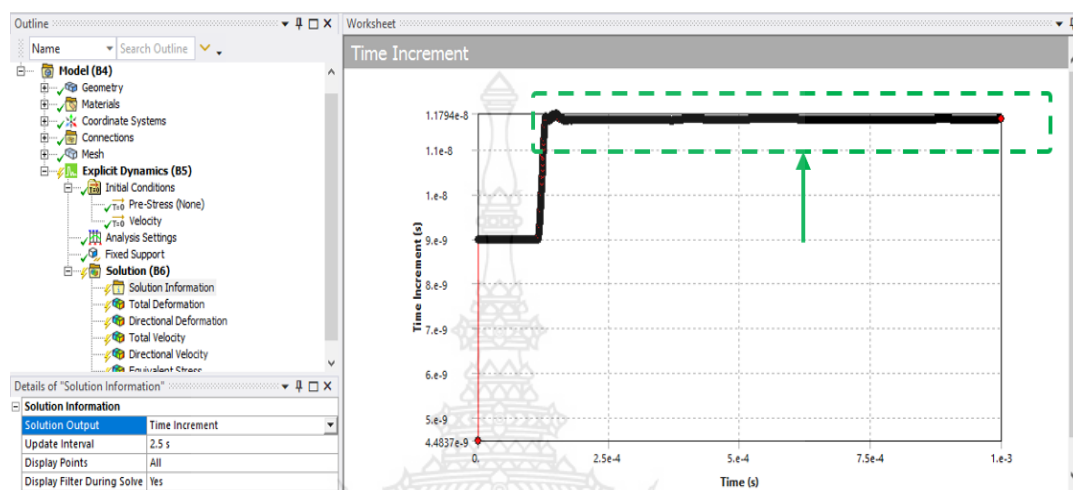
Worksheet				
Cycle: 88893	Time: 9.999E-04s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 99.99%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88894	Time: 9.999E-04s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 99.99%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88895	Time: 9.999E-04s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 99.99%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88896	Time: 1.000E-03s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 100.00%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88897	Time: 1.000E-03s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 100.00%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88898	Time: 1.000E-03s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 100.00%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88899	Time: 1.000E-03s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 100.00%	Est. Clock Time Remaining: 0s
Cycle: 88900	Time: 1.000E-03s	Time Inc.: 1.167E-08s	Progress: 100.00%	Est. Clock Time Remaining: -

SIMULATION ELAPSED TIME SUMMARY				
EXECUTION FROM CYCLE	1	TO	88900	
ELAPSED RUN TIME IN SOLVER	=	2.07470E+02	Minutes	
TOTAL ELAPSED RUN TIME	=	2.09506E+02	Minutes	
JOB RAN OVER	16	SLAVES		
JOB RAN USING	Intel	MPI		
JOB RAN USING	DECOMPOSITION	AUTO		
Problem terminated wrapup time reached				

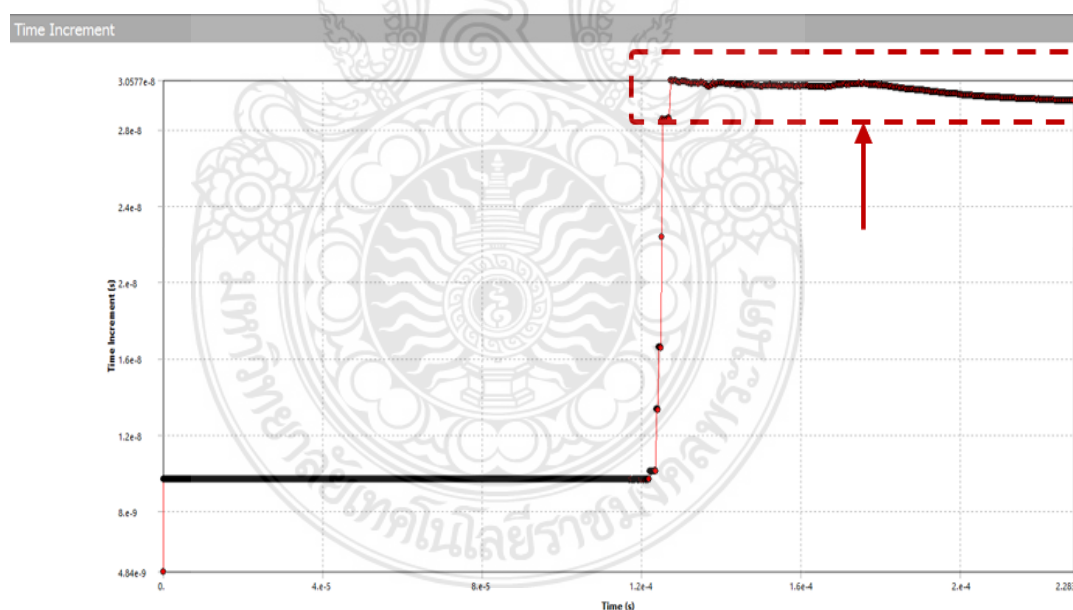
รูปที่ 3.34 ผลการประมวลผลของ Solver Output ที่ปกติ

3.4.1.2. Time Increment คือกราฟแสดงเวลาของ Time Step สำหรับการประมวลผลการทำงาน เมื่อเกิดการกระแทกของการจำลองกราฟจะเปลี่ยนแปลงในช่วงของ Time Increment ที่สูง หลังจากเกิดการกระแทกเป็นที่เรียบร้อยแล้วกราฟจะลดลงคงที่จนครบ Time Step ของการ

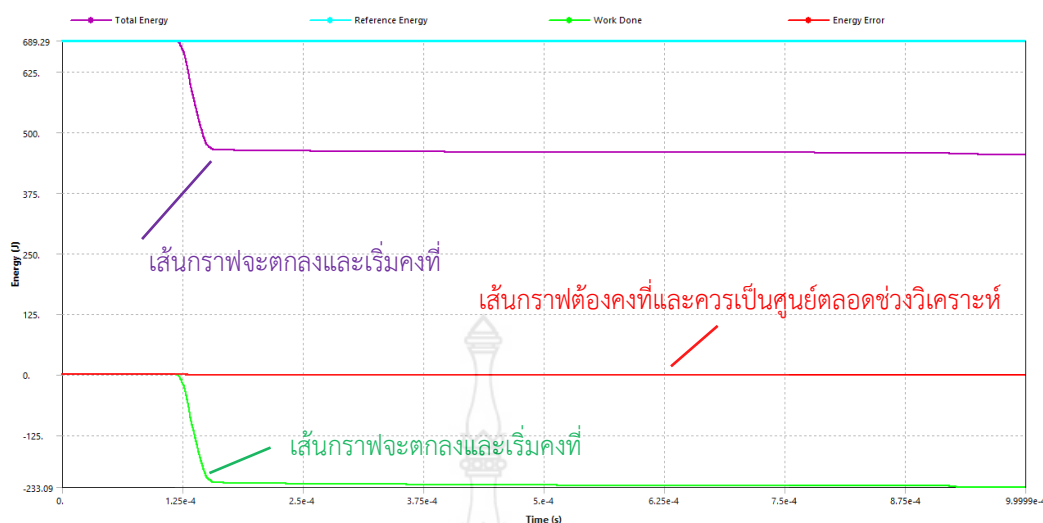
ทำงาน พร้อมกับบอกสถานะของการประมวลที่ปกติไม่มีการคลาดเคลื่อน ที่มากกว่าร้อยละ 5-10 ถ้าการประมวลผลนั้นมีความผิดปกติโปรแกรมจะยังทำการประมวลผลต่อไปแต่หลังจากที่วัตถุกระแทกแล้วกราฟจะมีลักษณะลดลงตาม Time Step ของการประมวลผลซึ่งจะไม่คงที่เพื่อเป็นการบอกถึงความผิดปกติ ตามรูปที่ 3.35 และ 3.36



รูปที่ 3.35 สถานะกราฟปกติ



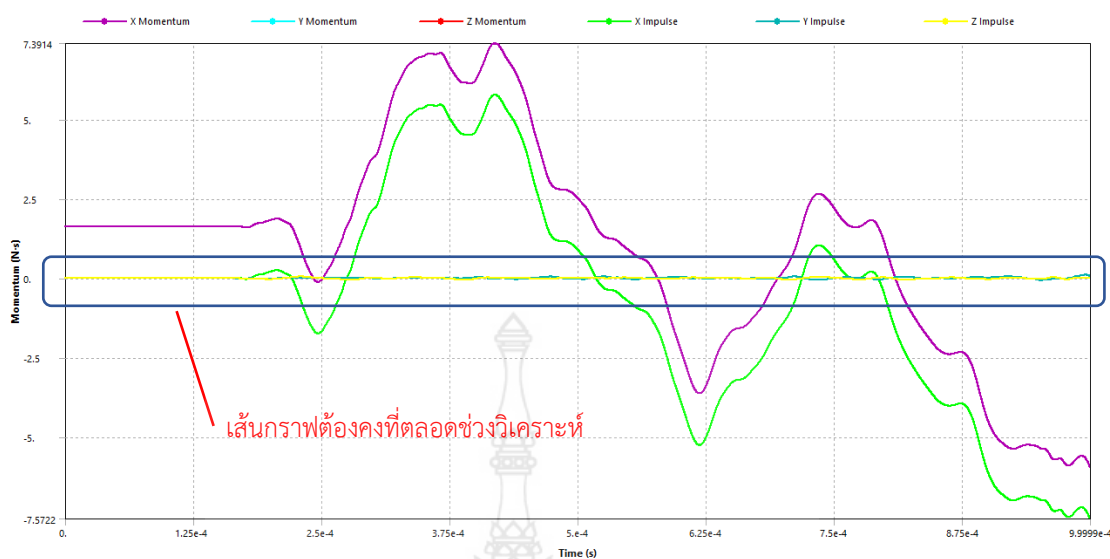
รูปที่ 3.36 สถานะที่กราฟมีความผิดปกติ



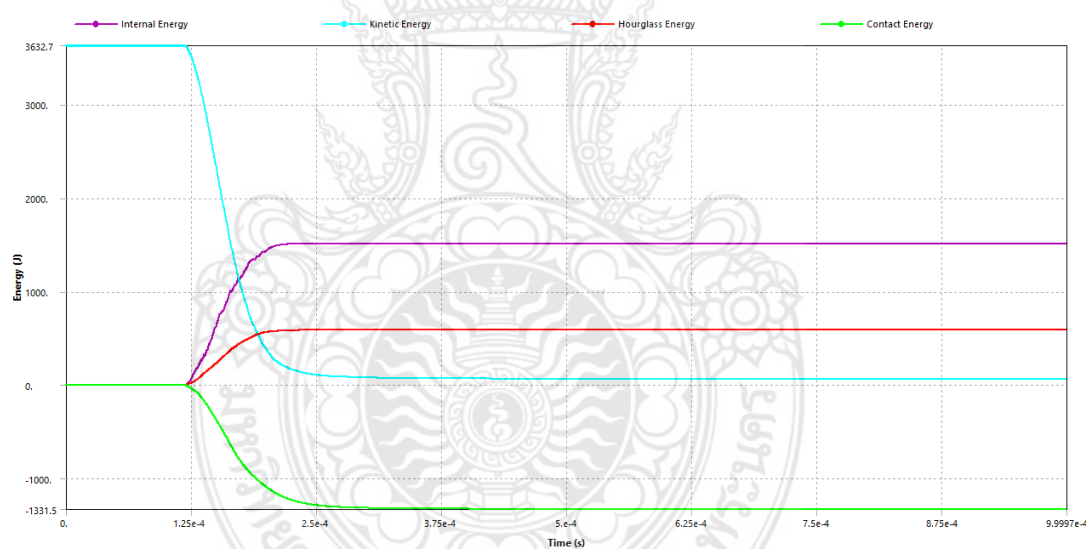
รูปที่ 3.37 เส้นกราฟ Energy Conservation ที่มีสถานะปกติ

3.4.1.3. Energy Conservation ลักษณะของกราฟที่แสดงค่าหน่วยของพลังงาน (Energy) ซึ่งพลังงานที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลของวัตถุเคลื่อนที่เข้ากระแทกนั้น จะแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่เกิดขึ้นเทียบกับ Time Step การประมวลจะแสดงค่าของพลังงาน Total Energy, Reference Energy, Work Done และ Energy Error ในส่วนของการจำลองนี้ให้สังเกตที่เส้นกราฟของ Energy Error ที่เป็นเส้นสีแดง จะแสดงลักษณะหลังเกิดการกระแทกของกันชนรถยนต์ จากการจำลองเส้นกราฟจะมีลักษณะคงที่เป็นการบอกถึงความปกติของการประมวลผลในทางตรงกันข้ามถ้ากราฟมีลักษณะที่เพิ่มขึ้นก็จะเป็นการบอกถึงความผิดปกติในการประมวลผล ตามรูปที่ 3.37

3.4.1.4. Momentum Summary เป็นกราฟที่จะแสดงผลของ Momentum ที่เกิดความเสียหายเทียบกับ Time Step ในแต่ละแกน ในการทำงานจะแสดงค่าของ Impulse ในแต่ละแนวแกนโดยสามารถตรวจสอบผลการคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากแนวแกนหลังวัตถุเกิดการกระแทกของการจำลองแล้ว เมื่อผลของ Momentum และ Impulse มีความสอดคล้องกับการจำลองที่กระแทกถือว่าปกติ การจำลองจากด้านข้างของชิ้นงานซึ่งอยู่ในแนวแกน Z เส้นสีเหลืองจะเป็นค่าของ Impulse ในแนวแกน Z เส้นกราฟจะมีลักษณะคงที่และเส้นสีแดงจะบอกถึงค่าของ Momentum ในแนวแกน Z ซึ่งจะไม่แสดงผลในกราฟ ดังนั้นเมื่อวัตถุกระแทกแล้วและไม่สอดคล้องกันถือว่ามีความผิดปกติของการจำลองนี้ ตามรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 ผลที่เป็นปกติของ Impulse ในแกน Z



รูปที่ 3.39 Hourglass Energy ปกติ

3.4.1.5. Energy Summary เป็นการแสดงผลของพลังงานที่เกิดขึ้นจากการที่วัตถุเกิดการกระแทกโดยมีพลังงานที่เกี่ยวข้องดังนี้ Internal Energy, Kinetic Energy, Hourglass Energy, Contact Energy สามารถตรวจสอบของการคลาดเคลื่อนจากเส้นกราฟของ Hourglass Energy ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการสร้างเมช (Mesh) แบบ Hexahedral โดยเฉพาะค่าของ Element ทั้ง 4 จุด จะมีขนาดเท่ากัน ซึ่งจะทำให้ค่าความเครียด (Strain) เป็นศูนย์หรือที่เรียกว่า “Hourglass Effect” ค่าที่แสดงผลของกราฟ Hourglass Energy จะแสดงผลเป็นเส้นสีแดงโดยจะต้องมีค่าที่น้อยกว่าเส้นสีม่วงที่เป็นค่าของ Internal Energy จึงจะถือว่า

ปกติ ในทางตรงกันข้ามถ้าเส้นสีแดง Hourglass Energy มีค่ามากกว่าเส้นสีม่วง Internal Energy ก็จะทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นจากการประมวลผล ที่มีสาเหตุอันเนื่องมาจากการกำหนดการตั้งค่าจากการสร้างรูปแบบเมช (Mesh) ตามรูปที่ 3.39

3.5 การแสดงผลลัพธ์ (Post-Processing)

การแสดงผล Post-Processing ประกอบด้วยการแสดงค่าต่างๆ ที่มีให้เลือกใช้ในส่วนของการ Solution ยกตัวอย่างเช่น ความเค้นที่เกิดขึ้น (Equivalent Stress) ทิศทางของความเร็ว (Directional Velocity) การเสียรูปทั้งหมด (Total Deformation) ทิศทางของการเสียรูป (Directional Deformation) ความเร็วรวมทั้งหมด (Total Velocity) และอื่นๆ อีกทั้งยังมีส่วนของ Section Plane ที่จะช่วยให้การมองผลการวิเคราะห์ที่ได้ชัดเจนมากขึ้น

3.6 การเตรียมการทดลองสำหรับกันชนรถยนต์

3.6.1 การสร้างฐานรองรับกันชนรถยนต์ในการทดสอบ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างฐานรองรับในการทดสอบ โดยขนาดของฐานรองรับมีความกว้างเท่ากับ 50 เซนติเมตร ความยาว 64 เซนติเมตร โครงสร้างรองรับการทดสอบใช้เหล็กกล่องหนา 3 มิลลิเมตร มีขนาดความกว้างเท่ากับ 7 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 3.25 เซนติเมตร โดยทำการตัดเหล็กแบ่งออกเป็น 7 ท่อน แบ่งออกเป็น 50 เซนติเมตร 3 ท่อน และ 60 เซนติเมตร 2 ท่อน และ 15.5 เซนติเมตร 2 ท่อน ตามรูปที่ 3.40 และได้เชื่อมโครงประกอบเข้าด้วยกัน ลักษณะของฐานรองรับการทดสอบคือจะวางท่อนเหล็กยาว 50 เซนติเมตรไว้ในแนวตั้งและวางท่อนเหล็กขนาด 60 เซนติเมตรไว้ในแนวนอน และวางตั้งท่อนเหล็กขนาด 15.5 เซนติเมตร บนท่อนเหล็กขนาด 50 เซนติเมตร ตามรูปที่ 3.40 จากนั้นทำการเชื่อมโครงสร้างเข้าด้วยกันตามรูปที่ 3.41

3.6.2 ติดตั้งฐานรองรับการทดสอบกับกันชนรถยนต์ชิ้นงานทดสอบ

หลังจากสร้างฐานรองรับการทดสอบเรียบร้อยแล้ว จึงได้นำขากันชนมาวัดขนาดไดมิเตอร์เพื่อเจาะจุดจับยึดเพื่อทำการติดตั้งชิ้นงานทดสอบกันชนรถยนต์กับฐานรองรับการทดสอบ ตามรูปที่ 3.42 ขึ้นน็อตยึดกันชนรถยนต์ให้แน่นเพื่อพร้อมในการนำไปทดสอบ ตามรูปที่ 3.43

3.6.3 ติดตั้งกันชนรถยนต์เข้ากับเครื่องทดสอบ

นำชิ้นงานทดสอบที่ได้ติดตั้งฐานรับการทดสอบมาติดตั้งบนเครื่องทดสอบแรงกด ตามรูปที่ 3.44 ในการทดสอบแรงกดได้ใช้เครื่อง “Servo-Hydraulic Universal Testing Machine” มีรายละเอียดดังนี้ Model WAW-1000, Accuracy Class 0.5, Load Capacity 1000kN, Serial Number 18490 ผลิตโดยบริษัท “SHANGHAI HUALONG TEST INSTRUMENTS CO., LTD.” ทดสอบที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตามรูปที่ 3.45

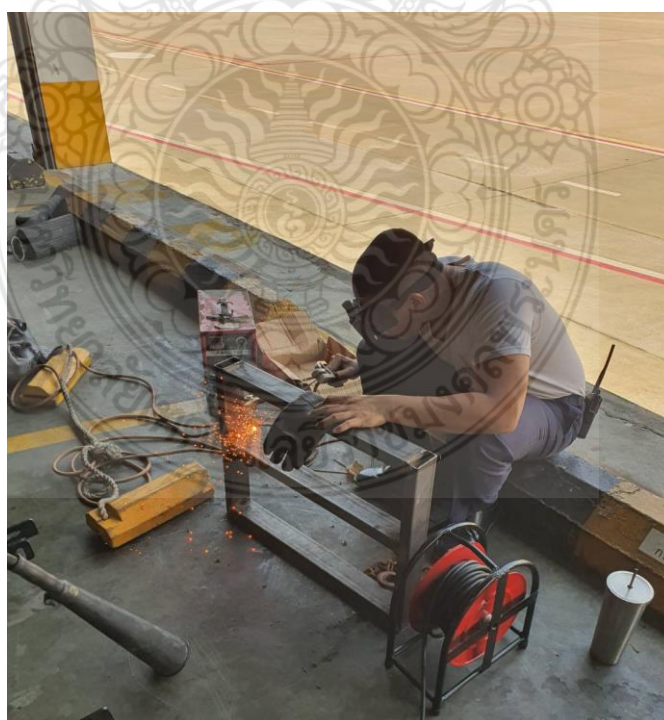
3.6.4 ติดตั้ง Dial Gauge และเครื่องมือวัดเข้ากับกันชนรถยนต์

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการติดตั้ง Dial Gauge ชนิด 0.01 mm จำนวน 3 จุดด้วยกันดังนี้ 1. บริเวณด้านปลายด้านบนของชิ้นงานทดสอบกันชนรถยนต์ 2. บริเวณกึ่งกลางด้านบนของชิ้นงานทดสอบ และ 3. บริเวณจุดจับยึดกันชนรถยนต์กับขาจับยึดกันชนรถยนต์ ตามรูปที่ 3.46

3.6.5 เริ่มการดำเนินการทดลอง



รูปที่ 3.40 การวางโครงสร้างรองรับการทดสอบกันชนรถยนต์



รูปที่ 3.41 การสร้างฐานรองรับการทดสอบกันชนรถยนต์



รูปที่ 3.42 ติดตั้งชิ้นงานทดสอบกันชนรถยนต์กับฐานรองรับการทดสอบ



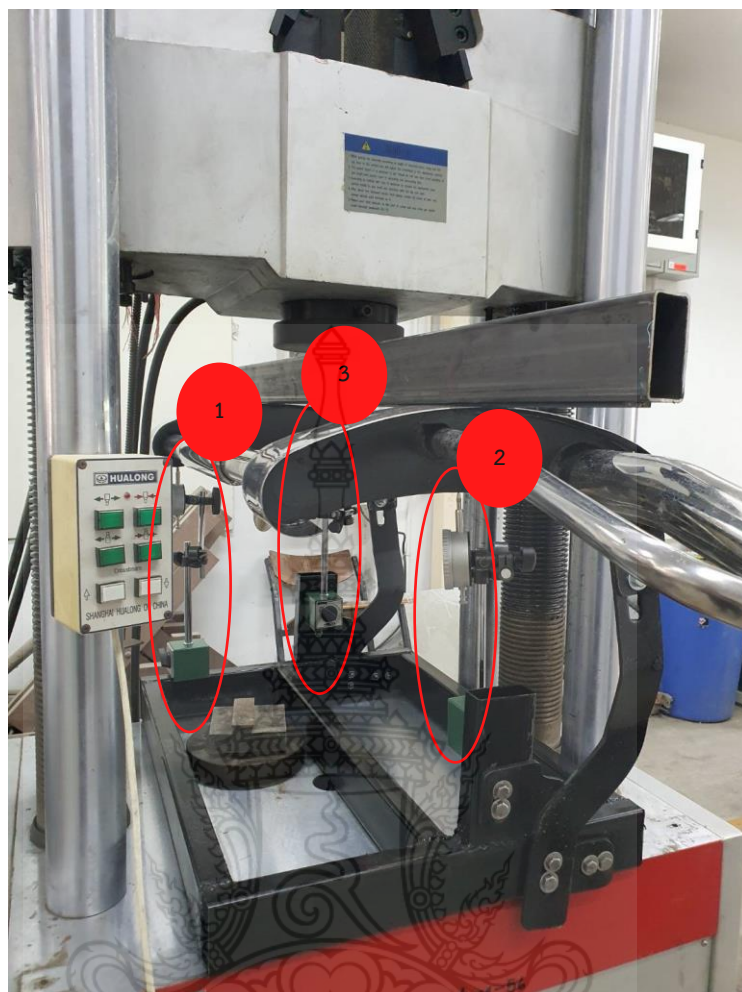
รูปที่ 3.43 ชิ้นงานทดสอบพร้อมฐานรับการทดสอบ



รูปที่ 3.44 ติดตั้งกันชนรถยนต์เข้ากับเครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.45 เครื่องทดสอบแรงกด “Servo-Hydraulic Universal Testing Machine” และ Specification ของเครื่องทดสอบ



รูปที่ 3.46 การติดตั้ง Dial Gauge เข้ากับชิ้นงานกันชนรถยนต์ในการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินการวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำการดำเนินการด้วยกระบวนการที่อธิบายไว้ในบทที่ 3 ประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลการเปรียบเทียบและกรณีศึกษาต่าง ๆ ซึ่งผลที่ได้จะนำไปสู่การต่อยอดงานวิจัยอื่นได้ต่อไป โดยรายละเอียดผลการดำเนินการได้มีการแยกอธิบายตามกลุ่มการทดลองที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

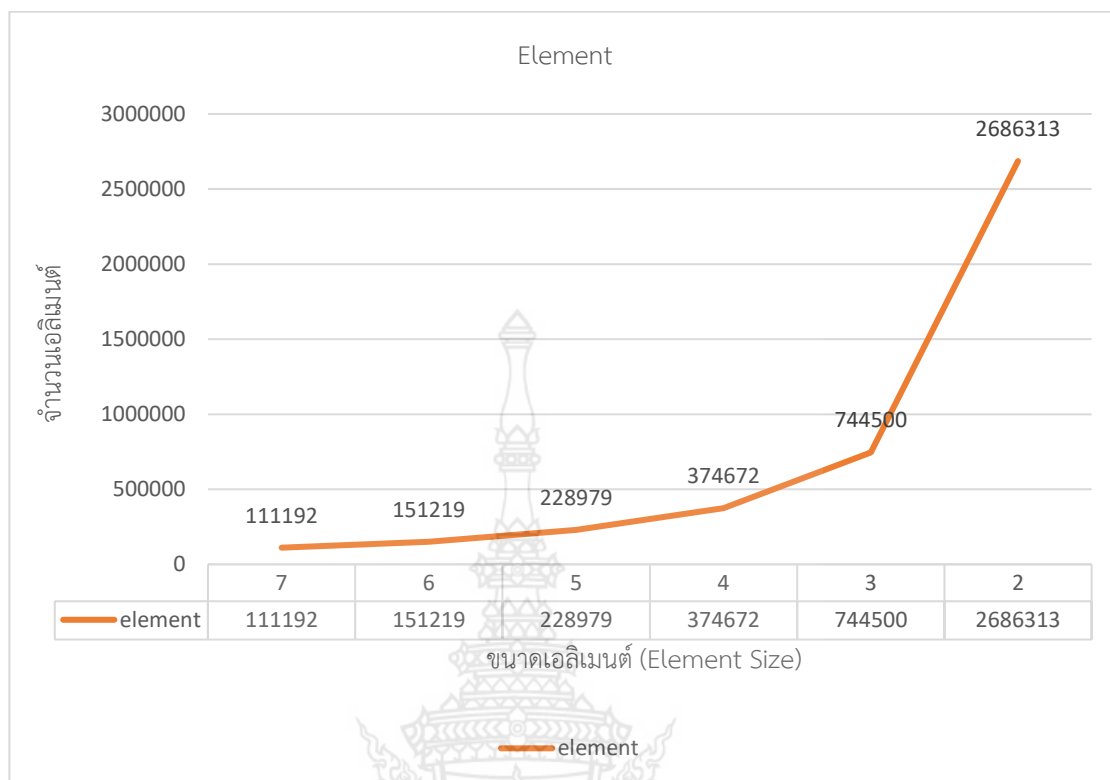
4.1 ความละเอียดของเมช

ในการสร้างเมชของชิ้นงานจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถสร้างเมชได้ทั้งเมชชนิดหยาบและชนิดละเอียด ซึ่งเมชในแต่ละประเภทมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป โดยข้อดีของเมชชนิดละเอียดคือสามารถวิเคราะห์ประมวลผลได้ละเอียดกว่ามีความแม่นยำสูง ข้อเสียคือใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่นาน ส่วนข้อดีของเมชชนิดหยาบคือใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ได้น้อยกว่า วิเคราะห์ได้ไวกว่าแบบละเอียด ข้อเสียคือความแม่นยำจะน้อยกว่าเมชชนิดละเอียด ในการทดสอบต้องเลือกเมชที่ไม่ละเอียดจนเกินไปและไม่หยาบจนเกินไป เพื่อให้ผลลัพธ์ในการวิเคราะห์มีความแม่นยำและโปรแกรมใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ได้น้อยลง ดังนั้นต้องเลือกเมชที่สามารถหยาบที่สุดเท่าที่สามารถหยาบได้สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1 ดังนี้

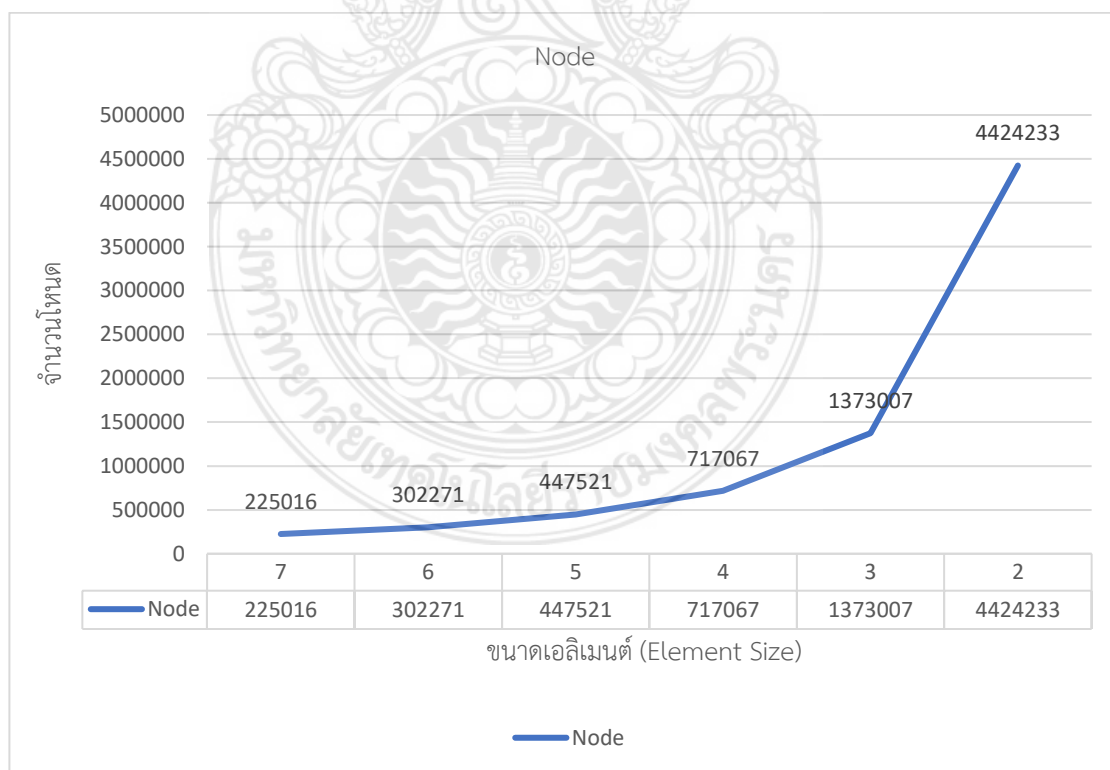
ตารางที่ 4.1 ตารางสรุปขนาดของเอลิเมนต์

จำนวน	ขนาดของเอลิเมนต์ (Element Size) มิลลิเมตร					
	7	6	5	4	3	2
Element	111192	151219	228979	374672	744500	2686313
Node	225016	302271	447521	717067	1373007	4424233

หลังจากได้ลองใส่ขนาดเอลิเมนต์และทำการคำนวณหาจำนวนของเอลิเมนต์และจำนวนโหนดพบว่า เอลิเมนต์ขนาด 5 มิลลิเมตรเป็นขนาดเอลิเมนต์ที่เหมาะสมในการทดสอบมากที่สุด เนื่องจากขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 4 มิลลิเมตรขึ้นไปพบว่าจำนวนเอลิเมนต์และจำนวนโหนดเพิ่มขึ้นจาก 5 มิลลิเมตรมีจำนวนที่ค่อนข้างมากและใช้เวลาในการทดสอบมากขึ้นด้วย ตามรูปที่ 4.3 จึงสรุปได้ว่าเอลิเมนต์ขนาด 5 มิลลิเมตรเป็นเอลิเมนต์ที่สามารถหยาบที่สุดและมีความเหมาะสมในการทดสอบมากที่สุด สามารถดูได้จากกราฟความชันที่รูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 กราฟความชันของจำนวนเอลิเมนต์



รูปที่ 4.2 กราฟความชันของจำนวนโน้ต

Details of "Mesh"	
+ Display	
+ Defaults	
+ Sizing	
+ Quality	
+ Inflation	
+ Advanced	
- Statistics	
☐ Nodes	302271
☐ Elements	151219

(ก)

Details of "Mesh"	
+ Display	
+ Defaults	
+ Sizing	
+ Quality	
+ Inflation	
+ Advanced	
- Statistics	
☐ Nodes	717067
☐ Elements	374672

(ข)

Details of "Mesh"	
+ Display	
+ Defaults	
+ Sizing	
+ Quality	
+ Inflation	
+ Advanced	
- Statistics	
☐ Nodes	1373007
☐ Elements	744500

(ค)

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างรายละเอียดของเมชในแต่ละขนาด 6 มิลลิเมตร (ก), 4 มิลลิเมตร (ข) และ 3 มิลลิเมตร (ค) ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.3 เป็นตัวอย่างการทดลองการหารายละเอียดของเมชในแต่ละขนาด ได้ทำการทดสอบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการทดลองด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยที่รูปที่ 4.3 (ก) เป็นขนาดเมชที่ 6 มิลลิเมตรจะได้เอลิเมนต์และโหนดเท่ากับ 151219 เอลิเมนต์ และ 302271 โหนด , รูปที่ 4.3 (ข) เป็นขนาดเมชที่ 4 มิลลิเมตรจะได้เอลิเมนต์และโหนดเท่ากับ 374672 เอลิเมนต์ และ 717067 โหนด , รูปที่ 4.3 (ค) เป็นขนาดเมชที่ 3 มิลลิเมตรจะได้เอลิเมนต์และโหนดเท่ากับ 744500 เอลิเมนต์ และ 1373007 โหนด

4.2 ผลการทดสอบความแข็งแรงกันชนรถยนต์

ในการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบความสามารถของโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังนั้นจึงได้นำชิ้นงานกันชนรถยนต์มาเพื่อทดลองการกดเพื่อจะหาระยะยุบและค่าความเค้นในการทดสอบจริง ชิ้นงานกันชนรถยนต์ในการทดสอบขนาดของกันชนรถยนต์มีความกว้าง 12.5 เซนติเมตร ความยาว 160 เซนติเมตร และความสูง 45.5 เซนติเมตร ตามรูปที่ 4.4 นำชิ้นงานทดสอบไปทดสอบแรงกดจริง โดยใช้เครื่องทดสอบแรงกดในภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จังหวัดกรุงเทพฯ ตามรูปที่ 4.5 และได้เริ่มดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยการทดสอบจริงเพื่อหาความเค้นและระยะยุบตัวของชิ้นงานกันชนรถยนต์เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.4 ชิ้นงานกันชนรถยนต์ในการทดสอบ

