



ระบบวัดแรงเบรกสำหรับรถจักรยานยนต์

BRAKE FORCE MEASURING SYSTEM FOR MOTORCYCLES

นายธงชัย ทองนาค รหัส 60361750  
นายนทีธร แก้วดวงเล็ก รหัส 60362290  
นายอนาวินทร์ ดีใจ รหัส 60365581

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2563





## ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ : ระบบวัดแรงเบรกสำหรับรถจักรยานยนต์  
 ผู้ดำเนินโครงการ : นายธงวัช ทองนาค รหัส 60361750  
 นายนทีธร แก้วดวงเล็ก รหัส 60362290  
 นายอนาวินทร์ ดีใจ รหัส 60365581  
 ที่ปรึกษาโครงการ : ดร. ปองพันธ์ โอทกานนท์  
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 ปีการศึกษา : 2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรัตนนคร อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
 การศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

  
 .....ที่ปรึกษาโครงการ  
 (ดร. ปองพันธ์ โอทกานนท์)

  
 .....กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

  
 .....กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงการ : ระบบวัดแรงเบรกสำหรับรถจักรยานยนต์  
ผู้ดำเนินโครงการ : นายธงชัย ทองนาค รหัส 60361750  
นายนทีธร แก้วดวงเล็ก รหัส 60362290  
นายอนาวินทร์ ดีใจ รหัส 60365581  
ที่ปรึกษาโครงการ : ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์  
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
ปีการศึกษา : 2563

---

### บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาและสร้างอุปกรณ์ในการวัดแรงกดในการจับเบรกจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งบริเวณปลายนิ้วมือพร้อมยังสร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดันน้ำมันในสายเบรก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลพฤติกรรมในการใช้เบรกของผู้ขับขี่ และเพื่อลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้งานรถจักรยานยนต์ จึงพัฒนาและประยุกต์ใช้กับการออกแบบอุปกรณ์วัดแรงดันน้ำมันเบรก โดยใช้เซนเซอร์ความดันและอุปกรณ์วัดแรงกดที่นิ้วโดยใช้เซนเซอร์แรงกด คณะผู้จัดทำได้ทำการพัฒนาบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถเก็บและบันทึกค่าข้อมูลของแรงดันน้ำมันจากเซนเซอร์ความดันและพฤติกรรมของนิ้วด้วยเซนเซอร์แรงกด แล้วใช้งานร่วมกันเพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์พฤติกรรมในการขับขี่ และได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ GPS เพื่อการเปรียบเทียบผลการทดสอบ โดยการทดสอบจะแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่การใช้เบรกเพื่อให้รถชะลอจนหยุดนิ่ง และการใช้เบรกแบบกะทันหันในสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยใช้ผู้ทดสอบชาย 3 คน ผลการทดสอบพบการใช้งานเบรกของผู้ทดสอบแต่ละคนมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สรุปได้ว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดสามารถแสดงพฤติกรรมของผู้ขับขี่คนนั้นๆได้โดยสามารถระบุช่วงต่างๆ ของการใช้งานเบรกได้โดยที่ผู้ขับขี่อาจไม่ได้รับทราบว่าตนเองมีพฤติกรรมดังกล่าว และสามารถปรับแก้เพื่อความปลอดภัยจากการใช้งานรถจักรยานยนต์ต่อไป

Project title : BRAKE FORCE MEASURING SYSTEM FOR MOTORCYCLES  
Name : Mr. Thongtawat Thongnak ID. 60361750  
Mr. Nateethorn Kaewduanglek ID. 60362290  
Mr. Anawin Deejai ID. 60365581  
Project advisor : Dr.Pongpun Othaganont  
Major : Mechanical Engineering  
Department : Mechanical Engineering  
Academic year : 2020

---

## Abstract

The objective of this project was to design and construct a motorcycle hand break force measuring devices. Oil pressure in the front disc brake and rider's fingers position were recorded. Arduino microcontroller boards were used for storing signal data into SD card. Then, the collected data and motorcycle speed were used for analyzing driver's behavior during braking tests. Four types for barking tests were constructed from three male riders. First and 2<sup>nd</sup> Test was slowing down until the vehicle stop using 2 and 4 fingers to control brake, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> test was a sudden emergency brake. The results showed a noticeable difference in braking pattern and braking performance of each rider. The results of braking behavior can be used for finding solutions to improve brake usage, and it will be leading to increase the safety of motorcycle use.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของผู้เขียนได้นั้น ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร. ปองพันธ์ โอทกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด และชี้แนะความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุเมธ เหมะวัฒนะชัย ที่ช่วยนำเสนอแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการ และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ

ขอขอบคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ได้อบรมเลี้ยงดู และคอยสนับสนุนให้ กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายธงวัช ทองนาค

นายนทีธร แก้วดวงเล็ก

นายอนาวินทร์ ดีใจ

## สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 แผนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
1.6 งบประมาณที่ใช้	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการและทฤษฎี	5

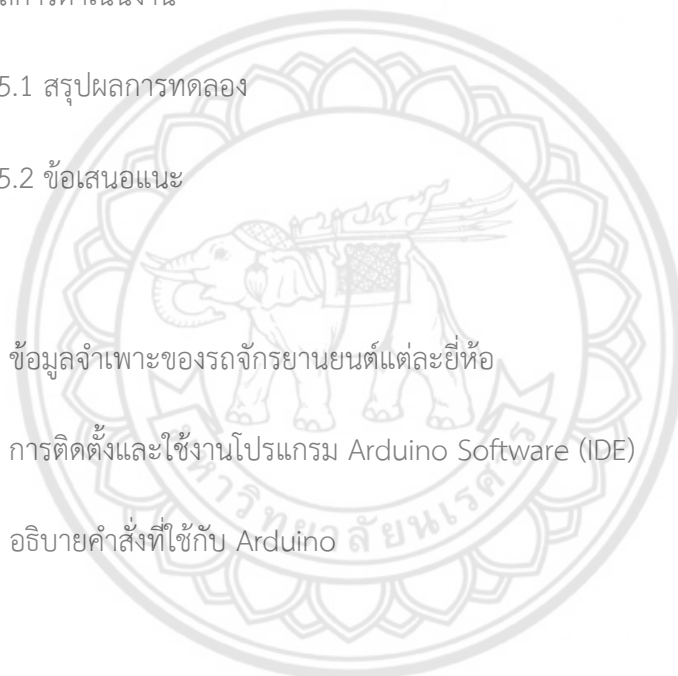


## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 หน่วยของ แรง	18
2.3 การวิเคราะห์แรงเบรกในรถจักรยานยนต์	19
2.4 ตารางจากการรวบรวมข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ที่กำหนด ในประเทศไทย	22
2.5 การใช้เบรกให้ถูกต้อง	25
2.6 ไมโครคอลโทรเลอร์	25
2.7 ระเบียบข้อบังคับที่ 78 (UN Regulation No. 78)	28
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	34
3.1 การออกแบบอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรกที่ใช้กับชุดทดลอง	34
3.2 การออกแบบอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรกที่ใช้กับรถจักรยานยนต์	40
3.3 การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงที่มีมือใช้จับเบรก	46
3.4 การออกแบบการทดสอบอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรก และถ่วงมือวัดแรงกดกับรถจักรยานยนต์บนถนน	51
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	53
4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบสัญญาณ อนาล็อกจากเซนเซอร์ความดันต่อหน้าหนักที่ถ่วงที่ก้านเบรก	54

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองของสัญญาณจากเซนเซอร์ความดันและถุงมือ	55
4.3 การทดลองในการควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้ว	57
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	77
5.1 สรุปผลการทดลอง	77
5.2 ข้อเสนอแนะ	79
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก (ก) ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์แต่ละยี่ห้อ	85
ภาคผนวก (ข) การติดตั้งและใช้งานโปรแกรม Arduino Software (IDE)	113
ภาคผนวก (ค) อธิบายคำสั่งที่ใช้กับ Arduino	116





## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
1.4.1	แผนการดำเนินงาน	4
2.1.1	เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของชนิดของเบรกในรถจักรยานยนต์	13
2.4.1	แบรนด์รถจักรยานยนต์ HONDA	22
2.4.2	แบรนด์รถจักรยานยนต์ YAMAHA	22
2.4.3	แบรนด์รถจักรยานยนต์ SUZUKI	22
2.4.4	แบรนด์รถจักรยานยนต์ DUCATI	23
2.4.5	แบรนด์รถจักรยานยนต์ TRIUMPH	23
2.4.6	แบรนด์รถจักรยานยนต์ BENELLI	23
2.4.7	แบรนด์รถจักรยานยนต์ KAWASAKI	23
2.4.8	แบรนด์รถจักรยานยนต์ HARLEY-DAVIDSON	23
2.4.9	แบรนด์รถจักรยานยนต์ KTM	24
2.4.10	แบรนด์รถจักรยานยนต์ GPX	24
3.4.1	ข้อมูลจำเพาะของผู้ทดสอบการขับขี่	51
4.3.1	ระยะเวลาในการเบรกของผู้ขับขี่ทั้ง 3 คนในการทดสอบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรก เพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหัน	66
4.4.1	ระยะเวลาในการเบรกของผู้ขับขี่ทั้ง 3 คนในการทดสอบใช้ 4 นิ้วในการจับเบรก เพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหัน	76

## สารบัญรูป

รูป	หน้า	
2.1	แบบดรัมเบรก	7
2.2	แบบดิสก์เบรก	8
2.3	แบบวีเบรก	8
2.4	แบบผีเสื้อ	9
2.5	แบบก้ามปู	9
2.6	แบบโคสเตอร์เบรก	10
2.7	ส่วนประกอบของเบรก	10
2.8	การทำงานของเบรกขณะจับก้านเบรก	11
2.9	การคืนสภาพหลังใช้งานเบรก	12
2.10	ระบบการทำงานของดิสก์เบรก	13
2.11	ระบบการทำงานของดรัมเบรก	13
2.12	ส่วนประกอบสำคัญของระบบ Antilock-Braking	15
2.13	การทำงานของ CBS เมื่อจับเบรกด้านขวา	16
2.14	การทำงานของ CBS เมื่อจับเบรกด้านซ้าย	16
2.15	ระยะการเบรกของรถจักรยานยนต์ที่ใช้ระบบ CBS และระบบเบรกธรรมดา	17
2.16	แสดงการส่งถ่ายแรงโดยผ่านทางความดันจากกฎของ Pascal's law	19
2.17	แรงกระทำในขณะเบรกเต็มที่จนล้อลื่น	21
2.18	บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	25
2.19	Analog water pressure sensor 1600PSI	26
2.20	FSR402 sensor	27
2.21	Data Logger Shield	27
2.22	จุดที่แรงกระทำกับก้านเบรก	28
2.23	การติดตั้งโพเทนซีโอมิเตอร์	29
2.24	การส่งข้อมูลไร้สายและการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรง	30
2.25	เครื่องมือทดลอง	31
2.26	เฉลี่ยต่อแรงกดทั้งหมดที่วัดได้ในแต่ละระดับโหลดในการทดลอง	31
2.27	การทดสอบเบรกของรถจักรยานยนต์	32
2.28	ผลการทดสอบเบรกของรถจักรยานยนต์แต่ละรุ่นตามเงื่อนไขต่าง ๆ	33

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.1 การติดตั้งเซนเซอร์ความดัน	35
3.2 คอนโซลหน้ารถจักรยานยนต์	36
3.3 นี้อตร้อยรู	36
3.4 นี้อตร้อยรูตัดแปลง	36
3.5 Flow chart แสดงคำสั่งสำหรับการทดลองถ่วงน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ความดัน	37
3.6 ระยะเวลาผูกเชือกกับก้านเบรก	39
3.7 การทดลองถ่วงน้ำหนัก	39
3.8 เซนเซอร์ความดัน	39
3.9 ภายในกล่องอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	40
3.10 กล่องอุปกรณ์สำหรับใช้งานกับรถจักรยานยนต์	41
3.11 การติดตั้งแท่นวางกับกระจกมองข้าง	41
3.12 การติดตั้งอุปกรณ์กับแท่นวาง	42
3.13 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์พร้อมสำหรับใช้งาน	42
3.14 Flow chart แสดงคำสั่งอุปกรณ์วัดแรงจับเบรกสำหรับใช้งานกับรถจักรยานยนต์	44
3.15 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน sendSensor();	45
3.16 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน WriteText();	45
3.17 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์แรงกดด้านหน้ามือที่ถูงมือ	46
3.18 สายรัดแขนเก็บอุปกรณ์	46
3.19 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์แรงกดด้านหลังมือที่ถูงมือ	47
3.20 ตำแหน่งการรับแรงของเซนเซอร์แรงกดด้านหน้ามือ	48
3.21 Flow chart คำสั่งสำหรับถูงมือวัดแรงกด	49
3.22 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน sendSensor(); ถูงมือวัดแรงกด	50
3.23 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน WriteText(); ถูงมือวัดแรงกด	50
3.24 การทดสอบอุปกรณ์กับรถจักรยานยนต์	52
4.1 กราฟผลการทดลองการถ่วงน้ำหนัก	54
4.2 กราฟผลการทดลองการใช้เซนเซอร์ 2 ชนิดบนบอร์ดเดียวกัน	56

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4.3 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 1	57
4.4 กราฟผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 1	58
4.5 กราฟผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 1	59
4.6 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 2	60
4.7 กราฟผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 2	61
4.8 กราฟผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 2	62
4.9 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 3	63
4.10 กราฟผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 3	64
4.11 กราฟผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 3	65
4.12 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 1	67
4.13 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 1	68
4.14 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 1	69
4.15 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 2	70
4.16 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 2	71
4.17 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 2	72
4.18 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 3	73
4.19 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 3	74
4.20 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 3	75

## สัญลักษณ์และอักษรย่อ

ABS	Anti-Lock Braking System
AREF	Analogue Reference
CBS	Combined Braking System
ECU	Electronic Control Unit
EEPROM	Electrically erasable programmable read-only memory
F	Force
$F_b$	แรงเบรก
FSR	Force Sensitive Resistor
g	Specific gravity
GPS	Global Positioning System
kgf	Kilogram force
N	Newton
RTC	Real Time Clock
SD	Secure Digital Card
SRAM	Static RAM
USB	Universal Serial Bus
$\mu$	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

อุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นบ่อยในประเทศไทย จากรายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2561 สถิติอุบัติเหตุจราจรทางถนนที่ได้รับแจ้ง ปี พ.ศ. 2561 จำนวนอุบัติเหตุ 79,117 ครั้ง ผู้เสียชีวิต 8,366 ราย ผู้บาดเจ็บสาหัส 5,380 ราย โดยมีสัดส่วนอุบัติเหตุจราจรทางถนนจำแนกตามประเภทของยานพาหนะเกิดจากรถจักรยานยนต์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 39 โดยจำนวนอุบัติเหตุที่ถูกบันทึกได้คือ 40,420 ครั้ง จำนวนของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมทั้งหมดคือ 6,358 ครั้งสาเหตุหลักเกิดจากถนนลื่นร้อยละ 32 รองลงมาเป็นสาเหตุจากสภาพแวดล้อมอื่น, มีฝนตก และคนตัดหญ้า เป็นร้อยละ 31, 22 และ 15 ตามลำดับ อุบัติเหตุที่เกิดจากเบรกที่ทำงานผิดปกติหรือก็คือระบบห้ามล้อขัดข้องมีจำนวนมากถึง 2,624 ครั้ง มีสัดส่วนจากสาเหตุของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 46 จากสาเหตุทั้งหมด สาเหตุของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากบุคคลมีจำนวนทั้งหมด 62,897 ครั้ง สาเหตุหลักเกิดจากขับเร็วเกินกฎหมายกำหนดร้อยละ 49 รองลงมาคือขับรถตัดหน้าอย่างกระชั้นชิดร้อยละ 42 ตามมาด้วยสาเหตุอื่น ๆ (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2562) จากปัญหาอุบัติเหตุที่ได้กล่าวมานั้นพบว่าความปลอดภัยในการขับขี่เป็นสิ่งที่ควรคำนึงเป็นอันดับแรก ระบบเบรกเป็นระบบที่มีหน้าที่ชะลอความเร็วของรถหรือทำให้รถหยุด เพื่อป้องกันหรือลดการเกิดอุบัติเหตุในสถานการณ์ฉุกเฉิน

ดังนั้นการพัฒนาต่อยอดระบบเบรกที่ถูกพัฒนาขึ้นมาในปัจจุบันจึงมีความสำคัญ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเบรกของยานพาหนะขณะขับขี่ ซึ่งจะนำไปสู่ความปลอดภัยในการขับขี่ของผู้ใช้ยานพาหนะที่มากขึ้น แต่พฤติกรรมขับขี่ของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในประเทศไทยมีพฤติกรรมขับขี่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนได้มากเนื่องจากผู้ขับขี่บางรายมีอายุน้อยทำให้ขาดประสบการณ์และไม่มีใบอนุญาตในการขับขี่ทำให้ไร้ทักษะที่ถูกต้องและมีความปลอดภัย จึงทำให้

ขาดความชำนาญในการขับขี่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุที่ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย สาหัสและบางรายถึงขั้นเสียชีวิตทั้งผู้ขับขี่และผู้โดยสาร บางเหตุการณ์ลุกลามไปถึงบุคคลภายนอกจนทำให้ทุพพลภาพ และเสียชีวิต

ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นที่มาและความสำคัญในการจัดทำโครงการเพื่อที่จะสร้างอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงที่ผู้ขับขี่ได้ใช้ในการจับเบรกจากเซนเซอร์ Analog water pressure sensor และ FSR402 พร้อมเก็บข้อมูลสำหรับวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการขับขี่ที่ใช้แรงในการจับเบรกเพื่อส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยและแสดงความสำคัญในการใช้งานเบรกของรถจักรยานยนต์ให้ถูกต้องเหมาะสมที่สุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่สามารถวัดแรงเบรกและเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้เบรกของผู้ขับขี่ โดยอุปกรณ์จะสามารถใช้งานได้กับรถจักรยานยนต์ทั่วไป

1.2.2 เพื่อลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการใช้งานรถจักรยานยนต์บนถนน

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 อุปกรณ์สามารถติดตั้งได้กับรถจักรยานยนต์ทั่วไป

1.3.2 อุปกรณ์สามารถวัดแรงที่ผู้ขับขี่จับเบรกหน้าได้เท่านั้น

1.3.3 การทดสอบอุปกรณ์และการจำลองการขับขี่อย่างปลอดภัยภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.4 พัฒนาอุปกรณ์จากเซนเซอร์วัดความดัน Analog water pressure sensor และถ่วงมีอวัดแรงกดจากเซนเซอร์ FSR402

## 1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	กิจกรรม	2562	2563			2564	
		ธ.ค.	ม.ค.-ก.พ.	มี.ค.-เม.ย	พ.ค.-ธ.ค	ม.ค-มี.ค	เม.ย
1	ศึกษาทฤษฎีรวมถึงรายละเอียดต่างๆเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2	ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรกด้วยอนาล็อก water pressure sensor และถุงมือวัดแรงกดจากเซนเซอร์ FSR402						
3	ทดลองหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและค่าอนาล็อกจากอุปกรณ์ต้นแบบและปรับปรุงอุปกรณ์						
4	ทดสอบ และ ประเมินผลประสิทธิภาพของระบบ						
5	วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน						
6	จัดทำรูปเล่มและนำเสนอโครงการ						

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1.5.1 จากข้อมูลที่บ้านทีกได้จากอุปกรณ์จะช่วยเพิ่มทักษะในการใช้งานเบรกให้กับผู้ขับขี่และลดสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากรถจักรยานยนต์

1.5.2 ได้รับข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมการเบรกของตัวผู้ขับขี่ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาระบบเบรกให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



## 1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 Arduino Uno R3	2 ตัว	ราคา 500	บาท
1.6.2 Analog water pressure sensor 110 Bar	1 ตัว	ราคา 750	บาท
1.6.3 FSR402	4 ตัว	ราคา 1040	บาท
1.6.4 Data Logger Shield	2 ตัว	ราคา 230	บาท
1.6.5 Adapter SD Card	2 ชิ้น	ราคา 40	บาท
1.6.6 Micro SD Card	2 ชิ้น	ราคา 310	บาท
1.6.7 นีออน้ำมันเบรก	2 ตัว	ราคา 500	บาท
1.6.8 แผ่น PCB	2 ชิ้น	ราคา 30	บาท
1.6.9 แบตเตอรี่ USB	2 ตัว	ราคา 60	บาท
1.6.10 ถ่านชาร์จ 18650	4 ลูก	ราคา 300	บาท
1.6.11 ถู่มือมอเตอร์ไซค์	1 คู่	ราคา 100	บาท
1.6.12 แหวนรองน้ำมันดีเซลเบรก	5 วง	ราคา 50	บาท
1.6.13 น้ำมันเบรก Shell	1 ขวด	ราคา 212	บาท
1.6.14 สายรัดแขน	1 เส้น	ราคา 185	บาท

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หลักการและทฤษฎี

##### 2.1.1 หน้าที่ของเบรก

หน้าที่ของเบรก โดยเบรกถูกสร้างมาเพื่อทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ช้าลงเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ หรือต้องการให้ยานพาหนะหยุดเมื่อถึงจุดหมาย จะเปลี่ยนจากพลังงานจลน์ขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ กลายเป็นพลังงานความร้อน โดยการเบรกจะเป็นการส่งแรงจากปั๊มผ่านน้ำมัน กำหนดขนาดของแรงได้โดยใช้การจับก้านเบรก หลังจากจับก้านเบรกแล้วจะได้แรงที่ส่งไปยังปั๊มเบรกที่ติดตั้งไว้กับดิสก์เบรกจะทำให้ปั๊มเบรกดันผ้าเบรกให้เสียดสีกับดิสก์เบรกความเร็วของล้อจะลดลงโดยเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนที่ผ้าเบรกแทนและโอนถ่ายไปตามระบบกลับไปยังปั๊มเบรกและน้ำมันในสายเบรกต่อไป เพื่อทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ช้าลง ตามกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกพลังงานไม่สูญหาย แต่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานอย่างอื่นแทน (TS Motor Auto Painting Professional, 2020)

##### 2.1.2 เบรกในรถจักรยานยนต์

เบรกในรถจักรยานยนต์ คือการบังคับห้ามล้อให้มีจำนวนการหมุนที่ลดลง เพื่อชะลอความเร็วหรือหยุดรถแบ่งได้ 3 รูปแบบคือ

ก. เบรกหน้า เป็นเบรกที่มีประสิทธิภาพในการหยุดรถที่ดีที่สุด เมื่อใช้งานจะได้ระยะเบรกสั้นที่สุดแต่ในกรณีที่เบรกแรงเกินไปอาจทำให้เสียการทรงตัวเพราะน้ำหนักจะถูกถ่ายเทมาสู่ล้อหน้าผ่านโช้คเป็นเหตุผลที่ทำให้รถเลี้ยวยากนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุจึงควรระมัดระวังในการใช้

ข. เบรกหลัง มีประสิทธิภาพในการหยุดรตน้อยกว่า ให้การทรงตัวดีกว่าแต่หากใช้เบรกหลังเป็นหลักอาจทำให้เกิดปัญหาการลื่นของล้อและการสิ้นเปลือง

ค. เบรกด้วยเครื่องยนต์ (Engine Brake) คือแรงหน่วงของเครื่องยนต์เกิดขึ้นเมื่อถอนคันเร่งจนสุด โดยใช้ระบบเกียร์เข้ามาช่วยลดจากเกียร์สูงมาเกียร์ต่ำ เพราะในเกียร์ต่ำมีแรงหน่วงมากกว่าเกียร์สูง (ADMIN, 2018), (P\_P, 2019)

### 2.1.3 การเบรกที่ถูกต้องในกรณีต้องการหยุดรถปกติหรือกรณีฉุกเฉิน

สำหรับการเบรกที่ถูกต้องในกรณีต้องการหยุดรถปกติหรือกรณีฉุกเฉินที่จำเป็นต้องหยุดรถให้มีระยะการเบรกน้อยที่สุดมีขั้นตอนที่จะทำให้การเบรกมีประสิทธิภาพมากที่สุดดังต่อไปนี้

ก. เมื่อเจอสถานการณ์ที่จำเป็นต้องหยุดรถก่อนอื่นจะต้องตั้งสติและห้ามทำการจับเบรกจนสุดแรงเพราะจะทำให้รถเกิดเสียการควบคุมได้

ข. ให้เริ่มถอนคันเร่งให้สุดหากในรถจักรยานยนต์ที่มีคลัทช์ห้ามบีบคลัทช์เป็นอันขาด เพราะจะเป็นการตัดกำลังของเครื่องยนต์ออกไปทำให้ไม่ได้รับแรงหน่วงจากเครื่องยนต์มาเสริมในการเบรก

ค. จากนั้นทำการจับเบรกโดยการจับในปริมาณที่ไม่มากจนเกินไปโดยจะจับเบรกหน้าเป็นหลักรองลงมาคือเบรกหลังเพราะหากการจับเบรกหน้าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการหยุดรถหรือชะลอรถแต่หากจับเบรกหน้ามากเกินไปจะทำให้เกิดการเสียการทรงตัวจากล้อหลังที่ยังคงมีความเร็วอยู่ด้านท้ายของรถจึงจะเกิดการสะบัดและหากจับเบรกหลังมากเกินไปรถจะยังคงสภาพการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าอยู่โดยไม่เสียการทรงตัวแต่เบรกหลังนั้นจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าเบรกหน้าในรถจักรยานยนต์

ง. หลังจากนั้นหากเป็นรถจักรยานยนต์อัตโนมัติให้ทำการจับ-ปล่อยเบรกให้เป็นจังหวะแต่ในส่วนของรถจักรยานยนต์ที่มีระบบเกียร์ให้ทำการลดระดับของเกียร์ลงมาพร้อมกับทำการจับเบรกแบบจับ-ปล่อยไปพร้อม ๆ กันการลดลงของระดับเกียร์จะทำให้ได้แรงหน่วงจากเครื่องยนต์เพิ่มมากขึ้นตามความต่ำของเกียร์

จ. ปฏิบัติการของผู้ขับขี่สำคัญมากหากผู้ขับขี่มีประสบการณ์อยู่แล้วจะทำให้สามารถหยุดรถหรือชะลอความเร็วได้โดยไม่เกิดอุบัติเหตุแต่หากผู้ขับขี่ขาดประสบการณ์จะทำให้ทุกการตัดสินใจเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอย่างเห็นได้ชัด

#### 2.1.4 ส่วนประกอบของระบบเบรกแบบสาย

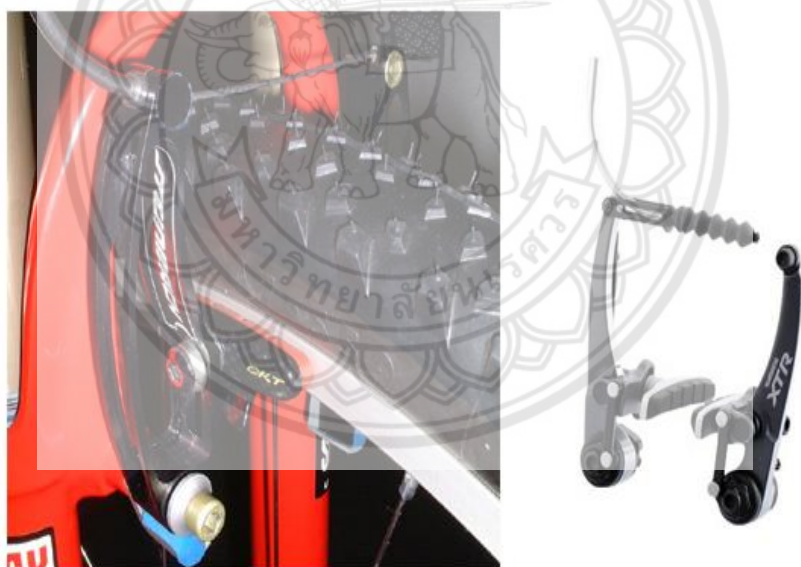
ระบบเบรกแบบสายเคเบิล ปัจจุบันเป็นระบบเบรกที่พบได้ในรถจักรยาน เมื่อทำการจับก้านเบรกจะทำให้ยางเบรก ไปกดขอบยางล้อโดยยางเบรกจะทำให้พลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนทำให้รถจักรยานเคลื่อนที่ช้าลงและหยุดในที่สุด โดยระบบเบรกแบบสายเคเบิลจะมีรูปแบบหลักๆ คือ วีเบรก เบรกผีเสื้อ เบรกก้ามปู โคสเตอร์เบรก ดิสก์เบรก และดรัมเบรก ดังแสดงในรูปภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 แบบดรัมเบรก  
(ที่มา :สิทธา ทองมี, 2020)



รูปที่ 2.2 แบบดิสก์เบรก  
(ที่มา :สิทธา ทองมี, 2020)



รูปที่ 2.3 แบบวีเบรก  
(ที่มา :สิทธา ทองมี, 2020)



รูปที่ 2.4 แบบผีเสื้อ  
(ที่มา :สิทธา ทองมี, 2020)



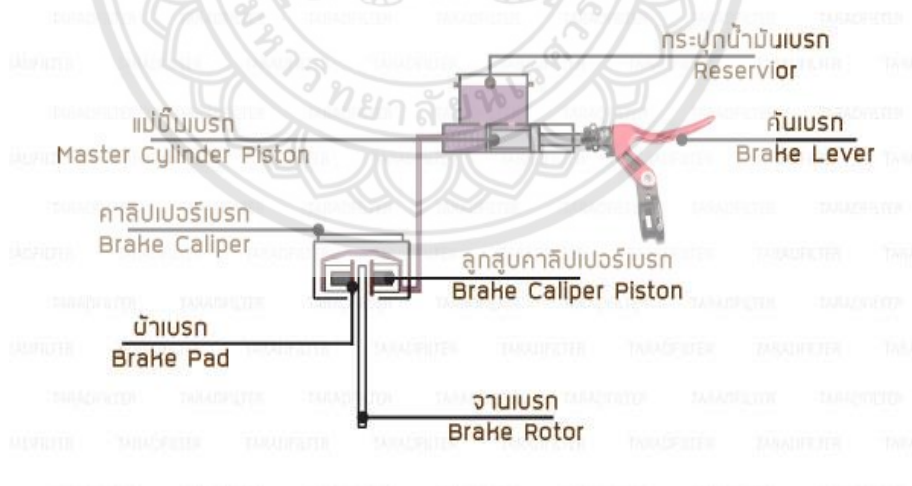
รูปที่ 2.5 แบบกำมปู  
(ที่มา :สิทธา ทองมี, 2020)



รูปที่ 2.6 แบบโคสเตอร์เบรก  
(ที่มา :สิทธิทา ทองมี, 2020)

### 2.1.5 ส่วนประกอบของระบบเบรกแบบไฮดรอลิก

ระบบเบรกแบบไฮดรอลิกมี 7 ชิ้นส่วนดังรูปที่ 7 (Admin Ling, 2017)



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของเบรก  
(ที่มา : Admin Ling, 2017)

ก. กระปุกน้ำมันเบรก เป็นอุปกรณ์เก็บน้ำมันเบรกเพื่อเอาไว้ใช้ในระบบเบรก



ข. คันเบรก เป็นอุปกรณ์ในการกำหนดขนาดของแรงเบรกด้วยการส่งกำลังไปยังแม่ปั๊มเบรกโดยการจับก้านเบรกดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9

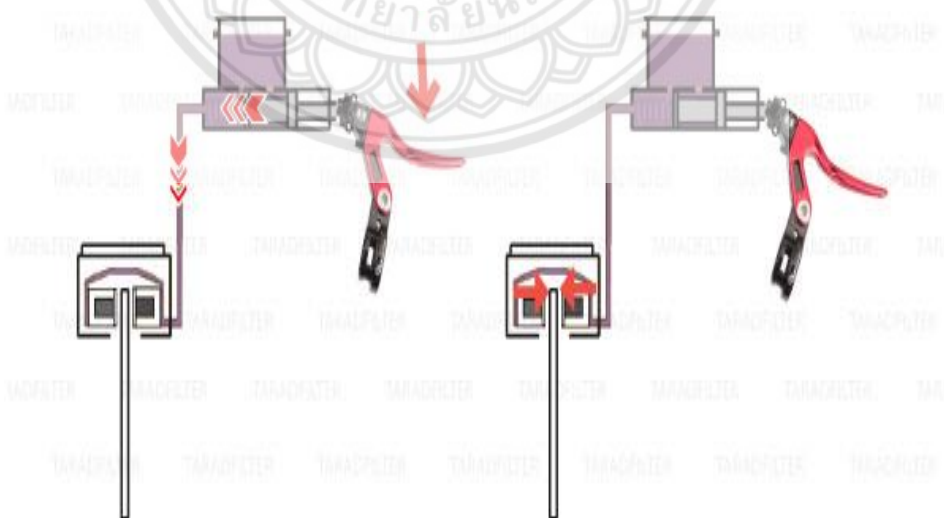
ค. แม่ปั๊มเบรก เป็นตัวสร้างแรงดันและส่งผ่านกำลังให้น้ำมันเบรกไปยังลูกสูบคาลิเปอร์เบรก

ง. ลูกสูบคาลิเปอร์เบรก บังคับการทำงานของคาลิเปอร์เบรกโดยได้รับพลังงานจากน้ำมันที่ส่งมาจากแม่ปั๊มเบรก

จ. คาลิเปอร์เบรก ทำหน้าที่ดันผ้าเบรกเพื่อเพิ่มความต้านทานให้กับจานเบรกเพื่อชะลอความเร็วในการหมุนของล้อ

ฉ. จานเบรก เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับล้อเอาไว้ใช้ในการเบรกให้ยานพาหนะมีความเร็วลดลง

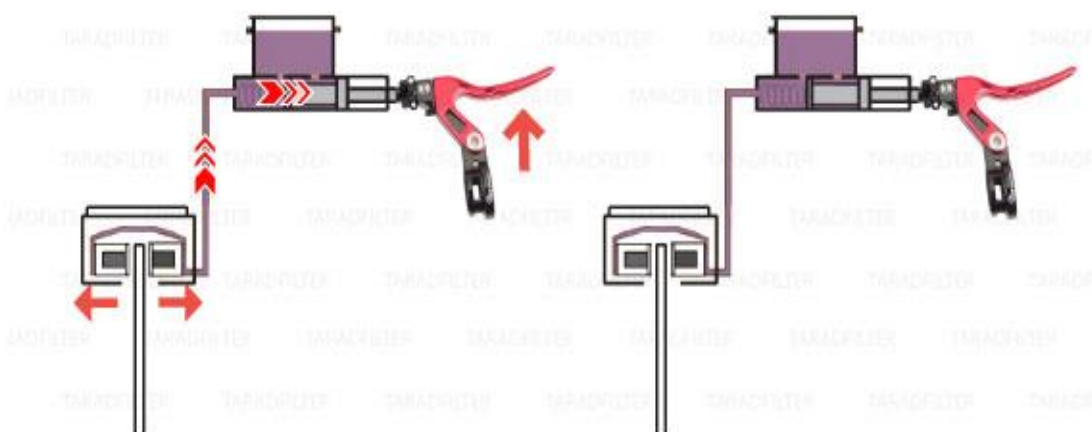
ช. ผ้าเบรก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มความต้านทานให้กับจานเบรกและเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้เป็นพลังงานความร้อน



รูปที่ 2.8 การทำงานของเบรกขณะจับก้านเบรก

(ที่มา : Admin Ling, 2017)





รูปที่ 2.9 การคืนสภาพหลังใช้งานเบรก  
(ที่มา : Admin Ling, 2017)

### 2.1.6 ชนิดของเบรกในรถจักรยานยนต์

ชนิดของเบรกในรถจักรยานยนต์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ เบรกในปัจจุบันมี 2 ชนิดคือ ดิสก์เบรก ดรัมเบรก และมีระบบเบรกแบบ Anti-lock Braking System (ABS) เป็นระบบที่ถูกพัฒนา มาภายหลัง เพื่อป้องกันการเบรกจนล้อลื่นหรือตกตาย ซึ่งเกิดมาจากการแก้ไขปัญหาการเบรกแล้วเกิดการ ลื่นไถล (K.LOP AUTOMOTIVE PARTS, 2020), (RaiToZ Boxza, 2018), (serithai1, 2011)

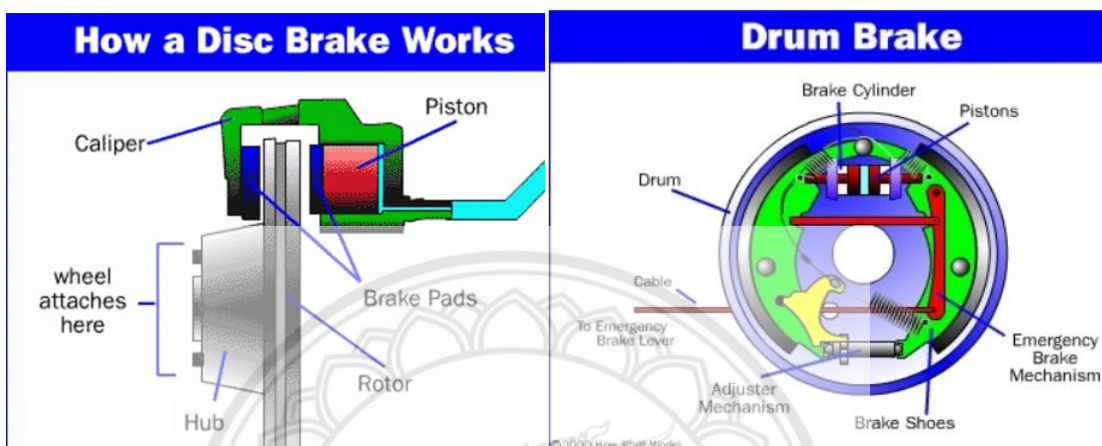
#### ก. ดิสก์เบรก (Disc brake)

