



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยและตรวจสอบสมรรถนะการห้ามล้อจักรยานยนต์ ตามมาตรฐานการทดสอบในประเทศ

โดย

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สัญญาเลขที่ สอบ.(จ)007/2564

คณะผู้วิจัย

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สนับสนุนโดยสภาองค์กรของผู้บริโภค

ข้อมูลโครงการ

1. รายละเอียดหน่วยงาน

ชื่อหน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
 สถานที่ติดต่อ สถาบันวิจัยและพัฒนา
 ที่ตั้ง เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10800
 โทรศัพท์ และโทรสาร 02-665-3777 ต่อ 6093

2. ชื่อผู้รับทุน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาทีเรื้อตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี
 ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ
 สถานที่ติดต่อ สถาบันวิจัยและพัฒนา
 ที่ตั้ง เลขที่ 399 ถ.สามเสน แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10800
 โทรศัพท์ และโทรสาร 02-665-3777 ต่อ 6093
 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 090-894-9665
 E-mail: songwut.m@rmutp.ac.th

3. รายละเอียดโครงการ

ระยะเวลาดำเนินโครงการ 8 เดือน
 โครงการเริ่มต้นเมื่อวันที่ นับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม เดือน พ.ศ.2564
 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม เดือน พ.ศ.2565
 ประเภทโครงการ วิจัยและทดสอบ
 งบประมาณโครงการ 2,826,230 บาท
 (สองล้านแปดแสนสองหมื่นหกพันสองร้อยสามสิบบาทถ้วน)

รายนามคณะผู้วิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วาทีเรื้อตรี ดร.ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี
สังกัด สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการวิจัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สหัส ฉันทานุมัติอาภรณ์
สังกัด บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่ง นักวิจัย
3. นายพิเชษฐ์ บุญญาลัย
สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ตำแหน่ง นักวิจัย
4. นายสถาพร วันนาพ้อ
สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ตำแหน่ง นักวิจัย
5. นายมานัส แดงชาติ
สังกัด บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่ง นักวิจัย
6. นายสิทธิโชค สิทธิราชา
สังกัด บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่ง นักวิจัย
7. นางสาววัชรภรณ์ ชัยวรรณ
สังกัด สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ตำแหน่ง เลขานุการและประสานงานวิจัย

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อทดสอบและประเมินคุณภาพระบบห้ามล้อรถจักรยานยนต์ในกลุ่มครอบครัว และ 2) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้กับผู้บริโภค โดยใช้การทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อรถจักรยานยนต์จำนวน 7 รุ่น อันได้แก่ Demon GPX Suzuki Skydrive Honda Wave Yamaha Finn Honda MSX Yamaha QBIX และ Suzuki Smash อ้างอิงวิธีทดสอบตามประกาศของกรมการขนส่งทางบกในหัวข้อการห้ามล้อเดี่ยวและทุกล้อบนพื้นผิวการยึดเกาะสูงและต่ำรวมถึงทดสอบหาผลกระทบของขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดต่อสมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์อีกด้วย ผลลัพธ์ของโครงการ คือ ผลการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อรถจักรยานยนต์จำนวน 7 รุ่นดังกล่าวพร้อมผลกระทบของขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดต่อสมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ และข้อเสนอแนะแก่ผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์

1.1 ทดสอบและประเมินคุณภาพระบบห้ามล้อรถจักรยานยนต์ในกลุ่มครอบครัว

ได้ทำการทดสอบรถจักรยานยนต์จำนวน 7 รุ่นโดยอ้างอิงวิธีทดสอบตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก และคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในการทดสอบซึ่งได้ผ่านการสอบเทียบโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

1.2 ข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้กับผู้บริโภค

ผลการทดสอบได้ถูกนำมาวิเคราะห์และประเมินเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้กับผู้บริโภค

2. ผลสำเร็จตามผลลัพธ์

2.1 ผลการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อรถจักรยานยนต์จำนวน 7 รุ่นพร้อมผลกระทบของขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาด

- การทดสอบนี้ใช้นักขับขี่มีอาชีพคนเดียวเป็นผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ทั้งหมดในการทดสอบนี้ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องใดๆ กับบริษัทผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ การทดสอบในแต่ละหัวข้อกระทำซ้ำจำนวน 6 ครั้งต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นในหัวข้อนั้นๆ ในช่วงเวลาและสถานที่เดียวกันเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อม รถจักรยานยนต์อยู่ในสภาพใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งาน

- ได้ผลการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อรถจักรยานยนต์ทั้ง 7 รุ่นซึ่งอยู่ในรูปของระยะห้ามล้อและค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดโดยเทียบกับเกณฑ์ชีวิต สรุปว่ารถจักรยานยนต์ทั้ง 7 รุ่นผ่านเกณฑ์ชีวิตสมรรถนะการห้ามล้อโดยสรุปผลเป็นไปตามตารางดังนี้

รุ่นรถ จักรยานยนต์	ความกว้าง ยาง หน้า/หลัง (mm) และวงล้อ (นิ้ว)	ความดัน ลมยาง หน้า/หลัง (psi) และ ปียาง	ผลการทดสอบที่ดีที่สุดบนพื้นการยึดเกาะสูง ด้วยขนาดหน้ายางโรงงานที่ความเร็ว 60 km/h				
			เบรกหน้า		เบรกหลัง		เบรก 2 ล้อ*
			ระยะ ห้ามล้อ (m)	แรงเบรก หน้าเฉลี่ย (N)	ระยะ ห้ามล้อ (m)	แรงเบรก หลังเฉลี่ย (N)	ระยะห้ามล้อ (m)
Honda Wave (2022)	70/80 17 นิ้ว	29/33 ปี 2022	21.9	101.3	39.0	156.9	21.7
Yamaha Finn (2022)	70/80 17 นิ้ว	29/33 ปี 2022	22.5	131.1	33.2	135.3	20.0
Suzuki Smash (2020)	70/80 17 นิ้ว	25/29 ปี 2019	27.1	98.3	37.3	195.7	20.4
Yamaha Qbix (2022)	130/140 12 นิ้ว	25/29 ปี 2021	23.7	139.8	35.7	134.3	19.9
Suzuki Skydrive (2019)	70/80 14 นิ้ว	25/33 ปี 2018	25.8	145.2	38.5	157.4	22.4
GPX Demon (2017)	120/130 12 นิ้ว	28/30 ปี 2017	23.0	116.8	40.0	109.7	20.4
Honda MSX (2021)	120/130 12 นิ้ว	29/29 ปี 2020	21.5	112.6	40.5	164.1	22.7

หมายเหตุ:

1. ระยะห้ามล้อที่ปรากฏในตารางเป็นระยะห้ามล้อที่ดีที่สุดที่รถจักรยานยนต์ทำได้จากการทดสอบซ้ำจำนวน 6 ครั้ง ซึ่งขี่และห้ามล้อโดยนักขี่ระดับผู้เชี่ยวชาญ บนพื้นการยึดเกาะสูง ซึ่งเป็นพื้นผิวที่มีความเสียดทานสูงกว่าถนนปกติทั่วไปและไม่ใช้ระบบ ABS รวมถึงนักขี่พยายามใส่แรงเบรกสูงสุดโดยที่ล้อไม่เกิดการล็อก

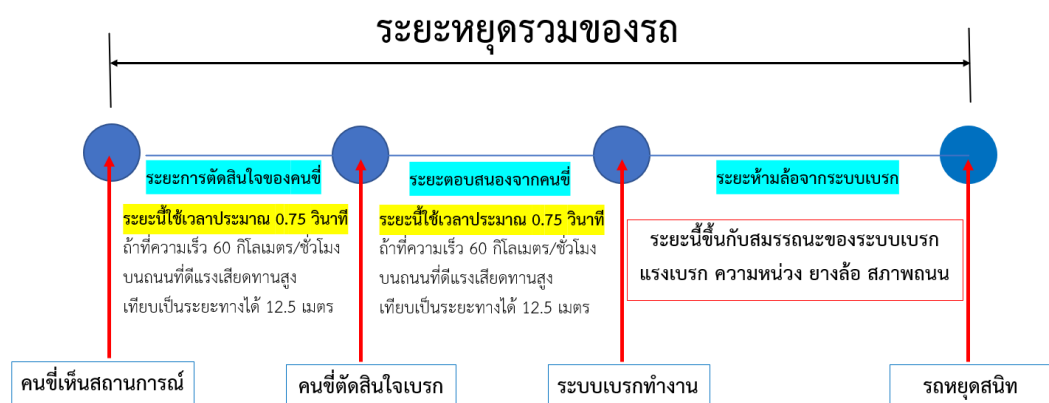
2. มีตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้อันเป็นข้อจำกัด ได้แก่ ปริมาณการใส่แรงเบรก รูปแบบการใส่แรงเบรก จุดที่เริ่มใส่แรงเบรก ระบบกลไกเบรก (ก้านเบรก สายเคเบิลเบรก คาลิปเปอร์เบรก ผ้าเบรก จานหรือดรัมเบรก) อายุรถจักรยานยนต์ อายุยางล้อ ยี่ห้อยางล้อ มิติของรถจักรยานยนต์ (ซึ่งมีผลต่อตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วง, Center of gravity) และตำแหน่งของผู้ขี่

*3. ระยะห้ามล้อทั้งหมดที่ 60 กม./ชม. ไม่ได้เกิดจากการทดสอบจริง แต่ได้จากการคำนวณโดยอยู่บนฐานระยะห้ามล้อที่ร้อยละ 90 ของความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์ตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก จึงไม่มีแรงเบรกจริงปรากฏในการวัดและบันทึก

ผลการทดสอบพบว่ารถจักรยานยนต์รุ่น Honda MSX มีระยะห้ามล้อสั้นที่สุดเมื่อใช้เบรกดหน้าอย่างเดียวที่ 21.5 เมตร จากการใช้แรงเบรกเฉลี่ย 112.6 N ในขณะที่ระยะห้ามล้อสั้นที่สุดเมื่อใช้เบรกดหลังอย่างเดียว คือ Yamaha Finn ที่ 33.2 เมตร ด้วยแรงเบรกเฉลี่ย 135.3 N สำหรับการเบรก 2 ล้อ นั้น มีระยะหยุดสั้นที่สุดที่ 19.9 เมตร ของรถรุ่น Yamaha Qbix กรณีระยะห้ามล้อที่ยาวที่สุดจากการใช้เบรกดหน้าอย่างเดียว เบรกดหลังอย่างเดียว และเบรก 2 ล้อ มีค่า 27.1 เมตร 40.5 เมตร และ 22.7 เมตร ซึ่งมาจากรถรุ่น Suzuki Smash และรถรุ่น Honda MSX ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ระยะห้ามล้อ ไม่ใช่ระยะทางหยุดรวมของรถ เป็นเพียงระยะทางที่เกิดจากการทำงานของระบบเบรกเริ่มตั้งแต่ที่ผู้ขี่เริ่มกดก้านเบรกจนรถหยุด ระยะห้ามล่อนี้จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับที่สมรรถนะของระบบเบรกของรถแต่ละรุ่น สำหรับระยะทางหยุดรวมของรถ จะต้องรวมกับระยะทางที่เกิดจากคนขี่ ตามภาพด้านล่าง ได้แก่ ระยะการตัดสินใจของคนขี่ที่เกิดจากการเห็นสถานการณ์และระยะตอบสนองจากการตัดสินใจใช้เบรก ระยะดังกล่าวที่ความเร็วรถ 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ใช้เวลาประมาณอย่างละ 0.75 วินาที หรือเทียบเป็นระยะทางมีค่า 12.5 เมตร

ดังนั้น ระยะทางหยุดรวมของรถของรถทั้ง 7 รุ่น ที่ใช้เบรกดหน้าอย่างเดียวมีค่าระหว่าง 46.5 ถึง 52.1 เมตร เบรกดหลังอย่างเดียวมีค่าระหว่าง 58.2 ถึง 65.5 เมตร และเบรก 2 ล้อมีค่าระหว่าง 44.9 ถึง 47.7 เมตร ตามลำดับ



- ขนาดหน้ายางล้อที่เล็กกว่ามาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดไม่ทำให้ระยะห้ามล้อยาวขึ้นอย่างชัดเจน กล่าวคือ การลดลงหนึ่งขนาดยังมีผลการทดสอบสมรรถนะผ่านเช่นเดียวกันกับขนาดยางล้อตามมาตรฐานโรงงาน อย่างไรก็ตาม ยางที่ใช้ในการทดสอบลดลงหนึ่งขนาดนั้นของรถทุกรุ่นเป็นยางที่ผลิตในปี 2022 ในขณะที่ยางขนาดปกติ เป็นยางที่ติดมากับรถซึ่งผลิตในช่วงปี 2017 ถึงปี 2022 ซึ่งอาจเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ระยะห้ามล้อจากยางลดขนาดลงมีค่าใกล้เคียงกับยางขนาดปกติ ทั้งที่การลดลงของขนาดยางนั้นทำให้หน้าสัมผัสกับถนนน้อยลงซึ่งควรจะทำให้ระยะห้ามล้อยาวขึ้น ในอีกนัยหนึ่ง การลดขนาดหน้ายางล้อที่เล็กลงเพียงหนึ่งขนาดอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เห็นผลชัดเจนก็เป็นได้

- ผลการทดสอบรถที่ใช้ระบบเบรก ABS (เฉพาะล้อหน้า ที่ถูกติดตั้งจากโรงงาน) กับรถ 2 รุ่น ได้แก่ Honda MSX (2021) และ Yamaha QBIX (2022) บนพื้นที่ยึดเกาะต่ำ ด้วยขนาดหน้ายางโรงงานที่ความเร็ว 60 km/h แสดงตามตาราง

รุ่นรถ จักรยานยนต์	สถานะการ ทดสอบ	แรงเบรกเฉลี่ย (N)		ค่าความหน่วง เฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)	ระยะห้าม ล้อ (m)
		หน้า	หลัง		
Honda MSX (2021)	ไม่ใช้ ABS	58.9	88.1	4.9	33.50
	ใช้ ABS	161.8	80.1	4.16	37.04
Yamaha QBIX (2022)	ไม่ใช้ ABS	65.2	70.0	5.52	30.59
	ใช้ ABS	206.8	61.2	5.18	29.99

ผลการทดสอบชี้ให้เห็นว่า สถานะการทดสอบที่ใช้ ABS นั้นผู้ขับขี่สามารถใส่แรงเบรกมือเต็มที่ ทั้ง 2 รุ่น ซึ่งมีค่าแรงเบรกเฉลี่ยสูง 161.8 N และ 206.8 N ในขณะที่ล้อหลังมีค่าเพียง 88.1 N และ 70 N ตามลำดับ ซึ่งแรงเบรกเฉลี่ยที่สูงมากขนาดนี้จะมีโอกาสที่ล้อจะลื่นไถลหากไม่มีระบบเบรก ABS ส่วนความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดมีค่าน้อยกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่ไม่ใช้ ABS เป็นผลทำให้ระยะห้ามล้อยาวกว่าเล็กน้อย ในทางกลับกันรถที่ใช้ ABS จะไม่มีการลื่นไถลบนพื้นผิวยึดเกาะต่ำ เช่น น้ำ ขัง พื้นลื่น พื้นมีเม็ดทราย เป็นต้น

นอกจากนี้ การเบรกใช้ ABS รถจะไม่มีอาการเบรกแล้วหัวทิ่ม ไม่ล้มคว่ำ เมื่อใช้งานบนพื้นแห้งผิวดึงแม่ผู้ขับขี่จะเบรกอย่างรุนแรง โดยการใช้เบรกอย่างรุนแรงนี้เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ผู้ขับขี่มีอาการตกใจหรือการเจอสิ่งกีดขวางแล้วเบรกกะทันหัน ดังนั้น รถที่ใช้ ABS จึงมีความสามารถในการปกป้องผู้ขับขี่ได้ครอบคลุมทุกสถานการณ์มากกว่ารถที่ไม่ได้ใช้ ทั้งนี้ เพื่อความปลอดภัยที่ทวีคูณยิ่งขึ้น รถจักรยานยนต์ทุกคันควรติดตั้ง ABS ทั้งล้อหน้าและล้อหลัง การติดตั้งระบบ ABS ทั้งล้อหน้าและหลังจะช่วยลดโอกาสล้มหรือลื่นไถลซึ่งถือเป็นตัวช่วยสำคัญที่ชดเชยข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการขับขี่ที่น้อยและสภาพถนนที่กำหนดไม่ได้ งานวิจัยชิ้นนี้เป็นหลักฐานที่ดีในการยืนยันว่าการติดตั้งระบบ ABS ให้กับรถจักรยานยนต์ทุกรุ่นสามารถเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ผู้เกี่ยวข้องควรเร่งหาวิธีส่งเสริมทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชนให้รถจักรยานยนต์ติดตั้งระบบ ABS ทุกคันและมีราคาที่ไม่เป็นการผลกระทบให้กับผู้บริโภค

2.2 ข้อเสนอแนะแก่ผู้บริโภคและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ข้อเสนอแนะแก่หน่วยงานของรัฐ

- กรมการขนส่งทางบกที่นำเอาข้อกำหนดตามมาตรฐานสากล UN Regulation No. 78 ที่ทดสอบระบบห้ามล้อเฉพาะรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดตั้งแต่ 125 CC ขึ้นไป ซึ่งในบริษัท

การใช้งานของต่างประเทศมีความแตกต่างจากประเทศไทย ทั้งเรื่องขนาดของรถจักรยานยนต์ที่มีขนาดมากกว่า 125 CC ที่เป็นไปตามสรีระของผู้ใช้งาน ดังนั้นรถจักรยานยนต์ที่ใช้งานในต่างประเทศส่วนใหญ่จึงมีขนาดมากกว่า 125 CC จึงถูกบังคับให้มีการทดสอบโดยปริยาย ในทางกลับกัน ประเทศไทยมีปริมาณรถจักรยานยนต์ในกลุ่มครอบครัวที่มีขนาดน้อยกว่า 125 CC ที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด ซึ่งเป็นการตึงหากมีการบังคับให้รถในกลุ่มนี้ ทดสอบระบบห้ามล้อเพื่อยืนยันว่ามีสมรรถนะเพียงพอต่อการให้ความปลอดภัยกับผู้ใช้งาน ถึงแม้ว่าจะยังมีประเด็นที่พิสูจน์ได้ยากว่า ก่อนการเกิดอุบัติเหตุขึ้นผู้ซื้ออาจมีการใช้หรือไม่ใช้ห้ามล้อ อย่างไรก็ตาม ข้อเสนอแนะในประเด็นนี้ ต้องมีการหารือจากผู้มีส่วนได้เสียหลายฝ่าย ซึ่งจำเป็นต้องหาแนวทางที่เหมาะสมร่วมกัน

- กรมการขนส่งทางบกควรจัดให้มีการสอบภาคปฏิบัติการห้ามล้อตามระยะหยุดปลอดภัยเพิ่มเติมสำหรับการขอรับใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ซึ่งปัจจุบันไม่มีการทดสอบการห้ามล้อในภาคปฏิบัติ มีเพียงแค่การทดสอบสมรรถภาพร่างกายโดยการทดสอบปฏิกิริยาเท้า (ความสามารถในการใช้ห้ามล้อเท้า) เท่านั้น การทดสอบการห้ามล้อตามระยะหยุดปลอดภัยควรกระทำเป็นท่าบังคับในการสอบภาคปฏิบัติ โดยให้ผู้สอบทำการขับขี่มาด้วยความเร็วต้นคงที่ เมื่อถึงจุดที่ให้ทำการห้ามล้อ ผู้สอบต้องทำการห้ามล้อหลังล้อเดียวให้รถจักรยานยนต์หยุดภายในระยะที่กำหนด ถ้าสถานที่ทดสอบมีความยาวจำกัดสามารถปรับความเร็วต้นและระยะห้ามล้อได้ตามตารางที่ 5.2 เหตุผลที่นำเสนอเนื่องจากผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมหรือนิยมใช้ห้ามล้อหลังอย่างเดียวซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงมากที่สุดในบรรดาแบบการห้ามล้อทั้ง 3 แบบอันได้แก่ ห้ามล้อหลังล้อเดียว ห้ามล้อหน้าล้อเดียว และห้ามล้อพร้อมกัน 2 ล้อ

- กระทรวงคมนาคมโดยกรมการขนส่งทางบก สำนักงานกองทุนสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ศูนย์วิชาการเพื่อความปลอดภัยทางถนน (ศวปถ.) หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจัดให้มีการโฆษณาประชาสัมพันธ์และการอบรมภาคปฏิบัติสำหรับการทำความเข้าใจที่ถูกต้องแก่ผู้ขับขี่เรื่องระยะห้ามล้อจากการใช้ห้ามล้อแบบต่างๆ รวมถึงระบบ ABS ในรถจักรยานยนต์

- กระทรวงคมนาคมควรแก้ไขกฎกระทรวงกำหนดส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ในส่วนของรถจักรยานยนต์หรือประกาศของกรมการขนส่งทางบกให้มีการติดตั้งระบบ ABS ในรถจักรยานยนต์ใหม่ทุกคันทั้งล้อหน้าและหลัง

- หน่วยงานผู้รับผิดชอบควรเพิ่มเติมการใส่ข้อมูลผลการทดสอบระยะห้ามล้อรถจักรยานยนต์ใน Eco Sticker

2.2.2 ข้อเสนอแก่ผู้ผลิตรถจักรยานยนต์

- ควรทำการทดสอบระบบห้ามล้อรถจักรยานยนต์ทุกรุ่นที่ขายในประเทศไทยตามประกาศของกรมการขนส่งทางบกและเปิดเผยผลการทดสอบให้สาธารณชนได้ทราบทั้งผลการทดสอบตามเกณฑ์ (ผ่าน/ไม่ผ่าน) และระยะห้ามล้ออย่างน้อยเพียงไร ที่ทำได้ทั้งในเว็บไซต์ของบริษัทและโบรชัวร์ของรถจักรยานยนต์รุ่นนั้นๆ โดยผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ถือเป็นหนึ่งผู้มีส่วนได้เสียที่ควรออกมารับผิดชอบต่อสังคมด้วยการแสดงระดับคุณภาพสินค้าที่กล้าให้ข้อมูลอย่างจริงใจกับผู้บริโภค

- ควรระยะ Run-in สำหรับระบบห้ามล้อและยางล้อพร้อมวิธีปฏิบัติในคู่มือผู้ใช้ให้ชัดเจน ตลอดจนเหตุผลที่ควรระมัดระวังการใช้ห้ามล้อในระยะดังกล่าว

- ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายรถจักรยานยนต์ควรจัดการอบรมภาคปฏิบัติสำหรับการทำความเข้าใจที่ถูกต้องแก่ผู้ขับขี่เรื่องระยะห้ามล้อจากการใช้ห้ามล้อแบบต่างๆ

- ผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ควรติดตั้งระบบ ABS เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในรถจักรยานยนต์ทุกรุ่นโดยเสมือนว่าเป็นการทำการตลาดเชิงรุก

2.2.3 ข้อเสนอแนะแก่ผู้บริโภค

การเลือกซื้อรถจักรยานยนต์ใหม่ ผู้บริโภคควรให้ความสนใจกับคุณภาพสินค้าด้วยการดูข้อมูลจาก Eco Sticker ของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ซึ่งมีข้อมูลในด้านมาตรฐานความปลอดภัย อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และการทดสอบระบบห้ามล้อ นอกจากนี้ ผู้บริโภคควรให้ความสนใจในข้อมูลการทดสอบสมรรถนะต่างๆ ของรถที่ดำเนินการโดยหน่วยงานที่เป็นกลางและมีความน่าเชื่อถือเพิ่มเติม เช่น สถานองค์กรของผู้บริโภค เป็นต้น เพื่อให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่กำลังจะเลือกซื้อ นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะอื่นๆ ดังนี้

● ปัจจัยจากตัวรถ

- ผู้ขับขี่ควรตรวจสอบระบบห้ามล้ออยู่เสมอไม่ว่าจะเป็นแม่ปั้มเบรก ก้านเบรก สายเคเบิลเบรก จากเบรก ผ้าเบรก เป็นต้น เพื่อให้ระบบห้ามล้อทำงานได้อย่างสมบูรณ์

- ยางล้อรถจักรยานยนต์โดยเฉลี่ยแล้วมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 1 - 2 ปี หรือระยะทาง 10,000 - 20,000 กม. แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมลักษณะความถี่ในการใช้งาน รวมถึงการดูแลรักษา อย่างไรก็ตาม การใช้งานยางล้อรถจักรยานยนต์ไม่ควรเกิน 2 ปีเนื่องจากเนื้อยางจะแปรเปลี่ยนสภาพและทำให้ลดประสิทธิภาพลง ส่วนยางล้อใหม่ที่ยังไม่เคยใช้งานมีอายุการเก็บรักษาที่ 5 ปี ถ้าเกินกว่านั้นไม่ควรนำมาใช้ ร่องยางควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 3 - 4 มม. ถ้าดอกยางสึกจนเสมอกับสะพานยาง ดอกยางโล้น หรือมีรอยแตกกลายงาควรทำการเปลี่ยน

- ผู้ขับขี่ควรตรวจสอบความดันลมยางล้ออย่างน้อยอาทิตย์ละครั้งโดยเติมลมด้วยความดันที่ผู้ผลิตแนะนำ ความดันลมยางที่มากเกินไปทำให้สมรรถนะการห้ามล้อลดลง ความดันลมยางที่น้อยกว่าปกติแม้ว่าจะทำให้สมรรถนะการห้ามล้อเพิ่มขึ้นเนื่องจากได้พื้นที่สัมผัสหน้ายางกับถนนที่มากกว่า แต่ต้องแลกกับการสึกหรอและเสื่อมสภาพของยางที่เร็วกว่าปกติและเปลืองน้ำมันมากขึ้นจากการที่ต้องใช้แรงขับเคลื่อนมากกว่าเดิม

- จากผลการทดสอบ การห้ามล้อหลังอย่างเดียวยังมีสมรรถนะด้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการห้ามล้อหน้าล้อเดียวและการห้ามล้อทั้งหมด ผู้ขับขี่ควรฝึกสร้างความคุ้นเคยในการใช้ห้ามล้อหน้าและห้ามล้อทั้งหมดเพื่อให้ระยะห้ามล้อรถสั้นลง

- ผู้ขับขี่ควรเว้นระยะห่างในการห้ามล้อเพิ่มขึ้นให้สัมพันธ์กับความเร็วเนื่องจากความเร็วในการขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สูงขึ้นทำให้ระยะห้ามล้อที่ต้องการเพิ่มขึ้นไปด้วย

- ผู้ขับขี่ไม่ควรทำการห้ามล้อในขณะที่เลี้ยวหรือเข้าโค้งเพราะอาจทำให้เกิดการลื่นไถลได้เนื่องจากยางล้อรถจักรยานยนต์ไม่สามารถรับแรงปริมาณมากที่เกิดขึ้นจากการห้ามล้อและการเข้าโค้งได้พร้อมกัน ถ้าต้องการลดความเร็วเพื่อเลี้ยวหรือเข้าโค้ง ควรทำการห้ามล้อก่อนที่จะเลี้ยว

- การใช้เบรกในระยะรันอิน (Run-in) ซึ่งถือเป็นระยะที่ผ้าเบรกยังไม่ได้เปิดผิวหน้าและเข้ากันสนิทกับจานเบรก ดังนั้นผู้ใช้รถควรหลีกเลี่ยงการขับขี่ความเร็วสูง การเบรกฉุกเฉิน หรือการเบรกแรงๆ ในช่วงระยะรันอิน และควรเผื่อเวลากับระยะเบรกให้เพิ่มมากขึ้น ปกติแล้วระยะรันอินจะอยู่ในช่วง 500 - 1000 กิโลเมตรแรกหรือตามแต่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

● ปัจจัยจากคน

- ระยะห้ามล้อที่ปรากฏในการทดสอบนี้เกิดจากผู้ขับขี่มีอาชีพที่มีประสบการณ์และความชำนาญสูงมาก รวมถึงผู้ขับขี่มีความพร้อมในการหยุดรถและใช้เบรกโดยไม่มีอาการตกใจจากสิ่งที่ไม่คาดคิด การทดสอบนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาสมรรถนะการห้ามล้อเฉพาะตัวรถจักรยานยนต์ที่ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้น ระยะห้ามล้อรถจักรยานยนต์ที่ผู้ขับขี่ทั่วไปทำได้จะมีระยะที่มากกว่าเสมอ แต่ระยะที่ทำได้ไม่ควรเกินกว่าระยะที่แนะนำไว้ในตารางที่ 5.2 สำหรับการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

- ผู้ขับขี่ใช้เวลาในการตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ไม่เท่ากัน ในสถานการณ์ที่ไม่คาดคิด ผู้ขับขี่อาจเกิดความตกใจและใช้เวลาถึง 2.5 วินาทีเพื่อทำการห้ามล้อ ดังนั้น ผู้ขับขี่จึงควรเว้นระยะห่างในการห้ามล้อเพิ่มขึ้นจากระยะห้ามล้อปกติตามตารางที่ 5.2 และไม่ควรขับขี่รถจักรยานยนต์ตามหลังรถยนต์อย่างกระชั้นชิด

- เมื่อมีผู้โดยสารซ้อนท้ายจะทำให้น้ำหนักโดยรวมเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อระยะห้ามล้อที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผู้ขับขี่จึงควรเว้นระยะห่างในการห้ามล้อเพิ่มขึ้นเมื่อมีผู้โดยสารซ้อนท้ายไปอีกประมาณ 7 เมตร

- ผู้ขับขี่ควรเข้ารับการอบรมวิธีการขับขี่และการห้ามล้อที่ถูกต้องกับผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายมากกว่าได้รับการฝึกสอนกันเอง เนื่องจากจะทำให้ผู้ขับขี่มีความเข้าใจ และสามารถควบคุมใช้งานได้เต็มสมรรถนะของตัวรถจักรยานยนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีระบบห้ามล้อที่มีสมรรถนะสูงกว่าอย่างระบบห้ามล้อรวม (Combined braking system, CBS) และระบบป้องกันล้อล็อก (Anti-lock braking system, ABS)

● ปัจจัยจากถนน

- ถนนในประเทศไทยไม่ได้เป็นถนนใหม่ทุกเส้น จึงมีโอกาสที่จะพบสภาพผิวจราจรที่ชำรุด ผิวถนนไม่ราบเรียบ มีฝุ่นผง ลื่น และน้ำขัง ผู้ขับขี่จึงควรลดความเร็วเมื่อขับขี่บนสภาพผิวถนนดังกล่าว และใช้เบรกอย่างระมัดระวัง

- ผู้ขับขี่อาจไม่ทราบที่กำลังขับขี่อยู่บนพื้นผิวลื่นอันเนื่องมาจากเศษหินทราย คราบน้ำมันบนผิวถนน บริเวณแอ่งน้ำขัง การห้ามล้อบนพื้นผิวลื่นมีโอกาสทำให้เกิดการพลิก

คว่ำสูงอันเนื่องมาจากเกิดการลื่นของล้อ ผู้บริโภคจึงควรเลือกซื้อรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบ ABS เนื่องจากสามารถลดข้อจำกัดทั้งที่เกิดจากตัวคนขี่เองหรือจากถนนตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	i
สารบัญ	ก
สารบัญภาพ	ค
สารบัญตาราง	ช
1. ความเป็นมาและความเชื่อมโยงโครงการ	1
1.1 ความเชื่อมโยงของขนาดรถจักรยานยนต์และการเสียชีวิต	1
1.2 ทิศทางความปลอดภัยยานยนต์สากล	1
1.3 รูปแบบการทดสอบและประเมินคุณภาพรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย	2
1.4 การดัดแปลงสภาพรถจักรยานยนต์	3
1.5 ปัญหาด้านการบังคับใช้มาตรฐานระบบห้ามล้อในรถจักรยานยนต์	3
1.6 วัตถุประสงค์	4
1.7 คำถามการวิจัย	5
1.8 สมมติฐานการวิจัย	5
1.9 ขอบเขตการศึกษา	5
1.10 ผลลัพธ์ของโครงการ	5
1.11 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.12 ผลการดำเนินโครงการ	6
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการทบทวนวรรณกรรม	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.2 การทบทวนวรรณกรรม	30
3. การดำเนินการวิจัย	32
3.1 การศึกษาข้อกำหนดด้านเทคนิค	32
3.2 การกำหนดเครื่องมือและวิธีการติดตั้ง	39
3.3 การทวนสอบผลการวัดจากเครื่องมือ	49
3.4 การจัดเตรียมและติดตั้งเครื่องมือทดสอบ	52
3.5 การเตรียมสนามทดสอบ	57
3.6 การหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดและความเร็วสูงสุด	59

3.7 การหาระยะห้ามล้อจริงของรถจักรยานยนต์	60
4. ผลการวิจัย	62
4.1 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Demon GPX	62
4.2 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Skydrive	68
4.3 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Honda Wave	74
4.4 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha Finn	80
4.5 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Honda MSX	86
4.6 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha QBIX	93
4.7 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Smash	99
4.8 อภิปรายผลการทดสอบ	105
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	111
5.1 สรุปผลการวิจัย	111
5.2 ข้อเสนอแนะแก่ผู้บริโภค	112
อ้างอิง	117
ภาคผนวก ก ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ที่นำมาทดสอบ	121
ภาคผนวก ข ขนาดยางที่ใช้ในการทดสอบ	129
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการทดสอบและเกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะ	132
ภาคผนวก ง คุณลักษณะตัวรับรู้	137
ภาคผนวก จ ใบรับรองผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด	143

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 แผนภาพความเร็ว-เวลาประกอบการหาค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย	8
ภาพที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เปลี่ยนไปตามการลื่นไถลและสภาพถนน	9
ภาพที่ 2.3 แผนภาพความเร็ว-เวลาประกอบการหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด	9
ภาพที่ 2.4 Free body diagram ของรถจักรยานยนต์ในขณะห้ามล้อ	10
ภาพที่ 2.5 บริเวณหน้าสัมผัสของยางล้อกับพื้นผิวถนน	11
ภาพที่ 2.6 ยางล้อสำหรับวิ่งบนทางเรียบ	12
ภาพที่ 2.7 ยางล้อสำหรับรถทัวร์วิ่ง	13
ภาพที่ 2.8 ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ประเภท Chopper และ Cruiser	13
ภาพที่ 2.9 ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์แบบ Sport	14
ภาพที่ 2.10 ยางล้อยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์วิบาก	14
ภาพที่ 2.11 รหัสยางล้อรถจักรยานยนต์ในมาตราเมตริก	15
ภาพที่ 2.12 การวัดความเร็วด้วยการหมุนของล้อยานพาหนะ	17
ภาพที่ 2.13 การวัดความเร็วยานพาหนะด้วยล้อที่ห้า	18
ภาพที่ 2.14 ส่วนประกอบพื้นฐานของตัววัดความเร่งทางกล	19
ภาพที่ 2.15 การทำงานของ DGPS	21
ภาพที่ 2.16 วิธีการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด	24
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างระยะทางและขนาดของพื้นผิวที่จะทำการวัด	24
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการต่อระบบเครื่องมือวัด	25
ภาพที่ 2.19 การสอบกลับได้ของการวัด	27
ภาพที่ 2.20 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งขาข่ายขณะทดสอบบนพื้นเปียกน้ำ	28
ภาพที่ 2.21 การใช้ขาข่ายเพื่อการฝึกหัดขับขี่การเข้าโค้งของรถจักรยานยนต์	29
ภาพที่ 3.1 ผังสนามทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี	33
ภาพที่ 3.2 ภาพมุมสูงของสนามทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือวิทยาเขตปทุมธานี	34
ภาพที่ 3.3 แผนภาพแสดงสัดส่วนการจดทะเบียนรถจักรยานยนต์ใหม่ป้ายแดงทั่วประเทศ	34
ภาพที่ 3.4 แผนภาพการประกอบของเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มือ	42
ภาพที่ 3.5 การเสียรูปของเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีระหว่างการสอบเทียบ	43
ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่ได้ทำการออกแบบใหม่	43
ภาพที่ 3.7 เพื่องวัดความเร็วล้อรถและการติดตั้ง	44
ภาพที่ 3.8 สติกเกอร์แถบสีขาวสลับดำสำหรับติดที่ล้อรถจักรยานยนต์	44

ภาพที่ 3.9	การติดตั้งแถบสติ๊กเกอร์ที่ล้อและการใช้ตัวรับรู้วัดการสะท้อนแถบสติ๊กเกอร์	45
ภาพที่ 3.10	ล้อที่สามและการติดตั้งแถบสติ๊กเกอร์พร้อมตัวรับรู้เพื่อวัดความเร็ว	45
ภาพที่ 3.11	ภาพรวมของระบบเก็บข้อมูลและประมวลผล	46
ภาพที่ 3.12	การติดตั้งหน้าจอแสดงผลที่หน้าปัดรถจักรยานยนต์เพื่อแสดงผลแก่ผู้ขับขี่	46
ภาพที่ 3.13	การระบายความร้อนด้วยพัดลมในกล่องระบบเก็บข้อมูล	47
ภาพที่ 3.14	การติดตั้งกล่องระบบเก็บข้อมูลบริเวณแร็คบรรทุกของด้านท้าย	47
ภาพที่ 3.15	การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลบริเวณแร็คบรรทุกของด้านท้ายแบบเปิดโล่ง	48
ภาพที่ 3.16	แผนแบบอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำของรถจักรยานยนต์	48
ภาพที่ 3.17	รถจักรยานยนต์หลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ	49
ภาพที่ 3.18	เครื่องถ่วงตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน	50
ภาพที่ 3.19	การสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือ	50
ภาพที่ 3.20	การหาเส้นผ่านศูนย์กลางล้อที่สามด้วยเครื่องมือวัดพิกัดสามมิติ	51
ภาพที่ 3.21	ล้อทรงกระบอกของเครื่องวัดความต้านทานการกลิ้งล้อและการติดตั้ง แถบสติ๊กเกอร์วัดความเร็ว	51
ภาพที่ 3.22	การตรวจวัดความถี่ที่สามารถตรวจจับได้ของตัวตรวจจับการสะท้อนแสง	52
ภาพที่ 3.23	ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนจักรยานยนต์	53
ภาพที่ 3.24	การติดตั้งเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือบนก้านห้ามล้อมือและแสดงผล	54
ภาพที่ 3.25	การติดตั้งสติ๊กเกอร์แถวขาวสลับดำบนล้อรถจักรยานยนต์	54
ภาพที่ 3.26	การติดตั้งอุปกรณ์กันพลิกคว่ำ	54
ภาพที่ 3.27	การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล	55
ภาพที่ 3.28	การตรวจสอบลมยางหน้าและหลัง	56
ภาพที่ 3.29	การชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์รวมอุปกรณ์และเครื่องมือ	56
ภาพที่ 3.30	การชั่งน้ำหนักผู้ขับขี่รวมอุปกรณ์สวมใส่	57
ภาพที่ 3.31	การทำความสะอาดและเตรียมพื้นผิวการยึดเกาะต่ำ	57
ภาพที่ 3.32	การวัดระดับความลาดชันบริเวณสนามทดสอบ	58
ภาพที่ 3.33	การวางตำแหน่งเครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ	58
ภาพที่ 3.34	การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด	59
ภาพที่ 3.35	การวัดอุณหภูมิที่ห้ามล้อหน้าและหลังก่อนทำการทดสอบ	60
ภาพที่ 4.1	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	63
ภาพที่ 4.2	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	63
ภาพที่ 4.3	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	64
ภาพที่ 4.4	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	64
ภาพที่ 4.5	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	65

ภาพที่ 4.6	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Demon GPX	66
ภาพที่ 4.7	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Demon GPX	67
ภาพที่ 4.8	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Demon GPX	67
ภาพที่ 4.9	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Demon GPX	68
ภาพที่ 4.10	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	69
ภาพที่ 4.11	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	69
ภาพที่ 4.12	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	70
ภาพที่ 4.13	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	70
ภาพที่ 4.14	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	71
ภาพที่ 4.15	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Suzuki Skydrive	72
ภาพที่ 4.16	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Suzuki Skydrive	73
ภาพที่ 4.17	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Skydrive	73
ภาพที่ 4.18	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Skydrive	74
ภาพที่ 4.19	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Honda Wave	75
ภาพที่ 4.20	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Honda Wave	75
ภาพที่ 4.21	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Honda Wave	76
ภาพที่ 4.22	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Honda Wave	76
ภาพที่ 4.23	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Honda Wave	77
ภาพที่ 4.24	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Honda Wave	78
ภาพที่ 4.25	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Honda Wave	79
ภาพที่ 4.26	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda Wave	79
ภาพที่ 4.27	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda Wave	80
ภาพที่ 4.28	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Yamaha Finn	81
ภาพที่ 4.29	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Yamaha Finn	81
ภาพที่ 4.30	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Yamaha Finn	82
ภาพที่ 4.31	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Yamaha Finn	82
ภาพที่ 4.32	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะสูงของ Yamaha Finn	83
ภาพที่ 4.33	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Yamaha Finn	84
ภาพที่ 4.34	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Yamaha Finn	85
ภาพที่ 4.35	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha Finn	85

ภาพที่ 4.36	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha Finn 86	
ภาพที่ 4.37	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	87
ภาพที่ 4.38	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	87
ภาพที่ 4.39	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	88
ภาพที่ 4.40	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	88
ภาพที่ 4.41	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	89
ภาพที่ 4.42	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda MSX	91
ภาพที่ 4.43	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda MSX	91
ภาพที่ 4.44	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda MSX	92
ภาพที่ 4.45	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda MSX	92
ภาพที่ 4.46	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	93
ภาพที่ 4.47	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	93
ภาพที่ 4.48	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	94
ภาพที่ 4.49	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	95
ภาพที่ 4.50	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	96
ภาพที่ 4.51	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha QBIX	97
ภาพที่ 4.52	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha QBIX	98
ภาพที่ 4.53	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha QBIX	98
ภาพที่ 4.54	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha QBIX	99
ภาพที่ 4.55	ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	100
ภาพที่ 4.56	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	100
ภาพที่ 4.57	ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	101
ภาพที่ 4.58	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	101
ภาพที่ 4.59	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	102
ภาพที่ 4.60	ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Smash	103
ภาพที่ 4.61	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Smash	104
ภาพที่ 4.62	เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Smash	104
ภาพที่ 4.63	เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Smash	105
ภาพที่ 4.64	รอยฉีกขาดตามแนวเส้นรอบวงของยางล้อ	110
ภาพที่ 5.1	ระยะห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ไม่ควรเกินตามวิธีการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ	113
ภาพที่ 5.2	การห้ามล้อหน้าบนพื้นลื่น	115
ภาพที่ ค.1	การใส่แรงกระทำที่คันโยกมือ	134

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 เลขดัชนีภาระของยางล้อ	16
ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ระดับความเร็ว	16
ตารางที่ 2.3 ชนิดของทรานดิวเซอร์วัดแรงและคุณลักษณะ	22
ตารางที่ 3.1 สถิติจำนวนรถใหม่ป้ายแดงที่จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ จำแนกตามยี่ห้อสิบล้อประเภทรถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล (รย.12) ทั่วประเทศสิบอันดับแรกประจำปี พ.ศ. 2564	35
ตารางที่ 3.2 แผนการทดสอบ	35
ตารางที่ 3.3 ตัวแปรควบคุมระหว่างการทดสอบ	38
ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะ	38
ตารางที่ 3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ	39
ตารางที่ 3.6 รายการเครื่องมือวัดเพื่อส่งมอบเทียบที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	49
ตารางที่ 3.7 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	52
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	62
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	64
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX	65
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Demon GPX	66
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	68
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	70
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive	71
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Skydrive	72
ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave	74
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave	76
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave	77

ตารางที่ 4.12	ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda Wave	78
ตารางที่ 4.13	ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn	80
ตารางที่ 4.14	ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn	82
ตารางที่ 4.15	ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn	83
ตารางที่ 4.16	ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha Finn	84
ตารางที่ 4.17	ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	86
ตารางที่ 4.18	ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	88
ตารางที่ 4.19	ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX	89
ตารางที่ 4.20	ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda MSX	90
ตารางที่ 4.21	ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	93
ตารางที่ 4.22	ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	94
ตารางที่ 4.23	ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX	95
ตารางที่ 4.24	ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha QBIX	96
ตารางที่ 4.25	ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	99
ตารางที่ 4.26	ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	101
ตารางที่ 4.27	ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash	102
ตารางที่ 4.28	ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Smash	103
ตารางที่ 4.29	ระยะห้ามล้อทั้งหมดที่ความเร็ว 60 กม./ชม.	108
ตารางที่ 4.30	ผลการทดสอบความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์ทดสอบ	109
ตารางที่ 5.1	ระยะห้ามล้อที่ดีที่สุดบนพื้นการยึดเกาะสูงโดยใช้ยางขนาดมาตรฐานโรงงาน ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.	111

ตารางที่ 5.2 ระยะหยุดปลอดภัยบนพื้นการยึดเกาะสูง	113
ตารางที่ ค.1 เกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะหลัก	136

ส่วนที่ 1 ความเป็นมาและความเชื่อมโยงโครงการ

1.1 ความเชื่อมโยงของขนาดรถจักรยานยนต์และการเสียชีวิต

จากสถิติการจดทะเบียนสะสมรถจักรยานยนต์ของกลุ่มสถิติขนส่ง กรมการขนส่งทางบก ปี พ.ศ. 2563 [1] พบว่า ส่วนใหญ่เป็นรถที่มีปริมาตรกระบอกสูบต่ำกว่า 125 CC ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มรถครอบครัว และมีความสอดคล้องกับข้อมูลของสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ว่ารถจักรยานยนต์ที่มีขนาด 51-110 CC มียอดขายสูงสุดในประเทศ รองมาคือขนาด 111-125 CC คิดเป็นร้อยละ 48.3 และ 27.4 ตามลำดับ [2] นอกจากนี้ สถิติการเสียชีวิตตามรายงานของศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ Thai RSC ชี้ให้เห็นว่ารถจักรยานยนต์ขนาดต่ำกว่า 150 CC มีการตายสูงถึงร้อยละ 88 ในปี พ.ศ. 2563 [3] จากความนิยมด้วยยอดการผลิตและยอดขายรถจักรยานยนต์ในกลุ่มครอบครัว ที่สะท้อนให้เห็นแง่มุมความเป็นไปได้กับปริมาณการเสียชีวิต ด้วยราคาขายที่ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่ายทุกระดับชั้น โดยมีอาจปฏิเสธได้ว่า ตามกลไกของการตลาดนั้น ราคาสินค้าอาจจะสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับระดับคุณภาพทั้งตัวรถและส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ อย่างไรก็ตาม ระดับคุณภาพความปลอดภัยของสินค้ามีผลโดยตรงต่อผู้บริโภคที่ได้รับเช่นกัน

1.2 ทิศทางความปลอดภัยยานยนต์สากล

สำหรับทิศทางการดำเนินการเกี่ยวกับความปลอดภัยทางถนนขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) [4] ในเสาหลักที่ 3 ด้านยานพาหนะปลอดภัยตามเป้าหมายที่ 5 ที่กำหนดให้ “ยานพาหนะใหม่ที่ผลิต ขาย หรือนำเข้า ตลอดจนพาหนะที่ใช้แล้วทุกคัน ต้องผ่านมาตรฐานความปลอดภัยที่มีคุณภาพสูง ตามข้อบังคับทางเทคนิคระดับชาติที่ได้รับการยอมรับระดับชาติหรือเทียบเท่า” โดยให้มีการดำเนินการในช่วงปี พ.ศ. 2564 ถึง 2573 อีกทั้งในระดับสากลควรให้ความสำคัญกับคุณภาพของรถที่ถูกผลิตขึ้นมาใหม่และจำหน่ายในประเทศซึ่งต้องทดสอบตามเกณฑ์ข้อบังคับของสหประชาชาติ หรือ ถูกประเมินคุณภาพรถยนต์ใหม่ การทดสอบและการประเมินดังกล่าวจะต้องสอดคล้องและเสริมเพิ่มเติมกับเกณฑ์ดังกล่าวโดยองค์กรอิสระหรือหน่วยงานของรัฐที่ทำการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงระดับการบาดเจ็บหรือความรุนแรงอันเกิดจากคุณภาพความปลอดภัยของรถยนต์ องค์กรและหน่วยงานดังกล่าวที่เป็นที่ยอมรับในระดับชาติและระดับสากล จะใช้โปรแกรม New Car Assessment Programme ที่อ้างอิงและเสริมเพิ่มเติมจากเกณฑ์ข้อบังคับของสหประชาชาติ ซึ่งนิยมใช้ในหลายประเทศ เช่น KNCAP: Korean New Car Assessment Programme ที่อยู่ภายใต้บังคับของรัฐจากประเทศเกาหลีใต้ หรือ Asean NCAP: Asian New Car Assessment Programme ที่อยู่ภายใต้บังคับกร

Malaysian Institute of Road Safety Research (MIROS) ของรัฐและมีอิสระในการให้ข้อมูล ผลการทดสอบและการประเมินถึงผู้บริโภค การกิจหลักของหน่วยงานดังกล่าวจะดำเนินการ เกี่ยวกับการทดสอบและประเมินความปลอดภัยของรถยนต์ที่ถูกผลิตใหม่ โดยคุณภาพรถถูกนำมา เชื่อมโยงกับความปลอดภัยในเชิงป้องกันและความปลอดภัยในขณะเกิดเหตุที่สัมพันธ์กับระดับการ บาดเจ็บของผู้ขับขี่ และคนโดยสาร ภายใต้เงื่อนไขการขับขี่ต่าง ๆ ผลการประเมินคุณภาพจะเป็น ข้อมูลให้ผู้บริโภคเลือกใช้รถและเข้าใจถึงคุณภาพความปลอดภัยของยานพาหนะมากกว่าปัจจัย อื่นๆ อย่างไรก็ตาม การประเมินคุณภาพรถยนต์ดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมกับคุณภาพความ ปลอดภัยรถจักรยานยนต์ซึ่งเป็นปัญหาหลักของประเทศไทย

1.3 รูปแบบการทดสอบและประเมินคุณภาพรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย

การดำเนินการทดสอบและประเมินคุณภาพยานยนต์ในประเทศไทย มีการหารือ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชนในการกำหนดวิสัยทัศน์ 10 ปี ที่จะเริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2564 (Vision 2021) โดยมีทิศทางให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์โลก พร้อมด้วยห่วงโซ่ อุปทานที่สร้างมูลค่าเพิ่มในประเทศ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความ ปลอดภัยให้กับผู้ใช้รถใช้ถนน การป้องกันการนำเข้าสินค้าด้อยคุณภาพจากต่างประเทศ เพิ่มขีด ความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และปรับตัวตามทิศทางโลก ซึ่งมาตรฐาน ของผู้ผลิตรถยนต์และชิ้นส่วนต้องเป็นไปตามความต้องการทางตลาดและข้อกำหนดทางกฎหมาย ที่ตอบสนองทั้งในด้านสมรรถนะ ความปลอดภัย ความคงทนต่อการใช้งาน และอื่น ๆ [5]

รูปแบบการทดสอบและประเมินคุณภาพรถจักรยานยนต์ที่ถูกผลิตและใช้ในประเทศไทย สามารถแบ่งได้เป็น 2 การทดสอบ คือ 1) การทดสอบคุณภาพของรถทั้งคันในเชิงป้องกันและขณะ เกิดอุบัติเหตุ 2) การทดสอบคุณภาพส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งทั้ง 2 การทดสอบนี้ มีจุดมุ่งหมายในการประเมินคุณภาพของชิ้นส่วนและตัวรถจักรยานยนต์ทั้งคันในเชิง ป้องกันและขณะเกิดอุบัติเหตุ ในปัจจุบันนี้ การทดสอบความปลอดภัยในเชิงป้องกันรถทั้งคัน ได้มี ประกาศบังคับการทดสอบตามมาตรฐานสากลโดยกรมการขนส่งทางบก หากแต่ยังไม่มีหน่วยงาน ที่รับผิดชอบของรัฐดำเนินการเป็นรูปธรรมในประเทศไทย ส่วนการทดสอบและประเมินคุณภาพ ของส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์รถจักรยานยนต์ มีหน่วยงานหลักของรัฐที่มีหน้าที่ดังกล่าว คือ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) และกรมการขนส่งทางบก ซึ่งนำมาตรฐานของ UN Regulation มาปรับใช้ในการทดสอบและประเมินผลสมรรถนะและคุณภาพชิ้นส่วน รถจักรยานยนต์ให้มีการทำงานตามเกณฑ์ ข้อกำหนด ภายใต้คุณลักษณะ หลักเกณฑ์ และเงื่อนไข การทดสอบ เช่น การทดสอบระบบห้ามล้อตามประกาศของกรมการขนส่งทางบกที่สอดคล้องกับ มาตรฐานสากล (UNECE R78) มาตรฐานนี้ เป็นการทดสอบเครื่องอุปกรณ์ในระบบป้องกันก่อน การเกิดเหตุ (Active safety) โดยระบบห้ามล้อถือเป็นระบบป้องกันก่อนการเกิดเหตุหลักของ รถจักรยานยนต์และยังมีความสัมพันธ์ในการสร้างความปลอดภัยร่วมกับยางล้อและพื้นถนนอีก

ด้วย ซึ่งคุณภาพของระบบห้ามล้อมีความจำเป็นและสำคัญอย่างมากต่อการลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุในขณะขับขี่ จึงเป็นเหตุผลหลักที่ระบบห้ามล้อถูกตระหนักและให้ความสำคัญอย่างมากในระดับนานาชาติ

1.4 การดัดแปลงสภาพรถจักรยานยนต์

ในประเทศไทยมีกลุ่มผู้ใช้รถจักรยานยนต์จำนวนหนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มวัยรุ่นน ทำการดัดแปลงสภาพรถจักรยานยนต์ที่ใช้อยู่เพื่อเติมเต็มความต้องการส่วนตัวของตนเองซึ่ง มาจากสาเหตุหลายประการ เช่น ต้องการสร้างอัตลักษณ์ ความสวยงาม ต้องการได้รับการยอมรับ หรือเพื่อเพิ่มสมรรถนะ เป็นต้น ซึ่งการดัดแปลงสภาพรถนั้นอยู่บนพื้นฐานของ ความเชื่อ ความเข้าใจ ทักษะ และประสบการณ์อันเกิดจากความคิดหรือจินตนาการในสิ่งที่อาจจะมีลักษณะ เป็นนามธรรมหรือรูปธรรมโดยมีหรือไม่มีเหตุผลมาสนับสนุนหรือพิสูจน์ ผลลัพธ์ของ การดัดแปลงสภาพอาจจะก่อให้เกิดผลกระทบกับการใช้งานหรือประสิทธิภาพของรถจักรยานยนต์ จากความสามารถหรือคุณลักษณะอื่นๆ ตามแนวทางการออกแบบทางวิศวกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป การดัดแปลงสภาพรถจักรยานยนต์นั้นนับตั้งแต่การดัดแปลงระบบเชื้อเพลิง ระบบรองรับน้ำหนัก ระบบห้ามล้อ ยางล้อ ระบบบังคับเลี้ยว เป็นต้น

