



การพัฒนาระบบช่วงล่าง ระบบเบรก แชลซีและตัวถัง
ของรถไฟฟ้าสูตรนักศึกษา

THE DEVELOPMENT OF SUSPENSION SYSTEM BRAKE SYSTEM
FRAME AND BODY FOR ELECTRIC FORMULA STUDENT

Kroekkiat Prommoom

เกริกเกียรติ พร้อมมูล

Thotrakoon Piengpeng

ต่อตระกูล เปลี่ยนเพ็ง

Piyasak Khunburi

ปิยศักดิ์ ขุนบุรี

Kittiphong Praphong

กิตติพงษ์ ประพงษ์

Nattaphon Jantayod

ณัฐพล จันทะยอด

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาาระบบช่วงล่าง ระบบเบรก แซสซีและตัวถัง
ของรถไฟฟ้าสูตรนักศึกษา

THE DEVELOPMENT OF SUSPENSION SYSTEM BRAKE SYSTEM
FRAME AND BODY FOR ELECTRIC FORMULA STUDENT

Kroekkiat Prommoon

เกริกเกียรติ พร้อมมูล

Thotrakoon Piengpeng

ต่อตระกูล เปลี่ยนเพ็ง

Piyasak Khunburi

ปิยศักดิ์ ขุนบุรี

Kittiphong Praphong

กิตติพงษ์ ประพงษ์

Nattaphon Jantayod

นัฐพล จันทะยอด

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF SUSPENSION SYSTEM BEAKE SYSTEM
FRAME AND BODY FOR ELECTRIC FORMULA STUDENT



Kroekkiat Prommoon

Thotrakoon Piengpeng

Piyasak Khunburi

Kittiphong Praphong

Nattaphon Jantayod

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN XXXX ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาระบบช่วงล่าง ระบบเบรก แชนซีและตัวถังของรถไฟฟ้าสูตรนักศึกษา
PROJECT TITLE THE DEVELOPMENT OF SUSPENSION SYSTEM BEAKE SYSTEM
FRAME AND BODY FOR ELECTRIC FORMULA STUDENT
ชื่อนักศึกษา นายเกริกเกียรติ พร้อมมูล รหัสประจำตัว 62201028
นายต่อตระกูล เปลี่ยนเพ็ง รหัสประจำตัว 62201053
นายปิยศักดิ์ ขุนบุรี รหัสประจำตัว 62201066
นายกิตติพงศ์ ประพงษ์ รหัสประจำตัว 63201220
นายณัฐพล จันทะยอด รหัสประจำตัว 63201226
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล
ปริญญาานิพนธ์ รศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์
ผศ.ดร.บุญยภัทร ภูมิภาค

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศิระ	สายศร	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ดิษฐพร	ตุงโสธานนท์	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.อดิเรก	สุริยะวงศ์	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.บุญยภัทร	ภูมิภาค	อาจารย์ที่ปรึกษา	
รศ.ดร.ปัญญา	แดงวิไลลักษณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา	
ผศ.ดร.ปราโมทย์	กุศล	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 2 มิถุนายน 2566

สถานที่สอบ ห้องสอบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาระบบช่วงล่าง ระบบเบรก แชสซีและตัวถังของรถไฟฟ้า สูตรนักศึกษา	
ชื่อนักศึกษา	นายเกริกเกียรติ พร้อมมูล	รหัสประจำตัว 62201028
	นายต่อตระกูล เปลียนเพ็ง	รหัสประจำตัว 62201053
	นายปิยศักดิ์ ขุนบุรี	รหัสประจำตัว 62201066
	นายกิตติพงษ์ ประพงษ์	รหัสประจำตัว 63201220
	นายณัฐพล จันทะยอด	รหัสประจำตัว 63201226
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	
ปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	
	ผศ.ดร.ปุณยภัทร ภูมิภาค	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษ ออกแบบระบบช่วงล่าง และสร้างรถสูตรนักศึกษาประเภทรถไฟฟ้า ให้เป็นไปตามกฎการแข่งขันใน TSAE Auto Challenge Formula Student และเพื่อทำการศึกษการกระจายน้ำหนักของตัวรถไปยังล้อทั้ง 4 ล้อ ให้มีความสมดุลของตัวรถ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักทั้ง 4 ตัว ในการชั่งน้ำหนักแต่ละล้อตัวรถ หรือเรียกว่า Weight Balance เพื่อกระจายแรงไปทั้ง 4 ล้อ โดยมีการปรับแต่งช่วงล่างเพื่อให้น้ำหนักแต่ละล้อเท่ากัน หรือใกล้เคียงเหมาะสมกันมากที่สุด และเพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าแรงดันลมยางที่มีผลต่อการกระจายน้ำหนักของรถ โดยวัดผลการทดสอบจากเวลาในสนามแข่งขัน Acceleration และ Skidpad แล้ววัดค่าแรงดันลมยาง ในเวลาที่ดีที่สุด และเพื่อศึกษาความแตกต่างองศาการเอียงของตัวรถ โดยทำการทดสอบการเอียงของตัวรถ เพื่อดูความแข็งแรงของระบบช่วงล่าง ในขณะตัวรถเอียง และเพื่อพัฒนาระบบเบรกของล้อให้สามารถเบรกพร้อมกันได้ทั้ง 4 ล้อ โดยทำการทดสอบจากระยะการเบรก ว่าระยะทางการเบรกของรอยยางรถว่ามีความยาวมาก-น้อย เท่าไหร่แล้วทำการปรับแต่งระยะการเบรก โดยจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบต่างๆของรถ สามารถทำงานได้ตามกฎการแข่งขันใน TSAE Auto Challenge Student Formula และสามารถขับเคลื่อนได้

คำสำคัญ : รถสูตรไฟฟ้านักศึกษา ระบบช่วงล่าง ระบบเบรก แชสซี และ ตัวถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	THE DEVELOPMENT OF SUSPENSION SYSTEM BEAKE SYSTEM FRAME AND BODY FOR ELECTRIC FORMULA STUDENT		
Student	Kroekkiat	Prommoon	Student ID 62201028
	Thotrakoon	Piengnpeng	Student ID 62201053
	Piyasak	Khunburi	Student ID 62201066
	Kittiphong	Praphong	Student ID 63201220
	Nattaphon	Jantayod	Student ID 63201226
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Mechanical Engineering		
Project Advisor	Asst.Prof.Dr. Pramote Kusol		
	Assoc. Prof.Dr. Panya Dangwilaiiux		
	Asst. Prof. Dr. Punyapat Phumipak		

ABSTRACT

This Bachelor's degree project presents the study suspension system design and create a formula car for students in the electric vehicle type Follow the competition rules in the TSAE Auto Challenge Formula Student. And to study the weight distribution of the car to all 4 wheels to balance the car. Using all 4 weighing scales to weigh each wheel of the car, known as "Weight Balance" to distribute force to all 4 wheels, with shock adjustments to make each wheel equal weight or closest to the most appropriate. And to study the difference in tire pressure that affects the weight distribution of the car. By measuring the test results from the time in the racetrack, Acceleration and Skidpad, and measuring the tire pressure. at the most appropriate time. And to study the different degrees of inclination of the car by testing the inclination of the car to see the strength of the suspension system while the car is tilted. And to develop the braking system of the wheels to be able to brake at the same time on all 4 wheels by testing from the braking distance that the braking distance of the tire marks is longer - less How much and adjust the braking distance. The experiment shows that the various systems of the car. It can operate according to the race rules in the TSAE Auto Challenge Student Formula and can be driven.

Keywords: Formula Student Electrical Vehicle, Suspension system, Brake system , Frame and Body

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ รศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ และผศ.ดร.ปณณภัทร ภูมิภาค กุศล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ ผศ.ดร.อดิเรก สุริยวงค์ และรศ.ดร.ศิระ สายศร ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะและข้อมูลที่ทำให้เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณชมรมยานยนต์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้คำปรึกษาและเทคนิคต่างๆ ในการเก็บผลวิจัยรวมถึงสถานที่ในการทำงาน ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่สำหรับการดำเนินงานการทำและทดลอง ขอขอบคุณ อู่ช่างแจ๊คบางหญ้าแพรก ที่ในการสนับสนุนรถสำหรับการขนย้ายรถแข่งไปยังสนามปทุมธานีสปีดเวย์ และขอขอบคุณบริษัทอัลฟาคอมโพลีชั่น จำกัด บริษัทโตชิน บริษัทTE Connectivity Distribution (Thailand) บริษัท ECUSHOP บริษัท NEXZTER และบริษัท SIAMMACROBANGKOK.CO.,LTD ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ชิ้นส่วนรถ

ขอขอบคุณพระคุณบิดามารดาที่สนับสนุนทุนทรัพย์ตลอดมาในการศึกษาและการเป็นอยู่ เพื่อนร่วมรุ่นทุกท่านและช่างเทคนิคสาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเกษตรในการช่วยเหลือการทำงาน ตลอดจนบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่คอยให้การสนับสนุนให้กำลังใจ และคำปรึกษาเสมอมา

เกริกเกียรติ พร้อมมูล
ต่อตระกูล เปลี่ยนเพ็ง
ปิยศักดิ์ ขุนบุรี
กิตติพงศ์ ประพงษ์
ณัฐพล จันทะยอด
02 / 07 / 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 หลักการใช้ลมยางในสนามแข่งขัน	5
2.1.1.1 แรงดันลมยางสำหรับสนามแข่งขัน Skidpad	5
2.1.1.2 แรงดันลมยางสำหรับสนามแข่งขัน Accerelation	5
2.1.1.3 แรงดันลมยางที่อุณหภูมิที่ใช้งาน	5
2.1.2 ชนิดของยาง	6
2.1.2.1 ยางเรเดียล (Radial)	6
2.1.2.2 ยางสลิค (Slick)	6
2.1.3 แรงดันลมยาง	7
2.1.3.1 แรงดันลมยางสูงเกินไป	7
2.1.3.2 แรงดันลมยางที่พอดีกับการใช้งาน	7
2.1.3.3 แรงดันลมยางต่ำเกินไป	8
2.1.4 การกระจายน้ำหนัก	8
2.1.5 ตัวแปรพื้นฐานของระบบช่วงล่างและส่วนประกอบของล้อ	10
2.1.5.1 มุมแคมเบอร์ (Camber Angle)	10
2.1.5.2 มุมแคสเตอร์ (Caster Angle)	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.5.3 มุมโทอิน (Toe-in Angle)	11
2.1.5.4 มุมโทเอาท์ (Toe-out Angle)	11
2.1.5.5 Shock & Dampers	12
2.1.6 การทดสอบการเอียงของรถ	13
2.1.7 แรงต้านทานของล้อ	13
2.1.8 ระบบเบรก (Brake system)	14
2.1.8.1 ระบบเบรก	14
2.1.8.2 ระยะเวลาเบรกของรถ	15
2.1.9 การไหลของอากาศทั้งหมดรอบตัวรถ	15
2.1.9.1 Ground Effects	15
2.1.9.2 The Entire Flow around the Vehicle	15
2.1.10 Front Wing (FW)	16
2.1.10.1 Effect of FW Downforce and Consequent Upwash	17
2.1.10.2 FW Tip Vortex and Ties	17
2.1.11 Rear Wing (RW)	19
2.1.11.1 RW with Raised Tips	19
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานและอุปกรณ์	23
3.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ	23
3.1.1 โครงรถ	23
3.1.2 TRACK (Fr) ความกว้างส่วนด้านหน้า	23
3.1.3 TRACK (Rr) ความกว้างส่วนด้านหลัง	24
3.1.4 WHEELBASE ช่วงระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลัง	24
3.2 การออกแบบ	24
3.2.1 การออกแบบระบบช่วงล่าง	24
3.2.2 การออกแบบระบบเบรก	25
3.2.3 การออกแบบโครงสร้าง	26
3.2.4 การออกแบบตัวถัง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บผล	29
3.3.1 เกจวัดลมยาง	29
3.3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer)	29
3.3.3 นาฬิกาจับเวลา (Timer)	30
3.3.4 ตาชั่งดิจิตอล	30
3.3.5 เครื่องวัดระดับเลเซอร์ (Laser Level)	31
3.3.6 ระดับน้ำแบบจานองศา (Ebisu Diamond Level)	31
3.3.7 แท่นระดับ	32
3.3.7 แท่นทดสอบการเอียงตัวของรถ	33
3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการ	33
3.5 ขั้นตอนการทดสอบ	34
3.5.1 การทดสอบการเอียงของรถแข่ง	34
3.5.2 การทดสอบการกระจายน้ำหนักของรถแข่ง	36
3.5.3 การทดสอบผลระยะเบรกของรถ	37
3.5.4 การทดสอบความแตกต่างของลมยางในสนามสกิดแพดและสนามทางตรง	39
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	42
4.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	42
4.1.1 ทดสอบองศาการเอียงของตัวรถ	42
4.1.2 ทดสอบการกระจายน้ำหนักของรถทั้ง 4 ล้อ	43
4.1.3 ทดสอบระบบเบรก	44
4.1.4 ทดสอบค่าแรงดันลมยางและอุณหภูมิในสนาม Skidpad	45
4.1.5 ทดสอบค่าแรงดันลมยางและอุณหภูมิในสนาม Accerelation	45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผล	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	53
ประวัติผู้เขียน	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างชุดทดลองพร้อมเก็บผล	4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการออกแบบและสร้างชุดการทดลองพร้อมเก็บผล	3
2.1	โครงสร้างของเนื้อยางเรเดียล	6
2.2	ยางสลิกที่ใช้ในการแข่งแตร็ก	6
2.3	สติ๊กเกอร์แสดงแรงดันลมที่เหมาะสม	7
2.4	ความแตกต่างของผิวหน้ายางที่ยึดเกาะถนน	8
2.5	Oversteer กับ Understeer	9
2.6	Countersteer (Drift)	9
2.7	ลักษณะแคมเบอร์ (+) และแคมเบอร์ (-)	10
2.8	ลักษณะของมุมแคสเตอร์	11
2.9	ลักษณะของมุม Toe-in และ Toe-out	12
2.10	การทดสอบการเอียงของรถ	13
2.11	องค์ประกอบระบบเบรกไฮดรอลิก	14
2.12	ระยะการเบรกที่ปลอดภัย	15
2.13	2D ground effects	16
2.14	3D ground effects	16
2.15	Ideal chassis circulation	16
2.16	Surface static pressure	16
2.17	Front wing	17
2.18	Suspension stall (C_pT , $Y=300$ mm)	17
2.19	Tire LE separation wake	18
2.20	FWEP and tire vortices	18
2.21	FW upwash deflection	19
2.22	Effect of bunny ears	19
2.23	Upwash by tip vortices	20
2.24	Inflow angle for RW	20
2.25	C_p total around RW	20
3.1	โครงสร้างของรถ Formula EV Student	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า	
3.2	ความกว้างส่วนด้านหน้า	23
3.3	ความกว้างส่วนด้านหลัง	24
3.4	ช่วงระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลัง	24
3.5	ระบบช่วงล่าง	25
3.6	วงจรรระบบเบรก	26
3.7	โครงสร้างหลักของรถอ้างอิงตามกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2022 Student Formula EV	26
3.8	ผลการจำลองการออกแบบโครงสร้างรถ โดยใช้โปรแกรม Solidworks Simulation	27
3.9	ส่วนประกอบของตัวถัง	28
3.10	การจำลองการไหลของอากาศ	29
3.11	เกจวัดลมยาง	29
3.12	เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer)	30
3.13	นาฬิกาจับเวลา (Timer)	30
3.14	ตาชั่งดิจิตอล	31
3.15	เครื่องวัดระดับเลเซอร์ (Laser level)	31
3.16	ระดับน้ำแบบจานองศา	32
3.17	แท่นระดับ	32
3.18	แท่นทดสอบการเอียงของรถ	33
3.19	การปรับแต่งระบบช่วงล่าง	33
3.20	การทดสอบการเอียง	34
3.21	จัดเตรียมแท่นทดสอบการเอียง	34
3.22	ติดตั้งระดับน้ำจานองศาที่แท่นทดสอบการเอียง	35
3.23	นำรถแข่งขันขึ้นแท่นทดสอบการเอียง	35
3.24	ทำการยกแม่แรงขึ้น	36
3.25	ติดตั้งเครื่องวัดระดับเลเซอร์และแท่นระดับ	36
3.26	ติดตั้งตาชั่งดิจิตอลบนแท่นระดับ	37
3.27	นำรถแข่งวางไว้บนตาชั่งดิจิตอลเพื่อชั่งน้ำหนักตัวรถ	37
3.28	จัดเตรียมช่องทางระยะเบรก	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า	
3.29	นำรถแข่งจอดที่จุดปล่อยตัว	38
3.30	วัดอุณหภูมิงานเบรก	39
3.31	สนามสกีคแพด (Skid Pad)	39
3.32	สนามทางตรง (Acceleration)	40
3.33	นำรถจอดที่จุดปล่อยตัว	40
3.34	วัดอุณหภูมิของยาง	41
3.35	วัดลมยางทั้งสี่ล้อ	41
4.1	ตารางทดสอบองศาการเอียงตัวของตัวรถ	42
4.2	แสดงค่าการกระจายน้ำหนักของรถทั้ง 4 ล้อ	43
4.3	แสดงค่ากราฟการทดสอบระยะทางการเบรกของรถ และค่าอุณหภูมิงานเบรก	44
4.4	แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยาง 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าเวลาเฉลี่ยที่วิ่งได้	45
4.5	แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยาง 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความ แตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยของล้อ	46
4.6	แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าเวลา เฉลี่ยที่วิ่งได้	47
4.7	แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความ แตกต่างของอุณหภูมิมียางเฉลี่ย	48
4.8	แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จับค่าความ เร็วเฉลี่ย	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องด้วยในปัจจุบัน หลักสูตรวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์และขบวนการยานยนต์ลาดกระบังชุมพร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้มีการส่งเสริมแข่งเข้าร่วมแข่งขันในรายการ TSAE Auto Challenge Student Formula การแข่งรายการนี้จะมีการแข่งขันทางด้านความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในด้านต่างๆ ความรู้ ทางด้านวิศวกรรม ทักษะการแข่งขันรถ ความพร้อมของทีม แผนการตลาดของทีม รวมถึงการแสดงศักยภาพด้านการทำงานเป็นทีมในด้านต่างๆ ที่จะถูกนำมาใช้ในการแข่งขันรถ Formula ที่เข้าร่วมการแข่งขันจัดทำโดยนักศึกษา ทั้งการออกแบบและจัดสร้างในรูปแบบเช่นเดียวกับรถแข่งซึ่งต้องอ้างอิงตามกฎการออกแบบของ TSAE Formula ที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย ซึ่งรายการแข่งขันนี้จัดขึ้นครั้งแรกในปี 2005 และยังมีจัดการแข่งขันขึ้นทุกปี โดยในปี 2020 ทางทีมได้ส่งรถสูตรประเภทไฟฟ้า (Electric Vehicle) เข้าร่วมแข่งขันและได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 ในประเภทยานยนต์ไฟฟ้า ทางทีมประสบปัญหาในเรื่องน้ำหนักของตัวรถที่มากเกินไป ทางทีมของเราจึงสร้างแชสซีรถขึ้นมาใหม่รวมถึงพัฒนาระบบช่วงล่างและระบบเบรก ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการแข่งขันในปี 2023

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อพัฒนาองศาการเอียงตัวของรถให้เป็นไปตามกฎการแข่งขันของ TSAE Auto Challenge Student Formula

1.2.2 เพื่อพัฒนาการกระจายน้ำหนักของรถทั้ง 4 ล้อ ให้มีความสมดุลมากที่สุด

1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบเบรกของรถให้สามารถใช้เวลาเบรกถึงจุดหยุดนิ่ง ให้เป็นไปตามกฎของการแข่งขัน TSAE Auto Challenge Student Formula

1.2.4 เพื่อศึกษาผลกระทบความแตกต่างของค่าแรงดันลมยาง ของรูปแบบสนามแข่งขันแบบ Acceleration และ Skid Pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

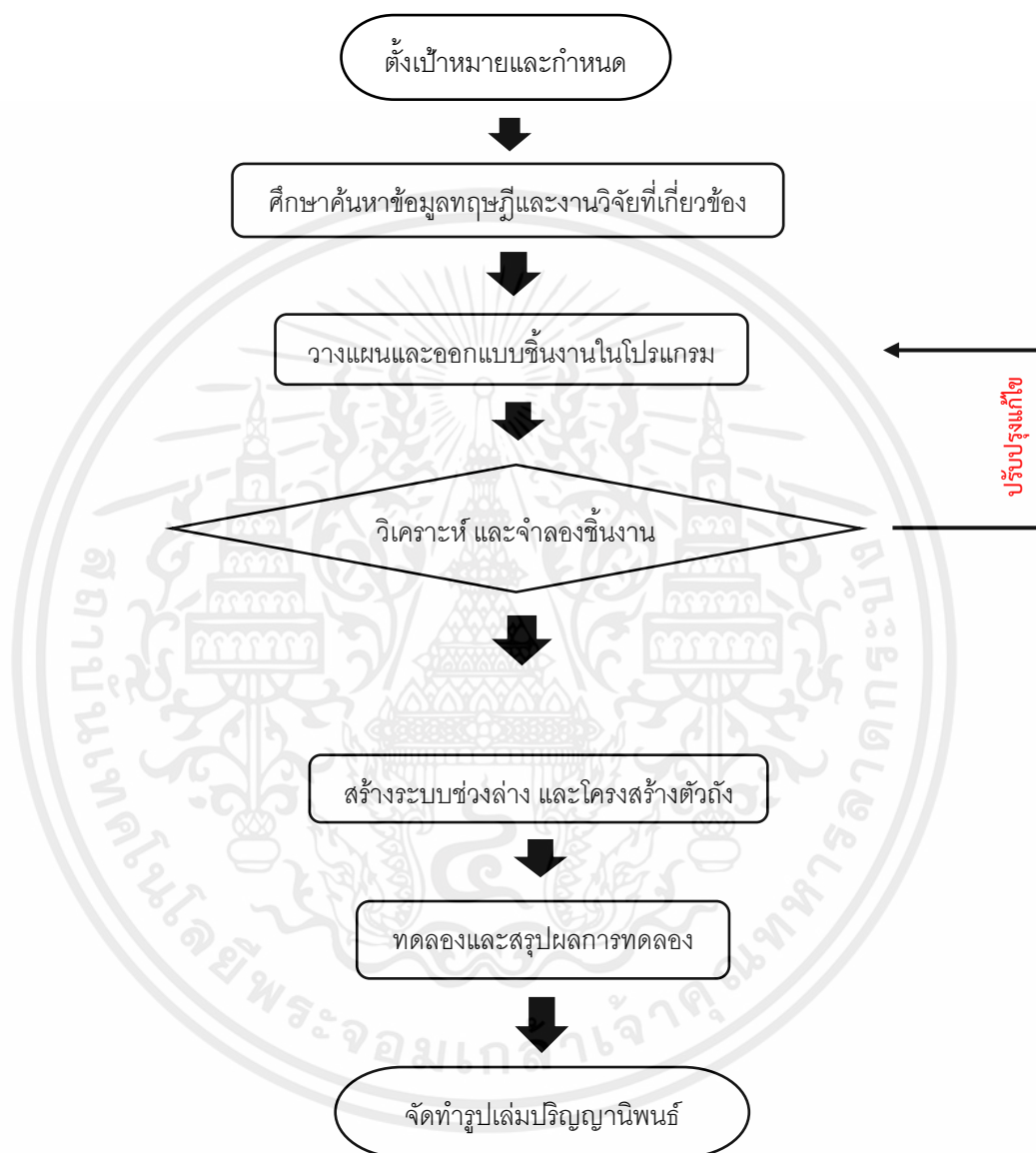
- 1.3.1 ขนาดของตัวรถ ยาว 3120 มิลลิเมตร กว้าง 1391 มิลลิเมตร สูง 1180 มิลลิเมตร
- 1.3.2 ใช้ระบบเบรกแบบไฮดรอลิก
- 1.3.3 ใช้ระบบการขับเคลื่อนแบบดับเบิลวิโชน
- 1.3.4 ระยะห่างวงหน้าจนถึงล้อหน้าไม่เกิน 70 เซนติเมตร ขนาดความยาวของวงหน้าไม่เกิน ขอบล้อหน้า และระยะความสูงของวงหน้าจากระดับพื้นไม่เกิน 50 เซนติเมตร ตามกฎการแข่งขัน
- 1.3.5 ระยะห่างวงหลังจนถึงล้อหลังไม่เกิน 25 เซนติเมตร ระยะความสูงของวงหลังจากระดับพื้นไม่เกิน 120 เซนติเมตร ตามกฎการแข่งขัน
- 1.3.6 การออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ เปรียบไปตามกฎการแข่งขัน TSAE Formula ที่กำหนดโดย สมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถทดสอบการเอียงตัวของรถตามกฎการแข่งขัน TSAE ได้
- 1.4.2 สามารถหาน้ำหนักของนักขับเพื่อปรับแต่งช่วงล่างที่เหมาะสมได้
- 1.4.3 ได้พัฒนาระบบเบรกของรถที่สามารถหยุดพร้อมกันทั้ง 4 ล้อ
- 1.4.4 สามารถปรับค่าแรงดันลมของรถให้ได้เวลาที่เร็วที่สุดในการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการออกแบบและสร้างชุดการทดลองพร้อมเก็บผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบและสร้างชุดการทดลองพร้อมเก็บผล

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน												
	2565					2566							
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.		
1.ศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัย และกฎการแข่งขัน	←	→											
2.เริ่มการออกแบบและวางแผนการสร้างรถ		←	→										
3.จัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการสร้าง		←	→										
4.เริ่มประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ของรถ				←	→								
5.ทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล							←	→					
6.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								←	→				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้าสูตรนักศึกษาที่เกี่ยวกับในส่วนของระบบช่วงล่าง และตัวถังของรถ รวมไปถึงข้อมูลชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างรถเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและสมรรถภาพของรถที่ดีตรงตามเป้าหมาย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 หลักการใช้ลมยางในสนามแข่งขัน

ในสนามการแข่งขันเรื่องของการเกาะถนนของยางรถที่ใช้ จะขึ้นอยู่กับโพลต์ในแนวตั้ง หรือ น้ำหนักที่ตกลงบนยางและการใช้งานที่อาศัยการกดของน้ำหนักของรถในการเลี้ยว เมื่อเกิดการเลี้ยว จะส่งผลให้การทำงานของหน้ายางเปลี่ยนไป เมื่อเกิดการเข้าโค้งยางที่รับน้ำหนักจะเป็นด้านนอก ยางด้านนอกจึงต้องมีความสามารถในการเกาะถนนได้ดีกว่าการรับน้ำหนักเต็มหน้ายาง 1.5 ถึง 2 เท่า

2.1.1.1 แรงดันลมยางสำหรับสนามแข่งขัน Skidpad

สำหรับการแข่งขันแบบ Skidpad จะเป็นการแข่งขันที่ใช้ความเร็วและเบรกมากในการเข้าโค้ง การวอร์มยางจึงเป็นสิ่งสำคัญการแข่งขันในสนามที่มีการเข้าโค้งสูง โดยอุณหภูมิควรอยู่ในสภาพเดียวกันทั้งก่อนและหลังการแข่งขัน แรงดันยางควรอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 13 ปอนด์ต่อนิ้ว

2.1.1.2 แรงดันลมยางสำหรับสนามแข่งขัน Accerelation

สำหรับการแข่งขันแบบ Accerelation จะชี้วัดกันที่สภาพของสนามสภาพของยางที่ใช้ในการแข่งขัน โดยจากข้อมูลของการแข่งขันแรงดันลมยางจากสภาพก่อนวอร์มจนถึงหลังวอร์มควรจะอยู่ที่ราวๆ 8-15 ปอนด์ต่อนิ้ว

2.1.1.3 แรงดันลมยางที่อุณหภูมิที่ใช้งาน

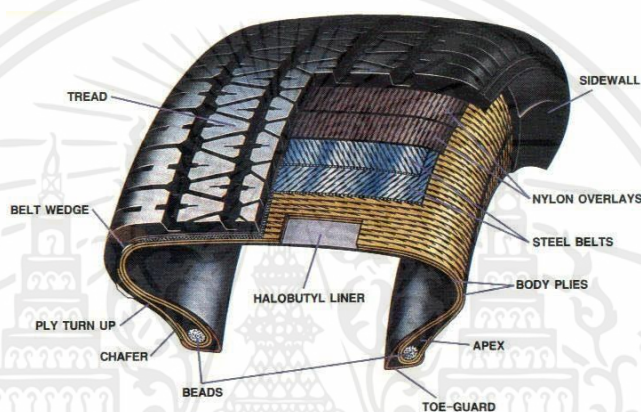
การควบคุมแรงดันของลมยางในช่วงเวลาที่ใช้งานที่ดีที่สุดเป็นเรื่องที่สำคัญต่อการแข่งขันมาก เพราะแรงดันของลมยางนั้นจะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมโดยนอก ฉะนั้นการควบคุมแรงดันลมยางให้มีอุณหภูมิที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสม การใช้เบรกก็มีผลต่ออุณหภูมิของดิ่งนั้นจึงต้องควบคุมอุณหภูมิให้มีความเหมาะสมอยู่ตลอดการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของยาง

2.1.2.1 ยางเรเดียล (Radial)

ยางเรเดียล เป็นยางที่โรงงานผู้ผลิตทำออกมาให้มีโครงสร้างของยาง โดยโครงสร้างภายในจะสานออกมาเป็นใยตาสานไขว้กัน โดยในยุคแรกๆ ของยางเรเดียล เพื่อให้เกิดความแข็งแรงก็จะมีการเสริมใยเหล็กเข้าไปที่ตัวยาง เพื่อเน้นให้มีความทนทานมากที่สุด แต่ในปัจจุบันยางเรเดียล ไม่ได้มีใยใน หรือเสริมใยเหล็กอีกแล้ว แต่จะเน้นการผลิตเนื้อยางให้มีความทนทานมากขึ้น ซึ่งอย่างที่บอกเอาไว้ว่า ยาง RADIAL จะยังมีโครงยางขึ้นรูป และเนื้อยางก็จะทำออกมาเพื่อใช้ขับเคลื่อนท้องถนนเป็นหลัก เพราะฉะนั้นเนื้อยางจะต้องออกแบบให้วิ่งบนถนนแห้ง, ยางมะตอย (รูปที่ 2.1)



รูป 2.1 โครงสร้างของเนื้อยางเรเดียล ที่มา SOMCHAI [7]

2.1.2.2 ยางสลิค (Slick)

ความหมายของยางสลิคจริง ๆ นั้น หมายถึงยางที่ไม่มีโครงยาง แต่จะเป็นการป้อนขึ้นรูปขึ้นมา จะสังเกตได้จากเวลาจอดติดตั้งอยู่ในรถเราจะเห็นเหมือนยางรั้วซึม และเห็นเนื้อยางเป็นริ้วๆ เวลาโดนน้ำหนักกดทับลงไป และในจังหวะออกตัว เนื้อยางมีความเหนียวนุ่มเป็นพิเศษ แค่เพียงใช้มือสัมผัสกับผิวยางก็จะรับรู้ได้ว่ามันเหนียวหนึบกว่าเนื้อยางที่เป็น RADIAL แท้ๆ (รูปที่ 2.2)



รูป 2.2 ยางสลิคที่ใช้ในการแข่งแดร์ริค ที่มา SOMCHAI [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 แรงดันลมยาง

2.1.3.1 แรงดันลมยางสูงเกินไป

แรงดันลมยางสูงเกินกว่าปกติ ก็มีผลเสียต่อยาง และการขับขี่อย่างมาก เนื่องจาก แรงดันที่สูงนี้ทำให้ยางแข็งมากจนด้อยคุณสมบัติในการรับแรงกระแทก ทำให้ระบบช่วงล่าง ทำงานหนัก โช้ค ลูกยาง ลูกหมาก สปริง ลูกปืนล้าเสื่อมสภาพเร็วกว่าที่ควรจะเป็น แรงดันลมยางที่สูงเกินไปอาจจะทำให้ผิวสัมผัสของหน้ายางกับถนนมีความน้อยลง ทำให้ไม่สามารถเกาะพื้นถนนได้เท่าที่ควรจะเป็น อาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุจากการลื่นไถลได้ และยังถ้าหากมีการเติมลมยางที่มากเกินไปจนทำให้แรงดันยางมีความสูงเกินไปอาจจะทำให้ยางระเบิดได้ ซึ่งการเติมลมยางที่มากเกินไป อาจจะส่งผลให้เนื้อยางแข็งกว่าปกติ เมื่อมีการขับไปเหยียบกับถนนหลวมคมเข้าจะทำให้เนื้อยางเสียหายได้ง่าย

2.1.3.2 แรงดันลมยางที่พอดีกับการใช้งาน

สิ่งสำคัญของการเติมลมยางรถยนต์คือ ควรเติมลมยางตามแรงดันที่แนะนำของรถแต่ละประเภท เพื่อให้ไม่ส่งผลต่อการควบคุมรถ การเบรก ไปจนถึงน้ำมันรถ และหากคุณบรรทุกคนหรือของที่มากขึ้น อาจจะต้องเพิ่มแรงดันลมยางเพื่อชดเชยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนั้นด้วยเช่นกัน แนะนำให้สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญโดยตรงเพื่อความสบายใจในการขับขี่ โดยรถแต่ละประเภทจะมีค่าการเติมลมยางอยู่ตามความเหมาะสมของขนาดรถนั้นๆ ส่วนแรงดันลมยางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับรถกระบะนั้น จะค่อนข้างใช้ลมยางที่มากกว่ารถเก๋งโดยสารตามปกติ โดยสำหรับล้อหน้าแรงดันยางจะอยู่ที่ประมาณ 36-38 PSI และล้อหลังที่ 40-42 PSI แต่ถ้าหากบรรทุกของเต็มท้ายรถ ก็สามารถเพิ่มปริมาณการเติมลมเพื่อรองรับน้ำหนักได้มากถึง 47-51 PSI เลยทีเดียว ในกรณีที่ต้องขับระยะทางไกล ควรเพิ่มลมยางอีกประมาณ 3-5 PSI และหากคุณต้องการทราบว่าควรเติมลมยางรถยนต์ในปริมาณเท่าไรจะดีที่สุด ก็สามารถทำการตรวจสอบได้ที่มุมของประตูฝั่งคนขับ โดยจะมีสติ๊กเกอร์แสดงแรงดันลมที่เหมาะสมปะเอาไว้ (รูปที่ 2.3)

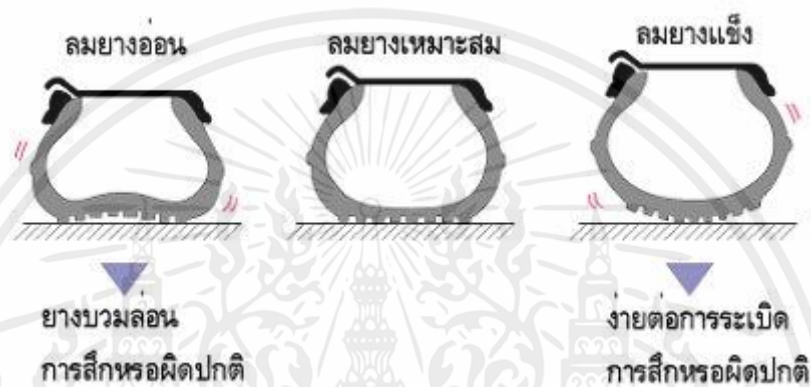


รูป 2.3 สติ๊กเกอร์แสดงแรงดันลมที่เหมาะสม ที่มา ไทยทราวโฮม [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 แรงดันลมยางต่ำเกินไป

ลมยางอ่อนทำให้โครงสร้างของยางอ่อนกว่าปกติการที่ยางอ่อนตัวกว่าปกตินี้ทำให้เกิดการบิดตัวของเนื้อยางมากกว่าที่ควรจะเป็น ก่อให้เกิดความร้อนสะสมในเนื้อยางอย่างมาก ส่งผลทำให้รถกินน้ำมันมากกว่าปกติ เพราะยางที่อ่อนจะมีแรงต้านทานการหมุนของล้อมากกว่ายางปกติ ทำให้ต้องใช้กำลังในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์จะแรงมากกว่าปกติ พวงมาลัยมีการหักเลี้ยวที่หนักขึ้นและตอบสนองได้ช้ากว่าปกติ ยางอาจจะเกิดการสึกหรอทำให้ต้องเกิดการเปลี่ยนยางบ่อยมากกว่าที่ควร (รูปที่ 2.4)



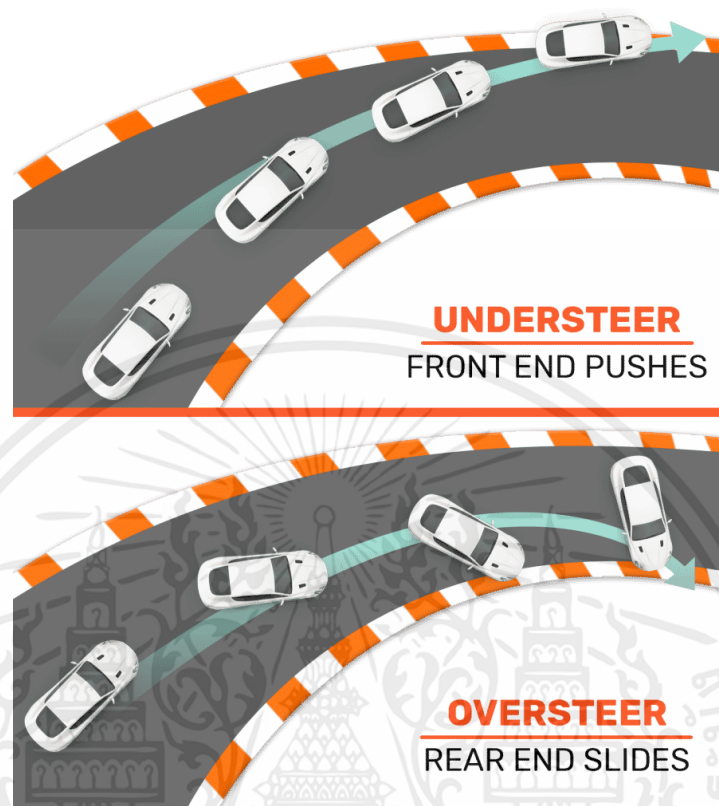
รูป 2.4 ความแตกต่างของผิวหน้ายางที่ยึดเกาะถนน ที่มา ไทยทราไวโฮม [8]