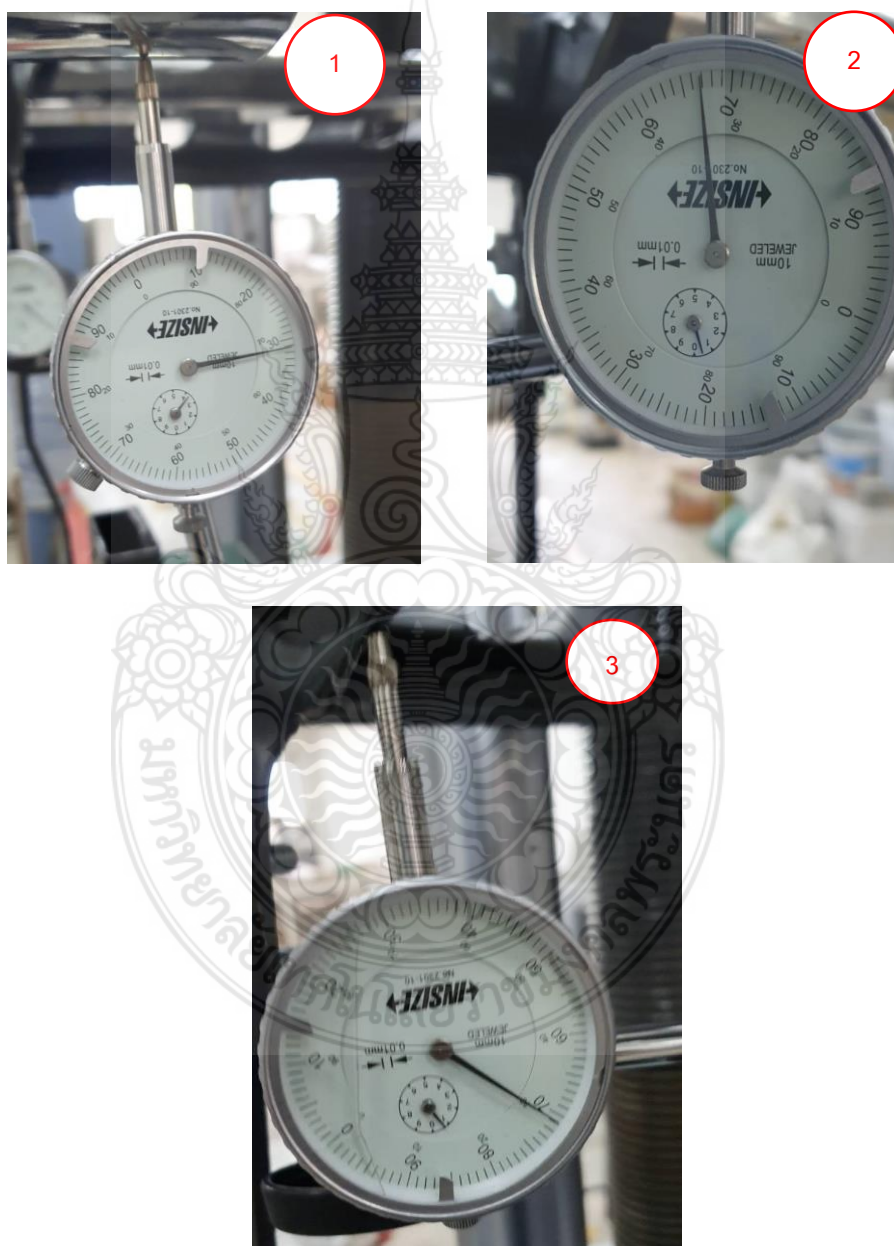


รูปที่ 4.5 ขั้นตอนทดสอบไปทดสอบแรงกด ใช้เครื่องทดสอบแรงกดในภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จังหวัดกรุงเทพฯ



รูปที่ 4.6 ดำเนินการทดสอบ

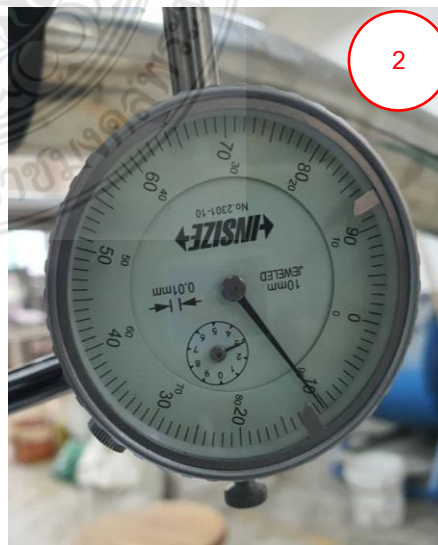
ผลของการทดสอบระยะยุบตัวที่ได้ มีค่าระยะยุบตัวที่เกิดจากแรงกดทั้งหมด 3 ตำแหน่งคือ 1. บริเวณด้านปลายด้านบนของชิ้นงานทดสอบกันชนรถยนต์ 2. บริเวณกึ่งกลางคานด้านบนของชิ้นงานทดสอบ และ 3. บริเวณจุดจับยึดกันชนรถยนต์กับขาจับยึดกันชนรถยนต์ ซึ่งโดยแต่ละตำแหน่งจะทดสอบ 3 ค่าของแรงกระทำได้แก่ 500 N, 800 N และ 1000 N ได้ผลลัพธ์ดังนี้ ตำแหน่งที่ 1 เท่ากับ 3.31, 0.65 และ 0.71 ตามรูปที่ 4.7 ตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 6.34, 2.19 และ 1.63 ตามรูปที่ 4.8 และตำแหน่งที่ 3 เท่ากับ 8.83, 3.10 และ 2.12 ตามรูปที่ 4.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แรงกระทำที่ 500 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 3.31, 0.65 และ 0.71 ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 แรงกระทำที่ 800 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 6.34, 2.19 และ 1.63 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 แรงกระทำที่ 1000 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 8.83, 3.10 และ 2.12 ตามลำดับ

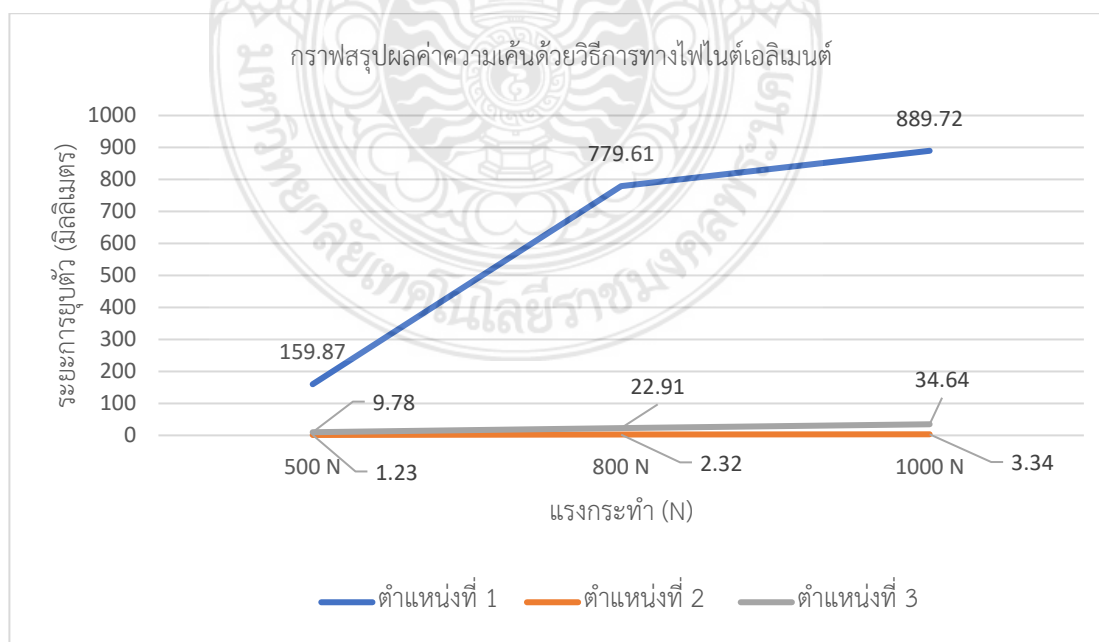


รูปที่ 4.9 แรงกระทำที่ 1000 N ค่าจาก Dial Gauge เท่ากับ 8.83, 3.10 และ 2.12 ตามลำดับ (ต่อ)

4.2.1 ผลของค่าความเค้นที่ตำแหน่งต่างๆ และระยะที่กันชนรถยนต์ยวบตัว

ตารางที่ 4.2 ผลของค่าความเค้นของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีการทดสอบจริง (MPa)

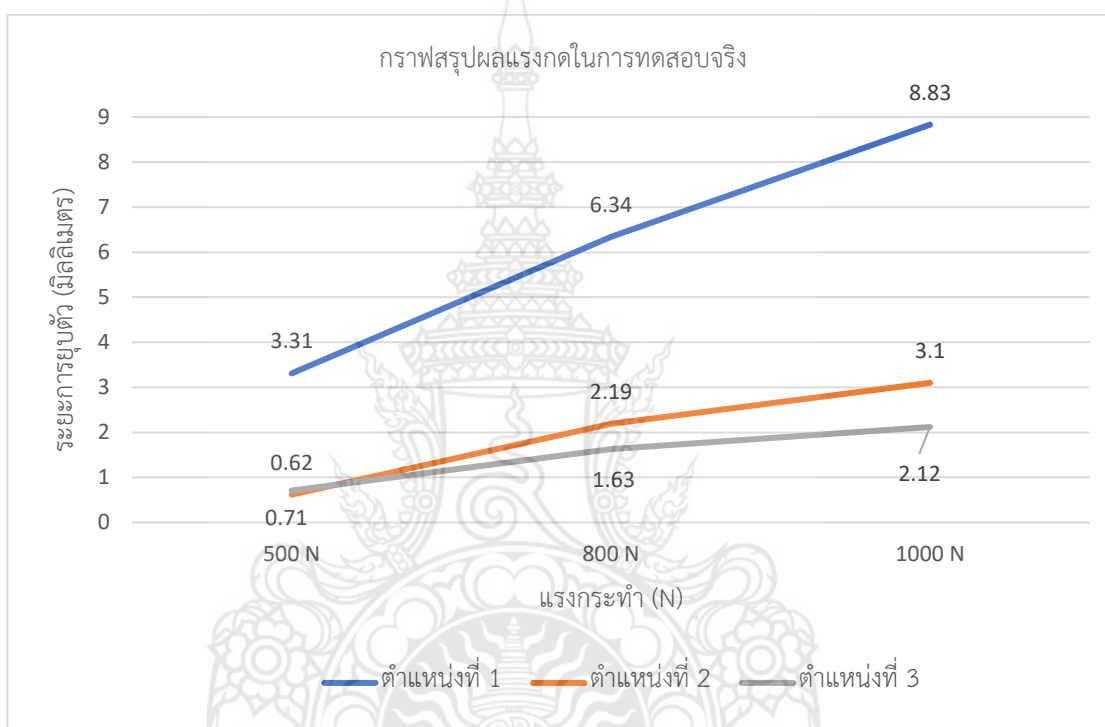
ตำแหน่ง	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
	ความเค้น (MPa)	ความเค้น (MPa)	ความเค้น (MPa)
500 N	159.87	1.23	9.78
800 N	779.61	2.32	22.91
1000 N	889.72	3.34	34.64



รูปที่ 4.10 กราฟสรุปผลการทดสอบความเค้นในการทดสอบจริง

ตารางที่ 4.3 ผลของระยะยุบตัวของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีการทดสอบจริง (มิลลิเมตร)

ตำแหน่ง	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
แรง			
500 N	3.31	0.65	0.71
800 N	6.34	2.19	1.63
1000 N	8.83	3.10	2.12

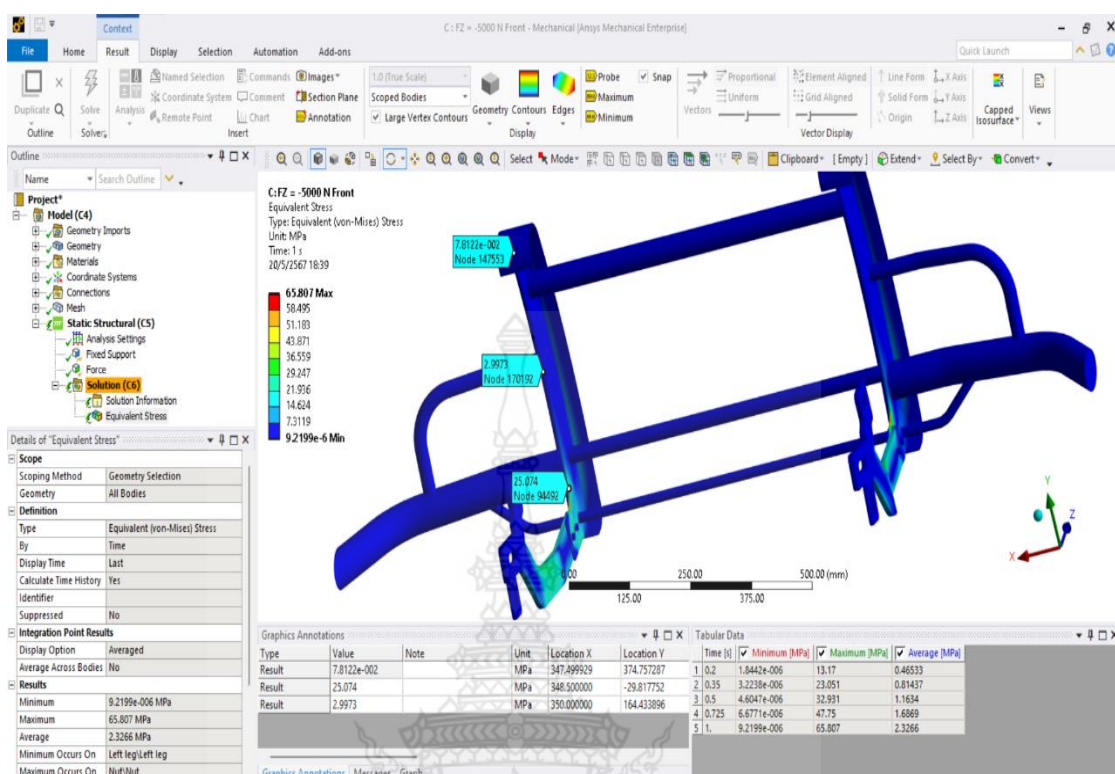


รูปที่ 4.11 กราฟสรุปผลแรงกดในการทดสอบจริง

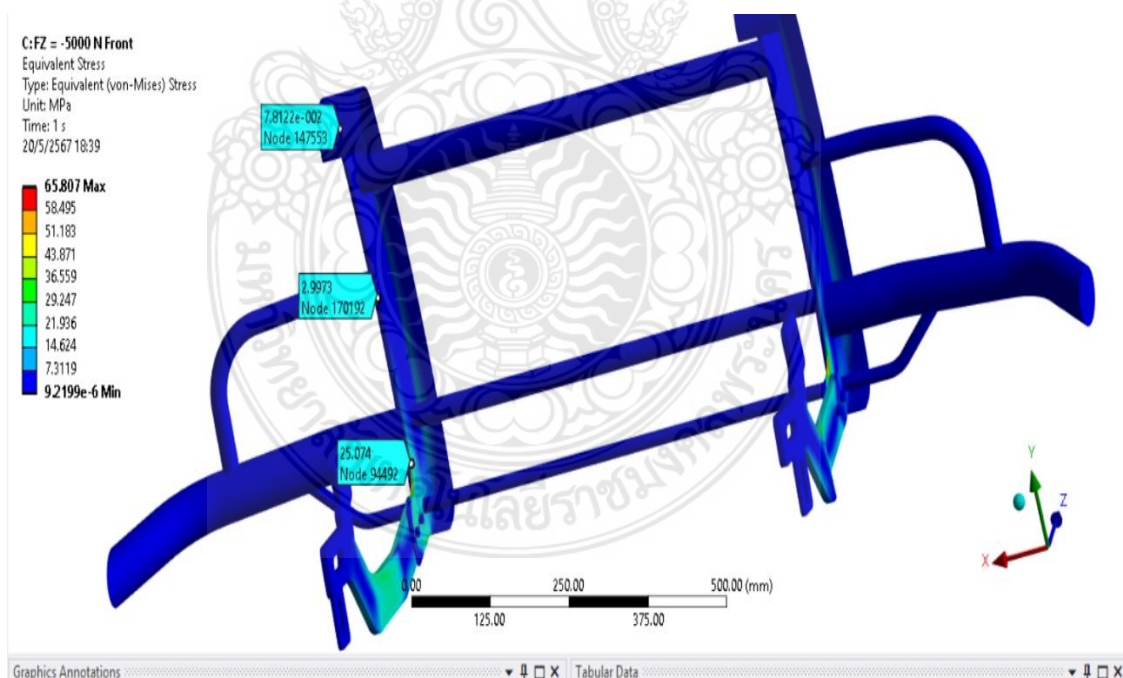
4.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 4.4 ผลของความเค้นของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (MPa)

ตำแหน่ง	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
แรง	ความเค้น (MPa)	ความเค้น (MPa)	ความเค้น (MPa)
500 N	169.15	1.8466	10.572
800 N	781.22	2.9973	25.074
1000 N	893.57	3.6987	35.194

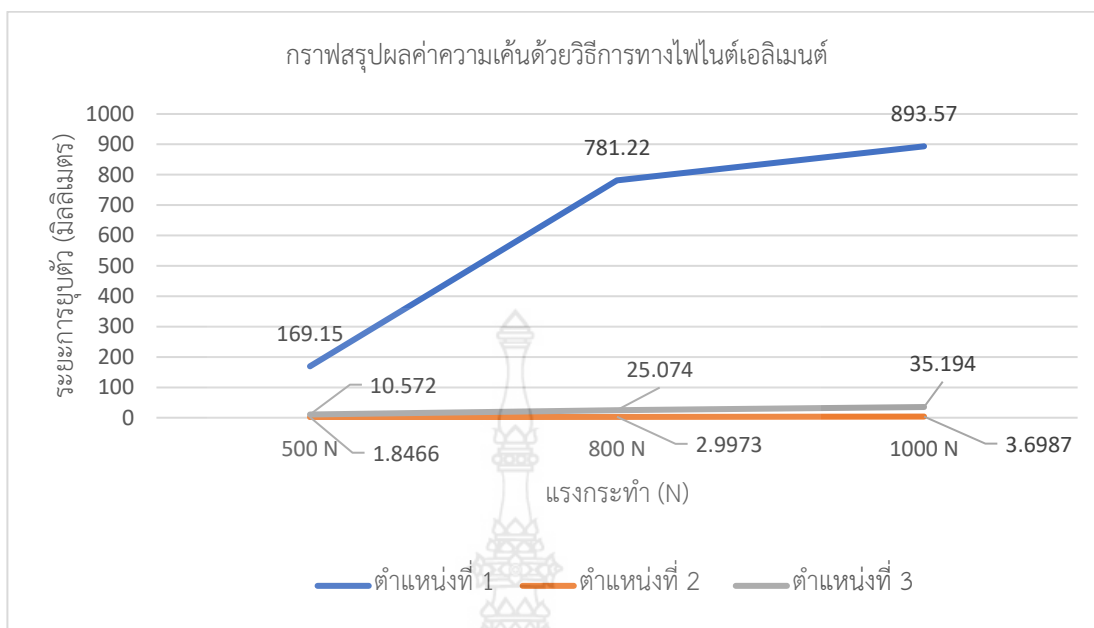


(ก)



(ข)

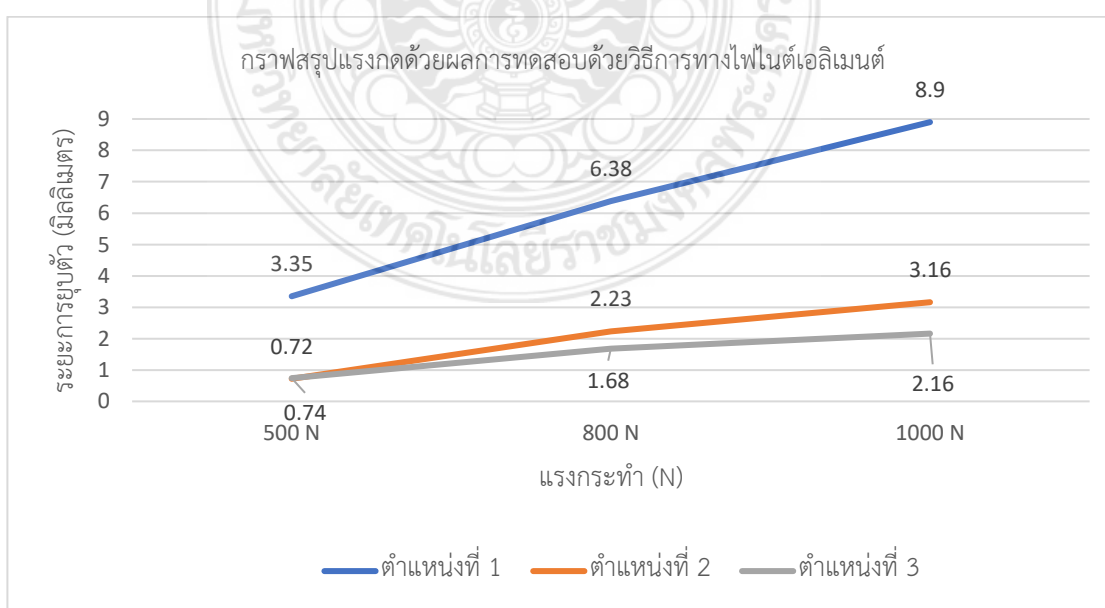
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างของการวิเคราะห์ความเค้นของกันชนรถยนต์ที่แรงกด 800 N ในการทดสอบ
เปรียบเทียบกับ การทดสอบจริง



รูปที่ 4.13 กราฟสรุปผลค่าความเค้นด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะยุบตัวของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (มิลลิเมตร)

ตำแหน่ง	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3
แรง (N)			
500 N	3.359	0.726	0.748
800 N	6.389	2.235	1.683
1000 N	8.901	3.162	2.164



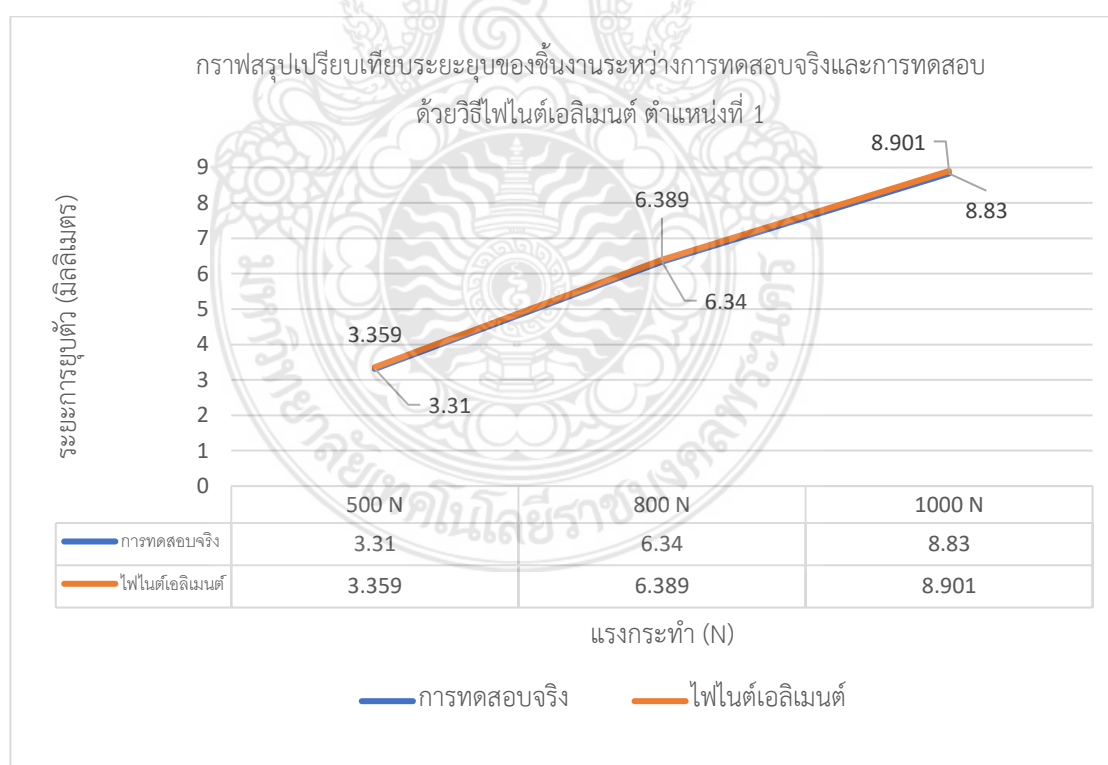
รูปที่ 4.14 กราฟสรุปผลการทดสอบแรงกดด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์

4.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลทดลองจริงเพื่อตรวจสอบความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของโปรแกรม Ansys/Explicit Dynamic

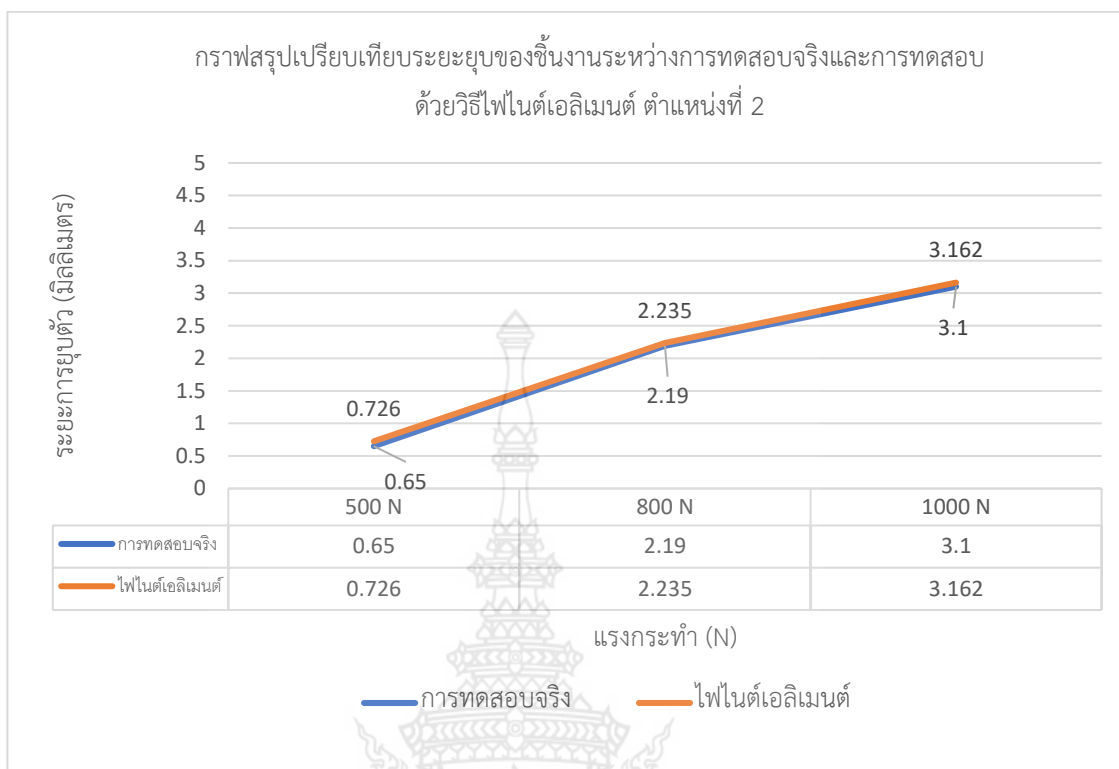
นำค่าความเครียดและค่าการยุบตัวที่ได้จากหัวข้อ 4.1 และ 4.2 ในรูปแบบ Implicit มาเปรียบเทียบและหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง แสดงในรูปแบบของตารางและแผนภาพ

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบระหว่างผลการทดสอบจริงและผลวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

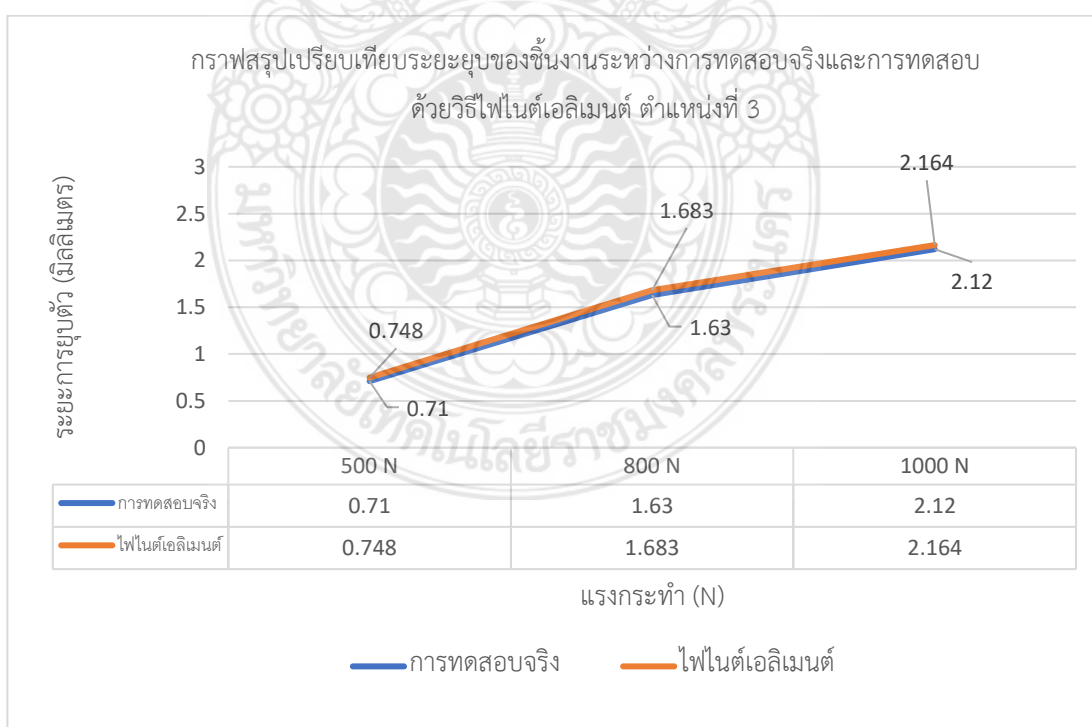
แรง (N)	การ ทดสอบ	ความเค้น (MPa)			การเสียรูป (มิลลิเมตร)		
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3
500 N	ทดสอบจริง	159.87	1.23	9.78	3.31	0.65	0.71
	วิธีทางไฟไนต์	169.15	1.8466	10.572	3.359	0.726	0.748
800 N	ทดสอบจริง	779.61	2.32	22.91	6.34	2.19	1.63
	วิธีทางไฟไนต์	781.22	2.9973	25.074	6.389	2.235	1.683
1000 N	ทดสอบจริง	889.72	3.34	34.64	8.83	3.10	2.12
	วิธีทางไฟไนต์	893.57	3.6987	35.194	8.901	3.162	2.164



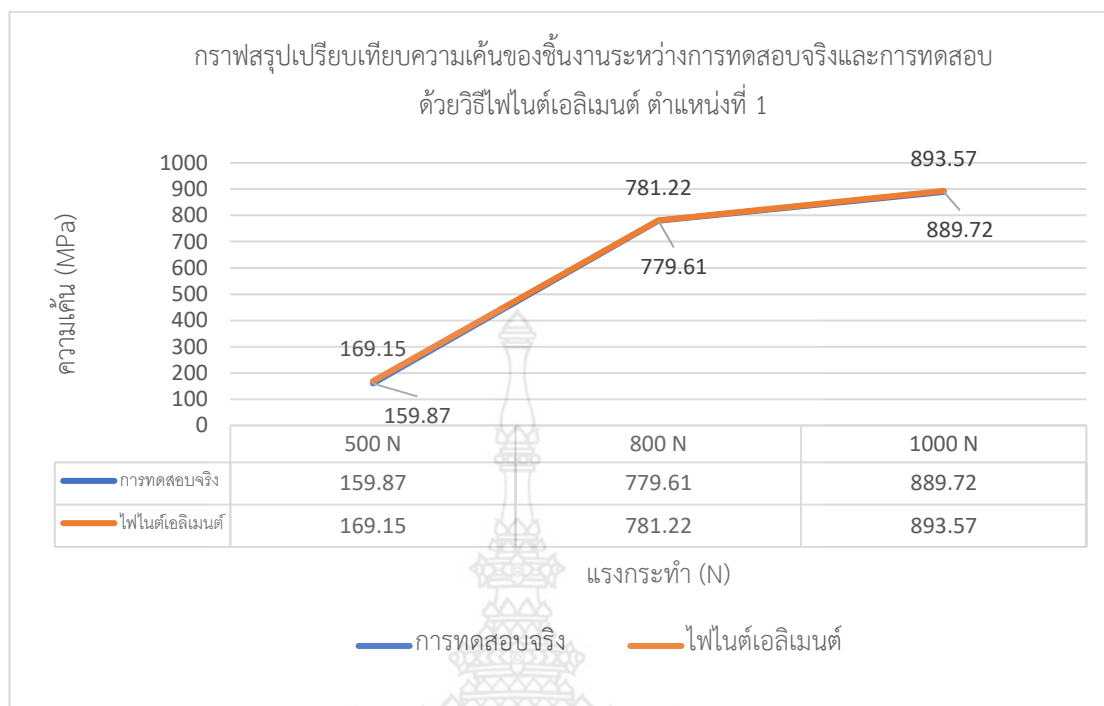
รูปที่ 4.15 กราฟสรุปการเปรียบเทียบระยะยุบของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 1



