



การประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก

DETERMINATION OF FRONT WHEEL SUSPENSION FORCE WHILE
MOTORCYCLE BRAKING

กิตติทัต นวลเกษร

KITTIAD NUANKASORN

ณัฐฐาภรณ์ สมิง

NATTHAPORN SAMING

ชนร์พิชญ์ชา โคกแดง

CHONPITCHA KHOKDAENG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก

DETERMINATION OF FRONT WHEEL SUSPENSION FORCE WHILE
MOTORCYCLE BRAKING



กิตติทัต นวลเกษร
KITTIAD NUANKASORN
ณัฐฐาภรณ์ สมิง
NATTHAPORN SAMING
ชนร์พิชญ์ชา โศกแดง
CHONPITCHA KHOKDAENG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETERMINATION OF FRONT WHEEL SUSPENSION FORCE WHILE
MOTORCYCLE BRAKING



KITTIAD NUANKASORN
NATTHAPORN SAMING
CHONPITCHA KHOKDAENG

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

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก
PROJECT TITLE DETERMINATION OF FRONT WHEEL SUSPENSION FORCE WHILE
MOTORCYCLE BRAKING

ชื่อนักศึกษา นายกิตติทัต นวลเกษร รหัสประจำตัว 60512037
นางสาวณัฐฐาภรณ์ สมิง รหัสประจำตัว 60512045
นางสาวชนันท์พิชญ์ชา โคกแดง รหัสประจำตัว 60512083

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์
ปริญญาานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์
ปริญญาานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
ผศ.จรัสชัย	เย็นพยับ	กรรมการสอบ	
อ.ดร.ศรีรัตน์	ช่วยบุญ	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ชมพูนุช	กุลเกตุวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	
ผศ.ดร.ดิษฐพร	ตุงโสธานนท์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 29 พฤษภาคม 2564 เวลา 15.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมออนไลน์ Modern Science and Technology for Sustainable Development

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ มิถุนายน พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก	
ชื่อนักศึกษา	นายกิตติทัต นวลเกษร	รหัสประจำตัว 60512037
	นางสาวณัฐฐาภรณ์ สมิง	รหัสประจำตัว 60512045
	นางสาวชนธ์พิชญ์ชา โคกแดง	รหัสประจำตัว 60512083
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์	
ปริญญานิพนธ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์	
ปริญญานิพนธ์ร่วม		

บทคัดย่อ

รถจักรยานยนต์ที่ถูกดัดแปลงและติดตั้งพ่วงข้างมักเป็นรถที่ไม่มีเสถียรภาพและขาดสมดุล เวลาขับขี่ โคร่งงานนี้นำเสนอการทดสอบการเบรกภายใต้สภาวะวิกฤติของรถมอเตอร์ไซค์พ่วงข้าง ด้วยการประเมินแรงเบรกและอัตราเร่งหนีศูนย์กลาง เมื่อผู้ขับขี่ใช้ความเร็วเริ่มต้น 10, 20 และ 30 km/h จากนั้นออกแรงเบรกสูงสุดจนรถหยุดนิ่งด้วย 3 รูปแบบ คือ เบรกเฉพาะล้อหน้า ล้อหลัง และเบรกพร้อมกัน จากการทดลองพบว่า ระยะทางในการเบรกแปรผันโดยตรงกับความเร็วเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้นและผันแปรตามวิธีการใช้งานเบรก แรงเบรกเฉลี่ยทุกความเร็วขณะใช้เบรกหน้าอยู่ที่ $153.2_{-3.4}^{+2.4}$ N ส่วนการใช้เบรกหลังและแบบคู่จะมีค่าเพิ่มขึ้น 18-45% และ 58 - 111% ตามลำดับ ส่วนผลของอัตราเร่งหนีศูนย์กลางทั้ง 3 แนวแกน จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วเริ่มต้นและการใช้งานเฉพาะเบรกหลังอย่างเดียวจะมีเสถียรภาพในการควบคุมรถได้ดีที่สุดเนื่องจากสามารถควบคุมมุมพลิกคว่ำได้ดีกว่ากรณีอื่น

คำสำคัญ: เสถียรภาพ, แรงเบรกสูงสุด, มุมเอียงซ้าย-ขวา

Project Title	DETERMINATION OF FRONT WHEEL SUSPENSION FORCE WHILE MOTORCYCLE BRAKING	
Student	Mr.Kittiad Nuankasorn	Student ID 60512037
	Ms.Natthaporn Saming	Student ID 60512045
	Ms.Chonpitcha Khokdaeng	Student ID 60512083
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Dithaporn Thungsotanon	
Project Co-advisor	Asst.Prof.Dr.Chompoonud Kulketwong	

ABSTRACT

A motorcycle that is modified and installed a sidecar is an unstable and unbalance vehicle for riding. This project was presented the brake testing under the critical condition of the side-car motorcycle by evaluating the braking force and centripetal acceleration when the rider rode the vehicle with the speeds of 10, 20 and 30 km/h and broke and stopped suddenly with the 3 patterns: front-wheel, rear-wheel and concomitant brake. The results were found that the braking distance was in proportion to the initial speed and was varied with the braking method. The average braking forces of front-wheel were $153.2_{-3.4}^{+2.4}$ N at every speed, but the rear brake and dual brake were increased by 18-45% and 58-111%, respectively. The centripetal accelerations of the 3-axis were increased following the initial speed and the braking with rear-wheel caused the best stability control because the controlling roll angle was better than the other.

Keywords: Stability, Maximum braking force, Roll angle

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ดิษฐพร ตุงโสมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ และอาจารย์ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ร่วมที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญาานิพนธ์

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นที่เคารพรัก ที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการสร้างชุดวัดแรงเบรก

กิตติทัต นวลเกษร

ณัฐธราภรณ์ สมิ้ง

ชนธ์พิชญ์ชา โคนแดง

พฤษภาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ประเภทรถสามล้อ	4
2.2 เสถียรภาพการบังคับรถจักรยานยนต์	4
2.3 ระบบเบรก	5
2.4 แรงเบรกและการกระจายแรงเบรก	6
2.5 การลื่นไถลหรือการลื่นคล้อ	7
2.6 เสถียรภาพการบังคับรถสามล้อพ่วงข้าง	7
2.7 แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	8
2.8 จุดศูนย์กลางมวลของรถจักรยานยนต์	8
2.9 เซนเซอร์วัดระยะ Linear Position Transducer	12
2.10 เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine (UTM)	12
2.11 โหลดเซลล์	13
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	18
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีดำเนินงาน	24
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	35
4.1 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะยวบของไซค์ล้อหน้า	35
4.2 ผลการสอบเทียบของแผ่นวัดแรงเบรกหลัง	36
4.3 ผลการหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์	37
4.4 ผลการทดลองวัดแรงเบรก	38
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการทดลอง	49
5.2 ปัญหาที่พบ	49
5.3 ข้อเสนอแนะ	49
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	50
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	54
ภาคผนวก ข การออกแบบแผ่นวัดแรง	62
ภาคผนวก ค โปรแกรม LabVIEW 2014	67
ภาคผนวก ง โปรแกรม Signal Express 2014	73
ภาคผนวก จ โปรแกรม GL 100	75
ภาคผนวก ฉ รถจักรยานยนต์ฟ่งข้าง	77
ประวัติผู้จัดทำ	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานการประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก	3
4.1	คุณสมบัติของชุดวัดแรงเบรกหน้าจากการสอบเทียบ	35
4.2	จุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	37
4.3	ระยะการยุบตัวของโช้คเฉลี่ย	40
4.4	ระยะการยุบตัวของโช้คสูงสุด	42
4.5	ระยะในการเบรก	43
4.6	แรงเบรกเฉลี่ย	43
4.7	แรงเบรกสูงสุด	44
4.8	ค่า Deceleration สูงสุด	45
4.9	ค่า Deceleration เฉลี่ย	47
ก.1	ค่าระยะยุบโช้คหน้าของการใช้เบรกหน้า	55
ก.2	ค่าระยะยุบโช้คหลังของการใช้เบรกหน้า	55
ก.3	ค่าระยะยุบโช้คพ่วงข้างของการใช้เบรกหน้า	56
ก.4	ค่าระยะยุบโช้คหน้าของการใช้เบรกหลัง	56
ก.5	ค่าระยะยุบโช้คหลังของการใช้เบรกหลัง	57
ก.6	ค่าระยะยุบโช้คพ่วงข้างของการใช้เบรกหลัง	57
ก.7	ค่าระยะยุบของโช้คหน้าในการเบรกใช้พร้อมกัน	58
ก.8	ค่าระยะยุบของโช้คหลังในการเบรกใช้พร้อมกัน	58
ก.9	ค่าระยะยุบของโช้คพ่วงข้างในการเบรกใช้พร้อมกัน	59
ก.10	ค่าของแรงในการใช้เบรกหน้า	59
ก.11	ค่าของแรงในการใช้เบรกหลัง	60
ก.12	ค่าอัตราเร่งของการใช้เบรกหน้า	60
ก.13	ค่าอัตราเร่งของการใช้เบรกหลัง	61
ก.14	ค่าอัตราเร่งของการใช้เบรกพร้อมกัน	61
ฉ.1	รายละเอียดของล้อรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	79

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก	2
2.1	ลักษณะของดรัมเบรก	5
2.2	ลักษณะดิสก์เบรก	5
2.3	Dynamic load transfer	6
2.4	แผนภาพแสดงรถจักรยานยนต์สองล้อที่จอดอยู่บนพื้นผิวแนวนอน	8
2.5	แผนภาพแสดงรถจักรยานยนต์สองล้อที่จอดอยู่บนพื้นผิวทางลาดชัน	9
2.6	แผนภาพแสดงการหาความยาวจุด CG	10
2.7	แผนภาพการหาความกว้างจุด CG	11
2.8	แผนภาพการหาความสูงจุด CG	11
2.9	หลักการทํางานของโพลดเซลล์	13
3.1	Linear position transducer	18
3.2	เครื่องทดสอบ UTM	19
3.3	Data Acquisition NI CDAQ-9191 และ NI9205	19
3.4	แผ่นเหล็กเหนียวที่ทำการขึ้นรูปแล้ว	20
3.5	สวิงอาร์ม	21
3.6	แผ่นวัดแรง	21
3.7	เครื่องเลเซอร์วัดระดับ	22
3.8	รถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง	22
3.9	Linear displacement sensor รุ่น Eye Rod T-PTS12	23
3.10	Laser Displacement Sensors Keyence LB70	23
3.11	Acceleration sensor	24
3.12	ติดตั้ง Linear position transducer เข้ากับตัวใช้คหน้าของรถจักรยานยนต์	24
3.13	โปรแกรม LabVIEW 2014	25
3.14	เชื่อมต่อ Linear position transducer เข้ากับเครื่อง NI CDAQ-9191	25
3.15	ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ UTM	26
3.16	(ก) วาดแผ่นเหล็กผ่านโปรแกรม SOLIDWORKS (ข) Simulationผ่านโปรแกรม SOLIDWORKS (ค) ขนาดของแผ่นเหล็ก	26
3.17	ติดสเตรนเกจตรงกลางของแผ่นเหล็ก	27
3.18	ติดตั้งอุปกรณ์ขยายสัญญาณ รุ่น AD620 Microvolts Millivolts Amplifier	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.19	รถจักรยานยนต์วางใน (ก) แนวระนาบ และ(ข) แนวเอียง	28
3.20	เครื่องวัดระดับน้ำ	29
3.21	บันทึกค่าด้วยโปรแกรม Signal Express	29
3.22	วางรถจักรยานยนต์ในแผ่นวัดแรง (ก) แนวระนาบ และ(ข) แนวเอียง	30
3.23	ตำแหน่งการวางแผ่นวัด (ก) แนวระดับ (ข) แนวเอียง	31
3.24	การตั้งระดับแผ่นวัดแรงด้วยเครื่องเลเซอร์วัดระดับ	32
3.25	ตำแหน่งการวางรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง (ก) แนวระดับ (ข) แนวเอียง	32
3.26	ติดตั้งอุปกรณ์ครบทุกตำแหน่งของโซ้คของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	33
3.27	จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ	34
3.28	อาสาสมัครเริ่มทำการทดสอบ	34
4.1	การสอบเทียบระยะยวบตัวของโซ้คหน้า	36
4.2	การสอบเทียบวัดแรงเบรก	36
4.3	ระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	37
4.4	แผนผังการทดลองการหยุดตัวของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	38
4.5	กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของระยะยวบที่โซ้คล้อหน้า	38
4.6	กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของระยะยวบที่โซ้คล้อหลัง	39
4.7	กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของระยะยวบที่โซ้คที่พ่วงข้าง	39
4.8	กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของแผ่นวัดแรงเบรกหลัง	39
4.9	กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของเซนเซอร์วัดค่า Acceleration	40
4.10	กราฟแห่งแสดงค่าเฉลี่ยระยะการยวบตัวของโซ้ค	41
4.11	กราฟแห่งแสดงค่าสูงสุดระยะการยวบตัวของโซ้ค	42
4.12	กราฟแห่งแสดงค่าเฉลี่ยแรงเบรก	44
4.13	กราฟแห่งแสดงค่าสูงสุดแรงเบรก	45
4.14	กราฟแห่งแสดงค่าการชะลอตัวสูงสุดของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	46
4.15	กราฟแห่งแสดงค่าการชะลอตัวเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง	47
ข.1	แผ่นเหล็กต้นแบบ	63
ข.2	แผ่นเหล็กที่ทำการ Simulation	64
ข.3	ขนาดของแผ่นเหล็ก	65
ข.4	แผ่นวัดแรงเบรกหลัง	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค.1	หน้าโปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบ	68
ค.2	หน้า block diagram โปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบ	69
ค.3	หน้า block diagram โปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบ (ต่อ)	70
ค.4	หน้าโปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบระยะยูปโซ๊คหน้า	71
ค.5	หน้า block diagram โปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบของโซ๊คหน้า	72
ง.1	หน้าโปรแกรม Signal Express ที่ใช้ในการทดสอบ	74
จ.1	หน้าโปรแกรม GL 100 ที่ใช้ในการทดสอบ	76
ฉ.1	ทิศทางตามแนวแกนของรถจักรยานยนต์ฟ่งข้าง	78
ฉ.2	ขนาดของฟ่งข้าง	78
ฉ.3	ระยะฐานล้อ	79



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันรถจักรยานยนต์มีบทบาทอย่างมากในเรื่องของการนำมาใช้อำนวยความสะดวกบนท้องถนนรวมถึงการเดินทางในระยะใกล้ ซึ่งการออกแบบรถจักรยานยนต์ให้มีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการใช้งานที่เพียงพอ นั้น ต้องคำนึงถึงข้อบกพร่องของระบบเบรกและเสถียรภาพของรถจักรยานยนต์ เนื่องจากระบบเบรกและเสถียรภาพมีความสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่เป็นอย่างมากและอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าและทดสอบเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขและป้องกันการเกิดอุบัติเหตุให้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาปัญหาที่พบส่วนใหญ่เกี่ยวกับรถจักรยานยนต์คือรถเสียการทรงตัวเนื่องจากการเบรกของรถจักรยานยนต์ การใช้ความเร็วเกินกว่ามาตรฐานกำหนดและการใช้เบรกอย่างกะทันหันหรือระบบเบรกที่ยังไม่มีเสถียรภาพเพียงพอ[1-3] ปัญหาเหล่านี้ก่อให้เกิดอุบัติเหตุการพลิกคว่ำ การลื่นไถลออกนอกเส้นทางของรถจักรยานยนต์และอาจทำให้รถจักรยานยนต์เสี่ยงต่อการเสียเสถียรภาพในการขับขี่ได้ มีนักวิจัยจำนวนมาก[2, 4] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมเสถียรภาพการเบรกของรถจักรยานยนต์ โดยการควบคุมผ่านทางระบบซอฟต์แวร์ เพื่อปรับให้รถจักรยานยนต์มีเสถียรภาพมากขึ้นและการหาจุดศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วงเพื่อนำไปประเมินเสถียรภาพแบบเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์[2-6] นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการชะลอตัวอย่างรวดเร็วของการขับขี่รถจักรยานยนต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรม การขับขี่และการเบรกของผู้ขับขี่ในสถานการณ์ต่างๆ[7, 8] รวมไปถึงการศึกษาการใช้ความเร็ว การควบคุมเสถียรภาพ การเบรกในรูปแบบต่างๆของรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้างและพฤติกรรมต่างๆในการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างรถจักรยานยนต์สองล้อและรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้าง[9-11]

โครงการนี้จึงทำการสร้างชุดวัดแรงขณะเบรกของล้อหน้าและล้อหลังของรถจักรยานยนต์สำหรับประเมินแรงและพฤติกรรมขณะชะลอความเร็วรถจักรยานยนต์เพื่อประเมินโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์

1.2.1 สร้างชุดวัดแรงของล้อหน้าและล้อหลังขณะเบรก

1.2.2 เพื่อประเมินแรง อัตราเร่งและพฤติกรรมขณะใช้เบรกของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างเพื่อชะลอความเร็วจนหยุดนิ่ง

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 การเบรกด้วยเบรกหน้า เบรกหลังและการใช้เบรกพร้อมกัน รถจักรยานยนต์พ่วงข้างมีผลต่อเสถียรภาพและความสามารถในการเบรก

1.4 ขอบเขตของปริญญาโท

1.4.1 อุปกรณ์วัดแรงขณะเบรกของล้อหน้าและล้อหลังสามารถวัดแรงได้ในช่วง 0-400 N และ 0-300 N ตามลำดับ

1.4.2 ใช้รถจักรยานยนต์พ่วงข้างที่ดัดแปลงมาจากรถจักรยานยนต์ยี่ห้อ Honda รุ่น dream exces 100

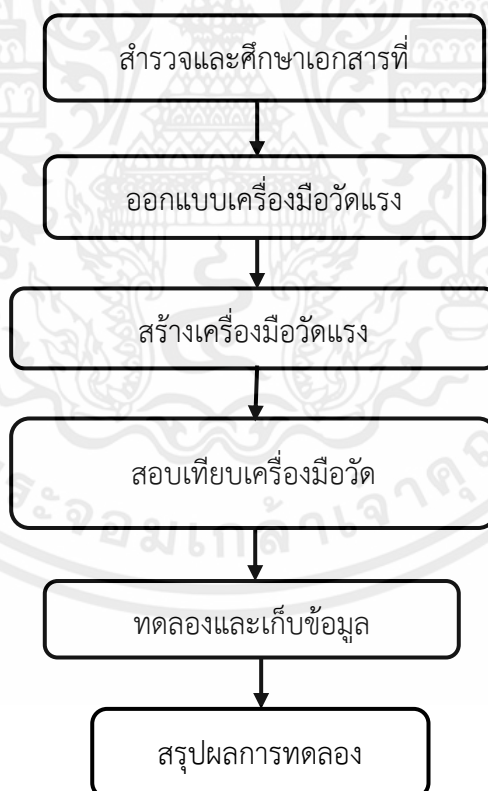
1.4.3 แรงดันลมยางขณะทดสอบของล้อหน้า ล้อหลังและล้อพ่วงข้างอยู่ที่ 29 psi (199.95 kPa), 41psi (282.69 kPa) และ 41 psi (282.69 kPa) ตามลำดับ

1.4.4 การทดสอบความสามารถในการเบรกให้รถที่ความเร็ว 10-30 km/h ลดลงจนถึงจุดหยุดนิ่ง แบ่งออกเป็น 3 กรณี คือการใช้เบรกหน้า เบรกหลัง และเบรกพร้อมกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลแรงและพฤติกรรมการเบรกของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ (เช่น การพลิกคว่ำ การไถลด้านข้าง) สร้างข้อเสนอแนะในการหลีกเลี่ยงและปรับปรุงรถจักรยานยนต์ดัดแปลงแบบมีพ่วงข้างให้มีความปลอดภัยในการใช้งาน

1.6 ขั้นตอนของการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินการประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ 2563-2564	
	2563	2564
	ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค. ม.ค. ก.พ. มี.ค. เม.ย. พ.ค.	
1.สำรวจและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	↔	
2.ออกแบบเครื่องมือวัดแรง	↔	
3. สร้างเครื่องมือวัดแรง	↔	
4. สอบเทียบเครื่องมือวัด	↔	
5. ทดลองและเก็บข้อมูล	↔	
6.สรุปผลการทดลอง	↔	
7.ทำเล่มปริญญานิพนธ์	↔	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงแนวคิดทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวกับเสถียรภาพในขณะเบรกและระบบเบรกของรถจักรยานยนต์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลมาศึกษาและประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ประเภทรถสามล้อ

2.1.1.1 รถสามล้อพ่วงข้างที่มีระบบเบรกที่ล้อหน้าและล้อ

ศึกษาเกี่ยวกับการขับขี่รถจักรยานยนต์สามล้อ ในด้านการใช้ความเร็วของการการสั่นสะเทือน การควบคุมในขณะทำการบังคับเลี้ยว รวมไปถึงเสถียรภาพของการควบคุมรถ เมื่อความเร็วเพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่า รถสามล้อที่ความเร็ว 40 km/h มีความเสถียรมากที่สุด และจะเกิดความไม่เสถียรมากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นหลังจากนี้ ที่ความเร็ว 79 km/h รถจะเริ่มเกิดการส่ายไปมายากต่อการบังคับเลี้ยวซึ่งมีความอันตรายค่อนข้างมาก เนื่องจากความสามารถในการควบคุมรถมีค่อนข้างน้อย และหากเกิดการสั่นสะเทือนของรถมากขึ้นไปอีกก็จะทำให้การควบคุมรถยากเพิ่มขึ้นไปอีกด้วย [9]

2.1.1.2 รถสามล้อการเกษตร

ขณะเบรกล้อหลังซ้ายและล้อหลังขวาจะไม่มีแรงยึดเกาะพื้นเท่ากัน แรงเบรกหลักของรถสามล้อเกษตรขึ้นอยู่กับล้อหลัง เบรกล้อหน้าโดยทั่วไปจะไม่ทำงาน เสถียรภาพหากเบรกแรงเกินไปจะทำให้ทิศทางของการบังคับรถเกิดการส่ายไปทางซ้ายและขวาส่งผลเสียต่อความปลอดภัยในการจราจร [18]

2.1.1.3 รถสามล้อพ่วงข้างที่มีระบบเบรกทั้งสามล้อ

เบรกหน้า เบรกหลังและเบรกข้างเมื่อใช้เบรกทั้งสามในเวลาเดียวกันจะทำให้เบรกมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นจาก 48 ถึง 64 km/h เมื่อต้องการชะลอตัวรถพ่วงข้างจะต้องใช้แรงเบรกมากกว่าที่จำเป็นสำหรับสองล้อหากเข้าโค้งหรือเลี้ยวเร็วเกินไปจะไม่สามารถเลี้ยวได้รถจะหลุดออกจากเส้นทางจราจรหรือหลุดออกไปข้างทาง เมื่อเบรกแรงเกินไปทำให้สิ้นเปลืองและสูญเสียการควบคุมรถ [19]

2.2 เสถียรภาพการบังคับรถจักรยานยนต์

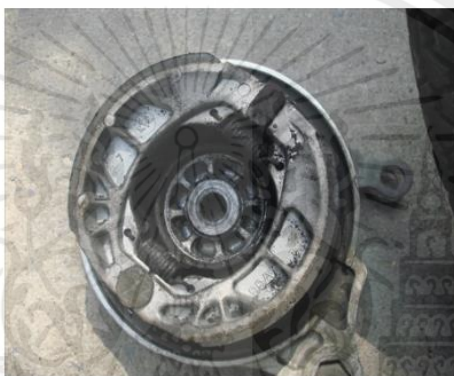
เสถียรภาพการบังคับรถจักรยานยนต์คือ การบังคับรถจักรยานยนต์ให้เป็นไปตามที่ผู้ขับขี่ต้องการ ในสภาวะการขับขี่จริง ทั้งในขณะขับขี่ทางตรง การเข้าโค้งหรือแม้กระทั่งผ่านสภาวะของถนนรูปแบบต่างๆ ซึ่งเสถียรภาพการบังคับรถจักรยานยนต์และการเบรกถือได้ว่าเป็นการกระทำของรถจักรยานยนต์ที่ทำหน้าที่ให้เกิดความปลอดภัยต่อการขับขี่ก่อนที่จะเกิดอุบัติเหตุ (Active safety) ดังนั้นเสถียรภาพการบังคับรถจักรยานยนต์อาจหมายถึงการทรงตัวของรถจักรยานยนต์ได้ดีในทุกๆ สถานการณ์ [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบเบรก

2.3.1 ระบบห้ามล้อ หรือ ระบบเบรก คือสิ่งที่จะขาดไปไม่ได้เลยสำหรับความปลอดภัยของรถจักรยานยนต์ เพราะหากมันเกิดปัญหาขึ้นมาในระหว่างขับขี่ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ทันที เนื่องจากไม่สามารถลดความเร็วของรถจักรยานยนต์ลงได้ ซึ่งระบบเบรกที่ใช้งานในปัจจุบันจะมีอยู่ 2 แบบ คือ ดรัมเบรก (Drum Brake) และ ดิสก์เบรก (Disc Brake) [22]

2.3.2 ดรัมเบรก (Drum Brake) ทำงานโดยใช้หลักการของแรงผลัก เพื่อให้ล้อรถเกิดแรงเฉื่อย ซึ่งภายในตัวดรัมเบรกจะมีฝักเบรก ที่ประกอบไปด้วยผ้าเบรก สปริง และลูกสูบที่ต่อเข้ากับสายเบรก เมื่อเราเบรก น้ำมันเบรกก็จะผลักลูกสูบออกไปเพื่อดันฝักเบรกให้ไปดันกับขอบดรัมเบรกที่หมุนไปกับล้ออีกทีหนึ่ง เพื่อสร้างแรงเฉื่อยให้กับรถจักรยานยนต์ [22]



รูปที่ 2.1 ลักษณะของดรัมเบรก [11]

2.3.3 ดิสก์เบรก (Disc Brake) จะทำงานต่างจากดรัมเบรก เพราะระบบดิสก์เบรกนี้จะทำการบีบไปที่จานเบรก ซึ่งตัวที่ทำการบีบนี้จะเรียกว่า คาลิปเปอร์ (Caliper) โดยคาลิปเปอร์จะถูกรวมเข้าไปที่จานเบรก และจานเบรกที่ว่านี้จะอยู่ติดกับล้อรถจักรยานยนต์ นอกจากนี้คาลิปเปอร์จะไม่ถูกหมุนไปกับล้อรถ แต่ตัวลูกสูบยังคงถูกเชื่อมต่อเข้ากับสายเบรก ดังนั้นเมื่อคุณเบรก ลูกสูบจะทำงานด้วยการดันผ้าเบรกให้ไปบีบกับจานเบรก และจะเกิดแรงเสียดทานขึ้นเพื่อใช้หยุดรถ [22]



รูปที่ 2.2 ลักษณะดิสก์เบรก [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้ว่าระบบเบรกทั้ง 2 แบบ จะถูกผลิตมาคนละยุคคนละสมัย แต่ในปัจจุบันระบบเบรกทั้ง 2 ได้ถูกนำมาใช้งานร่วมกัน เพราะรถบางรุ่นจะใช้ทั้ง ดรัมเบรกและดิสก์เบรก แต่ก็ยังมีรถจักรยานยนต์บางประเภทที่ใช้เพียงแค่อดิสก์เบรก [22]

