



ผลกระทบของรูปทรงสิ่งกีดขวางชะลอความเร็วต่อระบบรองรับ  
การสั่นสะเทือนของจักรยานยนต์พ่วงข้าง

EFFECT OF OBSTACLE GEOMETRY ON SUSPENSION SYSTEM OF  
SIDE-CAR MOTOCYCLE

จันทิมา พุดทอง

JANTIMA PUTTHONG

กนต์พงศ์ วงศ์ไชย

KUNTAPONG WONGCHAI

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของรูปทรงสิ่งกีดขวางชะลอความเร็วต่อระบบรองรับ  
การสั่นสะเทือนของจักรยานยนต์พ่วงข้าง

EFFECT OF OBSTACLE GEOMETRY ON SUSPENSION SYSTEM OF  
SIDE-CAR MOTERCYCLE



จันทิมา พุดทอง  
JANTIMA PUTTHONG  
กัณฑ์พงศ์ วงศ์ไชย  
KUNTAPONG WONGCHAI

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล  
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF OBSTACLE GEOMETRY ON SUSPENSION SYSTEM OF  
SIDE-CAR MOTERCYCLE

JANTIMA PUTTHONG  
KUNTAPONG WONGCHAI



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

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ผลกระทบของรูปร่างสิ่งกีดขวางชะลอความเร็วต่อระบบรองรับ  
การสั่นสะเทือนของจักรยานยนต์พ่วงข้าง

PROJECT TITLE EFFECT OF OBSTACLE GEOMETRY ON SUSPENSION SYSTEM  
OF SIDE-CAR MOTERCYCLE

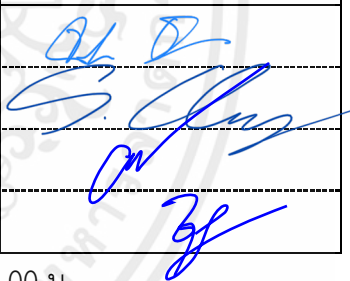
ชื่อนักศึกษา นางสาวจันทิมา พุฒทอง รหัสประจำตัว 60512041  
นายกันตพงศ์ วงศ์ไชย รหัสประจำตัว 60513001

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์

ปริญญาานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสมานนท์

ปริญญาานิพนธ์ร่วม

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

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 เวลา 16.00-17.00 น  
สถานที่ ณ ห้องสอบออนไลน์ Modern Science and Technology for Sustainable  
Development

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)  
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่ มิถุนายน พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ผลกระทบของรูปทรงสิ่งกีดขวางชะลอความเร็วต่อระบบรองรับการสั่นสะเทือนของจกรยานยนต์พ่วงข้าง	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจันทิมา พุดทอง	รหัสประจำตัว 60512041
	นายกันตพงศ์ วงศ์ไชย	รหัสประจำตัว 60513001
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์	
ปริญญานิพนธ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ดิษฐพร ตุงโสธานนท์	
ปริญญานิพนธ์ร่วม		

### บทคัดย่อ

ระบบรองรับการสั่นสะเทือนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมักจะเกิดปัญหาการเสียหายเนื่องจากแรงกระแทกจากพื้นถนนขรุขระหรือขับผ่านสิ่งกีดขวาง โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างขณะข้ามสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ในการทดลองได้ให้อาสาสมัครชายขี่รถจักรยานยนต์พ่วงข้างที่มีและไม่มีน้ำหนักบรรทุก 100 kg ข้ามผ่านสิ่งกีดขวางที่มีหน้าตัด 3 แบบได้แก่สี่เหลี่ยม วงกลม และสามเหลี่ยม ด้วยความเร็ว 10 และ 20 km/hr ผลการทดลองพบว่าเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นระยะยุบของโช๊คจะลดลง โดยระยะยุบสูงสุดเกิดที่โช๊คหน้าขณะข้ามผ่านลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้วยความเร็ว 10 km/hr อย่างไรก็ตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้การคืนตัวของโช๊คลดลงด้วย ในขณะที่ระยะยุบของโช๊คจะพบมากเมื่อรถเปล่าไม่มีน้ำหนักบรรทุกข้ามผ่านลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยม ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ระยะคืนตัวลดลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมจึงส่งต่ออัตราเร่งและระยะการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมากที่สุด

**คำสำคัญ :** รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง, ระยะยุบของโช๊ค, ระบบรองรับการสั่นสะเทือน

<b>Project Title</b>	Effect of Obstacle Geometry on Suspension System of Side-car Motorcycle	
<b>Student</b>	Miss Jantima Putthong	<b>Student ID</b> 60512041
	Mr.Kantapong Wongchai	<b>Student ID</b> 60513001
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering	
<b>Program</b>	Mechanical Engineering	
<b>Project Advisor</b>	Asst.Prof.Dr.Chompoonud Kulketwong	
<b>Project Co-advisor</b>	Asst.Prof.Dr.Dithaporn Thungsotanon	

## ABSTRACT

The suspension system of the side-car motorcycles always wears out due to the impact force from the rough surface or passing over the obstacles. This project aimed to study and compare the displacement of the suspension system of the side-car motorcycle while crossing the various geometries of obstacles. In testing, a male volunteer rode the side-car motorcycle with and without the load of 100 kg over the 3 profiles of obstacles: square, circle, and triangle with speeds of 10 and 20 km/hr. The results were found that when the speed increased, the compression displacement of the shock would decrease. The maximum compression distance was observed at the front shock over the square obstacle while riding at 10 km/hr. However, the increasing speed led to the shock rebounding reduced. The compression displacement of shock was higher when the side-car motorcycle without load crossed the square obstacle and so that the load increased, the rebounding of shock would decrease too. So, the square geometry of the obstacle affected the acceleration and displacement of the suspension system of the side-car motorcycle.

**Keywords:** Side-car motorcycle, Compression displacement of shock, Suspension system

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ชมพูนุช กุลเกตุวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ และอาจารย์ดิษฐพร ตุงโสธานนท์ ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญาานิพนธ์

บุคคลที่ขาดมิได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นที่ยศพรัก ที่คอยให้การสนับสนุน และกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาระบบรองรับการสิ้นเสเทียนของจักรยานยนต์ฟ่วงข้าง

จันทิมา พุฒทอง  
กัณฑ์พงศ์ วงศ์ไชย  
พฤษภาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญาานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการศึกษาของปริญญาานิพนธ์	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7 แผนดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 การสิ้นสعهเทือนของรถมอเตอร์ไซด์	4
2.1.2 สาเหตุที่ตัวรถสิ้นสعهเทือน	4
2.1.3 เสถียรภาพการบังคับรถสามล้อพ่วงข้าง (Vehicle stability control)	5
2.1.4 ผลกระทบการชนกันของล้อและสิ่งกีดขวาง	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 สอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโช๊ค	11
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์	11
3.1.2 วิธีการดำเนินการ	13
3.2 การสอบเทียบเครื่องมือวัดการสิ้นสعهเทือนในภาคสนาม	14
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์	14
3.2.2 วิธีการดำเนินงาน	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	
4.1 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค	23
4.2 น้ำหนักรถจักรยานยนต์ฟ่งข้าง	24
4.3 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือน รถจักรยานยนต์ฟ่งข้าง	24
4.3.1 ระยะยุบของโซ๊คขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน	25
4.3.2 ระยะยุบของโซ๊คขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน	29
4.3.3 ค่าอัตราเร่ง	33
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ปัญหาที่พบ	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40
ภาคผนวก ก ผลการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค	41
ภาคผนวก ข ข้อมูลระยะยุบของระบบรองรับการสั่นสะเทือน	44
ภาคผนวก ค โปรแกรม LabVIEW	53
ภาคผนวก ง แบบ Solid Work ของฟ่งข้าง	55
ประวัติผู้เขียน	57