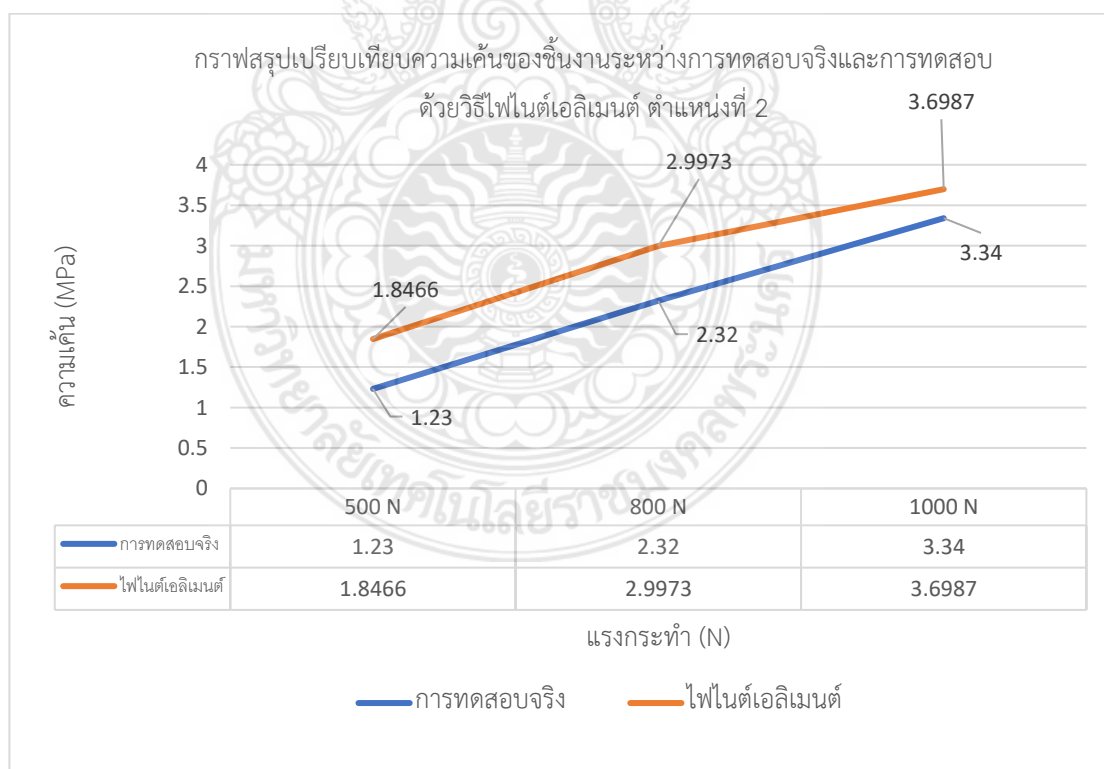
รูปที่ 4.16 กราฟสรุปการเปรียบเทียบระยะยุบของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 2



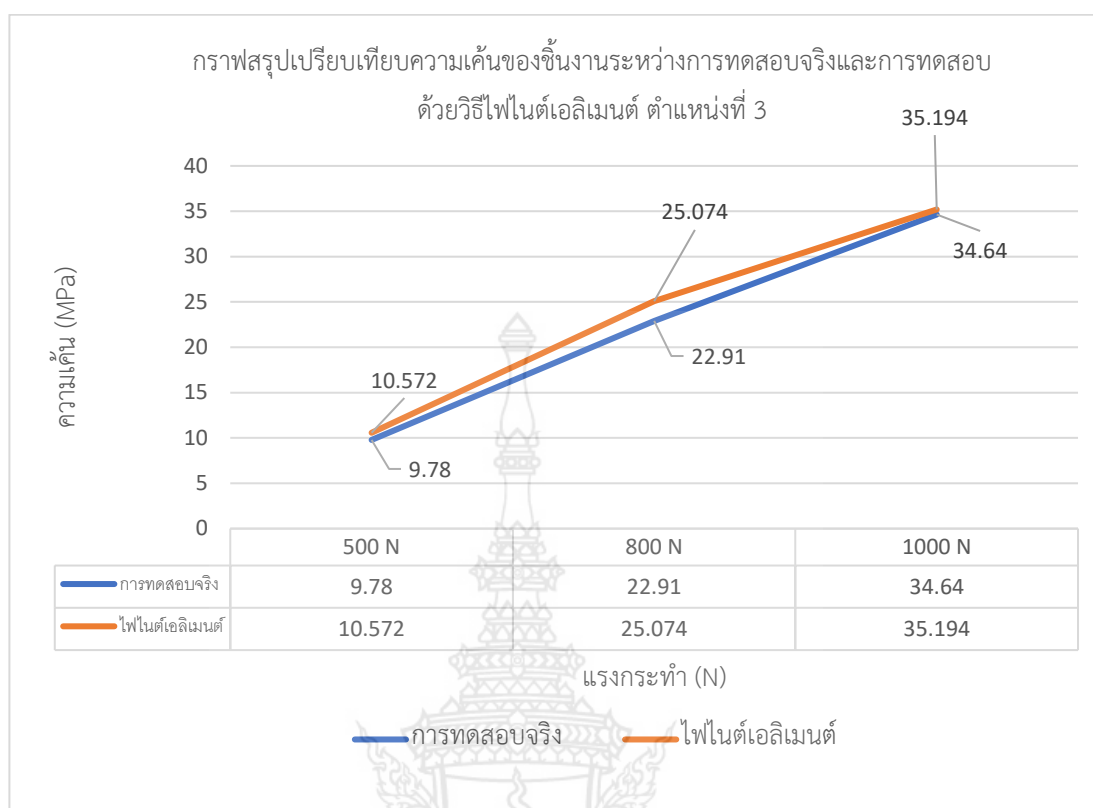
รูปที่ 4.17 กราฟสรุปการเปรียบเทียบระยะยุบของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 3



รูปที่ 4.18 กราฟสรุปการเปรียบเทียบความเค้นของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 4.19 กราฟสรุปการเปรียบเทียบความเค้นของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 2



รูปที่ 4.20 กราฟการสรุปเปรียบเทียบความเค้นของชิ้นงานระหว่างการทดสอบจริงและการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตำแหน่งที่ 3

จากผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์และผลการทดสอบจริงพบว่ามีความเสียหายที่เกิดขึ้นกับกันชนรถยนต์นั้นมีความสอดคล้องกัน ซึ่งโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองความเสียหายของกันชนรถยนต์นั้นสามารถเชื่อถือได้ ดังนั้นจึงได้มีการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ในการจำลองความเสียหายของกันชนรถยนต์ในกรณีต่าง ๆ ได้ต่อไป

4.5 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4.5.1 ผลการวิเคราะห์แบบ Implicit ชนิด Static structural

ได้อธิบายความเค้นและความเครียด และการเปลี่ยนรูป โดยจากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ พบว่ากันชนรถยนต์มีการเสียรูปต่างกันออกไปในแต่ละกรณี ในการทดสอบจำเป็นต้องทดสอบด้วยการนำแรงกระทำไปกระทำกับกันชนรถยนต์ในบริเวณที่จุดต่างๆ ที่กำหนด โดยการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์การสร้างโมเดลด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Ansys 2022 โดยกำหนดวัสดุสำหรับการทดสอบสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) เนื่องจากในทางกายภาพสตรักเชอรัลสตีลมีความสามารถในการทนการกดกร่อนได้สูงทำให้เกิดสนิมได้ยาก ดูแลรักษาง่าย อีกทั้งยังมีน้ำหนักที่เบากว่าโลหะและในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำไฟไนต์เอลิเมนต์

โมเดลมาทำการควบคุมขนาดเอลิเมนต์ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และวิเคราะห์กันชนรถยนต์ ภายใต้เงื่อนไขแรงกระทำบริเวณกันชนรถยนต์และพื้นที่การถูกกระทำที่แตกต่างกันได้ ผลลัพธ์ที่ตามมาคือความละเอียดของผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์แต่ละครั้งจะต้องใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่ยาวนานขึ้น ในแต่ละกรณีของการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 5 กรณีได้แก่ 1) แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000 N กระทำบริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ 2) แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000 N กระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ด้านขวา 3) แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N กระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ 4) แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000 N กระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ และ 5) แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300 N และ แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 6500 N กระทำบริเวณด้านหน้าและด้านซ้ายของกันชนรถยนต์ รูปแบบการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นกรณีศึกษาดังนี้

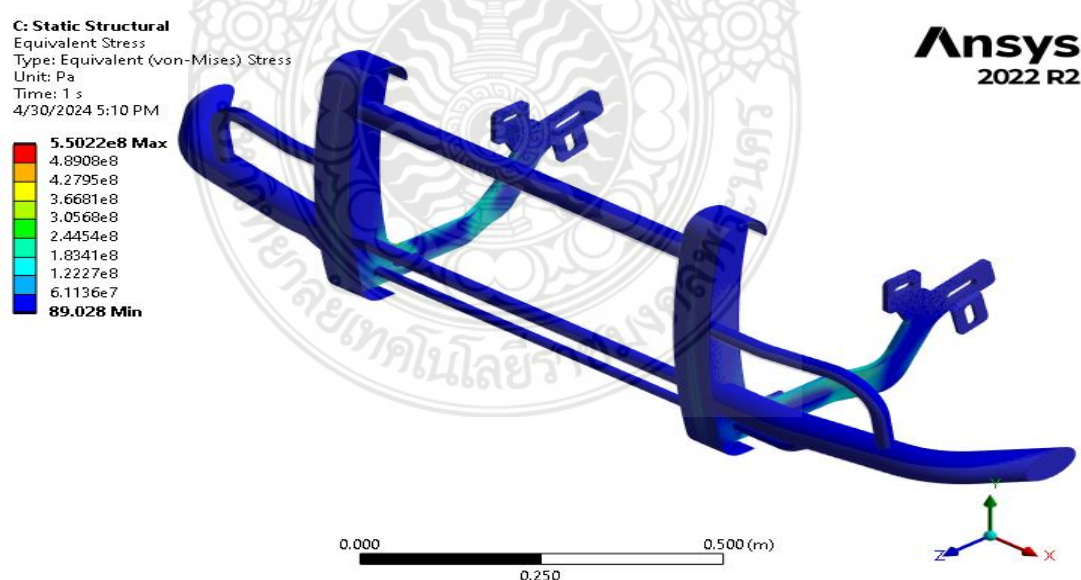
1) จากรูปที่ 4.21 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำ กระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ พบว่าความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณจุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังรถ ขาจับยึดบิดงอเล็กน้อยและบริเวณด้านบนของกันชนมีการเสียรูปตามรูปที่ 4.22 ค่าความเค้นที่บริเวณขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 550.22 MPa ค่าความเค้นที่บริเวณขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 504.15 MPa

2) จากรูปที่ 4.23 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000 N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำ กระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ด้านขวา พบว่าค่าความเค้นที่บริเวณขาจับยึดกันชนรถยนต์มีค่าเท่ากับ 52.943 MPa บริเวณจุดจับยึดด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 91.52 MPa บริเวณกันชนด้านล่างขวาพบว่ามีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 45.062 MPa และบริเวณกันชนรถยนต์ด้านล่างซ้ายมีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 34.388 MPa ความเสียหายเกิดขึ้นที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์ ในบริเวณส่วนโค้งของจุดจับยึดและบริเวณโดยรอบมีความเสียหายไม่มาก ด้านบนของกันชนด้านขวามีการบิดงอ และบริเวณกันชนรถยนต์ด้านล่างซ้ายพบว่าเสียหายเพียงเล็กน้อยตามรูปที่ 4.24

3) จากรูปที่ 4.25 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำ กระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านขวาล่างกับขาจับยึดด้านขวา มีค่าความเค้นเท่ากับ 161.87 MPa และ ค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านซ้ายล่างกับขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าความเค้นเท่ากับ 55.48 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์มีการเสียรูปไปด้านซ้ายตามรูปที่ 4.26

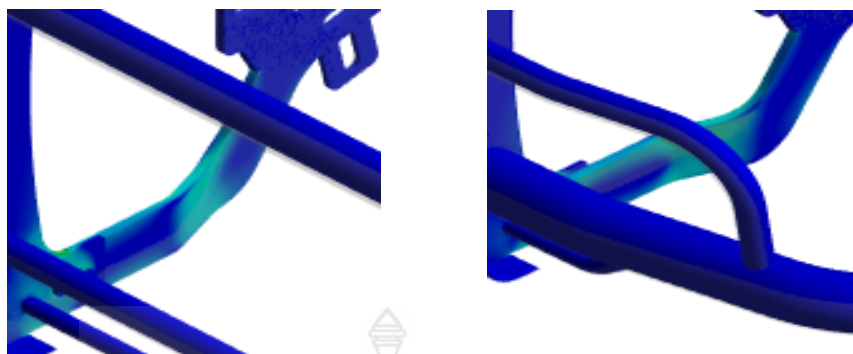
4) จากรูปที่ 4.27 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000 N โดยกำหนดให้แรงกระทำ กระทำบริเวณด้านซ้ายของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านซ้ายล่างกับขาจับยึดด้านซ้าย มีค่าความเค้นเท่ากับ 103.25 MPa และ ค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านขวาล่างกับขาจับยึดด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 52.803 MPa บริเวณขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 22.023 MPa และ จุดจับยึดกันชนรถยนต์ด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 23.37 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์โดยมีการเสียรูปงอไปด้านขวา กันชนด้านซ้ายและด้านบนพบว่าการเสียรูปตามรูปที่ 4.28

5) จากรูปที่ 4.29 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300 N และ แรงกระทำด้านหน้า 6500 N โดยกำหนดให้แรงกระทำ กระทำบริเวณด้านหน้าและด้านซ้ายของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นที่พบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านซ้ายล่างกับขาจับยึดด้านซ้าย มีค่าความเค้นเท่ากับ 170.62 MPa ค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านขวาล่างกับขาจับยึดด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 97.161 MPa บริเวณขาจับยึดกันชนด้านซ้ายมีค่าความเค้นเท่ากับ 47.451 MPa และ ขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 24.273 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นที่ขาจับยึดกันชนด้านซ้ายและด้านบนมีการเสียรูปและพบว่ากันชนมีการบิดงอไปทางขวาตามรูปที่ 4.30



(ก)

รูปที่ 4.21 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000 N



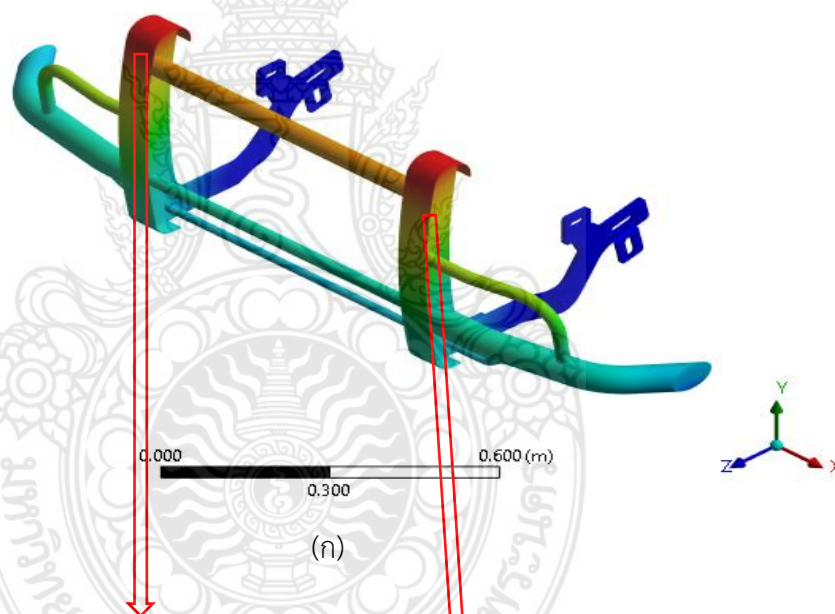
(ข)

รูปที่ 4.21 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000 N (ต่อ)

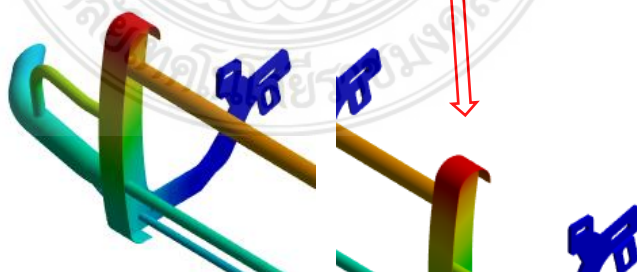
C: FZ = -5000 N Front
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1 s
5/1/2024 6:05 PM

Ansys
2022 R2

0.0062185 Max
0.0055275
0.0048366
0.0041456
0.0034547
0.0027638
0.0020728
0.0013819
0.00069094
0 Min



(ก)



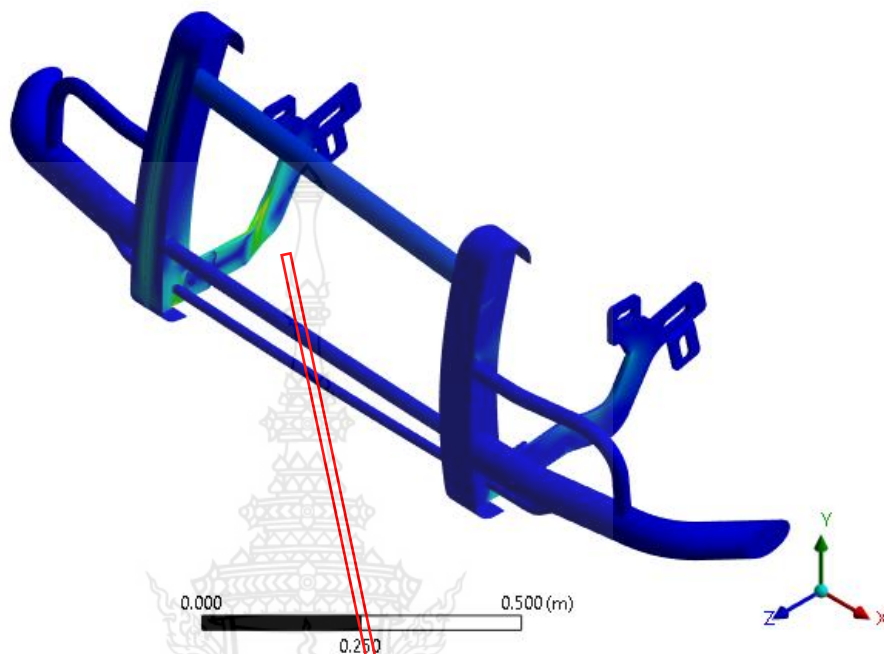
(ข)

รูปที่ 4.22 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 5000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า

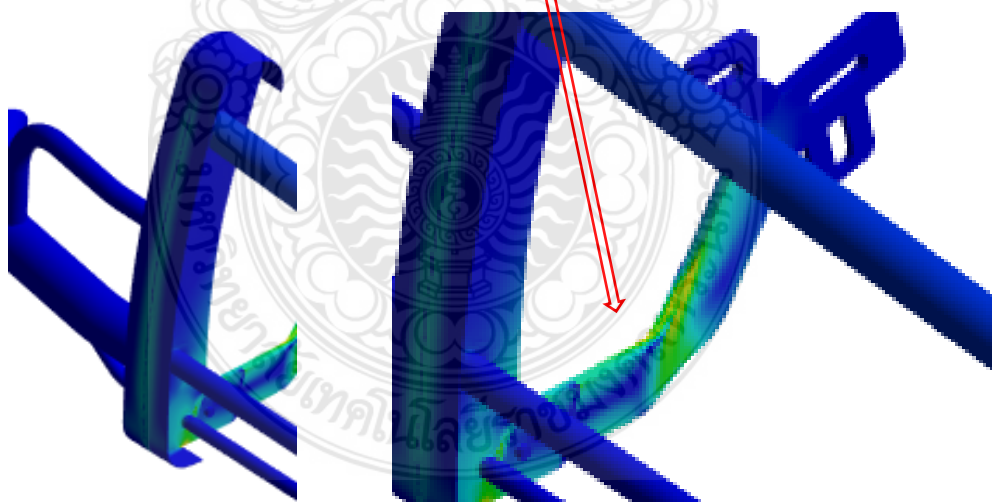
D: FZ = -1000 N 1 side Front Right
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: Pa
 Time: 1 s
 4/30/2024 6:54 PM

Ansys
 2022 R2

9.2071e7 Max
 8.1841e7
 7.1611e7
 6.1381e7
 5.115e7
 4.092e7
 3.069e7
 2.046e7
 1.023e7
 51.132 Min



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.23 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้าง
 ขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000 N

D: FZ = -1000 N 1 side Front Right

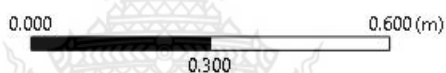
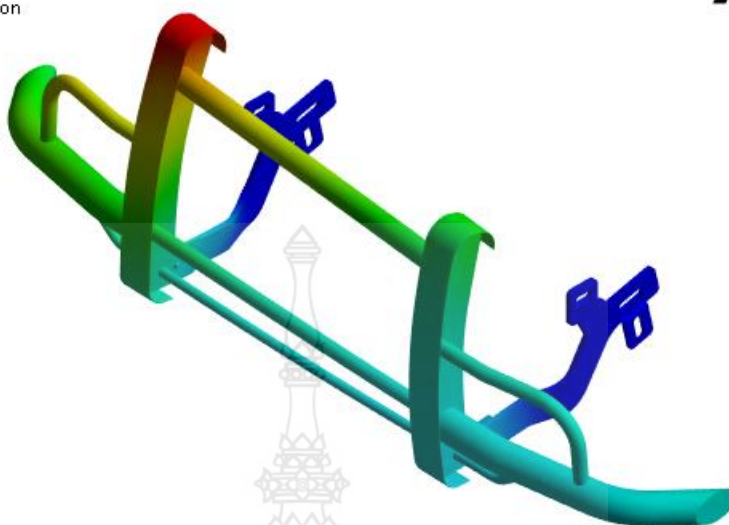
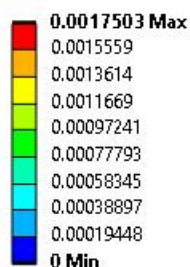
Total Deformation

Type: Total Deformation

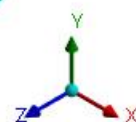
Unit: m

Time: 1 s

5/1/2024 6:07 PM



Ansys
2022 R2



รูปที่ 4.24 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 1000 N
กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้าข้างขวา

F: FX = 3000 N 1 Side Right

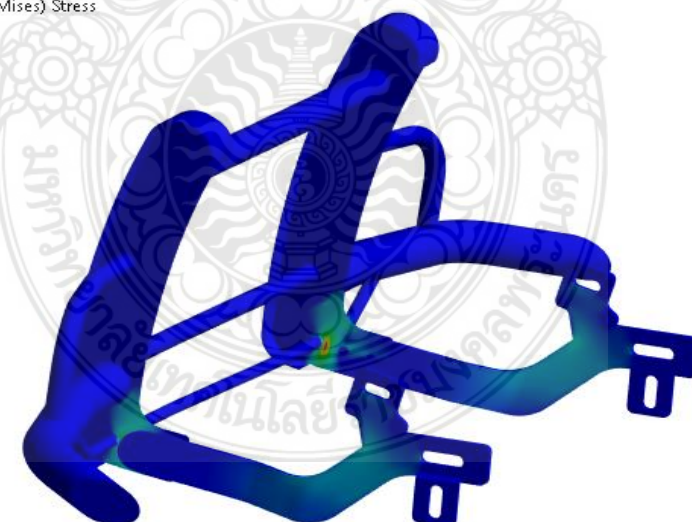
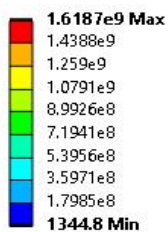
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

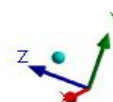
Unit: Pa

Time: 1 s

4/30/2024 7:03 PM

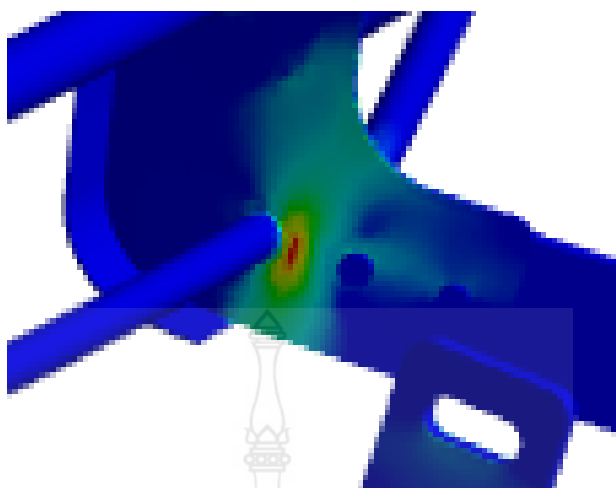


Ansys
2022 R2



(ก)

รูปที่ 4.25 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวา
ของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N



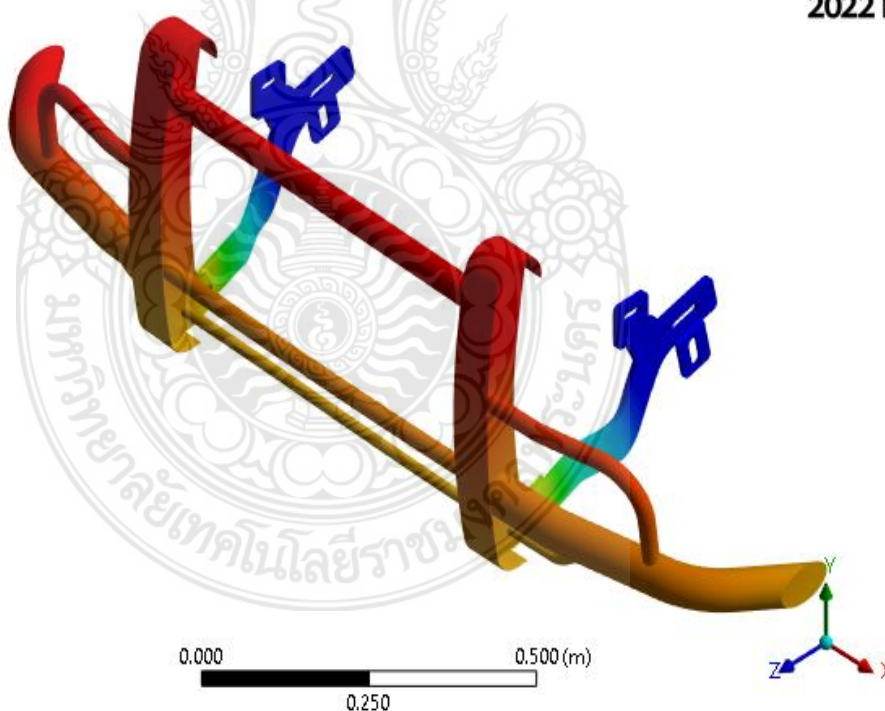
(ข)

รูปที่ 4.25 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวา
ของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N (ต่อ)

F: FX = 3000 N 1 Side Right
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1 s
5/1/2024 6:11 PM

Ansys
2022 R2

0.02006 Max
0.017831
0.015603
0.013374
0.011145
0.0089157
0.0066868
0.0044579
0.0022289
0 Min

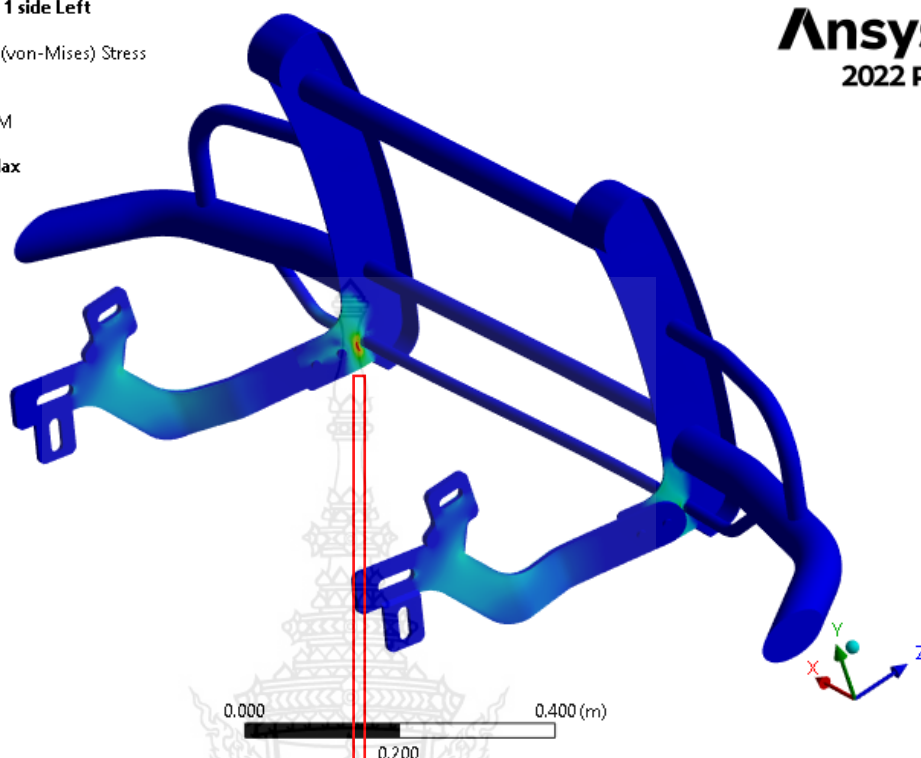


รูปที่ 4.26 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 3000 N
กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้างขวา

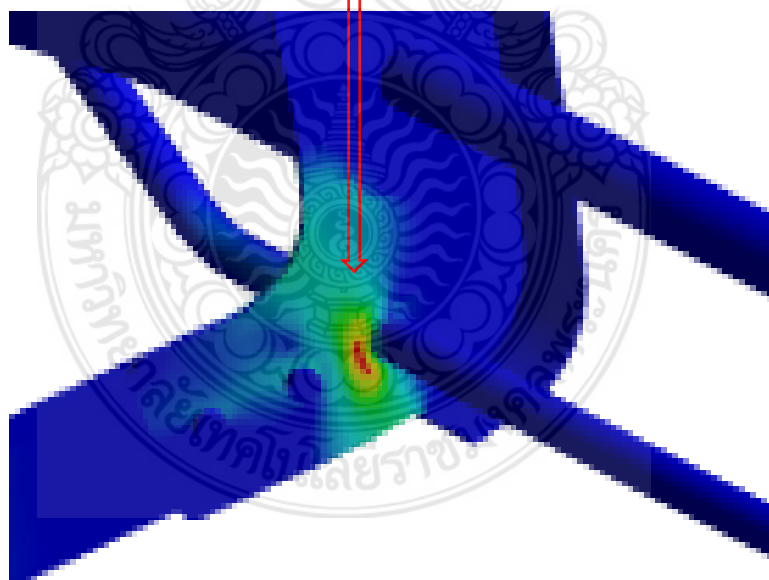
E: FX = -2000 N 1 side Left
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: Pa
 Time: 1 s
 4/30/2024 7:00 PM

Ansys
 2022 R2

1.0325e9 Max
 9.178e8
 8.0308e8
 6.8835e8
 5.7363e8
 4.589e8
 3.4418e8
 2.2945e8
 1.1473e8
 938.65 Min



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.27 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของ คัน
 ชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000 N

E: FX = -2000 N 1 side Left

Total Deformation

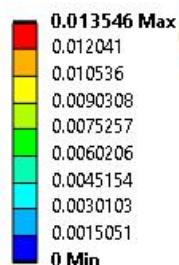
Type: Total Deformation

Unit: m

Time: 1 s

5/1/2024 6:09 PM

Ansys
2022 R2



รูปที่ 4.28 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 2000 N
กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้างซ้าย

G: FZ = -6500N ,FX = -3300N

Equivalent Stress

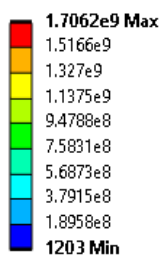
Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: Pa

Time: 1 s

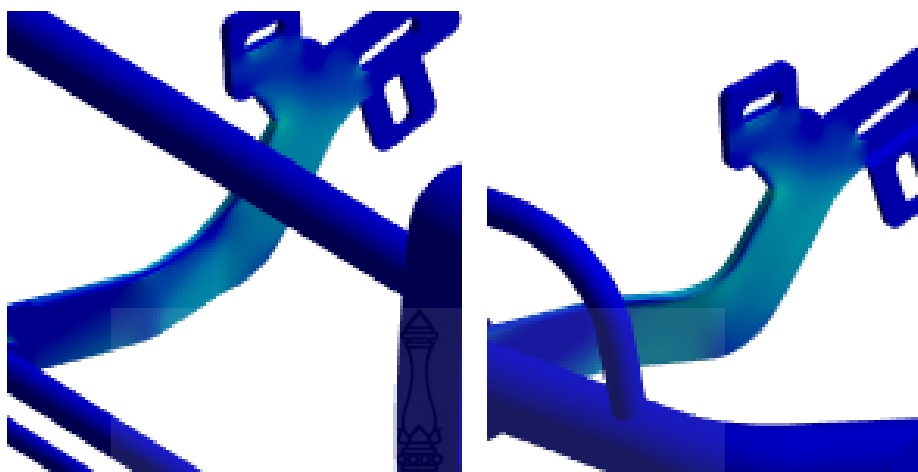
4/30/2024 7:06 PM

Ansys
2022 R2



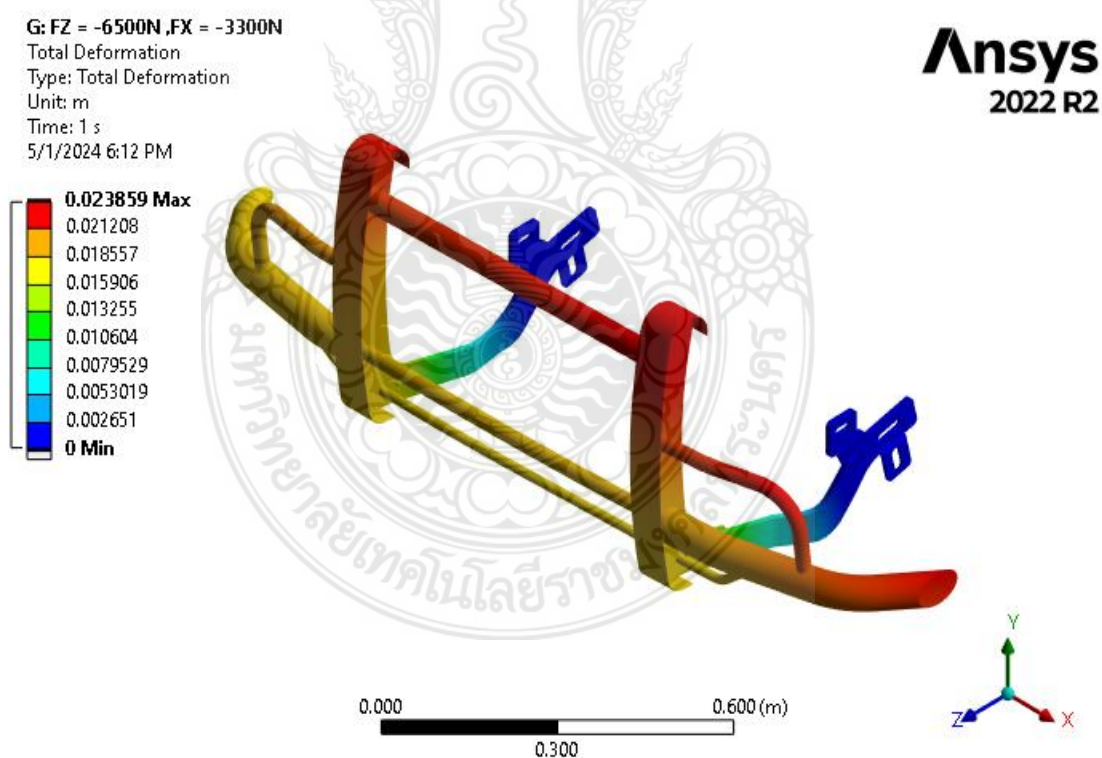
(ก)