ดิสก์เบรก (Disc brake) มีส่วนประกอบคือแผ่นผ้าเบรก คาลิปเปอร์ (ปั้มเบรก) แผ่นจานโรเตอร์ (จานเบรก) หลักการทำงานของดิสก์เบรกโดยเมื่อทำการเบรกเกิดแรงดัน น้ำมันเบรก จะวิ่งไปตามสายเบรกเพื่อดันแผ่นผ้าเบรกที่ติดอยู่กับตัวปั้มเบรกไปสัมผัสกับตัวแผ่นจานเบรกเกิดการ เสียดสีระหว่างแผ่นผ้าเบรกกับแผ่นจานเบรกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงาน ความร้อน ในการระบายความร้อนของดิสก์เบรกโดยทำการเจาะรูที่แผ่นจานเบรกเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวใน การระบายความร้อนมีมากขึ้นดังรูปที่ 10

#### ข. ดรัมเบรก (Drum brake)

ดรัมเบรก (Drum brake) มีส่วนประกอบคือฝาครอบเบรกที่ติดกับตุ้มล้อ และชุด ฝักเบรกประกอบด้วยแผ่นผ้าเบรก สปริง ปั้มกระบอกสูบ หลักการทำงานของดรัมเบรกเมื่อเกิดแรงดัน น้ำมันเบรกจะวิ่งไปตามสายเบรกเข้าสู่ปั้มกระบอกสูบเกิดการขยายตัวของปั้มกระบอกสูบดันแผ่นผ้า

เบรกที่ติดอยู่กับชุดฝักเบรกให้ติดกับด้านในฝาครอบเบรกซึ่งติดอยู่กับดุมล้อทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างแผ่นผ้าเบรกกับฝาครอบด้านในจนทำให้รถชะลอความเร็วหรือหยุดรถ ขณะปล่อยสปริงจะทำหน้าที่ดึงผ้าเบรกออกดังรูปที่ 11



รูปที่ 2.10 ระบบการทำงานของดิสก์เบรก  
(ที่มา : จรัส บุญยธรรมา, 2020)

รูปที่ 2.11 ระบบการทำงานของดรัมเบรก  
(ที่มา : BEW FASTERLIFE, ระบบดรัมเบรก มีวิธีดูแล  
อย่างไร มาดูกัน, 2015)

ข้อดีข้อเสียของดิสก์เบรกและดรัมเบรกเป็นไปดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของชนิดของเบรกในรถจักรยานยนต์

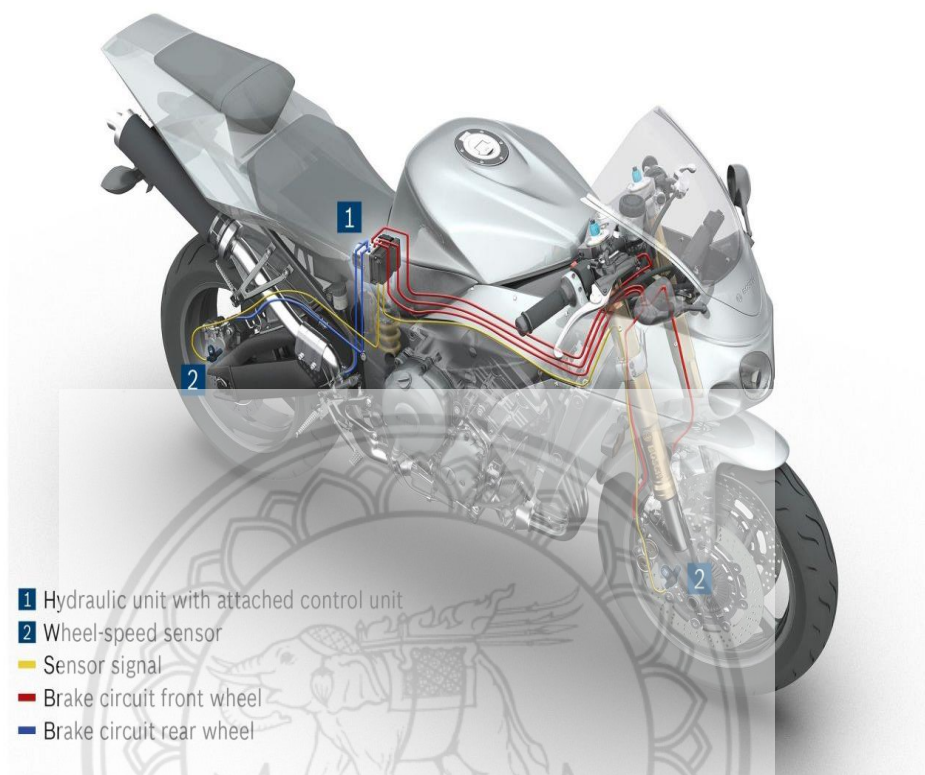
ชนิดเบรก	ข้อดี	ข้อเสีย
ดิสก์เบรก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบายความร้อนได้ดี</li> <li>- ระบายน้ำได้ดี</li> <li>- บำรุงรักษาได้ด้วยตัวเอง</li> <li>- ตอบสนองทันที มีความแม่นยำสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง</li> <li>- เปลี่ยนผ้าเบรกบ่อย</li> </ul>
ดรัมเบรก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- กำลังในการหยุดรถสูง</li> <li>- ไม่ต้องการการดูแลรักษาบ่อย</li> <li>- ออกแรงกดน้อย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีความร้อนสะสมสูง</li> <li>- ระบายน้ำได้ไม่ดี</li> <li>- ตอบสนองช้า มีความแม่นยำต่ำ</li> </ul>

(ที่มา : RaiToZ Boxza, 2018)

โดยทั่วไปแล้วนั้นรถจักรยานยนต์มีความเสถียรหรือความมั่นคงน้อยกว่ารถยนต์สี่ล้ออยู่แล้ว ดังนั้นการใช้แรงเบรกที่มากเกินไปอาจทำให้รถจักรยานยนต์เกิดการเสียการควบคุมที่นำไปสู่การลื่นของล้อหน้าหรือล้อหลังจนทำให้รถจักรยานยนต์เกิดการพลิกคว่ำหรือไถลได้หรือในกรณีที่การเบรกไม่แรงพออาจส่งผลให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการชนได้จนนำไปสู่การคิดค้นระบบที่จะมาช่วยแก้ปัญหาตรงนี้ได้แก่

### 2.1.7 ระบบเบรกป้องกันล้อล็อก (Anti-Lock Braking System, ABS)

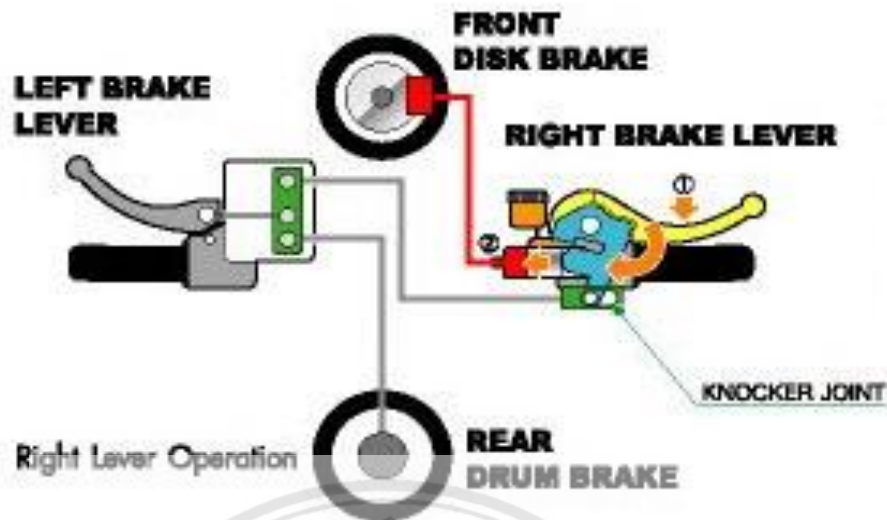
ระบบเบรกป้องกันล้อล็อก (Anti-Lock Braking System, ABS) ในการป้องกันล้อล็อกตายและเพิ่มความมั่นคงให้กับการขับขี่จักรยานยนต์โดยที่ ABS จะใช้เซนเซอร์ความเร็วเพื่อกำหนดความเร็วของล้อทั้งสองอย่างแม่นยำรวมไปถึงระบุว่าล้อนั้นจะล็อกเมื่อใด โดยตัวระบบจะปรับแรงดันของเบรกเพื่อรักษาเสถียรภาพของรถจักรยานยนต์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ABS ได้แสดงให้เห็นถึงระยะเบรกที่สั้นลงและได้พิสูจน์แล้วว่ามีส่วนช่วยในการลดอุบัติเหตุบนท้องถนน ABS จึงเป็นอุปกรณ์มาตรฐานหรือเป็นอุปกรณ์ทางเลือกในรถจักรยานยนต์ (Brian, Stuart, Matteo, Laurie, & Michael, 2015) ในรถจักรยานยนต์ปกติกันเบรกจะเชื่อมต่อโดยตรงกับคาลิปเปอร์ (ปั๊มเบรก) แรงที่ผู้ขับขี่จับก้านเบรกจะกระทำโดยตรงกับตัวปั๊มเบรกและดิสก์โดยไม่มีการหยุดยั้งใด ๆ ในกรณีของ ABS แรงจากการจับเบรคนั้นจะส่งผ่านโดย ECU และไฮดรอลิกวาล์ว โดยการที่จะวัดความเร็วล้อแต่ละล้ออย่างต่อเนื่องและเปรียบเทียบกับความเร็วของล้อที่ระบบได้ประมาณการณ์ไว้ หากในระหว่างการเบรกความเร็วล้อที่วัดได้ไม่เป็นไปตามที่ประมาณไว้ระบบ ABS จะเข้าควบคุมและแก้ไขแรงเบรกเพื่อให้ความเร็วล้ออยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุด คอนโทรลเลอร์ของ ABS ไม่ได้เป็นเพียงแค่ ECU ธรรมดาแต่ได้มีการเขียนโปรแกรมที่จะทำให้หลีกเลี่ยงให้ความเร็วการหมุนของล้อเป็นศูนย์ที่เรียกว่าล้อล็อกโดยการปล่อยแรงเบรกชั่วคราวโดยการปิดวาล์วกระปุกน้ำมัน ในการทำงาน ECU จะทำการตรวจสอบความเร็วของล้ออย่างต่อเนื่อง เมื่อพบว่าล้อใดล้อหนึ่งหมุนช้ากว่าล้ออื่น ECU จะทำการย้ายวาล์วเพื่อลดแรงดันในวงจรเบรกซึ่งจะช่วยลดแรงเบรกที่ล้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อล้อเกิดมีความเร็วมากหรือน้อยไปอีกครั้งกระบวนการนี้จะทำซ้ำอย่างต่อเนื่อง (Deepak , 2011) รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบ ABS และส่วนประกอบสามารถระบุได้จากรูปที่ 12



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบสำคัญของระบบ Antilock-Braking  
 (ที่มา : Deepak , 2011)

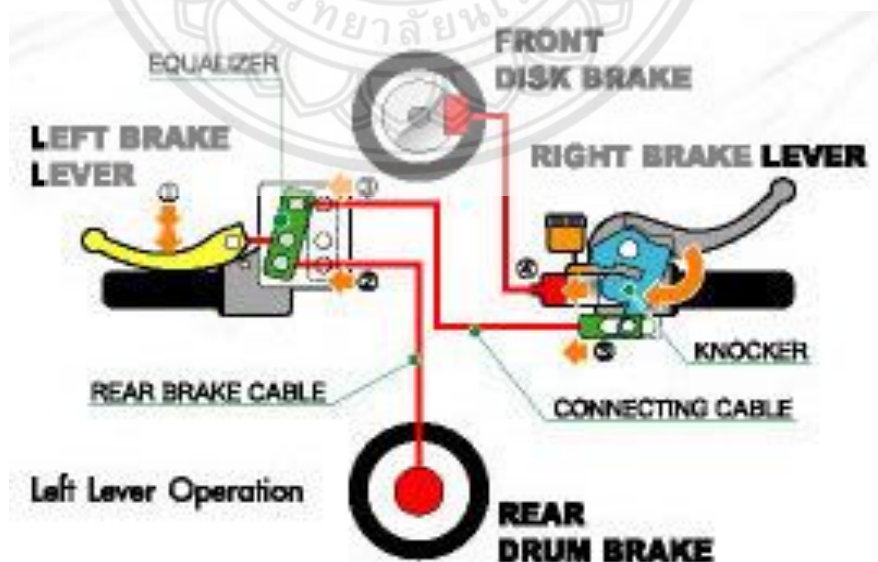
### 2.1.8 ระบบเบรกร่วม (Combined Braking System, CBS)

ระบบเบรกร่วม (Combined Braking System, CBS) เป็นระบบกระจายเบรกให้เบรกที่ล้อหน้า และล้อหลังทำงานผสมผสานกันเพื่อให้การเบรกสามารถหยุดได้อย่างเหมาะสมล้อย่อมลื่นไถล หรือลื่นไถล จากการใช้ล้อใดล้อหนึ่งในการเบรกเพียงอย่างเดียว การทำงานของระบบเบรกร่วมดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14 (BEW FASTERLIFE, 2015)



รูปที่ 2.13 การทำงานของ CBS เมื่อจับเบรกด้านขวามือ  
(ที่มา : BEW FASTERLIFE, 2015)

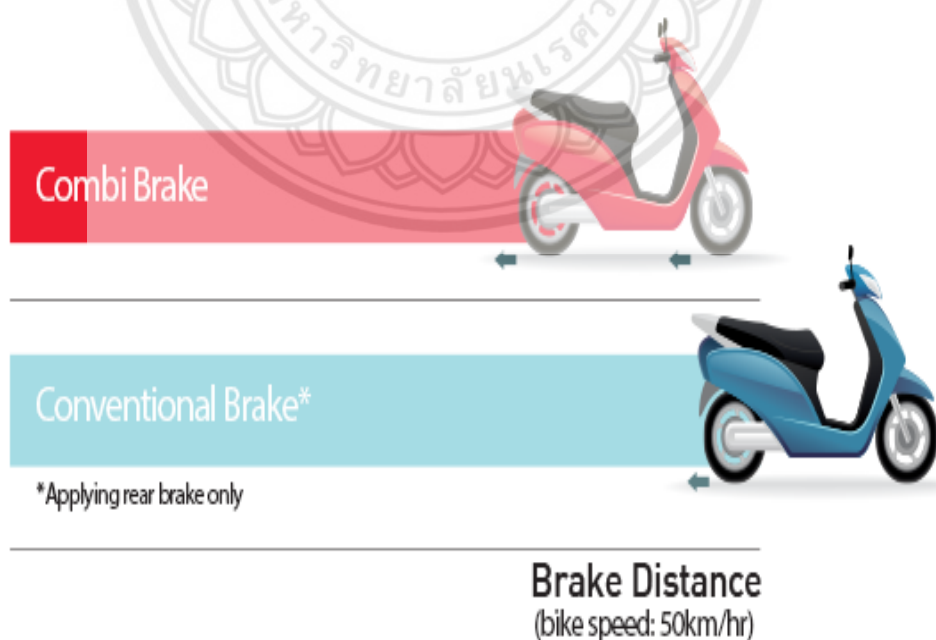
จากรูปที่ 13 เมื่อจับเบรกด้านขวามือ Knocker joint จะถูกดันและส่งแรงกดไปที่ piston โดยทำให้เบรคหน้าทำงาน



รูปที่ 2.14 การทำงานของ CBS เมื่อจับเบรกด้านซ้ายมือ  
(ที่มา : BEW FASTERLIFE, 2015)



จากรูปที่ 14 เมื่อจับเบรกข้างซ้าย Equalizer จะทำงาน เกิดมีแรงโหลดขึ้น ที่สายเบรกหลัง และที่สาย Connecting Cable กำลังที่เกิดขึ้นที่สาย Connection Cable จะส่งไปยังเบรกหน้า โดยผ่านอุปกรณ์ชื่อ Knocker เพื่อไปดัน Piston ทำให้เบรกหน้าทำงาน แรงเบรกจึงกระจายไปทั้งล้อหน้า และล้อหลัง (noonza, 2013) การใช้เบรกทั้งสองข้างซ้ายขวาในอัตราส่วนที่ต่างกันนั้นเป็นวิธีที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับการเบรกอย่างปลอดภัยผู้ขับขี่จะต้องกำหนดการจับเบรกตามสัดส่วนตามประสบการณ์การขับขี่และสภาพพื้นผิวถนน ตามมาตรฐานสากลคือยานพาหนะทุกคันควรมีระบบเบรกที่แตกต่างกันสองระบบ ดังนั้นรถจักรยานยนต์จึงมีระบบเบรกสองระบบแยกกันสำหรับล้อหน้าและล้อหลัง CBS จะทำให้ให้ระบบเบรกทั้งสองทำงานประสานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากรูปที่ 15 จะพบว่ารถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบ CBS จะทำให้ระยะการหยุดรถสั้นลงกว่ารถจักรยานยนต์ที่ใช้การเบรกแบบธรรมดา แต่ในการใช้งานระบบเบรก CBS นั้นมีข้อควรระวัง เพราะการจับเบรกที่มากเกินไปอาจทำให้ล้อล็อกได้เช่นกันเพราะไม่มีส่วนของตัวตัดกำลังการเบรก เพียงแต่ช่วยลดระยะการเบรกให้สั้นลงเท่านั้น ผู้ขับขี่ควรมีประสบการณ์ในการใช้งานเพื่อไม่ให้ทำให้เกิดอุบัติเหตุต่อไป



รูปที่ 2.15 ระยะการเบรกของรถจักรยานยนต์ที่ใช้ระบบ CBS และระบบเบรกธรรมดา  
(ที่มา : Honda, 2020)

### 2.1.9 การเปรียบเทียบระบบเบรกในรถจักรยานยนต์

การเปรียบเทียบระบบเบรกในรถจักรยานยนต์แตกต่างกันที่ ABS จะทำการตัดแรงเบรกออกและส่งกลับไปอย่างมีจังหวะไปยังล้อทั้งสองข้างกันลื้อลื้อคตายได้ในขณะที่ CBS จะทำการเพิ่มแรงเบรกให้กับล้อทั้งสองโดยความมากน้อยขึ้นกับตัวผู้ขับขี่เองแต่แรงเบรกที่ส่งไปทั้งสองล้อและจะมีอัตราส่วนระหว่างกันอยู่ แต่ที่สุดแล้วไม่ว่าจะเป็นระบบ ABS หรือ CBS ก็จะมีส่วนที่เหมือนกันคือระบบทั้งสองจะช่วยลดโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุได้ จากการลดระยะเวลาของการเบรก, การลดความเร็วของจักรยานยนต์ และการสร้างเสถียรภาพระหว่างการขับขี่ ทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้งานเบรกจะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ขับขี่เป็นหลัก หากตัวรถจักรยานยนต์อยู่ในสภาพปกติ พื้นถนนแห้ง และตัวแปรอื่น ๆ คงที่ ความแตกต่างระหว่างการเบรกด้วยดิสก์เบรกปกติ และดิสก์เบรกที่ได้รับการติดตั้งระบบ ABS คือ ดิสก์เบรกปกติเป็นระบบเบรกพื้นฐานทำหน้าที่ชะลอความเร็วของรถหรือทำให้รถหยุดที่สามารถควบคุมได้แต่มีปัญหาคือถ้าทำการเบรกมากเกินไปจะทำให้เกิดการลื้อที่ทำการเบรคนั้นเกิดการลื้อคตายอาจทำให้เกิดการไถลออกนอกเส้นทางในบางกรณีอาจเกิดการสะบัดจนนำไปสู่การเสียความสามารถในการควบคุมรถและเกิดอุบัติเหตุในที่สุด ส่วนดิสก์เบรกที่ติดตั้งระบบ ABS นั้นเป็นระบบเบรกป้องกันลื้อคทำงานแบบจับ-ปล่อยที่เข้ามาเสริมประสิทธิภาพให้กับดิสก์เบรกแบบธรรมดาให้ไม่เกิดปัญหาต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในกรณีของดรัมเบรกก็เป็นเช่นเดียวกันกับดิสก์เบรกที่ ABS นั้นช่วยแก้ไข้ปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้น ABS เป็นตั้ง Software ที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของดิสก์เบรกและดรัมเบรกที่เปรียบเสมือนตัว hardware นั้นเอง

## 2.2 หน่วยของ แรง

2.2.1 แรง (Force : F) จะเป็นไปตามสมการที่ 2.1 (Thai-German Institute, 2021)

$$\text{Force} = \text{Mass} \times \text{Specific gravity} \quad 2.1$$

ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นนั้นเป็นแรงที่เกิดจากมวลของน้ำหนักเรียกว่า กิโลกรัมแรง (Kilogram force: *kgf*)

2.2.2 การส่งผ่านแรงโดยความดันของของไหล (Force transmission by pressure of Pascal's law)

จากนิยามของปาสคาล สามารถสรุปได้ดังนี้

ก. ความดันที่เกิดจากของไหลที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดจะปรากฏและกระทำโดยมีค่าเท่ากันในทุกทิศทางต่อพื้นผิวของภาชนะ

ข. ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นจากความดันจะกระทำในทิศตั้งฉากกับพื้นที่ที่ของไหลนั้นสัมผัสอยู่

ค. ความดันภายในภาชนะปิดเดียวกันจะเท่ากัน

ลักษณะเช่นเดียวกับการส่งผ่านความดันของของไหลจะพบว่าที่ความดันทุกๆจุดในระบบปิดจะเท่ากันโดยไม่ขึ้นกับลักษณะรูปร่างของภาชนะที่ใช้บรรจุดังรูปที่ 2.16

เมื่อระบบอยู่ในสภาพสมดุลจะได้ว่าความทั้งหมดในระบบจะมีค่าเท่ากันทั้งระบบ



รูปที่ 2.16 แสดงการส่งถ่ายแรงโดยผ่านทางความดันจากกฎของ Pascal's law  
(ที่มา : Thai-German Institute, 2021)

### 2.3 การวิเคราะห์แรงเบรกในรถจักรยานยนต์ (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 1999)

ในการวิเคราะห์แรงที่ได้จากการจับเบรกโดยการจับเบรกจะมีผลโดยตรงต่อความเร่ง ( $a$ ) ของรถโดยเมื่อมีการจับเบรกจะทำให้เกิดแรงเบรก ( $F_b$ ) ที่มาจากมวล ( $m$ ) รวมทั้งหมดกับความหน่วงในการเบรก ( $a'$ ) โดยที่สามารถหาความหน่วงของเบรกได้จากสมการต่อไปนี้



$$a' = \frac{u^2 - v^2}{2S} \quad 2.2$$

โดยที่	$a'$	= ความหน่วงในการเบรก	$(m/s^2)$
	$u$	= ความเร็วต้น	$(m/s)$
	$v$	= ความเร็วปลาย	$(m/s)$
	$S$	= ระยะทางที่ใช้งานเบรก	$(m)$

จากสมการที่ 2.2 ระยะทางที่ใช้งานเบรกจะสามารถหาได้จากสมการการเคลื่อนที่  
ในเชิงเส้นเมื่อความเร่งคงที่ต่อไปนี้

$$S = \left( \frac{u+v}{2} \right) t \quad 2.3$$

โดยที่  $t$  = เวลา (s)

จากสมการที่ 2.2 นั้นเมื่อทำการคำนวณหาค่าความหน่วงในการเบรกได้แล้วนั้นจะ  
สามารถทำการหาค่าแรงเบรกได้จากนำไปรวมกับมวลรวมทั้งหมดจะเป็นดังสมการต่อไปนี้

$$F_b = ma' \quad 2.4$$

โดยที่	$F_b$	= แรงเบรก	$(N)$
	$m$	= มวลรวมทั้งหมด	$(kg)$

นอกจากนี้ค่าความหน่วงในการเบรกจากสมการที่ 2.2 จะสามารถทำการนำไป  
คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน โดยจะเป็นไปดังสมการที่ว่า

$$a' = \mu g \quad 2.5$$

โดยที่

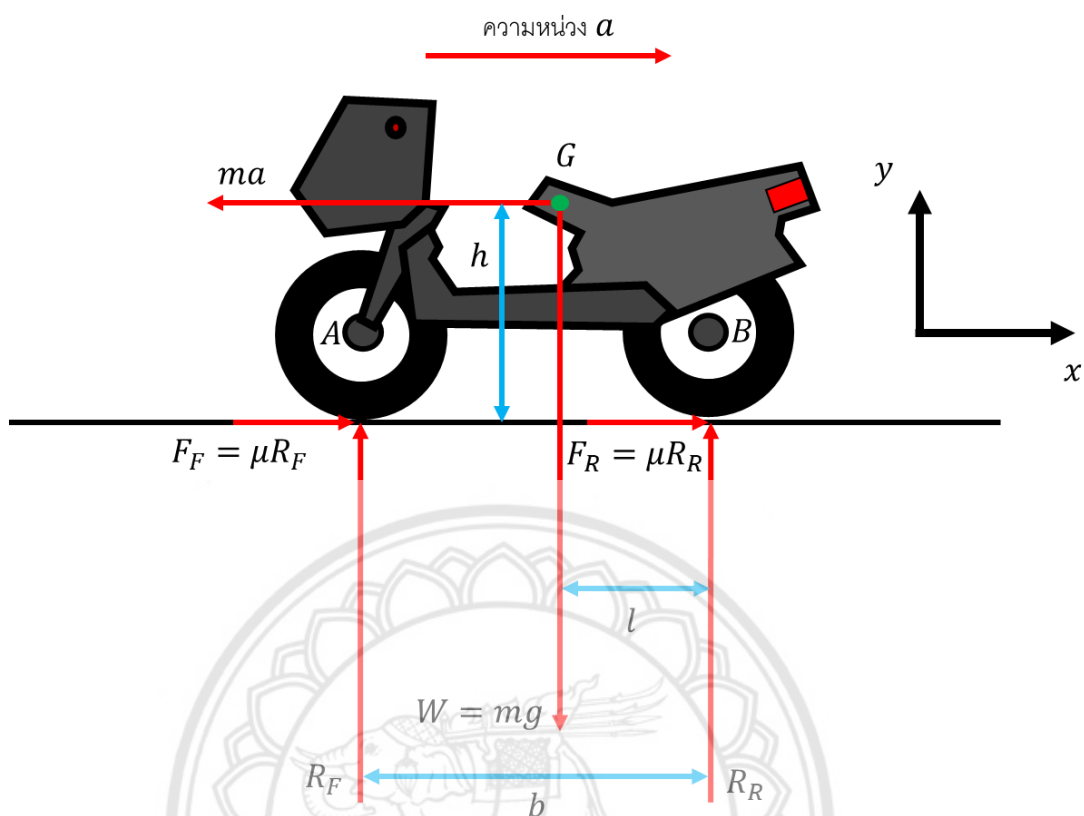
$$\begin{aligned} \mu &= \text{สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนน} \\ g &= \text{Specific gravity } (g = 9.81) \end{aligned} \quad (N)$$

จากนั้นเมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างล้อกับถนนแล้วนั้นจะสามารถที่จะทราบถึงแรงปฏิกิริยาที่ล้อหน้าและล้อหลังได้โดยระยะต่าง ๆ สามารถสังเกตได้จากรูปที่ 2.17 และจะเป็นไปดังสมการต่อไปนี้

$$R_F = \frac{mg(l + \mu h)}{b} \quad 2.6$$

$$R_R = \frac{mg(b - l - \mu h)}{b} \quad 2.7$$





รูปที่ 17 แรงกระทำในขณะที่เบรกเต็มที่จนล้อลื่นตกตาย  
(ที่มา : รองศาสตราจารย์ธีระยุทธ สุวรรณประทีป, 1999)

## 2.4 ตารางจากการรวบรวมข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ที่กำหนดในประเทศไทย

ตาราง 2.4.1 แบรินรถจักรยานยนต์ HONDA

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
น้อยกว่า 150	4 ระดับ	ดรัมเบรค ดิสก์เบรค	ดรัมเบรค ดิสก์เบรค
	สายพาน V-MATIC	ดิสก์เบรค	ดรัมเบรค
150-300	สายพาน V-MATIC	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
มากกว่า 250	6 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
	7 ระดับ		
750-1900	6 ระดับ	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค
	7 ระดับ		

ตาราง 2.4.2 แบรินรถจักรยานยนต์ YAMAHA

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
ไม่เกิน 150	สายพาน V-MATIC	ดิสก์เบรค	ดรัมเบรค
155-300	สายพาน V-MATIC	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
155	6 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.3 แบรินรถจักรยานยนต์ SUZUKI

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
ไม่เกิน 150	4 ระดับ	ดรัมเบรค	ดรัมเบรค
	สายพาน V-MATIC	ดิสก์เบรค	ดรัมเบรค
ไม่เกิน 200	5 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดรัมเบรค
มากกว่า 150	6 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
600-1350	6 ระดับ	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.4 แบรินรถจักรยานยนต์ DUCATI

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
มากกว่า 800	6 ระดับ	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.5 แบรินรถจักรยานยนต์ TRIUMPH

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
มากกว่า 765	5 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
	6 ระดับ		

ตาราง 2.4.6 แบรินรถจักรยานยนต์ BENELLI

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
ไม่เกิน 250	6 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
250-900	6 ระดับ	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.7 แบรินรถจักรยานยนต์ KAWASAKI

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
ไม่เกิน 250	-	ดิสก์เบรค	ดรัมเบรค
		ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
250-300	-	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
300	-	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.8 แบรินรถจักรยานยนต์ HARLEY-DAVIDSON

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
1300	-	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
1300-2000	-	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค
		ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.9 แบรินรถจักรยานยนต์ KTM

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
150-700	6 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
มากกว่า 375		ดิสก์เบรค (ABS)	ดิสก์เบรค
มากกว่า 1000	6 ระดับ	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค

ตาราง 2.4.10 แบรินรถจักรยานยนต์ GPX

ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระดับระบบส่งกำลัง	เบรคหน้า	เบรคหลัง
130-300	6 ระดับ	ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค
มากกว่า 197	-	ดิสก์เบรค (คู่)	ดิสก์เบรค
		ดิสก์เบรค	ดิสก์เบรค

จากตาราง 2.4.1-2.4.10 จะสรุปได้ว่าเมื่อปริมาตรกระบอกสูบสูงจะมีการใช้ดิสก์เบรคทั้งล้อหน้าและล้อหลังจะมีบางรุ่นเสริมประสิทธิภาพการเบรคเข้าไปโดยการเพิ่มดิสก์เบรคเป็นแบบคู่ ในส่วนของระบบช่วยเบรคแบบ ABS จะมีเพิ่มมาในรถที่มีการออกแบบใหม่ในและวางขายในช่วงปีที่ผ่านมา

มา ในส่วนของระบบ CBS นั้นพบในรถจักรยานยนต์ของ HONDA เท่านั้นและจะเป็นระบบส่งกำลังแบบ V-MATIC ทั้งหมด แต่ทั้งหมดขึ้นอยู่กับผู้ผลิตว่าจะใส่ฟังก์ชันอะไรมาในสินค้าของตัวเองเพราะกลุ่มลูกค้าของแต่ละยี่ห้อเป็นคนหลายกลุ่มหลายสไตล์ แต่ถึงอย่างนั้นระบบเบรกก็ยังคงสำคัญมาเป็นอันดับต้น ๆ ที่จะใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อของผู้ขับขี่

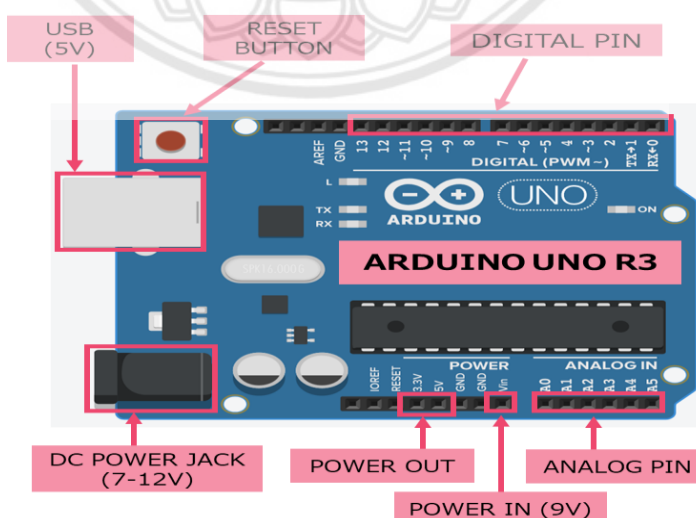
## 2.5 การใช้เบรกให้ถูกต้อง

2.5.1 การใช้เบรกหน้าเป็นการหยุดรถที่มีประสิทธิภาพสูง มีระยะเบรกที่สั้น แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับความสามารถและประสบการณ์ของผู้ขับขี่ด้วย โดยการใช้เบรกจะต้องใช้แค่นิ้วชี้และนิ้วกลางจับเบรกส่วนที่เหลือจับรอบคันแรง เพราะอาจเกิดช่วงที่ต้องใช้เบรกกะทันหันเช่นการ ชอกแซกให้ช่วงรถติดหรือการจราจรชะลอตัว จะช่วยให้การตอบสนองรวดเร็ว และนุ่มนวล (sanook, 2017)

2.5.2 สำหรับวิธีการจับเบรคนั้น ทุกครั้งที่กำลังขับขี่ ควรที่จะค่อยๆ จับเบรก ควรจะจับทุกนิ้วเพื่อความกระชับและแน่น แต่ในขณะที่เดียวกันควรที่จะควบคุมคันเร่งให้ดีด้วยเช่นกัน และควรระวังหากสภาพถนนไม่ปกติ เช่น ถนนลื่น ก็ควรที่จะปรับระดับการเบรก แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ต่างๆ เฉพาะหน้า (GREATBIKER, 2021)

## 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.6.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์ หรือแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอกโดยบอร์ดสามารถเลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติ ในส่วนของแหล่งพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก สามารถใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ หรืออะแดปเตอร์แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟฟ้า 7 - 12 V แต่ถ้าใช้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า 12 V ส่งผลให้อิซีควมคุม แรงดันไฟฟ้าร้อนมากเกินไปและเกิดความเสียหายต่อบอร์ดได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน่วยความจำแบบแฟลช สำหรับการจัดเก็บโปรแกรม ขนาด 32 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำใช้สำหรับการบูตขนาด 0.5 KB มีหน่วยความจำชั่วคราวแอสแรม (SRAM) ขนาด 2 KB และมีหน่วยความจำถาวรแบบอีอีพรอม (EEPROM) ขนาด 1 KB บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 มีพอร์ตอนาล็อกอินพุต 6 ขา คือ ขา AO ถึงขา A5 ซึ่งแต่ช่องมีความละเอียดขนาด 10 bit แบ่งระดับความแตกต่างได้ 1,024 ค่า โดยเริ่มต้น จากระดับแรงดัน 0 V จนถึงระดับ 5 V และสามารถเปลี่ยนระดับแรงดันอ้างอิงได้โดยใช้ แรงดันอ้างอิงจากภายนอก ป้อนที่ขา AREF ร่วมกับฟังก์ชันอนาล็อกReference() (สุริยา, 2018)

### 2.6.2 Analog water pressure sensor 110 Bar ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 Analog water pressure sensor 110 Bar  
(ที่มา : <https://www.ebay.com/itm/383302614624>)

Analog Water Pressure Sensor คือ อุปกรณ์ตรวจวัดความดันของก๊าซหรือของเหลว เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความดัน เซ็นเซอร์ถูกสร้างให้มีเยื่อบางที่สามารถโค้งงอตามความดัน ซึ่งระดับความโค้งงอ สามารถวัดได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน หรือ การเปลี่ยนแปลงของการเก็บประจุในการพัฒนาเซ็นเซอร์แรกเริ่มทำด้วยวิธีการประดิษฐ์โครงสร้างจุลภาคบนพื้นผิว (Surface Micromachining) สำหรับใช้งานในช่วงความดันต่างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์และเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันในเส้นเลือด (jwtech, 2021)

### 2.6.3 Force Sensor FSR402 Force Sensitive Resistor ดังรูปที่ 2.20

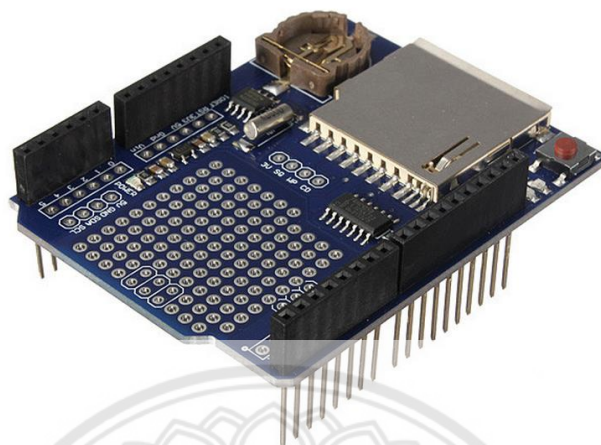


รูปที่ 2.20 FSR402 sensor  
(ที่มา : arduino4, 2021 )

FSR402 Force Sensitive Resistor คือ ตัวต้านทานแปรผันแบบแรงกด Force Sensing Resistor ขนาด 0.5" รุ่น FSR402 หรือ Force Sensitive Resistor (FSR402) เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงกดในช่วง  $0.1\text{ N} - 10\text{ N}$  ค่าที่วัดได้จะเป็นแบบอนาล็อก  $0-5\text{ VDC}$  (0-1023) ใช้ไฟเลี้ยง  $5\text{ VDC}$  FSR402 จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการเซ็นเซอร์วัดแรงกดได้หลายระดับ (arduino4, 2021)