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1.1	แผนดำเนินการ	3
4.1	แสดงค่าน้ำหนักของรถในการทดลอง	24
4.2	ระยะยวบของโช๊คสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีไม่มีมวล	25
4.3	ระยะยวบของโช๊คสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีบรรทุกมวล 100 kg	26
4.4	ระยะยวบต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีไม่มีมวล	27
4.5	ระยะยวบต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีบรรทุกมวล 100 kg	27
4.6	ระยะยวบของโช๊คเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีไม่มีมวล	28
4.7	ระยะยวบของโช๊คเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีบรรทุกมวล 100 kg	29
4.8	ระยะยวบสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 10 km/hr	29
4.9	ระยะยวบสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 20 km/hr	30
4.10	ระยะยวบต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 10 km/hr	31
4.11	ระยะยวบต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 20 km/hr	31
4.12	ระยะยวบเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 10 km/hr	32
4.13	ระยะยวบเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 20 km/hr	33
ก.1	ค่า Non-linear error ของระยะเคลื่อนตัวของโช๊ค	42
ก.2	ค่า Hysteresis Error ของระยะเคลื่อนตัวของโช๊ค	42
ข.1	ระยะยวบของล้อหลังที่โช๊คด้านซ้าย	45
ข.2	ระยะยวบของล้อหลังที่โช๊คด้านขวา	45

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.3	ระยะคืนของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านซ้าย	46
ข.4	ระยะคืนของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านขวา	46
ข.5	ระยะยุบของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านซ้ายเฉลี่ย	47
ข.6	ระยะยุบของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านขวาเฉลี่ย	47
ข.7	ระยะยุบของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านซ้าย	48
ข.8	ระยะยุบของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านขวา	48
ข.9	ระยะคืนตัวของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านซ้าย	49
ข.10	ระยะคืนตัวของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านขวา	49
ข.11	ระยะยุบของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านซ้ายเฉลี่ย	50
ข.12	ระยะยุบของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านขวาเฉลี่ย	50
ข.13	ระยะยุบของล้อพวงข้าง	51
ข.14	ระยะคืนตัวของล้อพวงข้าง	51
ข.15	ระยะยุบของล้อพวงข้างเฉลี่ย	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึ VII เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังดำเนินงาน	2
2.1	ตัวอย่างการจำลองปัญหาจริงให้เป็นระบบกายภาพ	4
2.2	แผนภาพของแรงกระทำของยางและสิ่งกีดขวาง	7
3.1	สปริงโซ้ค	11
3.2	Linear displacement sensor	11
3.3	NI USB – 6001	12
3.4	เครื่องทดสอบ UTM	12
3.5	การต่อ NI USB-6001 และ Linear position travel sensor	13
3.6	การทดสอบระยะยุบของโซ้ค	13
3.7	รถจักรยานยนต์ฟ่งข้าง	14
3.8	Linear displacement sensor	14
3.9	Linear displacement sensor	15
3.10	Laser displacement sensor	15
3.11	Acceleration sensor	15
3.12	NI CDAQ-9191	16
3.13	ตัดเหล็ก	16
3.14	ตั้งเหล็กให้มีระยะห่างกัน 40 cm	17
3.15	เชื่อมเหล็กเพื่อยึดกับแกนปลายลูกระนาด	17
3.16	ลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยม	18
3.17	ลูกระนาดหน้าตัดสามเหลี่ยม	18
3.18	ลูกระนาดหน้าตัดวงกลม	18
3.19	ติดตั้ง Linear displacement sensor บริเวณล้อหน้าของจักรยานยนต์	19
3.20	ติดตั้ง Linear displacement sensor บริเวณล้อหลังของจักรยานยนต์	19
3.21	ติดตั้ง Laser displacement sensor บริเวณข้างของล้อฟ่งข้าง	19
3.22	ติดตั้ง Acceleration sensor	20
3.23	วางลูกระนาดกับถนน	20
3.24	แผนภาพการทดลอง	20
3.25	อาสาสมัครขณะขับขี่รถจักรยานยนต์ฟ่งข้าง	21
3.26	ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดแบบทรงกระบอก	21
3.27	ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดแบบสามเหลี่ยม	21

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.28	ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดแบบสี่เหลี่ยม	22
3.29	รถจักรยานยนต์พ่วงข้างพร้อมน้ำหนักถ่วงที่ตัวพ่วงข้าง 100 kg	22
3.30	ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดโดยมีมวล 100 kg	22
4.1	ค่าระยะยวบของ UTM และเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโช๊ค	23
4.2	การทำงานของโช๊คต่างๆ ในรถพ่วงข้าง	25
4.3	หน้าจอแสดงผล	33
4.4	หน้าจอแสดงค่าต่างๆ	34
4.5	ทิศทางของการเคลื่อนที่ของอัตราเร่ง	34
4.6	ผลอัตราเร่งในแกน X Y และ Z ในความเร็ว 10 km/hr ที่เพิ่มมวล 100 kg	35
ค.1	การเขียนโปรแกรมด้วย LabView	54
ง.1	พ่วงข้างที่วาดโดย Solid Work	56
ง.2	พ่วงข้าง	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญญานิพนธ์

ในปัจจุบันรถจักรยานยนต์พ่วงข้างได้รับความนิยมในการใช้งานทั้งด้านการขนส่งเนื่องด้วยคุณสมบัติของรถที่เหมาะสมการบรรทุกสิ่งของรวมทั้งความคล่องตัวและประสิทธิภาพในการบรรทุก แต่ในขณะการขับขี่รถจักรยานยนต์พ่วงข้างมักเกิดปัญหาเช่น การเข้าโค้งของรถที่ทรงตัวยาก การเสียหายของช่วงล่างเนื่องจากแรงกระแทกจากพื้นถนนขรุขระหรือสิ่งกีดขวาง ยางล้อที่ไม่สมดุลในการขับขี่และการบรรทุก ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยขณะขับขี่รวมถึงก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ [1-2] โดยในการขับขี่รถจักรยานยนต์พ่วงข้างผ่านทางต่างระดับ ถนนขรุขระหรือถนนที่มีสิ่งกีดขวาง ที่มีพื้นที่หน้าตัดสูงจะทำให้เกิดผลกระทบ [3] ต่อระบบกันสะเทือนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมากที่สุด ซึ่งจะเกิดที่ล้อเป็นอันดับแรกทำให้ล้อเกิดการเสีรูปเนื่องจากยางมีความยืดหยุ่นส่งแรงจากพื้นขึ้นไปยังโช๊คทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในระบบช่วงล่าง [4] นอกจากนี้การสั่นสะเทือนในรถจักรยานยนต์พ่วงข้างนั้นได้ส่งไปยังเบาะที่นั่งและท่าทางของผู้ขับขี่ที่อาจทรงตัวในขณะที่ขับขี่ได้ยากทำให้เสียเสถียรภาพ [5] และอาจเกิดอันตรายได้ซึ่งโดยทั่วไปการสั่นสะเทือนในจะอยู่ในช่วง 0.5–80 Hz [6-8] ทำให้ในการขับขี่รถจักรยานยนต์พ่วงข้างจึงควรต้องลดและใช้ความเร็วที่เหมาะสม [9-10] เมื่อถนนมีสภาพต่างระดับขรุขระหรือมีสิ่งกีดขวาง เพื่อป้องกันการส่ายเสียสมดุลของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง และเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่