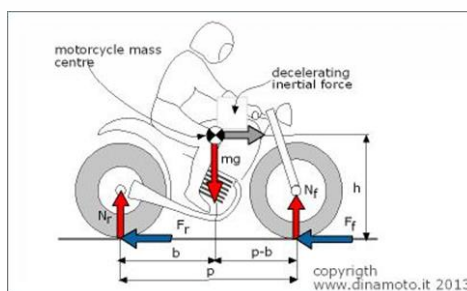
2.3.4 เบรกหน้า (Front brake) ควรใช้อย่างระมัดระวังเพราะหากมีการใช้เบรกอย่างรุนแรงจะทำให้มีโอกาสเกิดล้อล็อกขึ้นได้และควบคุมทิศทางของรถได้ยากยิ่งถ้าผิวถนนลื่นๆ ยิ่งมีความเสี่ยงในการลื่นไถลและทำให้รถล้มได้มากขึ้นไปอีก ดังนั้นการใช้เบรกหน้าควรเบรกอย่างเบาๆ และค่อยเพิ่มแรงทีละน้อยๆ จนกว่ารถจะหยุดซึ่งการเบรกแบบเบาๆ นี้จะช่วยควบคุมทิศทางของรถได้ดีกว่าเบรกอย่างรุนแรง [12]

2.3.5 เบรกหลัง (Rear brake) มีส่วนช่วยในการประคองการทรงตัวของรถมอเตอร์ไซค์ได้ดี แต่ไม่ได้ช่วยในเรื่องของการทำให้รถจอดสนิท เพราะเมื่อเบรกแรงเกินไปล้อจะล็อกและถูกลากไปตามแรงเฉื่อย ซึ่งถ้าเบรกในจังหวะเข้าโค้งอาจทำให้รถลื่นไถลและพลิกคว่ำได้ง่าย ดังนั้นการใช้เบรกหลังเพียงอย่างเดียวควรค่อยๆ เพิ่มแรงทีละน้อยๆ จนกว่ารถจะจอดสนิท [12]

การเบรกที่ดีที่สุดหรือการเบรกที่ปลอดภัยมากที่สุดคือ การใช้ทั้งเบรกหน้าและเบรกหลังในสัดส่วนที่พอเหมาะ เช่น หน้า 40% หลัง 60% หรืออย่างละ 50% เช่น วิ่งในทางตรงและผิวถนนที่ปลอดภัยอาจใช้เพียงเบรกหลังเพื่อช่วยชะลอความเร็วลงได้ และค่อยใช้เบรกหน้าช่วยทำให้รถหยุดสนิท การเบรกควรไล่น้ำหนักจากน้อยไปมาก ไม่ควรเบรกแรงในครั้งเดียวเพราะอาจทำให้ล้อใดล้อหนึ่งล็อกและเสียหลักได้ [12]

2.4 แรงเบรกและการกระจายแรงเบรก (Braking force and Brake force distribution)

แรงเบรกเป็นองค์ประกอบหลักของการสร้างแรงเสียดทานที่กระทำต่อผ้าเบรกและจานเบรก ซึ่งส่งผลต่อระยะทางการเบรกและการชะลอหรือหยุดรถจักรยานยนต์ ปริมาณแรงเบรคนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของผู้ขับขี่หรือปริมาณแรงเบรกที่อยู่ในระบบไฮดรอลิก หากแรงเบรกมีปริมาณสูงเกินไป yangที่สัมพันธ์กับผิวของถนนนั้นจะเกิดการลื่นไถลของล้อหรือที่เรียกว่าล้อล็อก (Wheel lock-up) ด้วยเหตุผลของการล้อล็อกนี้ส่งผลกระทบต่ออย่างมากกับการบังคับหรือการควบคุมรถจักรยานยนต์ให้ทิศทางเป็นไปตามต้องการ หากพิจารณา พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ในขณะที่ทำการเบรคนั้น จะเกิดการส่งถ่ายของมวลในแนวระนาบและแนวตั้งไปที่บริเวณหน้าของรถจักรยานยนต์ (Dynamic load transfer) [10]



รูปที่ 2.3 Dynamic load transfer [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามการพิจารณาแรงเบรกที่มีความสัมพันธ์กับการส่งถ่ายมวลขณะเบรก (Dynamic load transfer) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ แรงเบรกที่ได้ มาจากอุปกรณ์ในระบบเบรก เช่น กระบอกเบรก แรงดันน้ำมัน เป็นต้น หรือเรียกว่าแรงเบรกกระทำจริง (Actual braking force) ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแรง เบรกทางทฤษฎี(Ideal braking force) ที่เป็นผลจากการประเมินทางทฤษฎี ที่ได้จากปัจจัยต่างๆ เช่น สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นถนน (Friction coefficient of road surface) มวลของรถจักรยานยนต์ ระยะห่างของจุดศูนย์ถ่วงในแนวตั้งและระนาบ (Centre of gravity) เป็นต้น [10]

2.5 การลื่นไถลหรือการล็อกของล้อ

การลื่นไถลหรือการล็อกของล้อในรถจักรยานยนต์ที่ไม่มีระบบป้องกันการล็อกล้อ(Anti-Lock Back System) เกิดขึ้นได้จาก 2 กรณีคือ ปริมาณของแรงเบรกที่ผู้ขับขี่กดเบรคมีค่ามากเกินไปและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางแลพื้นถนนมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผ้าเบรกกับจานเบรก ทั้ง 2 กรณีนี้ทำให้ล้อเกิดการล็อกซึ่งเป็นผลเกิดการบังคับรถไม่ได้ [11]

2.6 เสถียรภาพการบังคับรถสามล้อพ่วงข้าง (Vehicle stability control)

เสถียรภาพการบังคับรถสามล้อพ่วงข้างเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่และผู้โดยสารเนื่องจากการรักษาไว้ซึ่งเสถียรภาพของการขับขี่รถสามล้อพ่วงข้าง ทำให้รถสามล้อพ่วงข้างสามารถวิ่งอยู่บนท้องถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรักษาเสถียรภาพของรถสามล้อพ่วงข้างสามารถพิจารณาหรือชี้วัดได้จากมุม 4 มุม คือ มุมส่าย (Yaw angle) มุมโคลงหรือมุมพลิกคว่ำ (Roll angle) มุมกระดก (Pitch angle) มุมลื่นไถลด้านข้าง (Sideslip angle) ที่กระทำขณะที่รถเคลื่อนที่ในสภาวะต่างๆ

2.6.1 มุมส่าย (Yaw angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาจากด้านหน้าของรถสามล้อพ่วงข้างอันเป็นผลจากการสูญเสียการควบคุม ทำให้รถสามล้อพ่วงข้างเกิดอาการส่ายไปมาทั้งด้านซ้ายและด้านขวา [11]

2.6.2 มุมโคลงหรือมุมพลิกคว่ำ (Roll angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาจากด้านหน้าของรถสามล้อพ่วงข้าง ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลของแรงยกตัวในด้านซ้ายและด้านขวาของรถสามล้อพ่วงข้าง [11]

2.6.3 มุมกระดก (Pitch angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาจากด้านหน้าและด้านข้างของรถสามล้อพ่วงข้าง ซึ่งเกิดจากจากสภาพของพื้นถนนที่มีระดับต่างกัน จากการเบรกและการบรรทุก [11]

2.6.4 มุมลื่นไถลด้านข้าง (Sideslip angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาจากด้านข้างของรถสามล้อพ่วงข้างในขณะที่เข้าโค้ง อันเป็นผลจากล้อของรถสามล้อพ่วงข้างพยายามที่จะตั้งหรือผลักรถสามล้อพ่วงข้างให้เข้าและออกจากโค้ง ซึ่งโดยปกติแล้วมุมลื่นไถลด้านข้างจะมีค่าเป็นบวกและลบ อย่างไรก็ตามหากมีค่าเป็นบวกยางรถสามล้อพ่วงข้างก็พยายามที่จะตั้งเข้าในโค้ง ส่วนค่าเป็นลบยางรถสามล้อพ่วงข้างก็พยายามที่จะผลักรถออกจากโค้งแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (เกี่ยวกับเบรก) [11]

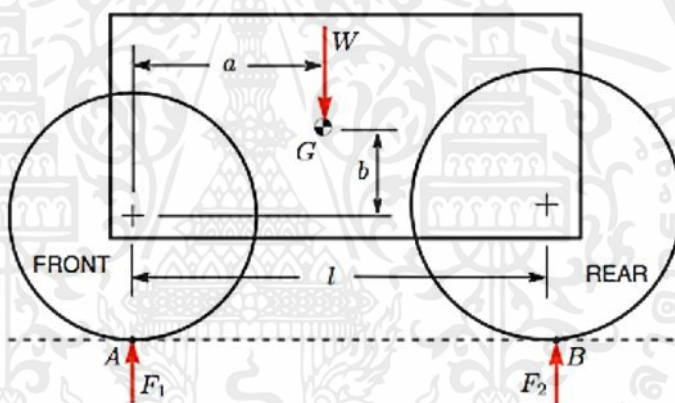
2.7 แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

แรงเหวี่ยงที่พยายามดึงวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมออกไปจากจุดศูนย์กลาง แรงนี้เกิดจากความเฉื่อยของวัตถุที่พยายามจะ เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และต่อต้านกับการถูกบังคับให้เคลื่อนที่โค้งเป็นวงกลม จากการเบรกเมื่อเบรกของล้อหน้าและล้อหลังเมื่อเราเหยียบเบรกทั้งสองล้อจะหยุดนิ่ง แต่ล้อฝั่งพวงข้างซึ่งอยู่ทางด้านซ้ายของตัวรถไม่ได้หยุดในทันทีเนื่องจากล้อฝั่งพวงข้างไม่ได้ติดตั้งเบรก ทำให้รถเกิดการเคลื่อนที่ไปฝั่งขวาเป็นวงกลมตามแรงเฉื่อยของล้อพวงข้างที่อยู่ทางด้านซ้าย [20]

2.8 จุดศูนย์กลางมวลของรถจักรยานยนต์ (Centre of gravity of vehicle)

จุดศูนย์กลางมวลหรือจุดศูนย์กลางถ่วงของรถจักรยานยนต์ โดยการชั่งน้ำหนักทั้งแรงสัมผัสของยางบนพื้นผิวแนวนอนกับทางที่ลาดชัน ทดสอบโดยใช้รถรุ่น 2013 BMW R1200GS เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นสถิติแรงและโมเมนต์สมดุล [13]

คำนวณหาค่าจากแนวระนาบ (Horizontal Analysis)



รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงรถจักรยานยนต์สองล้อที่จอดอยู่บนพื้นผิวแนวนอน [13]

สัญลักษณ์ในรูปที่ 2.4

- F_1 = น้ำหนักที่ยางหน้า
- F_2 = น้ำหนักที่ยางหลัง
- W = น้ำหนักรวมของรถจักรยานยนต์
- A = จุดสัมผัสยางหน้า
- B = จุดสัมผัสยางหลัง
- G = จุดศูนย์กลางมวลของรถจักรยานยนต์
- l = ฐานล้อของรถจักรยานยนต์
- a = ระยะทางแนวนอนจากเพลาน้ำถึงจุดศูนย์กลางมวล
- b = ระยะทางแนวตั้งจากเพลาน้ำถึงจุดศูนย์กลางมวล

การวิเคราะห์แนวนอน

ขั้นตอนแรกคือต้องทำการสมดุลของแรงในแนวตั้งก่อน

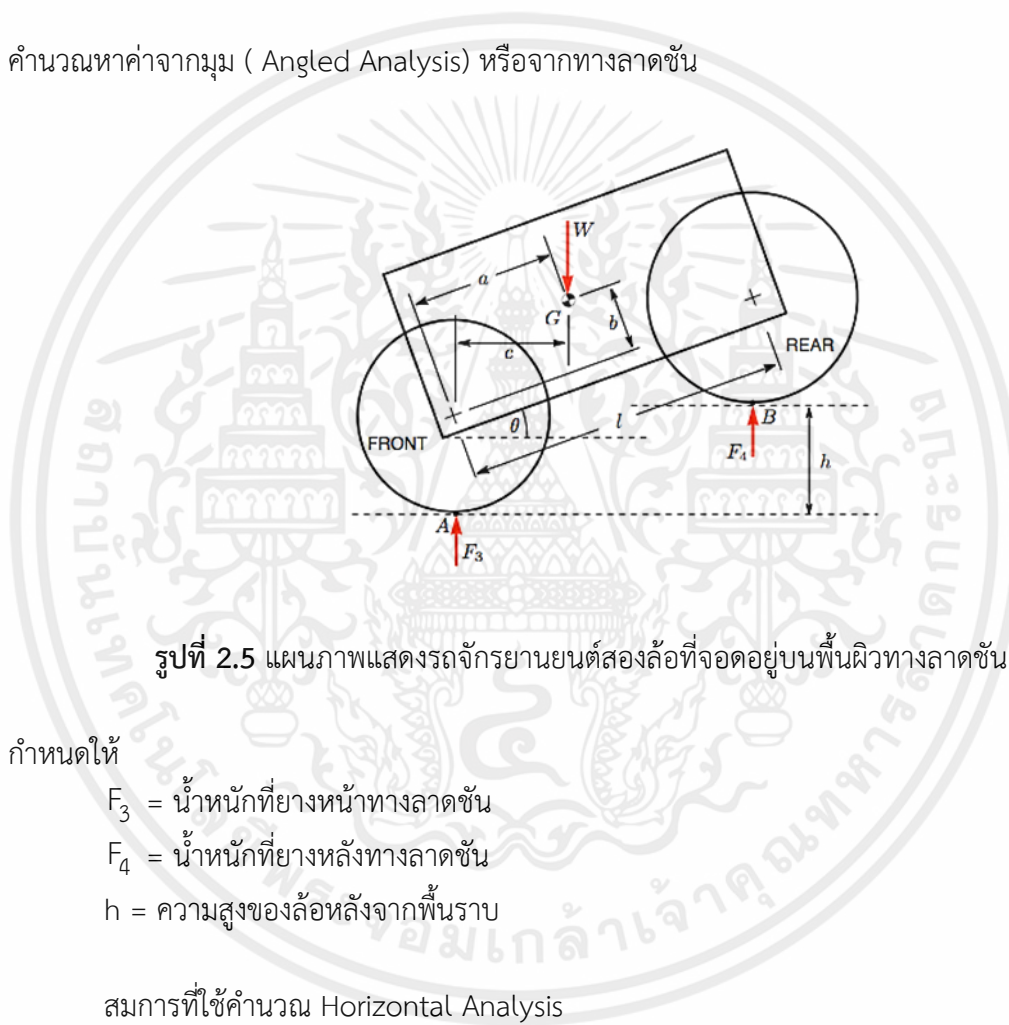
$$\sum F_v \rightarrow F_1 + F_2 - W = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_A \rightarrow F_2 l + W_a = 0 \quad (2)$$

$$W = F_1 + F_2 \quad (3)$$

$$a = \frac{F_2 l}{W} \quad (4)$$

คำนวณหาค่าจากมุม (Angled Analysis) หรือจากทางลาดชัน



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงรถจักรยานยนต์สองล้อที่จอดอยู่บนพื้นผิวทางลาดชัน [13]

กำหนดให้

F_3 = น้ำหนักที่ยางหน้าทางลาดชัน

F_4 = น้ำหนักที่ยางหลังทางลาดชัน

h = ความสูงของล้อหลังจากพื้นราบ

สมการที่ใช้คำนวณ Horizontal Analysis

$$\sum F_v \rightarrow F_3 + F_4 - W = 0 \quad (5)$$

$$\sum M_A \rightarrow F_4 l \cos \theta - Wc = 0 \quad (6)$$

แสดงระยะ c ในรูปแบบความสัมพันธ์ของ a และ b คือ

$$c = a \cos \theta - b \sin \theta \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสมการที่ (7) มาแทนใน (6) แล้วสามารถหาค่า b ได้จากสูตร

$$b = \frac{(W_a - F_4 l) \cos \theta}{W \sin \theta} \quad (8)$$

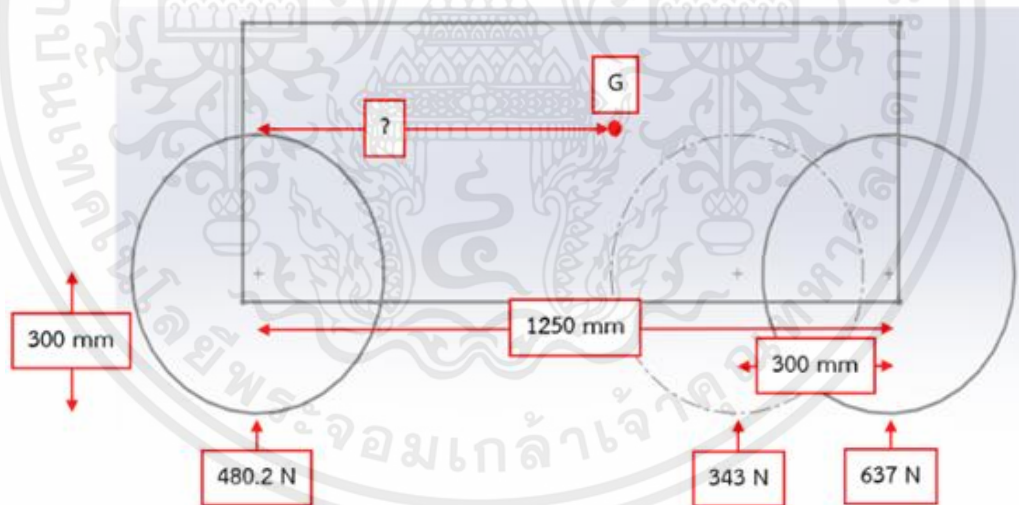
สุดท้ายทำการหา จากความสูงและความยาวของรถจักรยานยนต์

$$\sin \theta = \frac{h}{l} \rightarrow \theta = \sin^{-1} \frac{h}{l} \quad (9)$$

2.8.2 จุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวขวาง เป็นของรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้างที่การพิจารณาจากระยะของจุดศูนย์กลางล้อหน้าถึงล้อหลัง โดยการมองรถจากด้านข้าง และการพิจารณาจากระยะจุดศูนย์กลางล้อจากล้อซ้ายถึงจุดศูนย์กลางล้อด้านขวา โดยการมองรถจากด้านหลัง สมการ ที่ใช้จากการพิจารณาจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวขวาง [17]

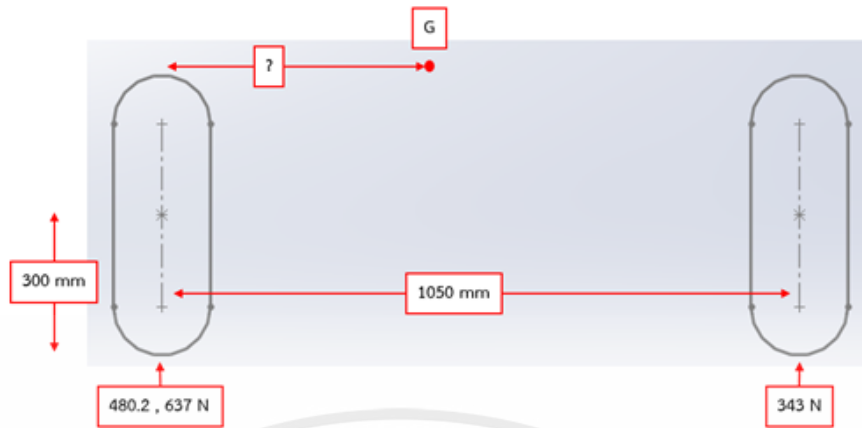
การมองรถจากด้านข้าง $F_1 L_a = F_2 L_b + F_3 L_c$ (10)

การมองรถจากด้านหลัง $(F_1 + F_2) L_1 = F_3 L_2$ (11)



รูปที่ 2.6 แผนภาพแสดงการหาความยาวจุด CG

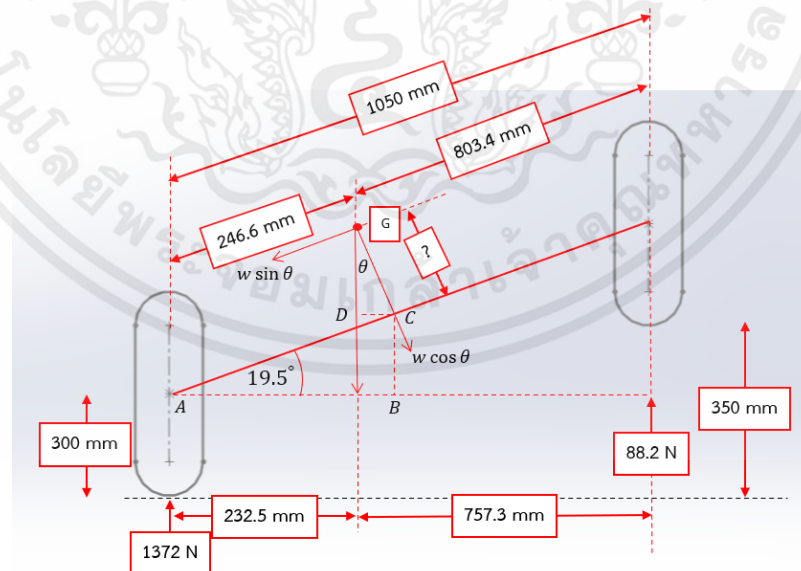
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แผนภาพการหาความกว้างจุด CG

2.8.3 จุดศูนย์ถ่วงตามแนวตั้ง เป็นตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์สามล้อ พวงข้างที่พิจารณาจากระยะที่ล้อสัมผัสกับผิวถนนซึ่งตำแหน่งตามแนวตั้งถึงจุดศูนย์ถ่วงนี้เป็นตำแหน่งที่พิจารณาได้ยากที่สุด เนื่องจากต้องมาจากการทดสอบเท่านั้น การทดสอบสามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ วิธีแขวน วิธีรยกเพลาท้ายขึ้นในแนวตั้ง และวิธีการพลิกคว่ำ อย่างไรก็ตามการทดสอบทั้ง 3 วิธีนี้ ค่าที่ได้ถูกนำมาใช้คำนวณหาตำแหน่งตามแนวของจุดศูนย์ถ่วง [17]

$$h = \frac{CD}{\sin \theta} + r; \quad CD = L_1 + L_3, \quad L_3 = L_1 \cos \theta \quad (12)$$



รูปที่ 2.8 แผนภาพการหาความสูงจุด CG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

C	คือ จุดศูนย์กลางตามแนวขวาง
D	คือ ความกว้างของฐานล้อ
F_1	คือ น้ำหนักลงที่ล้อหน้ารถจักรยานยนต์
F_2	คือ น้ำหนักลงที่ล้อหลังรถจักรยานยนต์
F_3	คือ น้ำหนักลงที่ล้อพ่วงข้าง
Θ	คือ มุมที่ได้จากการพลิกรถ
L_a	คือ ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางล้อรถจักรยานยนต์ถึงจุดศูนย์กลางจากการมองด้านข้างของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง
L_b	คือ ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางล้อด้านหน้าถึงด้านหลัง
L_c และ L_2	คือ ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางล้อด้านซ้ายถึงล้อด้านขวา
L_1	คือ ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางล้อรถจักรยานยนต์ถึงจุดศูนย์กลางจากการมองด้านหลังของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง
h	คือ ความสูงที่จุดศูนย์กลางของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

2.9 เซนเซอร์วัดระยะ Linear Position Transducer

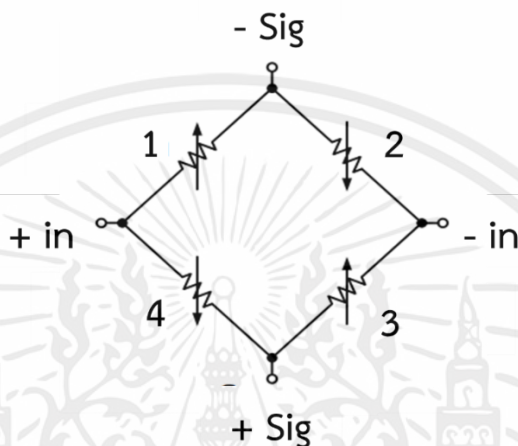
Linear Scale หรือ Linear Position Transducer เป็นอุปกรณ์เครื่องมือวัดระยะทางการเคลื่อนที่หรือตำแหน่งในแนวเส้นตรง (Stroke) มีหน่วยในการวัดระยะทางเป็น mm. โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่เชิงเส้นไปเป็นค่าความต้านทาน (Resistance) ทางด้านเอาต์พุต (Output) หรือจะเป็นสัญญาณเอาต์พุต คือ สัญญาณพัลส์ (Push-Pull), สัญญาณกิโลโอห์ม ($k\Omega$) ขึ้นอยู่กับลิเนียร์สเกล (Linear Scale) ของแต่ละรุ่น โดยสัญญาณเอาต์พุตจะถูกส่งต่อไปยังจออ่านค่าแสดงผลแบบดิจิทัลที่ติดตั้งอยู่บนหน้าเครื่องจักร CNC เช่น เครื่องกลึง เครื่องมิลลิ่ง เครื่องเจียระไน เป็นต้น ในการแสดงผลและควบคุมการบ่งบอกตำแหน่งในการ ตัด กัด เจาะ กลึง ที่ถูกต้อง เพื่อลดความผิดพลาดของชิ้นงาน [15]

2.10 เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine (UTM)

หลักการทำงานของเครื่อง UTM คือการให้แรงกดกับชิ้นทดสอบด้วยอัตราเร็วในการกดคงที่ และบันทึกค่าค่าแรงกด ที่เปลี่ยนไปตามระยะการหดตัวของวัสดุ โดยขณะชิ้นทดสอบหดลง จะมีแรงต้าน ซึ่งแรงต้านของชิ้นงานทดสอบนี้ มีผลทำให้ตัววัดแรงสามารถวัดแรงออกมาได้ แรงที่วัดออกมา มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) หรือนิวตัน (N) การทดสอบจะต้องกดชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบถึงขีดจำกัดของชิ้นงาน ซึ่งแรงต้านสูงสุดของชิ้นทดสอบเป็นผลที่ได้จากการวัดแรง ดังนั้น ชิ้นงานทดสอบสามารถทนแรงกดสูงสุดเท่ากับแรงต้านของชิ้นงานที่ทนได้ [16]

2.11 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการอ่านค่าแรงที่เกิดขึ้นกับตัวโหลดเซลล์ โดยโหลดเซลล์จะมีสเตรนเกจที่จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวีทสโตนบริดจ์ใช้ในการอ่านค่าความเครียดที่เปลี่ยนไปของโหลดเซลล์ ซึ่งจะเกิดจากแรงที่มากระทำต่อโหลดเซลล์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยที่สัญญาณไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็น mV/V แรงที่เกิดขึ้นมีระดับต่ำมากจึงต้องทำการขยายสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณ ก่อนจะเข้าขั้นตอนเพื่อคำนวณค่าแรง (ดังรูปที่ 2.9) [14]



รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของโหลดเซลล์ [14]

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Alexander Spomer [1] อธิบายถึงการใช้เบรกล้อหน้าเป็นครั้งแรกตั้งแต่ปี 1994 เรื่องนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการไล่ระดับแรงในการเบรกที่แตกต่างกันและการเคลื่อนของเพลลาในการเบรกแบบกะทันหัน ในการศึกษาทดลอง ได้รับมอบหมายจากสถาบันความปลอดภัยของยานยนต์ มหาวิทยาลัย Darmstadt พิสูจน์ข้อสังเกตเชิงทฤษฎีเหล่านี้ในทางปฏิบัติ เพื่อจุดประสงค์นี้ รถจักรยานยนต์ท่องเที่ยวทั่วไปจึงมีอุปกรณ์ตรวจวัดแรงเบรกบนล้อหน้า ระยะที่สปริงของโช้คล้อหน้าถูกบีบอัดและความเร็วรอบของล้อ โหลดของล้อหน้าวัดระยะการบีบอัดของสปริง ความเร็วของการบีบอัดสปริงและความเร็วของการบีบอัดสปริงด้วยรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ในแท่นทดสอบโช้คอัพ ผลที่ได้ อาจนำไปใช้ในการทดสอบบนถนนถ้าสันนิษฐานว่าระดับพื้นผิวถนนและโครงสร้างจักรยานยนต์มีความแข็งแรงของสปริง