ในการหยุดรถจักรยานยนต์นั้น นอกจากระบบห้ามล้อซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงเพื่อใช้ในการ หยุดแล้ว ยางล้อซึ่งทำหน้าที่ถ่ายแรงลงสู่พื้นถนนเพื่อทำการหยุดมีความสำคัญไม่แพ้กัน ยางล้อ เป็นชิ้นส่วนหนึ่งของรถจักรยานยนต์ที่นิยมดัดแปลงสภาพไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนหน้ายางให้แคบลงหรือกว้างขึ้น การเปลี่ยนยางให้มีเส้นรอบวงใหญ่ขึ้น การเปลี่ยนยางให้เป็นแบบไม่มียางใน เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนหน้ายางให้แคบลงได้รับความนิยมสูงสุด [6] โดยให้เชื่อว่าจะทำให้ รถจักรยานยนต์สามารถเลี้ยวเข้าโค้งและง่ายขึ้น ในทางวิศวกรรมการเปลี่ยนแปลงใดๆ ย่อมส่งผล กระทบต่อสมรรถนะในแง่มุมอื่นๆ ทั้งดีขึ้นหรือแย่ลง แต่จวบจนปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานเชิง ประจักษ์แสดงถึงผลกระทบของการเปลี่ยนหน้ายางให้แคบลงแต่อย่างใด

1.5 ปัญหาด้านการบังคับใช้มาตรฐานระบบห้ามล้อในรถจักรยานยนต์

การทดสอบระบบห้ามล้อรถจักรยานยนต์ทั้งคันถือเป็นข้อบังคับสำคัญที่กรมการขนส่ง ทางบกนำเอามาตรฐานการทดสอบสากล UNECE R78 มาปรับใช้ และมีประกาศในราชกิจจานุเบกษา เรื่อง “กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ สมรรถนะ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และ เงื่อนไข การรับรองแบบระบบห้ามล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2564” ณ วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2564 [6] โดยบังคับให้มีการทดสอบระบบห้ามล้อนั้นอยู่ภายใต้กรอบเวลาและเงื่อนไข คือ

1) แบบที่ผลิต ประกอบ แบบระบบห้ามล้อของรถจักรยานยนต์หรือนำเข้า ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 ให้บังคับการทดสอบตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 เป็นต้นไป เว้นแต่ข้อกำหนด 3 ข้อ (ก) (ข) (ค) ต่อไปนี้ ให้บังคับในวันที่ 1 มกราคม 2567

(ก) ประสิทธิภาพของระบบห้ามล้อรวมถึงระบบป้องกันการล็อกของล้อต้องไม่ได้
รับผลกระทบจากสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้า

(ข) ระบบป้องกันการล็อกของล้อ (ABS)

(ค) รถจักรยานยนต์ที่มีความจุขนาดเกินกว่า 125 CC ต้องติดตั้งระบบห้ามล้อที่มี
ระบบป้องกันการล็อกของล้อ รถจักรยานยนต์ที่มีความจุขนาดนอกเหนือดังกล่าวให้ติดตั้งระบบ
ห้ามล้อร่วม (CBS) หรือระบบห้ามล้อที่มีระบบป้องกันการล็อกของล้อระบบใดระบบหนึ่งหรือทั้ง
สองระบบก็ได้

2) แบบที่ผลิต ประกอบ แบบระบบห้ามล้อของรถจักรยานยนต์หรือนำเข้า ก่อนวันที่ 1
มกราคม 2565 ให้บังคับการทดสอบตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2567 เป็นต้นไป เว้นแต่ข้อกำหนด 3
ข้อ (ก) (ข) (ค) ดังกล่าวข้างต้น ให้บังคับในวันที่ 1 มกราคม 2569

ภายใต้กรอบเวลาและเงื่อนไขของประกาศนี้ รถจักรยานยนต์ที่มีขนาดเท่ากับหรือน้อย
กว่า 125 CC ซึ่งมีปริมาณสูงมากในประเทศไทย จะไม่มีการบังคับให้ติดตั้งระบบป้องกันการล็อก
ของล้อซึ่งเป็นระบบที่ไม่ให้รถจักรยานยนต์เกิดการพลิกคว่ำในขณะที่ทำการห้ามล้ออย่างกะทันหัน
ในสภาวะพื้นลื่น อีกทั้งผู้บริโภคในประเทศยังไม่ทราบระดับคุณภาพและระยะห้ามล้อตามสภาพ
ถนนของรถจักรยานยนต์ที่มีมากมายหลากหลายรุ่นที่ขายในประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง
รถจักรยานยนต์ในกลุ่มครอบครัว หากถือว่าการทดสอบและประเมินผลคุณภาพตาม
มาตรฐานสากลเป็นเสมือนเกณฑ์ขั้นต่ำที่ผู้ผลิตรถต้องดำเนินการให้เป็นตามข้อบังคับ ดังนั้น
การตัดสินใจซื้อหรือใช้รถจักรยานยนต์ดังกล่าวจะอยู่บนพื้นฐานของการตลาดของผู้จำหน่ายเพียง
อย่างเดียว โดยผู้บริโภคไม่อาจทราบข้อมูลคุณภาพและผลการทดสอบในเชิงเทคนิคที่ผ่านเกณฑ์
เพื่อตัดสินใจซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการ
ทดสอบคุณภาพความปลอดภัยของระบบห้ามล้อรถจักรยานยนต์ในเชิงป้องกันการเกิดเหตุขนาด
ไม่เกิน 125 CC เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ
ผลการวิจัยและการประเมินจากทดสอบสามารถใช้เป็นแนวทางในการยกระดับมาตรฐานการผลิต
รถจักรยานยนต์ และเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการคุณภาพสินค้าผลิตภัณฑ์ ที่อาจส่งผลต่อการลด
ความเหลื่อมล้ำด้านความปลอดภัยทางถนนลงได้ในอนาคต อันก่อให้เกิดประโยชน์ตามห่วงโซ่
คุณค่าทั้งระดับต้นน้ำ (หน่วยงานรัฐและหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย) กลางน้ำ (ผู้ผลิต)
และระดับปลายน้ำ (ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์)

1.6 วัตถุประสงค์

1.6.1 เพื่อทดสอบและประเมินคุณภาพระบบห้ามล้อรถจักรยานยนต์ในกลุ่มครอบครัว

1.6.2 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจให้กับผู้บริโภค

1.7 คำถามการวิจัย

- 1.7.1 สมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ขายภายในประเทศเป็นอย่างไร
- 1.7.2 ขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดทำให้สมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์เปลี่ยนแปลงหรือไม่

1.8 สมมติฐานการวิจัย

- 1.8.1 รถจักรยานยนต์ที่ขายภายในประเทศปัจจุบันมีสมรรถนะการห้ามล้อแตกต่างกันและอาจมีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยด้านสมรรถนะการห้ามล้อ
- 1.8.2 ขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดอาจทำให้สมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ด้อยลง

1.9 ขอบเขตการศึกษา

- 1.9.1 ทดสอบการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ขายภายในประเทศจำนวน 7 รุ่น
- 1.9.2 ทดสอบการห้ามล้อภายใต้หัวข้อการห้ามล้อเดี่ยว การห้ามล้อคู่ และการห้ามล้อบนพื้นผิวการยึดเกาะต่ำ
- 1.9.3 ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการห้ามล้อระหว่างขนาดยางล้อตามมาตรฐานโรงงานกับขนาดยางล้อที่เล็กกว่ามาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดซึ่งเป็นขนาดที่มีจำหน่ายในประเทศ

1.10 ผลลัพธ์ของโครงการ (Outputs)

- 1.10.1 รูปแบบการทดสอบระบบห้ามล้อทั้งคันที่สอดคล้องกับมาตรฐานภายในประเทศ
- 1.10.2 ผลการทดสอบเชิงเทคนิคการห้ามล้อในรถจักรยานยนต์
- 1.10.3 ปัจจัยด้านความเร็วและยางล้อที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และความปลอดภัย

1.11 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.11.1 เพิ่มข้อมูลคุณภาพผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างทางเลือกให้กับผู้บริโภค
- 1.11.2 ลดความเหลื่อมล้ำด้านความปลอดภัยของผู้ใช้รถใช้ถนนประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ใช้รถจักรยานยนต์
- 1.11.3 สร้างแรงจูงใจการปรับตัวให้ผู้ผลิตในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ
- 1.11.4 สร้างผลกระทบความเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบและเลือกซื้อรถจักรยานยนต์ของผู้บริโภคให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

1.12 ผลการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	เดือนที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. กำหนดเงื่อนไขและกระบวนการทดสอบ								
2. กำหนดเครื่องมือและวิธีการติดตั้ง								
3. จัดเตรียมและติดตั้งเครื่องมือทดสอบ								
4. ทวนสอบผลการวัดจากเครื่องมือ								
5. ทดสอบ								
6. วิเคราะห์และประเมินผลการทดสอบ								
7. สรุปผลการทดสอบ								
8. จัดทำรายงาน								

แผน

ดำเนินการจริง

ส่วนที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การหยุดของรถจักรยานยนต์

เมื่อผู้ขับขี่บังคับให้รถจักรยานยนต์หยุด ผู้ขับขี่ได้ทำการเปลี่ยนความเร็วของมวลที่เป็นผลรวมระหว่างมวลของผู้ขับขี่เองและตัวรถจักรยานยนต์ซึ่งนำไปสู่การเกิดของความเร่งเชิงลบ a การลดลงของความเร็วต้น u ไปสู่ความเร็วสุดท้าย v ต้องใช้เวลา t ตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 1

$$v = u + at \quad \text{สมการที่ 1}$$

จากสมการนี้มีความหมายโดยนัยว่า เมื่อมีความเร่งเชิงลบที่มากจะทำให้ใช้เวลาน้อยลงในการเปลี่ยนแปลงความเร็ว ระยะห้ามล้อ s จะน้อยที่สุดด้วยเช่นกันถ้าความเร่งเชิงลบมีค่าสูงและเวลาที่ใช้ในการหยุดมีค่าน้อยตามสมการที่ 2

$$s = ut + 0.5at^2 \quad \text{สมการที่ 2}$$

ความเร่งเชิงลบหรือความหน่วงสามารถหาได้หลากหลายวิธีโดยวิธีที่ง่ายที่สุดใช้สมการที่ 2 ซึ่งค่าที่ได้ออกมาเป็นความหน่วงเฉลี่ยของการห้ามล้อครั้งนั้น อย่างไรก็ตามค่าความหน่วงได้รับผลกระทบอย่างมากจากการเริ่มต้นตอบสนองของระบบห้ามล้อ การกดก้านห้ามล้อ และการกระดกของตัวรถ (Pitch) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วต่ำ การหาความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (Mean fully developed deceleration: MFDD) จึงจำเป็นต้องคำนวณในช่วงของร้อยละ 80 ไปจนถึงร้อยละ 10 ของความเร็วที่ทำการห้ามล้อเพื่อตัดผลกระทบดังกล่าวโดยใช้สมการที่ 3

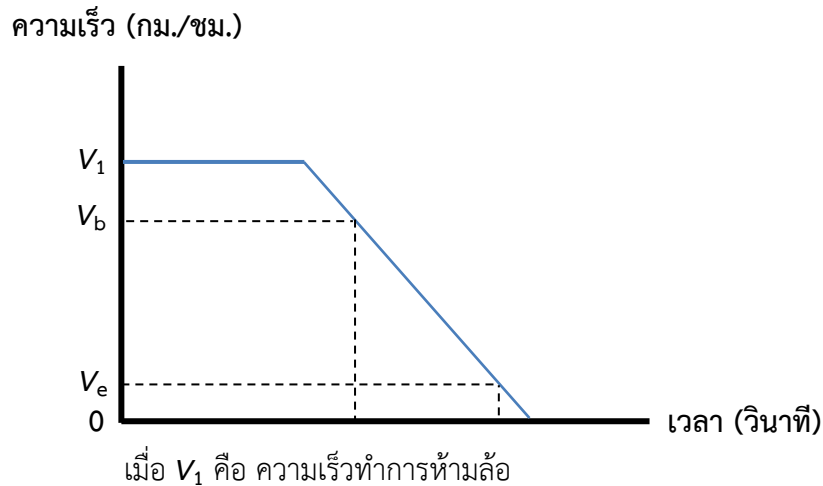
$$MFDD = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25.92(S_e - S_b)} \quad \text{สมการที่ 3}$$

โดยที่ V_b คือ ความเร็วรถที่ร้อยละ 80 ของความเร็วที่ทำการห้ามล้อ (km/h)

V_e คือ ความเร็วรถที่ร้อยละ 10 ของความเร็วที่ทำการห้ามล้อ (km/h)

S_b คือ ระยะทางตั้งแต่ความเร็วที่ทำการห้ามล้อจนเหลือร้อยละ 80 (m)

S_o คือ ระยะทางตั้งแต่ความเร็วที่ทำการห้ามล้อจนเหลือร้อยละ 10 (m)

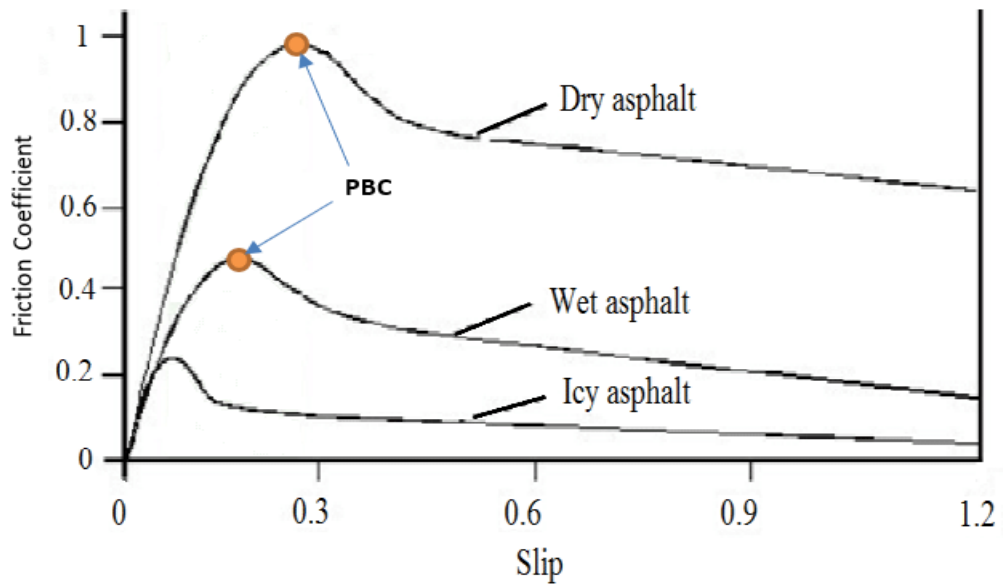


ภาพที่ 2.1 แผนภาพความเร็ว-เวลาประกอบการหาค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย

การสร้างแรงห้ามล้อในแต่ละล้อได้มากเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพพื้นถนนและน้ำหนัก mg ที่กดลงบนแต่ละล้อ ณ เวลานั้นๆ ผลรวมของแรงห้ามล้อ F_{brake} จากแรงห้ามล้อหน้า F_f กับแรงห้ามล้อหลัง F_r และตัวแปรที่สำคัญที่สุดคือสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ ตามสมการที่ 4

$$F_{brake} = F_r + F_f \leq \mu mg \quad \text{สมการที่ 4}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ มีค่าต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่ทำพื้นถนน สภาพเปียกหรือแห้งของถนน ความเรียบหรือความขรุขระของถนน การยึดเกาะตัวของผิวถนน ความเร็วของรถ การสัมผัสเป็นแบบกลิ้ง (Rolling) หรือไถล (Sliding) เป็นต้น ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วไม่ได้ระบุไว้ว่าขนาดของยางรถมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแต่อย่างใด สำหรับพื้นผิวชนิดหนึ่ง เช่น พื้นปูนซีเมนต์ เป็นต้น กับวัสดุชนิดหนึ่ง เช่น ยางล้อ เป็นต้น เมื่อนำมาเสียดสีกันจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด (Peak brake coefficient: PBC) ค่าหนึ่งดังภาพที่ 2.2 การวัดค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดนี้สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น ตามมาตรฐาน ASTM E1136-93 หรือวิธีที่ระบุไว้ใน UNECE R78 ซึ่งใช้วิธีใช้รถจักรยานยนต์ห้ามล้อพร้อมกันทั้งสองล้อเพื่อหาเวลาที่ใช้น้อยที่สุดที่ความเร็วลดลงจาก 40 กม./ชม. จนถึง 20 กม./ชม. ดังภาพที่ 2.3 โดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดนี้ใช้สมการที่ 5 ความเร็วที่ใช้ทดสอบนั้นอยู่ที่ 60 กม./ชม. สภาพถนนที่ต่างกันจะมีค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดไม่เท่ากันโดยที่พื้นลื่นนั้นมีค่าน้อยกว่าพื้นแห้ง

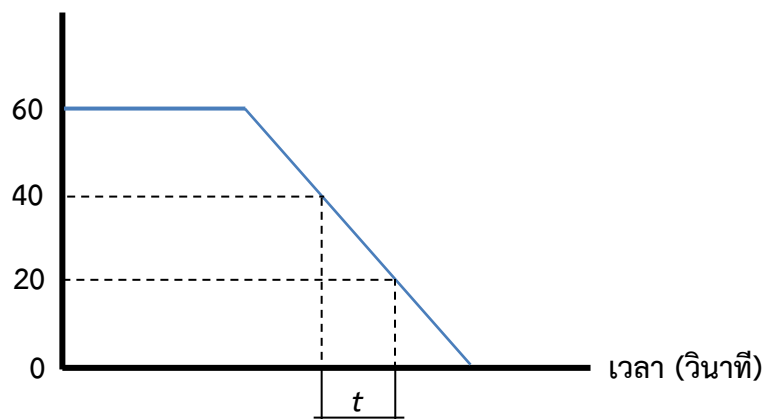


ภาพที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เปลี่ยนไปตามการลื่นไถลและสภาพถนน [7]

$$PBC = \frac{0.566}{t} \quad \text{สมการที่ 5}$$

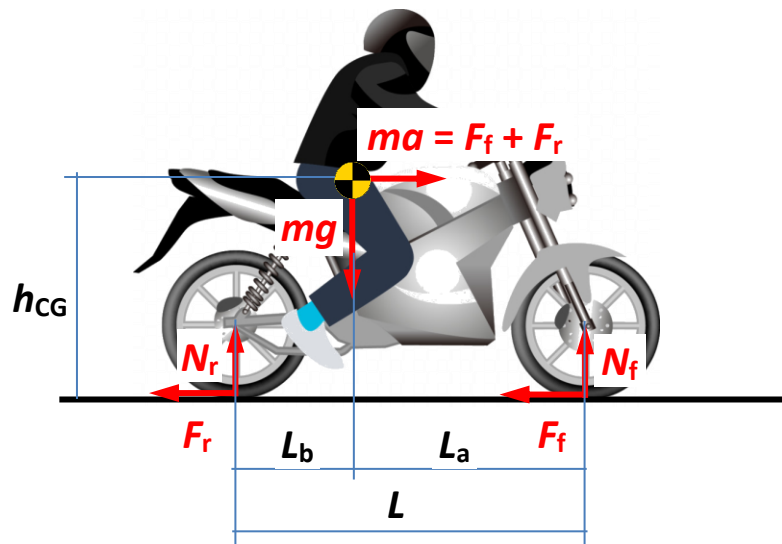
โดยที่ t คือ เวลาที่ใช้สำหรับความเร็วของรถที่ลดลงจาก 40 กม./ชม. จนถึง 20 กม./ชม.

ความเร็ว (กม./ชม.)



ภาพที่ 2.3 แผนภาพความเร็ว-เวลาประกอบการหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด

ในระหว่างที่กำลังห้ามล้ออยู่นั้นมีปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “การถ่ายเทภาระ (Load transfer)” ซึ่งเกิดจากโมเมนต์อันเนื่องด้วยความเฉื่อยของจุดศูนย์กลางมวลที่มีความสูง h จากระดับพื้นอ้างอิงดังรูปที่ 2.4 โมเมนต์นี้สร้างแรงกดเพิ่มขึ้นที่ล้อหน้าและลดแรงกดที่ล้อหลัง ทำให้ล้อหน้าสามารถสร้างแรงห้ามล้อได้มากกว่าล้อหลังในการห้ามล้อทุกกรณี อย่างไรก็ตาม ในสภาพถนนที่แห้ง การห้ามล้อด้วยล้อหน้าและล้อหลังทำให้ระยะห้ามล้อสั้นกว่าการห้ามล้อเฉพาะล้อหน้าแต่เพียงล้อเดียว



ภาพที่ 2.4 Free body diagram ของรถจักรยานยนต์ในขณะห้ามล้อ [8]

โดยที่ h_{CG} คือ ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งของรถวัดจากพื้น (m)

m คือ มวลของผู้ขับขี่และรถจักรยานยนต์ (kg)

g คือ ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง (m/s^2)

a คือ ความเร่งหรือความหน่วงในแนวการเคลื่อนที่ (m/s^2)

N_f คือ แรงปฏิกิริยาที่ล้อหน้า (N)

N_r คือ แรงปฏิกิริยาที่ล้อหลัง (N)

F_f คือ แรงห้ามล้อหน้า (N)

F_r คือ แรงห้ามล้อหลัง (N)

L คือ ระยะฐานล้อ (m)

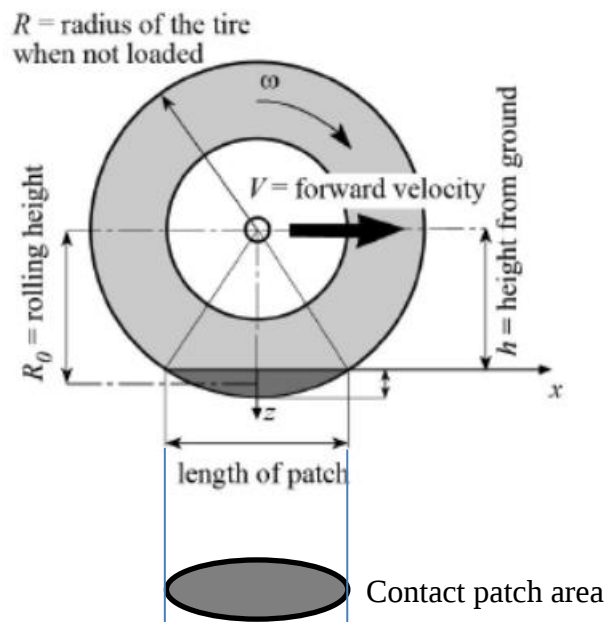
L_a คือ ระยะจากล้อหน้าถึงจุดศูนย์กลางมวล (m)

L_b คือ ระยะจากล้อหลังถึงจุดศูนย์กลางมวล (m)

2.1.2 ยางล้อ (Tire)

ยางล้อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากที่สุดส่วนหนึ่งในรถจักรยานยนต์ซึ่งมีผลต่อสมรรถนะของตัวรถจักรยานยนต์ทั้งหมด คุณลักษณะสำคัญของยางล้อคือ ความสามารถเปลี่ยนรูปได้ (Deformability) ซึ่งช่วยทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างล้อกับพื้นผิวถนนถึงแม้จะเจอสิ่งกีดขวางขนาดเล็กก็ตาม ยางล้อได้มีการปรับปรุงการยึดติด (Adherence) กับพื้นผิวสัมผัสเพื่อช่วยเพิ่มความสบายในการขับขี่ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับแรงทั้งในทิศทางตามยาว (Longitudinal direction) และทิศทางด้านข้าง (Lateral direction) ไปพร้อมกัน แรงที่เกิดขึ้นทั้งสองทิศทางนั้นเป็นผลมาจากการบังคับของผู้ขับขี่ไปยังกลไกขับเคลื่อน ระบบแรง และระบบห้ามล้อซึ่งส่งผ่านไปยังบริเวณหน้าสัมผัส (Contact patch) ของยางล้อ ซึ่งบริเวณหน้าสัมผัสของ

ยางล้อนั้นเกิดจากการเปลี่ยนรูปได้ของยางล้อดังภาพที่ 2.5 ขนาดของบริเวณหน้าสัมผัสของยางล้อนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของยางล้อ ความแข็งของยางล้อในแนวรัศมี (Radial stiffness) น้ำหนักที่กดลงล้อนั้นๆ ความดันลมยางล้อ และความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งโดยทั่วไปบริเวณหน้าสัมผัสของยางล้อนั้นมีขนาดพื้นที่เทียบเท่าเพียงแค่ประมาณพื้นที่ของบัตรเครดิตหนึ่งใบเท่านั้น ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามแนวการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ แรงที่เกิดขึ้นทั้งหมดไม่ว่าในระหว่างการเร่งหรือการห้ามล้อก็ตามกระทำกับพื้นเฉพาะเพียงแค่บริเวณหน้าสัมผัสอันน้อยนิด



ภาพที่ 2.5 บริเวณหน้าสัมผัสของยางล้อกับพื้นผิวถนน [8]

เมื่อพิจารณาการหมุนของล้อโดยปราศจากการลื่นไถลบนพื้นเรียบ รัศมีการกลิ้งของล้อ (Rolling radius) R มีความสัมพันธ์กับความเร็วการเคลื่อนที่เชิงเส้น V และความเร็วเชิงมุม ω ดังสมการที่ 6

$$R = V/\omega \quad \text{สมการที่ 6}$$

โดยที่ R คือ รัศมีการกลิ้งของล้อ (Rolling radius) (m)

V คือ ความเร็วการเคลื่อนที่เชิงเส้น (m/s)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

ในความเป็นจริงยางล้อรถจักรยานยนต์แต่ละล้อแบ่งรับน้ำหนักของตัวรถจักรยานยนต์และ/หรือน้ำหนักของผู้ขับขี่ ด้วยความที่ยางล้อมีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวได้ เมื่อถูกน้ำหนักกดทับจะทำให้เนื้อยางส่วนหนึ่งถูกอัดตัวดังรูปที่ 2.5 จึงส่งผลให้รัศมีการกลิ้งที่แท้จริง (Effective rolling radius) R_0 มีขนาดเล็กกว่ารัศมีการกลิ้ง R ของยางล้อที่ไม่ได้มี

การกดทับด้วยน้ำหนัก แต่มีขนาดใหญ่กว่าระยะที่วัดจากพื้นจนถึงจุดศูนย์กลางของล้อ h ค่ารัศมีการกลิ้งที่แท้จริงนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของยาง ความแข็งของยางล้อในแนวรัศมี น้ำหนักที่กดลงล้อนั้นๆ ความดันลมยางล้อ และความเร็วในการเคลื่อนที่ ค่าประมาณของรัศมีการกลิ้งที่แท้จริงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7

$$R_0 = R - (R - h)/3$$

สมการที่ 7

โดยที่ R_0 คือ รัศมีการกลิ้งที่แท้จริง (Effective rolling radius) (m)

R คือ รัศมีการกลิ้งของล้อ (Rolling radius) (m)

h คือ ระยะที่วัดจากพื้นจนถึงจุดศูนย์กลางของล้อ (m)

2.1.3 ประเภทของยางล้อรถจักรยานยนต์

ยางล้อรถจักรยานยนต์ที่ขายอยู่ในประเทศไทยมีดังนี้

- ยางล้อสำหรับวิ่งบนทางเรียบ (Road tire): ยางล้อประเภทนี้ใช้สำหรับวิ่งบนท้องถนนหรือทางเรียบทั่วไป ยางล้อชนิดนี้สามารถหาซื้อได้ทั่วไปแต่มีความแตกต่างกันตามผู้ผลิตยางล้อแต่ละเจ้าไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบ รูปแบบของยางล้อ ลวดลาย และดอกยาง เป็นต้น



ภาพที่ 2.6 ยางล้อสำหรับวิ่งบนทางเรียบ [9]

- ยางล้อสำหรับรถทัวร์ริง (Touring tire): ยางล้อสำหรับรถทัวร์ริงนี้ออกแบบมาสำหรับการขับขี่บนทางทั้งเรียบทั้งขรุขระซึ่งไม่ขรุขระมาก ยางประเภทนี้มีผิวสัมผัสที่แข็งและมีความลึกดอกยางที่ลึกกว่ายางล้อสำหรับวิ่งบนทางเรียบ จึงสามารถวิ่งบนทางวิ่งที่ไม่สม่ำเสมอได้ สามารถตะกุกผ่านเศษดิน ทราย หรือโคลนได้ แต่ไม่เหมาะกับการขับขี่บนพื้นถนนที่ขรุขระมากๆ เช่น ทางวิบาก และไม่เหมาะกับการขับขี่ด้วยความเร็วสูง



ภาพที่ 2.7 ยางล้อสำหรับรถทัวร์ริง [9]

- ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ประเภท Chopper และ Cruiser: ยางล้อประเภทนี้ออกแบบมาสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ และมีหน้ายางกว้างกว่ายางทั่วไป ผิวสัมผัสมีความแข็งปานกลางและมีความยืดหยุ่น สามารถรับน้ำหนักได้มาก ลดการเสียดสีบนท้องถนนและลดเสียงที่เกิดจากการบดของยางล้อกับพื้นถนนได้ มีเสถียรภาพในการขับขี่รวมทั้งในการเข้าโค้งด้วยความเร็วสูงได้ดี เหมาะสำหรับการขับขี่ทางเรียบ



ภาพที่ 2.8 ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ประเภท Chopper และ Cruiser [9]

- ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์แบบ Sport: ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์แบบ Sport มีผิวสัมผัสที่นุ่มที่สุดในบรรดายางล้อทุกประเภทและมีดอกยางมากกว่าซึ่งทำให้ช่วยในการเกาะยึดถนนได้ดี มีขนาดหน้ายางกว้างเช่นเดียวกับยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ประเภท Chopper และ Cruiser เหมาะสำหรับการขับขี่บนถนนทางเรียบความเร็วสูง เมื่อยางล้อชนิดนี้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถยึดเกาะถนนได้มากขึ้นด้วย จึงนิยมใช้ในการแข่งขันต่างๆ



ภาพที่ 2.9 ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์แบบ Sport [9]

- ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์วิบาก (Off-road tire): ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์วิบากเป็นยางล้อที่มียางใน (Tube tire) ล้อมักทำด้วยซี่ลวดซึ่งช่วยดูดซับแรงกระแทกจากการกระโดด มีผิวสัมผัสที่ไม่แข็งมากนักและมีดอกยางที่น้อยกว่า ทว่ามีความลึกของดอกยางที่ลึกที่สุดซึ่งช่วยในการตะกุกผ่านโคลน ทราย เศษดิน และเศษหินบนทางวิบากได้ดี



ภาพที่ 2.10 ยางล้อสำหรับรถจักรยานยนต์วิบาก [9]

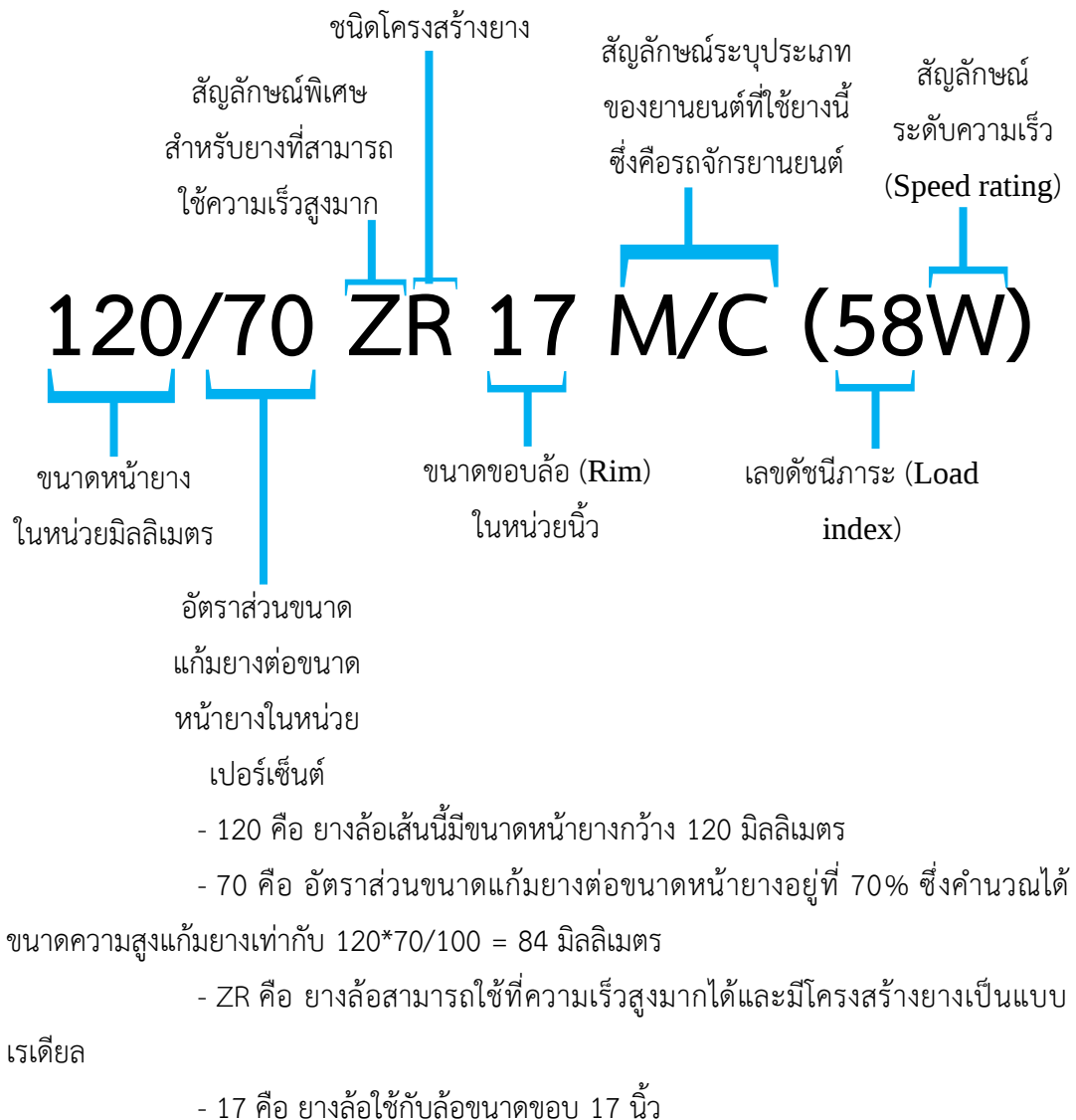
2.1.4 การอ่านรหัสยางล้อรถจักรยานยนต์

ยางล้อรถโดยทั่วไปสามารถบอกรายละเอียดได้จากรหัสยางซึ่งแบ่งออกเป็นสองรูปแบบใหญ่คือ มาตรฐานอังกฤษ และมาตรฐานเมตริก ในประเทศไทยมาตรฐานเมตริกเป็นที่นิยมมากกว่า ตัวอย่างรหัสยางมาตรฐานเมตริกแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 รหัสยางล้อรถจักรยานยนต์ในมาตราเมตริก [10]

สำหรับวิธีการอ่านรหัสจากตัวอย่างในภาพที่ 2.11 เป็นดังนี้



- M/C คือ เป็นยางสำหรับรถจักรยานยนต์
- 58 คือ ยางล้อสามารถรับน้ำหนักสูงสุดตามเลขดัชนีภาระ 58 ซึ่งเท่ากับ 236 กิโลกรัม จากตารางที่ 2.1
- W คือ ความเร็วสูงสุดที่ยางล้อนี้ใช้ได้ตามสัญลักษณ์ระดับความเร็ว W อยู่ที่ 270 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากตารางที่ 2.2
-  สัญลักษณ์ลูกศรในบริเวณใกล้เคียงที่ปรากฏรหัสยางล้อมีการระบุทิศทางของการหมุนของยางล้อจากภาพที่ 2.9
- FRONT คือ การระบุว่ายางล้อนั้นเป็นล้อหน้าจากภาพที่ 2.9

ตารางที่ 2.1 เลขดัชนีภาระของยางล้อ [11]

LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg	LI	kg
41	145	49	185	57	230	65	290	73	365	81	462	89	580
42	150	50	190	58	236	66	300	74	375	82	475	90	600
43	155	51	195	59	243	67	307	75	387	83	487	91	615
44	160	52	200	60	250	68	315	76	400	84	500	92	630
45	165	53	206	61	257	69	325	77	412	85	515	93	650
46	170	54	212	62	265	70	335	78	425	86	530	94	670
47	175	55	218	63	272	71	345	79	437	87	545	95	690
48	180	56	224	64	280	72	355	80	450	88	560	96	710

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ระดับความเร็ว [12]

SPEED SYMBOL	SPEED (mph)	SPEED SYMBOL	SPEED (mph)	SPEED SYMBOL	SPEED (mph)
A1	3	E	43	S	112
A2	6	F	50	T	118
A3	9	G	56	U	124
A4	12	J	62	H	130
A5	16	K	68	V	149
A6	19	L	75	W	168
A7	22	M	81	ZR*	186
A8	25	N	87	(Y)	Above 186
B	31	P	93	*For tires having a maximum speed capability above 149 mph, a ZR may appear in the size designation... above 186 mph, a ZR must appear in the size designation, including a Y speed symbol in brackets.	
C	37	Q	99		
D	40	R	106		

2.1.5 ตัวรับรู้ (Sensor)

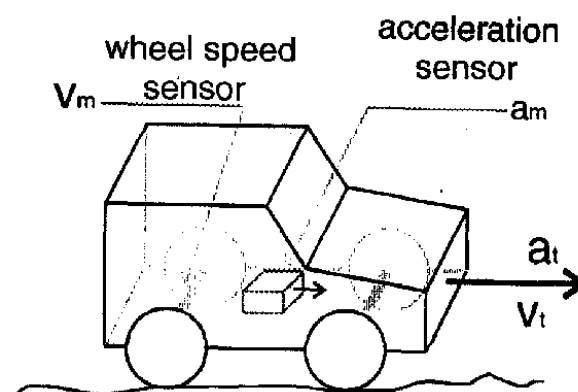
ตัวรับรู้เป็นอุปกรณ์ซึ่งส่งสัญญาณบางอย่างเพื่อใช้ในการตรวจจับปรากฏการณ์ทางกายภาพ เหตุการณ์ หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบอุปกรณ์นั้น ตัวรับรู้มักทำงานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวประมวลผลคอมพิวเตอร์ (Computer processor) ตัวรับรู้มีมากมายหลายประเภทขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่จะทำการวัด ไม่ว่าจะเป็นเสียง ความสั่นสะเทือน ความชื้น การไหล ความเร็วของไหล ตำแหน่ง มุม ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง แสง ความดัน แรง อุณหภูมิ เป็นต้น ตัวรับรู้ทุกชนิดจำเป็นต้องผ่าน

การสอบเทียบ (Calibrating) โดยเทียบกับค่ามาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ ตัวรับรู้ที่ดีควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

- มีความไว (Sensitive) ต่อคุณสมบัติที่จะทำการวัด
- ไม่ควรมีความไวต่อคุณสมบัติอื่นที่พบเจอในระหว่างทำการวัด
- ตัวรับรู้ไม่ควรมีผลกระทบต่อคุณสมบัติที่จะทำการวัด

2.1.6 การวัดความเร็วของยานพาหนะ

วิธีการวัดความเร็วของยานพาหนะมีอยู่สองวิธีหลักคือ การวัดความเร็วด้วยการหมุนของล้อยานพาหนะ และการวัดความเร็วจากการคำนวณระยะทางที่เคลื่อนที่ไปของยานพาหนะเทียบกับเวลา การวัดความเร็วด้วยการหมุนของล้อยานพาหนะเป็นวิธีที่วัดความเร็วของยานพาหนะโดยปราศจากการสังเกตการณ์จากวัตถุภายนอกซึ่งนิยมใช้กันเป็นหลักโดยใช้วิธีนี้ในมาตรวัดความเร็ว (Speedometer) ของยานพาหนะทุกคันดังภาพที่ 2.12 หลักการนี้ทำการวัดความเร็วการหมุนของล้อแล้วจึงคูณด้วยรัศมีของล้อดังสมการที่ 6 เพื่อให้ได้ความเร็วของยานพาหนะ ในทางปฏิบัติการวัดความเร็วล้อกระทำโดยการติดตั้งตัวรับรู้ตรวจจับการหมุนในชุดเกียร์เพื่อตรวจจับความถี่สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ที่สัมพันธ์กับความเร็วการหมุนเฉลี่ยของเพลาขับโดยอยู่บนสมมติฐานว่าล้อยานพาหนะนั้นหมุนกลิ้งโดยไม่มีการไถล (Slip) โดยทั่วไปตัวรับรู้ทำด้วยชุดแม่เหล็กจำนวนหนึ่งหรือหลายชิ้นติดตั้งที่เพลาขับ ภายในเฟืองท้าย (Differential gear) หรือแผ่นโลหะกดขอบเป็นฟันเฟืองติดตั้งระหว่างแม่เหล็กและตัวรับรู้ตรวจจับสนามแม่เหล็ก (Magnetic field sensor) เมื่อแม่เหล็กหรือฟันเฟืองเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ในแต่ละครั้งจะสร้างสัญญาณโดยการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของสนามแม่เหล็กจนตัวรับรู้สามารถตรวจจับได้ ผู้ผลิตบางรายใช้สัญญาณจากตัวรับรู้ ABS ที่ล้อซึ่งส่งสัญญาณผ่าน CAN Bus สัญญาณที่ได้จะถูกนำมาคำนวณและแสดงผลในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบอนาล็อกหรือดิจิทัล



ภาพที่ 2.12 การวัดความเร็วด้วยการหมุนของล้อยานพาหนะ [13]

ในยานพาหนะสองล้อเช่นรถจักรยานและรถจักรยานยนต์สามารถวัดความเร็วได้จากการตรวจจับการเคลื่อนผ่านของแม่เหล็กที่ติดตั้งอยู่บนซี่ล้อซึ่งหลักการนี้คล้ายกับการวัดความเร็วในรถยนต์ด้วยสัญญาณจากตัวรับรู้ ABS หรืออีกวิธีคือการติดตั้งระบบเฟืองที่ดุมล้อ (Wheel hub) เช่น ห้ามล้อที่ดุมล้อ (Hub brake) เฟืองทรงกระบอก (Cylinder gear) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Dynamo) เป็นต้น หรืออุปกรณ์สร้างแรงเสียดทานที่ผลักแนบกับขอบล้อหรือผนังด้านข้างของล้อยาง หลักการวัดความเร็วด้วยล้อของยานพาหนะนี้มีจุดอ่อนที่สำคัญคือมีข้อผิดพลาด (Error) ในการวัดความเร็วของยานพาหนะได้ถึง $\pm 10\%$ ซึ่งเป็นผลมาจากความไม่คงที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือรัศมีของล้อเป็นสาเหตุสำคัญ ความไม่คงที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือรัศมีของล้อนั้นเป็นผลมาจากการสึกหรอ อุณหภูมิ ความดันลมยางล้อ น้ำหนักที่กดลงบนล้อ ขนาดยางล้อ สัญญาณรบกวนในตัวรับรู้อันเนื่องมาจากความสั่นสะเทือน การเร่งหรือการห้ามล้อกะทันหันอันเนื่องมาจากอยู่บนพื้นลื่น ล้อกระทบกับหลุมบ่อบนพื้น การเปลี่ยนเกลียวของล้อระหว่างการขับขี่ที่ความเร็วคงที่ซึ่งเกิดขึ้นเป็นปกติ [13] ดังนั้นผู้ผลิตรถยนต์จึงมักปรับตั้งมาตรวัดความเร็วให้อ่านค่าได้สูงกว่าค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจริงโดยค่าที่เพิ่มเข้ามานั้นมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่ต้องเป็นผู้รับผิดชอบในกรณีผู้ขับขี่ขับเกินความเร็วที่กำหนดโดยกฎจราจร (Speed limit) นอกจากนี้ความผิดพลาดในการอ่านความเร็วที่ได้จากมาตรวัดความเร็วสูงกว่าปกตินั้นยังเกิดจากการใส่ยางล้อที่มีขนาดเล็กกว่าที่ขนาดมาตรฐานที่โรงงานกำหนดอีกด้วย เพื่อที่จะลดค่าความผิดพลาดในการวัดค่าความเร็วอันเกิดจากปัจจัยต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความไม่คงที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือรัศมีของล้อ การศึกษาบางงานจึงสร้างล้อที่สำหรับยานพาหนะสี่ล้อหรือล้อที่สามสำหรับยานพาหนะสองล้อดังภาพที่ 2.13 และวัดการหมุนของล้อนั้นแทน



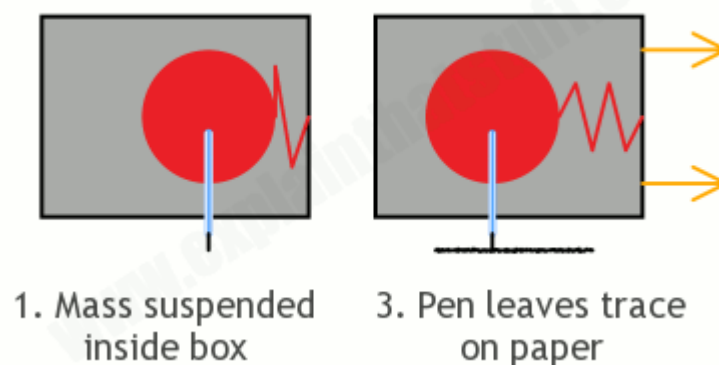
ภาพที่ 2.13 การวัดความเร็วยานพาหนะด้วยล้อที่ห้า [14]

ในการวัดความเร็วยานพาหนะจากการคำนวณระยะทางที่เคลื่อนที่ไปของยานพาหนะเทียบกับเวลานั้นเป็นวิธีที่วัดความเร็วของยานพาหนะโดยใช้การสังเกตการณ์จากวัตถุภายนอก ปัจจุบันสามารถใช้อุปกรณ์ระบุพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ในการวัดระยะทางของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ไป การใช้อุปกรณ์ GPS ทำได้สองวิธีคือ การระบุพิกัดของตัวรับสัญญาณ GPS ที่เคลื่อนไปห่างไปจากจุดเดิมซึ่งวิธีนี้ความแม่นยำของความเร็วที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการระบุพิกัดของระบบ GPS เองซึ่งเป็นผลมาจากคุณภาพของสัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียม GPS อีกวิธีหนึ่งนั้นอุปกรณ์ GPS ใช้ธรรมชาติของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler effect) ที่เกิดจากความล่าช้าในการส่งสัญญาณจากตัวดาวเทียมแต่ละดวงมายังตัวรับสัญญาณที่ไม่เท่ากันในการประมาณค่าความเร็ว ในเงื่อนไขอุดมคติ การประมาณค่าความเร็วยานพาหนะด้วยวิธีนี้มีความแม่นยำสูงถึง 0.2 ถึง 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ค่าความแม่นยำนี้จะน้อยลงเมื่อคุณภาพของสัญญาณดาวเทียมแยกลงเช่นเดียวกันกับวิธีแรก

2.1.7 การวัดความเร่ง

ความเร่งคืออัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว โดยทั่วไปใช้ตัววัดความเร่ง (Accelerometer) ในการวัดการเปลี่ยนแปลงความเร่งในวัตถุ ส่วนประกอบพื้นฐานของ ตัววัดความเร่งประกอบด้วยมวล สปริง และตัวเร็นดังภาพที่ 2.14 ตัวเร็นจะติดตั้งกับวัตถุที่จะทำการวัดความเร่ง เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จนมีความเร่ง ตัวเร็นจะเคลื่อนที่ไปตามวัตถุ แต่มวลที่ติดอยู่กับสปริงนั้นจะไม่เคลื่อนที่ตามอันเนื่องมาจากความเฉื่อย ระยะที่ยืดเข้าหรือออกของมวลที่ติดอยู่กับสปริงเมื่อเทียบกับตัวเร็นสามารถนำมาคำนวณกลับมาเป็นความเร่งได้ โครงสร้างของตัววัดความเร่งแบบนี้ถูกเรียกว่าตัววัดความเร่งเชิงกล (Mechanical accelerometer)

2. Mass takes time to move



ภาพที่ 2.14 ส่วนประกอบพื้นฐานของตัววัดความเร่งเชิงกล [15]

ตัววัดความแรงเชิงกลมีหลายแบบ เช่น เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) เพียโซรีซิสทีฟ (Piezoresistive) คาปาซิทีฟ (Capacitive) ซึ่งมีรูปแบบการใช้งานที่ต่างกัน ตัววัดความแรงเชิงกลเหล่านี้มักส่งค่าที่วัดออกมาได้ในรูปของค่าทางไฟฟ้า ตัววัดความแรงเชิงกลแบบเพียโซอิเล็กทริกเหมาะสำหรับการวัดความแรงที่มีความถี่ต่ำ ตัวรับรู้ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้งานภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงได้ดี ตัววัดความแรงเชิงกลแบบเพียโซรีซิสทีฟทนทานต่อความแรงในระดับสูงมากหรือแรงช็อค (Shock) ได้ดี ตัววัดความแรงเชิงกลแบบคาปาซิทีฟถูกสร้างอยู่บนไมโครชิปเรียกว่าตัววัดความแรงแบบระบบกลไกไฟฟ้าระดับไมโคร (Micro electro mechanical system: MEMS) ซึ่งมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา มาก รวมถึงกินพลังงานน้อย จึงถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์มือถือต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต อุปกรณ์บังคับสำหรับเกม เป็นต้น ตัววัดความแรงเชิงกลแบบคาปาซิทีฟวัดความแรงในช่วงความถี่ต่ำได้ดีเช่นเดียวกัน

2.1.8 การวัดระยะทางเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (Odometry)

การวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะโดยปราศจากการสังเกตการณ์จากวัตถุภายนอกเรียกว่า Odometry มีอยู่หลายวิธี ในกรณีที่ยานพาหนะนั้นใช้ล้อในการเคลื่อนที่ วิธีที่ง่ายที่สุดในการหาระยะทางที่ยานพาหนะนั้นเคลื่อนที่ไปสามารถคำนวณได้จากจำนวนรอบของล้อที่หมุนไปและเส้นรอบวงของล้อดังกล่าว สมการที่ 8 โดยมีสมมติฐานว่า ล้อยานพาหนะนั้นหมุนกลิ้งโดยไม่มีการไถล การที่จะทราบจำนวนรอบการหมุนของล้อนี้จำเป็นต้องติดตั้งตัวเข้ารหัสการหมุน (Rotary encoder) เข้าที่ล้อหรือเพลาคู่ที่ติดกับล้อนั้น หลักการนี้ใช้กับมาตรวัดระยะทาง (Odometer) ในรถยนต์ เช่นเดียวกันกับมาตรวัดความเร็วในรถยนต์ มาตรวัดระยะทางมีค่าผิดพลาดซึ่งเป็นผลมาจากความไม่คงที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางหรือรัศมีของล้ออันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.1.6

$$S = 2\pi RN$$

สมการที่ 8

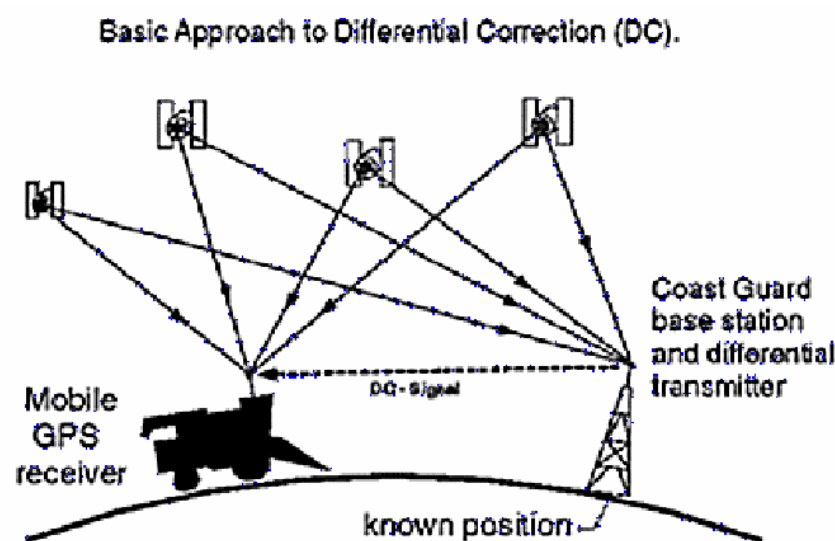
เมื่อ S คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ (m)

R คือ รัศมีการกลิ้งของล้อ (Rolling radius) (m)

N คือ จำนวนรอบที่ล้อหมุนไป

วิธีถัดมาเป็นการวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะโดยการใช้ความถี่ของระยะทางการเคลื่อนที่ที่สามารถคำนวณได้จากค่าที่วัดได้จากตัวรับรู้ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความเร็ว และทิศทาง วิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้ในรถยนต์เนื่องจากค่าผิดพลาดจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปอันเนื่องมาจากพิกัดของตำแหน่งใหม่อ้างอิงจากตำแหน่งก่อนหน้านี้เสมอซึ่งพิกัดของตำแหน่งใหม่จะรวมเอาค่าผิดพลาดจากการวัดใดๆ เกิดขึ้นเป็นปกติเข้าไปเรียบร้อยแล้ว

อีกวิธีหนึ่งในการวัดระยะทางที่เคลื่อนที่ไปของยานพาหนะโดยอาศัยการสังเกตการณ์จากวัตถุภายนอกคือ การคำนวณระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเคลื่อนที่โดยใช้พิกัดที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ซึ่งได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อ 2.1.6 อย่างไรก็ตามระบบ GPS ได้มีการพัฒนาขึ้นให้มีความแม่นยำกว่าเรียกว่า Differential Global Positioning System (DGPS) ซึ่งมีความแม่นยำในการบอกตำแหน่งพิกัดผิดพลาดไม่เกิน 10 เซนติเมตร ในสถานะที่ดีที่สุดมีความผิดพลาดเพียง 1-3 เซนติเมตร หลักการทำงานของ DGPS คือใช้สถานีอ้างอิงภาคพื้นดินที่กำหนดไว้เพื่อส่งสัญญาณความแตกต่างระหว่างพิกัดที่ได้จากดาวเทียม GPS และพิกัดที่ทราบตำแหน่งแน่ชัด การแก้ไขค่าผิดพลาดจากระบบ GPS เดิมนี้โดยทั่วไปจะส่งสัญญาณจากตัวส่งหรือสถานีส่งสัญญาณ (Transmitter) ในระยะใกล้ๆ



ภาพที่ 2.15 การทำงานของ DGPS [16]

2.1.9 การวัดแรง

ในทางฟิสิกส์ แรง (Force) คือคำอธิบายเชิงปริมาณของปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันที่เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง แรงมีความสัมพันธ์กับมวลและความเร่งตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน แรงมีหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นแรงดึง (Tension force) แรงอัด (Compression force) แรงเฉือน (Shearing force) แรงดัด (Bending force) และแรงเสียดทาน (Friction) ดังนั้นการวัดแรงจึงต้องเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมกับชนิดของแรงที่จะทำการวัด