ดังนั้นโครงการนี้ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างขณะข้ามสิ่งกีดขวางชะลอความเร็ว เพื่อเป็นแนวทางในการขับขี่ยานพาหนะให้ปลอดภัย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปัญญานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้างขณะข้ามสิ่งกีดขวางชะลอความเร็วรูปทรงต่างๆ

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 สิ่งกีดขวางในรูปแบบสามเหลี่ยมจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนส่งผลต่อเสถียรภาพและความปลอดภัยมากที่สุด

### 1.4 ขอบเขตการศึกษาของปัญญานิพนธ์

1.4.1 รถจักรยานยนต์พ่วงข้างน้ำหนัก 168.9 kg และกำหนดความดันลมยาง ล้อข้างหน้า 29 psi ล้อข้างหลัง 41 psi ล้อพ่วงข้าง 41 psi

1.4.2 สิ่งกีดขวางมีหน้าตัด 3 แบบ ได้แก่ หน้าตัดสี่เหลี่ยม หน้าตัดวงกลม หน้าตัดสามเหลี่ยม

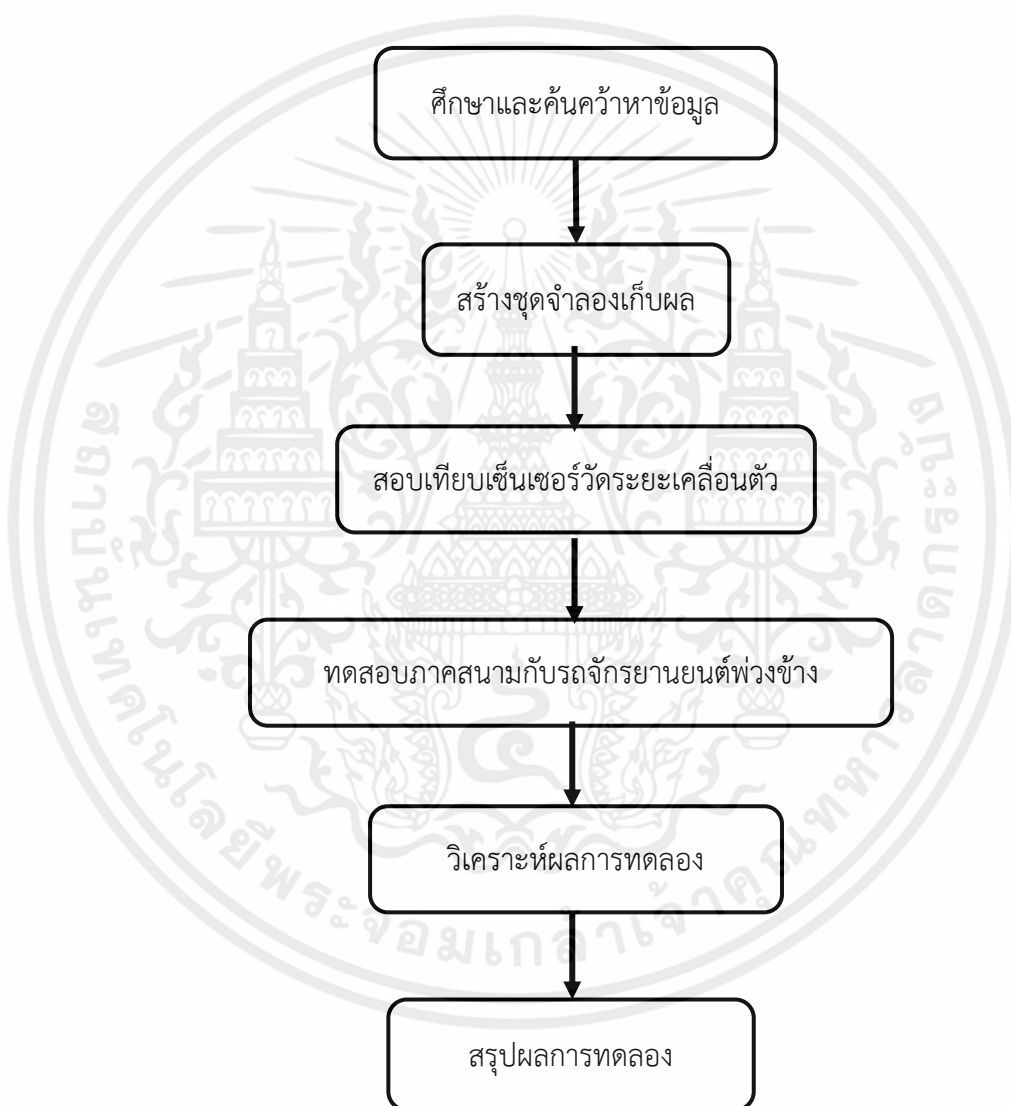
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.4.3 ระยะห่างของสิ่งกีดขวางแต่ละแถวอยู่ที่ 40 cm
- 1.4.4 ใช้เซ็นเซอร์วัดระยะยวบและเครื่องวัดความเร่ง 3 แกน ในการทดสอบ
- 1.4.5 เปรียบเทียบระหว่างไม่มีมวลกับมีมวล 100 kg

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ข้อมูลเกี่ยวกับเสถียรภาพและความปลอดภัยในการขับขี่ผ่านสิ่งกีดขวาง

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.7 แผนดำเนินงาน

ตาราง 1.1 แผนดำเนินการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินการ 2563- 2564									
	2563					2564				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←→									
2. สร้างชุดจำลองเก็บผล		←→								
3. สอบเทียบเซนเซอร์วัด ระยะเคลื่อนตัว			←→							
4. ทดลองภาคสนามและเก็บ ข้อมูล								←→		
5. วิเคราะห์ข้อมูล								←→		
6. สรุปผลการทดลอง								←→		
7. ทำเล่มปริญญานิพนธ์								←→		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