2.1.4 การกระจายน้ำหนัก

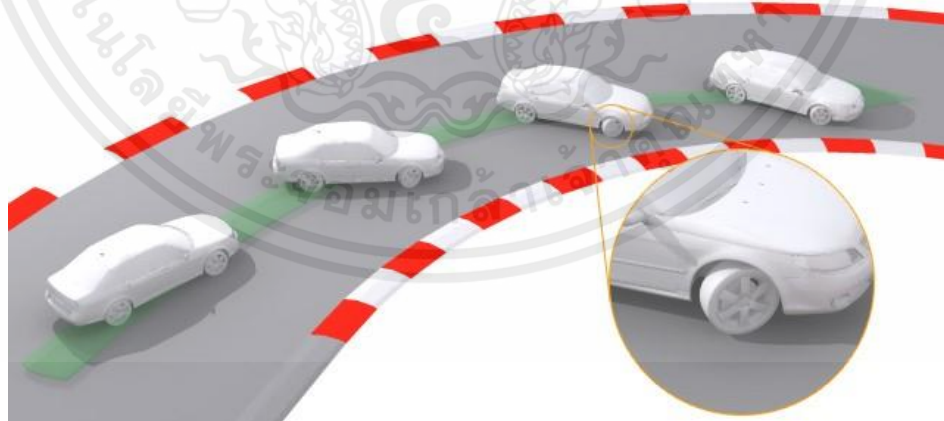
จุดศูนย์ถ่วง (C.G.) มีผลต่อการเข้าโค้งของรถเพราะถ้าหากรถมีจุดศูนย์ถ่วงที่สูงจะทำให้รถนั้นพลิกคว่ำได้ ดังนั้นผู้ออกแบบรถจึงพยายามพัฒนาให้รถมีจุดศูนย์ถ่วงที่ต่ำลงเพื่อให้รถมีเสถียรภาพในการเข้าโค้งในความเร็วที่สูงขึ้นและง่ายกว่ารถที่มีจุดศูนย์ถ่วงต่ำ โดยจุดศูนย์ถ่วงนั้นจะมีผลต่อการเกิด Oversteer และการเกิด Understeer (รูปที่ 2.5) โดย Oversteer จะเป็นอาการที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ที่ขับเคลื่อนแบบสองล้อหลัง บางทีเรียกว่าอาการท้ายปัดขณะเลี้ยว โดยจะขึ้นกับความเร็วและลักษณะการขับ ส่วนการเกิด Understeer จะเป็นการอาการของรถที่ขับเคลื่อนด้วยล้อหน้าและรถที่ขับเคลื่อนด้วย 4 ล้อ โดยอาการของทั้งสองกรณีนี้จะเกิดเมื่อรถเกิดการเคลื่อนที่แล้ว หักเลี้ยวล้อหน้าสามารถวิ่งไปได้ในทิศทางที่ควบคุมให้ไปตามโค้ง ในขณะที่ล้อหลังจะเกิดการสั่นไถลปัดออกไปนอกโค้งตามแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีเทคนิคของนักขับที่เก่งๆจะใช้วิธีการ ”ดริฟต์” ที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์กันระหว่างการถ่ายเทของน้ำหนักของสากการหมุนของพวงมาลัยเพื่อแก้การปัดท้ายโดยการหักล้อไปทิศทางตรงข้ามของรัศมีการเข้าโค้ง หรือเราเรียกว่าเคาเตอร์สตีร์ (Countersteer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(รูปที่ 2.6) แต่การทำแบบนี้ได้ต้องมีการฝึกฝนทั้ง Oversteer และ Understeer ต้องรู้ทั้งขีดจำกัดของยางที่ใช้ยึดเกาะถนนอีกด้วย



รูป 2.5 Oversteer กับ Understeer ที่มา maxxis [9]



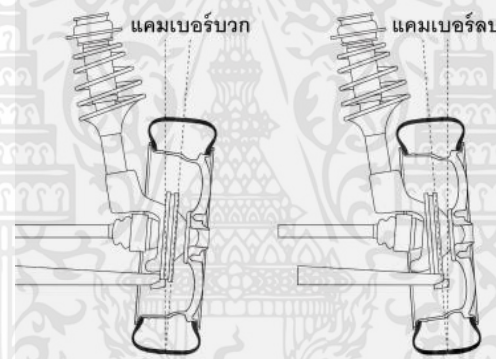
รูป 2.6 Countersteer (Drift) ที่มา พิสน ลีละหุต [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ตัวแปรพื้นฐานของระบบช่วงล่างและส่วนประกอบของล้อ

2.1.5.1 มุมแคมเบอร์ (Camber Angle)

เป็นมุมของล้อรถที่มองจากทางด้านหน้าหรือด้านหลังรถโดยให้สังเกตุที่ล้อแต่ละข้างทั้งหน้าและหลัง ถ้าหากเรามองแล้วระยะของฐานล้อทั้งสองข้าง (ซ้าย-ขวา) ที่ติดพื้นแคบหรือน้อยกว่าด้านบนที่ไม่ติดพื้นแสดงว่า จะเรียกว่าแคมเบอร์บวก แต่ถ้าฐานล้อทั้งสองข้าง (ซ้าย-ขวา) ที่ติดพื้นมีระยะห่างมากกว่าด้านบนที่ไม่ติดพื้นแสดงว่าเป็นแคมเบอร์ลบหรือที่เราเรียกกันจนติดปากว่า “ล้อแยะ” หน้าที่ของมุมแคมเบอร์มีไว้เพื่อรองรับหรือต้านการเอียงของรถในขณะเข้าโค้ง แต่มันยังมีความสามารถอื่นเมื่อเราปรับมุมหรือองศาแคมเบอร์ด้วย เช่น ทำให้พวงมาลัยเบาขึ้น ลดวงเลี้ยวลงลดอาการสั่นไถลของล้อ เราจะเห็นได้จากกรรที่ตักแต่งกันเพื่อการแข่งขัน มักจะปรับมุมแคมเบอร์ตามสูตรของแต่ละคันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าโค้งที่ดีขึ้นแต่ก็ต้องคำนวณในอีกหลายส่วนเพื่อให้สมดุลกัน (รูปที่ 2.7) ที่มา <https://www.thaicarlover.com>

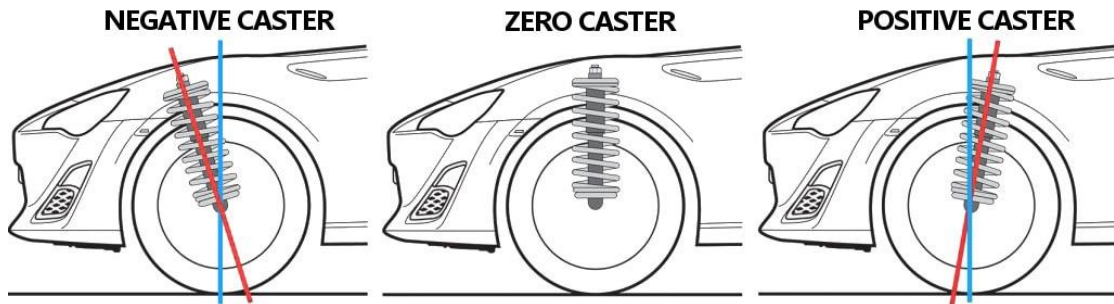


รูป 2.7 ลักษณะแคมเบอร์ (+) และแคมเบอร์ (-) ที่มา thaicarlover [12]

2.1.5.2 มุมแคสเตอร์ (Caster Angle)

คือ มุมที่แนวแกนหมุนเลี้ยวทำกับเส้นตั้งฉากกับพื้น ถ้าขอบบนของแนวแกนหมุนนี้เอนไปด้านหลังรถ ก็จะเป็น castor “บวก” และในทางตรงกันข้ามถ้าเอนไปด้านหน้าก็จะเป็น “ลบ” (ปกติแล้วมุมแคสเตอร์จะไม่เท่ากับศูนย์) มุมแคสเตอร์ ทำหน้าที่ทรงทิศทางด้วยตัวเอง เพื่อให้พวงมาลัยหมุนคืนกลับตำแหน่งทางตรงได้เอง หลังจากมีการเลี้ยว และทำให้การทรงตัวได้ดี มุมแคสเตอร์ที่ผิดไปจากปกติ จะไม่ก่อปัญหาเรื่องการสึกหรอของยาง แต่จะทำให้น้ำหนักพวงมาลัย และการบังคับควบคุมรถในทางตรงผิดเพี้ยนไป ถ้ามุมแคสเตอร์มีค่าเป็น “บวก” มากเกินไป พวงมาลัยจะหนักขึ้น ถ้า castor เป็น “ลบ” มากไป พวงมาลัยจะเบาและจะมีความรู้สึกว่าร่อนรถ “ร่อน” ถ้ามุมแคสเตอร์ทั้งซ้ายและขวาผิดไปจากกันมาก พวงมาลัยจะถูกดึงไปด้านที่ “บวก” น้อยกว่า (รูปที่ 2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



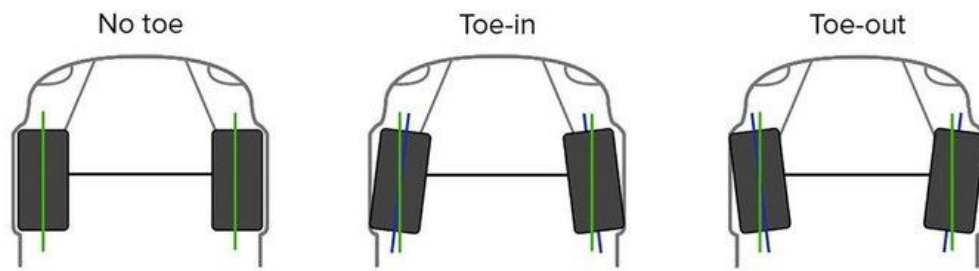
รูป 2.8 ลักษณะของมุมแคสเตอร์ ที่มา ที่มา thaicarlover [12]

2.1.5.3 มุมโทอิน (Toe-in Angle)

คือ ความแตกต่างของระยะระหว่างขอบหน้าและขอบหลังของล้อทั้งสองข้าง และวัดออกมาเป็นมุม หรือวัดเป็นนิ้ว ค่า toe in ที่ถูกต้องจะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือล้อทั้งสองข้างขนานกันโทอิน จะมีค่าเป็นบวก (Positive) เมื่อระยะหน้ายางเอียงเข้าหากัน ตามทิศทางหน้ารถ (เมื่อมองจากด้านบน ลงสู่พื้นถนน) โทอิน จะมีค่าเป็นลบ (Negative) เมื่อระยะห่างของยางด้านหน้ามากกว่า ระยะห่างของยางด้านหลัง โดยจะทำให้ล้อสั่น จากความต้านทานกึ่ง ลดระยะหลวมของลูกหมากคันส่ง และทำให้ล้อรถ เคลื่อนที่ขนานไปอย่างคงที่ ค่า toe นี้จะมีผลกับการสึกของยาง เช่นเดียวกับ caster โดย toe ที่บวกหรือลบมากไป จะทำให้ยางสึกเป็นลักษณะฟันเลื่อย ถ้ามุมแหลมของดอกยางชี้เข้าไป หมายถึง toe-in มากเกินไป ถ้าชี้ไปด้านข้างรถ ก็หมายถึง toe-out มากไป (รูปที่ 2.9)

2.1.5.4 มุมโทเอาท์ (Toe-out Angle)

คือผลต่างของมุมเลี้ยวล้อหน้า ที่อยู่ด้านนอกวงเลี้ยว และด้านในวงเลี้ยว หรือรัศมีการเลี้ยวนั่นเอง เวลารถเลี้ยว ล้อหน้าทั้งสองก็จะหมุนไปตามกัน ล้อด้านนอก จะหมุนไปตามวงกลมที่มีรัศมียาวกว่าล้อใน ทำให้ล้อด้านในทำมุมมากกว่าล้อด้านนอก มุมโทเอาท์ จะทำให้ล้อหมุนเลี้ยวได้อย่างราบรื่น ทำให้จุดศูนย์กลางการหมุนเลี้ยว แต่ล้อล้อร่วมกัน ป้องกันการสึกหรอของยาง และอาการเสียดังขณะเลี้ยวได้ระดับหนึ่ง (รูปที่ 2.9)



รูป 2.9 ลักษณะของมุม Toe-in และ Toe-out ที่มา thaicarlover [12]

2.1.5.5 Shock & Dampers

ขั้นแรกเราควรเลือกความแข็งของสปริงคือการเลือกความถี่ที่เราต้องการจะใช้งานทั้งด้านหน้าของรถและด้านหลังของตัวรถ

- 0.5 - 1.5 Hz ค่าความถี่สำหรับรถยนต์ส่วนบุคคล
- 1.5 - 2.0 Hz ค่าความถี่สำหรับรถแข่งในสนาม (Formula student, Nascar)
- 3.0 - 5.0+ Hz ค่าความถี่สำหรับรถแข่งที่มีแรงกดอากาศสูง (F1)

ความถี่ต่ำจะส่งผลทำให้ระบบการสั่นสะเทือนเกิดความนุ่มนวลและเกิดการเกาะสภาพถนนมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการตอบสนองของรถจะช้าลงชั่วขณะ

ความถี่สูงจะทำให้การสั่นสะเทือนของรถนั้นน้อยลง การตอบสนองเร็วขึ้นแต่จุดศูนย์ถ่วงของรถจะต่ำลงทำให้การยึดเกาะถนนน้อยลงและความสูงของรถเพิ่มขึ้นด้วย

สมการทั่วไปทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความถี่ธรรมชาติ, อัตราส่วนสปริง และมวลของรถ

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (1)$$

โดยที่ f = Natural frequency (Hz)

K = Spring rate (N/m)

M = Mass (kg)

การคำนวณหาค่าอัตราส่วนสปริงและนำไปใช้กับระบบกันสะเทือน สามารถคำนวณได้จากค่าความถี่ธรรมชาติ, น้ำหนักบนสปริง, ค่า Motion Ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K_s = 4\pi^2 f_r^2 m_{sm} MR^2 \quad (2)$$

โดยที่ K_s = Spring rate (N/m)

m_{sm} = Sprung mass (kg)

f_r = Ride frequency (Hz)

MR = Motion ratio (Wheel/Spring travel)

2.1.6 การทดสอบการเอียงของรถ

การทดสอบการเอียงเป็นการทดสอบเพื่อที่จะดูว่าเมื่อรถมีการเอียงในขณะนั้นของเหลวที่รถบรรจุไปในปริมาณที่รถบรรจุได้มีการรั่วไหลออกมาหรือเปล่า และทดสอบกับการที่นักขับนั่งในตัวรถในขณะที่มีการเอียงแล้วรถจะต้องไม่อยู่ในสภาพที่พลิกคว่ำและมีของเหลวที่บรรจุในรั่วไหลออกมา ในมุม 30, 45 และ 60 องศาของการทดสอบการเอียงของรถ (รูปที่ 2.10)



รูป 2.10 การทดสอบการเอียงของรถ

2.1.7 แรงต้านทานของล้อ

เมื่อล้อเกิดการเคลื่อนที่ไปบนถนนจะมีแรงต้านทานที่มาจากล้อและผิวของถนน แรงเสียดทานจากการเคลื่อนที่ของรถกับพื้นถนน โดยแรงต้านทานของล้อจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้ง ใช้งาน สภาพอากาศ สภาพแวดล้อมของสนามที่ใช้ในการแข่งขัน ถ้าเลือกใช้ยางที่เหมาะสมกับการแข่งขันสนามนั้นก็จะทำให้แรงต้านอากาศมีค่าที่แตกต่างจากการที่ใช้ยางในอีกสนามหนึ่ง แรงดันลมยางที่อดคล้องกับยางก็ทำให้การเคลื่อนที่ของรถมีแรงเสียดทานที่น้อยลงอีกด้วย น้ำหนักของรถมีผลกับแรงต้านของล้อเพราะถ้าน้ำหนักของรถมีน้ำหนักที่มากก็จะทำให้ล้อยมีแรงต้านทานกับผิวถนนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถส่วนใหญ่จึงต้องการให้รถมีน้ำหนักที่เบาและออกแบบตัวรถ การเลือกใช้อย่าง ให้เหมาะสมเพื่อให้รถมีแรงต้านทานจากพื้นถนนน้อยที่สุด และแรงดันลมยางไม่มากไม่น้อยจนเกินไป

2.1.8 ระบบเบรก (Brake system)

2.1.8.1 ระบบเบรก

ระบบเบรกมีหน้าที่ในการทำให้รถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ ชะลอความเร็วหรือหยุดล้อ เพื่อให้ล้อหยุดรถ โดยการทำงานของระบบเบรกนั้น เป็นการสร้างแรงเสียดทานที่บริเวณดิสก์เบรกหรือ ดรัมเบรก (ตามรุ่นรถ) ดังนั้นระบบเบรกจึงเป็นส่วนสำคัญในการชะลอความเร็ว หยุดหรือจอดรถ ในรถยนต์ทั่วไปใช้ระบบเบรกแบบไฮดรอลิก (Hydraulics braking system) ซึ่งเป็นระบบเบรกที่ต้องอาศัยการทำงานจาก 3 ส่วน ได้แก่



รูป 2.11 องค์ประกอบระบบเบรกไฮดรอลิก ที่มา Compactbrakes [11]

ส่วนแรก คือส่วนที่ใช้ในการส่งผ่านแรงในระบบเบรกแบบไฮดรอลิก เครื่องมือที่ใช้ในการส่งผ่านแรงจากการเหยียบเบรก คือ น้ำมันเบรก (Brake fluid) ที่อยู่ในท่อน้ำมันเบรก (Brake line) การส่งผ่านแรงในระบบเบรกอาจทำให้เกิดความร้อนจากเครื่องยนต์หรือจากการเบรก น้ำมันเบรกจึงเป็นส่วนสำคัญในระบบเบรก ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเลือกซื้อให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ของคุณด้วยเช่นกัน ส่วนที่สอง คือส่วนที่ช่วยขยายแรงจากการเหยียบแป้นเบรก เมื่อผู้ขับขี่ออกแรงเหยียบที่แป้นเบรกแล้ว แรงจะถูกส่งผ่านทางบูสเตอร์สุญญากาศ (Vacuum booster) เข้าสู่ส่วนที่สองเพื่อขยายแรงดันเบรกให้มากขึ้นด้วยแม่ปั๊มเบรก (Master cylinder) และส่งผ่านแรงดันไปตามท่อน้ำมันเบรกเข้าสู่ส่วนถัดไป ซึ่งถ้าพูดง่าย ๆ ให้เห็นภาพก็คือผู้ขับขี่ออกแรงเหยียบเพียงเล็กน้อยก็สามารถชะลอความเร็วรถที่มีน้ำหนักเป็นต้นๆได้นั่นเอง ส่วนที่สาม คือส่วนที่เกิดแรงเสียดทานเพื่อชะลอความเร็วของล้อ เมื่อแรงดันที่ถูกส่งผ่านมาทางท่อน้ำมันเบรกและถูกแยกมาจากวาล์วแยกแล้ว แรงดันนั้นจะส่งผ่านเข้าสู่ชุดเบรก (Brake assemblies) ในแต่ละล้อ โดยภายในชุดเบรกจะมีลูกสูบเบรกคอยทำหน้าที่ทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างวัตถุสองสิ่งเพื่อสร้างแรงเสียดทานในการชะลอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของล้อลง การเกิดแรงเสียดทานนั้นคล้ายๆ กับเราถูยางลบบนกระดาษด้วยความเร็ว เมื่อถูเสร็จและนำมือไปสัมผัสจะพบว่ามีความร้อนเกิดขึ้นเช่นเดียวกันกับการเบรก ทุกครั้งที่มีการเหยียบเบรกจะเกิดความร้อน, เสียง และฝุ่นดำได้เช่นกัน ดังนั้นเวลาเลือกซื้อผ้าเบรกจึงต้องเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับการขับขี่ของตนเองด้วย

2.1.8.2 ระยะเวลาเบรกของรถ

คือระยะที่คูณเริ่มเบรกและเพื่อปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาด น้ำหนัก และความเร็ว ของรถมีส่วนในระยะเวลาการหยุดรถ เช่น เวลาที่ผู้ขับขี่ใช้เบรกในสภาพถนนที่ขรุขระไม่เอื้ออำนวยและมีใช้คและสตรีทที่ลื่นหรือ ยางที่ลื่นหรือ ผู้ขับขี่ควรเพิ่มระยะเวลาเบรกไว้มากขึ้นหลายเท่า เพราะปัจจัยดังกล่าวทำให้รถของคุณเบรกได้ยาก และใช้เวลาในการเบรกมากขึ้น (รูปที่ 2.12)

ความเร็วรถ (กม./ชม.)	ระยะเบรก 1* (เมตร)	ระยะเบรก 2* (เมตร)	ระยะหยุดปลอดภัย (เมตร)
30	20.9	10.3	35
40	27.8	18.4	50
60	41.7	41.3	85
80	55.6	73.4	130
100	69.5	114.7	185

รูป 2.12 ระยะเวลาเบรกที่ปลอดภัย ที่มา Compactbrakes [11]

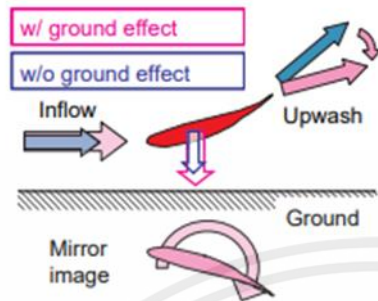
2.1.9 การไหลของอากาศทั้งหมดรอบตัวรถ

2.1.9.1 Ground Effects เกี่ยวกับ Ground Effects แบบสองมิติและสามมิติ Ground Effects สองมิติหลักคือการเพิ่มแรงดันไดนามิกและการลดลงของ upwash (การเปลี่ยนแปลงในมุมของการปลุกในทิศทางขึ้น) เนื่องจากภาพสะท้อนของปีก (รูปที่ 2.11) เนื่องจากการชะล้างของปีกเป็นมุมของการโจมตีสำหรับชิ้นส่วนอากาศที่อยู่ด้านหลัง มันจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในแอโรไดนามิกที่เกี่ยวข้องกับตัวถังหลายส่วน เช่นเดียวกับในรถฟอร์มูล่าวัน การลดลงของอากาศไหลย้อนกลับและการลดลงของแรงดึงเนื่องจากภาพสะท้อนของอากาศที่วนในกระบอกสามารถระบุได้ว่าเป็นผลกระทบจากพื้นแบบสามมิติ (รูปที่ 2.12)

2.1.9.2 The Entire Flow around the Vehicle นอกจากการสร้างแรงกดที่ใกล้กับพื้นแล้ว สิ่งสำคัญคือต้องสร้างแรงยกอย่างแข็งแกร่ง ซึ่งในตอนแรกอาจดูเสียเปรียบในพื้นที่ที่ห่างจาก

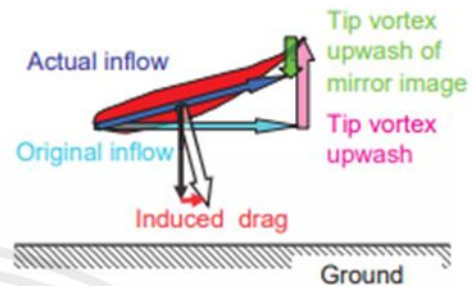
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นมากขึ้น ในชั้นส่วนที่อิทธิพลของผลกระทบจากพื้นน้อยที่สุด แรงยกที่เล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิด downwash ได้อย่างมีนัยสำคัญ และสิ่งนี้สามารถใช้เพื่อเพิ่มแรงกดของชั้นส่วนด้านหลังได้



รูปที่ 2.13 2D ground effects

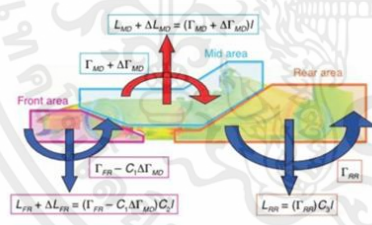
ที่มา Atsushi OKAWA [13]



รูปที่ 2.14 3D ground effects

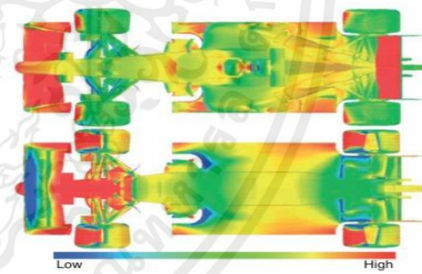
ที่มา Atsushi OKAWA [13]

ได้รับการติดตั้งที่ส่วนบนของรถเพื่อส่งน้ำหนักขึ้นจากปีกหน้า (FW) ลงด้านล่างและปีกหลัง (RW) (รูปที่ 2.13) ซึ่งสามารถเห็นได้จากการกระจายแรงดันคงที่บนพื้นผิวด้านบนและด้านล่างของยานพาหนะ (รูปที่ 2.14) ส่วนนี้นำเสนอภาพคร่าว ๆ ของการไหลของอากาศรอบ ๆ รถ แต่การไหลจริงประกอบด้วยปรากฏการณ์การไหลเล็กและใหญ่นับไม่ถ้วน หน้าต่อไปนี้จะนำเสนอการอภิปรายเกี่ยวกับปรากฏการณ์เหล่านี้บางส่วน



รูปที่ 2.15 Ideal chassis circulation

ที่มา Atsushi OKAWA [13]



รูปที่ 2.16 Surface static pressure

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

2.1.10 Front Wings (FW)

Downforce ที่ผลิตโดย Front Wing (รูปที่ 2.15) คิดเป็นประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ของดาวน์ฟอร์ซของรถทั้งคัน นอกจากนี้ สมดุลอากาศพลศาสตร์ (CoP) ของรถยังไวต่อแรงกด Front Wing อย่างมาก ดังนั้นจึงมีบทบาทในการปรับ CoP ของรถทั้งคันผ่านการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับเปลี่ยนมุมปีกนก เนื่องจาก Front Wing อยู่ในตำแหน่งเหนือหน้า อากาศวนขึ้นและปลาย อากาศวนที่เกดขึ้นมีผลอย่างมากต่อการไหลที่ด้านหลังของรถ และยังแสดงความไวในระดับสูงต่อการเปลี่ยนแปลงการวางแนวของรถที่เกิดจากการบังคับเลี้ยว ระยะพิทช์ และปัจจัยอื่นๆ

2.1.10.1 Effect of Front Wing Downforce and Consequent Upwash

ที่ตามมา Ground Effects ของ Front Wing ส่งผลดีต่ออัตราส่วนการยก-การลาก และยังควบคุมการชะล้างได้ในระดับหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตาม หากดาวน์ฟอร์ซที่สร้างโดย Front Wing มากเกินไป ชีตจำกัดของการยกที่สร้างโดยแขนกันสะเทือนและส่วนอื่นๆ ด้านหลัง Front Wing จะไปถึงชีตจำกัดได้ และ Upwash จาก Front Wing สามารถลดมุมของการโจมตีบนอุปกรณ์ด้านหลังได้ ของรถ และลดแรงกดของรถ นอกจากนี้ การปลุกจาก Front Wing และแขนกันสะเทือนยังสามารถลดแรงกดไดนามิกที่ใกล้เคียงกับ Rear Wing ส่งผลให้แรงกด Rear Wing ลดลง (รูปที่ 2.16) ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องควบคุมดาวน์ฟอร์ซของ Front Wing ให้มีค่าเฉพาะหรือต่ำกว่านั้น แทนที่จะเพิ่มให้สูงสุด ส่วนเกินที่ผลิตขึ้นในกล่องควบคุมถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย รวมถึงการลดความไวในการบังคับเลี้ยว ในเชิงรูปธรรม ความสูงและรูปร่างของ Front Wing ถูกปรับในทิศทาง Y เพื่อช่วยปรับปรุงการกระจายน้ำขึ้นและความไวในการบังคับทิศทาง จำเป็นต้องปรับปลายปีกให้เหมาะสมโดยประสานกับแผ่นส่วนปลายปีกด้านหน้า (FWEP) ซึ่งจะกล่าวถึงด้านล่าง



รูปที่ 2.17 Front wing

ที่มา Atsushi OKAWA [13]



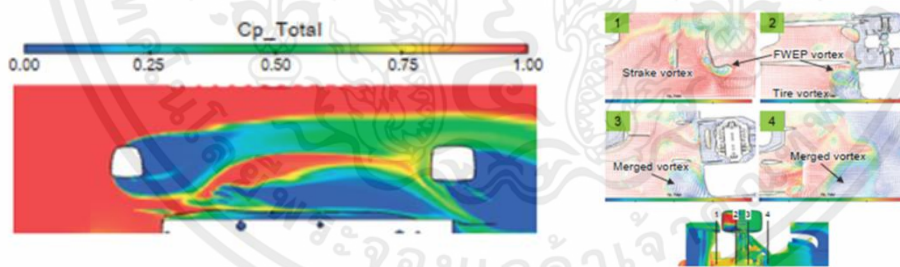
รูปที่ 2.18 Suspension stall (C_pT , $Y=300$ mm)

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10.2 Front Wing Tip Vortex and Ties

การพัฒนา Front Wing คือการรักษากระแสอากาศที่วนส่วนปลายที่ FWEP กระแสอากาศที่วน FWEP ไหลไปที่ส่วนล่างของหน้าข้างด้านใน กระแสอากาศที่วนแยกที่สร้างการสูญเสียแรงดันโดยการรวบรวมอย่างมีนัยสำคัญถูกปล่อยออกจากขอบนำของส่วนล่างของหน้าข้างด้านใน (รูปที่ 7) มาตรการหนึ่งที่พิจารณาคือการรวมกระแสอากาศที่วนแยกและกระแสอากาศที่วน FEW กระแสอากาศที่วนที่ผสมกันจะยังคงอยู่ในตำแหน่งเดิม (ตำแหน่ง YZ) ขณะที่ไหลลงไป ซึ่งจะป้องกันไม่ให้เกิดกระแสอากาศที่วนเข้าสู่ด้านในของรถ และช่วยป้องกันการสูญเสียแรงดันไดนามิกใต้พื้นรถ (รูปที่ 2.18) ที่จำเป็นสำหรับกระแสอากาศที่วน FWEP ที่เสถียรจะต้องไหลออกในตำแหน่งที่เหมาะสมและที่ความแรงซึ่งจะไม่เกิดการสลายตัวของกระแสอากาศที่วน นอกจากนี้ ผลกระทบของการบังคับเลี้ยวไม่สามารถละเลยในการพัฒนา Front Wing ได้ บังคับเลี้ยวมาพร้อมกับมุมหันในการไหล และ Front Wing ได้รับการปรับให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้มั่นใจว่าจะไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างอย่างมากระหว่างกรณีบังคับเลี้ยวและห้ามบังคับเลี้ยวในความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของกระแสอากาศที่วนแยกที่ไหลออกจากส่วนล่างด้านในของลม ยางและกระแสอากาศที่วน FWEP กระแสอากาศที่วนปลาย FWEP สามารถควบคุมได้โดยการเพิ่มส่วนต่อท้ายของ FWEP หรือใช้แผ่นแบนที่เรียกว่าฐานที่ด้านล่างของ FWEP และแผ่นกึ่งกรวยที่เรียกว่ากรวยที่ส่วนท้ายของ FWEP นอกจากนี้ยังเป็นไปได้ที่จะปรับความแรงและตำแหน่งของกระแสอากาศที่วนส่วนปลายโดยใช้กระแสอากาศที่วนตามยาวที่เกิดจากสเตรค ซึ่งเป็นแผ่นตั้งฉากที่ตำแหน่งตรงกลางของ Front Wing (รูปที่ 2.15)



รูปที่ 2.19 Tire LE separation wake

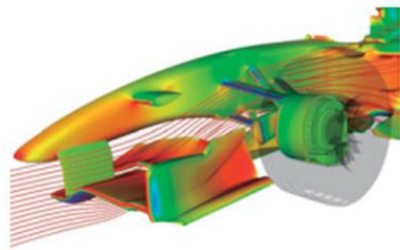
รูปที่ 2.20 FWEP and tire vortices

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

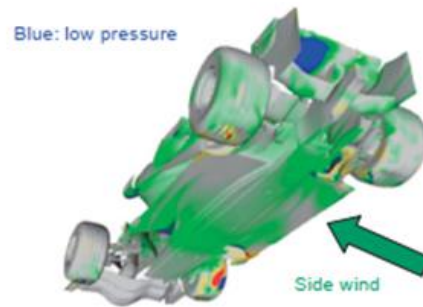
นอกจากนี้ ยังมีการใช้วิธีการอื่นๆ อีกหลากหลายวิธี รวมทั้งการยกตำแหน่งการติดตั้งของด้านข้างตัวนอกของแขนกันสะเทือนด้านหน้าส่วนล่าง เพื่อช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของการไหลของอากาศรอบๆ กันสะเทือนหน้าเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของความสูงในการนั่งของรถ จากผลกระทบต่อตำแหน่งของกระแสอากาศที่วน FWEP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 FW upwash deflection

ที่มา Atsushi OKAWA [13]



รูปที่ 2.22 Effect of bunny ears

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

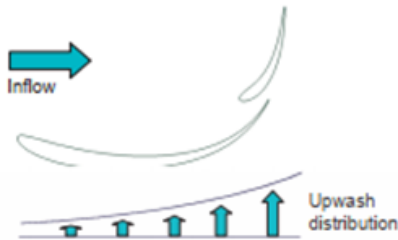
2.1.11 Rear Wings (RW)

ถูกวางในตำแหน่งในพื้นที่ที่กำหนดโดยข้อบังคับ ด้านหลังเพลาลังและสูงกว่าในทิศทาง Z 300 มม. กว่าส่วนแบนอ้างอิงของด้านล่างรถ ข้อบังคับอนุญาตให้สององค์ประกอบในส่วนบนและหนึ่งองค์ประกอบในส่วนล่างของกล่องระเบียบ Rear Wing เนื่องจาก Rear Wing มีอัตราส่วนกว้างยาวที่ต่ำ การกระจายแบบ Upwash จึงเกิดขึ้นจากกระแสน้ำวนส่วนปลายในทิศทางการไหล (รูปที่ 2.21) และการแยกขนาดใหญ่จะไม่เกิดขึ้นแม้ว่าจะใช้ฟอยล์อากาศที่มีมุมโค้งสูงก็ตาม การลากที่เหนียวนำแสดงถึงองค์ประกอบหลักของการลาก Rear Wing และการลากที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องตามมาจากการเพิ่มขึ้นของแรงกด นอกจากนี้ ดาวน์ฟอร์ซและแรงลากที่สร้างโดย Rear Wing ยังแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ดาวน์ฟอร์ซและแรงลากของรถโดยรวมค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงใช้ในการปรับสมดุลระหว่างความเร็วสูงสุดและประสิทธิภาพการเข้าโค้ง กล่าวคือจำเป็นต้องใช้ Rear Wing หลายตัวเพื่อสร้างดาวน์ฟอร์ซในระดับต่างๆ เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะความเร็วของวงจรถทั้งหมด วัตถุประสงค์ของการพัฒนา Rear Wing คือการช่วยเพิ่มอัตราส่วนการยก-การลากสำหรับยานพาหนะโดยรวม โดยการพัฒนา ท่ามกลางข้อพิจารณาอื่นๆ ได้แก่ Airfoils ที่มีประสิทธิภาพ การกระจายน้ำหนักบรรทุกในทุกทิศทาง Y และแผ่นท้าย RW สำหรับแต่ละระดับ Downforce ต่างๆ เหล่านี้

2.1.11.1 Rear Wing with Raised Tips

รูปที่ 2.22 แสดงการกระจายของมุมการโจมตีเมื่อไม่มี Rear Wing บน ซึ่งได้รับจาก CFD ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงว่ามีการชะล้างที่ส่วนปลายของ Rear Wing อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 2.23) แสดงส่วน YZ ของการกระจายแรงดันทั้งหมดใกล้กับส่วนปลายของ Rear Wing ส่วนปลายของ RW เปิดรับการปลุกจากส่วนหน้าของรถ และแรงดันรวมจะลดลง ด้วยเหตุนี้ ปริมาณที่ปีจะลดลง

การล้ามน้ำขึ้นจะถูกสร้างขึ้นใกล้กับ Y 300 มิลลิเมตร และมีการล้ามน้ำลงใกล้กับปลายปีก ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของน้ำหนักรบรรทุกในทิศทาง

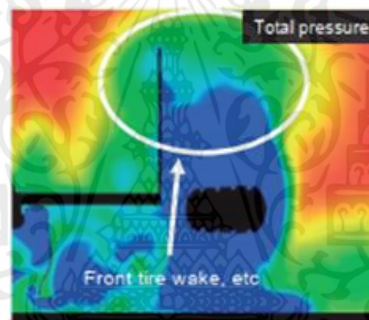


รูปที่ 2.23 Upwash by tip vortices

รูปที่ 2.24 inflow angle for RW

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

ที่มา Atsushi OKAWA [13]



รูปที่ 2.25 C_p total around RW

ที่มา Atsushi OKAWA [13]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คมสันต์ งามขำ [6] ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมช่วงล่างที่เป็นระบบรองรับน้ำหนักแบบคานแข็ง และเก็บข้อมูลพฤติกรรมช่วงล่างที่เป็นระบบรองรับน้ำหนักแบบครนแข็ง ไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบการทดสอบหรือการพัฒนาช่วงล่างที่ใช้เครื่องทดสอบช่วงล่างที่เป็นระบบน้ำน้ำหนักแบบคานแข็งต่อไป

Adam Theander [1] ออกแบบรูปทรงช่วงล่างและพวงมาลัยสำหรับรถแข่งสร้าง การออกแบบจะต้องตอบสนองความต้องการที่เกิดจากเหตุการณ์ต่างๆ ในการแข่งขัน. การออกแบบที่นำเสนอนี้จะถูกนำไปใช้กับแชสซีที่เป็นสร้างโดยนักเรียนที่เข้าร่วมโครงการ ผลลัพธ์จากงานวิทยานิพนธ์นี้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบกันสะเทือนที่เหมาะสมที่สุดคือ A-arm สองเท่าแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลาสสิกที่มีความยาวไม่เท่ากันออกแบบ ระบบกันสะเทือนประเภทนี้ออกแบบได้ง่ายและตอบสนองทุกความต้องการ

Pothamsetty Kasi V Rao [3] ออกแบบและดำเนินการวิเคราะห์เชิงตัวเลขบนแชสซีเฟรมอวกาศของรถแข่งสูตรนักเรียนโดยใช้เครื่องมือซอฟต์แวร์ช่วยคอมพิวเตอร์ โดยเสนอรูปแบบแชสซีใหม่ที่ตรงตามมาตรฐานของ FSAE รูปแบบแชสซีอาจเป็นรูปแบบที่โดดเด่นในฐานะส่วนประกอบโครงสร้างเพื่อเสริมความแข็งแกร่งให้กับส่วนควบคุมแบบเปิดที่อ่อนแอกว่าซึ่งไม่เคยมีมาก่อนใน FSAE แชสซีของสเปซเฟรมสร้างแบบจำลองใน CATIA และทำการวิเคราะห์โดยใช้ซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS สำหรับแชสซีสเปซเฟรมที่น่าเสนอ การทดสอบการรับน้ำหนักที่แตกต่างกันได้ดำเนินการ ได้แก่ การทดสอบแรงกระแทกด้านหน้า การทดสอบแรงบิด และการทดสอบแรงกระแทกด้านข้าง เป็นที่สังเกตได้ว่าการออกแบบแชสซีแบบสเปซเฟรมนั้นปลอดภัยสำหรับผู้ขับขี่ มีหลายงานในรูปแบบเดียวกัน แต่เมื่อเราสังเกตว่าในขณะที่ออกแบบสเปซเฟรม จะมีการจัดเตรียมรูปสามเหลี่ยมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของสเปซเฟรม และลดระดับความอิสระของแชสซีเพื่อให้แข็งแกร่งขึ้น เส้นทางการบรรทุกเป็นสิ่งสำคัญที่เราดูแลในขณะที่ออกแบบแชสซี เพื่อให้มีจำนวนที่น้อยที่สุด เฉพาะเกณฑ์การออกแบบเท่านั้นที่ได้รับการดูแลและปฏิบัติตามกฎและแนวทางปฏิบัติ