มาตรวัดแรง (Force gauge) สามารถแบ่งออกได้สองประเภทคือ แบบเชิงกลและแบบดิจิตอล มาตรวัดแรงเชิงกลใช้กลไกสปริงเป็นตัววัดแรงซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าในการทำงาน มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม สัญญาณรบกวน และไฟฟ้าสถิตย์ มาตรวัดแรงเชิงกลไม่เหมาะสำหรับการทดสอบแบบทำลาย (Destructive test) และการทดสอบ

กระแทก (Impact test) สำหรับมาตรวัดแรงแบบดิจิตอลใช้ทรานสดิวเซอร์วัดแรง (Force transducer) ในการวัดค่าแรงที่เกิดขึ้น มาตรวัดแรงแบบดิจิตอลสามารถส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้โดยตรง สามารถอ่านค่าได้ง่ายเนื่องจากแสดงผลเป็นตัวเลข ทรานสดิวเซอร์วัดแรงทำจากอุปกรณ์หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นโหลดเซลล์ (Load cell) ผลึกเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric crystal) ไฮดรอลิก นิวแมติก อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ยืดหยุ่นตัวได้ เป็นต้น ซึ่งแต่ละอุปกรณ์มีย่านที่สามารถวัดแรงได้แตกต่างกัน จึงต้องเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับย่านที่สามารถวัดได้ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ชนิดของทรานสดิวเซอร์วัดแรงและคุณลักษณะ [17]

Device type	Typical range of rated capacities	Typical uncertainty % of reading	Typical temperature sensitivity and operating range % of reading per °C
<i>Strain gauge load cells:</i>			
Semiconductor gauges	0.01 N to 10 kN	0.2 to 1	0.02 (-40 °C to +80 °C)
Thin film gauges	0.1 N to 1 MN	0.02 to 1	0.02 (-40 °C to +80 °C)
Foil gauges	5 N to 50 MN	0.02 to 1	0.01 (-40 °C to +80 °C)
<i>Piezoelectric crystal</i>	1.5 mN to 120 MN	0.3 to 1	0.02 (-190 °C to +200 °C)
<i>Hydraulic</i>	500 N to 5 MN	0.25 to 5	0.05 (+5 °C to +40 °C)
<i>Pneumatic</i>	10 N to 500 kN	0.1 to 2	0.05 (+5 °C to +40 °C)
<i>LVDT, capacitive, tuning-fork, vibrating wire</i>	10 mN to 1 MN	0.02 to 2	0.02 (-40 °C to +80 °C)
<i>Magnetostrictive</i>	2 kN to 50 MN	0.5 to 2	0.04 (-40 °C to +80 °C)
<i>Gyroscopic**</i>	50 N to 250 N	0.001	0.0001 (-10 °C to +40 °C)
<i>Force balance**</i>	0.25 N to 20 N	0.0001	0.0001 (-10 °C to +40 °C)

ทรานสดิวเซอร์วัดแรงนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิต ใช้ในงานเพื่อความปลอดภัย การชั่งน้ำหนัก เป็นต้น การตัดสินใจเลือกระบบวัดแรงใดๆ ให้เหมาะสมกับงานที่จะวัดนั้นต้องกระทำโดยการพิจารณาลึกลงในรายละเอียดของขอบเขตงานเท่านั้น ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงขอบเขตของแรงที่จะทำการวัดซึ่งอาจมีโอกาสเกินพิกัด (Overload) จำนวนจุดที่จะวัดซึ่งควรพิจารณาถึงพื้นที่ในการติดตั้ง ทิศทางของแรงไม่ว่าจะเป็นแรงดึง แรงกด หรือทั้งสองรูปแบบ ระยะเวลาในการวัด อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรง และเงื่อนไขสภาพแวดล้อม ความถี่และจำนวนของข้อมูลที่จะถูกเก็บควรนำมาพิจารณาเช่นเดียวกันกับการแสดงผลและการเชื่อมต่อกับตัวเก็บข้อมูล (Data acquisition) หรือระบบควบคุม

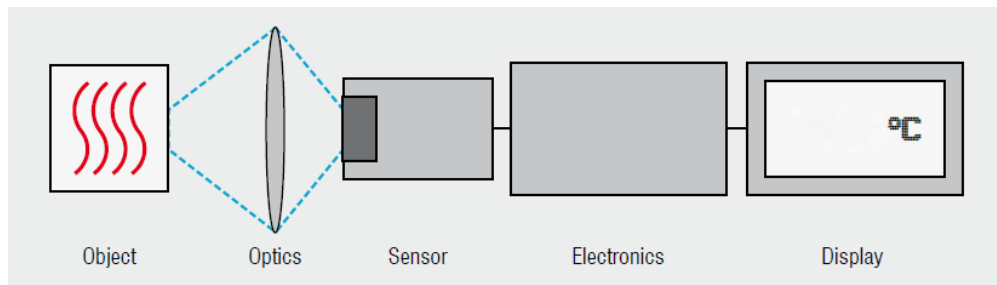
ระบบการวัดแรงต้องมีความสามารถในการวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงที่สนใจได้ และทรานสดิวเซอร์ใดๆ ที่ใช้ในการวัดควรมีความถี่ธรรมชาติที่สอดคล้องกับความถี่สูงสุดที่คาดว่าจะ

จะเกิดขึ้นกับการวัดนั้นๆ ทรานสดิวเซอร์บางชนิดเช่นผลึกเพียโซอิเล็กทริกสามารถวัดแรงที่มีความถี่สูงได้เป็นอย่างดี ในทางกลับกัน การวัดที่เป็นแบบสถิตย์ (Static measurement) ทรานสดิวเซอร์ชนิดสเตรนเกจ (Strain gauge) ไจโรสโคป และลวดสั่น (Vibrating wire) มีความเหมาะสมมากกว่า

2.1.10 การวัดอุณหภูมิ

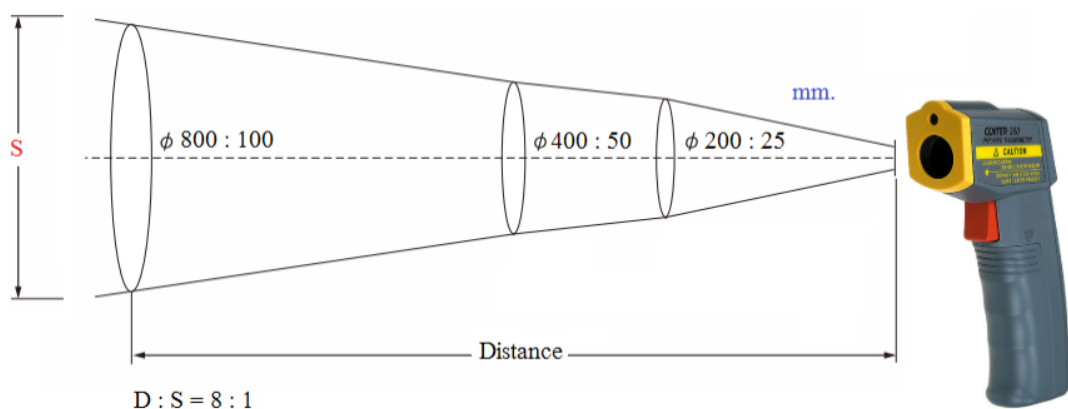
การวัดอุณหภูมิโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักคือ การวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง และการวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสกับชิ้นงาน การวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรงมักจะใช้หัววัด (Probe) ทำหน้าที่เป็นตัวรับรู้วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ตัวตรวจจับอุณหภูมิชนิดความต้านทาน (Resistance Temperature Detector: RTD) หรือเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ซึ่งมีรูปแบบการสัมผัสกับวัตถุต่างๆ เช่น สัมผัสที่พื้นผิว แบบจุ่ม (Immersion) และแบบเสียบ (Penetrate) เพื่อวัดอุณหภูมิของวัตถุต่างๆ เช่น น้ำ น้ำมัน พื้นผิวชิ้นงานทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ หัววัดอุณหภูมิแบบต่างๆ นี้สามารถนำไปต่อร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ด้วย เช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ (Recorder) เป็นต้น

การวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสกับชิ้นงานเป็นการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดจากวัตถุที่ต้องการวัด วัตถุที่มีอุณหภูมิเปล่งรังสีอินฟราเรดออกมาเสมอซึ่งรังสีอินฟราเรดนี้มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นแต่มนุษย์สามารถสัมผัสได้ในรูปของความร้อน เครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรด (Infrared thermometer) ติดตั้งกระจกรวมแสง (Lens) ในตัวเครื่องเพื่อรวมรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุไปตกกระทบบนตัวรับรู้ที่เรียกว่าเทอร์โมไพล์ (Thermopile) ที่ระยะโฟกัสของกระจกรวมแสงนั้นซึ่งเทอร์โมไพล์คือเทอร์โมคัปเปิลที่ต่อกันแบบอนุกรมหรือขนาน เมื่อลำแสงอินฟราเรดตกกระทบบนพื้นผิวของเทอร์โมไพล์ มันจะดูดซับรังสีนั้นไว้และเปลี่ยนไปเป็นความร้อนซึ่งวงจรเทอร์โมคัปเปิลจะส่งกระแสไฟฟ้าออกมาโดยมีสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของรังสีอินฟราเรดที่ตกกระทบบนพื้นผิวของเทอร์โมไพล์ หลังจากนั้นเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรดใช้กระแสไฟฟ้านี้คำนวณและแสดงผลในค่าของอุณหภูมิ วิธีการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรดแสดงไว้ในภาพที่ 2.16 การวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสกับชิ้นงานสามารถวัดอุณหภูมิได้เพียงแค่เฉพาะที่พื้นผิวของวัตถุอย่างเดียวนั้นๆ ไม่สามารถวัดอุณหภูมิที่อยู่ภายในวัตถุได้ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสมีสองแบบด้วยกัน คือ แบบพกพา (Portable) และแบบติดตั้งถาวร



ภาพที่ 2.16 วิธีการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด [18]

ความแม่นยำของเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรดแบบพกพานั้นขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างระยะทางและขนาดของจุดวัด (Distance-to-spot ratio - D:S) อัตราส่วนนี้สื่อถึงระยะทางมากที่สุดที่เครื่องวัดอุณหภูมิสามารถประเมินอุณหภูมิที่พื้นผิวนั้นได้อย่างแม่นยำ โดยทั่วไปอัตราส่วน D:S อยู่ที่ 8:1 ภาพที่ 2.17 แสดงตัวอย่างระยะทางและขนาดของพื้นผิวที่จะทำการวัดเมื่ออัตราส่วน D:S อยู่ที่ 8:1



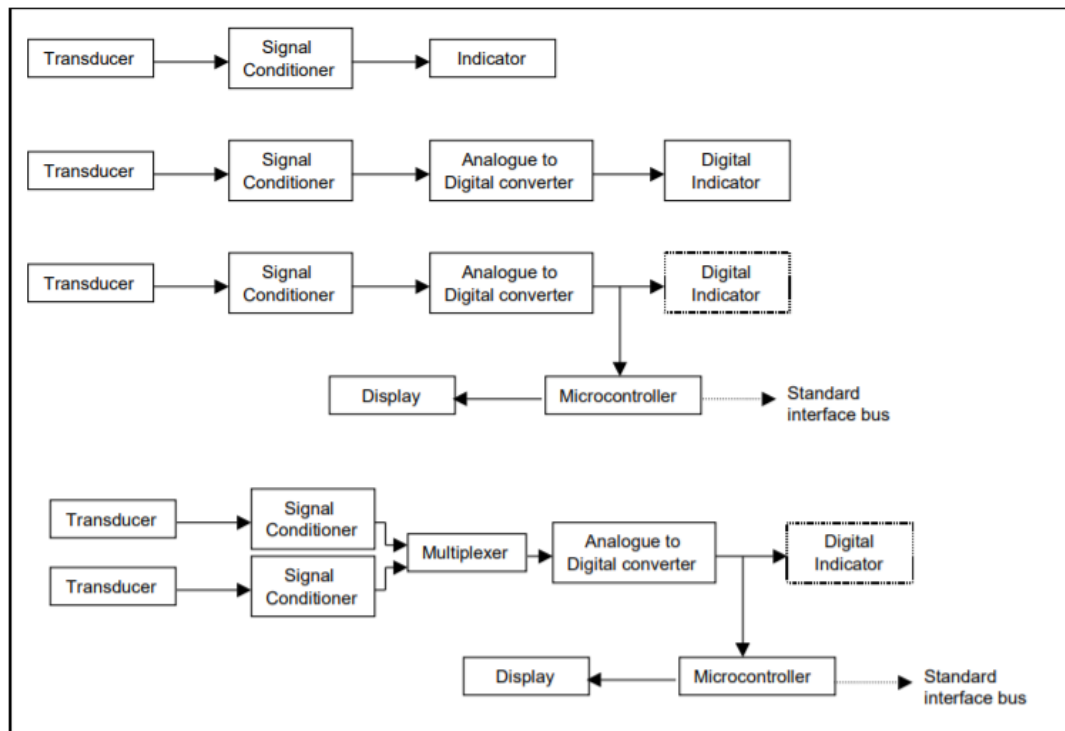
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างระยะทางและขนาดของพื้นผิวที่จะทำการวัดเมื่ออัตราส่วน D:S อยู่ที่ 8:1 [19]

สำหรับการวัดอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) หน่วยงาน National Weather Service แห่งสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำแนะนำไว้ดังนี้

- 1) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ (ชนิดใดก็ได้) สูงจากพื้น 150 เซนติเมตร +/- 30 เซนติเมตร
- 2) เทอร์โมมิเตอร์ต้องวางไว้ในสิ่งซึ่งสามารถบังแดดได้และมีอากาศไหลผ่านเข้าออกได้สะดวก ไม่มีการกีดขวางโดยต้นไม้หรืออาคาร
- 3) จุดติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ควรเป็นบนพื้นหญ้าหรือพื้นกรวดทรายทั่วไป ไม่ควรวางบนพื้นคอนกรีตและพื้นที่ปูทับด้วยวัสดุใดๆ แนะนำให้วางจุดติดตั้งให้ห่างจากพื้นคอนกรีตหรือพื้นที่ปูทับด้วยวัสดุใดๆ เป็นระยะอย่างน้อย 30 เมตร

2.1.11 เครื่องมือและการเก็บข้อมูล

เครื่องมือ (Instrument) ในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวรับรู้ใดๆ สามารถเชื่อมต่อกันได้ตั้งแต่รูปแบบธรรมดาอย่างง่ายไปจนถึงระบบที่มีความซับซ้อนอย่างมาก ตัวรับรู้แต่ละประเภทมีเครื่องมือที่ต้องใช้ควบคู่กันเป็นการเฉพาะ การต่อระบบเครื่องมือวัด (Instrumentation) อาจประกอบไปด้วยเครื่องมือหลากหลายชนิดซึ่งตัวอย่างที่เป็นไปได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างการต่อระบบเครื่องมือวัด [17]

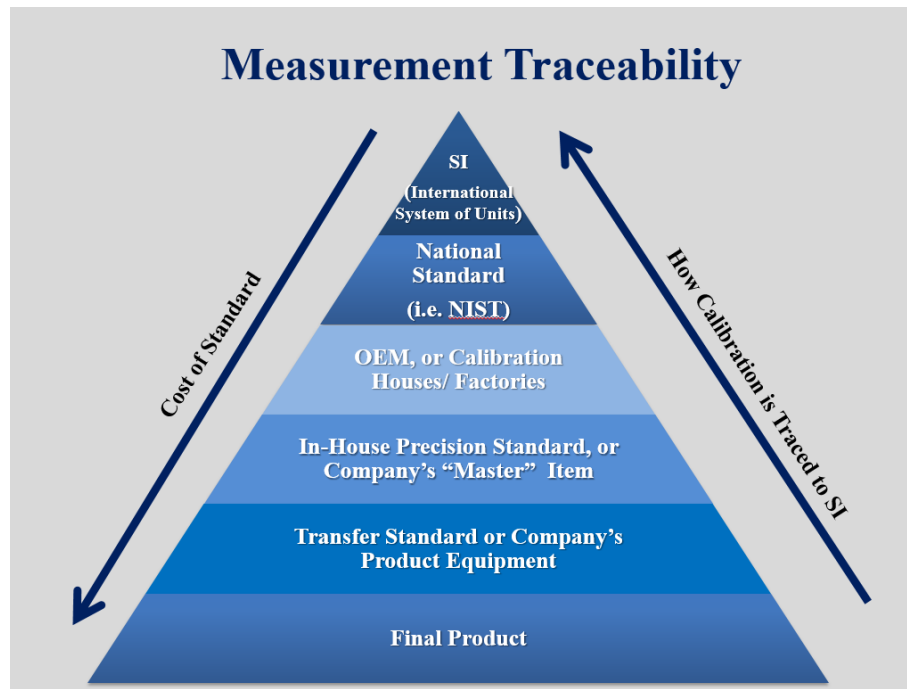
โดยปกติเครื่องมือวัดจะมีการแสดงผลค่าวัดที่ได้ในหน่วยที่สอดคล้องกับตัวแปรที่วัดนั้นๆ ซึ่งต้องการการสอบเทียบเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง เครื่องมือวัดอาจต้องการการส่งข้อมูลขาออกโดยตรงไปยังระบบเก็บข้อมูลหรือระบบควบคุมซึ่งเป็นที่ตั้งแบบอนาล็อกหรือดิจิทัล สัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยปกติมีค่า 0 ถึง 5 โวลต์สำหรับระบบเครื่องมือวัดสำหรับห้องปฏิบัติการและ 4 ถึง 20 มิลลิแอมแปร์สำหรับการใช้งานทางอุตสาหกรรม สำหรับสัญญาณดิจิทัลอยู่ในรูปแบบระบบการสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์มาตรฐาน เช่น Serial interface หรือ Fieldbus ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวกำหนดชนิดการเชื่อมต่อ (Connector) รูปแบบสัญญาณ และรหัสคำสั่ง การใช้ระบบการสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์มาตรฐานช่วยให้สามารถเชื่อมต่อเครื่องมือที่แตกต่างกันบนเครือข่ายเดียวกันได้อย่างง่ายดาย

การเก็บข้อมูลในระบบเครื่องมือวัดใดๆ มีความสำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะการวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอย่างรวดเร็ว การออกแบบต้องอาศัยความต้องการด้านเทคนิคในการระบุความเร็ว ระยะเวลา และปริมาณของข้อมูล ควรพิจารณาความอ่อนไหว (Susceptibility) ของระบบต่อความผิดพลาดที่ไม่ถูกตรวจพบในระหว่างการสอบเทียบโดยการออกแบบระบบให้มีหน่วยทำงานซ้ำกัน (Redundancy) เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง การเฝ้าตรวจ (Monitor) ช่องสัญญาณหลายช่องพร้อมกันอาจทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการอ่านค่าในสถานการณ์ที่ทุกช่องสัญญาณไม่สามารถอ่านค่าได้ในเวลาเดียวกันและค่าความเปลี่ยนแปลงของการวัดที่อ่านได้เปลี่ยนไปเรื่อยๆ ตามช่องสัญญาณต่างๆ เหตุการณ์เช่นนี้สามารถกำจัดได้ด้วยเทคนิค Sample and Hold

2.1.12 การสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration)

การสอบเทียบเครื่องมือวัดเป็นกระบวนการยืนยันความถูกต้องและแม่นยำของเครื่องมือวัดด้วยการทดสอบเครื่องมือในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน เมื่อเครื่องมือวัดผ่านการสอบเทียบจะได้หลักฐานเป็น “ใบรับรองผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด” ที่แสดงผลจากการสอบเทียบ และความไม่แน่นอนของการวัดที่สามารถสอบกลับไปยังมาตรฐานนานาชาติซึ่งเป็นมาตรฐานการวัดโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติได้ การสอบกลับได้ของการวัด (Measurement traceability) คือสมบัติของผลการวัดที่สามารถโยงไปกับมาตรฐานแห่งชาติที่เป็นที่ยอมรับโดยการเปรียบเทียบกันอย่างต่อเนื่องไม่ขาดช่วง (Unbroken chain) ดังในภาพที่ 2.19 การสอบเทียบในแต่ละชั้นของปิรามิดควรใช้มาตรฐานการสอบเทียบในชั้นที่สูงกว่าเสมอ ทว่ามาตรฐานการสอบเทียบที่เพิ่มขึ้นตามชั้นปิรามิดจะนำมาสู่การใช้เวลาและค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบมากขึ้นตามไปด้วย องค์ประกอบทางเทคนิคของความสามารถในการสอบกลับได้มีหกข้ออ้างอิงจาก ILAC-P10:2002, ILAC Policy on Traceability of Measurement Results ประกอบด้วย

- มีการวัดเทียบผลสืบทอดต่อกันมาจากมาตรฐานการวัดแห่งชาติ หรือนานาชาติ
- มีเอกสารแสดงถึงผลการวัด
- มีการรายงานความไม่แน่นอนของการวัด
- มีการอ้างอิงหน่วยวัดสากล (SI Units)
- มีการปฏิบัติโดยเจ้าหน้าที่สอบเทียบที่มีความชำนาญ
- มีการสอบเทียบซ้ำตามคาบเวลาที่เหมาะสม



ภาพที่ 2.19 การสอบกลับได้ของการวัด [20]

นอกจากนี้การสอบเทียบควรคำนึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเลือกเครื่องมือวัด อ้างอิง วิธีการสอบเทียบที่เหมาะสม สภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และบุคลากร ผู้ทำหน้าที่ สอบเทียบ

- การเลือกเครื่องมือวัดอ้างอิง เครื่องมือวัดอ้างอิงนั้นเป็นเครื่องมือมาตรฐาน เพื่อให้เครื่องวัดที่นำมาสอบเทียบได้ใช้เปรียบเทียบ โดยเครื่องวัดอ้างอิงนี้ จะต้องมีความถูกต้องสูงกว่าเครื่องมือที่นำมาสอบเทียบ 3 เท่าขึ้นไป และที่สำคัญคือเครื่องมือวัดอ้างอิงจะต้องสามารถสอบกลับได้สู่มาตรวัดมาตรฐานระดับนานาชาติ
- วิธีการสอบเทียบที่เหมาะสม การเลือกวิธีสอบเทียบที่เหมาะสมจะช่วยให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องจากการสอบเทียบ รวมถึงได้รับความสะดวกและมีค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการสอบเทียบ
- สภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ห้องปฏิบัติการสอบเทียบมีผลต่อประสิทธิภาพและความถูกต้องของผลการสอบเทียบ จึงจำเป็นต้องได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้ในการปฏิบัติงานทั้งการควบคุมในเรื่อง ความชื้น อุณหภูมิ แสงสว่าง รวมถึงการสั่นสะเทือนด้วย นอกจากนี้ปัจจัยด้านการควบคุมสภาวะแวดล้อมแล้ว ขนาดของห้องก็ต้องสัมพันธ์กับจำนวนบุคลากรผู้ปฏิบัติงานด้วย เช่น ถ้ามีเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ 2 คน ห้องควร

มีขนาดอยู่ที่ 4 x 3 เมตร โดยควบคุมอุณหภูมิ 18 – 28 °C (หรือ 23±5°C) และความชื้นสัมพัทธ์ 45-75%RH (หรือ 60±15 %RH)

- บุคลากรผู้ทำหน้าที่สอบเทียบ บุคลากรผู้ทำหน้าที่สอบเทียบจะต้องได้รับการศึกษาอบรม และเก็บสะสมประสบการณ์จนถึงเกณฑ์ที่สามารถให้ผลสอบเทียบที่ถูกต้องตามมาตรฐานได้ ซึ่งนอกจากหน้าที่ในการสอบเทียบให้ถูกต้องแล้ว พวกเขาต้องสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและรายงานค่าความไม่แน่นอนของการวัดออกมาได้อย่างถูกต้องอีกด้วย

2.1.13 การออกแบบขาตั้ง (Outtrigger) สำหรับรถจักรยานยนต์

ขาตั้งเป็นโครงสร้างที่ยื่นออกจากตัวยานพาหนะ หน้าที่ของขาตั้งนี้แปรเปลี่ยนไปตามยานพาหนะที่ติดตั้ง ในยานยนต์ที่ใช้ล้อเคลื่อนที่ ขาตั้งทำหน้าที่เพิ่มเสถียรภาพให้กับยานยนต์ทั้งขณะไม่เคลื่อนที่ดังเช่นในรถยก (Crane) ใช้ขาตั้งในการยกสิ่งของที่มีน้ำหนัก และขณะที่เคลื่อนที่เพื่อป้องกันการพลิกคว่ำ การติดตั้งขาตั้งมักทำในยานพาหนะที่มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งยานยนต์สองล้อแต่ไม่มีการติดตั้งเพื่อใช้งานในชีวิตประจำวันเนื่องจากขาตั้งมีขนาดยาวซึ่งก่อให้เกิดการเกี่ยวพันกับยานพาหนะอื่นเมื่อวิ่งอยู่บนท้องถนน ดังนั้นขาตั้งในยานยนต์สองล้อจึงถูกใช้งานอย่างจำกัดในกิจกรรมเฉพาะ เช่น การฝึกหัดขับขี่ การทดสอบ เป็นต้น เพื่อช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการฝึกหัดหรือทดสอบ



ภาพที่ 2.20 รถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งขาตั้งขณะทดสอบบนพื้นเปียกน้ำ [21]



ภาพที่ 2.21 การใช้ขาซ้ายเพื่อการฝึกหัดขี่การเข้าโค้งของรถจักรยานยนต์
ในขณะที่อยู่กับที่ (บน) และขณะเคลื่อนที่ (ล่าง) [22]

จากภาพที่ 2.20 และ 2.21 จะเห็นความแตกต่างของความสูงของขาซ้ายซึ่งติดตั้งล้อที่หมุนได้อย่างอิสระไว้ที่ส่วนปลาย ความสูงที่แตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะให้รถจักรยานยนต์นั้นสามารถทำมุมเอียง (Lean angle) ได้มากน้อยเพียงใด การออกแบบขาซ้ายนั้นไม่ควรช่วยเสริมการทรงตัว (Balance) และการควบคุมตัวรถจักรยานยนต์ โครงสร้างของขาซ้ายมักติดตั้งอยู่กับโครงรถ (Frame) และต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของตัวรถและผู้ขี่ในขณะที่เกิดการสูญเสียการทรงตัวได้ นอกจากนี้ความยาวของล้อช่วยด้านข้างต้องมากกว่าระยะห่างจากกึ่งกลางจากหน้ายางที่พื้นจนถึงจุดศูนย์กลางมวลของรถจักรยานยนต์และผู้ขี่ที่เกิดขึ้นจากมุมเอียงนั้นในแนวระนาบ

2.2 การทบทวนวรรณกรรม

มีการศึกษาหลายงานเพื่อประเมินสิ่งที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะการยึดเกาะถนนทั้งของยางล้อทั้งในห้วงปฏิบัติการและการทดสอบบนสนามทดสอบ Rosen และคณะ [23] ได้ทำการสำรวจผลกระทบของโครงสร้างยาง ความดันลมยาง ภาระที่กระทำในแนวดิ่ง และแคมเบอร์ล้อ (Wheel camber) ต่อค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะแบบไถลของยางล้อในห้วงปฏิบัติการ Boutylin และคณะ [24] ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและการลื่นไถลของล้อ (Wheel Slip) กับการเปลี่ยนรูป (Deformation) การยึดติด (Adhesion) ความเร็วการลื่นไถลสัมบูรณ์ (Absolute slip velocity) และความขรุขระของถนน

การทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์โดยทั่วไปจะกระทำโดยอ้างอิงกับจำนวนของล้อที่กระทำได้ Bartlett และคณะ [25] ได้วิเคราะห์ข้อมูลการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ซึ่งเก็บระหว่างปี ค.ศ.1987 จนถึงปี ค.ศ.2006 ซึ่งมีทั้งการห้ามล้อเฉพาะล้อหลัง เฉพาะล้อหน้า และทั้งสองล้อ โดยใช้ข้อมูลจากรถจักรยานยนต์จำนวน 99 รุ่น อาจสรุปได้ว่าการห้ามล้อทั้งสามรูปแบบนั้นถูกใช้ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์จนกลายเป็นขั้นตอนการทดสอบที่ยอมรับกันทั่วไป โดยส่วนใหญ่เป็นการทดสอบบนพื้นแห้ง กระทั่งเทคโนโลยี ABS ได้ถูกนำมาใช้บนรถจักรยานยนต์จึงได้เริ่มมีการทดสอบบนพื้นผิวการยึดเกาะต่ำ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถของตัวเทคโนโลยี ABS ตัวชี้วัดที่ใช้ในการวัดสมรรถนะการห้ามล้อโดยทั่วไปใช้ระยะห้ามล้อ [26] และความหน่วง [27] องค์การสหประชาชาติ (United Nations: UN) ได้ออกข้อบังคับหมายเลข 78 (UN Regulation No.78) ว่าด้วยการให้ความเห็นชอบต่อระบบห้ามล้อสำหรับยานยนต์ประเภท L (L-category vehicle) มาตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 [28] ได้กำหนดให้ทำการทดสอบการห้ามล้อเดี่ยว การห้ามล้อทั้งหมด ระบบห้ามล้อสำรอง ระบบห้ามล้อ ABS การห้ามล้อในสถานะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการห้ามล้อที่ความเร็วสูง ขณะระบบห้ามล้อเปียก ขณะระบบห้ามล้อมีความร้อนสะสม หรือแม้กระทั่งการห้ามล้อในขณะที่มีบางชิ้นส่วนไม่ทำงาน ตัวชี้วัดที่ใช้เป็นเช่นเดียวกับการศึกษาอื่นๆ ก่อนหน้าซึ่งคือ ระยะห้ามล้อ หรือความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (Mean fully developed deceleration) เป็นเกณฑ์ สำหรับประเทศไทย กรมการขนส่งทางบก ได้ออกประกาศเรื่อง กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ สมรรถนะ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการรับรองแบบระบบห้ามล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2564 โดยประกาศฉบับนี้อ้างอิงจากข้อบังคับหมายเลข 78 ของสหประชาชาติ ขั้นตอนวิธีการทดสอบและเกณฑ์ชี้วัดจึงเหมือนกัน

มาตรฐานล้อของรถจักรยานยนต์กำหนดไว้ในข้อบังคับหมายเลข 75 ของสหประชาชาติ (UN Regulation No.75) ว่าด้วยเรื่องความสามารถในการรับภาระน้ำหนักของยางล้อรถจักรยานยนต์ [29] มาตรฐานนี้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางยางล้อ ความกว้างหน้ายาง และขนาดวงล้อของรถจักรยานยนต์ ซึ่งนำไปสู่การเลือกขนาดยางล้อที่เหมาะสมต่อการใช้งานในย่านความเร็วต่างๆ วีระ กสานติกุล [30] รายงานว่า รถจักรยานที่มีการดัดแปลง

สภาพล้อไม่เป็นตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้จะมีส่วนให้เกิดอุบัติเหตุสูงกว่า และรถจักรยานยนต์คันที่เกิดอุบัติเหตุซึ่งมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ใช้ขนาดยางไม่ตรงตามผู้ผลิตกำหนด ในส่วนของผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของยางรถจักรยานยนต์นั้น จุฑามาศ ลักษณะกิจ [31] ได้ทำการศึกษาปัจจัยความกว้างของยางรถจักรยานยนต์ต่อเสถียรภาพในการขับขี่ทางตรงและการขับแบบ Slalom ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขนาดความกว้างหน้ายางไม่มีผลกระทบต่อการขับขี่ทางตรง ในขณะที่ขนาดหน้ายางที่กว้างขึ้นส่งผลให้ผู้ขับขี่สามารถควบคุมเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้มีเสถียรภาพสูงกว่า อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของขนาดหน้ายางต่อสมรรถนะการห้ามล้อนั้นยังไม่พบในการศึกษาใดๆ

ส่วนที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาข้อกำหนดด้านเทคนิค

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายละเอียดด้านเทคนิคตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก เรื่อง “กำหนดคุณสมบัติ คุณลักษณะ สมรรถนะ และกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข การรับรองแบบระบบห้ามล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ พ.ศ. 2564” เป็นแนวทางในการกำหนดวิธีทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อ เมื่อได้ทำการพิจารณาโดยคำนึงถึงขีดความสามารถของคณะผู้วิจัย อุปกรณ์เครื่องมือ สภาพสนามทดสอบ เวลาที่ใช้ในการเตรียมการและทดสอบ ความปลอดภัยในการทดสอบ รวมถึงข้อมูลรูปแบบการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย คณะผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการวัดสมรรถนะระบบห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ทั้งคันได้ดังนี้คือ 1) ห้ามล้อขณะแห้งโดยอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อเดี่ยวทำงาน 2) ห้ามล้อขณะแห้งโดยอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักทั้งหมดทำงาน และ 3) การหยุดบนพื้นผิวที่มีการยึดเกาะถนนต่ำ ซึ่งมีเงื่อนไขการทดสอบ ตัวแปรทางกายภาพ รวมถึงเกณฑ์ชี้วัดต่างๆ ตามที่ปรากฏในภาคผนวก ค ของรายงานฉบับนี้ ทั้งนี้จากการเลือกวิธีวัดสมรรถนะระบบห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ทั้งคันตามวิธีดังกล่าวใช้แนวทางการทดสอบเพียงบางข้อตามประกาศของกรมการขนส่งทางบกโดยทั้ง 3 วิธีนี้สามารถแสดงให้เห็นผลกระทบอย่างชัดเจนที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้ขับขี่จริงในสภาวะปกติทั้งการห้ามล้อใดล้อหนึ่งหรือทั้งสองล้อ รวมถึงสภาพการขับขี่จริงในประเทศไทยที่มีทั้งถนนที่มีความยึดเกาะสูง เช่นถนนคอนกรีต และถนนที่มีความยึดเกาะต่ำ เช่น ถนนที่มีน้ำขัง เป็นต้น นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยจะทำการเปลี่ยนยางล้อให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดยางล้อเดิมเพื่อหาผลกระทบของขนาดหน้ายางที่เล็กลงต่อสมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ สำหรับรายละเอียดของการทดสอบแต่ละวิธีดังนี้

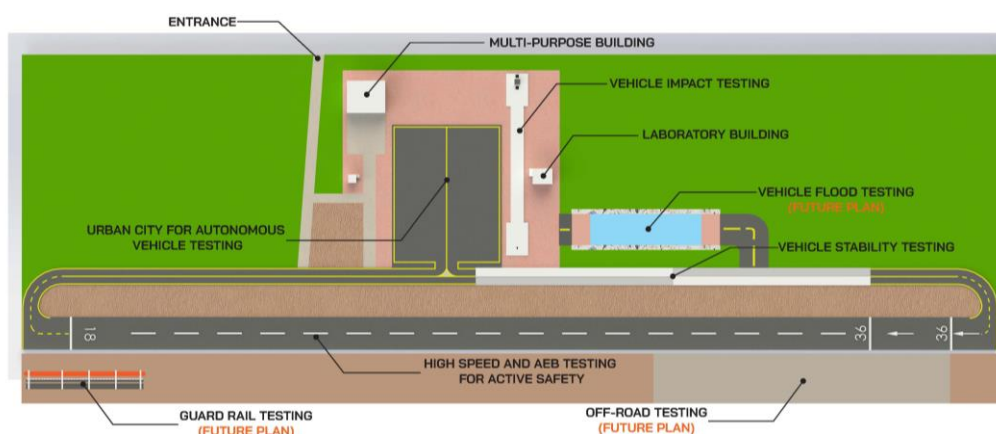
การทดสอบห้ามล้อขณะแห้งโดยอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อเดี่ยวทำงาน เป็นการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อแค่ล้อหน้าหรือล้อหลังเพียงล้อเดียวในแต่ละการทดสอบซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมการขับขี่รูปแบบหนึ่งที่ผู้ขับขี่เลือกที่จะทำการห้ามล้อเพียงล้อเดียว โดยมีเงื่อนไขควบคุมการทดสอบ ได้แก่ การห้ามล้อที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใส่แรงไม่เกิน 200 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยมือหรือไม่เกิน 350 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยเท้า

การทดสอบห้ามล้อขณะแห้งโดยอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักทั้งหมดทำงาน เป็นการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อของทั้งสองล้อพร้อมกันซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมการขับขี่ปกติทั่วไป โดยมีเงื่อนไขควบคุมการทดสอบ ได้แก่ การห้ามล้อทดสอบที่ความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือที่ร้อยละ 90 ของความเร็วสูงสุด ใส่แรงไม่เกิน 250 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยมือหรือไม่เกิน 400 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยเท้า

การทดสอบหยุดบนพื้นผิวที่มีการยึดเกาะถนนต่ำ เป็นการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อของทั้งสองล้อพร้อมกันซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์ที่ผู้ขับขี่มีโอกาสขับขี่ในสภาพถนนที่มีความลื่นไม่ว่าจะมาจากฝนตก มีน้ำขัง มีโคลนเลนบนผิวถนน หรือมีน้ำมันหกราดบนพื้นถนน การทดสอบนี้ปกติใช้กับการทดสอบเฉพาะรถที่มีการติดตั้งระบบ ABS เท่านั้น แต่ทางคณะผู้วิจัยต้องการให้เห็นถึงสมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ไม่ได้มีการติดตั้งระบบ ABS เมื่ออยู่ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าวเนื่องจากรถจักรยานยนต์ที่ขายอยู่ในท้องตลาดปัจจุบันส่วนใหญ่ยังไม่มีติดตั้งระบบ ABS มาด้วย โดยมีเงื่อนไขควบคุมการทดสอบคือ ทดสอบที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม การทดสอบห้ามล้อไม่ได้กระทำขณะรถจักรยานยนต์กำลังเข้าโค้งประกาศของกรมการขนส่งทางบกและ UNECE R78 ไม่ได้กำหนดการทดสอบห้ามล้อขณะรถจักรยานยนต์กำลังเข้าโค้ง เนื่องจากการขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ถูกต้องไม่ควรทำการห้ามล้อระหว่างการเข้าโค้งซึ่งอาจทำให้รถจักรยานยนต์เกิดการลื่นไถลและก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ขับขี่ได้

ในส่วนของสนามทดสอบ คณะผู้วิจัยได้เลือกสนามทดสอบที่ตั้งอยู่ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี ดังภาพที่ 3.1 และ 3.2 ด้วยสนามทดสอบนี้สามารถจำลองการทดสอบได้หลากหลายสถานการณ์และที่ตั้งอยู่ไม่ไกลจากกรุงเทพมหานครมากนัก อย่างไรก็ตาม สนามทดสอบนี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบรถจักรยานยนต์ตามข้อบังคับของกรมการขนส่งทางบกดังกล่าวตั้งแต่แรก เช่น การทดสอบการห้ามล้อบนพื้นผิวที่มีการยึดเกาะต่างกัน (จากสูงไปต่ำและจากต่ำไปสูง) จึงต้องเลือกพื้นที่ในสนามทดสอบให้สอดคล้องกับข้อกำหนดการทดสอบดังกล่าว

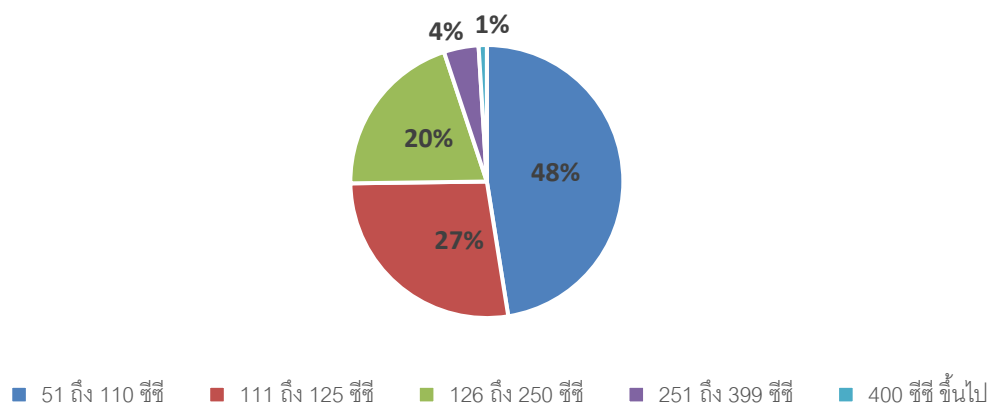


ภาพที่ 3.1 ผังสนามทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี



ภาพที่ 3.2 ภาพมุมสูงของสนามทดสอบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

สำหรับรุ่นรถจักรยานยนต์ที่นำมาทดสอบนั้น คณะผู้วิจัยได้พิจารณาจากรุ่นรถที่ได้รับ ความนิยมและมียอดขายสูงโดยนำข้อมูลมาจากสถิติจำนวนรถใหม่ป้ายแดงที่จดทะเบียนตาม กฎหมายว่าด้วยรถยนต์ประเภทรถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล (รย.12) ทั่วประเทศประจำปี พ.ศ.2564 ซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 3.3 และตารางที่ 3.1 พบว่า รถจักรยานยนต์ที่มีขนาดเครื่องยนต์ ตั้งแต่ 50 ซีซี ขึ้นไปจนถึงไม่เกิน 125 ซีซี มีสัดส่วนการจดทะเบียนใหม่รวมกันสูงถึง 75% ของ จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ทั้งหมด Honda เป็นยี่ห้อรถจักรยานยนต์ที่มียอดจดทะเบียนสูงสุด ตามมาด้วย Yamaha ดังแสดงในตารางที่ 3.1 คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกรุ่นรถจักรยานยนต์ จำนวน 7 รุ่นโดยมีรายละเอียดปรากฏในผนวก ก



ภาพที่ 3.3 แผนภาพแสดงสัดส่วนการจดทะเบียนรถจักรยานยนต์ใหม่ป้ายแดงทั่วประเทศ ประจำปี พ.ศ.2564 จำแนกตามขนาดเครื่องยนต์ [32]

ตารางที่ 3.1 สถิติจำนวนรถใหม่ป้ายแดงที่จดทะเบียนตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์จำแนกตามยี่ห้อรถประเภทรถจักรยานยนต์ส่วนบุคคล (รย.12) ทั่วประเทศสิบอันดับแรกประจำปี พ.ศ. 2564 [32]

หน่วย : คัน

ลำดับ ที่	ยี่ห้อรถ	รวม	ความจุกระบอกสูบ					รถใช้ เชื้อเพลิง ไฟฟ้า
			51 ถึง 110 ซีซี	111 ถึง 125 ซีซี	126 ถึง 250 ซีซี	251 ถึง 399 ซีซี	400 ซีซี ขึ้นไป	
1	HONDA	1,235,471	751,744	248,842	196,262	32,135	6,466	22
2	YAMAHA	265,708	25	163,374	72,664	28,340	1,305	-
3	VESPA	32,972	-	15,593	16,360	1,019	-	-
4	GPX	30,155	3,317	873	25,793	172	-	-
5	SUZUKI	8,427	7	7,586	404	165	265	-
6	KAWASAKI	8,234	9	405	3,612	2,561	1,647	-
7	RYUKA	7,171	6,514	127	481	-	-	49
8	LAMBRETTA	4,145	-	606	3,539	-	-	-
9	ROYAL ENFIELD	1,992	-	-	-	360	1,632	-
10	STALLIONS	1,833	-	17	1,733	83	-	-

เมื่อพิจารณารูปแบบการทดสอบ จำนวนรุ่นรถ และขนาดหน้ายางจะได้แผนการทดสอบทั้งหมดซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 รายละเอียดของยางแสดงไว้ในภาคผนวก ข. โดยเหตุผลที่ทำให้การทดสอบขนาดหน้ายางที่ลดลงจากมาตรฐานหนึ่งขนาดเกิดจากผลการสำรวจของ ทรวงอุตสาหกรรมกลีศมณี และคณะ (2564) ที่พบว่า การดัดแปลงขนาดหน้ายางส่วนใหญ่เป็นการลดขนาดหน้ายางลงหนึ่งขนาดด้วยเหตุผลเพื่อความสวยงามในภาพรวมของตัวรถ

ตารางที่ 3.2 แผนการทดสอบ

รุ่นรถ	รูปแบบการทดสอบ	ขนาดหน้ายาง
Honda wave	ห้ามล้อเดี่ยว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อเดี่ยว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
Yamaha Finn	ห้ามล้อเดี่ยว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อเดี่ยว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน

รุ่นรถ	รูปแบบการทดสอบ	ขนาดหน้ายาง
Suzuki smash	ห้ามล้อเดี่ยว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อเดี่ยว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
Yamaha Qbix	ห้ามล้อเดี่ยว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อเดี่ยว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
Suzuki skydrive	ห้ามล้อเดี่ยว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อเดี่ยว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
GPX demon	ห้ามล้อเดี่ยว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อเดี่ยว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน

รุ่นรถ	รูปแบบการทดสอบ	ขนาดหน้ายาง
Honda MSX	ห้ามล้อล้อเดียว – หน้า, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อล้อเดียว – หลัง, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นแห้ง	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน
	ห้ามล้อสองล้อ, พื้นความยึดเกาะต่ำ	มาตรฐาน
		เล็กกว่ามาตรฐาน

หมายเหตุ: การทดสอบห้ามล้อบนพื้นความยึดเกาะต่ำ รถจักรยานยนต์รุ่นที่ติดตั้งระบบ ABS จะทดสอบทั้งแบบให้ ABS ทำงานและปลดระบบ ABS ออก

ในส่วนของเงื่อนไขการทดสอบเกี่ยวกับตัวรถจักรยานยนต์ คณะผู้วิจัยได้จัดการรถจักรยานยนต์ใหม่จากผู้แทนจำหน่ายและยังอยู่ในสภาพใหม่ (Run-in) สภาพของรถจักรยานยนต์ที่ยังใหม่อยู่มีผลกระทบการสมรรถนะการห้ามล้อโดยตรงเนื่องจากผ้าเบรกที่ยังอยู่ในระยะ Run-in มีประสิทธิภาพที่ด้อยกว่าผ้าเบรกที่ผ่าน Run-in ไปแล้ว โดยทั่วไประยะ Run-in ของรถจักรยานยนต์จะอยู่ที่ประมาณ 500 กิโลเมตร คณะผู้วิจัยจึงได้ตัดสินใจที่จะทำการทดสอบสมรรถนะห้ามล้อในรถจักรยานยนต์ที่ยังอยู่ในสภาพใหม่ (Run-in) เนื่องจากจะต้องใช้เวลาอย่างมากในการปรับสภาพรถจักรยานยนต์ให้อยู่ในสภาพการใช้งานเป็นระยะทาง 500 กิโลเมตรด้วยรูปแบบการใช้งานปกติ อีกทั้งในข้อกำหนดของกรมการขนส่งทางบกไม่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจนว่าต้องทำการทดสอบรถจักรยานยนต์ในสภาพใด

ในส่วนของตัวรับรู้ (Sensor) คณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกตัวแปรที่จะต้องวัดจากข้อกำหนดและเกณฑ์ชี้วัดตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก รวมถึงเงื่อนไขด้านความปลอดภัยไม่ว่าจะเป็นแรงห้ามล้อ ความเร็ว ความเร่ง ความเร็วรอบของล้อ อุณหภูมิ และความเร็วลม ซึ่งจะเลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่มาตรฐานและมีขายอยู่ในท้องตลาดเป็นหลัก กรณีตัวแปรใดที่ไม่มีอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่มีขายในท้องตลาด คณะผู้วิจัยจะทำการออกแบบและจัดสร้างขึ้นมาใช้งานเอง เช่น อุปกรณ์วัดแรงกดที่ห้ามล้อมือ อุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ เป็นต้น สำหรับตัวแปรต่างๆ ที่ต้องควบคุมระหว่างการทดสอบอ้างอิงแนวทางการทดสอบตามประกาศกรมการขนส่งทางบกแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 และเกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะการห้ามล้อแสดงไว้ในตารางที่ 3.4 โดยใช้นักขี่ขี่มืออาชีพคนเดียวเป็นผู้ขี่รถจักรยานยนต์ทั้งหมดในการทดสอบนี้ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องใดๆ กับบริษัทผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ การทดสอบในแต่ละหัวข้อกระทำซ้ำจำนวน 6 ครั้งต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นในหัวข้อนั้นๆ ในเวลาและสถานที่เดียวกัน

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรควบคุมระหว่างการทดสอบ

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด
ความลาดชันพื้นที่ทดสอบ	ไม่เกิน 1%
สัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด (Peak break coefficient: PBC)	0.9 สำหรับพื้นการยึดเกาะสูง
มวลผู้ขับขี่	68 กก. + สัมภาระ 7 กก.
มวลบรรทุกเบา	15 กก.
อุณหภูมิสภาพแวดล้อม	4 - 45°C
ความเร็วลม	ไม่เกิน 5 ม./วินาที
อุณหภูมิห้ามล้อ	55 - 100°C
ความเร็วรถจักรยานยนต์	60 ± 5 กม./ชม. สำหรับการห้ามล้อเดี่ยว 100 ± 5 กม./ชม. หรือร้อยละ 90 ของ ความเร็วสูงสุดสำหรับการห้ามล้อทั้งหมด
แรงห้ามล้อมือ	ไม่เกิน 200 หรือ 250 N
แรงห้ามล้อเท้า	ไม่เกิน 350 หรือ 400 N
การหมุนของล้อ	ต้องไม่ล็อก

หมายเหตุ: ข้อกำหนด UNECE R78 และประกาศกรมการขนส่งทางบกไม่ได้ระบุที่มาของความเร็วจนการทดสอบรถจักรยานยนต์ในแต่ละหัวข้อ

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะ

เกณฑ์	เกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะ	
	ระยะห้ามล้อ (m)	ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (m/s ²)
ห้ามล้อหน้า	น้อยกว่า 37.32 ม.	ไม่ต่ำกว่า 4.4
ห้ามล้อหลัง	น้อยกว่า 53.88 ม.	ไม่ต่ำกว่า 2.9
ห้ามล้อสองล้อ	น้อยกว่า 60 ม.	-
พื้นผิวการยึดเกาะต่ำโดยไม่มีระบบ ABS	ไม่มีเกณฑ์กำหนด	
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	6	

หมายเหตุ: สมรรถนะระบบห้ามล้อที่ตัดสินว่าผ่านพิจารณาจากผลการทดสอบเพียง 1 ครั้งที่อยู่ภายใต้เกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะอย่างใดอย่างหนึ่ง

3.2 การกำหนดเครื่องมือและวิธีการติดตั้ง

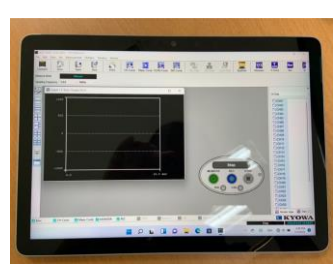
3.2.1 การกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่างๆ ที่จำเป็นในการบรรลุการวัดตัวแปรทางกายภาพตามเกณฑ์ข้อบังคับ ตลอดจนเงื่อนไขการทดสอบของกรมการขนส่งทางบกได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.1 ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อมือ แรงห้ามล้อเท้า ความเร็ว ความเร่ง การเปลี่ยนแปลงมุมของรถจักรยานยนต์ ความเร็วรอบที่ล้อ อุณหภูมิ ความเร็วลม รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำสำหรับจักรยานยนต์ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้เข้ากับรถจักรยานยนต์แต่ละรุ่นเป็นการเฉพาะ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ จะถูกติดตั้งอยู่บนรถจักรยานยนต์โดยมีรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์และเครื่องมือดังแสดงในตารางที่ 3.5 และมีคุณลักษณะ (Specification) แสดงในภาคผนวก ง

ตารางที่ 3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

อุปกรณ์/เครื่องมือ	ภาพประกอบ
เครื่องมือวัดแรงกดที่เท้าสำหรับวัดแรงห้ามล้อที่เท้า	
Accelerometer แบบ 3 แกนสำหรับวัดความเร่ง (สำรอง)	
อุปกรณ์รับสัญญาณ GPS (สำรอง)	

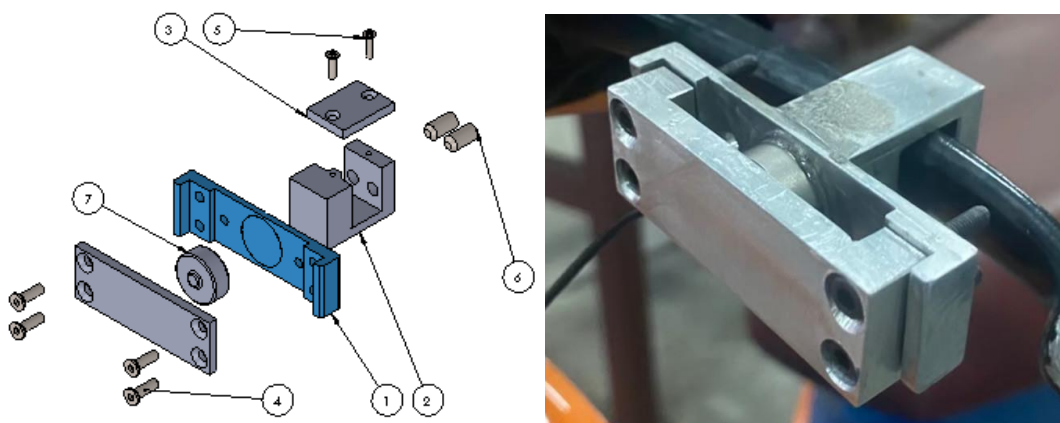
อุปกรณ์/เครื่องมือ	ภาพประกอบ
Reflective Sensor สำหรับวัดความเร็วรอบของล้อ	
ล้อที่สามสำหรับวัดความเร็ว	
เครื่องมือวัดแรงกดที่ห้ามล้อมือ สำหรับวัดแรงห้ามล้อที่มี	
โครงติดตั้งเครื่องมือ/อุปกรณ์	
แบริกबरทุกของด้านท้าย	

อุปกรณ์/เครื่องมือ	ภาพประกอบ
แบตเตอรี่	
อุปกรณ์สื่อสาร	
อุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ	
เครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิแวดล้อม	
จอแสดงผล	

อุปกรณ์/เครื่องมือ	ภาพประกอบ
เครื่องมือวัดอุณหภูมิผิวสัมผัส	
เครื่องมือวัดน้ำหนักลงเพลลา	
อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล Kyowa EDX-200A	

3.2.2 การออกแบบเครื่องมือวัดวัดแรงห้ามล้อ

เครื่องมือวัดวัดแรงห้ามล้อที่มีมือและเท้าใช้ทรานสดิวเซอร์แบบโพลดเซลล์ เครื่องมือวัดแรง ห้ามล้อที่เท้าเลือกจากสินค้าที่มีขายอยู่ในท้องตลาด แต่เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือจำเป็นต้องออกแบบขึ้นมาเองเนื่องจากเป็นเครื่องมือวัดที่ใช้เฉพาะด้าน คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดหาโพลดเซลล์สำเร็จรูปที่มีขายอยู่ในท้องตลาด แล้วจึงนำมาประกอบกับโครงสร้างโลหะที่ใช้ในการจับยึดกับก้านห้ามล้อมือของรถจักรยานยนต์ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แผนภาพการประกอบของเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือ

อย่างไรก็ตาม เมื่อคณะผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือไปทำการสอบเทียบแล้วพบว่า ไม่สามารถสอบเทียบได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งเมื่อใส่แรงโดยเครื่องมือสอบเทียบแล้วทำให้เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือเกิดการเสียรูปไปดังภาพที่ 3.5 จึงทำการออกแบบเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือใหม่ดังภาพที่ 3.6 ซึ่งสามารถสอบเทียบผ่านได้