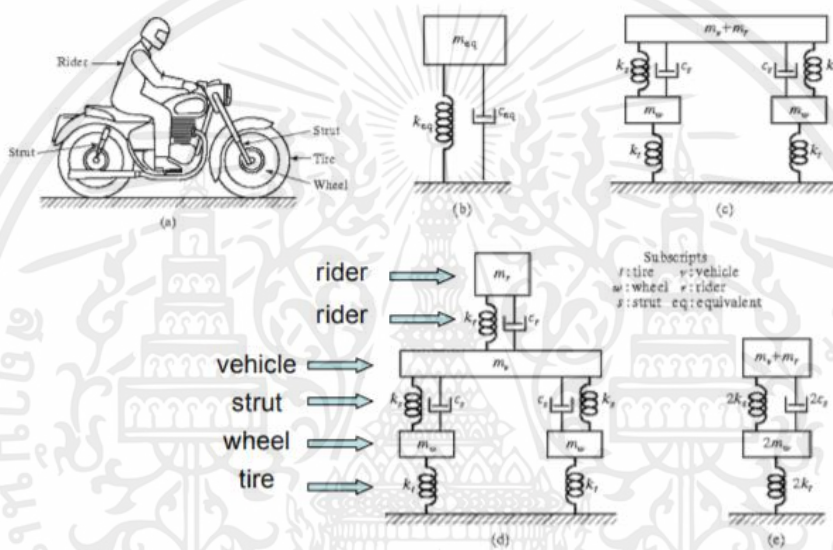
## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสั่นสะเทือนของของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาระบบสั่นสะเทือนของรถต่างๆ รวมถึงสิ่งกีดขวาง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 การสั่นสะเทือนของรถมอเตอร์ไซด์



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจำลองปัญหาจริงให้เป็นระบบกายภาพ [12]

จากรูปที่ 2.1 จะแสดงให้เห็นถึงค่าต่างๆ ที่อยู่ในระบบการสั่นสะเทือนของรถมอเตอร์ไซด์ โดยรวมมวลของคนขับ ตัวรถ และล้อรถ เป็นมวล  $m_{eq}$  ในส่วนค่า  $k_{eq}$  ก็คือรวมผลของความยืดหยุ่นของยางรวมทั้งคนขับเข้าด้วยกัน ค่า  $c_{eq}$  ก็เป็นผลมาจากทั้ง strut และคนขับ การเคลื่อนที่ขึ้นลงแสดงถึงภาพรวมของการสั่นสะเทือนขึ้น-ลงของคนและรถทั้งหมด หากทำการวิเคราะห์ที่ต้องการพิจารณาถึงผลของการสั่นสะเทือนของล้อหน้าและหลัง และแยกผลของยางกับ strut ออกจากกัน ค่า  $k_s$  และ  $k_t$  แสดงค่าคงที่สปริงของ strut และยางตามลำดับ [12]

##### 2.1.2 สาเหตุที่ตัวรถสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนเป็นผลมาจากการบรรทุกน้ำหนัก สภาพของพื้นผิวถนน น้ำหนักที่ถูกรองรับและส่วนประกอบอื่นๆ ที่ถูกรองรับด้วยสปริงนั้นจะเรียกว่าน้ำหนักเหนือสปริงและส่วนที่ไม่ได้ถูกรองรับด้วยสปริง เช่น ล้อ เพลา และส่วนอื่นๆ เรียกว่าน้ำหนักใต้สปริง โดยทั่วไปน้ำหนัก

เหนือสปริงจะมีมากกว่าน้ำหนักใต้สปริง ซึ่งจะทำให้เกิดความโน้มถ่วงในการขับเคลื่อนและมีเสถียรภาพที่ดีกว่าอาการสั่นสะเทือน และสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

2.1.2.1 อาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากน้ำหนักเหนือสปริง (Sprung Weight) จะทำให้เกิดอาการดังนี้

- การโคลงตัว (Rolling) เป็นอาการที่เกิดจากการยืดและยุบตัวของสปริงทั้งสองด้านไม่เท่ากันของสปริงคือ ด้านหนึ่งยืดและอีกด้านยุบเช่นเดียวกับรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

- การเต้น (Bouncing) เป็นอาการเคลื่อนตัวของตัวรถ การเต้นของตัวรถเกิดจากการที่รถวิ่งด้วยความเร็วสูงบนถนนที่มีลูกระนาด หรือสิ่งกีดขวางที่ติดต่อกัน

- การส่าย (Yawing) เป็นอาการเคลื่อนตัวของตัวรถในลักษณะขึ้นลงไปทางด้านซ้ายและขวามักจะเกิดขึ้นพร้อมกับการกระดอนของตัวถังรถ

- การลอยตัว (Upspring) เป็นอาการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในลักษณะขึ้นลงด้านหน้าและด้านหลังของตัวรถ

2.1.2.2 อาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากน้ำหนักใต้สปริง (Unsprung Weight) จะทำให้เกิดอาการดังนี้

- การกระดอน (Traming) เป็นอาการสั่นสะเทือนของล้อรถทั้งด้านซ้ายและด้านขวาและเกี่ยวข้องกับการบังคับรถ เสถียรภาพของรถ

- การกระโดด (Hopping) เป็นอาการสั่นสะเทือนที่เกิดจากล้อรถเต้นขึ้นลง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นเมื่อขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงบนถนนที่พื้นผิวถนนเป็นลูกระนาด หรือผ่านสิ่งกีดขวาง [13]

### 2.1.3 เสถียรภาพการบังคับรถสามล้อพ่วงข้าง (Vehicle stability control)

เสถียรภาพการบังคับรถสามล้อพ่วงข้างเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่ ผู้โดยสารและสิ่งของที่บรรทุก การรักษาเสถียรภาพของรถสามล้อพ่วงข้างสามารถพิจารณาได้จากมุม 4 มุม ดังนี้

2.1.3.1 มุมส่าย (Yaw angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากด้านหน้าของรถสามล้อพ่วงข้างเป็นผลจากการสูญเสียการควบคุม ทำให้รถสามล้อพ่วงข้างเกิดอาการส่ายไปมาทั้งด้านซ้ายและด้านขวา และมุมส่ายจะเกิดขึ้นในแนวแกน X

2.1.3.2 มุมโคลงหรือมุมพลิกคว่ำ (Roll angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากด้านหน้าของรถสามล้อพ่วงข้างจากความไม่สมดุลของแรงยกตัวในด้านซ้ายและด้านขวาของรถสามล้อพ่วงข้าง

2.1.3.3 มุมกระดก (Pitch angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากด้านหน้าและด้านข้างของรถสามล้อพ่วงข้าง อันเป็นผลมาจากสภาพของพื้นถนนที่มีระดับต่างกัน เกิดจากการเบรก การบรรทุก และมุมกระดกจะเกิดขึ้นในแนวแกน Z

2.1.3.4 มุมลื่นไถลด้านข้าง (Sideslip angle) เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากด้านข้างของรถสามล้อพ่วงข้างในขณะเข้าโค้ง อันเป็นผลจากล้อของรถสามล้อพ่วงข้างพยายามที่จะตั้งหรือผล็กรถสามล้อพ่วงข้างให้เข้าและออกจากโค้งรถ [14]

### 2.1.4 ผลกระทบการชนกันของล้อและสิ่งกีดขวาง

เป็นการอธิบายถึงการเกิดจลนศาสตร์ของล้อคือแรงกระทำที่เกิดขึ้น ซึ่งหลักการสำคัญคือแรงกระตุ้นและโมเมนตัมที่อธิบายพฤติกรรมได้ การชนกันของวัตถุส่งผลให้เกิดแรง สามารถเขียนสมการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ได้คือ

$$\sum F = m\dot{v} = \frac{d}{dt}(mv) \quad (2.1)$$

โดยที่ของแรงจะถูกกำหนดเป็นโมเมนตัมเชิงเส้น  $G = mv$  และสามารถเขียนใน 3 องค์ประกอบสเกลาร์ในแต่ละแนวแกนดังนี้

$$\sum F_x = G_x \quad (2.2)$$

$$\sum F_y = G_y \quad (2.3)$$

$$\sum F_z = G_z \quad (2.4)$$

ผลของแรงลัพธ์แรงต่อโมเมนตัมเชิงเส้นของช่วงระยะเวลาหนึ่งจะได้ในรูปแบบ

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = G_2 - G_1 = \Delta G \quad (2.5)$$