Dmitri Lurie [2] บทความกล่าวถึงการตรวจสอบเสถียรภาพของอุปกรณ์การขนส่งที่มีความสำคัญอย่างมากของรถจักรยานยนต์ที่มีพ่วงข้างและจักรยานสองล้อภายใต้สภาวะไดนามิกต่างๆ การศึกษาเกี่ยวกับความมั่นคงในการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ที่มีพ่วงข้างและเสถียรภาพแบบโรลโอเวอร์ เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของรถจักรยานยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ ผู้ศึกษาการทดลองนี้ได้ทำการกำหนดเงื่อนไขความมั่นคงของจักรยานยนต์สองล้อที่ช่วยลดความเร็ววิกฤตซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียเสถียรภาพของตัวรถ การเลือกตำแหน่งของ CG ของชุดประกอบด้านหน้าเป็นพารามิเตอร์

ควบคุมและค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของพารามิเตอร์นี้เมื่อเอียงล้อไปเป็นบวกและลบ การทรงตัวในการควบคุมรถจักรยานยนต์ของผู้ขับขี่ทำหน้าที่ควบคุมแฮนด์ รถจักรยานยนต์ให้เสถียรภาพยังคงมีอยู่เมื่อมีการใช้การหมุนแบบออสซิลเลเตอร์กับแฮนด์ ในคำอธิบายทางคณิตศาสตร์มีการโต้แย้งในเชิงกลไกโดยถือว่าจักรยานคล้ายลูกตุ้มคว่ำ ลูกตุ้มคว่ำสามารถทำให้มีความเสถียรได้หากเตี้ยหมุนอยู่ภายใต้แนวตั้งความถี่สูง การสั่นกลไกที่คล้ายกันนี้ใช้ได้กับกรณีของจักรยานที่มีการหมุนของแฮนด์ สร้างการสั่นในแนวตั้งที่เตะเกียบด้านหน้า ดังนั้นข้อสันนิษฐานจักรยานคล้ายลูกตุ้มกลับหัวมีการรักษาเสถียรภาพผ่านทางเตี้ยหมุนได้ดี จึงทำให้มีกฎสำหรับการใช้งานมือจับที่กำหนดโดยมุมเอียงในแต่ละช่วงเวลาและกำหนดขอบเขตด้านบนของการสั่นของแฮนด์จับ

J.F. Lenkeit et al. [3] ได้ศึกษาการทำความเข้าใจให้ดีขึ้นว่าผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ใช้เบรกอย่างไรในกรณีฉุกเฉิน ในการศึกษาผู้ขับขี่ส่วนใหญ่จะใช้เบรกหน้าและเบรกหลังร่วมกัน แม้ว่าจะมีหลายกรณีที่ใช้แค่เบรกหน้า ในทุกๆสถานการณ์รวมถึงทุกระดับของการเบรกที่จำเป็นจะมีบางกรณีที่ผู้ขับขี่ใช้เพียงแค่เบรกหลัง แม้ว่าจะมีอีกมากมายที่ใช้เพียงเบรกหน้า แต่ผู้ขับขี่ส่วนใหญ่ใช้เบรกหน้า และมีผู้ขับขี่เพียงไม่กี่คนที่โดยพื้นฐานแล้วไม่เคยใช้เบรกหลัง เป้าหมายอีกประการหนึ่งของการศึกษานี้คือเพื่อตรวจสอบว่ามีพฤติกรรมการเบรกของผู้ขับขี่เกินกว่าที่จะระบุได้หรือไม่และใช้เพื่อทำนายผลของเหตุการณ์การชนที่อาจเกิดขึ้นได้หรือไม่ ชุดของการคำนวณแบบโลจิสติกได้ดำเนินการโดยเปรียบเทียบมาตรการเบรกต่างๆรวมถึงปัจจัยพฤติกรรมการเบรกของผู้ขับขี่กับผลลัพธ์ของสถานการณ์ การวิเคราะห์เหล่านี้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้คือการชนกัน / ไม่มีการชนกันและการล้ม / ไม่ล้ม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการรวมกันของจังหวะเวลาและขนาดของอินพุตเบรกของผู้ขับขี่มีความสำคัญและการเบรกของผู้ขับขี่ในช่วงเริ่มต้นของการเบรกมีความสำคัญมากในการพิจารณาผลลัพธ์ของเหตุการณ์ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการใช้เครื่องจำลองการขี่เกรดวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้ขับขี่ทั่วไปในการขับขี่ที่เหมือนจริง แต่อาจเป็นอันตรายในลักษณะที่ปลอดภัยทำซ้ำได้และมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบสำคัญของสิ่งนี้คือเครื่องจำลองการขับขี่จะต้องมีความเที่ยงตรงสูงและนำเสนออุปลักษณะที่เหมือนจริงของรถจักรยานยนต์จริงที่ดึงดูดใจผู้ขับขี่ต้องให้ความสนใจอย่างรอบคอบในการสร้างแบบจำลองพลวัตของรถจักรยานยนต์คุณสมบัติความรู้สึกและการแสดงทางกายภาพอื่น ๆ อย่างสมจริง

Dario Croccolo et al. [4] ปัจจุบันได้วิเคราะห์แรง ความเครียดและความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับตัวยึดคาลิปเปอร์เบรกของระบบกันสะเทือนของรถจักรยานยนต์ด้านหน้าและเกิดขึ้นขณะที่รถจักรยานยนต์เบรกในลักษณะเป็นเส้นตรงที่ทำให้เกิดการพลิกคว่ำของรถ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและเสนอแบบจำลองทางทฤษฎีที่เพื่อประเมินแรงเบรกสูงสุดที่ทำกับฐานยึดคาลิปเปอร์โดยพิจารณาจากลักษณะของรถจักรยานยนต์ (มวลรวม, ตำแหน่งแกนกลาง, ยางและขนาดจานเบรก) งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะทำการสร้างแบบจำลองที่มีประโยชน์ในการสันนิษฐานความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นในตัวยึดคาลิปเปอร์โดยปกติผู้ผลิตรถจักรยานยนต์จะให้ข้อกำหนดและขั้นตอนการทดสอบเกี่ยวกับการยึดคาลิปเปอร์เบรก โดยการทดสอบประกอบด้วยการใช้แรงสถิตบวกและลบบนฐานยึดที่จำกัดอย่างเหมาะสม ปกติการทดสอบประเภทนี้แสดงถึงการตรวจสอบความถูกต้องขั้นสุดท้ายของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องดำเนินการก่อนเริ่มขั้นตอนการผลิต เนื่องจากความซับซ้อนของส่วนประกอบ เหล่านี้การทดสอบขั้นสุดท้ายจึงเป็นวิธีเดียวที่จะตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบ

D.Andrikov et al. [5] มีการออกแบบระบบควบคุมล้อเบรกอัตโนมัติด้วยการควบคุมการเบรกล้อแบนจากสามโหมดการเคลื่อนไหวคือ การกลิ้ง(rolling) การเลื่อน (sliding) การล็อก (Locking) วัตถุประสงค์ของระบบควบคุม-การเบรก เป้าหมายคือต้องการเชื่อมต่อกับคอนโทรลเลอร์ PID ของระบบเบรกของเรา ในการพัฒนาแบบจำลองการควบคุมผ่าน Matlab ซอฟต์แวร์จำลองจะใช้ในการมองเห็นและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Simulink และ m-files ซึ่งสรุปได้ว่าระบบที่มีตัวควบคุม PID ในระบบเบรกสามารถลดระยะเบรกได้ (ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของการเบรกเพื่อหยุดรถ) ดังนั้นจึงสร้างโอกาสในการหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุหรือสถานการณ์ฉุกเฉินที่ต้องหยุดรถอย่างกระทันหันได้ แอปพลิเคชันของ PID มีประสิทธิภาพในการช่วยหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุได้ ไม่มากก็น้อย

Giulio Panzani [6] ได้การศึกษาการออกแบบแบบจำลองของระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ขับขี่ในการเบรกรถจักรยานยนต์ในการวิจัยนี้จะเสนอวิธีการของการสร้างพารามิเตอร์เชิงเส้นสำหรับการควบคุมการเบรกซึ่งจะขึ้นอยู่กับคำสั่งรถจักรยานยนต์จะมีการถ่ายโอนภาระซึ่งเป็นผลกระทบอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงในขณะเบรกของยานพาหนะในขณะขับขี่ ด้วยการประยุกต์ใช้การควบคุมการเบรกและพิจารณาเน้นผลการเชื่อมต่อบนไดนามิกของเบรกจักรยานยนต์ ซึ่งแบ่งระบบตามความต้องการในแบบจำลองคือค่าโหดและความถี่ของแรงบิด ซึ่งแบบจำลองจะปรากฏตัวควบคุมการลื่นไถลการเบรกด้านหน้าเพื่อปรับความถี่ให้มีความเหมาะสมและถูกต้อง พร้อมกับมีความปลอดภัยในการขับขี่ และการทดลองจะจัดทำโดยให้ทำการทดลองแบบลูบเปิดโดยให้มีระบบแรงบิดด้านหน้าที่ต่ำกว่าแอมพลิจูด รวบรวมแรงบิด เบรกหลัง โหดแนวตั้ง และลักษณะการเปลี่ยนแปลงขณะออกตัวเร็วของล้อหลังในการทดลอง แล้วนำค่ามาคำนวณตัวแปรโดยใช้แปรอิสระตามสมการที่อ้างอิง โดยได้ผลการจำลองว่าปัญหาของการออกแบบระบบควบคุมเบรกในรถยนต์สองล้อได้รับการจัดการโดยใช้พารามิเตอร์เชิงเส้นที่แปรผันตรงกับข้อมูลที่คำนวณด้วยโปรแกรม โดยการใช้ข้อมูลเชิงพีสิกส์ซึ่งคุณภาพที่เหมาะสมเกี่ยวกับโครงสร้างระบบพารามิเตอร์การตั้งโครงสร้างตัวควบคุมสามารถเลือกได้ง่ายขึ้นในขณะที่พารามิเตอร์การควบคุมสามารถปรับได้ด้วยชุดข้อมูลเดียว โดยการทดสอบแบบลูบเปิด ในแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ และนำมาปรับใช้ในวิธีการเบรกจักรยานยนต์ได้ แม้มีเงื่อนไขในการทดลองตามข้อจำกัดอย่างแต่การเบรกจักรยานยนต์นั้นยังมีประสิทธิภาพที่ดีตามแบบจำลอง

Karl F. Shuman et al. [7] งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการบังคับทิศทางและชะลอตัวอย่างรวดเร็วเพื่อหลีกเลี่ยงวัตถุและสิ่งกีดขวางใน เส้นทาง โดยการทดสอบจะใช้รถจักรยานยนต์ประเภทสปอร์ต เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเร็วและการหลบหลีก สิ่งกีดขวาง งานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบระหว่างระยะหยุดและระยะหลีกเลี่ยงการหักเลี้ยว การใช้ความเร็วที่ต่างกันจะแสดงให้เห็นถึงระยะการเบรกและการหักเลี้ยวที่ต่างกันออกไปด้วย หาก มาด้วยความเร็วระยะการใช้เบรกและการหัก เลี้ยวจะค่อนข้างสั้นกว่าการใช้ความเร็วที่ต่ำกว่า แต่การทดสอบ นี้ใช้ผู้ขับขี่และรถจักรยานยนต์เพียงคนเดียว ดังนั้นระยะการเบรกและการหักเลี้ยวอาจขึ้นอยู่กับความสามารถ ของผู้ขับขี่และรถจักรยานยนต์คันนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย อย่างไรก็ตามการเบรกและการหักเลี้ยวมีทั้งข้อดีและข้อเสีย การเบรกสามารถลดความเร็วและความรุนแรงของแรงกระแทกแต่ก็ทำให้เกิดอุบัติเหตุ เช่นเดียวกับการหักเลี้ยว อาจช่วยไม่ให้เกิดจักรยานยนต์เบรกด้วยความเร็วแต่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้รถนรายอื่นได้

Nishant Mukund Pawara et al. [8] ผู้ขับขี่ใช้เบรกเพื่อลดความเร็วของยานพาหนะตามความเสี่ยงที่รับรู้ขณะเข้าใกล้เหตุการณ์ การเบรกที่ไม่เพียงพอหรือมากเกินไปอาจส่งผลร้ายแรงได้ การศึกษาในปัจจุบันวิเคราะห์พฤติกรรมเบรกและความน่าจะเป็นของอุบัติเหตุของผู้ขับขี่ภายใต้สภาวะกดดันเวลาที่เพิ่มขึ้น เหตุการณ์ที่เป็นอันตรายสองเหตุการณ์ (ทางม้าลายและการแข่งสิ่งกีดขวาง) ได้รับการออกแบบมาเพื่อตรวจสอบแรงเหยียบเบรก (BPF) และเวลาเปลี่ยนเบรกสูงสุดเบรก (BTMB) ในเครื่องจำลองการขับขี่ ผู้ขับขี่ที่มีใบอนุญาตของอินเดีย 85 คนขับรถจำลองในสภาวะความกดดันด้านเวลาที่แตกต่างกันสามแบบ: No Time Pressure (NTP)(ค่าพื้นฐาน), Low Time Pressure (LTP) และ High Time Pressure (HTP) พารามิเตอร์แบบสุ่ม Tobit model ใช้สำหรับการวิเคราะห์ BPF และแนวทางการวิเคราะห์ระยะเวลาได้รับการพิจารณาสำหรับการวิเคราะห์ BTMB นอกจากนี้ยังใช้แบบจำลองเชิงเส้นผสมทั่วไปพร้อมฟังก์ชันลิงคัล็อกเพื่อศึกษาผลของ BPF และ BTMB ต่อความน่าจะเป็นของการเกิดอุบัติเหตุ ผลจากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าเพศ อาชีพ ผู้ขับ ความเร็วเริ่มต้น อายุ ประวัติการขับขี่และสภาพการขับขี่ส่งผลต่อพฤติกรรมเบรกของผู้ขับขี่อย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าการขับขี่ด้วยความเร็วสูงภายใต้แรงกดดันด้านเวลาจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุขึ้น 1.84–4.68 เท่าเมื่อเทียบกับสภาพพื้นฐานภายใต้สถานการณ์การจราจรที่แตกต่างกัน การศึกษาที่แตกต่างกันเกี่ยวกับแรงกดดันด้านเวลาแสดงให้เห็นว่าการขับขี่ด้วยความเร็วสูงจะไม่ทำให้แน่ใจว่าผู้ขับขี่จะไปถึงจุดหมายปลายทางในหรือก่อนเวลาที่จำกัด ยิ่งไปกว่านั้นมักสังเกตได้ว่าผู้ขับขี่ประมาณเมื่อมีเวลาอยู่ในการเดินทางให้ ดังนั้นการขับขี่เร็วส่งผลให้ละเมิดกฎจราจรและข้อบังคับส่วนใหญ่ จากการสำรวจแบบสอบถามพบว่า 95.30%ของผู้ขับขี่ไม่ถูกลงโทษหรือออกตัวสำหรับการเร่งความเร็วเกินกำหนดซึ่งเน้นให้เห็นว่ากฎการจราจรนั้นมีการประนีประนอมให้และเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้ขับขี่ในการขับขี่ด้วยความเร็วสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการบังคับใช้กฎจราจรและข้อบังคับอย่างเข้มงวดจากทางการเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ขับขี่ฝ่าฝืนกฎจราจรโดยเฉพาะในอินเดียที่ผู้ขับขี่มักสังเกตเห็นว่าไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร

Rakesh Chandmal Sharma [9] งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการขับขี่รถจักรยานยนต์สามล้อในด้านการใช้ความเร็วของรถ การ สั่นสะเทือน การควบคุมในขณะที่ทำการบังคับเลี้ยว รวมไปถึงเสถียรภาพของการควบคุมรถเมื่อความเร็วเพิ่มสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่า รถสามล้อที่ความเร็ว 40 km/h มีความเสถียรมากที่สุด และจะเกิดความไม่ เสถียรมากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นหลังจากนี้ที่ความเร็ว 79 km/h รถจะเริ่มเกิดการส่ายไปมาอยากต่อการ บังคับเลี้ยวซึ่งมีความอันตรายค่อนข้างมาก เนื่องจากความสามารถในการควบคุมรถมีค่อนข้างน้อย และหาก เกิดการสั่นสะเทือนของรถมากขึ้นไปอีกก็จะทำให้การควบคุมรถยากเพิ่มขึ้นไปอีกด้วย

Shukri Zain et al. [10] บทความนี้จะกล่าวถึงและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเบรกของรถจักรยานยนต์โดยใช้การกำหนดค่าเบรกที่แตกต่างกันสามแบบ ประเภทดรัมหน้าและดรัมหลังดิสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านหน้าและประเภทด้านหลังและดิสก์ด้านหน้าและประเภทดิสก์ด้านหลัง มีการใช้กลยุทธ์การเบรก 3 แบบ เบรกหน้าอย่างเดียวนั้นและเบรกหน้าและหลังใช้ร่วมกัน จากข้อมูลเหล่านี้ผู้ใช้หรือผู้ขับขี่สามารถประเมินผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเบรกเช่นความเร็วและกลยุทธ์การเบรก ข้อมูลระยะเบรกของการทดสอบเป็นฐานการตรวจสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (JIS) และมาตรฐานเศรษฐกิจยุโรป (EEC) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้เบรกหน้าและเบรกหลังร่วมกันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเบรกอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาวะการทดสอบส่วนใหญ่ ระยะเบรกอันเป็นผลมาจากการตั้งค่าความแตกต่างได้รับการตรวจสอบเพื่อให้การอ้างอิงและการตรวจสอบผลของการกำหนดค่าเบรกที่แตกต่างกันและกลยุทธ์การเบรกสำหรับระบบเบรกของรถจักรยานยนต์ แสดงให้เห็นว่าดิสก์เบรกหน้าแสดงระยะเบรกที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับรุ่นอื่น ๆ เบรกหลังทั้งดรัมเบรกหรือดิสก์เบรกมีผลเล็กน้อยต่อการทำงานของเบรกโดยรวม เนื่องจากน้ำหนักรถจักรยานยนต์ส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปด้านหน้ารถจักรยานยนต์ เบรกที่สำคัญที่สุดในระหว่างการทำงานของเบรกคือเบรกหน้าและพื้นผิวสัมผัสระหว่างผ้าเบรกและโรเตอร์สำหรับดิสก์เบรกจะมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับดรัมเบรก

วรชาติ จงจิตสถิตมันและคณะ [11] ได้ศึกษาและพัฒนาเสถียรภาพของรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้าง เพื่อหาความแตกต่างของเสถียรภาพของรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้างในแต่ละระยะความกว้างของฐานล้อและการจำลองการบรรทุกในรูปแบบต่างๆ จะได้ค่าพฤติกรรมการกระดก ค่าพฤติกรรมการส่าย แรงต้านที่ใช้ในการขับเคลื่อนและการเบรก และความเร็วของรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้าง ซึ่งทำให้ทราบถึงเสถียรภาพของรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้างที่ดีที่สุด และจากการทดลองจะนำค่าที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาและออกแบบรถจักรยานยนต์สามล้อพ่วงข้างให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

จากการศึกษาค้นคว้าของข้างต้น จะพบว่าเสถียรภาพในขณะเบรกของรถจักรยานยนต์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยของระบบเบรก ความเร็วที่ไม่เกินกว่ามาตรฐานกำหนด การเบรกแบบกะทันหัน รวมไปถึงการตั้งค่าจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ อย่างไรก็ตามแล้วแต่เสถียรภาพอาจจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ รวมด้วย ด้วยสาเหตุนี้จึงได้จัดทำโครงการ การประเมินแรงของระบบรองรับขณะรถจักรยานยนต์เบรก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ในชีวิตประจำวัน

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์วัดแรง การประเมินแรงและพฤติกรรมขณะชะลอความเร็วขณะทำการทดสอบด้วยการเบรกสามรูปแบบบนเงื่อนไขความเร็วที่แตกต่าง เพื่อประเมินโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ การทดสอบเสถียรภาพขณะเบรกบนพื้นถนนปูนซีเมนต์และนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงเบรกให้มีเสถียรภาพมากขึ้น

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. Linear position transducer KTC รุ่น 75 mm (รูปที่ 3.1) คือเซนเซอร์วัดระยะการยุบที่นำมาใช้เพื่อวัดการยุบตัวของโช๊คหน้าของรถจักรยานยนต์ ซึ่งเซนเซอร์มีความต้านทาน $5\text{ K}\Omega$ ความคลาดเคลื่อนเชิงเส้น $\pm 0.2\%$ และไม่มีขีดจำกัดของความละเอียด [23] โดยการดำเนินการจะทำโดยเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะเข้ากับ Data Acquisition NI CDAQ-9191 เพื่ออ่านค่าการยุบตัวของโช๊คผ่านโปรแกรม LabVIEW 2014



รูปที่ 3.1 Linear position transducer

2. เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine รุ่น H50KS (รูปที่ 3.2) ใช้แรงกดสูงสุดได้ถึง 50 kN ความเร็วในการกด 0.5-500 mm/min อัตราการสั่นตัวอย่างสูงสุดอยู่ที่ 400 Hz [24] เครื่องกกดนี้ใช้สำหรับวัดหาค่าความแข็งแรงของวัสดุที่เป็นโลหะ โดยการใช้แรงกดลงไปที่โช๊คหน้าของรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งลงบนตัวเครื่อง UTM และอ่านค่าแรงที่ได้จากโปรแกรม LabVIEW 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบ UTM

3. Data Acquisition NI CDAQ-9191 และ NI9205 (รูปที่ 3.3) NI CDAQ-9191 เป็นกล่องเก็บข้อมูลที่รับข้อมูลผ่านไวไฟ สามารถขยายระยะสัญญาณไร้สายในร่มได้ถึง 30 m ระยะการมองเห็น 100 m มีโมดูล I/O แบบ Hot-swappable ของ NI C Series มากกว่า 50 ตัว พร้อมการปรับสภาพสัญญาณให้เข้ากับอุปกรณ์ [25] ส่วน NI9205 เป็นอุปกรณ์เพิ่มความสามารถในการวัด Voltage Input สำหรับระบบ CompactDAQ มีอัตราการสุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 250 kS/s [26] มีการเชื่อมต่อแบบ Spring-Terminal และ DSUB ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองตัวนี้จะทำการอ่านค่าผลทดสอบที่ได้ผ่านโปรแกรม LabVIEW 2014



รูปที่ 3.3 Data Acquisition NI CDAQ-9191 และ NI9205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรม LabVIEW version 2014 เป็นโปรแกรมที่ใช้เก็บค่าขณะทดสอบเพื่ออ่านค่าข้อมูลที่ได้จากกล่องรับสัญญาณ

5. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก HP PAVILION รุ่น HP 15-EC117AX ใช้เพื่อเก็บและบันทึกข้อมูลทั้งหมดขณะที่ทำการปรับเทียบค่าจากโปรแกรม LabVIEW 2014

6. ใช้คัทหน้ารถจักรยานยนต์ Honda รุ่น dream excels 100 ความยาวของกระบอกด้านในมีขนาดเท่ากับ 18 cm ขนาดความยาวของกระบอกด้านนอกเท่ากับ 48 cm ความกว้างของกระบอกสูบ 50 mm ระยะชัก 49.5 mm ลักษณะของโช้คอัพเป็นแบบเทเลสโคปิก โดยจะนำโช้คหน้ามาติดตั้งเซนเซอร์ Linear position transducer KTC จากนั้นนำมาปรับเทียบค่าที่เครื่อง UTM เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นแรงและนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริง

7. แผ่นเหล็กเหนียว (ASTM A36) ขึ้นรูปขนาด ความกว้าง 45 mm ความยาว 330 mm หนา 4 mm สร้างขึ้นมาเพื่อทำการวัดแรงที่เบรกด้านหลังของรถจักรยานยนต์ขณะทำการเบรก โดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผ่นเหล็กเหนียวที่ทำการขึ้นรูปแล้ว

8. Strain gage KFGS-5-120-D16-11L1M2S 5 mm มี Gage Factor ($\pm 50\%RH$) $2.09 \pm 1.0\%$ และความต้านทาน $120.4 \Omega \pm 0.4\%$ [27]

9. อุปกรณ์ขยายสัญญาณ รุ่น AD620 Microvolts Millivolts Amplifier มีแรงดันไฟฟ้าขาเข้าคือ DC 3-12 V การขยายเวลาสามารถปรับได้ 1.5-1000 เท่าและสามารถปรับให้ค่าเป็นศูนย์ได้ สัญญาณ input แรงดันไฟฟ้า $100 \mu V - 300 mV$ ช่วงสัญญาณ output $\pm(V_{in} - 2 V)$ output มีแรงดันลบมากกว่า V_{in} เนื่องจากความต้านทานภายในของชิปแรงดันลบเอาต์พุตจริงมากกว่า V_{in} กำลังโหลดที่สูงกว่าคือแรงดันลบที่มากกว่าที่จะเป็น แรงดัน Offset $50 \mu V$ [28]

10. สวิตช์อาร์ม เป็นส่วนประกอบในการเชื่อมตัวรถและล้อเข้าด้วยกัน มีหน้าที่ในการรับแรงดึงจากการหมุนของล้อหน้าและทำการส่งแรงจากการหมุนของเครื่องยนต์ที่ส่งไปยังล้อหลังในการออกตัว รวมไปถึงการรับแรงกระแทกและแรงดึงจากการเบรกของล้อทั้งหน้าและหลัง และการรับแรงบิดที่

เกิดจากการเอียงตัวของรถในเวลาที่เราเข้าโค้ง ซึ่งในการทดสอบนี้ได้นำแผ่นเหล็กเหนียวมาทำเป็นแผ่นวัดแรงเบรกหลังใส่แทนที่แผ่นอุปกรณ์อันเดิม



รูปที่ 3.5 สวิงอาร์ม

11. โปรแกรม Signal Express version 2014 ใช้ทดสอบในตอนทดสอบภาคสนาม
12. ตลับเมตร Conso 5 m ใช้วัดระยะห่างระหว่างแผ่นวัดแรงเพื่อทำการชั่งน้ำหนักหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง
13. ฉากเหล็ก ใช้ในการวัดระดับของเครื่องเลเซอร์วัดระดับ รุ่น EUROX PL-V5 ให้ตั้งตรง
14. แผ่นวัดแรงชนิด Flat bad scale ใช้ในการชั่งน้ำหนักและหาค่าจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง แผ่นวัดแรงมีลักษณะดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผ่นวัดแรง

15. เครื่องเลเซอร์วัดระดับ รุ่น EUROX PL-V5 (รูปที่ 3.7) เป็นเครื่องมือช่างที่สามารถวัดระดับได้ทั้งแนวนอน แนวตั้ง และปรับองศาแบบละเอียดได้ การใช้ลำแสงเลเซอร์กำหนดแนวระดับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างงานก่อสร้างอาคารหรือติดตั้งวัตถุต่างๆ ภายในพื้นที่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยอุปกรณ์นี้มีค่าคลาดเคลื่อนเชิงเส้น $\pm 1 \text{ mm}/5 \text{ m}$ มีกำลังของแสงเลเซอร์ 5 V และรัศมีในการใช้งาน 10 m [29]