รูปที่ 4.29 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชน
รถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300N และ แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 6500N



(ข)

รูปที่ 4.29 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวา ของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300N และ แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 6500N (ต่อ)



รูปที่ 4.30 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำ 3300 N กระทำกับ กันชนรถยนต์บริเวณด้านข้างขวา และ แรงกระทำ 6500 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า

4.5.2 ผลการวิเคราะห์แบบ Explicit ชนิด Non-linear

ได้อธิบายความเค้นและความเครียด และการเปลี่ยนรูป โดยการวิเคราะห์การชนด้านหน้าของกันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบาโดยการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์การสร้างโมเดลด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Ansys 2022 ในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลมาทำการปรับปรุงด้วยการควบคุมขนาดเอลิเมนต์ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และวิเคราะห์กันชนรถยนต์จากวัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) เนื่องจากวัสดุสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักไม่มากจนเกินไปรวมถึงมีอัตราส่วนความแข็งแรงของน้ำหนักที่ดี มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงที่สูงและยังสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้สูงอีกด้วย และความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 13.33 เมตรต่อวินาที และในแต่ละกรณีของการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 3 กรณีคือ 1) แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า 2) แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง 3) แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขาด้านหน้าด้านหน้า

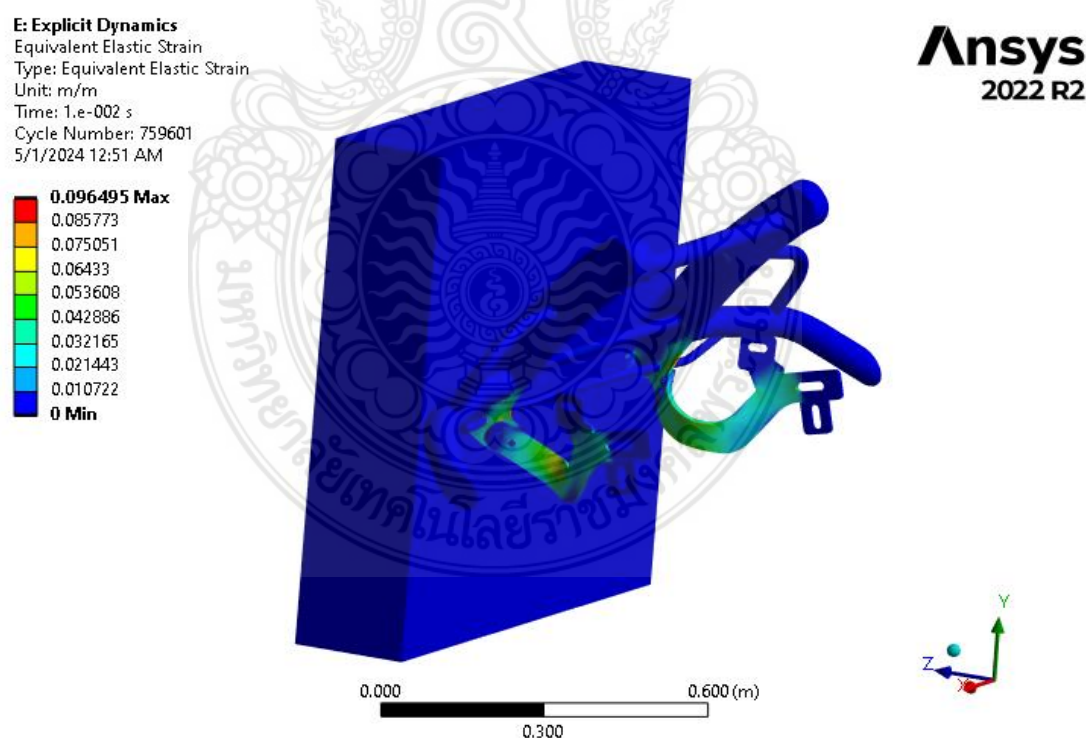
รูปแบบการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นกรณีศึกษาดังนี้

1) จากรูปที่ 4.32 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเค้นบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดซ้ายเท่ากับ 2481.7 MPa ความเค้นบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดขวาเท่ากับ 4676.8 MPa และ ความเค้นที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์ขวาเท่ากับ 13410 MPa ด้านซ้ายเท่ากับ 12961 MPa ความเค้นที่มากที่สุดบริเวณด้านในกันชนขวา 14052 MPa ในการแสดงผลการจำลองการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบ บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณด้านหน้าส่วนบนของกันชนรถยนต์ มีการหักงอเสียรูป ความเสียหายเกิดขึ้นที่จุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังมีการบิดงอเล็กน้อย ลักษณะของการเสียรูปของขาจับยึดคืองอพับเข้าตามรูปที่ 4.33

2) จากรูปที่ 4.35 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเค้นบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดซ้ายเท่ากับ 32.706 MPa ความเค้นบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดขวาเท่ากับ 3643.3 MPa และ ความเค้นที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์ขวาเท่ากับ 1043.8 MPa ด้านซ้ายเท่ากับ 388.03 MPa ความเค้นที่มากที่สุดบริเวณคานล่างกันชนรถยนต์ 3870.3 MPa ในการแสดงผลการจำลองการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบ บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณกันชนรถยนต์

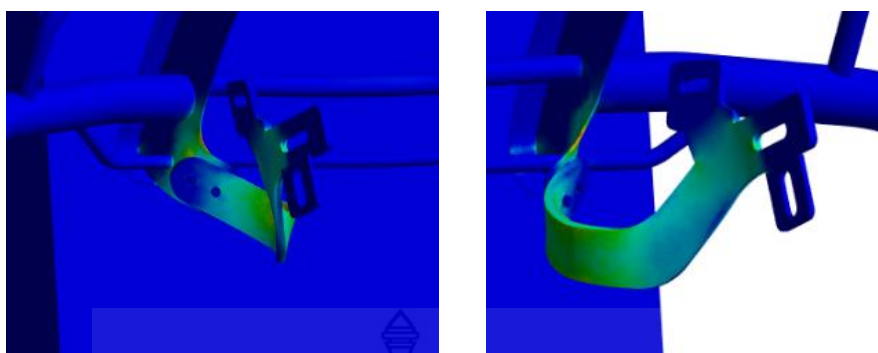
ด้านขวาและขาจับยึดกันชนด้านขวาพบว่าโดยมีการหักงอเสียรูป ที่จุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังและขาจับยึดทำให้มีการบิดงอเสียรูป ลักษณะของการเสียรูปของขาจับยึดได้จากแรงกระทำที่เข้ามากระทำบริเวณด้านข้างขวา บริเวณด้านซ้ายกับจุดจับยึดกันชนรถยนต์ไม่พบความเสียหายใดๆ สังเกตได้ว่าการทดสอบครั้งนี้ กันชนรถยนต์ในส่วนที่ไม่ได้รับแรงกระทำ จะไม่ได้รับความเสียหายตามรูปที่ 4.36

3) จากรูปที่ 4.38 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งทางด้านหน้า กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเค้นบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดซ้ายเท่ากับ 1514.6 MPa ความเค้นบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดขวาเท่ากับ 3313.5 MPa และ ความเค้นที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์ขวาเท่ากับ 10662 MPa ด้านซ้ายเท่ากับ 2025.5 MPa ในส่วนของการแสดงผลการจำลองการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบ บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณกันชนรถยนต์ด้านขวาและขาจับยึดกันชนด้านขวา พบว่ามีการหักงอเสียรูปบริเวณด้านข้างขวา แผงกันชนด้านหน้าซ้ายมีความเสียหายเล็กน้อย ขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านซ้ายไม่พบความเสียหายจากรูปที่ 4.39



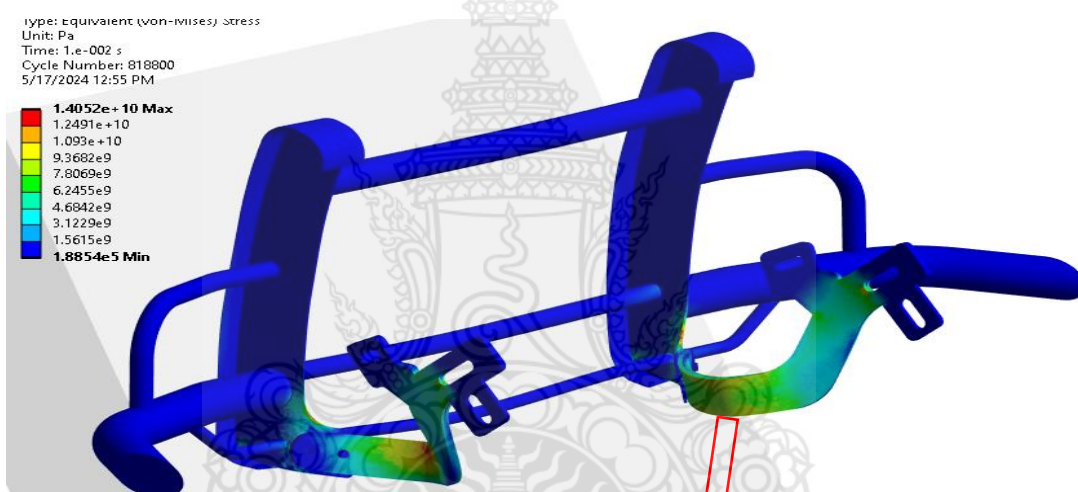
(ก)

รูปที่ 4.31 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า

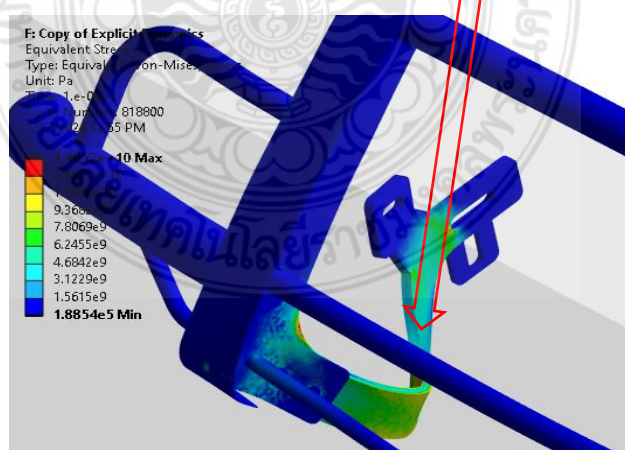


(ข)

รูปที่ 4.31 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับคันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า (ต่อ)

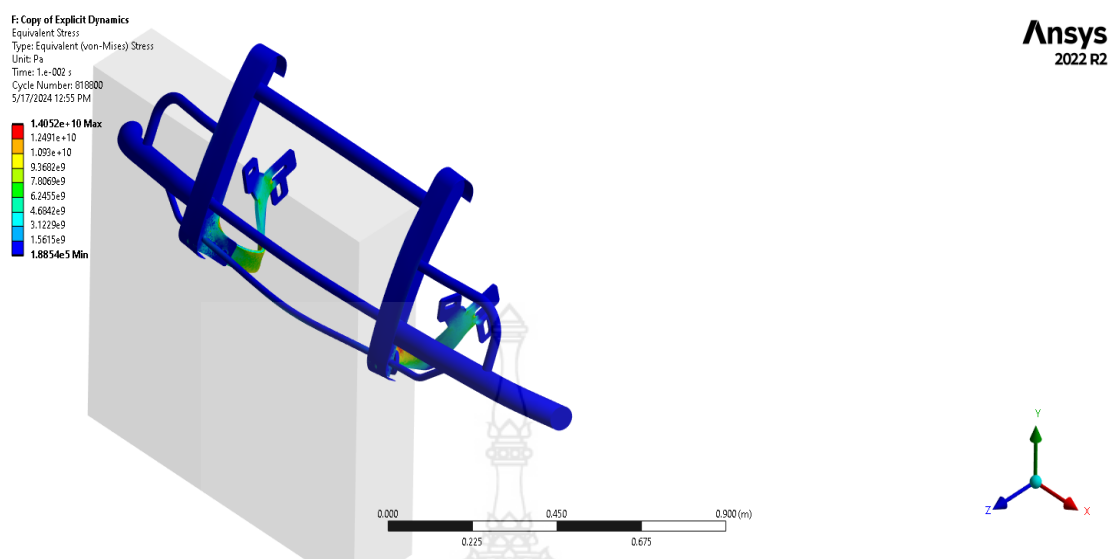


(ก)



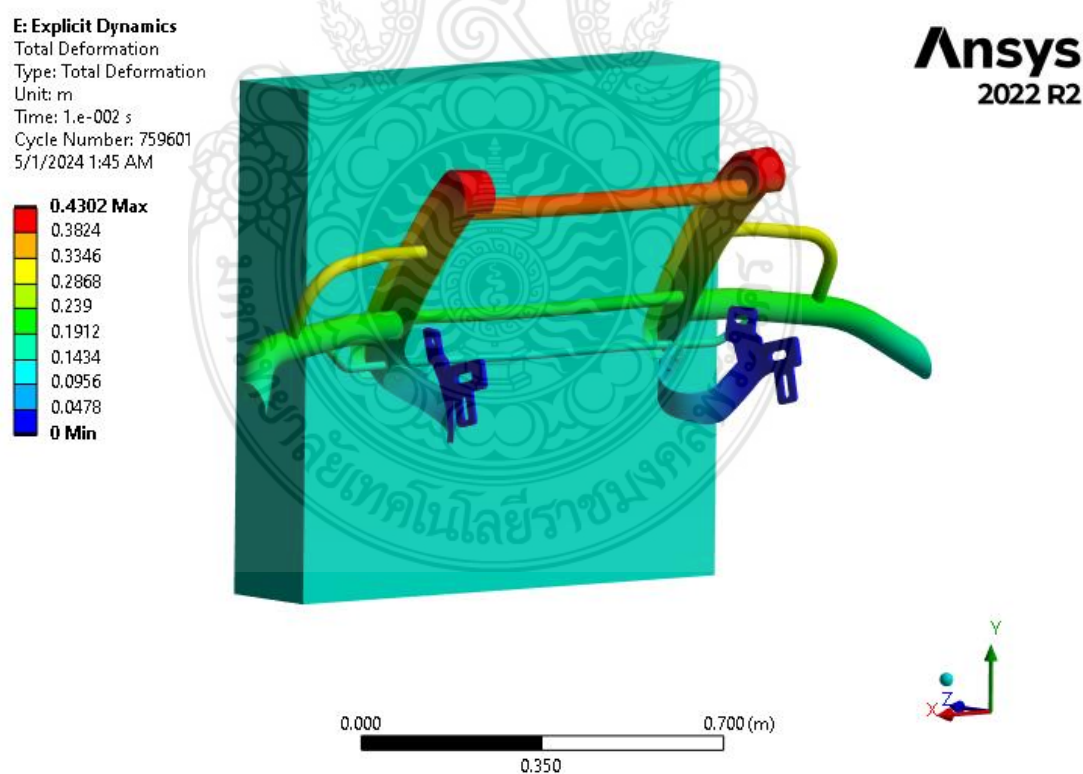
(ข)

รูปที่ 4.32 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับคันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า



(ค)

รูปที่ 4.32 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า (ต่อ)

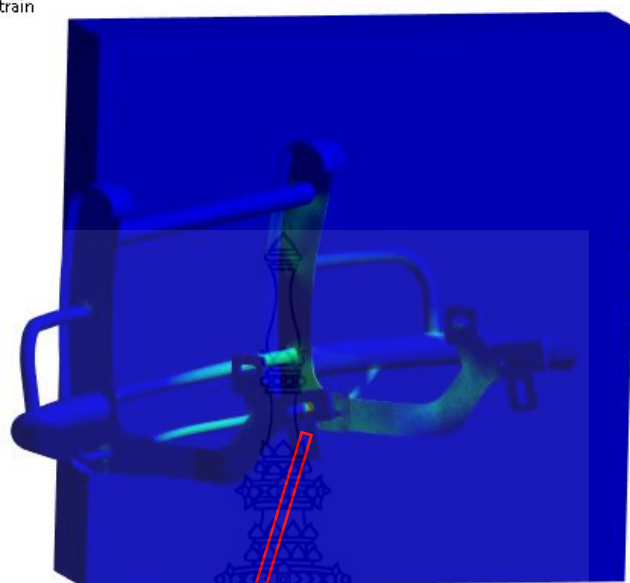


รูปที่ 4.33 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า

G: Explicit Dynamics
 Equivalent Elastic Strain
 Type: Equivalent Elastic Strain
 Unit: m/m
 Time: 1.e-002 s
 Cycle Number: 500071
 5/1/2024 12:54 AM

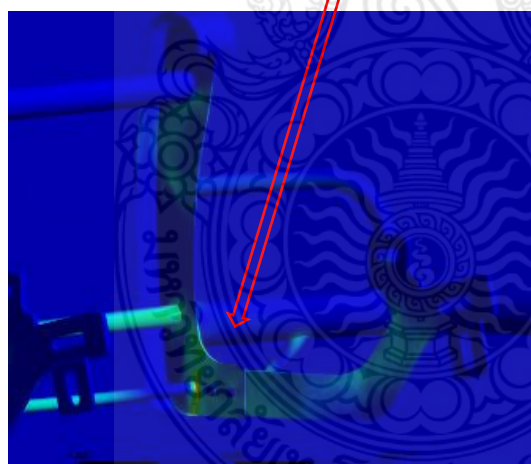
Ansys
 2022 R2

0.039335 Max
 0.034964
 0.030594
 0.026223
 0.021853
 0.017482
 0.013112
 0.0087412
 0.0043707
 2.1506e-7 Min



0.000 0.300 0.600 (m)

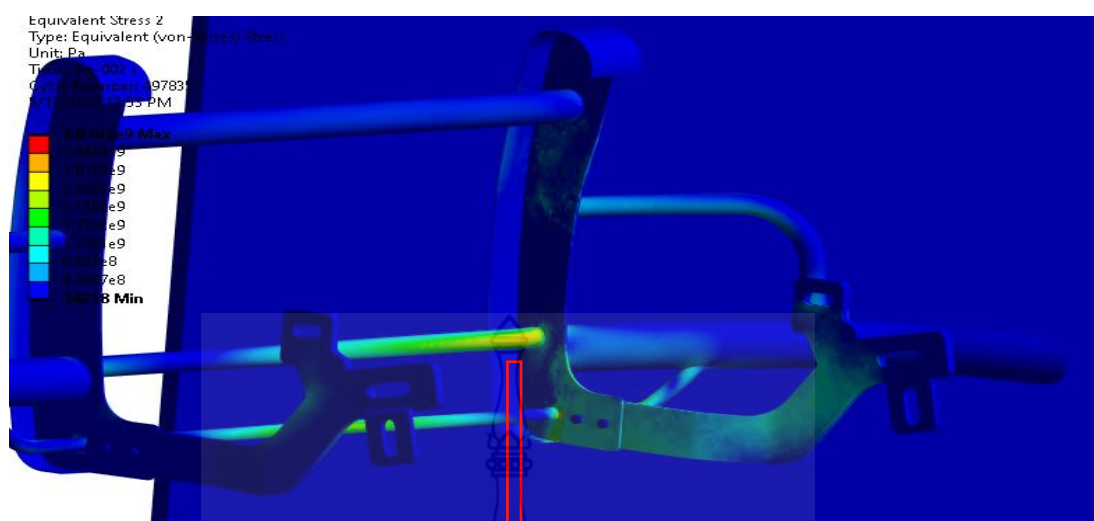
(ก)



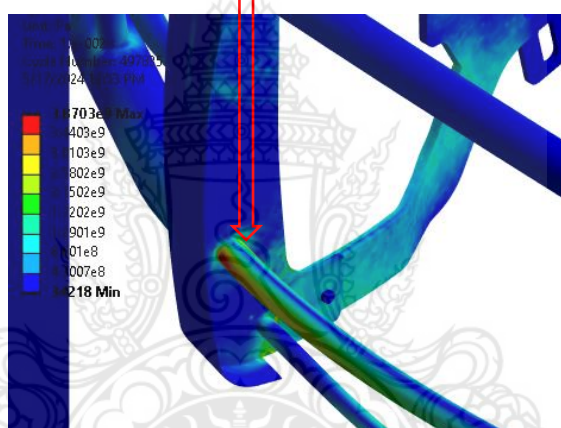
(ข)



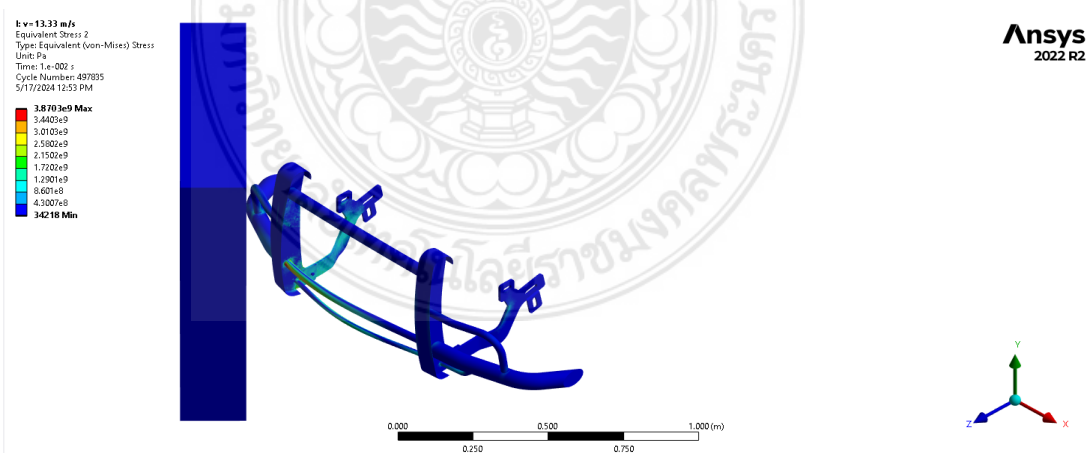
รูปที่ 4.34 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ
 รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับคันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง



(ก)

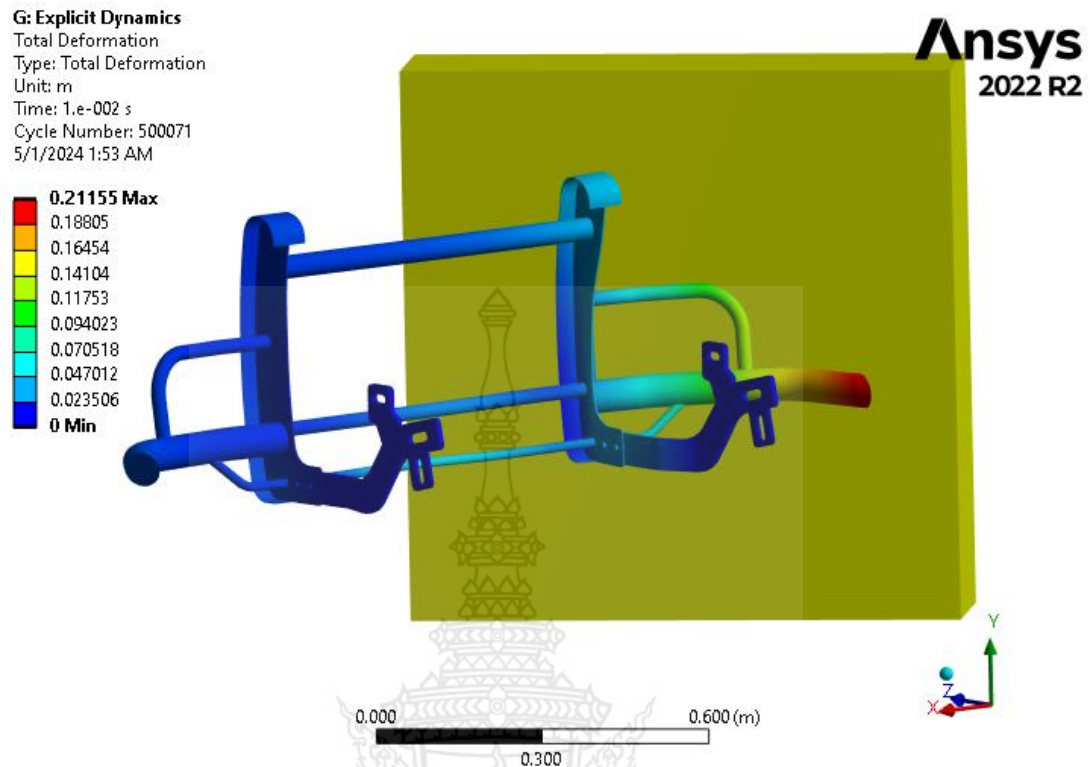


(ข)

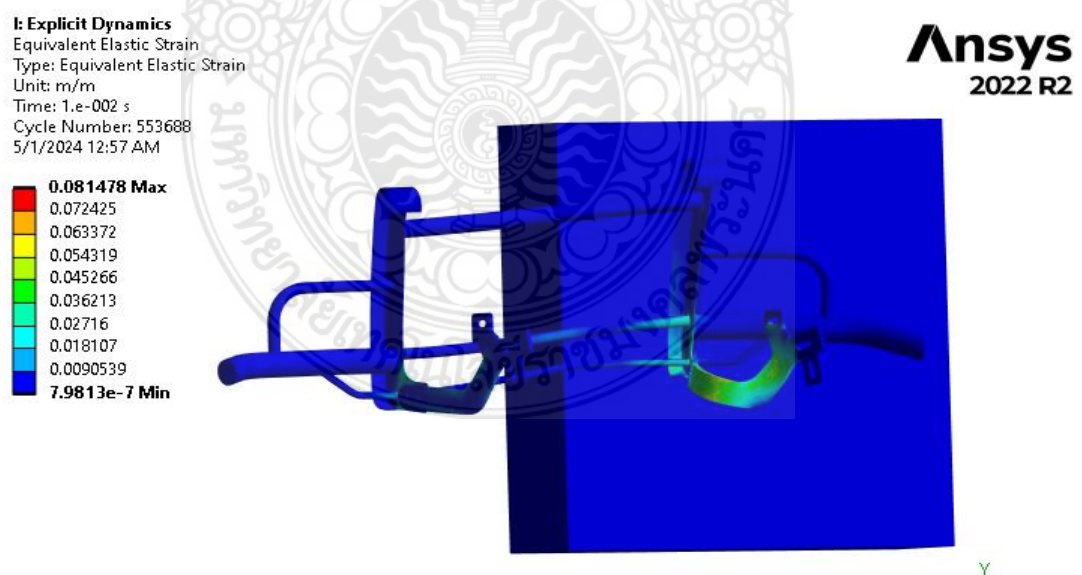


(ค)

รูปที่ 4.35 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับคันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง



รูปที่ 4.36 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับคันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง



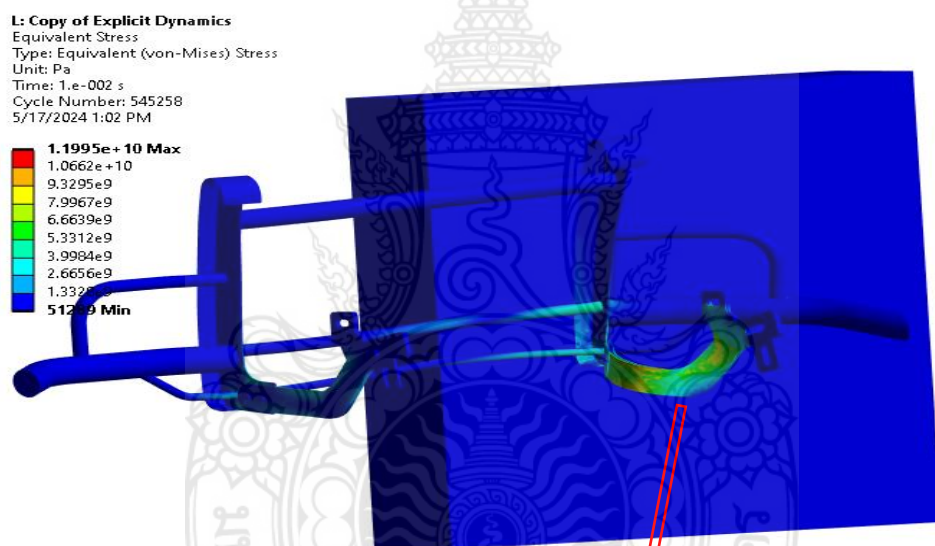
(ก)

รูปที่ 4.37 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณคันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า

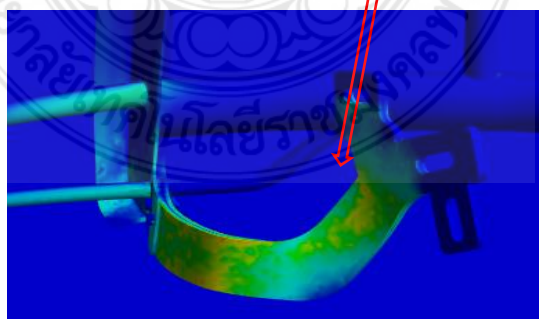


(ข)

รูปที่ 4.37 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ
รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณ
ครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า (ต่อ)

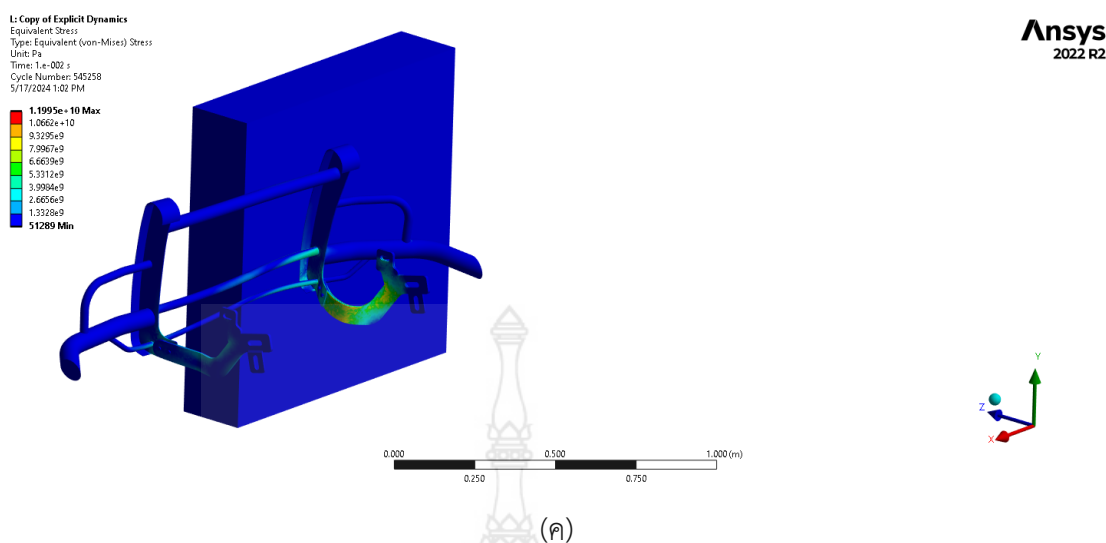


(ก)

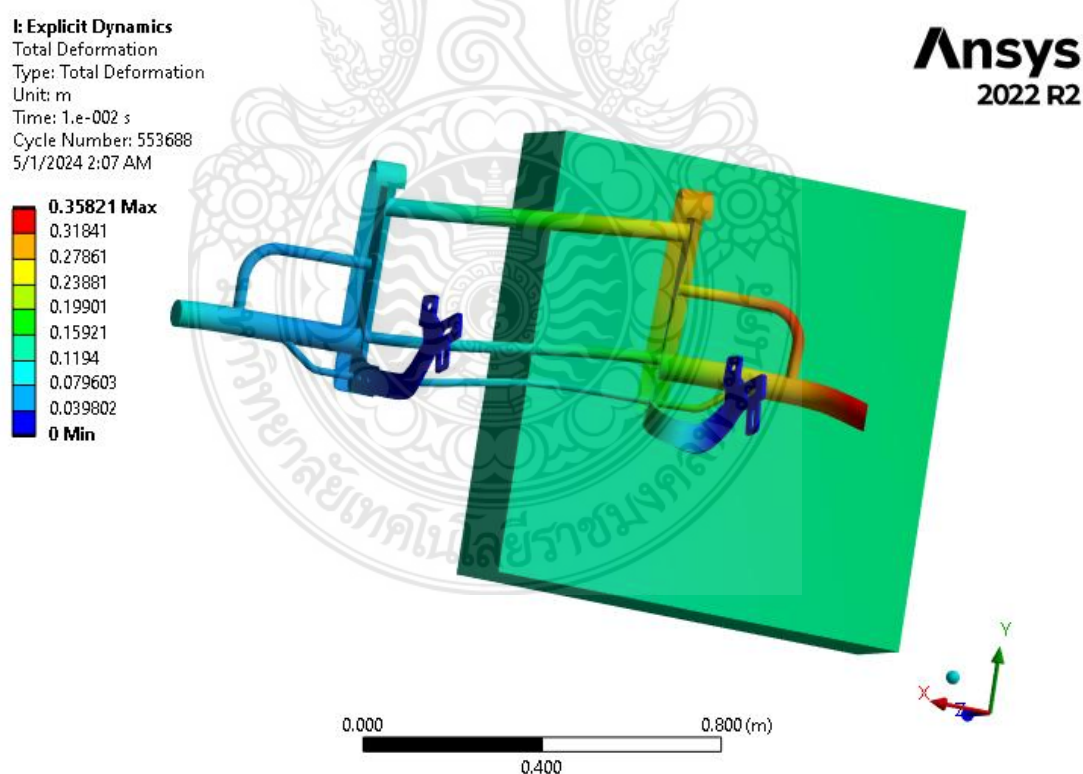


(ข)