ซึ่งสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$m(v_1)_x + \int_{t_1}^{t_2} F_x dt = m(v_2)_x \quad (2.6)$$

$$m(v_1)_y + \int_{t_1}^{t_2} F_y dt = m(v_2)_y \quad (2.7)$$

ในแกน Z จะต้องแสดงความเร็วโดยทิศทางเป็นเวกเตอร์ด้วยในทั้งแนวตั้งหรือแกน Y และแนวยาวหรือแกน X

$$\vec{v} = \dot{x}i + \dot{y}j \quad (2.8)$$

การเคลื่อนที่ของล้อได้รับผลกระทบจากรูปทรงเรขาคณิตของสิ่งกีดขวางดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = \sin \frac{2\pi}{l} x; 0 < x < 2\pi \quad (2.9)$$

และสามารถนำเสนอสมการวิธีออยเลอร์วิเคราะห์ปัญหาของยางรถยนต์ได้สมการต่อไปนี้

$$\sum F_x = m_t a_x \quad (2.10)$$

$$\sum F_y = m_t a_y \quad (2.11)$$

$$\sum M = I\alpha = I\ddot{\theta} \quad (2.12)$$

โดยที่

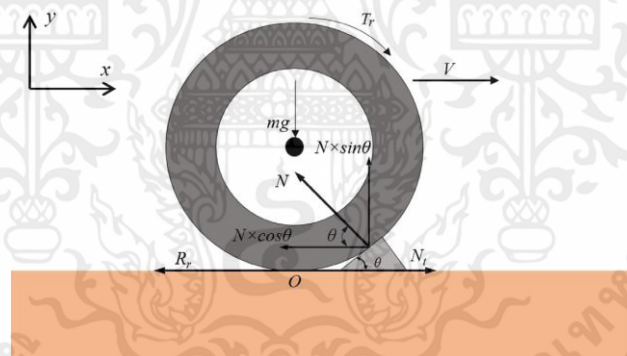
$m_t$  คือ มวลยาง (kg)

$M$  คือ โมเมนต์ (N.m)

$I$  คือ ความเฉื่อยมวลของโมเมนต์ ( $\text{kg.m}^2$ )

$\alpha$  คือ ความเร่งเชิงมุม ( $\text{rad/s}^2$ )

จากสมการ ( 2.10-2.12 ) จะสามารถหาค่าสมการต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 แผนภาพของแรงกระทำของยางและสิ่งกีดขวาง [15]

$$N_t - N \cos \theta - R_r = m a_x \quad (2.13)$$

$$N \sin \theta - mg = m a_y \quad (2.14)$$

$$N \cos \theta \times l \sin \theta + N \cos \theta \times l \cos \theta - T = \bar{T} + m_t r^2 \quad (2.15)$$

โดยที่

$N$  คือ ส่วนประกอบแรงปฏิกิริยา ( $N$ )

$N_t$  คือ พื้นผิวสัมผัสแรง ( $m^2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$R_r$  คือ ความต้านทาน ( $\Omega$ )

$L$  คือ ระยะสัมผัสระหว่างยางกับพื้นผิว (m)

$T$  คือ แรงบิดที่ใช้กับยาง (N.m)

ซึ่งแรงกระทกเกิดขึ้นในสองแกนคือ  $X$  และ  $Y$  สำหรับผลกระทบสามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$F_t = N \cos \theta = N_t - m a_x - R_r \quad (2.16)$$

$$F_t = N \sin \theta = N_t - m (a_y - g) \quad (2.17)$$

ในการศึกษาควรสังเกตด้วยว่าเนื่องจากการเร่ง ความเร็ว องค์กรประกอบเวกเตอร์ที่ทิศทาง  $x$  และ  $y$  อุปสรรครูปแบบที่แตกต่างอาจจะอยู่ที่ขอบเขตของเวลา [15]

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Taghavifar et al. [1] ได้กำหนดรูปทรงทางเรขาคณิต 3 แบบเพื่อเป็นสิ่งที่กีดขวางในการทดสอบแรงกระทก โดยควบคุมความเร็วในการหมุนล้อที่มีแรงดันลมยางอยู่ที่ 131 kPa จากการทดลองพบว่าค่าสูงสุดขึ้นอยู่กับความสูงของอุปสรรคถ้าความสูงของสิ่งที่กีดขวางเพิ่มขึ้นแรงกระทกจะเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ความเร็วของล้อลดลงทันที แรงกระทกผ่านสิ่งที่กีดขวางรูปทรงกลมมีค่ามากที่สุด และต่ำสุดที่สิ่งที่กีดขวางรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

Cutini et al. [2] ได้ทำทดสอบการสั่นสะเทือนของรถแทรกเตอร์ที่วิ่งบนถนนขรุขระวิเคราะห์การเคลื่อนที่ในแนวตั้งและทดสอบการเสีรูปของโช๊คที่มีลักษณะเป็นพฤติกรรมเชิงเส้น โดยมีแรงดันลมยางที่ 80 และ 160 kPa ความเร็วที่ 6 10 12 และ 14 km/hr ตามลำดับในการทดสอบรถแทรกเตอร์จะใช้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ความเร็วที่แตกต่างกันและความดันยางที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าความขรุขระของถนนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วของรถจะกระตุ้นโช๊คให้มีการหดตัว สิ่งเหล่านี้จะแสดงให้เห็นถึงการสั่นสะเทือนของรถและการยืดหยุ่นโช๊ครับแรงกระทก

Lee et al. [3] ได้พัฒนาเครื่องตรวจจับพื้นผิวถนนโดยใช้เซ็นเซอร์ LiDAR ติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ด้านหน้ารถโดยทำมุมเอียงไปทางพื้นผิวถนน  $30^\circ$  และทำการติดตั้งเครื่องวัดความเร่งแบบสามแกนสองตัวไว้บนเพลลาและตัวรถเพื่อประเมินแรงกระทก พบว่ารถมีความเร็ว 10 km/hr และสั่นสะเทือนอยู่ในช่วงความถี่ต่ำกว่า 10 Hz ความเร่งจะเพิ่มขึ้นในทุกๆความถี่ ซึ่งพิจารณาได้ว่ารถแทรกเตอร์การเกษตรส่วนใหญ่ได้มีความถี่ต่ำในช่วง 2 ถึง 5 Hz และพบว่าเซ็นเซอร์นี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการกระทก

Tan et al. [4] ได้ศึกษาพฤติกรรมของการเสีรูปของล้อและยางของรถจักรยานยนต์เมื่อต้องรับแรงกระทกด้านหน้า การทดสอบแรงกระทกดำเนินการโดยใช้ลูกตุ้มที่พัฒนาขึ้นเองและเครื่องทดสอบแรงกระทก Minitab พบว่าความผิดปกติของชุดล้อและยางมีความสัมพันธ์กับแรงกระทก และล้อที่มีการใช้งานมาแล้วแต่ยังไม่เสียหายจะมีการเสีรูปน้อยกว่า 10% ส่วนล้อใหม่จะเสียหายมากกว่าเนื่องจากล้อเกิดการเสีรูป

Alkan et al. [5] ได้สร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์แบบคงที่เพื่อตรวจสอบลักษณะการห่อหุ้มของยางแบบสามมิติโดยใช้โปรแกรม MSC Marc Mental และวิเคราะห์แบบ Axymmetric ที่ล้อและทดสอบบนพื้นดินพบว่ายางที่มีโครงสร้าง Bias-ply หน้าสัมผัสของยางจะไม่ขยายออกด้านข้างเนื่องจากการยุบแนวตั้งและแปรผันตรงกับการสิ้นเปลืองน้ำมันและอายุการใช้งานของดอกยาง

Nawayseh [6] ได้ทำการปรับแต่งสภาพที่นิ่งซึ่งอาจส่งผลต่อการกระจายตัวของการสั่นสะเทือนผ่านเบาะรถเนื่องจากการสั่นสะเทือนจากถนนไปยังผู้ขับ และตรวจสอบการตอบสนองต่อร่างกายของมนุษย์ โดยทดสอบกับชาย 10 คนที่มีน้ำหนักที่แตกต่างกัน ได้พบว่าผลกระทบจากการสั่นสะเทือนที่วัดได้บนที่นั่งจะเกิดในแกน z และ y เท่านั้น และการเพิ่มมุมของที่นั่งเบาะช่วย เพิ่มค่าปริมาณการสั่นสะเทือนของที่นั่งในทิศทาง x และลดค่าปริมาณการสั่นสะเทือนทั้งหมดบนตำแหน่งเท้า

Jayasuriya and Sangpradit [7] กล่าวว่าความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการขับขี่รถแทรกเตอร์มีความสำคัญเป็นอย่างมากและเพื่อลดปัญหาการเกิดความเสียหายของรถแทรกเตอร์ จึงได้วิเคราะห์เบาะของรถแทรกเตอร์และแก้ไขเพื่อลดทอนการสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนของเบาะนั่งที่ส่งผลในแนวตั้งแสดงให้เห็นถึงความเมื่อยล้าของผู้ขับขี่ สำหรับที่นั่งที่มีความหนา 4 cm วัสดุตามมาตรฐาน ISO 2631 ช่วงความถี่ในการทดลอง 2 ถึง 8 Hz ซึ่งเป็นความถี่ในการสั่นสะเทือนของระบบป้องกันการสั่นสะเทือน และได้ออกแบบเบาะรถแทรกเตอร์รุ่นใหม่เพื่อลดการสั่นสะเทือน จึงใช้วัสดุที่มีค่าสปริงคงที่ (k) 14343 N.m มาทำเบาะ

Vasudevan and Patel [8] การศึกษามุ่งเน้นไปที่ความสะดวกสบายของจักรยานและจักรยานยนต์ในขณะที่ขับขี่ด้วยความเร็วสูง การทดลองใช้อาสาสมัคร 9 คนให้ขี่จักรยานและรถจักรยานยนต์ด้วยความเร็วสูงและใช้วัสดุที่ทำระบบกันสะเทือนเป็นมาตรฐาน ISO 2631 และพิจารณาการสั่นสะเทือนในช่วง 0.5–80 Hz เพื่อให้ใช้ได้กับร่างกายมนุษย์และแสดงแผนภาพขั้นตอนในการคำนวณค่าปริมาณการสั่นสะเทือน จากนั้นทำการถ่ายวิดีโอเพื่อเก็บผลและนำมาประมวลผล พบว่าการขี่จักรยานยนต์มีความสะดวกสบายกว่ารถจักรยาน

Lav et al. [9] ได้กำหนดรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสันชะลอความเร็วที่สามารถลดความเร็วของรถได้มากที่สุด พบว่าขนาดที่เหมาะสมที่สุดของสันชะลอความเร็วควรมีความกว้าง 5.0 cm และสูง 2.8 cm แต่อาจจะปรับขนาดให้ถึงกว้าง 30 cm สูง 16.8 cm และได้ว่าความกว้างที่เหมาะสมจะลดการกระแทกและการลดความเร็วได้

Satiennam et al. [10] ได้ศึกษาผลกระทบของลูกกระพอนและลูกเนินชะลอความเร็วโดยเลือกสถานที่ทดสอบ 6 แห่งในประเทศไทยและบันทึกค่าทั้งหมด 12 จุด ลูกกระพอนและลูกเนินชะลอความเร็วส่งผลแตกต่างกันระหว่างผู้ขี่รถจักรยานยนต์และผู้ขี่รถจักรยานยนต์ พบว่าสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือ ลูกกระพอน ขนาดเล็ก MSU1-3 ความสูง 50 - 70 mm และความยาว 0.35 - 1.5 m ผู้ขี่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็ว 15 - 18 km/hr จะลดความเร็วลง 43 - 47% จากการสำรวจลูกกระพอน 8 ลูก ในบริเวณเดียวกัน ความเร็วขี่ผ่านอยู่ที่ 12 - 23 km/hr หรือน้อยกว่าเมื่ออยู่ในบริเวณพื้นที่จอดรถ กลุ่มที่ 2 คือ ลูกเนิน KCU1-3 ความสูง 130 - 180 mm และความยาว 5.3 - 10.3 m ผู้ขี่รถจักรยานยนต์ใช้ความเร็ว 29 - 31 km/hr โดยลดความเร็วลง 13 - 39% สำหรับการเปรียบเทียบความเร็วของผู้ขี่รถจักรยานยนต์กับรถจักรยานยนต์นั่งส่วนบุคคล

ในขนาดเดียวกัน พบว่าลูกระนาดและลูกเนินชะลอความเร็วมีผลกระทบที่แตกต่างกันต่อผู้ขับขี่ และความเร็วการขับขี่ที่ลดลงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมรถ

Wei and Olatunbosun [11] ได้ศึกษาวิธีการป้องกันการสั่นสะเทือนของล้อโดยการข้ามอุปสรรคบนถนนที่แตกต่างกัน พบว่ายางจะส่งแรงตามความสูงและความเร็วที่แตกต่างกันในสิ่งกีดขวางรูปแบบสี่เหลี่ยมแสดงให้เห็นว่าทั้งความเร็วและความสูงของสิ่งกีดขวางบนถนนมีอิทธิพลอย่างมากต่อปฏิกริยาการสะท้อนกลับซึ่งแรงตามยาวจะลดลงจาก 644.78 N เป็น 458.53 N แต่แรงในแนวตั้งเพิ่มขึ้นจาก 81.20 N ถึง 161.47 N นอกจากนี้ด้วยความสูงของถนนที่เพิ่มขึ้นแรงก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามนอกจากนี้ด้วยความสูงของสิ่งกีดขวางบนถนนที่เพิ่มขึ้นการเสียรูปของยางก็จะมากขึ้นเมื่อยางกระทบกับอุปสรรคทางถนน โดยเฉพาะแก้มยางจะมีการโก่งตัวเมื่อยางกระทบกับสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่ยิ่งจะทำให้ยางสะท้อนมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้จะอธิบายถึงวัสดุอุปกรณ์ วิธีการสร้างชุดเครื่องมือในการวัดค่าการสั่นสะเทือนของช่วงล่างของล้อทั้งสามของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง การทดสอบเทียบชุดเครื่องมือ การสร้างสิ่งกีดขวางในรูปแบบต่างๆ เพื่อทำการทดลอง