รูปที่ 3.7 เครื่องเลเซอร์วัดระดับ

16. รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง Honda รุ่น dream excels 100 (รูปที่ 3.8)

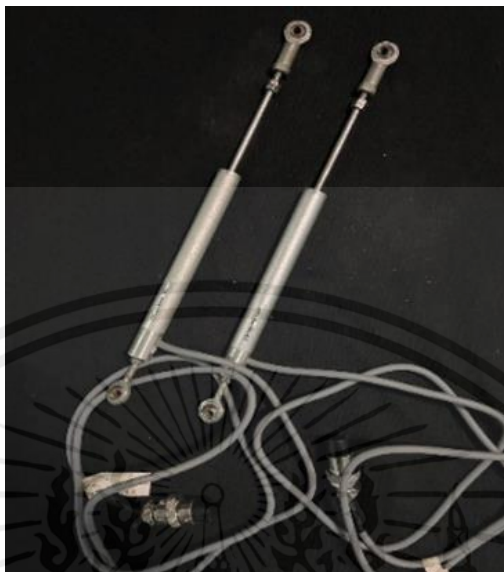


รูปที่ 3.8 รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

17. Linear displacement sensor รุ่น Eye Rod T-PTS12 (รูปที่ 3.9) ใช้ติดตั้งที่โช๊คด้านหลังของรถจักรยานยนต์เพื่อใช้วัดระยะยุบตัวของโช๊ค ซึ่งเซนเซอร์มีความต้านทาน $1 \text{ k}\Omega$ ความคลาดเคลื่อนเชิงเส้น $\pm 0.1\%$ และไม่มีขีดจำกัดของความละเอียด [30] โดยการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำโดยเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระยะเข้ากับ Data Acquisition NI CDAQ-9191 เพื่ออ่านค่าการยุบตัวของโซ้คผ่านโปรแกรม LabVIEW 2014



รูปที่ 3.9 Linear displacement sensor รุ่น Eye Rod T-PTS12

18. Laser Displacement Sensors Keyence LB70 (รูปที่ 3.10) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดระยะยุบตัวของโซ้คพ่วงข้างของรถจักรยานยนต์ โดยมีความคลาดเคลื่อนเชิงเส้น $\pm 1.6\%$ และช่วงในการวัด ± 40 mm[31]

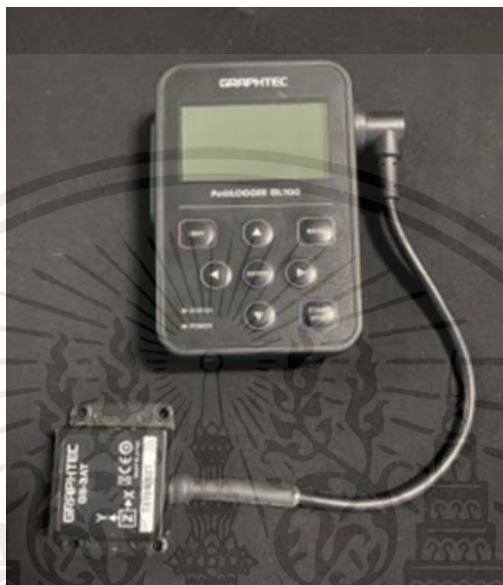


รูปที่ 3.10 Laser Displacement Sensors Keyence LB70

20. Acceleration Sensor GRAPHTEC Petit LOGGER รุ่น GL100 และ GS-3AT (รูปที่ 3.11) GL100 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดการเร่งความเร็วของรถจักรยานยนต์แบบสามแกน โดยมีแกน x, y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ z มีช่วงในการสุ่มตัวอย่างคือ 0.5-30 s และ 1-60 min ส่วน GS-3AT ใช้วัดการเร่งความเร็วแบบ 3 แกน (แกน x, y, z) และอุณหภูมิ ซึ่งมีความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ -10 ถึง 50 °C อัตราเร่ง $\pm 2 G$ (20 m/s^2), $\pm 5 G$ (50 m/s^2), $\pm 10 G$ (10 m/s^2) และช่วงในการสุ่มตัวอย่าง 5-100 ms (memory mode), 0.5-60 min (direct mode) [32]



รูปที่ 3.11 Acceleration sensor

3.2 วิธีดำเนินงาน

3.2.1 การสร้างชุดวัดแรงเบรกด้วยวิธีการวัดระยะยุบของโช้คหน้า

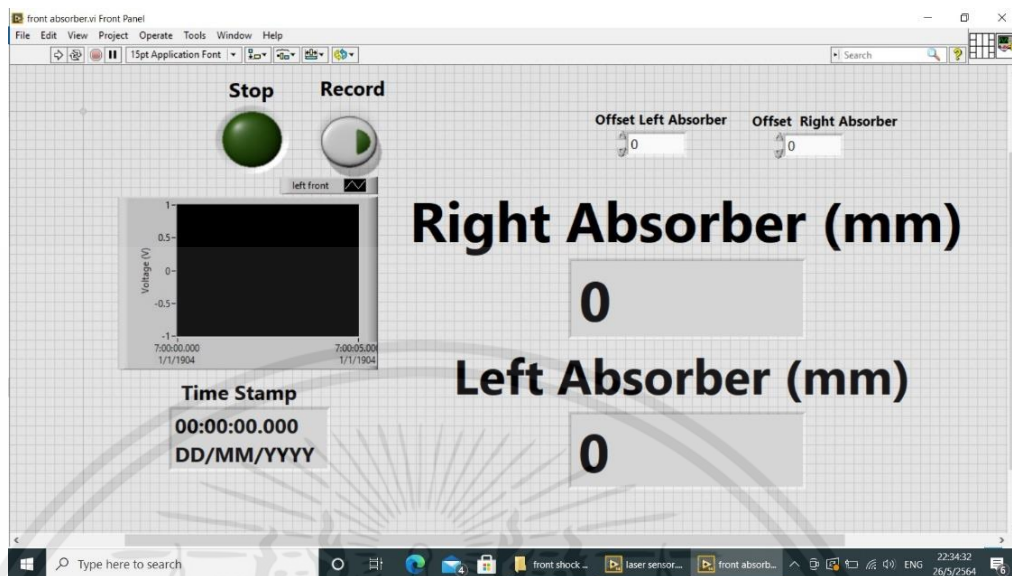
1. ออกแบบและสร้างหลักยึดเซนเซอร์วัดระยะและทำการถอดโช้คหน้าของรถจักรยานยนต์ เพื่อติดตั้ง linear position transducer เข้ากับโช้คทั้งสองข้าง (รูปที่ 3.12) และนำมาประกอบเข้ากับโช้คก่อนนำไปปรับเทียบด้วยเครื่อง UTM



รูปที่ 3.12 ติดตั้ง Linear position transducer เข้ากับตัวโช้คหน้าของรถจักรยานยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เขียนโปรแกรมสำหรับอ่านค่าของระยะยุบใช้ด้วยโปรแกรม LabVIEW 2014



รูปที่ 3.13 โปรแกรม LabVIEW 2014

3. เชื่อมต่อ linear position transducer เข้ากับ Data Acquisition NI CDAQ-9191 (รูปที่ 3.14) เพื่อใช้ในการบันทึกค่าที่ได้จากเครื่อง UTM โดยเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรม LabVIEW 2014



รูปที่ 3.14 เชื่อมต่อ Linear position transducer เข้ากับเครื่อง NI CDAQ-9191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำไปใส่เครื่องทดสอบแรงกดและหาค่าระยะยุบของโซ้ค ถอดโซ้คหน้าของรถจักรยานยนต์ มาติดเซนเซอร์วัดระยะและนำไปติดตั้งบนเครื่องทดสอบแรงกด (UTM) เพื่อเปรียบเทียบค่าระยะยุบตัวของโซ้ค และข้อมูลความสัมพันธ์ของแรงและระยะยุบที่ได้จะนำมาหาค่าความชันค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ค่าฮีสเทอรีซิสและค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นเชิงเส้น (รูปที่ 3.15)



รูปที่ 3.15 ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบ UTM

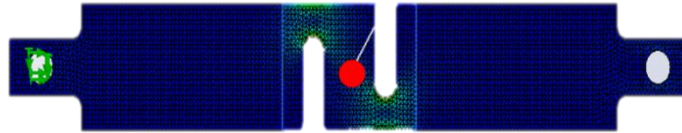
3.2.2 การออกแบบเครื่องมือวัดแรงของโซ้คหลัง

1. ออกแบบแผ่นเหล็กสำหรับติดตั้ง strain gage เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์วัดแรงเบรกหลังดังรูปที่ 3.16(ก) จากนั้นทำการสร้างตัวโหลดเซลล์วัดแรงโดยการนำเหล็กเหนียวมาทำการ Simulation อย่างง่ายด้วยโปรแกรม Solid works เพื่อหาขนาดความหนาและความกว้างที่เหมาะสมที่จะทำการติดตั้งสเตรนเกจโดยไม่มีสัญญาณรบกวน ซึ่งกำหนดเงื่อนไขการ Simulation (รูปที่ 3.16(ข)) ให้ค่าของแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นที่เบรกหลังไม่เกิน 500 N เพื่อดูค่า strain ณ ตำแหน่งที่จะติดตั้ง strain gage คือตำแหน่งที่จุดสีแดง ค่า strain เท่ากับ 1961 micro strain ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ 2000 micro strain [21] จากที่ได้ทำการหาขนาดที่เหมาะสมสรุปได้ดังรูปที่ 3.16(ค) และ 3.16(ง)

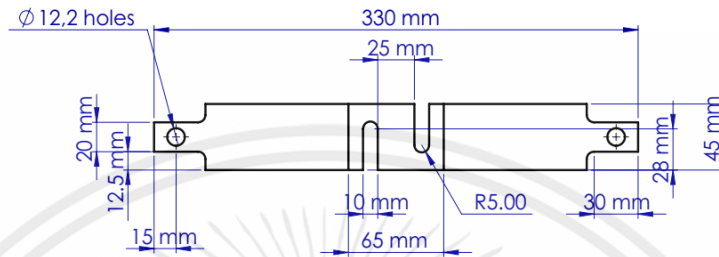


(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)



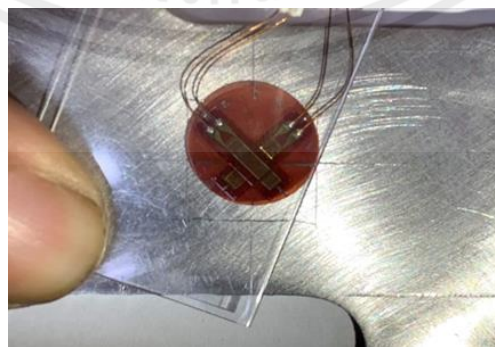
(ค)



(ง)

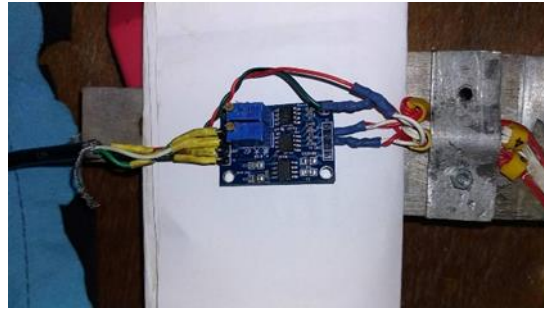
รูปที่ 3.16 (ก) วาดแผ่นเหล็กผ่านโปรแกรม SOLIDWORKS
 (ข) Simulation ผ่านโปรแกรม SOLIDWORKS
 และ(ค) ภาพด้านบน (ง) ภาพด้านล่าง

2. หลังจากทำการสร้างแผ่นเหล็กแล้ว นำมาขัดให้ได้ความหนา 2 mm เพื่อตัดเตรนเงา ณ ตำแหน่งที่ไม่มีสัญญาณรบกวน (รูปที่ 3.17) และทำการติดตั้งอุปกรณ์ขยายสัญญาณ รุ่น AD620 Microvolts Millivolts Amplifier เข้าไป (รูปที่ 3.18) หลังจากนั้นนำเครื่องมือไปปรับเทียบกับโพลดเซลล์มาตรฐาน



รูปที่ 3.17 ตัดเตรนเงาตรงกลางของแผ่นเหล็ก

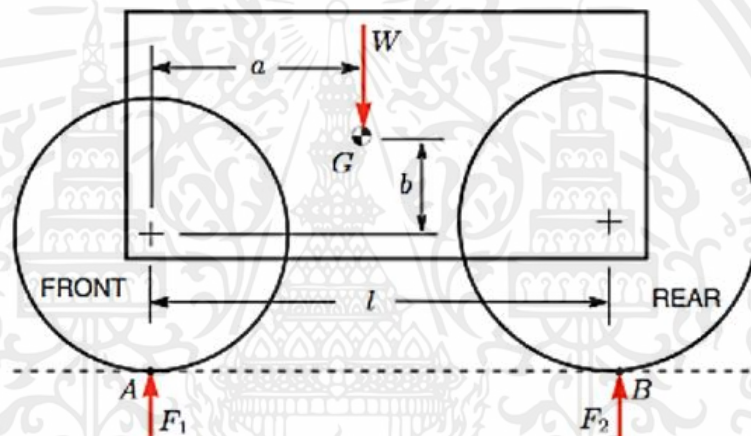
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



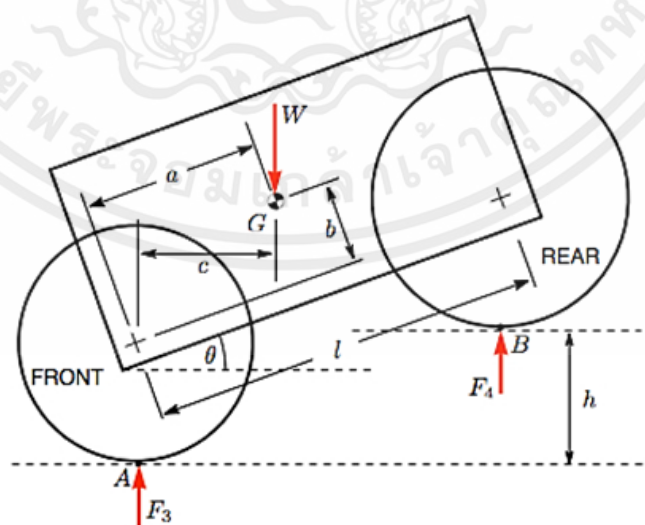
รูปที่ 3.18 ติดตั้งอุปกรณ์ขยายสัญญาณ รุ่น AD620 Microvolts Millivolts Amplifier

3.2.3 การหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์

1. นำรถจักรยานยนต์มาวางบนแผ่นวัดแรงในแนวระนาบ (รูปที่ 3.19ก) และแนวเอียง (รูปที่ 3.19ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.19 รถจักรยานยนต์วางใน(ก) แนวระนาบ และ(ข) แนวเอียง [13]

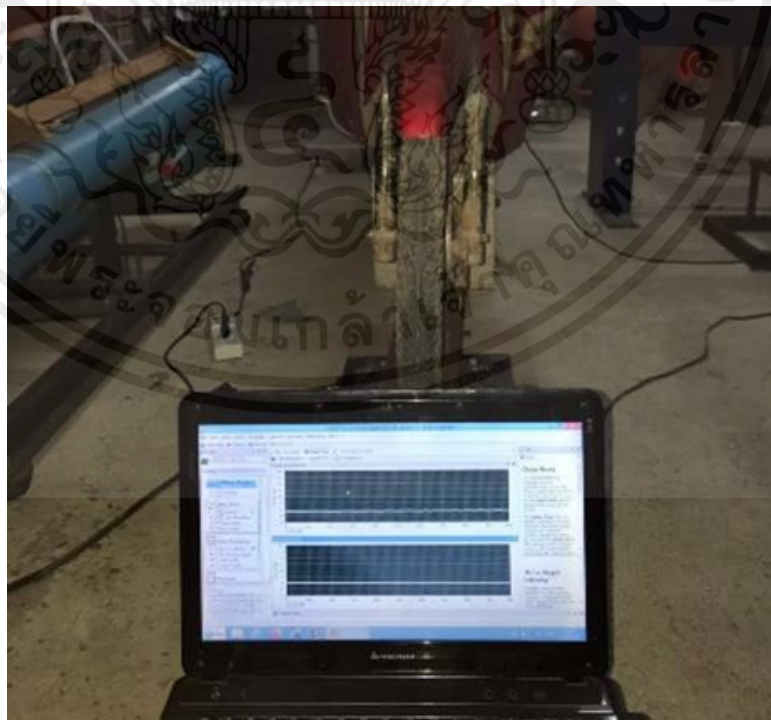
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้เครื่องวัดระดับน้ำ (รูปที่ 3.20) สำหรับการตรวจสอบความเอียงของพื้นที่ในแนวราบ และแนวเอียง ด้วยการสังเกตฟองอากาศภายในของเหลวที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วให้อยู่จุดกึ่งกลาง เพื่อตรวจสอบระดับองศาให้ตรงตามต้องการ



รูปที่ 3.20 เครื่องวัดระดับน้ำ

3. เชื่อมต่อแผ่นวัดแรงกับคอมพิวเตอร์และเปิดโปรแกรม Signal Express (รูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.21 บันทึกค่าด้วยโปรแกรม Signal Express

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำรถจักรยานยนต์วางบนแผ่นวัดแรงทั้งแนวระดับ (รูปที่ 3.22ก) และแนวเอียง (รูปที่ 3.22ข) เพื่อหาน้ำหนักของรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง



(ก)



(ข)

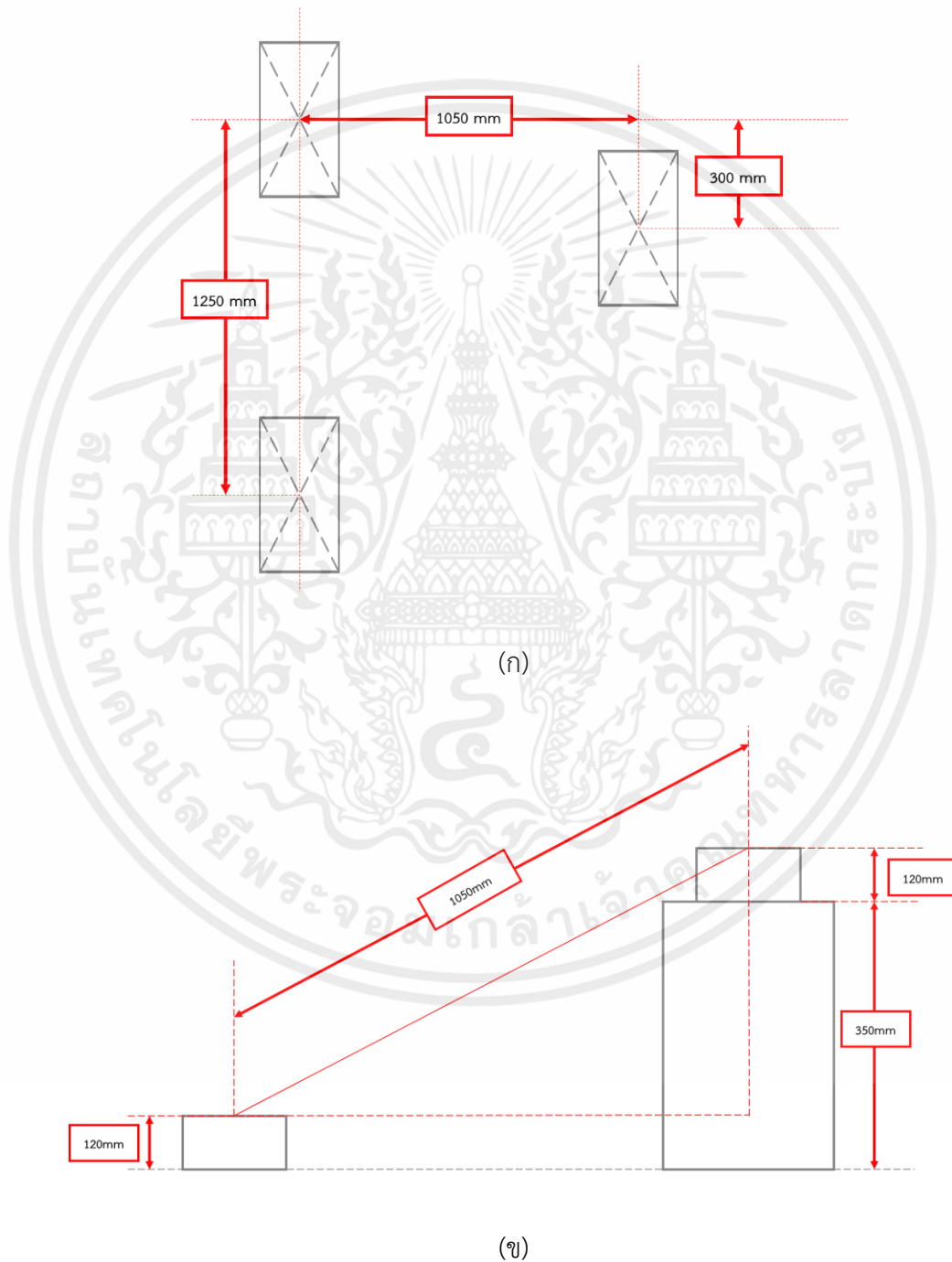
รูปที่ 3.22 วางรถจักรยานยนต์ในแผ่นวัดแรง(ก) แนวระนาบ และ(ข) แนวเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำค่าที่บันทึกได้จากโปรแกรม Signal Express ไปคำนวณหาระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์

3.2.3 การหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

1. จัดวางตำแหน่งแผ่นวัดแรงให้อยู่พอดีกับตัวรถจักรยานยนต์พ่วงข้างในแนวระดับ (รูปที่ 3.23 ก) และแนวเอียง (รูปที่ 3.23 ข)



รูปที่ 3.23 ตำแหน่งการวางแผ่นวัดแรง (ก) แนวระดับ (ข) แนวเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งระดับแผ่นวัดแรงด้วยเครื่องเลเซอร์วัดระดับ (รูปที่ 3.24) และทำการเชื่อมต่อแผ่นวัดแรงกับคอมพิวเตอร์และเปิดโปรแกรม Signal Express



รูปที่ 3.24 การตั้งระดับแผ่นวัดแรงด้วยเครื่องเลเซอร์วัดระดับ

4. นำรถจักรยานยนต์พ่วงข้างวางบนแผ่นวัดแรงทั้งแนวระดับ (รูปที่ 3.25ก) และแนวเอียง (รูปที่ 3.25ข) เพื่อหาน้ำหนักของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 3.25 ตำแหน่งการวางรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง (ก) แนวระดับ (ข) แนวเอียง

5. บันทึกค่าที่ได้จากโปรแกรม Signal Express และนำไปคำนวณหาระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง

3.2.4 การติดตั้งและทดสอบภาคสนาม

1. ประกอบอุปกรณ์เข้ากับโซ่หน้า โซ่หลังและโซ่ของฟ่วงข้าง (รูปที่ 3.26)



รูปที่ 3.26 ติดตั้งอุปกรณ์ครบทุกตำแหน่งของโซ่ของรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มทำการทดสอบ (รูปที่ 3.27)



รูปที่ 3.27 จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

3. ให้อาสาสมัครเพศชาย น้ำหนัก 78 kg ส่วนสูง 165 cm (รูปที่ 3.28) เริ่มขับรถออกจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดด้วยความเร็ว 10, 20 และ 30 km/h จนกระทั่งล้อหยุดหมุน โดยมีเงื่อนไขการทดสอบคือ ใช้เบรกหน้าเพียงอย่างเดียว ใช้เบรกหลังเพียงอย่างเดียวและใช้เบรกหน้าคู่กับเบรกหลัง ในการทดสอบแต่ละความเร็วจะทำการทดสอบซ้ำจนครบ 5 ครั้งต่อ 1 เงื่อนไข



รูปที่ 3.28 อาสาสมัครเริ่มทำการทดสอบ

4. หลังจากเบรกจนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างจอดอยู่กับที่แล้ว ทำการวัดระยะทางที่จุดเริ่มต้นของการเบรกจนถึงจุดสุดท้ายที่รถจักรยานยนต์พ่วงข้างจอดและในการทดสอบแต่ละความเร็ว จะทำการทดสอบซ้ำจนครบ 5 ครั้งต่อ 1 เงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์ผล

ในบทที่นี้ได้กล่าวถึงผลการทดลองจากวิธีดำเนินงานในบทที่ 3 ได้แก่ การสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะยูปที่โซ้คล้อหน้า การสอบเทียบแผ่นวัดแรงเบรกหลัง การหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง และการทดลองการวัดแรงเบรก

4.1 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะยูปตัวของโซ้คล้อหน้า

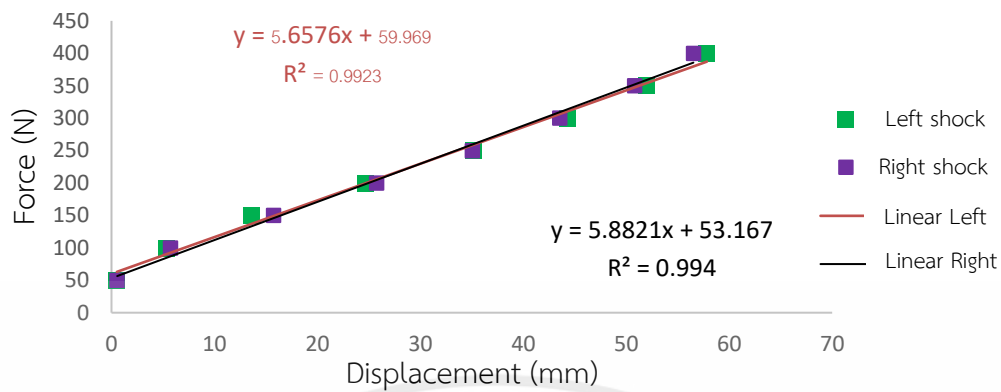
การสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะยูปตัวของโซ้คล้อหน้าเป็นการสอบเทียบเพื่อต้องการทราบว่า การยูปของโซ้คล้อหน้าในแต่ละระยะสามารถนำมาคิดเป็นแรงในการเบรกได้ จากการสอบเทียบพบว่า เซนเซอร์วัดระยะยูปของโซ้ทั้งสองข้างสามารถคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของชุดวัดแรงเบรกหน้าจากการสอบเทียบ

	Left	Right
Hysteresis	0.5278%	0.5302%
สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	0.9923	0.9942
ความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นเชิงเส้น	2.573%	2.3423%

การสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะยูปของโซ้คล้อหน้าเปรียบเทียบกับค่าระหว่างระยะยูปตัวของโซ้คล้อหน้า Displacement (mm) กับ แรงกด Force (N) จากรูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะยูปตัวของโซ้คล้อหน้า Displacement (mm) กับ แรงกด Force (N) ของการสอบเทียบระยะยูปของโซ้คล้อหน้า โดยการกดแรงลงบนโซ้คล้อหน้า กดลงที่แรงขนาด 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 และ 400 N ตามลำดับ ทำการบันทึกค่าทั้งขาไปและขากลับ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงระยะยูปของโซ้คล้อหน้า วัดได้จากการสอบเทียบขณะเพิ่มแรงกดลงบนโซ้คล้อหน้า จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของเส้นกราฟมีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเป็นเชิงเส้น โดยเมื่อโซ้คล้อหน้าถูกกดด้วยแรงที่มากขึ้นจะส่งผลให้ระยะยูปของโซ้คล้อหน้าที่อ่านได้ผ่านโปรแกรม LabVIEW 2014 เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าระยะยูปมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับแรงกดที่เพิ่มขึ้น