#### 2.6.4 Data Logger Shield ดังรูปที่ 2.21



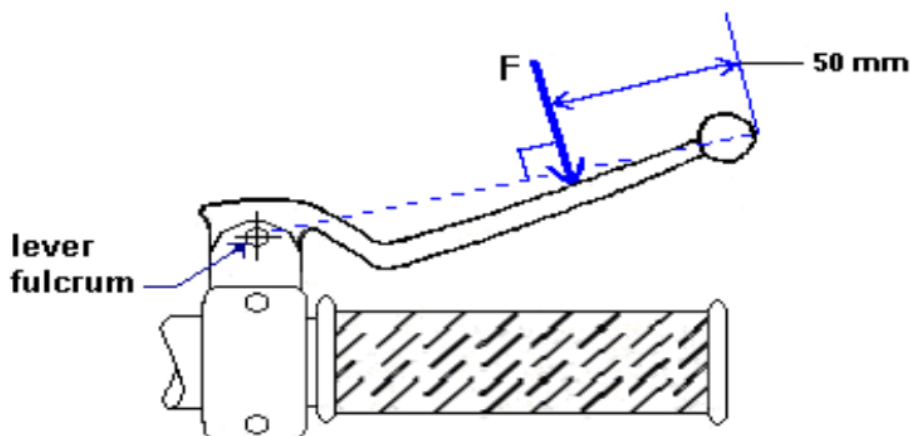
รูปที่ 2.21 Data Logger Shield  
(ที่มา : เจ้าของร้าน, 2014)

เป็น shield ที่ใช้สำหรับเก็บค่าต่างๆ ตามเวลาที่ต้องการ เช่น ค่าของ Sensor ต่างๆ โดยค่าที่ต้องการจะบันทึกค่าลงบน SD Card ใน shield ประกอบด้วย Real time clock (RTC) ช่องเสียบ SD Card และช่องใส่ถ่าน Back up เพื่อช่วยให้ RTC ยังทำงานอยู่ในกรณีไม่มีไฟเลี้ยงบอร์ด ใช้งานได้กับบอร์ด Arduino UNO (เจ้าของร้าน, 2014)

#### 2.7 ระเบียบข้อบังคับที่ 78 (UN Regulation No. 78)

เกี่ยวกับการยอมรับกฎข้อบังคับด้านเทคนิคของสหประชาชาติสำหรับยานพาหนะล้อเลื่อน อุปกรณ์และชิ้นส่วนซึ่งสามารถติดตั้งและหรือใช้กับยานพาหนะที่ติดล้อได้และเงื่อนไขในการยอมรับซึ่งกันและกันในการอนุมัติที่ได้รับตามหลักเกณฑ์ของกฎข้อบังคับขององค์การสหประชาชาติ

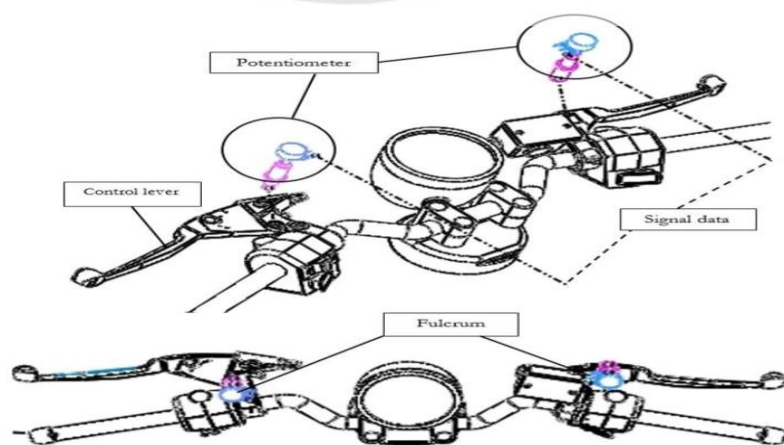
เงื่อนไขการทดสอบขั้นตอนและข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพ การควบคุมจุดและทิศทางของแอปพลิเคชัน สำหรับก้านควบคุมด้วยมือแรงบิดเข้า (F) จะกระทำกับพื้นผิวไปข้างหน้าของคันควบคุมที่ตั้งฉากกับแกนของศูนย์กลางของก้านบังคับและจุดด้านนอกสุดบนระนาบตามที่ก้านควบคุมหมุน แรงบิดเข้าจะกระทำกับจุดที่อยู่ห่างจากจุดด้านนอกสุดของคันควบคุม 50 มิลลิเมตร โดยวัดตามแนวแกนระหว่างแกนกลางของศูนย์กลางของก้านบังคับและจุดด้านนอกสุด ดังรูปที่ 2.22 (UNITED NATIONS, 2021)



รูปที่ 2.22 จุดที่แรงกระทำกับก้านเบรก  
(ที่มา : UNITED NATIONS, 2021)

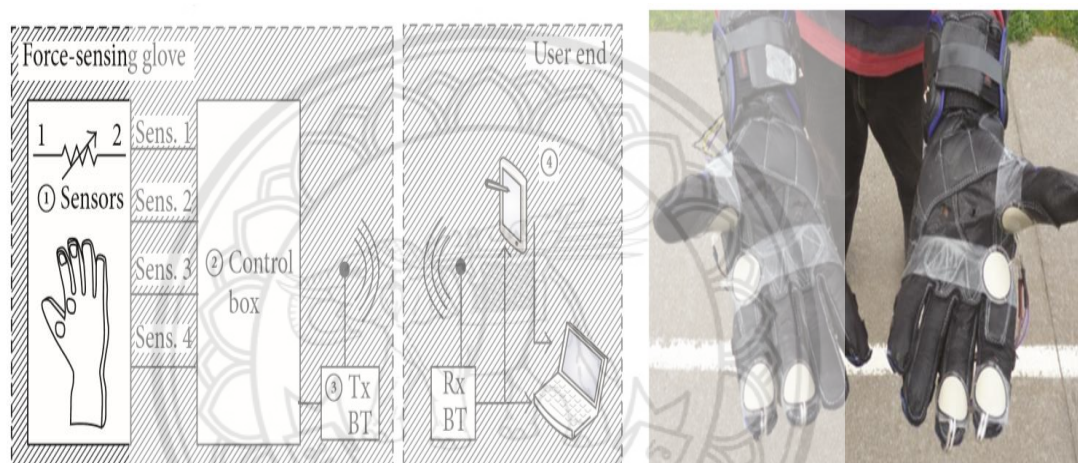
## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยโดย สายประสิทธิ์ เกิดนิยม และคณะ, 2018 พบว่าได้มีการวัดแรงจับเบรกโดยการติดตั้งโพเทนชิโอมิเตอร์เข้ากับรถจักรยานยนต์ทดลองเป็นไปตามดังรูปที่ 2.22 โดยทดสอบจากการถ่วงน้ำหนักเริ่มจาก  $10\text{ N}$  จนสูงสุดที่  $250\text{ N}$  จะถ่วงน้ำหนักเพิ่มขึ้นครั้งละ  $3\text{ N}$  จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับแรงที่ใช้ถ่วงน้ำหนักจากนั้นผลของความสัมพันธ์จะทำให้ได้มาซึ่งสมการเพื่อหาแรงจับเบรกในที่สุดสรุปได้ว่าการติดตั้งโพเทนชิโอมิเตอร์ที่รถจักรยานยนต์แล้วนำไปใช้ซึ่งจริงนั้นสามารถวัดแรงการจับเบรกของผู้ขับขี่ได้จริง ดังรูปที่ 2.23



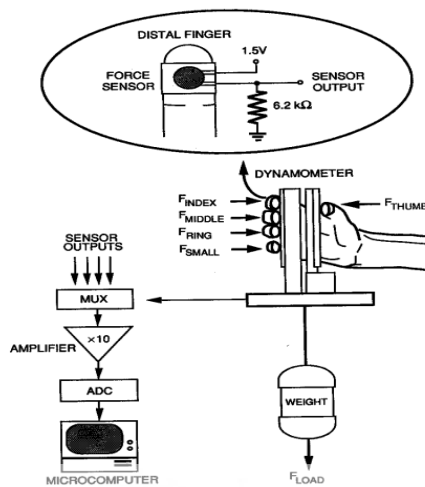
รูปที่ 2.23 การติดตั้งโพเทนชิโอมิเตอร์  
(ที่มา : Saiprasit Koetnuyom และคณะ, 2018)

จากงานวิจัยโดย Qiang Ye และคณะ, 2018 พบว่าได้มีการสร้างอุปกรณ์ที่อยู่ในรูปของถุงมือสำหรับข้อศอกจักรยานยนต์ที่ได้มีการติดตั้งเซนเซอร์สำหรับวัดแรงกดไว้จำนวน 4 ตัวโดยเมื่อมีการจับเบรกของผู้ขับขี่จะทำให้เซนเซอร์สามารถวัดแรงการจับเบรกของผู้ขับขี่ได้ และมีการตรวจวัดความถูกต้องของเซนเซอร์โดยการติดตั้งแม่แบบที่คล้ายกับก้านเบรคนำไปติดตั้งไว้กับโพลตเซลล์และใช้ถุงมือตรงส่วนที่ติดตั้งเซนเซอร์ทำการกดเพื่ออ่านค่าที่โพลตเซลล์วัดได้เทียบกับค่าที่เซนเซอร์วัดได้และทำการปรับค่าให้ใกล้เคียงกันที่สุดสรุปได้ว่าถุงมือที่สร้างขึ้นสามารถวัดแรงการจับเบรกของผู้ขับขี่ได้และส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังตัวรับ ดังรูปที่ 2.24



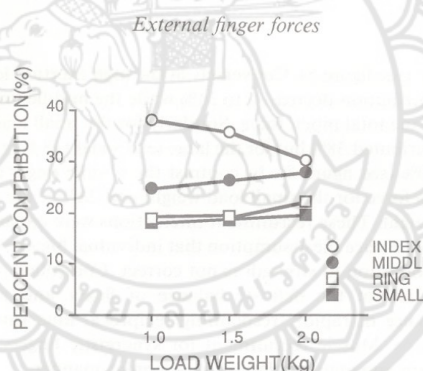
รูปที่ 2.24 การส่งข้อมูลไร้สายและการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรง  
(ที่มา : Qiang และคณะ, 2015)

จากงานวิจัยโดย Robert G Radwin และคณะ, 2015 พบว่าได้ทำการติดตั้งตัว force sensor ที่ปลายนิ้วทั้งสี่นิ้ว เพื่อวัดแรงที่แต่ละนิ้วกระทำกับวัตถุ โดยให้ทำการบีบด้วยแรงคงที่ แล้วสรุปค่าแรงที่แต่ละนิ้วกระทำกับวัตถุ ในการทดลองจะใช้แรง 10% และเพิ่มเป็น 20% และ 30% ของแรงสูงสุด โดยบีบเป็นระยะ 45 mm และ 65 mm นอกจากนี้ยังถ่วงน้ำหนัก 1 kg 1.5 kg และ 2 kg โดยน้ำหนักที่ติดตั้งจะห่างจากด้ามจับ 45 mm และ 65 mm ได้ผลสรุปว่า นิ้วชี้และนิ้วกลางออกแรงได้ดีกว่า นิ้วนาง และนิ้วก้อย สำหรับแรงบีบคงที่ และในการใช้แรงบีบที่ 10% ไม่พบความแตกต่างของแรงที่แต่ละนิ้วใช้ในการบีบวัตถุ และในการใช้แรงบีบที่ 30% วัดแรงบีบที่นิ้วกลางและนิ้วชี้ มากกว่า นิ้วนางและนิ้วก้อย และได้มีส่วนร่วมในการออกแรงบีบวัตถุของ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย คือ 33% 30% 17% และ 15% ตามลำดับ ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 เครื่องมือทดลอง

(ที่มา : Robert G Radwin และคณะ, 2015)

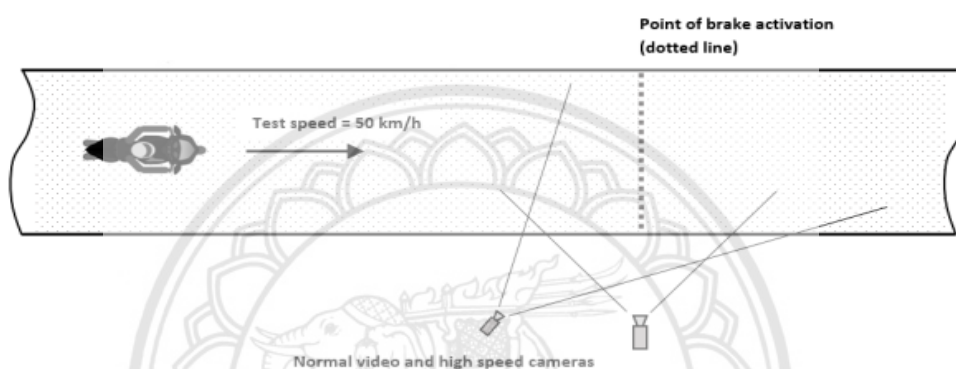


รูปที่ 2.26 เฉลี่ยต่อแรงกดทั้งหมดที่วัดได้ในแต่ละระดับโหลดในการทดลอง

(ที่มา : Robert G Radwin และคณะ, 2015)

จากงานวิจัยโดย Aqbal Hafeez Ariffin และคณะ, 2017 นำเสนอประเมินประสิทธิภาพการเบรกของรถจักรยานยนต์ในการจำลองสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยใช้รถจักรยานยนต์จำนวน 6 รุ่นที่มีขนาดเครื่องยนต์ในช่วง 100 – 150 cc มาทำการทดสอบโดยมีเงื่อนไขในการวัดและเปรียบเทียบ ได้แก่ ประเภทของระบบเบรก (ดิสก์เบรกและดรัมเบรก) วิธีการเบรก (เบรกหน้าและหลัง) และการทดสอบการบรรทุก (เฉพาะผู้ขับขี่และผู้ขับขี่ที่มีซ้อนท้าย) ในแต่ละครั้งจะทำ 2 รอบเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เฉลี่ยรวมทั้งหมด 48 รอบ ขั้นตอนการทดสอบผู้ขับขี่ขับขี่ด้วยความเร็ว 50 กม./ชม. เมื่อถึงจุดที่กำหนดให้เริ่มทำการเบรก รอจนกระทั่งรถหยุดนิ่งเพื่อสังเกตระยะเบรกของการทดสอบและอัตราการ

ชะลอตัวของรถจักรยานยนต์ในแต่ละรอบ โดยจะใช้กล้องถ่ายภาพวิดีโอและกล้องความเร็วสูงในการบันทึกภาพเหตุการณ์การทดสอบในแต่ละครั้งแสดงดังรูปที่ 2.26 โดย Racelogic Performance Box (หรือที่เรียกว่า VBox) ถูกใช้เป็นระบบเก็บข้อมูล (DAS) เพื่อวัดความเร็วและค่า G-force สูงสุดที่พบในระหว่างการเบรก DAS วัดความเร็วที่แม่นยำ 0.1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยมีความถี่ในการบันทึกความละเอียด และค่าความเร็วในการต่อสนอง 10 เฮิร์ต, 0.01 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ <160 มิลลิวินาที ตามลำดับ



รูปที่ 2.27 การทดสอบเบรกของรถจักรยานยนต์  
(ที่มา : Aqbal Hafeez Ariffin และคณะ, 2017)

Test no.	Motorcycle	Engine capacity (cc)	Method of braking operation	Type of brake system	Test load	Brake distance (m)*	Deceleration rate (m/s <sup>2</sup> )*	Recorded G-force (peak)*
1	Modenas CT100	100	Both (Fr + Rr)	Drum + Drum	Rider only	20.25	-5.70	0.54
Rider + Pillion					24.43	-4.66	0.50	
4			Rear only	Drum	Rider only	26.10	-4.44	0.40
					Rider + Pillion	26.00	-4.25	0.41
5	Honda EX-5	100	Both (Fr + Rr)	Drum + Drum	Rider only	14.31	-7.07	0.63
Rider + Pillion					16.00	-7.06	0.62	
8			Rear only	Drum	Rider only	25.10	-3.95	0.41
					Rider + Pillion	26.90	-3.95	0.44
9	Yamaha Ego S	110	Both (Fr + Rr)	Disc + Drum	Rider only	14.13	-8.47	<b>0.86</b>
Rider + Pillion					18.55	-6.11	0.67	
12			Rear only	Drum	Rider only	29.30	-3.80	0.40
					Rider + Pillion	28.82	-4.05	0.43
13	Yamaha Lagenda	115	Both (Fr + Rr)	Disc + Drum	Rider only	<b>12.48</b>	<b>-8.52</b>	0.81
Rider + Pillion					14.63	-7.58	0.74	
16			Rear only	Drum	Rider only	28.69	-3.81	0.41
					Rider + Pillion	26.45	-3.91	0.45
17	Honda Future	125	Both (Fr + Rr)	Disc + Drum	Rider only	16.49	-6.70	0.84
Rider + Pillion					16.54	-6.55	0.83	
20			Rear only	Drum	Rider only	<b>30.60</b>	<b>-3.55</b>	0.44
					Rider + Pillion	30.24	-3.85	0.41
21	Yamaha LC	135	Both (Fr + Rr)	Disc + Disc	Rider only	13.36	-8.36	0.78
Rider + Pillion					20.89	-5.59	0.71	
24			Rear only	Disc	Rider only	28.86	-4.13	<b>0.39</b>
					Rider + Pillion	26.29	-4.22	0.42

Note: \*Average values of two runs for each test; Fr = Front braking via hand lever application; Rr = Rear braking via foot pedal activation

รูปที่ 2.28 ผลการทดสอบเบรกของรถจักรยานยนต์แต่ละรุ่นตามเงื่อนไขต่าง ๆ  
(ที่มา : Aqbal Hafeez Ariffin และคณะ, 2017)



จากรูปที่ 2.28 ผลการทดสอบเบรกโดยรวม ในการทดสอบหมายเลข 13 ภูเก็ตและบันทึกผลระยะเบรกที่สั้นที่สุดและความหน่วงที่เกิดจากการเบรกสูงที่สุดคือ 12.48 เมตร และ 8.52 เมตรต่อวินาทีกำลังสองตามลำดับในทางกลับกันการทดสอบหมายเลข 19 ภูเก็ตและบันทึกผลระยะเบรกที่ยาวที่สุดและความหน่วงที่เกิดจากการเบรกต่ำที่สุดคือ 30.60 เมตร และ 3.55 เมตรต่อวินาทีกำลังสอง การทดสอบหมายเลข 13 และ 19 เป็นการทดสอบแบบเฉพาะผู้ขับขี่ (ไม่มีบุคคลซ้อนท้าย) โดยค่า G - force หรือเรียกว่าความเร่งที่เหมาะสมที่วัตถุได้รับที่เกิดจากผลรวมของเวกเตอร์ที่ไม่ใช่แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุในการเคลื่อนที่แบบอิสระ จากผลการวิจัยค่า G - force ต่ำสุด (ดี) และสูงสุด (ไม่ดี) คือ 0.39 และ 0.86 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าประเภทของระบบเบรก วิธีการเบรก และการทดสอบการบรรทุก มีผลอย่างมากต่อระยะเบรกและค่า G - force

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นผู้ดำเนินโครงการได้มีการนำส่วนต่างๆ ของโครงการมาปรับใช้ ได้แก่ งานวิจัยโดย สายประสิทธิ์ เกิดนิยม และคณะ, 2018 ผู้ดำเนินโครงการได้นำวิธีการทดลองโดยการถ่วงน้ำหนักที่ก้านเบรกเพื่อแทนแรงที่ใช้ในการจับเบรกมาปรับใช้กับอุปกรณ์วัดแรงจับเบรก, งานวิจัยโดย Qiang Ye และคณะ, 2018 ผู้ดำเนินโครงการได้นำแนวคิดการออกแบบถ่วงมือสำหรับวัดแรงกดมาปรับใช้กับการออกแบบอุปกรณ์ถ่วงมือวัดแรงกด, งานวิจัยโดย Robert G Radwin และคณะ, 2015 ผู้ดำเนินโครงการได้นำแนวคิดเรื่องของแรงในแต่ละนิ้วมือนั้นไม่เท่ากันและการออกแรงของแต่ละนิ้วจากแรงสูงสุด, งานวิจัยโดย Aqbal Hafeez Ariffin และคณะ, 2017 ผู้ดำเนินโครงการได้นำวิธีการทดลองการขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ขับขี่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และกำหนดจุดเพื่อใช้งานเบรก

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

การทดลองในงานวิจัยครั้งนี้กระทำอยู่ภายใต้ข้อกำหนด UN Regulation No. 78 โดยได้มีการจัดทำระบบวัดแรงเบรกสำหรับรถจักรยานยนต์โดยใช้เซนเซอร์ความดันเทียบกับถุมือวัดแรงกดก้านเบรกของผู้ขับขี่ ข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกบันทึกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถทำงานได้ด้วยแบตเตอรี่ภายในตัว ได้มีการใช้เซนเซอร์วัดแรงกดจำนวน 4 ตัวติดตั้งที่ปลายนิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง และ นิ้วก้อย อุปกรณ์ทั้งสองสามารถบันทึกผลการทดลองและจัดเก็บลงใน SD card เพื่อวิเคราะห์โดยแรงจากอุปกรณ์วัดแรงจับเบรกจะมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้นิ้วของผู้ขับขี่จากถุมือวัดแรงกด จะแสดงให้เห็นโดยการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์แรงและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับเวลา เพื่อทราบถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่คนนั้นๆ และสามารถแสดงการใช้เบรกของผู้ขับขี่โดยที่ผู้ขับขี่อาจจะไม่ได้ทราบถึงพฤติกรรมที่ตนเองกระทำขณะใช้งานเบรก

#### 3.1 การออกแบบอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรกที่ใช้กับชุดทดลอง

จากการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์พบว่า Arduino Uno R3 มีฟังก์ชันการเขียนอ่านแบบอนาล็อก to digital converter หรือ ADC จึงได้ใช้ประโยชน์จากช่องเชื่อมต่อ A0 ที่เป็นช่อง ADC เพื่อแปลงข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ความดันโดยช่องเชื่อมต่อ A0 จะแปลงข้อมูลออกมามีความละเอียดขนาด 10bit หรือก็คือจะสามารถรับค่าอนาล็อกจำนวน 1024 ค่า หรือมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1023 ดังนั้นจึงนำมาปรับใช้กับงานวิจัยโดยเมื่อจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์ความดันแล้วตัวเซนเซอร์ความดันจะวัดค่าแรงดันจากนั้นบอร์ด Arduino Uno R3 จะแปลงสัญญาณที่ส่งมาจากตัวเซนเซอร์ความดันให้อยู่ในรูปของค่าอนาล็อกจำนวน 1024 ค่า ตามค่าแรงดันที่เซนเซอร์ความดันวัดได้ แล้วจึงแสดงผล โดยการประกอบเซนเซอร์ความดันกับชุดทดลองเป็นดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การติดตั้งเซนเซอร์ความดัน

จากรูปที่ 3.1 จะเป็นการติดตั้งสายเพื่อเชื่อมต่อตัวเซนเซอร์ความดันเข้ากับปั๊มเบรกด้านล่างที่ติดอยู่กับจานเบรก สาเหตุที่เลือกใช้การเชื่อมต่อที่จุดปั๊มเบรกล่างเพราะการเชื่อมต่อที่ปั๊มเบรกล่างสามารถทำได้ง่ายกว่าการนำเซนเซอร์ต่อเข้ากับปั๊มเบรกบนบริเวณก้านเบรกอันเนื่องมาจากที่บริเวณปั๊มเบรกบนอยู่ใกล้กับส่วนของคอนโซลหน้ารถจักรยานยนต์ทำให้มีชิ้นส่วนของแผ่นคอนโซลมาบดบังบริเวณที่ต้องการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.2 ทำให้การเชื่อมต่อที่บริเวณปั๊มเบรกบนมีความยุ่งยาก แต่จากกฎการส่งผ่านแรงโดยความดันของของไหล หรือ Force transmission by pressure of Pascal's law กลางไว้ว่าความดันภายในภาชนะปิดเดียวกันจะเท่ากัน ดังนั้นการเลือกใช้จุดเชื่อมต่อเซนเซอร์ความดันที่ปั๊มเบรกล่างจึงสามารถทำได้และสามารถวัดค่าแรงดันน้ำมันเบรกได้เท่ากับบริเวณจุดเชื่อมต่อปั๊มเบรกบนเพราะแรงดันน้ำมันทั้งหมดในสายจะมีค่าเท่ากันตลอดทั้งสาย โดยการเชื่อมต่อจำเป็นต้องใช้น็อตร้อยรูที่มีรูสำหรับการไหลของน้ำมันเบรก 2 รู จากปกติใช้น็อตร้อยรูจะมีรูสำหรับการไหลของน้ำมันเบรกเพียง 1 รูเท่านั้น ดังรูปที่ 3.3 จึงจำเป็นต้องออกแบบตัดแปลงและสั่งทำขึ้นเป็นพิเศษเพื่อที่จะได้ขนาดตามต้องการ ดังรูปที่ 3.4 จากนั้นทำการสวมเข้ากับสายอัดไฮดรอลิกที่ปลายอีกด้านเชื่อมต่ออยู่กับเซนเซอร์ความดัน





รูปที่ 3.2 คอนโซลหน้ารถจักรยานยนต์



รูปที่ 3.3 น็อตร้อยรู

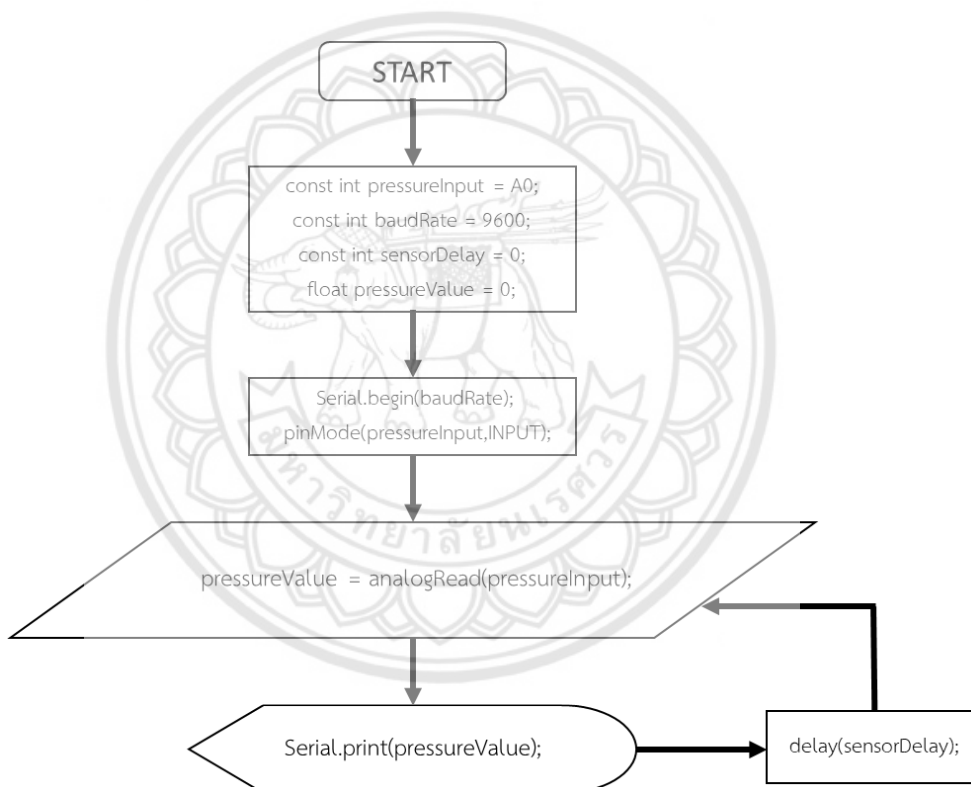


รูปที่ 3.4 น็อตร้อยรูดัดแปลง

### การเขียนคำสั่งสำหรับการทดลองถ่วงน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ความดัน

ชุดอุปกรณ์ทดลองถ่วงน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ความดันจำเป็นต้องมีการเขียนคำสั่งสำหรับการอ่านค่าจากตัวเซนเซอร์โดยได้เลือกใช้เป็นตัว Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดที่ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับการศึกษาและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

การเขียนคำสั่งไม่จำเป็นต้องใช้ไลบรารี โดยจะเป็นการอ่านค่าอนาล็อกจากเซนเซอร์ความดันที่ทำการจ่ายไฟเลี้ยง 5V แล้วรับข้อมูลผ่าน Arduino UNO R3 มีขั้นตอนการดำเนินงานตาม Flow chart ดังรูปที่ 3.5 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจะแสดงผลผ่านหน้า

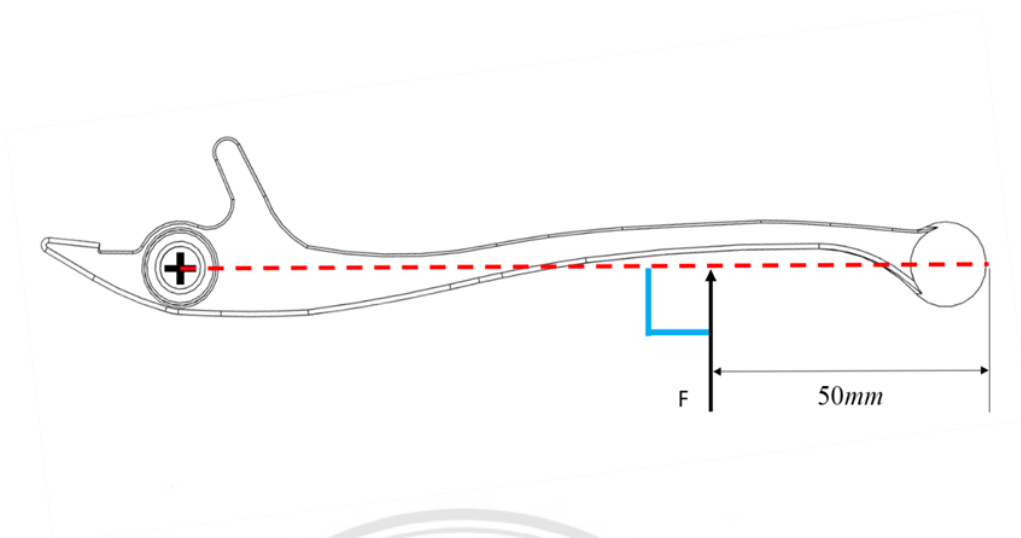


รูปที่ 3.5 Flow chart แสดงคำสั่งสำหรับการทดลองถ่วงน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ความดัน

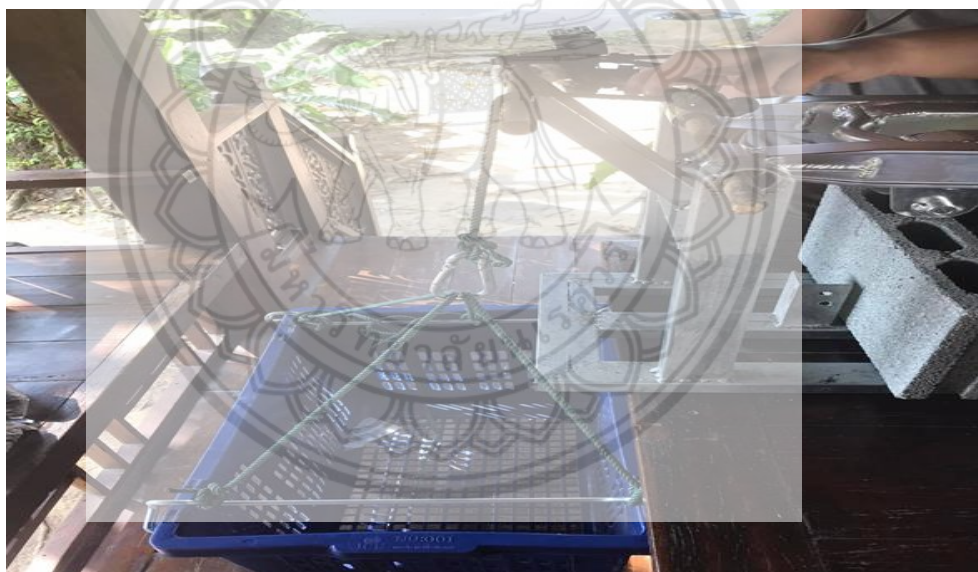
### การทดลองถ่วงน้ำหนักเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อก

เริ่มจากการติดตั้งตะกร้าสำหรับใส่ทรายโดยตะกร้าจะผูกติดอยู่กับก้านเบรกจะมีระยะการผูกเป็นดังรูปที่ 3.6 โดยการวัดแรงที่ก้านจับเบรกให้ทำการใส่แรง  $F$  ที่ห่างจากด้านปลายของก้านจับเบรกในระยะ 50 มิลลิเมตร และออกแรงตั้งฉากกับก้านจับเบรก โดยการจำลองการจับเบรกของผู้

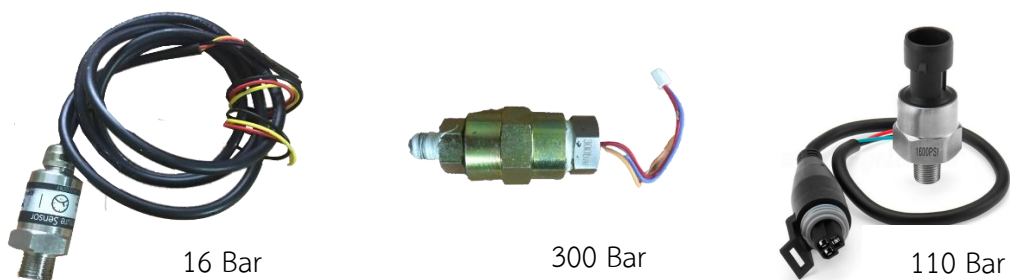
ข้อนี้จะเป็นการจับเบรกด้วยน้ำหนักของทรายแทน เซนเซอร์ความดันจะวัดแรงดันจากน้ำมันเบรกที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของทรายที่ใส่เข้าไปเพิ่ม จากนั้นบันทึกข้อมูลโดยผู้สังเกตจากหน้าจอของ Serial monitor จะเริ่มถ่วงที่ 2.3 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักของตะกร้า แล้วทำการดึงก้านเบรกกลับมาที่จุดเริ่มต้นแล้วตริ่งไว้จากนั้นจะเพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละ 300 กรัม โดยใช้ถุงทราย จนน้ำหนักรวมทั้งหมดถึง 20 กิโลกรัม แล้วจากนั้นจึงเริ่มทำการกระบวนกรทั้งหมดอีกครั้ง ดังรูปที่ 3.7 แต่เกิดปัญหากับขนาดการวัดของเซนเซอร์ความดันที่ใช้ในการวัดแรงดันน้ำมันเบรกโดยเซนเซอร์ความดันมีขนาด 1.6 MPa ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งจากการทดสอบค่าแรงดันน้ำมันเบรกภายในสายตอนที่เริ่มถ่วงน้ำหนักจากตะกร้าได้มีค่าเกินกว่าตัวเซนเซอร์ความดันขนาด 16 Bar จะวัดค่าได้จึงได้ทำการเปลี่ยนตัวของเซนเซอร์ความดันเป็นเซนเซอร์ความดันขนาด 300 Bar แต่ขนาดของเกลียวในการเชื่อมต่อตัวเซนเซอร์ความดันมีขนาดใหญ่กว่าช่องสำหรับเชื่อมต่อกับสายอัดไฮดรอลิกมากจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์แปลงเพื่อให้ได้ขนาดเดียวกันที่สามารถเชื่อมต่อกันได้ดังรูปที่ 3.8 จากการทดสอบพบว่าตัวเซนเซอร์ไม่สามารถอ่านค่าแรงดันน้ำมันภายในสายได้จึงได้ทำการใช้มัลติมิเตอร์วัดสายแรงดันที่จะส่งไปยังบอร์ด Arduino UNO R3 ปรากฏว่าไม่มีแรงดันไฟฟ้าจึงสรุปได้ว่าเซนเซอร์ความดันขนาด 300 Bar ที่ใช้งานนั้นไม่สามารถใช้งานได้ จึงได้ใช้เซนเซอร์ความดันตัวใหม่เป็นเซนเซอร์ความดันขนาด 110 Bar โดยได้ทำการเชื่อมต่อกับสายอัดไฮดรอลิกได้โดยไม่ต้องตัดแปลง และได้ทำการวัดค่าแรงดันน้ำมันเบรกพบว่าสามารถอ่านค่าแรงดันของน้ำมันเบรกได้ในรูปแบบของค่าอนาล็อก 0-1023 จากนั้นจึงได้ใช้เซนเซอร์ความดันขนาด 110 Bar ในการวัดค่าแรงดันจากการถ่วงน้ำหนักที่ได้กล่าวมาข้างต้นจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง ทำให้ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าแรงดันน้ำมันเบรกในรูปแบบอนาล็อกจากนั้นกราฟจะแสดงสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกแล้วจึงนำสมการดังกล่าวไปใช้ในการทดสอบกับรถจักรยานยนต์ต่อไป