Rashmi Kaushal [4] การออกแบบส่วนประกอบของชุดประกอบล้อและเหล็กกันโคลงของรถ Formula Student สำหรับส่วนประกอบ จะกล่าวถึงแรงที่กระทำและวัสดุที่ใช้ โมเดล CAD สร้างขึ้นโดยใช้ SolidWorks® และการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบจำกัดทำได้โดยใช้ ANSYS® Workbench การออกแบบนั้นได้รับการปรับให้เหมาะสมสำหรับการลดน้ำหนัก มีการกล่าวถึงการพิจารณาการออกแบบต่างๆ และผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ได้รับการนำเสนอเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยของการออกแบบ

Parnika Chauhan [2] การออกแบบ สร้างแบบจำลอง และจำลองระบบกันสะเทือนสำหรับรถ Formula Student ระบบกันสะเทือนเป็นส่วนสำคัญที่สุดของรถ ระบบนี้มีหน้าที่ในการขจัดสิ่งรบกวนของการขับขี่ที่เกิดจากแตร็กที่ไม่เรียบ ในขณะที่เดียวกันก็รักษาหน้าสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดกับพื้นผิวแตร็กตลอดเวลา การศึกษาเกิดขึ้นในสามขั้นตอน ระยะแรกรวมถึงการกำหนดจุดรับที่เหมาะสมทั้งในและนอกเรือสำหรับระบบกันสะเทือนของรถ Formula Student ตามข้อจำกัดการออกแบบที่ระบุ ขั้นตอนที่สองรวมถึงการกำหนดความแข็งของสปริงและการตั้งค่าทางเรขาคณิตที่เหมาะสมสำหรับระบบกันสะเทือนแบบปีกนกคู่ที่ทำงานด้วยก้านกระทุ้งโดยใช้เครื่องคำนวณอัตราส่วนการเคลื่อนไหวที่คิดค้นขึ้นเพื่อคำนวณการเคลื่อนที่ของสปริงตามช่วงระยะการเคลื่อนที่ของล้อของระบบกันสะเทือนที่กำหนด ขั้นตอนนี้สรุปด้วยอัตราส่วนการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.20 และ 1.01 สำหรับการตั้งคาระบบกันสะเทือนหน้าและหลังตามลำดับ ขั้นตอนที่สามารถรวมถึงการเลือกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุ การออกแบบ การจำลอง และการปรับแต่งเบลล์ข้อเหวี่ยง ชั้นตอนนี้สรุปในการออกแบบข้อเหวี่ยงที่ปลอดภัยด้วยปัจจัยด้านความปลอดภัย 4.88 และ 3.3 และการลดน้ำหนัก 79.4 เปอร์เซ็นต์ และ 74 เปอร์เซ็นต์ สำหรับข้อเหวี่ยงด้านหน้าและด้านหลัง ตามลำดับโดยใช้ AISI 1018 เป็นวัสดุที่เลือก ข้อเหวี่ยงระฆังสร้างแบบจำลองโดยใช้ SolidWorks® และการวิเคราะห์องค์ประกอบจำกัดดำเนินการโดยใช้ ANSYS® Workbench

Atsushi OKAWA [13] รถฟอร์มูล่าวันติดตั้งอุปกรณ์แอโรไดนามิกต่างๆ สิ่งนี้ก่อให้เกิดการรบกวนร่วมกันที่ซับซ้อนในการไหลของอากาศรอบๆ ตัวรถ ทำให้เกิดการไหลแบบไม่เชิงเส้นสูง ความชัดเจนของปรากฏการณ์แอโรไดนามิกเหล่านี้ช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์แอโรไดนามิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอกสารนี้จะให้ตัวอย่างบางส่วนของการค้นพบเกี่ยวกับการไหลของอากาศรอบๆ รถฟอร์มูล่าวันที่ได้รับจากการใช้โมเมนต์และ CFD

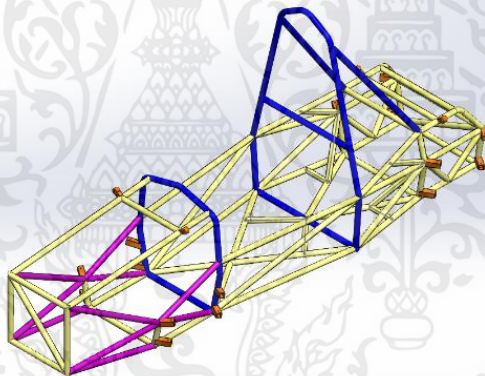
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานและอุปกรณ์

ในบทนี้จะอธิบายถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้กับตัวรถว่ามีหน้าที่ และส่งผลอย่างไรกับตัวรถ ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพของตัวรถ และอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ จะส่งผลดีในหลายๆ ส่วน เช่น สมรรถนะที่ดีขึ้นในการขับขี่ ความสามารถในการทำความเร็วที่ดีขึ้น เป็นต้น โดยการใช้อุปกรณ์เพื่อทดสอบจะมีประสิทธิภาพเพียงใดขึ้นอยู่กับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์นั้นๆ และรวมไปถึงขั้นตอนและวิธีการทดสอบต่างๆ

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ

3.1.1 โครงสร้างหลักของรถอ้างอิงตามกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2022 Student Formula EV (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของรถ Formula EV Student

3.1.2 TRACK (Fr) ความกว้างส่วนด้านหน้า (รูปที่ 3.2) อยู่ที่ 1200 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.2 ความกว้างส่วนด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 TRACK (Rr) ความกว้างส่วนด้านหลัง (รูปที่ 3.3) อยู่ที่ 1160 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.3 ความกว้างส่วนด้านหลัง

3.1.4 WHEELBASE ช่วงระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลัง (รูปที่ 3.4) อยู่ที่ 1550 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.4 ช่วงระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลัง

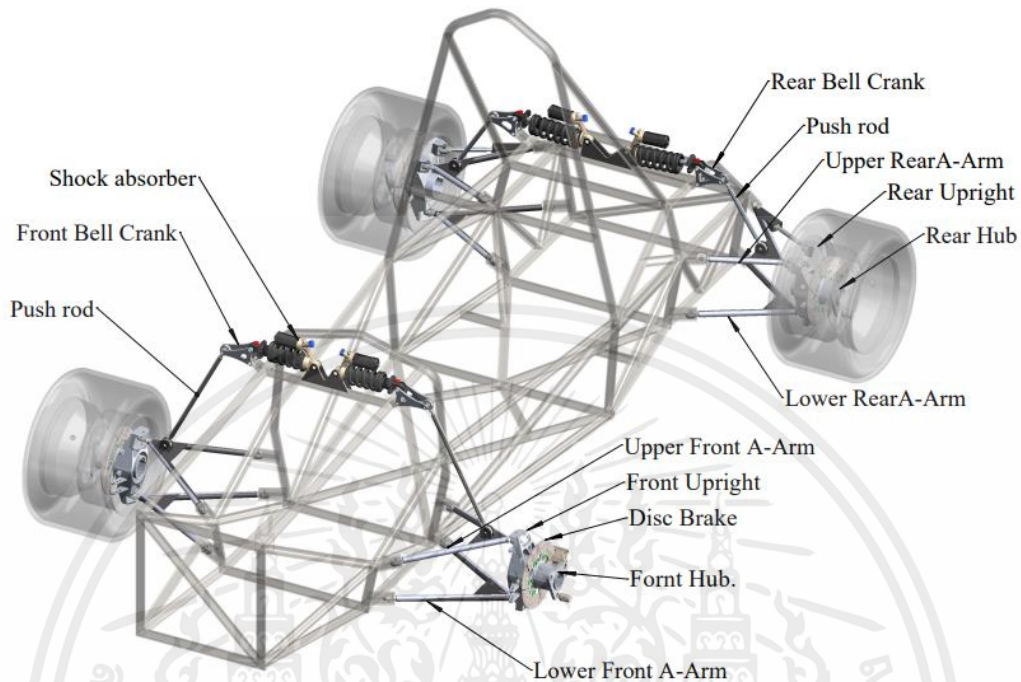
3.2 การออกแบบ

3.2.1 การออกแบบระบบช่วงล่าง

การออกแบบระบบช่วงล่างเป็นระบบสันสะเทือนแบบอิสระ (Independent Suspension Type) ประเภทดับเบิลวิชโบน (Double Wishbones) ระบบกันสั่นแบบนี้จะใช้เหล็ก 2 ชิ้น ลักษณะคล้ายงากระดูกหน้าอกนก (ที่มาของคำว่า wishbones) โดยมีการต่อเข้ากับดุมล้อรถ แยกอิสระทั้งซ้ายและขวา โดยงา wishbones นี้จะติดกับโครงรถช่วงล่าง โช้คอัพและคอยล์สปริง เป็นการรับแรงในแนวตั้ง เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นสูง การเคลื่อนไหวอิสระของสองล้อ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

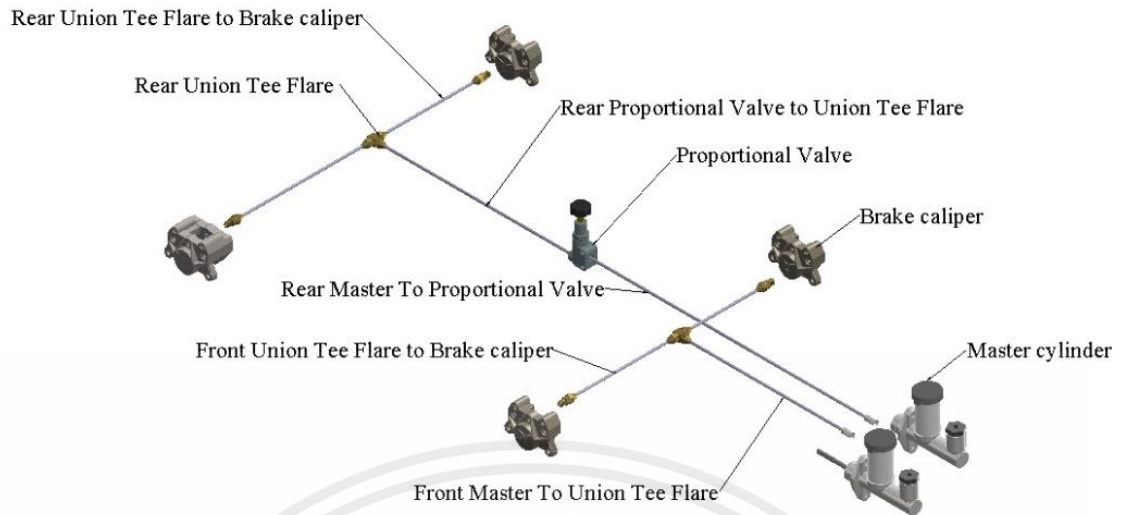
เส้นสะท้อนก็จะอิสระต่อกัน ทำให้แรงกระทกมาถึงห้องโดยสารได้น้อยลง เกาะถนนได้ดีขึ้น ส่วนประกอบต่างๆ ดังรูป (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 ระบบช่วงล่าง

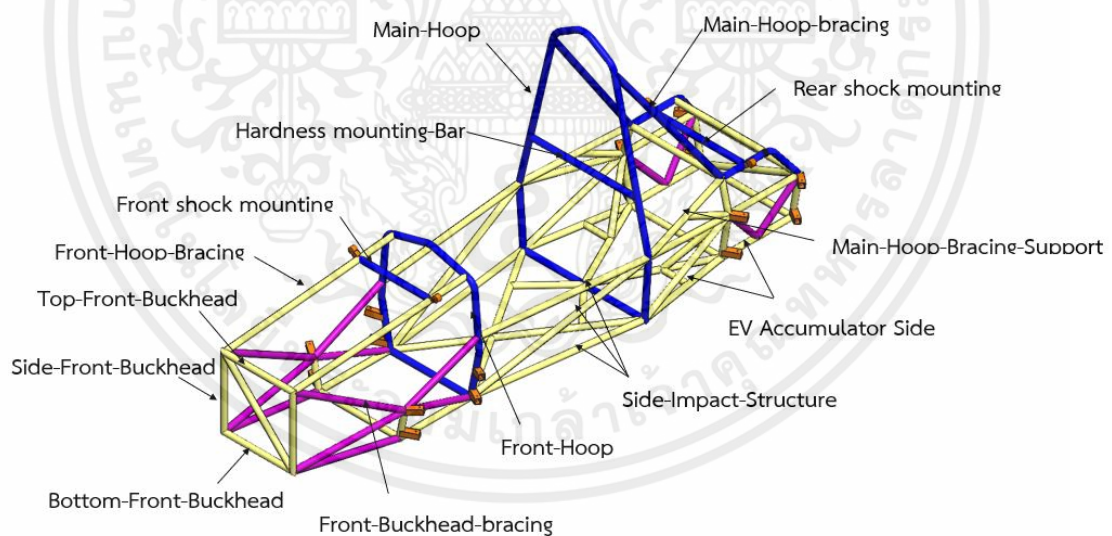
3.2.2 การออกแบบระบบเบรก

การออกแบบระบบเบรก เป็นระบบเบรกแบบไฮดรอลิกแบบอิสระสองวงจรโดยวงจรที่หนึ่งใช้แม่ปั้มเบรกหนึ่งตัวเพื่อหยุดล้อด้านหน้า และวงจรที่สองใช้แม่ปั้มเบรกหนึ่งตัวเพื่อหยุดล้อด้านหลัง เนื่องจากเพื่อป้องกันอุบัติเหตุเมื่อวงจรเบรกวงจรใดเกิดความเสียหาย ยังสามารถที่จะใช้วงจรที่ไม่เกิดความเสียหายได้ วงจรตามรูป (รูปที่ 3.6) การออกแบบเป็นไปตามกฎการแข่งขัน ข้อที่ T.3 BRAKE SYSTEM Formula SAE® Rules 2022



รูปที่ 3.6 วงจรระบบเบรก

3.2.3 การออกแบบโครงสร้าง



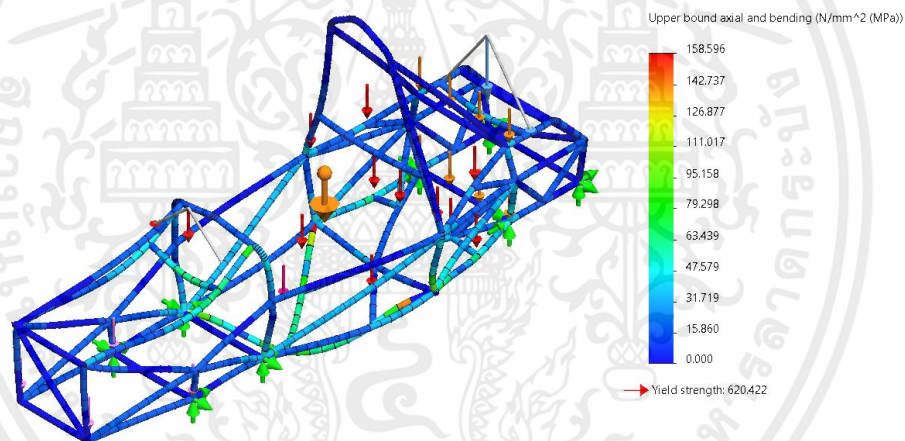
รูปที่ 3.7 โครงสร้างหลักของรถแข่งตามกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2022 Student Formula EV

ในปัจจุบันทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ไทย จัดการแข่งขันรายการ แข่งขัน TSAE Auto Challenge 2022 Student Formula โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อการพัฒนาทักษะทางด้านวิศวกรรมยานยนต์ให้นักศึกษาสถาบันต่างๆ ซึ่งจะมีการแข่งขัน ปีละ 1 ครั้ง ครั้งแรกจัดขึ้นในปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2005 เป็นการแข่งขันในรูปแบบยานยนต์ประหยัดพลังงาน จากนั้นจึงเปลี่ยนมาเป็นการแข่งขันแบบฟอร์มูล่า ในปี 2007 และได้ปรับเปลี่ยนมาใช้กฎกติกาสากลในปี 2008 มาตรฐานความปลอดภัย ในการแข่งขัน Bullet Auto Challenge เป็นรายการเน้นความปลอดภัย โดยมีกติกาที่เคร่งครัด ระบุไว้ชัดเจน ทั้งในส่วนโครงสร้างการออกแบบ ดังรูป (รูปที่ 3.7) และอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับนักแข่ง ที่ต้องได้มาตรฐาน FIA

โดยจากกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2022 Student Formula ในโครงสร้างหลักจะประกอบไปด้วยส่วนของ Front-Hoop, Front shock mounting, Main-Hoop, Hardness mounting-Bar, Main-Hoop-bracing, Rear shock mounting เป็นเหล็กชนิด STKM 13B ขนาดความหนา 2.4 มิลลิเมตร ของเส้นสีน้ำเงิน ดังรูป (รูปที่ 3.7) ในส่วนของ Front-Buckhead, Front Hoop-Bracing, Side-Impact-Structure, Main-Hoop-Bracing-Support, EV Accumulator Side Protection เป็นเหล็กชนิด STKM 13B ขนาดความหนา 1.6 มิลลิเมตร ของเส้นสีเหลือง ดังรูป (รูปที่ 3.7) ในส่วนของ Front-Buckhead-Bracing เป็นเหล็กชนิด STKM 13B ขนาดความหนา 1.2 มิลลิเมตร ของเส้นสีชมพู ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8 ผลการจำลองการออกแบบโครงสร้างรถ โดยใช้โปรแกรม Solid Works Simulation

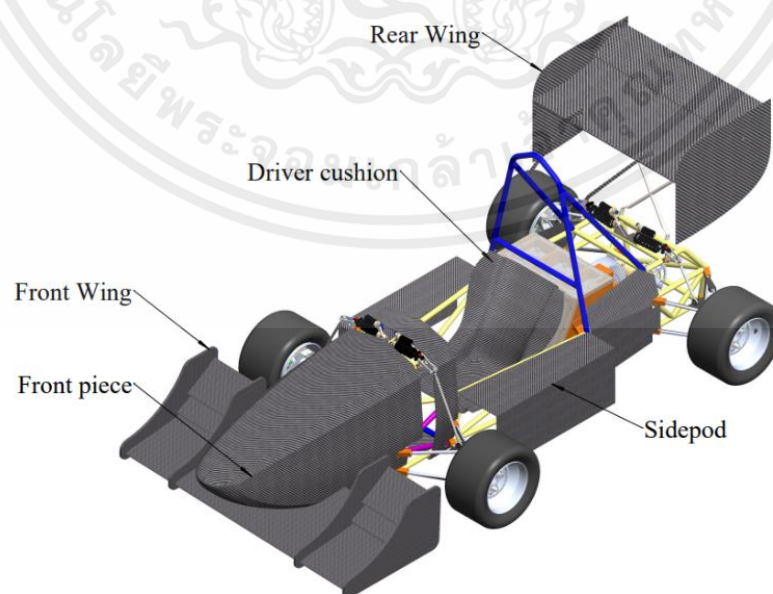
ผลการจำลองโครงสร้างรถ เมื่อมีโหลดน้ำหนักจากอุปกรณ์ต่างๆ ภายในรถ โดยโหลดหลักๆ ที่เกิดขึ้นมี 6 ส่วน คือ โหลดที่เกิดขึ้นจากกล่องแบตเตอรี่ (850 นิวตัน) โหลดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักคนขับรถ (800 นิวตัน) โหลดที่เกิดขึ้นจากระบบบังคับเลี้ยว ระบบเบรก และคันเร่ง (100 นิวตัน) โหลดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักมอเตอร์ และลิมิเตอร์สลิป (500 นิวตัน) โหลดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักรถส่วนหน้า กระทำผ่านโช้คอัพ (1500 นิวตัน) และโหลดที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักรถส่วนหลัง กระทำผ่านโช้คอัพ (3000 นิวตัน) จากรูปที่ 3.8 การจำลองโครงสร้างรถ เมื่อมีโหลดน้ำหนักจากอุปกรณ์ต่างๆ ภายในรถ มากระทำ จะเห็นได้ว่าค่าการบิดงอของโครงสร้างสูงสุด 158.59 เมกะปาสคาล ซึ่งโดยรวมโครงสร้างสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบโครงสร้างหลักโดยให้ตรงตามกฎของการแข่งขัน สำหรับ Front Hoop ต้องสร้างจากท่อโลหะด้วยรูปทรงสามเหลี่ยมที่เหมาะสม สามารถสร้างจากท่อขึ้นส่วนมากกว่าหนึ่งชั้น และพื้นผิวบนสุดของ Front Hoop ต้องไม่ต่ำกว่าด้านบนของพวงมาลัย และต้องอยู่ข้างหน้าพวงมาลัยไม่เกิน 250 มิลลิเมตร โดยวัดในแนวนอนบนเส้นกึ่งกลางรถ และในมุมมองด้านข้างของรถ ส่วนใด ๆ ของ Front Hoop เหนือโครงสร้างกระแทกด้านบนต้องเอียงน้อยกว่ามุม 20 องศา จากแนวตั้ง สำหรับ Main Hoop ต้องเป็นเหล็กท่อนเดียวต่อเนื่องส่วนของ Main Hoop ที่อยู่เหนือจุดยึดไปยัง Side Impact ด้านบนท่อต้องอยู่ห่างจากแนวตั้งน้อยกว่ามุม 10 องศา ซึ่งในมุมมองด้านข้างของรถ ส่วนประกอบแนวตั้งต้องสูงอย่างน้อย 380 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งติด Main Hoop ด้านล่างท่อโครงสร้างหลักของแชสซี สำหรับ Main Hoop Bracing โครงยึด Main Hoop สองฝั่งด้านซ้ายและขวา ยื่นออกไปทิศทางด้านหลัง ต้องติดต่ำกว่าพื้นผิวด้านบนของ Main Hoop ไม่เกิน 160 มิลลิเมตร มุมรวมที่เกิดจาก Main Hoop และ Main Hoop Braces จะต้องเป็นมุม 30 องศา หรือมากกว่า Main Hoop Bracing ต้องตรงไม่โค้งงอ สามารถส่งแรงทั้งหมดจาก Main Hoop ไปยังโครงสร้างหลักของแชสซี สำหรับ Roll Hoop และ Driver Position เมื่อนักขับนั่งตามปกติใส่หมวกกันน็อค นักขับทุกคนในทีมจะต้องห่างจากเส้นตรงที่ลากจากด้านบนของ Main Hoop ไปยังด้านบนของ Front Hoop อย่างน้อย 50 มิลลิเมตร และจากเส้นตรงที่ลากจากด้านบนของ Main Hoop ไปยังปลายล่างของ Main Hoop Bracing อย่างน้อย 50 มิลลิเมตร หากตัวค้ำขยายไปด้านหลัง

3.2.4 การออกแบบตัวถัง

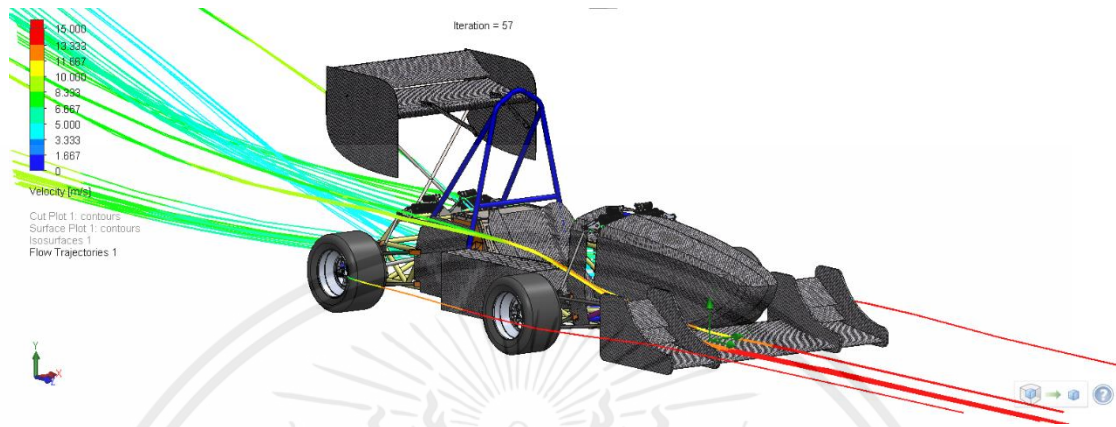
3.2.4.1 การออกแบบตัวถังรถเพื่อช่วยให้รถมีความสมดุลจากตัวถัง ขณะที่ลมปะทะที่ตัวรถ ส่วนประกอบหลักมีดังรูป (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของตัวถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.1 ผลการจำลองการไหลของลม โดยกำหนด ความเร็วเท่ากับ 60 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมง อุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ความดันบรรยากาศเท่ากับ 1 atm แรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง ผลที่จำลองได้จำมีความเร็วลมที่ผ่านแตกต่างกันไป ดัง (รูปที่ 3.10)



รูปที่ 3.10 การจำลองการไหลของอากาศ

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือเก็บผล

3.3.1 เกจวัดลมยาง

ใช้สำหรับวัดลมยางในรถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุก ในการวัดค่าที่ได้จะเป็น หน่วย ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ กิโลปาสกาล ซึ่งเป็นหน่วยเมตริกสำหรับบอกปริมาณลมในยาง (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 เกจวัดลมยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer)

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรดให้การวัดอุณหภูมิโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงาน เหมาะสำหรับ พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูง พื้นที่แคบ ชิ้นงานที่ไม่ต้องการให้สัมผัสงาน ซ่อมบำรุง ที่มีพื้นที่แคบ หรือไม่สามารถติดตั้งเครื่องมือวัดได้ และมี Laser Pointer ทำให้แสดงตำแหน่งที่วัดได้อย่างแม่นยำ (รูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.12 เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer)

3.3.3 นาฬิกาจับเวลา (Timer)

ใช้สำหรับจับเวลาในระหว่างทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การแข่งขันกีฬา การวิ่ง เล่นเกมส์ การทำอาหาร ทำข้อสอบ การทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือใช้สำหรับติดตั้งกับเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 นาฬิกาจับเวลา (Timer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ตาชั่งดิจิตอล

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดน้ำหนักของวัตถุหรือสิ่งของต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงหน่วยวัดได้หลากหลายหลายไม่ว่าจะ กรัม (g) ออนซ์ (oz) ปอนด์ (lb) กิโลกรัม (Kg) กะรัต (ct) เป็นต้น การใช้เครื่องซึ่งจะช่วยในการวัดปริมาณน้ำหนักได้อย่างละเอียดแม่นยำและรวดเร็ว (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.14 ตาชั่งดิจิตอล

3.3.5 เครื่องวัดระดับเลเซอร์ (Laser Level)

สามารถวัดระดับได้ทั้งแนวนอน แนวตั้ง และปรับองศาแบบละเอียดได้โดยการใช้ลำแสงเลเซอร์กำหนดแนวระดับโครงสร้างงานก่อสร้างอาคารหรือติดตั้งวัตถุต่างๆ ภายในพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งลักษณะทั่วไปของตัวเครื่องจะคล้ายถังทรงกลมหรือทรงสี่เหลี่ยมคางหมูขนาดต่างๆ (รูปที่ 3.15)



รูปที่ 3.15 เครื่องวัดระดับเลเซอร์ (Laser Level)

3.3.6 ระดับน้ำแบบจานองศา (Ebisu Diamond Level)

ใช้วัดค่าองศาความลาดเอียงได้ และบอกค่าเป็นองศา ตั้งแต่ 0-90 องศา แต่ละช่วง องศายังมีเลขความลาดชัน โดยประมาณที่หน้าปัด (รูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.16 ระดับน้ำแบบจานองศา (Ebisu Diamond Level)

3.3.7 แท่นระดับ

ใช้สำหรับปรับระดับพื้นที่มีความเอียงให้ระดับพื้นเสมอกัน (รูปที่ 3.17)



รูปที่ 3.17 แท่นระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 แทนทดสอบการเอียงตัวของรถ

ในสำหรับการทดสอบการเอียงตัวของรถแข่ง สามารถทดสอบการเอียงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 60 องศา เป็นแทนทดสอบตามกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge (รูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.18 แทนทดสอบการเอียงตัวของรถ

3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการงาน

3.4.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบช่วงล่าง (Suspension) การกระจายแรงของน้ำหนักรถ (Weight balance)

3.4.2 ทำการออกแบบจากข้อมูลที่ศึกษาข้างต้นมาเป็นหลักการออกแบบเพื่อประสิทธิภาพที่เหมาะสมและตรงตามกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge 2023

3.4.3 ทำการปรับแต่งระบบช่วงล่างที่ออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหา โดยการปรับตั้งระบบช่วงล่าง ให้น้ำหนักกระจายเท่ากันทั้งสี่ล้อ และ เปลี่ยนสปริงของโช้คอัพเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน (รูปที่3.19)



รูปที่ 3.19 การปรับแต่งระบบช่วงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนการทดสอบ

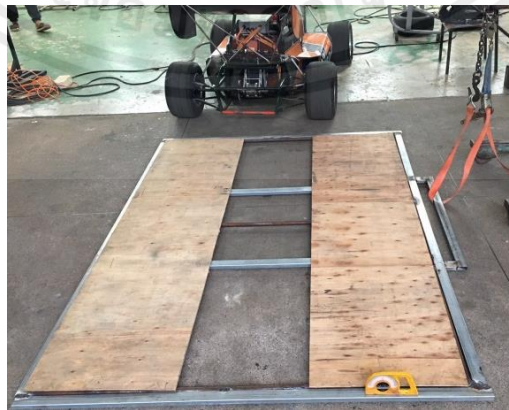
3.5.1 การเก็บผลการทดสอบการเอียงของรถแข่ง

การทดสอบการเอียง ผู้ขับขี่ที่สูงที่สุดจะต้องนั่งในตำแหน่งปกติ โดยไม่เอียงตจากเบาะที่นั่ง และของเหลวทุกชนิดที่บรรจุในยานพาหนะ จะต้องไม่มีการรั่วไหลออกมาเมื่อรถเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวนอน และรถไม่หมุนเมื่อเอียงทำมุม 60 องศา กับแนวนอน ตามกฎการแข่งขัน ข้อ IN.9 TILT TEST Formula SAE® Rules 2022 (รูปที่3.20)



รูปที่ 3.20 การทดสอบการเอียง

3.5.1.1 จัดเตรียมแท่นทดสอบการเอียง ที่จำลองขึ้นมาตามกฎการแข่งขัน ขนาดความกว้าง 1500 มิลลิเมตร ยาว 2500 มิลลิเมตร โดยใช้เครนยกไฮดรอลิก เป็นตัวยกให้แท่นทดสอบเอียง (รูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.21 จัดเตรียมแท่นทดสอบการเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.2 ติดตั้งระดับน้ำแบบงานองศาที่แทนทดสอบการเอียง (รูปที่ 3.22)



รูปที่ 3.22 ติดตั้งระดับน้ำแบบงานองศาที่แทนทดสอบการเอียง

3.5.1.3 นำรถแข่งขึ้นแท่นทดสอบการเอียง พร้อมกับนักขับ (น้ำหนัก 52 กิโลกรัม สูง 177 เซนติเมตร) และติดตั้งเชือกป้องกันการพลิกคว่ำ (รูปที่ 3.23)



รูปที่ 3.23 นำรถแข่งขึ้นแท่นทดสอบการเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.4 ทำการใช้เครนยกไฮดรอลิกยกขึ้นให้ได้ระดับเอียงที่มุม 45 องศา อ่านค่ามุมเอียงจากระดับน้ำแบบจางองศา เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นตรวจสอบการรั่วไหลของของเหลว หลังจากนั้นลดระดับของแท่นทดสอบการเอียงลงให้ขนานกับพื้น (รูปที่ 3.24)



รูปที่ 3.24 ทำการยกแม่แรงขึ้น

3.5.1.5 ทำซ้ำจากข้อ 3.4.1.4 ที่มุมเอียง 50 55 และ 60 องศา

3.4.1.6 ทำการเพิ่มมุมทดสอบการเอียงของรถเพื่อหามุมของการพลิกคว่ำ โดยสังเกตจากล้อที่ไม่สัมผัสกับแท่นทดสอบ

3.5.1.5 จดบันทึกผลการทดสอบ ของการเอียงตัวของรถที่ 45 60 องศา โดยการตรวจการรั่วของของเหลว และมุมการพลิกคว่ำสูงสุด

3.4.2 การทดสอบการกระจายน้ำหนักของรถแข่ง

3.5.2.1 ติดตั้งแท่นระดับด้วยการตรวจเช็คจากเครื่องวัดระดับเลเซอร์ โดยกำหนดระยะห่างของแท่นระดับให้มีขนาดเท่ากับล้อรถแข่งทั้ง 4 ล้อ (รูปที่ 3.25)



รูปที่ 3.25 ติดตั้งเครื่องวัดระดับเลเซอร์ และ แท่นระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.2 วางตาชั่งดิจิตอลบนแท่นระดับให้อยู่กึ่งกลางของแท่น (รูปที่ 3.26)



รูปที่ 3.26 ติดตั้งตาชั่งดิจิตอลบนแท่นระดับ

3.5.2.3 ทำการยกรถแข่งวางไว้บนตาชั่งดิจิตอล โดยล้อทั้ง 4 ล้ออยู่บนกึ่งกลางของตาชั่ง (รูปที่ 3.27)



รูปที่ 3.27 นำรถแข่งวางไว้บนตาชั่งดิจิตอลเพื่อชั่งน้ำหนักตัวรถ

3.5.2.4 ทำการชั่งน้ำหนักของล้อทั้ง 4 ล้อ ขณะที่ไม่มีนักขับ พร้อมปรับแก้ไขระบบช่วงล่างให้น้ำหนักกระจายเท่ากันทั้ง 4 ล้อ และ จดบันทึกผลดูผลจากตาชั่งดิจิตอล

3.5.2.5 ทำซ้ำจากข้อที่ 3.4.2.4 โดยที่มีนักขับ พร้อมปรับแก้ไขระบบช่วงล่างให้น้ำหนักกระจายเท่ากันทั้ง 4 ล้อ และ จดบันทึกผลดูผลจากตาชั่งดิจิตอล

3.5.3 การทดสอบผลระยะเบรกของรถแข่ง

การทดสอบเบรกจะทดสอบแบบไดนามิก โดยล้อจะต้องล็อกพร้อมกันทั้งหมดสี่ล้อ เมื่อสิ้นสุดการเร่งความเร็วจนถึงพื้นที่ที่กำหนด และจะต้องเหยียบเบรกด้วยแรงที่เพียงพอเพื่อให้ล้อทั้งสี่ล็อกเต็มที่ เมื่อหยุดรถเป็นเส้นตรง ตามกฎข้อ IN.12 BRAKE TEST Formula SAE® Rules

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

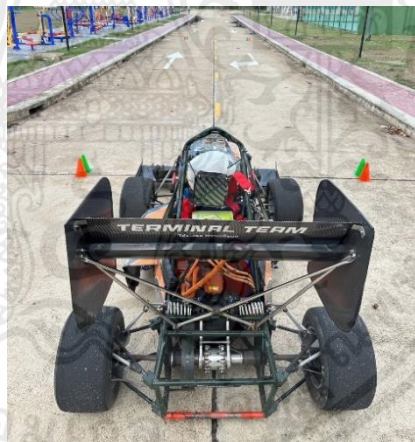
2022 และ ทดสอบความยาวระยะเบรกจากจุดเบรกจนถึงจุดหยุดนิ่ง ที่ความเร็ว 20 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

3.5.3.1 จัดเตรียมช่องทางระยะเบรก จากจุดปล่อยตัวจนถึงจุดควบคุมความเร็วแต่ ละความเร็วที่ระยะทาง 70 เมตรจนถึงจุดเบรก (รูปที่ 3.28)



รูปที่ 3.28 จัดเตรียมช่องทางระยะเบรก

3.5.3.2 นำรถแข่งจอดที่จุดปล่อยตัว (รูปที่3.29)



รูปที่ 3.29 นำรถแข่งจอดที่จุดปล่อยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.3 วัดอุณหภูมิ งานเบรกก่อนปล่อยตัวทั้ง 4 ล้อ (รูปที่ 3.30)



รูปที่ 3.30 วัดอุณหภูมิงานเบรก

3.5.3.4 สตาร์ทรถพร้อมที่จะปล่อยตัว และ ปล่อยตัวแล้วควบคุมความเร็วให้ได้ ความเร็วที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

3.5.3.5 เมื่อถึงเบรกให้ทำการเหยียบเบรกทันที

3.5.3.6 เมื่อรถหยุดนิ่ง ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดวัดอุณหภูมิของงานเบรกทั้ง 4 ล้อ และ ใช้ตลับเมตรวัดระยะเบรกจากจุดเบรกเริ่มต้นจนถึงจุดหยุดนิ่ง และวัดระยะความแตกต่างของรอยเบรกบนพื้น (ที่ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) แล้วจดบันทึกผล

3.5.3.7 ทำการทดสอบซ้ำจากข้อที่ 3.4.3.2 ถึง 3.4.3.5 ทั้งหมด 5 ครั้ง ที่ความเร็ว 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และบันทึกผลการทดสอบแต่ละรอบความเร็ว

3.5.4 การทดสอบความแตกต่างของลมยาง ในสนามสกิดแพต (Skid Pad) และสนามทางตรง (Acceleration)

3.5.4.1 จัดเตรียมสนามสกิดแพต (Skid Pad) (รูปที่ 3.31) และสนามทางตรง (Acceleration) (รูปที่ 3.32)



รูปที่ 3.31 สนามสกิดแพต (Skid Pad)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 สนามทางตรง (Acceleration)

3.5.4.2 นำรถจอดที่จุดปล่อยตัว (รูปที่3.33)



รูปที่ 3.33 นำรถจอดที่จุดปล่อยตัว

3.5.4.3 ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด วัดอุณหภูมิของยาง ณ ตำแหน่งหน้ายาง จำนวน 2 ตำแหน่ง คือ ระยะห่างจากขอบทางด้านนอก 3 เซนติเมตร และระยะห่างจากขอบทางด้านใน 3 เซนติเมตร ก่อนทำการทดสอบ (รูปที่ 3.34)



รูปที่ 3.34 วัดอุณหภูมิของยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4.4 ใช้เกจวัดลมยาง วัดลมยางทั้งสี่ล้อ (รูปที่ 3.35)