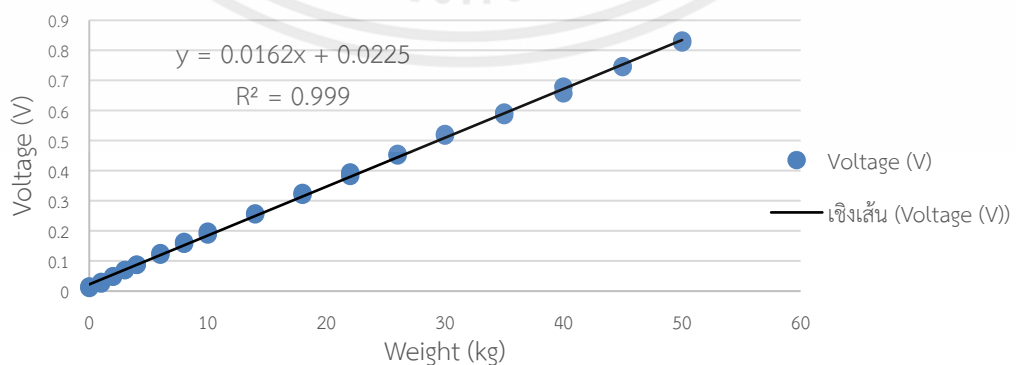


รูปที่ 4.1 การสอบเทียบระยะยุบตัวของโช้คล้อหน้า

4.2 ผลการสอบเทียบของแผ่นวัดแรงเบรกหลัง

การสอบเทียบแผ่นวัดแรงระหว่างน้ำหนัก (Weight (kg)) กับแรงดันไฟฟ้า (Voltage (V)) จากการสอบเทียบพบว่ามีค่าฮิสเทอรีซิสเท่ากับ 0.7198% ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.999 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นเชิงเส้นเท่ากับ 0.7527% จากรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า (V) กับน้ำหนัก (kg) ของการสอบเทียบแรงในแนวตั้ง โดยการใช้ น้ำหนักถ่วงที่ด้านล่างของแผ่นวัดแรงเบรกหลังที่สร้างขึ้นด้วยน้ำหนักขนาด 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 35, 40, 45 และ 50 kg ตามลำดับ ทำการบันทึกค่าทั้งขาไปและขากลับ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

จากรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงค่าของโวลต์เซลล์ที่วัดได้จากการสอบเทียบขณะถ่วงน้ำหนัก ด้านล่างของแผ่นวัดแรง จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของเส้นกราฟมีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเป็นเชิงเส้น เมื่อแผ่นวัดแรงถ่วงด้วยน้ำหนักที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้ผ่านโปรแกรม LabVIEW 2014 เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าน้ำหนักมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับแรงกดของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.2 การสอบเทียบวัดแรงเบรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์

จากการทดสอบการหาค่าจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม Signal Express และนำค่าที่ได้มาคำนวณและวิเคราะห์ผลซึ่งจะแสดงดังในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์เทียบกับรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง

Side	Distance of motorcycle (mm)		Percentage Difference (%)
	Motorcycle	Side-Car Motorcycle	
Width	0	246.6	N/A
Length	676	765.5	11.69
Height	240	341.9	29.80

หมายเหตุ : ใช้จุดกึ่งกลางของล้อหน้าเป็นจุดอ้างอิงในการวัดระยะ

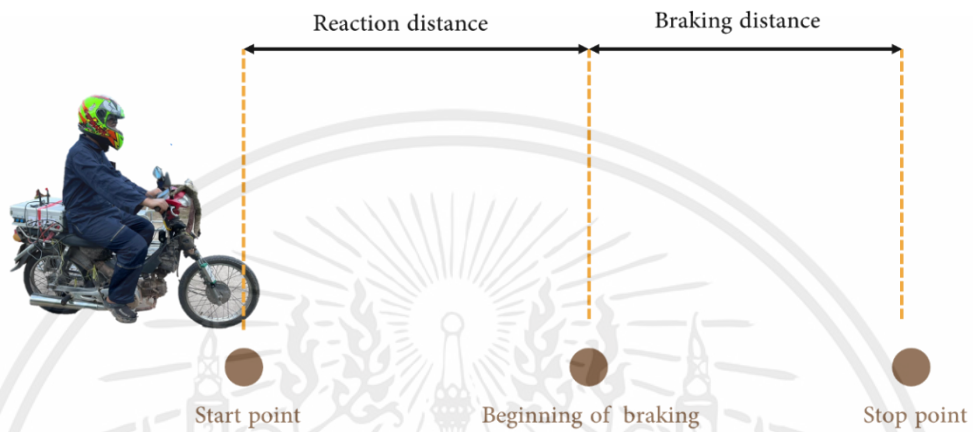


รูปที่ 4.3 ระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์และรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง

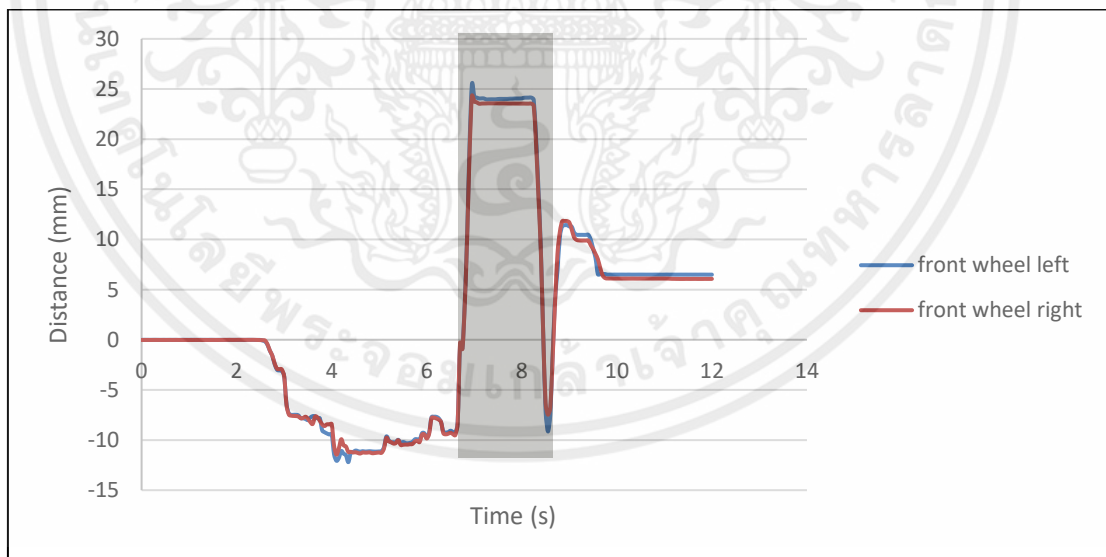
เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง พบว่าระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ทางด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง มีค่าเท่ากับ 0, 676, 240 mm และระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้างทางด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง มีค่าเท่ากับ 246.6, 765.5, 341.9 mm เมื่อนำระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์มาเปรียบเทียบกับรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้างพบว่าค่าความแตกต่างทางด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง มีค่าเท่ากับ N/A, 11.69 และ 29.80% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์ฟ่วงข้างมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานยนต์

4.4 ผลการทดลองวัดแรงเบรก

จากการทดลองหาแรงเบรกและระยะหยุดของของใช้ด้วยการนำอุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะหยุดและแผ่นวัดแรงเบรกหลัง มาประกอบติดเข้ากับรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง โดยแผนการเบรกจะเป็นดังรูปที่ 4.4 จากนั้นจะบันทึกข้อมูลผ่านโปรแกรม Signal Express 2014 และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับการวัดระยะหยุดของใช้ล้อหน้าที่ได้มาจากการสอบเทียบ ได้ผลดังต่อไปนี้

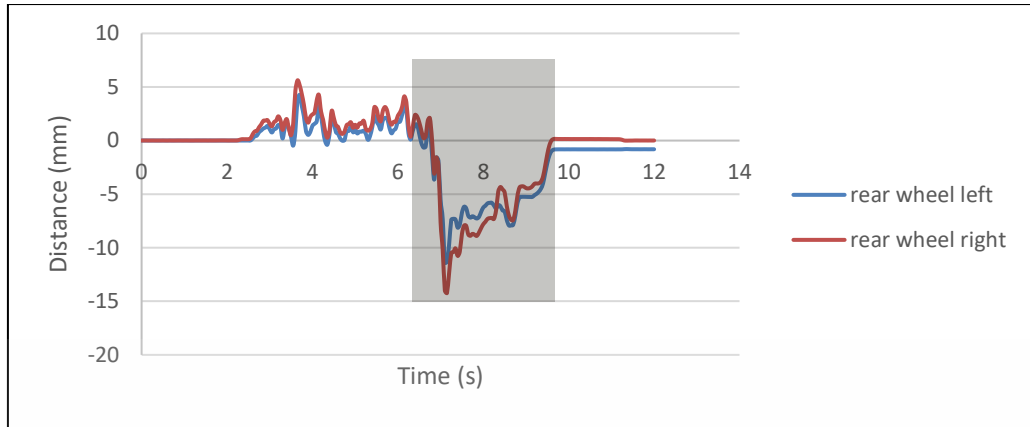


รูปที่ 4.4 แผนผังการทดลองการหยุดตัวของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

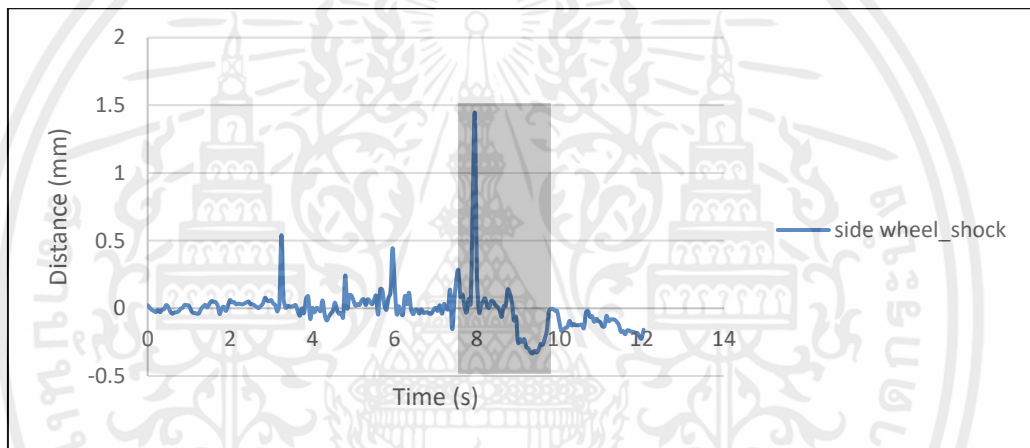


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของระยะหยุดของใช้ล้อหน้า

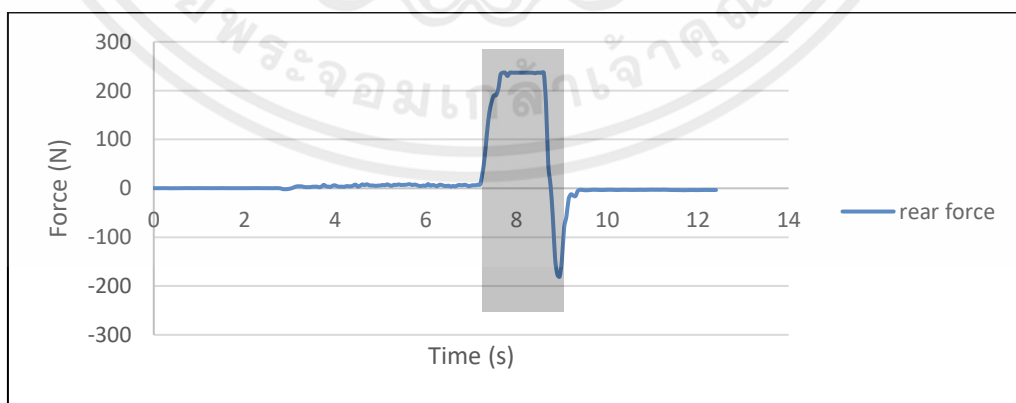
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของระยะยุบที่โชคล้อหลัง

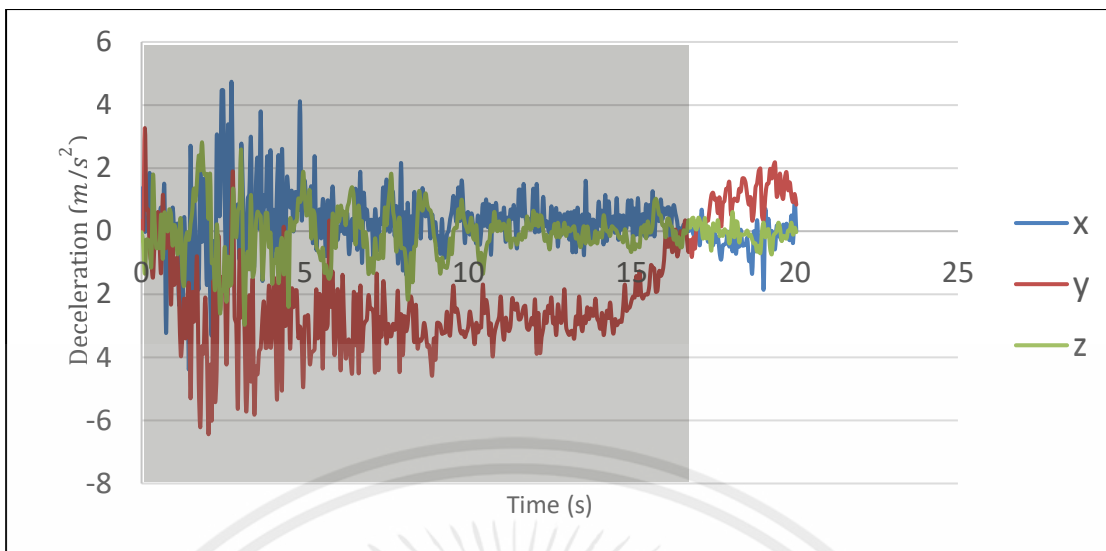


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของระยะยุบที่โชคที่พ่วงข้าง



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของแผ่นวัดแรงเบรกหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



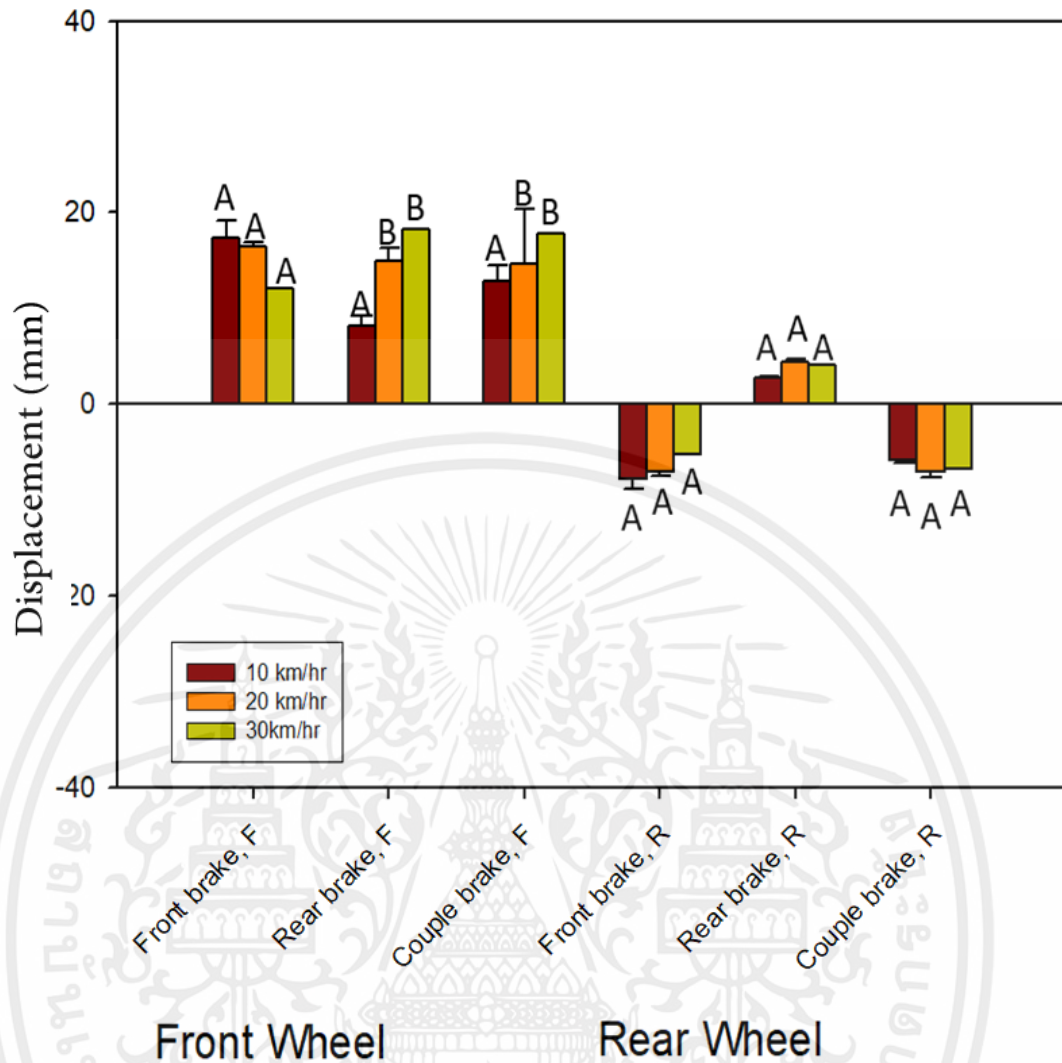
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองของเซนเซอร์วัดค่า Acceleration

จากรูปที่ 4.5-4.9 เป็นกราฟแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ยังไม่ได้ผ่านการประมวลผล และวิเคราะห์ค่า จากกราฟในช่วงบริเวณที่มีการไฮไลต์สีดำคือช่วงที่เกิดการเบรกของรถจักรยานยนต์ พ่วงข้าง โดยนำค่าในช่วงที่ทำการไฮไลต์มาวิเคราะห์เป็นกราฟแท่ง

ตารางที่ 4.3 ระยะการยุบตัวของโช๊คเฉลี่ย

Shock	Speed (km/h)	Average distance ± SD (mm)		
		Front brake	Rear brake	Couple brake
Front	10	17.437 ^{c,A} ±1.758	8.226 ^{a,A} ±1.009	12.840 ^{b,A} ±1.689
	20	16.443 ^{a,A} ±0.537	14.965 ^{a,B} ±1.288	14.711 ^{a,B} ±5.647
	30	16.688 ^{a,A} ±3.928	16.647 ^{a,B} ±1.362	17.947 ^{a,B} ±0.995
Rear	10	-7.823 ^{a,A} ±1.029	2.758 ^{b,A} ±0.150	-5.855 ^{a,A} ±0.325
	20	-7.073 ^{a,A} ±0.428	4.399 ^{b,A} ±0.338	-7.012 ^{a,A} ±0.713
	30	-7.187 ^{a,A} ±1.903	3.961 ^{b,A} ±0.657	-6.986 ^{a,A} ±1.374
Sidecar	10	0.135 ^{a,A} ±0.237	-0.153 ^{a,A} ±0.440	0.115 ^{a,A} ±0.036
	20	0.016 ^{a,A} ±0.099	-0.038 ^{a,A} ±0.111	0.206 ^{a,A} ±0.390
	30	0.280 ^{a,A} ±0.067	-0.071 ^{a,A} ±0.247	0.054 ^{a,A} ±0.234

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (เบรก) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
 ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความเร็ว) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



รูปที่ 4.10 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยระยะการยุบตัวใช้ค

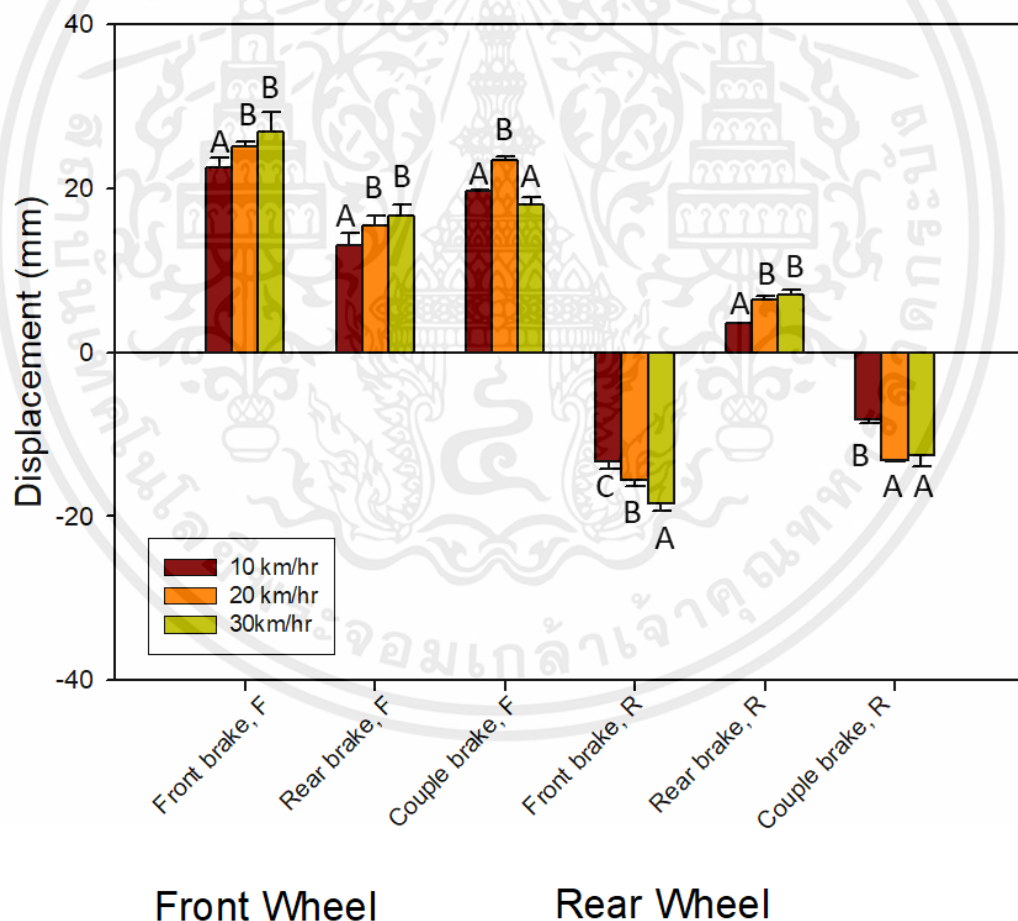
จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.10 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของใช้คที่ความเร็วแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าที่ความเร็ว 10 km/h การใช้เบรกหน้า จะเห็นระยะเคลื่อนตัวของใช้คล้อหน้ามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 17.437 mm และเบรกหลังมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 8.226 mm ซึ่งจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ในขณะที่เดียวกันที่ความเร็วอื่นพบว่าไม่มี ความแตกต่าง ส่วนการใช้เบรกหลังพบว่าระยะเคลื่อนตัวของใช้คล้อหลังมีค่ามากที่สุดในทุกความเร็ว และทุกการเบรกใช้คของพวงข้างไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ในทุกความเร็วของการใช้เบรกหน้าพบระยะเคลื่อนตัวของใช้คทุกด้านไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งต่างจากการใช้เบรกหลังและการใช้เบรกพร้อมกันจะเห็นว่าที่ความเร็ว 10 km/h ระยะเคลื่อนตัว ของใช้คล้อหน้าจะค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.4 ระยะการยุบตัวของโช้คสูงสุด

Shock	Speed (km/h)	Maximum distance \pm SD (mm)		
		Front brake	Rear brake	Couple brake
Front	10	22.476 ^{c,A} \pm 1.187	13.006 ^{a,A} \pm 1.543	19.625 ^{b,A} \pm 0.232
	20	25.004 ^{b,B} \pm 0.725	15.382 ^{a,B} \pm 1.312	23.370 ^{b,B} \pm 0.443
	30	26.928 ^{b,B} \pm 2.325	16.647 ^{a,B} \pm 1.362	17.947 ^{a,A} \pm 0.995
Rear	10	-13.295 ^{a,C} \pm 0.937	3.480 ^{c,A} \pm 0.069	-8.144 ^{b,B} \pm 0.509
	20	-15.536 ^{a,B} \pm 0.716	6.453 ^{c,B} \pm 0.443	-13.098 ^{b,A} \pm 0.255
	30	-18.438 ^{a,A} \pm 0.908	7.069 ^{c,B} \pm 0.553	-12.512 ^{b,A} \pm 1.334

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (เบรก) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความเร็ว) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



รูปที่ 4.11 กราฟแท่งแสดงค่าสูงสุดของระยะการยุบตัวโช้ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.11 ระยะเคลื่อนตัวของโช้คส์หน้าในการเบรกที่ความเร็ว 10 km/h โดยการใช้เบรกหน้ามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 22.476 mm และการใช้เบรกหลังมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 13.006 mm ที่ความเร็ว 20 km/h การใช้เบรกหลังจะมีระยะเคลื่อนตัวน้อยที่สุดเท่ากับ 15.382 mm และที่ความเร็ว 30 km/h การใช้เบรกหน้าจะมีระยะเคลื่อนตัวมากที่สุด 26.928 mm ส่วนระยะเคลื่อนตัวของโช้คส์หลังในทุกความเร็วมีแนวโน้มเหมือนกัน แต่การใช้เบรกหน้าจะมีระยะเคลื่อนตัวน้อยที่สุดและการใช้เบรกหลังจะมีระยะเคลื่อนตัวมากที่สุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

การใช้เบรกหน้าที่ความเร็วต่ำระยะเคลื่อนตัวของโช้คส์หลังจะมีค่าน้อย ซึ่งเมื่อเทียบกับการใช้เบรกหน้าที่ความเร็วสูงระยะเคลื่อนตัวของโช้คส์หลังจะมีระยะเคลื่อนตัวน้อยสุดคือ -18.438, -15.536 และ -13.295 mm ตามลำดับ ส่วนการใช้เบรกหลังที่ความเร็วต่ำระยะเคลื่อนตัวของโช้คส์หลังจะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 3.480 mm แต่ในขณะที่เดียวกันการใช้เบรกพร้อมกันจะมีค่าระยะเคลื่อนตัวของโช้คส์มากที่สุดเท่ากับ -8.144 mm