รูปที่ 3.6 ระยะการผูกเชือกกับก้านเบรก



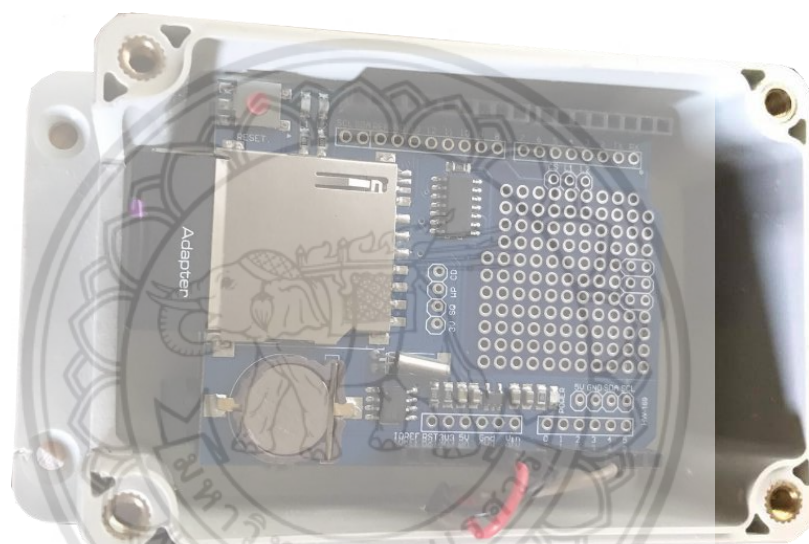
รูปที่ 3.7 การทดลองถ่วงน้ำหนัก



รูปที่ 3.8 เซนเซอร์ความดัน

### 3.2 การออกแบบอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรกที่ใช้กับรถจักรยานยนต์

หลังจากได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกแล้วนั้นจะนำสมการดังกล่าวไปใช้สำหรับอุปกรณ์วัดแรงจับเบรกจากเซนเซอร์ความดันโดยอุปกรณ์จะสามารถเก็บข้อมูลและบันทึกลง Micro SD card ด้วย Data Logger Shield ที่เชื่อมต่อบนบอร์ด Arduino UNO R3 แล้วจากนั้นทำการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงไปในกลุ่มอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ภายในกล่องอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

จากนั้นทำการปิดกล่องอุปกรณ์ด้วยฝาโดยที่ฝาของกล่องจะมีแบตเตอรี่สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้ตัวอุปกรณ์ต่างๆภายในอยู่ในรูปแบบของแบตเตอรี่ที่พกพาที่สามารถจ่ายไฟและชาร์จไฟเข้าได้โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนหรือถอดแบตเตอรี่ออกจากฝา จะช่วยเรื่องความสะดวกในการใช้งานเป็นอย่างยิ่ง โดยหลังจากประกอบกล่องอุปกรณ์เข้ากับฝาเรียบร้อยแล้วนั้นจะเป็นดังรูปที่ 3.10





รูปที่ 3.10 กล่องอุปกรณ์สำหรับใช้งานกับรถจักรยานยนต์

การประกอบเข้ากับรถจักรยานยนต์จะทำการติดตั้งแทนสำหรับวางไว้ที่ช่องสำหรับใส่กระจกมองข้างดังรูปที่ 3.11 แล้วจึงนำกล่องอุปกรณ์ไปประกอบเข้าด้วยกันโดยแทนวางจะสามารถขยายหรือบีบให้แน่นได้ด้วยน็อตทั้งด้านซ้ายและขวาเพื่อความแน่นหนาและไม่หลุดออกในเวลาขับขี่รถจักรยานยนต์ดังรูปที่ 3.12 และ 3.13



รูปที่ 3.11 การติดตั้งแทนวางกับกระจกมองข้าง



รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์กับแท่นวาง



รูปที่ 3.13 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งอุปกรณ์พร้อมสำหรับใช้งาน

จากรูปที่ 3.13 จะเห็นได้ว่ารถจักรยานยนต์จะมีกล่องอุปกรณ์เพิ่มเข้ามาในตำแหน่งใกล้กับกระจกกมองข้างด้านขวาของผู้ขับขี่และมีสายที่เชื่อมต่ออยู่ระหว่างปั๊มเบรกด้านล่างและเซนเซอร์ความดัน การใช้งานอุปกรณ์เพียงเสียบสายเชื่อมต่อ Arduino UNO R3 กับแหล่งจ่ายไฟ อุปกรณ์ทั้งหมดก็จะพร้อมใช้งานในทันที

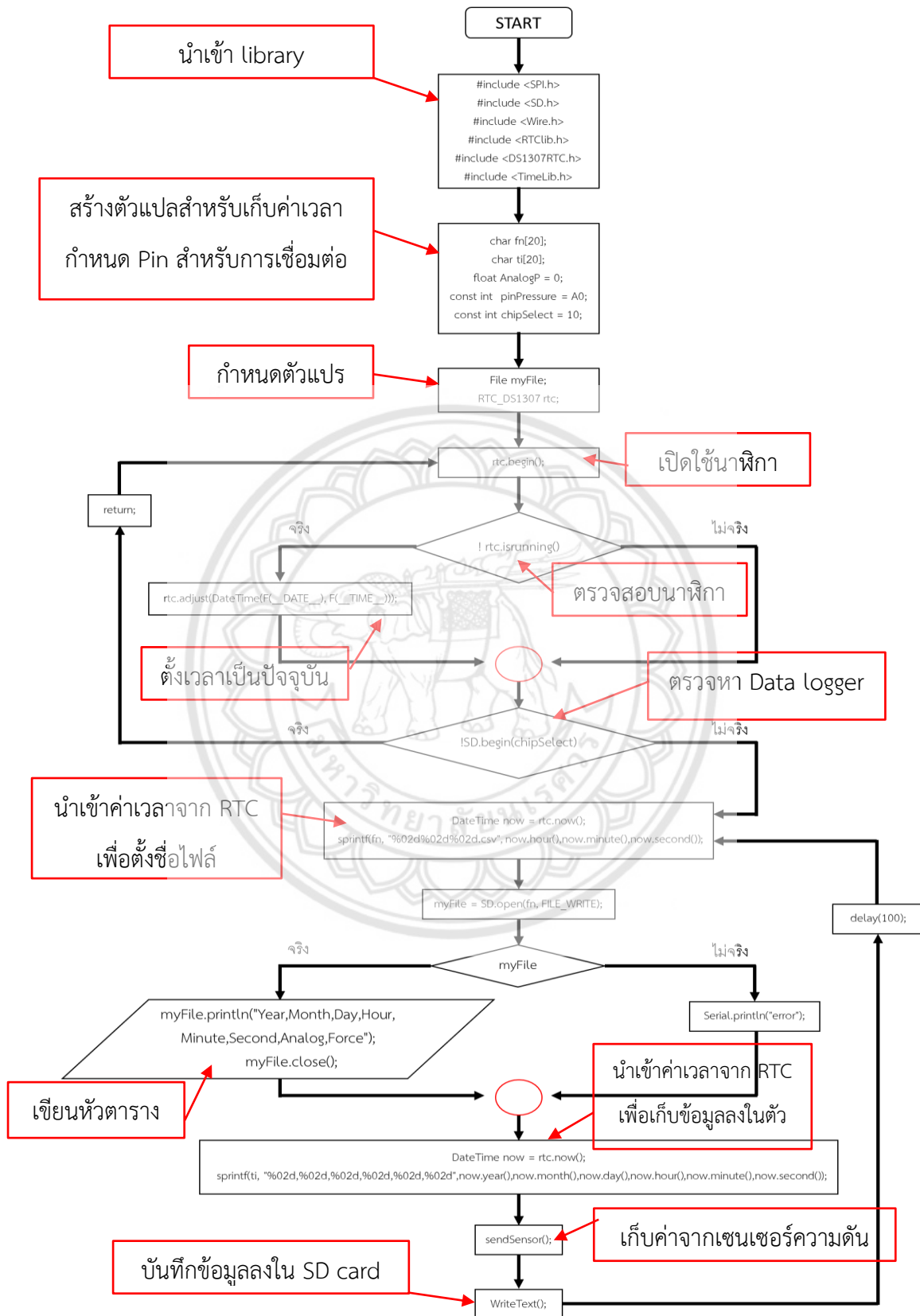
#### อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดความดันกับรถจักรยานยนต์

การทำงานของอุปกรณ์จะทำงานผ่านบอร์ด Arduino UNO R3 โดยการใช้เวลาในรูปแบบของ ชั่วโมง, นาที และวินาทีมาใช้ในการตั้งชื่อของไฟล์สำหรับเก็บข้อมูล เวลาที่ใช้จะได้อ่านจาก Data Logger จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลด้วยฟังก์ชัน `sendSensor()`; ดังรูปที่ 3.15 เริ่มจากการเก็บค่าแรงดันน้ำมันเบรกจากเซนเซอร์ความดันแล้วส่งกระแสไปยัง Arduino UNO R3 เข้าที่ช่องรับแล้วแปลงกระแสให้เป็นข้อมูลจากตัว ADC ทำให้ได้ข้อมูลมาในรูปแบบอนาล็อก 0-1023 ค่าอนาล็อกที่ได้จากเซนเซอร์ความดันจะนำไปคำนวณในสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกจากสมการที่ 3.1 จะคำนวณค่าน้ำหนักให้เป็นค่าแรง แต่ในช่วงเริ่มต้นอนาล็อกที่น้อยกว่า 149.26 จะทำให้ค่าแรงที่ได้ติดลบเพื่อความสะดวกต่อการวิเคราะห์จึงได้กำหนดให้ค่าแรงที่ติดลบมีค่าเป็น 0 จากนั้นทำการเก็บข้อมูลลงในไฟล์ที่ได้สร้างไว้ก่อนหน้า โดยฟังก์ชัน `WriteText()`; ข้อมูลจะประกอบไปด้วย ปี, เดือน, วัน, ชั่วโมง, นาที, วินาที, ค่าความดันในรูปแบบอนาล็อกและค่าแรงที่ใช้ในการจับเบรก ดังรูปที่ 3.16 ทำไปตลอดการใช้งานอุปกรณ์วัดความดันกับรถจักรยานยนต์กระบวนการที่กล่าวมาสามารถแสดงได้จาก Flow chart ดังรูปที่ 3.14

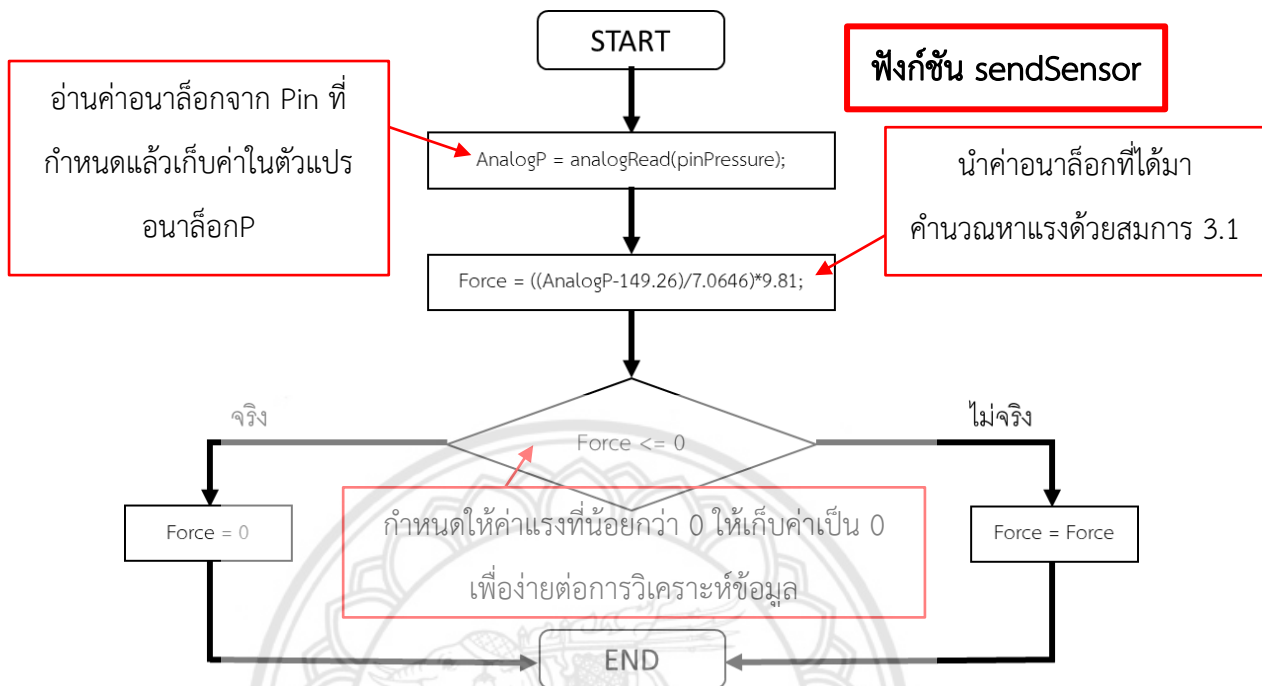
$$\text{Force} = ((\text{Analog} - 149.26) / 7.0646) * 9.81$$

3.1

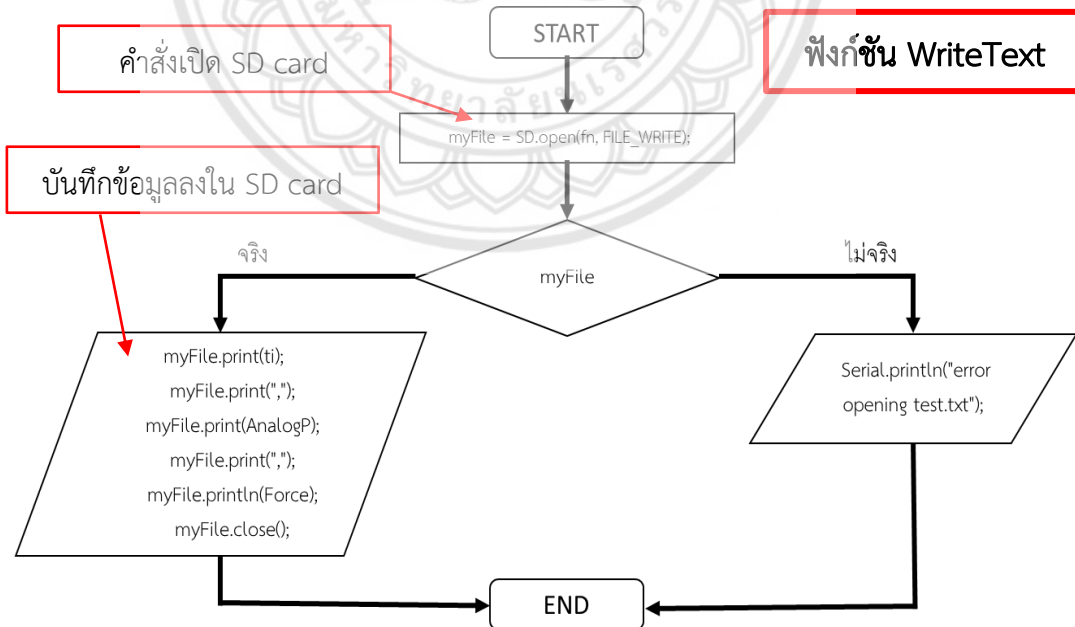




รูปที่ 3.14 Flow chart แสดงคำสั่งอุปกรณ์สำหรับใช้งานกับรถจักรยานยนต์



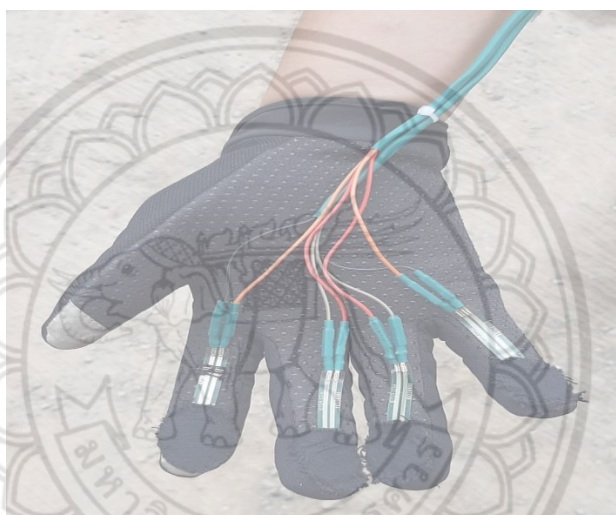
รูปที่ 3.15 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน sendSensor();



รูปที่ 3.16 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน WriteText();

### 3.3 การออกแบบอุปกรณ์วัดแรงที่มือใช้จับเบรก

อุปกรณ์ถุงมือใช้เซ็นเซอร์แรงกด FSR402 ในเก็บพฤติกรรมกดของนิ้วที่ใช้ในการจับเบรกโดยจะติดเซ็นเซอร์แรงกดไว้ที่ปลายนิ้วทั้งหมด 4 ตัวโดยเซ็นเซอร์แรงกดทั้งหมดจะแยกจากกันโดยให้เก็บพฤติกรรมจากนิ้วทั้ง 4 ได้แก่ นิ้วชี้, นิ้วกลาง, นี้วนาง และ นิ้วก้อย ดังรูปที่ 3.17 แต่เซ็นเซอร์ทั้ง 4 จากถูกควบคุมโดยบอร์ด Arduino UNO R3 เก็บข้อมูลโดยใช้ micro SD card ด้วย Data Logger Shield และมีแบตเตอรี่สำหรับใช้งานโดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่สายรัดแขนเพื่อความคล่องตัวในขณะที่ทำการขับขี่ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์แรงกดด้านหน้ามือที่ถุงมือ



รูปที่ 3.18 สายรัดแขนเก็บอุปกรณ์

จากตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ด้านหน้ามืองดรูปที่ 3.18 สามารถเก็บพฤติกรรมได้ แต่ตำแหน่งด้านหน้ามือจะทำให้เซนเซอร์แรงกดได้รับความเสียหายจากการจับที่คั้นแรงของรถจักรยานยนต์ หลังโดยหลังจากการทดลองเซนเซอร์แรงกดที่นิ้วชี้และนิ้วก้อยเกิดความเสียหายจนไม่สามารถใช้งานได้ ผู้จัดทำจึงได้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของเซนเซอร์จากด้านหน้ามือเป็นการให้เซนเซอร์แรงกดย้ายมาอยู่ที่ด้านหลังมือแทนดังรูปที่ 3.19 แต่ตำแหน่งการกดจะยังอยู่ที่ปลายนิ้วด้านหน้ามืองดเดิมดังรูปที่ 3.20 จากการเปลี่ยนตำแหน่งของเซนเซอร์ทำให้เซนเซอร์ไม่เกิดความเสียหายจากการจับคั้นแรงอีกทั้งยังสามารถจับเบรกได้สะดวกขึ้นเพราะไม่มีสายไฟมาขวางการจับเบรกอีกด้วย ในส่วนของการใช้งานวัดค่าแรงกดเซนเซอร์สามารถทำงานได้ดีไม่ต่างจากการติดตั้งเซนเซอร์แรงกดไว้ที่หน้ามือ



รูปที่ 3.19 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์แรงกดด้านหลังมือที่ถุงมือ



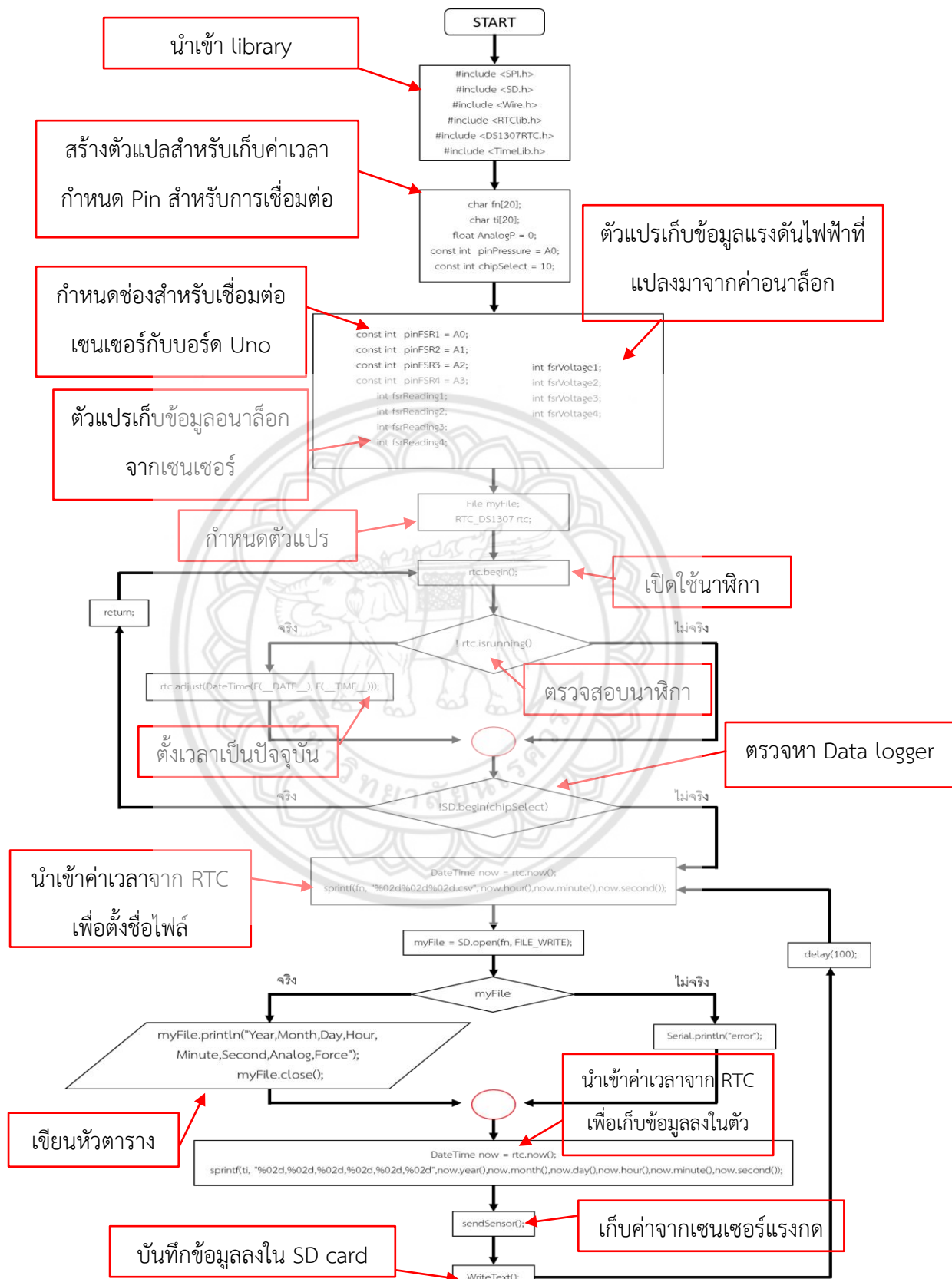
รูปที่ 3.20 ตำแหน่งการรับแรงของเซนเซอร์แรงกดด้านหน้ามือ

#### การเขียนคำสั่งสำหรับถุงมือวัดแรงกด

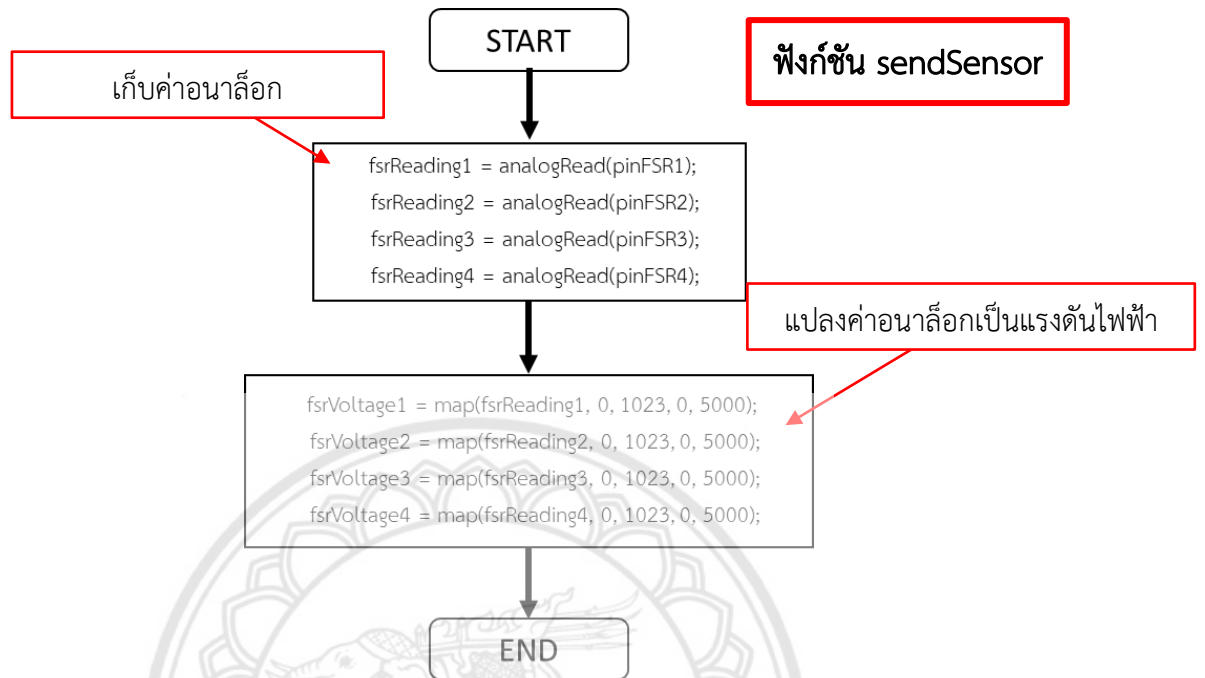
การออกแบบคำสั่งสำหรับถุงมือวัดแรงกดจะใช้หลักการเดียวกันกับคำสั่งของอุปกรณ์วัดความดันกับรถจักรยานยนต์ โดยเก็บค่าเป็นอนาล็อกจากนั้นเก็บค่าแล้วทำการแปลงค่าอนาล็อกเป็นค่าของแรงดันไฟฟ้าในฟังก์ชัน `sendSensor()`;

จากนั้นเก็บข้อมูลพฤติกรรมของแต่ละนิ้วลงใน SD card ด้วย Data Logger Shield บนบอร์ด Arduino UNO R3 ต่อดังฟังก์ชัน `WriteText()`; โดยขั้นตอนทั้งหมดจะแสดงออกมาเป็น Flowchart ดังรูปที่ 3.21, 3.22 และ 3.23

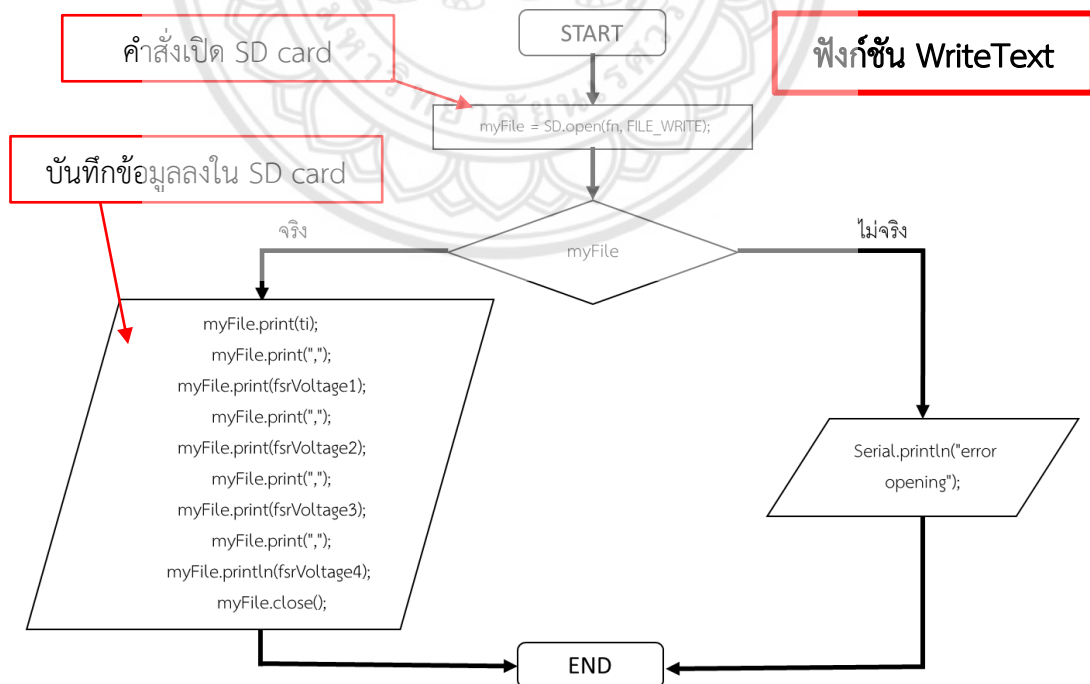




รูปที่ 3.21 Flow chart คำสั่งสำหรับถูงมือวัดแรงกด



รูปที่ 3.22 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน sendSensor(); ถูงมือวัดแรงกด



รูปที่ 3.23 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน WriteText(); ถูงมือวัดแรงกด

### 3.4 การออกแบบการทดสอบอุปกรณ์วัดความดันน้ำมันเบรกและถุงมือวัดแรงกดกับรถจักรยานยนต์บนถนน

การทดสอบอุปกรณ์กับรถจักรยานยนต์จะทำการขับขี่เพื่อทดสอบอยู่ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ดังรูปที่ 3.25 โดยการทดสอบด้วยการขับขี่จะคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอันดับแรก ดังนั้นผู้ขับขี่เพื่อทำการทดสอบจึงจำเป็นต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันพื้นฐานอย่างหมวกกันน็อคและถุงมือป้องกันเพื่อความปลอดภัยและลดอาการบาดเจ็บหากเกิดอุบัติเหตุผู้ทดสอบจะแต่งกายด้วยกางเกงขายาวและสวมรองเท้าผ้าใบ ในส่วนของผู้ร่วมใช้ถนนผู้จัดทำได้เลือกช่วงเวลาที่มีการใช้งานถนนน้อยที่สุดแต่ยังคงปลอดภัยและมีทัศนวิสัยที่สามารถขับขี่ได้อย่างปลอดภัย

การทดสอบจะทำการทดสอบกับรถจักรยานยนต์โดยมีตัวอย่างของผู้ขับขี่ 3 คนรายละเอียดเป็นดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ข้อมูลจำเพาะของผู้ทดสอบการขับขี่

ลำดับ	เพศ	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ประสบการณ์ในการขับขี่ (ปี)	ระยะเวลาในการครอบครองใบขับขี่ (ปี)
1	ชาย	23	80	8	6
2	ชาย	23	75	8	4
3	ชาย	23	60	4	2

การทดสอบจะทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันด้วยเซนเซอร์ความดันและถุงมือวัดแรงกดไว้ดังรูปที่ 3.13 และ 3.20 โดยจะทำการขับขี่โดยกำหนดให้ผู้ขับขี่แบ่งการเบรกเป็น 2 รูปแบบคือการเบรกเพื่อชะลอโดยจะเป็นการเบรกที่ผู้ขับขี่จะต้องพยายามหยุดรถด้วยการเบรกค่อยๆ เพิ่มแรงในการจับเบรกไปเรื่อย ๆ จนเต็มแรงเบรก และการเบรกเพื่อหยุดอย่างกะทันหันโดยจะเป็นการเบรกที่ผู้ขับขี่จะต้องพยายามหยุดรถให้มีระยะเวลาสั้นที่สุดด้วยการใช้แรงเบรกอย่างเต็มกำลัง และกำหนดอีกว่าการจับเบรกจะแบ่งอีกคือการจับเบรกแบบใช้ 2 นิ้วได้แก่นิ้วชี้และนิ้วกลางในการจับเบรก และการจับเบรกแบบใช้ 4 นิ้วได้แก่นิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง และ นิ้วก้อย ในการจับเบรกเพื่อทราบถึงความ



แตกต่างและพฤติกรรมการใช้งานเบรกของผู้ขับขี่แต่ละคน ในระหว่างที่ทำการขับขี่ขั้นตอนการใช้เบรกคือการขับขี่รถจักรยานยนต์โดยใช้ความเร็วประมาณ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยให้ผู้ขับขี่สังเกตด้วยตนเองจากหน้าปัดแสดงผลของรถจักรยานยนต์เมื่อถึงความเร็วที่กำหนดแล้วนั้นให้ทำการเบรกดังกล่าวไว้ข้างต้นจนรถจักรยานยนต์หยุดนิ่ง ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การทดสอบอุปกรณ์กับรถจักรยานยนต์

## บทที่ 4

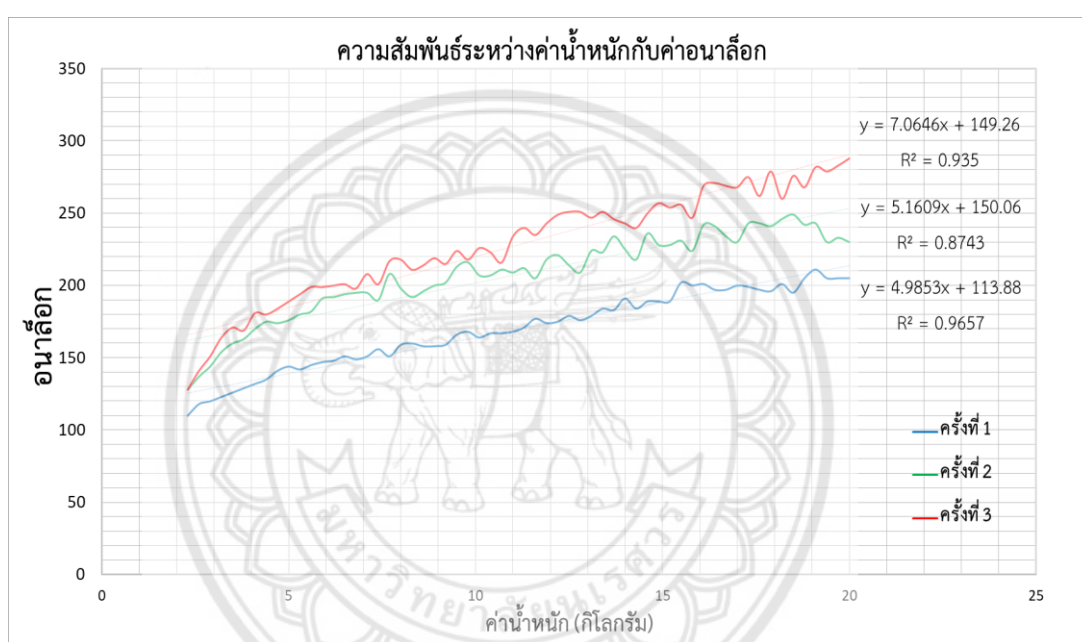
### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากที่ผู้ดำเนินโครงการได้ดำเนินโครงการตามหัวข้อที่ได้กำหนดในแผนการดำเนินโครงการ ผู้ดำเนินโครงการจึงได้ออกแบบรูปแบบการทดลองการใช้งานเบรกโดยได้มีการทดลองการใช้งานเบรก 2 รูปแบบคือการใช้ 2 นิ้ว ได้แก่ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ในการจับเบรก และการใช้ 4 นิ้ว ได้แก่ นิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง และนิ้วก้อย ในการจับเบรก โดยในแต่ละรูปแบบจะมีการเบรก 2 ลักษณะคือ การเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่ง และการเบรกเพื่อหยุดกะทันหัน จะทำการทดสอบกับผู้ขับขี่จำนวนทั้งหมด 3 ราย แล้วจึงนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

หัวข้อ						
4.1	ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบสัญญาณนาฬิกาจากเซนเซอร์ความดัน ต่อน้ำหนักที่ถ่วงที่ก้านเบรก					
4.2	การเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองของสัญญาณจากเซนเซอร์ความดันและถุงมือ					
4.3	การทดลอง การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้ว					
	ผู้ขับขี่คนที่ 1		ผู้ขับขี่คนที่ 2		ผู้ขับขี่คนที่ 3	
	ชะลอรถ	กะทันหัน	ชะลอรถ	กะทันหัน	ชะลอรถ	กะทันหัน
4.4	การทดลอง การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้ว					
	ผู้ขับขี่คนที่ 1		ผู้ขับขี่คนที่ 2		ผู้ขับขี่คนที่ 3	
	ชะลอรถ	กะทันหัน	ชะลอรถ	กะทันหัน	ชะลอรถ	กะทันหัน

#### 4.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบสัญญาณจากเซนเซอร์ความดันต่อน้ำหนักที่ถ่วงที่ก้านเบรก

จากการทดลองการถ่วงน้ำหนักโดยจะเริ่มถ่วงที่ 2.3 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักของตะกร้า แล้วทำการดึงก้านเบรกกลับมาที่จุดเริ่มต้นแล้วตรงไว้จากนั้นจะเพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละ 300 กรัม โดยใช้ถุงทรายแล้วปล่อยจากนั้นจึงจดบันทึกค่าอนาล็อกที่อ่านได้น้ำหนักรวมทั้งหมดถึง 20 กิโลกรัม ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง กราฟแสดงผลการทดลองการถ่วงน้ำหนักเป็นดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟผลการทดลองการถ่วงน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองการถ่วงน้ำหนักจะทำให้สามารถแสดงแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นของค่าอนาล็อกที่มาจากค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ความดันเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกแปรผันตรงต่อกันและจากกราฟจะแสดงให้เห็นถึงสมการเส้นตรงจากกราฟทั้งสองเส้นจากเส้นแนวโน้มโดยการทำการทดลองครั้งที่ 1 จะได้ว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกเป็น  $y = 5.1609x + 150.06$  และมีค่า  $R^2 = 0.8743$  ในการทดลองครั้งที่ 2 จะได้ว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกเป็น  $y = 5.1609x + 150.06$  และมีค่า  $R^2 = 0.8743$  และในการทดลองครั้งที่ 3 จะได้ว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกเป็น  $y = 7.0646x + 149.26$  และมีค่า  $R^2 = 0.935$

จากค่า  $R^2$  จะได้ทำการเลือกสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนุภาคในครั้งที่ 3 ดังสมการที่ 4.1 เพราะมีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด แต่ที่ไม่เลือกครั้งที่ 1 เพราะว่าการถ่วงน้ำหนักในครั้งที่ 1 ยังมีอากาศหลงเหลืออยู่ในสายน้ำมันเบรกทำให้ค่าแรงดันน้ำมันเบรกที่ได้ผิดเพี้ยนไปต่างจากครั้งที่ 2 และ 3 ที่มีค่าแรงดันใกล้เคียงกัน

สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนุภาค

$$y = 7.0646x + 149.26 \quad 4.1$$

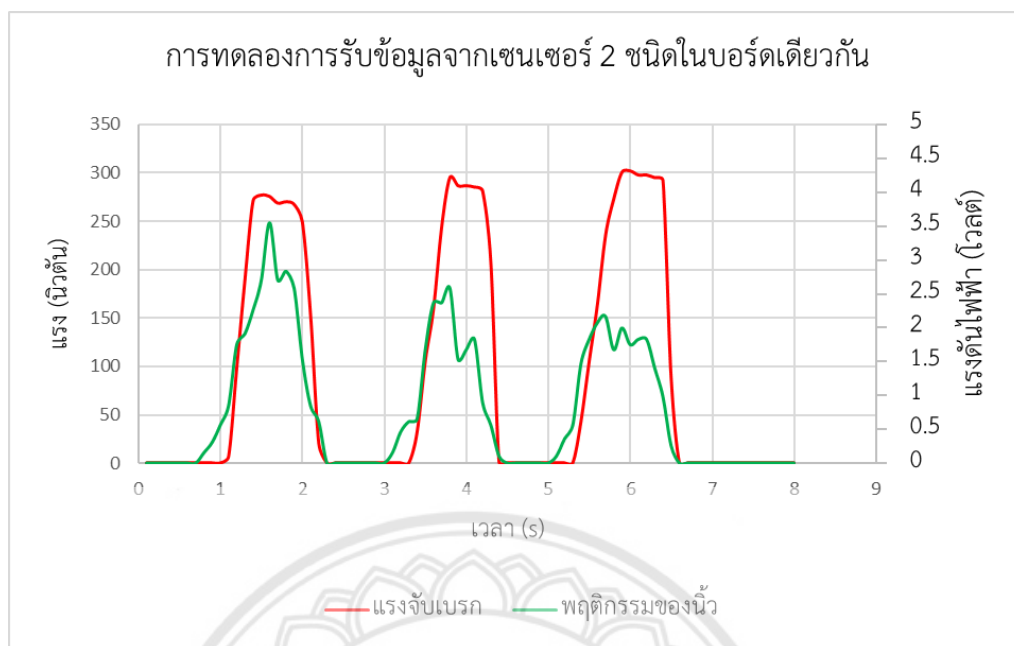
สมการการคำนวณแรงจากสมการ 4.1

$$F = x \times g = \left( \frac{y - 149.26}{7.0646} \right) \times 9.81 \quad 4.2$$

จากสมการที่ 4.1 สามารถกลับข้างของสมการเพื่อเปลี่ยนตัวแปรที่ต้องการเป็นตัวแปร  $x$  ซึ่งเป็นตัวแปรของน้ำหนักจากการทดลองถ่วงน้ำหนักโดยเซนเซอร์ความดัน และเพื่อเปลี่ยนให้จากค่าน้ำหนักให้เป็นค่าแรงจะใช้ค่า Specific gravity ในการคูณดังสมการที่ 4.2 สมการแรงจับเบรก

#### 4.2 การเปรียบเทียบเวลาการตอบสนองของสัญญาณจากเซนเซอร์ความดันและถ่วงมือ

ผลการทดลองทดสอบพร้อมกันระหว่างเซนเซอร์ความดันและเซนเซอร์แรงกดที่ถ่วงมือบนบอร์ด Arduino uno r3 พบว่าเมื่อทำการเบรก จะตรวจพบสัญญาณแรงกดจากเซนเซอร์ที่ถ่วงมือก่อนสัญญาณจากเซนเซอร์ความดันโดยเฉลี่ย 0.4 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟผลการทดลองการใช้เซนเซอร์ 2 ชนิดบนบอร์ดเดียวกัน

### ผลการทดลอง

ผลการทดลองใช้อุปกรณ์วัดความดันเบรกกับถุงมือวัดแรงกดโดยใช้งานกับรถจักรยานยนต์ honda wave 110i โดยต่ออุปกรณ์วัดความดันไว้ที่ปั๊มเบรกหน้าและสวมถุงมือที่มีเซนเซอร์วัดแรงกดติดอยู่บริเวณปลายนิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง และนิ้วก้อยผลการทดลองแสดงดังรูปต่อไปนี้

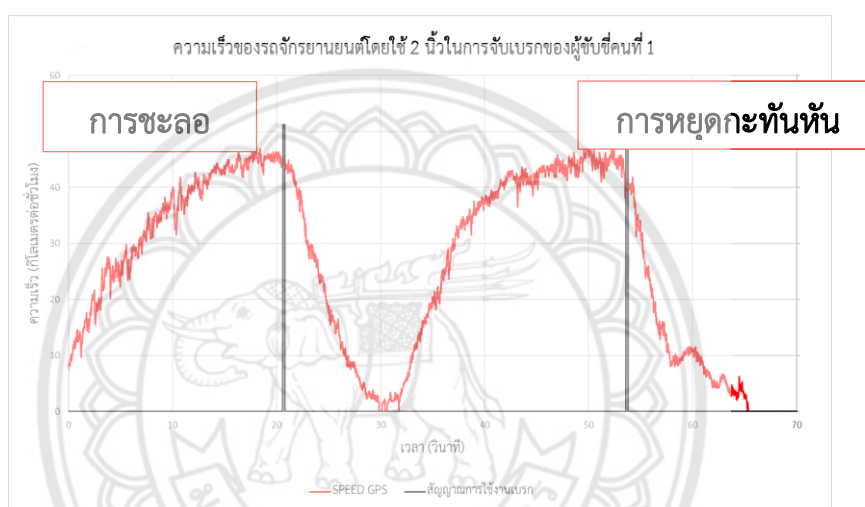
### การทดสอบ

ผู้ทดสอบจำนวน 3 คน ซึ่งผู้ทดสอบจะมีประสบการณ์ในการขับขี่ที่แตกต่างกัน โดยผู้ทดสอบทั้ง 3 คนจะได้รับการทดสอบแบบเดียวกันทั้ง 2 รูปแบบ รูปแบบแรกใช้ 2 นิ้วประกอบด้วยนิ้วชี้และนิ้วกลางในการจับเบรก รูปแบบที่สองใช้ 4 นิ้วประกอบด้วยนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยในการจับเบรก โดยการทดสอบทั้ง 2 รูปแบบแบ่งประเภทของการจับเบรกได้ 2 ประเภทคือ 1.การจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุด และ 2.การจับเบรกเพื่อหยุดกะทันหัน

### 4.3 การทดลองในการควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้ว

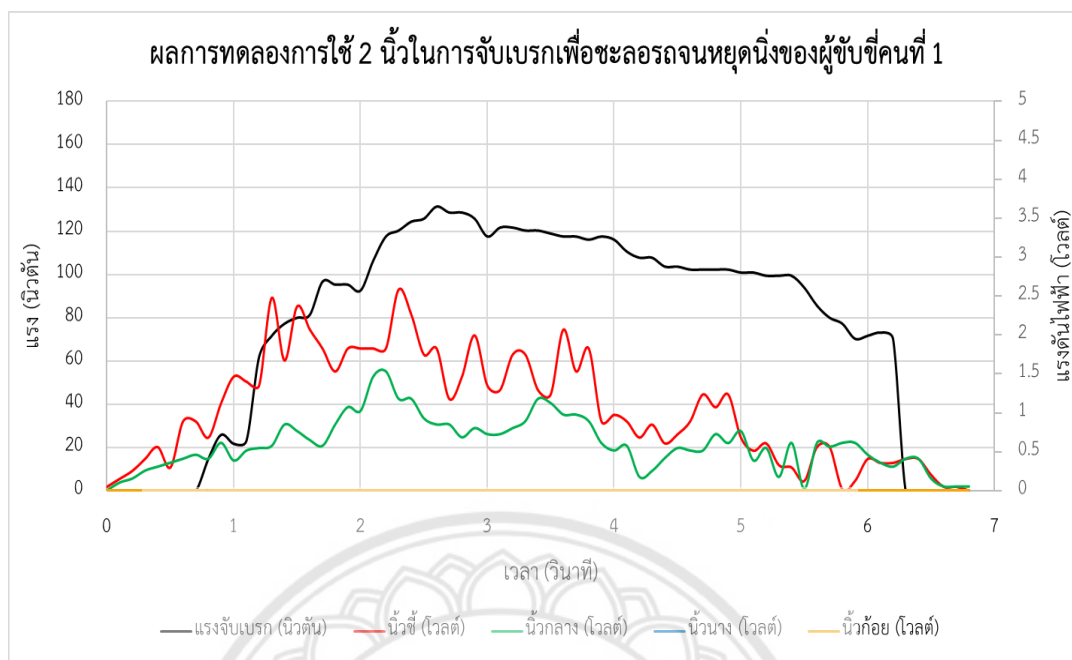
เป็นการทดสอบที่ผู้ขับขี่ต้องใช้ 2 นิ้วประกอบด้วยนิ้วชี้ และนิ้วกลาง ในการจับเบรกขณะที่ทำการเบรก โดยค่าที่ได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์ความดัน ถุงมือวัดแรงเบรก และอุปกรณ์ GPS จะถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟความเร็ว กราฟแรงจับเบรกขณะเบรกแบบชะลอ และหยุดกะทันหัน ตามลำดับ เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ต่อไปดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.11

#### 4.3.1 การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้วของผู้ขับขี่คนที่ 1



รูปที่ 4.3 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 1

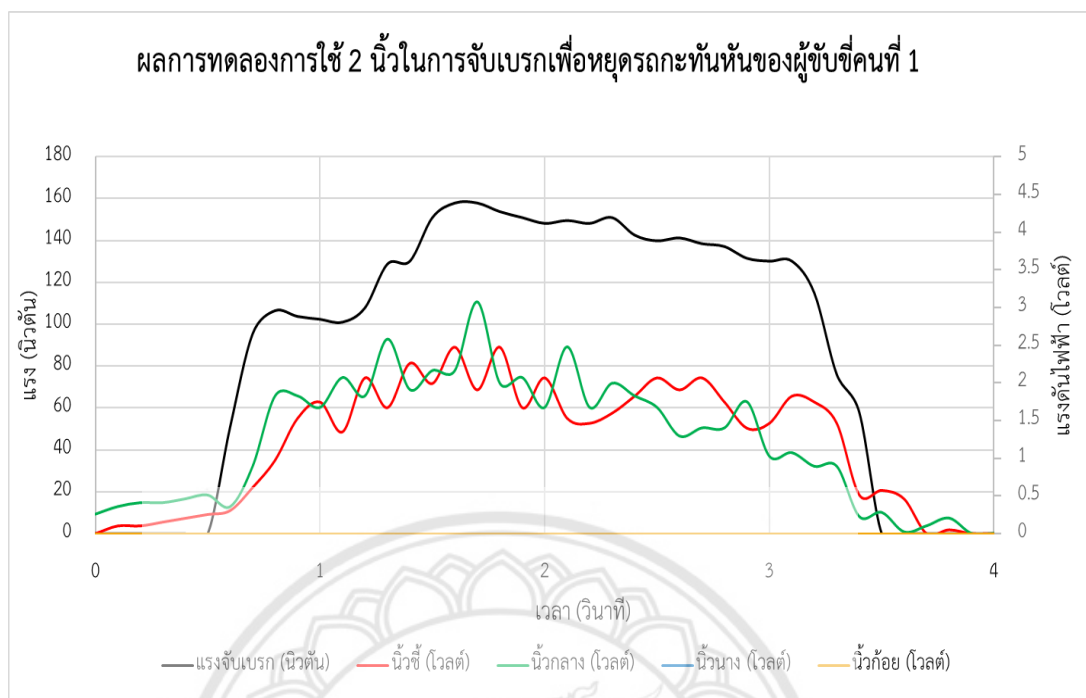
จากรูปที่ 4.3 เป็นการทดสอบตัวอุปกรณ์ GPS ซึ่งทดสอบพร้อมกันกับอุปกรณ์เซนเซอร์ความดันและถุงมือวัดแรงกดดังแสดงไว้ที่รูป 4.4 และ 4.5 จากกราฟแสดงให้เห็นถึงช่วงของการเริ่มใช้งานเบรกที่ต่อเนื่องกัน 2 ครั้ง ทดสอบโดยผู้ขับขี่คนที่ 1 โดยครั้งแรกจะเป็นของการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของการชะลอและการหยุดกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 1 โดยจะได้ว่าที่การชะลอนั้นเส้นกราฟได้มีการหักลงในจังหวะเบรกจริงโดยจะมีค่าความหน่วง  $1.44$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> โดยใช้ระยะเวลาในการเบรกจนรถหยุดนิ่ง  $9.76$  วินาที คิดเป็นระยะทาง  $62$  เมตรการเบรกแบบกะทันหันจากกราฟจะเห็นได้ว่าการใช้งานเบรกอยู่ 2 จังหวะ ในจังหวะแรกผู้ขับขี่ใช้เบรกเต็มที่มีความหน่วง  $2.32$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> และในจังหวะที่สองผู้ขับขี่ได้มีการปล่อยเบรกทำให้ความเร็วที่ควรจะลดลงกลับเพิ่มขึ้นและทำการเบรกด้วยความหน่วง  $0.417$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> ต่อจนความเร็วเป็น  $0$  เป็นระยะทางทั้งหมด  $49$  เมตร



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 1

จากรูปที่ 4.4 จะพบว่าการเบรกโดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจักรยานยนต์ของผู้ขับขี่คนที่ 1 นั้นใช้เวลาในการเบรกจนรถจักรยานยนต์หยุดนิ่งทั้งสิ้น 6.3 วินาที โดยการเบรกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดที่เวลาวินาทีที่ 0.7 จากนั้นได้มีการเพิ่มแรงเบรกขึ้นไปเป็นช่วงแล้วมีค่าแรงจับเบรกสูงสุดอยู่ที่ 132 นิวตัน ที่เวลาวินาทีที่ 2.6 จากนั้นค่อย ๆ ลดลงที่เวลาวินาทีที่ 3 ถึง 6 แล้ว จากนั้นจึงปล่อยเบรกในจังหวะสุดท้ายที่เวลาวินาทีที่ 6.2 เนื่องจากผู้ขับขี่ได้สังเกตเห็นว่ารถหยุดนิ่งแล้ว และพฤติกรรมการใช้เบรกที่ปรากฏให้เห็นดังรูปที่ 4.4 พบว่าผู้ขับขี่มีพฤติกรรมการใช้นิ้วชี้มากกว่านิ้วกลางในการจับเบรก ช่วงเริ่มต้นถึงที่เวลาวินาทีที่ 5 ผู้ขับขี่มีพฤติกรรมการใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางใกล้เคียงกัน



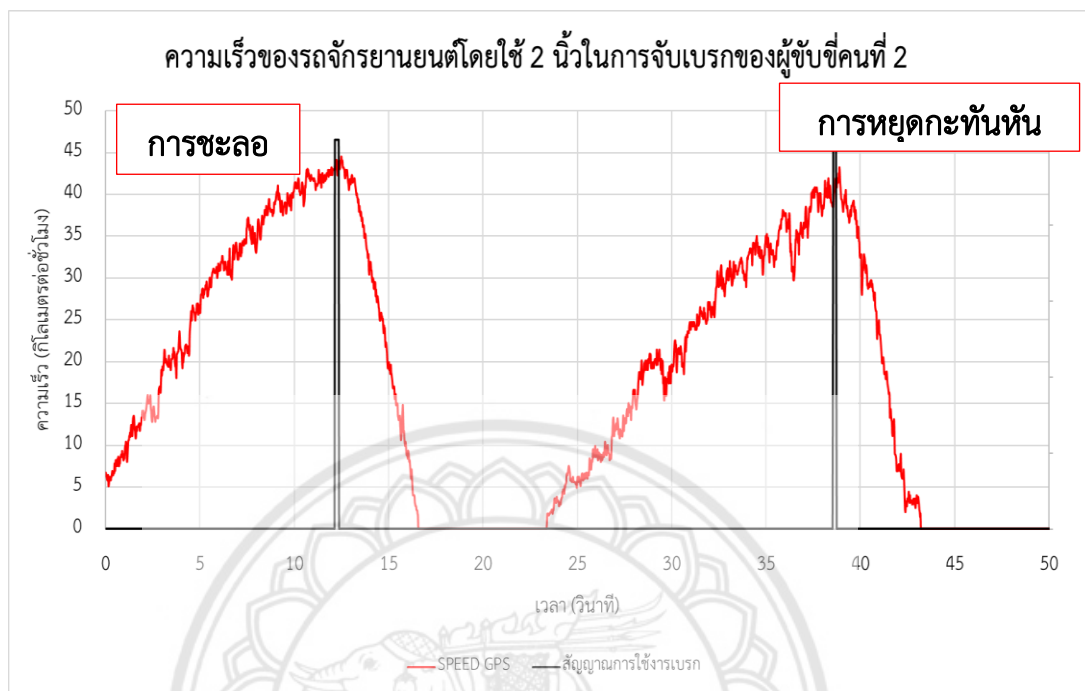


รูปที่ 4.5 ผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 1

จากรูปที่ 4.5 จะพบว่าการเบรกโดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 1 นั้นใช้เวลาในการเบรกทั้งหมด 3.5 วินาที รถจึงหยุดนิ่งเพื่อเทียบกับระยะเวลาในการเบรกโดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจักรยานยนต์จะพบว่ามีระยะเวลาห่างกัน 2.8 วินาที โดยจากกราฟจะแสดงให้เห็นว่าด้วยว่าผู้ขับขี่ได้มีการใช้เบรก 2 นิ้วโดยที่เวลาวินาทีที่ 0.8 ได้มีการจับเบรกด้วยแรง 106 นิวตัน จากนั้นได้เพิ่มแรงจับเบรกที่เวลาวินาทีที่ 1.2 แล้วเพิ่มขึ้นจนที่เวลาวินาทีที่ 1.6 ได้แรงจับเบรกสูงสุดที่ 158 นิวตัน แล้วจากนั้นจึงมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อถึงเวลาวินาทีที่ 3.1 จะมีการลดลงอย่างรวดเร็ว และในส่วนของถ่วงมือวัดแรงกดนั้นแรงของนิ้วชี้และนิ้วกลางมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการจับเบรกแสดงให้เห็นว่าผู้ขับขี่ได้ใช้นิ้วทั้งสองในสัดส่วนเท่ากันในการจับเบรก

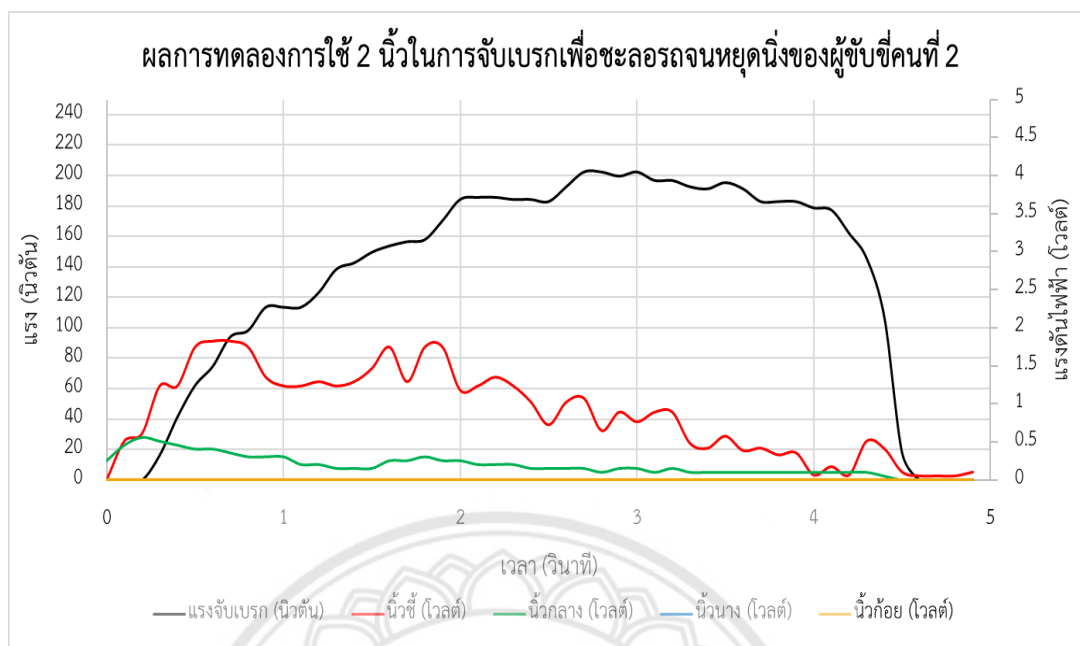


#### 4.3.2 การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้วของผู้ขับขี่คนที่ 2



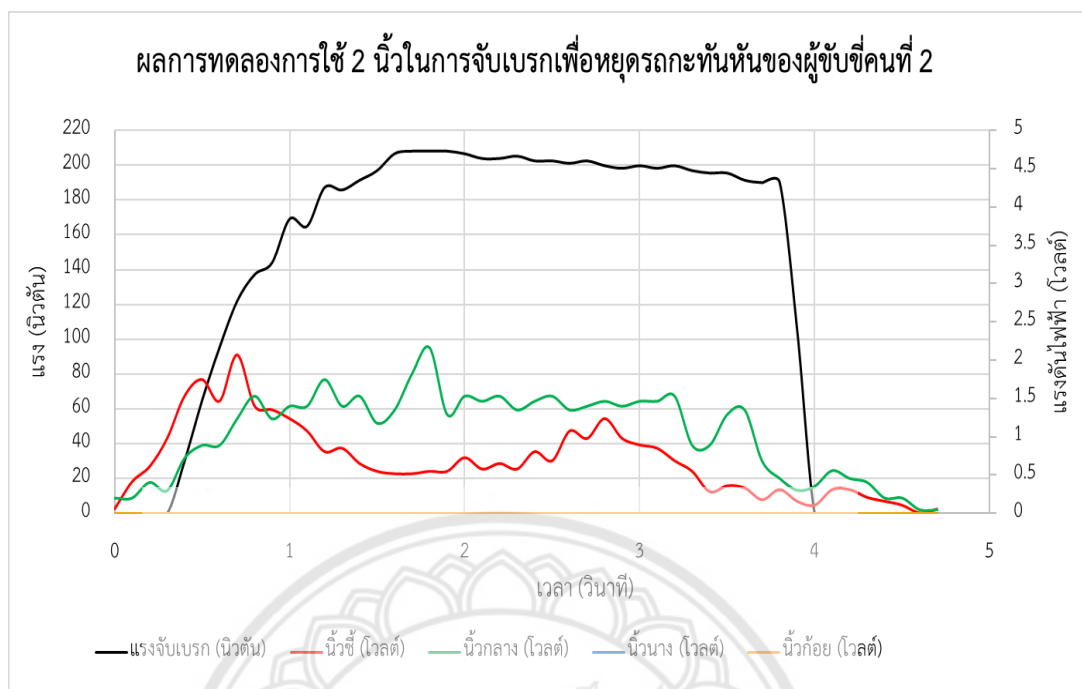
รูปที่ 4.6 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 2

จากรูปที่ 4.6 เป็นการทดสอบตัวอุปกรณ์ GPS ซึ่งทดสอบพร้อมกันกับอุปกรณ์เซนเซอร์ ความดันและอุณหภูมิวัดแรงกดตั้งแสดงไว้ที่รูป 4.7 และ 4.8 จากกราฟแสดงให้เห็นถึงช่วงของการเริ่มใช้งานเบรกของการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของการชะลอและการหยุดกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 2 โดยการชะลอมีความหน่วง  $2.96$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> และในส่วนของ การหยุดกะทันหันจะพบว่ามีความชันใกล้เคียงกับการชะลอโดยจะมีค่าความหน่วง  $2.92$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> สาเหตุที่ค่าความหน่วงของการเบรกทั้งสองครั้งมีค่าใกล้เคียงกันเพราะความเคยชินของตัวผู้ขับขี่ทำให้การใช้งานเบรกทั้งสองครั้งแสดงออกมาในรูปแบบเดียวกัน โดยการเบรกแบบชะลอใช้เวลาทั้งหมด  $4.3$  วินาที เป็นระยะทาง  $25.92$  เมตร และเวลาที่ใช้ในการเบรกแบบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดกะทันหันใช้เวลาทั้งหมด  $4.48$  วินาที เป็นระยะทาง  $23.96$  เมตรซึ่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 2

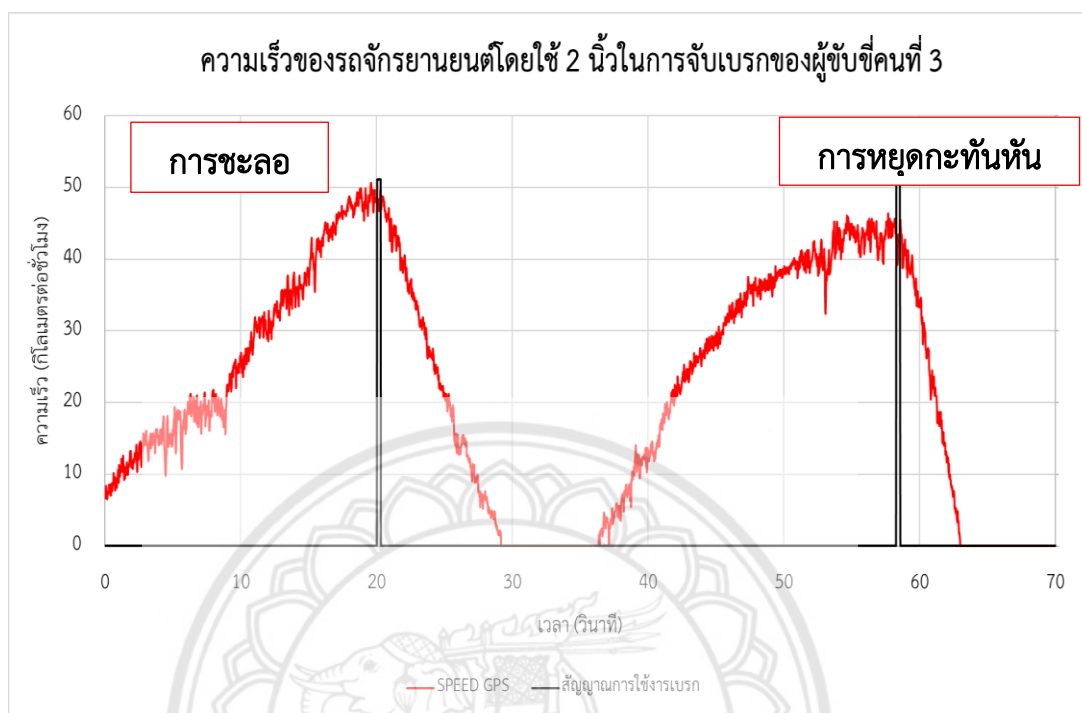
จากรูปที่ 4.7 พบว่าผู้ขับขี่คนที่ 2 ได้มีการจับเบรกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางประคองก้านเบรกโดยมีจับเบรกสูงสุด 202 นิวตันที่เวลาวินาทีที่ 2.7 จากนั้นลดลงเล็กน้อยจนถึงที่เวลาวินาทีที่ 3.6 ลดลงอย่างรวดเร็ว และแรงจากถุงมือวัดแรงกดพบว่าผู้ขับขี่มีพฤติกรรมการใช้นิ้วชี้ในการจับเบรกมากกว่านิ้วกลางอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ช่วงการเริ่มต้นจับเบรก ผู้ขับขี่ใช้ระยะเวลาในการเบรกแบบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอทั้งหมด 4.5 วินาที



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 2

จากรูปที่ 4.8 พบว่าผู้ขับขี่คนที่ 2 ได้มีการจับเบรกอย่างกะทันหันสังเกตจากการเพิ่มขึ้นของแรงจับเบรกมีค่าสูงสุด 208 นิวตัน ที่เวลาวินาทีที่ 1.7 จากนั้นลดลงเล็กน้อย หลังจากเวลาวินาทีที่ 3.9 เกิดการลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้ขับขี่มั่นใจว่ารถหยุดนิ่งจึงปล่อยเบรก โดยผู้ขับขี่ใช้เวลาในการเบรกแบบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหัน 3.6 วินาที และถ่วงมือวัดแรงกดพบว่าในช่วงแรกได้มีการใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางในสัดส่วนใกล้เคียงกันแต่หลังจากเวลา 1 วินาที ผู้ขับขี่ได้มีการใช้นิ้วกลางมากกว่าการใช้นิ้วชี้

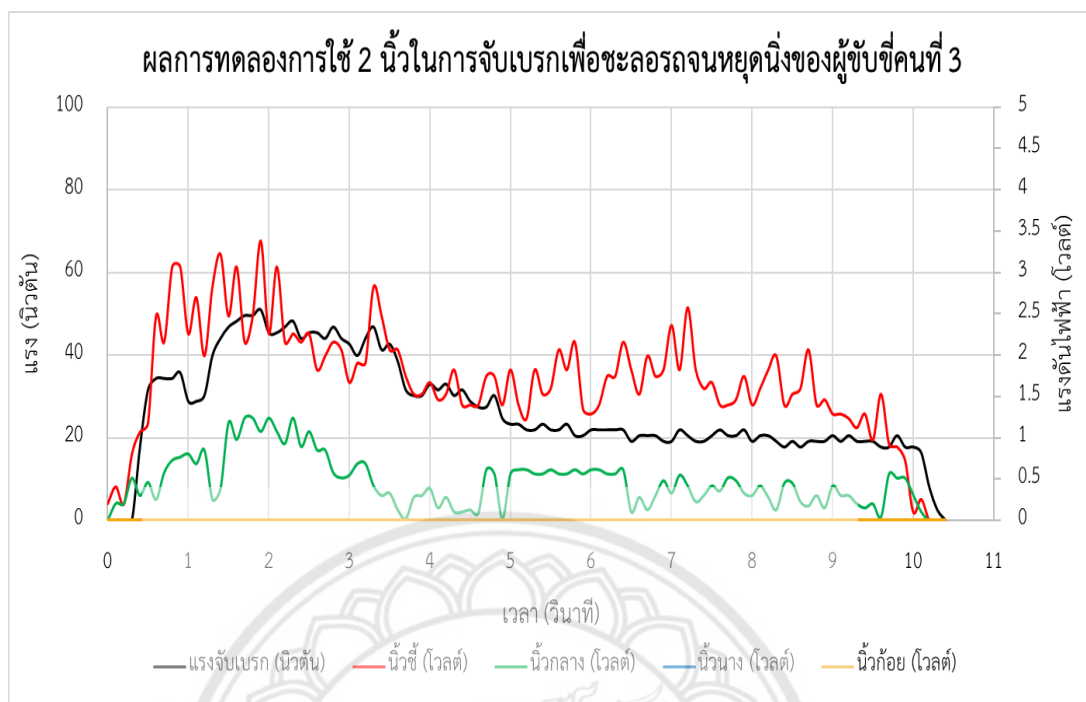
### 4.3.3 การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้วของผู้ขับขี่คนที่ 3



รูปที่ 4.9 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 3

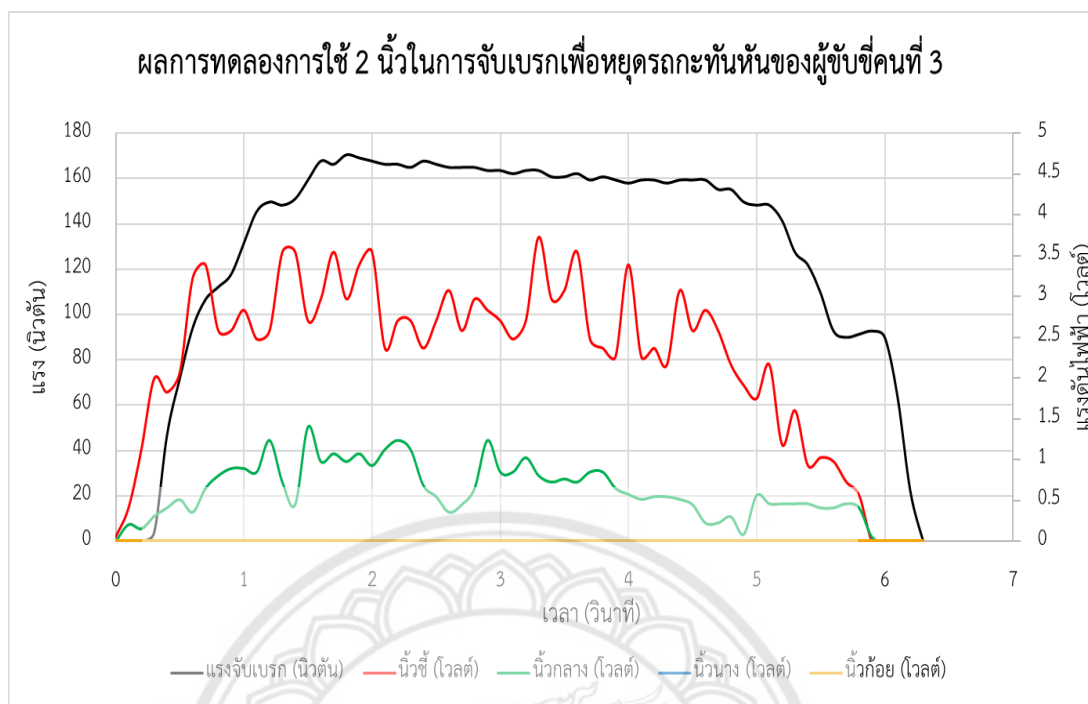
จากรูปที่ 4.9 เป็นการทดสอบตัวอุปกรณ์ GPS ซึ่งทดสอบพร้อมกันกับอุปกรณ์เซนเซอร์ ความดันและถุงมือวัดแรงกดตั้งแสดงไว้ที่รูป 4.10 และ 4.11 จากกราฟแสดงให้เห็นถึงช่วงของการ เริ่มใช้งานเบรกของการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของการชะลอและการหยุดกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 3 โดยจะได้อะไรว่าการชะลอนั้นมีค่าความหน่วง  $1.5$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> และในส่วนของ การหยุดกะทันหันจะ พบว่ามีค่าความหน่วง  $2.65$  เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> จากกราฟแสดงให้เห็นข้อแตกต่างระหว่างการใช้งาน เบรกแบบชะลอและการหยุดกะทันหันได้อย่างเห็นได้ชัดเจน โดยการเบรกแบบชะลอใช้เวลาทั้งหมด  $9.14$  วินาทีเป็นระยะทาง  $67.22$  เมตร และการเบรกเพื่อหยุดกะทันหันใช้เวลาทั้งหมด  $4.6$  วินาที คิด เป็นระยะทาง  $27.15$  เมตร

จากผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 2 พบว่าผู้ขับขี่ได้มีการใช้ นิ้วชี้และนิ้วกลางสลับกันในแต่ละสถานะการแต่ผู้ขับขี่ได้ใช้งานเบรกเพื่อชะลอและเพื่อหยุดกะทันหัน ในรูปแบบเดียวกันแต่กันเพียงเวลาในการจับที่เร็วขึ้นเท่านั้น



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 3

จากรูปที่ 4.10 พบว่าผู้ขับขี่คนที่ 3 ได้มีการใช้งานเบรกที่น้อยกว่าผู้ขับขี่คนที่ 1 และ 2 อย่างมากโดยการใช้งานเบรก 2 นิ้วหะโดยมีค่าสูงสุดที่ 51 นิวตันที่เวลาวินาทีที่ 1.9 จากนั้นค่อย ๆ ปลดเบรกจึงทำให้แรงจับเบรกลดลงจนถึงที่เวลาวินาทีที่ 10 ได้มีการปลดเบรกเต็มที่จึงทำให้ค่าแรงจับเบรกลดลงอย่างรวดเร็ว และถูงมือวัดแรงกดพบว่าผู้ขับขี่คนที่ 3 ได้ใช้นิ้วชี้มากกว่านิ้วกลางอย่างมากโดยแสดงได้จากกราฟ ผู้ขับขี่ใช้เวลาในการเบรกแบบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอทั้งหมด ประมาณ 10 วินาที



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองการใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 3

จากรูปที่ 4.11 พบว่าผู้ขับขี่คนที่ 3 ได้มีการใช้งานเบรกอย่างกะทันหันแสดงได้จากกราฟว่าในช่วงแรกที่เวลาวินาทีที่ 1.8 โดยได้มีการใช้งานเบรกด้วยแรงสูงสุดที่ 170 นิวตัน แล้วจากนั้นได้ลดลงเล็กน้อย จากนั้นในช่วงที่เวลาวินาทีที่ 5 ได้มีการปล่อยเบรกแล้วกลับมาจับอีกครั้งที่เวลาวินาทีที่ 5.8 เพราะเนื่องจากเกิดความไม่มั่นใจในการใช้งานเบรกและเกิดการล้อไถลเกิดขึ้น และจากกราฟแสดงให้เห็นพฤติกรรมการใช้นิ้วชี้มากกว่านิ้วกลาง โดยผู้ขับขี่ใช้เวลาในการเบรกแบบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันทั้งหมด 6.2 วินาที

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นจากการทดสอบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหันจากอุปกรณ์ทดสอบที่ประกอบด้วยเซนเซอร์แรงดันและถุงมือวัดแรงกดตรวจวัดกับอุปกรณ์ GPS สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3.1

ตารางที่ 4.3.1 ระยะเวลาในการเบรกของผู้ขับขี่ทั้ง 3 คนในการทดสอบใช้ 2 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหัน

ผู้ขับขี่	ระยะเวลาในการเบรกของ อุปกรณ์วัดแรงจับเบรก (วินาที)		ระยะเวลาในการเบรกของ อุปกรณ์ GPS ในการทดสอบ (วินาที)	
	ชะลอ	กะทันหัน	ชะลอ	กะทันหัน
1	6.30	3.50	9.76	9.00
2	4.50	4.00	4.30	4.48
3	10.00	6.20	9.14	4.60