ภาพที่ 3.5 การเสียรูปของเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือระหว่างการสอบเทียบ

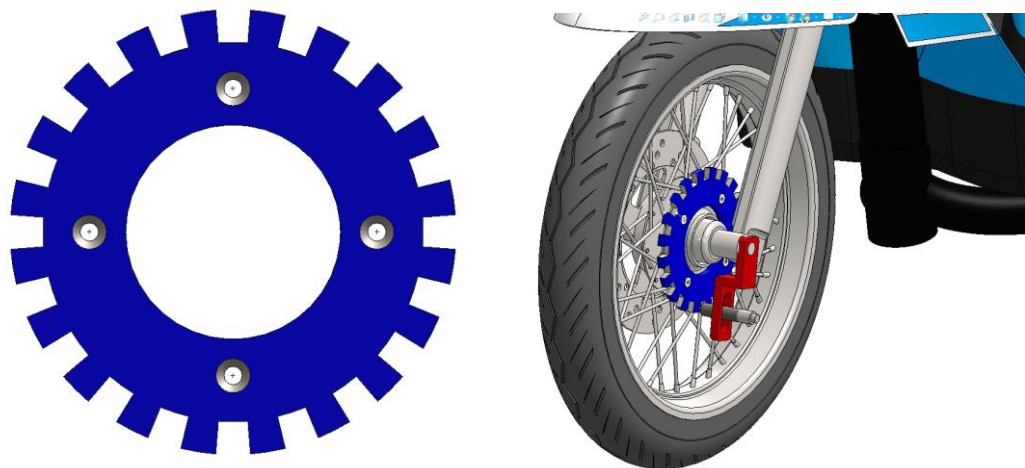


ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่ได้ทำการออกแบบใหม่

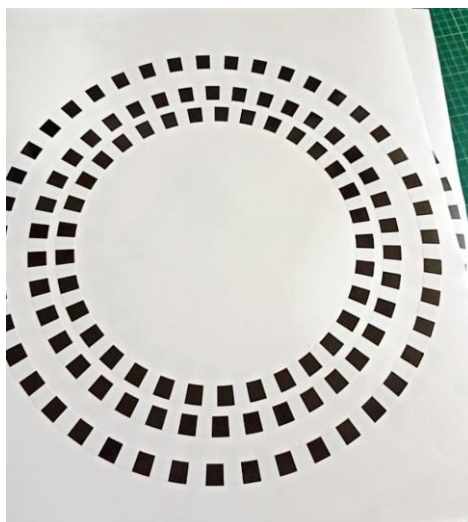
3.2.3 การออกแบบวิธีการวัดความเร็วของรถ

การวัดความเร็วรอบของล้อรถจักรยานยนต์ในเบื้องต้นนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอยู่ 3 วิธีคือ 1) การนับจำนวนฟันเฟืองที่ติดตั้งอยู่กับดุมล้อ 2) การตรวจจับการหมุนด้วยตัวเข้ารหัสการหมุนที่ล้อ และ 3) การใช้ล้อที่สาม หลังจากได้ทำการออกแบบแล้วพบว่า การติดตั้งเฟืองเข้ากับดุมล้อนั้นทำได้ยากเนื่องจากมีพื้นที่จำกัดรวมถึงมีขนาดและน้ำหนักที่มีผลกระทบต่อการติดตั้งดังภาพที่ 3.7 อีกทั้งยังต้องออกแบบเฟืองให้เข้ากับรถจักรยานยนต์รุ่นนั้นๆ เป็นการเฉพาะ นอกจากนี้จำนวนฟันเฟืองที่ลดลงทำให้ความละเอียดในการเก็บข้อมูลลดลง และจำกัดความเร็วที่จะวัดได้ไม่เกิน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับการตรวจจับการหมุนด้วยตัว

เข้ารหัสการหมุนที่ล้อนั้น ใช้สติ๊กเกอร์แนวขวางสลับดำดังภาพที่ 3.8 ทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัสการหมุนติดตั้งที่ล้อหน้าและหลังแล้วใช้ตัวรับรู้ตรวจจับการสะท้อนแสงของแนวขวางดำที่หมุนเคลื่อนที่ไปดังภาพที่ 3.9 ข้อดีของการใช้ตัวรับรู้ตรวจจับการสะท้อนแสงคือมีขนาดเล็ก ติดตั้งได้ง่าย ไม่มีข้อจำกัดกับขนาดของล้อ สามารถวัดความเร็วรอบได้สูงมากเพียงพอ ข้อเสียมีเพียงอย่างเดียวคือต้องติดตั้งสติ๊กเกอร์ที่ล้อรถซึ่งจะแปรไปตามขนาดที่ใช้ อีกทั้งวิธีนี้อาจมีข้อจำกัดในเรื่องการรายงานค่าความเร็วที่อาจไม่ตรงตามความเป็นจริงอันเนื่องมาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อรถเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ เพื่อกำจัดข้อจำกัดเรื่องเส้นผ่านศูนย์กลางล้อที่ไม่คงที่นี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบล้อที่สามแทนโดยจัดสร้างโครงยึดบริเวณด้านหลังของรถจักรยานยนต์เพื่อติดตั้งและใช้การอ่านค่าความเร็วด้วยแถบสติ๊กเกอร์แนวขวางสลับดำดังแสดงในภาพที่ 3.10 สำหรับแถบสติ๊กเกอร์ที่ล้อหน้าและหลังยังคงติดตั้งอยู่ แต่ใช้วิธีนี้เป็นตัวบ่งชี้ว่าล้อรถมีการล็อกหรือไม่แทน



ภาพที่ 3.7 เพื่องวัดความเร็วล้อรถและการติดตั้ง



ภาพที่ 3.8 สติ๊กเกอร์แถบสีขาวสลับดำสำหรับติดที่ล้อรถจักรยานยนต์



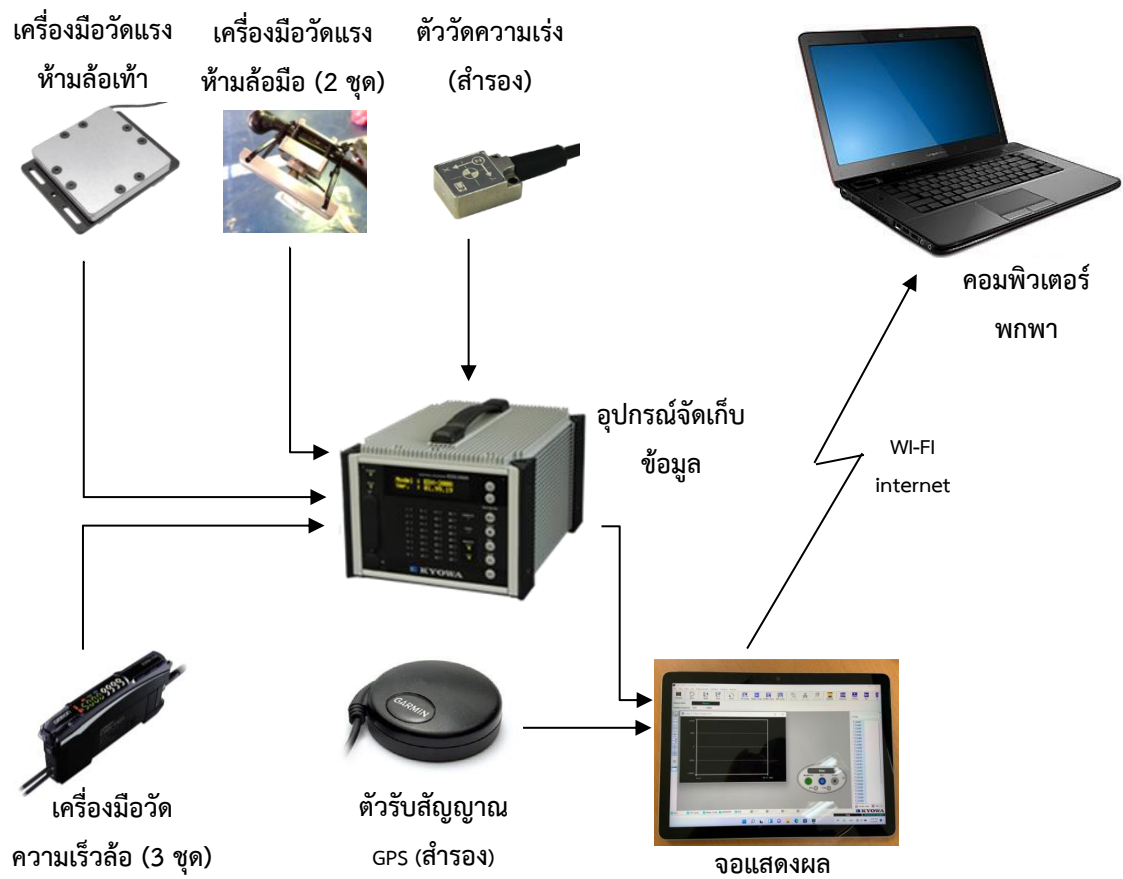
ภาพที่ 3.9 การติดตั้งแถบสติ๊กเกอร์ที่ล้อและการใช้ตัวรับรู้วัดการสะท้อนของแถบสติ๊กเกอร์



ภาพที่ 3.10 ล้อที่สามและการติดตั้งแถบสติ๊กเกอร์พร้อมตัวรับรู้เพื่อวัดความเร็ว

3.2.4 การออกแบบระบบเก็บข้อมูลและประมวลผล

ระบบเก็บข้อมูลประกอบไปด้วยอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแบบทันทีทันใด (Real time data acquisition) และแบตเตอรี่ซึ่งมีน้ำหนักรวมกันไม่เกิน 15 กิโลกรัม ระบบเก็บข้อมูลนี้ติดตั้งอยู่บนแร็คบรรทุกของด้านหลังท้ายของรถจักรยานยนต์ ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่ส่งจากตัวรับรู้ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆ ที่รถจักรยานยนต์มาประมวลและบันทึกไว้โดยมีการเชื่อมต่อกับตัวรับรู้อื่นๆ ดังภาพที่ 3.11 โดยปกติระบบเก็บข้อมูลนี้จะเก็บข้อมูลและประมวลผลในระหว่างการทดสอบอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการแสดงผลใดๆ เมื่อทำการทดสอบเสร็จต้องใช้คอมพิวเตอร์พกพาทำการดึงข้อมูลที่บันทึกไว้ออกมาเพื่อวิเคราะห์ค่าผลการทดสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ คณะผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่า การทดสอบต่อเนื่องจำนวนหลายครั้งก่อนการดึงข้อมูลออกมาวิเคราะห์มีโอกาสที่จะไม่ผ่านเงื่อนไขการทดสอบแต่อย่างใดซึ่งทำให้เป็นการเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์ จึงได้ทำการพัฒนาการแสดงผลเพื่อให้ผู้ขับที่ทดสอบทราบว่า การทดสอบครั้งนั้นๆ ผ่านเงื่อนไขของตัวแปรควบคุมระหว่างการทดสอบหรือไม่ เช่น แรงห้ามล้อที่ใช้ ความเร็วก่อนการใส่แรงห้ามล้อ การหยุดของล้อ เป็นต้น โดยการแสดงผลนี้ปรากฏที่จอแสดงผลหน้าผู้ขับซึ่งทดสอบดังภาพที่ 3.12 และคอมพิวเตอร์พกพาข้างสนามทดสอบผ่านอุปกรณ์สื่อสารอินเทอร์เน็ตในเวลาจริง ด้วยระบบการแสดงผลนี้ทำให้การทดสอบมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้นเป็นอย่างมาก



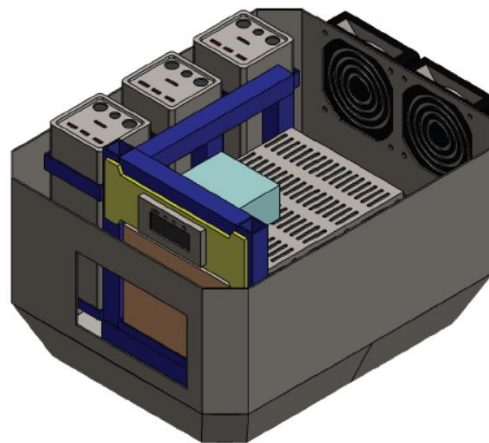
ภาพที่ 3.11 ภาพรวมของระบบเก็บข้อมูลและประมวลผล



ภาพที่ 3.12 การติดตั้งหน้าจอแสดงผลบริเวณหน้าปัดรถจักรยานยนต์เพื่อแสดงผลแก่ผู้ขับขี่

3.2.5 ผลกระทบด้านความร้อนและการออกแบบระบบการระบายความร้อน

การทดสอบวัดสมรรถนะห้ามล้อรถจักรยานยนต์จำเป็นจะต้องกระทำในสนามทดสอบซึ่งเป็นที่เปิดโล่งและทดสอบในเวลากลางวัน ทำให้รถจักรยานยนต์รวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ จำเป็นที่จะต้องรับแสงแดดอยู่ตลอดเวลาจนถึงผลกระทบจากความร้อนที่สะสมบนพื้นผิวถนนที่ทำการทดสอบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนี้ตัวอุปกรณ์เองยังเป็นตัวสร้างความร้อนขึ้นมาในระหว่างการทำงานอีกด้วย อุปกรณ์ที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนมากที่สุดคือระบบเก็บข้อมูล เพื่อลดผลกระทบจากความร้อนที่มีต่อระบบเก็บข้อมูล ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบติดตั้งพัดลมระบายความร้อนกับระบบเก็บข้อมูลดังภาพที่ 3.13 อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยพบว่า การใช้กล่องเก็บข้อมูลทำให้น้ำหนักของระบบเก็บข้อมูลเกินกว่าเงื่อนไขมวลบรรทุกเบาที่ 15 กก. ตามมาตรฐาน ทำให้คณะผู้วิจัยจำเป็นต้องให้อุปกรณ์เก็บข้อมูลอยู่ในที่เปิดโล่งและจำเป็นต้องตรวจสอบอุณหภูมิของอุปกรณ์ดังกล่าวระหว่างทำการทดสอบเพื่อไม่ให้ตัวอุปกรณ์ทำงานผิดปกติอันเกิดจากความร้อนสะสมดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.13 การระบายความร้อนด้วยพัดลมในกล่องระบบเก็บข้อมูล



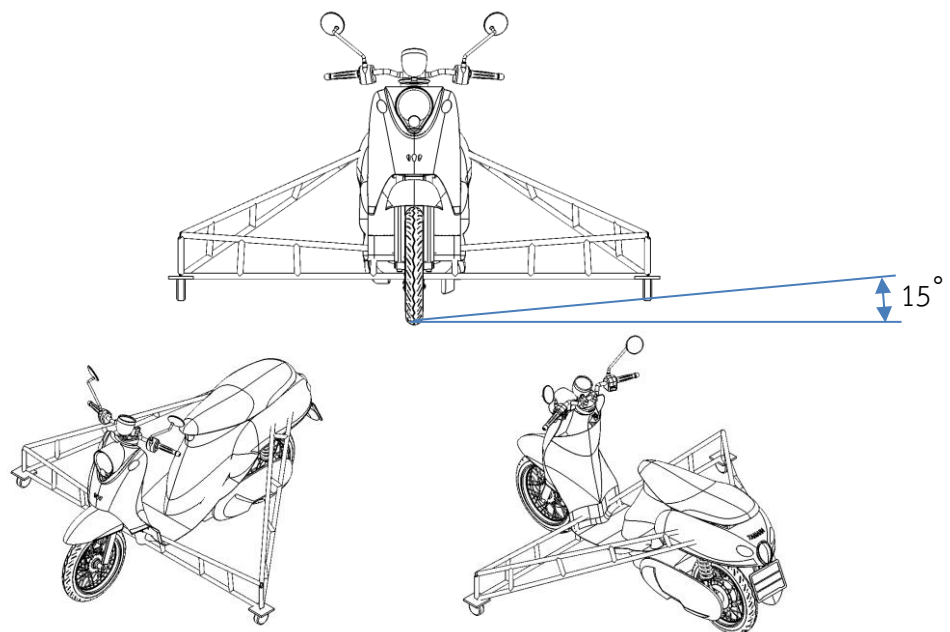
ภาพที่ 3.14 การติดตั้งกล่องระบบเก็บข้อมูลบริเวณแร็คบรรทุกของด้านหลัง



ภาพที่ 3.15 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลบริเวณแร็คบรรทุกของด้านท้ายแบบเปิดโล่ง

3.2.6 การออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ

อุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำถูกออกแบบโดยใช้ข้อมูลน้ำหนักรถจักรยานยนต์น้ำหนักผู้ขับขี่ รวมถึงมุมที่อนุญาตให้รถจักรยานยนต์เอียงตัวได้ซึ่งได้เลือกอยู่ที่ 15 องศาเพื่อความสะดวกในการเลี้ยวกลับรถหลังเสร็จสิ้นการทดสอบในแต่ละรอบโดยมีแผนแบบดังภาพที่ 3.16 การออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำจำเป็นต้องออกแบบให้เข้ากันได้กับรถจักรยานยนต์แต่ละรุ่นเท่านั้น เนื่องจากโครงสร้างของรถจักรยานยนต์แต่ละรุ่นไม่เหมือนกันรวมถึงจุดที่จะทำการยึดกับโครงสร้างของรถ คณะผู้วิจัยต้องถอดกรอบพลาสติกที่ตกแต่งบนตัวรถออกเพื่อหาจุดที่เหมาะสมสำหรับจุดยึดตัวอุปกรณ์เมื่อออกแบบและติดตั้งเรียบร้อยแล้ว กรอบพลาสติกเหล่านั้นจะถูกติดตั้งกลับตามตำแหน่งที่ถอดออกมาเดิมเพื่อให้รถจักรยานยนต์มีสภาพไม่แตกต่างจากการใช้งานจริง



ภาพที่ 3.16 แผนแบบอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำของรถจักรยานยนต์



ภาพที่ 3.17 รถจักรยานยนต์หลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ

3.3 การทดสอบผลการวัดจากเครื่องมือ

คณะผู้วิจัยกำลังทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ ที่ได้พัฒนาขึ้นตามหัวข้อ 3.3 ที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติซึ่งมีรายการตามตารางที่ 3.6 คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ก่อนส่งสอบเทียบห้องปฏิบัติการมาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เมื่อได้รับการรับรองการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการมาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติแล้ว จะติดตั้งเครื่องมือวัดในรถจักรยานยนต์ในภาคสนามรวมถึงการวัดค่าความยืดเกาะถนนของสนามทดสอบเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดต่อไป

ตารางที่ 3.6 รายการเครื่องมือวัดเพื่อส่งสอบเทียบที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

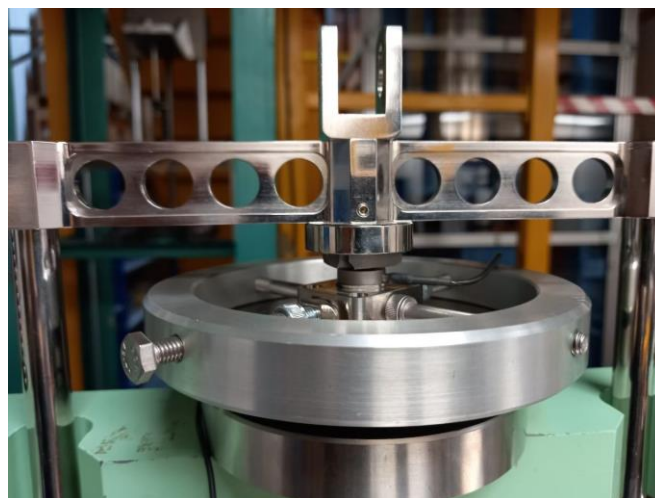
รายการ	จำนวน
เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มือ	2
เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่เท้า	1
ล้อที่สาม	2
ตัววัดความเร็วด้วยตัวเข้ารหัสการหมุนที่ล้อ	3

3.3.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดแรง

การสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงกระทำกับเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มือและเท้ากระทำโดยเครื่องถ่วงตุ้มน้ำหนักมาตรฐานดังภาพที่ 3.18 ซึ่งมีตุ้มน้ำหนักมาตรฐานให้เลือกหลายขนาดตามพิกัดของเครื่องมือที่มาสอบเทียบ ขั้นตอนการสอบเทียบด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐานกระทำซ้ำกันหลายครั้งตั้งแต่การเพิ่มตุ้มน้ำหนักที่ละก้อนจนถึงพิกัดของเครื่องมือ การถอนตุ้มน้ำหนักออกทีละก้อนจนหมด การใส่ตุ้มน้ำหนักจนเต็มพิกัดค้างไว้แล้วจึงถอนออกทั้งหมด การหมุนเครื่องมือเพื่อหาผลกระทบขององศาการวัดที่เปลี่ยนไปที่ละ 120 องศา เป็นต้น



ภาพที่ 3.18 เครื่องถ่วงต้มน้ำหนักมาตรฐาน



ภาพที่ 3.19 การสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือ

3.3.2 การสอบเทียบล้อที่สาม

สิ่งที่จำเป็นในการสอบเทียบล้อที่สามนั้นคือการทราบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเนื่องจากต้องใช้ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในการคำนวณความเร็วของล้อตามสมการที่ 6 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อที่สามนั้นใช้เครื่องมือวัดพิกัดสามมิติ (Coordinate-measuring machine: CMM) ซึ่งทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อจากหลายๆ ตำแหน่งแล้วจึงนำมาคำนวณเปรียบเทียบค่าที่ได้



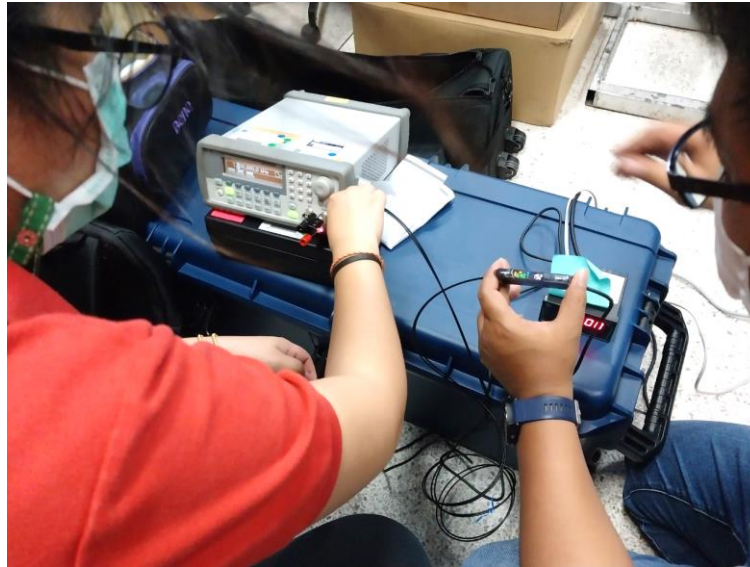
ภาพที่ 3.20 การหาเส้นผ่านศูนย์กลางล้อที่สามด้วยเครื่องมือวัดพิกัดสามมิติ

3.3.4 การสอบเทียบตัววัดความเร็วด้วยตัวเข้ารหัสการหมุนที่ล้อ

การสอบเทียบตัววัดความเร็วด้วยตัวเข้ารหัสการหมุนที่ล้ออาศัยการประยุกต์ใช้การหมุนของล้อทรงกระบอกของเครื่องวัดความต้านทานการกลิ้งล้อที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ การสอบเทียบนี้อาศัยหลักการที่ว่าความเร็วรอบการหมุนของล้อทรงกระบอกและค่าที่อ่านได้จากแถบสติ๊กเกอร์ต้องมีค่าเท่ากัน ขั้นตอนการสอบเทียบคล้ายคลึงกับการสอบเทียบแรงและความถี่ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นและลดลงของความเร็วรอบต่างๆ ที่เครื่องสามารถกระทำได้ นอกจากนี้ ยังมีการตรวจวัดความถี่ที่สามารถตรวจจับได้ของตัวตรวจจับการสะท้อนแสงอีกด้วย



ภาพที่ 3.21 ล้อทรงกระบอกของเครื่องวัดความต้านทานการกลิ้งล้อและการติดตั้งแถบสติ๊กเกอร์วัดความเร็ว



ภาพที่ 3.22 การตรวจวัดความถี่ที่สามารถตรวจจับได้ของตัวตรวจจับการสะท้อนแสง

3.3.5 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด

ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ ในหัวข้อ 3.3.1 – 3.3.4 สรุปในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.7 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

รายการ	ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)
เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มือ	0.99%
เครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่เท้า	0.86%
ล้อที่สาม	2.1 มม.
ตัววัดความเร็วด้วยตัวเข้ารหัสการหมุนที่ล้อ	0.41 กม./ชม.

หมายเหตุ ค่าในตารางนี้เป็นค่าสูงสุดที่ปรากฏในแต่ละเครื่องมือวัดตามภาคผนวก จ

3.4 การจัดเตรียมและติดตั้งเครื่องมือทดสอบ

คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบเก็บและประมวลผลสำหรับเครื่องมือวัดต่างๆ โดยมีการสร้างอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยติดตั้งในรถจักรยานยนต์ทดสอบแต่ละคันที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.2 ซึ่งแบ่งอุปกรณ์เครื่องมือออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ใช้กับรถทั้ง 7 คัน กับกลุ่มที่ใช้กับรถเฉพาะคัน กลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้กับรถทั้ง 7 คันได้แก่ ระบบเก็บข้อมูล ตัวรับรู้ต่างๆ สายสัญญาณ ล้อที่สาม เป็นต้น ซึ่งจะมีเพียงชุดเดียวอันเนื่องมาจากราคาที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่กลุ่มอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้กับรถเฉพาะคันจะเป็นอุปกรณ์ที่มีความต้องการเรื่องขนาดแบบเฉพาะเจาะจงซึ่งได้แก่ แร็คบรรทุกของด้านหลัง อุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ สติ๊กเกอร์สะท้อนแสงสำหรับวัดความเร็วรอบที่ล้อ เป็นต้น ซึ่งต้องจัดหาและออกแบบให้เข้ากับมิติของรถจักรยานยนต์แต่ละรุ่นเท่านั้น

ตำแหน่งในการวางหรือติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ เป็นดังนี้ กล้องเก็บข้อมูลสามารถเคลื่อนย้ายไปติดตั้งบนแร็คบรรทุกของด้านท้ายของรถจักรยานยนต์ทุกรุ่นที่ทำการทดสอบ ตัววัดความเร่งติดตั้งในตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางตามยาวของรถ อุปกรณ์วัดแรงห้ามล้อที่มือติดตั้งไว้ที่ก้านห้ามล้อมือทั้งด้านซ้ายและขวา อุปกรณ์วัดความเร็วด้วยระบบ GPS ติดตั้งในตำแหน่งสูงสุดเหนือรถจักรยานยนต์ สติ๊กเกอร์สะท้อนแสงสำหรับวัดความเร็วรอบที่ล้อติดตั้งที่ล้อพร้อมหัวอ่านสะท้อนแสงติดตั้งห่างจากสติ๊กเกอร์ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร จอแสดงผลติดตั้งบริเวณหน้าปัดหน้าผู้ขับขี่ อุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำติดตั้งที่บริเวณด้านข้างของรถจักรยานยนต์ การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนจักรยานยนต์เป็นไปตามภาพที่ 3.23 ถึง 3.27



ภาพที่ 3.23 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนจักรยานยนต์

หมายเหตุ:

1. อุปกรณ์บันทึกสัญญาณ
2. เครื่องมือวัดความเร่ง
3. จอแสดงผล
4. เครื่องมือวัดแรงเบรกที่มือเบรก
5. เครื่องมือวัดความเร็วล้อรถจักรยานยนต์
6. เครื่องมือวัดแรงเบรกที่เท้า
7. ล้อที่สาม



ภาพที่ 3.24 การติดตั้งเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มือบนก้านห้ามล้อมือและจอแสดงผล



ภาพที่ 3.25 การติดตั้งสติ๊กเกอร์แถวขาวสลับดำบนล้อรถจักรยานยนต์



ภาพที่ 3.26 การติดตั้งอุปกรณ์กันพลิกคว่ำ



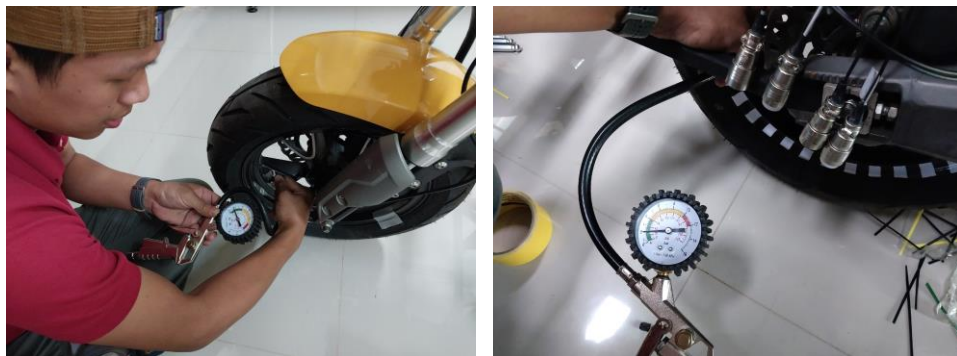
ภาพที่ 3.27 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล

ในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ บนรถจักรยานยนต์นั้นรวมถึงการเดินสายสัญญาณต่างๆ ด้วยเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมและทิศทางการเดินสายสัญญาณซึ่งต้องหลีกเลี่ยงความร้อน การกดทับ และการรบกวนต่างๆ โดยในบางจุดจำเป็นต้องใส่ฉนวนกันความร้อนให้กับสายสัญญาณ หลังจากที่ได้ติดตั้งเครื่องมือทดสอบทั้งหมดบนรถจักรยานยนต์ได้ดำเนินการทดลองดังนี้

- ทดลองเชื่อมต่อสัญญาณ WIFI และเซนเซอร์เพื่อหาการเข้ากันได้และหาข้อบกพร่องของตัวส่งสัญญาณ WIFI
- ทดลองการ Streaming หน้าจอผู้ขี่และผู้เก็บผลข้อมูลเพื่อหาและปรับตั้งหน้าจอให้เหมาะสมกับการมองของผู้ขี่ขณะทดสอบรวมถึงความไวในการตอบสนองของข้อมูล
- ทดลองการทำงานของตัวรับรู้ทั้งหมดเพื่อหาเวลาที่ตัวรับรู้ทำงานพร้อมกัน
- ทดลองการรบกวนสัญญาณเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการรบกวนสัญญาณของเซนเซอร์ทั้งหมด
- ทดลองการทำงานของล้อที่สามเพื่อตรวจสอบความเสถียร ตำแหน่งกึ่งกลาง และการรองรับน้ำหนักขณะเคลื่อนที่
- ทดลองหาอุณหภูมิการทำงานของเครื่องมือเก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบอุณหภูมิเครื่องมือเก็บข้อมูลซึ่งส่งผลต่อความเสถียรและระยะเวลาการใช้งานหากเครื่องมือมีความร้อนสูง
- ทดลองตัวประกอบกันลัมที่ความเร็วประมาณ 30 กม./ชม. เพื่อตรวจสอบความพร้อมการใช้งานกรณีเกิดข้อผิดพลาดขณะทดสอบ
- ทดลองการห้ามล้อเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบการใช้ห้ามล้อมือและเท้าที่ผู้ขี่ต้องกระทำผ่านตัวรับรู้

ผลการทดสอบของระบบต่างๆ ที่ได้กล่าวมานั้นเบื้องต้นให้ผลลัพธ์การทำงานที่ดี มีบางจุดที่ต้องแก้ไขเพิ่มเติมจนสามารถทำงานได้ตามเป้าประสงค์ที่วางไว้ สำหรับระบบเครื่องมือวัดแรงห้ามล้อที่มีมือและเท้าสามารถทำงานได้ดี ทว่าผู้ซึ่งจำเป็นต้องทำความคุ้นเคยก่อนการทดสอบจริง

เมื่อระบบทุกอย่างถูกทดสอบและพร้อมใช้งานแล้วจึงตรวจสอบลมยางให้ได้ตามค่ามาตรฐานจากโรงงานทั้งล้อหน้าและหลังพร้อมทำการชั่งน้ำหนักเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดโดยทำการชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์ทั้งคันรวมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการชั่งน้ำหนักผู้ขับขี่พร้อมอุปกรณ์สวมใส่ดังภาพที่ 3.29 และ 3.30



ภาพที่ 3.28 การตรวจสอบลมยางหน้าและหลัง



ภาพที่ 3.29 การชั่งน้ำหนักรถจักรยานยนต์รวมอุปกรณ์และเครื่องมือ



ภาพที่ 3.30 การชั่งน้ำหนักผู้ขับขี่รวมอุปกรณ์สวมใส่

3.5 การเตรียมสนามทดสอบ

ก่อนที่จะทำการทดสอบจำเป็นต้องเตรียมสนามทดสอบให้มีความพร้อมใช้งานและเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน มีการทำความสะอาดสนามเพื่อกำจัดฝุ่นและใบไม้รวมถึงเตรียมพื้นผิวการยึดเกาะดังภาพที่ 3.31



ภาพที่ 3.31 การทำความสะอาดและเตรียมพื้นผิวการยึดเกาะ

ในส่วน of ข้อกำหนดของสนามทดสอบที่ต้องมีระดับความลาดชันไม่เกินร้อยละ 1 นั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดความลาดชันโดยใช้กล้องวัดระดับตามภาพที่ 3.31 ผลการวัดสรุปว่า ในสนามทดสอบช่วงบริเวณที่ทำการห้ามล้อนั้นมีความต่างระดับอยู่ที่ 9 ซม. ต่อระยะทาง 50 ม. ซึ่งคิดเป็นระดับความลาดชันอยู่ที่ร้อยละ 0.18 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด



ภาพที่ 3.32 การวัดระดับความลาดชันบริเวณสนามทดสอบ

สำหรับข้อกำหนดทางด้านสภาพภูมิอากาศซึ่งได้แก่ อุณหภูมิสภาพแวดล้อมและความเร็วลมนั้นใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบถ้วยซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมได้ด้วย การวางตำแหน่งของเครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิดำเนินการตามแนวทางของ National Weather Service ประเทศสหรัฐอเมริกา [33] กล่าวคือ ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สูงจากพื้น 150 ซม. $\pm$ 30 ซม. ไม่มีการกีดขวางโดยต้นไม้หรืออาคาร จุดติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ควรเป็นบนพื้นหญ้าหรือพื้นกรวดทรายทั่วไปและไม่ควรวางบนพื้นคอนกรีตและพื้นที่ปูทับด้วยวัสดุใดๆ ดังภาพที่ 3.33



ภาพที่ 3.33 การวางตำแหน่งเครื่องมือวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ

3.6 การหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดและความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์

การทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะสูงตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก กำหนดให้พื้นผิวที่ทำการทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด (PBC) ที่ 0.9 จึงต้องทำการหาค่าดังกล่าวซึ่งต้องกระทำทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนยางล้อเพื่อให้แน่ใจว่าได้ค่าตามที่กำหนดโดยใช้รถจักรยานยนต์ห้ามล้อพร้อมกันทั้งสองล้อเพื่อหาเวลาที่ใช้น้อยที่สุดที่ความเร็วลดลงจาก 40 กม./ชม. จนถึง 20 กม./ชม. ดังภาพที่ 3.35 โดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดนี้ใช้สมการที่ 5 ความเร็วที่ใช้ทดสอบนั้นอยู่ที่ 60 กม./ชม. การหาค่ากระทำซ้ำๆ จนกว่าจะได้ค่าที่ต้องการตั้งแต่ค่า 0.9 ขึ้นไป สำหรับการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นเนื่องจากการวิจัยนี้ไม่ได้ทดสอบการห้ามล้อระบบ ABS จึงไม่ได้เข้าเกณฑ์ที่จะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดไม่เกิน 0.45 แต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม เพื่อจำลองการหาสมรรถนะการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ คณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุดบนพื้นผิวที่มีการยึดเกาะต่ำกว่าพื้นถนนปกติโดยใช้วิธีทดสอบเช่นเดียวกันกับพื้นผิวการยึดเกาะสูง การทดสอบห้ามล้อทุกครั้งมีการควบคุมอุณหภูมิของระบบห้ามล้ออยู่ระหว่าง 55 – 100 องศาเซลเซียสตามข้อกำหนด

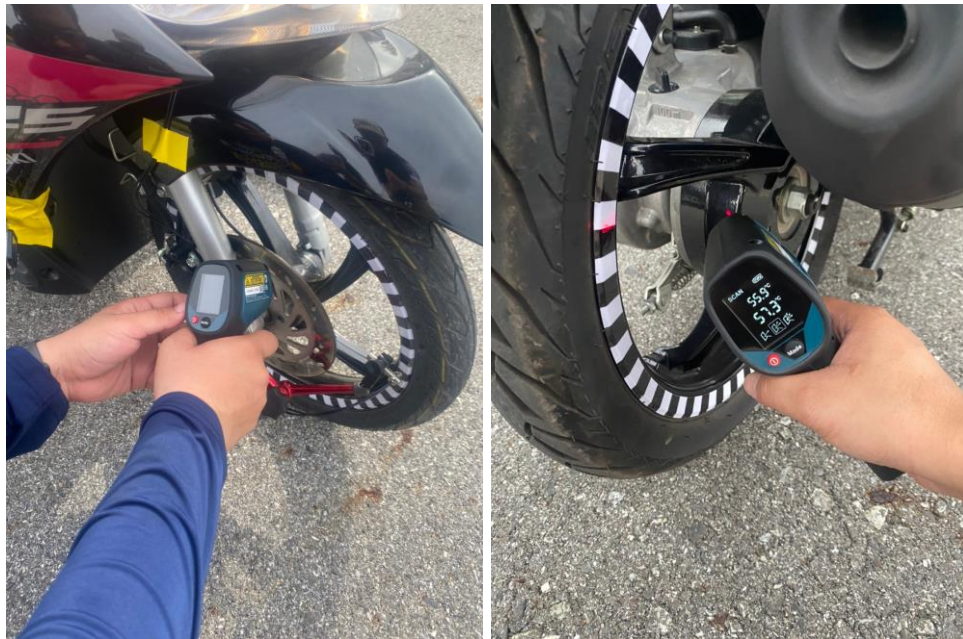


ก)



ข)

ภาพที่ 3.34 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การห้ามล้อสูงสุด ก) บนพื้นการยึดเกาะสูง และ ข) บนพื้นผิวการยึดเกาะต่ำ



ภาพที่ 3.35 การวัดอุณหภูมิที่ห้ามล้อหน้าและหลังก่อนทำการทดสอบ

สำหรับการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงนั้นกำหนดให้กระทำที่ความเร็ว 100 กม./ชม. หรือถ้าความเร็วสูงสุดที่ทำได้อาจไม่ถึง 100 กม./ชม. ให้กระทำที่ร้อยละ 90 ของความเร็วสูงสุดที่ทำได้นั้น ด้วยข้อกำหนดดังกล่าวก่อนทำการทดสอบจึงต้องนำรถจักรยานยนต์ทุกคันทดสอบหาความเร็วสูงสุดของแต่ละคันเนื่องจากผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ไม่ได้ระบุความเร็วสูงสุดของตัวรถไว้และกระทำทุกครั้งที่เปลี่ยนยางล้อ ค่าความเร็วสูงสุดที่แสดงบนหน้าปัทมเองไม่ได้เป็นตัวบอกความเร็วสูงสุดและโดยปกติมีค่ามากกว่าความเร็วสูงสุดที่ตัวรถทำได้เสมอ สิ่งนี้เป็นเพราะเหตุผลทางจิตวิทยาที่ว่าตัวเลขความเร็วที่สูงขึ้นทำให้ผู้ใช้มีความรู้สึกว่ารถที่ขับขี่อยู่มีเครื่องยนต์ที่มีกำลังสูงถึงแม้ว่าผู้ใช้ไม่มีเจตนาที่จะทำความเร็วถึงระดับนั้นก็ตาม ความเร็วสูงสุดตามนิยามของประกาศกรมการขนส่งทางบกคือ ความเร็วที่ได้จากการใช้อัตราเร่งสูงสุดจากจุดเริ่มต้นเป็นระยะทาง 1.6 กม. บนถนนราบโดยรถมีการบรรทุกทุกเบา

3.7 การหาระยะห้ามล้อจริงของรถจักรยานยนต์

การหาระยะห้ามล้อจริงของรถจักรยานยนต์นั้นเริ่มต้นจากการให้นักขี่รถจักรยานยนต์ทำความเร็วคงที่ตามที่กำหนดในการทดสอบแต่ละแบบ เช่น 60 กม./ชม. เป็นต้น เมื่อนักขี่พร้อมนักขี่จะทำการตัดเครื่องยนต์และกดห้ามล้อมือหรือห้ามล้อเท้าทันทีเพื่อให้ความเร็วลดลงจนรถหยุดสนิทโดยไม่มีการลื่นของล้อหน้าและหลัง การหาระยะห้ามล้อจริงคิดจากการหาพื้นที่ใต้กราฟความเร็ว-เวลาซึ่งเริ่มคำนวณตั้งแต่เวลาที่นักขี่เริ่มกดห้ามล้อจนถึงรถหยุดสนิท อย่างไรก็ตาม นักขี่ไม่สามารถที่จะทำความเร็วตรงตามที่กำหนดไว้ได้เนื่องจากนักขี่ไม่ใช่หุ่นยนต์ มาตรฐานการ

ทดสอบ UNECE R78 จึงได้กำหนดสมการขึ้นมาเพื่อคำนวณหาระยะห้ามล้อปรับแก้ในกรณีที่ความเร็วก่อนทำการห้ามล้อไม่ตรงกับความเร็วที่กำหนดสำหรับการทดสอบโดยเป็นตามสมการที่ 9

$$S_s = 0.1V_s + (S_a - 0.1V_a)(V_s^2/V_a^2) \quad \text{สมการที่ 9}$$

เมื่อ S_s คือ ระยะห้ามล้อปรับแก้ (m)

V_s คือ ความเร็วทดสอบรถที่กำหนด (km/h)

S_a คือ ระยะห้ามล้อจริง (m)

V_a คือ ความเร็วการทดสอบรถจริง (km/h)

หมายเหตุ: สมการนี้ใช้ได้เมื่อความเร็วการทดสอบจริง (V_a) อยู่ในช่วงไม่เกิน ± 5 กม./ชม. ของความเร็วทดสอบที่กำหนด (V_s)

ส่วนที่ 4 ผลการวิจัย

ในส่วนนี้กล่าวถึงผลการทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ทั้ง 7 รุ่น ภายใต้ใช้ยางมาตรฐานโรงงานและการเปลี่ยนหน้ายางให้เล็กลงจากมาตรฐานหนึ่งขนาด สมรรถนะระบบห้ามล้อพิจารณาในรูปของระยะห้ามล้อและค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (MFDD) เทียบกับเกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะระบบห้ามล้อจากตาราง ค.1 โดยแสดงผลเปรียบเทียบในรุ่นเดียวกัน และทุกรุ่น การทดสอบทั้งหมดนี้ใช้ผู้เชี่ยวชาญขับขี่และมีอุปกรณ์ป้องกันการล้มติดตั้งเพื่อความปลอดภัย

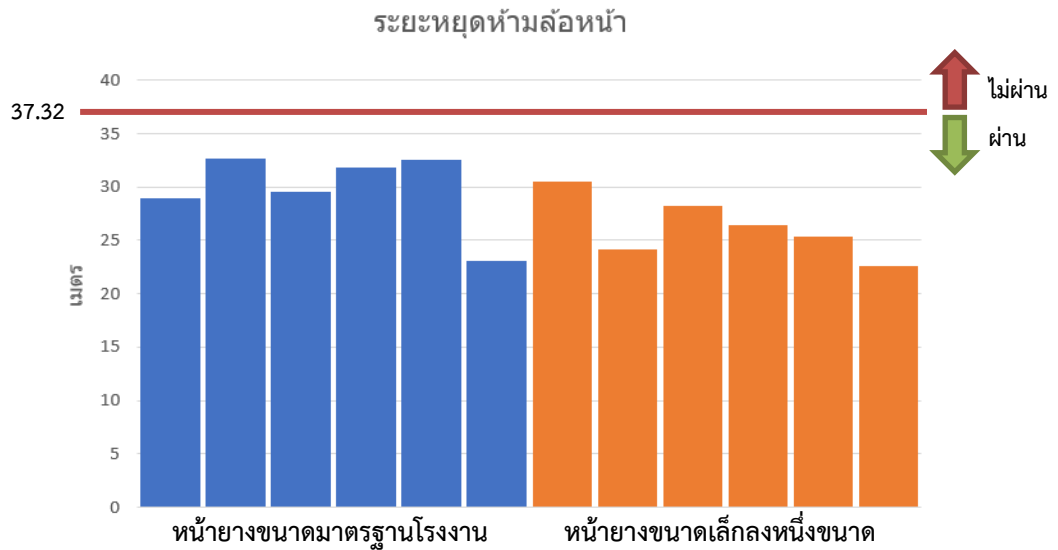
4.1 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Demon GPX

4.1.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

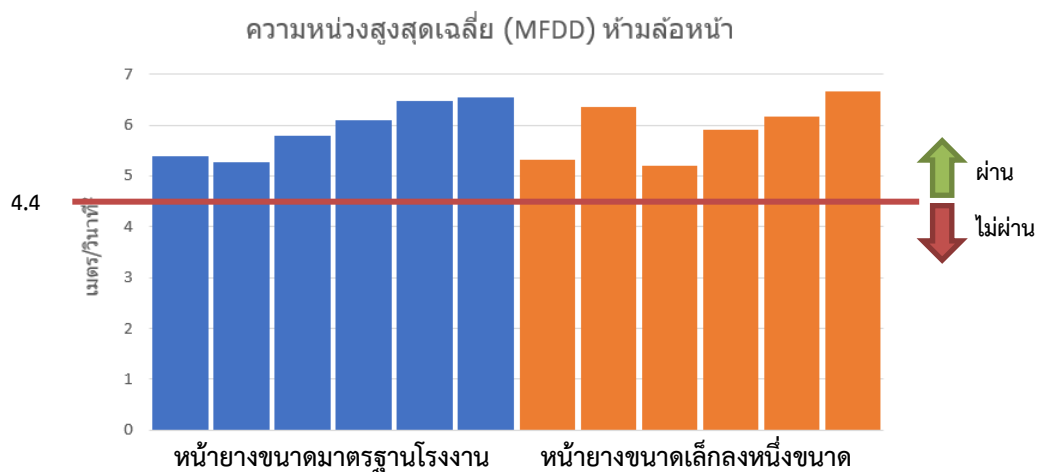
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Demon GPX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 - 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	28.99	32.61	29.59	31.79	32.57	23.03
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	30.49	24.12	28.19	26.45	25.36	22.64
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	5.38	5.28	5.79	6.08	6.48	6.55
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	5.31	6.36	5.20	5.91	6.16	6.67
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	79.1	78.4	85.2	87.7	97.1	116.8
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	74.8	99.7	88.7	98.6	90.8	101.0



ภาพที่ 4.1 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX



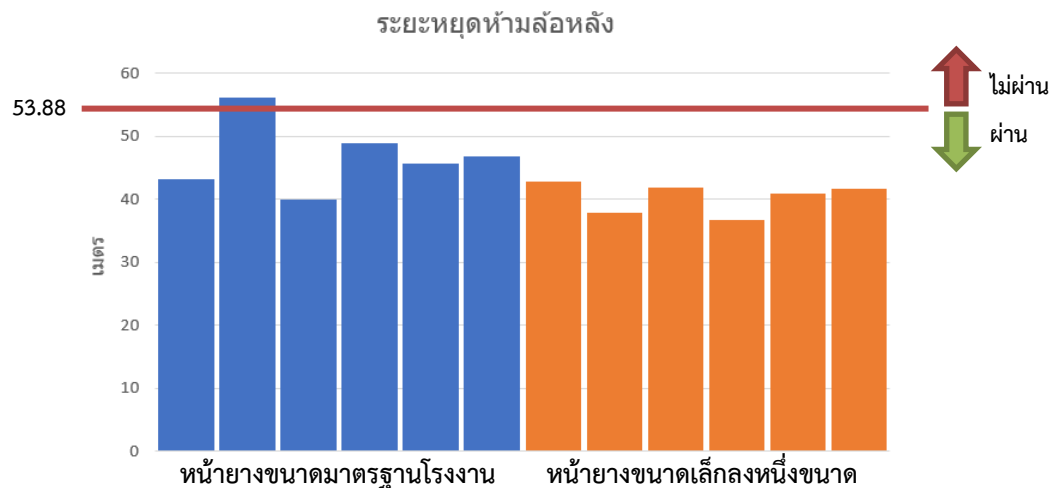
ภาพที่ 4.2 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX

4.1.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

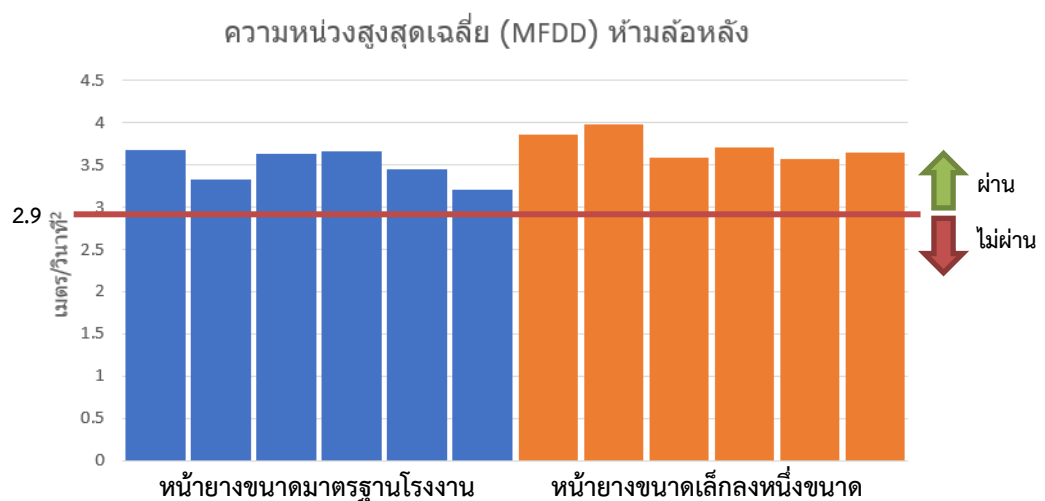
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Demon GPX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 - 4.4

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	43.17	56.15	39.97	48.93	45.58	46.83
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	42.87	37.85	41.80	36.66	40.84	41.59
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.67	3.33	3.62	3.65	3.44	3.21
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.86	3.97	3.58	3.71	3.57	3.64
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	110.1	94.6	109.7	98.7	105.8	97.5
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	113.6	112.4	110.1	102.7	117.0	109.4



ภาพที่ 4.3 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX



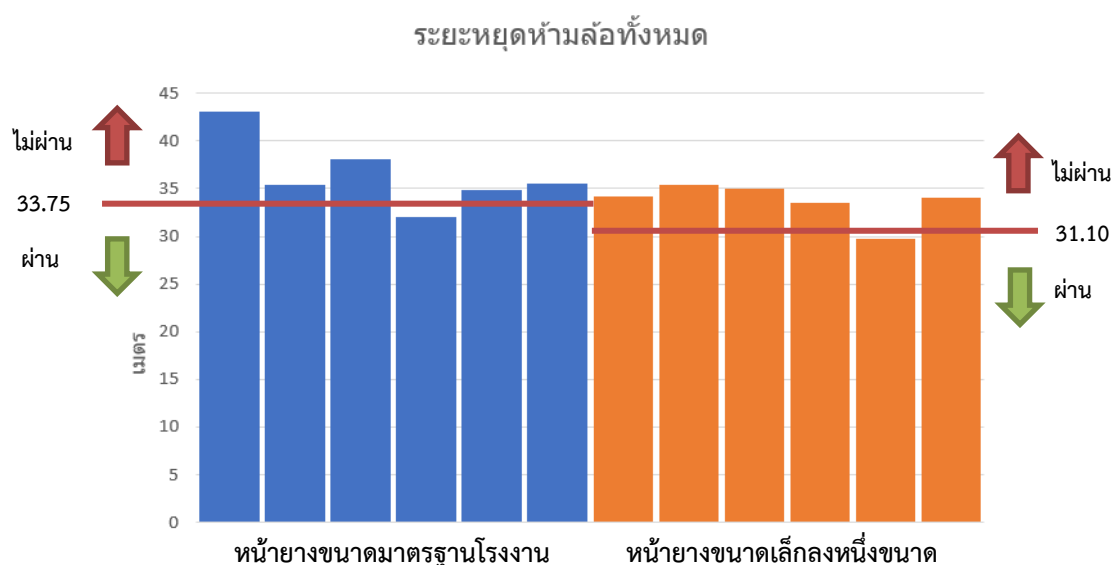
ภาพที่ 4.4 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX

4.1.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 33.75 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 75 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและ 31.10 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 72 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Demon GPX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.5 ตามเงื่อนไขที่หมายเหตุไว้ตามตารางที่ 3.4 ที่ว่าถ้าผลการทดสอบผ่านเพียง 1 ครั้งให้ถือว่าผ่านทั้งหมด

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	43.16	35.39	38.17	32.05	34.89	35.52
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	38.03	39.39	38.95	37.18	29.14	37.89
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	116.2	92.6	100.6	122.1	118.8	125.7
- หลัง	68.5	66.9	72.5	58.5	60.4	62.9
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	69.3	112.7	110.9	98.4	106.2	111.2
- หลัง	81.3	49.9	31.7	45.4	59.8	39.1



ภาพที่ 4.5 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Demon GPX

4.1.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

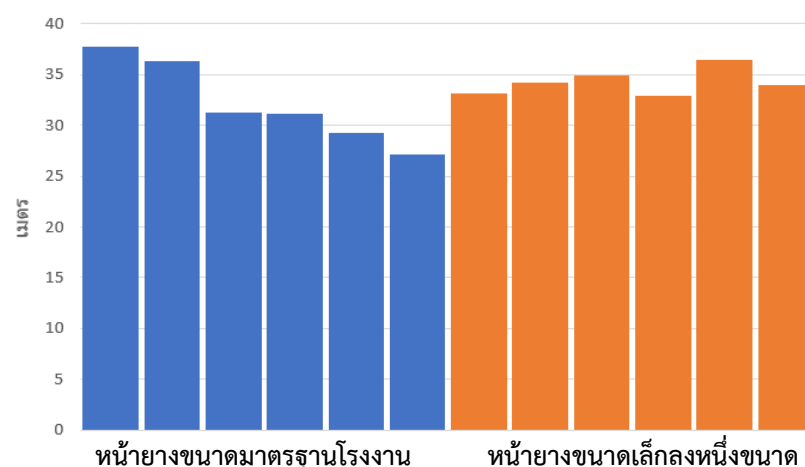
การทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6 – 4.7

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Demon GPX

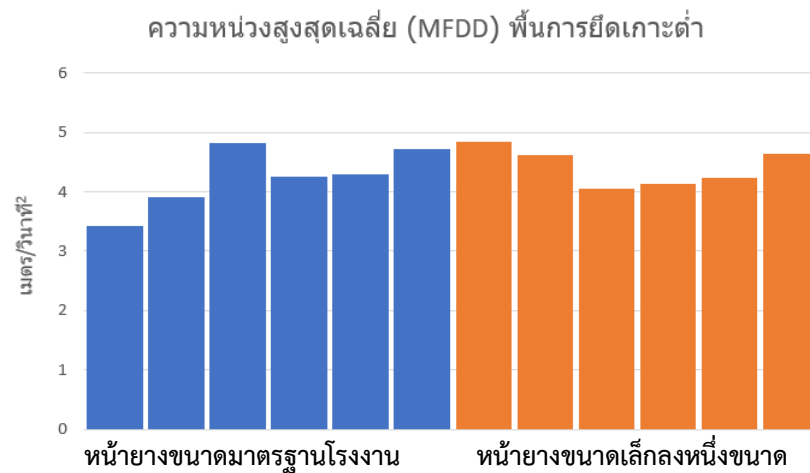
ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	37.80	36.31	31.31	31.17	29.26	27.16
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	33.13	34.16	34.98	32.89	36.40	34.01
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.42	3.92	4.81	4.24	4.29	4.72
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	4.83	4.62	4.04	4.13	4.23	4.64
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	42.4	60.1	75.5	40.6	16.4*	40.3
- หลัง	50.2	69.6	54.7	58.6	49.4	57.1
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	45.9	52.0	54.2	51.3	52.5	54.2
- หลัง	38.9	33.1	34.1	41.9	50.4	47.3

* มีข้อผิดพลาดในการเก็บข้อมูลส่งผลให้มิติน้อยกว่าปกติ

ระยะหยุดห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ



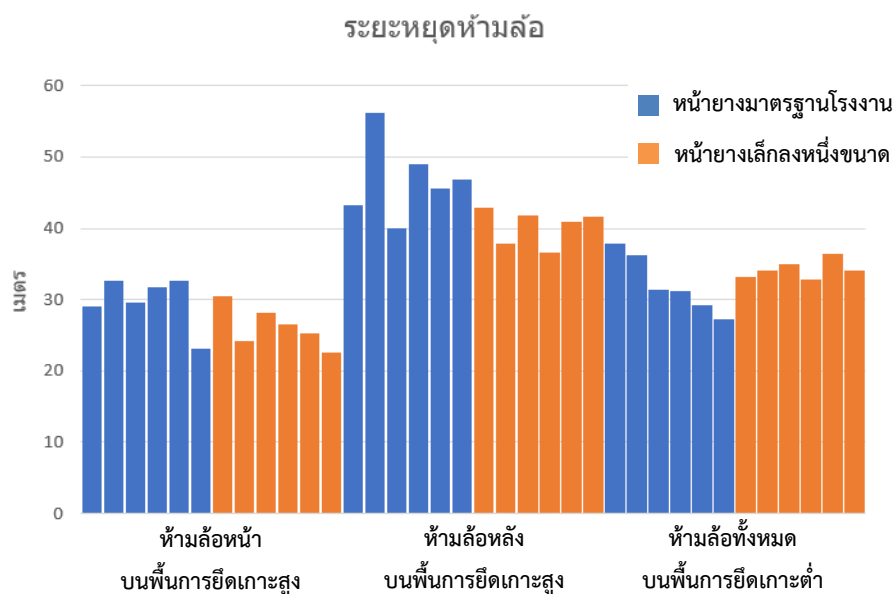
ภาพที่ 4.6 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Demon GPX



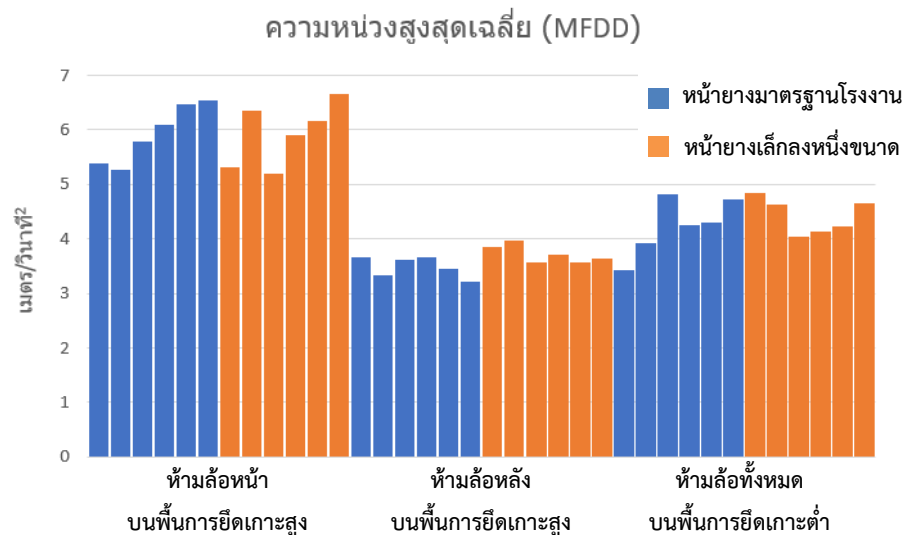
ภาพที่ 4.7 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Demon GPX

4.1.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.8 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Demon GPX ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหน้านั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าล้อหลัง ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นอยู่ระหว่างระยะห้ามล้อหน้าและห้ามล้อหลังซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้ประโยชน์จากความฝืดของพื้นการยึดเกาะต่ำได้เกือบเต็มที่ซึ่งสังเกตได้จากค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยในภาพที่ 4.9 ระยะห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่พื้นซึ่งถ้ามีค่าต่ำมากจะทำให้ระยะห้ามล้อยาวขึ้นเนื่องจากเกิดการไถลหรือล้อเกิดการล็อก สำหรับการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้เนื่องจากความเร็วเริ่มต้นสูงกว่า 60 กม./ชม.