ตารางที่ 4.5 ระยะในการเบรก

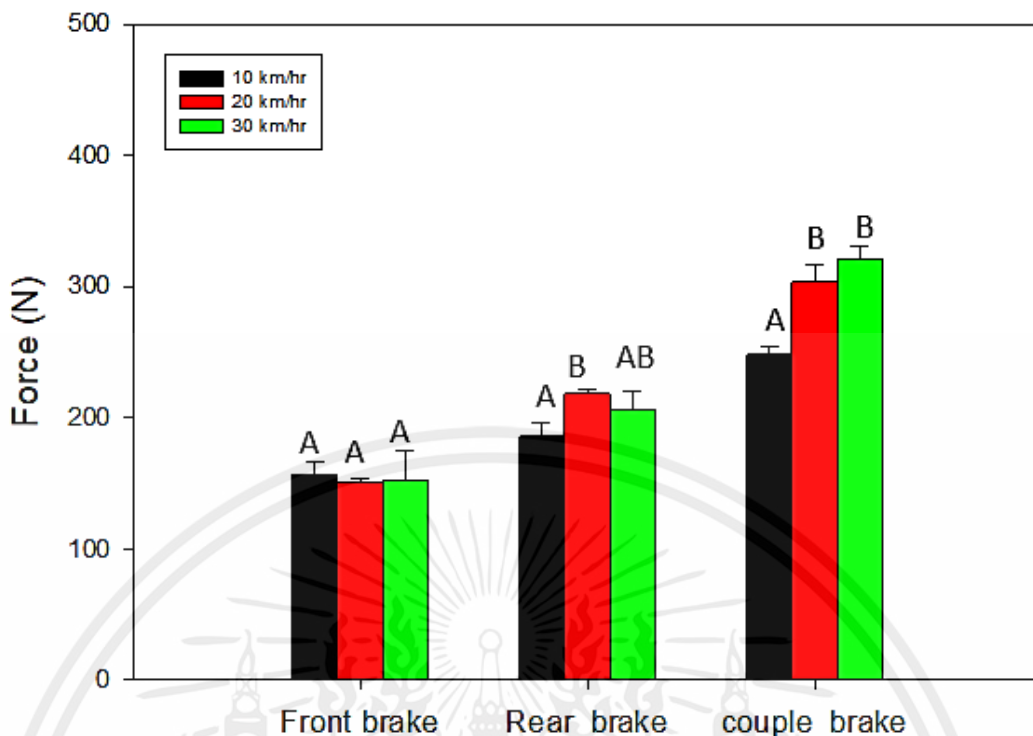
Brake (m)	Speed (km/h)		
	10	20	30
Front brake	2.1	5.6	8.6
Rear brake	2.26	6.6	7.66
Couple brake	1.46	2.76	4.16

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าระยะการเบรกของเบรกแต่ละประเภทจะเห็นได้ว่า การใช้เบรกหน้าและเบรกหลังอย่างเดียวจะมีระยะในการเบรกจะค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่การใช้เบรกพร้อมกันจะมีระยะในการเบรกที่แตกต่างจากการเบรกอีก 2 แบบ ซึ่งสามารถเห็นได้จากตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 แรงเบรกเฉลี่ย

Speed (km/h)	Average brake force \pm SD (N)		
	Front brake	Rear brake	Couple brake
10	156.601 ^{a,A} \pm 10.256	185.622 ^{b,A} \pm 10.510	247.965 ^{c,A} \pm 6.626
20	150.793 ^{a,A} \pm 3.141	218.209 ^{b,B} \pm 3.936	303.321 ^{c,B} \pm 12.953
30	152.216 ^{a,A} \pm 22.904	206.639 ^{b,AB} \pm 13.805	321.550 ^{c,B} \pm 9.656

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (เบรก) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความเร็ว) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



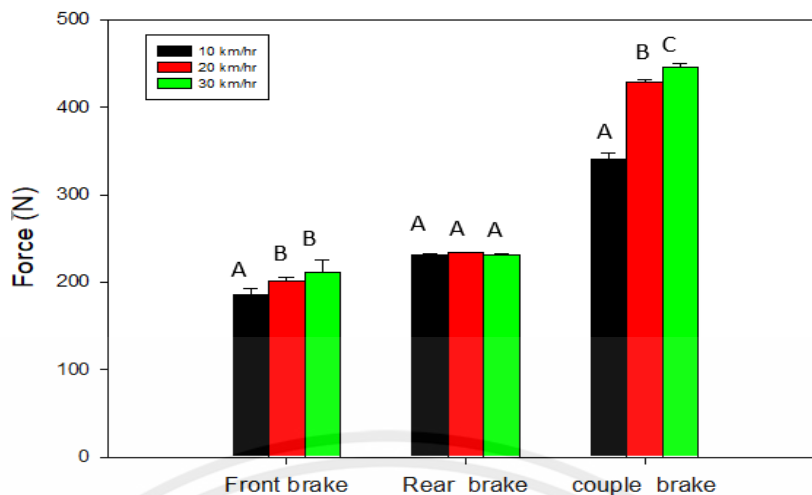
รูปที่ 4.12 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยแรงเบรก

จากตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.12 ในการใช้เบรกด้านหน้าค่าเฉลี่ยแรงเบรกของทุกความเร็วจะมีค่าน้อยที่สุดและการใช้เบรกพร้อมกันจะมีค่าเฉลี่ยแรงเบรกมากที่สุด ขณะเดียวกันทุกความเร็วของการใช้เบรกด้านหน้าจะมีแรงเบรกเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่การใช้เบรกด้านหลังที่ความเร็ว 10 km/h จะมีค่าเฉลี่ยแรงเบรกลดน้อยที่สุดเท่ากับ 185.622 N ส่วนที่ความเร็ว 20 km/h มีค่าเฉลี่ยแรงเบรกมากที่สุดเท่ากับ 218.209 N และที่ความเร็ว 10 km/h ของการใช้เบรกพร้อมกันจะมีค่าเฉลี่ยแรงเบรกลดน้อยที่สุดเท่ากับ 247.965 N

ตารางที่ 4.7 แรงเบรกสูงสุด

Speed (km/h)	Maximum brake force ± SD (N)		
	Front brake	Rear brake	Couple brake
10	185.997 ^{a,A} ±6.923	231.279 ^{b,A} ±1.215	340.206 ^{c,A} ±7.909
20	200.738 ^{a,B} ±4.239	234.345 ^{b,A} ±0.343	428.514 ^{c,B} ±3.108
30	211.952 ^{a,B} ±13.579	231.448 ^{b,A} ±0.790	446.200 ^{c,C} ±3.055

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (เบรก) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%
 ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความเร็ว) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%



รูปที่ 4.13 กราฟแท่งแสดงค่าสูงสุดแรงเบรก

จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.13 แรงเบรกสูงสุดในทุกความเร็วของการใช้เบรคหน้าจะมีค่าน้อยที่สุดและการใช้เบรคพร้อมกันจะมีค่ามากที่สุด ซึ่งความเร็วที่ 10 km/h ค่าแรงเบรกสูงสุดจะมีค่าน้อยสุดเท่ากับ 185.997 N ส่วนการใช้เบรคหลังค่าแรงเบรกสูงสุดไม่แตกต่างกันในทุกความเร็ว แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่การใช้เบรคพร้อมกัน เมื่อใช้ความเร็วที่มากขึ้นค่าของแรงเบรกสูงสุดจะเพิ่มขึ้น

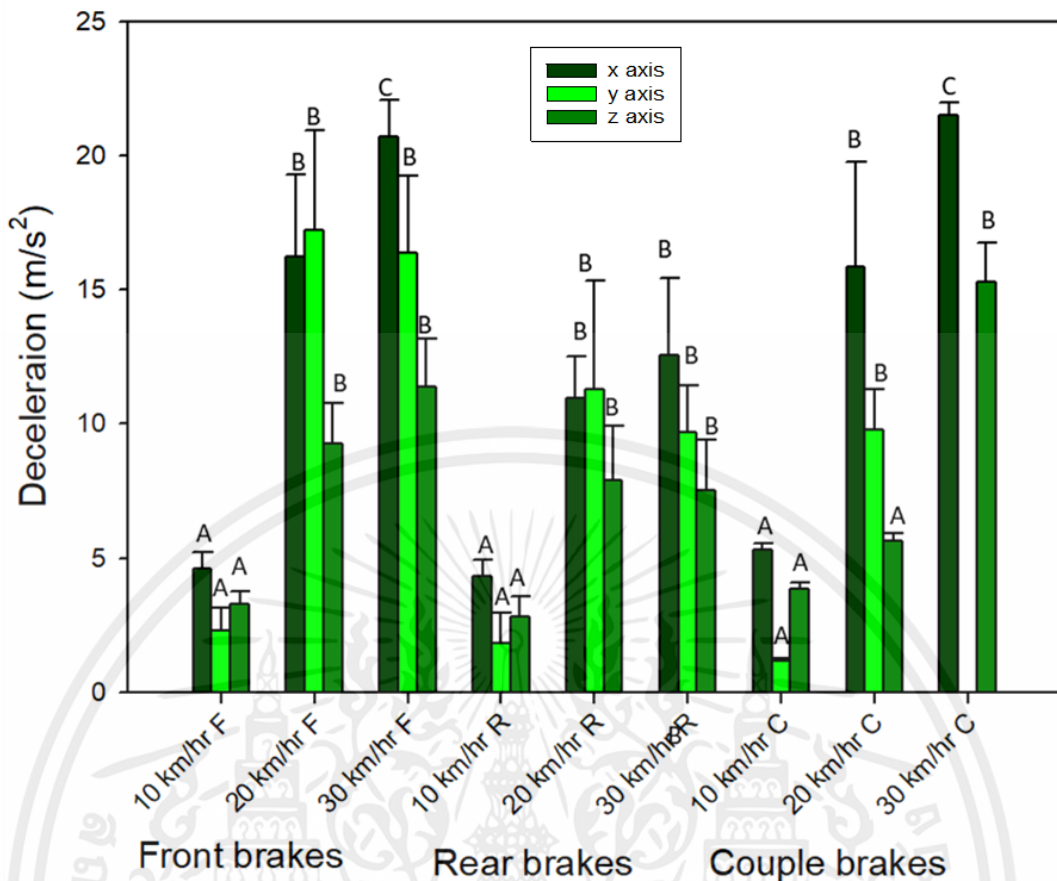
ตารางที่ 4.8 ค่า Deceleration สูงสุด

Brake	Speed (km/h)	Maximum deceleration rate \pm SD (m/s ²)		
		x-axis	y-axis	z-axis
Front	10	4.607 ^{a,A} \pm 0.641	2.293 ^{a,A} \pm 0.848	3.290 ^{a,A} \pm 0.480
	20	16.233 ^{b,B} \pm 3.050	17.210 ^{b,B} \pm 3.698	9.270 ^{a,B} \pm 1.485
	30	20.676 ^{c,C} \pm 1.387	16.370 ^{b,B} \pm 2.846	11.390 ^{a,B} \pm 1.783
Rear	10	4.347 ^{a,A} \pm 0.583	1.827 ^{a,A} \pm 1.138	2.837 ^{a,A} \pm 0.756
	20	10.947 ^{a,B} \pm 1.577	11.277 ^{a,B} \pm 4.083	7.923 ^{a,B} \pm 2.024
	30	12.570 ^{b,B} \pm 2.848	9.680 ^{ab,B} \pm 1.758	7.557 ^{a,B} \pm 1.832
Couple	10	5.307 ^{b,A} \pm 0.246	1.163 ^{a,A} \pm 0.107	3.853 ^{ab,A} \pm 0.258
	20	15.853 ^{c,B} \pm 3.900	9.787 ^{b,B} \pm 1.493	5.653 ^{a,A} \pm 0.280
	30	21.477 ^{b,C} \pm 0.480	N/A	15.303 ^{a,B} \pm 1.468

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (แนวแกน) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความเร็ว) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแท่งแสดงค่าการชะลอตัวสูงสุดของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

จากตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.14 ในทุกแนวแกนค่าการชะลอตัวของรถในการใช้เบรคหน้า ที่ความเร็ว 10 km/h มีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ที่ความเร็ว 20 km/h ค่าการชะลอตัวของแนวแกน z มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 9.270 m/s² และที่ความเร็ว 30 km/h ค่าการชะลอตัวของแนวแกน z มีค่าน้อยสุดเท่ากับ 11.390 m/s² ส่วนแนวแกน x จะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 20.676 m/s² ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ในส่วนของการใช้เบรคหลังที่ความเร็ว 10 และ 20 km/h พบว่าค่าการชะลอตัวของทุกแนวแกนไม่แตกต่างกัน แต่ที่ความเร็ว 30 km/h ในแนวแกน z จะมีค่าการชะลอตัวน้อยที่สุดเท่ากับ 7.557 m/s² และแนวแกน x จะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 12.57 m/s²

การใช้เบรคพร้อมกันที่ความเร็ว 10 km/h ค่าการชะลอตัวของรถที่แนวแกน y มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1.163 m/s² และในแนวแกน x มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.307 m/s² ที่ความเร็ว 20 km/h จะเห็นความแตกต่างของค่าการชะลอตัวจากน้อยไปหามากได้อย่างชัดเจน คือ 5.653, 9.787 และ 15.853 m/s² ตามลำดับ ที่ความเร็ว 30 km/h ค่าการชะลอตัวในแนวแกน z จะค่าน้อยกว่าแนวแกน x และค่าการชะลอตัวในแนวแกน y ไม่สามารถอ่านค่าได้ในบางช่วงเนื่องจากค่าที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าที่อุปกรณ์จะสามารถวัดได้

ตารางที่ 4.9 ค่า Deceleration เฉลี่ย

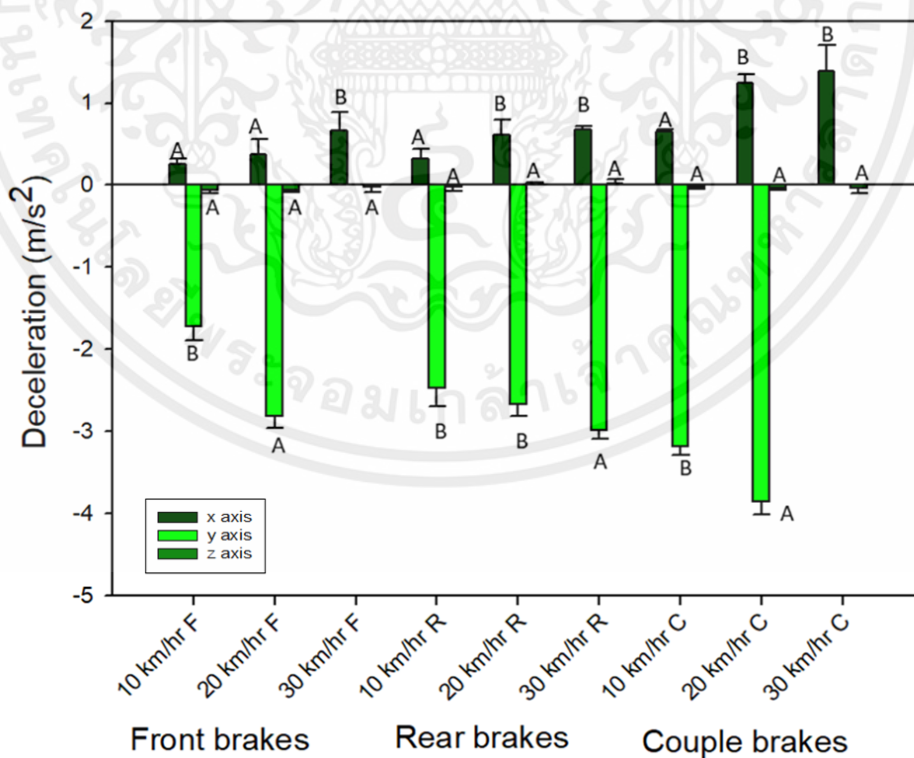
Brake	Speed (km/h)	Average acceleration rate \pm SD (m/s ²)		
		x-axis	y-axis	z-axis
Front	10	0.255 ^{c,A} \pm 0.072	-1.713 ^{a,B} \pm 0.178	-0.066 ^{b,A} \pm 0.028
	20	0.372 ^{c,A} \pm 0.190	-2.809 ^{a,A} \pm 0.145	-0.053 ^{b,A} \pm 0.028
	30	0.669 ^{b,B} \pm 0.217	N/A	-0.021 ^{a,A} \pm 0.066
Rear	10	0.328 ^{c,A} \pm 0.107	-2.472 ^{a,B} \pm 0.228	-0.013 ^{b,A} \pm 0.062
	20	0.608 ^{c,B} \pm 0.186	-2.665 ^{a,B} \pm 0.145	0.033 ^{b,A} \pm 0.002
	30	0.680 ^{c,B} \pm 0.036	-2.983 ^{a,A} \pm 0.101	0.016 ^{b,A} \pm 0.055
Couple	10	0.653 ^{c,A} \pm 0.020	-3.185 ^{a,B} \pm 0.102	0.255 ^{b,A} \pm 0.072
	20	1.239 ^{c,B} \pm 0.111	-3.857 ^{a,A} \pm 0.147	0.372 ^{b,A} \pm 0.190
	30	1.393 ^{b,B} \pm 0.317	N/A	0.669 ^{a,A} \pm 0.217

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในแถวเดียวกัน (แนวแกน) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่

95%

ตัวอักษรใหญ่เหมือนกันในแถวเดียวกัน (ความเร็ว) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่

95%



รูปที่ 4.15 กราฟแท่งแสดงค่าการชะลอตัวเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.15 การใช้เบรกหน้าที่ค่าความเร็ว 10 และ 20 km/h ในแนวแกน z, y และ x มีค่าการชะลอตัวเรียงจากน้อยที่สุดไปมากที่สุดตามลำดับ ที่ความเร็ว 30 km/h มีค่าการชะลอตัวในแนวแกน z น้อยกว่าแกน x การใช้เบรกหลังและการใช้เบรกพร้อมกันในทุกความเร็ว ค่าการชะลอตัวในแนวแกน y จะมีค่าน้อยสุดและค่าในแนวแกน x จะมีค่ามากที่สุด

การใช้เบรกหน้าค่าการชะลอตัวของแกน x จะมีค่ามากที่สุดที่ความเร็ว 30 km/h แนวแกน y มีค่ามากที่สุดที่ความเร็ว 10 km/h และในแนวแกนทุกความเร็วมีค่าการชะลอตัวเท่ากัน ส่วนการใช้เบรกหลังและการใช้เบรกพร้อมกันที่ความเร็ว 10 km/h ค่าการชะลอตัวแนวแกน x จะมีค่าน้อยกว่าการใช้เบรกที่ความเร็ว 20 และ 30 km/h ค่าการชะลอตัวแนวแกน y ที่ความเร็ว 30 km/h จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับที่ความเร็ว 10 และ 20 km/h ในแนวแกน z ในทุกความเร็วไม่มีความแตกต่างของค่าการชะลอตัว ค่าการชะลอตัวในแนวแกน y ที่ไม่สามารถอ่านค่าได้ในบางช่วงเนื่องจากค่าที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าที่อุปกรณ์จะสามารถวัดได้

จากค่าสถิติผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าที่ระยะเคลื่อนตัวของไช้คด้านซ้ายมีค่ามากกว่าด้านขวา ซึ่งขัดแย้งกับพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์พุ่งข้าง เมื่อมีการใช้เบรกที่ความเร็วสูงทิศทางของรถจักรยานยนต์พุ่งข้างจะสั่นไถลไปทางขวา เนื่องจากพุ่งข้างเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางซึ่งทฤษฎีดังกล่าวแปรผันตรงกับค่าการชะลอตัวที่วัดได้คือค่าในแนวแกน x เป็นบวก

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ใช้คาน้ำของรถจักรยานยนต์ที่ได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะและสอบเทียบด้วยเครื่อง UTM เพื่อหาระยะความสัมพันธ์ของแรงและการเคลื่อนตัวของใช้คาน้ำทั้งสองข้าง จากการสอบเทียบอุปกรณ์สามารถใช้งานได้และมีความน่าเชื่อถือ เช่นเดียวกับการออกแบบและสร้างแผ่นวัดแรงเบรกเพื่อทำการวัดค่าแรงเบรกที่ล้อหลังของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างและนำมาประเมินพฤติกรรมขณะเบรกของรถจักรยานยนต์ ออกแบบโดยการนำแผ่นเหล็กมา Simulation เพื่อหาตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์ที่เหมาะสม และจากการสอบเทียบหาค่าแรงสูงสุดที่แผ่นเหล็กด้วยการนำแผ่นเหล็กมาถ่วงน้ำหนักสามารถใช้งานได้และมีความน่าเชื่อถือ

จากการทดลองการใช้เบรกทั้งสามแบบ ระยะในการเบรกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเร็วเริ่มต้นที่เพิ่มขึ้นและผันแปรตามวิธีการใช้งานเบรก ซึ่งการใช้เบรกที่ความเร็ว 30 km/h จะมีระยะการเบรกยาวที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในการใช้เบรกทั้งสามแบบจะเห็นได้ว่าการใช้เบรกคู่จะมีระยะทางในการเบรกสั้นกว่าการใช้เบรกหน้าและเบรกหลังเพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 51.63% และ 45.69% ตามลำดับ ส่วนผลของแรงเบรกที่เงื่อนไขสูงสุดพบว่า แรงเบรกมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของล้อโดยการเบรกพร้อมกัน 2 ล้อสามารถสร้างแรงเบรกได้มากที่สุด ซึ่งแรงเบรกเฉลี่ยของทุกความเร็วในขณะการใช้เบรกหน้าจะอยู่ที่ $153.2_{-3.4}^{+2.4}$ N เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เบรกหลังและเบรกพร้อมกันจะเห็นได้ว่ามีแรงเบรกเพิ่มขึ้น 18-45% และ 58-111% ตามลำดับ ส่วนค่าของอัตราเร่งหนีศูนย์กลางของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง เมื่อมีการใช้เบรกทั้ง 3 แบบที่ความเร็วเพิ่มสูงขึ้น ทิศทางของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างจะลื่นไถลไปในแนวแกน x ที่เป็นบวกหรือไปในทิศทางที่ผู้ขับขี่นั่งอยู่เมื่อเทียบกับการใช้เบรกทั้ง 3 แบบ การใช้เบรกหลังเพียงอย่างเดียวรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมีเสถียรภาพในการควบคุมรถดีที่สุด เพราะรถมีการลื่นไถลน้อยที่สุด

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 เครื่อง Acceleration sensor ไม่สามารถเก็บค่าการชะลอตัวที่ความเร็ว 30 km/h ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 หากต้องการใช้งานรถจักรยานยนต์พ่วงข้างการเบรกแบบทันทีทันใดที่ความเร็วมากกว่า 30 km/h มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งผู้ขับขี่ควรต้องระมัดระวังและหลีกเลี่ยงการกระทำดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Alexander Spornier. (2001). "Motorcycle Braking And Its Influence On Severity Of Injury" **Institute for Vehicle Safety München** (August):303-308
- [2] Dmitri Lurie. (2012). "The Stability Of Three-Wheeled Vehicles & Two Wheel Bicycles" **The Department of Mechanical Engineering Worcester Polytechnic Institute** (August):4-7
- [3] J.F. Lenkeit. (2011). "A Study of Motorcycle Rider Braking Control Behavior" **U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration** (September):13-22
- [4] Dario Croccolo. (2013). "Analysis of the Stress State in Brake Caliper Mounts of Front Motorbike Suspensions" **Department of Industrial Engineering, University of Bologna, Viale Risorgimento, 2, 40136** (August):8-10
- [5] D. Andrikov. (2016). "Design of flat wheel braking control system with three modes of motion: rolling, sliding, locking" **RUDN University, 6, Miklukho-Maklaya st, Moscow, 117198** (September):467-469
- [6] Giulio Panzani. (2012). "Active motorcycle braking via direct data-driven load transfer scheduling" **Dipartimento di Elettronica e Informazione, Politecnico di Milano, Piazza L. Da Vinci, 32, 20133** (September):1257-1262
- [7] Karl F. Shuman. (2017). "DO I BRAKE OR DO I SWERVE –MOTORCYCLIST CRASH AVOIDANCE MANEUVERING" **KEVA Engineering, LLC, 840 Calle Plano, Camarillo CA 93012** (November):3-7
- [8] Nishant Mukund Pawar. (2019). "Modeling braking behavior and accident probability of drivers under increasing time pressure conditions" **Transportation Systems Engineering, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology (IIT) Bombay, Mumbai, 400076** (August):4-6
- [9] Rakesh Chandmal Sharma. (2017). "Ride, eigenvalue and stability analysis of three-wheel vehicle using Lagrangian dynamics" **Maharishi Markandeshwar University, Mullana, Ambala, 133207, India** (August):13-25
- [10] Shukri Zain. (2013). "Analysis of Motorcycle Braking Performance" **Universiti Kuala Lumpur Malaysian Spanish Institute, Kulim Hi-Tech Park, 09000 Kulim, Kedah, Malaysia** (November):2-4
- [11] วรชาติ จงจิตสถิตมัน, ไพบรณ นิ่งน้อย และสุรพงศ์ สุขนนทศักดิ์. (2557). "การศึกษาหาเสถียรภาพรถสามล้อพ่วงข้าง." **ปริญา นวัตกรรมวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (มีนาคม):5-10**
- [12] Storm club. (2006). **เทคนิคการขับขี่: การเบรก. เข้าถึงเมื่อ 28 เมษายน 2021. เข้าถึงได้จาก <http://www.stormclub.com/scoops/0017>**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] Dr. Greg. (2015). “Calculating Motorcycle Center of Mass” The University of New Mexico, Albuquerque
- [14] Factomart. (2562). **Load Cell คืออะไร? หาคำตอบได้ที่นี้.** เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2021. เข้าถึงได้จาก <https://www.factomart.com/th/load-cell-what-is-it>
- [15] บริษัท ไพรมัส จำกัด. (2020). **Linear Scale หรือ Linear Position Transducer คืออะไร.** เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2021. เข้าถึงได้จาก <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=230>
- [16] ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2012). **UNIVERSAL TESTING MACHINE (UTM).** เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2021. เข้าถึงได้จาก <http://mic.eng.ku.ac.th/facilities-detail>
- [17] เพลด็จ แสนเกษม. (2558) “วิศวกรรมยานยนต์” กรุงเทพฯ, **ท็อป** (ตุลาคม):211-244
- [18] Bin Zheng, Xin Wang and Jing-Dong Zhang. (2019). “Reason Analysis of Braking Deviation of Agricultural Tricycle at High Speed” **Institution of Transportation and Automobile Engineering, Panzhuhua University** (April):2406-2410
- [19] Hal Kendall. (2003) “sidecar” **Melbourne, Australia** (April):99-105
- [20] วิกิพีเดีย. (2562). **แรงหนีศูนย์กลาง.** เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2021. เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/แรงหนีศูนย์กลาง>
- [21] Dan Mihai Ștefănescu. (2020). “Handbook of Force Transducers” **Springer Nature Switzerland AG Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland**
- [22] Sanook. (2560). **แบบไหนดีกว่ากันระหว่าง ดิสก์เบรก กับ ดรัมเบรก?** เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2021. เข้าถึงได้จาก <https://www.sanook.com/auto/61307/>
- [23] Shenzhen Ownseek Technology Co. (2014). **KTC 75mm linear potentiometer position sensor.** เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก https://m.alibaba.com/product/60221135009/KTC-75mm-linear-potentiometer-position-sensor.html?__detailProductImg
- [24] Astro instrument Co. (2018). **Universal Testing Machine.** เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก <https://www.astroinstrument.com/tensile-compression-testing-machine-50kn-qc-505d1/>
- [25] National Instruments Co. (2017). **NI CDAQ-9191.** เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก <https://www.ni.com/pdf/manuals/374048c.pdf>
- [26] National Instruments Co. (2017). **NI9205.** เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก https://www.ni.com/pdf/manuals/374188a_02.pdf
- [27] Kyowa Electronic Instruments Co. (2012). **Strain gage KFGS-5-120-D16-11L1M2S.** เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก https://www.kyowa-ei.com/eng/product/category/strain_gages/kfgs/index.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [28] Comimark. (2019). **AD620 Microvolt Millivolt Signal Amplifier Module 1.5-1000 Adjustable**. เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก <https://www.amazon.com/Comimark-Microvolt-Millivolt-Amplifier-Adjustable/dp/B07YHYSXR6>
- [29] KINGBANGKOK INTERTRADE CO. (2018). **เครื่องตั้งระดับเลเซอร์ Eurox fireball รุ่น PL-V5**. เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก <https://eurox.co.th/eurox-pl-v5.html>
- [30] HT SENSOR TECHNOLOGY CO. (2016). **T-PTS12 Linear Position Travel sensor**. เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก <http://www.htc-sensor.com/products/212.html>
- [31] KEYENCE CORPORATION OF AMERICA. (2020). **Laser Displacement Sensors Keyence LB70**. เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก http://www.hoskinscientifique.com/uploadpdf/Instrumentation/Keyence/hoskin_lb7040b4fd4242fe5.pdf
- [32] GRAPHTEC corporation. (2014). **GRAPHTEC Petit LOGGER รุ่น GL100**. เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2021. เข้าถึงได้จาก <http://www.graphteccorp.com/instruments/gl100/index.html>