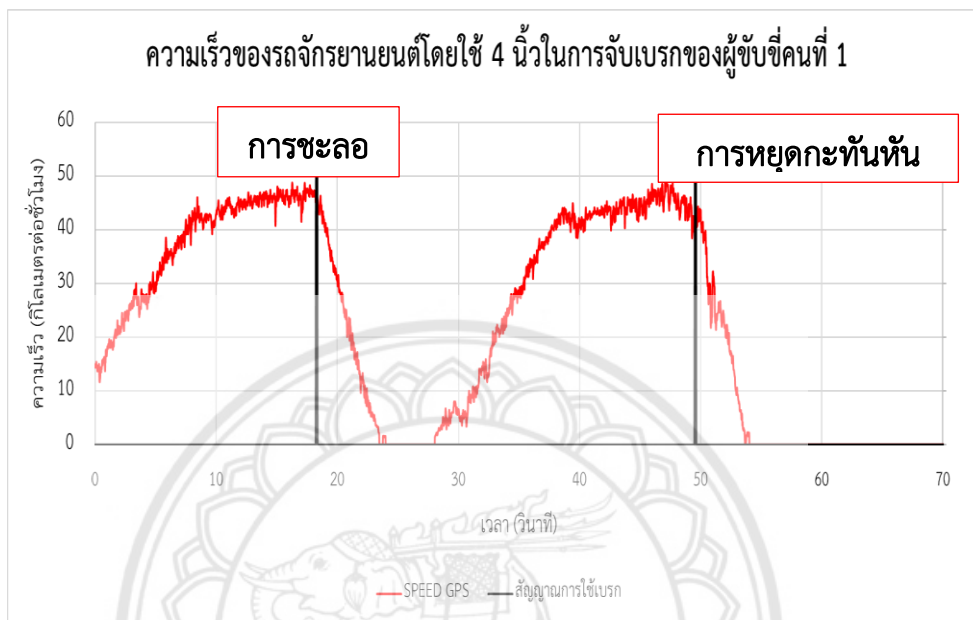
จากตารางที่ 4.3.1 พบว่าระยะเวลาในการเบรกของอุปกรณ์วัดแรงจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 3 นั้นมีระยะเวลายาวนานที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับอุปกรณ์ GPS ซึ่งเกิดจากการไม่มั่นใจในการใช้งานเบรกและประสบการณ์การขับขี่ที่น้อยที่จากผู้ทดสอบ 3 คน โดยถุงมือวัดแรงกดสามารถจับพฤติกรรมได้อย่างชัดเจน ในส่วนผลการทดลองของผู้ขับขี่คนที่ 1 มีความแตกต่างกันระหว่างอุปกรณ์วัดแรงจับเบรก และอุปกรณ์ GPS นั้นเกิดขึ้นจากเป็นการทดสอบครั้งแรกทำให้ตั้งค่าไม่ถูกต้อง ข้อมูลที่ได้จึงคลาดเคลื่อน

#### 4.4 การทดลองในการควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสี่นิ้ว

เป็นการทดสอบที่ผู้ขับขี่ต้องใช้ 4 นิ้วประกอบด้วยนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยในการจับเบรกขณะที่ทำการเบรก โดยค่าที่ได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์ความดัน ถุงมือวัดแรงเบรก และอุปกรณ์ GPS จะถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟความเร็ว กราฟแรงจับเบรกขณะเบรกแบบชะลอ และหยุดรถกะทันหันตามลำดับ เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่ต่อไปดังรูปที่ 4.12 ถึง 4.20



#### 4.4.1 การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้วของผู้ขับขี่คนที่ 1

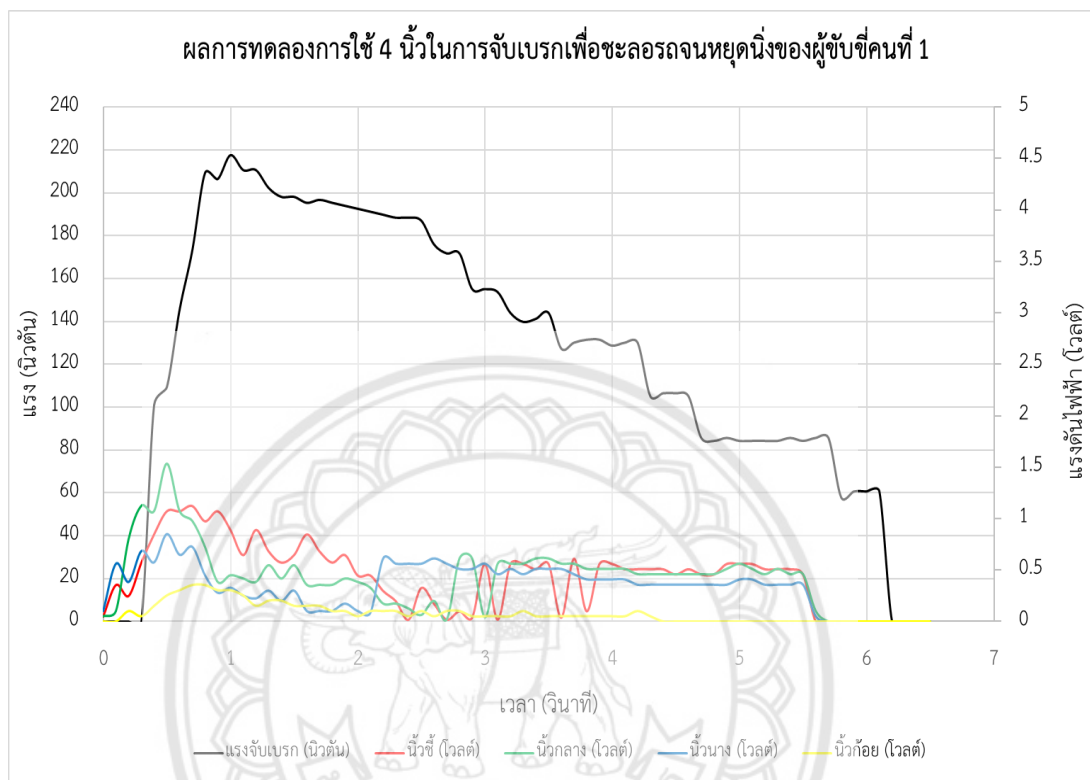


รูปที่ 4.12 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 1

จากรูปที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถจักรยานยนต์ขณะทำการทดสอบ และได้ทำการเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งและทำการหยุดรถแบบกะทันหัน เมื่อผู้ขับขี่เริ่มทำการทดสอบความเร็วของรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการเบรกว่าความเร็วของรถจักรยานยนต์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ในการทดสอบเพื่อชะลอรถจนหยุดพบว่าค่าความหน่วงคือ 2.5 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> โดยใช้เวลาในการเบรก 5.22 วินาทีเป็นระยะทาง 33 เมตร

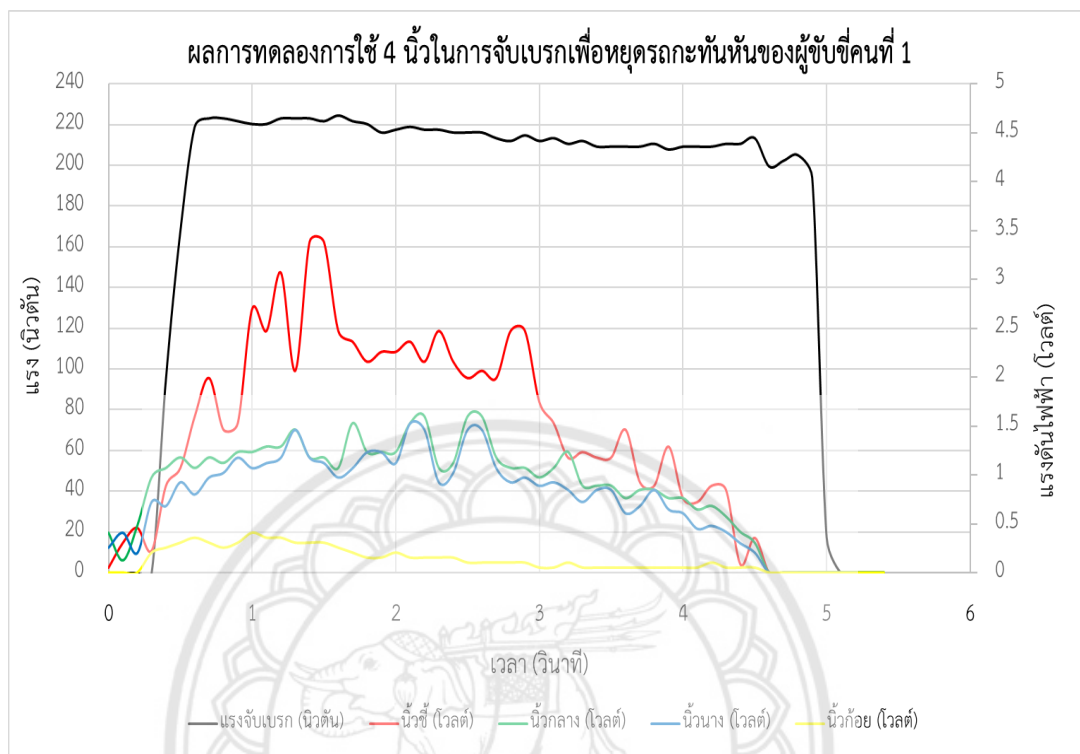
ในการทดสอบเพื่อหยุดรถกะทันหันพบว่ามีความหน่วง 2 ค่า ซึ่งเกิดจากความไม่มั่นใจในการเบรกของผู้ขับขี่ ค่าความหน่วงแรก 3.6 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> ที่เวลาวินาทีที่ 18.26 และค่าความหน่วงที่สอง 2.75 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> ที่เวลาวินาทีที่ 49.52 ตามลำดับ เวลาที่ใช้ในการเบรกทั้งสิ้น 4.11 วินาที โดยแบ่งเป็น 1.41 วินาทีและ 2.7 วินาทีตามลำดับ และใช้ระยะทางในการเบรกทั้งสิ้น 16.3 เมตร โดยเป็นระยะทางในแต่ละช่วงคือ 7.3 และ 9 เมตร ตามลำดับ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าค่าความหน่วงที่เกิดขึ้นในการทดสอบเพื่อหยุดรถมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับแรงที่กระทำต่อก้านเบรกอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.13 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 1

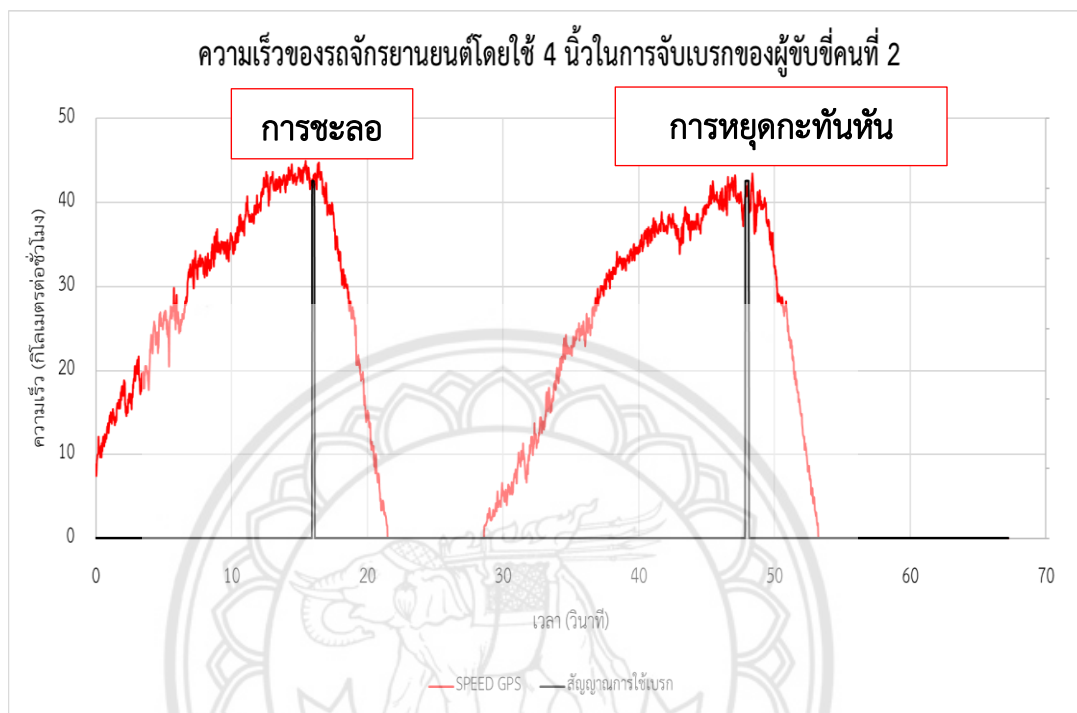
จากรูปที่ 4.13 พบว่าแรงจากสมการ 4.2 แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่คนที่ 1 โดยเริ่มทำการเบรกวินาทีที่ 0.4 จากนั้นจับเบรกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 0.6 วินาที ซึ่งตรงกับที่เวลาวินาทีที่ 1 และแรงจับเบรกสูงสุดที่ 217 นิวตัน หลังจากเวลาที่วินาทีที่ 1 ผ่านไปผู้ขับขี่ได้ทำการปล่อยเบรกอย่างช้า ๆ ทำให้เกิดรูปแบบกราฟที่ลดลงแบบขั้นบันได และจากผลการทดสอบของถุงมือวัดแรงกดตั้งแสดงการใช้นิ้วมือทั้ง 4 นิ้วได้แก่ นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยพบว่าผู้ขับขี่คนที่ 1 ในช่วงเริ่มทำการเบรกที่เวลาวินาทีที่ 0 ถึง 1 ผู้ขับขี่คนที่ 1 ได้ใช้นิ้วทั้ง 4 นิ้วในการจับเบรก ซึ่งแรงที่ใช้ในการจับเบรกมากที่สุดคือนิ้วกลาง นิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วก้อยตามลำดับ หลังจากเวลาที่วินาทีที่ 2 ผู้ขับขี่คนที่ 1 ใช้ 3 นิ้วในการจับเบรกคือ นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนาง และแรงที่ใช้ในการจับเบรกใกล้เคียงกัน โดยผู้ขับขี่คนที่ 1 ใช้เวลาในการเบรกทั้งหมด 6.1 วินาทีในการทำให้รถชะลอจนหยุดนิ่ง



รูปที่ 4.14 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 1

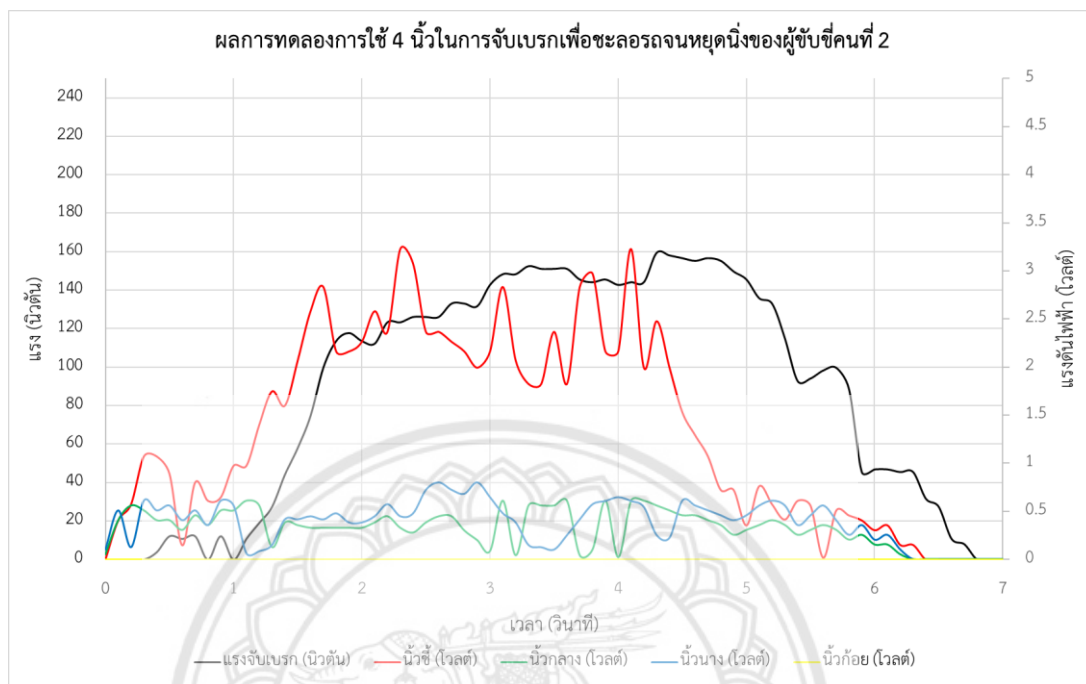
จากรูปที่ 4.14 พบว่าแรงจากสมการ 4.2 ผู้ขับขี่คนที่ 1 เริ่มทำการเบรกที่เวลา 0.4 วินาทีจากนั้นทำการเบรกอย่างกะทันหันทำให้ได้รูปแบบกราฟที่มีสัณฐานภาพค่อนข้างเป็นเส้นตรงแสดงให้เห็นว่าผู้ขับขี่ได้ทำการเบรกได้ทำการเบรกอย่างกะทันหันทำให้แรงที่ใช้ในการจับเบรกค่อนข้างคงที่ โดยแรงจากสมการ 4.2 สูงสุดคือ 223 นิวตันตรงกับที่เวลาวินาทีที่ 0.7 และจากผลการทดสอบของถุงมือวัดแรงกดพบว่าในช่วงเริ่มต้นการเบรกผู้ขับขี่ใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกแรงที่ใช้ในการจับเบรกมากที่สุดคือนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยตามลำดับ โดยโดยผู้ขับขี่คนที่ 1 ใช้เวลาในการเบรกทั้งหมด 4.6 วินาทีในการทำให้รถหยุดนิ่ง

#### 4.4.2 การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้วของผู้ขับขี่คนที่ 2



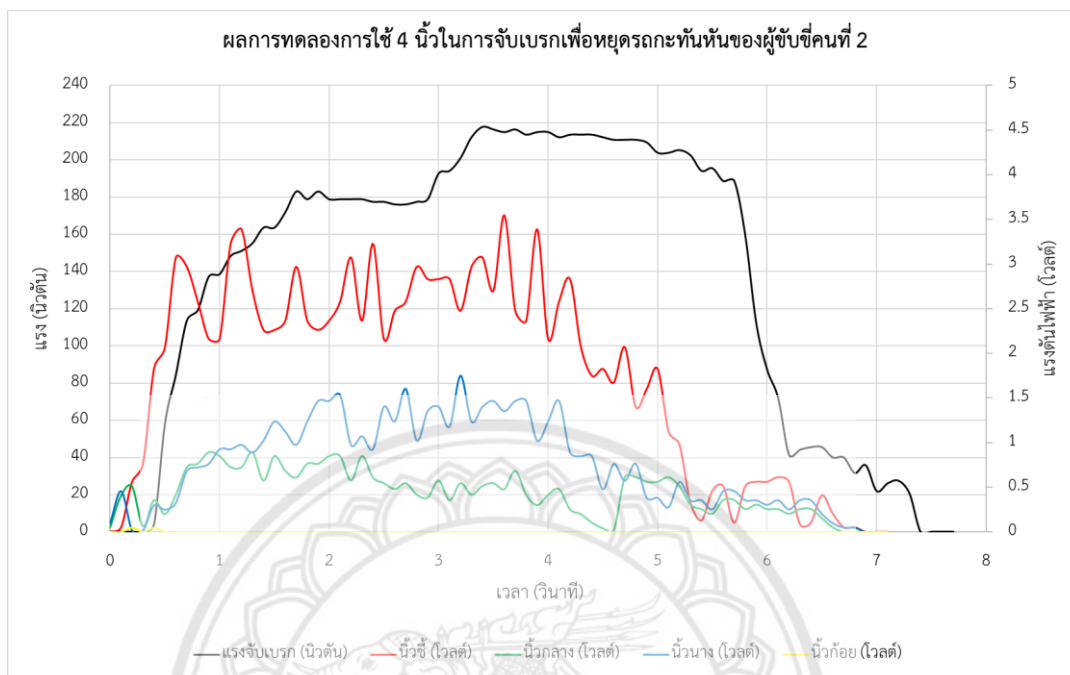
รูปที่ 4.15 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 2

จากรูป 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วขณะทำการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหัน เมื่อผู้ขับขี่ทำการทดสอบความเร็วของรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการเบรคค่าความเร็วของรถจักรยานยนต์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ในการทดสอบเพื่อชะลอรถจนหยุดพบว่าค่าความหน่วงคือ 2.29 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> ที่เวลาวินาทีที่ 15.94 โดยใช้เวลาในการเบรก 5.56 วินาทีคิดเป็นระยะทาง 30.84 เมตร และในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันพบว่ามีค่าความหน่วงคือ 2.27 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup> ที่เวลาวินาทีที่ 47.86 โดยใช้เวลาในการเบรก 5.38 วินาทีคิดเป็นระยะทาง 31.17 เมตร จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าค่าความหน่วงและระยะเวลาที่ใช้ในการเบรกที่เกิดขึ้นในการทดสอบเพื่อชะลอรถจนหยุดมีค่าใกล้เคียงกันมากในการทดสอบเพื่อหยุดแบบกะทันหันเนื่องจากผู้ขับขี่คนที่ 2 ไม่คุ้นชินในการใช้ถูงมือวัดแรงกด จึงทำให้ไม่สามารถประมาณการออกแรงเบรกในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุด



รูปที่ 4.16 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 2

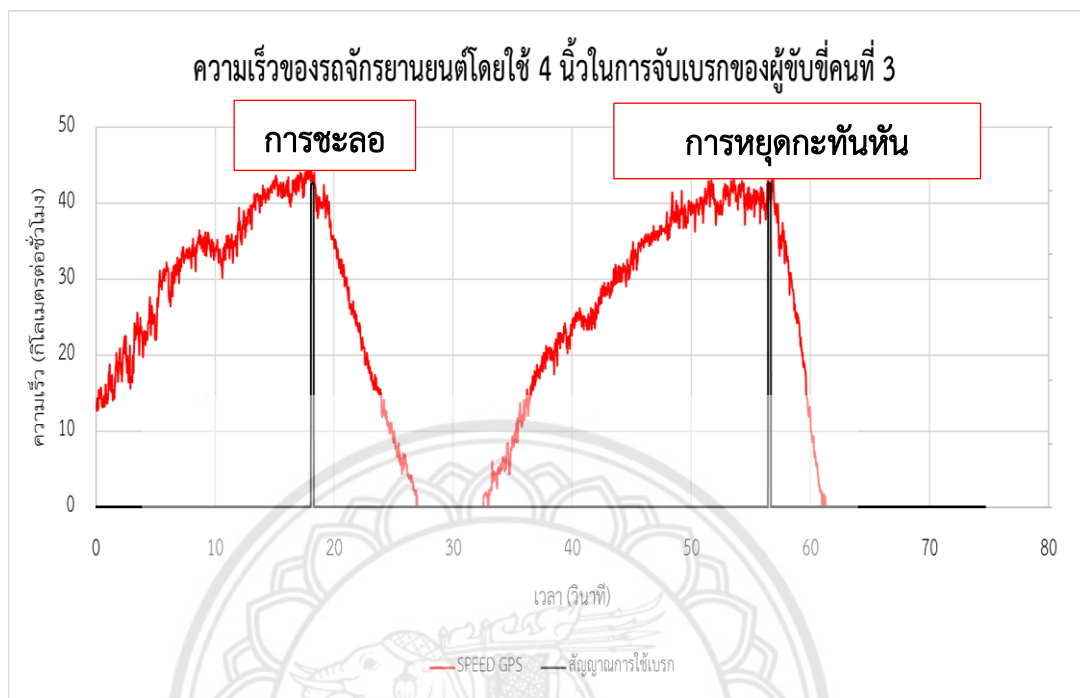
จากรูปที่ 4.16 พบว่าแรงจับเบรก เกิดการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ที่เวลาวินาทีที่ 0.4 แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากผู้ขับขี่เกิดความไม่มั่นใจและความไม่คุ้นชินกับการใช้ถุมือวัดแรงกด ที่เวลาวินาทีที่ 1 ผู้ขับขี่คนที่ 2 ได้ทำการเบรกโดยเพิ่มแรงในการเบรกขึ้นอย่างต่อเนื่อง แรงที่ใช้ในการเบรกสูงสุดที่ 159 นิวตันที่เวลาวินาทีที่ 4.3 หลังจากทีเวลาวินาทีที่ 4.3 ผู้ขับขี่ทำการปล่อยเบรกทำให้แรงลดลงแต่มีบางจุดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากในขณะการทดสอบอาจมีสิ่งกีดขวางระหว่างทางจึงทำให้เกิดการเบรกในช่วงเวลาสั้น ๆ และในการทดสอบถุมือวัดแรงกดจะเห็นได้ว่าผู้ขับขี่คนที่ 2 ใช้ นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนางในการจับเบรกตลอดการทดสอบ แรงที่ใช้ในการจับเบรกมากที่สุดคือนิ้วชี้ นิ้วนาง นิ้วกลาง และนิ้วก้อยตามลำดับ โดยผู้ขับขี่คนที่ 2 ใช้เวลาในการเบรกทั้งหมด 6.1 วินาที รถจักรยานยนต์ถึงจะหยุดนิ่ง



รูปที่ 4.17 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 2

จากรูปที่ 4.17 พบว่าผู้ขับขี่คนที่ 2 เริ่มทำการเบรกที่เวลา 0.4 วินาที จากนั้นผู้ขับขี่ทำการเพิ่มแรงเบรกที่เวลาวินาทีที่ 2 ถึง 2.9 แรงที่ใช้ในการเบรคค่อนข้างคงที่ หลังจากเวลาวินาทีที่ 2.9 แรงที่ใช้ในการเบรกเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเนื่องจากผู้ขับขี่ไม่มั่นใจว่าการออกแรงเบรกว่าขณะนั้นจะสามารถทำให้รถหยุดได้อย่างปลอดภัย แรงที่ใช้ในการเบรกสูงสุดคือ 217 นิวตันที่เวลาวินาทีที่ 3.7 เมื่อเวลาผ่านไปผู้ขับขี่ทำการปล่อยเบรกทำให้แรงที่ใช้ในการจับเบรกลดลงที่เวลาวินาทีที่ 5 หลังจากเวลาวินาที 5.7 จะเห็นได้ว่าแรงที่ใช้ในการเบรกลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผู้ขับขี่ต้องการหยุดรถอย่างปลอดภัย จากกราฟตลอดระยะเวลาในการใช้เบรก ผู้ขับขี่ใช้ 3 นิ้วในการจับเบรกคือนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และแรงที่ใช้ในการจับเบรกสูงสุดที่นิ้วชี้ นิ้วนาง และนิ้วกลางตามลำดับ โดยผู้ขับขี่ใช้เวลาในการเบรกทั้งหมด 7.3 วินาที

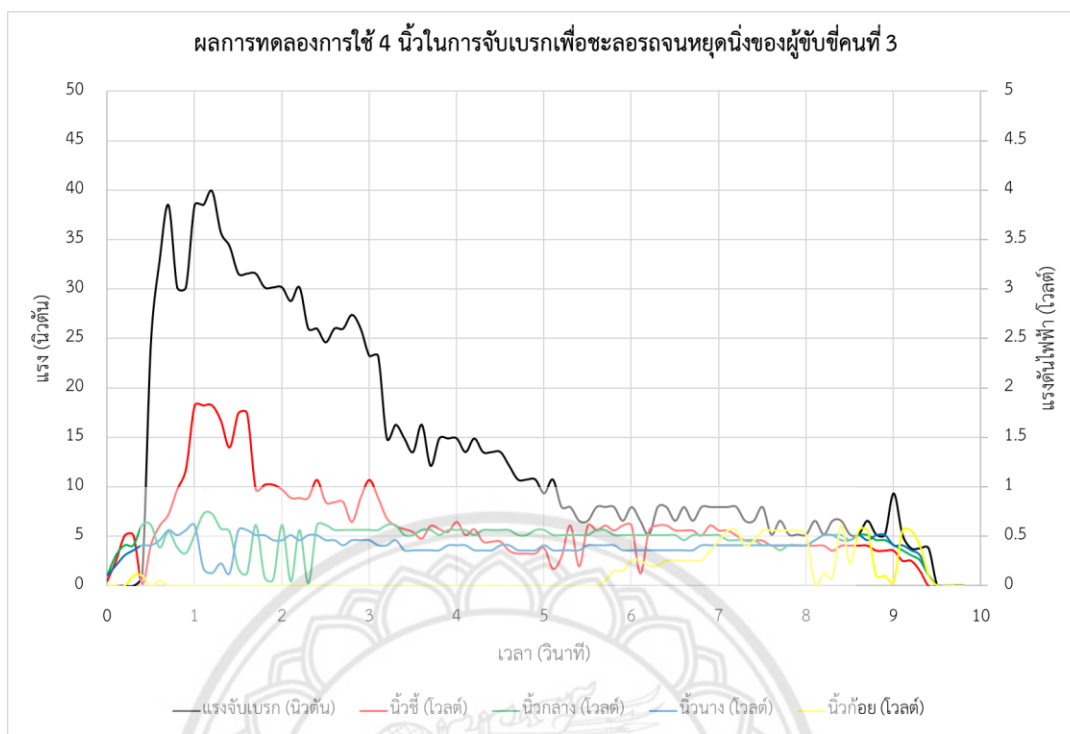
#### 4.4.3 การควบคุมเบรกด้วยนิ้วมือทั้งสองนิ้วของผู้ขับขี่คนที่ 3



รูปที่ 4.18 ความเร็วของรถจักรยานยนต์โดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 3

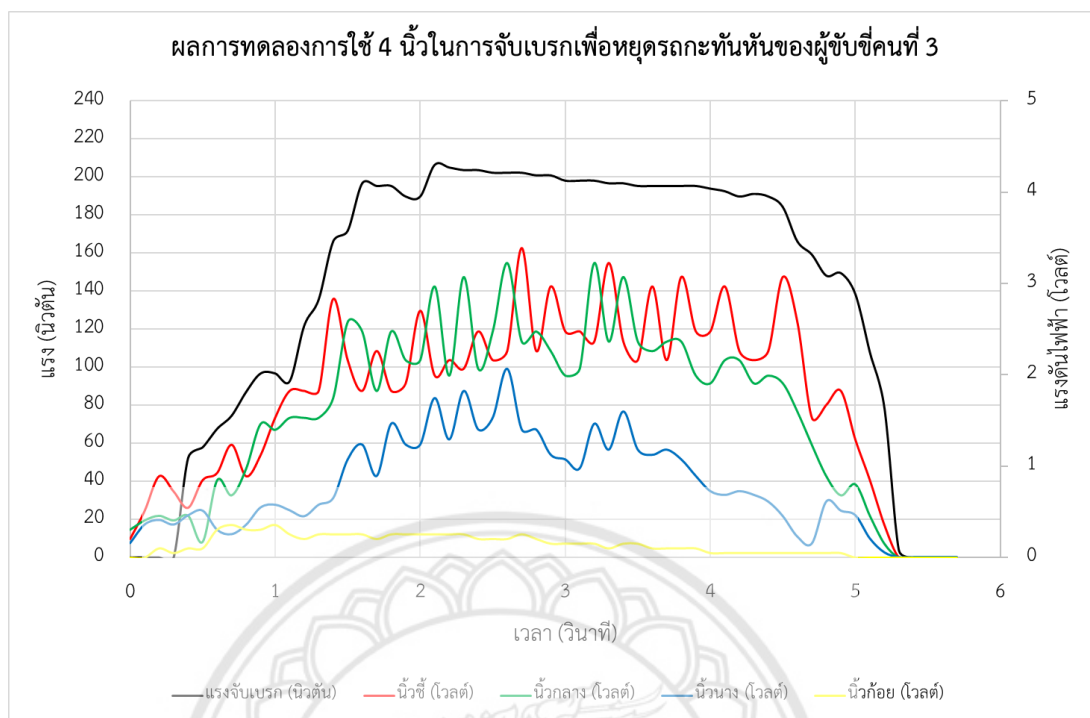
จากรูปที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วขณะทำการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดแบบกะทันหัน เมื่อผู้ขับขี่ทำการทดสอบความเร็วของรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการเบรคค่าความเร็วของรถจักรยานยนต์ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ในการทดสอบเพื่อชะลอรถจนหยุดพบว่าค่าความหน่วงคือ 1.43 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup>ที่เวลาวินาทีที่ 18.06 โดยใช้เวลาในการเบรก 8.86 วินาทีคิดเป็นระยะทาง 53.9 เมตรและในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดแบบกะทันหันพบว่ามีค่าความหน่วงคือ 2.9 เมตรต่อ(วินาที)<sup>2</sup>ที่เวลาวินาทีที่ 56.44 โดยใช้เวลาในการเบรก 4.82 วินาทีคิดเป็นระยะทาง 28.59 เมตร จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันมีค่าความหน่วงมีค่ามากกว่าในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดส่งผลทำให้ระยะเวลาในการใช้เบรกของในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันใช้เวลาน้อยกว่าในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุด





รูปที่ 4.19 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดนิ่งของผู้ขับขี่คนที่ 3

จากรูปที่ 4.19 การทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุด จะเห็นได้ว่าผู้ขับขี่คนที่ 3 เริ่มทำการเบรกที่เวลาวินาทีที่ 0.4 โดยที่ผู้ขับขี่คนที่ 3 ใช้แรงในการเบรกเพิ่มขึ้น โดยแรงที่ใช้ในการจับเบรกสูงสุดคือ 39 นิวตัน ในช่วงหนึ่งผู้ขับขี่ทำการคลายมือที่จับเบรกตรงกับที่เวลาวินาทีที่ 0.7 จากนั้นทำการเบรกอีกครั้งที่เวลาวินาทีที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไปผู้ขับขี่ทำการปล่อยเบรกอย่างช้า ๆ จะสังเกตได้จากกราฟที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงจับเบรก และในการทดสอบโดยใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุด ในช่วงเริ่มต้นผู้ขับขี่คนที่ 3 ใช้ 3 นิ้วในการจับเบรกได้แก่ นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนาง โดยที่ใช้แรงในการจับเบรกสูงสุดที่นิ้วชี้ ส่วนนิ้วกลางและนิ้วนางมีความใกล้เคียงกันแต่ในช่วงแรงที่ใช้ในการจับเบรกไม่คงที่ เนื่องจากผู้ขับขี่ไม่คุ้นชินในการสวมถุงมือขณะขับขี่จึงทำให้เซนเซอร์แรงกดไม่สัมผัสขณะจับเบรกในช่วงเวลาที่ทำการเบรกบางช่วงลดลง และหลังจากที่เวลาวินาทีที่ 5.6 ผู้ขับขี่คนที่ 3 ได้ปรับเปลี่ยนการใช้นิ้วขณะทำการเบรกโดยใช้นิ้วทั้ง 4 ในการเบรก โดยผู้ขับขี่คนที่ 3 ใช้เวลาในการเบรกทั้งหมดคือ 9.4 วินาที



รูปที่ 4.20 ผลการทดลองการใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อหยุดรถกะทันหันของผู้ขับขี่คนที่ 3

จากรูปที่ 4.20 จากกราฟเห็นได้ว่าผู้ขับขี่คนที่ 3 เริ่มทำการเบรกที่เวลาวินาทีที่ 0.4 โดยผู้ขับขี่คนที่ 3 เพิ่มแรงในการจับเบรก 3 ช่วงที่เวลาวินาทีที่ 0.4 1.3 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจากเกิดความไม่มั่นใจในการหยุดรถแบบกะทันหัน ที่เวลาวินาทีที่ 2.1 ถึง 4 ผู้ขับขี่ออกแรงในการจับเบรกเต็มที่ หลังจากเวลาวินาทีที่ 4 หลังจากรถหยุดนิ่งผู้ขับขี่ทำการปล่อยเบรกทำให้แรงลดลง และการทดสอบลู่มือวัดแรงกดพบว่าผู้ขับขี่คนที่ 3 ใช้แรงที่นิ้วชี้และนิ้วกลางใกล้เคียงกัน รองลงมาคือนิ้วนาง ในส่วนของนิ้วก้อยแรงที่ใช้ในการจับเบรกเล็กน้อยใช้ในช่วงเวลาเริ่มเบรกจนถึงที่เวลาวินาทีที่ 4 โดยที่ผู้ขับขี่คนที่ 3 ใช้เวลาในการจับเบรกทั้งหมด 5.3 วินาที

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นจากการทดสอบใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหันจากอุปกรณ์ทดสอบที่ประกอบด้วยเซนเซอร์แรงดันและถ่วงมือวัดแรงกดตรวจวัดกับอุปกรณ์ GPS สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4.1

ตารางที่ 4.4.1 ระยะเวลาในการเบรกของผู้ขับขี่ทั้ง 3 คนในการทดสอบใช้ 4 นิ้วในการจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุดและหยุดรถกะทันหัน

ผู้ขับขี่	ระยะเวลาการเบรกของอุปกรณ์วัดแรงจับเบรกทดสอบในการทดสอบ (วินาที)		ระยะเวลาการเบรกของอุปกรณ์ GPS ในการทดสอบ (วินาที)	
	ชะลอ	กะทันหัน	ชะลอ	กะทันหัน
1	6.10	4.60	5.22	4.14
2	6.10	7.30	5.56	5.38
3	9.40	5.30	8.86	4.82

จากตารางที่ 4.4.1 พบว่าระยะเวลาในการเบรกของผู้ขับขี่คนที่ 3 ในลักษณะการเบรกเพื่อชะลอใช้ระยะเวลายาวนานที่สุดเนื่องจากมีประสบการณ์ในการขับขี่น้อยที่สุดในสมาชิกผู้ทดสอบ ในส่วนของผู้ขับขี่คนที่ 1 และผู้ขับขี่คนที่ 2 สามารถทำเวลาได้เท่ากัน แต่ในส่วนของลักษณะการเบรกเพื่อหยุดกะทันหันผู้ขับขี่คนที่ 2 ได้ใช้ระยะเวลาในการเบรกว่าการเบรกเพื่อชะลอ ในส่วนของระยะเวลาในการเบรกจากอุปกรณ์ GPS ของผู้ขับขี่คนที่ 1 และผู้ขับขี่คนที่ 2 มีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาในการเบรกจากอุปกรณ์วัดแรงจับเบรก แต่ระยะเวลาผู้ขับขี่คนที่ 2 การเบรกเพื่อหยุดกะทันหันมีเวลาที่ต่างกัมนั้นเกิดจากการในช่วงสุดท้ายของการเบรกใช้ความเร็วต่ำทำให้ GPS เกิดความคลาดเคลื่อน