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Demon GPX



ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Demon GPX

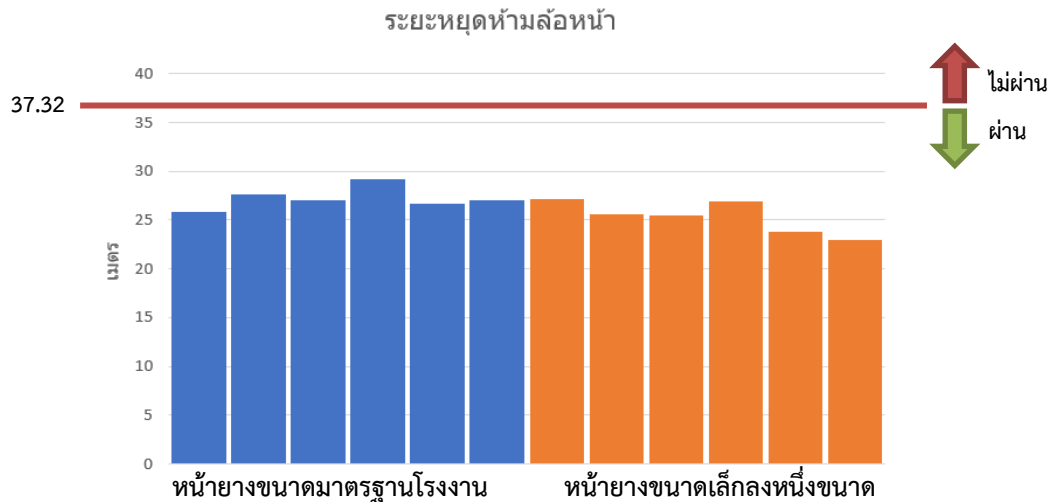
4.2 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Skydrive

4.2.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

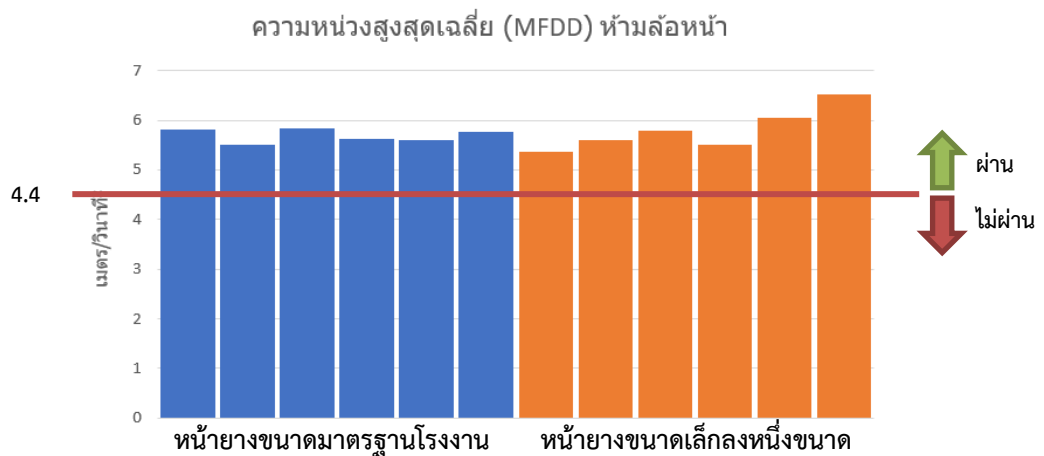
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Skydrive ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้่ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.10 - 4.11

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้่ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	25.81	27.61	27.04	29.20	26.69	27.09
- หน้่ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	27.15	25.53	25.49	26.95	23.79	22.93
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้่ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	5.81	5.50	5.83	5.63	5.60	5.75
- หน้่ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	5.36	5.61	5.78	5.50	6.04	6.53
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้่ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	145.2	117.4	125.6	95.7	128.3	122.1
- หน้่ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	94.5	110.6	141.2	123.3	104.1	133.6



ภาพที่ 4.10 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive



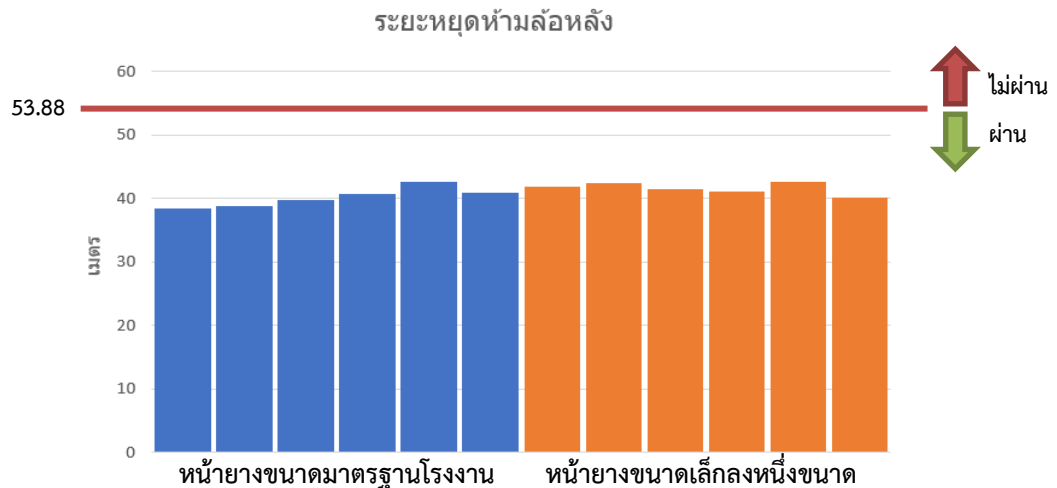
ภาพที่ 4.11 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive

4.2.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

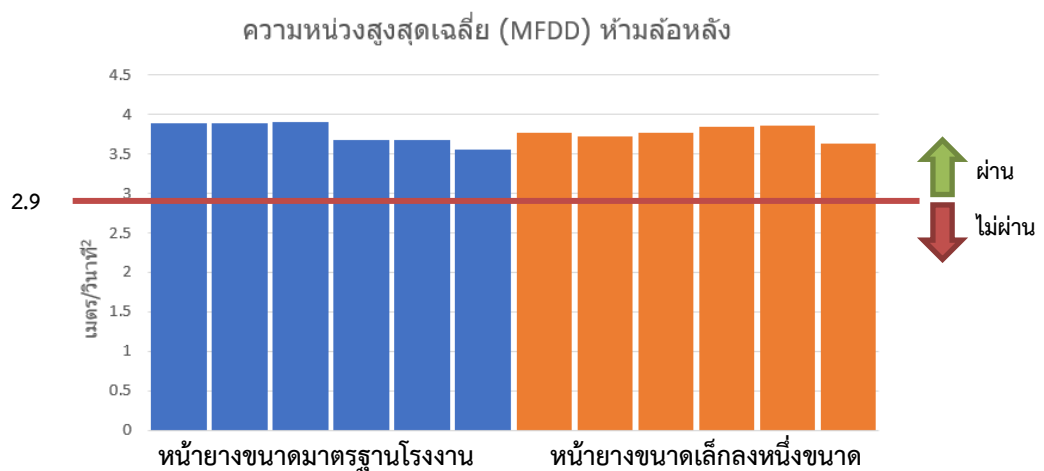
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Skydrive ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.12 - 4.13

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	38.46	38.79	39.69	40.8	42.66	40.94
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	41.91	42.39	41.54	41.02	42.65	40.22
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.89	3.89	3.90	3.68	3.67	3.56
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.76	3.72	3.76	3.84	3.85	3.63
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	157.4	165.3	155.1	163.2	133.3	150.8
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	149.8	153.9	145.5	154.0	134.5	147.8



ภาพที่ 4.12 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive



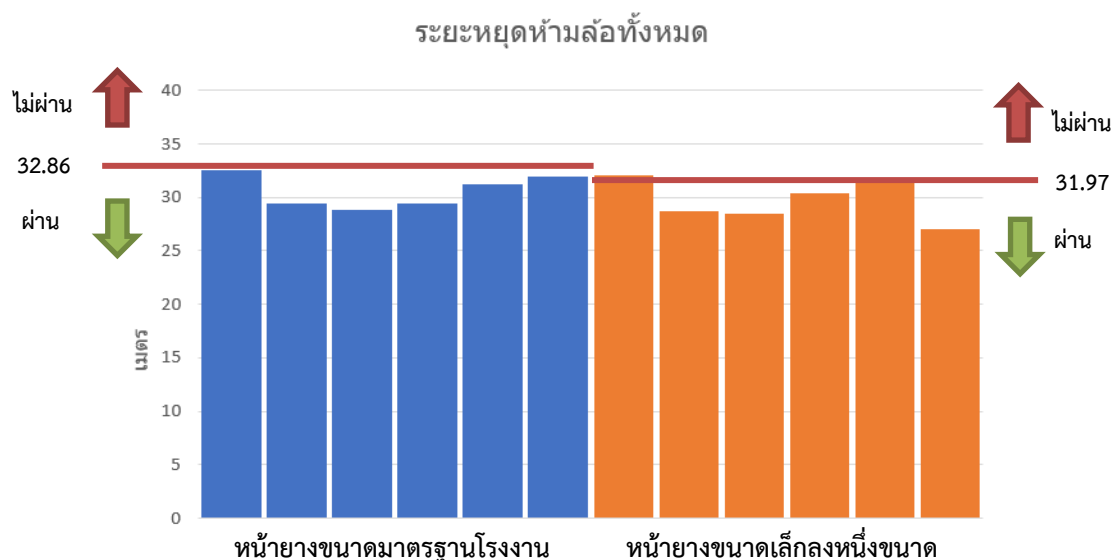
ภาพที่ 4.13 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive

4.2.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 32.86 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 74 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและ 31.97 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 73 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Skydrive ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	32.54	29.45	28.78	29.44	31.20	31.89
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	32.01	28.66	28.45	30.37	31.63	27.09
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	104.3	92.3	113.9	116.8	133.5	94.5
- หลัง	124.8	103.6	82.7	92.6	81.5	91.1
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	96.5	113.6	96.4	113.1	117.0	111.0
- หลัง	102.1	87.5	99.4	61.4	79.1	93.9



ภาพที่ 4.14 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Skydrive

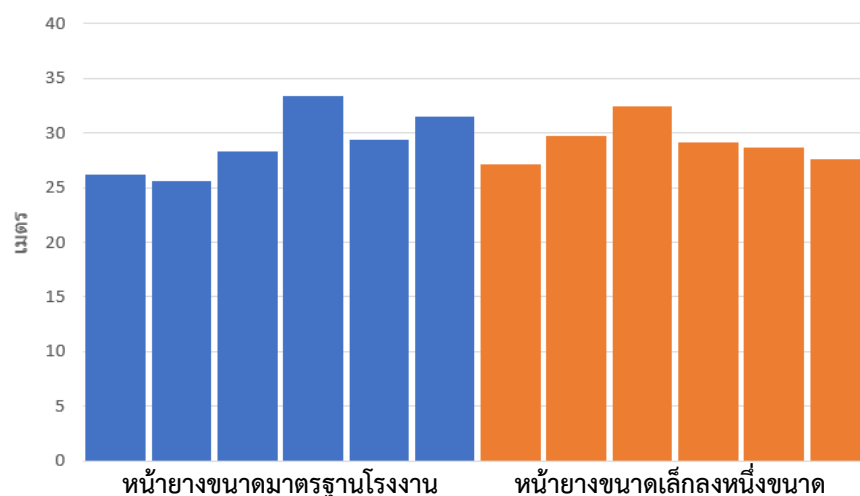
4.2.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

การทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.15 - 4.16

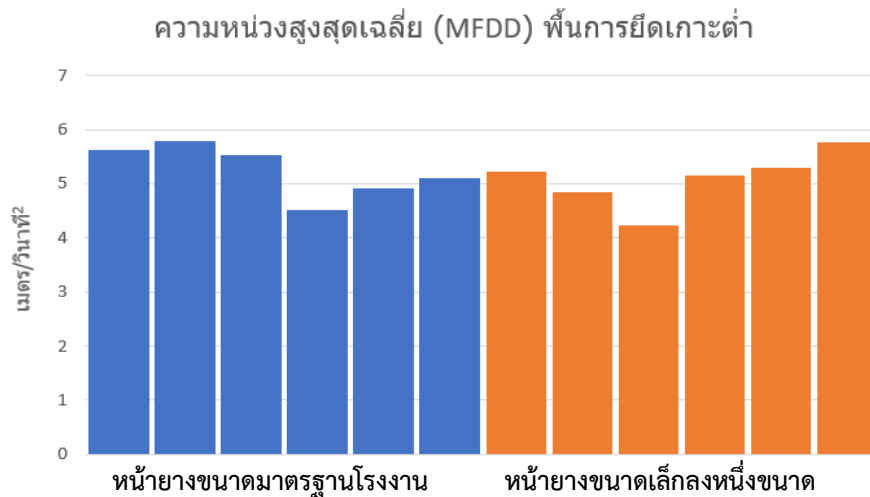
ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Skydrive

เกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	26.16	25.61	28.37	33.45	29.36	31.5
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	27.10	29.72	32.43	29.16	28.67	27.65
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	5.63	5.79	5.52	4.50	4.92	5.09
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	5.22	4.85	4.24	5.15	5.30	5.75
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	86.3	81.5	80.6	72.8	77.1	90.4
- หลัง	57.5	60.5	87.5	72.9	81.7	88.9
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	70.6	71.2	69.7	68.9	65.0	80.6
- หลัง	90.8	87.6	92.5	91.0	78.0	84.5

ระยะหยุดห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ



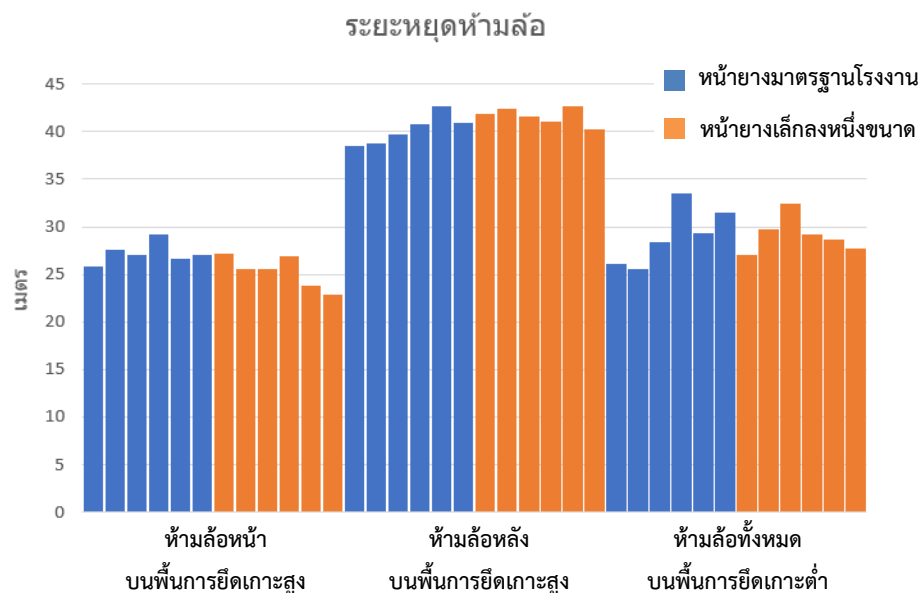
ภาพที่ 4.15 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Skydrive



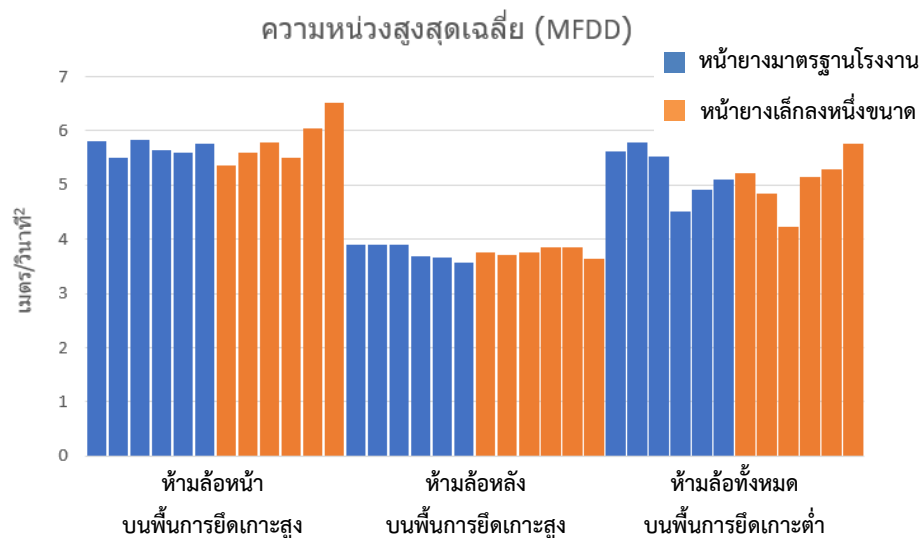
ภาพที่ 4.16 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Skydrive

4.2.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.17 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Skydrive ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหนานั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าล้อหลังเช่นเดียวกับ Demon GPX ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นอยู่ระหว่างระยะห้ามล้อหน้าและห้ามล้อหลัง แต่ค่อนข้างใกล้เคียงกับระยะห้ามล้อหน้าซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการใช้ประโยชน์จากความฝืดของพื้นการยึดเกาะต่ำได้เกือบเต็มที่ซึ่งสังเกตได้จากค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.17 เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Skydrive



ภาพที่ 4.18 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Skydrive

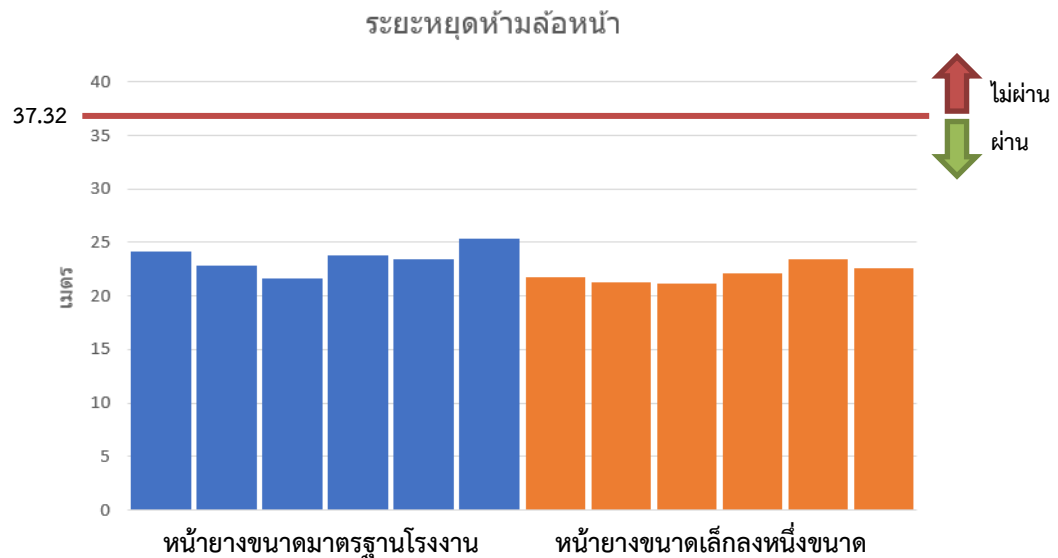
4.3 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Honda Wave

4.3.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

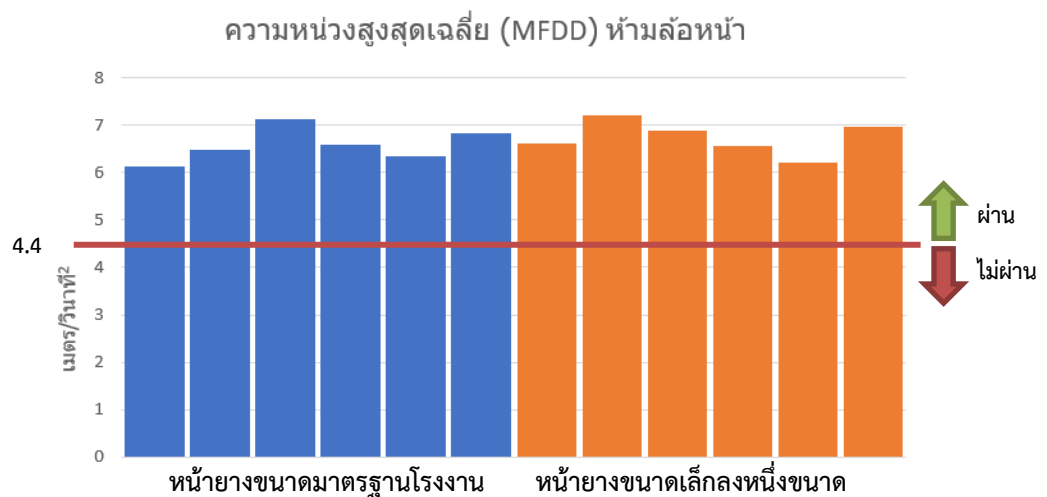
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Honda Wave ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.19 - 4.20

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	23.94	22.88	21.85	23.44	23.63	25.51
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	23.03	22.17	21.17	22.23	23.60	23.57
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	6.14	6.49	7.12	6.58	6.34	6.82
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	6.61	7.21	6.89	6.57	6.22	6.98
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	95.4	80.6	101.3	105.2	106.9	100.9
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	97.0	110.1	101.3	104.2	95.4	107.5



ภาพที่ 4.19 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave



ภาพที่ 4.20 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

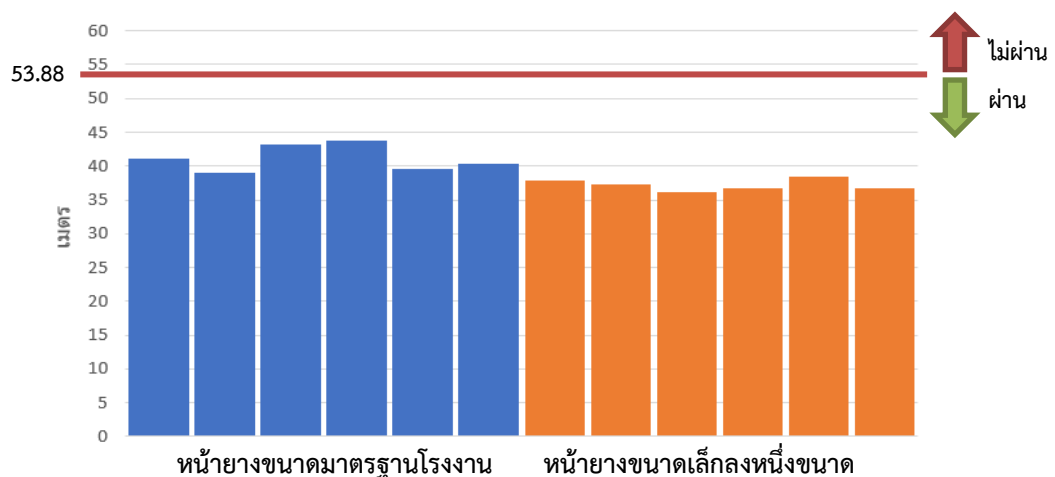
4.3.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Honda Wave ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.21 - 4.22

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

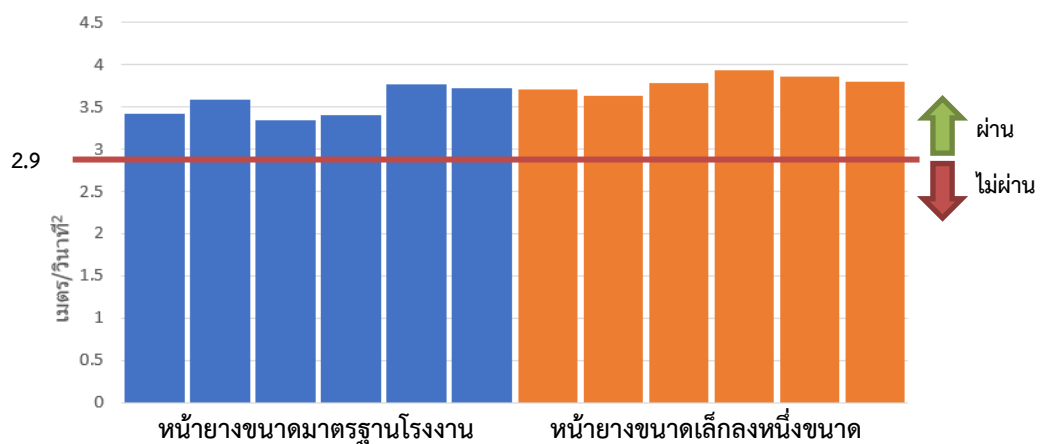
ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	41.16	39.04	43.18	43.80	39.60	40.25
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	37.86	37.30	36.09	36.71	38.38	36.69
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.41	3.59	3.35	3.39	3.76	3.72
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.70	3.62	3.78	3.94	3.86	3.80
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	146.0	155.8	145.1	146.5	156.9	156.6
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	159.0	165.3	168.8	169.1	168.5	171.9

ระยะหยุดห้ามล้อหลัง



ภาพที่ 4.21 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (MFDD) ห้ามล้อหลัง



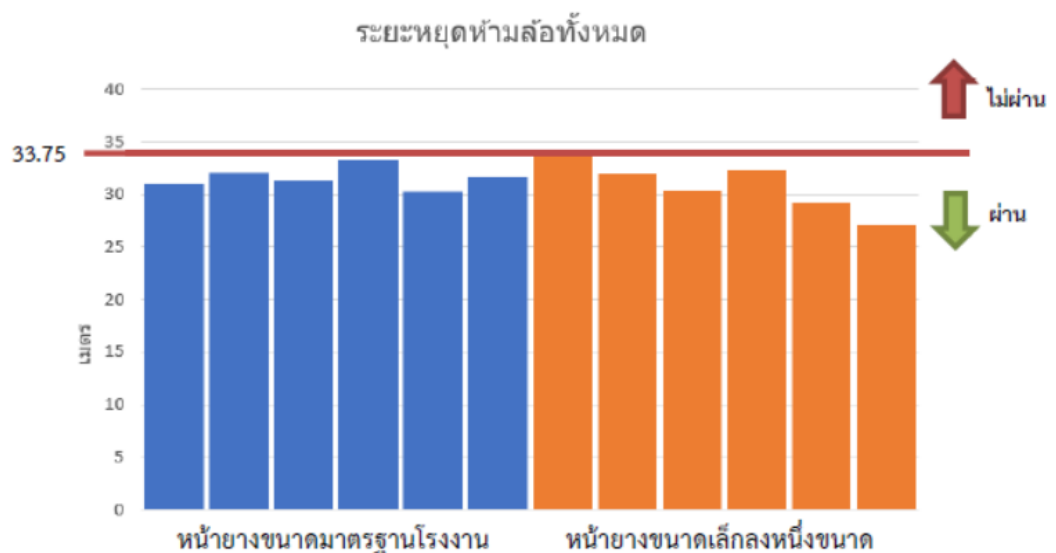
ภาพที่ 4.22 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

4.3.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 33.75 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 75 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Honda Wave ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.23

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	31.05	32.12	31.37	33.23	30.22	31.67
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	33.98	31.91	30.36	32.26	29.22	29.22
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	107.1	91.6	106.6	99.1	121.0	103.1
- หลัง	91.6	99.7	74.3	73.1	68.1	78.0
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	100.0	96.5	123.1	102.5	108.5	120.6
- หลัง	87.3	84.4	71.1	80.9	60.1	57.7



ภาพที่ 4.23 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda Wave

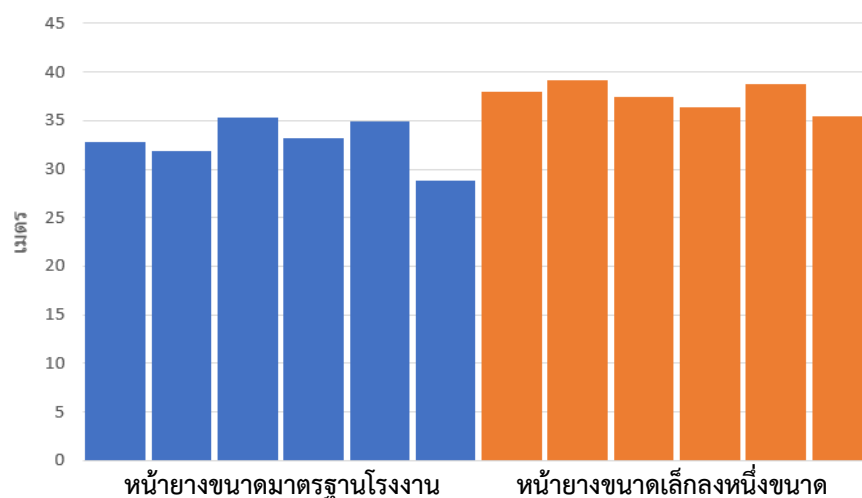
4.3.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

การทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.24 - 4.25

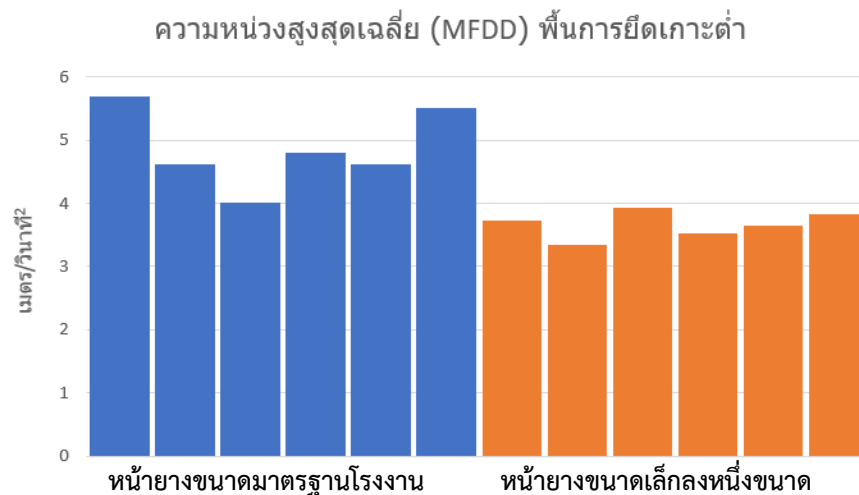
ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda Wave

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	32.91	31.91	35.46	33.32	35.02	28.99
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	39.73	39.26	37.47	36.45	38.88	35.59
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	5.70	4.62	4.02	4.79	4.61	5.50
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.73	3.34	3.92	3.52	3.64	3.83
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	69.4	67.5	63.9	64.2	67.2	79.8
- หลัง	75.9	50.2	51.9	69.9	54.4	85.6
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	51.2	46.1	39.4	48.2	47.1	37.3
- หลัง	60.5	69.1	85.2	83.3	66.7	85.0

ระยะหยุดห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ



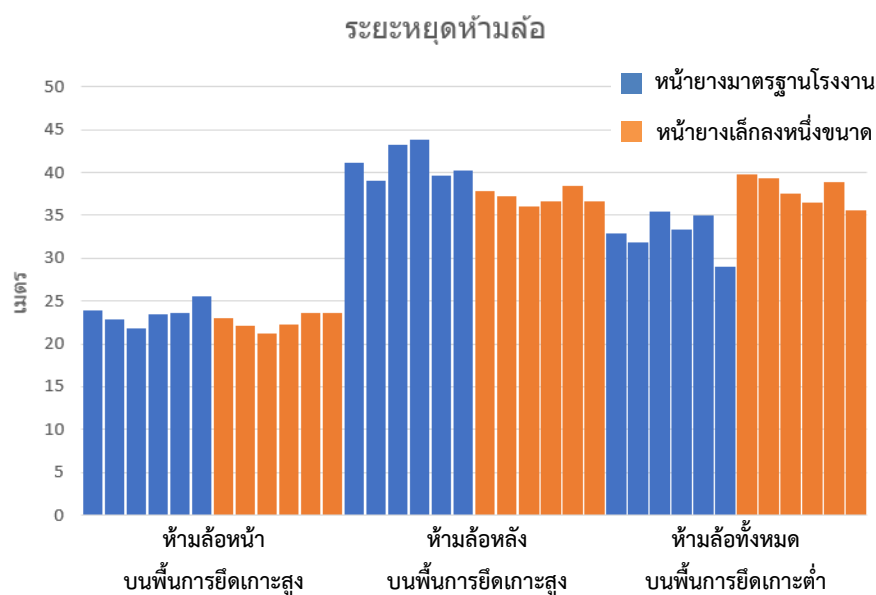
ภาพที่ 4.24 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda Wave



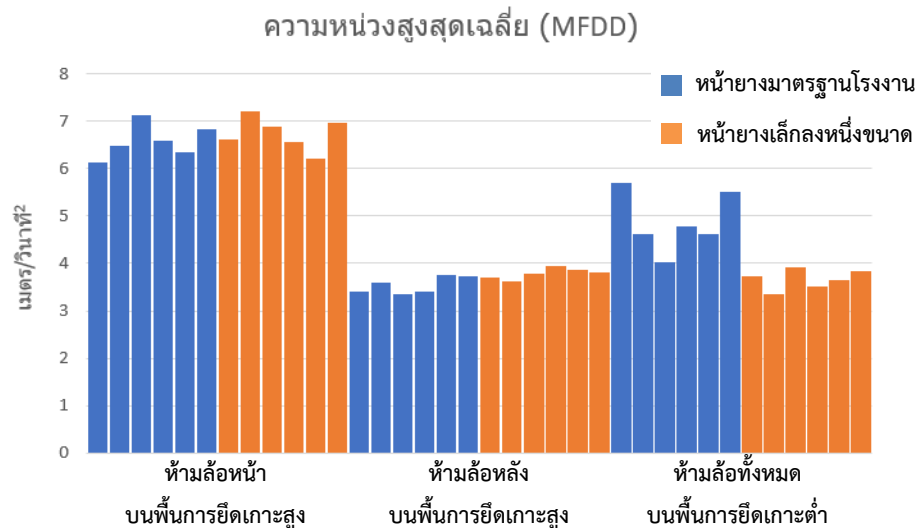
ภาพที่ 4.25 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda Wave

4.3.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.26 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda Wave ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหน้านั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าล้อหลังเช่นเดียวกับ Demon GPX และ Suzuki Skydrive ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นอยู่ระหว่างระยะห้ามล้อหน้าและห้ามล้อหลังยกเว้นในกรณีการห้ามล้อด้วยหน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาดบนพื้นการยึดเกาะต่ำที่มีระยะห้ามล้อใกล้เคียงกับระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยในภาพที่ 4.27



ภาพที่ 4.26 เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda Wave



ภาพที่ 4.27 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda Wave

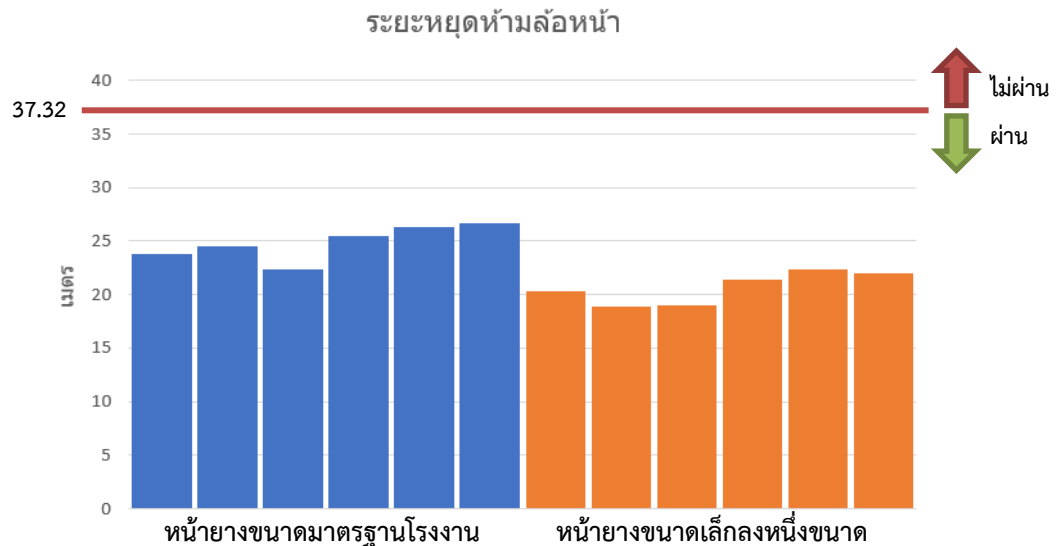
4.4 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha Finn

4.4.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

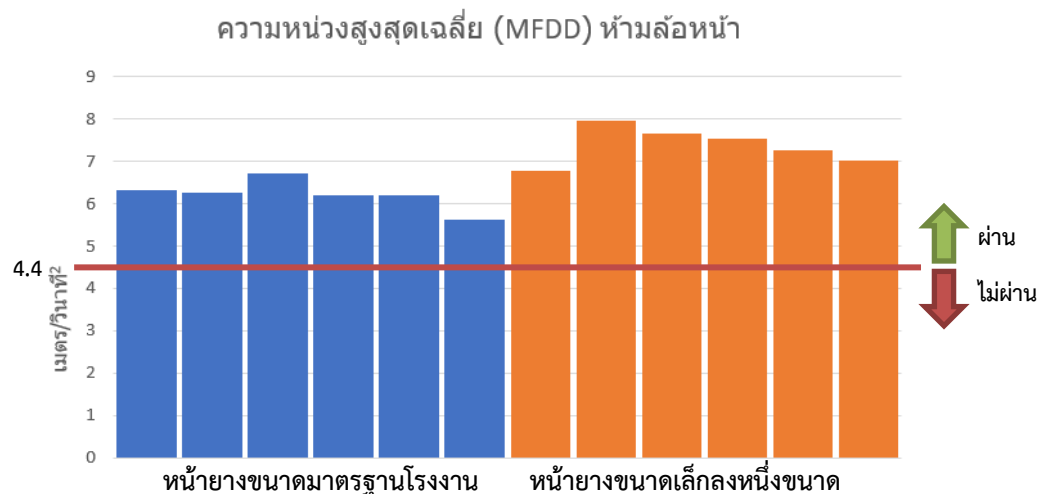
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha Finn ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.28 - 4.29

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	24.00	24.65	22.46	25.64	26.47	26.94
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	21.50	19.08	19.22	21.48	22.43	23.21
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	6.31	6.27	6.72	6.20	6.21	5.63
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	6.76	7.97	7.66	7.53	7.26	7.02
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	110.0	109.4	131.1	109.4	112.9	108.4
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	117.9	151.6	141.5	136.2	128.1	120.2



ภาพที่ 4.28 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn



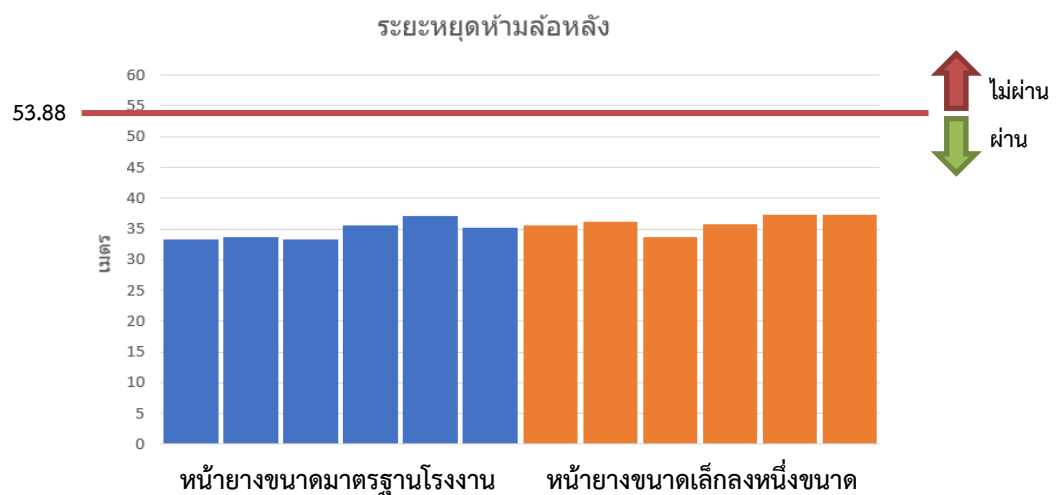
ภาพที่ 4.29 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn

4.4.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

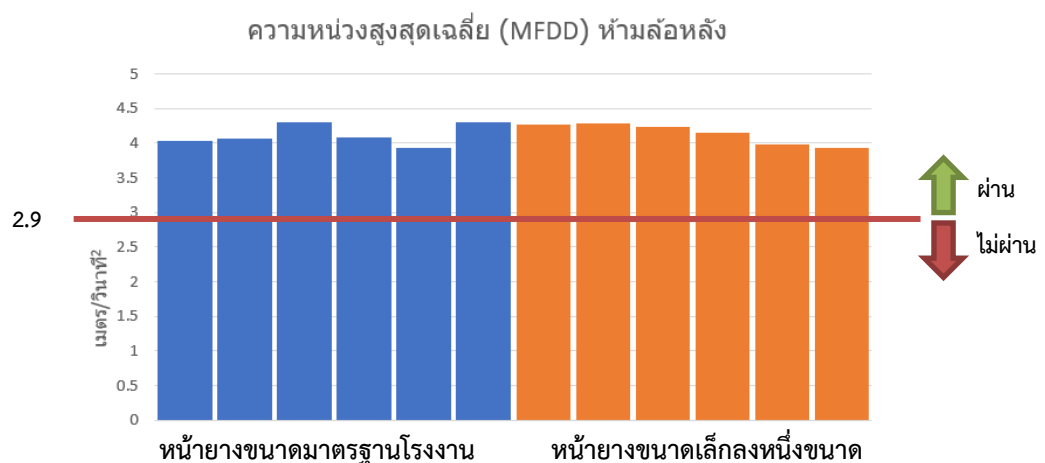
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha Finn ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กกลึงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.14 และภาพที่ 4.30 - 4.31

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบระบบห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	33.24	33.73	33.36	35.58	37.01	35.16
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	35.59	36.19	33.76	35.87	37.38	37.22
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	4.03	4.08	4.31	4.09	3.94	4.30
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	4.26	4.28	4.23	4.15	3.98	3.93
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	135.3	130.8	134.9	129.0	128.2	132.1
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	127.8	137.1	138.7	126.9	130.6	128.5



ภาพที่ 4.30 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn



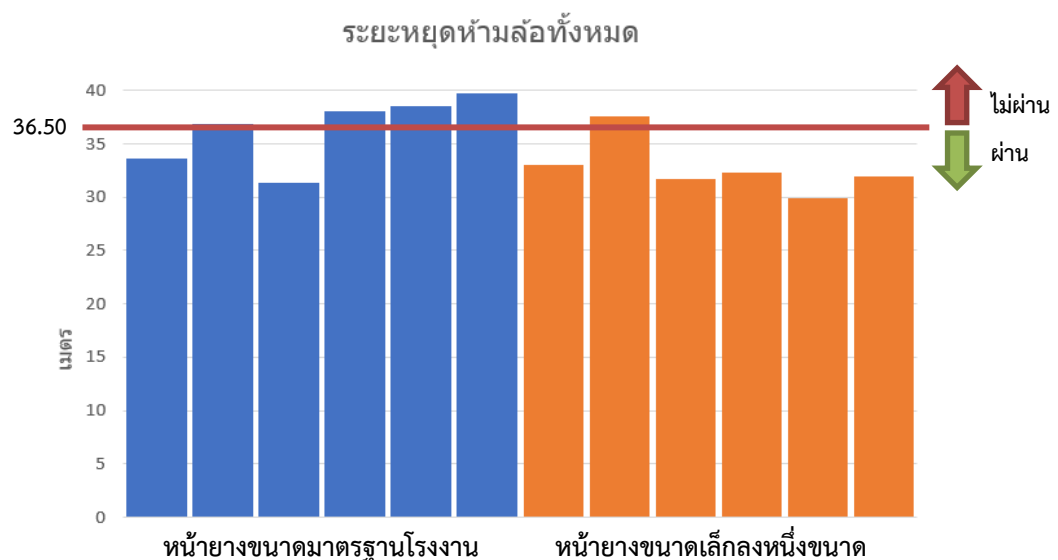
ภาพที่ 4.31 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn

4.4.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 36.50 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 78 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha Finn ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.32

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	33.58	36.90	31.40	38.01	38.52	39.79
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	33.04	37.60	31.68	32.35	29.94	31.98
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	91.5	98.3	98.3	109.8	103.2	85.0
- หลัง	76.8	70.8	64.4	63.8	59.7	78.2
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	88.0	93.9	105.6	108.6	127.3	105.7
- หลัง	78.2	67.7	65.9	64.9	60.0	72.8



ภาพที่ 4.32 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha Finn

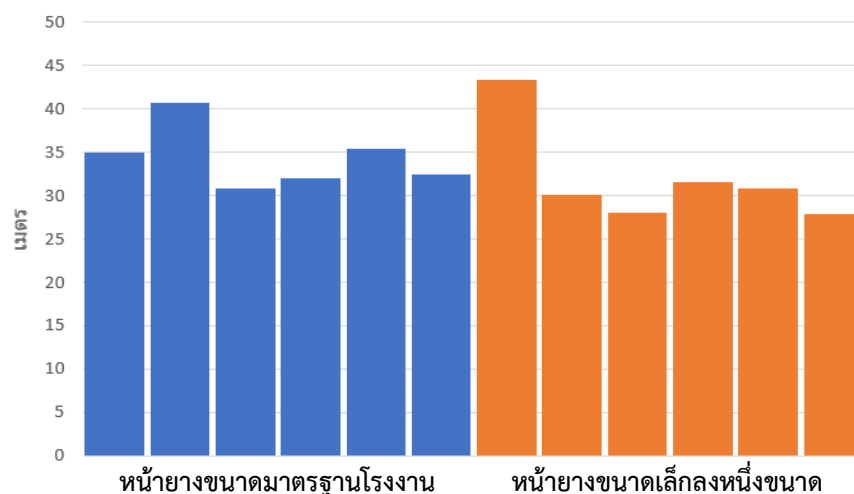
4.4.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

การทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.16 และภาพที่ 4.33 - 4.34

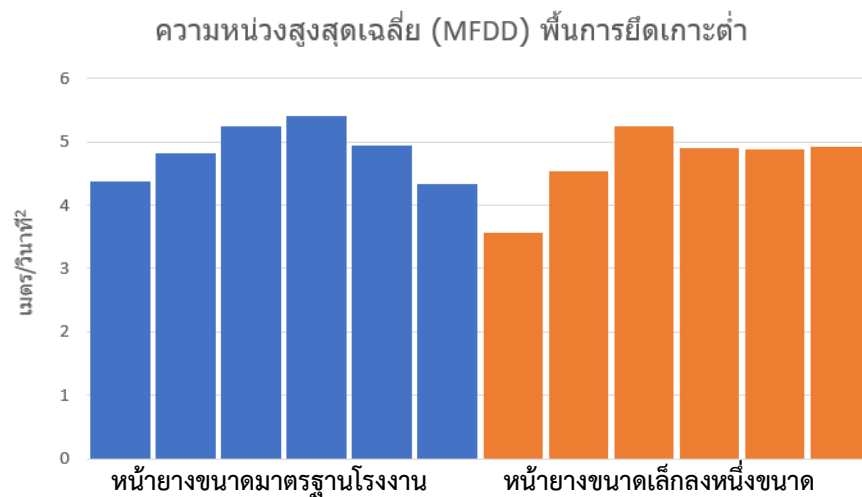
ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha Finn

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	35.09	40.78	30.95	32.19	35.49	32.58
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	43.42	30.20	26.59	31.65	30.92	28.01
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	4.38	4.81	5.24	5.41	4.94	4.34
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.56	4.54	5.25	4.89	4.88	4.93
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	45.8	48.4	50.0	61.7	56.5	50.1
- หลัง	48.8	61.1	73.4	61.3	56.0	41.0
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	39.8	43.2	44.6	41.6	52.7	49.8
- หลัง	27.6	56.0	76.8	66.1	65.1	71.2

ระยะหยุดห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ



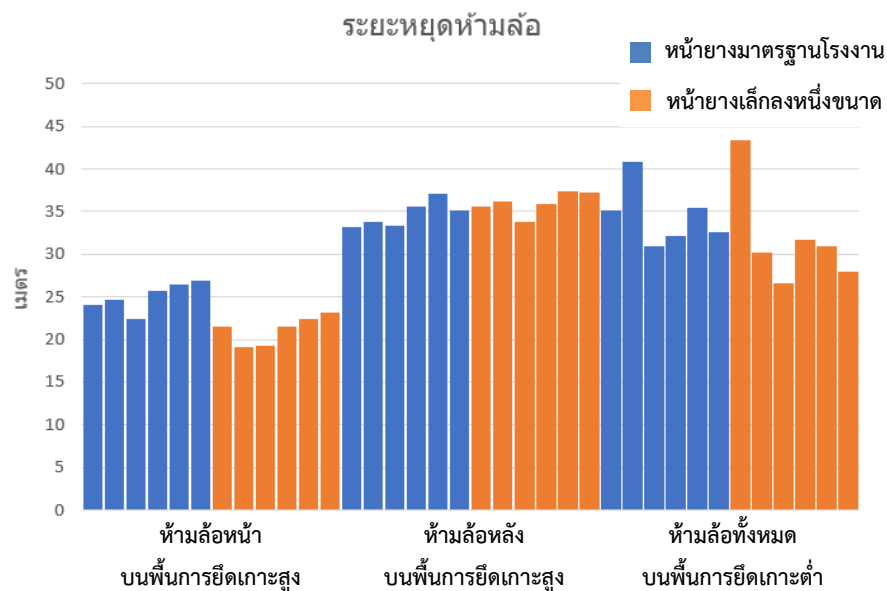
ภาพที่ 4.33 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha Finn