รูปที่ 3.35 วัดลมยางทั้งสี่ล้อ

3.5.4.5 สตาร์ทรถแล้วเริ่มปล่อยตัว พร้อมกับใช้นาฬิกาจับเวลา และความเร็วสนามสกีดแพด (Skid pad)

3.5.4.6 เมื่อครบหนึ่งรอบสนามให้รถหยุดนิ่งแล้วทำการจดบันทึกผลเวลาที่ได้ จากนั้นใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดวัดอุณหภูมิยาง ณ ตำแหน่งที่กำหนดไว้ และบันทึกผลอุณหภูมิของยาง

3.5.4.7 ทำการทดสอบซ้ำข้อที่ 3.4.4.2 จนถึง 3.4.4.6 ที่แรงดันลมยางที่ 14 และ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยเก็บผลแรงดันลมยางละ 3 รอบการทดสอบ

3.5.4.8 ทำการทดสอบซ้ำข้อที่ 3.4.4.2 จนถึง 3.4.4.6 ที่แรงดันลมยางที่ 12 14 และ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว กับสนามทางตรง (Acceleration) โดยเก็บผลแรงดันลมยางละ 3 รอบการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

เมื่อทำการจัดสร้างรถที่มีประสิทธิภาพตรงตามกฎการออกแบบของ TSAE Auto Challenge 2023 ที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งประเทศไทย โดยส่วนที่ได้พัฒนาขึ้นในส่วนของระบบช่วงล่าง แชสซีและตัวถัง และได้ทำการทดสอบ ทั้งหมดจำนวน 4 รูปแบบ ได้แก่ การทดสอบองศาการเอียงตัวของรถ การทดสอบการกระจายน้ำหนักไปยังล้อทั้ง 4 ล้อ การทดสอบระบบเบรก และการทดสอบลมยางที่แรงดัน 12 14 และ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ในสนามทางตรง (Acceleration) และสนามสกิดแพด (Skid Pad)

4.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

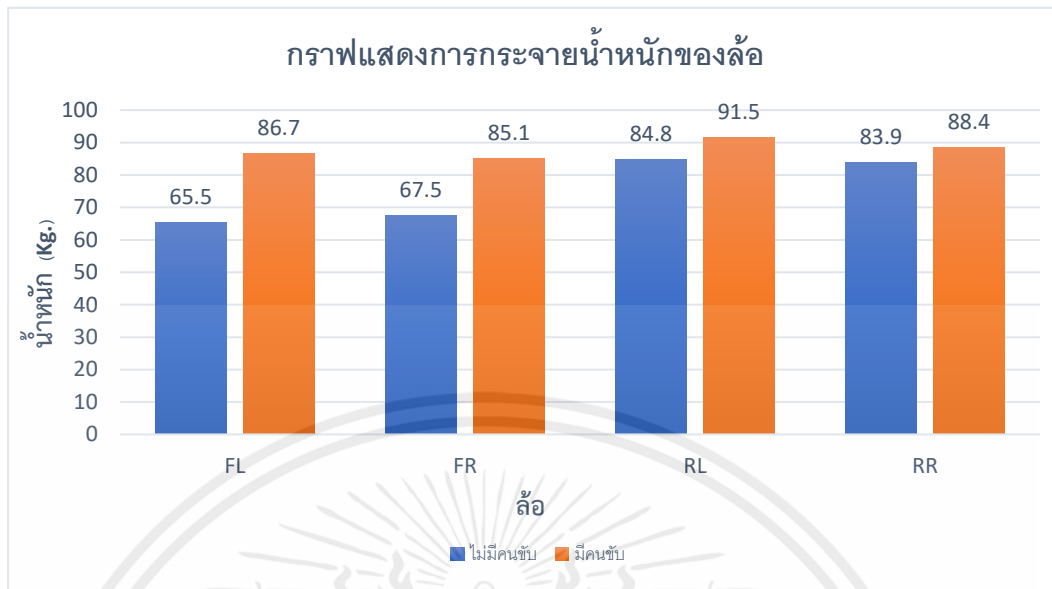
4.1.1 ทดสอบองศาการเอียงตัวของรถ

องศาการเอียงตัวรถ (degree)	ของเหลว รั่ว	ของเหลว ไม่รั่ว	พลิก คว่ำ	ไม่พลิก คว่ำ
45		✓		✓
50		✓		✓
55		✓		✓
60		✓		✓
>60		✓	✓	

รูปที่ 4.1 ตารางทดสอบองศาการเอียงตัวของตัวรถ

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า การทดสอบการเอียงตัวของรถที่องศาการเอียงตัวของรถ 45 50 55 60 และมากกว่า 60 องศา จากการทดสอบมุมมององศาการเอียงที่ 45 50 55 และ 60 องศา ไม่มีการรั่วไหลของของเหลว และตัวรถไม่มีการพลิกคว่ำ และการทดสอบมุมเอียงที่มากกว่า 60 องศา ไม่มีการรั่วไหลของของเหลวแต่ตัวรถเกิดการพลิกคว่ำ

4.1.2 ทดสอบการกระจายน้ำหนักของรถทั้ง 4 ล้อ

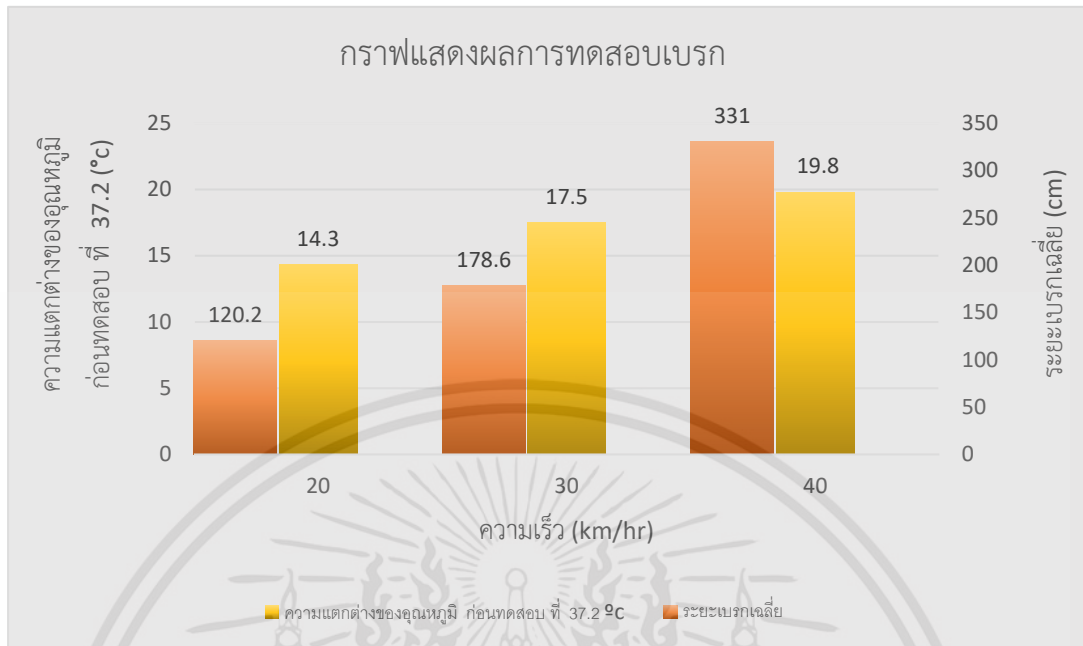


รูปที่ 4.2 แสดงค่าการกระจายน้ำหนักของรถทั้ง 4 ล้อ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของการกระจายน้ำหนักของล้อทั้ง 4 ล้อแบบมีนักขับ และ แบบไม่มีนักขับ พบว่า การถ่ายเทน้ำหนักไปยังล้อทั้งสี่ล้อแบบไม่มีนักขับจะได้น้ำหนักที่ชั่งได้ โดยที่เรียงจาก ล้อหน้าซ้าย ล้อหน้าขวา ล้อหลังซ้าย ล้อหลังขวา คือ 65.5 67.5 84.8 และ 83.9 มีหน่วยเป็น กิโลกรัม และแบบมีนักขับ ทั้งนี้ น้ำหนักของนักขับเท่ากับ 50 กิโลกรัม การถ่ายเทน้ำหนักไปยังล้อทั้งสี่ล้อจะได้น้ำหนักของล้อที่ชั่งได้ โดยที่เรียงจาก ล้อหน้าซ้าย ล้อหน้าขวา ล้อหลังซ้าย ล้อหลังขวา คือ 86.70 85.10 91.50 และ 88.40 มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

เมื่อนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกันพบว่า น้ำหนักของนักขับมีผลต่อการกระจายน้ำหนักของรถไปยังล้อทั้งสี่ล้อ

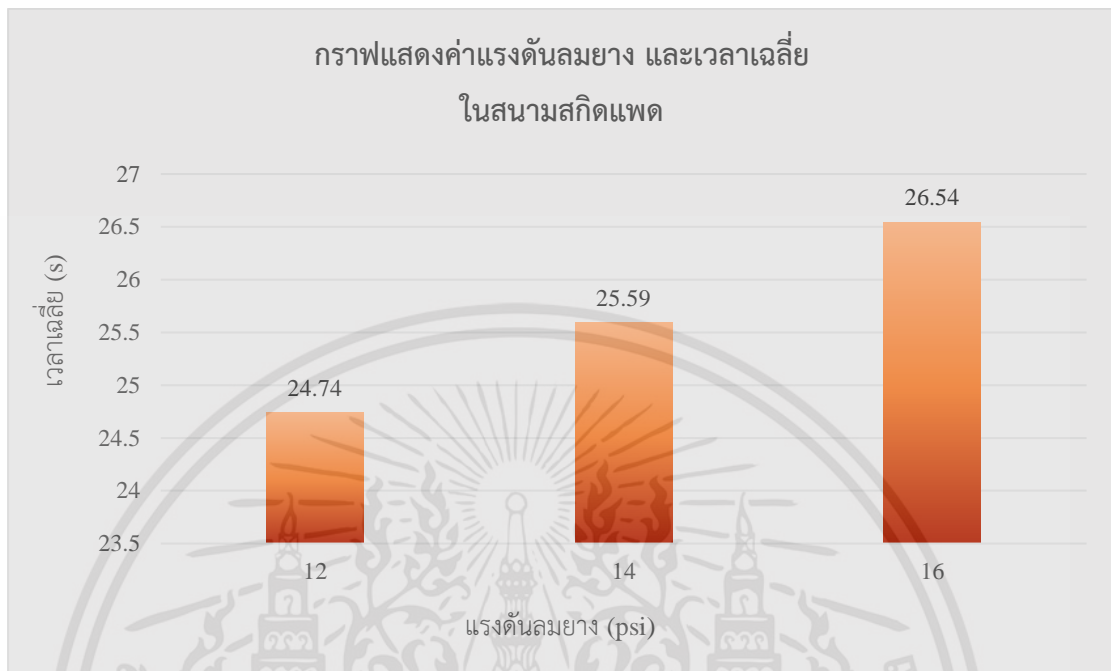
4.1.3 ทดสอบระบบเบรก



รูปที่ 4.3 แสดงค่ากราฟการทดสอบระยะทางการเบรกของรถ และค่าอุณหภูมิงานเบรก

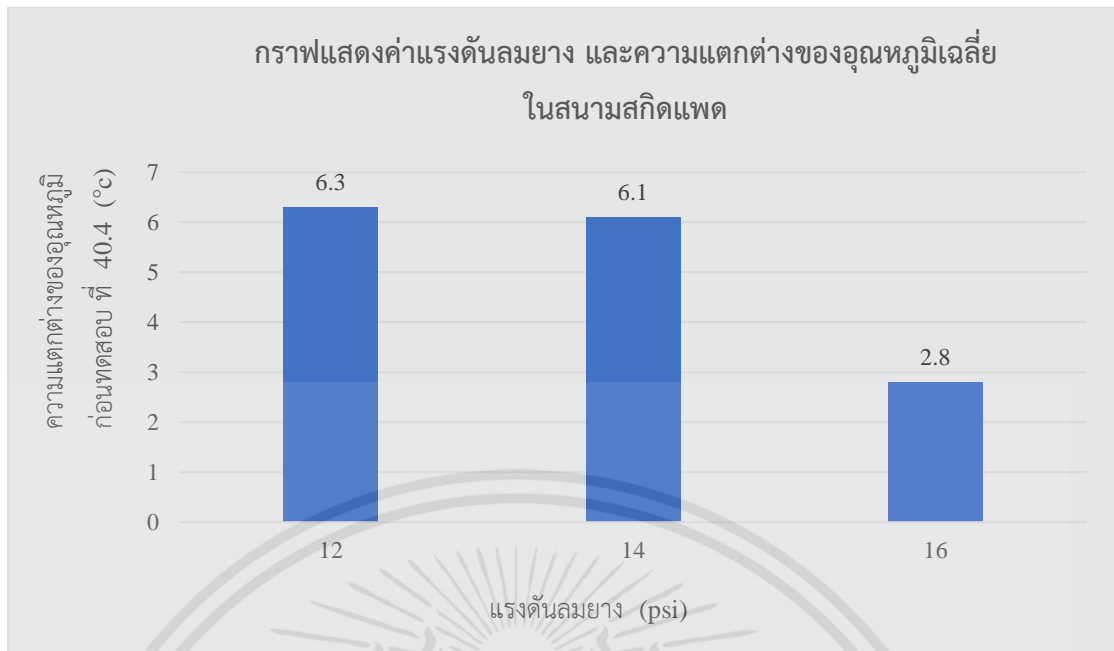
จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการทดสอบระยะทางการเบรกของรถ และวัดค่าอุณหภูมิงานเบรก โดยมีการทดสอบทั้งหมด 5 รอบ ระยะทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดหยุดนิ่ง เท่ากับ 25 เมตร ซึ่งการทดสอบแต่ละรอบจะมีการวัดระยะทางจากจุดหยุดนิ่งจนถึงจุดที่รถหยุดนิ่งจริง จะได้ค่าระยะทาง มีหน่วยเป็น เมตร โดยเรียงจากรอบที่ 1 รอบที่ 2 จนถึงรอบที่ 5 ตามลำดับ คือ 1.5 , 2 , 2.3 , 1.3 และ 1.9 และ อุณหภูมิของงานเบรก มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส โดยเรียงจาก รอบที่ 1 รอบที่ 2 จนถึงรอบที่ 5 ตามลำดับ คือ 47 , 51.5 , 52.8 , 52.2 และ 54.1 และในการทดสอบระบบเบรกสามารถ จับยึดล้อพร้อมกันได้ทั้ง 4 ล้อ ซึ่งเป็นไปตามกฎการแข่งขัน TSAE Auto Challenge

4.1.4 ทดสอบค่าแรงดันลมยาง เวลาเฉลี่ย และความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยในสนาม สกิดแพด (Skid Pad)



รูปที่ 4.4 แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยาง 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าเวลาเฉลี่ยที่วิ่งได้

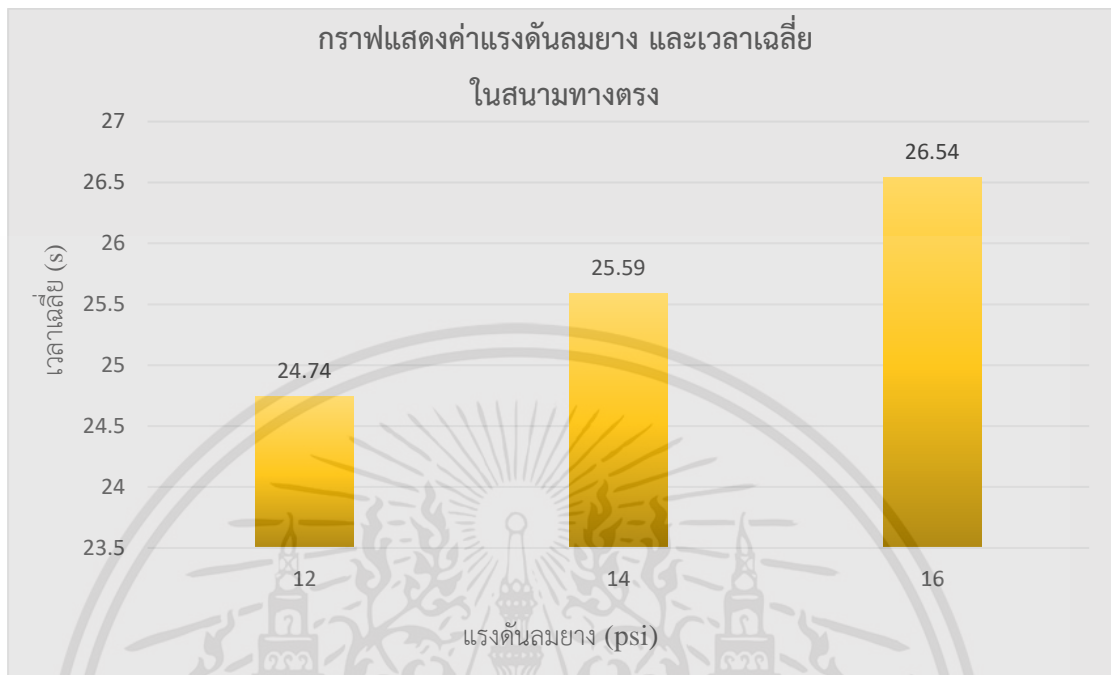
จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าเวลาเฉลี่ยที่วิ่งได้ โดยมีการทดสอบทั้งหมด 4 รอบ แล้วหาค่าเวลาเฉลี่ยในแต่ละค่าแรงดันลมยาง การทดสอบในสกิดแพด (Skid Pad) ซึ่งการทดสอบจะมีการจับเวลาในแต่ละรอบจะได้ค่าเวลาที่แรงดันลมยางที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาเฉลี่ยที่ทำได้คือ 24.74 วินาที แรงดันลมยางที่ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาเฉลี่ยที่ทำได้คือ 25.59 วินาที แรงดันลมยางที่ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาเฉลี่ยที่ทำได้คือ 26.54 วินาที การทดสอบแรงดันลมยางที่ได้เวลาที่ดีที่สุดอยู่ที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลาที่วิ่งได้ดีที่สุด เนื่องจากพื้นที่หน้าสัมผัสของยางสามารถสัมผัสกับพื้นสนามได้เต็มหน้ายางทำให้ยึดเกาะกับพื้นสนามได้ดี จึงทำให้สามารถทำเวลาได้ดีที่สุด



รูปที่ 4.5 แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยาง 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ยของล้อ

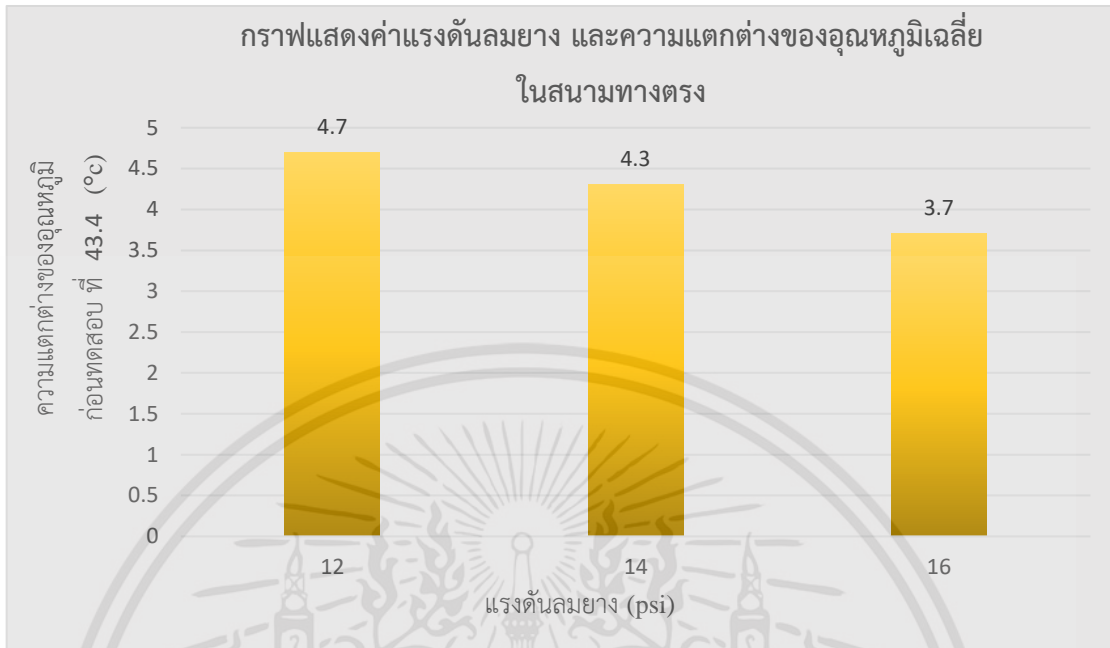
จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยางเฉลี่ยที่วิ่งได้ โดยมีการทดสอบทั้งหมด 4 รอบ แล้วหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยางเฉลี่ยในแต่ละค่าแรงดันลมยาง ซึ่งการทดสอบจะมีการหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยางเฉลี่ยที่แรงดันลมยางที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยางเฉลี่ยที่ได้คือ 6.3 องศาเซลเซียส แรงดันลมยางที่ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยางเฉลี่ยที่ได้คือ 6.1 องศาเซลเซียส และแรงดันลมยางที่ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิยางเฉลี่ยที่ได้คือ 2.8 องศาเซลเซียส การทดสอบแรงดันลมยางที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด ทำให้รถวิ่งได้ดีที่สุด เนื่องจากพื้นที่หน้าสัมผัสของยางเกิดความร้อนทำให้ยางมีความเหนียวหนึบขึ้นและสามารถสัมผัสกับพื้นสนามได้เต็มหน้ายางทำให้ยึดเกาะกับพื้นสนามได้ดี จึงสามารถทำให้รถวิ่งได้ดีที่สุด

4.1.5 ทดสอบค่าแรงดันลมยาง เวลาเฉลี่ย ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ย และความเร็วเฉลี่ยในสนามทางตรง (Acceleration)



รูปที่ 4.6 แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าเวลาเฉลี่ยที่วิ่งได้

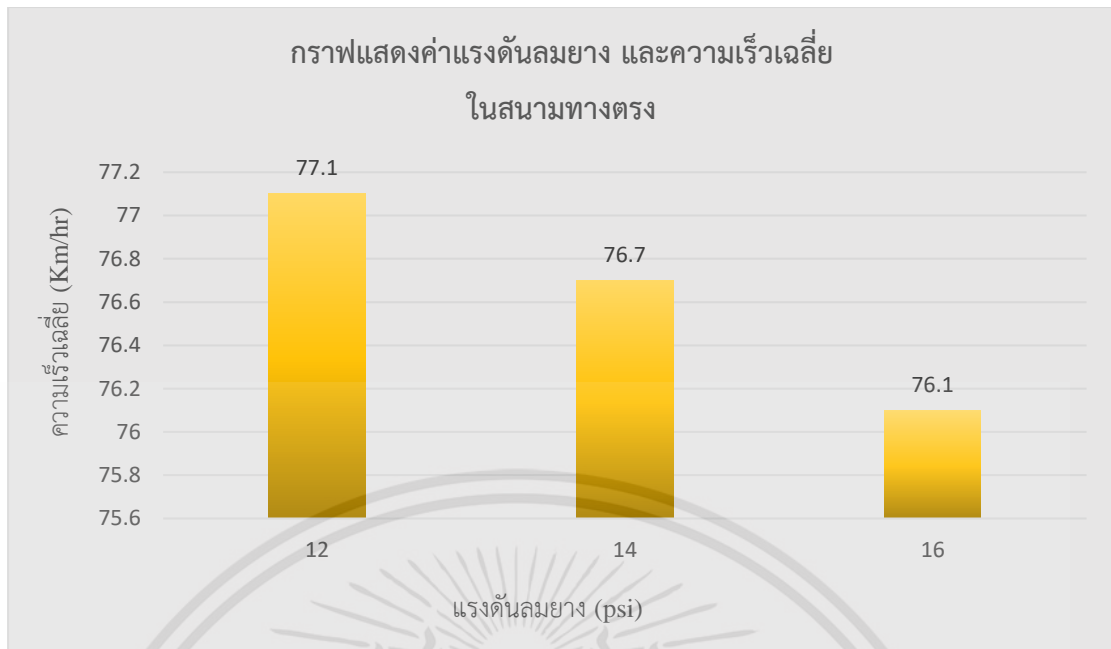
จากรูป 4.6 จะเห็นได้ว่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12 14 และ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าเวลาเฉลี่ยที่วิ่งได้ โดยมีการทดสอบทั้งหมด 4 รอบ แล้วหาค่าเวลาเฉลี่ยในแต่ละค่าแรงดันลมยาง การทดสอบในสนามทางตรง ระยะทาง 75 เมตร ซึ่งการทดสอบค่าแรงดันลมยางที่ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าเวลาเฉลี่ย คือ 26.54 วินาที ค่าแรงดันลมยางที่ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าเวลาเฉลี่ย คือ 25.59 วินาที ค่าแรงดันลมยางที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ค่าเวลาเฉลี่ย คือ 24.74 วินาที ซึ่งค่าแรงดันลมยาง ที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลาที่วิ่งได้ดีที่สุด และใช้เวลาน้อยที่สุด เนื่องจากพื้นที่หน้าสัมผัสของยางสามารถสัมผัสกับพื้นสนามได้เต็มหน้ายางทำให้ยึดเกาะกับพื้นสนามได้ดี และลดการเกิดโอเวอร์สตีเอสได้ดี จึงทำให้สามารถทำเวลาได้ดีที่สุด



รูปที่ 4.7 แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมยางเฉลี่ย

จากรูป 4.7 จะเห็นได้ว่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมยางเฉลี่ย โดยมีการทดสอบทั้งหมด 4 รอบ แล้วหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมยางเฉลี่ยในแต่ละค่าแรงดันลมยาง การทดสอบในสนามทางตรง ระยะทาง 75 เมตร ซึ่งการทดสอบจะมีการวัดค่าอุณหภูมิมยางเฉลี่ยทั้งสี่ล้อ และในแต่ละรอบจะได้ค่าอุณหภูมิมยาง มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิมยางเฉลี่ยก่อนการทดสอบคือ 43.4 องศาเซลเซียส โดยค่าแรงดันลมยางที่ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิมยางเฉลี่ยของล้อที่วัดได้ คือ 47.1 องศาเซลเซียส และค่าแรงดันลมยางที่ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิมยางเฉลี่ยของล้อที่วัดได้ คือ 47.7 องศาเซลเซียส และค่าแรงดันลมยางที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิมยางเฉลี่ยของล้อที่วัดได้ คือ 48.1 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าแรงดันลมยาง ที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นอุณหภูมิมยางเฉลี่ยของล้อที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด เนื่องจากพื้นที่หน้าสัมผัสของยางสัมผัสกับพื้นถนนมาก เกิดแรงเสียดทานระหว่างยางกับถนน ทำให้อุณหภูมิมยางสูงขึ้น และเกาะถนนได้ดีกว่าแรงดันลมยาง ที่ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงค่ากราฟการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จับค่าความเร็วเฉลี่ย

จากรูป 4.8 จะเห็นได้ว่าการทดสอบแรงดันลมยางที่ 12, 14, 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว วัดค่าความเร็วเฉลี่ย โดยมีการทดสอบทั้งหมด 4 รอบ แล้วหาค่าความเร็วเฉลี่ยในแต่ละค่าแรงดันลมยาง การทดสอบในสนามทางตรง ระยะทาง 75 เมตร ซึ่งการทดสอบจะมีการจับความเร็วเฉลี่ย และในแต่ละรอบจะได้ค่าความเร็ว มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยค่าแรงดันลมยางที่ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเร็วเฉลี่ยที่จับได้ คือ 76.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าแรงดันลมยางที่ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเร็วเฉลี่ยที่จับได้ คือ 76.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าแรงดันลมยางที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเร็วเฉลี่ยที่จับได้ คือ 77.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งค่าแรงดันลมยาง ที่ 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นความเร็วเฉลี่ยที่สูงที่สุด เนื่องจากหน้าสัมผัสของยางสัมผัสกับพื้นถนนได้เต็มหน้ายาง ทำให้รถมีความเร็วกว่าแรงดันลมยาง ที่ 14 และ 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การทดสอบการเอียงตัวของรถเพื่อตรวจสอบการรั่วไหลของของเหลวในตัวรถ และเพื่อตรวจสอบการสมดุลของตัวรถ การทดสอบระบบเบรก รวมไปถึงความสัมพันธ์ของความดันลมยาง อุณหภูมิของยาง ที่มีผลต่อการวิ่งของรถไฟฟ้าสูตรนักศึกษา โดยใช้ยางสลิค (Slick) ในการทดสอบและทำการเก็บผลการทดสอบจากการวิ่งในสนามแข่งขันสกิดแพด (Skidpan) และทางตรง (Acceleration) โดยใช้ค่าแรงดันของลมยางที่มีค่า 16 14 และ 12 ตามลำดับ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ในการทดสอบการเอียงของรถที่ตรงตามกฎของการแข่งขัน พบว่า ในการทดสอบการเอียงตัวของรถที่มุม 45 องศา ตามกฎการแข่งขันไม่มีการรั่วไหลของของเหลว และในการทดสอบการเอียงตัวของรถที่มุม 60 องศา ตามกฎการแข่งขันตัวรถไม่มีการพลิกคว่ำ และมีการทดสอบองศาการพลิกคว่ำของรถที่มุมองศามากที่สุดที่รถสามารถพลิกคว่ำได้คือ 63 องศาเนื่องจากล้อเริ่มมีการสัมผัสพื้นน้อย

5.1.2 ในการทดสอบการกระจายน้ำหนักไปยังล้อทั้ง 4 ล้อ โดยการทดสอบประหว่ามินักขับกับไม่มีนักขับ การทดสอบที่ไม่มีนักขับ พบว่าน้ำหนักของรถตกลงไปที่ล้อด้านหลัง และในการทดสอบแบบมีนักขับ พบว่า น้ำหนักสามารถกระจายไปยังล้อทั้ง 4 ล้อได้ค่อนข้างเท่ากันทั้ง 4 ล้อ ทั้งนี้ น้ำหนักของนักขับมีน้ำหนักเท่ากับ 50 กิโลกรัม เพราะฉะนั้น น้ำหนักของนักขับจึงมีผลต่อการกระจายน้ำหนักไปยังล้อทั้ง 4 ล้อ

5.1.3 ในการทดสอบเบรก ตามกฎการแข่งขัน ให้ล้อรถทั้ง 4 ล้อล็อคพร้อมกันทั้ง 4 ล้อ และมีการทดสอบระยะเบรกของแต่ละความเร็ว พบว่า การทดสอบการเบรกให้ล้อล็อคพร้อมกัน จากการทดสอบ ล้อสามารถล็อคพร้อมกันทั้ง 4 ล้อ และ ระยะเบรกแต่ละความเร็วรถสามารถเบรกได้ในระยะทางที่ไม่มากเกินไปดูได้จาก รูปที่ 4.4

5.1.4 ในการทดสอบพบว่า การวิ่งในสนามแข่งขันสกิดแพด (Skidpan) เมื่อใช้ค่าแรงดันลมยางที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการถ่ายเทน้ำหนักในการออกตัวและการเข้าโค้งได้ดี ไม่เกิดอาการโอเวอร์สตีร์ (Oversteer) โดยใช้เวลาน้อยสุดคือ 24.60 วินาที ที่ค่าแรงดันลมยาง 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว.

5.1.5 ในการทดสอบพบว่าการวิ่งในสนามแข่งขันทางตรง (Acceleration) เมื่อใช้ค่าแรงดันลมยางที่เหมาะสมจะทำให้ช่วยลดเวลาในการวิ่งทางตรงและลดอาการสลิปของยางตอนออกตัว โดยใช้เวลาน้อยสุดคือ 5.03 วินาที ที่ค่าแรงดันลมยาง 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและความเร็วสูงสุดที่ 78.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ความดันลมยางต้องมีการเช็คก่อนและหลังการทดสอบทุกครั้ง เพื่อเก็บค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและลดลงของยาง

5.2.2 ค่าความเร็วและเวลาในการวิ่งของรถที่เร็วที่สุด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ค่าแรงดันของลมยาง น้ำหนักของรถทั้ง 4 ล้อ หรือลักษณะของการขับขี่ที่เหมาะสมของผู้ขับขี่

5.2.3 การเลือกนักขับควรคำนึงถึงน้ำหนักนักขับเนื่องจากมีผลต่อกระจายน้ำหนักไปยังล้อทั้ง 4 ล้อ

5.2.4 การเลือกใช้ยางควรเลือกใช้ยางสลิคในการทดสอบหรือการแข่งขัน และควรมีการใช้ผ้าวอร์มยางหรือเบิร์นล้อย่างให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมก่อนทำการทดสอบ

5.2.5 สามารถพัฒนาระบบเบรกโดยการทำบาลานซ์บาร์ที่ขาเบรก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Adam Theander. (2004) “Design of a Suspension for a Formula Student Race Car” VEHICLE DYNAMICS AERONAUTICAL AND VEHICLE ENGINEERING ROYAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
- [2] Parnika Chauhan et al. (2021) “Design, modeling and simulation of suspension geometry for formula student vehicles”.
- [3] Pothamsetty Kasi V Rao et al. (2022) “Numerical analysis on space frame chassis of a formula student race car”.
- [4] Rashmi Kaushal et al. (2021) “Design and analysis of wheel assembly and anti-roll bar for formula SAE vehicle”.
- [5] กฤษดา ไชนล้ำยา และคณะ. (2563). “พัฒนารถสูตรนักศึกษาประเภทรถไฟฟ้า.” ปริญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์.
- [6] คมสันต์ งามข้า. (2558) “การทดสอบระบบรองรับน้ำหนักแบบคานแข็ง” งานวิจัยมหาลัย เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- [7] SOMCHAI (2564) “รู้จักยางเรเดียล และยางผ้าใบ” สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566 จาก <https://khaorodnissan.com/>
- [8] ไทยทราวโฮม (2565) “คนมีรถต้องรู้ว่าควรเติมลมรถเท่าไรดูจากแผ่นสติ๊กเกอร์นี้” สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566 จาก <https://www.thaihometown.com/>
- [9] maxxis (2565) “UNDERSTANDING OVERSTEER AND UNDERSTEER” สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566 จาก <https://maxxistyres.com.au/understanding-oversteer-and-understeer/>
- [10] พิสน ลีละหุต (2560) “มารู้จักอาการ Over/Understeer” สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566 จาก <https://www.autodeft.com/deftanswer/know-and-fix-oversteer-and-understeer>
- [11] Compactbrakes (2563) “การทำงานของระบบเบรกรถยนต์ที่ควรรู้” สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566 จาก <https://www.compact-brake.com/news-detail/45>
- [12] thaicarlover (2559) “มุมแคมเบอร์ (Camber angle)” คืออะไร !! สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566 จาก <https://www.thaicarlover.com>
- [13] Atsushi OKAWA (2009) “Aerodynamics Analysis of Formula One Vehicles”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

ตารางแสดงค่าการทดสอบการเอียงตัวของรถ ค่าการทดสอบการ
กระจายน้ำหนัก ค่าอุณหภูมิ เวลา ความเร็ว ในการทดสอบระบบ
เบรก การทดสอบวิ่งสนาม สกิดแพด (Skid Pad) และการ
ทดสอบวิ่งสนามทางตรง (Acceleration)

ตารางที่ ก.1 ตารางการทดสอบองศาการเอียงตัวของรถ

องศาการเอียงตัวรถ (degree)	ของเหลว รั่ว	ของเหลว ไม่รั่ว	พลิก คว่ำ	ไม่พลิก คว่ำ
45		✓		✓
50		✓		✓
55		✓		✓
60		✓		✓
>60		✓	✓	

ตารางที่ ก.2 ตารางค่าการทดสอบการกระจายน้ำหนักของล้อ

การกระจายน้ำหนัก	ล้อ				น้ำหนัก รวม
	หน้าซ้าย	หน้าขวา	หลังซ้าย	หลังขวา	
- ไม่มีคนขับ	65.5	67.5	84.8	83.9	301.70
- มีคนขับ	86.70	85.10	91.50	88.40	351.70

**หมายเหตุ น้ำหนักคนขับ 50 กิโลกรัม

ตารางที่ ก.3 ตารางค่าอุณหภูมิงานเบรกก่อนการทดสอบ

อุณหภูมิงานเบรกของล้อ				อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หน้าซ้าย (°C)	หน้าขวา (°C)	หลังซ้าย (°C)	หลังขวา (°C)	
37.3	37.3	37.8	36.3	37.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ตารางค่าอุณหภูมิงานเบรกและระยะเบรกก่อนหยุดนิ่ง ที่ความเร็ว 20 Km/hr.

รอบ	อุณหภูมิงานเบรกของล้อ				อุณหภูมิเฉลี่ย(°C)	ระยะเบรก (cm)
	หน้าซ้าย (°C)	หน้าขวา (°C)	หลังซ้าย (°C)	หลังขวา (°C)		
1	46.0	49.5	44.2	48.4	47.0	132
2	53.6	56.5	46.2	49.7	51.5	122
3	53.4	60.5	47.3	50.1	52.8	110
4	52.4	54.0	50.2	52.1	52.2	117
5	60.6	57.0	48.7	50.0	54.1	120
ค่าเฉลี่ย					51.5	120.2

ตารางที่ ก.5 ตารางค่าอุณหภูมิงานเบรกและระยะเบรกก่อนหยุดนิ่ง ที่ความเร็ว 30 Km/hr.

รอบ	อุณหภูมิงานเบรกของล้อ				อุณหภูมิเฉลี่ย(°C)	ระยะเบรก (cm)
	หน้าซ้าย (°C)	หน้าขวา (°C)	หลังซ้าย (°C)	หลังขวา (°C)		
1	46.7	48.4	43.8	49.1	47.0	177
2	54.8	49.6	46.2	51.6	50.6	196
3	55.6	50.1	56.6	59.9	55.6	161
4	57.2	57.3	58.7	60.2	58.4	185
5	61.3	60.6	62.3	64.1	62.1	174
ค่าเฉลี่ย					54.7	178.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ตารางค่าอุณหภูมิงานเบรกและระยะเบรกก่อนหยุดนิ่ง ที่ความเร็ว 40 Km/hr.