## บทที่ 5

### สรุปผลการดำเนินงาน

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับระบบเบรก การทำงานของเบรก และจากรายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนนของกระทรวงคมนาคม พ.ศ. 2561 ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจและได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ในการวัดแรงในการจับเบรกขณะทำการเบรก ซึ่งอุปกรณ์ที่กล่าวมานั้นประกอบด้วยเซนเซอร์ความดัน และถุงมือวัดแรงกด ในส่วนของเซนเซอร์ความดันจะเป็นการนำเซนเซอร์แรงดันขนาด 1600 psi ติดตั้งเข้ากับปั๊มเบรกด้านล่างจากนั้นทำการถ่วงน้ำหนักเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ ซึ่งจะใช้ในการหาค่าแรงที่ใช้ในการจับเบรกต่อไป ดังสมการ 4.2 และในส่วนของถุงมือวัดแรงกดจะเป็นการนำเซนเซอร์แรงกดจำนวน 4 ตัวเพื่อสังเกตพฤติกรรมการใช้มือในการจับเบรกขณะทำการเบรก ได้นำตัวบอร์ด Arduino UNO R3 ในการบันทึกและเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ความดันและเซนเซอร์แรงกด โดยการทดสอบตัวอุปกรณ์เซนเซอร์ความดัน และถุงมือวัดแรงกดทางผู้วิจัยแบ่งการทดสอบเป็น 2 รูปแบบ รูปแบบแรกใช้ 2 นิ้วประกอบด้วยนิ้วชี้ และนิ้วกลางในการจับเบรก รูปแบบที่สอง การใช้ 4 นิ้วประกอบด้วยนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยในการจับเบรก โดยการทดสอบทั้ง 2 รูปแบบแบ่งประเภทของการจับเบรกได้อีก 2 ประเภทคือ 1.การจับเบรกเพื่อชะลอรถจนหยุด และ2.การจับเบรกเพื่อหยุดกะทันหัน ในช่วงเริ่มต้นการทดสอบกราฟที่ได้จากการทดสอบเวลาที่ใช้ในการเบรียังไม่แม่นยำ จึงได้ทำการแก้ไขและได้บทสรุปว่าปัญหามาจากการใช้ตัวบอร์ด Arduino UNO R3 คนละตัวทำให้ค่าของเวลาไม่ตรงกันเมื่อเปรียบเทียบข้อมูล จึงได้ทำการนำเซนเซอร์ทั้ง 2 เชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด Arduino UNO R3 ตัวเดียวกันสิ่งที่พบคือเมื่อเชื่อมต่อด้วยตัวบอร์ดตัวเดียวกันแล้วค่าแรงจากถุงมือวัดแรงกดจะสามารถเก็บค่าได้ก่อนเซนเซอร์ความดันเฉลี่ย 0.4 วินาที จึงได้ทำการปรับแก้ข้อมูลโดยใช้เวลา 0.4 วินาทีในการอ้างอิง ในภายหลังจากการแก้ไขได้นำตัว GPS ติดตั้งไว้กับรถจักรยานยนต์เพื่อบันทึก

ความเร็วที่เปลี่ยนไปขณะทำการเบรกและระยะเวลาที่ใช้ในการเบรกมาเปรียบเทียบกับเซนเซอร์ความดันและถุงมือวัดแรงกด

การใช้เบรกเพื่อให้รถชะลอจนหยุดนิ่ง และการใช้เบรกแบบกะทันหันในสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยใช้ผู้ทดสอบชาย 3 คน เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของพฤติกรรมการใช้เบรกที่อยู่ในสถานการณ์เดียวกัน ผลการทดสอบพบการใช้งานเบรกของผู้ทดสอบแต่ละคนมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยผู้ทดสอบคนที่ 1 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้งานรถจักรยานยนต์ยาวนานที่สุดทำให้ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ผู้ทดสอบคนที่ 1 สามารถเบรกแบบชะลอหรือหยุดอย่างกะทันหันได้เป็นอย่างดีและแตกต่างกันกับผู้ทดสอบคนที่ 2 ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการใช้งานเบรกทั้งสองแบบและมีความไม่คุ้นชินกับอุปกรณ์ ผู้ทดสอบคนที่ 3 มีประสบการณ์ในการใช้งานรถจักรยานยนต์น้อยที่สุดและผลที่ได้คือ การตัดสินใจใช้เบรกหลายจังหวะและพยายามควบคุมรถอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดความไม่มั่นใจในขณะที่เบรกหลายครั้ง ในส่วนของนิวส์นั้นผู้ทดสอบที่ 1 ได้มีการใช้นิวส์เป็นหลักหรือใช้นิวส์และนิวกลางในสัดส่วนเท่ากัน ผู้ทดสอบที่ 2 ได้มีการใช้นิวส์เป็นหลัก ผู้ทดสอบที่ 3 ได้มีการใช้นิวส์เป็นหลักในช่วงแรกของการเบรก แต่ในช่วงกลางของการเบรกจะใช้นิวส์ นิวกลาง และนิวนางในสัดส่วนเท่ากัน ในผู้ทดสอบทั้งหมด 3 คน มีการใช้งานนิวส์น้อยน้อยมากๆ บางคนไม่ได้ใช้นิวส์ก้อยในการเบรก และเมื่อเปรียบเทียบค่าเวลาจากอุปกรณ์ GPS พบว่าค่าเวลาที่ได้จากอุปกรณ์ความดันและถุงมือแรงกดมีค่าใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่าอุปกรณ์ทั้งสองชนิดแสดงพฤติกรรมของผู้ขับขี่คนนั้นๆ ได้สอดคล้องกัน โดยสามารถระบุช่วงต่างๆ ของการใช้งานเบรกได้โดยที่ผู้ขับขี่อาจไม่ได้รับทราบว่าตนเองมีพฤติกรรมดังกล่าว โดยผลการทดลองจะออกมาในรูปแบบของชุดข้อมูลจำนวนมากแต่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดได้โดยง่ายจากการนำข้อมูลทั้งหมดสร้างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ และสามารถหาวิธีปรับแก้เพื่อพัฒนาการใช้งานเบรกที่นำไปสู่ความปลอดภัยจากการใช้งานรถจักรยานยนต์ต่อไป

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 ปัญหาที่พบ

1) การเลือกขนาดช่วงแรงดันที่วัดได้ของเซนเซอร์ความดันให้เหมาะสม โดยการเลือกเซนเซอร์นั้นต้องประมาณค่าแรงดันน้ำมันจากนั้นให้เลือกเซนเซอร์ที่มีช่วงการวัดเกินกว่าค่าที่ประเมินไว้ และมีการเชื่อมต่อที่ง่ายไม่ต้องปรับแต่งเยอะ

2) เซนเซอร์ความดันไม่สามารถต่อเข้ากับตัวปั๊มเบรกได้โดยตรง ทำให้ต้องเพิ่มสายอัดไฮดรอลิกเพื่อให้เซนเซอร์ความดันสามารถวัดความดันได้

3) การเพิ่มสายอัดไฮดรอลิก อาจทำให้ประสิทธิภาพการเบรกลดลงเล็กน้อยเนื่องจากอาจเกิดรอยรั่วระหว่างสายอัดไฮดรอลิก และเซนเซอร์ความดัน

4) เซนเซอร์วัดความดันไม่สามารถวัดค่าความดันที่ล้อหลังได้เพราะโดยส่วนมากรถจักรยานยนต์ทั่วไปเบรกด้านหลังจะเป็นดรัมเบรกซึ่งมีความยากหรือไม่มีความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซนเซอร์

5) การเลือกเซนเซอร์ที่มีขนาดเกลียวให้เหมาะสมกับสายอัดไฮดรอลิก

6) การสั่งซื้อสินค้าจากต่างประเทศต้องใช้เวลาในการจัดส่ง และคุณภาพของสินค้าอาจจะไม่ได้ตามที่ต้องการ

7) การใส่น้ำมันเบรกในสาย ถ้ายังมีอากาศตกค้างในสายจะทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองคลาดเคลื่อน

8) การออกแบบน็อตร้อยรูแบบสองรูเพื่อให้ได้ขนาดเกลียว และความยาวที่ต้องการ เนื่องจากน็อตร้อยรูแบบสองรูที่ขายตามท้องตลาดมีความยาวที่ไม่เพียงพอต่อการติดตั้งสายน้ำมันเบรกหลัก และสายอัดไฮดรอลิกที่ต้องต่อเพิ่มออกมา

9) การติดตั้งเซนเซอร์แรงกดในตำแหน่งใต้ฝ่ามือบริเวณปลายนิ้ว เมื่อทำการจับเบรกจะทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวเซนเซอร์แรงกด

10) คุณภาพของถุงมือที่ไม่ทนต่อการใช้งาน

11) เซนเซอร์แรงกดจะต้องมีวัสดุรองรับที่เหมาะสมต่อการบิดงอของเซนเซอร์ จึงได้เลือกใช้ถุงมือ

12) ปัญหาเรื่องเวลาที่ไม่ตรงกันระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลายชุด

## 5.2.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีสถานที่ในการใช้งานเช่น ห้องเก็บอุปกรณ์ พื้นที่กว้างสำหรับทำการทดลอง และอุปกรณ์ที่เหมาะสมในกระบวนการทดสอบเช่น ชุดประแจขนาดต่างๆ ฐานสำหรับยึดอุปกรณ์ เพื่อลดปัจจัยที่จะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ
- 2) สามารถใช้บอร์ด ESP32 หรือESP8266 ที่สามารถต่อ Wifi ได้เพื่อเปิดดูค่าผ่านทางคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์แบบไร้สายได้
- 3) สามารถเปลี่ยนวัตถุถ่วงน้ำหนักเป็นวัตถุชนิดอื่นที่มีความหนาแน่นสูงขึ้นได้ เช่นตุ้มเหล็กถ่วงน้ำหนักเป็นต้น เพื่อประหยัดพื้นที่ในการทดสอบ
- 4) เลือกใช้เซนเซอร์แรงกด ให้หลากหลายรูปแบบเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำและเสถียรภาพ
- 5) ควรมีระบบการเทียบเวลาร่วมกันระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลายชุด เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหลายเซ็นเซอร์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
- 6) เพิ่มจำนวนผู้ทดสอบซ้ำขึ้นเพื่อที่จะได้รับข้อมูลพฤติกรรมที่คล้ายหรือแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจะได้มีข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ทดสอบ
- 7) การทดสอบควรสวมเครื่องป้องกันทุกชนิดเท่าที่จะหาได้และคำนึงถึงความปลอดภัยของทุกคนเป็นหลักไม่ว่าอย่างไรก็ตาม
- 8) ควรตรวจเช็คสภาพของรถจักรยานยนต์ที่ใช้ทดสอบเสมออุปกรณ์อาจเกิดการขัดข้องหรือเสื่อมสภาพตามกาลเวลาได้โดยที่ไม่ได้สังเกต จะนำไปสู่อุบัติเหตุได้
- 9) ควรมีความรู้และทักษะในการใช้อุปกรณ์การช่างในขั้นพื้นฐานเพื่อลดอุบัติเหตุจากการปรับแต่งอุปกรณ์
- 10) ถู่มือวัดแรงกดควรปรับปรุงการวัดให้มีความคงที่มากขึ้น
- 11) ควรระบุเกณฑ์การวัดผลให้ชัดเจนเช่น ความแตกต่างของช่วงอายุ ความแตกต่างของน้ำหนัก ความแตกต่างของประสบการณ์ ความแตกต่างของเพศ ความแตกต่างของสายตา เป็นต้น



## บรรณานุกรม

- ADMIN. (17 May 2018). *วิธีการใช้เบรกที่ถูกต้อง*. เรียกใช้เมื่อ 27 March 2020 จาก bigbikelover:  
<http://bigbikelover.com/2018/05/17/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%96%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%95%E0%B9%89/?fbclid=IwAR1JVd8lEN0>
- Admin Ling. (7 กรกฎาคม 2017). *พื้นฐานเกี่ยวกับน้ำมันเบรก*. เรียกใช้เมื่อ 9 มีนาคม 2563 จาก taradfilter: <https://www.taradfilter.com/brake-fluid-basic/>
- Aqbal Hafeez Ariffin, Azhar Hamzah, mohd syazwan Solah, และ Noor Faradila Paiman. (May 2017). Comparative Analysis of Motorcycle Braking Performance in Emergency Situation. *Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia*, 137-145.
- arduino4. (19 May 2021). *FSR402 เซนเซอร์วัดแรงกด Force Sensing Resistor*. เข้าถึงได้จาก [www.arduino4.com: https://www.arduino4.com/product/685/fsr402-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%94-force-sensing-resistor](https://www.arduino4.com/product/685/fsr402-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%94-force-sensing-resistor)
- BEW FASTERLIFE. (23 สิงหาคม 2015). *Combi Brake สุดยอดเยี่ยมนวัตกรรมจาก Honda ทำงานอย่างไร มาดูกัน*. เรียกใช้เมื่อ 19 มีนาคม 2563 จาก Boxzaracing:  
<http://bigbike.boxzaracing.com/knowledge/7301>
- Deepak . (23 June 2011). *Anti-Lock Braking System (ABS) in Motorcycles – Explained in Detail*. เรียกใช้เมื่อ 19 March 2020 จาก Bikeadvice.in: <https://bikeadvice.in/anti-lock-braking-system-abs/>

Fildes Brian, Newstead Stuart, Rizzi Matteo, Budd Laurie, และ Fitzharris Michael.

(2015). *Evaluation of the effectiveness of Anti-Lock Braking Systems on motorcycle safety in Australia*. MONASH UNIVERSITY. Building 70, Clayton Campus, Victoria, 3800, Australia: Monash University Accident Research Centre. เข้าถึงได้จาก

[https://www.monash.edu/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0011/376742/muarc327.pdf](https://www.monash.edu/__data/assets/pdf_file/0011/376742/muarc327.pdf)

GREATBIKER. (19 May 2021). *การใช้เบรกสำหรับรถมอเตอร์ไซด์และบิ๊กไบค์*. เข้าถึงได้จาก

[kawasakimotoaholic: https://www.kawasakimotoaholic.com/blog](https://www.kawasakimotoaholic.com/blog)

jwtech. (22 มีนาคม 2021). *Pressure sensor คืออะไร เอามาใช้งานอะไรได้บ้าง?* เข้าถึงได้จาก

[jwtech.co.th: http://jwtech.co.th/activity/?p=440](http://jwtech.co.th/activity/?p=440)

noonza. (18 March 2013). *ว่ากันด้วยเรื่อง Combi Break ของมอเตอร์ไซด์*. เรียกใช้เมื่อ 19

March 2020 จาก [mocycthailand1.blogspot](http://mocycthailand1.blogspot.com):

<http://mocycthailand1.blogspot.com/2013/03/combi-break.html>

P\_P. (12 June 2019). *เทคนิคเบรกรถมอเตอร์ไซด์ บนถนนลื่น*. เรียกใช้เมื่อ 27 March 2020 จาก

[masii:](https://masii.co.th)

<https://masii.co.th/blog/%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%81%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%84%E0%B8%8B%E0%B8%84%E0%B9%8C?fbclid=IwAR0nJpG6OD037fmDQbTvzdKzazuC2Ny>

RaiToZ Boxza. (7 February 2018). *ดีสค์เบรก vs ดรัมเบรก เทียบประสิทธิภาพของ 2 เทคโนโลยี*

*ห้ามล้อแห่งยุค เปิดหมดทุกข้อดีและข้อเสีย*. เรียกใช้เมื่อ 27 March 2020 จาก

[boxzaracing: http://car.boxzaracing.com/knowledge/18376](http://car.boxzaracing.com/knowledge/18376)

Robert G Radwin, Todd Jensen, และ John G Webster. (1992). External finger forces in submaximal five-finger static pinch prehension. *ergonomics*, 275-288.

Saiprasit Koetnियom, Manus Dangchat, Songwut Mongkonlerdmanee, Julaluk Carmai, และ Sunarin Chanta. (2018). Identification of Handbrake Patterns of Young Motorcycle Riders in Thailand Using a Newly Invented Force Measuring Device. *Engineering Journal*, 185-197.

sanook. (8 กันยายน 2017). 9 วิธีการจับขี่มอเตอร์ไซค์ที่คุณอาจไม่รู้มาก่อน. เข้าถึงได้จาก

sanook:

<https://www.sanook.com/auto/60213/?fbclid=IwAR25t5bErw8GTunImqZ5tKH4mqy44tAeap-vPGGtI5AF3sI9AhgmWfZPgcM>

serithai1. (19 September 2011). ระบบดรัมเบรก (Drum Brake System). เรียกใช้เมื่อ 27 March 2020 จาก technicar: <http://www.technicar.com/drum-brake/>

Thai-German Institute. (10 Feb 2021). *Hydrostatic pressure*. เข้าถึงได้จาก

automationchain:

<http://www.automationchain.com/attachments/article/160/Unit02%20Physical%20principle%20of%20hydraulic%20system.pdf>

TS Motor Auto Painting Professional. (3 มีนาคม 2020). หลักการทำงานของเบรก เทคโนโลยี และเบรกประเภทต่างๆ. เรียกใช้เมื่อ 3 มีนาคม 2563 จาก tsmotor:

<http://www.tsmotor.co.th/>

UNITED NATIONS. (04 02 2021). *UN Regulation No. 78*. เข้าถึงได้จาก unece:

<https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2018/R078r2e.pdf>

Ye Qiang, Seyedi MirHojjat, Cai Zibo, และ Lai T.H. Daniel. (29 October 2015). Force-Sensing Glove System for Measurement of Hand Forces during Motorbike Riding. (Juan A.L. Riquelme, บ.ก.) *Hindawi Publishing Corporation, 2015, 9*.

เรียกใช้เมื่อ 11 April 2020

เจ้าของร้าน. (15 กันยายน 2014). *การใช้งาน Data Logger Shield*. เข้าถึงได้จาก

analogread.com:

<https://www.analogread.com/article/19/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-data-logger-shield>

รองศาสตราจารย์ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. (1999). *วิศวกรรมยานยนต์ (Automotive Engineering)*. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด 52/103-104 บางกะปิสแควร์ ถนนรามคำแหง เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240. เรียกใช้เมื่อ 15 april 2020

ศรีวิเศษ สุริยา. (8 พฤศจิกายน 2018). *ไมโครคอนโทรลเลอร์*. เข้าถึงได้จาก google sites:

<https://sites.google.com/site/mikhorkhxnthorllexr1/home>





ก.1 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ HONDA ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HONDA

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
CB300R	286	6 ระดับ	ดิสก์เบรก Ø296 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	ABS	149,800
CB150R(S)	149	6 ระดับ	ดิสก์เบรก Ø296 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	99,800
CB150R(ABS)	149	6 ระดับ	ดิสก์เบรก Ø296 มม.	ABS	ดิสก์เบรก 220 มม.	ABS	109,800
SuperCub	109.17	เกียร์วัน 4 ระดับ	ดรัมเบรก	-	ดรัมเบรก	-	47,390
Honda Wave 110i	109.17	เกียร์วัน 4 ระดับ	ดรัมเบรก	-	ดรัมเบรก	-	40,300
Honda Wave 125i	124.89	เกียร์วัน 4 ระดับ	ดรัมเบรก ลูกสูบเดี่ยว	-	ดรัมเบรก	-	53,400
Scoopy i	108.2	V-MATIC	ดิสก์เบรก	CBS	ดรัมเบรก	-	48,100

(ที่มา : เอ.พี.ฮอนด้า, 2020)

ตารางที่ 3 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HONDA (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
PCX150 (2020)	149.32	V-MATIC	ดิสก์เบรก	CBS	ดรัมเบรก	-	84,400
ADV150 (2019)	149.32	V-MATIC	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	ABS	97,900
Forza (2019)	279	V-MATIC	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	ABS	169,000
Click 150i (2019)	149.32	V-MATIC	ดิสก์เบรก	CBS	ดรัมเบรก	-	60,700
Click 125i (2019)	124.88	V-MATIC	ดิสก์เบรก	CBS	ดรัมเบรก	-	54,700
Zoomer-X (2019)	108.2	V-MATIC	ดิสก์เบรก	CBS	ดรัมเบรก	-	55,700
PCX HYBRID (2018)	149.32	V-MATIC	ดิสก์เบรก	CBS	ดรัมเบรก	-	98,500
CBR250RR	249	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	ABS	249,000
CBR300R	286	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	133,000
CBR150R (2019)	149	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	ABS	99,000
MSX125SF (S) (2018)	124.9	4 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	67,000
MSX125SF (ABS) (2018)	124.9	4 ระดับ	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	-	74,000

(ที่มา : เอ.พี.ฮอนด้า, 2020)



ตารางที่ 3 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HONDA (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
REBEL 300	286	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	ABS	145,000
CRF250L (2019)	249.6	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	134,600
CRF250 RALLY (2019)	249.6	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	181,800
Goldwing (2018)	1,833	7-speed automatic DCT w/Walking Mode F/R	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS และ CBS	ดิสก์เบรก Ø316 มม.	ABS และ CBS	1,280,000
AFRICA TWIN CRF1000L	998	6-speed MT	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	595,000
NC750X	745	6-speed Dual Clutch Transmission	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	364,000
CRF250L (2019)	249.6	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	134,600
X-ADV	745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	-	ดิสก์เบรก	-	420,000
CBR1000RR	1,000	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	643,000

(ที่มา : เอ.พี.ฮอนด้า, 2020)

ตารางที่ 3 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HONDA (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
CBR500R	471	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	217,000
CBR650R	649	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	320,000
REBEL 500	471	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	ABS	220,000
CB650R	649	6-speed Manual Transmission	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	305,000
CB500F	471	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	212,000
CB500X	471	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	222,000
CBR500R	471	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	215,000
CB1000R	998	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	515,000
			(คู่) Ø310 มม.				

(ที่มา : เอ.พี.ฮอนด้า, 2020)

ก.2 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ YAMAHA ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ YAMAHA

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
FreeGO [2020]	125	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	51,200
GT 125 [2020]	125	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	46,600
FINN [2020]	114	-	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	40,900
XMAX 300 [2020]	292	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	-	171,900
NMAX 155 [2018]	155	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	-	81,600
LEXi 125 VVA รุ่น S	125	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	60,100
YZF-R3 [2019]	321	ธรรมดาสปอร์ต 6 ระดับ	ดิสก์เบรก	ABS	ดิสก์เบรก	-	196,000

(ที่มา : Yamaha Motor, 2020)

ตารางที่ 4 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ YAMAHA (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Exciter 150 [2019]	150	5 ระดับ Constant Mesh	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	63,000
XSR155	155	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	91,500
Grand Filano Hybrid ABS	125	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	ABS	ดรัมเบรก	-	57,800
FINO 125 COC [2019]	125	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	46,700
YZF-R15	155		ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	97,500- 98,500
QBIX	125	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	54,000- 60,400
Aerox 155	155	อัตโนมัติ แบบสายพาน ตัววี (V-Belt)	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	64,400- 74,400
MT-15	155		ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	98,500

(ที่มา : Yamaha Motor, 2020)

ก.3 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ SUZUKI ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ SUZUKI

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
GSX-R150	147.3	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	87,000
Raider R150 Fi	147	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	67,900
Vanvan 200	199	5 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	139,000
GD110HU	113	4 ระดับ, เฟือง ตรงขบกัน ตลอด	ดรัมเบรก	-	ดรัมเบรก	-	39,900
Smash115Fi	113	ระบบเกียร์ เกียร์วัน 4 ระดับ	ดรัมเบรก	-	ดรัมเบรก	-	41,900
Address	113	อัตโนมัติ แบบ สายพานตัววี	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	46,500
BURGMAN 650ABS	638	CVT	ดิสก์เบรก, ลูกสูบคู่	-	ดิสก์เบรก	-	402,000
SKYDRIVE	124	อัตโนมัติ แบบ สายพานตัววี	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	49,400

(ที่มา :ไทยซูซูกิมอเตอร์, 2020)

ตารางที่ 5 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ SUZUKI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
LET'S PREMIUM	112.7	อัตโนมัติ แบบ สายพานตัววี	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	44,500
KATANA GSX1100S	999	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	569,000
HAYABUSA	1340	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	850,000
GSX-R1000R	999.8	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	811,000
GSX-S1000	999	6 ระดับ	ดิสก์เบรก, ลูกสูบคู่	-	ดิสก์เบรก	-	599,000
GSX-S750	749	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	377,000
SV650X	645	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	301,000
V-STROM 650ABS	645	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	579,000
BOULEVARD	805	5 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	399,000

(ที่มา : ไทยซูซูกิมอเตอร์, 2020)

ก.4 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ DUCATI ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ DUCATI

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Diavel 1260	1,262	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø265 มม.	ABS	899,000
XDiavel	1,262	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø265 มม.	ABS	898,000
Hypermotard 950	937	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	539,000
Hypermotard 939	937	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	515,000
Ducati Monster 797	803	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	399,000
Monster 821	821	6 ระดับ Wet multiplate with hydraulic control	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	479,900
Ducati Monster 821 Stealth	821	6 ระดับ Wet multiplate with hydraulic control	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	530,000

(ที่มา : Ducati Motor, 2020)

ตารางที่ 6 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ DUCATI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตรกระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Streetfighter V4	1,103	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø330 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	899,000
Streetfighter V4 S	1,103	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø330 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	1,059,000
Multistrada 950	937	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø265 มม.	ABS	619,900
Multistrada 1260 S	1,262	6 ระดับ DQS	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø265 มม.	ABS	1,099,000
959 Panigale	955	6 ระดับ DQS	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	779,900
Panigale V4 S	1,103	6 ระดับ DQS	ดิสก์เบรก (คู่) Ø330 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	1,169,000
Panigale V4 R	998	6 ระดับ DQS	ดิสก์เบรก (คู่) Ø330 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	2,990,000
SuperSport	937	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø245 มม.	ABS	559,000

(ที่มา : Ducati Motor, 2020)



### ก.5 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ TRIUMPH ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ TRIUMPH

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
STREET TRIPLE RS	765	6 ระดับ Triumph Shift Assist	ดิสก์เบรก (คู่) ๑310 มม.	-	ดิสก์เบรก ๑220 มม.	ABS	480,000
Rocket 3	2,458	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑300 มม.	ABS	955,000
Tiger 900 GT	888	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑255 มม.	ABS	569,000
Tiger 800	800	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑305 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑255 มม.	ABS	530,000
Speed Twin	1,200	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑305 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑220 มม.	ABS	576,000
Scrambler 1200 XC	1,200	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑255 มม.	ABS	613,000
Bonneville T100	900	5 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑255 มม.	ABS	456,000
Bonneville T120	1,200	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑220 มม.	ABS	578,000
Bonneville Bobber	1,200	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑255 มม.	ABS	645,000
Thruxton 1200 R	1,200	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑255 มม.	ABS	645,000
BONNEVILLE SPEEDMASTER	1,200	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑ 255 มม.	ABS	645,000

(ที่มา : Ducati Motor, 2020)

## ก.6 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ BENELLI ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ BENELLI

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
TNT600GT	600	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก 260 มม. ลูกสูบคู่คาลิป เปอร์	ABS	344,000
502C	500	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑280 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑240 มม.	ABS	235,000
302S	300	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑260 มม.	ABS	ดิสก์เบรก ๑240 มม.	ABS	139,000
TNT135	134.7	5 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑220 มม.	-	ดิสก์เบรก ๑190 มม.	-	59,900
TNT25	249.2	6 ระดับ	ดิสก์เบรก ๑280 มม. ลูกสูบคู่	-	ดิสก์เบรก ๑220 มม. ลูกสูบคู่	-	94,900
TNT300	300	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑260 มม.	-	ดิสก์เบรก ๑240 มม.	-	139,000
TNT899	898	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑320 มม. คาลิปเปอร์ BREMBO 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก ๑240 มม. คาลิปเปอร์ BREMBO 2 ลูกสูบ	-	469,000
302R	302	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ๑260 มม. มาพร้อมคาลิปเปอร์ 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก ๑240 มม. คาลิปเปอร์ ลูกสูบเดี่ยว	ABS	155,000
TRK251	249	6 ระดับ	ดิสก์เบรก ๑280 มม. คา ลิปเปอร์เบรก 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก ๑240 มม. คาลิปเปอร์ เบรกลูกสูบเดี่ยว	-	113,000

(ที่มา : Benelli, 2020)

ตารางที่ 8 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ BENELLI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
TRK 502x	500	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø260 มม.	ABS	259,000
TRK 502	499.8	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม. คาลิ เปอร์ของ BENELLI แบบ 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก Ø260 มม. คาลิเปอร์ 2 ลูกสูบ	ABS เปิด และ ปิดได้	215,000
Leoncino	500	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø260 มม.	ABS	209,000
Leoncino Trail	500	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม. มา พร้อมคาลิเปอร์ 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก Ø260 มม. คาลิเปอร์ ลูกสูบคู่	ABS	219,000
Leoncino250	250	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) Ø280 มม. มา พร้อมคาลิเปอร์ 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก Ø240 มม. คาลิเปอร์ ลูกสูบเดี่ยว	ABS	106,000
Imperiale 400	373	5 ระดับ	ดิสก์เบรก Ø300 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø240 มม	-	139,000

(ที่มา : Benelli, 2020)

ก.7 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ KAWASAKI ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KAWASAKI

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Ninja H2	998	6-speed, return, Dog- ring	ดิสก์เบรก (คู่) Ø330 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	1,568,000
Ninja H2 SX SE	998	6-speed, return, Dog- ring	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	1,090,000
Ninja ZX- 14R ABS	1,441	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	939,000
Ninja ZX- 10R	998	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	709,000
Ninja 1000	1,043	6-speed, return shift	ดิสก์เบรก (คู่) Ø300 มม.	ABS	ดิสก์เบรก (คู่)	ABS	664,000
Ninja ZX- 6R	636	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	ABS	443,500
Ninja 650	649	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø300 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	306,500
Ninja 400	399	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	ABS	226,800

ตารางที่ 9 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KAWASAKI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Ninja H2	998	6-speed, return, Dog- ring	ดิสก์เบรก (คู่) Ø330 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	1,568,000
Ninja 250SL ABS	249	6-speed, constant mesh, return shift	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	ABS	137,500
Ninja 250	249	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø290 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	181,900
Z1000R	1,043	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	-	691,000
Z1000	1,043	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	-	612,000
Z900 ABS	948	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø300 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	399,000
Z650 ABS	649	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø300 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	ABS	283,000
Z400	399	6-speed, return shift	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø210 มม.	-	196,200

(ที่มา : Kawasaki Motors Enterprise, 2020)

ตารางที่ 9 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KAWASAKI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอกสูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Z250	249	6-speed, return shift	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	164,700
Z300	296	6-speed, constant mesh, return shift	ดิสก์เบรก Ø290 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	175,000
Z125	125	4-speed, return	ดิสก์เบรก Ø200 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø184 มม.	-	74,990
Versys 1000 SE	1,043	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø310 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	-	729,000
Versys 650 ABS	649	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø300 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	329,500
Versys-X 300	296	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø290 มม.	-	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	209,900
Vulcan S ABS	649	6-speed, return	ดิสก์เบรก (คู่) Ø300 มม.	ABS	ดิสก์เบรก Ø250 มม.	ABS	296,000
W800	773	5-speed, return	ดิสก์เบรก Ø300 มม.	-	ดรัมเบรก Ø160 มม.	-	395,000
W250	250	5-speed, return	ดิสก์เบรก Ø300 มม.	-	ดรัมเบรก Ø160 มม.	-	230,000
W175	177	5-speed, return	ดิสก์เบรก Ø220 มม.	-	ดรัมเบรก Ø110 มม.	-	86,000

(ที่มา : Kawasaki Motors Enterprise, 2020)

ตารางที่ 9 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KAWASAKI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
D-TRACKER X	249	6-speed, constant mesh, return shift	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	158,300
D-TRACKER 150	144	5-speed, constant mesh, return shift	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 300 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 220 มม.	-	87,500
KLX300R	292	6-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 270 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม.	-	240,500
KLX250	249	6-speed, constant mesh, return shift	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	158,300
KLX230R	233	6-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 220 มม.	-	125,000
KLX150BF	144	5-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 190 มม.	-	87,500

(ที่มา : Kawasaki Motors Enterprise, 2020)

ตารางที่ 9 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KAWASAKI (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่งกำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
KLX140	144	5-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 220 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 190 มม.	-	79,500
KLX110L	112	4-speed, return	ดรัมเบรก $\varnothing$ 90 มม.	-	ดรัมเบรก $\varnothing$ 110 มม.	-	53,000
KX250	249	5-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 270 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม.	-	299,000
KX85	84	6-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 220 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 184 มม.	-	160,000
KX65	64	6-speed, return	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 180 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 180 มม.	-	120,000

(ที่มา : Kawasaki Motors Enterprise, 2020)



ก.8 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ HARLEY-DAVIDSON ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 10 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HARLEY-DAVIDSON

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
SPORTSTER Forty-Eight	1,202	5 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. x 5.1 ลูกสูบ คู่	-	ดิสก์เบรก 260.1 มม. x 7.1 มม. 1 ลูกสูบ	-	716,000
SPORTSTER roadster	1,202	5 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) 300 มม. คาลิป เปอร์ 2 พอด	-	ดิสก์เบรก 280 มม. คาลิป เปอร์ 2 พอด	-	676,000
SPORTSTER 1200 Custom	1,202	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. x 5 มม. ลูกสูบ คู่	-	ดิสก์เบรก 260 มม. x 7 มม. แม่ ปั๊ม 1 ลูกสูบ	-	635,000
SPORTSTER Superlow	883	5 ระดับ	ดิสก์เบรก ขนาด 300 x 5.1 มม. ปั๊มลูกสูบคู่	-	ดิสก์เบรก ขนาด 265 x 7.1 มม. ปั๊ม ลูกสูบเดี่ยว	-	492,000

(ที่มา : POWER STATION MOTORSPORT, 2020)

ตารางที่ 10 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HARLEY-DAVIDSON (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
SPORTSTER Iron 883	883	5 ระดับ	ดิสก์ขนาด 292 มม. x 5.1 มม. ลูกสูบคู่	ABS	ดิสก์ขนาด 265 มม. x 7.1 มม. แม่ ปั๊ม 1 ลูกสูบ	ABS	529,000
SPORTSTER Iron 1200	1,202	5 ระดับ	ลูกสูบคู่	-	ลูกสูบคู่	-	636,000
Softail Heritage Classic 114	1,868	6 ระดับ	คาลิปเปอร์ 4 ลูกสูบยึดกับที่	-	คาลิปเปอร์ 2 ลูกหลังปล่อย ลอย	-	1,199,000
Softail Breakout	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 300 มม. x 5 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 300 มม. x 7 มม. 4 ลูกสูบ	-	1,189,000

(ที่มา : POWER STATION MOTORSPORT, 2020)

ตารางที่ 10 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HARLEY-DAVIDSON (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Softail Sport Glide	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. X 5.1 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 292 มม. X 5.8 มม. 4 ลูกสูบ	-	1,039,000
Softail Low Rider	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. x 5.1 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 292 มม. x 5.8 มม. 4 ลูกสูบ	-	909,000
Softail Street Bob	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. x 5.1 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 292 มม. x 5.8 มม. 4 ลูกสูบ	-	879,000
Softail FAT BOB	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) 292 มม. x 5.1 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เดี่ยวขนาด 292 มม. x 5.8 มม. 4 ลูกสูบ	-	1,099,000
Softail FXDR 114	1,868	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 4 ลูกสูบหน้ายึด กับที่	-	ดิสก์เบรก 2 ลูกสูบหลัง ปล่อยลอย	-	1,129,000

(ที่มา : POWER STATION MOTORSPORT, 2020)

ตารางที่ 10 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HARLEY-DAVIDSON (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Softail Sport Glide	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. X 5.1 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 292 มม. X 5.8 มม. 4 ลูกสูบ	-	1,039,000
Softail FAT BOY	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก 292 มม. X 5.1 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 292 มม. X 5.8 มม. 4 ลูกสูบ	-	1,259,000
Touring Road Glide Special	1,745	6 ระดับ	ดิสก์ (คู่) 300 มม. X 5 มม. แม่ ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 300 มม. X 7 มม. แม่ ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	-	1,659,000
Touring Road King Special	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก(คู่) ปั๊ม เบรก 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก ปั๊ม เบรก 2 ลูกสูบ	ABS	1,968,000
Touring Road King	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก ปั๊ม เบรก 4 ลูกสูบ	ABS	1,344,000
Touring Street Glide	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรกเดี่ยว ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	ABS	1,861,000

(ที่มา : POWER STATION MOTORSPORT, 2020)

ตารางที่ 10 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ HARLEY-DAVIDSON (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
Touring Ultra Limited	1,745	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) 300 มม. x 5 มม. แม่ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก 300 มม. x 7 มม. แม่ปั๊ม เบรก 4 ลูกสูบ	-	1,724,000
CVO Street Glide	1,923	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	-	2,899,000
CVO Limited	1,923	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) 300 มม. x 5 มม. ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก 300 มม. x 7 มม. ปั๊มเบรก 4 ลูกสูบ	ABS	3,159,000

(ที่มา : POWER STATION MOTORSPORT, 2020)

ก.9 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ GPX ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ GPX