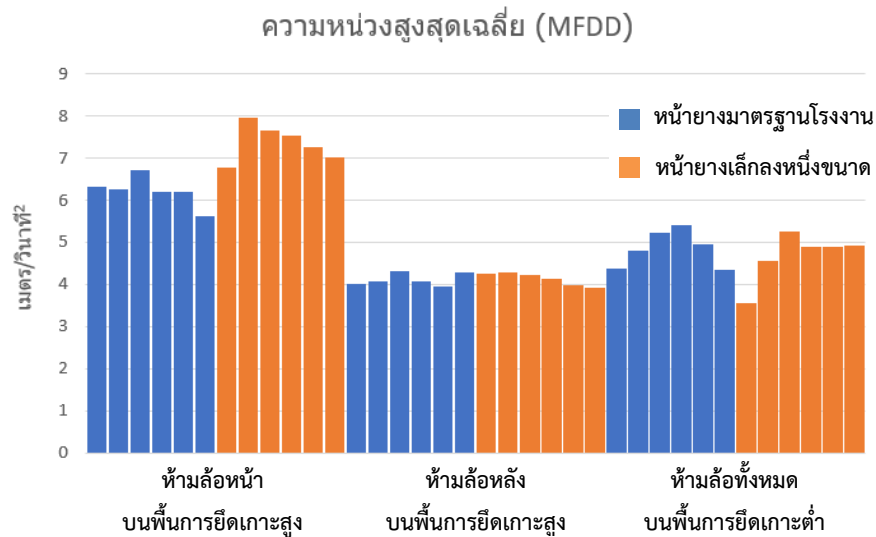
ภาพที่ 4.34 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha Finn

4.4.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.35 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha Finn ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหน้านั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าล้อหลังเช่นเดียวกันกับรถจักรยานยนต์รุ่นก่อนหน้านี้ ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นอยู่ระหว่างระยะห้ามล้อหน้าและห้ามล้อหลัง แต่ค่อนข้างใกล้เคียงกับระยะห้ามล้อหลังซึ่งสอดคล้องกับค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยที่มากกว่าเล็กน้อยในภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha Finn



ภาพที่ 4.36 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha Finn

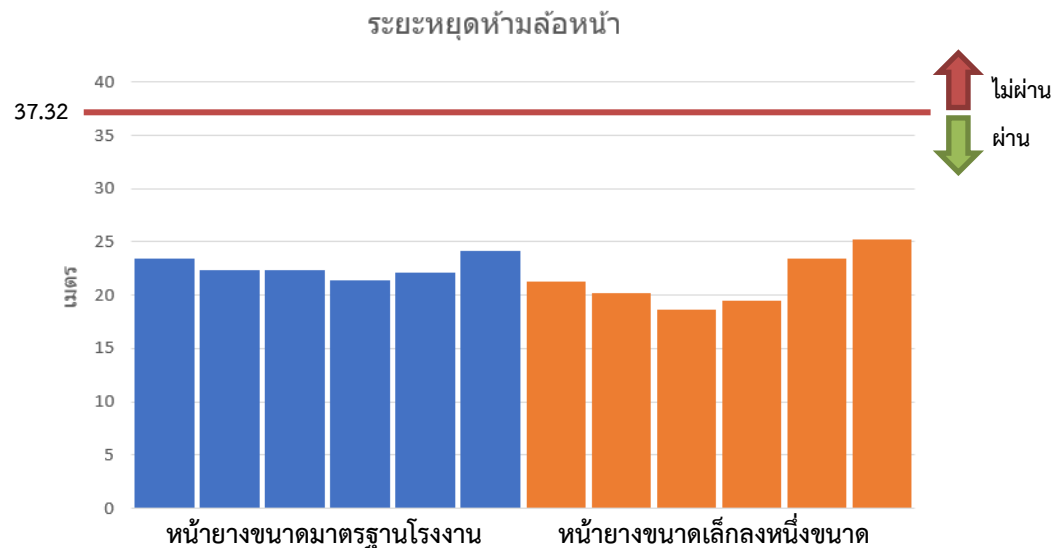
4.5 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Honda MSX

4.5.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

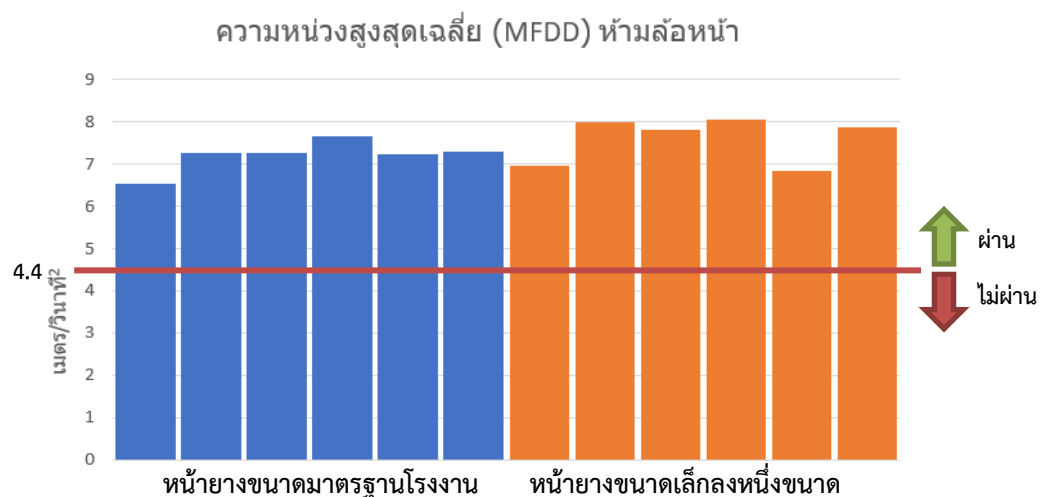
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตร หรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Honda MSX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.37 - 4.38

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	23.48	22.36	22.30	21.45	22.07	24.12
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	21.29	20.22	18.64	19.44	23.42	25.21
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	6.54	7.25	7.25	7.66	7.24	7.29
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	6.95	8.00	7.81	8.05	6.84	7.87
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	87.4	99.0	108.2	112.6	104.6	97.8
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	90.7	98.1	101.5	106.5	86.9	84.1



ภาพที่ 4.37 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX



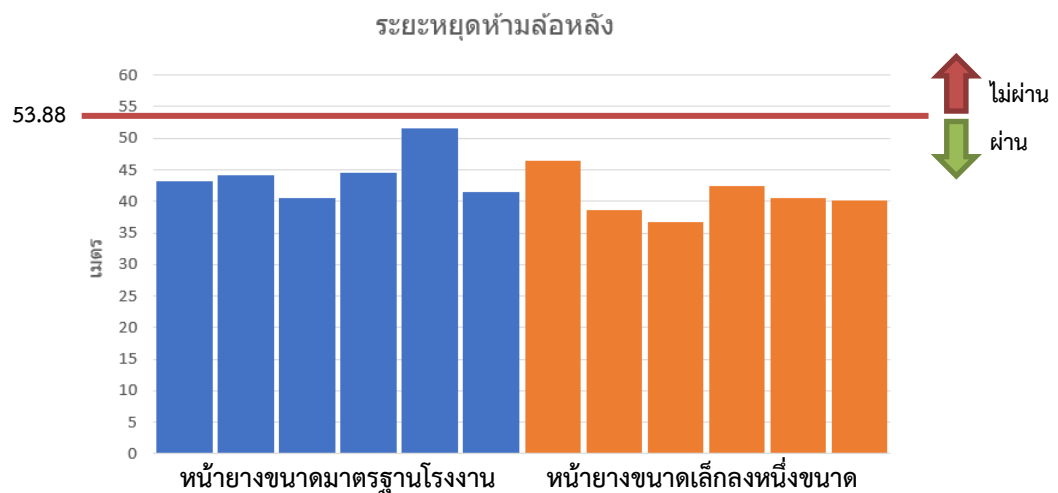
ภาพที่ 4.38 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX

4.5.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

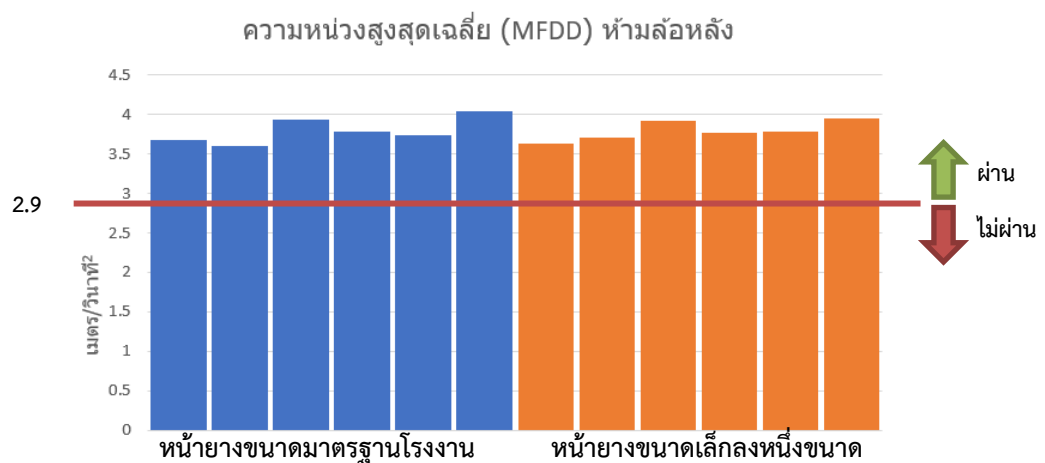
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Honda MSX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.39 - 4.40

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	43.18	44.07	40.45	44.47	51.54	41.55
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	46.43	38.54	36.65	42.44	40.46	40.08
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.68	3.60	3.94	3.78	3.74	4.05
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.62	3.70	3.91	3.77	3.79	3.95
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	172.2	159.6	149.8	151.8	140.3	164.1
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	150.7	163.8	153.4	146.3	150.1	155.1



ภาพที่ 4.39 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX



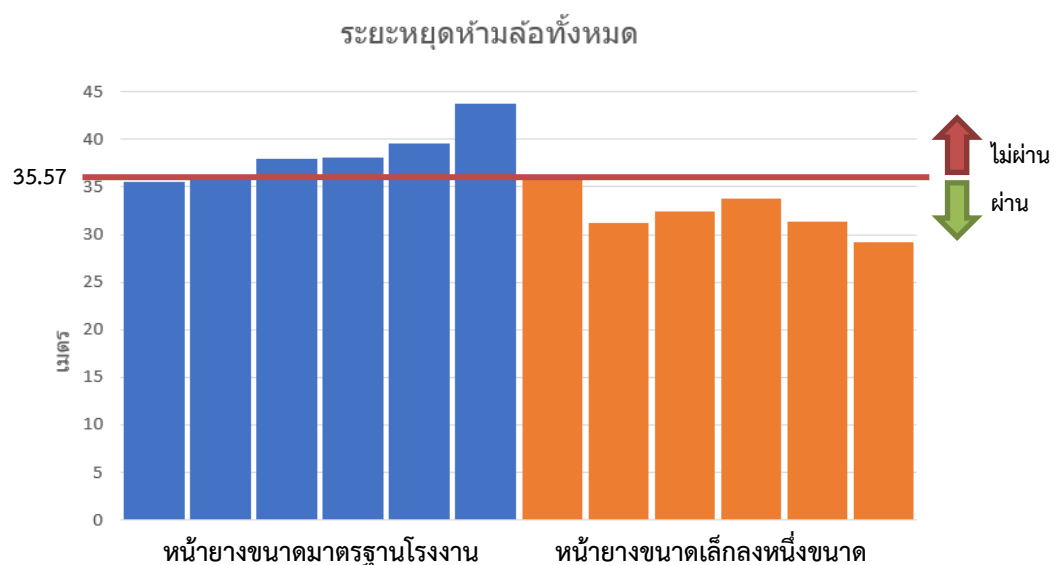
ภาพที่ 4.40 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX

4.5.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 36.50 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 78 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Honda MSX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.19 และภาพที่ 4.41

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	33.91	34.08	36.22	36.44	37.80	41.78
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	36.35	29.27	32.63	33.94	31.55	29.45
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	92.8	114.1	93.4	94.2	86.4	96.3
- หลัง	78.6	59.6	62.9	73.1	83.1	63.4
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	91.0	87.5	98.8	86.2	83.3	104.6
- หลัง	73.2	72.2	57.7	73.9	69.4	54.0



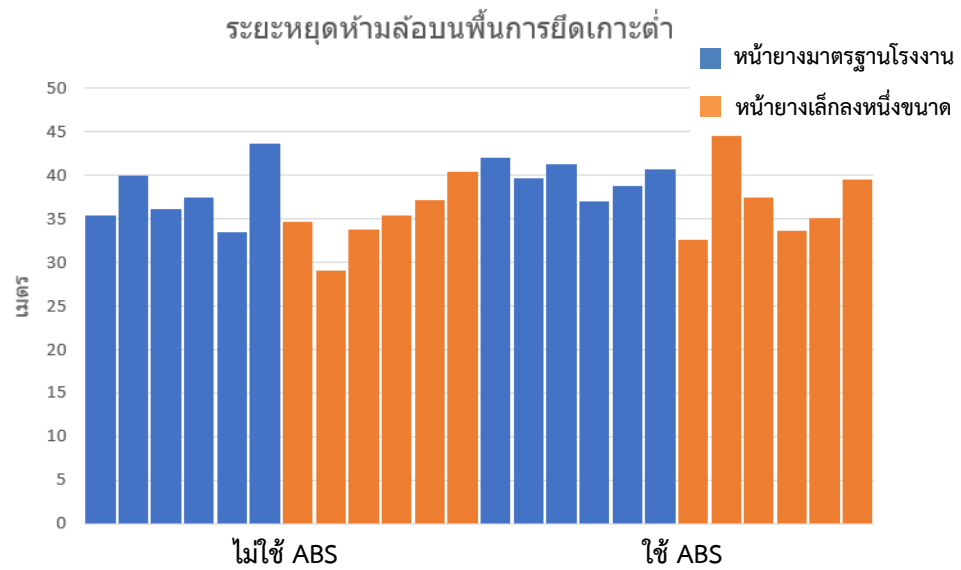
ภาพที่ 4.41 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Honda MSX

4.5.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

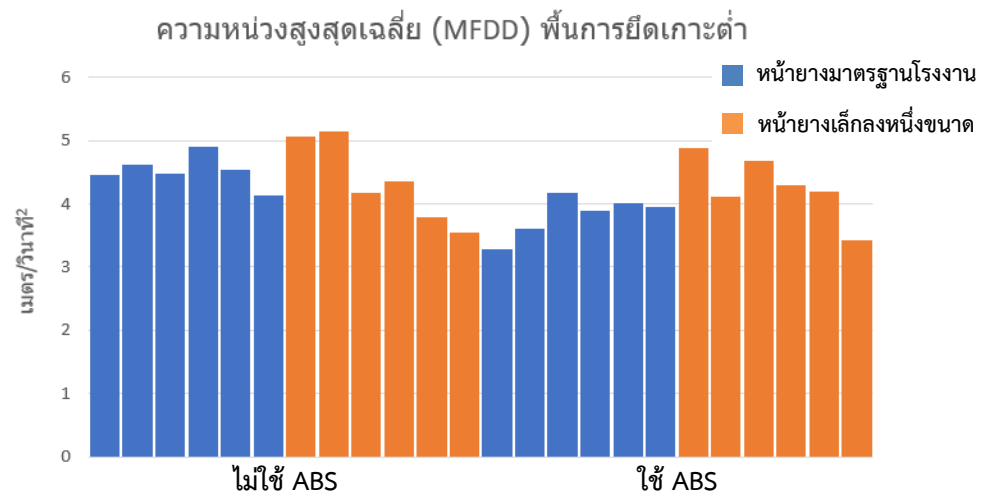
รถจักรยานยนต์ Honda MSX ติดตั้งระบบ ABS ที่ล้อหน้าล้อเดียวจึงได้ทำการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อระหว่างการไม่ใช้ ABS และใช้ ABS บนพื้นการยึดเกาะต่ำซึ่งการทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.20 และภาพที่ 4.42 - 4.43

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Honda MSX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อไม่ใช้ ABS (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	35.53	40.04	36.40	37.52	33.59	43.74
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	34.73	29.20	33.96	35.60	37.23	40.56
ระยะห้ามล้อใช้ ABS (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	40.62	39.82	41.41	37.14	38.83	40.80
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	31.21	44.65	37.56	33.69	35.28	39.69
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ใช้ ABS (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	4.46	4.61	4.47	4.90	4.53	4.14
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	5.05	5.15	4.17	4.36	3.79	3.54
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดใช้ ABS (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.30	3.61	4.16	3.88	4.01	3.94
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	4.88	4.10	4.69	4.29	4.20	3.43
แรงห้ามล้อเฉลี่ยไม่ใช้ ABS (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	45.4	47.4	52.3	58.9	41.9	37.7
- หลัง	75.6	88.1	83.9	82.9	84.9	84.8
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	58.8	55.3	49.3	44.8	34.5	30.1
- หลัง	66.9	66.7	60.1	73.3	80.7	86.4
แรงห้ามล้อเฉลี่ยใช้ ABS (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	78.4	108.3	111.0	138.7	143.7	161.8
- หลัง	54.1	48.0	79.7	72.0	80.1	63.6
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	111.1	162.2	141.9	146.9	154.6	184.6
- หลัง	79.1	68.4	88.1	71.7	68.7	76.1



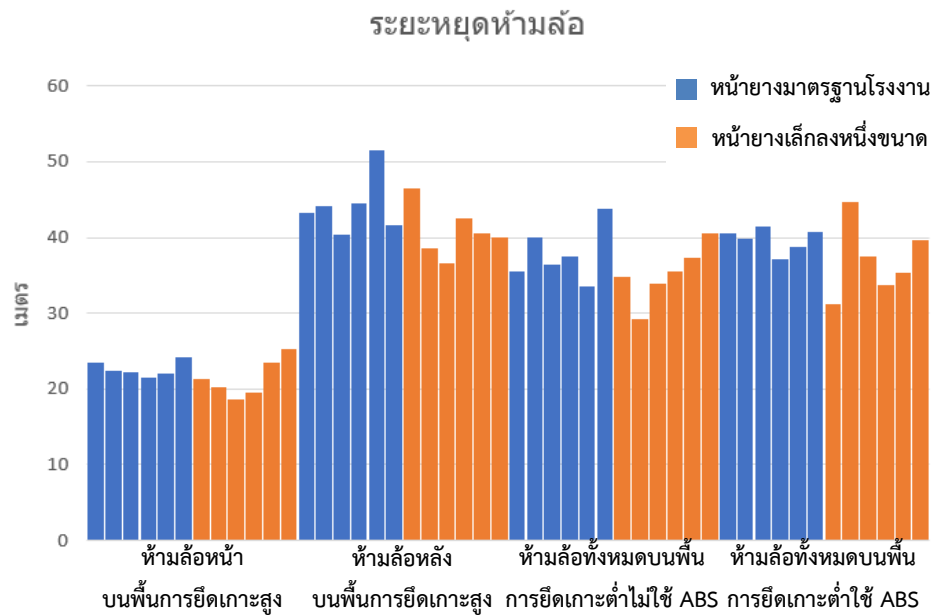
ภาพที่ 4.42 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Honda MSX



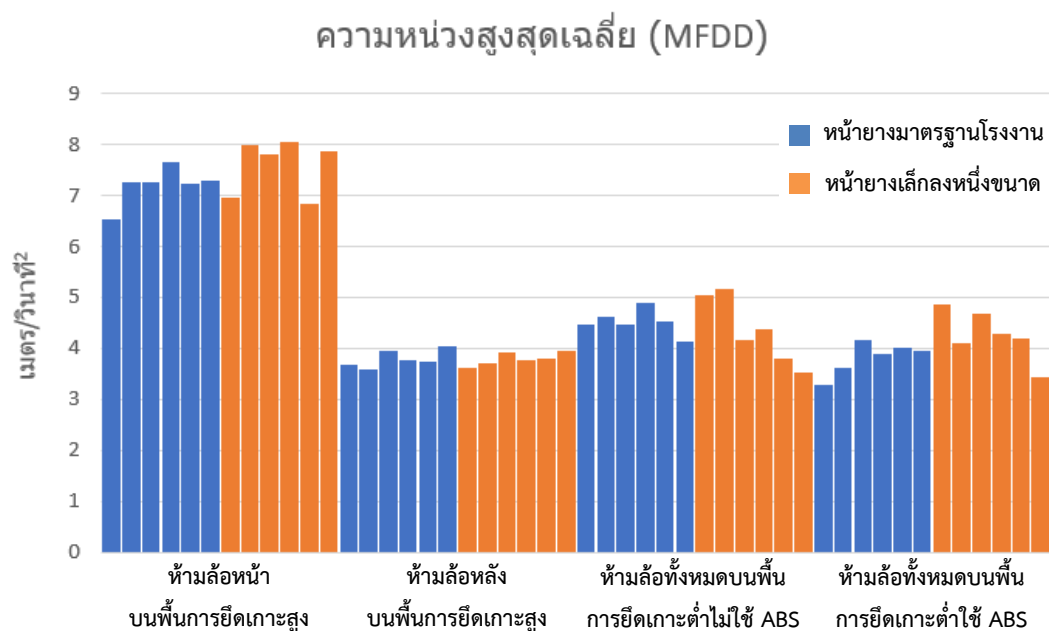
ภาพที่ 4.43 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Honda MSX

4.5.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.44 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda MSX ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหน้านั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าล้อหลังเช่นเดียวกันกับรถจักรยานยนต์รุ่นก่อนหน้า ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำทั้งที่ใช้และไม่ใช้ ABS นั้นค่อนข้างใกล้เคียงกับระยะห้ามล้อหลังซึ่งสอดคล้องกับค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยที่มากกว่าเล็กน้อยในภาพที่ 4.45



ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda MSX



ภาพที่ 4.45 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Honda MSX

4.6 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha QBIX

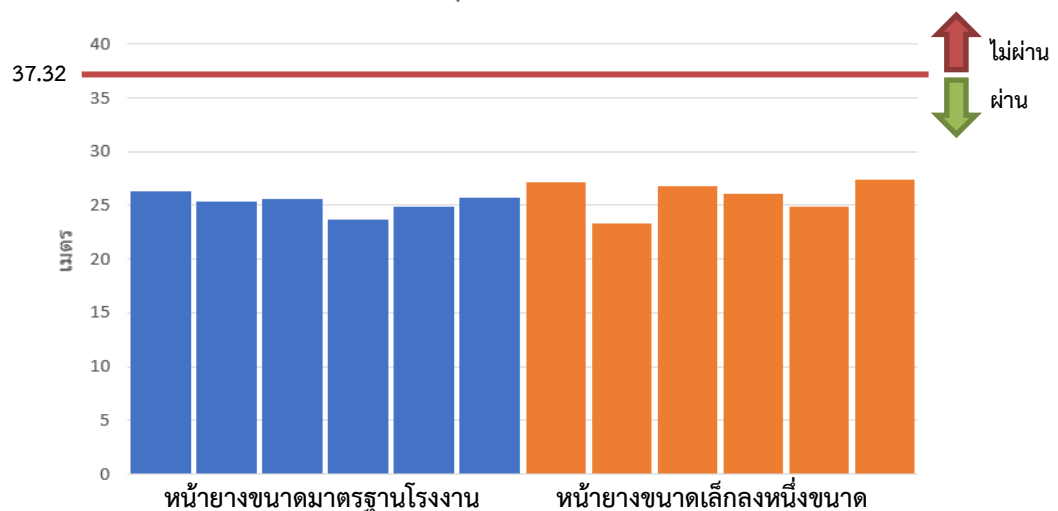
4.6.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha QBIX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.21 และภาพที่ 4.46 - 4.47

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

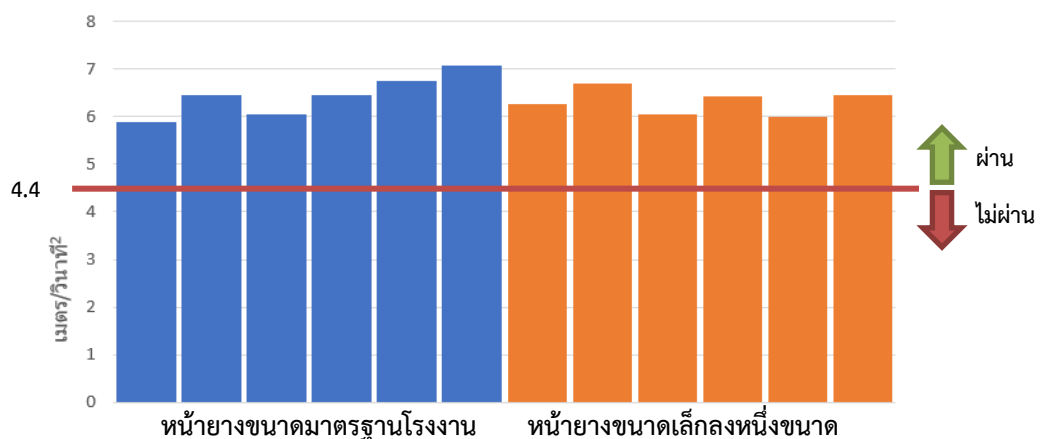
ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	26.31	25.39	25.64	23.65	24.90	25.66
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	27.12	23.36	26.83	26.08	24.87	27.34
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	5.88	6.44	6.05	6.45	6.75	7.08
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	6.26	6.70	6.04	6.44	5.99	6.46
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	114.8	121.9	118.3	139.8	137.4	135.8
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	106.4	130.3	103.1	115.3	109.3	109.2

ระยะหยุดห้ามล้อหน้า



ภาพที่ 4.46 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (MFDD) ห้ามล้อหน้า



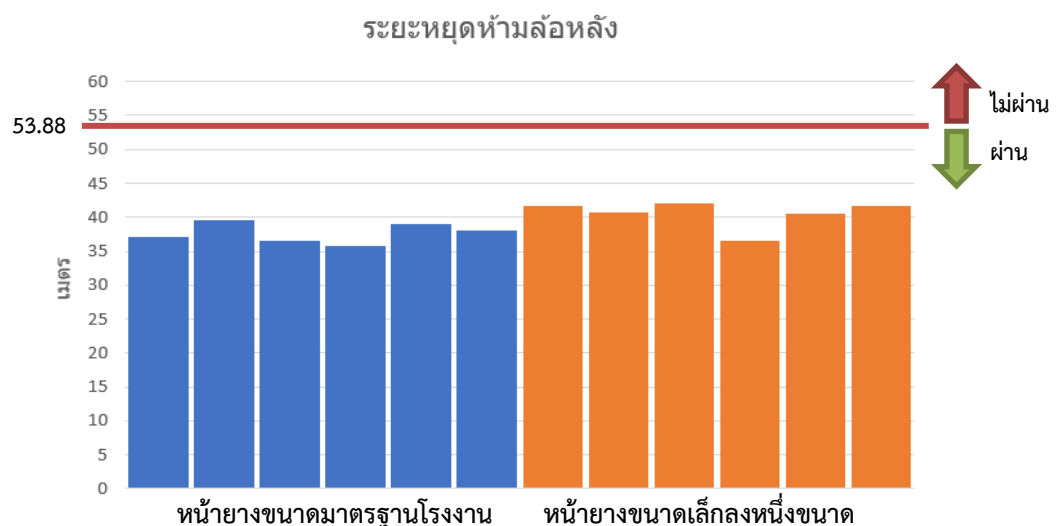
ภาพที่ 4.47 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

4.6.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

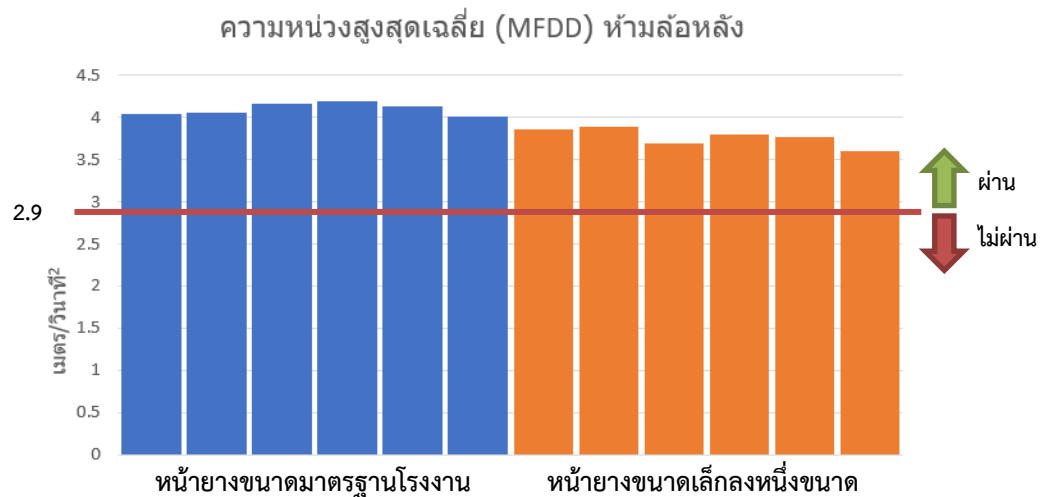
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha QBIX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.22 และภาพที่ 4.48 - 4.49

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	37.18	39.50	36.59	35.69	39.08	38.14
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	41.77	40.74	42.04	36.46	40.46	41.75
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	4.03	4.06	4.16	4.20	4.13	4.01
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	3.85	3.89	3.68	3.79	3.77	3.59
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	134.8	142.9	136.7	134.3	141.0	148.1
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	138.1	127.9	122.1	132.1	136.9	138.8



ภาพที่ 4.48 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX



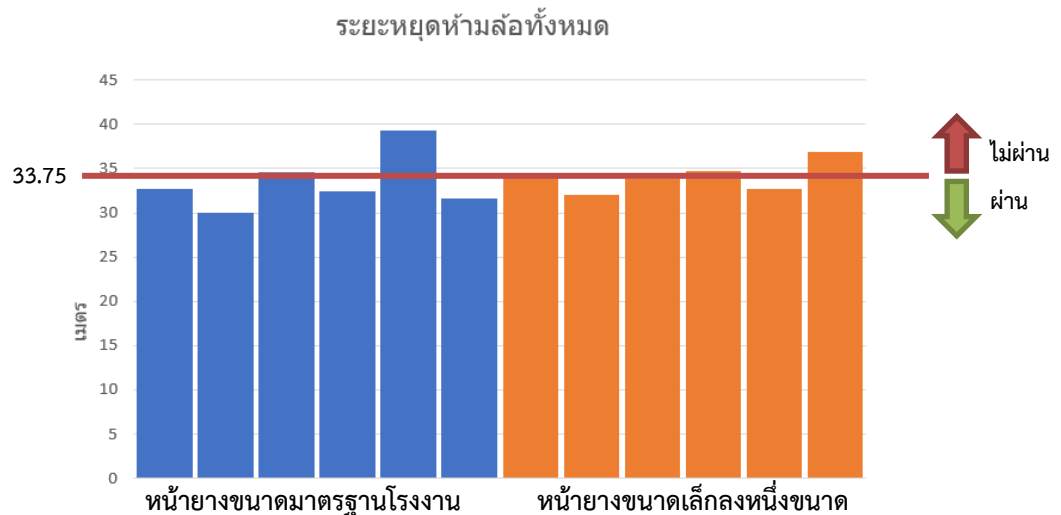
ภาพที่ 4.49 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

4.6.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 33.75 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 75 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Yamaha QBIX ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.23 และภาพที่ 4.50

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	32.87	28.27	34.69	32.51	39.55	31.75
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	34.67	32.18	34.10	34.80	32.95	37.03
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	121.9	113.6	120.8	126.0	124.9	124.0
- หลัง	113.0	94.6	84.5	79.1	68.9	63.7
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	94.2	109.7	107.5	102.3	115.9	105.4
- หลัง	80.6	88.6	69.5	59.9	47.1	51.0



ภาพที่ 4.50 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Yamaha QBIX

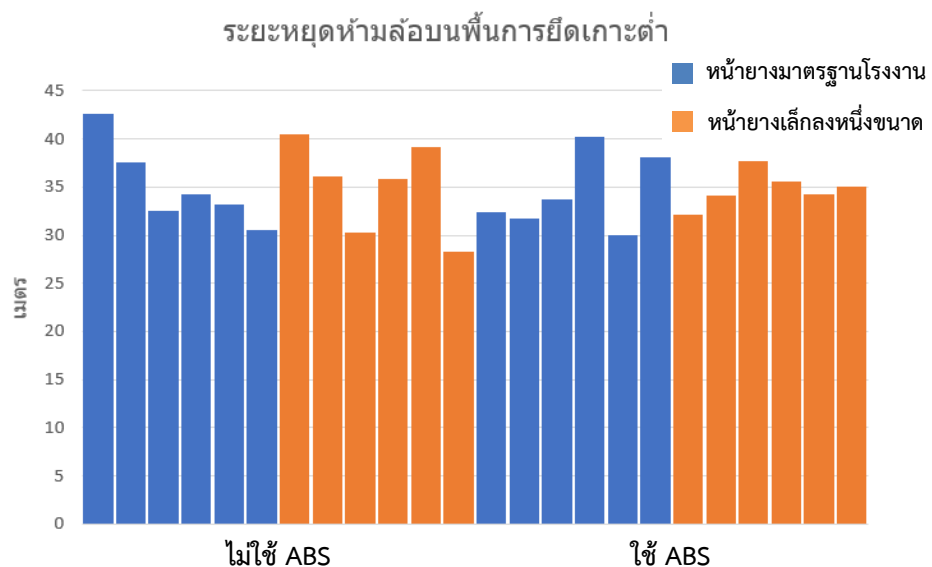
4.6.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

รถจักรยานยนต์ Yamaha QBIX ติดตั้งระบบ ABS ที่ล้อหน้าล้อเดียวจึงได้ทำการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อระหว่างการไม่ใช้ ABS และใช้ ABS บนพื้นการยึดเกาะต่ำซึ่งการทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.24 และภาพที่ 4.51 - 4.52

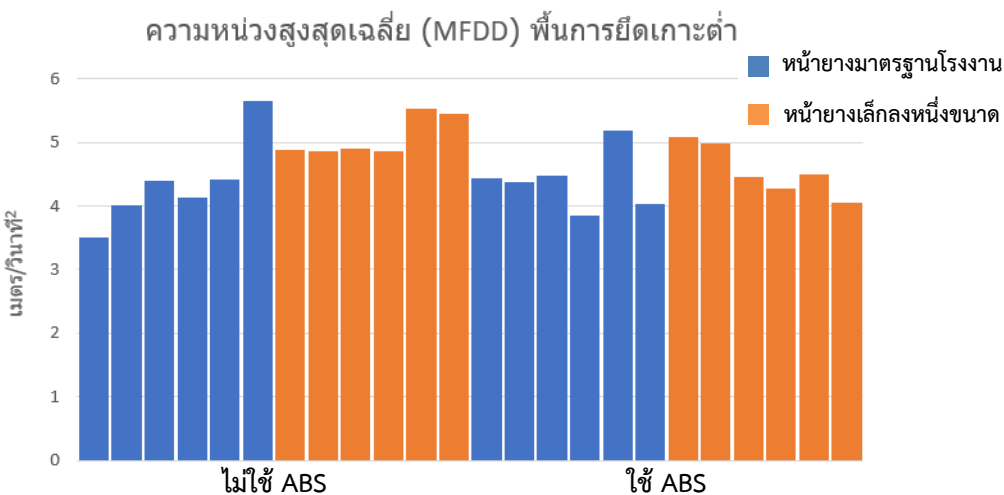
ตารางที่ 4.24 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha QBIX

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อไม่ใช้ ABS (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	42.59	37.54	32.56	34.25	33.24	30.59
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	40.52	36.05	30.33	35.82	39.14	28.28
ระยะห้ามล้อใช้ ABS (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	32.43	31.72	33.66	40.18	29.99	38.07
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	32.19	34.08	37.63	35.57	34.20	35.07
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ใช้ ABS (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.51	4.01	4.40	4.13	4.42	5.64
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	4.88	4.86	4.89	4.87	5.52	5.45
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดใช้ ABS (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	4.43	4.37	4.47	3.84	5.18	4.04
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	5.09	4.99	4.46	4.28	4.49	4.05

ตัวแปรสมรรถนะ	ครั้งที่					
ระบบห้ามล้อ	1	2	3	4	5	6
แรงห้ามล้อเฉลี่ยไม่ใช้ ABS (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	45.3	49.1	46.2	48.3	53.6	65.2
- หลัง	40.5	58.7	62.9	58.3	67.5	70.0
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	64.1	57.6	67.2	58.2	71.1	72.5
- หลัง	46.9	51.7	44.9	60.2	50.3	52.9
แรงห้ามล้อเฉลี่ยใช้ ABS (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	198.7	206.8	162.1	180.9	148.8	192.4
- หลัง	61.2	54.8	44.4	35.4	40.6	44.2
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	135.3	113.9	162.9	182.4	168.6	160.9
- หลัง	48.3	43.0	39.0	32.4	30.1	25.8



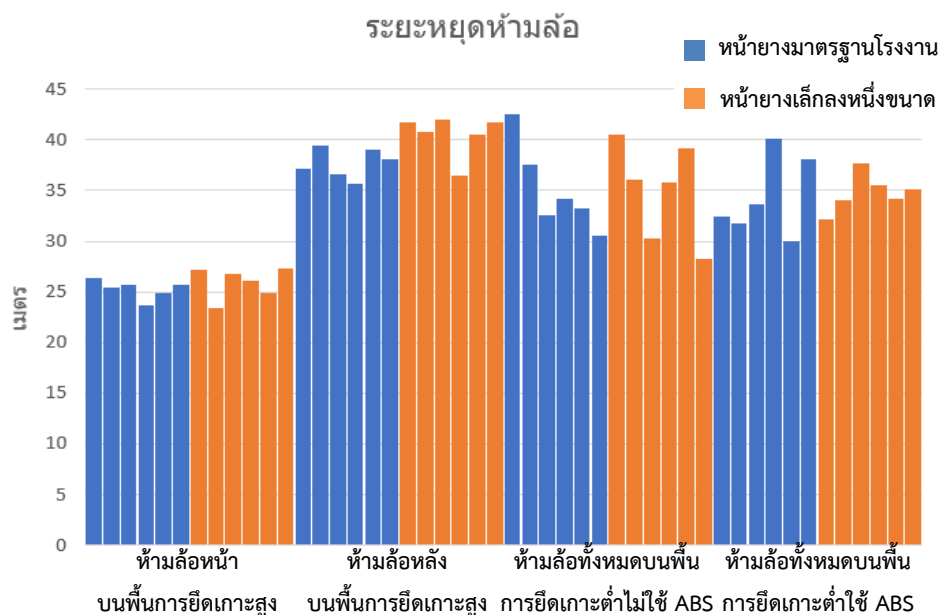
ภาพที่ 4.51 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Yamaha QBIX



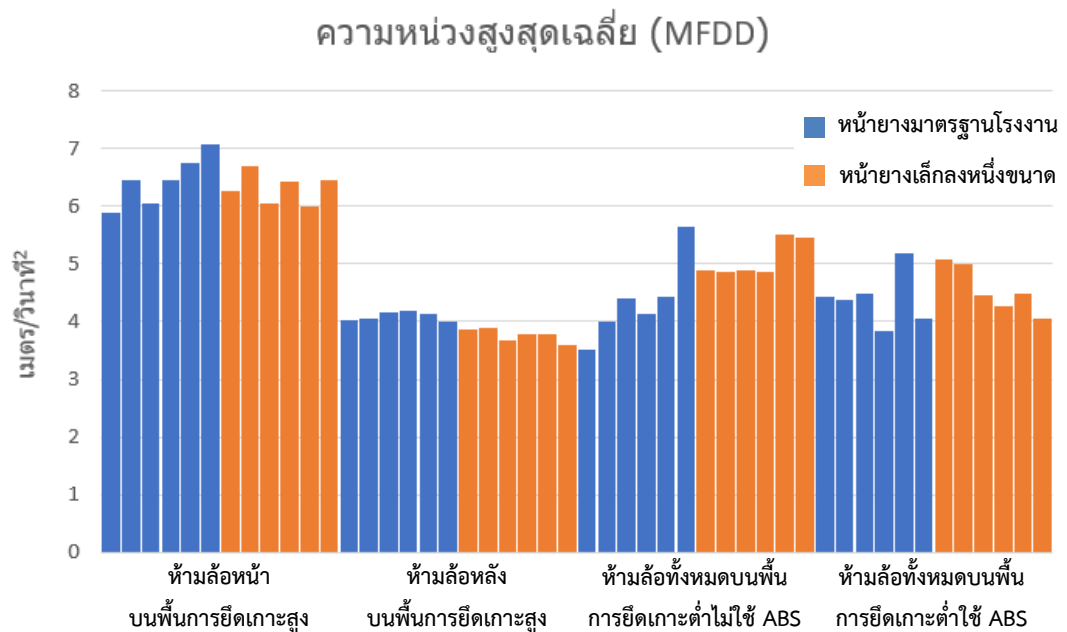
ภาพที่ 4.52 ความห่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยัดเกาะต่ำของ Yamaha QBIX

4.6.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.53 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha QBIX ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหน้านั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าการห้ามล้อหลังเช่นเดียวกันกับรถจักรยานยนต์รุ่นก่อนหน้านี้ ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำทั้งที่ใช้และไม่ใช้ ABS นั้นอยู่ระหว่างระยะห้ามล้อหน้าและห้ามล้อหลังซึ่งสอดคล้องกับค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยที่มากกว่าค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยของล้อหลังเล็กน้อยในภาพที่ 4.54



ภาพที่ 4.53 เปรียบเทียบระยะเวลาห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha QBIX



ภาพที่ 4.54 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Yamaha QBIX

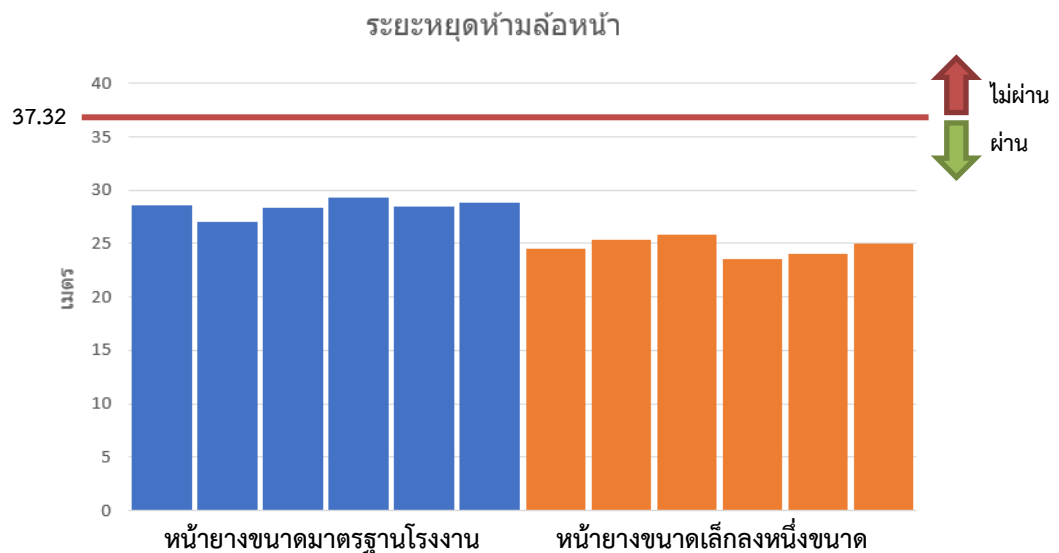
4.7 ผลการทดสอบรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Smash

4.7.1 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

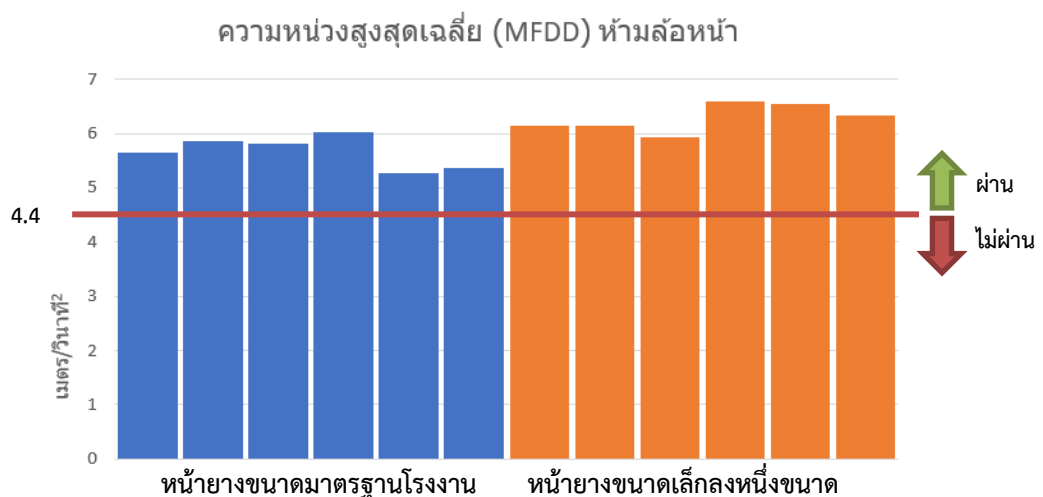
ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหน้ากำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 37.32 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4.4 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Smash ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กกลหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.25 และภาพที่ 4.55 - 4.56

ตารางที่ 4.25 ผลการทดสอบการห้ามล้อหน้าล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	28.65	27.13	28.53	29.54	28.62	29.00
- หน้ายางขนาดเล็กกลหนึ่งขนาด	24.68	25.45	26.01	23.78	25.63	25.12
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s ²)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	5.66	5.86	5.80	6.02	5.27	5.37
- หน้ายางขนาดเล็กกลหนึ่งขนาด	6.15	6.15	5.92	6.60	6.53	6.32
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	88.3	98.3	97.5	89.1	78.0	89.8
- หน้ายางขนาดเล็กกลหนึ่งขนาด	90.9	92.3	96.6	92.7	111.7	85.7



ภาพที่ 4.55 ระยะห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash



ภาพที่ 4.56 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหน้าบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

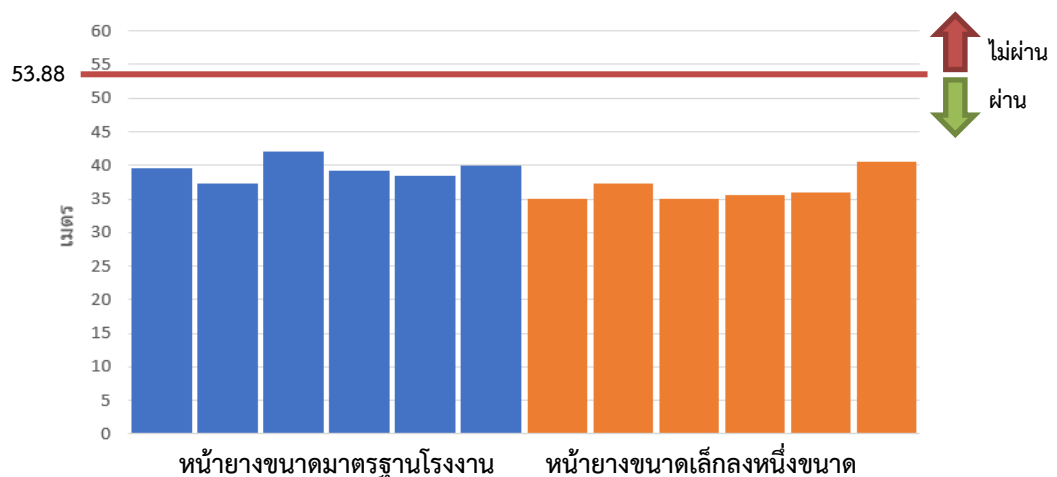
4.7.2 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อหลังกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 53.88 เมตรหรือค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดไม่ต่ำกว่า 2.9 เมตร/วินาที² ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Smash ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.26 และภาพที่ 4.57 - 4.58

ตารางที่ 4.26 ผลการทดสอบการห้ามล้อหลังล้อเดียวบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

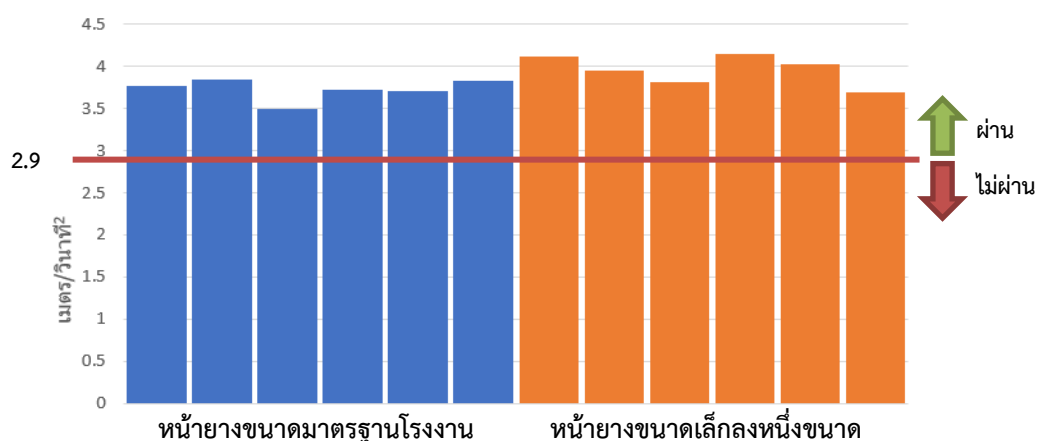
ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	39.56	37.26	42.14	39.28	38.46	39.97
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	35.04	37.21	34.97	35.63	36.01	40.32
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	3.76	3.84	3.49	3.72	3.71	3.83
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	4.11	3.95	3.82	4.14	4.02	3.68
แรงห้ามล้อ (N)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	181.9	195.7	180.9	188.0	189.6	191.4
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	202.4	190.8	195.8	195.1	195.6	181.2

ระยะหยุดห้ามล้อหลัง



ภาพที่ 4.57 ระยะห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (MFDD) ห้ามล้อหลัง



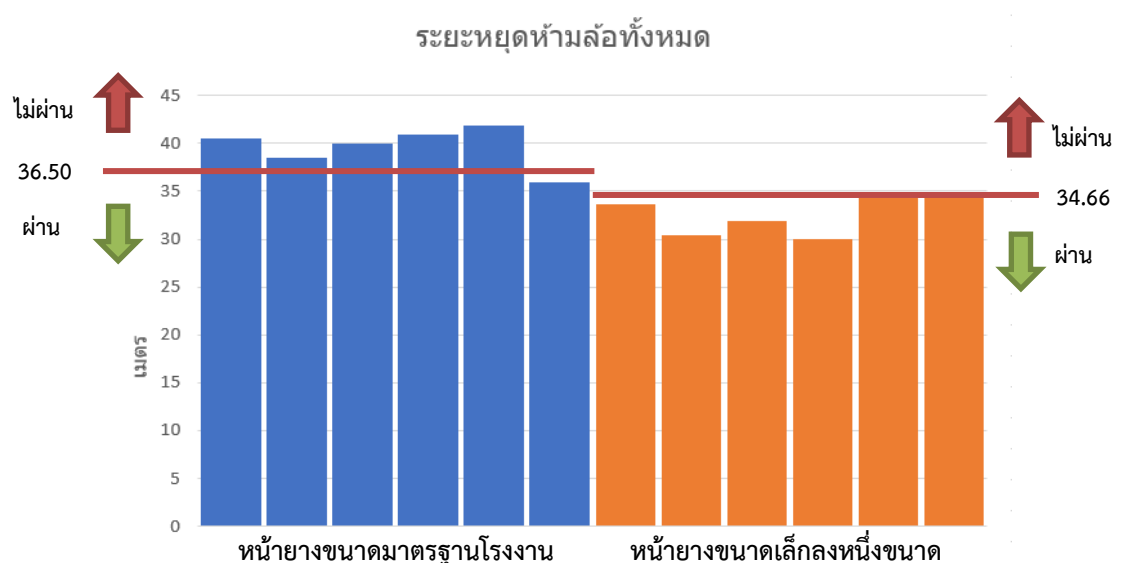
ภาพที่ 4.58 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อหลังบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

4.7.3 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูง

ภายใต้เกณฑ์ทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดกำหนดให้ระยะห้ามล้อไม่เกิน 36.50 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 78 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางมาตรฐานโรงงานและ 34.66 เมตรที่ความเร็วทดสอบ 76 กม./ชม. สำหรับขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด ซึ่งรถจักรยานยนต์รุ่น Suzuki Smash ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.27 และภาพที่ 4.59

ตารางที่ 4.27 ผลการทดสอบการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	40.61	38.72	40.18	41.13	41.92	36.11
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	33.84	30.46	29.78	30.06	34.60	32.77
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	116.1	122.0	113.7	116.0	110.2	133.9
- หลัง	87.9	89.1	82.3	90.4	114.9	84.0
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	120.1	140.3	136.4	124.9	135.1	141.4
- หลัง	97.1	95.7	96.8	101.9	81.5	96.1



ภาพที่ 4.59 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะสูงของ Suzuki Smash

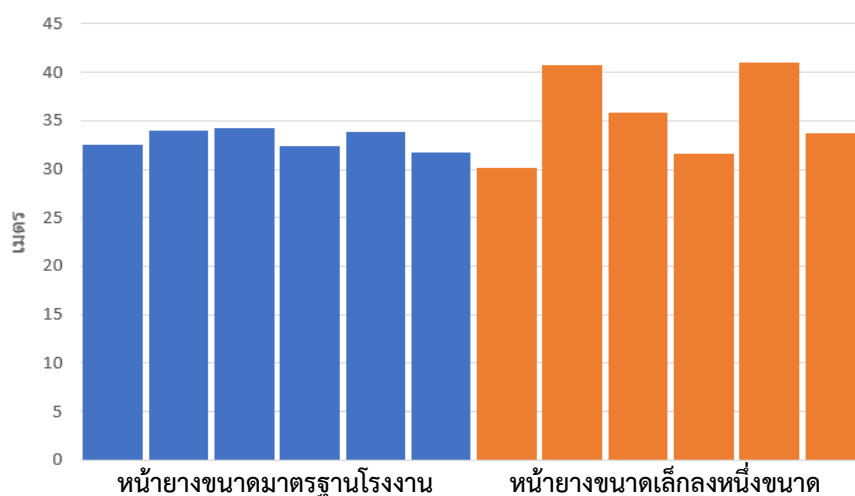
4.7.4 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ

การทดสอบนี้ไม่มีเกณฑ์ชี้วัดเนื่องจากไม่มีเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐานซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งหน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงานและเล็กลงหนึ่งขนาดตามตารางที่ 4.28 และภาพที่ 4.60 - 4.61