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่าระยะยุบใช้คหน้าของการใช้เบรกหน้า

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	18.8020	23.3935
	2	15.4534	21.1361
	3	18.0556	22.8994
20	1	15.8744	24.4709
	2	16.9421	25.8297
	3	16.5109	24.7100
30	1	12.1544	26.4268
	2	18.8330	29.4623
	3	19.0755	24.8938

ตารางที่ ก.2 ค่าระยะยุบใช้คหลังของการใช้เบรกหน้า

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	-8.9791	-12.8188
	2	-7.0057	-14.373
	3	-7.4846	-12.6917
20	1	-7.5650	-16.1175
	2	-6.7853	-14.7358
	3	-6.8676	-15.7548
30	1	-5.2674	-19.2951
	2	-7.2216	-18.5326
	3	-9.0727	-17.4860

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ค่าระยะยุบใช้คพ่วงข้างของการใช้เบรกหน้า

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)
10	1	-0.1223
	2	0.1833
	3	0.3435
20	1	-0.0566
	2	-0.0248
	3	0.1285
30	1	0.2940
	2	0.2072
	3	0.3384

ตารางที่ ก.4 ค่าระยะยุบใช้คหน้าของการใช้เบรกหลัง

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	7.3184	11.3958
	2	8.0462	13.1500
	3	9.3124	14.4718
20	1	16.4434	16.8909
	2	14.0836	14.5181
	3	14.3687	14.7362
30	1	18.2143	18.2143
	2	15.7522	15.7522
	3	15.9743	15.9743

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ค่าระยะยุบใช้คหลังของการใช้เบรกหลัง

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	-8.9791	-12.8188
	2	-7.0057	-14.3739
	3	-7.4846	-12.6917
20	1	-7.5650	-16.1175
	2	-6.7853	-14.7358
	3	-6.8676	-15.7548
30	1	-5.2674	-19.2951
	2	-7.2216	-18.5326
	3	-9.0727	-17.4860

ตารางที่ ก.6 ค่าระยะยุบใช้คพวงข้างของการใช้เบรกหลัง

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)
10	1	0.0622
	2	-0.6587
	3	0.1377
20	1	0.0903
	2	-0.1003
	3	-0.1033
30	1	-0.3330
	2	-0.0352
	3	0.1561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ค่าระยะยุบของโซ่หน้าในการเบรกใช้พร้อมกัน

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	11.6074	19.3944
	2	14.7647	19.8586
	3	12.1468	19.6222
20	1	21.1054	23.8404
	2	12.6166	23.3081
	3	10.4096	22.9610
30	1	17.8121	17.8121
	2	17.0262	17.0262
	3	19.0016	19.0016

ตารางที่ ก.8 ค่าระยะยุบของโซ่หลังในการเบรกใช้พร้อมกัน

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	-5.9686	-8.5873
	2	-6.1067	-8.2565
	3	-5.4881	-7.5883
20	1	-7.6426	-12.8119
	2	-6.2379	-13.1800
	3	-7.1547	-13.3014
30	1	-6.7543	-12.6216
	2	-5.7427	-11.1261
	3	-8.4618	-13.7872

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ค่าระยะยุบของใช้คพวงข้างในการเบรกใช้พร้อมกัน

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)
10	1	0.0782
	2	0.1508
	3	0.1150
20	1	-0.2435
	2	0.4089
	3	0.4531
30	1	-0.2107
	2	0.1394
	3	0.2329

ตารางที่ ก.10 ค่าของแรงในการใช้เบรกหน้า

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	164.5693	191.3506
	2	145.0294	178.1788
	3	160.2045	188.4608
20	1	147.4709	197.6260
	2	153.7147	205.5660
	3	151.1925	199.0230
30	1	125.7815	209.0460
	2	164.7384	226.7486
	3	166.1283	200.0615

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ค่าของแรงในการใช้เบรกหลัง

ความเร็ว (km/h)	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ยเบรก (mm)	ค่าเฉลี่ยสูงสุด (mm)
10	1	176.7857	232.3908
	2	182.8365	231.4654
	3	197.2450	229.9817
20	1	213.6708	234.0069
	2	220.6815	234.3357
	3	220.2760	234.6919
30	1	191.0909	232.2855
	2	217.4585	230.7171
	3	211.3683	231.3421

ตารางที่ ก.12 ค่าอัตราเร่งของการใช้เบรกหน้า

ความเร็ว (km/h)	เฉลี่ย	แนวแกน					
		x(m/s ²)		y(m/s ²)		z(m/s ²)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
10	1	0.172	3.92	-1.528	1.86	-0.084	3.78
	2	0.292	4.71	-1.882	3.27	-0.08	2.82
	3	0.3	5.19	-1.729	1.75	-0.034	3.27
20	1	0.56	19.75	-2.78	20.59	-0.035	8.04
	2	0.181	14.31	-2.967	13.26	-0.085	10.92
	3	0.376	14.64	-2.681	17.78	-0.04	8.85
30	1	0.418	19.08	-	17.17	0	9.77
	2	0.7836	21.359	-	13.21	0.0314	11.1
	3	0.8048	21.59	-	18.73	-0.095	13.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ค่าอัตราเร่งของการใช้เบรกหลัง

ความเร็ว (km/h)	เฉลี่ย	แนวแกน					
		x(m/s ²)		y(m/s ²)		z(m/s ²)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
10	1	0.229	4.28	-2.223	0.52	0.052	3.7
	2	0.315	3.8	-2.524	2.36	-0.072	2.29
	3	0.441	4.96	-2.669	2.6	-0.02	2.52
20	1	0.822	11.49	-2.765	11.47	0.034	7.03
	2	0.518	9.17	-2.731	7.1	0.033	6.5
	3	0.483	12.18	-2.499	15.26	0.031	10.24
30	1	0.683	14.76	-3.018	11.71	-0.013	9.61
	2	0.643	9.35	-2.869	8.65	-0.018	6.97
	3	0.714	13.6	-3.061	8.68	0.079	6.09

ตารางที่ ก.14 ค่าอัตราเร่งของการใช้เบรกพร้อมกัน

ความเร็ว (km/h)	เฉลี่ย	แนวแกน					
		x(m/s ²)		y(m/s ²)		z(m/s ²)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
10	1	0.672	5.39	-3.184	1.23	-0.041	3.68
	2	0.633	5.03	-3.287	1.04	0.016	4.15
	3	0.655	5.5	-3.084	1.22	-0.024	3.73
20	1	1.349	13.12	-3.74	8.88	-0.042	5.82
	2	1.128	20.32	-4.022	11.51	-0.054	5.81
	3	1.239	14.12	-3.81	8.97	-0.012	5.33
30	1	1.0327	20.95	-	-	0.052	15.97
	2	1.6275	21.89	-	-	-0.057	16.32
	3	1.519	21.59	-	-	-0.085	13.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

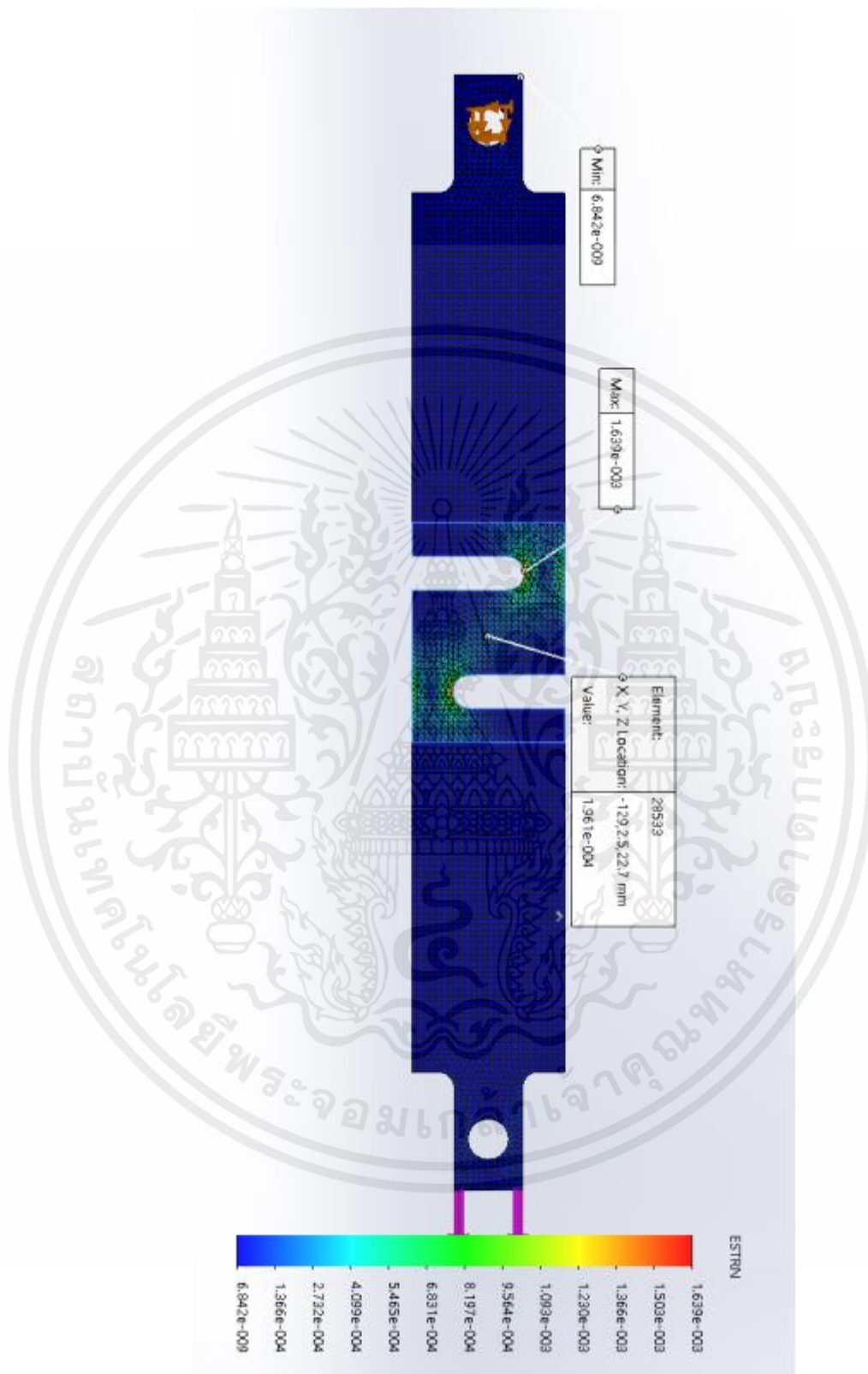


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



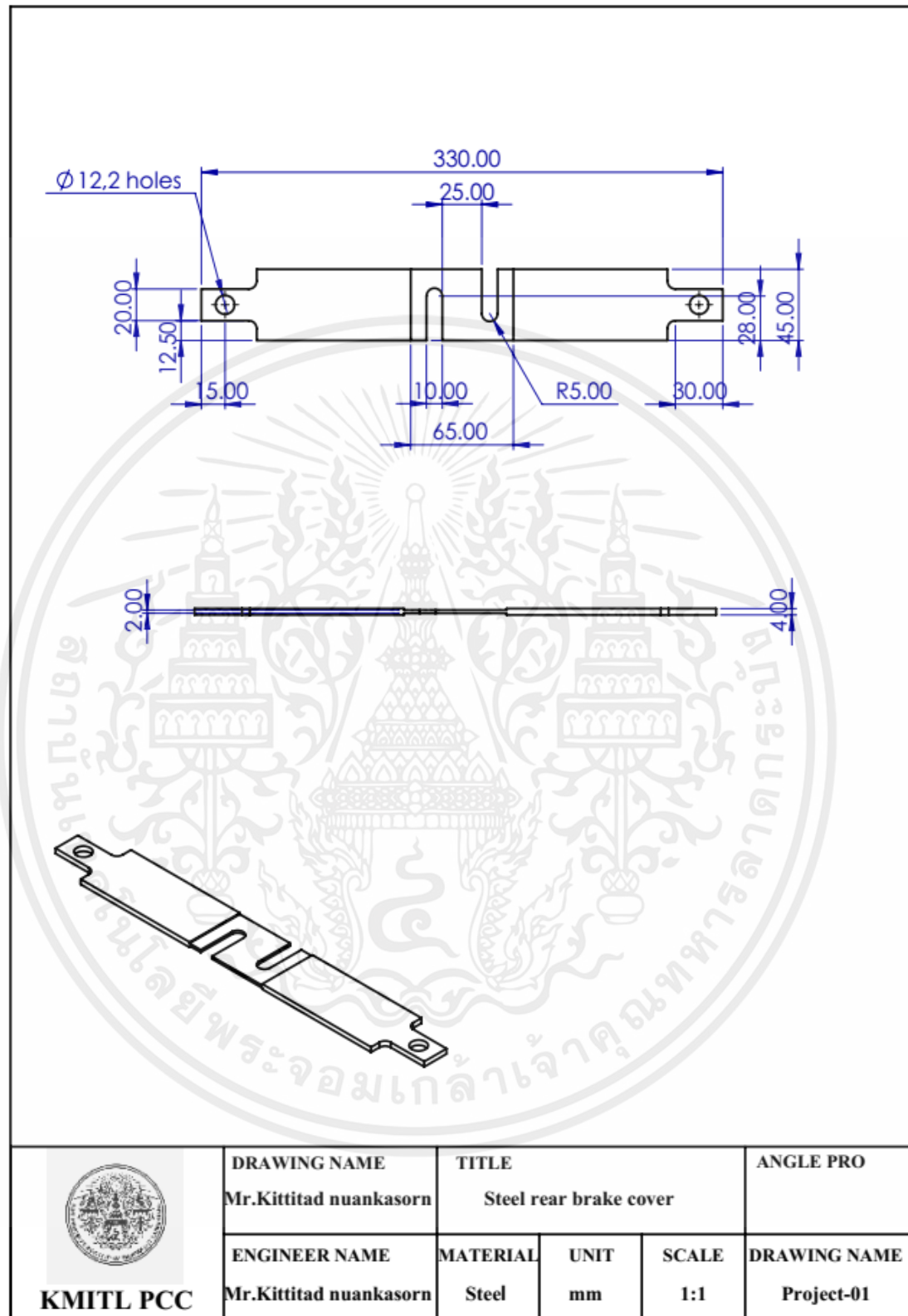
รูปที่ ข.1 แผ่นเหล็กต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



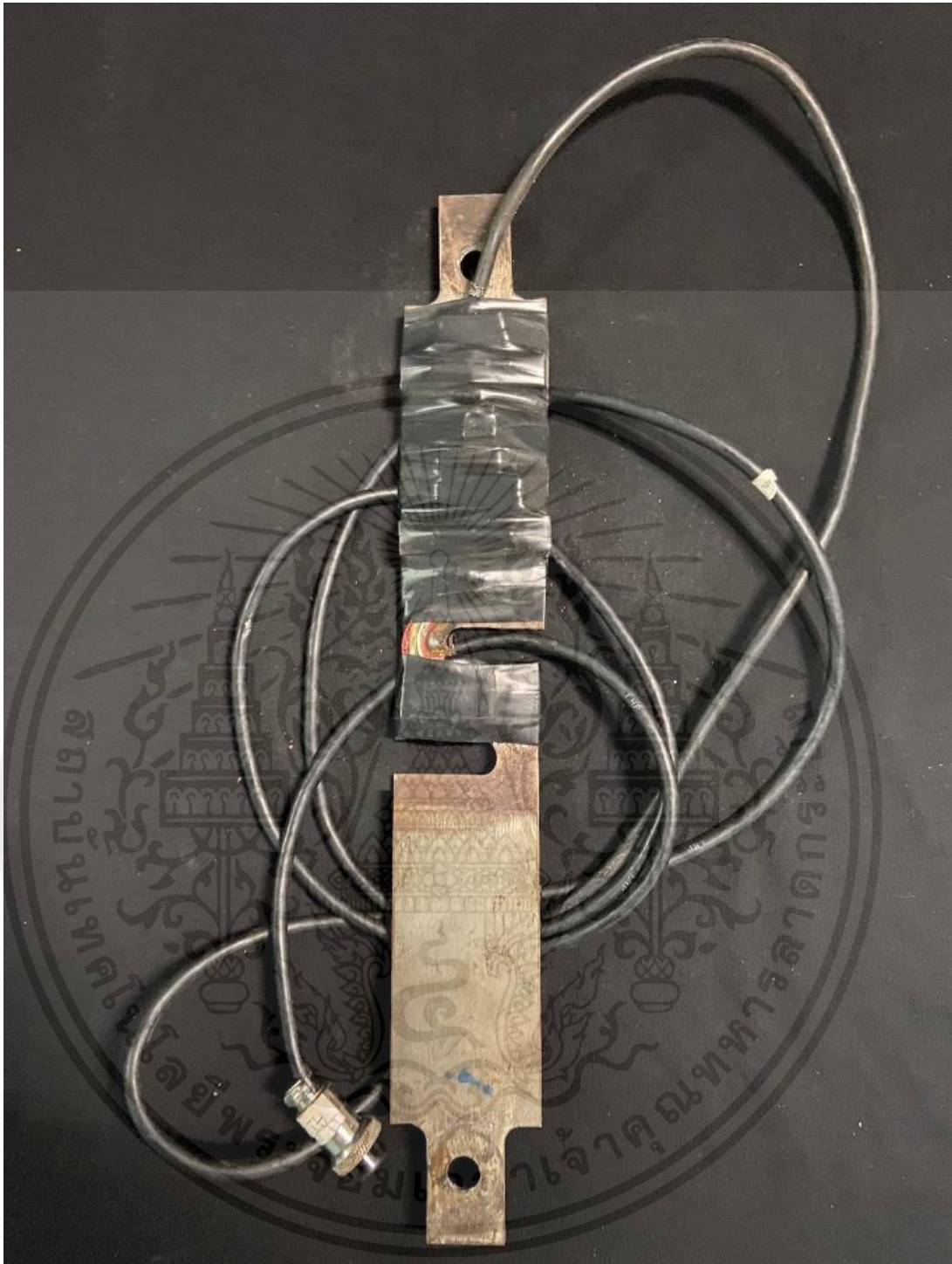
รูปที่ ข.2 แผ่นเหล็ก ที่ทำการ Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 ขนาดของแผนเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

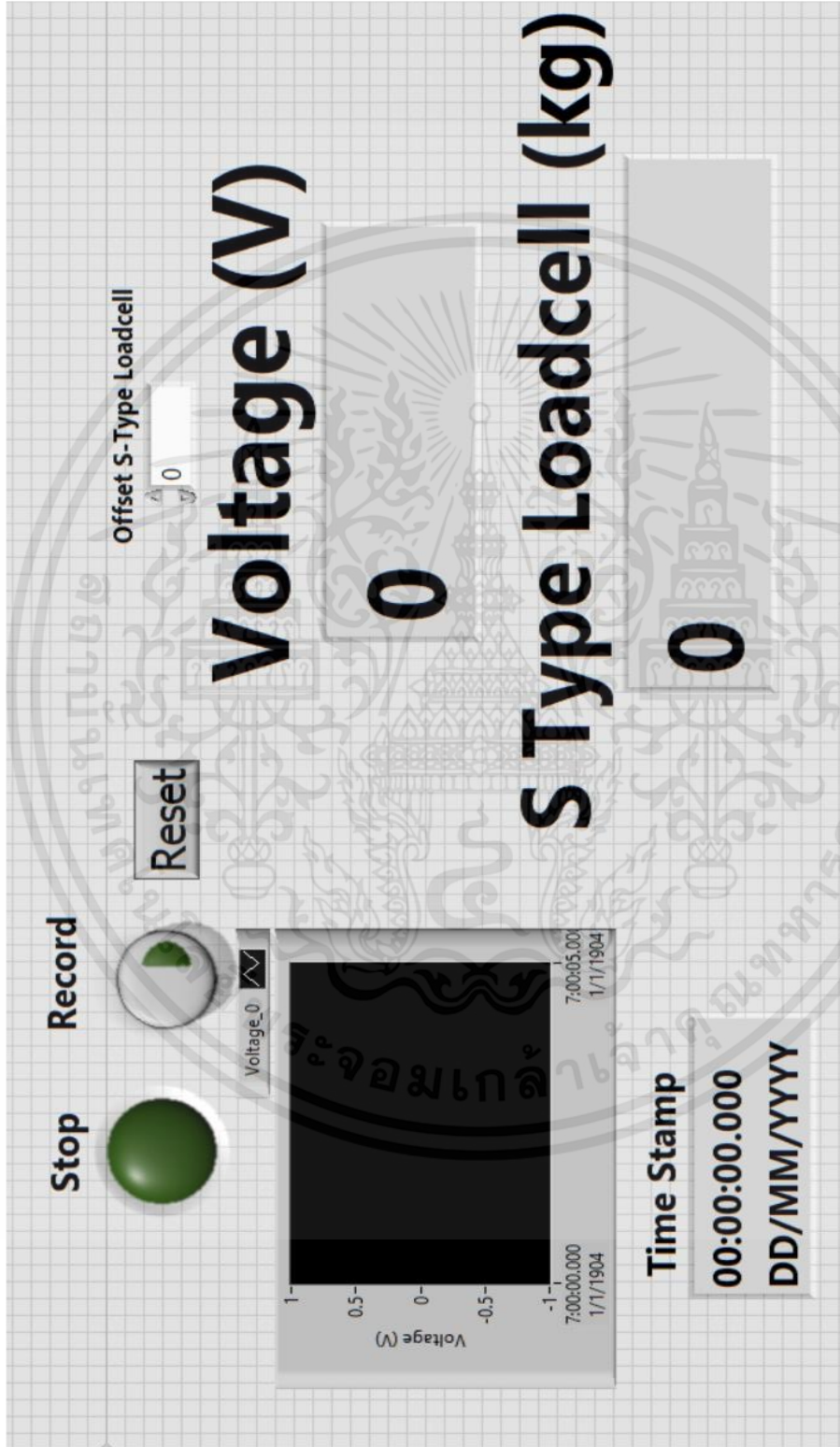


รูปที่ ข.4 แผ่นวัดแรงเบรกหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

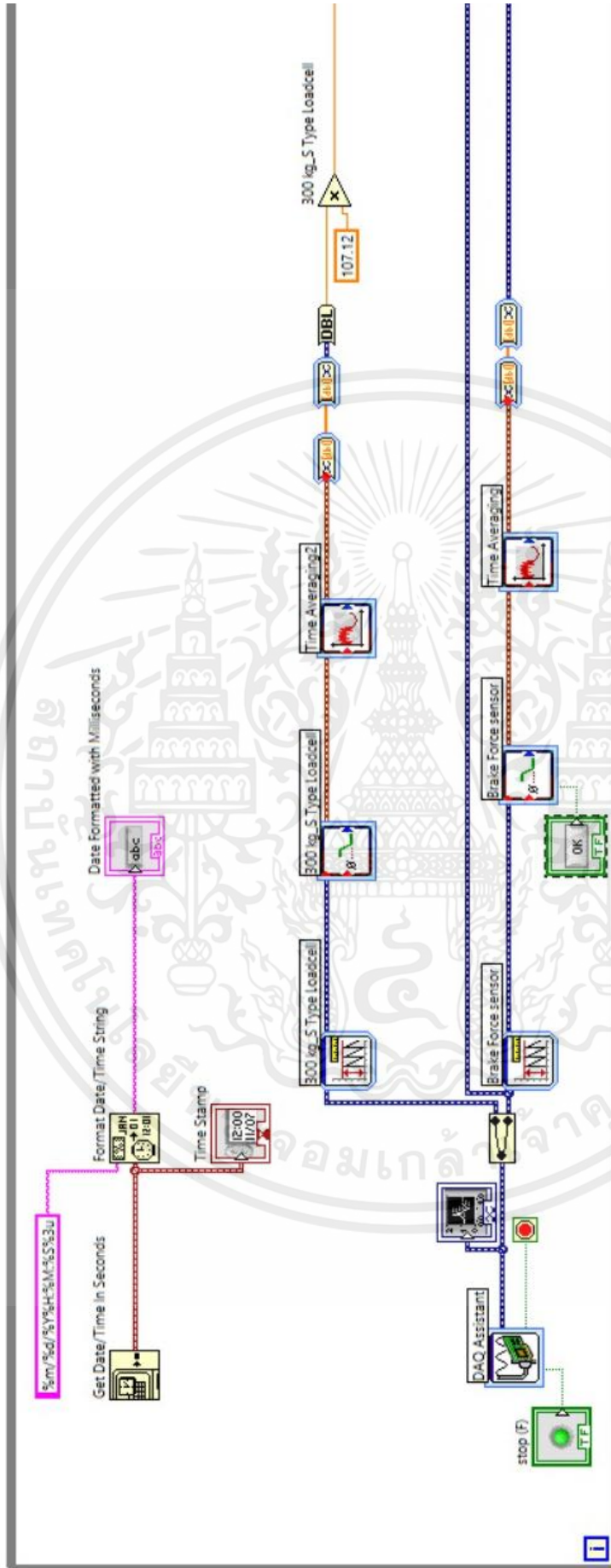


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



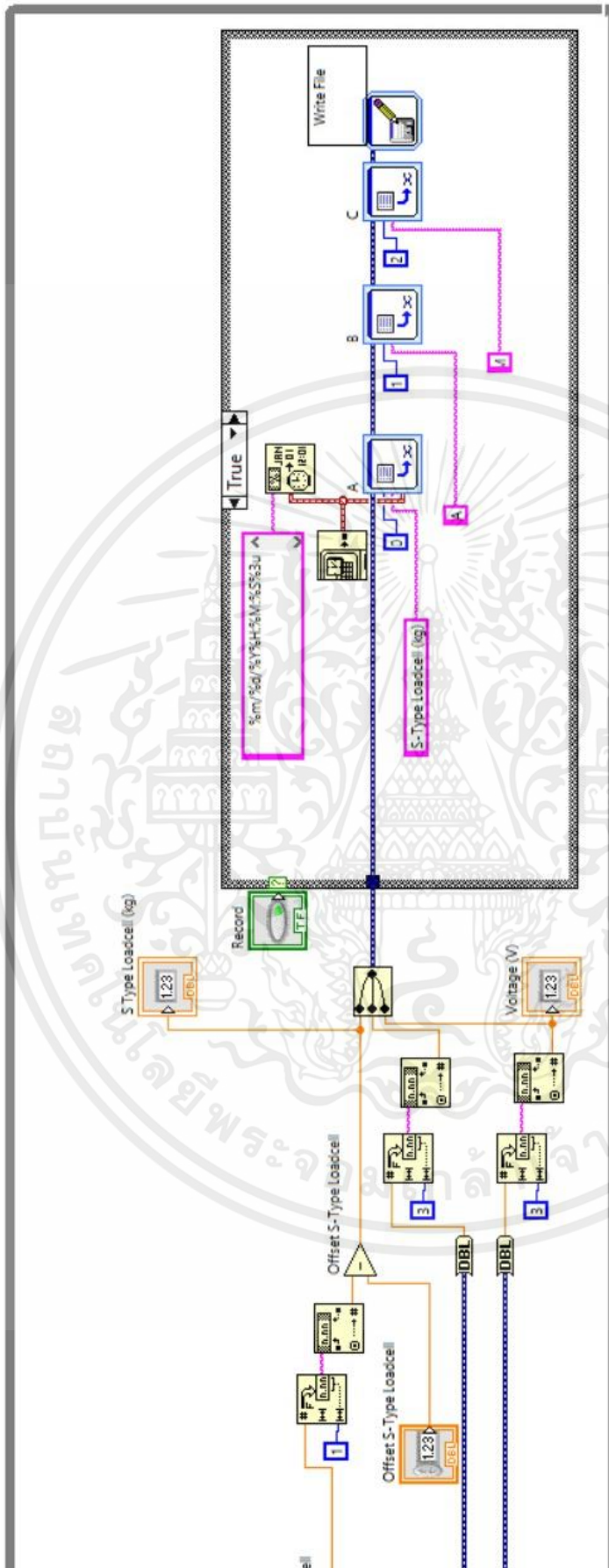
รูปที่ ค.1 หน้าโปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