รอบ	อุณหภูมิงานเบรกของล้อ				อุณหภูมิเฉลี่ย(°C)	ระยะเบรก(cm)
	หน้าซ้าย(°C)	หน้าขวา(°C)	หลังซ้าย(°C)	หลังขวา(°C)		
1	50.2	51.2	53.8	55.6	52.7	268
2	53.3	57.6	54.4	57.9	55.8	330
3	53.6	61.2	53.5	56.6	56.2	358
4	53.2	59.4	58.1	61.4	58.0	347
5	62.8	61.1	62.3	63.6	62.5	352
ค่าเฉลี่ย					57.0	331

ตารางที่ ก.7 ตารางค่าอุณหภูมิก่อนการทดสอบสนามแข่ง Skid Pad

อุณหภูมิของล้อ								อุณหภูมิเฉลี่ย(°C)
หน้าซ้าย(°C)		หน้าขวา(°C)		หลังซ้าย(°C)		หลังขวา(°C)		
ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	
38.7	39.8	38.1	39.2	40.3	42.5	41.5	43.1	40.4

ตารางที่ ก.8 ตารางค่าอุณหภูมิก่อนและเวลาในการจัดระดับสนามแข่ง Skid Pad ที่แรงดันลมยาง 16 psi

รอบ	อุณหภูมิของล้อ								อุณหภูมิเฉลี่ย(°C)	เวลา(S)
	หน้าซ้าย(°C)		หน้าขวา(°C)		หลังซ้าย(°C)		หลังขวา(°C)			
	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน		
1	39.6	47.2	48.8	47.0	48.4	43.7	45.7	44.1	45.6	27.08
2	38.5	49.9	40.3	53.0	42.5	44.5	42.7	47.5	44.9	26.73
3	34.3	44.5	36.5	44.6	42.3	42.1	38.4	38.2	40.1	26.53
4	34.2	45.1	39.3	49.7	42.6	41.2	42.3	42.5	42.1	25.82
ค่าเฉลี่ย									43.2	26.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ตารางค่าอุณหภูมิยางและเวลาในการจัดระดับสนามแข่ง Skid Pad ที่แรงดันลมยาง 14 psi

รอบ	อุณหภูมิของล้อ								อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	เวลา (s)
	หน้าซ้าย (°C)		หน้าขวา (°C)		หลังซ้าย (°C)		หลังขวา (°C)			
	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน		
1	43.2	40.2	39.4	43.0	46.4	50.7	39.7	47.1	43.7	25.62
2	41.1	47.3	44.3	51.4	44.5	46.8	45.1	47.2	46.0	25.55
3	40.8	50.1	49.4	55.4	45.7	47.9	47.8	50.1	48.4	25.60
4	42.6	45.4	48.6	49.2	48.2	51.2	49.3	49.5	48.0	25.57
ค่าเฉลี่ย									46.5	25.59

ตารางที่ ก.10 ตารางค่าอุณหภูมิยางและเวลาในการจัดระดับสนามแข่ง Skid Pad ที่แรงดันลมยาง 12 psi

รอบ	อุณหภูมิของล้อ								อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	เวลา (s)
	หน้าซ้าย (°C)		หน้าขวา (°C)		หลังซ้าย (°C)		หลังขวา (°C)			
	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน	ขอบนอก	ขอบใน		
1	40.6	47.8	48.4	53.9	43.8	47.5	46.2	50.2	47.3	24.83
2	42.1	48.9	49.3	54.3	43.7	48.6	45.5	50.5	47.9	24.81
3	41.8	48.1	47.5	56.4	44.6	50.9	48.2	51.1	43.0	24.60
4	43.8	46.1	49.3	57.3	46.4	50.4	47.3	51.7	48.6	24.73
ค่าเฉลี่ย									46.7	24.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ตารางค่าอุณหภูมิยางก่อนการทดสอบสนามแข่ง Acceleration

อุณหภูมิของล้อ								อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หน้าซ้าย (°C)		หน้าขวา (°C)		หลังซ้าย (°C)		หลังขวา (°C)		
ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	
39.5	39.6	38.3	38.2	48.5	53.1	42.5	47.8	43.4

ตารางที่ ก.12 ตารางค่าอุณหภูมิยาง ความเร็วและเวลาในการจัดระดับสนามแข่ง Acceleration ที่แรงดันลมยาง 16 psi

รอบ	อุณหภูมิของล้อ								ความเร็ว (km/ hr)	เวลา (s)
	หน้าซ้าย (°C)		หน้าขวา (°C)		หลังซ้าย (°C)		หลังขวา (°C)			
	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน		
1	42.2	45.6	47.0	48.2	42.8	42.9	56.1	53.2	75.4	5.37
2	40.1	47.9	51.1	49.4	42.2	42.5	49.5	49.3	76.2	5.35
3	43.5	47.8	45.6	49.8	41.0	43.9	47.2	47.5	75.5	5.50
4	44.7	49.2	49.5	52.6	44.6	45.7	50.3	54.7	77.1	5.25
ค่าเฉลี่ย									76.1	5.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ตารางที่ ก.13 ตารางค่าอุณหภูมิยาง ความเร็วและเวลาในการจัดระดับสนามแข่ง Acceleration ที่แรงดันลมยาง 14 psi

รอบ	อุณหภูมิของล้อ								ความเร็ว (km/hr)	เวลา (s)
	หน้าซ้าย (°C)		หน้าขวา (°C)		หลังซ้าย (°C)		หลังขวา (°C)			
	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน		
1	45.2	43.8	50.3	50.7	44.4	48.4	48.0	49.0	77.2	5.10
2	42.2	48.3	46.2	50.6	44.2	45.0	53.8	52.0	74.8	5.36
3	43.1	47.0	47.1	48.6	43.1	46.7	49.7	51.4	78.3	5.47
4	46.1	48.3	48.4	50.2	45.2	46.9	48.4	53.9	76.5	5.41
ค่าเฉลี่ย									76.7	5.34

ตารางที่ ก.14 ตารางค่าอุณหภูมิยาง ความเร็วและเวลาในการจัดระดับสนามแข่ง Acceleration ที่แรงดันลมยาง 12 psi

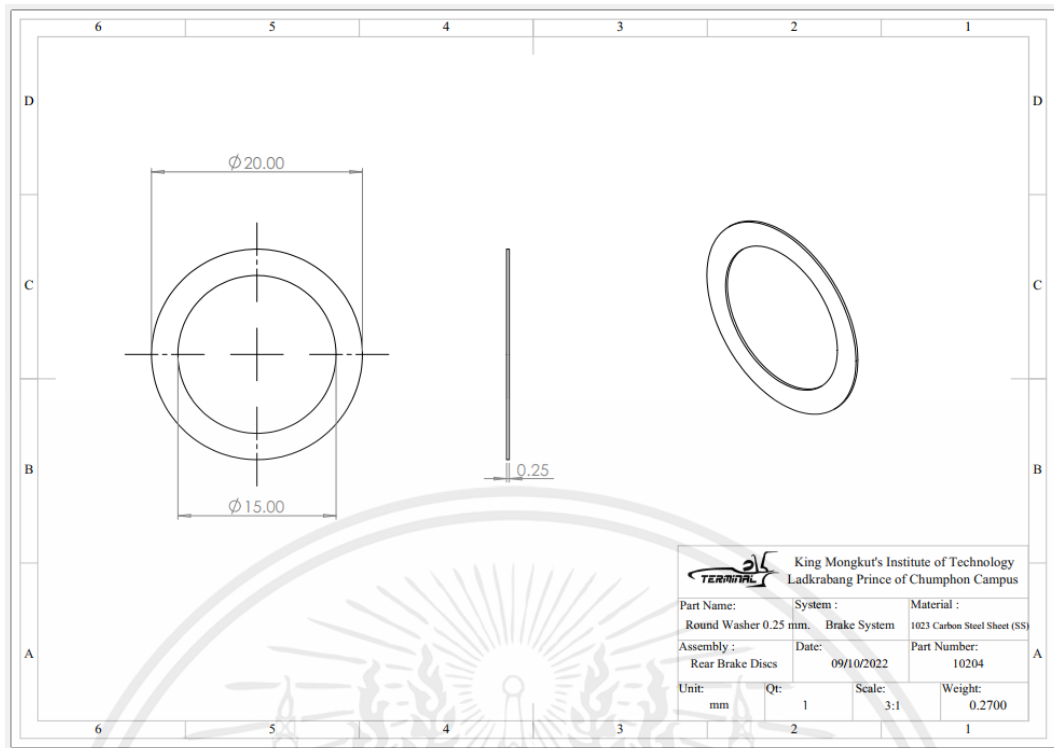
รอบ	อุณหภูมิของล้อ								ความเร็ว (km/hr)	เวลา (s)
	หน้าซ้าย (°C)		หน้าขวา (°C)		หลังซ้าย (°C)		หลังขวา (°C)			
	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน	ขอบ นอก	ขอบ ใน		
1	41.5	46.2	46.8	48.4	43.0	44.5	40.4	47.8	76.2	5.14
2	43.8	49.8	48.4	52.4	49.4	49.7	50.4	48.4	76.5	5.05
3	44.3	47.6	49.2	50.4	48.7	48.1	47.4	54.1	78.3	5.23
4	45.6	48.4	49.7	52.3	47.9	47.8	49.5	55.6	77.4	5.03
ค่าเฉลี่ย									77.1	5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

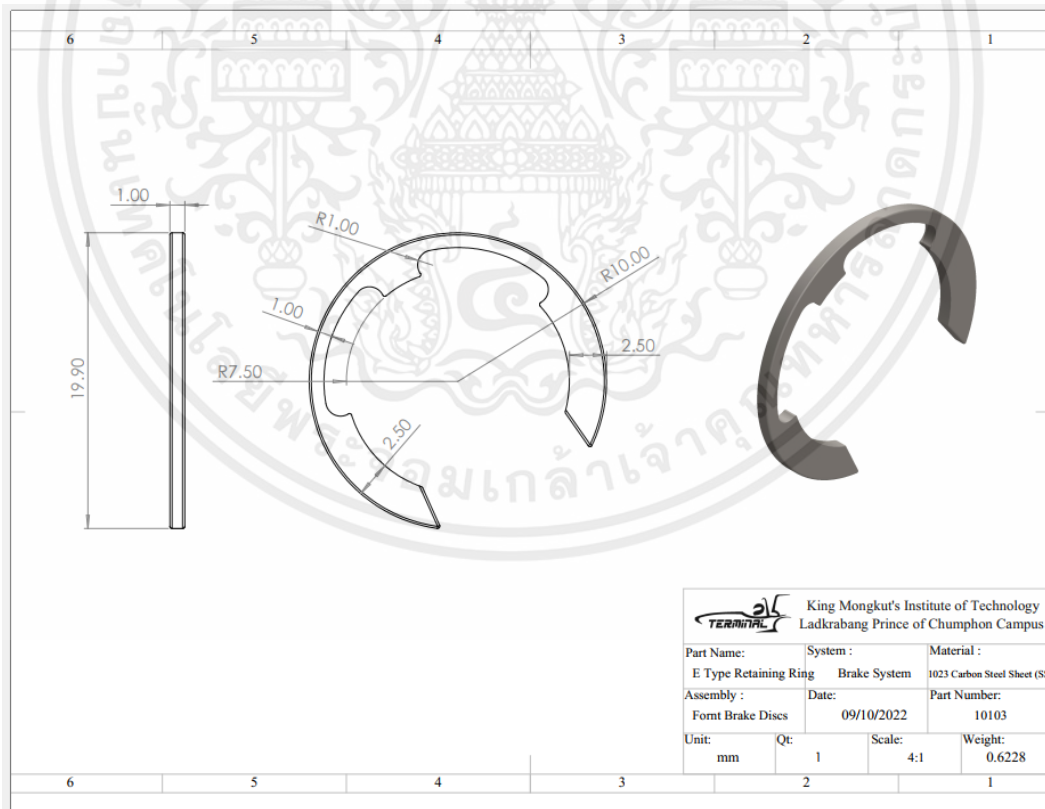


ภาคผนวก ข
ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของระบบช่วงล่าง ระบบเบรก
แชสซีและตัวถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

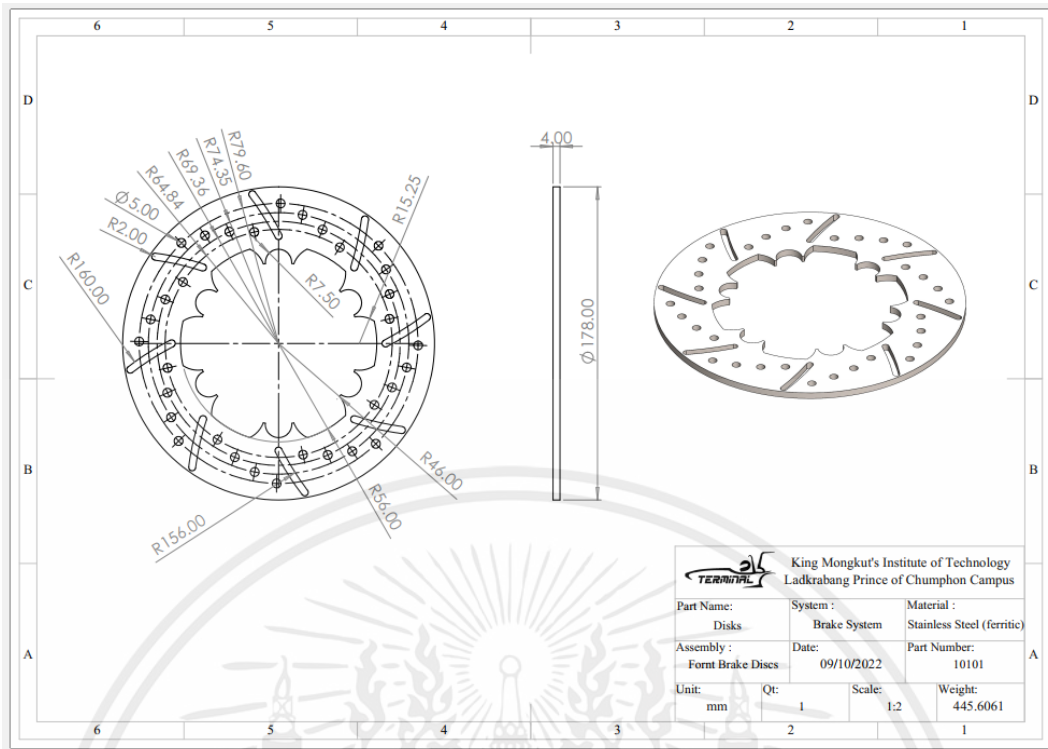


รูปที่ 3 แหวนรองขนาด 0.25 มิลลิเมตร (Round Washer)

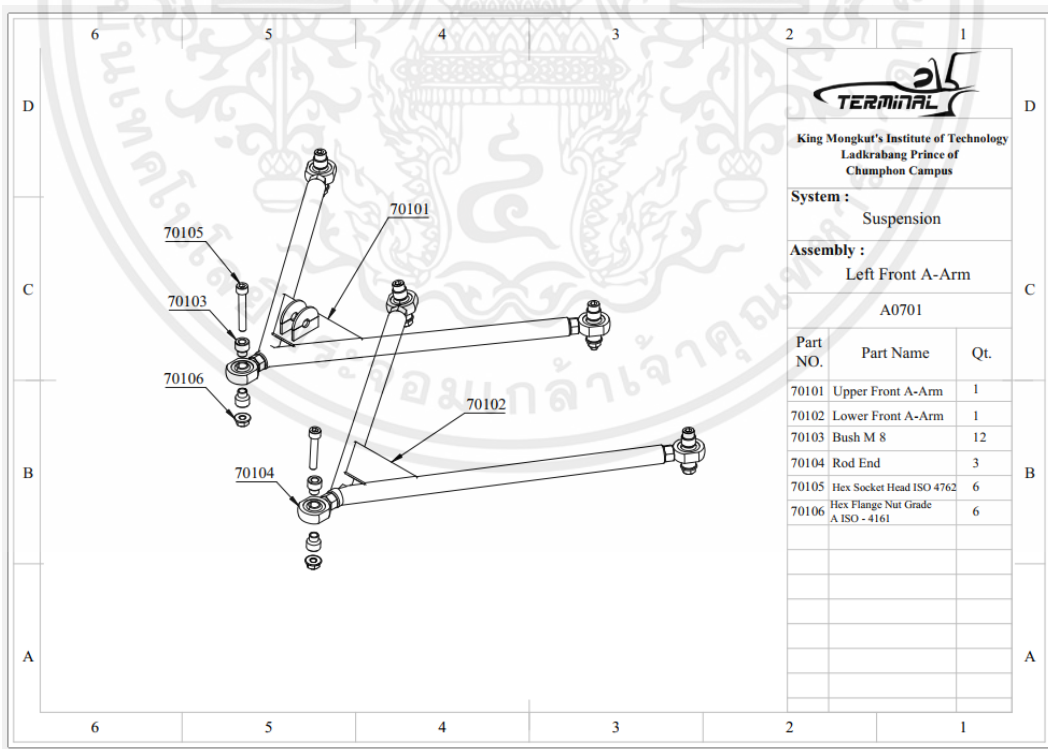


รูปที่ 4 แหวนล๊อค (E Type Retaining Ring)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

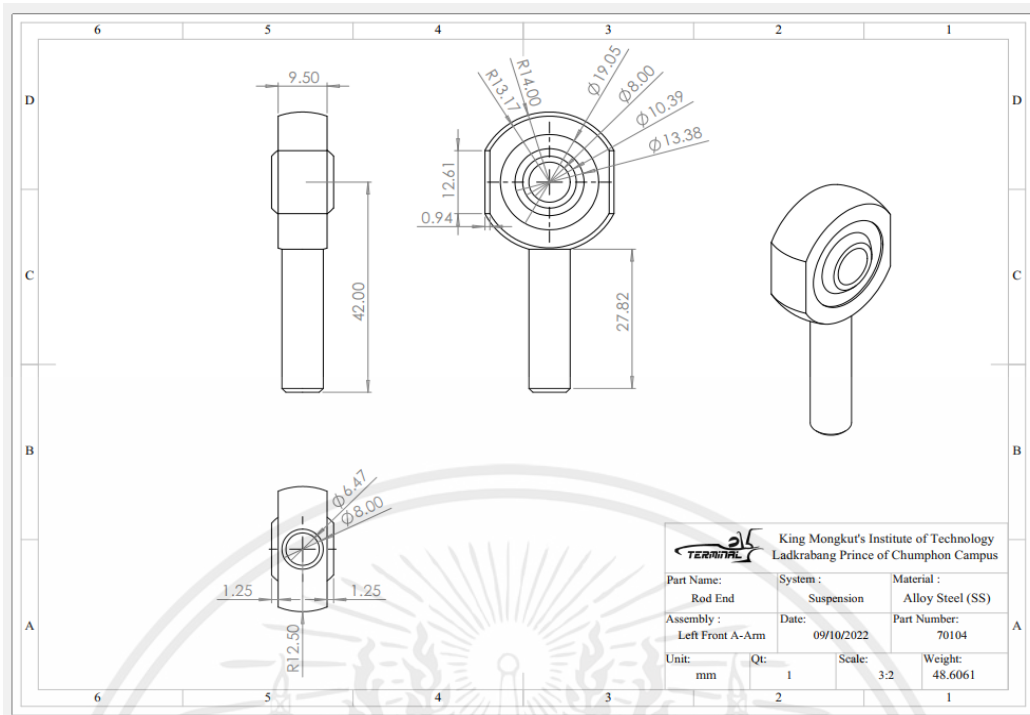


รูปที่ 5 จานเบรก (Disks)

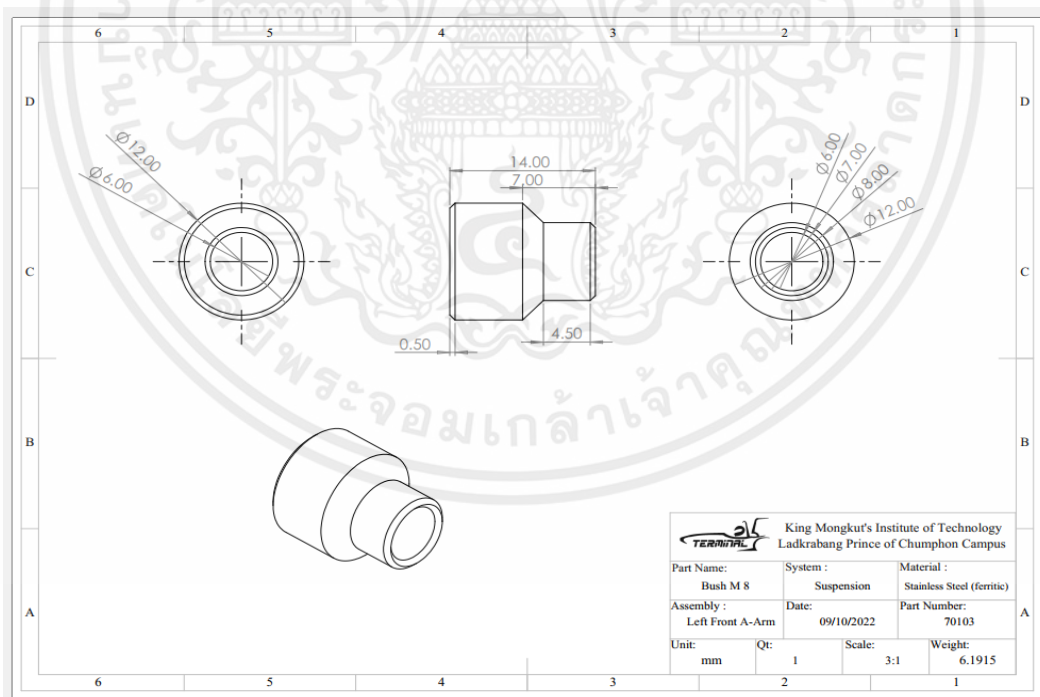


รูปที่ 6 ส่วนประกอบของปีกนกด้านหน้า (Front A-Arm Assembly)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

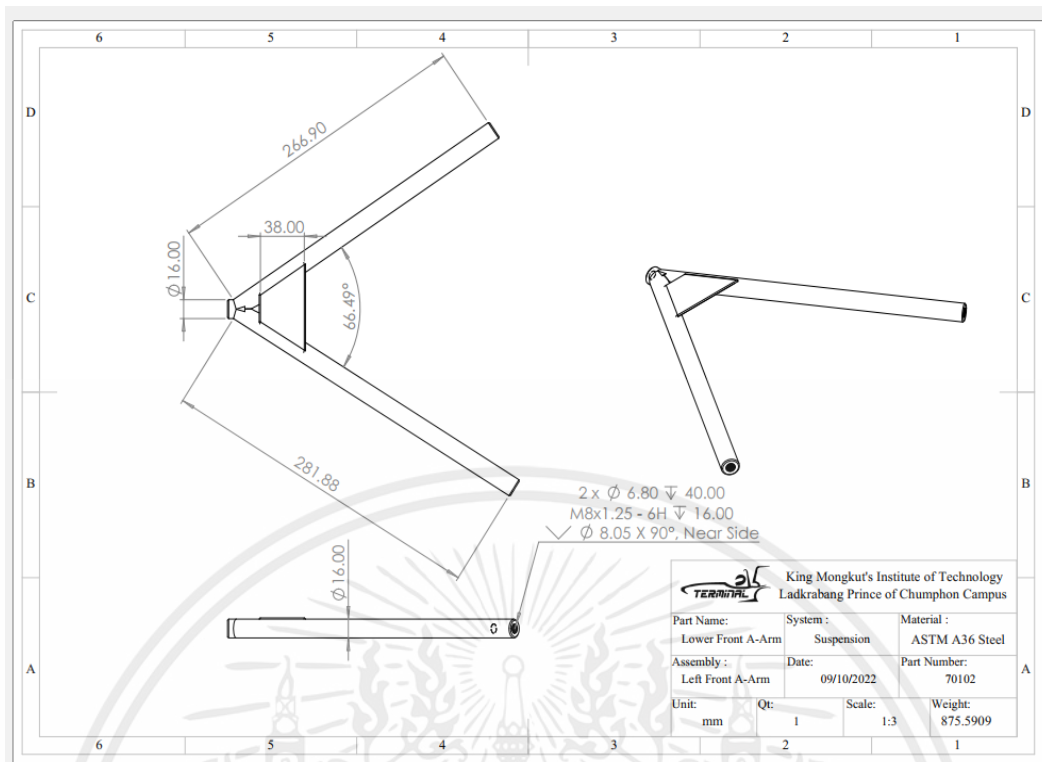


รูปที่ 7 ลูกปืนตาเหล็ก ชนิดเกลียวนอก (Rod End bearing)

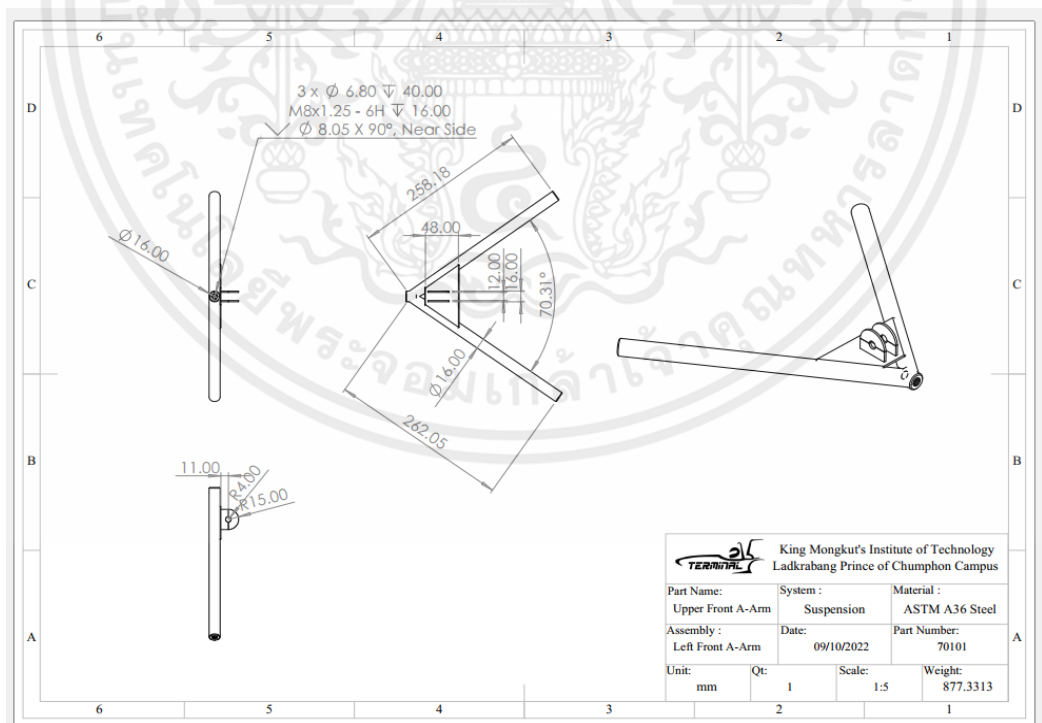


รูปที่ 8 บูชขนาด 6 มิลลิเมตร (Bush M 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

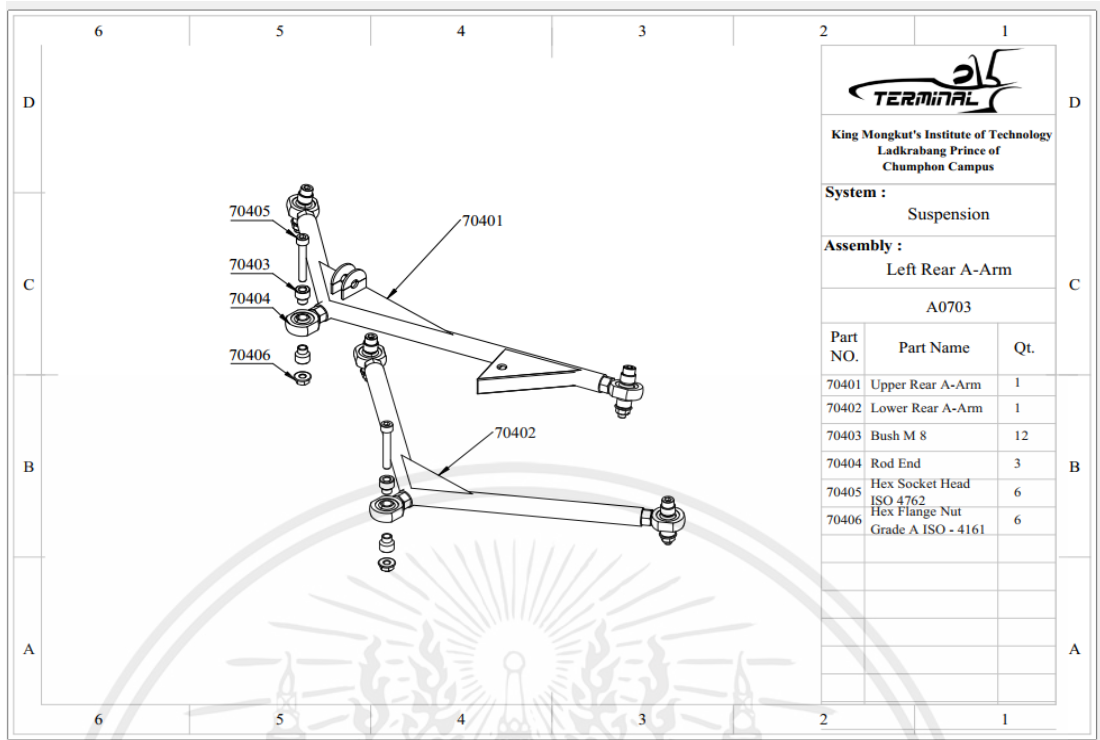


รูปที่ 9 ปีกนกส่วนล่าง ด้านหน้า (Lower Front A-Arm)

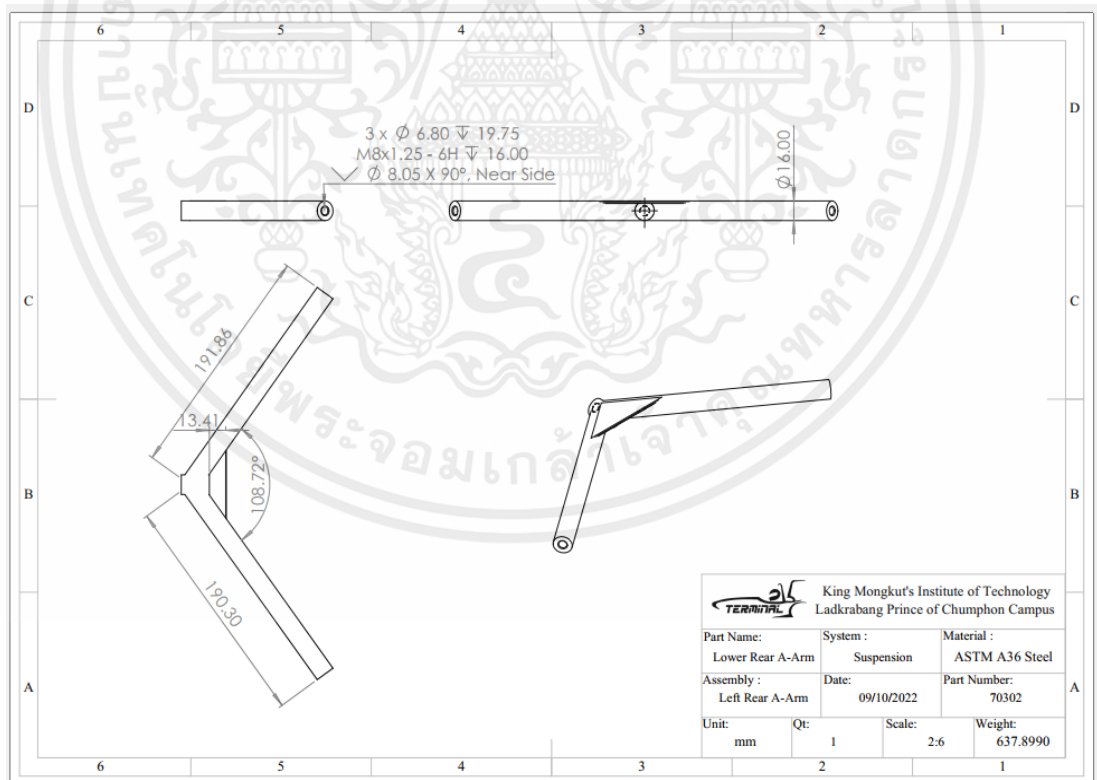


รูปที่ 10 ปีกนกส่วนบน ด้านหน้า (Upper Front A-Arm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

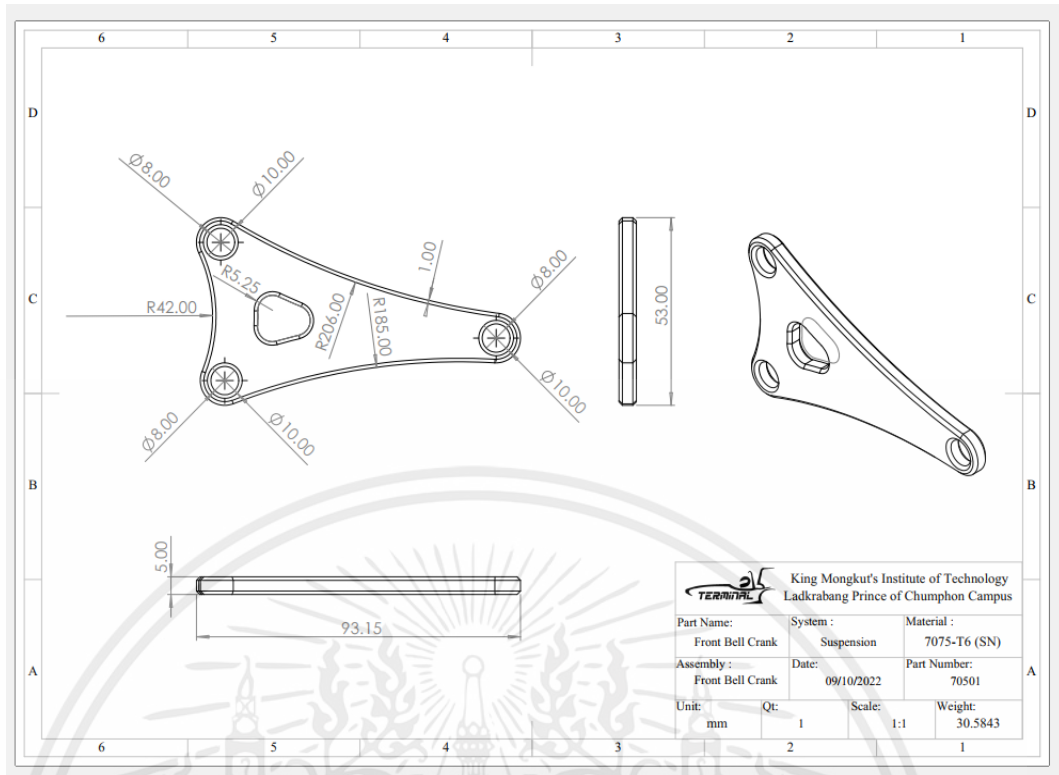


รูปที่ 11 ส่วนประกอบของปีกนกด้านหลัง (Rear A-Arm Assembly)

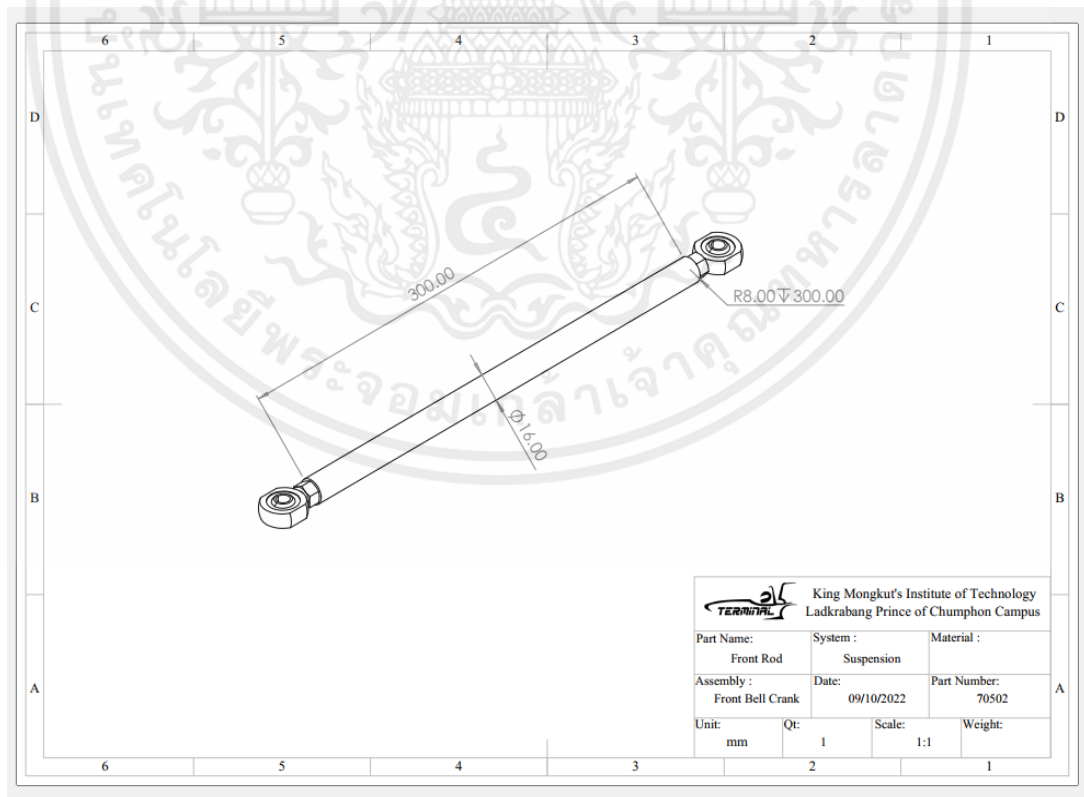


รูปที่ 12 ปีกนกส่วนล่าง ด้านหลัง (Lower Rear A-Arm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

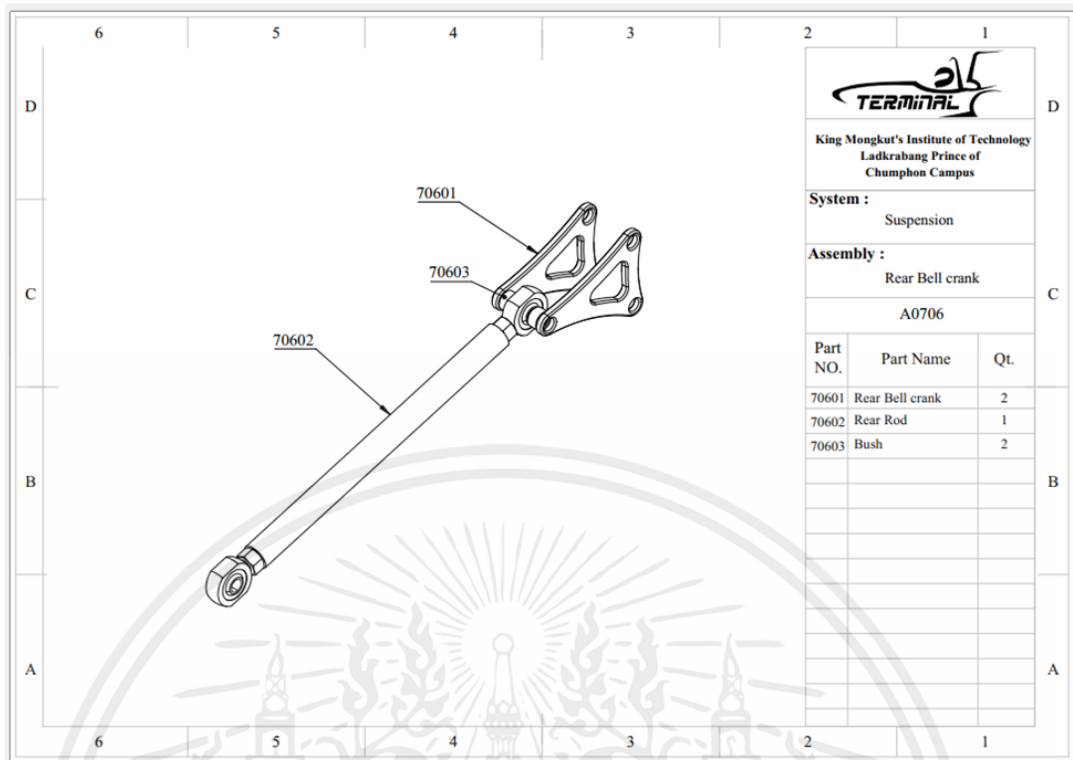


รูปที่ 15 กระเดื่องทระยะไซค์ (Front Bell Crank)