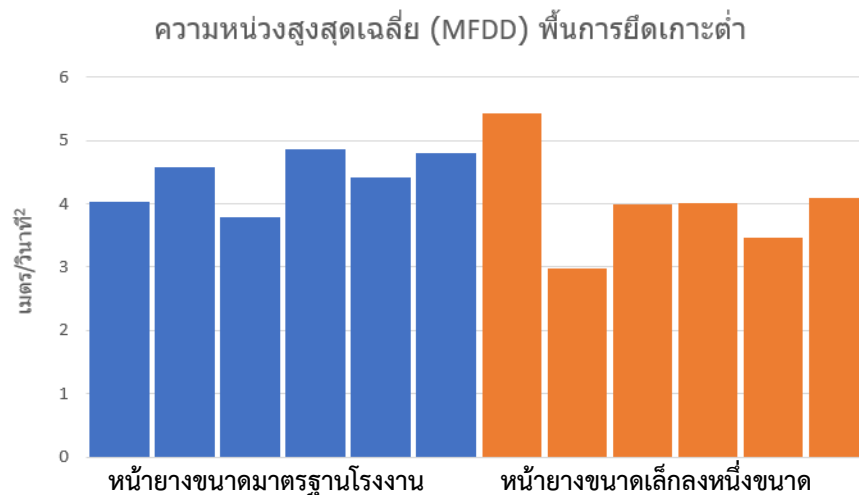
ตารางที่ 4.28 ผลการทดสอบการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Smash

ตัวแปรสมรรถนะ ระบบห้ามล้อ	ครั้งที่					
	1	2	3	4	5	6
ระยะห้ามล้อ (m)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	32.57	34.00	34.25	32.39	33.81	31.70
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	30.15	40.81	35.85	31.65	41.07	33.72
ค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุด (m/s^2)						
- หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน	4.04	4.58	3.78	4.87	4.42	4.80
- หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด	5.42	3.02	3.90	4.00	3.46	4.09
แรงห้ามล้อเฉลี่ย (N)						
หน้ายางขนาดมาตรฐานโรงงาน						
- หน้า	77.5	82.0	91.0	86.5	77.7	89.9
- หลัง	80.5	82.5	67.9	86.2	75.7	86.4
หน้ายางขนาดเล็กลงหนึ่งขนาด						
- หน้า	79.1	60.5	72.8	64.1	57.5	66.7
- หลัง	79.8	48.5	80.4	91.8	82.6	97.5

ระยะหยุดห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำ



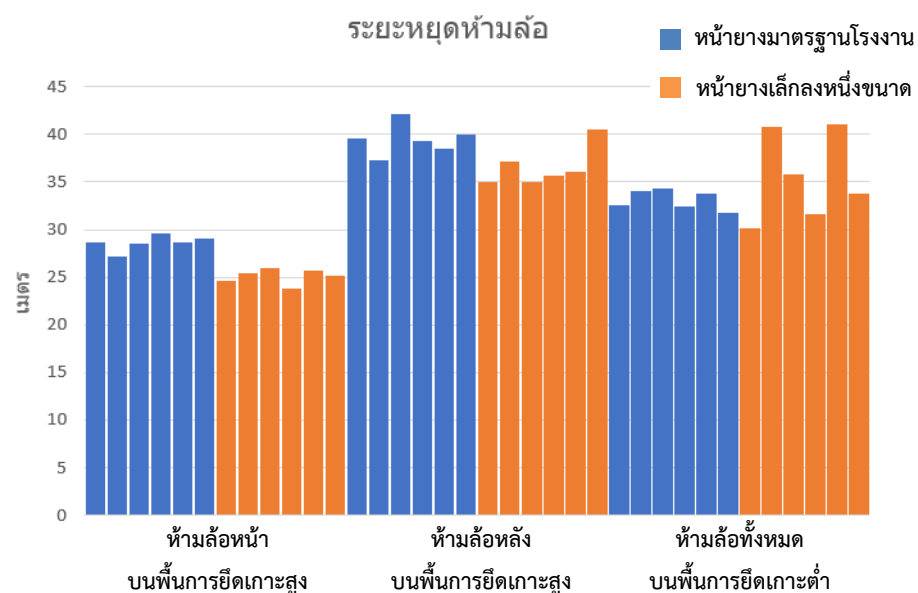
ภาพที่ 4.60 ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Smash



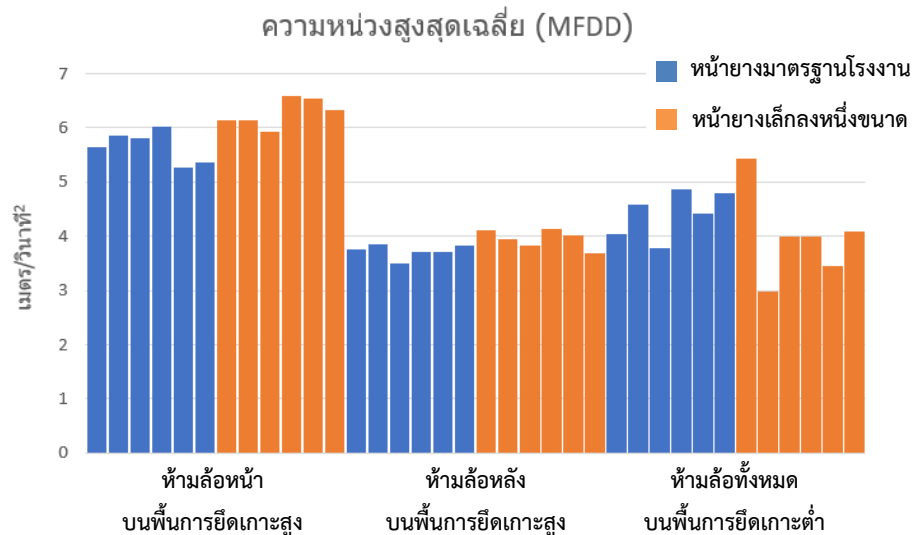
ภาพที่ 4.61 ความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำของ Suzuki Smash

4.7.5 การเปรียบเทียบการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

ภาพที่ 4.62 เป็นการเปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Smash ซึ่งใช้ความเร็วต้นในการห้ามล้อที่ 60 กม./ชม. เท่ากัน การใช้ห้ามล้อหน้านั้นสามารถทำระยะห้ามล้อได้สั้นกว่าการห้ามล้อหลังเช่นเดียวกันกับรถจักรยานยนต์รุ่นก่อนหน้านี้ ในขณะที่ระยะห้ามล้อทั้งหมดบนพื้นการยึดเกาะต่ำนั้นอยู่ระหว่างระยะห้ามล้อหน้าและห้ามล้อหลัง แต่ค่อนข้างใกล้เคียงกับระยะห้ามล้อหลังซึ่งสอดคล้องกับค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยที่มากกว่าเล็กน้อยในภาพที่ 4.63



ภาพที่ 4.62 เปรียบเทียบระยะห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Smash



ภาพที่ 4.63 เปรียบเทียบความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ ของ Suzuki Smash

4.8 อภิปรายผลการทดสอบ

4.8.1 สมรรถนะการห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ขายภายในประเทศไทย

จากผลการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อในหัวข้อต่างๆ อาทิ การห้ามล้อหน้า การห้ามล้อหลัง การห้ามล้อทั้งหมด ซึ่งทดสอบทั้งบนพื้นการยึดเกาะสูงและต่ำ ของรถจักรยานยนต์ทั้ง 7 รุ่น ได้แก่ Demon GPX, Suzuki Skydrive, Honda Wave, Yamaha Finn, Honda MSX, Yamaha QBIX และ Suzuki Smash นั้น พบว่า รถจักรยานยนต์ทั้งหมดผ่านเกณฑ์สมรรถนะการห้ามล้อตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบนี้ไม่ได้เป็นการบ่งบอกถึงสมรรถนะการห้ามล้อสูงสุดที่รถจักรยานยนต์รุ่นนั้นๆ สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณและรูปแบบการใส่แรงห้ามล้อแบบคงที่ซึ่งผู้ขับขี่ที่เป็นมนุษย์สามารถกระทำได้อย่างยาก ในอีกทางหนึ่ง ผลการทดสอบนี้เกิดจากความสามารถในการควบคุมการห้ามล้อของนักขี่ระดับผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความสามารถมากกว่านักขี่ปกติโดยทั่วไปบนพื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่สูงมากกว่าถนนปกติ

4.8.2 ผลกระทบของการลดขนาดหน้ายางลงจากมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดต่อสมรรถนะการห้ามล้อ

จากผลการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อในหัวข้อต่างๆ ที่ได้กล่าวไปแล้วของรถจักรยานยนต์ทุกรุ่นพบว่า ไม่อาจสรุปถึงผลกระทบของการลดขนาดหน้ายางลงจากมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดต่อสมรรถนะการห้ามล้อได้ เนื่องจากผลการทดสอบที่ได้นั้นไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของระยะห้ามล้อและความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดที่เกิดจากการเปลี่ยนขนาดหน้ายางในแต่ละการทดสอบนั้นไม่ได้เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวบ่งบอกได้ว่าอาจมีตัวแปร

อื่นที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการห้ามล้อมากกว่าเพียงแค่การลดลงของขนาดหน้ายาง การลดขนาดหน้ายางลงให้มากกว่านี้อาจทำให้เห็นผลกระทบของสมรรถนะการห้ามล้อที่ชัดเจนขึ้นว่าจะเป็นไปได้ในทิศทางใด

4.8.3 ข้อจำกัดของการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อรถจักรยานยนต์ตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า วิธีการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อตามประกาศของกรมการขนส่งทางบกนั้นอ้างอิงวิธีการทดสอบตามข้อกำหนด UNECE R78 ซึ่งเป้าประสงค์ของการทดสอบนี้ไม่ได้เป็นไปเพื่อการหาสมรรถนะระบบห้ามล้อสูงสุดของรถจักรยานยนต์ แต่เป็นไปเพื่อให้แน่ใจว่ารถจักรยานยนต์รุ่นนั้นๆ มีสมรรถนะระบบห้ามล้อขั้นต่ำเพียงพอตามเกณฑ์ชี้วัดหรือไม่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดอันได้แก่ สภาพสนามทดสอบ สภาพแวดล้อมของสนามทดสอบ สมบัติของผู้ขับขี่ รถจักรยานยนต์ แรงสูงสุดที่ใช้ห้ามล้อ ความเร็วของรถ และจำนวนครั้งในการผ่านการทดสอบ เกณฑ์สมรรถนะระบบห้ามล้อที่ซึ่งได้แก่ ระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยเป็นผลลัพธ์สุดท้ายที่เกิดจากตัวแปรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปริมาณการใส่แรงห้ามล้อ รูปแบบการใส่แรงห้ามล้อของผู้ขับขี่ ความเสียดทานระหว่างยางกับพื้นผิวถนน จุดที่เริ่มใส่แรงห้ามล้อ ระบบกลไกการห้ามล้อ อายุรถจักรยานยนต์ อายุยางล้อ ยี่ห้อยางล้อ มิติของรถจักรยานยนต์ และตำแหน่งของผู้ขับขี่ เป็นต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่การทดสอบนี้ไม่ได้ควบคุมและเป็นข้อจำกัด ภายใต้สิ่งที่กล่าวมาทำให้ผลการทดสอบในแต่ละครั้งนั้นมีความเฉพาะเจาะจงและไม่อาจเทียบกันได้โดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมการใส่แรงห้ามล้อที่เกิดจากคน อีกทั้งผลการทดสอบระยะห้ามล้อที่ได้มีความไม่คงเส้นคงวามากสอดคล้องกับการศึกษาของ Green [34] และ Cieřka [35] ดังนั้น การหาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติใดๆ ของรถจักรยานยนต์อาจไม่สามารถกระทำได้โดยวิธีการทดสอบนี้ นอกจากนี้ ผลการทดสอบที่ผ่านเกณฑ์เพียงครั้งเดียวจากทั้งหมด 6 ครั้งทำให้ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ผลการทดสอบด้วยระเบียบวิธีการทางสถิติแต่อย่างใด ในทางกลับกัน วิธีการทดสอบนี้มีความเหมาะสมกับการประเมินสมรรถนะหรือความสามารถโดยภาพรวมของระบบห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ทั้งคันที่จำลองเงื่อนไขการทดสอบตามรูปแบบการใช้งานจริงที่มีความหลากหลายของผู้ขับขี่และสภาพของพื้นผิวมากกว่า

4.8.4 ระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย

ระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ชี้วัดที่ใช้ในวิธีการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก ทว่ากำหนดไว้ให้ใช้เพียงแค่เกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งเท่านั้นเนื่องจากว่าระยะห้ามล้อและความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยไม่ได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรง ระยะห้ามล้อทั้งหมดเกิดจากการนับระยะทางตั้งแต่ผู้ขับขี่เริ่มห้ามล้อจนรถจักรยานยนต์หยุดสนิท ในขณะที่ค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยนั้นคำนวณในระหว่างร้อยละ 80 จนถึงร้อยละ 10 ของ

ความเร็วที่ผู้ขับขี่เริ่มห้ามล้อดังสมการที่ 3 ด้วยเงื่อนไขดังกล่าวค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยจึงไม่ได้รวมผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในช่วงต้นและช่วงปลายของการห้ามล้อซึ่งเป็นเหตุให้บางการทดสอบมีค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยสูงแต่มีระยะห้ามล้อทั้งหมดยาว ด้วยสิ่งที่เกิดขึ้นดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลว่าเกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะสามารถเลือกค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้นระหว่างระยะห้ามล้อกับความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย ในอีกทางหนึ่ง อาจมองได้ว่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยเป็นเหตุการณ์ส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นภายใต้เหตุการณ์ห้ามล้อทั้งหมด เพราะฉะนั้นจึงไม่อาจใช้ค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยเป็นตัวแทนในการอธิบายระยะห้ามล้อทั้งหมดได้

ระยะห้ามล้อในการทดสอบนี้เป็นระยะตัวรถจักรยานยนต์ทำได้เท่านั้น ระยะหยุดรวม (Total stopping distance, S_{Total}) เป็นไปตามสมการที่ 10 [36]

$$S_{Total} = S_{react} + S_{brake} + S_{margin} \quad \text{สมการที่ 10}$$

เมื่อ S_{react} = ระยะที่รถเคลื่อนไปด้วยเวลาตอบสนอง (Reaction time) [m]

S_{brake} = ระยะที่รถจักรยานยนต์สามารถหยุดได้สนิทเมื่อใช้ห้ามล้อ [m]

S_{margin} = ระยะห่างปลอดภัยเพื่อไม่ให้ชนเข้ากับยานพาหนะด้านหน้า [m]

Davoodi และคณะ [37] ศึกษาเวลาตอบสนองในการห้ามล้อของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในสถานการณ์แบบไม่คาดคิด ผลการทดลองชี้ว่า เวลาตอบสนอง (t_{react}) ในการห้ามล้อของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์อยู่ระหว่าง 0.55 - 2.5 วินาที ดังนั้น ระยะที่รถเคลื่อนไปด้วยเวลาตอบสนอง (S_{react}) จึงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11 โดยใช้ความเร็วรถจักรยานยนต์ (v_{MC}) คูณกับเวลาตอบสนอง

$$S_{react} = v_{MC} t_{react} \quad \text{สมการที่ 11}$$

สำหรับรถจักรยานยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. ระยะที่รถเคลื่อนไปด้วยเวลาตอบสนองจะอยู่ระหว่าง 9.2 - 41.7 ม. ส่วนระยะห่างปลอดภัยเพื่อไม่ให้ชนเข้ากับยานพาหนะด้านหน้านั้นกำหนดไว้ที่ 1 ม. จากตัวเลขดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ระยะทางที่เกิดจากเวลาตอบสนองของผู้ขับขี่มากที่สุดมีระยะเกือบเท่ากับระยะห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ใช้ห้ามล้อหลังเพียงอย่างเดียวซึ่งอยู่ที่ประมาณ 40 ม. โดยเฉลี่ยที่ความเร็ว 60 กม./ชม. ดังนั้น ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จึงควรเว้นระยะห่างเพิ่มขึ้นจากระยะที่รถจักรยานยนต์สามารถหยุดได้สนิท

ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อระยะห้ามล้ออีกตัวหนึ่งคือมวล ในการทดสอบนี้ไม่ได้มีการแปรผันมวลของผู้ที่นั่งอยู่บนรถจักรยานยนต์ เช่น จาก 1 คนเป็น 2 คน เป็นต้น จึงไม่มีผลการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของมวลที่มีต่อระยะห้ามล้อ อย่างไรก็ตาม จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันตามสมการ $F = ma$ เมื่อมวลเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มจำนวนผู้ที่นั่งอยู่บนรถจักรยานยนต์และผู้ขับขี่ใส่แรงห้ามล้อได้เท่าเดิม ความหน่วง (a) ย่อมมีค่าลดลงซึ่งส่งผลให้ระยะห้ามล้อเพิ่มตามสมการ

ที่ 12 เมื่อ V คือความเร็วที่เริ่มทำการห้ามล้อมีค่าคงที่ ผลการประเมินทางทฤษฎีนี้สอดคล้องกับการทดสอบโดย Arifin และคณะ [38] ซึ่งพบว่า รถจักรยานยนต์ที่บรรทุกผู้ขับขี่และผู้โดยสารรวมจำนวน 2 คนมีระยะห้ามล้อที่ยาวกว่ารถจักรยานยนต์ที่บรรทุกผู้ขับขี่เพียงคนเดียวถึง 1.3 – 6.7 ม.

$$a = \frac{V^2}{2S_{\text{brake}}} \quad \text{สมการที่ 12}$$

ในส่วนของระยะห้ามล้อทั้งหมดนั้นเนื่องจากทดสอบที่ร้อยละ 90 ของความเร็วสูงสุดจึงไม่อาจนำมาเปรียบเทียบกับระยะห้ามล้อหน้าหรือหลังซึ่งทดสอบด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. ได้ เพื่อให้เห็นถึงสมรรถนะการห้ามล้อทั้งหมดที่สามารถเปรียบเทียบกับวิธีการห้ามล้อรูปแบบอื่นจึงต้องแปลงระยะห้ามล้อดังกล่าวด้วยสมการที่ 9 ซึ่งผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ระยะห้ามล้อทั้งหมดที่ความเร็ว 60 กม./ชม.

รุ่นรถจักรยานยนต์	ความเร็วทดสอบจริง (กม./ชม)	ระยะห้ามล้อจากความเร็วทดสอบจริง (ม.)	ระยะห้ามล้อจากการคำนวณที่ 60 กม./ชม.
Honda wave (ปี 2022)	75	30.1	21.7
Yamaha Finn (ปี 2022)	78	31.3	20.0
Suzuki Smash (ปี 2020)	78	35.9	20.4
Yamaha Qbix (ปี 2022)	75	30.1	19.9
Suzuki Skydrive (ปี 2019)	74	28.7	22.4
GPX demon (ปี 2017)	75	32.0	20.4
Honda MSX (ปี 2021)	78	35.5	22.7

4.8.5 ความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์

ความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์ที่ได้จากการทดสอบภายใต้โครงการนี้แสดงในตารางที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนขนาดหน้ายางเล็กลงหนึ่งขนาดทำให้ความเร็วสูงสุดที่รถจักรยานยนต์ทำได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ค่าความเร็วสูงสุดที่ได้มีค่าต่ำกว่าที่รับรู้กันโดยทั่วไปซึ่งเกิดจากข้อจำกัดของความยาวสนามทดสอบซึ่งยาวเพียง 900 เมตร โดยปกติแล้วการหาความเร็วสูงสุดให้กระทำที่ระยะทาง 1.6 กิโลเมตรบนถนนราบโดยมีการบรรทุกเบาจากนิยามตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก

ตารางที่ 4.30 ผลการทดสอบความเร็วสูงสุดของรถจักรยานยนต์ทดสอบ

รุ่นรถจักรยานยนต์	ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.)	
	ขนาดหน้ายางโรงงาน	ขนาดหน้ายางเล็กกว่าหนึ่งขนาด
Honda wave (ปี 2022)	84	83
Yamaha Finn (ปี 2022)	86	86
Suzuki Smash (ปี 2020)	86	85
Yamaha Qbix (ปี 2022)	84	83
Suzuki Skydrive (ปี 2019)	82	81
GPX demon (ปี 2017)	84	80
Honda MSX (ปี 2021)	86	85

4.8.6 สิ่งค้นพบอื่นๆ จากการทดสอบ

4.8.6.1 รถจักรยานยนต์ที่ยังอยู่ในสภาพใหม่

ตามที่คณะผู้วิจัยได้ตัดสินใจทำการทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อในรถจักรยานยนต์ที่ยังอยู่ในสภาพใหม่ (Run-in) นั้นเพื่อทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อในสภาวะที่ผ้าเบรกที่ยังอยู่ในระยะ Run-in ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าผ้าเบรกที่พ้นระยะ Run-in ไปแล้ว เมื่อได้ทำการทดสอบพบว่า ผ้าเบรกที่ยังอยู่ในระยะ Run-in มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าผ้าเบรกที่พ้นระยะ Run-in ไปแล้วจริง โดยรถจักรยานยนต์บางรุ่นไม่สามารถหาค่าประสิทธิภาพการห้ามล้อสูงสุดตามที่กำหนดไว้ได้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเตรียมความพร้อมหน้าผิวเบรกด้วยการห้ามล้อ (Burnish) เป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ผ้าเบรกพร้อมต่อการทดสอบสอดคล้องกับกระบวนการทดสอบตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก

การใช้เบรกในระยะรันอิน ถือเป็นระยะที่ผ้าเบรกกังยังไม่เปิดผิวหน้าและมีหน้าสัมผัสเข้ากันสนิทกับจานเบรก ดังนั้นผู้ขับขี่ ควรหลีกเลี่ยงการขับขี่ใช้ความเร็วสูง เบรกฉุกเฉิน เบรกรุนแรง ในช่วงระยะรันอิน และต้องเผื่อเวลาและระยะเบรกเพิ่มอีก โดยปกติแล้วระยะรันอินจะอยู่ในช่วง 500-1000 กิโลเมตรแรก หรือตามแต่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

4.8.6.2 อายุยางล้อ

คณะผู้วิจัยได้จัดการรถจักรยานยนต์ที่ยังอยู่ในสภาพใหม่ไม่เคยผ่านการใช้งานเพื่อทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อ อย่างไรก็ตาม รถจักรยานยนต์บางคันถูกเก็บไว้ในคลังสินค้าเป็นเวลานานทำให้ยางล้อมีอายุตามเวลาที่เก็บถึงแม้ว่าจะไม่ถูกใช้งานใดๆ ก็ตาม เมื่อนำมาทดสอบยางล้อที่มีอายุสูงขึ้นมีแนวโน้มในการหาค่าประสิทธิภาพการห้ามล้อสูงสุด (PBC) ตามข้อกำหนดได้ค่อนข้างยาก หรือในอีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่า ความสามารถสูงสุดในการยึดเกาะพื้นผิวของยางล้อลดลงตามอายุของยางล้อที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากผู้ผลิตจักรยานยนต์ ยางล้อ

รถจักรยานยนต์โดยเฉลี่ยแล้วมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 1 - 2 ปี หรือระยะทาง 10,000 – 20,000 กม. แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมลักษณะความถี่ในการใช้งานรวมถึงการดูแลรักษา [39] การใช้งานยางล้อรถจักรยานยนต์ไม่ควรเกิน 2 ปีเนื่องจากเนื้อยางจะแปรเปลี่ยนสภาพและทำให้ลดประสิทธิภาพลง ส่วนยางล้อใหม่ที่ยังไม่เคยใช้งานมีอายุการเก็บรักษาที่ 5 ปี ถ้าเกินกว่านั้นไม่ควรนำมาใช้ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ยังเป็นเพียงแค่ข้อสังเกตและไม่สามารถหาคำตอบจากวิธีการทดสอบในโครงการวิจัยนี้ดังที่อธิบายในหัวข้อที่ 4.8.3 จำเป็นต้องใช้วิธีการทดสอบอื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่าในการทดสอบเฉพาะผลกระทบของอายุยางล้อต่อค่าประสิทธิภาพการห้ามล้อสูงสุด

4.8.6.3 ร่องรอยความเสียหายของยางล้อ

คณะผู้วิจัยได้ทำการจัดหายางล้อขนาดเล็กกว่ามาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดเพื่อใช้ในการทดสอบโดยไม่ได้กำหนดยี่ห้อ อย่างไรก็ตาม พบว่ามียางล้อหน้าอยู่หนึ่งเส้นเกิดรอยฉีกขาดยาวประมาณ 1 ซม. ตามแนวเส้นรอบวงของยางล้อและมีระยะห่างของรอยฉีกขาดคงที่ดังภาพที่ 4.64 หลังจากทดสอบเสร็จสิ้นทุกหัวข้อแล้วซึ่งไม่ปรากฏรอยฉีกขาดบนยางล้อเส้นอื่นๆ สิ่งที่เกิดขึ้นคือ ค่าประสิทธิภาพการห้ามล้อสูงสุด (PBC) บนพื้นการยึดเกาะต่ำของรถจักรยานยนต์ที่ใช้ยางล้อเส้นนั้นมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับยางล้อเส้นอื่นๆ ที่จัดหามาพร้อมกัน รวมถึงสมรรถนะการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำของจักรยานยนต์ที่ใช้ยางล้อเส้นนั้นลดลงในภาพรวม (ระยะห้ามล้อยาวขึ้น) แต่ยังคงสามารถผ่านเกณฑ์ชีวิตในทุกหัวข้อการทดสอบได้ คณะผู้วิจัยไม่อาจสรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพการห้ามล้อสูงสุดและสมรรถนะการห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำที่ลดลงเป็นผลมาจากร่องรอยความเสียหายของยางล้อเส้นนี้หรือเกิดจากปัจจัยอื่น เนื่องจากวิธีการทดสอบในโครงการวิจัยนี้มีข้อจำกัดดังที่อธิบายในหัวข้อที่ 4.8.3 จำเป็นต้องใช้วิธีการทดสอบอื่นที่มีความเหมาะสมมากกว่าในการทดสอบเพื่อหาสาเหตุของปรากฏการณ์ดังกล่าว



ภาพที่ 4.64 รอยฉีกขาดตามแนวเส้นรอบวงของยางล้อ

ส่วนที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบรถจักรยานยนต์จำนวน 7 รุ่นโดยอ้างอิงวิธีทดสอบตามประกาศของกรมการขนส่งทางบกและคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในการทดสอบซึ่งได้ผ่านการสอบเทียบโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติเพื่อให้มีมาตรฐานความแม่นยำและความน่าเชื่อถือสำหรับการยืนยันผลการตรวจวัด ผลการทดสอบสมรรถนะการห้ามล้อรถจักรยานยนต์ทั้ง 7 รุ่นซึ่งอยู่ในรูปของระยะห้ามล้อและค่าความหน่วงเฉลี่ยสูงสุดโดยเทียบกับเกณฑ์ชี้วัดสรุปว่า รถจักรยานยนต์ทั้ง 7 รุ่นผ่านเกณฑ์ชี้วัดโดยมีระยะห้ามล้อที่ดีที่สุดตามตารางที่ 5.1 ในส่วนของผลกระทบของขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดต่อสมรรถนะการห้ามล้อนั้นพบว่า ขนาดยางล้อที่เล็กกว่าตามมาตรฐานโรงงานหนึ่งขนาดส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการห้ามล้อไม่ชัดเจน ทั้งนี้ ผลการทดสอบถือว่าผ่านภายใต้เกณฑ์ชี้วัดเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 5.1 ระยะห้ามล้อที่ดีที่สุดบนพื้นการยึดเกาะสูงโดยใช้ยางขนาดมาตรฐานโรงงานที่ความเร็ว 60 กม./ชม.

รุ่นรถจักรยานยนต์	เบรกล้อหน้า อย่างเดียว (ม.)	เบรกล้อหลัง อย่างเดียว (ม.)	เบรก 2 ล้อ* (ม.)
Honda wave (ปี 2022)	21.6	39.1	21.7
Yamaha Finn (ปี 2022)	22.3	33.1	20.0
Suzuki Smash (ปี 2020)	27.0	37.1	20.4
Yamaha Qbix (ปี 2022)	23.5	35.6	19.9
Suzuki Skydrive (ปี 2019)	25.7	38.4	22.4
GPX demon (ปี 2017)	23.0	39.9	20.4
Honda MSX (ปี 2021)	21.3	40.2	22.7

หมายเหตุ:

- ระยะห้ามล้อที่ปรากฏในตารางไม่ใช่ระยะห้ามล้อที่สั้นที่สุดที่รถจักรยานยนต์สามารถทำได้
- ระยะห้ามล้อที่ดีที่สุดจากการทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 6 ครั้ง
- ขับขี่และเบรกโดยนักขี่ระดับผู้เชี่ยวชาญ
- พื้นการยึดเกาะสูงเป็นพื้นผิวที่มีความเสียดทานสูงกว่าถนนปกติทั่วไป
- ไม่ใช่ระบบ ABS
- ไม่มีการควบคุมตัวแปรอื่นได้แก่ ปริมาณการใส่แรงห้ามล้อ รูปแบบการใส่แรงห้ามล้อ จุดที่เริ่มใส่แรงห้ามล้อ ระบบกลไกการห้ามล้อ อายุรถจักรยานยนต์ อายุยางล้อ ยี่ห้อยางล้อ มิติของรถจักรยานยนต์ และตำแหน่งของผู้ขับขี่

*7. ระยะห้ามล้อ 2 ล้อไม่ได้เกิดจากการทดสอบจริง แต่ได้จากการคำนวณโดยอยู่บนฐานระยะห้ามล้อที่ร้อยละ 90 ของความเร็วสูงสุดตามประกาศของกรมการขนส่งทางบก

5.2 ข้อเสนอแนะแก่ผู้บริโภครถจักรยานยนต์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

5.2.1 ระยะ Run-in

การขับขี่ในช่วงระยะ Run-in หลังจากได้รับรถจักรยานยนต์ใหม่จากผู้จำหน่ายเรียบร้อยแล้วเป็นสิ่งที่ผู้ขับขี่ควรระวังโดยเฉพาะการห้ามล้อเนื่องจากผ้าเบรกและอาจรวมถึงยางล้อยังไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ผู้ขับขี่จึงควรทำตามคำแนะนำเรื่องการขับขี่ในช่วงระยะ Run-in ตามคู่มือของรถแต่ละรุ่นอย่างเคร่งครัด สำหรับผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ควรระบุระยะ Run-in พร้อมวิธีปฏิบัติในคู่มือให้ชัดเจน

5.2.2 ระยะหยุดปลอดภัย

ในกรณีที่ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มีความจำเป็นต้องหยุดรถเมื่อพบเจอเข้ากับสิ่งกีดขวางหรือวัตถุที่หยุดนิ่ง ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ต้องทำการห้ามล้อล่วงหน้าเพื่อให้ป้องกันการชนเข้ากับสิ่งกีดขวางหรือวัตถุที่หยุดนิ่งนั้น สำหรับระยะหยุดปลอดภัยขั้นต่ำที่แนะนำแสดงในตารางที่ 5.2 และภาพที่ 5.1 ซึ่งคำนวณจากเกณฑ์ชีวิตของหัวข้อการทดสอบสมรรถนะระบบห้ามล้อต่างๆ บนพื้นการยึดเกาะสูงซึ่งรถจักรยานยนต์ทุกคันควรทำได้ ระยะดังกล่าวประกอบด้วย 3 ส่วนอันได้แก่ ระยะทางจากเวลาตอบสนองที่ 2.5 วินาที ระยะห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ และระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากผู้โดยสารซ้อนท้าย 1 คน จากข้อมูลในตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ถ้ารถจักรยานยนต์ขับขี่มาด้วยความเร็ว 60 กม./ชม. และมีผู้โดยสารซ้อนท้ายจำนวน 1 คน ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ควรเว้นระยะห่างจากยานพาหนะคันหน้าถึงประมาณ 100 ม. ในกรณีที่ผู้ขับขี่ต้องห้ามล้อกะทันหันจากเหตุไม่คาดคิดโดยใช้ห้ามล้อหลังแต่เพียงอย่างเดียวเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุการชน

จากภาพที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ระยะห้ามล้อที่เกิดจากการห้ามล้อหลังเพียงล้อเดียวนั้นมีระยะห้ามล้อสูงที่สุด **ซึ่งควรให้ความรู้ความเข้าใจกับประชาชนว่า “การห้ามล้อหลังอย่างเดียวมีสมรรถนะต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการห้ามล้อหน้าล้อเดียวและการห้ามล้อทั้งหมด”** วีระ กสานติกุล [30] พบว่า คนไทยส่วนใหญ่ใช้นิยมใช้ห้ามล้อหลังอย่างเดียวมากกว่าห้ามล้อหน้าถึงเกือบสองเท่า ดังนั้น ผู้ขับขี่ที่ใช้ห้ามล้อหลังอย่างเดียวเป็นประจำ จึงควรเตรียมตัวและเผื่อระยะการหยุดให้มากขึ้น

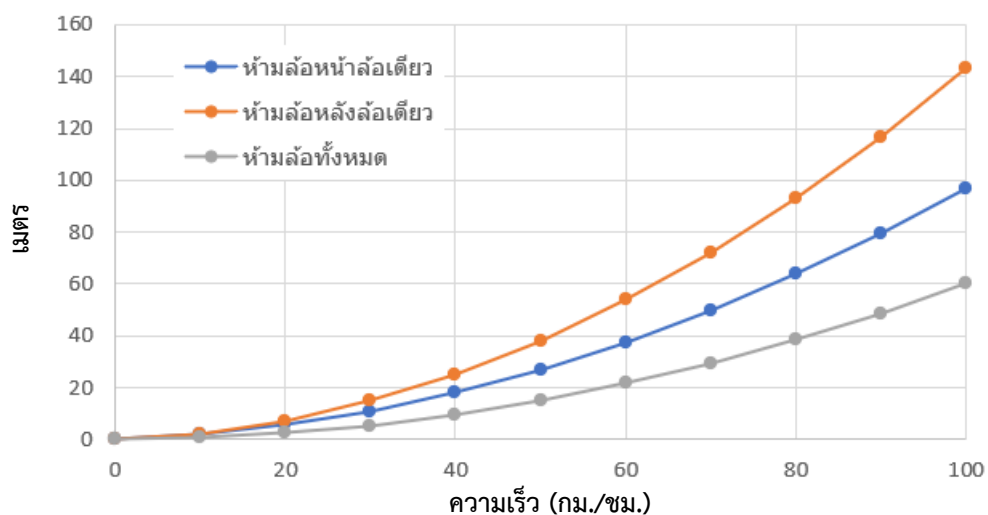
เพื่อให้ผู้ขับขี่มีความคุ้นเคยกับระยะหยุดปลอดภัยดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ **“ผู้ผลิต หรือผู้จำหน่ายรถจักรยานยนต์ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดการอบรมการทำความเข้าใจที่ถูกต้องแก่ผู้ขับขี่เรื่องระยะห้ามล้อจากการใช้ห้ามล้อแบบต่างๆ รวมไปถึงเสนอแนะให้กรมการขนส่งทางบกมีการสอบปฏิบัติการห้ามล้อตามระยะหยุดปลอดภัย**

สำหรับการขอรับใบอนุญาตขับชี้รถจักรยานยนต์ ทั้งนี้ หากมีข้อจำกัดเรื่องพื้นที่สอบอาจให้ใช้ความเร็วต่ำที่เหมาะสมตามใช้เกณฑ์ชี้วัดระยะห้ามล้อตามตารางที่ 5.2 และภาพที่ 5.1”

ตารางที่ 5.2 ระยะหยุดปลอดภัยบนพื้นการยึดเกาะสูง

ความเร็ว (กม./ ชม.)	(1) ระยะทางจาก เวลาตอบสนองที่ 2.5 วินาที (ม.)	(2) ระยะห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ (ม.)			(3) ระยะทางที่ เพิ่มขึ้นจาก ผู้โดยสารซ้อน ท้าย 1 คน (ม.)
		ห้ามล้อหน้า ล้อเดียว	ห้ามล้อหลัง ล้อเดียว	ห้ามล้อ สองล้อ	
0	0.0	0	0	0	7.0
10	6.9	1.9	2.3	0.6	
20	13.9	5.5	7.3	2.4	
30	20.8	10.8	15.0	5.4	
40	27.8	17.9	25.3	9.6	
50	34.7	26.8	38.3	15.0	
60	41.7	37.3	53.9	21.6	
70	48.6	49.6	72.2	29.4	
80	55.6	63.7	93.1	38.4	
90	62.5	79.5	116.7	48.6	
100	69.4	97.0	143.3	60.3	

ระยะหยุดปลอดภัย



ภาพที่ 5.1 ระยะห้ามล้อของรถจักรยานยนต์ที่ไม่ควรเกินตามวิธีการห้ามล้อรูปแบบต่างๆ

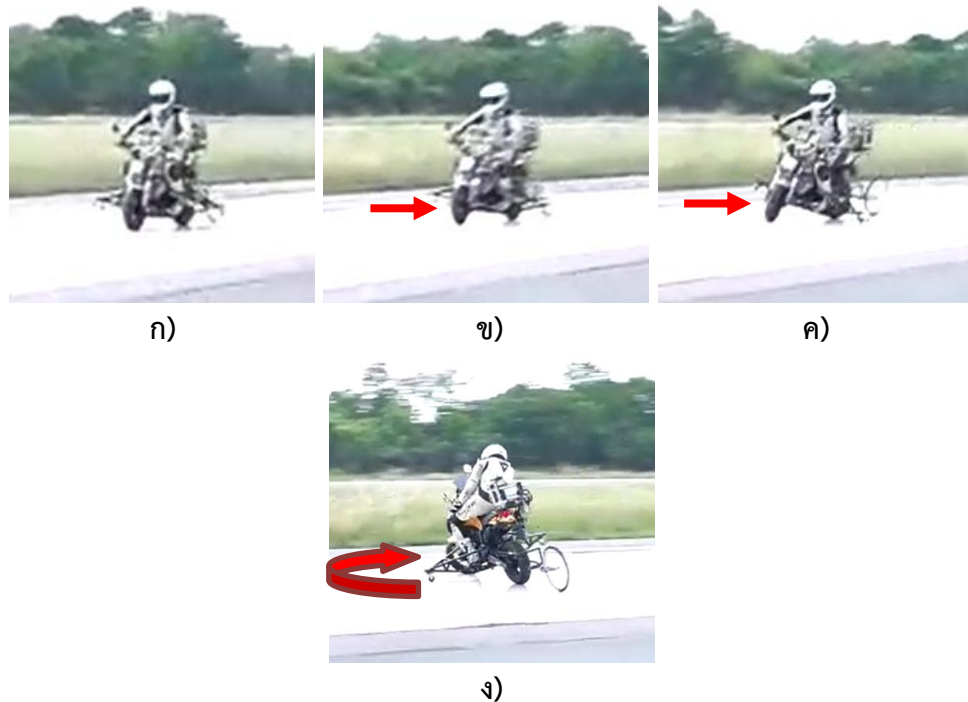
5.2.3 การขับเคลื่อนตามรถยนต์

ปัจจุบันระบบความปลอดภัยในรถยนต์ถูกนำมาติดตั้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบช่วยห้ามล้อ ไม่ว่าจะเป็นระบบป้องกันล้อล็อก (Anti-lock braking system: ABS) ระบบกระจายแรงห้ามล้ออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic brake distribution: EBD) และระบบช่วยห้ามล้อ (Brake assist: BA) เป็นต้น ระบบความปลอดภัยเหล่านี้ถูกติดตั้งเป็นอุปกรณ์มาตรฐานในรถยนต์ใหม่ทุกรุ่นซึ่งช่วยให้รถยนต์เหล่านี้มีระยะห้ามล้อที่สั้นลงกว่าเดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีการห้ามล้อฉุกเฉิน ในขณะที่ระบบความปลอดภัยในรถจักรยานยนต์ปัจจุบันไม่ได้ถูกติดตั้งเพิ่มขึ้นเลยเมื่อเทียบกับรถยนต์ยกเว้นระบบ ABS ซึ่งมีติดตั้งในรถจักรยานยนต์เพียงแค่บางรุ่นเท่านั้น ดังนั้น **“ในกรณีที่ขี่รถจักรยานยนต์ตามหลังรถยนต์ในปัจจุบัน ควรเว้นระยะขับตามให้ห่างเพิ่มขึ้น”**

5.2.4 ระบบ ABS ในรถจักรยานยนต์

ถึงแม้ผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่า ระบบ ABS ไม่ได้ช่วยให้ระยะห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำสั้นลงกว่าการห้ามล้อที่ไม่ใช้ระบบ ABS อันเนื่องมาจากความสามารถของนักขี่ระดับผู้เชี่ยวชาญที่สามารถห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำได้โดยล้อไม่เกิดการล็อก **“คุณประโยชน์อย่างแรกคือ ป้องกันการล็อกของล้อ ระบบ ABS สามารถทำให้ยางล้อเกาะถนนและสามารถควบคุมการห้ามล้อในขณะที่ทำการห้ามล้อแบบกระทันหันบนพื้นถนนที่ลื่นได้ไม่ว่าผู้ขับขี่จะกำก้านเบรกแรงขนาดไหนก็ตาม ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่ทั่วไปที่ไม่มีทักษะการขับขี่เทียบเท่ากับนักขี่มืออาชีพสามารถประคองรถไว้ได้โดยไม่ล้ม จึงลดโอกาสการและระดับความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุลงได้ คุณประโยชน์ประการต่อมาคือ เมื่อผู้ขับขี่เห็นว่าระยะห้ามล้อไม่เพียงพอแม้ใช้ระบบ ABS ก็ตาม ผู้ขับขี่สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางบนพื้นถนนที่ลื่นได้โดยไม่เกิดการล้ม”** [39]

การห้ามล้อบนพื้นการยึดเกาะต่ำหรือพื้นลื่นนั้นสามารถทำให้เกิดการล็อกของล้อได้ง่าย ในกรณีของการห้ามล้อหน้า ถ้าผู้ขับขี่ใส่แรงห้ามล้อมากเกินไปที่พื้นลื่นรับได้นั้นจะทำให้เกิดการล็อกของล้อและเป็นเหตุให้รถจักรยานยนต์ล้มลงสู่พื้นอย่างรวดเร็ว [30] ทั้งนี้ ในการวิจัยมีการจำลองเหตุการณ์การเกิดการล็อกของล้อหน้าที่ถูกขี่และควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำเพื่อความปลอดภัย ดังภาพที่ 5.2 ที่ต้องการแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุที่เกิดจากการควบคุมรถไม่ได้ อันมาจากการล็อกของล้อ อย่างไรก็ตาม ถ้าเป็นกรณีที่ขี่รถจักรยานยนต์ทั่วไปที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันการพลิกคว่ำ เมื่อล้อหน้าล็อกและรถเกิดอาการตามภาพ 5.2ค รถจักรยานยนต์จะล้มลงสู่พื้นโดยแทบจะทันที



ภาพที่ 5.2 การห้ามล้อหน้าบนพื้นลื่น ก) เริ่มห้ามล้อ ข) ล้อหน้าเกิดการล็อก ค) ล้อหน้าเกิดการพลิกมาด้านซ้าย รถเอียงเสียอาการ และ ง) รถเกิดการหมุน

โอกาสที่จะเกิดการล็อกของล้อด้วยการห้ามล้อบนพื้นถนนปกติมีโอกาสเกิดขึ้นได้ถ้าขับขี่อยู่บนถนนที่มีความเสียดทานต่ำซึ่งสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็น ความเสียดทานต่ำบนถนนแห่งนี้เกิดขึ้นจากหลายสาเหตุตั้งแต่การเสื่อมสภาพของผิวถนน อายุการใช้งานของถนน มีสิ่งแปลกปลอมปกคลุมพื้นผิวถนน เช่น ฝุ่น โคลน น้ำเมือกปลา เป็นต้น ในส่วนของการเสื่อมสภาพของผิวถนนนั้นกรมทางหลวงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็นตัวชี้วัดและใช้เป็นเกณฑ์ในการบำรุงรักษาโดยได้กำหนดเกณฑ์ไว้ 2 ระดับคือ ระดับพึงระวัง และระดับปรับปรุงแก้ไข ซึ่งทั้งสองระดับนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานอยู่ที่ 0.43 และ 0.29 ตามลำดับ [40] ในส่วนตัวอย่างของสิ่งแปลกปลอมปกคลุมพื้นผิวถนนนั้น มีการศึกษาของ กัณวีร์ กนิษฐ์พงศ์ [41] พบว่า บนถนนพระราม 2 บริเวณหน้าทางเข้าออกตลาดทะเลไทยซึ่งมีการสะสมของน้ำเมือกปลาที่รั่วไหลจากรถบรรทุกปลาและอาหารทะเลบนพื้นผิวถนนเป็นเหตุให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีเพียงแค่ว่าประมาณ 0.35 เท่านั้น

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานดังกล่าวเปรียบเทียบกับค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ยที่รถจักรยานยนต์ทุกรุ่นทำได้ภายใต้การทดสอบสามารถสรุปได้ว่า มีโอกาสอย่างมาก ที่ล้อหน้าและหลังจะเกิดการล็อกได้ **“ดังนั้น การเลือกซื้อรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบ ABS มาด้วยเป็นสิ่งสมควรกระทำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเทคโนโลยีพื้นฐานอย่าง ABS สามารถลดข้อจำกัดทั้งที่เกิดจากตัวคนขี่เองหรือจากถนนได้”**

5.3 หัวข้อการวิจัยในอนาคต

เพื่อเป็นการยกระดับความปลอดภัยเกี่ยวกับการห้ามล้อในรถจักรยานยนต์ การวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับคน รถ และถนนเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง หัวข้อที่ควรวิจัยในอนาคตได้แก่

- การศึกษาเวลาตอบสนองในการห้ามล้อของคนไทย
- การศึกษาผลกระทบของแสงในเวลาคืนต่อการห้ามล้อ
- การศึกษาผลกระทบของการอบรมวิธีห้ามล้อแก่ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์
- การศึกษาผลกระทบของอายุยางล้อต่อสมรรถนะการห้ามล้อ
- การศึกษาผลกระทบของคุณภาพยางล้อต่อสมรรถนะการห้ามล้อ
- การศึกษาคุณภาพผ้าเบรกที่ขายอยู่ในประเทศไทย
- การศึกษาผลกระทบของความดันลมยางต่อสมรรถนะการห้ามล้อ
- การศึกษาผลกระทบของระยะผ้าเบรกในรถจักรยานยนต์ต่อสมรรถนะการห้ามล้อ

อ้างอิง

- [1] กลุ่มสถิติขนส่ง กองแผนงาน, “ข้อมูลด้านทะเบียนรถ: รถจดทะเบียนใหม่ปี พ.ศ. 2563,” กรมการขนส่งทางบกกระทรวงคมนาคม, พฤศจิกายน 2563.
- [2] A member of MUFG a global financial group, “Industry Indicators Motorcycle,” Krungsri Research, 2020.
- [3] ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน Thai RSC, “ผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตแยกตามขนาดเครื่องยนต์ ปี 2017 -2019,” มกราคม. 2564.
- [4] World Health Organization: WHO, “เป้าหมายโลกสำหรับการดำเนินงานด้านความปลอดภัยทางถนน,” พฤศจิกายน. 2560.
- [5] วรวิทย์ ก่อวงศ์พานิชย์, “มาตรฐานชิ้นส่วนยานยนต์และการทดสอบ ความสำคัญต่อโอกาสการแข่งขันในตลาดโลก,” สถาบันยานยนต์, พฤษภาคม. 2558.
- [6] ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี และคณะ, “ความเข้าใจในสมรรถนะที่เปลี่ยนแปลงจากการดัดแปลงสภาพส่วนควบและเครื่องอุปกรณ์รถจักรยานยนต์,” สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2564.
- [7] Physics Forums, Calculation of friction coefficient between wheel and road. Retrieved from: <https://www.physicsforums.com/threads/calculation-of-friction-coefficient-between-wheel-and-road.784008/>
- [8] Cossalter, V. (2006). Motorcycle dynamics. Lulu. Com.
- [9] Masii, ยางรถมอเตอร์ไซด์มีกี่ประเภท. Retrieved from: <https://masii.co.th/blog/%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%96%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>
- [10] Continental, รหัสบนยาง. Retrieved from <http://www.continentalthailand.com/Article/Detail/97417>
- [11] Avon Tyres, Load index and and speed rating symbols. Retrieved from: <https://www.avontyres.com/en-gb/tyre-care/technical/load-index-and-speed-rating-sy/>
- [12] Les Schwab, Tire speed rating and why it matters. Retrieved from: <https://www.lesschwab.com/article/tire-speed-rating-and-why-it-matters.html>

- [13] Kobayashi, K., Cheok, K. C., & Watanabe, K. (1995, June). Estimation of absolute vehicle speed using fuzzy logic rule-based Kalman filter. In Proceedings of 1995 American Control Conference-ACC'95 (Vol. 5, pp. 3086-3090). IEEE.
- [14] WikiMedia Commons, A van with a fifth-wheel speed measurement device. Retrieved from: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_van_with_a_fifth-wheel_speed_measurement_device.JPG
- [15] Explainthatstuff, Accelerometers. Retrieved from: <https://www.explainthatstuff.com/accelerometers.html>
- [16] Hartnett, R., Gross, K., Bovee, B., Nassar, S., Johnson, G., Sanders, G., ... & Wolfe, D. (2003, June). DGPS accuracy observations and potential data channel improvements. In Proceedings of the 59th Annual Meeting of The Institute of Navigation and CIGTF 22nd Guidance Test Symposium (2003) (pp. 518-527).
- [17] The Institute of Measurement and Control, Guide to the Measurement of Force, 2013. Retrieved from: http://resource.npl.co.uk/docs/science_technology/mass_force_pressure/clubs_groups/instmc_weighing_panel/forceguide.pdf
- [18] ForumAutomation, How does a infrared thermometer (IRT) works?. Retrieved from: <https://forumautomation.com/t/how-does-a-infrared-thermometer-irt-works/2873>
- [19] Primus, เครื่องวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส. Retrieved from: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=193>
- [20] Setra, What is measurement traceability?. Retrieved from: <https://www.setra.com/blog/what-is-measurement-traceability>
- [21] Wired, New Ducati stability system makes crashing near impossible. Retrieved from: <https://www.wired.com/2015/06/new-ducati-stability-system-makes-crashing-near-impossible/>
- [22] Motourismo, Motorcycle training course: Leaning training perfection, Germany. Retrieved from: <https://www.motourismo.com/en/listings/2862-Leaning-training-perfection-germany>
- [23] I. Rosen, R. Rusi, and I. Plamen, "Laboratory investigation of tyre sliding grip coefficient," Transport, vol. 21, no. 3, pp. 172–181, 2006.

-
- [24] V. Boutylin, J. Lepeshko, and V. Ivanov, "About interrelation between the tire grip properties and the wheel sliding," in 2001 Automotive and Transportation Technology Congress and Exhibition, pp. 372–378, Barcelona, Spain, 2001.
 - [25] Bartlett, Wade, Baxter, Al, and Robar, Neil, "Motorcycle Braking Tests: IPTM Data Through 2006," Accident Reconstruction Journal, July/August 2007.
 - [26] Tolhurst, N. and McKnight, A., "Motor Cycle Braking Methods," SAE Technical Paper 860020, 1986.
 - [27] Rose, N. A., Braking Capabilities of Motorcyclists – A Literature Review, 2017. Retrieved from <https://www.nathanarose.com/blog/2017/10/4/braking-capabilities-of-motorcyclists-a-literature-review>
 - [28] United Nations, UN Regulation No.78 Revision 1, 2007. Retrieved from <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/r078r1e.pdf>
 - [29] United Nations, UN Regulation No.75 Revision 2, 2010. Retrieved from https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R075rev.2_e.pdf
 - [30] Kasantikul, V., Motorcycle accident causation and identification of countermeasures in Thailand Volume I: Bangkok study, 2001.
 - [31] Laksanakit, C., Dynamic stability of motorcycle: Tyre width contribution to road crash (Doctoral dissertation, Prince of Songkla University), 2016.
 - [32] กรมการขนส่งทางบก, สถิติรถจดทะเบียนใหม่. Retrieved from <https://web.dlt.go.th/statistics/>
 - [33] National Weather Service, Site and Exposure Standards. Retrieved from <https://www.weather.gov/coop/sitingpolicy2>
 - [34] Green, D. (2006). A comparison of stopping distance performance for motorcycles equipped with ABS, CBS and conventional hydraulic brake systems. In International Motorcycle Safety Conference (pp. 26-30).
 - [35] Cieřka, P. (2016). Effect of ABS and CBS on motorcycle braking deceleration on a wet road surface. Poland Institute of Forensic Research.
 - [36] Sitthiracha, S., & Koetnuyom, S. (2020). Safe following distances for motorcycle to prevent rear-end collision. Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia, 4(2).

- [37] Davoodi, S.R., Hamid, H., Pazhouhanfar, M., and Muttart, J.W., Motorcyclist perception response time in stopping sight distance situations. Safety science. 2012.
- [38] Ariffin, A. H., Hamzah, A., Solah, M. S., Paiman, N. F., Jawi, Z. M., & Isa, M. M. (2017). Comparative Analysis of Motorcycle Braking Performance in Emergency Situation. Journal of the Society of Automotive Engineers Malaysia, 1(2), 137-145.
- [39] ไทยฮอนด้า (2563). ยางรถมอเตอร์ไซด์ยืดอายุการใช้งานได้จริงหรือ? สืบค้นจาก <https://www.thaihonda.co.th/honda/news/etc-news/20201027/%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%96%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%E0%B8%A2%E0%B8%B7%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%B8%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%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%88%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%AD->
- [40] กรมทางหลวง (2564). รายงานผลการประเมินความผิดของผิวจราจรทางหลวงหมายเลข 304, 2310, 226, 23, 2259, 202, 2210, 217, 221 และ 2201.
- [41] กัณวีร์ กนิษฐ์พงศ์ (2553), โครงการศึกษาค่าความเสียหายของผิวทางที่มีผลต่อความปลอดภัยทางถนน กรณีศึกษา: ผลกระทบของน้ำเมื่อกบลาบนถนนพระราม 2 จังหวัดสมุทรสาคร.