รูปที่ 4.38 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของ
รถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า



รูปที่ 4.38 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Stress แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า (ต่อ)



รูปที่ 4.39 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การสรุปผลคือการนำผลการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ทั้งหมดที่ได้ทำมาสรุปผลต่อวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่ได้รับ สำหรับการอภิปรายผลเป็นส่วนประกอบสำคัญของการทำรายงานการวิจัยเพื่อให้เหตุผลยืนยันว่าผลการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้ทำมีความน่าเชื่อถือ มีความถูกต้อง สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับผลการทดลองจริง การวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์โดยอาศัยแนวคิด ทฤษฎีและผลการวิจัยที่ผ่านมาโดยการนำเสนอข้อมูลในภาพรวมหรือสรุปทั้งในส่วนของการศึกษาและสมมติฐานการวิจัย ในการทำวิจัยกันชนรถยนต์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ ครบถ้วนทั้งหมด ประกอบด้วยผลวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายของกันชนรถยนต์ ด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์และการเปรียบเทียบผลความเสียหายจากการจำลองกับผลการทดสอบจริง การออกแบบกันชนรถยนต์และการสร้างรูปแบบจำลอง (Modeling) ซึ่งวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่สามารถต้านทานการกระแทกได้ การทำวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรมที่มีความน่าเชื่อถือซึ่งได้จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีความสอดคล้องต่อการทดลองจริง ได้ใช้โปรแกรม “Ansys/Explicit Dynamic” เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุที่มีการเคลื่อนที่ในการเคลื่อนที่ของวัสดุที่มีความเร็วมากกว่า 13.33 เมตรต่อวินาทีจะมีสถานะที่เรียกว่า “Explicit” เป็นความเร็วที่สูงซึ่งเหมาะต่อการจำลอง การชนของกันชนรถยนต์และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการจำลองของวัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้นได้ใช้รูปแบบความเสียหายของ Steinberg-Guinan Strength model ซึ่งเป็นทฤษฎีในการจำลองความเสียหายของกันชนรถยนต์ โดยตัวแปรที่มีผลต่อการวิเคราะห์กันชนรถยนต์ 1. ชนิดของวัสดุ (Material) 2. ความเร็วของรถยนต์ในการทดสอบกันชน (Velocity) 3. ขนาดของเมช (Mesh) 4. เวลา (Time) และวัสดุที่ใช้ในแบบจำลองกันชนรถยนต์คือสตรักเชอรัลสตีล (Structural Steel) ซึ่งมีการจำลองเป็น 2 แบบคือ 1. Implicit 2. Explicit ในการวิเคราะห์ด้วย Implicit และ Explicit นั้นได้ทำการปรับปรุงไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลโดยมุ่งไปที่การควบคุมขนาดเอลิเมนต์และจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ได้แสดงให้เห็นว่าภายใต้เงื่อนไข ค่าความแข็งแรงของกันชนรถยนต์นี้มีความสามารถในรับแรงกระแทกจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดหน้าสัมผัสระหว่างกันชนรถยนต์กับขาจับยึด ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ Frictional และ Bonded

ผลลัพธ์จากการวิจัยสามารถตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้ดังนี้

1. เพื่อสร้างต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลของกันชนรถบรรทุกขนาดเล็ก ในการดำเนินงานได้นำโมเดลชิ้นงานต้นแบบมาสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อใช้ในการทดลอง ปรับปรุงโครงสร้างและรูปแบบของชิ้นงานโมเดลให้เข้ากับตัวถังรถบรรทุกขนาดเล็กต้นแบบ ดังนั้นจะได้ต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลตรงตามวัตถุประสงค์

2. ในงานวิจัยได้ดำเนินการสร้างไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดล ประกอบด้วยการสร้างแบบจำลองสามมิติที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นลักษณะงานประกอบชิ้นส่วน (Assembly) ด้วยโปรแกรม SolidWorks ทำการกำหนดจุดจับยึดบริเวณขาจับกันชนรถยนต์จำนวน 28 หน้าสัมผัส กำหนดแรงกระทำและทิศทางที่ต่างกันออกไป เลือกเอลิเมนต์แบบเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) มีจำนวนเอลิเมนต์ 228,979 ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความเค้นเทียบกับจำนวนเอลิเมนต์ พบว่าควรเลือกใช้เอลิเมนต์ขนาด 5 มิลลิเมตร มีการกำหนดหน้าสัมผัสแบบ Bonded และ Frictional โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าเท่ากับ 0.8 กำหนดให้กันชนรถยนต์เป็นวัสดุสตรัคเชอร์ลีสตีล มีรูปแบบความเสียหายเป็นไปตาม Steinberg- Guinan Strength Model ทั้งหมดนี้เป็นไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลที่ส่งผลให้การทดลองและการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์มีความสอดคล้องกัน โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงยึดหยุ่นเชิงเส้นหรือในช่วงของอีลาสติก เพื่อวิเคราะห์ความเค้นและระยะยุบตัวที่เกิดขึ้นกับกันชนรถยนต์ที่มีความแข็งแรงต่อการรับแรงกดในการทดสอบ โดยการเสียรูปของวัตถุเป็นแบบ Small Displacement ในการทดสอบพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่มีอัตราความเครียดสูงและมีการเสียรูปเล็กน้อย เป็นกรณีศึกษาทั้งหมด 5 กรณี ดังนี้

1. กรณีแรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำกระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ พบว่าความเค้นสูงสุดอยู่ที่บริเวณขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 550.22 MPa ความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณจุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังรถ

2. กรณีแรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000 N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำกระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ด้านขวา พบว่าค่าความเค้นสูงสุดอยู่ที่บริเวณจุดจับยึดด้านขวามีค่าเท่ากับ 91.52 MPa ความเสียหายเกิดขึ้นที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์ในบริเวณส่วนโค้งของจุดจับยึด

3. กรณีแรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำกระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นสูงสุดอยู่ที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านขวาล่างกับขาจับยึดด้านขวามีค่าเท่ากับ 161.87 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์มีการเสียรูปงอไปด้านซ้าย

4. กรณีแรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000 N โดยกำหนดให้แรงกระทำ กระทำบริเวณด้านซ้ายของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นสูงสุดอยู่ที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านซ้ายล่างกับขาจับยึดด้านซ้าย มีค่าเท่ากับ 103.25 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์โดยมีการเสียรูปงอไปด้านขวา

5. กรณีแรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300 N และ แรงกระทำด้านหน้า 6500 N โดยกำหนดให้แรงกระทำ กระทำบริเวณด้านหน้าและด้านซ้ายของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นสูงสุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านซ้ายล่างกับขาจับยึดด้านซ้าย มีค่าเท่ากับ 170.62 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นที่ขาจับยึดกันชนด้านซ้ายและด้านบนมีการเสียรูป

3. งานวิจัยได้ดำเนินการสร้างไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดล ประกอบด้วยการสร้างแบบจำลองสามมิติที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นลักษณะงานประกอบชิ้นส่วน (Assembly) ด้วยโปรแกรม SolidWorks ทำการกำหนดจุดจับยึดบริเวณขาจับกันชนรถยนต์จำนวน 28 หน้าสัมผัส กำหนดความเร็ว 45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 13.33 เมตรต่อวินาที ตามมาตรฐานของความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ เลือกเอลิเมนต์แบบเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) มีจำนวนเอลิเมนต์ 228,979 ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าความเค้นเทียบกับจำนวนเอลิเมนต์ พบว่าควรเลือกใช้เอลิเมนต์ขนาด 5 มิลลิเมตร มีการกำหนดหน้าสัมผัสแบบ Bonded และ Frictional โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าเท่ากับ 0.8 กำหนดให้กันชนรถยนต์เป็นวัสดุสตรัคเจอร์สตีล มีรูปแบบความเสียหายเป็นไปตาม Steinberg-Guinan Strength Model ทั้งหมดนี้เป็นไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลที่ส่งผลให้การทดลองและการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์มีความสอดคล้องกัน โดยความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงยึดหยุ่นไม่เชิงเส้นหรือในช่วงของพลาสติกเพื่อวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับกันชนรถยนต์ที่มีความแข็งแรงต่อการรับแรงกระแทกในการทดสอบ โดยการเสียรูปของวัตถุเป็นแบบ Large Displacement ในการทดสอบพบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่มีอัตราความเครียดสูงและมีการเสียรูปเล็กน้อย เป็นกรณีศึกษาทั้งหมด 3 กรณี ดังนี้

1. กรณีแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดที่บริเวณด้านในกันชนขวามีค่าเท่ากับ 14052 MPa ความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณด้านหน้าส่วนบนของกันชนรถยนต์มีการหักงอเสียรูป จุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังมีการบิดงอเล็กน้อย

2. แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดที่บริเวณคานล่างกันชนรถยนต์ 3870.3 MPa ในความเสียหายมาก

ที่สุดคือบริเวณก้นขนรถยนต์ด้านขวาและขาจับยึดก้นขนด้านขวาพบว่าโดยมีการหักงอเสียรูป จุดต่อของก้นขนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังและขาจับยึดทำให้มีการบิดงอเสียรูป

3.แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณก้นขนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้า กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดที่บริเวณขาจับยึดก้นขนรถยนต์ขวามีค่าเท่ากับ 10662 MPa ความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณก้นขนรถยนต์ด้านขวาและขาจับยึดก้นขนด้านขวามีการหักงอเสียรูปบริเวณด้านข้างขวา

ผลการทดสอบของการวิเคราะห์ความแข็งแรงของก้นขนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าจุดที่มีการเกิดความเสียหายมากที่สุดจะเป็นจุดต่อระหว่างก้นขนรถยนต์กับขาจับยึดและรองลงมาจะเป็นขาจับยึดก้นขนรถยนต์ที่เกิดการเสียรูปเมื่อได้รับแรงกระทำ ความแข็งแรงของก้นขนรถยนต์อยู่ในระดับที่พอใช้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมได้ในบางกรณี ทั้งนี้ต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการขึ้นรูปของก้นขน และวัสดุที่ใช้ในการสร้างก้นขนรถยนต์ เพื่อให้สามารถรับแรงกระทำได้ดีมากยิ่งขึ้น มีความยืดหยุ่นที่สูงแต่ยังมีคุณสมบัติในการป้องกันความเสียหายจากการรับแรงกระทำได้อยู่ และต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้หลังจากการวิจัยในครั้งนี้คือได้ทราบถึงระยะยุบของก้นขนรถยนต์ที่เสียรูปเข้าหาตัวรถก่อนอันดับแรกหากเกิดอุบัติเหตุไม่คาดฝันขึ้น เพราะเมื่อเกิดอุบัติเหตุสิ่งที่จะป้องกันผู้ใช้รถใช้ถนนจากอุบัติเหตุคือก้นขนรถยนต์นั่นเอง หลังจากได้ทราบระยะยุบของวัสดุชนิดนี้แล้ว สามารถนำไปต่อยอดกับวัสดุชนิดอื่นหรือสามารถนำไปพัฒนาเป็นก้นขนรถยนต์รูปแบบที่ต่างกันออกไปให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานในปัจจุบัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก้นขนรถยนต์ได้มีผลงานการวิจัยที่หลากหลายด้วยรูปแบบของวัสดุที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องเกี่ยวน้ำหนักของก้นขนรถยนต์หรือตัวของก้นขนรถยนต์เองที่มีราคาสูงเนื่องจากราคาของวัสดุที่ใช้ในการสร้างหรือกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน ในการวิจัยนี้ในขั้นตอนของการจำลองยังคงมีปัญหากับการสร้างรูปแบบเมชเนื่องจากขนาดของเมชที่เหมาะสมในการจำลองการชนของก้นขนรถยนต์จะมีขนาดอยู่ในค่าที่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร เมื่อเมชมีขนาดเล็กมากการคำนวณของคอมพิวเตอร์ก็จะใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นและวัสดุที่ใช้ในการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นซึ่งในโปรแกรมมีตัวเลือกของวัสดุที่ยังไม่หลากหลายดังนั้นจึงจำเป็นถ้าเป็นวัสดุใหม่ที่ไม่มีในโปรแกรมจะต้องนำไปทดสอบหาค่าสมบัติของวัสดุตามทฤษฎีความเสียหายต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อวัสดุนั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธงชัย ฟองสมุทร, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ดาราวรรณการพิมพ์ เชียงใหม่. 2549.
- [2] นวพล กลางทัพ, “การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุของกระสุนบนโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2562.
- [3] ชัยวัฒน์ ไชยมหาพฤกษ์, “แผนเกราะเซรามิกส์กันกระสุนด้วยวัสดุเชิงประกอบ,” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2561.
- [4] What is Explicit Dynamics? (JULY 27, 2022). [Online]. Available: <https://www.ansys.com/blog/what-is-explicit-dynamics>
- [5] Wang T, Li Y. Design and analysis of automotive carbon fiber composite bumper beam based on finite element analysis. Adv Mech Eng 2015; 7:1–12. <https://doi.org/10.1177/1687814015589561>.
- [6] Wang D, Zhang S, Wang C, Zhang C. Structure-material-performance integration lightweight optimisation design for frontal bumper system. Int J Crashworthiness 2017;8265. <https://doi.org/10.1080/13588265.2017.1317468>.
- [7] Tanlak N, Sonmez FO, Senaltun M. Shape optimization of bumper beams under high-velocity impact loads. Eng Struct 2015;95:49–60. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.03.046>.
- [8] Abramowicz W, Jones N. Dynamic progressive buckling of circular and square tubes. Int J Impact Eng 1986; 4:243–70. [https://doi.org/10.1016/0734-743X\(86\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0734-743X(86)90017-5).

- [9] Nagel GM, Thambiratnam DP. A numerical study on the impact response and energy absorption of tapered thin-walled tubes. *Int J Mech Sci* 2004; 46:201–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2004.03.006>.
- [10] Reddy S, Abbasi M, Fard M. Multi-cornered thin-walled sheet metal members for enhanced crashworthiness and occupant protection. *Thin-Walled Struct* 2015;94: 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2015.03.029>.
- [11] Tran TN. Crushing analysis under multiple impact loading cases for multi-cell triangular tubes. *Thin-Walled Struct* 2017; 113:262–72. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2017.01.013>.
- [12] Costas M, Diaz J, Romera L, Hernández S. A multi-objective surrogate-based optimization of the crashworthiness of a hybrid impact absorber. *Int J Mech Sci* 2014; 88:46–54. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2014.07.002>.
- [13] Gedikli H. Crashworthiness optimization of foam-filled tailor-welded tube using coupled finite element and smooth particle hydrodynamics method. *Thin-Walled Struct* 2013; 67:34–48. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2013.01.020>.
- [14] Zhang X, Zhang H, Wen Z. Axial crushing of tapered circular tubes with graded thickness. *Int J Mech Sci* 2015; 92:12–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2014.11.022>.
- [15] Zhang X, Wen Z, Zhang H. Axial crushing and optimal design of square tubes with graded thickness. *Thin-Walled Struct* 2014; 84:263–74. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2014.07.004.0>
- [16] Smerd R, Winkler S, Salisbury C, Worswick M, Lloyd D, Finn M. High strain rate tensile testing of automotive aluminum alloy sheet. *Int J Impact Eng* 2005;32: 541–60. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2005.04.013>.
- [17] Itabashi M, Kawata K. Carbon content effect on high-strain-rate tensile properties for carbon steels. *Int J Impact Eng* 2000; 24:117–31. [https://doi.org/10.1016/S0734-743X\(99\)00050-0](https://doi.org/10.1016/S0734-743X(99)00050-0).

- [18] Gedikli H, Meriç D. Energy absorption behavior of tailor-welded tapered tubes under axial impact loading using coupled FEM/SPH method. *Thin-Walled* 2016; 104. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2016.03.002>.
- [19] Coelho RM, Alves de Sousa RJ, Fernandes FAO, Teixeira-Dias F. New composite liners for energy absorption purposes. *Mater Des* 2013; 43:384–92. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.07.020>.
- [20] Ahmad Z, Thambiratnam DP. Dynamic computer simulation and energy absorption of foam-filled conical tubes under axial impact loading. *Comput Struct* 2009;87: 186–97. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2008.10.003>.
- [21] Zhang Z and Liu S and Tang Z 2009 Design optimization of cross-sectional configuration of rib reinforced thin-walled beam *Thin-Walled Structures* 47 (8-9) 868-78.
- [22] Park D K 2014 Bumper optimum design using the dynamically equivalent 300 beam under various impact conditions *International Journal of Automotive Technology* 15 (6) 937-43.
- [23] Park D K, Jang C D, Lee S B, Heo S J, Yim H J and Kim M S 2010 Optimizing the shape of a bumper beam section considering pedestrian protection *International Journal of Automotive Technology* 11 (4) 489-94.
- [24] N K Khedkar, C R Sonawane and Satish Kumar, Impact analysis of bumper beam to be proposed for Indian passenger cars, *Journal of Physics: Conference Series* 1706 (2020) 012169 doi:10.1088/1742-6596/1706/1/012169
- [25] Hosseinzadeh Ramin, Shokrieh Mahmood M, Lessard Larry B. Parametric study of automotive composite bumper beams subjected to low-velocity impacts. *Compos Struct* 2005; 68:419–27
- [26] Zhao Liu, Jiahai Lu, Ping Zhu, Lightweight design of automotive composite bumper system using modified particle swarm optimizer, *Composite Structures* 140 (2016) 630-643

- [27] Salim Çam, Hasan Sofuoglu, an investigation on crashworthiness performance of adhesive bonding in automobile hybrid front bumper system subjected to high-speed impact, *International Journal of Impact Engineering* 173 (2023) 104478
- [28] Hosseinzadeh R, Shokrieh Mahmood M, Lessard L. B, Parametric study of automotive composite bumper beams subjected to low-velocity impacts. *J Compos Struct* 2005; 68:419–27.
- [29] Lee CH, Lee CK, Low Speed Impact Analysis on Aluminum Bumper. In: *PAM Users Conference, Korea HAMPAM*; 1996
- [30] Javad Marzbanrad, Masoud Alijanpour , Mahdi Saeid Kiasat, Design and analysis of an automotive bumper beam in low-speed frontal crashes, *Thin-Walled Structures* 47 (2009) 902–911
- [31] D. Evans, T. Morgan, Engineering thermoplastic energy absorbers for bumpers, *SAE Paper* (1999).
- [32] Neraj Natarajan, Preeti Joshi, R.K. Ty, Design improvements of vehicle bumper for low-speed impact, *Amity University, Sector 125, Noida 201313, India*
- [33] Xiao Z, Fang J, Sun G, Li Q. Crashworthiness design for functionally graded foam-filled bumper beam. *Adv Eng Softw* 2015; 85:81–95. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.03.005>.
- [34] W.D. Compton, N.A. Gjostein, Materials for ground transportation, *Sci. Am.* 255 (4) (1986) 92–101.
- [35] U. Idrees, S. Ahmad, I.A. Shah et al., Finite element analysis of car frame frontal crash using lightweight materials *Journal of Engineering Research* 11 (2023) 100007
- [36] X. Wang, J. Shi, Validation of Johnson-Cook plasticity and damage model using impact experiment, *Int. J. Impact Eng.* 60 (2013) 67–75. *ASM, 2022*,

- "Mechanical Properties data sheet of Aluminium Alloy Al6061." from (<https://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6>).
- [37] Brar, N., et al., 2009, Constitutive model constants for Al7075-t651 and Al7075-t6. Aip conference proceedings, American Institute of Physics.
- [38] M.M. Davoodia,b, S.M. Sapuan b, A. Aidy c, N.A. Abu Osman a, A.A. Oshkour a, W.A.B. Wan Abas," Development process of new bumper beam for passenger car", Materials and Design 40 (2012) 304–313.
- [39] Bradley E. Heinrichs, Jonathan M. Lawrence, Boyd D. Allin, James J. Bowler, Craig C. Wilkinson, Kurt W. Ising and David J. King MacInnis Engineering Associates," Low-Speed Impact Testing of Pickup Truck Bumpers". SAE Paper 2001-01-0893.
- [40] Gandla Pradeep, P. Chandra kumar, Design and Experimental Analysis on Car Bumper with Composite Materials, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)
- [41] <https://www.milework.com/blog/bumper/>
- [42] F. M. John, T. Jan Arlid, S. Stian, B. Svian Morten, S. E. Lasse, and F. Haakon, "Development of material models for semi-brittle materials like tungsten carbide" Norwegian Defence Research Establishment, 2010, pp. 16-50.
- [43] Writer -36 เหล็กกล้าไร้สนิม, เหล็กกล้าสปริง, เหล็กกล้าผสมพิเศษ. (2019, Jun 10). [Online]. Available: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1818&pageid=36
- [44] สารนาฏ : การพัฒนาสื่อเกราะกันกระสุนแบบเกราะแข็ง. (2019, Jan 13). [Online]. Available: <http://old.mtec.or.th/academic-service/mtec-knowledge/965-สารนาฏ-การพัฒนาสื่อเกราะกันกระสุนแบบเกราะแข็ง>
- [45] S.M. Sapuan, M.A. Maleque, M. Hameedullah, M.N. Suddin, N. Ismail, A note on the conceptual design of polymeric composite automotive bumper system

- [46] Nitin K. Khedkar, C.R. Sonawane, Satish Kumar, Experimental and static numerical analysis on bumper beam to be proposed for Indian passenger car
- [47] J Kelman, Development and testing of a modular integrated front end with a SRIM beam
- [48] G. Jacob, J. Fellrs, S. Simunovic, J. Starbuck, *Compos. Mater.* 36 (7) (2002) 813–850.
- [49] C.R. Sonawane, A.L. Shelar, *J. Inst. Eng. India Ser. C* 99 (599–606) (2018) 1–8
- [50]] N. Khedkar, C.R. Sonawane, Satish kumar, First International conference on Advances in Physical sciences and Material, Coimbatore, 2020 Also to be Published in IOP: *J. Phys*
- [51] Brebbia CA, Dominguez J. *Boundary Elements: An Introductory Course*. 2nd edn. Computational Mechanics; 1992. 328 p.
- [52] R.R. Magalhaesa,n, C.H.O. Fontesb, S.A.B. Vieira de Melob, Stress analysis of a front bumper fascia using the boundary element method.
- [53] Betti E. *Teoria dell'elasticita. Il Nuovo Cimento* 1872:7–10.
- [54] Cruse TA. Numerical solution in three dimensional elastostatics. *Int J. Solids Struct.* 1969; 5:1259–74.
- [55] Brebbia CA, Alarcon E, Dominguez J. The boundary element method in elasticity. *Int. J. Mech. Sci.* 1978; 20:625–39.
- [56] Dominguez J, Ariza MP. A direct traction BIE approach for three-dimensional crack problems. *Eng. Anal. Bound. Elem.* 2000;24(10):727–38.
- [57] Supriyono MHA. Boundary element method for shear deformable plates with combined geometric and material nonlinearities. *Eng. Anal. Bound. Elem.* 2006;30(1):31–42.

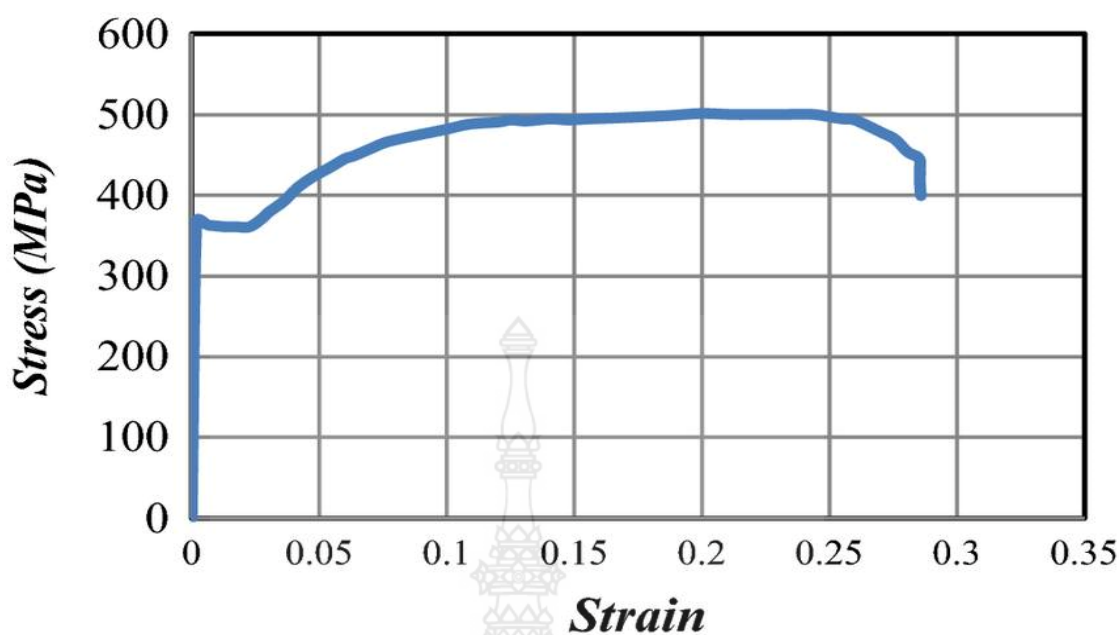
- [58] Solis M, Sanz JA, Ariza MP, Dominguez J. Analysis of cracked piezoelectric solids by a mixed three-dimensional BE approach. Eng. Anal. Bound. Elem. 2009;33(3):271–82.
- [59] Niu Z, Cheng C, Ye J, Recho N. A new boundary element approach of modeling singular stress fields of plane V-notch problems. Int. J. Solids Struct. 2009;46(16):2999–3008.
- [60] Mehmet C, Vahdet U. Structural optimization with CADO method for a three-dimensional sheet-metal vehicle body. Comput. Ind. 2011;62(1):78–85.
- [61] Albers A, Leon-Rovira N, Aguayo H, Maier T. Development of an engine crankshaft in a framework of computer-aided innovation. Comput. Ind. 2009;60(8):604–12.
- [62] Murat A, Mehmet C. Vibration fatigue analysis and multi-axial effect in testing of aerospace structures. Mech. Syst. Signal Process. 2009;23(3): 897–907.
- [63] Lee DC, Han CS. C.A.E. (computer aided engineering) driven durability model verification for the automotive structure development. Finite Elem. Anal. Des. 2009;45(5):324–32.
- [64] มาตรฐานความเร็วในการทดสอบ :
<https://www.apvtestcentre.com/bull-bar-validation.html>
- [65] https://www.researchgate.net/figure/Stress-strain-curve-for-structural-steel_fig12_326427791



ภาคผนวก ก

คำสมบัติเชิงกลของวัสดุ





รูปที่ ก-1 กราฟของวัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) [65]

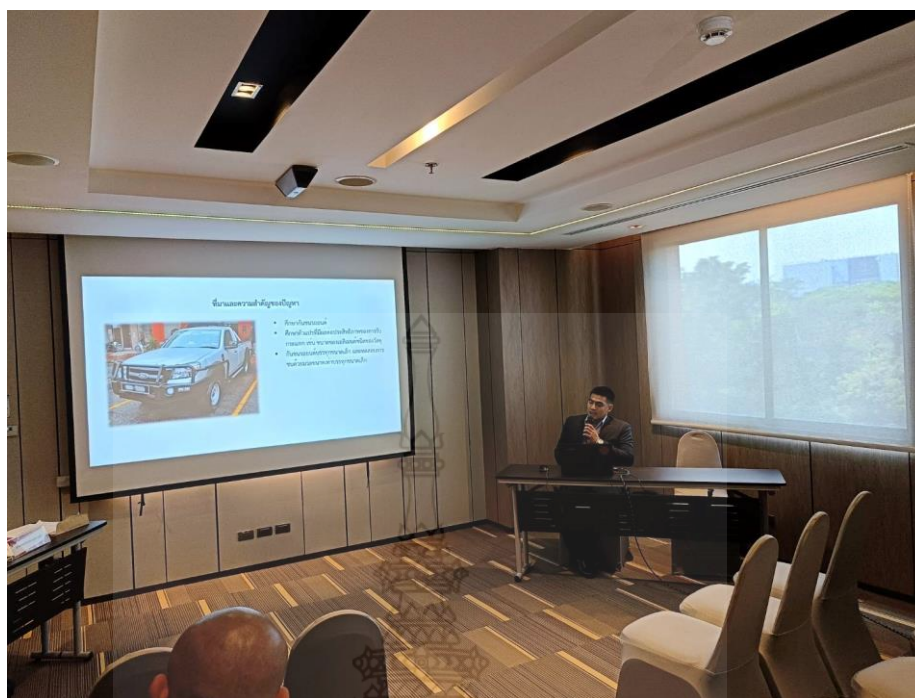
ค่าสมบัติของวัสดุสตรักเชอร์ลีสตีล (Structural Steel) ใน Ansys/Engineering Data

Density	7.85×10^{-6}	kg/mm ³
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio	
Young's Modulus	2×10^5	MPa
Poisson's Ratio	0.3	
Shear Modulus	76923	MPa
Bulk Modulus	1.6667×10^5	MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal	1.2×10^{-5}	1/°C
Expansion		
Compressive Ultimate Strength	0	MPa
Compressive Yield Strength	250	MPa
Tensile Ultimate Strength	460	MPa
Tensile Yield Strength	250	MPa
Thermal		
Isotropic Thermal Conductivity	0.0605	W/mm·°C
Parameter (C1, m/s)	434000	mJ/kg·°C\

ภาคผนวก ข

บทความตีพิมพ์เผยแพร่และใบรับรองผลงานนำเสนอ

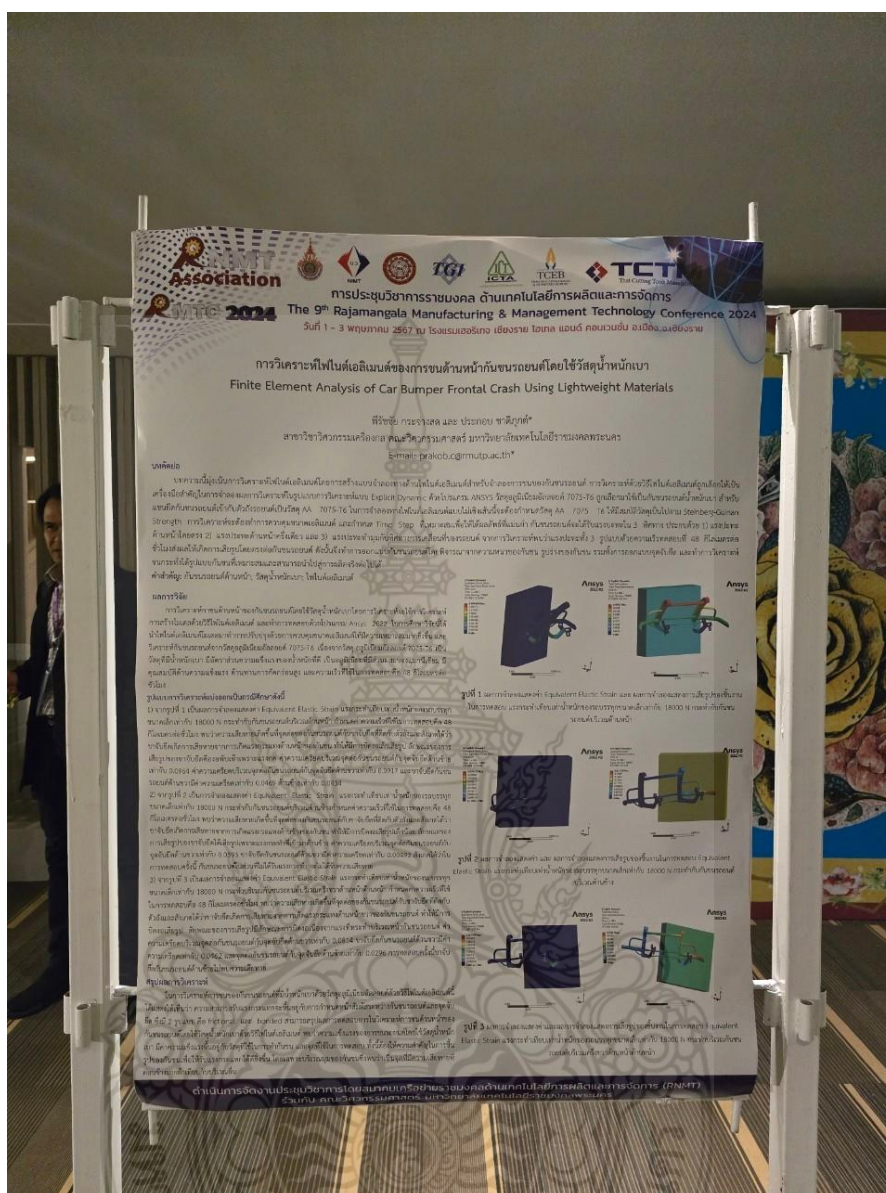




รูปที่ ข-1 การนำเสนอบทความวิชาการ



รูปที่ ข-2 การนำเสนอบทความวิชาการ



รูปที่ ข-3 โปสเตอร์บทความในการนำเสนอ



รูปที่ ข-4 ใบประกาศนียบัตรบทความเรื่อง การวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์
ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ ข-5 ใบประกาศนียบัตรบทความเรื่อง การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของการชนด้านหน้า
กันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุเบาะ

บทความเรื่อง

การวิเคราะห์ความแข็งแกร่งของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์






 การประชุมวิชาการราชชมภรณ์ด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
 1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ Strength Analysis of a Car Bumper Using Finite Element Method

พีรัชชัย กระจำสัด และ ประกอบ ชาตฤกษ์*
 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
 E-mail: prakob.c@rmutp.ac.th*

Pheeutchai Krajangsod and Prakorb Chartpuk*
 Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
 Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
 E-mail: prakob.c@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรม ANSYS เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์แบบ Static Structural ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้นโดยพิจารณาจากความเค้นครากเป็นหลัก โครงสร้างกันชนแบ่งออกเป็นสองส่วน ประกอบด้วยส่วนกันชน และส่วนแขนยึดกันชน จากการวิเคราะห์พบว่า ถ้าแขนของกันชนซึ่งเป็นชิ้นส่วนยึดระหว่างกันชนกับตัวถังรถยนต์ยาวเท่าใดจะส่งผลให้เกิดการเสียรูปได้ง่ายขึ้น ตำแหน่งการยึดด้วยสลักเกลียวระหว่างกันชนกับแขนยึดกันชนจะเป็นตำแหน่งที่เสียรูปได้ง่ายจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญและเลือกใช้สลักเกลียวที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาดำเนินการยึดระหว่างแขนยึดกันชนกับตัวถังรถยนต์พบว่าจุดนี้เป็นจุดที่สำคัญแต่ด้วยมีจำนวนสลักเกลียวและพื้นที่ในการติดตั้งมากกว่าจึงมีการเสียรูปยากกว่าตำแหน่งที่ยึดกันระหว่างกันชนกับแขนยึดกันชน จากการวิเคราะห์ความเค้นและความเครียดภายใต้แรงกระทำแบบหยุดนิ่ง (Static load) พบว่าตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการเสียรูป ประกอบด้วย ขนาดของแรงที่กระทำ ชนิดของแรงที่กระทำ ทิศทางและตำแหน่งของแรงที่กระทำ ความหนาของกันชน รูปร่างของกันชน รวมทั้งการออกแบบจุดจับยึด จากการออกแบบและวิเคราะห์ส่งผลให้สามารถนำโมเดลไปวิเคราะห์ต่อในรูปแบบ Explicit Dynamic ได้ต่อไป

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความแข็งแรง; กันชนรถยนต์; วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This article aims to analyze the strength of car collisions using the Finite Element Method. The ANSYS program is a key tool for conducting Static Structural analysis in the linear elastic range, considering yield stress as a principle. The collision structure is divided into two parts there are the collision barrier and the barrier attachment arm. Analysis reveals that the length of the attachment arm between the barrier and the car body affects the susceptibility to deformation. The position of the attachment bolt between the barrier and the attachment arm is a vulnerable point, necessitating appropriate bolt selection. Furthermore, considering the attachment position between the attachment arm and the car body, it is found to be crucial but more challenging due to more bolts and installation area, making deformation more difficult. Analysis of stress and strain under Static load shows that

important variables affecting deformation include applied force magnitude, type of force, direction, and position, as well as barrier thickness, shape, and attachment point design. Design and analysis enable further modeling for Explicit Dynamic analysis in the future.