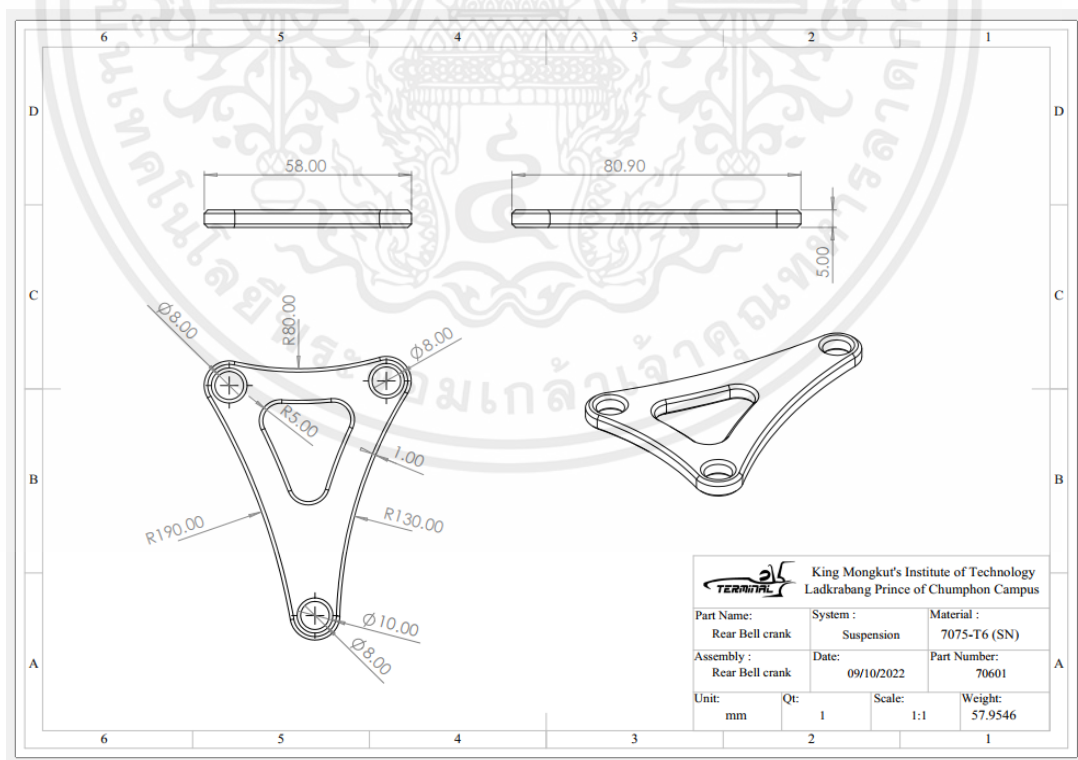


รูปที่ 16 แท่งปรับระดับไซค์ (Front Shock up Rod)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

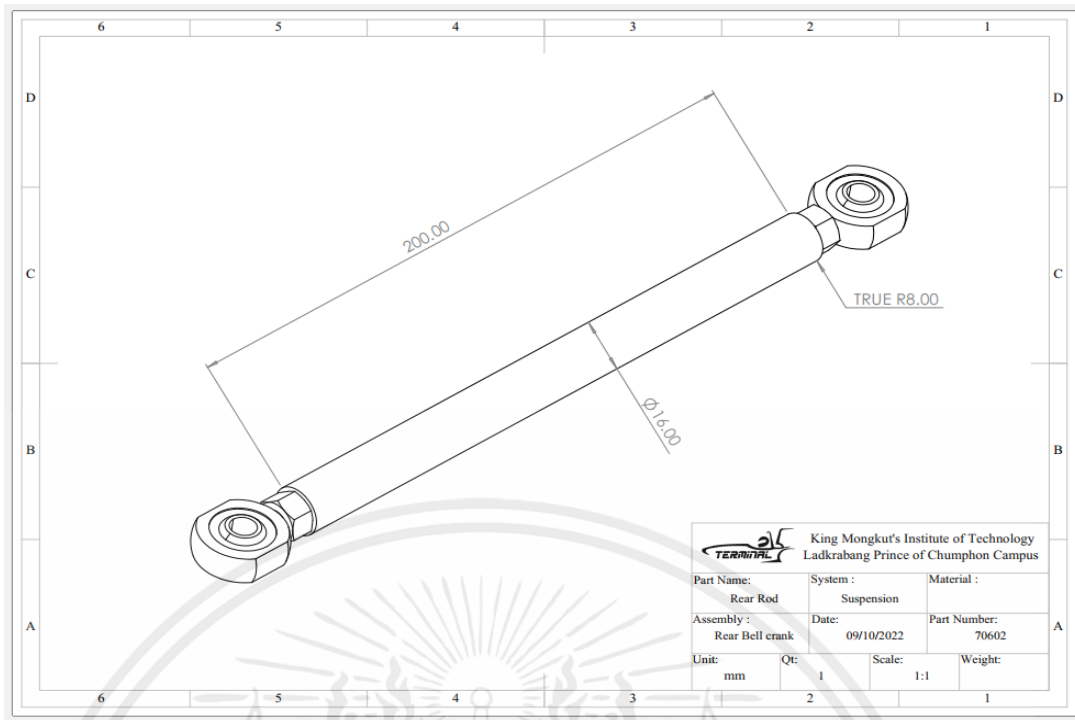


รูปที่ 17 ส่วนประกอบของชุดกระเดื่อง ด้านหลัง (Rear Bell Crank Assembly)

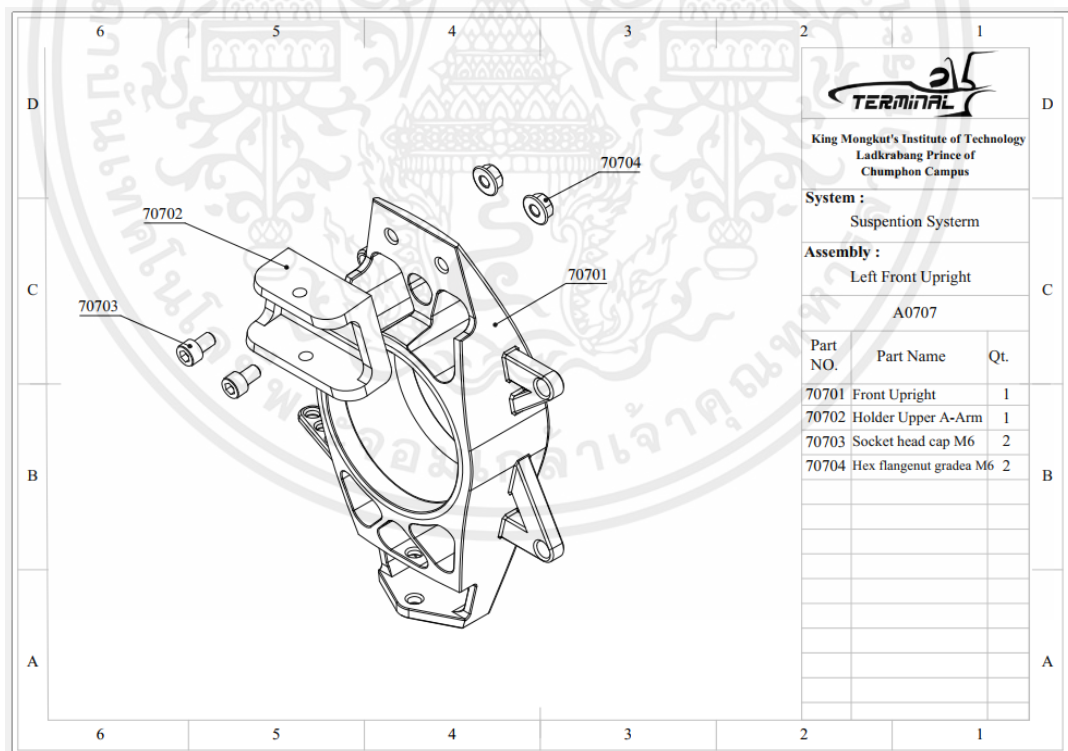


รูปที่ 18 กระเดื่องทระยะโซ้ด หลัง (Rear Bell Crank)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

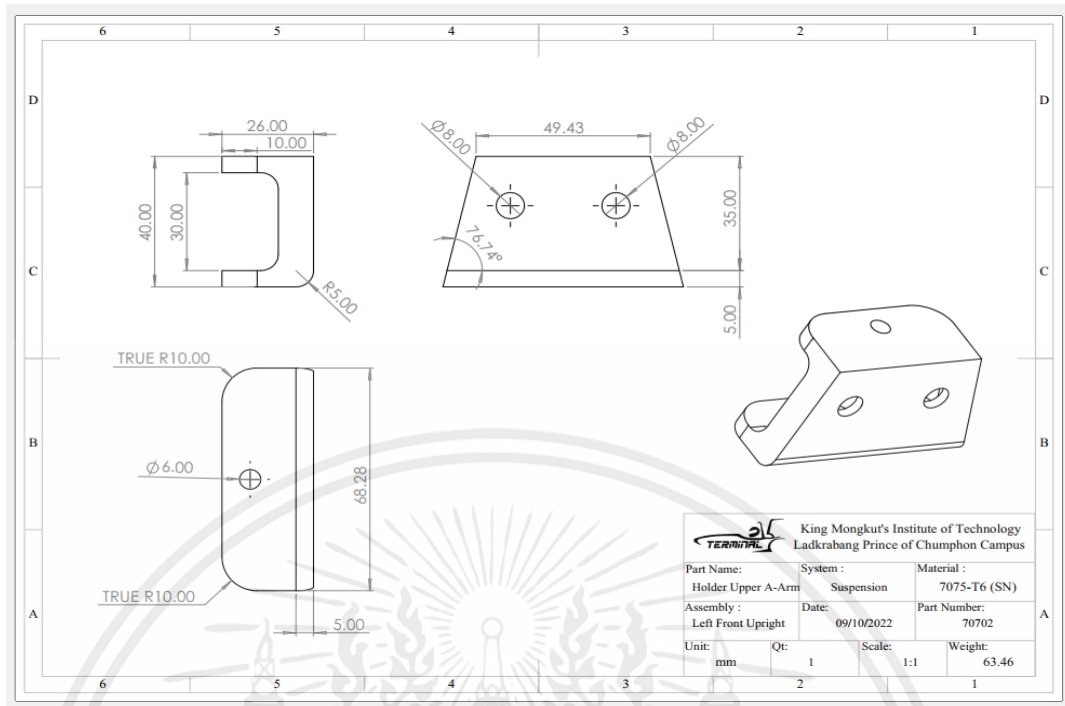


รูปที่ 19 แท่งปรับระดับโช้ค (Rear Shock up Rod)

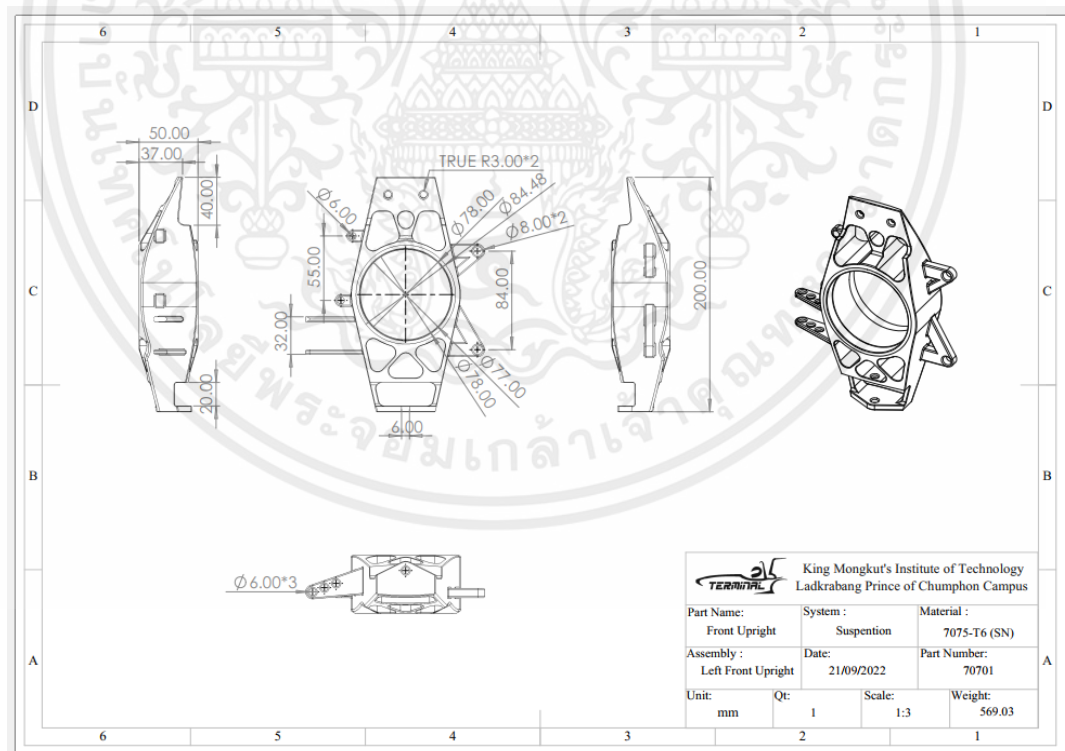


รูปที่ 20 ส่วนประกอบของคอม้าหน้า (Front Upright)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

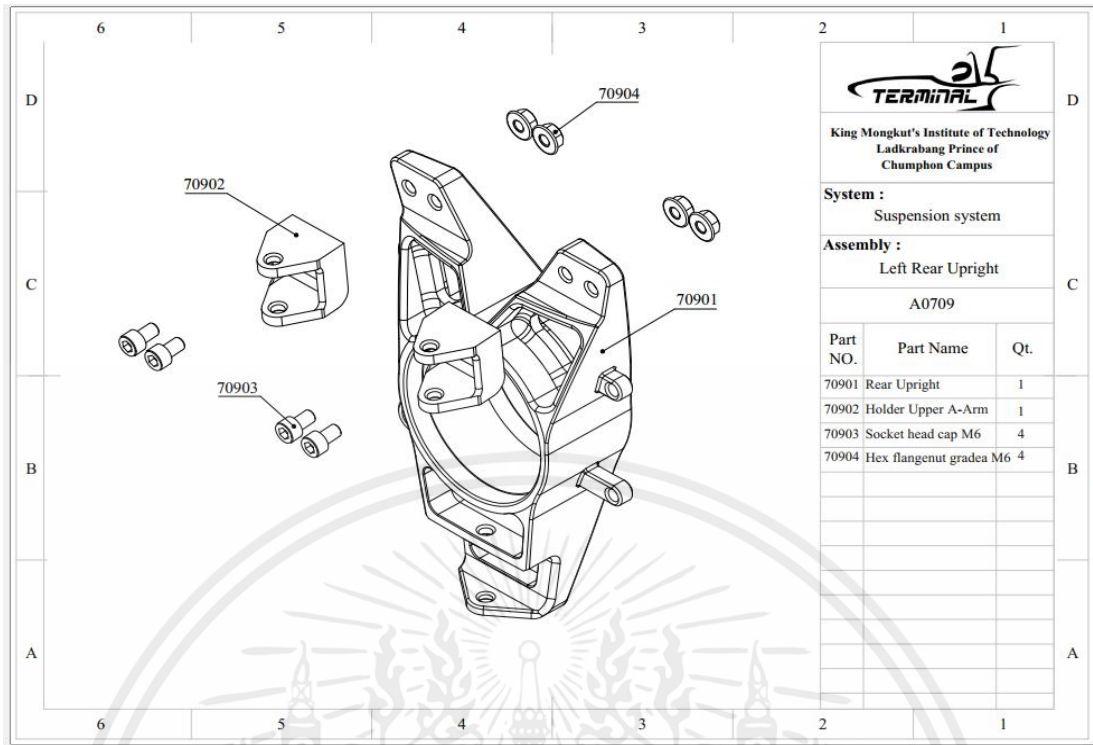


รูปที่ 21 จุดยึดปีกนกบนของคอม้าหน้า (Holder Upper A-Arm)

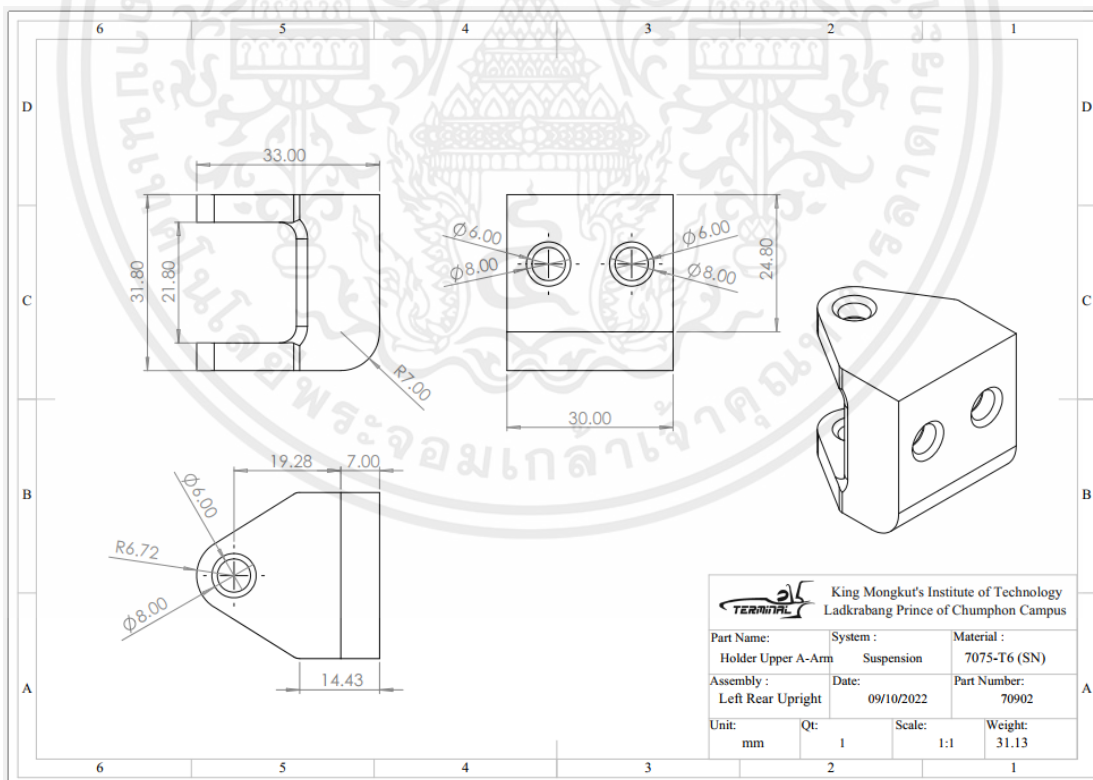


รูปที่ 22 คอม้าหน้า (Front Upright)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

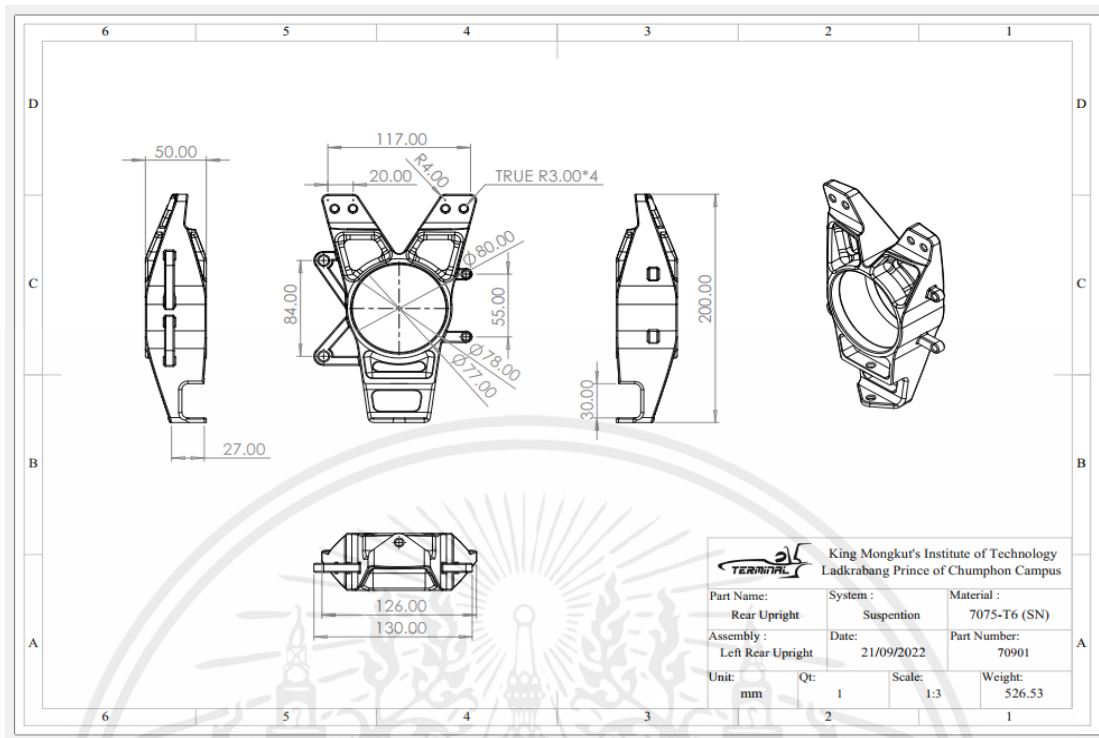


รูปที่ 23 ส่วนประกอบของคอม้าหลัง (Rear Upright)

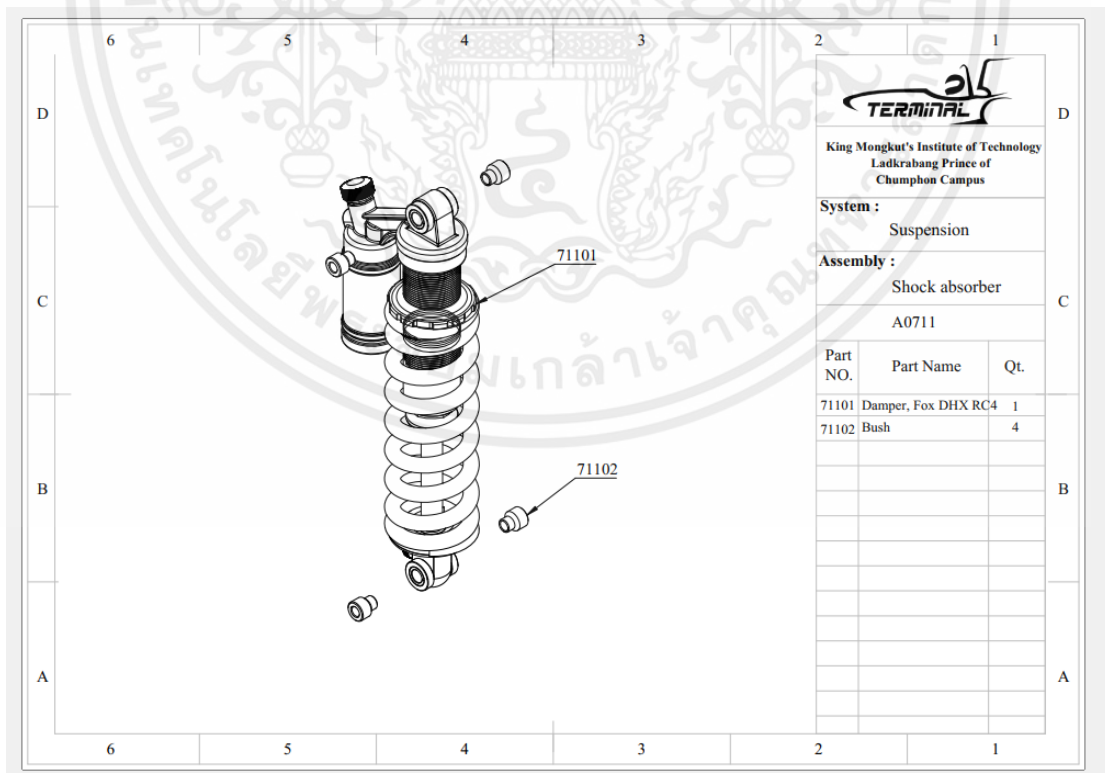


รูปที่ 24 จุดยึดปีกนกบนของคอม้าหลัง (Holder Upper A-Arm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

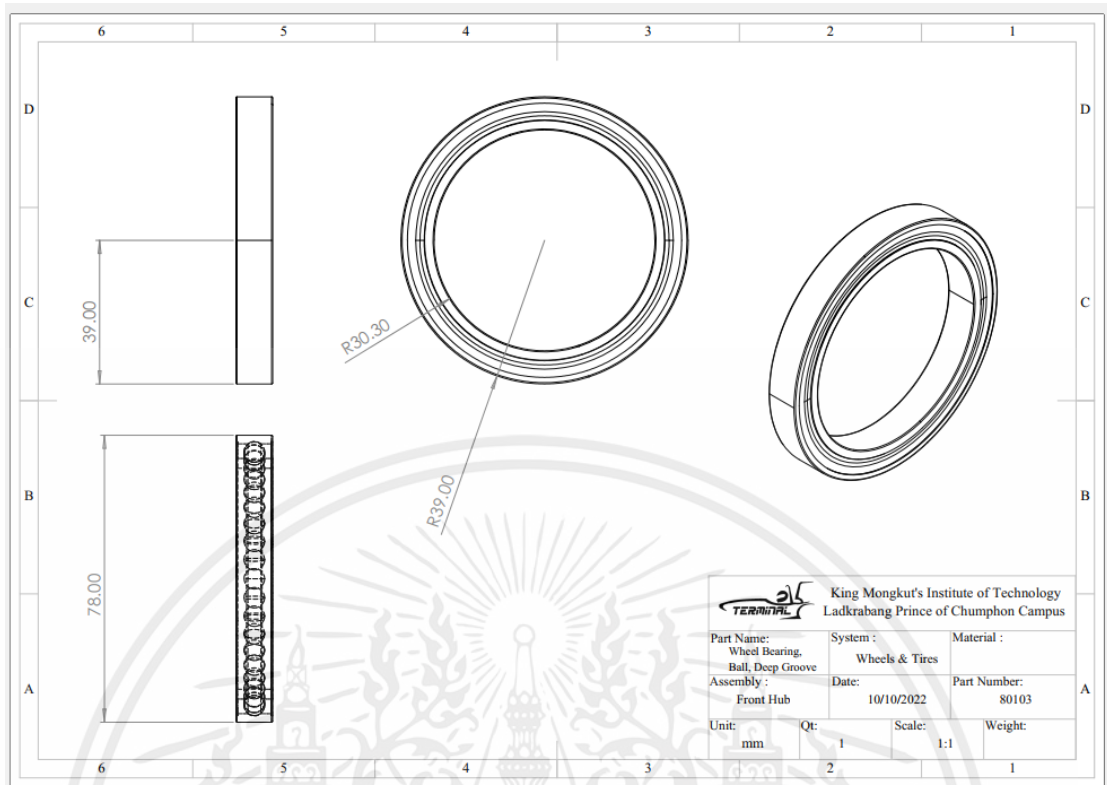


รูปที่ 25 คอมาหลัง (Rear Upright)

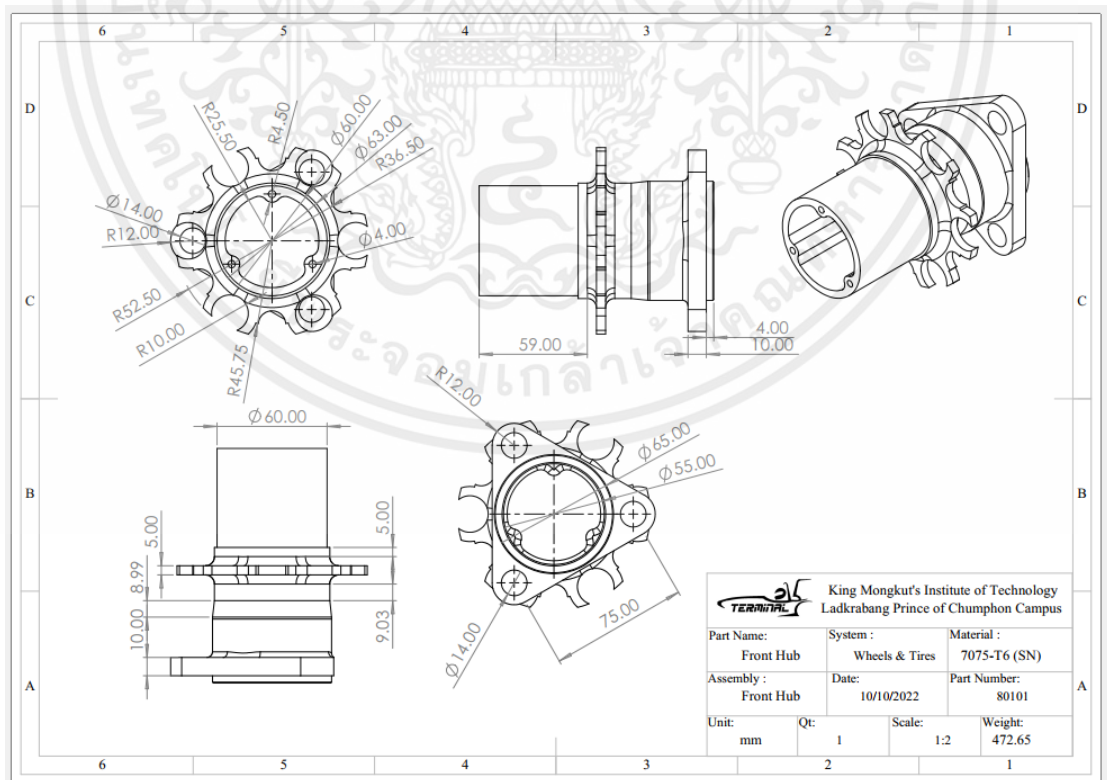


รูปที่ 26 โช้คอัพ (Shock absorber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

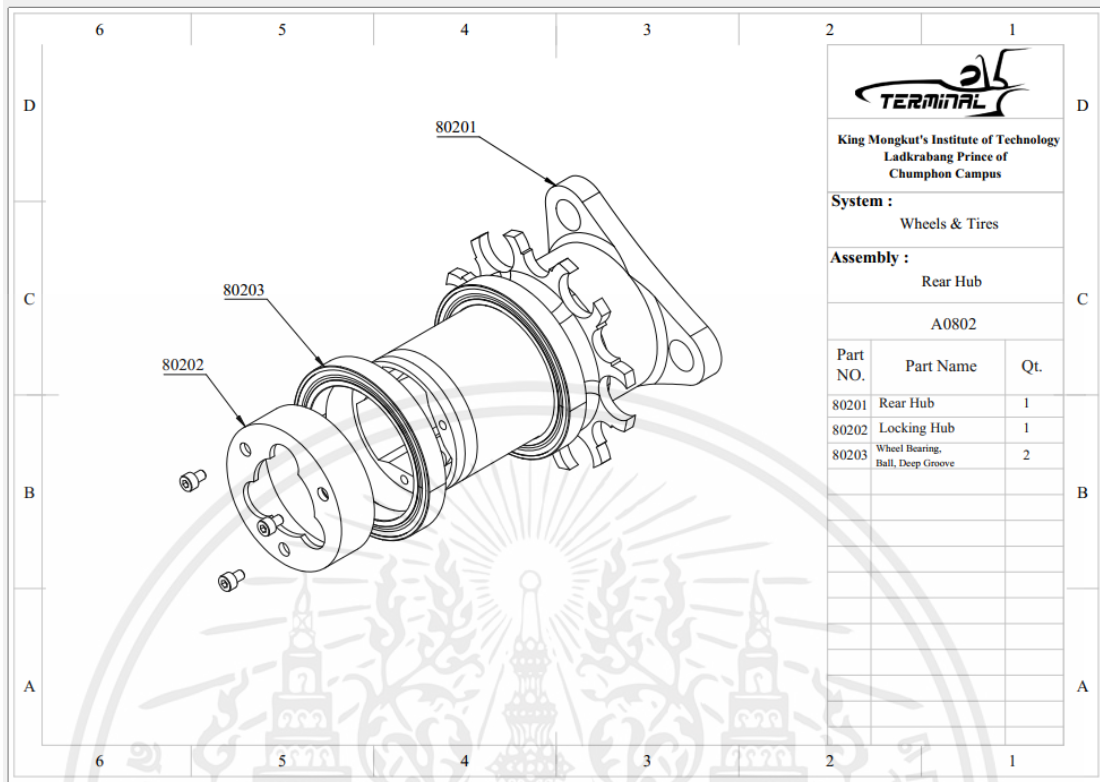


รูปที่ 29 ลูกปืนล้อ, ลูกปืนร่องลึก (Wheel Bearing, Ball, Deep Groove)

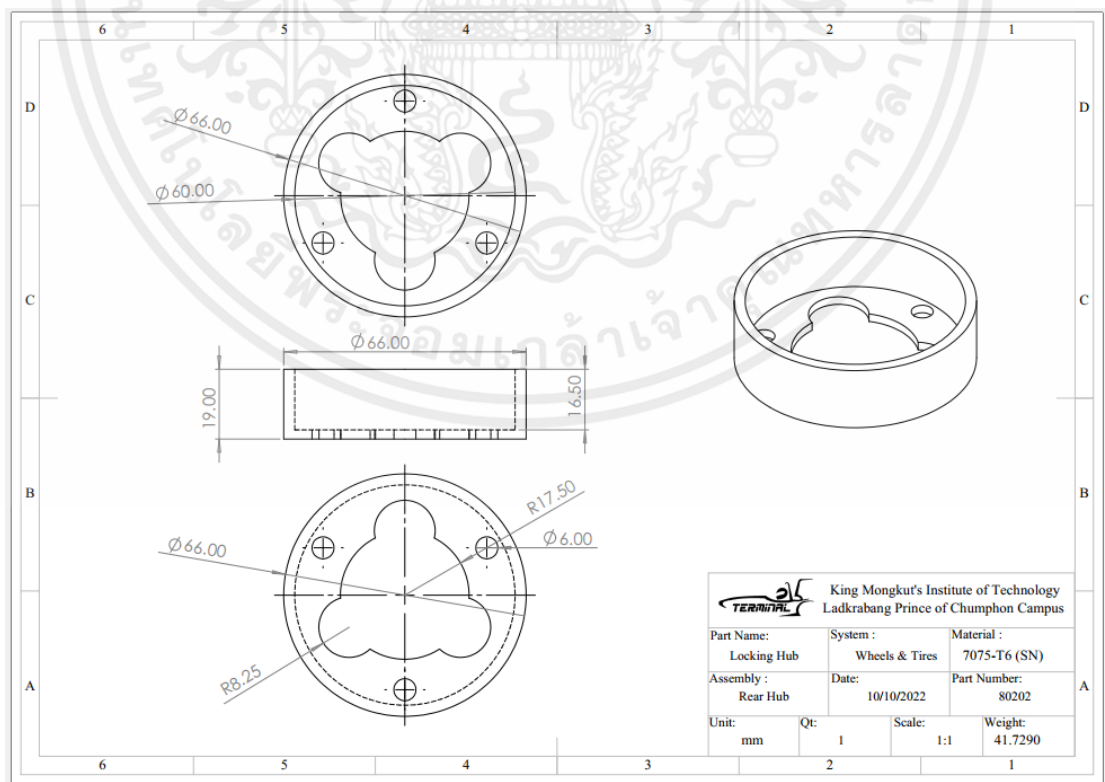


รูปที่ 30 ดุมหน้า (Front Hub)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

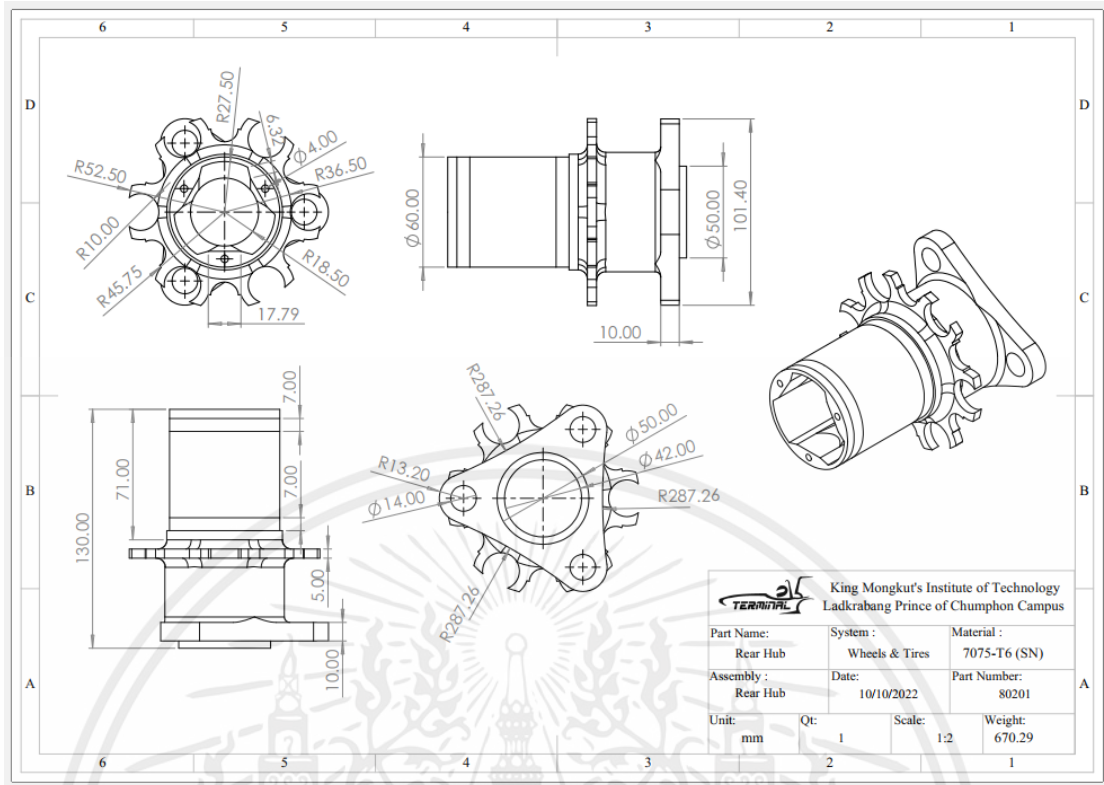


รูปที่ 31 ส่วนประกอบของคุดมหลัง (Rear Hub)