ภาคผนวก ก
ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ที่นำมาทดสอบ

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ Honda wave (2022)



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	PGM-FI 4 จังหวะ แบบซิงเกิ้ลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ (SOHC) ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	109.5
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	47.0 x 63.1
อัตราส่วนแรงอัด	10.0 : 1
ระบบคลัทช์	คลัทช์เปียกแบบหลายแผ่นซ้อนกัน
ระบบส่งกำลัง	เกียร์วัน 4 ระดับ
ระบบจุดระเบิด	ระบบควบคุมการจุดระเบิดด้วยคอมพิวเตอร์
กว้างxยาวxสูง (มม.)	706 x 1,919 x 1,083
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	1,227
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	132
ความสูงของเบาะ (มม.)	755
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	99
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	5.0
ระบบกันสะเทือนหน้า	เทเลสโคปิก
ระบบกันสะเทือนหลัง	สวิงอาร์ม
ระบบห้ามล้อหน้า	ดรัมเบรก
ระบบห้ามล้อหลัง	ดรัมเบรก
ล้อ	ล้อซี่ลวด
ขนาดยางหน้า	70/90-17 M/C 38P
ขนาดยางหลัง	80/90-17 M/C 50P
ราคา (บาท)	46,000

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ Honda MSX (2021)

Honda MSX



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	ระบบจ่ายน้ำมันหัวฉีด PGM-FI 4 จังหวะ/ แบบชิงเกิ้ลโอเวอร์เฮดแคมชาฟท์ ระบาย ความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	124.9
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	52.4 x 57.9
อัตราส่วนแรงอัด	9.3:1
ระบบคลัทช์	คลัทช์เปียกแบบหลายแผ่นซ้อนกัน
ระบบส่งกำลัง	เกียร์ 4 ระดับ
ระบบจุดระเบิด	ระบบควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วย คอมพิวเตอร์
กว้างxยาวxสูง (มม.)	728x1,755x988
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	1,199
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	153
ความสูงของเบาะ (มม.)	761
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	103
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	5.7
ระบบกันสะเทือนหน้า	เทเลสโคปิก 31 มม.
ระบบกันสะเทือนหลัง	โช๊คเดี่ยวพร้อมสวิงอาร์ม
ระบบห้ามล้อหน้า	ดิสก์เบรกแบบลูกสูบคู่ Ø 220 มม. และ ABS
ระบบห้ามล้อหลัง	ดิสก์เบรกแบบลูกสูบเดี่ยว Ø 190 มม.
ล้อ	ล้อแม็ก
ขนาดยางหน้า	120/70-12 51L แบบไม่มียางใน (Tubeless)
ขนาดยางหลัง	130/70-12 56L แบบไม่มียางใน (Tubeless)
ราคา (บาท)	75,000

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ YAMAHA Finn (2022)



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	4 จังหวะ สูบเดี่ยว SOHC ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	114 ซีซี
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	50.0 x 57.9
อัตราส่วนแรงอัด	9.3:1
ระบบคลัทช์	แบบเปียกชนิดหลายแผ่น
ระบบส่งกำลัง	โซ่
ระบบจุดระเบิด	T.C.I
กว้างxยาวxสูง (มม.)	710x1,940x1,095
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	1,235
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	155
ความสูงของเบาะ (มม.)	775
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	98
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	4.0
ระบบกันสะเทือนหน้า	เทเลสโคปิก
ระบบกันสะเทือนหลัง	สวิงอาร์ม โช้คอัพคู่
ระบบห้ามล้อหน้า	ดิสก์เบรก
ระบบห้ามล้อหลัง	ดรัมเบรก
ล้อ	ซี่ลวด
ขนาดยางหน้า	70/90-17 M/C 38P
ขนาดยางหลัง	80/90-17 M/C 50P
ราคา (บาท)	42,500

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ YAMAHA Qbix (2022)



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	4 จังหวะ สูบเดี่ยว SOHC 2 วาล์ว ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	125
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	52.4 x 57.9
อัตราส่วนแรงอัด	9.1 : 1
ระบบคลัทช์	คลัทช์แห้งชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
ระบบส่งกำลัง	สายพาน
ระบบจุดระเบิด	T.C.I.
กว้างxยาวxสูง (มม.)	715x 1,860 x 1,115
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	1,280
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	135
ความสูงของเบาะ (มม.)	775
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	106
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	4.2
ระบบกันสะเทือนหน้า	เทเลสโคปิก
ระบบกันสะเทือนหลัง	ยูนิตสวิง
ระบบห้ามล้อหน้า	ดิสก์เบรกและ ABS
ระบบห้ามล้อหลัง	ดรัมเบรก
ล้อ	ล้อแม็ก 12 นิ้ว
ขนาดยางหน้า	130/70-12 56L
ขนาดยางหลัง	140/70-12 60L
ราคา (บาท)	61,000

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ Suzuki Smash (2020)



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	4 จังหวะ SOHC ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	113
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	51.0x55.4
อัตราส่วนแรงอัด	9.4:1
ระบบคลัทช์	SAPECS (SUZUKI ADVANCED POWER ENGAGEMENT CLUTCH SYSTEM)
ระบบส่งกำลัง	เกียร์วัน 4 ระดับ
ระบบจุดระเบิด	Electronic Ignition
กว้างxยาวxสูง (มม.)	690 X 1,910 X 1,085
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	1,220
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	145
ความสูงของเบาะ (มม.)	760
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	94
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	3.7
ระบบกันสะเทือนหน้า	เทเลสโคปิก
ระบบกันสะเทือนหลัง	สวิงอาร์มร่วมกับสปริง
ระบบห้ามล้อหน้า	ดิสเบรก
ระบบห้ามล้อหลัง	ดรัมเบรก
ล้อ	ล้อซี่ลวด
ขนาดยางหน้า	70 / 90 – 17 M/C 38P
ขนาดยางหลัง	80 / 90 – 17 M/C 50P
ราคา (บาท)	40,500

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ Suzuki Skydrive (2019)



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	4 จังหวะ SOHC ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	124
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	53.5 x 55.2
อัตราส่วนแรงอัด	9.6:1
ระบบคลัทช์	แบบแห้ง อัตโนมัติแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
ระบบส่งกำลัง	สายพาน
ระบบจุดระเบิด	อิเล็กทรอนิกส์
กว้างxยาวxสูง (มม.)	655x1,885x1,040
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	1,260
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	140
ความสูงของเบาะ (มม.)	-
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	105
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	4
ระบบกันสะเทือนหน้า	เทเลสโคปิค
ระบบกันสะเทือนหลัง	เครื่องยนต์ร่วมกับคอยล์สปริง
ระบบห้ามล้อหน้า	ดิสก์เบรก
ระบบห้ามล้อหลัง	ดรัมเบรก
ล้อ	ล้อแม็ก
ขนาดยางหน้า	70/90 – 14 M/C 34P
ขนาดยางหลัง	80/90 – 14 M/C 40P
ราคา (บาท)	47,500

ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ GPX Demon (2017)



รายการ	ข้อมูลจำเพาะ
เครื่องยนต์	4 จังหวะ SOHC
ปริมาตรกระบอกสูบ (ซีซี)	125
ความกว้างกระบอกสูบ (มม.) x ช่วงชัก (มม.)	
อัตราส่วนแรงอัด	9.2:1
ระบบคลัทช์	-
ระบบส่งกำลัง	4 ระดับ
ระบบจุดระเบิด	CDI
กว้างxยาวxสูง (มม.)	800x1,780x1,033
ระยะห่างช่วงล้อ (มม.)	-
ระยะห่างจากพื้น (มม.)	-
ความสูงของเบาะ (มม.)	770
น้ำหนักสุทธิ (กก.)	105
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	6.5
ระบบกันสะเทือนหน้า	โช้คอัพหัวกลับ (Up side down)
ระบบกันสะเทือนหลัง	โช้คอัพเดี่ยว
ระบบห้ามล้อหน้า	ดิสก์เบรก
ระบบห้ามล้อหลัง	ดิสก์เบรก
ล้อ	ล้อแม็ก
ขนาดยางหน้า	IRC 120/70-12" IRC 130/70-12"
ขนาดยางหลัง	IRC 120/70-12" IRC 130/70-12"
ราคา (บาท)	49,000

หมายเหตุ ข้อมูลจำเพาะรถจักรยานยนต์ที่นำมาทดสอบใช้ข้อมูลจากผู้ผลิตเปิดเผย คณะผู้วิจัยไม่ได้ทำการตรวจสอบและตรวจวัดเองเพื่อการได้มาซึ่งค่าและประเภทต่าง ๆ ตามแต่ละรายการ

ภาคผนวก ข
ขนาดยางที่ใช้ในการทดสอบ

รุ่นรถ	รุ่นยาง		ความดันลมยาง หน้า/หลัง (psi)	หมายเหตุ
	หน้า (ปี)	หลัง (ปี)		
Honda wave (2022) ยี่ห้อเบรก: Nissin	ยี่ห้อ IRC 70/90-17M/C 38P (2022)	ยี่ห้อ IRC 80/90-17M/C 50P (2022)	29/33	ยางดีตรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ IRC 60/90 – 17 (2022)	ยี่ห้อ IRC 70/90 – 17 (2022)	29/33	ยางหน้าแคบลง
Yamaha Finn (2022) ยี่ห้อเบรก: ไม่ระบุ	ยี่ห้อ Maxxis 70/90 - 17M/C 38P (2022)	ยี่ห้อ Maxxis 80/90 - 17M/C 50P (2022)	29/33	ยางดีตรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ IRC 60/90 – 17 (2021)	ยี่ห้อ IRC 70/90 – 17 (2021)	29/33	ยางหน้าแคบลง
Suzuki Smash (2020) ยี่ห้อเบรก: Nissin	ยี่ห้อ N.D.Rubber 70/90 R17 33P (2019)	ยี่ห้อ N.D.Rubber 80/90 R17 43P (2019)	25/29	ยางดีตรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ IRC 60/90 – 17 (2021)	ยี่ห้อ IRC 70/90 – 17 (2021)	25/29	ยางหน้าแคบลง
Yamaha Qbix (2022) ยี่ห้อเบรก: ไม่ระบุ	ยี่ห้อ IRC 130/70-12 56L (2021)	ยี่ห้อ IRC 140/70-12 60L (2021)	25/29	ยางดีตรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ IRC 120/70 – 12 (2022)	ยี่ห้อ IRC 130/70 -12 (2022)	25/29	ยางหน้าแคบลง
Suzuki skydrive (2019) ยี่ห้อเบรก: Nissin	ยี่ห้อ IRC 70/90 -14 M/C 34P (2018)	ยี่ห้อ IRC 80/90 -14 M/C 40P (2018)	25/33	ยางดีตรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ Camal 60/70 – 14 (2022)	ยี่ห้อ Camal 70/90 – 14 (2022)	25/33	ยางหน้าแคบลง

รุ่นรถ	รุ่นยาง		ความดันลมยาง หน้า/หลัง (psi)	หมายเหตุ
	หน้า (ปี)	หลัง (ปี)		
GPX demon (2017) ยี่ห้อเบรก: ไม่ระบุ	ยี่ห้อ IRC 120/70 – 12 (2017)	ยี่ห้อ IRC 130/70 – 12 (2017)	28/30	ยางดีดรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ IRC 110/70 – 12 (2021)	ยี่ห้อ IRC 120/70 – 12 (2021)	28/30	ยางหน้าแคบลง
Honda MSX (2021) ยี่ห้อเบรก: Nissin	ยี่ห้อ IRC 120/70-12 51L (แบบไม่มียางใน) (2020)	ยี่ห้อ IRC 130/70-12 56L (แบบไม่มียางใน) (2020)	29/29	ยางดีดรถจาก โรงงาน
	ยี่ห้อ IRC 110/70 -12 (2022)	ยี่ห้อ IRC 120/70 – 12 (2022)	29/29	ยางหน้าแคบลง

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการทดสอบและเกณฑ์ชี้วัดสมรรถนะ

1. ข้อกำหนดในการทดสอบ

1.1 พื้นผิวถนนทดสอบ

1.1.1 พื้นผิวที่มีการยึดเกาะถนนสูง - พื้นที่ทำทดสอบต้องสะอาดและได้ระดับโดยมีความลาดชัน (gradient) ไม่เกินร้อยละ 1 มีค่าประสิทธิภาพการห้ามล้อสูงสุด (peak braking coefficient: PBC) ที่ 0.9 เว้นแต่กำหนดไว้ที่อื่น

1.1.2 พื้นผิวที่มีการยึดเกาะถนนต่ำ - ใช้วัดสมรรถนะเชิงพลวัตที่ได้กำหนด ค่าพื้นผิวที่มีการยึดเกาะถนนต่ำและทดสอบระบบป้องกันการลื่นไถล พื้นที่ทำทดสอบต้องสะอาดและได้ระดับโดยมีความลาดชัน (gradient) ไม่เกินร้อยละ 1

1.1.3 สำหรับการทดสอบระบบห้ามล้อขณะจอด ต้องมีความลาดชัน (gradient) ของพื้นผิวทดสอบที่ร้อยละ 18 และมีพื้นผิวที่สะอาด และแห้ง และไม่ยุบตัวเพราะมวลของรถ

1.1.4 ความกว้างของลู่วิ่ง (lane) ในการทดสอบคือ 2.5 เมตร

1.2 อุณหภูมิโดยรอบ (Ambient temperature) ในการทดสอบอยู่ระหว่าง 4-45 องศาเซลเซียส

1.3 ความเร็วลมในการทดสอบไม่เกิน 5 เมตร/วินาที

1.4 ค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของความเร็วในการทดสอบเท่ากับ ± 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในกรณีที่ความเร็วในการทดสอบจริงเบี่ยงเบนไปจากความเร็วทดสอบที่กำหนด ให้ปรับแก้โดยใช้สูตรตามที่กำหนด

1.5 ต้องไม่เกิดการลื่นไถลของล้อ

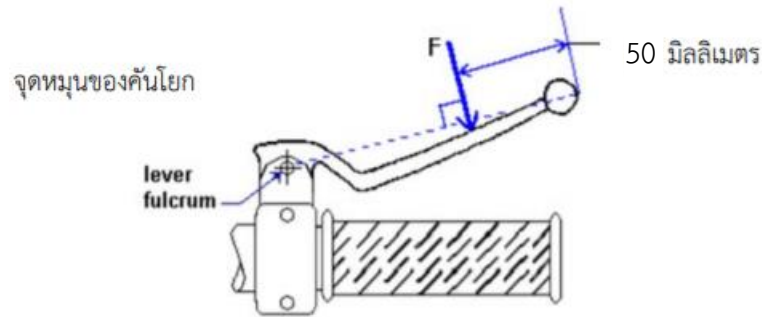
2. การเตรียมรถจักรยานยนต์

2.1 ความเร็วรอบเครื่องยนต์เดินเบาให้เป็นไปตามที่ระบุโดยผู้ผลิต

2.2 ความดันลมยางต้องเป็นไปตามที่ระบุโดยผู้ผลิตสำหรับเงื่อนไขการบรรทุกของรถ สำหรับ การทดสอบ

2.3 ทิศทางและจุดการใช้อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อ

2.3.1 สำหรับคันโยกมือ (hand control lever) แรงที่กระทำบนพื้นผิวด้านหน้าของคันโยก ต้องตั้งฉากกับระนาบระหว่างจุดหมุนของคันโยกและจุดไกลสุดบนระนาบที่คันโยกควบคุมนั้นหมุนตามภาพที่ 3 แรงที่กระทำ ณ ตำแหน่งที่ห่างจากจุดนอกสุดของคันโยกควบคุม 50 มิลลิเมตรวัดตามแกน ระหว่างแกนกลางของจุดหมุนของคันโยกและจุดไกลสุดของคันโยก



ภาพที่ ค.1 การใส่แรงกระทำที่คานโยกมือ

2.3.2 สำหรับเป็นเหยียบห้ามล้อ แรงที่กระทำกับกึ่งกลางของแป้นควบคุมเป็น
มุลม

3. ขั้นตอนการทดสอบสมรรถนะ

3.1 การทดสอบห้ามล้อขณะแห้ง – อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อเดี่ยวทำงาน

3.1.1 สำหรับรถที่ติดตั้งระบบห้ามล้อร่วมและระบบห้ามล้อหลักแยกกัน รถที่
ทดสอบต้องมีสภาพการบรรทุกเบา (lightly loaded condition) นอกเหนือจากสภาพการบรรทุก
เต็มอัตราบรรทุก (laden condition) รวมถึงตัดการเชื่อมต่อของเครื่องยนต์

3.1.2 วิธีการและเงื่อนไขการทดสอบเป็นไปดังนี้

3.1.2.1 อุณหภูมิเครื่องห้ามล้อเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 55 และ 100°C

3.1.2.2 ทดสอบที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.9 เท่าของ
ความเร็วสูงสุดแล้วแต่อย่างใดจะต่ำกว่า

3.1.2.3 ให้อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักแต่ละอุปกรณ์ทำงานแยกกัน

3.1.2.4 ใส่แรง ≤ 200 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยมือ
หรือ ≤ 350 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยเท้า

3.1.2.5 ทดสอบการหยุดจนกระทั่งรถมีสมรรถนะตามที่กำหนดด้วย
การหยุดสูงสุด 6 ครั้ง

3.1.2.6 ให้เร่งรถจนถึงความเร็วทดสอบและใช้เครื่องห้ามล้อในการ
หยุดแต่ละครั้ง

3.2 การทดสอบหยุดขณะแห้ง – อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักทั้งหมดทำงาน

3.2.1 รถอยู่ในสภาพการบรรทุกเบาและการตัดการเชื่อมต่อของเครื่องยนต์

3.2.2 วิธีการและเงื่อนไขการทดสอบเป็นไปดังนี้

3.2.2.1 อุณหภูมิเครื่องห้ามล้อเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 55 และ 100°C

3.2.2.2 ทดสอบที่ความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.9 เท่าของ
ความเร็วสูงสุดแล้วแต่อย่างใดจะต่ำกว่า

3.2.2.3 ให้อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักทั้งสองอุปกรณ์ทำงานพร้อมกัน
ในกรณีของรถที่มีระบบห้ามล้อหลักสองระบบ หรือให้อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักเดียวทำงานใน
กรณีของรถที่มีระบบห้ามล้อหนึ่งระบบ

3.2.2.4 ใส่แรง ≤ 250 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยมือ
หรือ ≤ 400 นิวตัน สำหรับอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อด้วยเท้า

3.2.2.5 ทดสอบการหยุดจนกระทั่งรถมีสมรรถนะตามที่กำหนดด้วย
การหยุดสูงสุด 6 ครั้ง

4.2.2.6 ให้เร่งรถจนถึงความเร็วทดสอบและใช้เครื่องห้ามล้อในการ
หยุดแต่ละครั้ง

3.3 การทดสอบหยุดบนพื้นผิวยึดเกาะต่ำ

3.3.1 เงื่อนไขทั่วไป

3.3.1.1 ใช้ทดสอบการทำงานเฉพาะรถจักรยานยนต์ที่ติดตั้งระบบ
ป้องกันการลื่นของล้อ

3.3.1.2 ใช้ทดสอบเพื่อยืนยันสมรรถนะของระบบห้ามล้อที่ติดตั้งระบบ
ป้องกันการลื่นของล้อ (ABS) และสมรรถนะในขณะที่ระบบไฟฟ้าของระบบป้องกันการ ลื่นของ
ล้อเกิดความบกพร่อง

3.3.1.3 “ครบรอบวัฏจักร” (Fully cycling) หมายความว่า ระบบ
ป้องกันการลื่นที่มีแรงห้ามล้อทำงานซ้ำๆ หรือต่อเนื่องเพื่อป้องกันการลื่นของล้อที่ควบคุม
โดยตรง

3.3.1.4 การลื่นของล้อยอมให้มีได้ตราบใดที่การทรงตัวของรถไม่ได้
รับผลกระทบจนถึง ขั้นที่ผู้ขับขี่ปล่อยอุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหรือเป็นเหตุให้ล้อรถออกนอกลู่วิ่งใน
การทดสอบ

3.3.2 เงื่อนไขของรถ รถอยู่ในสภาพบรรทุกทุกเบาและตัดการเชื่อมต่อของ
เครื่องยนต์

3.3.3 การหยุดบนพื้นผิวที่มีการยึดเกาะถนนต่ำมีวิธีการและเงื่อนไขการทดสอบดังนี้

- อุณหภูมิเครื่องห้ามล้อเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 55 และ 100°C
- ทดสอบที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.9 เท่าของความเร็ว
สูงสุดแล้วแต่อย่างใดจะต่ำกว่า

- ในกรณีของรถที่มีระบบห้ามล้อหลักสองระบบ ให้อุปกรณ์ควบคุมห้าม
ล้อหลักทั้งสองอุปกรณ์ทำงานพร้อมกัน หรือในกรณีของรถที่มีระบบห้ามล้อหนึ่งระบบ ให้
อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักเดียวทำงาน

- ใช้แรงที่เพียงพอเพื่อให้แน่ใจว่าระบบป้องกันการลื่นของล้อจะ
ทำงานครบรอบวัฏจักรตลอดแต่ละการหยุดจนความเร็วลดลงถึง 10 กิโลเมตร/ชั่วโมง

- หากล้อหนึ่งไม่มีการติดตั้งระบบป้องกันการล็อกของล้อ การควบคุมสำหรับห้ามล้อหลักของล้อนั้นต้องทำงานด้วยแรงที่ต่ำกว่าแรงที่ทำให้ล้อล็อก
- ทดสอบการหยุดจนกระทั่งรถมีสมรรถนะตามที่กำหนดด้วยการหยุดสูงสุด 6 ครั้ง
- แต่ละการหยุดให้เร่งความเร็วรถไปถึงความเร็วทดสอบและให้ใช้งานอุปกรณ์ ควบคุมห้ามล้อภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

4. เกณฑ์ชีวิตในการวัดสมรรถนะ

เกณฑ์ชีวิตสำหรับการวัดสมรรถนะเชิงพลวัตประเภทต่างๆ ตามหัวข้อ 2.4 มีดังนี้

ตารางที่ ค.1 เกณฑ์ชีวิตสมรรถนะหลัก

ประเภทการทดสอบ	ต้องเป็นไปตามเกณฑ์หนึ่งเกณฑ์ใดดังต่อไปนี้	
	ระยะห้ามล้อ (S) [เมตร]	ค่าความหน่วงสูงสุดเฉลี่ย (MFDD) [เมตร/วินาที ²]
1. ห้ามล้อขณะแห้ง - อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อเดียวทำงาน		
- ล้อหน้าเท่านั้น	$S \leq 0.1 V + 0.0087 V^2$	≥ 4.4
- ล้อหลังเท่านั้น	$S \leq 0.1 V + 0.0133 V^2$	≥ 2.9
- รถที่มีระบบห้ามล้อร่วม หรือระบบห้ามล้อหลักแยก: สำหรับการบรรทุกเต็มอัตราบรรทุกและน้ำหนักบรรทุกเบา	$S \leq 0.1 V + 0.0076 V^2$	≥ 5.1
- รถที่มีระบบห้ามล้อร่วม – ระบบห้ามล้อหลักสำรอง	$S \leq 0.1 V + 0.0154 V^2$	≥ 2.5
2. ห้ามล้อขณะแห้ง - อุปกรณ์ควบคุมห้ามล้อหลักทั้งหมดทำงาน	$S \leq 0.006 V^2$	-

หมายเหตุ: V = ความเร็วที่ใช้ในการทดสอบในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง

S = ระยะที่ใช้ในการหยุดในหน่วยเมตร

ภาคผนวก ง
คุณลักษณะตัวรับรู้

1. ตัววัดแรงกดที่ห้ามล้อมือ



KYOWA load cell LMB-A-500N features :

- Material: Stainless steel
- Rated Capacities: 10N, 50N,100N,200N,500N,1kN,2kN
- Sensitivity: 1.4 mV/V or more but 10N: 0.5 mV/V or more
- Safe Overload: 150%
- Nonlinearity Within $\pm 0.5\%$ RO
- Hysteresis Within $\pm 0.5\%$ RO
- Repeatability Within $\pm 0.3\%$ RO
- Safe Temperature -10 to 80°C (Non-condensing)
- Compensated Temperature 0 to 70°C (Non-condensing)
- Safe Excitation 7 V AC or DC
- Recommended Excitation 1 to 5 V AC or DC
- Input Resistance 350 $\Omega \pm 2.5\%$
- Output Resistance 350 $\Omega \pm 2.5\%$
- Cable 4-conductor (0.035 mm²) vinyl shielded cable,1.7 mm diameter by 2 m long, bared at the tip(Shield wire is not connected to the case.)

2. ตัววัดแรงกดที่ห้ามล้อเท้า



KYOWA Thin Pedal Force Transducer LPR-C-1KNS15

Performance

Rated Capacity	See table below.
Nonlinearity	Within $\pm 0.3\%$ RO
Hysteresis	Within $\pm 0.3\%$ RO
Rated Output	See table below.

Environmental Characteristics

Safe Temperature	-10 to 70°C (Non-condensing)
Compensated Temperature	0 to 50°C (Non-condensing)
Temperature Effect on Zero	Within $\pm 0.05\%$ RO/°C
Temperature Effect on Output	Within $\pm 0.05\%$ /°C

Electrical Characteristics

Safe Excitation	8 V AC or DC
Recommended Excitation	1 to 5 V AC or DC
Input Resistance	240 Ω $\pm 3\%$
Output Resistance	240 Ω $\pm 3\%$
Cable	4-conductor (0.05 mm ²) heat-resistant vinyl shielded cable, 2.5 mm diameter by 3 m long, terminated with a connector plug PRC03-12A10-7M (Shield wire is not connected to the case.)

Mechanical Properties

Safe Overloads	150%
Weight	Approx. 110 g (Excluding cable and accessories)

Models	Rated Capacity	Rated Output
LPR-C-02KNS15	200 N	Approx. 0.9 mV/V
LPR-C-03KNS15	300 N	
LPR-C-05KNS15	500 N	
LPR-C-1KNS15	1 kN	
LPR-C-2KNS15	2 kN	Approx. 1.8 mV/V

3. ตัววัดการสะท้อนของแสง



OMRON E3NX-FA-21 Fiber Amplifier Unit

Input/Output		1 input, 2 outputs
Sensing distance (Reference)	E32-T11R	Standard mode: 1500 mm High-speed mode: 1050 mm Super-high-speed mode: 280 mm Giga mode: 3000 mm
	E32-D11R	Standard mode: 520 mm High-speed mode: 360 mm Super-high-speed mode: 100 mm Giga mode: 1260 mm
Light source		Red, 4-element LED (Emission wave length: 625 nm)
Power supply voltage		10 to 30 VDC ripple (p-p) 10% included
Power consumption		Normal mode: 920 mW max. (at power supply voltage of 24 V, current consumption: 38 mA max.) Eco ON: 680 mW max. (at power supply voltage of 24 V, current consumption: 28 mA max.) Eco LO: 800 mW max. (at power supply voltage of 24 V, current consumption: 33 mA max.)
Operation mode		Light-ON/Dark-ON selectable
Control output		NPN open collector 30 VDC max. Load current: 100 mA max. (Groups of 1 to 3 units)/20 mA max. (at 4 or more units are connected) Residual voltage: 1 V max. (10 mA max.)/2 V max. (10 to 100 mA) OFF current: 0.1 mA max.
Response time	Operate	Standard mode: 1 ms High-speed mode (HS): 250 μ s Super-high-speed mode (SHS): 32 μ s Giga-power Mode (GIGA): 16 ms
	Reset	Standard mode: 1 ms High-speed mode (HS): 250 μ s Super-high-speed mode (SHS): 32 μ s Giga-power Mode (GIGA): 16 ms
Protective circuit		Output short-circuit protection Output reverse polarity protection Power supply reverse polarity protection

Indicator	Digital display: 7-segment displays (Sub digital display: green, Main digital display: white) Display orientation: Switchable between normal and reversed Indicators: OUT indicator (orange), L/D indicator (orange), Smart Tuning indicator (blue), DPC indicator (orange), and OUT selection indicator (orange)
Number of mutual interference prevention	10 units (can not be used in the Super-high-speed Mode)
Function	Auto power control, Dynamic power control, Timer, ZERO reset, Resetting setting, ECO mode, BANK switch, Sensor OFF setting, Power tuning, Output 1 setting, Output 2 setting, Hysteresis setting, External input setting
Sensitivity setting	Smart Tuning (2-point tuning, full auto tuning, position tuning, maximum sensitivity tuning, power tuning, or percentage tuning (-99% to 99%)) or manual adjustment
Ambient illuminance	Receiver side, Incandescent lamp: 20000 lux max. Sunlight: 30000 lux max.
Ambient temperature range (Operating)	Groups of 1 to 2 units: -25 to 55 °C Groups of 3 to 10 units: -25 to 50 °C Groups of 11 to 16 units: -25 to 45 °C Groups of 17 to 30 units: -25 to 40 °C (with no freezing or condensation)
Ambient temperature range (Storage)	-30 to 70 °C (with no freezing or condensation)
Ambient humidity range (Operating)	35 to 85% RH (with no condensation)
Ambient humidity range (Storage)	35 to 85% RH (with no condensation)
Insulation resistance	20 MΩ or higher (500 VDC megger)
Dielectric strength	1,000 VAC 50/60 Hz 1 min
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude each in X, Y, and Z directions for 2 h
Shock resistance	Destruction: 500 m/s ² 3 times each in X, Y, and Z directions
Connection method	Pre-wired models (Cable length: 2 m)
Mass	Main Unit: Approx. 75 g Package: Approx. 115 g
Mounting method	DIN Track, Mounting Bracket
Material	Case: Polycarbonate (PC) Cover: Polycarbonate (PC) Cable: PVC

4. ตัววัดความเร็วลมและอุณหภูมิสภาพแวดล้อม



LUTRON Cup Anemometer AM-4221

Measurement		Range	Resolution	Accuracy
Wind speed	m/s	0.9 to 35.0 m/S	0.1 m/S	±(2%+0.2 m/S)
	Km/h	2.5 to 126.0 Km/h	0.1 Km/h	±(2% + 0.8 Km/h)
	Knot	1.4 to 68.0 Knots	0.1 Knots	±(2% + 0.4 Knots)
	Ft/min	144 to 6895 Ft/min	1 Ft/min	±(2% + 40 Ft/min)
	Mile/h	1.6 to 78.2 Mile/h	0.1 Mile/h	±(2% + 0.4 Mile/h)
Temperature		0 to 50°C	0.1°C	±0.8°C

General Specifications

Display	LCD size : 28 mm x 19 mm	
Air velocity	m/S	Meters per second
	Km/h	Kilometers per hour
	Ft/min	FPM, feet per minute
	Mile/h	mph, miles per hour
	Knot	Nautical miles per hour
Temp. Sensor	Thermister	
Circuit	Custom one-chip of microprocessor LSI circuit.	
Sensor Structure	Cup van probe with low friction ball bearing design.	
Data Logger	Max. can save 100 point data with recall. Manual, push the data logger button once will save data one time.	
Data Hold	Freeze the display reading.	
Memory Recall	Maximum & Minimum value	
Sampling Time of Display	Approx. 1 second.	

ภาคผนวก จ
ใบรับรองการผลสอบเทียบเครื่องมือวัด



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : MFT-0090-22
Issued by : Force & Torque Laboratory
Solid Mechanics and Testing Group
Mechanical Metrology Department

Page 1 of 5 pages

MEASUREMENT ITEM : Load Cell (Compression Mode)
1 kN
MANUFACTURER : Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.
MODEL/TYPE : LPR-C-1KNS15
SERIAL NUMBER : 6A6770001
CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from-
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800
MEASUREMENT DATE : March 22, 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:
MEC7198-01/22

Date:
April 20, 2022

Approved by:

Performed by:

(Wirun Laopompichayanuwat)

(Kittipong Chaemthet)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0090-22

Page 2 of 5 pages

ENVIRONMENTAL CONDITIONS :

Ambient condition in the laboratory are as follows:

Temperature	: 23.0 ± 1.0	°C
Relative humidity	: 55.0 ± 15.0	%
Ambient Pressure	: 1005 ± 15	hPa

MEASUREMENT METHOD :

Series of compressive forces were applied to the force-proving instrument according to ISO376:2011(E), using a 1.5-kN deadweight force standard machine to generate force.

Additional Equipment : Digital Measuring Unit : (Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd., model : EDX-200A-4H, S/N : KG4250003)

Calibrated Range : (0.1-1) kN

TABULATION OF RESULTS :

Tables 1 shows the deflection of the force-proving instrument. Tables 2 shows the characteristic of the force-proving instrument. The mean values are given on page 5, as well as table 3 shows the mean of deflections and relative expanded uncertainties of the force-proving instrument according to ISO 376:2011(E).

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT :

The uncertainties stated are the absolute expanded measurement uncertainties obtained by multiplying the standard measurement uncertainties by the coverage factor $k=2$. They have been determined in accordance with *EA publication EA-4/02 M : 2013 : Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration and JCGM 100: 2008: Evaluation of measurement data -- Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections)*. Each reported value of measurand lies within the range of values corresponding to the coverage probability of approximately 95%.

TRACEABILITY :

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0090-22

Page 3 of 5 pages

Table 1 : The results in compressive deflection of the force-proving instrument

Applied Force (kN)	0 degree position		120 degree position		240 degree position		Mean values without rotation	Mean values with rotation
	1 st increase cycle (N)	2 nd increase cycle (N)	1 st increase cycle (N)	2 nd decrease cycle (N)	1 st increase cycle (N)	2 nd decrease cycle (N)	$\bar{X}_{wr}$ (N)	$\bar{X}_r$ (N)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0
0.1	99.0	98.9	98.8	100.1	99.1	100.3	99.0	99.0
0.2	198.8	198.9	198.6	200.4	198.9	201.1	198.9	198.8
0.3	298.9	298.9	298.7	301.0	299.1	301.0	298.9	298.9
0.4	398.8	399.1	398.6	400.8	399.3	401.0	399.0	398.9
0.5	498.9	498.8	498.9	501.1	499.0	500.9	498.9	498.9
0.6	599.0	598.8	598.8	600.9	598.9	600.7	598.9	598.9
0.7	699.2	699.6	699.0	699.8	698.8	700.6	699.4	699.0
0.8	799.1	799.4	799.0	800.1	798.6	800.7	799.3	798.9
0.9	899.7	899.1	898.1	899.2	899.0	900.5	899.4	898.9
1.0	999.6	999.5	998.8	-	998.7	-	999.6	999.0
0.0	0.4	0.4	-	-	-	-	-	-

Creep measurement

Creep test at maximum of calibration force :

I_z : 1.0 N
 I_{zm30} : 999.7 N
 I_{zm30c} : 1000.4 N

Creep test after force removal :

I_{z30} : 1.6 N
 I_{z300} : 1.6 N

Rel. creep error at maximum calibration force

c_{max} : 0.0700 %

Rel. creep error after force removal :

c_{zero} : 0.0000 %



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0090-22

Page 4 of 5 pages

Table 2 : The characteristics of the force-proving instrument under compressive force

Applied Force (kN)	Relative error of the force-proving instrument (%)					Class	
	reproducibility b	repeatability b'	zero f_o	reversibility v	creep c	Case A	Case B
0.1	0.3031	0.1011	0.0400	1.2633	0.0700	2	OC
0.2	0.1509	0.0503	0.0400	1.0062	0.0700	1	OC
0.3	0.1338	0.0000	0.0400	0.7026	0.0700	1	OC
0.4	0.1755	0.0752	0.0400	0.4888	0.0700	1	2
0.5	0.0200	0.0200	0.0400	0.4109	0.0700	1	2
0.6	0.0334	0.0334	0.0400	0.3256	0.0700	1	2
0.7	0.0572	0.0572	0.0400	0.1860	0.0700	1	1
0.8	0.0626	0.0375	0.0400	0.2003	0.0700	1	1
0.9	0.1780	0.0667	0.0400	0.1447	0.0700	1	1
1.0	0.0901	0.0100	0.0400	-	0.0700	1	1

Note : The classification criteria is according to ISO 376:2011(E).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0090-22

Page 5 of 5 pages

Table 3 : The mean value of compressive deflection and relative expanded uncertainty

Applied force (kN)	Mean value (N)	Relative expanded uncertainty (%)	
		with increasing force (CASE A)	with in/decreasing forces (CASE B)
0.1	99.0	0.23	1.5
0.2	198.8	0.19	1.2
0.3	298.9	0.17	0.86
0.4	398.9	0.17	0.63
0.5	498.9	0.16	0.47
0.6	598.9	0.16	0.37
0.7	699.0	0.16	0.31
0.8	798.9	0.15	0.27
0.9	898.9	0.15	0.23
1.0	999.0	0.15	0.14

End of Certificate of Calibration



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : MFT-0091-22
Issued by : Force & Torque Laboratory
Solid Mechanics and Testing Group
Mechanical Metrology Department

Page 1 of 5 pages

MEASUREMENT ITEM : Load Cell (Compression Mode)
500 N
MANUFACTURER : Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.
MODEL/TYPE : LMB-A-500N-P
SERIAL NUMBER : JL3470010
CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from-
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800
MEASUREMENT DATE : March 22, 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:
MEC7197-01/22

Date:
April 20, 2022

Approved by:

Performed by:

(Wirun Laopornpichayanuwat)

(Kittipong Chaemthet)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

NIMT

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0091-22

Page 2 of 5 pages

ENVIRONMENTAL CONDITIONS :

Ambient condition in the laboratory are as follows:

Temperature	: 23.0 ± 1.0	°C
Relative humidity	: 55.0 ± 15.0	%
Ambient Pressure	: 1005 ± 15	hPa

MEASUREMENT METHOD :

Series of compressive forces were applied to the force-proving instrument according to ISO376:2011(E), using a 500-N deadweight force standard machine to generate force.

Additional Equipment : Digital Measuring Unit : (Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd., model : EDX-200A-4H, S/N : KG4250003)

Calibrated Range : (50-500) N

TABULATION OF RESULTS :

Tables 1 shows the deflection of the force-proving instrument. Tables 2 shows the characteristic of the force-proving instrument. The mean values are given on page 5, as well as table 3 shows the mean of deflections and relative expanded uncertainties of the force-proving instrument according to ISO 376:2011(E).

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT :

The uncertainties stated are the absolute expanded measurement uncertainties obtained by multiplying the standard measurement uncertainties by the coverage factor $k=2$. They have been determined in accordance with *EA publication EA-4/02 M : 2013 : Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration* and *JCGM 100: 2008: Evaluation of measurement data -- Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections)*. Each reported value of measurand lies within the range of values corresponding to the coverage probability of approximately 95%.

TRACEABILITY :

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0091-22

Page 3 of 5 pages

Table 1 : The results in compressive deflection of the force-proving instrument

Applied Force (N)	0 degree position		120 degree position		240 degree position		Mean values without rotation	Mean values with rotation
	1 st increase cycle (N)	2 nd increase cycle (N)	1 st increase cycle (N)	2 nd decrease cycle (N)	1 st increase cycle (N)	2 nd decrease cycle (N)	$\bar{X}_{wr}$ (N)	$\bar{X}_r$ (N)
0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
50	50.1	50.0	50.1	50.2	50.1	50.2	50.0	50.1
100	100.0	100.0	100.1	100.3	100.1	100.2	100.0	100.0
150	150.0	149.9	150.1	150.3	150.1	150.3	149.9	150.0
200	200.0	199.9	200.2	200.4	200.1	200.3	199.9	200.1
250	250.0	249.9	250.2	250.5	250.2	250.4	249.9	250.1
300	300.0	299.9	300.3	300.6	300.3	300.5	299.9	300.2
350	350.1	350.0	350.5	350.7	350.5	350.7	350.0	350.3
400	400.1	400.0	400.7	400.8	400.6	400.7	400.0	400.4
450	450.3	450.2	450.8	450.9	450.8	450.8	450.2	450.6
500	500.4	500.2	501.0	-	500.9	-	500.3	500.7
0	0.1	-0.1	-	-	-	-	-	-

Creep measurement

Creep test at maximum of calibration force :

I_z : -0.3 N
 I_{zm30} : 500.7 N
 I_{zm30c} : 500.8 N

Creep test after force removal :

I_{z30} : -0.3 N
 I_{z300} : -0.3 N

Rel. creep error at maximum calibration force

c_{max} : 0.0200 %

Rel. creep error after force removal :

c_{zero} : 0.0000 %



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0091-22

Page 4 of 5 pages

Table 2 : The characteristics of the force-proving instrument under compressive force

Applied Force (N)	Relative error of the force-proving instrument (%)					Class	
	reproducibility b	repeatability b'	zero f_o	reversibility v	creep c	Case A	Case B
50.0	0.0000	0.1994	0.0200	0.1992	0.0200	2	2
100.0	0.0998	0.0000	0.0200	0.1497	0.0200	1	1
150.0	0.0666	0.0666	0.0200	0.1332	0.0200	1	1
200.0	0.0999	0.0500	0.0200	0.0999	0.0200	1	1
250.0	0.0799	0.0400	0.0200	0.0999	0.0200	1	1
300.0	0.0999	0.0333	0.0200	0.0832	0.0200	1	1
350.0	0.1141	0.0286	0.0200	0.0570	0.0200	1	1
400.0	0.1498	0.0250	0.0200	0.0250	0.0200	1	1
450.0	0.1109	0.0222	0.0200	0.0111	0.0200	1	1
500.0	0.1198	0.0400	0.0200	-	0.0200	1	1

Note : The classification criteria is according to ISO 376:2011(E).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0091-22

Page 5 of 5 pages

Table 3 : The mean value of compressive deflection and relative expanded uncertainty

Applied force (N)	Mean value (N)	Relative expanded uncertainty (%)	
		with increasing force (CASE A)	with in/decreasing forces (CASE B)
50.0	50.1	0.22	0.43
100.0	100.0	0.17	0.26
150.0	150.0	0.15	0.21
200.0	200.1	0.14	0.18
250.0	250.1	0.14	0.17
300.0	300.2	0.13	0.16
350.0	350.3	0.13	0.15
400.0	400.4	0.13	0.14
450.0	450.6	0.13	0.14
500.0	500.7	0.12	0.13

End of Certificate of Calibration



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : MFT-0092-22
Issued by : Force & Torque Laboratory
Solid Mechanics and Testing Group
Mechanical Metrology Department

Page 1 of 5 pages

MEASUREMENT ITEM : Load Cell (Compression Mode)
500 N
MANUFACTURER : Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.
MODEL/TYPE : LMB-A-500N-P
SERIAL NUMBER : JL3470011
CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from-
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800
MEASUREMENT DATE : March 22, 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:
MEC7336-01/22

Date:
April 20, 2022

Approved by:

(Wirun Laopornpichayanuwat)

Performed by:

(Kittipong Chaemthet)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0092-22

Page 2 of 5 pages

ENVIRONMENTAL CONDITIONS :

Ambient condition in the laboratory are as follows:

Temperature	: 23.0 ± 1.0	°C
Relative humidity	: 55.0 ± 15.0	%
Ambient Pressure	: 1005 ± 15	hPa

MEASUREMENT METHOD :

Series of compressive forces were applied to the force-proving instrument according to ISO376:2011(E), using a 500-N deadweight force standard machine to generate force.

Additional Equipment : Digital Measuring Unit : (Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd., model : EDX-200A-4H, S/N : KG4250003)

Calibrated Range : (50-500) N

TABULATION OF RESULTS :

Tables 1 shows the deflection of the force-proving instrument. Tables 2 shows the characteristic of the force-proving instrument. The mean values are given on page 5, as well as table 3 shows the mean of deflections and relative expanded uncertainties of the force-proving instrument according to ISO 376:2011(E).

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT :

The uncertainties stated are the absolute expanded measurement uncertainties obtained by multiplying the standard measurement uncertainties by the coverage factor $k=2$. They have been determined in accordance with *EA publication EA-4/02 M : 2013 : Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration and JCGM 100: 2008: Evaluation of measurement data -- Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections)*. Each reported value of measurand lies within the range of values corresponding to the coverage probability of approximately 95%.

TRACEABILITY :

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0092-22

Page 3 of 5 pages

Table 1 : The results in compressive deflection of the force-proving instrument

Applied Force (N)	0 degree position		120 degree position		240 degree position		Mean values without rotation	Mean values with rotation
	1 st increase cycle (N)	2 nd increase cycle (N)	1 st increase cycle (N)	2 nd decrease cycle (N)	1 st increase cycle (N)	2 nd decrease cycle (N)	$\bar{X}_{wr}$ (N)	$\bar{X}_r$ (N)
0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
50	49.7	49.7	49.6	50.1	49.8	50.1	49.7	49.7
100	99.3	99.4	99.4	100.0	99.6	100.1	99.3	99.4
150	149.3	149.2	149.2	149.8	149.4	150.0	149.2	149.3
200	199.0	199.0	199.0	199.6	199.3	199.8	199.0	199.1
250	248.8	248.8	248.8	249.5	249.2	249.8	248.8	248.9
300	298.8	298.8	298.8	299.3	299.2	299.7	298.8	298.9
350	348.6	348.7	348.7	349.3	349.1	349.6	348.6	348.8
400	398.7	398.7	398.7	399.1	399.1	399.6	398.7	398.8
450	448.7	448.8	448.7	449.0	449.1	449.4	448.7	448.8
500	498.6	498.7	498.8	-	499.1	-	498.6	498.8
0	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-

Creep measurement

Creep test at maximum of calibration force :

I_z : 0.2 N
 I_{zm30} : 499.4 N
 I_{zm300} : 499.6 N

Creep test after force removal :

I_{z30} : 0.2 N
 I_{z300} : 0.2 N

Rel. creep error at maximum calibration force

c_{max} : 0.0401 %

Rel. creep error after force removal :

c_{zero} : 0.0000 %



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0092-22

Page 4 of 5 pages

Table 2 : The characteristics of the force-proving instrument under compressive force

Applied Force (N)	Relative error of the force-proving instrument (%)					Class	
	reproducibility b	repeatability b'	zero f_o	reversibility v	creep c	Case A	Case B
50	0.4016	0.0000	0.0401	0.8036	0.0401	OC	OC
100	0.3014	0.1006	0.0401	0.5523	0.0401	2	OC
150	0.1339	0.0670	0.0401	0.4016	0.0401	1	2
200	0.1506	0.0000	0.0401	0.2761	0.0401	1	1
250	0.1606	0.0000	0.0401	0.2610	0.0401	1	1
300	0.1338	0.0000	0.0401	0.1672	0.0401	1	1
350	0.1433	0.0287	0.0401	0.1576	0.0401	1	1
400	0.1003	0.0000	0.0401	0.1128	0.0401	1	1
450	0.0891	0.0223	0.0401	0.0668	0.0401	1	1
500	0.1002	0.0201	0.0401	-	0.0401	1	1

Note : The classification criteria is according to ISO 376:2011(E).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0092-22

Page 5 of 5 pages

Table 3 : The mean value of compressive deflection and relative expanded uncertainty

Applied force (N)	Mean value (N)	Relative expanded uncertainty (%)	
		with increasing force (CASE A)	with in/decreasing forces (CASE B)
50	49.7	0.32	0.99
100	99.4	0.24	0.68
150	149.3	0.19	0.50
200	199.1	0.16	0.38
250	248.9	0.15	0.31
300	298.9	0.15	0.26
350	348.8	0.14	0.22
400	398.8	0.14	0.19
450	448.8	0.13	0.15
500	498.8	0.13	0.12

End of Certificate of Calibration



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : MFT-0126-22
Issued by : Force & Torque Laboratory
Solid Mechanics and Testing Group
Mechanical Metrology Department

Page 1 of 3 pages

MEASUREMENT ITEM : Diameter of Measuring Roller
MANUFACTURER : KMUTNB
MODEL/TYPE : 20-Inch
SERIAL NUMBER : 01
CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from -
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Khet Bang Sue, Bangkok 10800
MEASUREMENT DATE : April 22, 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:	Date:	Approved by:	Performed by:
MEO1794-01/22	May 31, 2022		
		(Wirun Laopornpichayanuwat)	(Rittirong Nuansri)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0126-22

Page 2 of 3 pages

PLACE OF MEASUREMENT

At King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from -
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Khet Bang Sue, Bangkok 10800

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The measurement was carried out in an ambient temperature of (33.8 to 35.9)°C and humidity of (42 to 50)%RH.

MEASUREMENT METHOD

The calibration is in accordance with มอก. 2721-2560 and UN Regulation No. 117.

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

The uncertainties stated are the absolute expanded measurement uncertainties obtained by multiplying the standard measurement uncertainties by the coverage factor $k=2$. They have been determined in accordance with *EA publication EA-4/02: Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration and JCGM 100: 2008: Evaluation of measurement data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1995 with minor corrections)*. Each reported value of measurand lies within the range of values corresponding to the coverage probability of approximately 95%.

TRACEABILITY

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).

CALIBRATION DEVICES

2500 mm- 3D measuring arm, with 0.044 mm expanded uncertainty.



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number MFT-0126-22

Page 3 of 3 pages

EVALUATION CALIBRATION RESULT

Measuring Roller' s Diameter

Drum diameter in mm	Deviation in mm	Expanded uncertainty of measurement at $k = 2$ in mm
473.872	-	2.1

MEASURED DATA, output in mm

Measurement results in each position in mm							
0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
474.638	474.591	473.074	475.071	471.444	474.683	472.744	474.732

End of Certificate of Calibration



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : EF-0017-22

Issued by : High Frequency Laboratory, Electrical Metrology Department

Page 1 of 3 pages

MEASUREMENT ITEM : Digital Frequency Meter With Alarm

MANUFACTURER : Primus Co., Ltd.

MODEL/TYPE : TFM-94N-24-A-G-220

SERIAL NUMBER : PM2565022

CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from -
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800

MEASUREMENT DATE : 22 April 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:	Date:	Approved by:	Performed by:
EMO1076-01/22	6 May 2022		
		(Sivinee Sawatdiaree)	(Sarinya Pasakawee)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number EF-0017-22

Page 2 of 3 pages

PLACE OF MEASUREMENT

Mechanical power building 1, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon (RMUTP).

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The measurement was carried out in an ambient temperature of (32.6 to 34.0) °C and relative humidity of (48 to 55) % RH.

MEASUREMENT METHOD

The Digital Frequency Meter With Alarm was calibrated by comparing to the standard digital tachometer. This standard was maintained by High Frequency Laboratory, NIMT. The diameter of drum surface are used to convert the rpm unit to km/h.

UNCERTAINTIES OF MEASUREMENT

The stated measurement uncertainties are the expanded measurement uncertainties obtained from the combined standard measurement uncertainties multiplied by the coverage factor k . The coverage factors $k = 2$ are implied in all cases except where different values of k are explicitly stated. They are determined in accordance with JCGM 100: 2008 "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement". The values of the measurand lie within the assigned range of values with a probability of approximately 95 %.

TRACEABILITY

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number EF-0017-22

Page 3 of 3 pages

**EVALUATION
CALIBRATION RESULT**

Anti-Clockwise drum surface speed at 2000 mm diameter

Control speed in km/h	Standard speed in km/h	Surface speed in km/h	Deviation in km/h	Exp. Uncertainty at $k=2$, in km/h
10	9.97	10.1	0.13	0.10
20	19.98	20.1	0.09	0.12
40	39.99	40.2	0.25	0.16
60	59.99	60.3	0.31	0.39
80	79.97	80.5	0.53	0.39

End of Certificate of Calibration



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : EF-0018-22

Issued by : High Frequency Laboratory, Electrical Metrology Department

Page 1 of 3 pages

MEASUREMENT ITEM : Digital Frequency Meter With Alarm

MANUFACTURER : Primus Co., Ltd.

MODEL/TYPE : TFM-94N-24-A-G-220

SERIAL NUMBER : PM2565019

CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from -
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800

MEASUREMENT DATE : 22 April 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:	Date:	Approved by:	Performed by:
EMO1077-01/22	6 May 2022	 (Sivinee Sawatdiaree)	 (Sarinya Pasakawee)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number EF-0018-22

Page 2 of 3 pages

PLACE OF MEASUREMENT

Mechanical power building 1, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon (RMUTP).

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The measurement was carried out in an ambient temperature of 33.9 °C and relative humidity of (47 to 48) % RH.

MEASUREMENT METHOD

The Digital Frequency Meter With Alarm was calibrated by comparing to the standard digital tachometer. This standard was maintained by High Frequency Laboratory, NIMT. The diameter of drum surface are used to convert the rpm unit to km/h.

UNCERTAINTIES OF MEASUREMENT

The stated measurement uncertainties are the expanded measurement uncertainties obtained from the combined standard measurement uncertainties multiplied by the coverage factor k . The coverage factors $k = 2$ are implied in all cases except where different values of k are explicitly stated. They are determined in accordance with JCGM 100: 2008 "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement". The values of the measurand lie within the assigned range of values with a probability of approximately 95 %.

TRACEABILITY

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number EF-0018-22

Page 3 of 3 pages

**EVALUATION
CALIBRATION RESULT**

Anti-Clockwise drum surface speed at 2000 mm diameter

Control speed in km/h	Standard speed in km/h	Surface speed in km/h	Deviation in km/h	Exp. Uncertainty at $k=2$, in km/h
10	9.97	10.0	0.03	0.10
20	19.99	20.1	0.11	0.35
40	39.97	40.4	0.43	0.26
60	59.99	60.3	0.34	0.40
80	79.96	80.9	0.94	0.41

End of Certificate of Calibration



National Institute of Metrology (Thailand)
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Certificate of Calibration

Certificate No. : EF-0019-22

Issued by : High Frequency Laboratory, Electrical Metrology Department

Page 1 of 3 pages

MEASUREMENT ITEM : Digital Frequency Meter With Alarm

MANUFACTURER : Primus Co., Ltd.

MODEL/TYPE : TFM-94N-24-A-G-220

SERIAL NUMBER : PM2565018

CUSTOMER : King Mongkut's University of Technology North Bangkok
(Research and investigation of braking performance from -
motorcycles under national standard in Thailand)
1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bang Sue, Bangkok 10800

MEASUREMENT DATE : 22 April 2022

The reported measurement result relates only to the measurand and applies only at the time of measurement.

Reference:	Date:	Approved by:	Performed by:
EMO1078-01/22	6 May 2022		
		(Sivinee Sawatdiaree)	(Sarinya Pasakawee)

Partial reproduction of this certificate is permitted only with a written permission from NIMT.

Technopolis Office, 3/4-5 Moo 3, Klong 5, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand, Telephone: 66 2577 5100, Facsimile: 66 2577 3659



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number EF-0019-22

Page 2 of 3 pages

PLACE OF MEASUREMENT

Mechanical power building 1, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon (RMUTP).

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The measurement was carried out in an ambient temperature of (33.7 to 33.8) °C and relative humidity of 48 % RH.

MEASUREMENT METHOD

The Digital Frequency Meter With Alarm was calibrated by comparing to the standard digital tachometer. This standard was maintained by High Frequency Laboratory, NIMT. The diameter of drum surface are used to convert the rpm unit to km/h.

UNCERTAINTIES OF MEASUREMENT

The stated measurement uncertainties are the expanded measurement uncertainties obtained from the combined standard measurement uncertainties multiplied by the coverage factor k . The coverage factors $k = 2$ are implied in all cases except where different values of k are explicitly stated. They are determined in accordance with JCGM 100: 2008 "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement". The values of the measurand lie within the assigned range of values with a probability of approximately 95 %.

TRACEABILITY

This certificate provides traceability of measurement to recognized national standards, and to the realization of the International System of Units (SI).



National Institute of Metrology (Thailand)

Continuation of Certificate of Calibration Number EF-0019-22

Page 3 of 3 pages

**EVALUATION
CALIBRATION RESULT**

Anti-Clockwise drum surface speed at 2000 mm diameter

Control speed in km/h	Standard speed in km/h	Surface speed in km/h	Deviation in km/h	Exp. Uncertainty at $k=2$, in km/h
10	9.97	10.0	0.00	0.11
20	19.98	20.0	0.05	0.34
40	39.97	40.2	0.26	0.10
60	59.97	60.1	0.10	0.40
80	79.97	80.6	0.59	0.39

End of Certificate of Calibration