Keywords: Strength Analysis; Car Bumper; Finite Element Method

1. บทนำ

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ากันชนรถยนต์ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่มากขึ้น ทั้งอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับตัวผู้ขับขี่หรือแม้กระทั่งผู้ที่ใช้รถใช้ถนนคนอื่น ๆ และจะเห็นได้ว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง มีอัตราการสูญเสียที่มีเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างสูง โดยจากข้อมูลของกระทรวงคมนาคมพบว่าในปี 2564 นั้น มีผู้เสียชีวิต 6628 คน และจะเห็นได้ว่าหลังจากเกิดอุบัติเหตุกันชนรถยนต์จะมีความเสียหายรุนแรงและจะเห็นได้ว่าหลังจากเกิดอุบัติเหตุกันชนรถยนต์จะมีความเสียหายรุนแรงมีการแตกหัก บูด เป็นต้น

ปัจจุบันกันชนรถยนต์ถูกออกแบบมาให้มีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นสูงเพื่อช่วยป้องกันการเกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานหรือผู้ใช้ถนนคนอื่น ๆ ด้วย และมีความหลายหลายแบบ มีรูปร่างการออกแบบที่สวยงาม ทันสมัย โดยกันชนรถยนต์แต่ละแบบ อาจผลิตจากวัสดุที่แตกต่างกันไป แต่ละรูปร่างต่าง ๆ นั้นก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันออกไป ดังนั้นในการออกแบบและพัฒนากันชนรถยนต์จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น และต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานและผู้ใช้รถใช้ถนนคนอื่น ๆ ด้วย ในด้านของความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นจะต้องไม่ทำให้รถยนต์มีอัตราความสิ้นเปลืองเพิ่มขึ้น หรือประสิทธิภาพของความปลอดภัยลดลงอีกด้วย และถ้าหากในกรณีที่กันชนรถยนต์เกิดความเสียหายจนกระทั่งเสียรูป จะต้องไม่ให้เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้งานหรือผู้ใช้ถนนคนอื่น ๆ

ในการออกแบบพัฒนากันชนรถยนต์ให้มีความมีประสิทธิภาพสามารถทนต่อแรงกระทำต่าง ๆ เช่น ความเค้น ความเครียด การทำให้เสียรูปและระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยืดตัว หรือยุบตัว มีรูปแบบการออกแบบ วิเคราะห์ได้หลายแบบ โดยระเบียบวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย การทดลอง ทดสอบ และการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

(Finite Element Method: FEM) เพื่อจำลองและคาดการณ์ความเสียหายที่เกิดจากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการกระแทกของกันชนรถยนต์ และผลที่ได้รับจากการจำลองวิเคราะห์ คือสามารถลดระยะเวลาในการทดสอบจริง ลดงบประมาณในการวิจัยและสามารถนำผลจากการจำลองมาเปรียบเทียบการทดสอบจริงบางกรณี และหาผลการแตกต่างระหว่างการทดสอบจริงกับการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

กันชนรถยนต์คอมโพสิตที่ใช้โพลีเมอร์ จากการทดสอบการกระแทกของกันชนความเร็วต่ำและการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง [1], [2] Kelman [3] ได้ทำการอธิบายการทำงานสำหรับการออกแบบการพัฒนาด้านแบบและการทดสอบของส่วนประกอบด้านหน้าโดยใช้วัสดุคอมโพสิต โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคานเปล่ากับวัสดุชนิดขึ้นรูปเสริมโครงสร้าง (Structural RIM: SRIM)

ทางด้าน Jacob et al. [4] ได้อธิบายวิธีการทดสอบต่างๆ พวกเขายังได้ตรวจสอบผลกระทบของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้สำหรับการทดสอบ เช่น ประเภทเส้นใย ประเภทเมทริกซ์ การวางแนวของเส้นใย รูปทรงของชิ้นงานทดสอบ ประมวลผลต่างๆ ปริมาณเส้นใย ความเร็วในการทดสอบ ฯลฯ ต่อความสามารถในการดูดซับพลังงานของโพลีเมอร์คอมโพสิต จากเอกสารข้างต้น เห็นได้ชัดว่านักวิจัยหลายคนได้ศึกษาและปรับปรุงคานกันชนสำหรับการทดสอบแรงกระแทกที่ความเร็วต่ำ ซึ่งดำเนินการตามกฎระเบียบสากลที่แพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการสังเกตว่าคานกันชนรถยนต์ของอินเดียที่มีอยู่จำนวนมาก เมื่อทำการทดสอบมักจะเกิดข้อผิดพลาดอย่างมาก และตามกฎระเบียบสากลที่มีอยู่เหล่านี้ นอกจากนี้อาจยังสามารถสังเกตได้ว่าในระหว่างการทดสอบที่สถานการณ์ความเร็วต่ำ เช่น การจอดรถยานพาหนะมีความเร็วต่ำมากหรือหยุดเคลื่อนที่โดยสิ้นเชิงแล้วเคลื่อนที่ซ้ำๆ อีกครั้ง เมื่อรถหยุดแล้วเคลื่อนที่อีกครั้ง และชนกับสิ่งกีดขวาง ในการทดสอบนี้สามารถศึกษาได้โดย



การประชุมวิชาการราชชมรมทางด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9

1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

การทดสอบการโค้งงอ 3 จุด ร่วมกับการทดสอบการกระแทก ที่ความเร็วต่ำ ในบทความนี้ การทดสอบการดัดงอแบบสาม จุดถูกนำเสนอที่นั่นสร้างขึ้นจากการศึกษาของการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้ดำเนินการ [5] อย่างไรก็ตาม ได้มีการกล่าวถึงผลการทดสอบการกระแทกที่ความเร็วต่ำสำหรับคานกันชนใน [6] ขนาดของกันชนเหล่านี้ได้รับการคัดเลือกให้อุตสาหกรรมยานยนต์ของอินเดียนำไปใช้ได้โดยตรง

วิธีการองค์ประกอบขอบเขต (Boundary Element Method : BEM) เป็นเทคนิคเชิงตัวเลขที่รู้จักกันดีที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆในด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรม [7], [8] Betti E. [9] เป็นผู้เขียนคนแรกที่ใช้สมการเชิงอนุพันธ์เพื่อศึกษาทฤษฎีความยืดหยุ่นสมการเชิงอนุพันธ์เชื่อมโยงความแข็งแรงและการเคลื่อนที่บนขอบเขตพื้นผิว ต่อมา Cruse TA. [10] ได้พัฒนาวิธีแก้ปัญหาลักษณะเฉพาะสำหรับปัญหาสามมิติที่เกี่ยวข้องกับการลากและการเคลื่อนตัวของพื้นผิวที่ไม่ทราบสาเหตุ ผ่านกระบวนการอัตโนมัติเต็มรูปแบบเพื่อตรวจสอบปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับภาวะเอกฐานของความเครียด และโดยตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา มีผลงานจำนวนมากที่ได้รับการตีพิมพ์โดยนักเขียนคนอื่น ๆ หลายคน ที่เผยแพร่การใช้วิธีนี้ [11–15]

ปัจจุบันวิธีการวิเคราะห์ความเครียดที่ใช้อยู่ที่สุดในอุตสาหกรรมยานยนต์คือวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [16,17] วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นขึ้นอยู่กับค่าจำกัดความขององค์ประกอบจำกัด (การกระจายตัวของตารางของโดเมนต่อเนื่องภายในกลุ่มย่อยแบบไม่ต่อเนื่อง) ซึ่งเดิมมาจากการวิเคราะห์โครงสร้างของส่วนประกอบที่จะสร้างแบบจำลอง โดยในตอนแรกวิธีการนี้ใช้ในอุตสาหกรรมการบินและปัจจุบันยังคงใช้ในสาขานี้ อย่างไรก็ตามด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิธีการนี้ได้รับการปรับปรุงอย่างมาก [18] นอกจากนี้ยังใช้เป็นขั้นตอนแรกในการออกแบบกระบวนการเพื่อลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ [19] ความแตกต่างหลักระหว่างวิธีองค์ประกอบขอบเขตและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์คือจำเป็นต้องแยกขอบเขตของกันและกันออกจากกัน ในขณะที่ต่อมาจำเป็นต้องแยกส่วนที่วิเคราะห์ออกจากกัน โดยรวมถือว่าเป็นข้อได้เปรียบของการวิเคราะห์

ความเครียด ด้วยเหตุนี้วิธีองค์ประกอบขอบเขตสามารถแสดงพื้นที่ที่มีรายละเอียดเล็กๆ ได้โดยไม่ต้องแบ่งตารางที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังสามารถคาดการณ์ความเครียดได้อีกด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ยังมีช่องว่างของการวิเคราะห์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลของกันชนรถบรรทุกขนาดเล็กและวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [20] , [21]

วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เป็นวิธีทางตัวเลข เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (Structural) หรืออื่น ๆ โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นจะสามารถประมาณค่าผลเฉลยโดยการแก้สมการเชิงพีชคณิตแทนการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ ในการแก้ปัญหาดังกล่าวโครงสร้างหรือชิ้นงานจะถูกแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ (Element) ในจำนวนที่จำกัด (Finite) และผลเฉลยที่ได้จะเป็นคำตอบที่จุดต่อระหว่างเอลิเมนต์ (โหนด: Node) โดยที่แต่ละเอลิเมนต์จะมีผลเฉลยที่สามารถหาได้ง่าย และเมื่อนำมารวมกันจึงสามารถหาค่าผลเฉลยของทั้งโครงสร้างได้ โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นจะสามารถให้ผลเฉลยของค่าการเสียรูปและแรงที่กระทำ ณ จุดหรือโหนด และค่าความเค้นและความเครียดที่แต่ละเอลิเมนต์ได้ ความเครียดกับการเสียรูปและความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด เป็นสิ่งจำเป็นในการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์

2.2 Ansys software [22]

โปรแกรม ANSYS เป็นโปรแกรมสากลที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอด 30 ปีที่ผ่านมาสามารถใช้วิเคราะห์พฤติกรรมทางฟิสิกส์ที่หลากหลาย เรียกโปรแกรมกลุ่มนี้ว่า โปรแกรมมัลติฟิสิกส์ (Multiphysics Program) และค่อนข้างนิยมในหมู่นักวิจัยในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (CAE, Computer – Aided Engineering) อาศัยทั้งหลักการคำนวณวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method,



การประชุมวิชาการราชชมภรณ์ด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

FEM) และ ไฟไนต์โวลุ่ม (Finite Volume Method, FVM) โปรแกรม ANSYS สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น การแก้ปัญหาในระบบสามมิติของกลศาสตร์ของแข็งสามารถประยุกต์ใช้กับโครงสร้างที่มีลักษณะพื้นฐาน (Stationary Geometrically) และระบบที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ ปรากฏการณ์ของก๊าซและของไหล กลศาสตร์ของไหล การแผ่รังสีความร้อนและการถ่ายเทความร้อน ปรากฏการณ์ด้านไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ปรากฏการณ์ของคลื่นเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถจำลองได้บนโปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองและการวิเคราะห์กระบวนการในอุตสาหกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่สูงและลดระยะเวลาในการออกแบบ

2.3 กำหนดสมมติฐานในการวิเคราะห์

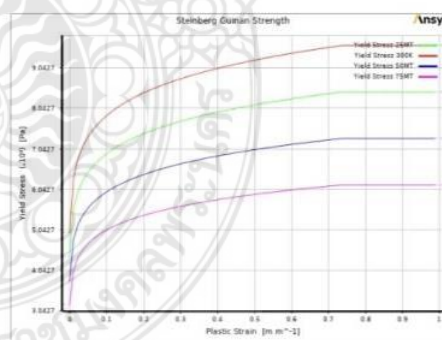
สมมติฐานของวัสดุที่ใช้สำหรับกันชนรถยนต์วัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 กำหนดให้เป็นวัสดุที่มีเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และมีสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทาง (Isotropic Materials) ความเสียหายที่เกิดขึ้นพิจารณาตั้งแต่ช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้นไปจนถึงช่วงพลาสติก ความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่มีอัตราความเครียดสูง

2.4 สมบัติของวัสดุ

กันชนรถยนต์ทำจากวัสดุ อลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 การจำลองทางระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ใช้รูปแบบความเสียหายของ Steinberg Guinan Strength โดยค่าสมบัติของวัสดุและพารามิเตอร์กันชนรถยนต์เป็นวัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 (AA 7075-T6) ที่ใช้ในการจำลองแสดงในตารางที่ 1 สำหรับแผ่นอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 สำหรับความสัมพันธ์ของความเค้นคราก (Yield stress) และความเครียดแบบคงรูป (Plastic strain) สำหรับ AA 7075-T6 แสดงดังรูปที่ 2.1

ตารางที่ 1 Properties and Parameter AA 7075-T6 [23]

AA 7075	
Properties	T6
Density (ρ , g/cm ³)	2804
Specific heat (J/kg °C)	848
Steinberg Guinan Strength	
Initial yield stress (Y, MPa)	420
Max. yield stress (Ymax, MPa)	810
Shear modulus (GPa)	26.7
Hardening constant (B)	965
Hardening exponent (n)	0.1
Derivative (dG/dP, G'P)	1.74
Derivative (dG/dT, G'T), MPa/°C	-16.4
Derivative (dY/dP, Y'P)	0.02738
Melting temperature (T _{melt} , °C)	946.85
EOS	
Gruneisen coefficient	2.2
Parameter (C1, m/s)	5200
Parameter (S1)	1.36
Parameter quadratic (S2)	0



รูปที่ 2.1 Relationship between yield stress and plastic strain of Steinberg-Guinan Strength for AA 7075-T6 [23]

รูปที่ .1 คือความสัมพันธ์ของ Yield stress และ Plastic strain ตามกฎของ Steinberg-Guinan Strength ที่กำหนดให้เป็นวัสดุยืดหยุ่นเข้าสู่สภาวะพลาสติกที่มีการอ่อน



การประชุมวิชาการราชชมคด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เฮอริเทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

ตัวจากความร้อน เมื่อวัสดุเข้าใกล้จุดหลอมเหลว ความแข็งแรงและโมดูลัสแรงเฉือนจะลดลงเหลือศูนย์

3. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ พบว่ากันชนรถยนต์มีการเสียรูปต่างกันออกไปในแต่ละกรณี ในการทดสอบ จำเป็นต้องทดสอบด้วยการนำแรงกระทำไปกระทำกับกันชนรถยนต์ในบริเวณที่จุดต่างๆ ที่กำหนด โดยการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์การสร้างโมเดลด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Ansys 2022 โดยกำหนดวัสดุสำหรับการทดสอบเป็นสแตนเลสสตีล เนื่องจากในทางกายภาพสแตนเลสสตีลมีความสามารถในการทนการกัดกร่อนได้สูงทำให้เกิดสนิมได้ยาก ดูแลรักษาง่าย อีกทั้งยังมีน้ำหนักที่เบากว่าโลหะ

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลมาทำการควบคุมขนาดเอลิเมนต์ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และวิเคราะห์กันชนรถยนต์ภายใต้เงื่อนไขแรงกระทำบริเวณกันชนรถยนต์และพื้นที่การถูกกระทำที่แตกต่างกันได้ ผลลัพธ์ที่ตามมาคือความละเอียดของผลการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์แต่ละครั้งจะต้องใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่ยาวนานขึ้น ในแต่ละกรณีของการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 5 กรณี 1) แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000N กระทำบริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ 2) แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000N กระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ด้านขวา 3) แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000N กระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ 4) แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000N กระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ และ 5) แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300N และ แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 6500N กระทำบริเวณด้านหน้าและด้านซ้ายของกันชนรถยนต์

รูปแบบการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นกรณีศึกษาดังนี้

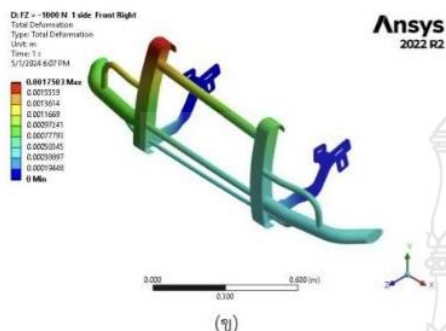
1) จากรูปที่ 1 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent

Stress แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 5000N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำ กระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ พบว่าความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณจุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังรถ ขาจับยึดบิดงอเล็กน้อย และบริเวณด้านบนของกันชนมีการเสียรูป ค่าความเค้นที่บริเวณขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 550.22 MPa และค่าความเค้นที่บริเวณขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 504.15 MPa

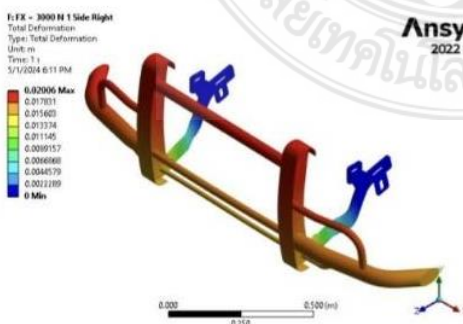
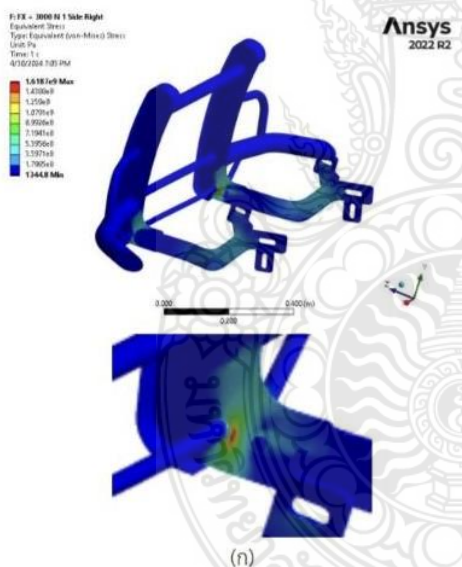
2) จากรูปที่ 2 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000 N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำกระทำที่บริเวณหน้าของกันชนรถยนต์ด้านขวา พบว่าค่าความเค้นที่บริเวณขาจับยึดกันชนรถยนต์มีค่าเท่ากับ 52.943 MPa บริเวณจุดจับยึดด้านขวามีค่าความเค้นเท่ากับ 91.52 MPa บริเวณกันชนด้านล่างขวาพบว่ามีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 45.062 MPa และบริเวณกันชนรถยนต์ด้านล่างซ้ายมีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 34.388 MPa ความเสียหายเกิดขึ้นที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์ ในบริเวณส่วนโค้งของจุดจับยึดและบริเวณโดยรอบมีความเสียหายไม่มาก ด้านบนของกันชนด้านขวามีการบิดงอ และบริเวณกันชนรถยนต์ด้านล่างซ้ายพบว่าเสียหายเพียงเล็กน้อย

3) จากรูปที่ 3 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000 N โดยกำหนดให้แรงที่กระทำกระทำบริเวณด้านขวาของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านขวาล่างกับขาจับยึดด้านขวา มีค่าความเค้นเท่ากับ 161.87 MPa และ ค่าความเค้นพบมากที่สุดที่บริเวณจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์ด้านซ้ายล่างกับขาจับยึดด้านซ้ายมีค่าความเค้นเท่ากับ 55.48 MPa ความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณที่ขาจับยึดกันชนรถยนต์มีการเสียรูปงอไปด้านซ้าย กันชนด้านขวาและด้านบนพบการเสียรูปมากที่สุด

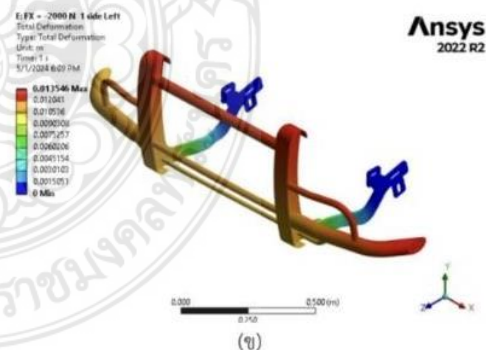
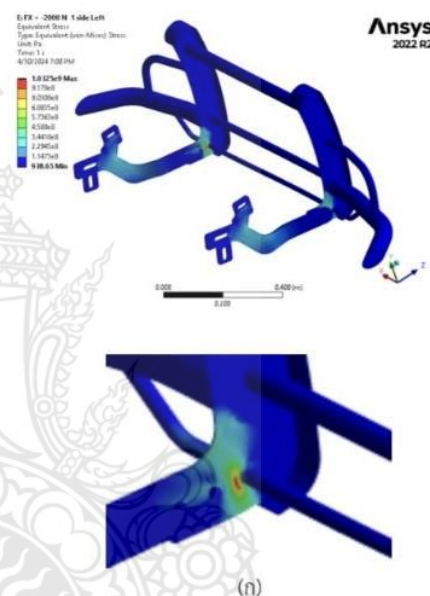
4) จากรูปที่ 4 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000 N โดยกำหนดให้แรงกระทำกระทำบริเวณด้านซ้ายของกันชนรถยนต์ พบว่าค่าความเค้น



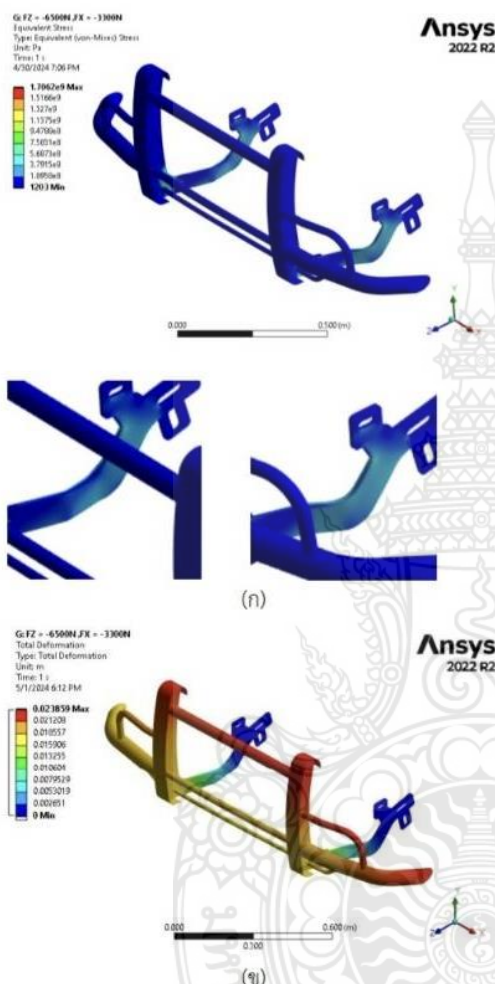
รูปที่ 2 (ก) ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านหน้าบริเวณกันชนรถยนต์ข้างขวาตามแนวแกน Z เท่ากับ 1000N และ (ข) ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ



(ข)
 รูปที่ 3 (ก) ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3000N และ (ข) ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ



รูปที่ 4 (ก) ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างซ้ายของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 2000N และ (ข) ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ



รูปที่ 5 (ก) ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Stress แรงกระทำด้านข้างบริเวณข้างขวาของกันชนรถยนต์ตามแนวแกน X เท่ากับ 3300N และ แรงกระทำด้านหน้าตามแนวแกน Z เท่ากับ 6500N และ (ข) ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ

4. อภิปรายผล

เนื่องจากกันชนรถยนต์มีความสำคัญและมีส่วนในชีวิตประจำวันของเรา คณะผู้วิจัยจึงสังเกตเห็นถึงความปลอดภัยจึงได้มีการทดสอบและวิเคราะห์พบว่าชิ้นงานเกิดความเสียหายบริเวณกันชนรถยนต์กับชุดจับยึด และบริเวณขาจับยึดมากที่สุด และสังเกตได้ว่าค่าความเค้นในการทดสอบ

วิเคราะห์จะมีค่ามากที่สุดบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับชุดจับยึดเนื่องจากทั้งสองชิ้นนี้ไม่ได้เป็นวัสดุเนื้อเดียวกัน มีการเชื่อมต่อกันด้วยสกรู ทำให้แรงกระทำส่งผลทำให้ขาจับยึดเสียหายก่อนเป็นอันดับแรก

5. สรุป

ในการวิเคราะห์ด้วย Implicit นั้นได้ทำการปรับปรุงไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลโดยมุ่งไปที่การควบคุมขนาดเอลิเมนต์และจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ได้แสดงให้เห็นว่าภายใต้เงื่อนไข ค่าแข็งแรงของกันชนรถยนต์นี้ มีความสามารถในการรับแรงกระทำจะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดหน้าสัมผัสระหว่างกันชนรถยนต์กับขาจับยึด ซึ่งมี 2 รูปแบบคือ frictional และ bonded ผลการทดสอบของการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกันชนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าจุดที่มีการเกิดความเสียหายมากที่สุดจะเป็นจุดต่อระหว่างกันชนรถยนต์กับขาจับยึด และรองลงมาเป็นขาจับยึดกันชนรถยนต์ที่เกิดการเสียรูปเมื่อได้รับแรงกระทำ ความแข็งแรงของกันชนรถยนต์อยู่ในระดับที่พอใช้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมได้ในบางกรณี ทั้งนี้ต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการขึ้นรูปของกันชน และวัสดุที่ใช้ในการสร้างกันชนรถยนต์ เพื่อให้สามารถรับแรงกระทำได้มากยิ่งขึ้น มีความยืดหยุ่นที่สูงแต่ยังมีคุณสมบัติในการป้องกันความเสียหายจากการชนได้อยู่ และต้องไม่ก่อให้เกิดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้งาน

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนด้านเครื่องมือและสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบและทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S.M. Sapuan, M.A. Maleque, M. Hameedullah, M .N. Suddin, N. Ismail, A note on the conceptual design of polymeric composite automotive bumper system



การประชุมวิชาการราชชมภรณ์เทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์วิเทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

- [2] Nitin K. Khedkar, C.R. Sonawane, Satish Kumar, Experimental and static numerical analysis on bumper beam to be proposed for Indian passenger car
- [3] J. Kelman, Development and testing of a modular integrated front end with a SRIM beam
- [4] G. Jacob, J. Fellrs, S. Simunovic, J. Starbuck, Compos. Mater. 36 (7) (2002) 813-850.
- [5] C.R. Sonawane, A.L. Shelar, J. Inst. Eng. India Ser. C 99 (599-606) (2018) 1-8.
- [6] N. Khedkar, C.R. Sonawane, Satish kumar, First International conference on Advances in Physical sciences and Material, Coimbatore, 2020 Also to be Published in IOP: J. Phys
- [7] Brebbia CA, Dominguez J. Boundary Elements: An Introductory Course. 2nd edn. Computational Mechanics; 1992. 328 p.
- [8] R.R. Magalhaesa,n, C.H.O. Fontesb, S.A.B. Vieira de Melob, Stress analysis of a front bumper fascia using the boundary element method.
- [9] Betti E. Teoria dell'elasticita. Il Nuovo Cimento 1872:7-10.
- [10] Cruse TA. Numerical solution in three dimensional elastostatics. Int J. Solids Struct. 1969;5:1259-74.
- [11] Brebbia CA, Alarcon E, Dominguez J. The boundary element method in elasticity. Int. J. Mech. Sci. 1978;20:625-39.
- [12] Dominguez J, Ariza MP. A direct traction BIE approach for three-dimensional crack problems. Eng. Anal. Bound. Elem. 2000;24(10):727-38.
- [13] Supriyono MHA. Boundary element method for shear deformable plates with combined geometric and material nonlinearities. Eng. Anal. Bound. Elem. 2006;30(1):31-42.
- [14] Solis M, Sanz JA, Ariza MP, Dominguez J. Analysis of cracked piezoelectric solids by a mixed three-dimensional BE approach. Eng. Anal. Bound. Elem. 2009;33(3):271-82.
- [15] Niu Z, Cheng C, Ye J, Recho N. A new boundary element approach of modeling singular stress fields of plane V-notch problems. Int. J. Solids Struct. 2009;46(16):2999-3008.
- [16] Mehmet C, Vahdet U. Structural optimization with CADO method for a three dimensional sheet-metal vehicle body. Comput. Ind. 2011;62(1):78-85.
- [17] Albers A, Leon-Rovira N, Aguayo H, Maier T. Development of an engine crankshaft in a framework of computer-aided innovation. Comput. Ind. 2009;60(8):604-12
- [18] Murat A, Mehmet C. Vibration fatigue analysis and multi-axial effect in testing of aerospace structures. Mech. Syst. Signal Process. 2009;23(3): 897-907.
- [19] Lee DC, Han CS. CAE. (computer aided engineering) driven durability model verification for the automotive structure development. Finite Elem. Anal. Des. 2009;45(5):324-32
- [20] ธงชัย ฟองสมุทร, วิชิโพเนตเอลิเมนต์เบื้องต้น, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: หางหุ้นส่วนจำกัด ดาราวรรณการพิมพ์ เชียงใหม่. 2549.
- [21] นวพล กลางทัพ, "การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุของกระสุนบนโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร, 2562.



การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

- [22] ชัยวัฒน์ ไชยมหาพฤกษ์, “แผนกระดาษเซรามิกสั่น กระสุนด้วยวัสดุเชิงประกอบ,” วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขา วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล พระนคร, 2561.
- [23] Steinberg D.J. LLNL., “Equation of State and Strength Properties of Selected Materials,” Feb. 1991.



บทความเรื่อง

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จากการชนด้านหน้ากันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบา




 การประชุมวิชาการราชมนถด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
 1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เฮอริเทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของการชนด้านหน้ากันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบา

Finite Element Analysis of Car Bumper Frontal Crash Using Lightweight Materials

พีรชัช กระจ่างสด และ ประกอบ ชาตฤกษ์*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

E-mail: prakob.c@rmutp.ac.th*

Pheeutchai Krajangsod and Prakorb Chartpuk*

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

E-mail: prakob.c@rmutp.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการสร้างแบบจำลองทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับจำลองการชนของกันชนรถยนต์ การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกเลือกให้เป็นเครื่องมือสำคัญในการจำลองผลการวิเคราะห์ในรูปแบบการวิเคราะห์แบบ Explicit Dynamic ด้วยโปรแกรม ANSYS วัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075 T6 ถูกเลือกมาใช้เป็นกันชนรถยนต์น้ำหนักเบา สำหรับแขนยึดกันชนรถยนต์เข้ากับตัวถังรถยนต์เป็นวัสดุ AA 7075 T6 ในการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นนี้จะต้องกำหนดวัสดุ AA 7075 T6 ให้มีสมบัติวัสดุเป็นไปตาม Steinberg-Guinan Strength การวิเคราะห์จะต้องทำการควบคุมขนาดเอลิเมนต์ และกำหนด Time Step ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ กันชนรถยนต์จะได้รับแรงปะทะใน 3 ทิศทาง ประกอบด้วย 1) แรงปะทะด้านหน้าโดยตรง 2) แรงปะทะด้านหน้าครึ่งเดียว และ 3) แรงปะทะทำมุมกับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ จากการวิเคราะห์พบว่าแรงปะทะทั้ง 3 รูปแบบด้วยความเร็วทดสอบที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมงส่งผลให้เกิดการเสียรูปโดยตรงต่อกันชนรถยนต์ ดังนั้นจึงทำการออกแบบกันชนรถยนต์โดยพิจารณาจากความหนาของกันชน รูปร่างของกันชน รวมทั้งการออกแบบจุดจับยึด และทำการวิเคราะห์จนกระทั่งได้รูปแบบกันชนที่เหมาะสมและสามารถนำไปสู่การผลิตจริงต่อไปได้

คำสำคัญ: กันชนรถยนต์ด้านหน้า; วัสดุน้ำหนักเบา; ไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This article focuses on the analysis of finite element simulations by constructing finite element models to simulate car collision events. Finite element analysis using the explicit dynamic analysis method is chosen as a crucial tool for analyzing the results, employing the ANSYS program. Aluminum alloys 7075 T6 are selected as lightweight car collision materials. For the car body attachment arms to the car chassis, AA 7075 T6 material is used. In this nonlinear finite element analysis, material properties of AA 7075 T6 are set according to Steinberg-Guinan strength. Control of element size and appropriate time step settings are essential for accurate results. Car collisions experience impact forces in three



directions 1) direct frontal impact force, 2) single-sided frontal impact force, and 3) oblique impact force relative to the car's motion direction. Analysis indicates that all three types of impact forces at a test velocity of 48 kilometers per hour directly lead to car deformation upon collision. Therefore, car collisions are designed considering barrier thickness, shape, attachment point design, and analysis is conducted to determine the suitable collision model for further production.