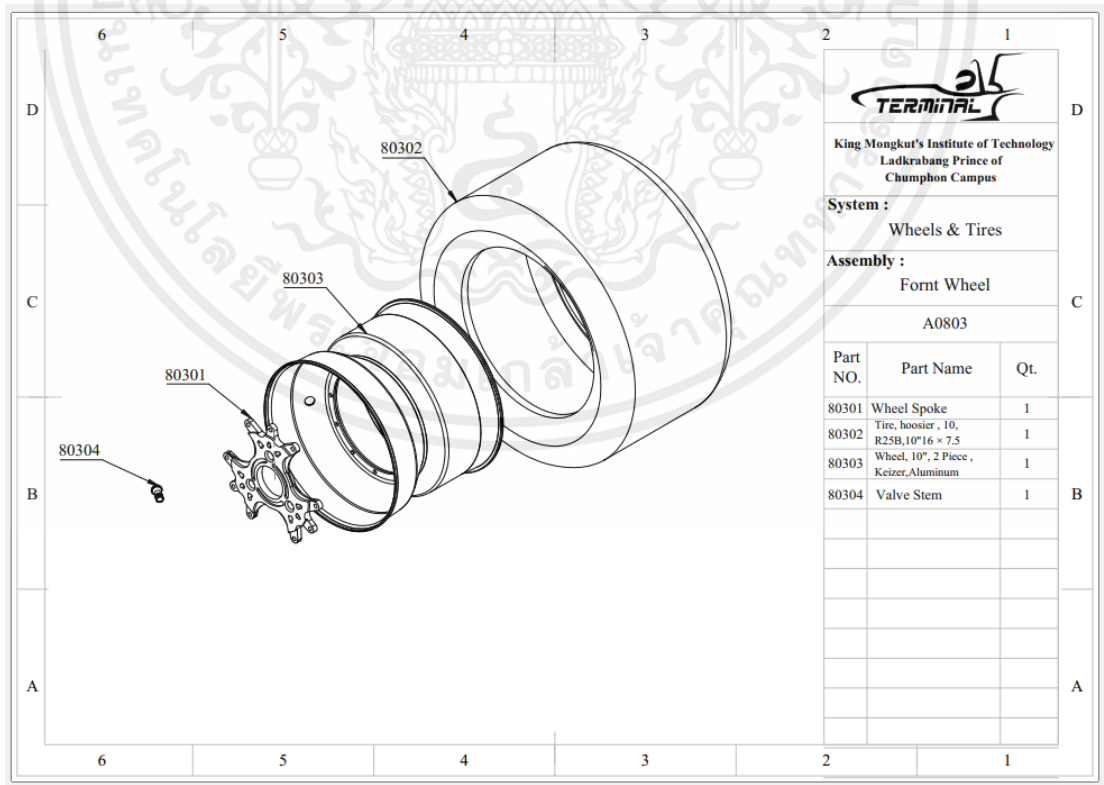


รูปที่ 32 ล็อคฮับ (Locking Hub)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

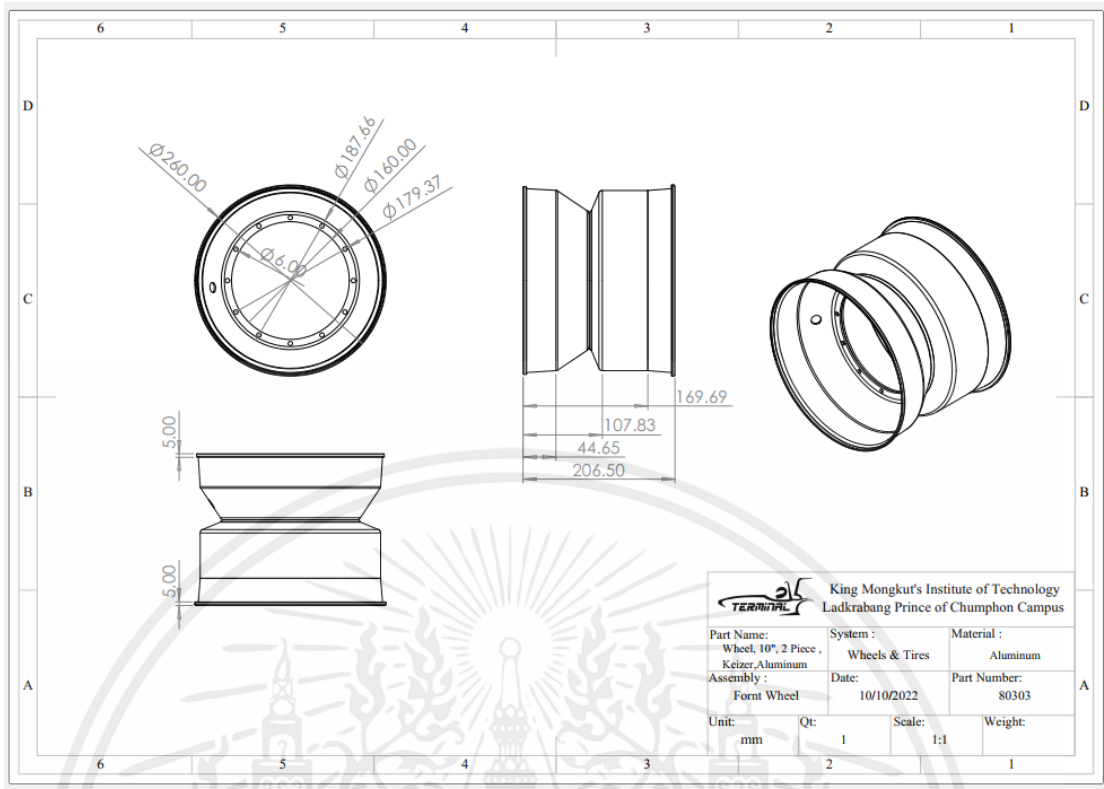


รูปที่ 33 คุมหลัง (Rear Hub)

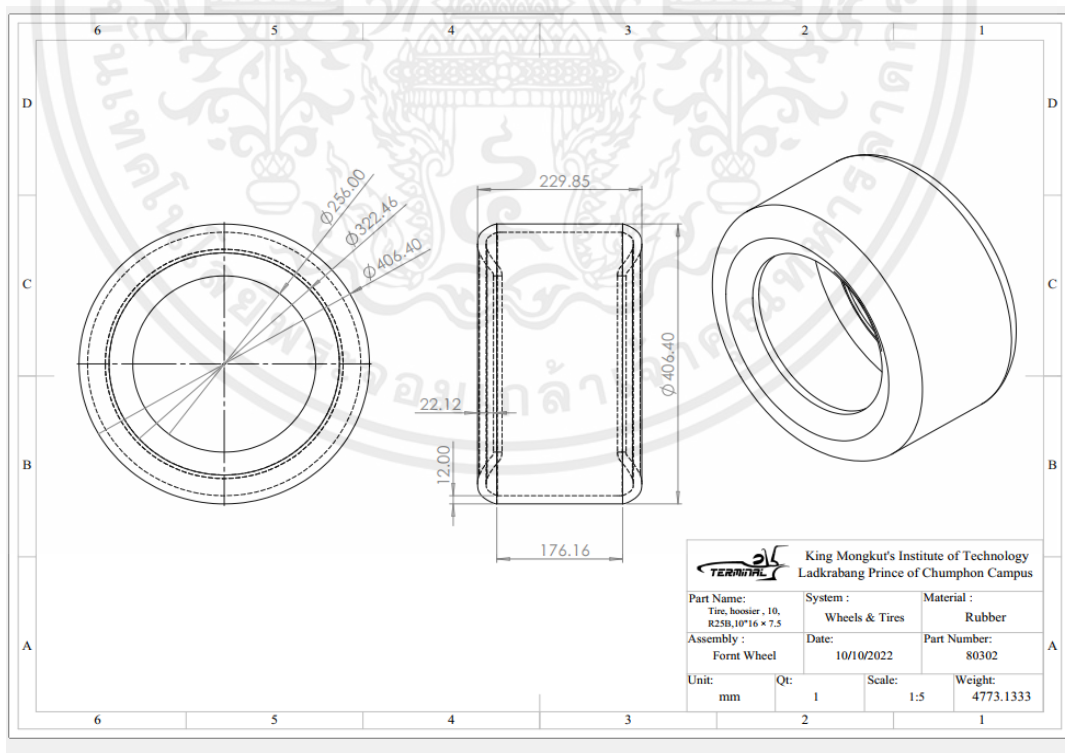


รูปที่ 34 ส่วนประกอบของล้อ (wheel Assembly)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

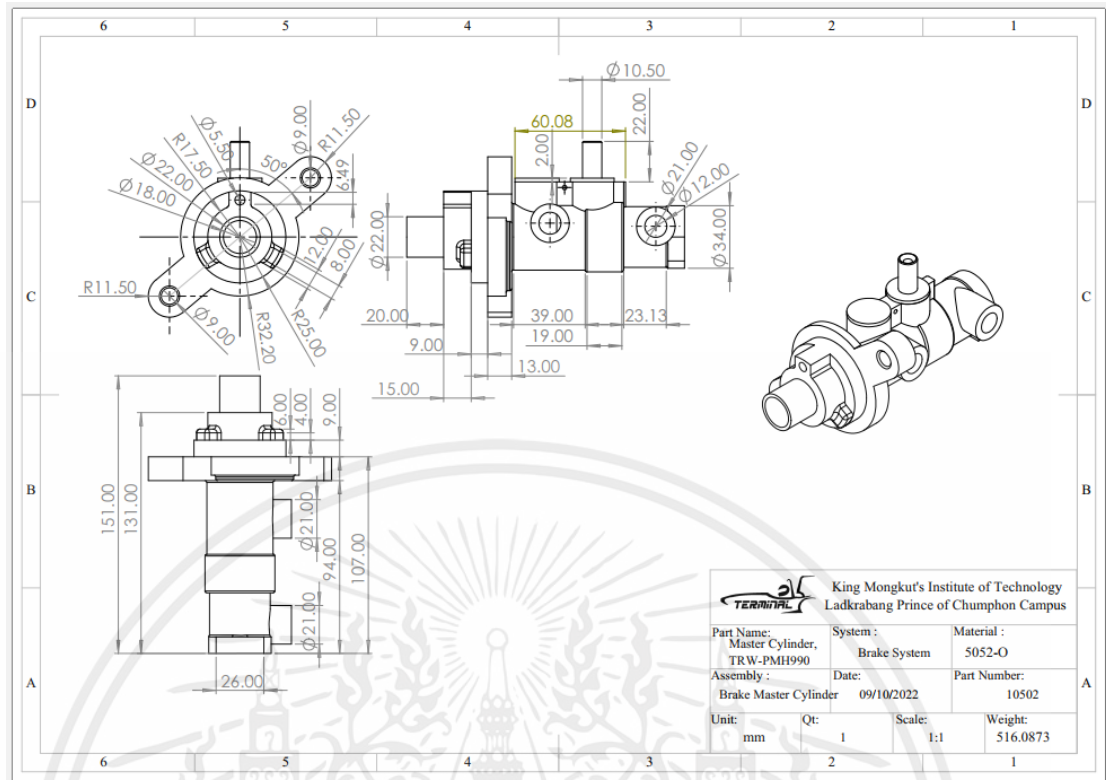


รูปที่ 35 ล้ออลูมิเนียม (wheel Aluminum)

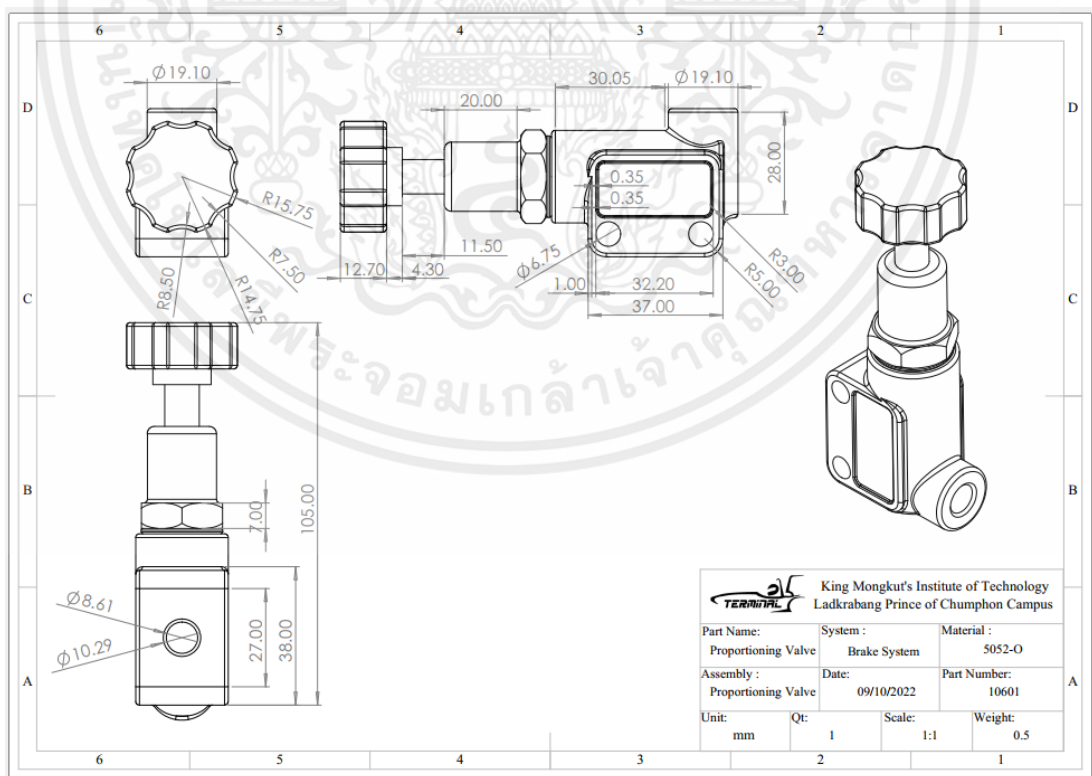


รูปที่ 36 ยาง (Rubber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

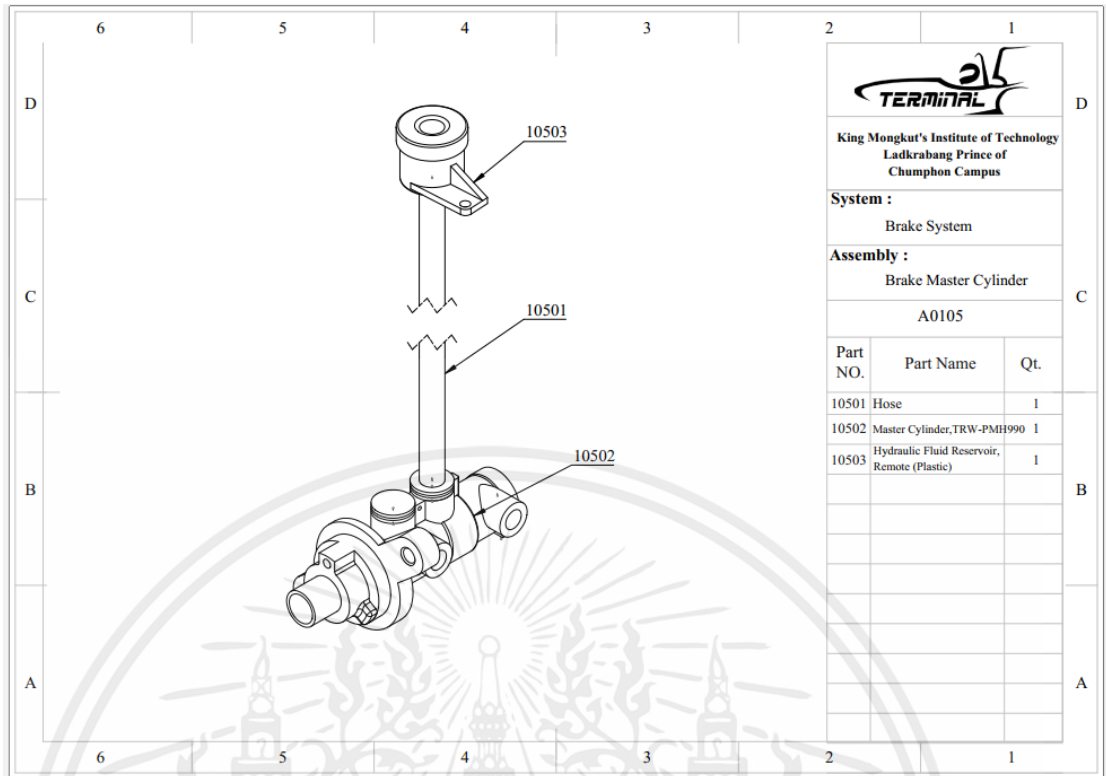


รูปที่ 37 แม้ม็มเบรก (Master cylinder brake)

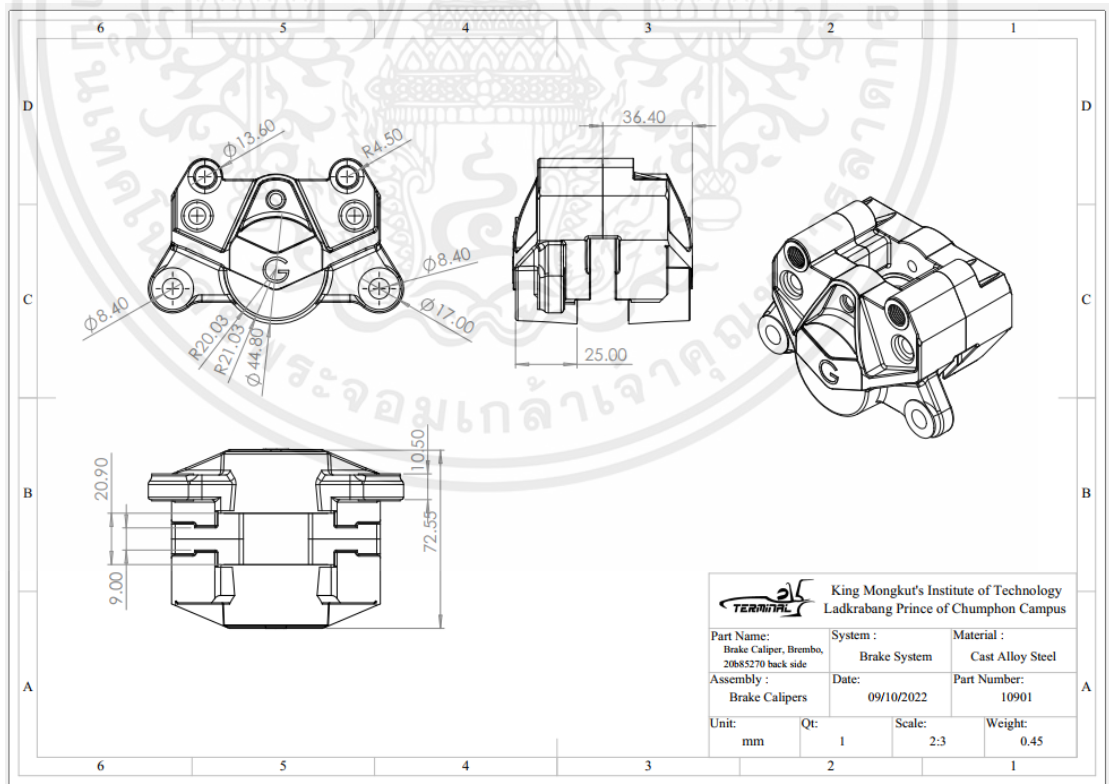


รูปที่ 38 วาล์วปรับสัดส่วนแรงดันขาออก (Proportioning Valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

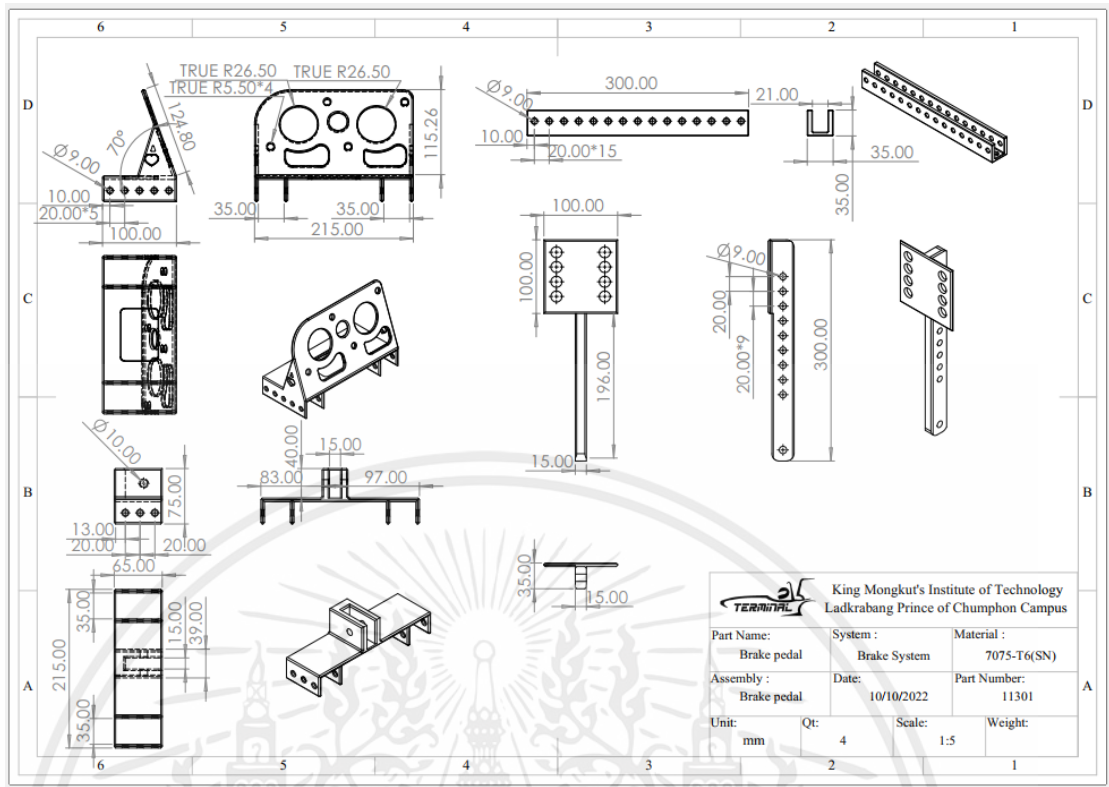


รูปที่ 39 ส่วนประกอบของแม่ปั๊มเบรก (Brake Master Cylinder)

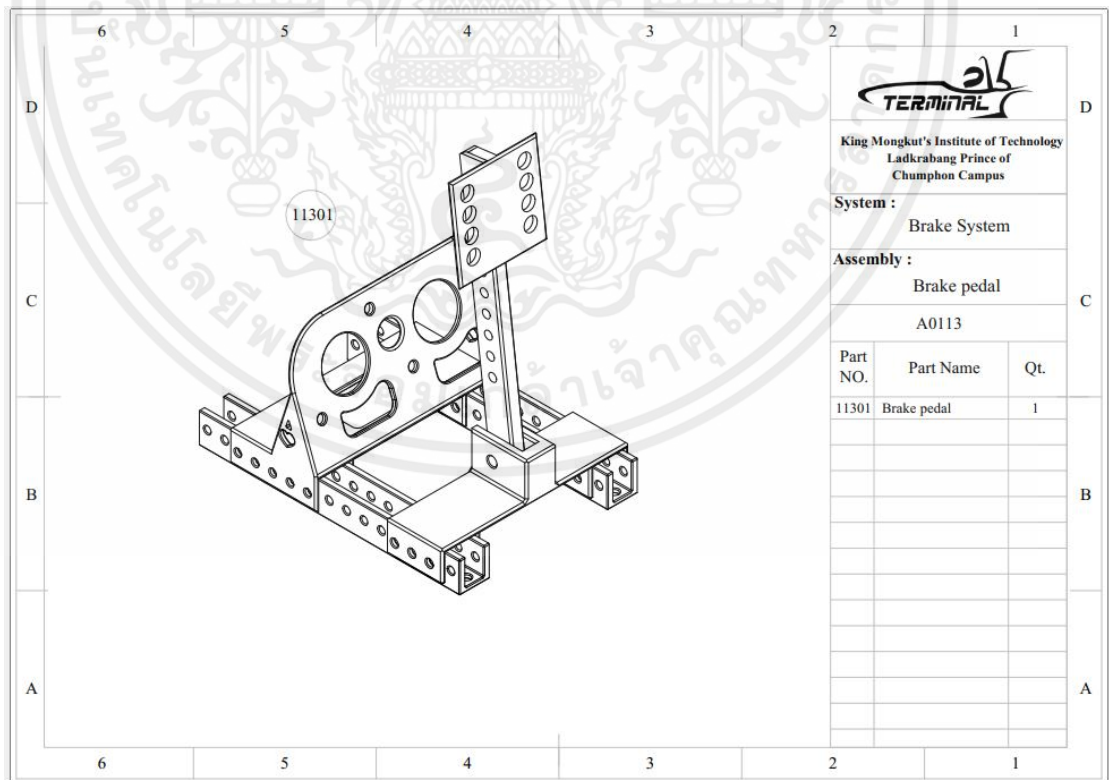


รูปที่ 40 ปั๊มเบรกล่าง (Brake Caliper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

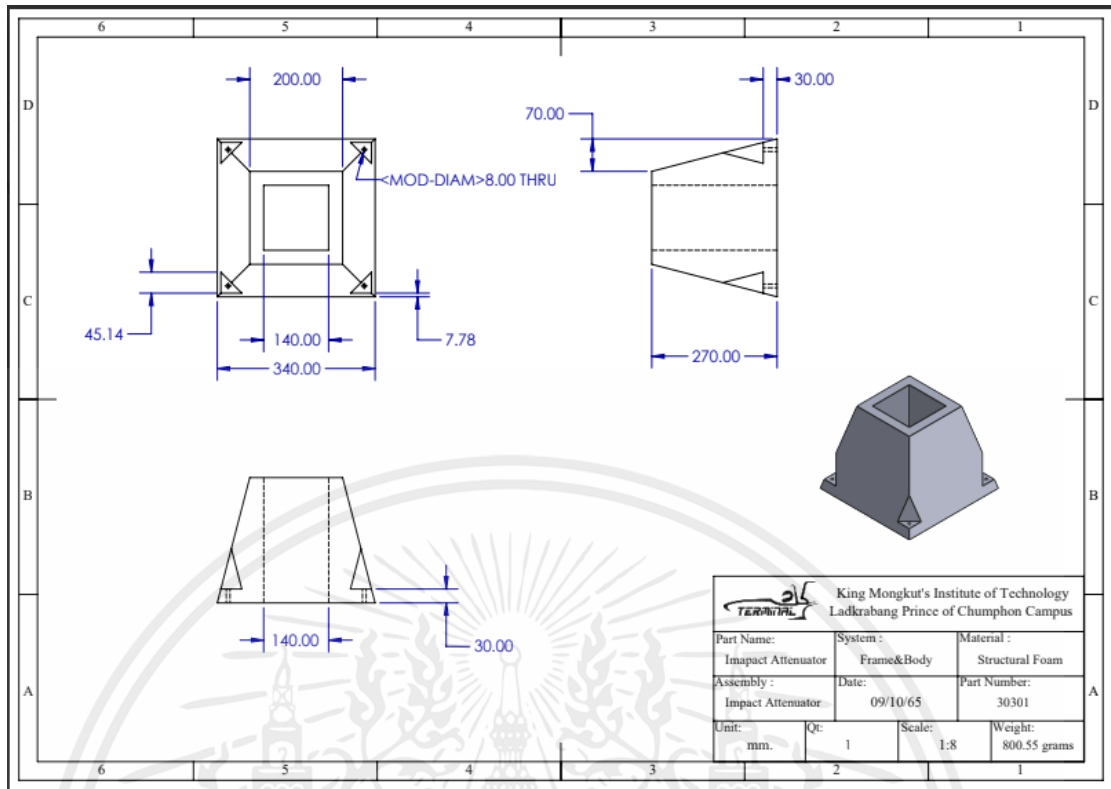


รูปที่ 41 แป้นเบรก (Brake Pedal)

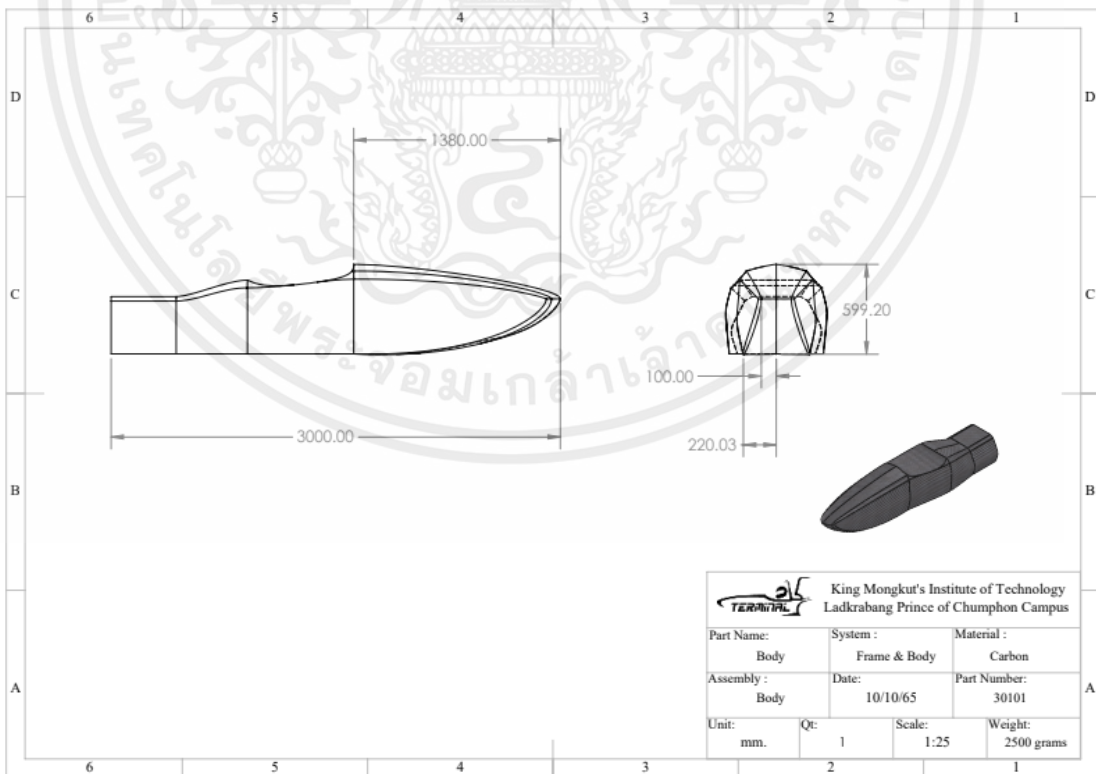


รูปที่ 42 ส่วนประกอบของแป้นเบรก (Brake Pedal Assembly)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

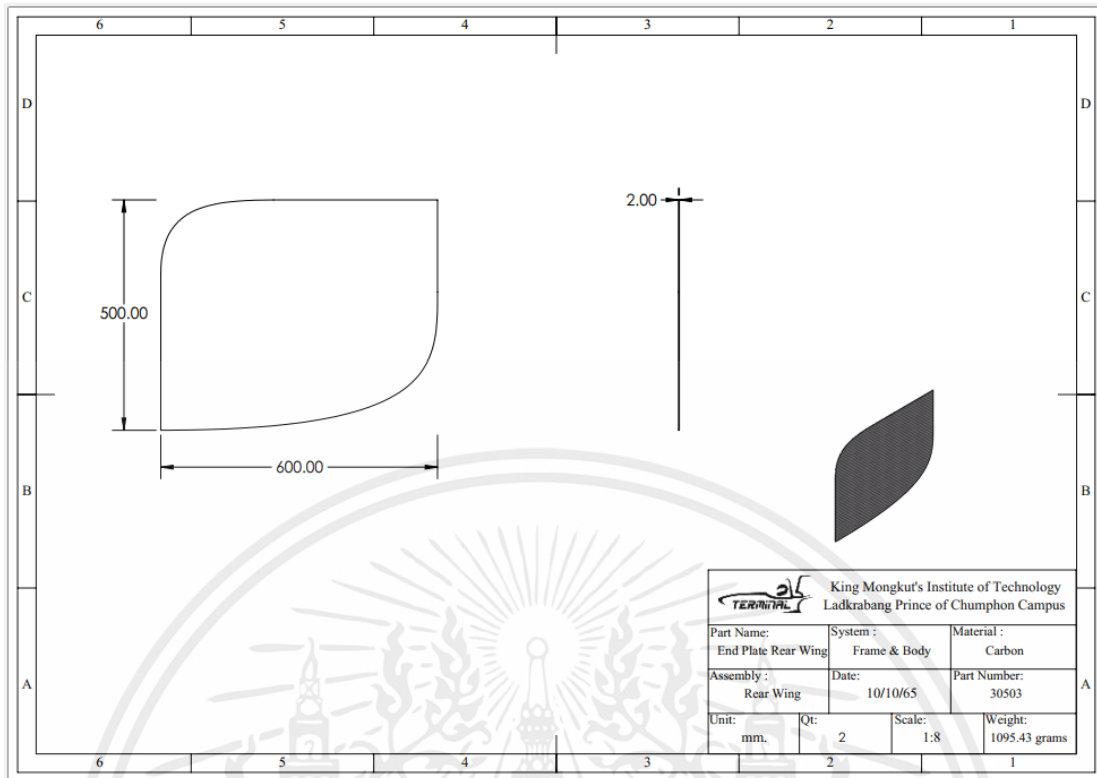


รูปที่ 43 ตัวลดแรงกระแทก (Impact Attenuator)

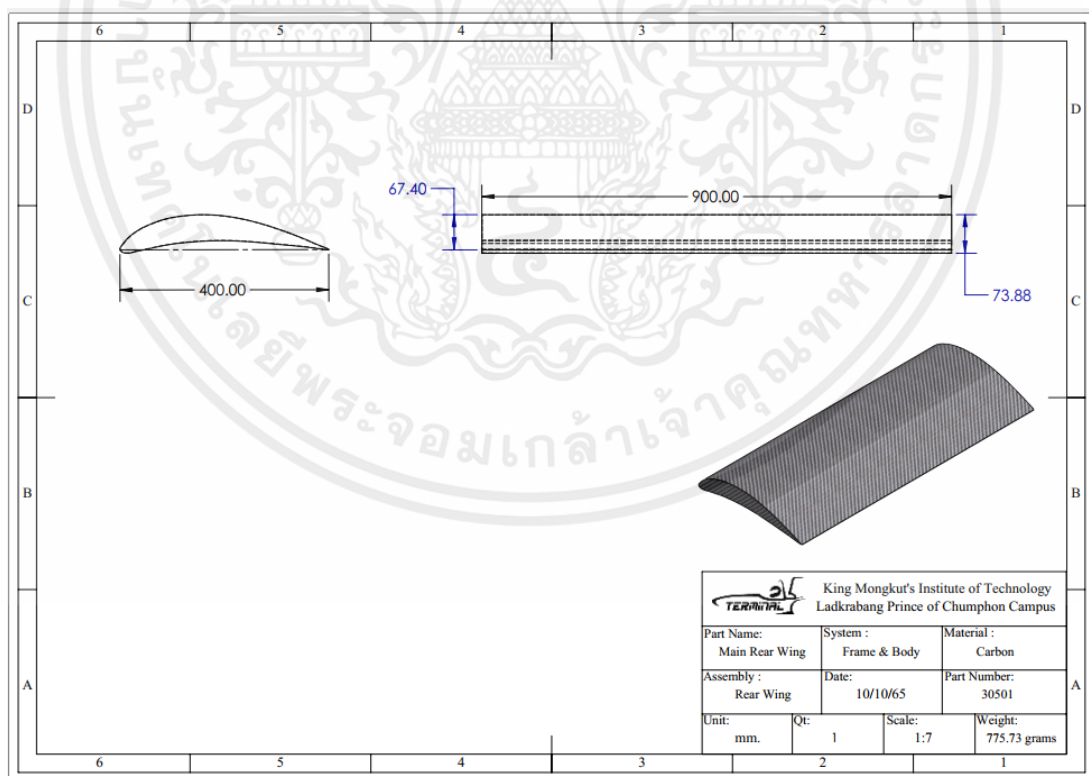


รูปที่ 44 ตัวถัง (Body)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

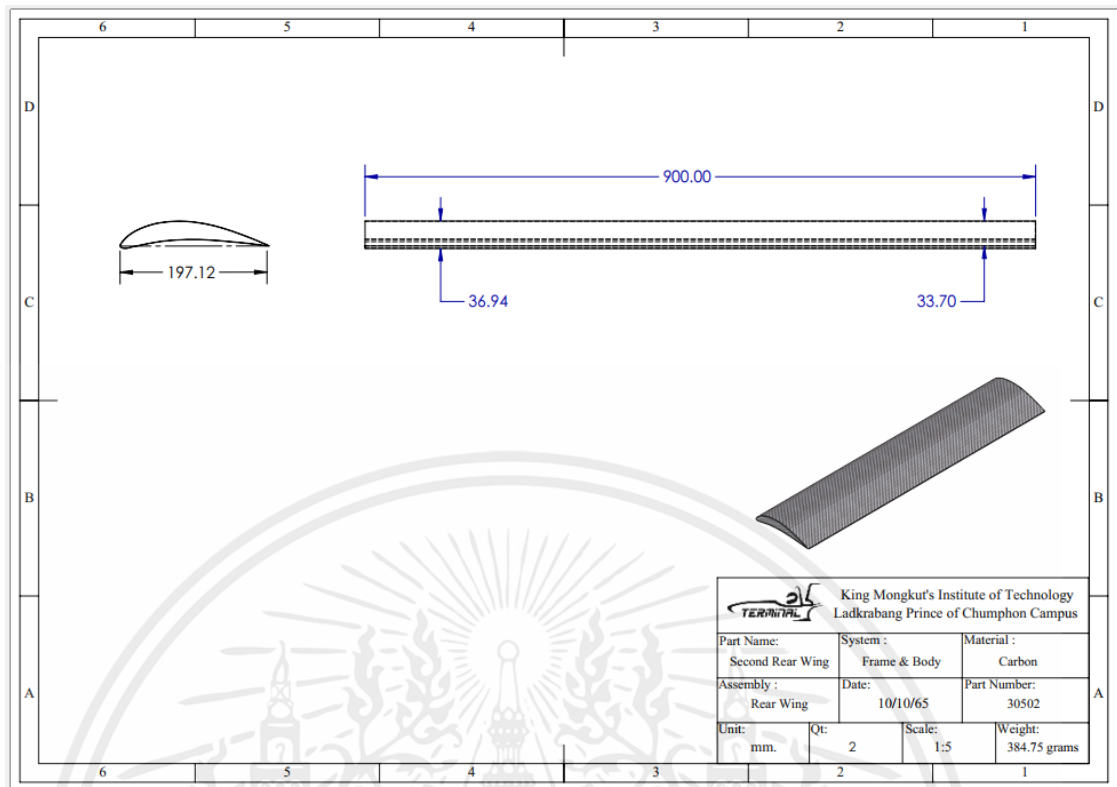


รูปที่ 45 ด้านข้างปีกหลัง (End Plate Rear Wing)