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
DEMON150- GR FI	149	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	66,800
MAD 300 MAX	292.4	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดรัมเบรก	-	94,800
Raptor 180	180.8	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	59,500
Razer 220	223	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	72,500
Demon 150 GR	149	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	64,500
Demon X	125	4 ระดับ	ดิสก์เบรกแบบ จานเดี่ยว 2 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก	-	55,800

(ที่มา : GP MOTOR THAILAND, 2020)

ตารางที่ 11 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ GPX (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
CR5 EFI	197	6 ระดับ	ดิสก์เบรก ลูกสูบ คู่	-	ดิสก์เบรก ลูกสูบเดี่ยว	-	64,500
Legend 250Twin	234	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	79,500
Legend 150s	149	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	49,500
Legend 200	197	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่)	-	ดิสก์เบรก	-	68,500
Legend Gentleman Racer 200	197	6 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดิสก์เบรก	-	72,500
Popz 125	124	4 ระดับ	ดิสก์เบรก	-	ดรัมเบรก	-	41,500

(ที่มา : GP MOTOR THAILAND, 2020)

ก.10 ข้อมูลจำเพาะของรถจักรยานยนต์ KTM ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 12 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KTM

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
200 Duke Standard	199.5	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 300 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 230 มม.	-	95,000
250 Duke	249	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 320 มม.	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม.	-	179,900
390 Duke	375	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 320 มม.	ABS	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม.	ABS	209,900
690 Duke R	692.7	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 320 มม. 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม. ลูกสูบเดี่ยว	-	679,000
1290 Super Duke R	1,301	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) $\varnothing$ 320 มม. 4 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม. 2 ลูกสูบ	ABS	1,375,000
RC 200	199.5	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 320 มม. 4 ลูกสูบ	-	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 230 มม.	-	144,900
RC 250	249	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 310 มม. 2 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม. ลูกสูบเดี่ยว	ABS	189,900

(ที่มา : Nadda D., 2020)



ตารางที่ 12 ข้อมูลจำเพาะสำหรับจักรยานยนต์ของยี่ห้อ KTM (ต่อ)

รุ่น	ปริมาตร กระบอก สูบ (cc)	ระบบส่ง กำลัง	ระบบห้ามล้อ				ราคา (บาท)
			หน้า		หลัง		
RC 390	373.2	6 ระดับ	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 320 มม. 2 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 240 มม. ลูกสูบเดี่ยว	ABS	214,900
1190 Adventure	1195	6 ระดับ	ดิสก์เบรก (คู่) $\varnothing$ 320 มม. 2 ลูกสูบ	ABS	ดิสก์เบรก $\varnothing$ 268 มม. 2 ลูกสูบ	ABS	899,000

(ที่มา : Nadda D., 2020)





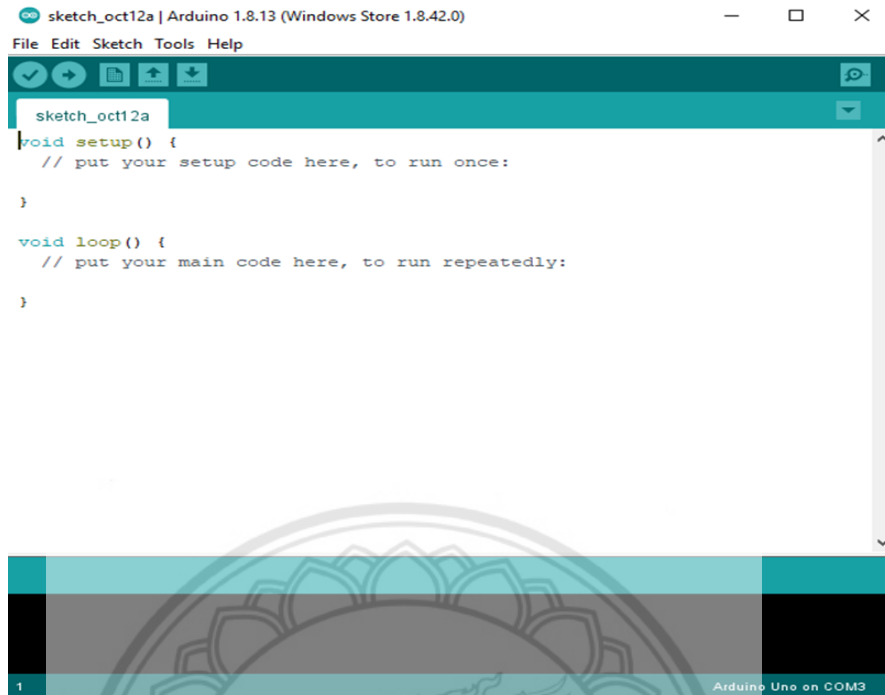
การดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE แบ่งออกเป็น 5 แบบดังรูปที่ ข.1 คือ

1. Windows โดย Installer สำหรับ windows 7 และสูงกว่า
2. Windows โดย Zip ไม่จำเป็นต้อง Installer
3. Windows โดย MS Store (แนะนำ)
4. สำหรับ Mac OS
5. สำหรับ Linux OS



รูปที่ ข.1 การดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE  
(ที่มา : <https://www.arduino.cc/en/Main/software>)

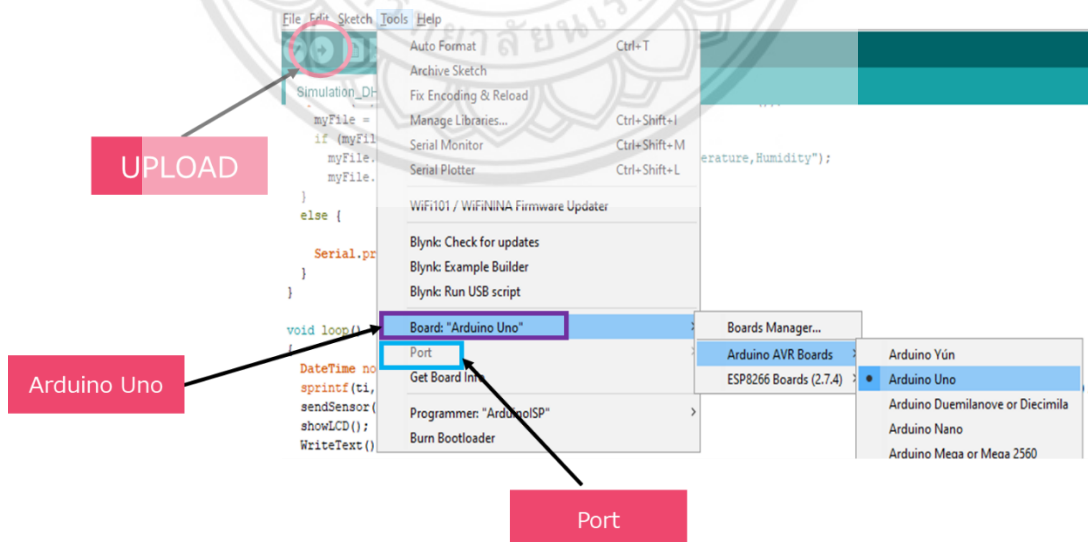
หลังจากติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE เสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำการเปิดโปรแกรมจะพบกับหน้าต่างสำหรับการเขียนโปรแกรกดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม

ในส่วนของการอัปโหลดคำสั่งไปยังบอร์ด Arduino UNO R3 สามารถทำได้โดยแสดงดังรูปที่

ข.3

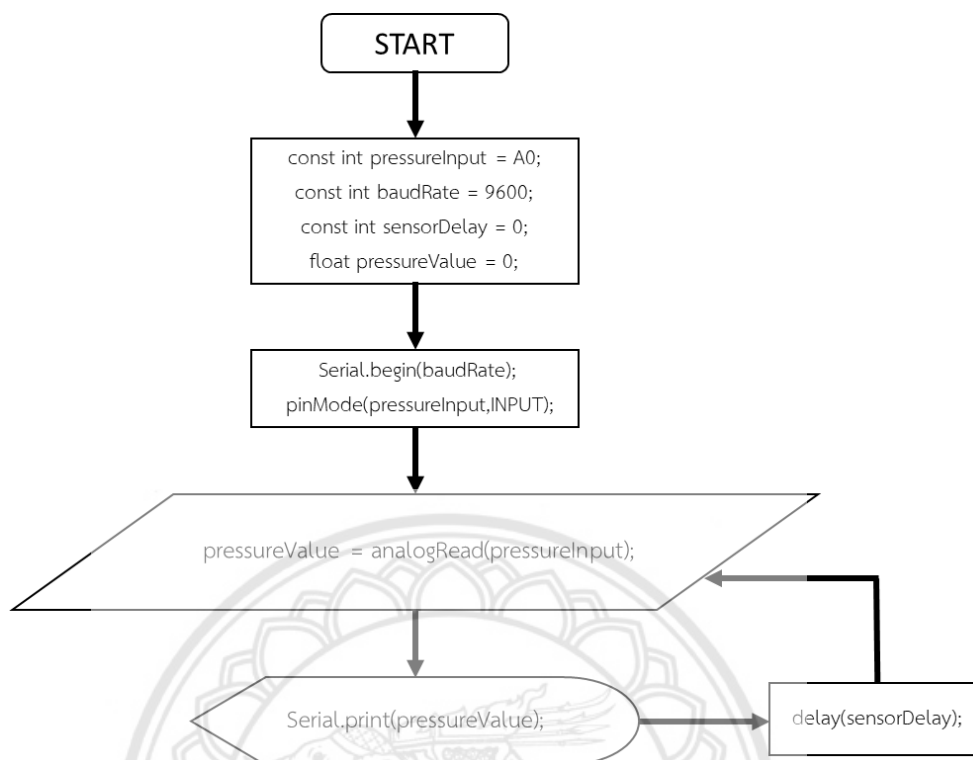


รูปที่ ข.2 หน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม



ภาคผนวก (ค)

อธิบายคำสั่งที่ใช้กับ Arduino



รูปที่ ค.1 Flow chart แสดงคำสั่งสำหรับการทดลองถ่วงน้ำหนัก

จากรูปที่ ค.1 เริ่มต้นจากเขียนคำสั่งสำหรับการทดลองถ่วงน้ำหนักโดยใช้เซนเซอร์ความดัน โดยเริ่มจากการสร้างตัวแปรชื่อ pressureInput เพื่อที่จะกำหนดเป็นช่องสำหรับขาข้อมูลที่กำหนดให้เป็นขานาฬิกาที่เป็นขา A0 จากนั้นสร้างตัวแปรชื่อ baudRate เพื่อให้เป็นค่าในการส่งข้อมูล 1 วินาทีจะมีการส่งข้อมูล ขนาด 9600 bits จากนั้นสร้างตัวแปรชื่อ sensorDelay เพื่อให้ทำการหน่วงเวลาแต่เนื่องจากต้องการความเร็วในการวนคำสั่งจึงตั้งค่าให้เท่ากับ 0 หากมีกระบวนการมากขึ้นหรือคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำไม่แนะนำให้ตั้งค่า Delay เท่ากับ 0 เพราะอาจทำให้ระบบ Error ได้ และสร้างตัวแปรอีกตัวที่ชื่อ pressureValue ให้เท่ากับ 0 ในการกำหนดค่าครั้งแรกเพื่อให้พร้อมรับข้อมูลนาฬิกาที่จะทำการอ่านจาก pressureInput ต่อไปจะเข้าสู่ช่วง Setup จะใช้คำสั่ง Serial.begin(); เพื่อเปิดการใช้งาน Serial monitor และใช้คำสั่ง pinMode(); เพื่อสั่งให้บอร์ด Arduino เข้าใจว่าช่อง A0 เป็นช่องสำหรับ INPUT ค่าเท่า นั้น ต่อไปเป็นช่วงการทำงานวนซ้ำ (Loop) จะมีคำสั่งค่าอนาล็อกRead(); จะทำการรับค่าอนาล็อกจากช่อง pressureInput จากนั้นใส่ค่าที่รับได้ไปในตัวแปร pressureValue แล้วจึงแสดงทางหน้าจอที่คำสั่ง Serial.print(); เมื่อทำการวนการเสร็จแล้วจะเข้าสู่คำสั่ง delay(); แล้วจากนั้นก็ทำการวนซ้ำไปเรื่อย ๆ

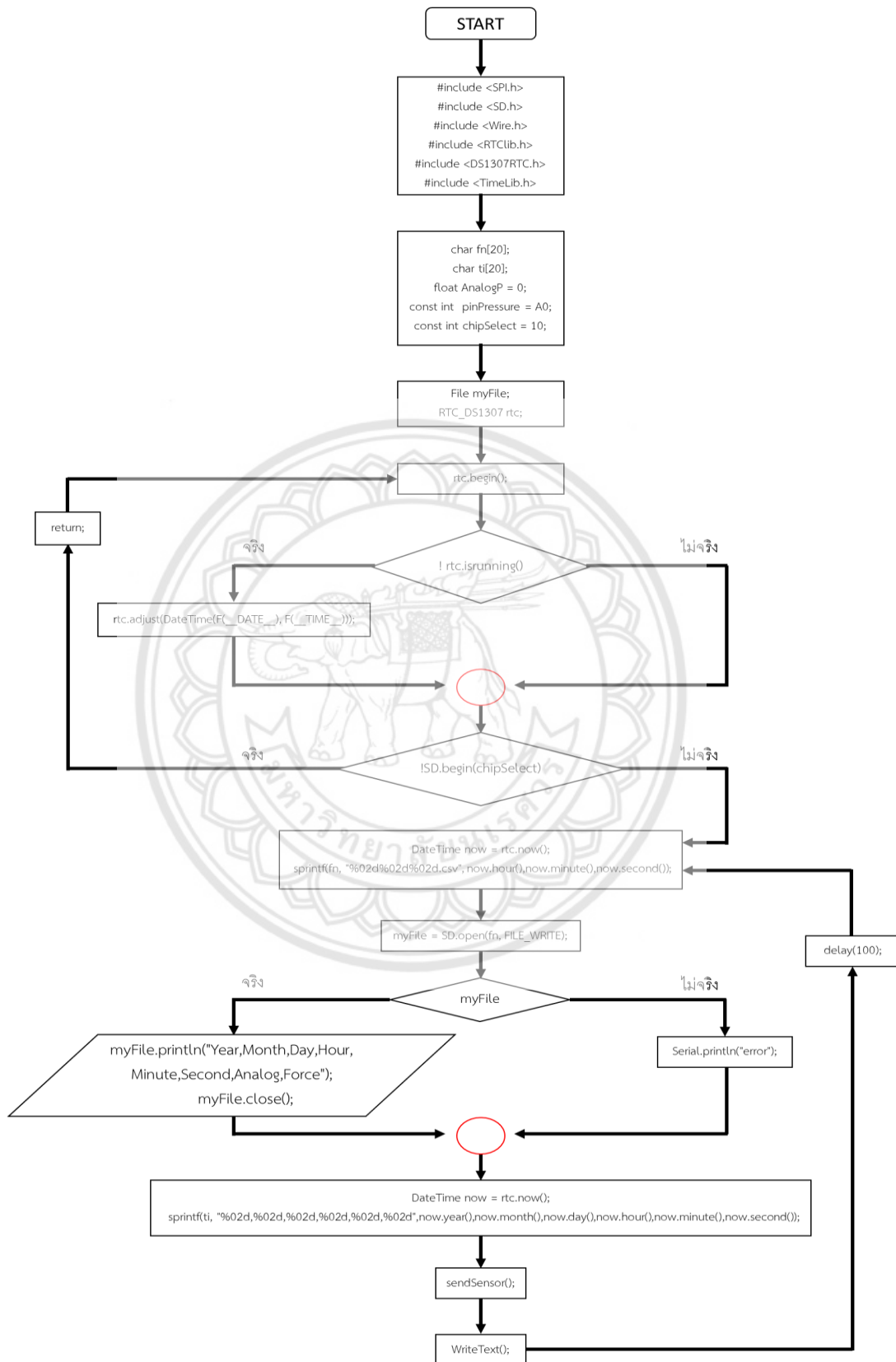
การเขียนคำสั่งสำหรับการใช้งานอุปกรณ์วัดความดันกับรถจักรยานยนต์

การเขียนคำสั่งจำเป็นต้องใช้ไลบรารีเพิ่มเติมคือ SPI.h , SD.h, Wire.h, RTCLib.h, DS1307RTC.h และ TimeLib.h ที่จำเป็นต่อการใช้งานอุปกรณ์ โดยคำสั่งต่างๆ มีขั้นตอนการดำเนินงานตาม Flow chart ดังรูปที่ ค.2

หลังจาก include ไลบรารีที่ต้องการครบแล้วจะเป็นคำสั่งสร้างตัวแปรในรูปแบบของ char array เพื่อสร้าง array สำหรับเก็บตัวอักษรขนาด 20 ตัวอักษรที่ชื่อ fn และ ti จากนั้นสร้างตัวแปรอนาล็อกP เท่ากับ 0 เพื่อเก็บค่าอนาล็อกจากเซนเซอร์ Analog water pressure sensor 1600PSI สร้างตัวแปร pinPressure เท่ากับ A0 เพื่อกำหนดช่องรับข้อมูล และสร้างตัวแปร chipSelect เท่ากับ 10 เพื่อเชื่อมต่อกับ Data Logger Shield จากนั้นทำการกำหนดให้ File เป็น myFile และ RTC\_DS1307 เป็น rtc เพื่อความสะดวกและเข้าใจง่ายสำหรับชุดคำสั่ง

แล้วจึงเริ่มฟังก์ชัน Setup ที่มีส่วนประกอบคือ rtc.begin(); กำหนดเพื่อให้เริ่มใช้ RTC จากนั้นจะเข้าสู่ฟังก์ชัน if ที่มีข้อกำหนด ! rtc.isrunning() คือถ้า RTC ไม่ได้กำลังทำงานอยู่ถ้าเป็นจริงให้ทำการตั้งค่าเป็นเวลาปัจจุบันด้วยคำสั่ง rtc.adjust(DateTime(F(\_\_DATE\_\_), F(\_\_TIME\_\_))); แล้วจึงเริ่มทำคำสั่งต่อไปไม่เป็นจริงให้ทำคำสั่งต่อไปทันที จากนั้นจะเข้าสู่ฟังก์ชัน if อีกครั้งที่มีข้อกำหนด !SD.begin(chipSelect) คือตรวจสอบว่า Data Logger Shield ไม่ได้มีการเชื่อมต่ออยู่หากเป็นจริงให้ทำการวนกลับไปทำซ้ำอีกครั้งด้วยคำสั่ง return; แต่หากไม่เป็นจริงให้ทำคำสั่งต่อไป โดยคำสั่งต่อไปคือการตั้งค่า RTC ที่จะนำไปใช้ให้เป็นปัจจุบัน จากนั้นให้ใส่ค่า ชั่วโมง, นาที, วินาที และตัวอักษรนามสกุลไฟล์ .csv ลงไปในตัวแปร fn แล้วเข้าสู่คำสั่งต่อไปคือการสร้างไฟล์บน SD card ด้วยชื่อที่ตั้งด้วยตัวแปร fn จากนั้นเข้าสู่ฟังก์ชัน if ที่มีข้อกำหนด myFile เพื่อค้นหาไฟล์หากพบไฟล์ให้ทำการเขียน Year, Month, Day, Hour, Minute, Second,อนาล็อกและ Force ทุกค่าจะถูกขึ้นด้วยเครื่องหมายคอมม่า (,) แต่หากไม่เป็นจริงให้แสดงค่า Error

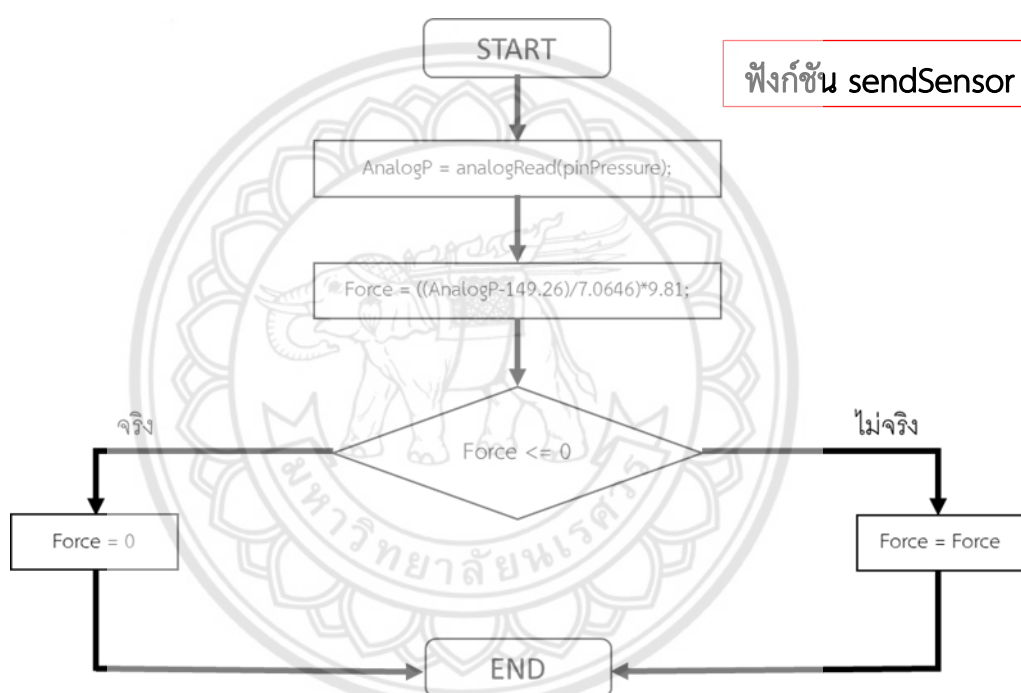
หลังจากเสร็จสิ้นฟังก์ชัน Setup จะเริ่มฟังก์ชัน Loop ในทันทีโดยภายในฟังก์ชัน Loop จะประกอบไปด้วย การตั้งค่า RTC ที่จะนำไปใช้ให้เป็นปัจจุบัน จากนั้นจึงเขียน ปี, เดือน, วัน, ชั่วโมง, นาที และวินาทีลงในตัวแปร ti จากนั้นให้ทำฟังก์ชัน sendSensor(); และ WriteText(); ต่อไปตามลำดับแล้วจึงวนกลับไปทำซ้ำฟังก์ชัน Loop อีกครั้ง



รูปที่ ค.2 Flow chart แสดงคำสั่งอุปกรณ์วัดความดันสำหรับใช้งานกับรถจักรยานยนต์

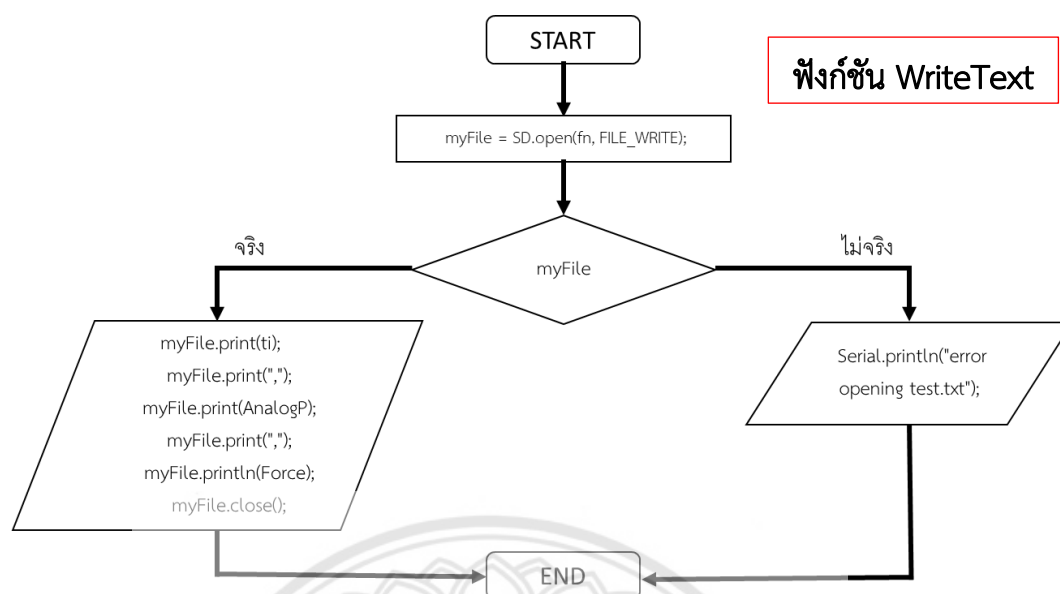


ส่วนประกอบของฟังก์ชัน `sendSensor()`; แสดงดังรูปที่ ค.3 เริ่มจากการเก็บค่าแรงดันน้ำมันเบรกจากเซนเซอร์ความดันแล้วส่งกระแสไปยัง Arduino UNO R3 เข้าที่ช่องรับแล้วแปลงกระแสให้เป็นข้อมูลจากตัว ADC ทำให้ได้ข้อมูลมาในรูปแบบอนาล็อก 0-1023 ค่าอนาล็อกที่ได้จากเซนเซอร์ความดันจะนำไปคำนวณในสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักกับค่าอนาล็อกจากสมการที่ 3.1 จะคำนวณค่าน้ำหนักให้เป็นค่าแรง แต่ในช่วงเริ่มต้นอนาล็อกที่น้อยกว่า 149.26 จะทำให้ค่าแรงที่ได้ติดลบเพื่อความสะดวกต่อการวิเคราะห์จึงได้กำหนดให้ค่าแรงที่ติดลบมีค่าเป็น 0 จากนั้นทำการเก็บข้อมูลลงในไฟล์ที่ได้สร้างไว้ก่อนหน้าแล้วจบการทำงานของฟังก์ชัน



รูปที่ ค.3 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน `sendSensor()`;

ส่วนประกอบของฟังก์ชัน `WriteText()`; แสดงดังรูปที่ ค.4 โดยจะเริ่มจากการเรียกใช้ SD card และตามหาไฟล์ที่ใช้ชื่อตามตัวแปร `fn` เมื่อหาเจอแล้วจึงทำฟังก์ชัน `if` ที่มีข้อกำหนดคือ `myFile` โดยจะเรียกหาไฟล์จากคำสั่ง `myFile` หากเจอให้เขียนข้อมูล `ti`, อนาล็อก `P` และ `Force` แล้วทำการปิดไฟล์ แต่หากหาไฟล์ไม่เจอจะทำการแสดงค่า `Error opening แทน` แล้วจบการทำงานของฟังก์ชัน

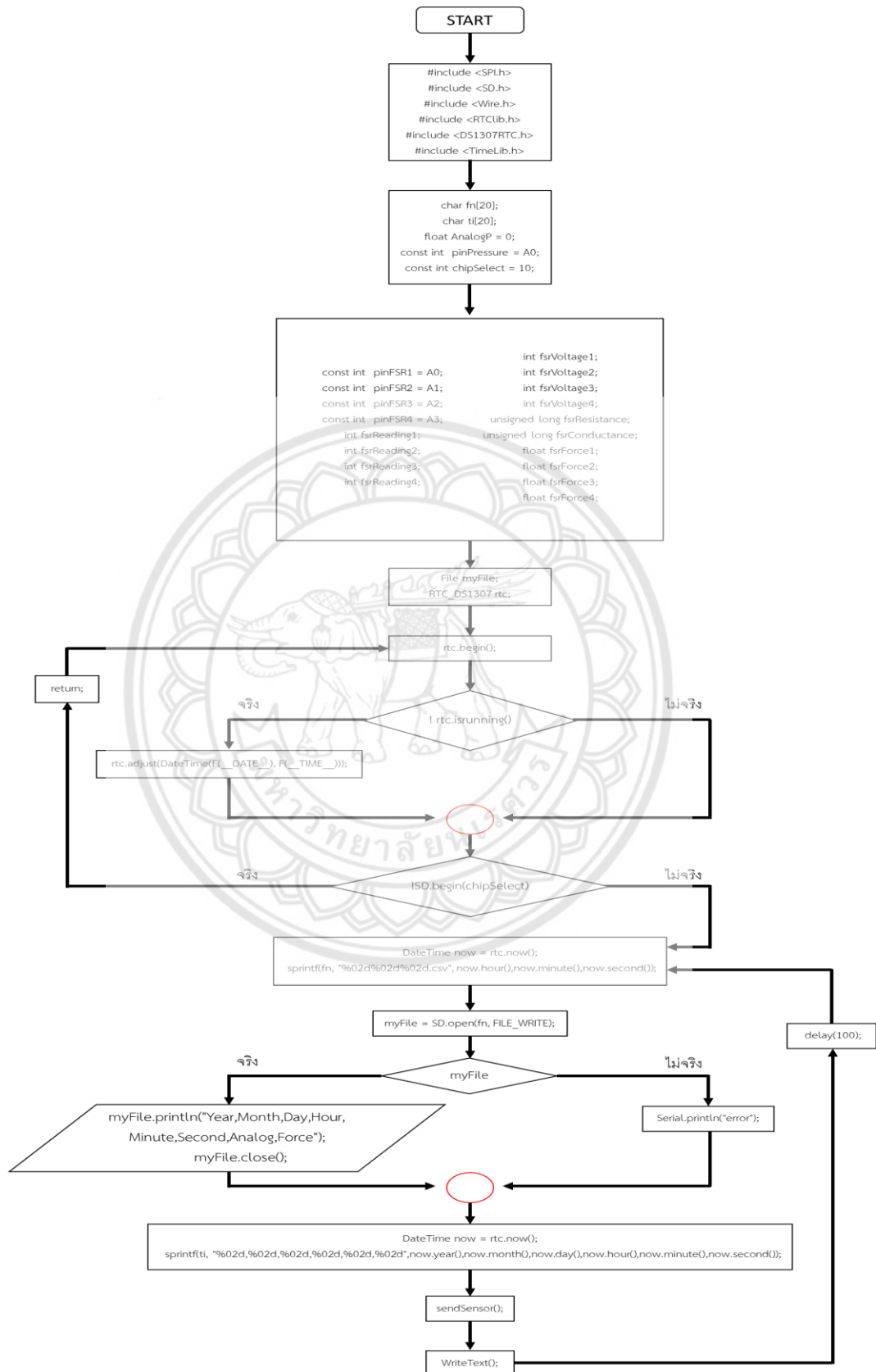


รูปที่ ค.4 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน WriteText();

### การเขียนคำสั่งสำหรับถุงมือวัดแรงกด

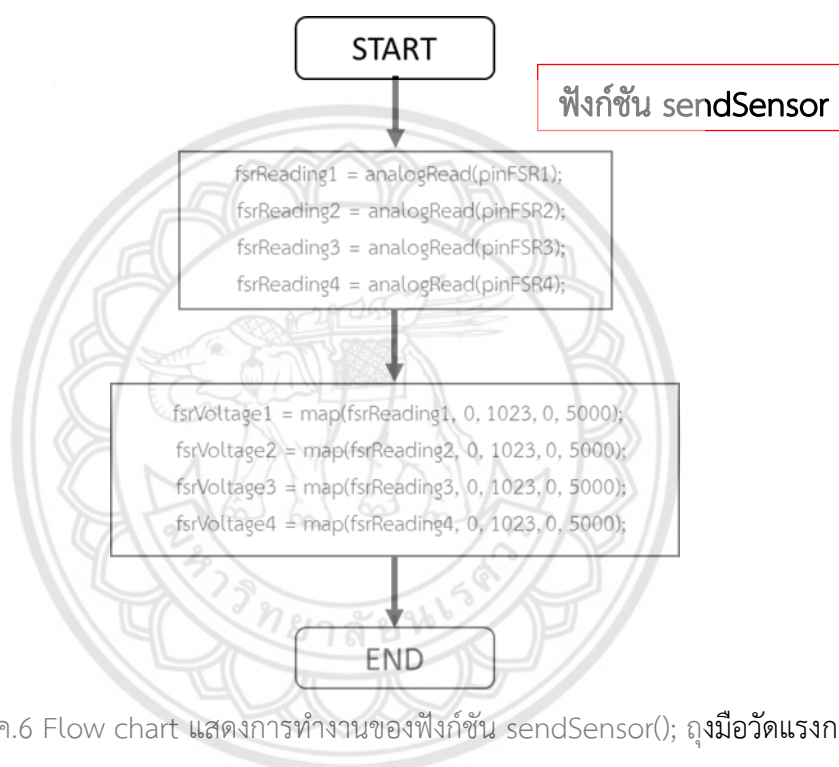
การออกแบบคำสั่งสำหรับถุงมือวัดแรงกดจะใช้หลักการเดียวกันกับคำสั่งของอุปกรณ์วัดความดันกับรถจักรยานยนต์ โดยเก็บค่าเป็นอนาล็อกจากนั้นแปลงค่าด้วยคำสั่งอื่นๆ แล้วจึงเก็บค่าลงใน micro SD card แล้วทำซ้ำ แสดง Flow chart การดำเนินการดังรูปที่ 40

จากรูปที่ ค.5 คำสั่งที่มีการเปลี่ยนแปลงคือการสร้างตัวแปรเพิ่มขึ้นโดยตัวแปรแต่ละตัวจะเป็นค่าเฉพาะของเซนเซอร์แต่ละแยกจากกันจะมีเพียงตัวแปร fsrResistance และ fsrConductance ที่เซนเซอร์ทั้ง 4 ตัวจะใช้ร่วมกัน โดยตัวแปรจำพวก pinFSR จะเป็นตัวแปรกำหนดช่องสำหรับเก็บค่าอนาล็อกตัวแปรจำพวก fsrReading จะเป็นตัวแปรที่จะอ่านค่าอนาล็อกตัวแปร fsrVoltage จะใช้เพื่อแปลงค่าอนาล็อกจากตัวแปร fsrReading ให้อยู่ในรูปของ voltage และตัวแปร fsrForce เป็นตัวแปรที่มีไว้เพื่อเก็บค่าแรงที่ได้จากคำสั่งก่อนหน้านี้



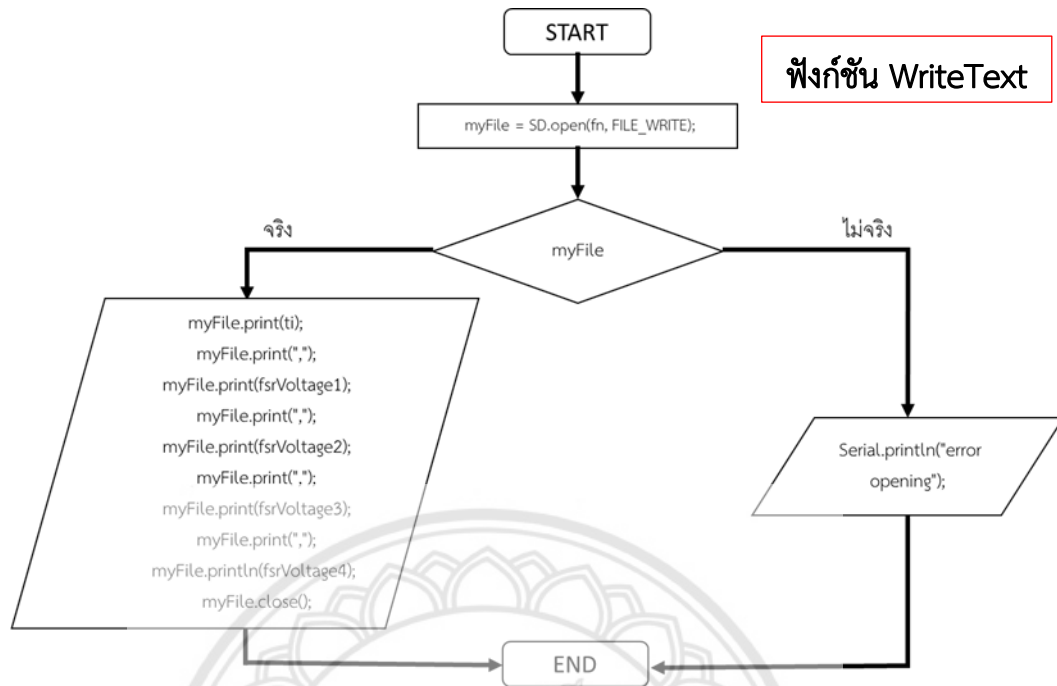
รูปที่ ค.5 Flow chart คำสั่งสำหรับถุงมือวัดแรงกด

ส่วนประกอบของฟังก์ชัน `sendSensor()`; ถู่มือวัดแรงกด แสดงดังรูปที่ ค.6 จะเริ่มต้นด้วยการใช้คำสั่ง `analogRead()` ในการเก็บค่าอนาล็อกจาก Pin ที่ได้กำหนดไว้ในรูปของ `pinFSR1`, `pinFSR2`, `pinFSR3` และ `pinFSR4` แล้วเก็บใส่ตัวแปร `fsrReading1`, `fsrReading2`, `fsrReading3` และ `fsrReading4` ตามลำดับ จากนั้นทำการใช้คำสั่ง `map()` เพื่อทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์ค่าในตัวแปร `fsrReading` ที่เป็นค่าอนาล็อก 0-1023 ให้เป็นค่า Voltage ในช่วง 0-5000mV แล้วทำการจบฟังก์ชัน



รูปที่ ค.6 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน `sendSensor()`; ถู่มือวัดแรงกด

ส่วนประกอบของฟังก์ชัน `WriteText()`; ถู่มือวัดแรงกด แสดงดังรูปที่ ค.7 โดยจะเริ่มจากการเรียกใช้ SD card และตามหาไฟล์ที่ใช้ชื่อตามตัวแปร `fn` เมื่อหาเจอแล้วจึงทำฟังก์ชัน `if` ที่มีข้อกำหนดคือ `myFile` โดยจะเรียกหาไฟล์จากคำสั่ง `myFile` หากเจอให้เขียนข้อมูล `ti`, `Force2`, `Force3`, `Force1` และ `Force4` ตามลำดับแล้วทำการปิดไฟล์ แต่หากหาไฟล์ไม่เจอจะทำการแสดงค่า `Error opening` แทน แล้วจบการทำงานของฟังก์ชัน



รูปที่ ค.7 Flow chart แสดงการทำงานของฟังก์ชัน WriteText(); ถูงมีวัดแรงกด