Keywords: Car Bumper Frontal; Lightweight Materials; Finite Element Method

1. บทนำ

กันชนรถยนต์ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถป้องกันอันตรายจากการปะทะกันระหว่างรถยนต์กับรถยนต์ หรือรถยนต์กับสิ่งของต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งคนเดินถนน โดยการออกแบบนั้นจะออกแบบให้รับแรงกระแทกที่เกิดขึ้น ไม่ทำให้เกิดอันตรายกับตัวผู้ขับขี่เอง หรืออาจจะช่วยลดความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้นในรถยนต์และผู้ขับขี่หรือผู้โดยสารด้วย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวถังอีกด้วย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยจากการเกิดการชนที่สูงขึ้น ในบางครั้งอาจส่งผลกับอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์อาจพบได้ว่ามีอัตราสิ้นเปลืองที่เพิ่มขึ้น ในปัจจุบันมีวัสดุให้เลือกมากมายในท้องตลาด โดยถูกแบ่งประเภทจากชนิดของวัสดุที่ผลิตขึ้นกันขึ้นมานั้น

ในปัจจุบันกันชนพลาสติกหรือกันชนไฟเบอร์เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เพราะนอกจากรูปทรงรูปร่างการออกแบบที่สวยงามทันสมัยและปรับเปลี่ยนได้หลากหลายมากกว่ากันชนประเภทอื่น ๆ และยังมีน้ำหนักที่เบาอีกด้วย และในส่วนที่สำคัญคือกันชนพลาสติกสามารถช่วยซับแรงกระแทกเมื่อเกิดการชนได้เป็นอย่างดีและยังคืนรูปได้ง่าย แต่จุดอ่อนคือความแข็งแรงที่น้อยกว่า ดังนั้นในการออกแบบพัฒนากันชนรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพสามารถทนต่อแรงกระทำต่างๆ เช่น ความเค้น ความเครียด การทำให้เสียรูป และระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยืดตัว หรือยุบตัว มีรูปแบบการออกแบบ วิเคราะห์ได้หลายแบบ เช่น การออกแบบรูปทรงของกันชนรถยนต์ การเลือกวัสดุที่เหมาะสมมาสร้างชิ้นงาน โดยระเบียบวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย การทดลอง ทดสอบ และการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) เพื่อจำลองและคาดการณ์ความเสียหายที่เกิดจากการทดสอบด้วยเครื่อง

ทดสอบการกระแทกของกันชนรถยนต์ ผลที่ได้รับจากการจำลอง วิเคราะห์ คือทำให้สามารถลดระยะเวลาในการทดสอบจริง ลดงบประมาณในการวิจัยและสามารถนำผลจากการจำลองมาเปรียบเทียบกับทดสอบจริงบางกรณี เพื่อวิเคราะห์ผลการแตกต่างระหว่างการทดสอบจริงกับการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

โดยเงื่อนไขในการออกแบบและวิเคราะห์ของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1. ชิ้นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายคือกันชนรถบรรทุกขนาดเล็ก
2. วิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS/Explicit Dynamic
3. พารามิเตอร์ที่สำคัญคือค่าความเค้น ความเครียด การเสียรูป ระยะแอ่นตัว หรือโก่งตัว หรือยืดตัว หรือยุบตัว และชนิดของกันชนรถยนต์
4. โมเดลสำหรับเครื่องที่ใช้สำหรับในการทดสอบความแข็งแรงและความเสียหายโดยเลือกใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์และจำลองผลลัพธ์ ทั้งนี้การพิสูจน์ความถูกต้องจะใช้รูปแบบการ Pre-processing และ Solve- Processing เพื่อต่อข้อมูลการออกแบบและวิเคราะห์ของงานวิจัยที่ผ่านมา โดยคาดหวังผลลัพธ์ที่ได้รับคือองค์ความรู้ที่จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงและความเสียหายที่เกิดขึ้นที่กันชนและสามารถนำไปปรับใช้งานได้ต่อไป

กันชนหน้าของรถยนต์ประกอบด้วยคือ ฝาครอบด้านหน้า ซึ่งค่อนข้างที่จะช่วยลดแรงด้านของอากาศและไม่



ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกระแทก [1] คานกันชน และตัวกันกระแทก โดยที่ตัวกันกระแทกจะกระจายแรงกระแทกสูงโดยการยุบตัว ในขณะที่ส่วนของคานกันชนจะดูดซับแรงกระแทกต่ำโดยการเสียรูปด้านข้าง [2] สำหรับการกระแทกที่ความเร็วสูง ในการทดสอบคาดว่ากันชนรถยนต์ควรดูดซับพลังงานได้อย่างน้อย 15% ของพลังงานทั้งหมด ในขณะที่ 85% ที่เหลือกันชนรถยนต์ควรดูดซับพลังงานทั้งหมดสำหรับการกระแทกที่ความเร็วต่ำ [3]

การศึกษาก่อนหน้าได้กำหนดเป้าหมายสำหรับการพิจารณาการออกแบบกันชนรถยนต์ไว้ สามารถจัดกลุ่มกว้างๆคือ ผู้ที่มุ่งเน้นไปที่การปรับเปลี่ยนรูปร่างรูปทรงทางเรขาคณิตของกันชนรถยนต์ และผู้ที่เน้นการใช้วัสดุและเทคโนโลยีใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุผสม เกี่ยวกับการศึกษาสำหรับตัวกันกระแทกนั้นมีผลงานมากมาย เช่น ผลกระทบของรูปทรงเรขาคณิตของท่อ [4]–[11] ประเภทวัสดุ [12, 13] และวัสดุใช้จุดเพิ่มเติม [14]–[16] โดยทั้งสองกลุ่ม Jang C. D. et al. [17] ได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะการโค้งงอของคานเสริมโครงที่ไม่มีวัสดุโฟมอัดกับท่อกลวงที่มีผนังบาง โดยที่พวกเขาได้ใช้โปรแกรม Ansys ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข เพื่อที่จะตรวจสอบความผิดพลาดของคานกันชนรถยนต์ Khedkar et al. [18, 19] ได้ศึกษาการออกแบบที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ Plackett-Burman โดยใช้เทคนิคการออกแบบแบบจำลองพื้นผิวการตอบสนองระดับกลาง (Intermediate Response Surface Modeling : IRSM) โดยที่เขาได้ทำการทดสอบรูปทรงที่เหมาะสมของคานกันชนรถยนต์เมื่อเทียบกับผนังแข็งด้านหน้าตามข้อบังคับการป้องกันอันตรายคนเดินถนนจากรถยนต์ นอกจากนี้เขายังเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นโดยจำกัดข้อผิดพลาดไว้ที่ 3% [20] Hosseinzadeh et al. [21] ได้ทำการตรวจสอบระบบคานกันชนรถยนต์ที่ทำจากเทอร์โมพลาสติก โดยที่โครงสร้างของคานกันชนรถยนต์นั้นได้รับการออกแบบและตรวจสอบ

วิธีการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการกระแทกด้วยความเร็วต่ำ [22]

จากเงื่อนไขสำหรับการทดสอบเหล่านี้ ในการทดสอบควรจัดรถบนพื้นราบโดยปลดเกียร์ว่างและเบรก โดยรับแรงกระแทกทั้งจากด้านหน้าและด้านข้าง [24, 25] เนื่องจากในการทดสอบความเร็วต่ำที่ระบุไว้ในข้อตกลง คือต้องใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการในการทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับผลที่ตามมาของการทดสอบก็คือ เมื่อกันชนถูกกระแทกด้วยวัตถุแข็งในลักษณะดังกล่าว อาจเกิดขึ้นได้ในการอุบัติเหตุขณะจอดหรือในการทดสอบลูกตุ้มกระแทกในสภาวะความเร็วต่ำตามกฎหมายกำหนดไว้ [26] ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการทำกันชนรถยนต์ของกันชนเพียงอย่างเดียวอาจไม่แข็งแรงพอที่จะรับแรงกระแทกได้ จึงได้มีแนวคิดในการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการทดสอบขึ้นมา โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการทำการวิเคราะห์ด้วยการกระแทกด้วยความเร็วต่ำโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบไฟไนต์สำหรับกันชนโลหะในการกระแทกส่วนกลางและการกระแทกมุมของกันชนรถยนต์ [27] ได้มีการศึกษาแบบพารามิเตอร์สำหรับรูปร่าง ความหนาของกันชนรถยนต์ และสภาพการกระแทกที่แตกต่างกัน

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ยังมีช่องว่างของการวิเคราะห์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลของกันชนรถบรรทุกขนาดเล็กและวิเคราะห์ความเสียหายของกันชนรถยนต์ที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำหลายทิศทาง

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 Material Model

ในหัวข้อที่ 2 นี้ ผู้แต่งได้คัดลอกเนื้อหาจากเล่มวิทยานิพนธ์ของ “วริญดา จิรัญญาวรรณ เรื่อง การจำลองผิวหนังารอยแตกของคอมโพสิตโดยใช้โปรแกรม Ansys” [30] และ “ นวพล กลางทัพ เรื่อง การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุของกระสุนบนโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ” แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) สำหรับการคำนวณคุณสมบัติด้านการดัดงอในรูปของกราฟ

Stress-Strain ส่วนใหญ่พัฒนามาจากพฤติกรรมของโลหะ ตัวอย่างเช่น Johnson-Cook Model, Steinberg Guinan Strength, Johnson-Holmquist (JH-2) ทำให้สามารถทำนายพฤติกรรมในส่วนของ Elastic Region ได้ แต่สำหรับวัสดุที่เป็นพอลิเมอร์หรือโดยเฉพาะเทอร์โมพลาสติกที่มีความไวต่ออัตราความเครียดภายใต้การทดสอบแรงดึง ยึดจุด Yield Point ทำให้ไม่สามารถทำนายพฤติกรรมในช่วง Plastic Region ได้ ดังนั้นจึงได้ใช้รูปแบบโมเดล 2 รูปแบบ คือ Plasticity Model และ Hyper elasticity Model

2.1.1 แบบจำลองที่ใช้กับวัสดุจำพวกพลาสติก (Plasticity Model)

ข้อมูลความเป็นพลาสติก (Plasticity) เป็นอีกส่วนหนึ่งของคำสั่งในแถบเมนู Toolbox กล่าวคือหากให้แรงแก่วัสดุประเภทอีลาสติก (Elastic) และต่อมานำแรงออก พลังงานที่ทำให้เปลี่ยนรูปจะย้อนกลับมา (Recovery) ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปลงมาอยู่ในสภาพเดิมเหมือนก่อนเปลี่ยนรูป หากพลังงานที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปมากขึ้นถึงขีดจำกัดความเป็นอีลาสติก ทำให้วัสดุเริ่มเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร สำหรับโหมด Explicit Dynamic การคำนวณการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของพลาสติกโดยอ้างอิงหลัก Von Mises Yield Criterion หรือรู้จักกันในนาม Prandtl-Reuss Yield Criterion เมื่อกำหนดให้ แทน Yield Stress

2.1.2 โมเดลของ Bilinear Isotropic / Kinematic Hardening โมเดลอธิบาย Yield Stress (Y) กับฟังก์ชันเชิงเส้นตรงของ Plastic Strain (ϵ_p) ดัง สมการที่ 2.37 โดยที่ Y_0 คือค่า Yield Strength และ A คือค่า Tangent Modulus ลักษณะของ Isotropic Hardening คือผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress สูงสุดด้วย Y ส่วน ลักษณะ Kinematic Hardening ผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress ที่จุดเริ่มต้น ด้วย Y, เป็นผลเนื่องมาจากโมเดลของ Bauschinger ใช้ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องเพื่อทำนายการตอบสนองของโครงสร้างที่บาง ๆ เช่น Shells

2.1.3 โมเดลของ Multilinear Isotropic / Kinematic Hardening ใช้อธิบาย Yield Stress (Y) และฟังก์ชันของคู่ลำดับเชิงเส้นตรงของ Plastic Strain (ϵ_p) โดย

ใช้สมบัติการเพิ่มความเค้นและความเค้น 10 คู่อันดับในการอธิบายลักษณะของ Isotropic Hardening คือผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress สูงสุดด้วย Y และลักษณะ Kinematic Hardening คือผลรวมของช่วงความเค้น 2 ค่าซึ่งแทน Yield Stress ที่จุดเริ่มต้นด้วย Y_0 สามารถใช้ได้กับองค์ประกอบที่เป็นของแข็งเท่านั้น

2.1.4 โมเดลของ Johnson Cook Strength โมเดลสำหรับวัสดุประเภทโลหะเนื่องจากวัสดุมีความเครียดที่มาก อัตราความเครียดที่สูงและอุณหภูมิสูง สามารถหาค่าความเค้นที่จุดคราก (Y) เมื่อมีฟังก์ชันของความเครียด อัตราความเครียด และอุณหภูมิสูง

2.1.5 โมเดลของ Steinberg Guinan Strength โมเดลที่คำนวณโมดูลัสเฉือนและความเค้นที่จุดครากที่เป็นผลเนื่องมาจาก ความเครียดของพลาสติก Plastic Strain ความดันและพลังงานหรืออุณหภูมิภายในเหมาะสมกับข้อมูลการทดลองที่เกิดความเร็วอย่างกะทันหันที่ผิวหน้า อธิบายว่าค่าความเค้นที่จุดครากและค่า โมดูลัสเฉือนเพิ่มเมื่อความดันเพิ่มและลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเค้นที่จุดครากจะมีค่าสูง ที่สุดเมื่อไม่มีผลเนื่องจากอัตราความเครียดในกรณี $Y_0 [1 + \beta \epsilon] - Y_{max}$ ตัวแปร P และ t แทนค่า ความดันและอุณหภูมิตามลำดับ

2.2 Explicit Dynamics Analysis [30], [32]

Ansys Explicit Dynamics เป็นการจำลองทางวิศวกรรมที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการ จำลองทางกายภาพที่มีการรับโหลดรุนแรงในช่วงเวลาสั้น ๆ และอาจทำให้วัสดุเกิดการเสียหายซึ่งทำ การทดลองได้ยากและมีค่าใช้จ่ายที่สูง การจำลองเป็นการสร้างความเข้าใจและแสดงรายละเอียดของ ชิ้นงานเมื่อได้รับแรงเพื่อเป็นการป้องกันการออกแบบที่ผิดพลาดการประยุกต์ใช้โปรแกรม Ansys Explicit Dynamics เช่น การทดลองความต้านทานการกระแทกและการเจาะทะลุ (Ballistic Impact Test) การทดลองความต้านทานการตกกระแทกของวัสดุ (Drop Test)

2.2.1 พฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงกระทำที่เคลื่อนที่ (Dynamic Loading) [33]



การประชุมวิชาการราชชมกด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

โดยทั่วไปแล้ววัสดุจะมีการตอบสนองต่อแรงกระทำที่เคลื่อนที่ (Dynamic Loading) อย่างซับซ้อนการติดตามปรากฏการณ์ที่ต้องนำไปสร้างแบบจำลอง เช่น การตอบสนองต่อความถี่ไม่ เป็นเชิงเส้นพฤติกรรมที่โครงสร้างเปลี่ยนแปลงรูปร่างและมีความเครียดขึ้นภายในเนื้อวัสดุทำให้วัสดุ แข็งขึ้น (Strain Hardening) พฤติกรรมการอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนพฤติกรรม Orthotropic ของ วัสดุเสริมองค์ประกอบการแตกหักของแก้ว เซรามิกส์และคอนกรีต ความเสียหายเนื่องจากแรงดึงยึด การเปลี่ยนวิฤภาค เช่น ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

2.2.2 กลไกการแก้ปัญหาของโปรแกรม Ansys

โหมด Explicit Dynamics

- การแบ่งส่วน (Mesh) จะต้องมีข้อมูล เช่น สมบัติของวัสดุแรงที่ใช้ ข้อจำกัดและสภาวะ
- การรวมเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ที่จุด (Node) แบ่งส่วน (Mesh)
- การเคลื่อนที่ของจุดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขององค์ประกอบ
- องค์ประกอบเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนปริมาตรและความหนาแน่นของ วัสดุในแต่ละองค์ประกอบ
- อัตราการเปลี่ยนแปลงรูปได้มาจากอัตราความเครียดโดยใช้อัตราการประกอบของตัวแปรจากสูตร พฤติกรรมของวัสดุภายใต้การกระทำของแรงจากอัตราความเครียด
- ความเค้นเปลี่ยนกลับไปเป็นแรง Nodal ใช้อัตราการประกอบของตัวแปรจากสูตร
- แรง Nodal ภายนอกคำนวณได้จากสภาวะขอบเขตและโหลด (Load)
- รวมแรง Nodal ที่ได้รับจากมวล Nodal ทำให้เกิดความเร่ง
- ความเร่งเป็นการรวม Explicitly ของเวลาที่ใช้ทำให้เกิดความเร็ว Nodal ใหม่
- ความเร็วเป็นการรวม Explicitly ภายใต้เวลาที่ใช้ทำให้เกิดตำแหน่ง Nodal ใหม่
- กระบวนการแก้ปัญหาจะเป็นแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งหมดเวลา

2.3 Ansys software [34], [35]

โปรแกรม ANSYS เป็นโปรแกรมสากลที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอด 30 ปีที่ผ่านมาสามารถใช้วิเคราะห์พฤติกรรมทางฟิสิกส์ที่หลากหลาย เรียกโปรแกรมกลุ่มนี้ว่า โปรแกรมมัลติฟิสิกส์ (Multiphysics Program) และค่อนข้างนิยมในหมู่ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (CAE, Computer – Aided Engineering) อาศัยทั้งหลักการคำนวณวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) และ ไฟไนต์โวลุ่ม (Finite Volume Method, FVM) โปรแกรม ANSYS สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น การแก้ปัญหาในระบบสามมิติของกลศาสตร์ของแข็งสามารถประยุกต์ใช้กับโครงสร้างที่มีลักษณะพื้นฐาน (Stationary Geometrically) และระบบที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ ปรากฏการณ์ของก๊าซและของไหล กลศาสตร์ของไหล การแผ่รังสีความร้อนและการถ่ายเทความร้อน ปรากฏการณ์ด้านไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ปรากฏการณ์ของคลื่นเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถจำลองได้บนโปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองและการวิเคราะห์กระบวนการในอุตสาหกรรมเพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่สูงและลดระยะเวลาในการออกแบบ

2.4 กำหนดสมมติฐานในการวิเคราะห์

สมมติฐานของวัสดุที่ใช้สำหรับกันชนรถยนต์วัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 กำหนดให้เป็นวัสดุที่มีเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และมีสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทาง (Isotropic Materials) ความเสียหายที่เกิดขึ้นพิจารณาตั้งแต่ช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้นไปจนถึงช่วงพลาสติก ความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่มีอัตราความเครียดสูง

2.5 สมบัติของวัสดุ

กันชนรถยนต์ทำจากวัสดุ อลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 การจำลองทางระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ใช้รูปแบบความเสียหายของ Steinberg Guinan Strength โดยค่าสมบัติของวัสดุและพารามิเตอร์กันชนรถยนต์เป็นวัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 (AA 7075-T6) ที่ใช้ในการจำลองแสดงในตารางที่ 1 สำหรับแผ่นอลูมิเนียมอัลลอยด์

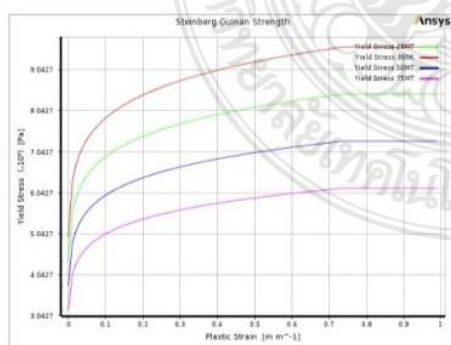


การประชุมวิชาการราชชมภรณ์ด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

7075-T6 สำหรับความสัมพันธ์ของความเค้นคราก (Yield stress) และความเครียดแบบคงรูป (Plastic strain) สำหรับ AA 7075-T6 แสดงดังรูปที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 Properties and Parameter AA 7075-T6 [35]

Properties	AA 7075 T6
Density (ρ , g/cm ³)	2804
Specific heat (J/kg °C)	848
Steinberg Guinan Strength	
Initial yield stress (Y, MPa)	420
Max. yield stress (Ymax, MPa)	810
Shear modulus (GPa)	26.7
Hardening constant (B)	965
Hardening exponent (n)	0.1
Derivative (dG/dP, G'P)	1.74
Derivative (dG/dT, G'T), MPa/°C	-16.4
Derivative (dY/dP, Y'P)	0.02738
Melting temperature (T _{metr} , °C)	946.85
EOS	
Gruneisen coefficient	2.2
Parameter (C1, m/s)	5200
Parameter (S1)	1.36
Parameter quadratic (S2)	0



รูปที่ 2.1 Relationship between yield stress and plastic strain of Steinberg-Guinan Strength for AA 7075-T6 [35]

รูปที่ 2.1 คือความสัมพันธ์ของ Yield stress และ Plastic strain ตามกฎของ Steinberg-Guinan Strength ที่กำหนดให้เป็นวัสดุยืดหยุ่นเข้าสู่สภาวะพลาสติกที่มีการอ่อนตัวจากความร้อน เมื่อวัสดุเข้าสู่สภาวะหลอมเหลว ความแข็งแรงและโมดูลัสแรงเฉือนจะลดลงเหลือศูนย์

3. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ทำชนด้านหน้าของกันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบาโดยการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์การสร้างโมเดลด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Ansys 2022 ในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำไฟไนต์เอลิเมนต์โมเดลมาทำการปรับปรุงด้วยการควบคุมขนาดเอลิเมนต์ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และวิเคราะห์กันชนรถยนต์จากวัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 เนื่องจากวัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ 7075-T6 เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีอัตราส่วนความแข็งแรงของน้ำหนักที่ดี เป็นอลูมิเนียมที่มีส่วนผสมของแมกนีเซียม มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงต้านทานการกัดกร่อนสูง และความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ในแต่ละกรณีของการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี 1) แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า 2) แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง และ 3) แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งทางด้านหน้าด้านหน้า

รูปแบบการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นกรณีศึกษาดังนี้

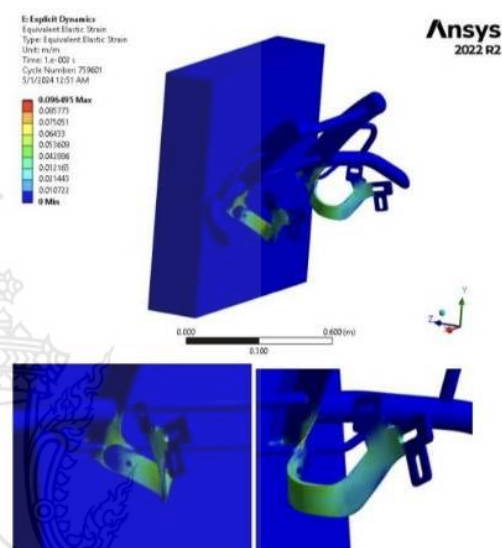
1) จากรูปที่ 1 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเครียดบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดด้านซ้ายเท่ากับ 0.0964 ค่าความเครียดบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดด้านขวามีค่าเท่ากับ 0.0917 และขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านขวามีค่าความเครียด

เท่ากับ 0.0469 ด้านซ้ายมีค่าเท่ากับ 0.0434 ในการแสดงผลการจำลองการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบจากรูปที่ 2 บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณด้านหน้าส่วนบนของกันชนรถยนต์พบว่าโดยมีการหักงอเสียรูป ความเสียหายเกิดขึ้นที่จุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถัง จะสังเกตได้ว่าขาจับยึดเกิดการเสียหายจากการเกิดแรงกระทำทางด้านหน้าของกันชน ทำให้มีการบิดงอเล็กน้อย ลักษณะของการเสียรูปของขาจับยึดมีลักษณะงอพับเข้า

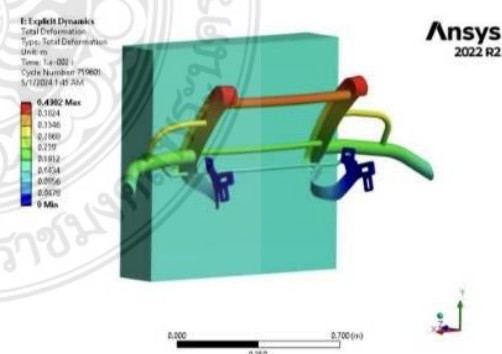
2) จากรูปที่ 3 เป็นการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเครียดบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดด้านขวาเท่ากับ 0.0393 ขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านขวามีค่าความเครียดเท่ากับ 0.00493 ในการแสดงผลการจำลองการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบจากรูปที่ 4 สังเกตได้ว่าการทดสอบครั้งนี้ กันชนรถยนต์ในส่วนที่ไม่ได้รับแรงกระทำจะไม่ได้รับความเสียหาย บริเวณด้านซ้ายกับจุดจับยึดกันชนรถยนต์ไม่พบความเสียหาย บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณกันชนรถยนต์ด้านขวาและขาจับยึดกันชนด้านขวาพบว่าโดยมีการหักงอเสียรูปเนื่องจากแรงกระทำที่จุดต่อของกันชนรถยนต์กับขาจับยึดที่ติดกับตัวถังและสังเกตได้ว่าขาจับยึดเกิดการเสียหายจากการเกิดแรงกระทำด้านข้างของกันชน ทำให้มีการบิดงอเสียรูปเล็กน้อย

3) จากรูปที่ 5 เป็นผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้า กำหนดค่าความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าค่าความเครียดบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดด้านขวาเท่ากับ 0.0814 ขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านขวามีค่าความเครียดเท่ากับ 0.0462 และจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดด้านซ้ายเท่ากับ 0.0296 ในการทดสอบครั้งนี้ขาจับยึดกันชนด้านซ้ายไม่พบความเสียหาย ในส่วนของการแสดงผลการจำลองการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบ บริเวณที่มีความเสียหายมากที่สุดคือบริเวณกันชนรถยนต์ด้านขวาและขาจับยึดกันชนด้านขวา

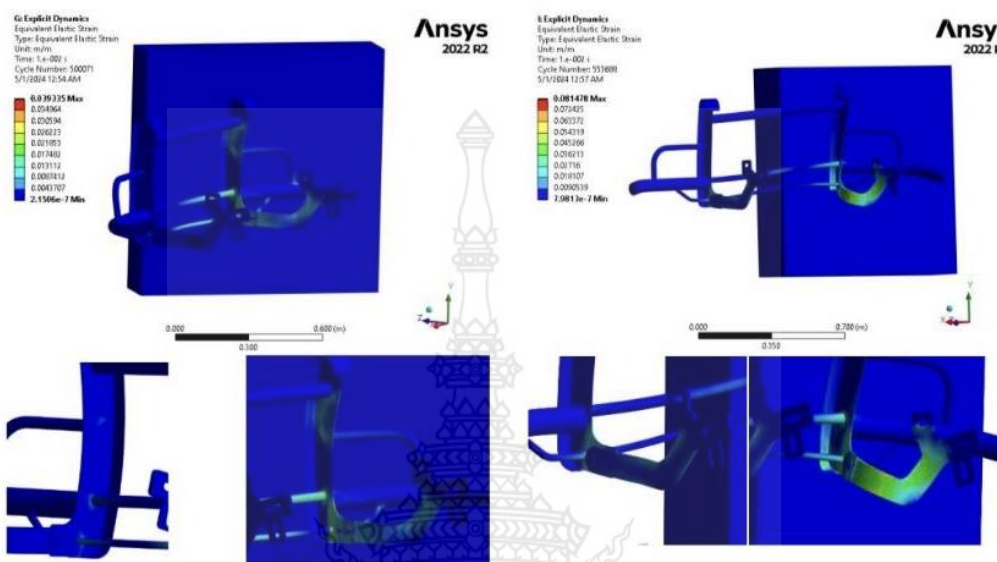
พบว่ามีการหักงอเสียรูปเนื่องจากแรงกระทำบริเวณด้านข้าง ขวามุมกันชนด้านหน้าด้านซ้ายมีการเสียหายเล็กน้อย แต่จะเห็นว่าขาจับยึดกันชนรถยนต์ด้านซ้ายไม่พบความเสียหาย



รูปที่ 1 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า

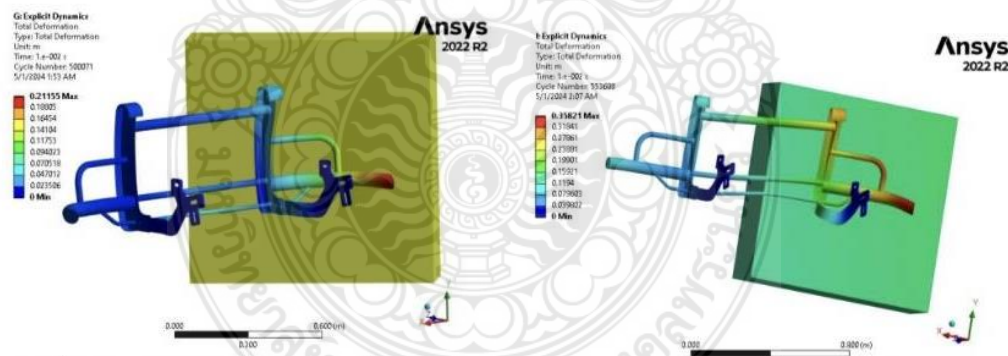


รูปที่ 2 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบ แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านหน้า



รูปที่ 3 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง

รูปที่ 5 ผลการจำลองแสดงค่า Equivalent Elastic Strain แรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า



รูปที่ 4 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำกับกันชนรถยนต์บริเวณด้านข้าง

รูปที่ 6 ผลการจำลองแสดงการเสียรูปของชิ้นงานในการทดสอบแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กระทำบริเวณกันชนรถยนต์บริเวณครึ่งขวาด้านหน้าด้านหน้า

4. อภิปรายผล

ค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในการทดสอบวิเคราะห์จะมีค่ามากที่สุดบริเวณจุดต่อกันชนรถยนต์กับจุดจับยึดเนื่องจากทั้ง



การประชุมวิชาการราชชมงคลด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

สองชิ้นนี้ไม่ได้เป็นวัสดุเนื้อเดียวกัน มีการเชื่อมต่อด้วยสกรู ทำให้แรงกระทำส่งผลทำให้ขาจับยึดเสียหายก่อนเป็นอันดับแรก

5. สรุปผลการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นและเข้าสู่ช่วงพลาสติกด้วย Explicit Dynamic ในการวิเคราะห์การชนของกันชนรถยนต์ที่มีน้ำหนักเบาด้วยวัสดุอลูมิเนียมอัลลอยด์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ได้แสดงให้เห็นว่า ความสามารถรับแรงกระแทกจะขึ้นอยู่กับการกำหนดหน้าสัมผัสระหว่างกันชนรถยนต์และจุดจับยึด ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ frictional และ bonded วัสดุที่มีแรงกระทำเทียบเท่าน้ำหนักของรถบรรทุกขนาดเล็กเท่ากับ 18000 N กับความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถสรุปผลการทดสอบการวิเคราะห์การชนด้านหน้าของกันชนรถยนต์โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าความแข็งแรงของการชนรถยนต์โดยใช้วัสดุน้ำหนักเบา มีค่าความแข็งแรงขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการทำกันชน และจุดที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงอยู่ในระดับพอใช้ได้ ทั้งนี้ต้องให้ความสำคัญในการขึ้นรูปของกันชนเพื่อให้รับแรงกระทำได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะบริเวณมุมของกันชนซึ่งพบว่าเป็นจุดที่มีความเสียหายที่ค่อนข้างมากถ้าเทียบกับบริเวณอื่น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สำหรับการสนับสนุนด้านเครื่องมือและสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบและทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Tanlak N, Sonmez FO, Senaltun M. Shape optimization of bumper beams under high-velocity impact loads. Eng Struct
- [2] Abramowicz W, Jones N. Dynamic progressive buckling of circular and square tubes. Int J Impact Eng
- [3] Nagel GM, Thambiratnam DP. A numerical study on the impact response and energy absorption of tapered thin-walled tubes.
- [4] Reddy S, Abbasi M, Fard M. Multi-cornered thin-walled sheet metal members for enhanced crashworthiness and occupant protection.
- [5] Tran TN. Crushing analysis under multiple impact loading cases for multi-cell triangular tubes.
- [6] Costas M, Diaz J, Romera L, Hernandez S. A multi-objective surrogate-based optimization of the crashworthiness of a hybrid impact absorber.
- [7] Gedikli H. Crashworthiness optimization of foam-filled tailor-welded tube using coupled finite element and smooth particle hydrodynamics method.
- [8] Zhang X, Zhang H, Wen Z. Axial crushing of tapered circular tubes with graded thickness.
- [9] Zhang X, Wen Z, Zhang H. Axial crushing and optimal design of square tubes with graded thickness.
- [10] Smerd R, Winkler S, Salisbury C, Worswick M, Lloyd D, Finn M. High strain rate tensile testing of automotive aluminum alloy sheet.
- [11] Itabashi M, Kawata K. Carbon content effect on high-strain-rate tensile properties for carbon steels.
- [12] Gedikli H, Meriç D. Energy absorption behavior of tailor-welded tapered tubes under axial impact loading using coupled FEM/SPH method.
- [13] Coelho RM, Alves de Sousa RJ, Fernandes FAO, Teixeira-Dias F. New composite liners for energy absorption purposes
- [14] Ahmad Z, Thambiratnam DP. Dynamic computer simulation and energy absorption of



การประชุมวิชาการราชชมภรณ์ด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์เทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

- foam-filled conical tubes under axial impact loading.
- [15] Zhang Z and Liu S and Tang Z, 2009, Design optimization of cross-sectional configuration of rib reinforced thin-walled beam.
- [16] Park D K, 2014, Bumper optimum design using the dynamically equivalent 300 beam under various impact conditions International Journal of Automotive Technology.
- [17] Park D K, Jang C D, Lee S B, Heo S J, Yim H J and Kim M S, 2010, Optimizing the shape of a bumper beam section considering pedestrian protection International Journal of Automotive Technology.
- [18] N K Khedkar, C R Sonawane and Satish Kumar, Impact analysis of bumper beam to be proposed for Indian passenger cars, Journal of Physics:
- [19] Zhao Liu, Jiahai Lu, Ping Zhu, Lightweight design of automotive composite bumper system using modified particle swarm optimizer,
- [20] Salim Çam, Hasan Sofuoğlu, An investigation on crashworthiness performance of adhesive bonding in automobile hybrid front bumper system subjected to high-speed impact,
- [21] Hosseinzadeh R, Shokrieh Mahmood M, Lessard L. B, Parametric study of automotive composite bumper beams subjected to low-velocity impacts.
- [22] Lee CH, Lee CK, Low Speed Impact Analysis on Aluminum Bumper. 1996
- [23] Javad Marzbanrad, Masoud Alijanpour, Mahdi Saeid Kiasat, Design and analysis of an automotive bumper beam in low-speed frontal crashes,
- [24] D. Evans, T. Morgan, Engineering thermoplastic energy absorbers for bumpers, (1999).
- [25] Neraj Natarajan, Preeti Joshi, R.K. Ty, Design improvements of vehicle bumper for low speed impact,
- [26] U. Idrees, S. Ahmad, I.A. Shah et al., Finite element analysis of car frame frontal crash using lightweight materials.
- [27] X. Wang, J. Shi, Validation of Johnson-Cook plasticity and damage model using impact experiment
- [28] Brar, N., et al., 2009, Constitutive model constants for Al7075-t651 and Al7075-t6.
- [29] Xiao Z, Fang J, Sun G, Li Q. Crashworthiness design for functionally graded foam-filled bumper beam.
- [30] F. M. John, T. Jan Arlid, S. Stian, B. Svian Morten, S. E. Lasse, and F. Haakon, "Development of material models for semi-brittle materials like tungsten carbide" (2010)
- [31] F. M. John, T. Jan Arlid, S. Stian, B. Svian Morten, S. E. Lasse, and F. Haakon, "Development of material models for semi-brittle materials like tungsten carbide" (2010)
- [32] สารานุกรม: การพัฒนาสื่อเกราะกันกระสุนแบบเกราะแข็ง. (2019, Jan 13). [Online]. Available:
- [33] Wang T, Li Y. Design and analysis of automotive carbon fiber composite bumper beam based on finite element analysis.
- [34] ชัยวัฒน์ ไชยมหาพฤกษ์, "แผนเกราะเซรามิกกันกระสุนด้วยวัสดุเชิงประกอบ," วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การประชุมวิชาการราชชมภรณ์ด้านเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 9
1-3 พฤษภาคม 2567 ณ โรงแรม เซอร์วิเทจ เชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

- [35] Steinberg D.J. LLNL., "Equation of State and Strength Properties of Selected Materials," Feb. 1991.