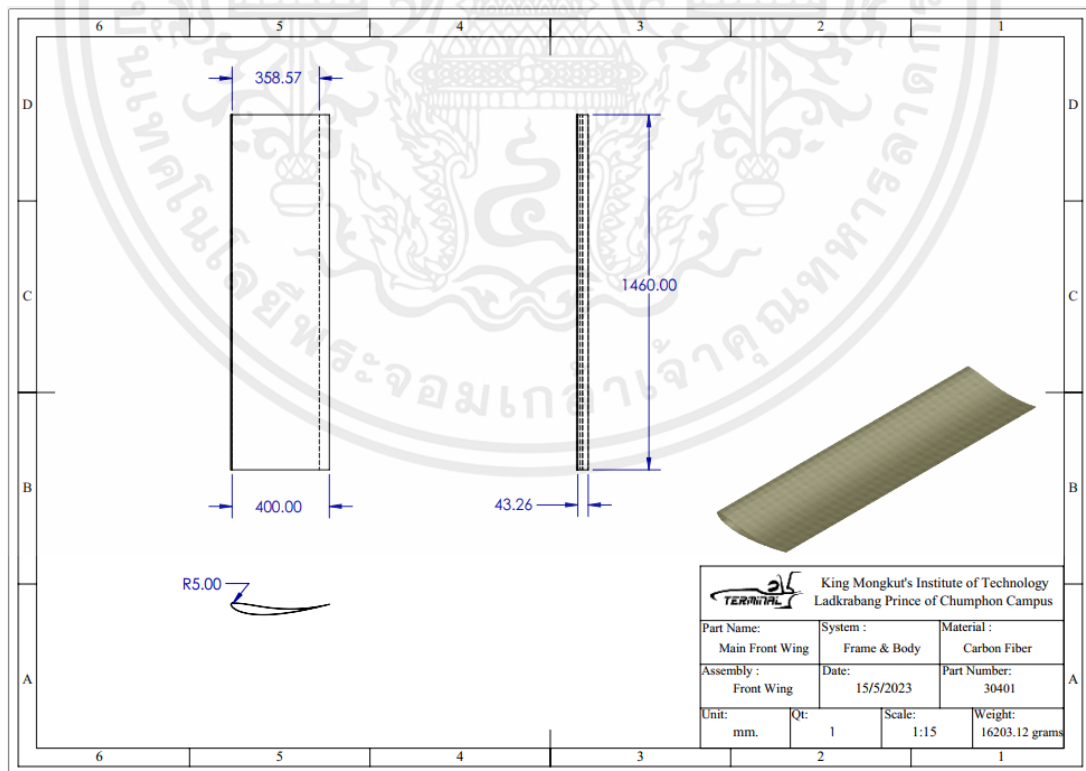


รูปที่ 46 ปีกหลังชั้นที่ 1 (Main Rear Wing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

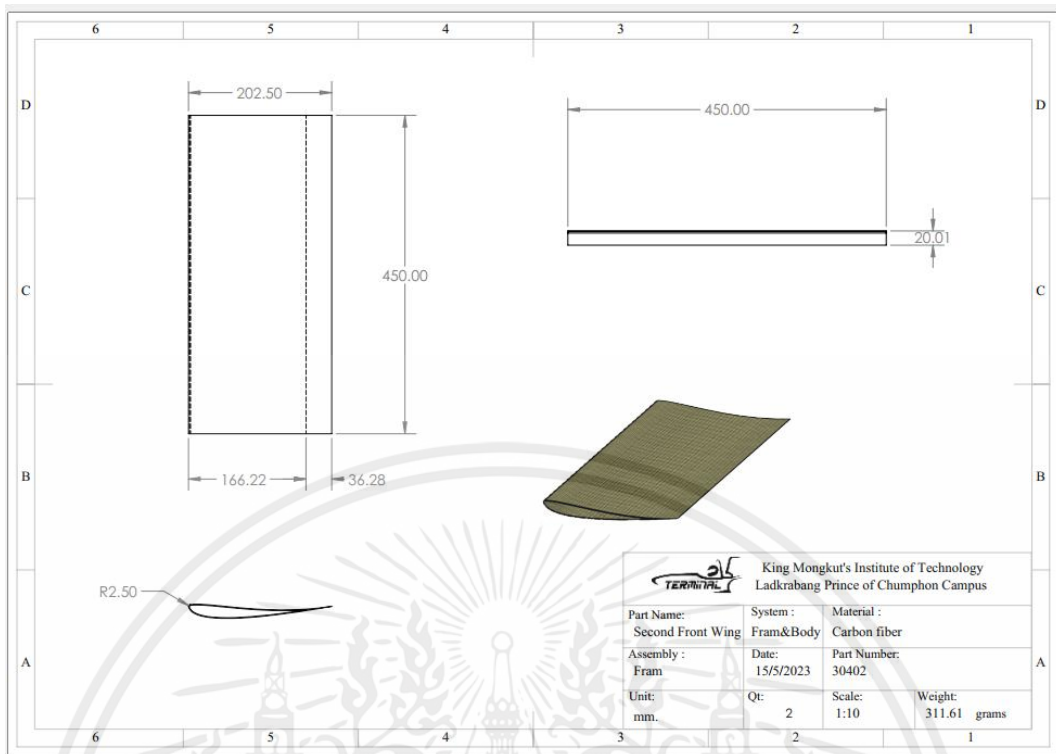


รูปที่ 47 ปีกหลังชั้นที่ 2 (Second Rear Wing)

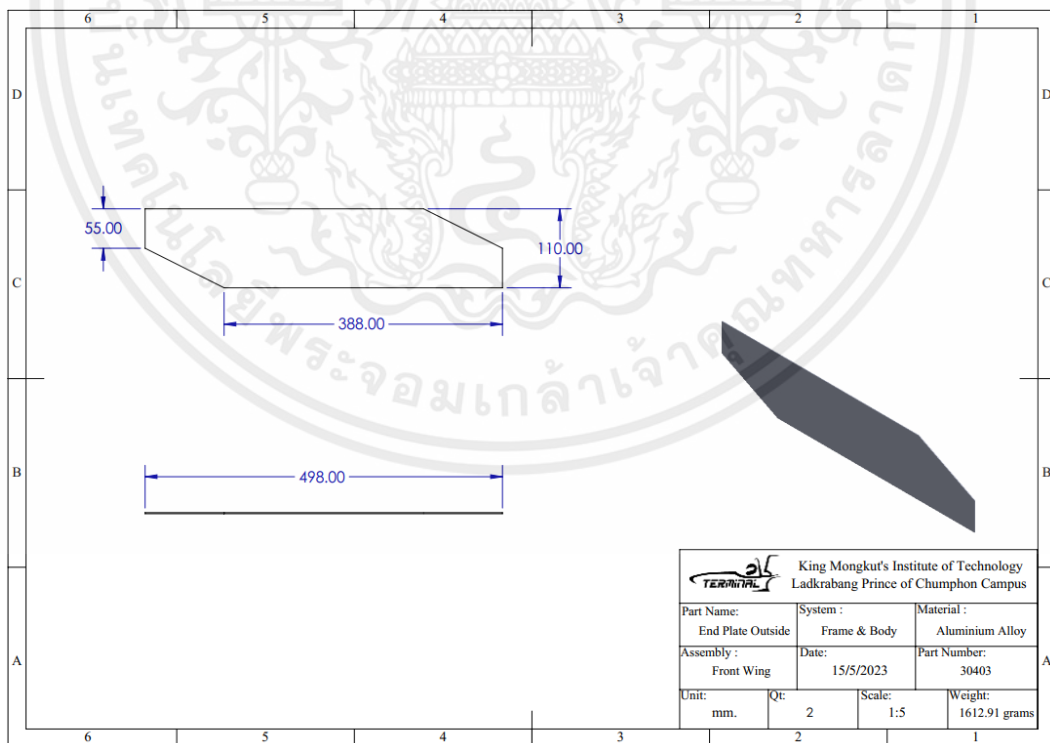


รูปที่ 48 ปีกหน้าชั้นที่ 1 (Main Front Wing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

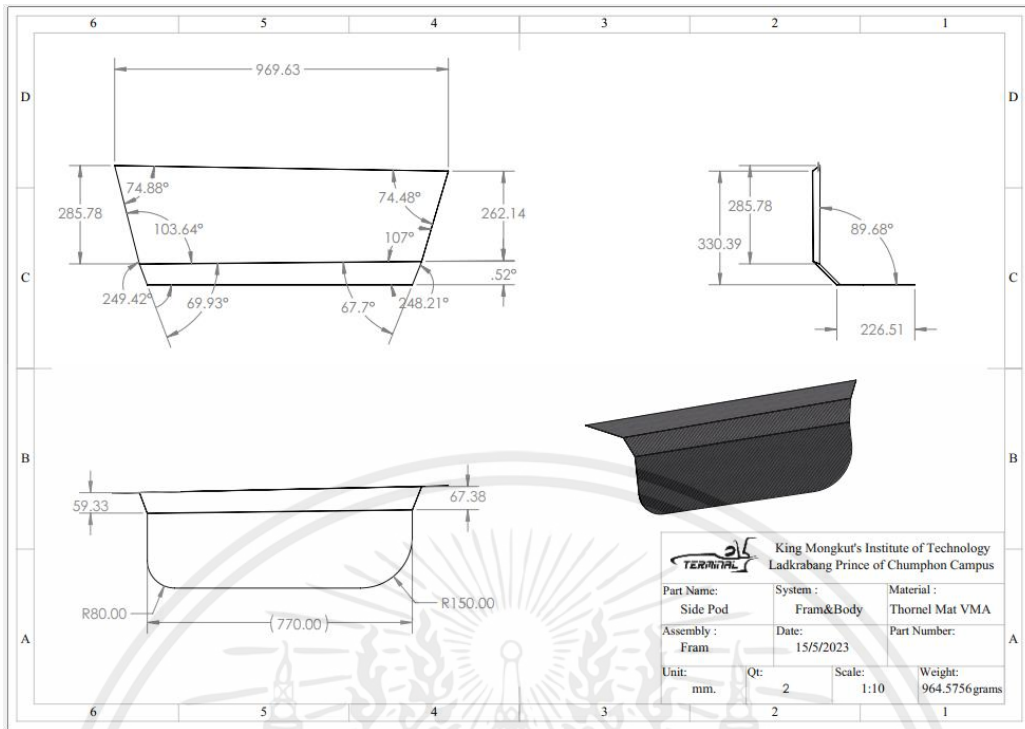


รูปที่ 49 ปีกหน้าชั้นที่ 2 (second Front Wing)

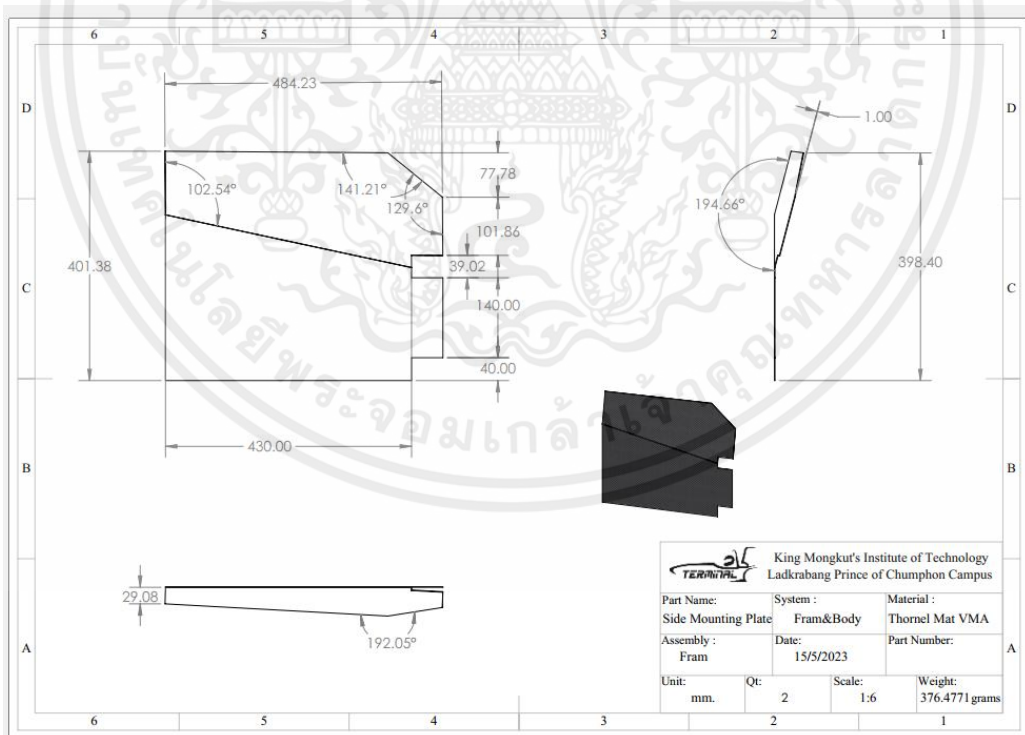


รูปที่ 50 ด้านข้างปีกหน้า (End Plate Outside)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

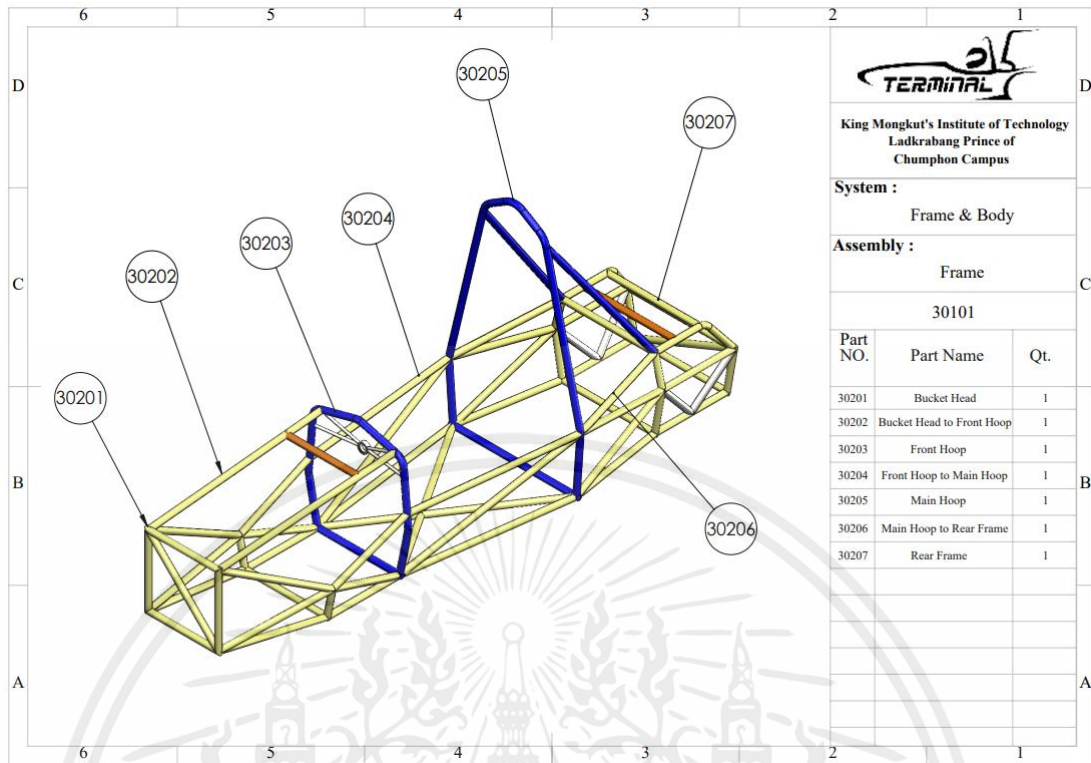


รูปที่ 51 ด้านข้างตัวถัง (Side Pod)

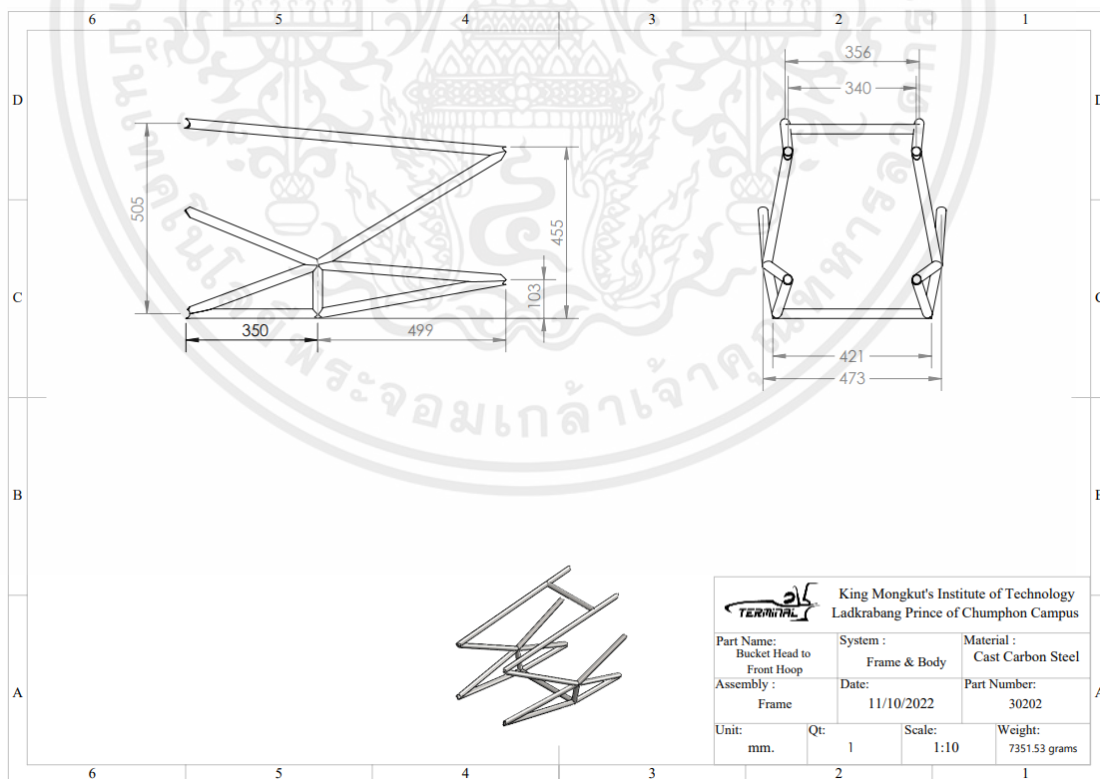


รูปที่ 52 แผ่นด้านข้างตัวถัง (Side Mounting Plate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

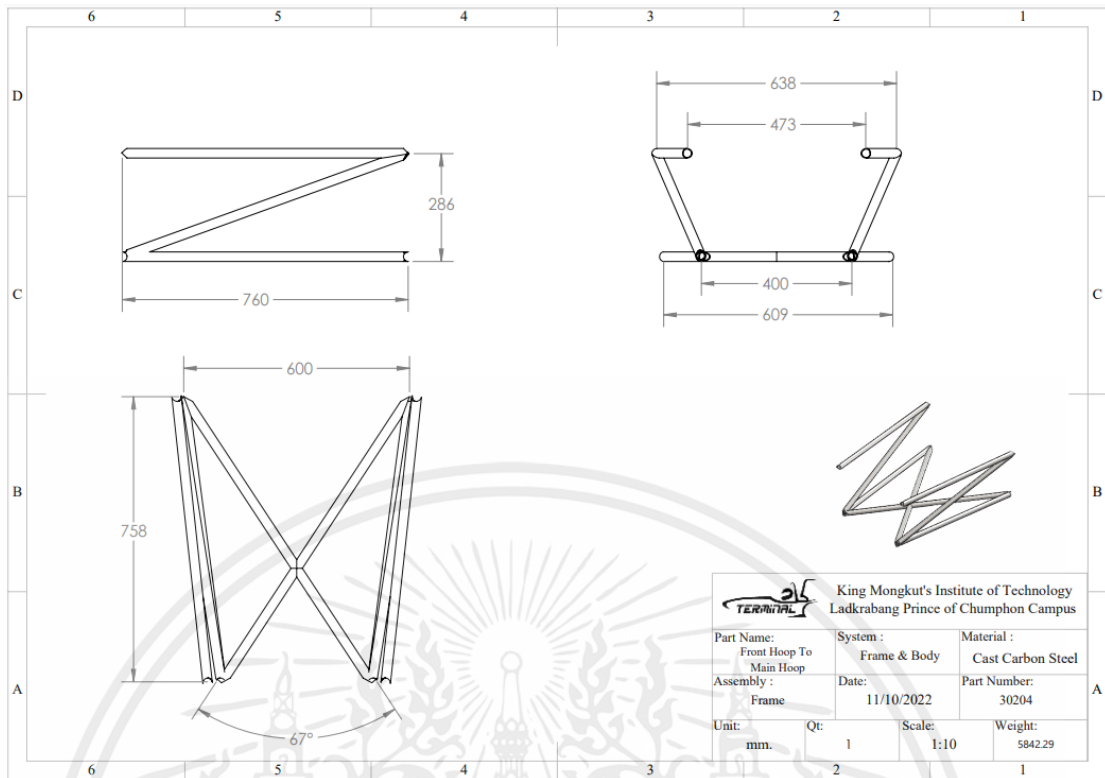


รูปที่ 53 ส่วนประกอบของโครงรถ (Frame Assembly)

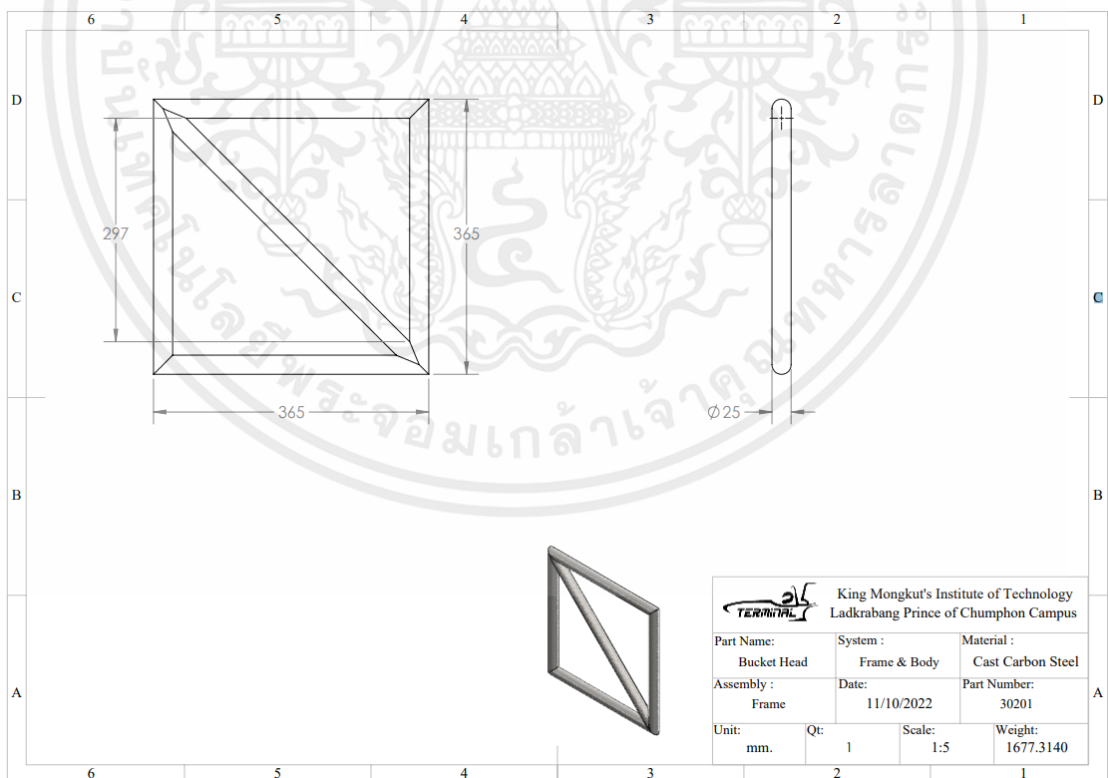


รูปที่ 54 โครงรถด้านหน้า (Bucket Head to Front Hoop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

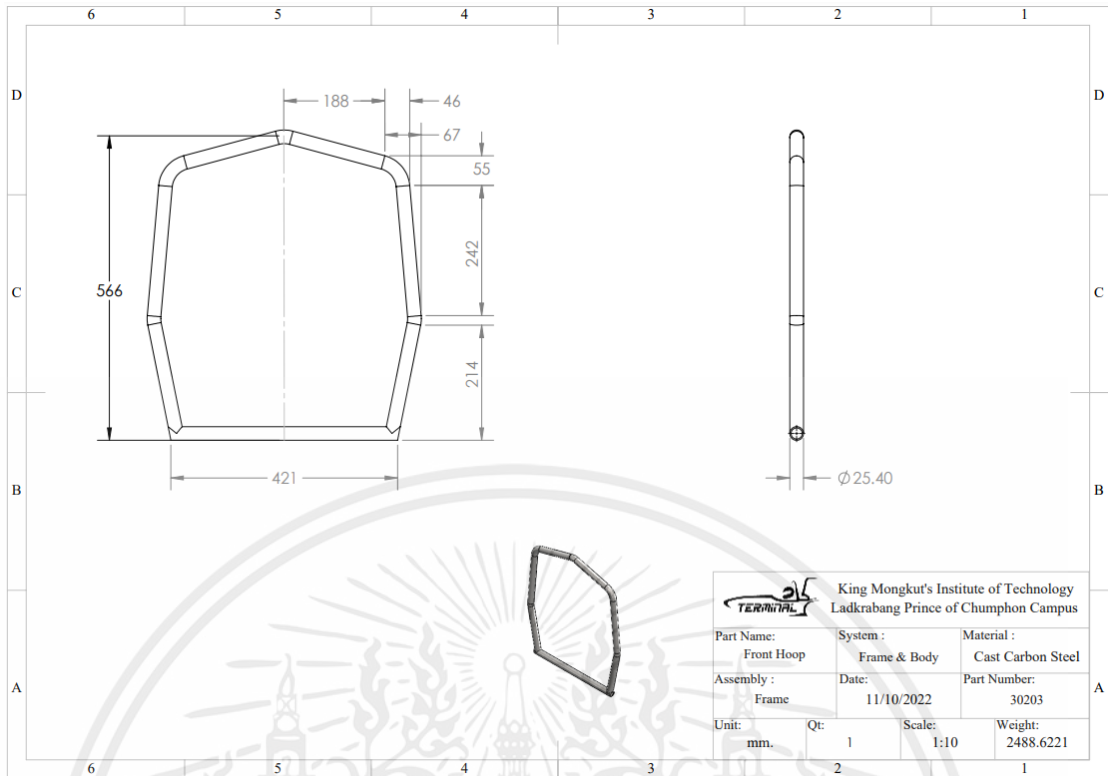


รูปที่ 55 โครงรถตรงกลาง (Front Hoop To Main Hoop)

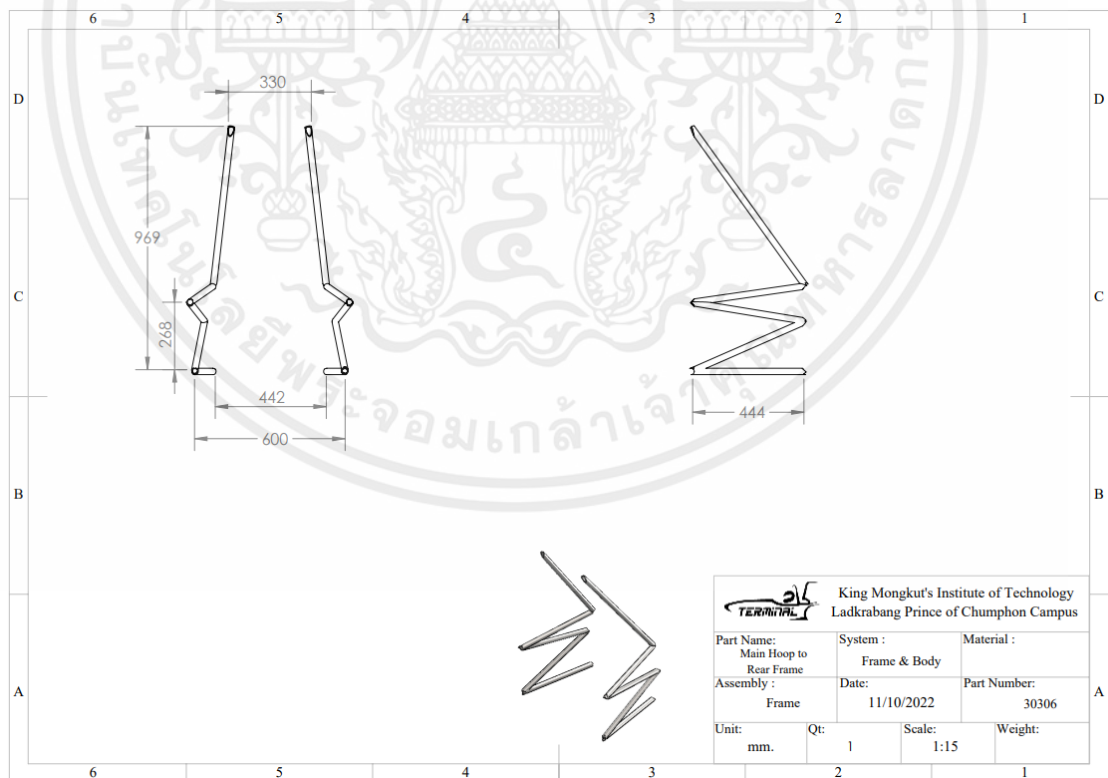


รูปที่ 56 ส่วนหัวโครงรถ (Bucket Head)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

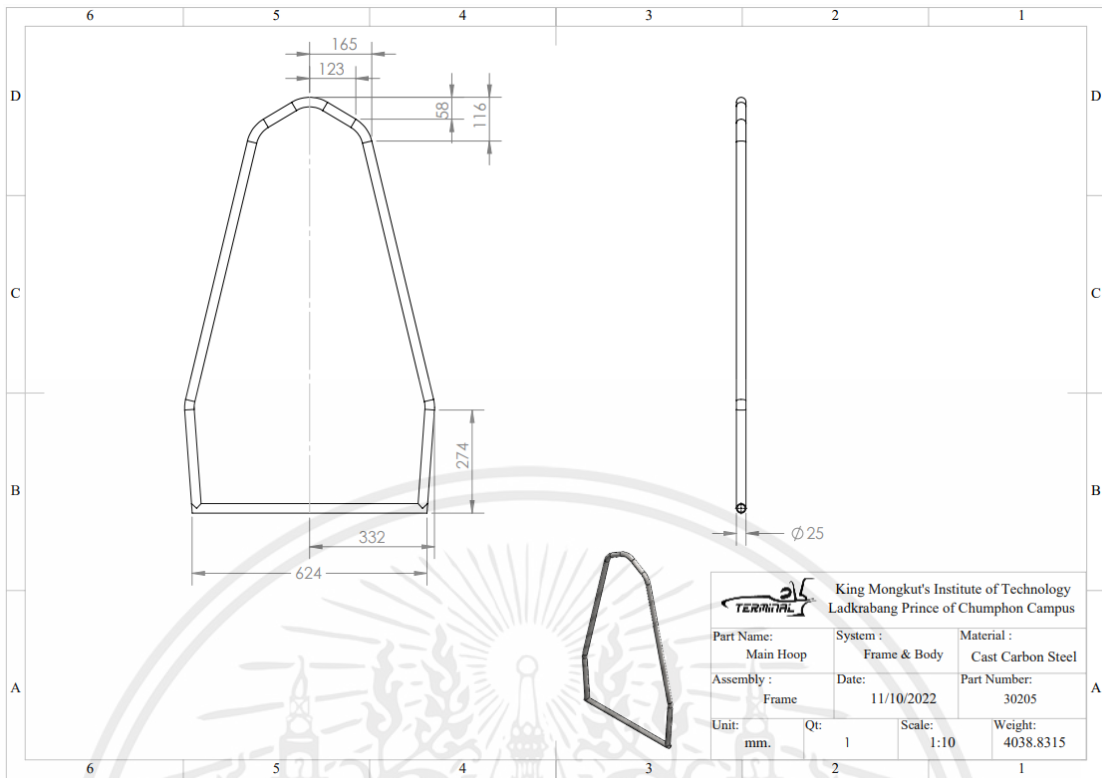


รูปที่ 57 ห่วงด้านหน้าโครงรถ (Front Hoop)

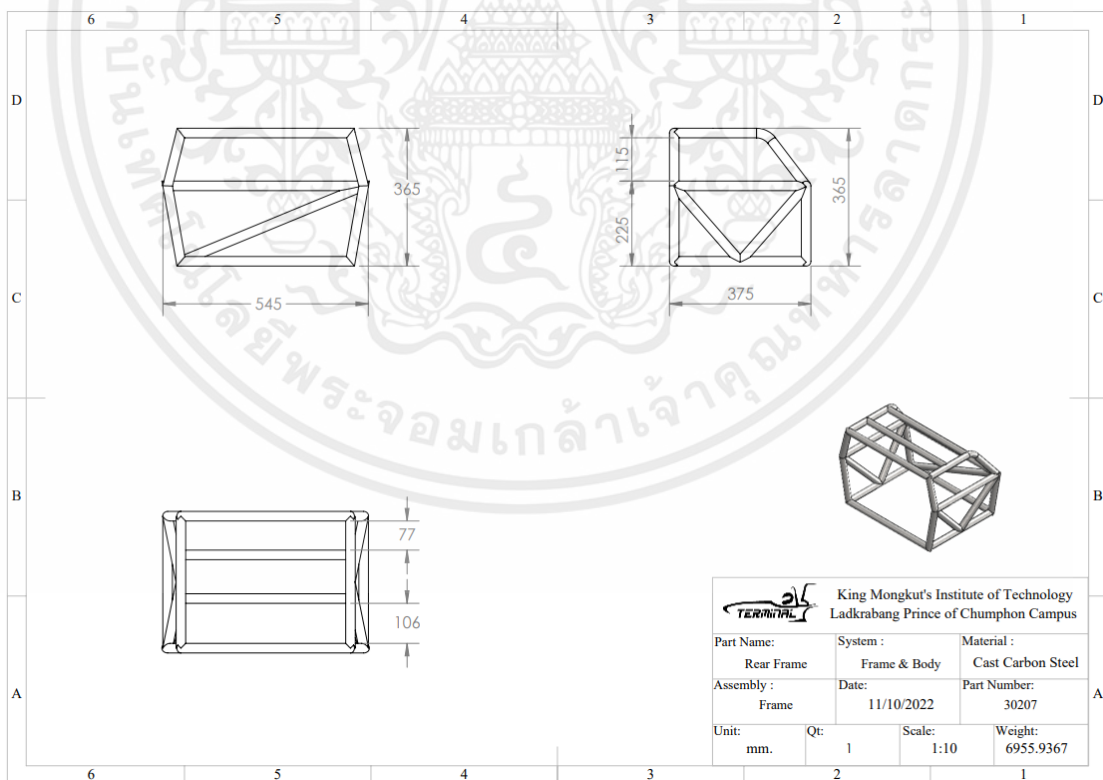


รูปที่ 58 โครงที่รับแรงต่อจากห่วงหลัก (Maid Hoop to Rear Frame)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 59 ท่วงหลักของโครง (Main Hoop)



รูปที่ 60 โครงส่วนท้าย (Rear Frame)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อผู้เขียน นายเกริกเกียรติ พร้อมมูล
 วัน/เดือน/ปีเกิด 17 กุมภาพันธ์ 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดสงขลา
 ที่อยู่ 6/6 หมู่ 3 ตำบลท่าบอน อำเภอระโนด
 จังหวัดสงขลา 90140

e-mail go0954404934@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนท่าบอน มิตรภาพที่ ๙๐
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียน ระโนดวิทยา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน วรนาเรีเฉลิม จังหวัดสงขลา
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ TSAE Auto Challenge 2019 – 2020 Student Formula
- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ TSAE Auto Challenge 2022 – 2023 Student Formula

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อผู้เขียน นายต่อตระกูล เปลียนเพ็ง
 วัน/เดือน/ปีเกิด 27 กรกฎาคม 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
 ที่อยู่ 337/38 ซ.เคหะร่มเกล้า 31
 แขวงคลองสองต้นนุ่น เขตลาดกระบัง
 กรุงเทพมหานคร 10520

e-mail nitsuka_soren@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนตรังคริสเตียนศึกษา
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ TSAE Auto Challenge 2022 – 2023 Student Formula

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อผู้เขียน นายปิยศักดิ์ ขุนบุรี
 วัน/เดือน/ปีเกิด 9 กันยายน 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช
 ที่อยู่ 54/5 หมู่ 5 ซอยบางแก้วใต้
 ถนนอ่าวลึก-พระแสง ต.ปลายพระยา
 อ.ปลายพระยา จ.กระบี่ 81160

e-mail piyasak.khunburi@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านบางเหียน
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนอ่าวลึกประชาสรรค์ จังหวัดกระบี่
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปลายพระยาวิทยาคม จังหวัดกระบี่
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ TSAE Auto Challenge 2019 – 2020 Student Formula
- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ TSAE Auto Challenge 2022 – 2023 Student Formula

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อผู้เขียน นายกิตติพงศ์ ประพงษ์
 วัน/เดือน/ปีเกิด 3 ธันวาคม 2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดชัยภูมิ
 ที่อยู่ 85/122 หมู่ 7 ตำบลดอนหัวฝ้อ อำเภอเมือง
 จังหวัดชลบุรี 20000
 e-mail 63201220@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบ้านดอนหันนา
 สวรรค์ จ.ชัยภูมิ
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบ้านแท่นวิทยา
 จ.ชัยภูมิ
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
 วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จังหวัดชลบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบัน
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร
 เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ
 TSAE Auto Challenge 2022 – 2023 Student Formula

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อผู้เขียน นาย ณัฐพล จันทะยอด
 วัน/เดือน/ปีเกิด 27 กันยายน 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัด ชลบุรี
 ที่อยู่ 123/78 หมู่ 4 ตำบล นาป่า อำเภอเมือง
 จังหวัดชลบุรี 20000

e-mail Nattaponmax8@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนวัฒนศึกษา จ.เชียงราย
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จังหวัดชลบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมการแข่งขันกับทางสมาคมวิศวกรรมยานยนต์ ในรายการ TSAE Auto Challenge 2022 – 2023 Student Formula

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้