#### 3.1 สอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโช๊ค

##### 3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

1. สปริงโช๊ค รุ่น Burner RCP-25 (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 สปริงโช๊ค

2. Linear displacement sensor รุ่น Eye Rod T-PTS12 (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 Linear displacement sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Data Acquisition NI USB – 6001 (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 NI USB – 6001

4. เครื่องทดสอบ Universal testing machine (UTM) ยี่ห้อ HOUNSFIELD รุ่น H50KS (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 เครื่องทดสอบ UTM

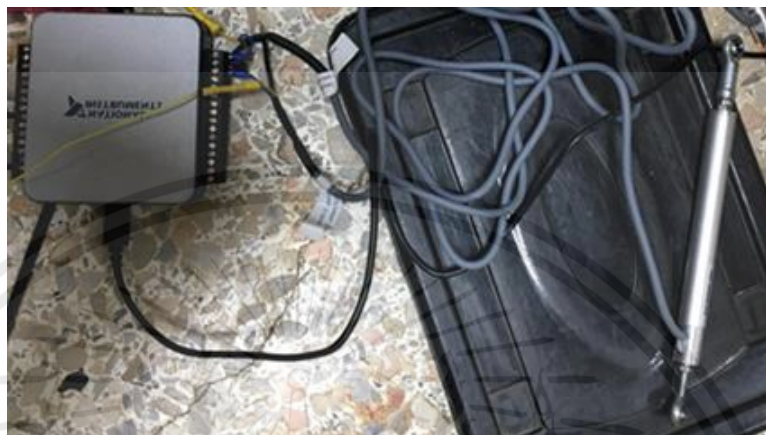
5. โปรแกรม LabVIEW version 2014

6. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก HP PAVILION รุ่น HP 15-EC1117AX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 วิธีการดำเนินการ

1. เขียนโปรแกรม LabVIEW สำหรับวัดระยะยุบของโซ้คจากชุดเครื่องมือในการวัดค่าการสั้นสะเทือน
2. ต่อ NI USB-6001 และ Linear position travel sensor เข้าด้วยกัน (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 การต่อ NI USB-6001 และ Linear position travel sensor

3. กดโซ้คด้วยเครื่อง เครื่องทดสอบแรงดึง UTM (รูปที่3.6) เพื่อหาระยะยุบต่อแรง และค่าระยะยุบจาก Linear position transducer ด้วยอัตราการกด 20 mm/mm และนำข้อมูลไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระยะยุบเทียบกับแรงและเวลา



รูปที่ 3.6 การทดสอบระยะยุบของโซ้ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การสอบเทียบเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนในภาคสนาม

#### 3.2.1. วัสดุอุปกรณ์

1. รถจักรยานยนต์พ่วงข้างดัดแปลงจาก Honda รุ่น dream excels 100 (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

2. Linear displacement sensor รุ่น Eye Rod T-PTS12 (รูปที่ 3.8)



รูปที่ 3.8 Linear displacement sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Linear position transducer KTC รุ่น 75 mm (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 Linear displacement sensor

4. Laser displacement sensor KEYENCE LB-70 (รูปที่ 3.10)



รูปที่ 3.10 Laser displacement sensor

5. Acceleration sensor GRAPHTEC Petit LOGGER รุ่น GL100 (รูปที่ 3.11).



รูปที่ 3.11 Acceleration sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. data Acquisition NI CDAQ-9191 (รูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.12 NI CDAQ-9191

## 7. สิ่งกีดขวาง

## 7.1 วัสดุอุปกรณ์

1. เหล็กฉาก ขนาด 1.5"x1.5"
2. ท่อเหล็กกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2"
3. เหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 1.5"x1.5"
4. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า IWELD รุ่น MMA 160I
5. ลวดเชื่อม KOBE-30 ขนาด 3.2x350 mm
6. แห่นัดไฟเบอร์ MAKTEC by makita รุ่น MT241
7. ตลับเมตร KDS 5.5 m

## 7.2 วิธีการดำเนินการ

1. นำเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม เหล็กฉาก ท่อเหล็กกลม มาตัดให้ได้ขนาด 60 cm จำนวน แบบละ 6 ชิ้น และตัดเหล็กสี่เหลี่ยม ความยาว 240 cm จำนวน 6 ชิ้น เพื่อเป็นจุดยึดลูกระนาด (รูปที่ 3.13)



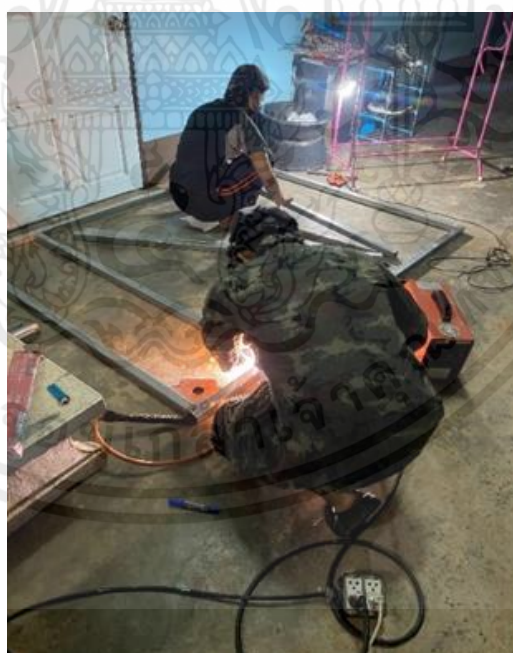
รูปที่ 3.13 ตัดเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำเหล็กสี่เหลี่ยม เหล็กฉาก และวงกลมที่ตัดแล้วมาวางเรียงกัน ทั้ง 6 ชั้นโดยมีระยะห่างของเหล็กแต่ละชั้นอยู่ที่ 40 cm โดยอ้างอิงจากการวัดระยะห่างของเส้นชะลอความเร็วบนถนนจริง แล้วทำการเชื่อมติดกับเหล็กสี่เหลี่ยมที่มีความยาว 240 cm ที่ปลายของเหล็กทั้งสองด้าน (รูปที่ 3.14-3.18)



รูปที่ 3.14 ตั้งเหล็กให้มีระยะห่างกัน 40 cm



รูปที่ 3.15 เชื่อมเหล็กเพื่อยึดกับแกนปลายลูกระนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โครงสร้างหน้าตัดสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.17 โครงสร้างหน้าตัดสามเหลี่ยม



รูปที่ 3.18 โครงสร้างหน้าตัดวงกลม

8. น้ำหนักถ่วง 100 kg
9. โปรแกรม LabVIEW version 2014
10. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก HP PAVILION รุ่น HP 15-EC1117AX