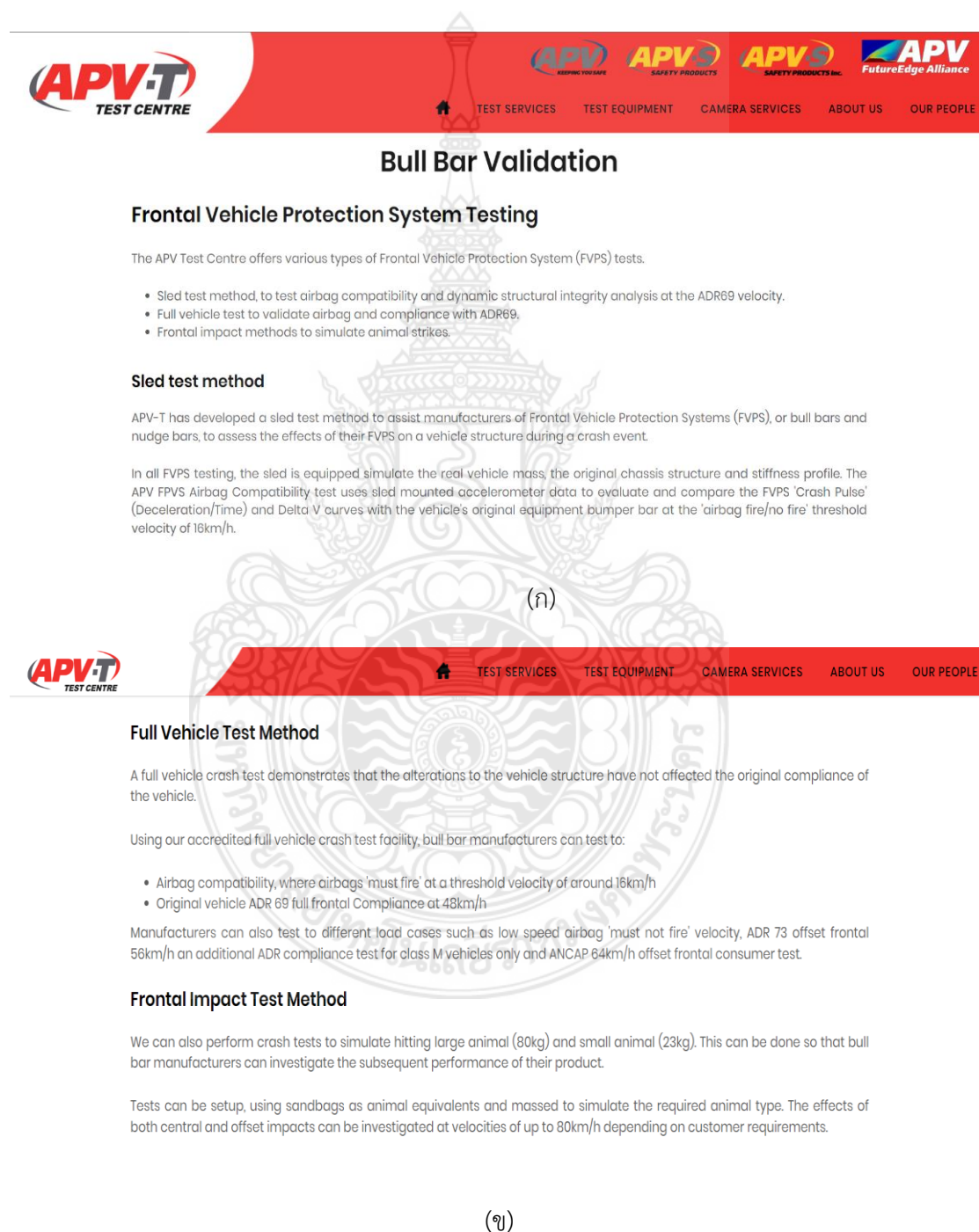


ภาคผนวก ค

มาตรฐานความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ



ในการทดสอบการชนของกันชนรถยนต์ มาตรฐานความเร็วที่ใช้ในการทดสอบคือ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 13.33 เมตรต่อวินาที โดยในการทดสอบในความเร็วที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 13.33 เมตรต่อวินาทีนั้นเป็นความเร็วตั้งต้น ในการทดสอบผู้พัฒนาหรือผู้ทดสอบสามารถ กำหนดค่าความเร็วให้มากกว่าค่ามาตรฐานเพื่อทดสอบความสามารถในการรับแรงกระแทกที่มากขึ้น ของชิ้นงาน [64]



The screenshot displays the APV-T Test Centre website. The header features the APV-T logo and navigation links: TEST SERVICES, TEST EQUIPMENT, CAMERA SERVICES, ABOUT US, and OUR PEOPLE. The main content area is titled "Bull Bar Validation" and "Frontal Vehicle Protection System Testing". It describes the APV Test Centre's offerings for Frontal Vehicle Protection System (FVPS) tests, including sled test methods, full vehicle tests, and frontal impact methods. A section titled "Sled test method" details the development of a sled test method to assist manufacturers of FVPS, bull bars, and nudge bars. It mentions that the sled is equipped to simulate the real vehicle mass, original chassis structure, and stiffness profile. The APV FVPS Airbag Compatibility test uses sled-mounted accelerometer data to evaluate and compare the FVPS 'Crash Pulse' (Deceleration/Time) and Delta V curves with the vehicle's original equipment bumper bar at the 'airbag fire/no fire' threshold velocity of 16km/h. Below this, there is a section for "Full Vehicle Test Method" which states that a full vehicle crash test demonstrates that alterations to the vehicle structure have not affected the original compliance of the vehicle. It mentions that using the accredited full vehicle crash test facility, bull bar manufacturers can test to: Airbag compatibility, where airbags 'must fire' at a threshold velocity of around 16km/h, and Original vehicle ADR 69 full frontal Compliance at 48km/h. It also notes that manufacturers can test to different load cases such as low speed airbag 'must not fire' velocity, ADR 73 offset frontal 56km/h an additional ADR compliance test for class M vehicles only and ANCAP 64km/h offset frontal consumer test. Finally, a section titled "Frontal Impact Test Method" states that they can also perform crash tests to simulate hitting large animal (80kg) and small animal (23kg). This can be done so that bull bar manufacturers can investigate the subsequent performance of their product. It also mentions that tests can be setup, using sandbags as animal equivalents and massed to simulate the required animal type. The effects of both central and offset impacts can be investigated at velocities of up to 80km/h depending on customer requirements.

(ก)

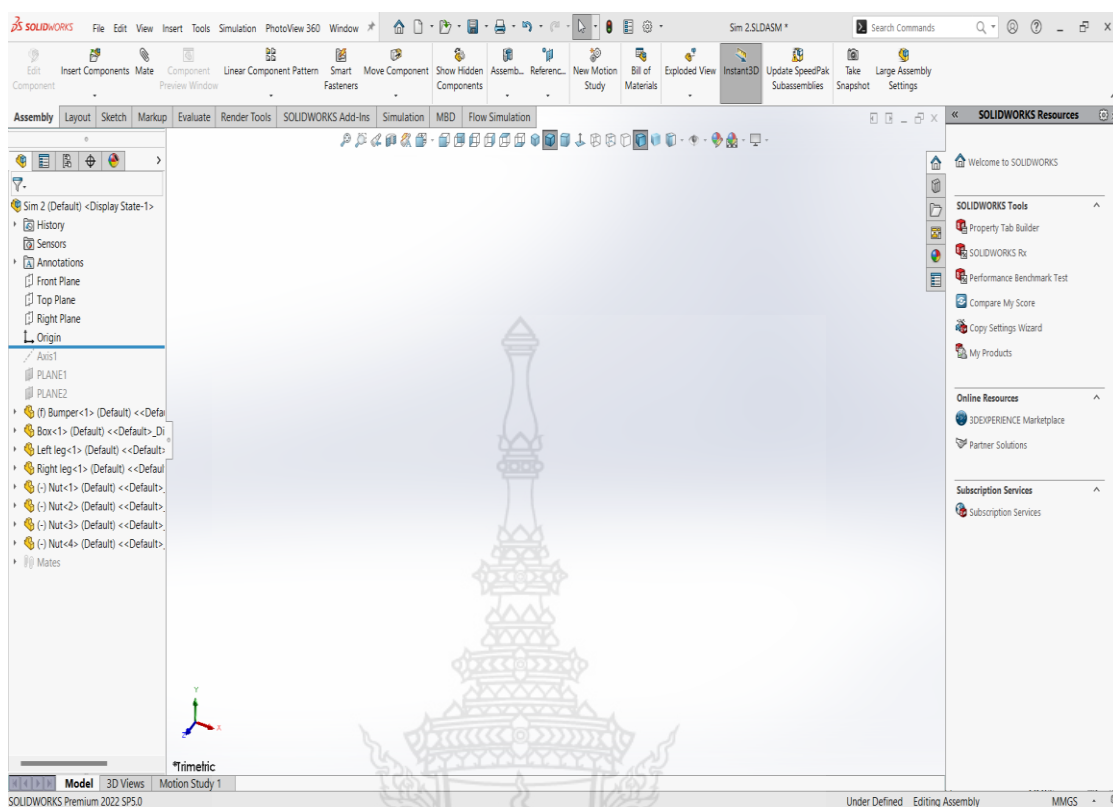
(ข)

รูปที่ ค-1 เว็บไซต์ที่มาความเร็วมาตรฐานในการทดสอบกันชนรถยนต์

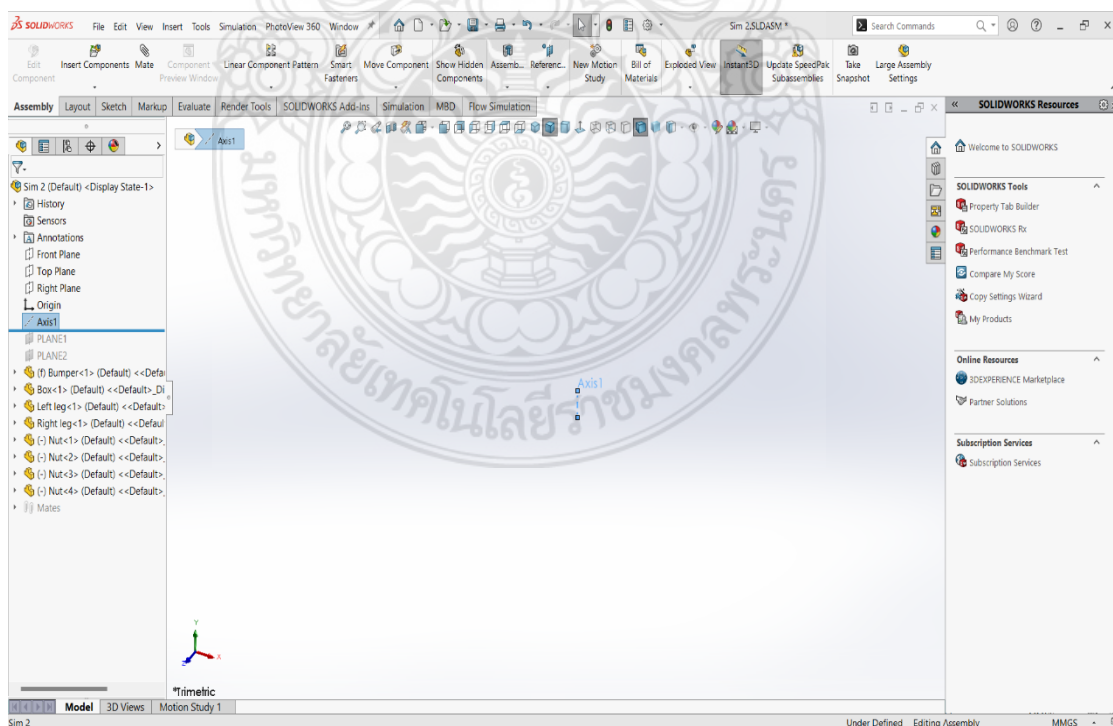
ภาคผนวก ง

การขึ้นโมเดลสามมิติด้วยโปรแกรม SolidWork 2022

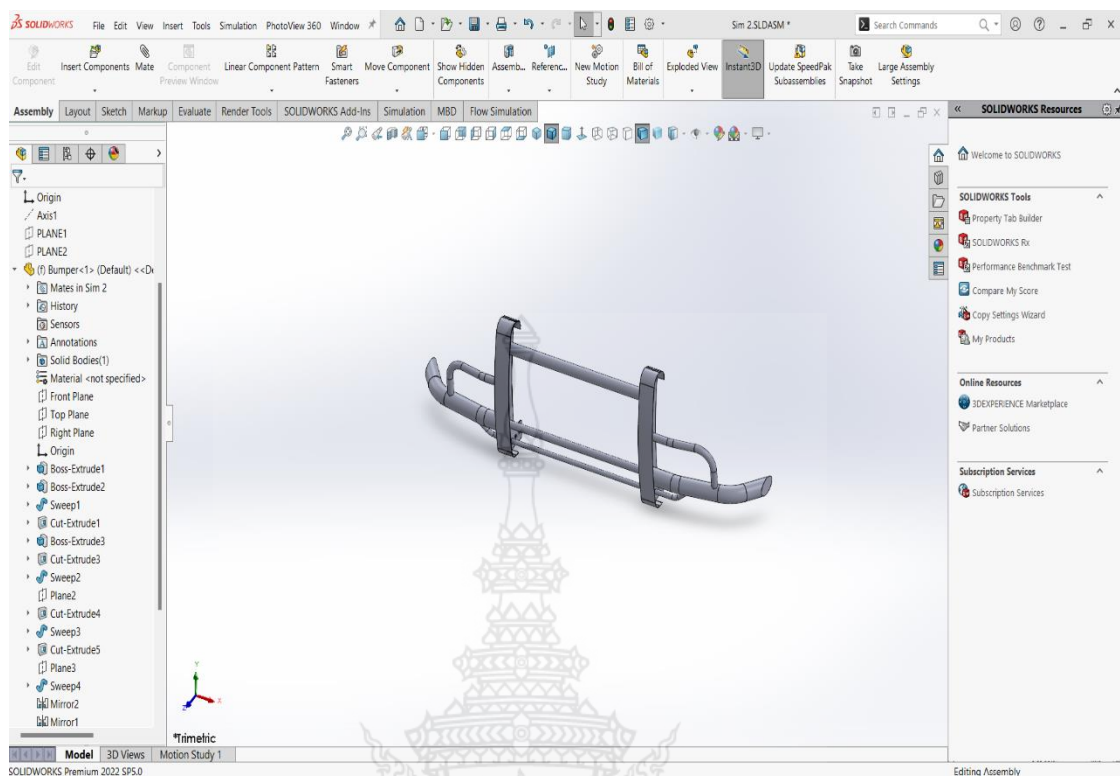




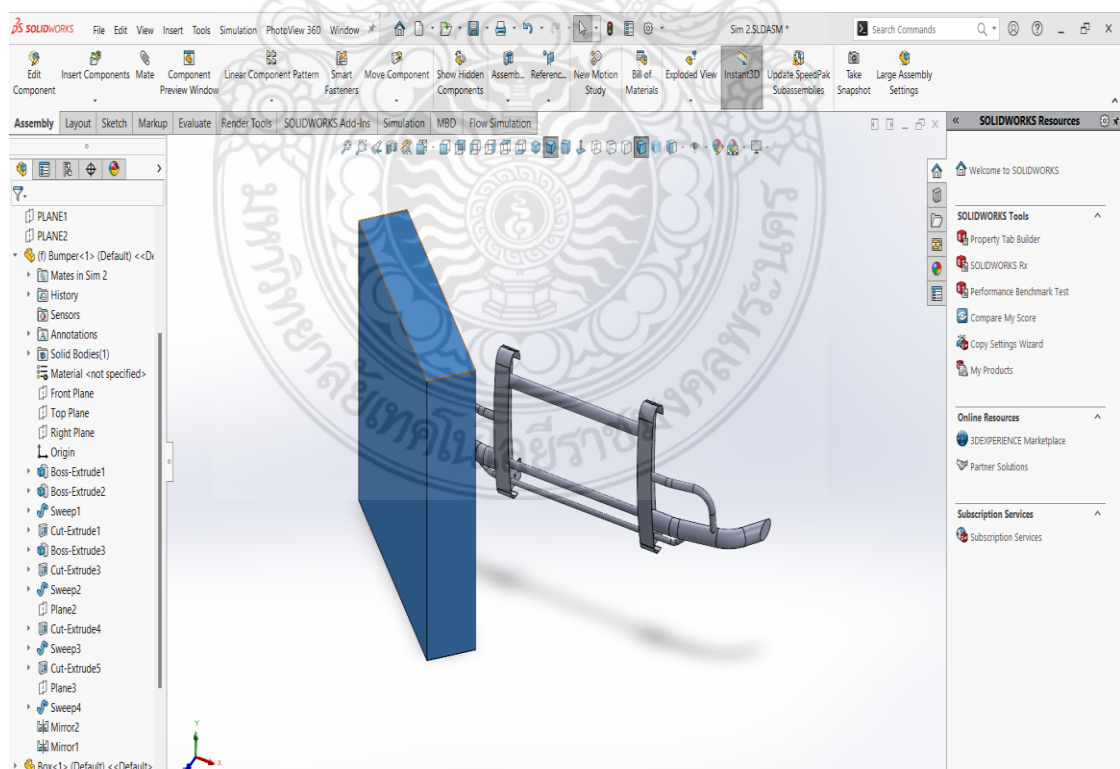
รูปที่ ง-1 หน้าต่างการเริ่มต้นกระบวนการทำงานในการขึ้นรูปโมเดลสามมิติ



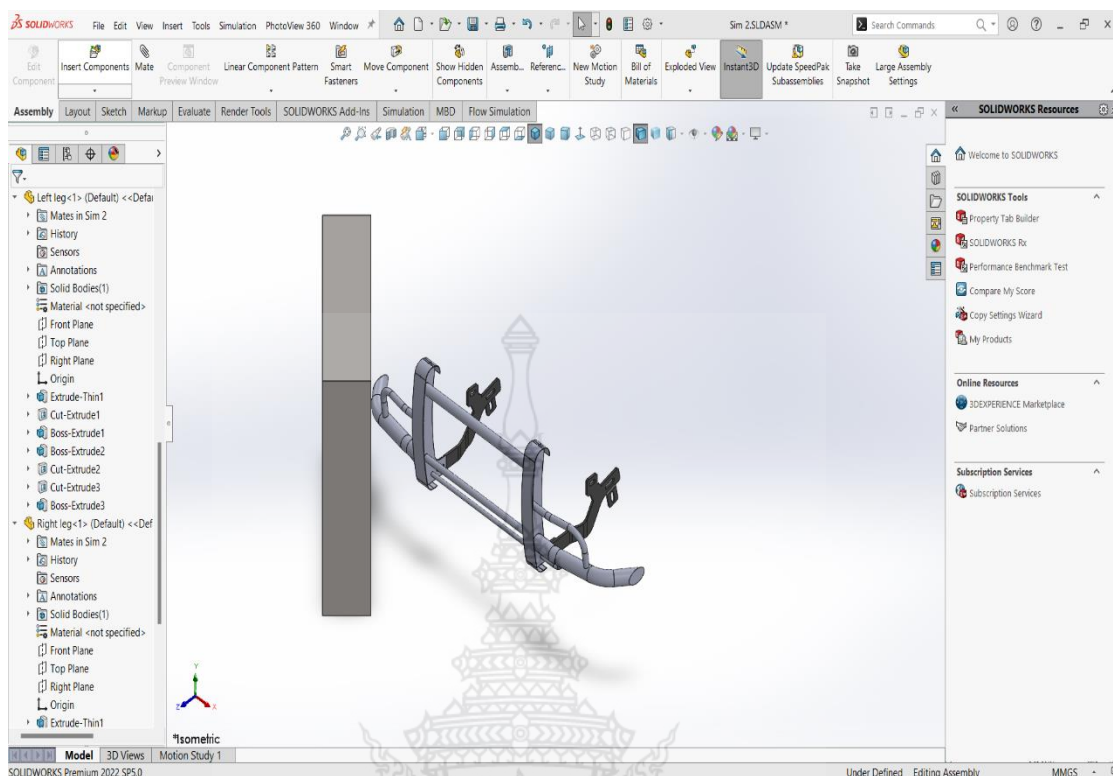
รูปที่ ง-2 ขั้นตอนแรกเป็นการเลือก Plane เพื่อเป็นหน้ากระดานแสดงการขึ้นรูป



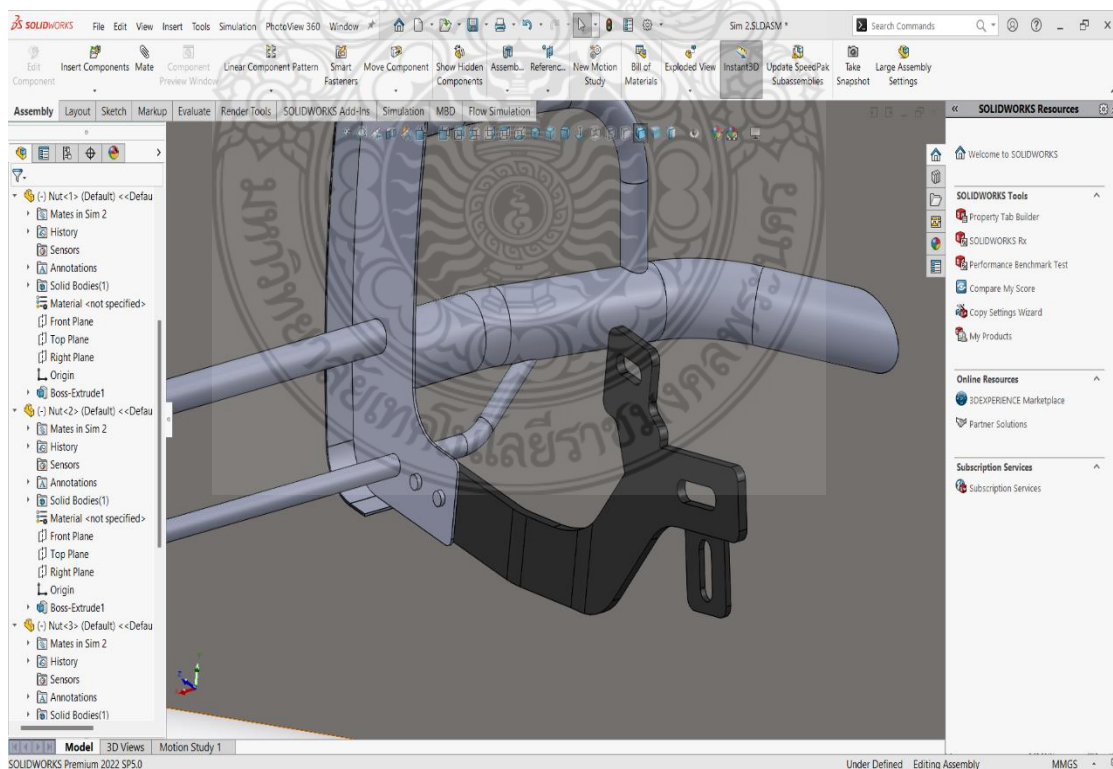
รูปที่ ง-3 ขึ้นรูปโมเดลกันชนรถยนต์สามมิติ



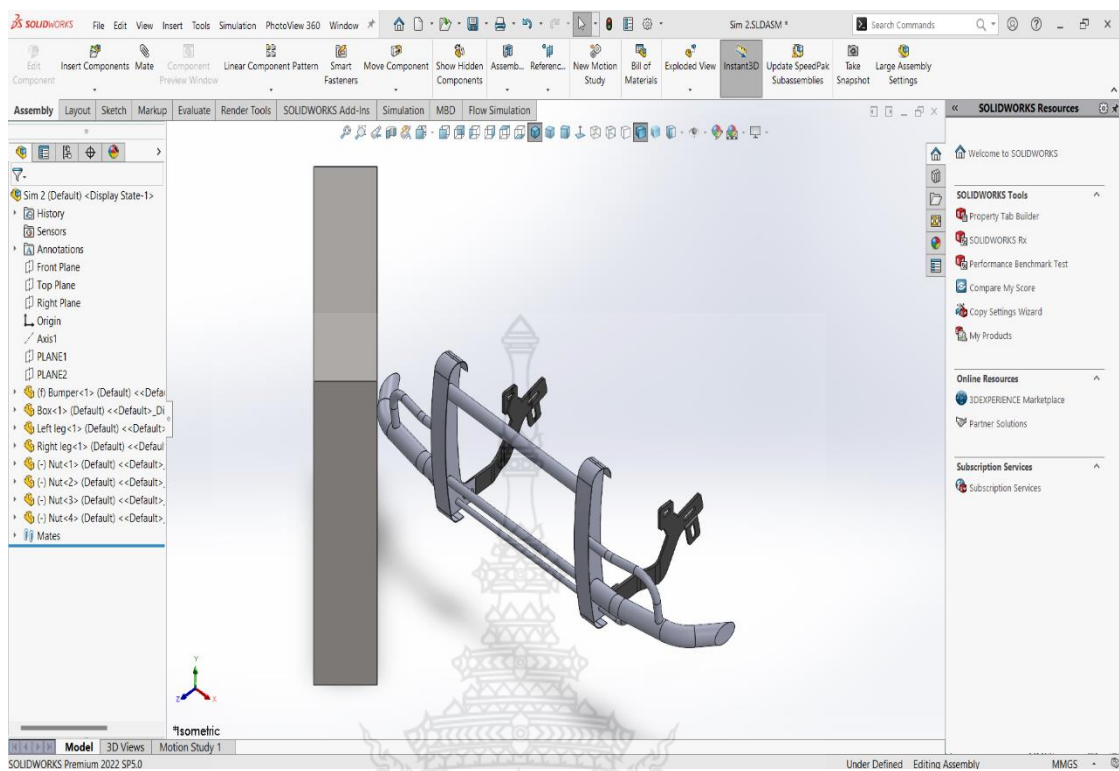
รูปที่ ง-4 ขึ้นรูปโมเดลชิ้นงานแรงกระแทกเทียบเท่ากับรถบรรทุกขนาดเล็ก (รถปิกอัพ)



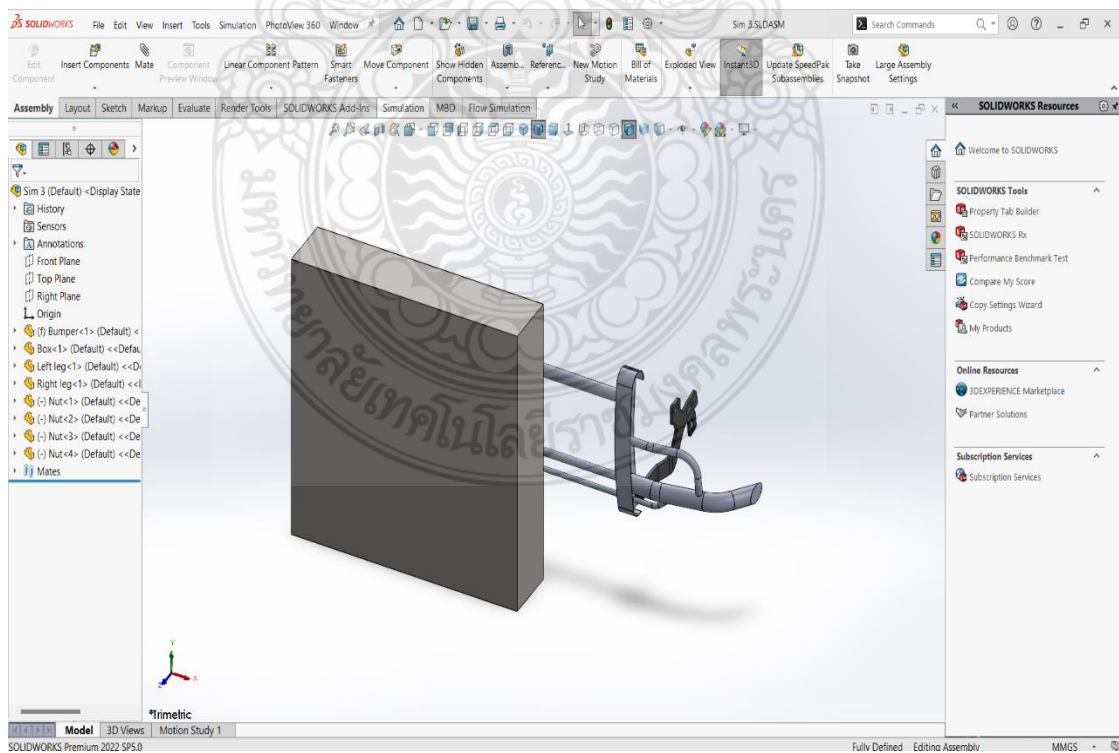
รูปที่ ง-5 ขึ้นรูปชิ้นงานโมเดลขากันชนรถยนต์



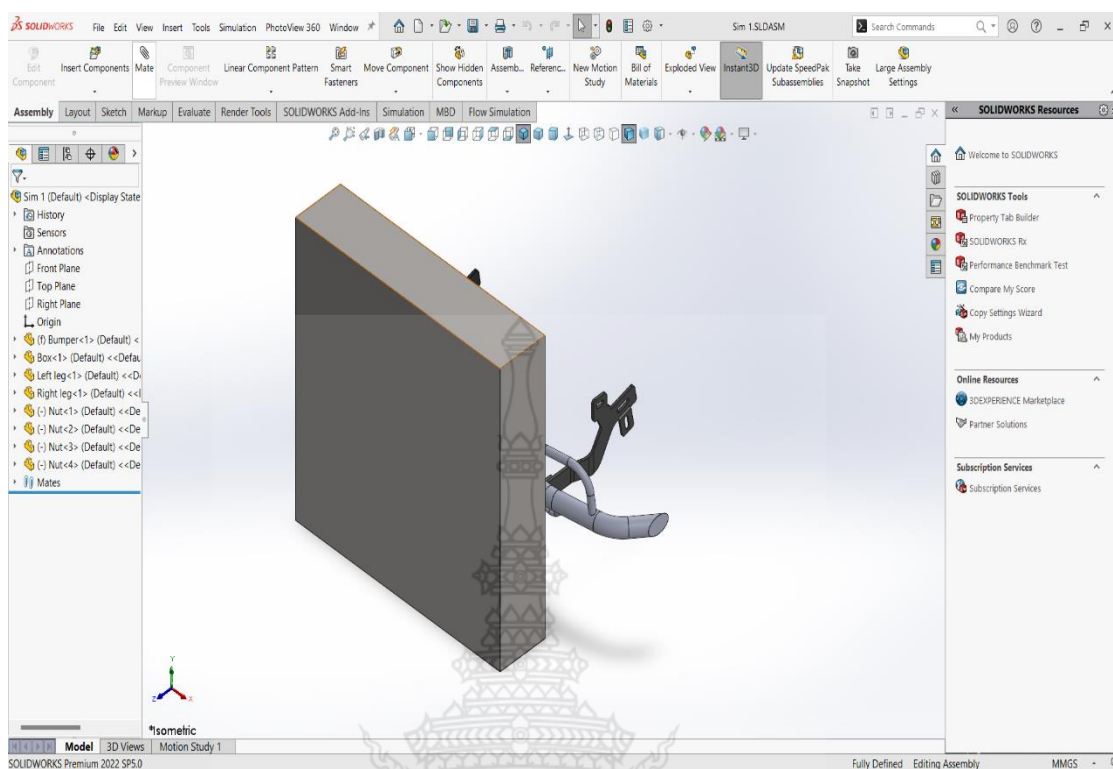
รูปที่ ง-6 ขึ้นรูปชิ้นงานโมเดลจุดจับยึดกันชนรถยนต์



รูปที่ ง-7 ชิ้นงานโมเดลกันชนรถยนต์สามมิติแบบขนด้านข้าง



รูปที่ ง-8 ชิ้นงานโมเดลกันชนรถยนต์สามมิติแบบขนด้านหน้าครึ่งหน้าด้านขวา



รูปที่ ง-9 ชิ้นงานโมเดลกันชนรถยนต์สามมิติแบบขนด้านหน้าเต็มหน้า

ประวัติการศึกษาและการทำงาน



ชื่อ นามสกุล นาย พีรัชชัย กระจ่างสด
 วัน เดือน ปีเกิด 3 กรกฎาคม 2540
 ภูมิลำเนา 124/16 ม.1 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.บ้านกลาง อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนจำอากาศ	2560
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคโนโลยีปทุมธานี	2562
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยปทุมธานี	2565

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

- ช่างอากาศยาน

ฝ่ายซ่อมอากาศยานและเครื่องยนต์ แผนกช่างอากาศ กองเทคนิค กองบิน 6 กองทัพอากาศ
 171 ถนนพหลโยธิน แขวงสนามบิน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210