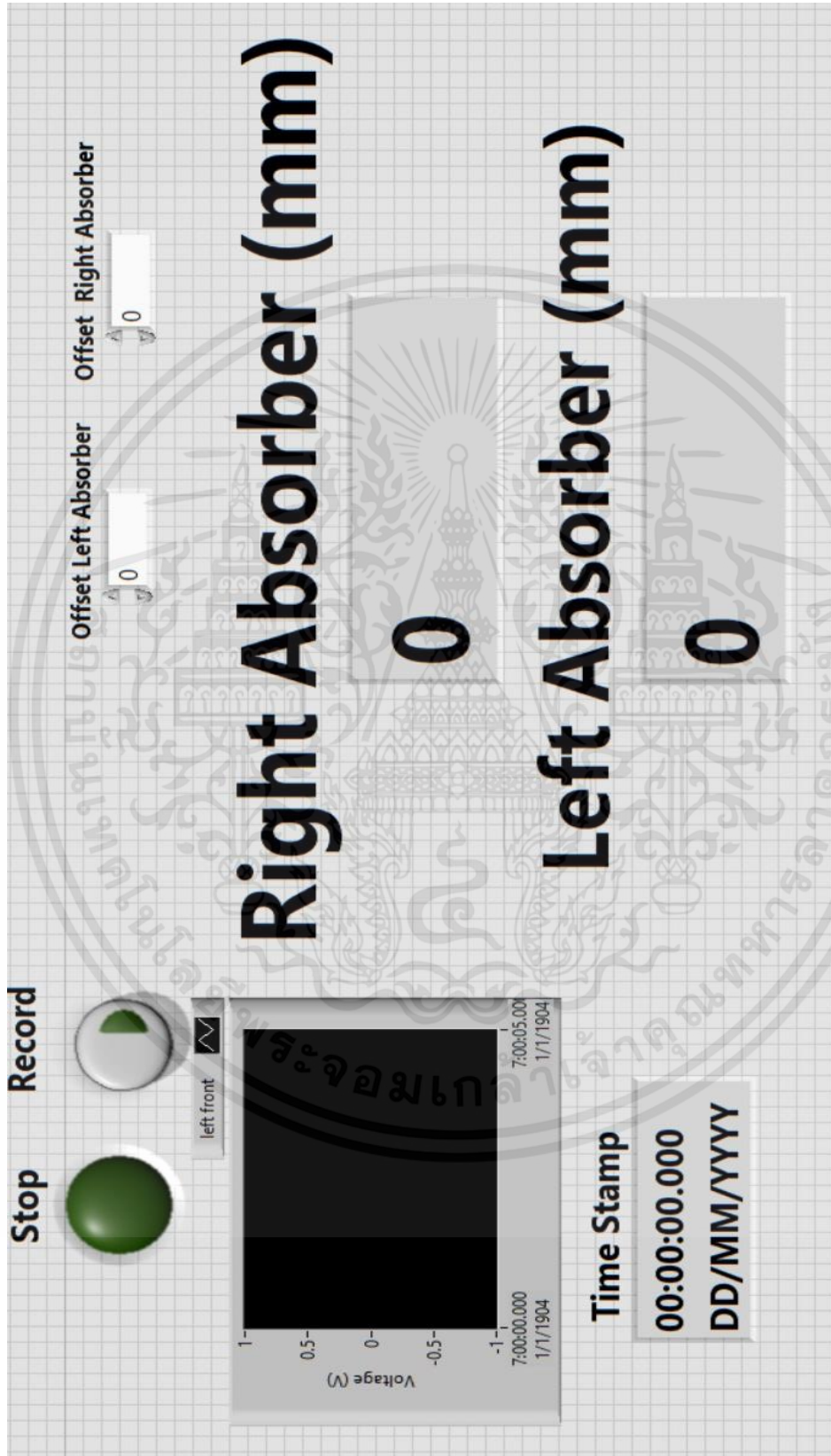
รูปที่ ค.2 หน้า block diagram โปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



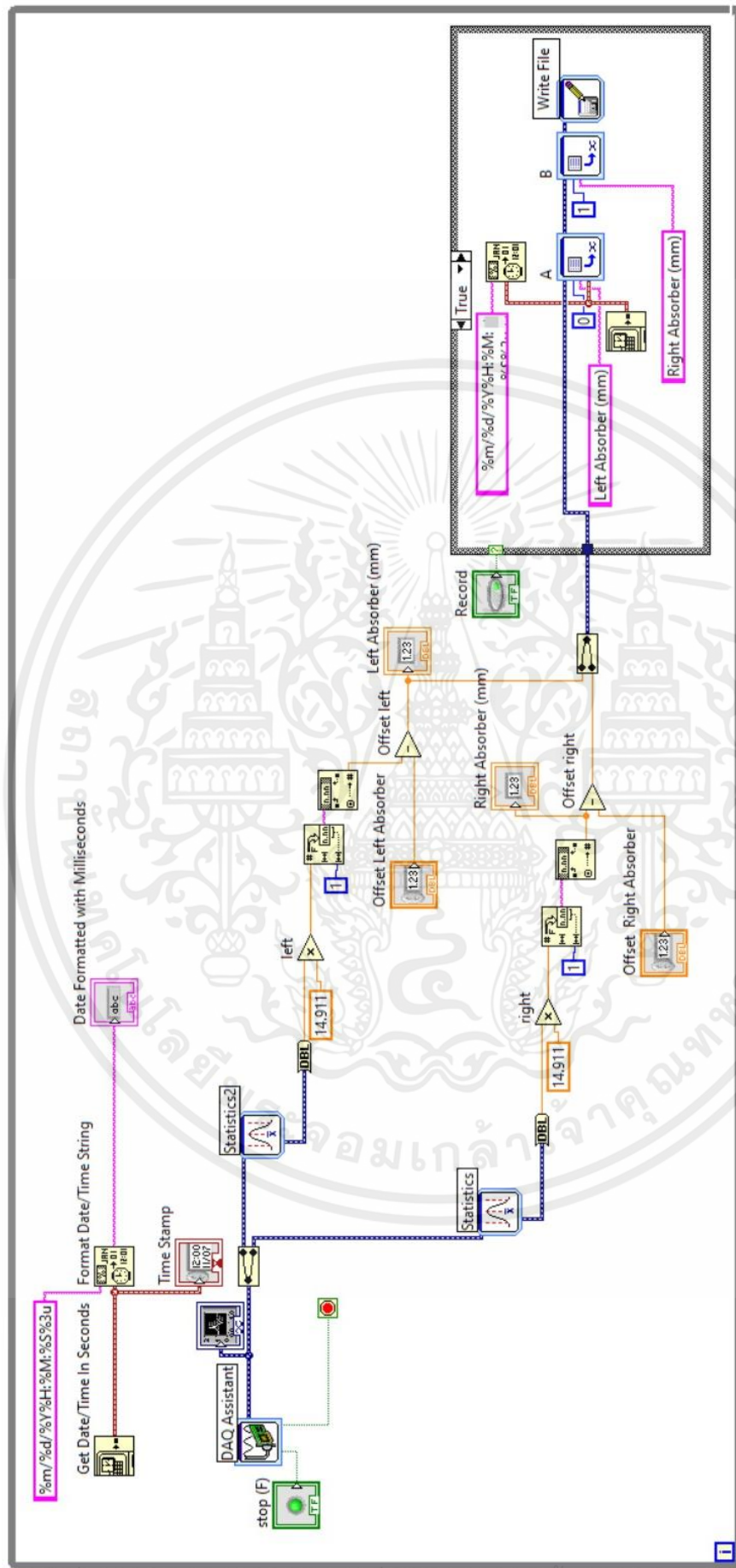
รูปที่ ค.3 หน้า block diagram โปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

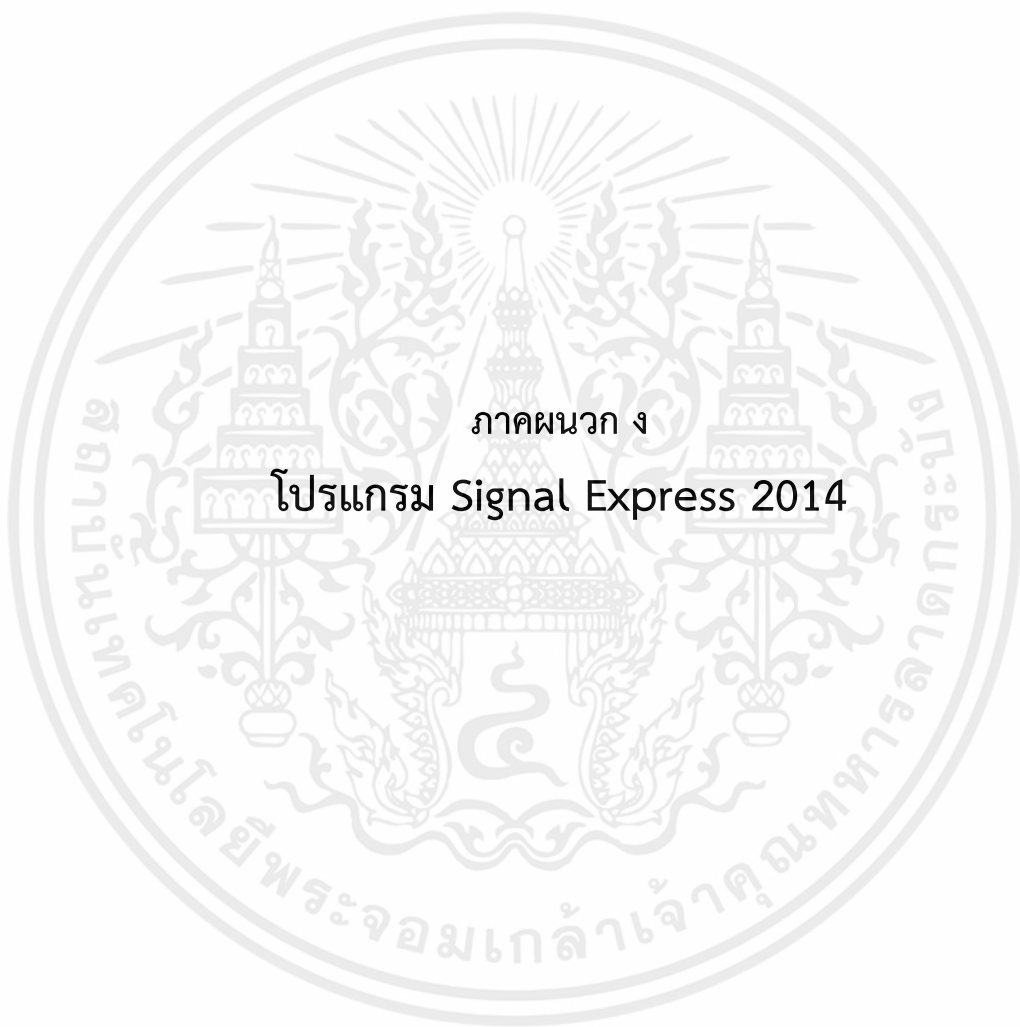


รูปที่ ค.4 หน้าโปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบใช้คหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



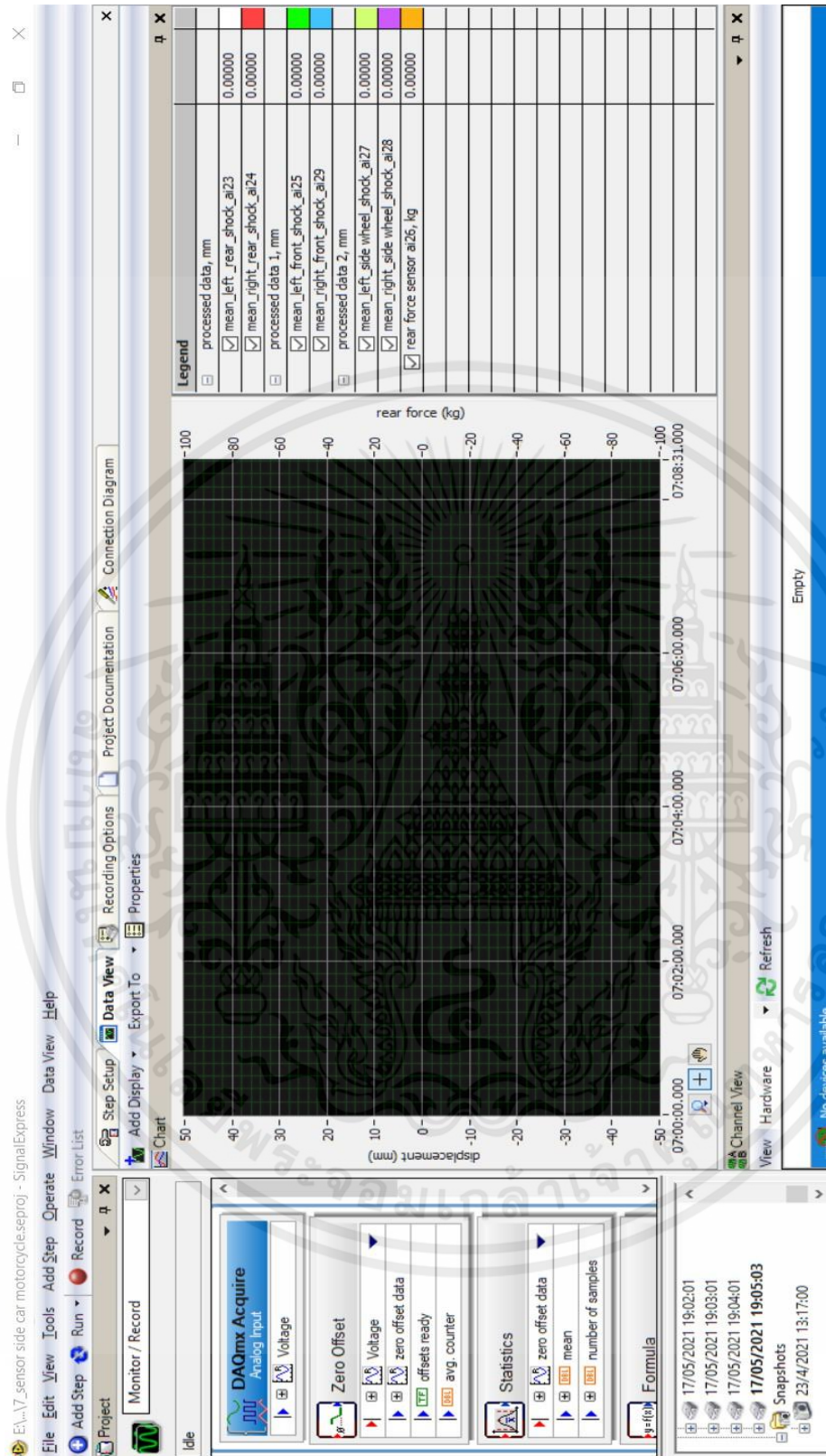
รูปที่ ค.5 หน้า block diagram โปรแกรม LabVIEW 2014 ที่ใช้ในการสอบเทียบไซดหน้า



ภาคผนวก ง

โปรแกรม Signal Express 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 หน้าโปรแกรม Signal Express ที่ใช้ในการทดสอบ

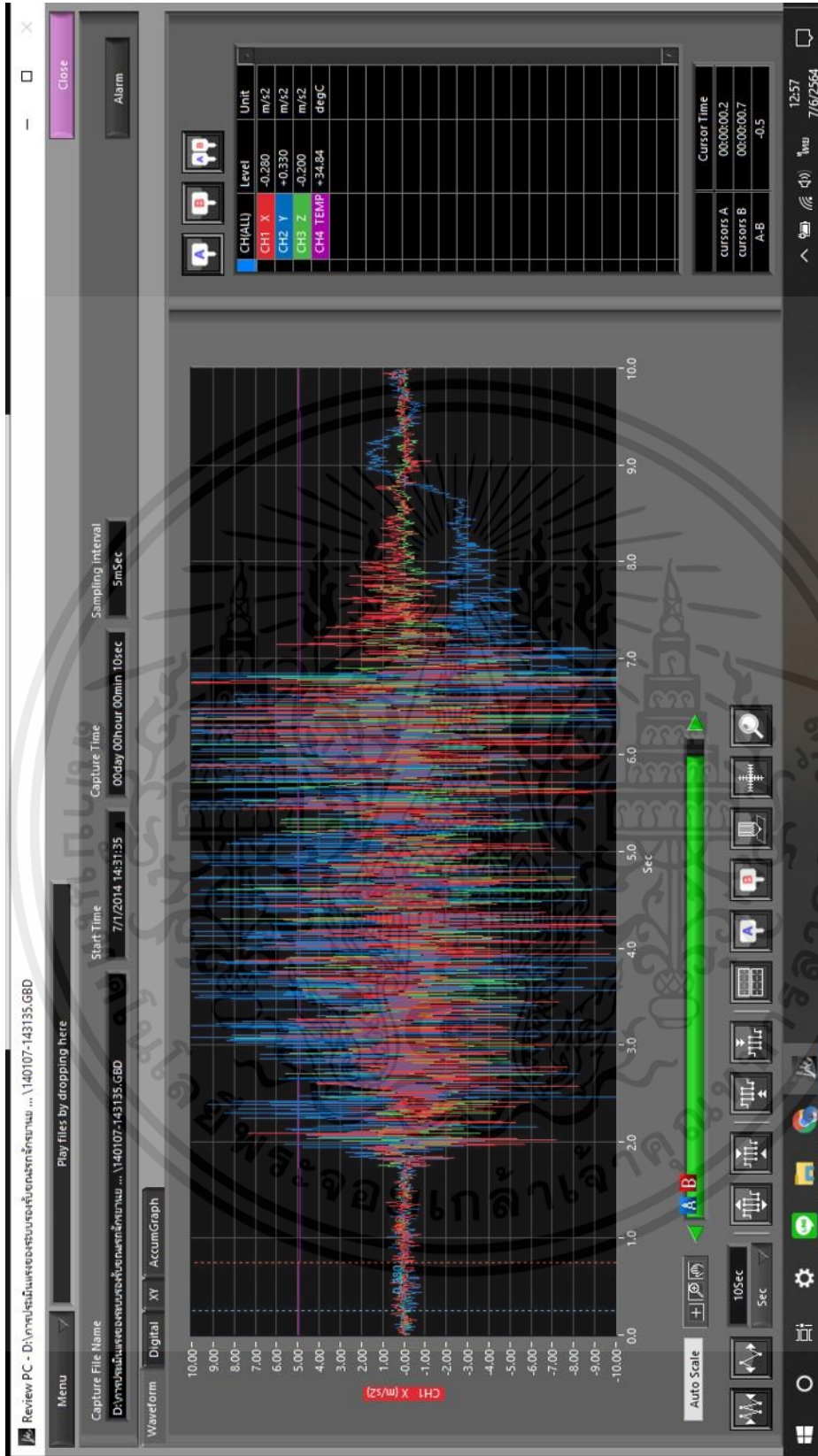
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

โปรแกรม GL 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

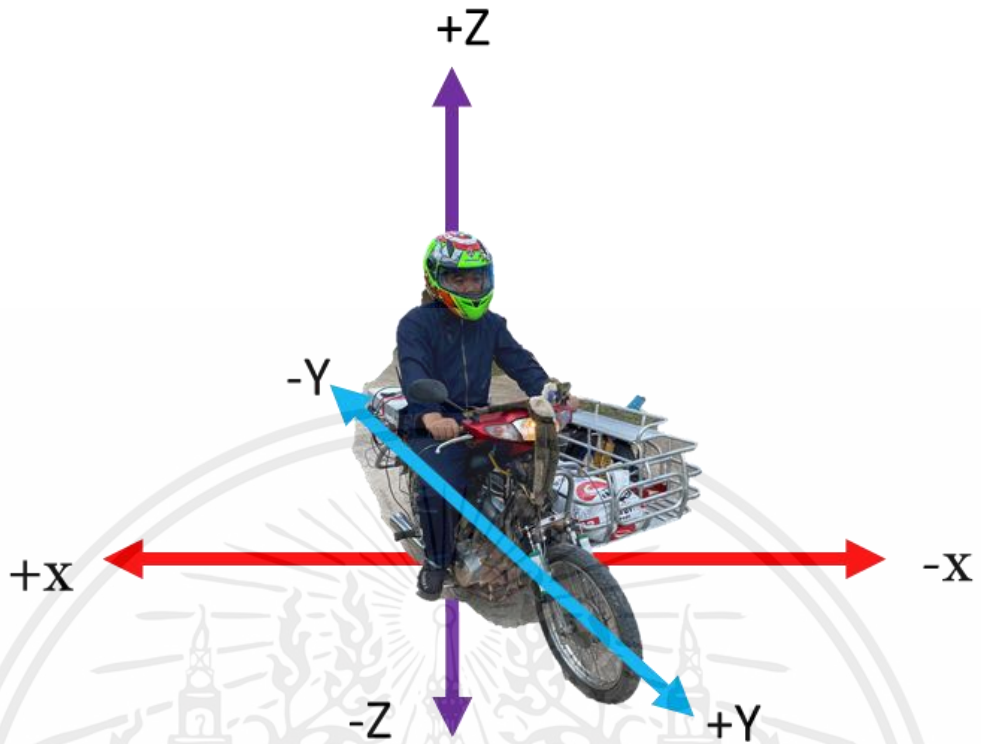


รูปที่ ง.1 หน้าโปรแกรม GL100 ที่ใช้ในการทดสอบ

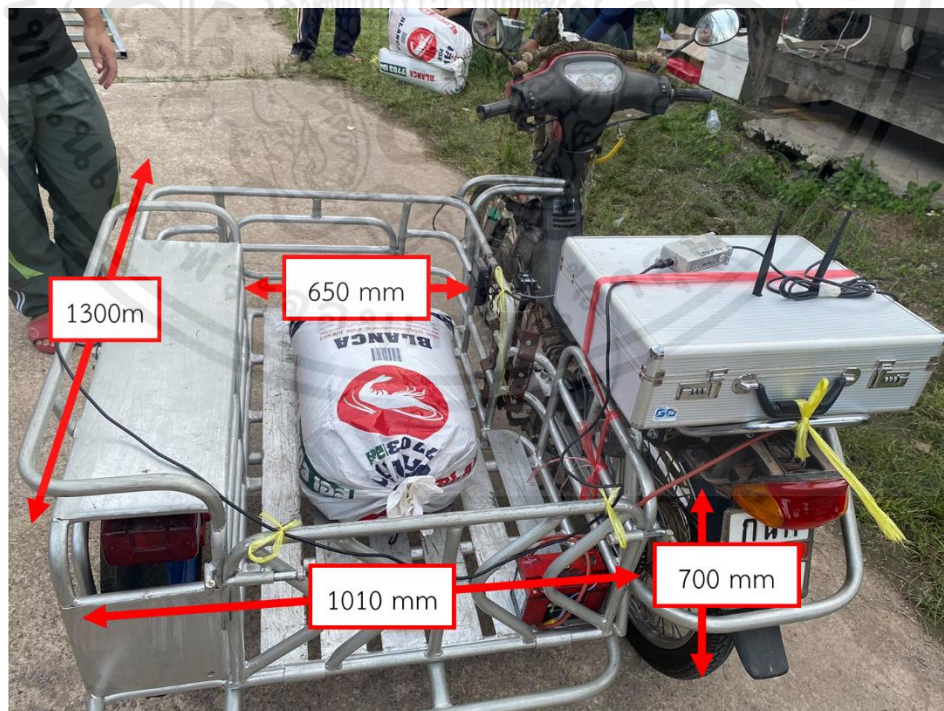
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

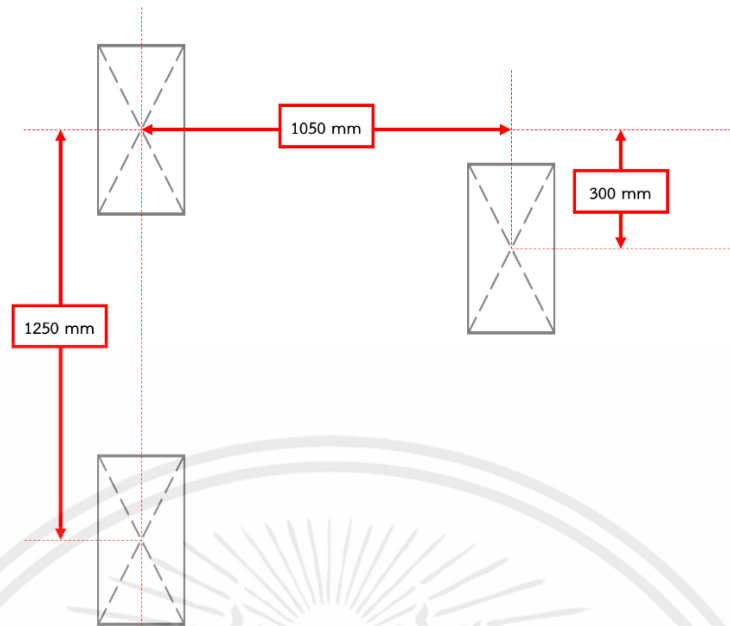


รูปที่ ๑.1 ทิศทางตามแนวแกนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง



รูปที่ ๑.2 ขนาดของพ่วงข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓.3 ระบุฐานล้อย

ตารางที่ ๓.1 รายละเอียดของล้อยจักรยานยนต์พ่วงข้าง

ล้อยจักรยานยนต์พ่วงข้าง	ลมยาง (psi)	หน้ายาง
ล้อหน้า	29	60/100 - 17 M/C 33P
ล้อหลัง	41	70/100 - 17 M/C 40P
ล้อพ่วงข้าง	41	70/100 - 17 M/C 40P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายกิตติทัต นวลเกษร
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2542
ภูมิลำเนา จังหวัดระนอง
ที่อยู่ 33 หมู่ 6 ตำบลปากจั่น อำเภอกระบุรี
จังหวัดระนอง 85110
E-mail kittitad0653683795@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวณัฐธารณ์ สมิง
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 17 ตุลาคม 2541
ภูมิลำเนา จังหวัดชัยนาท
ที่อยู่ 372, 374 ซอยจันทน์ 32 ถนนจันทน์
แขวงทุ่งม้อดดอน เขตสาทร จังหวัด
กรุงเทพมหานคร 10120
E-mail natthaporn1017@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- รองชนะเลิศอันดับ 1 ประเภทการแข่งขัน Formula Student Electric Vehicle TSAE Auto Challenge 2020 Student Formula จัดโดยสถาบันยานยนต์แห่งประเทศไทย
- นักศึกษาในโครงการมกุฎเพชร ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวชนธ์พิชญ์ชา โคกแดง
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 5 มกราคม 2542
ภูมิลำเนา จังหวัดระนอง
ที่อยู่ 32/2 หมู่ 1 ตำบลในวงเหนือ อำเภอละอุ่น
จังหวัดระนอง 85130
E-mail chonpitchak@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต)
โรงเรียนศรีอยุธยา จังหวัดชุมพร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
วศ.บ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ปีการศึกษา 2563
จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้