### 3.2.2 วิธีการดำเนินงาน

1. นำ Linear displacement sensor มาติดตั้งบริเวณล้อด้านหน้าของรถจักรยานยนต์ พวงข้าง (รูปที่ 3.19) และล้อด้านหลัง (รูปที่ 3.20) และติดตั้ง Laser displacement sensor บริเวณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างของล้อพวงข้าง (รูปที่ 3.21) เพื่อวัดการสั่นสะเทือนของระบบช่วงล่างของรถ



รูปที่ 3.19 ติดตั้ง Linear displacement sensor บริเวณล้อหน้าของจักรยานยนต์



รูปที่ 3.20 ติดตั้ง Linear displacement sensor บริเวณล้อหลังของจักรยานยนต์



รูปที่ 3.21 ติดตั้ง Laser displacement sensor บริเวณข้างของล้อพวงข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดตั้ง Acceleration sensor บริเวณจุดศูนย์ถ่วงของรถพร้อมกับตัวรับค่าผลการทดลอง การสั่นสะเทือนเพื่อการเก็บค่าขณะทดลอง (รูปที่ 3.22)



รูปที่ 3.22 ติดตั้ง Acceleration sensor

3. จัดเตรียมสถานที่ทดลองโดยนำเหล็กทั้งสามรูปแบบมาเป็นสิ่งกีดขวางและกำหนดเส้น เริ่มทดลองให้ห่างจากสิ่งกีดขวาง 20 m ทำการทดสอบก่อนทำการทดสอบจริงเพื่อดูแนวโน้มของ ผลการทดลอง (รูปที่ 3.23 และ 3.24)



รูปที่ 3.23 วางลูกระนาดกับถนน



รูปที่ 3.24 แผนภาพการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 อาสาสมัครขณะขับขี่รถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

4. ให้อาสาสมัครชายน้ำหนัก 78 kg ส่วนสูง 165 cm (รูปที่ 3.25) ทำการขับรถผ่านลูกระนาดทั้ง 3 แบบคือลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยม ลูกระนาดหน้าตัดวงกลม ลูกระนาดหน้าตัดสามเหลี่ยม แล้วทำการเก็บผลการทดลองโดยการขับผ่านสิ่งกีดขวางที่ความเร็ว 10 km/hr และ 20 km/hr



รูปที่ 3.26 ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดแบบหน้าตัดวงกลม



รูปที่ 3.27 ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยม

5. ทำการขับรถผ่านลูกระนาดสามแบบอีกครั้งโดยเพิ่มมวลจากถุงทรายที่น้ำหนัก 100 kg ไว้บนพวงข้าง (รูปที่ 3.29) แล้วทำการเก็บผลการทดลองโดยการขับผ่านสิ่งกีดขวางที่ความเร็วเช่นเดียวกับข้อ 4 แล้วนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ผล (รูปที่ 3.30)



รูปที่ 3.29 รถจักรยานยนต์พวงข้างพร้อมน้ำหนักถ่วงที่ตัวพวงข้าง 100 kg



รูปที่ 3.11 ทดสอบแบบวิ่งผ่านลูกระนาดโดยมีมวล 100 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

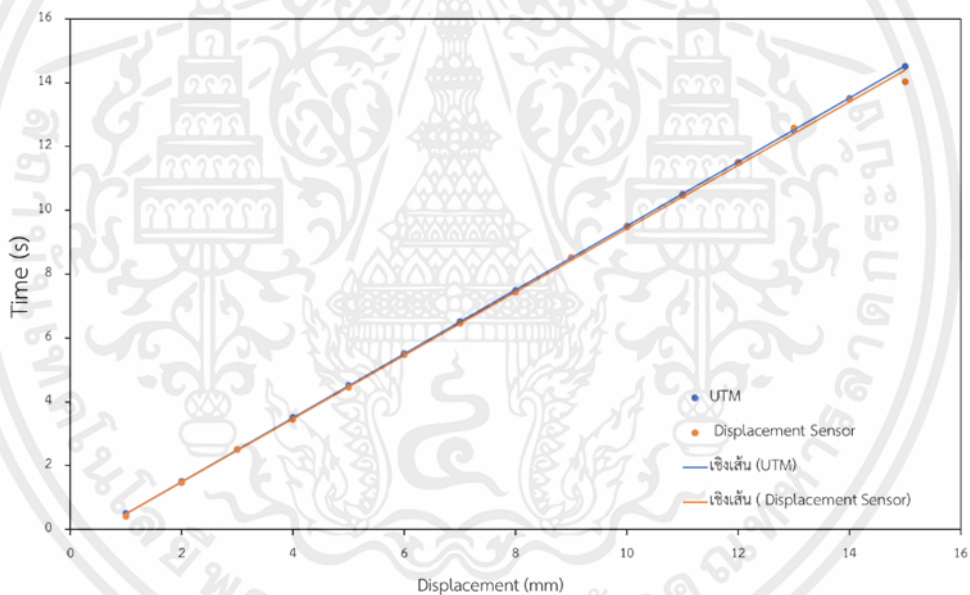
## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผล

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊คและการทดสอบผลกระทบเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างผ่านการสร้างสิ่งขีดขวางในรูปแบบต่างๆ

#### 4.1 ผลการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค

การทดสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊คคือการนำเอาเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊คที่ใช้ในการทดสอบมาทดลองเปรียบเทียบกับเครื่องมาตรฐาน UTM เพื่อหาการยุบตัวของโซ๊คที่การกดด้วยความเร็วของเครื่อง UTM 20 mm/min โดยกำหนดระยะกดโหลดที่ 15 mm



รูปที่ 4.1 ค่าระยะยุบของ UTM และเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค

จากรูปที่ 4.1 การทดสอบพบว่าค่าแรงโหลดที่ใช้ในการกดโซ๊คเฉลี่ยอยู่ที่ 1752 N ซึ่งค่าระยะยุบจากเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค ปรากฏตั้งแต่การกดโซ๊คมีค่าระยะยุบสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 14.02 mm ระยะยุบตัวของโซ๊คที่การกดของเครื่อง UTM สูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 14.51 mm สามารถคิดค่า Non-linearity error ได้ 3.37 % ค่าเฉลี่ยของระยะการยุบและระยะการคืนตัวจะมีความแตกต่างกันเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 0.079 mm หรือคิดเป็นค่า Hysteresis error ได้ 0.57 %

ดังนั้นเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ๊คที่นำมาทดสอบสามารถนำมาใช้ในการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างผ่านการสร้างสิ่งขีดขวางได้

## 4.2 น้ำหนักรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

การทดลองรถจักรยานยนต์พ่วงข้างจะมีการถ่ายเทน้ำหนักที่แตกต่างกันของแต่ละล้อที่กรณีไม่มีมวลและเพิ่มมวล 100 kg ซึ่งน้ำหนักของแต่ละล้อสามารถแสดงผลได้ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าน้ำหนักของรถในการทดลอง

น้ำหนักถ่วง (kg)	น้ำหนักของล้อ หน้า (kg)	น้ำหนักของล้อ หลัง (kg)	น้ำหนักของล้อ พ่วงข้าง (kg)	น้ำหนักรวม (kg)
0	64.8	117.1	59.2	241.1
100	83.5	138.7	119.5	341.7

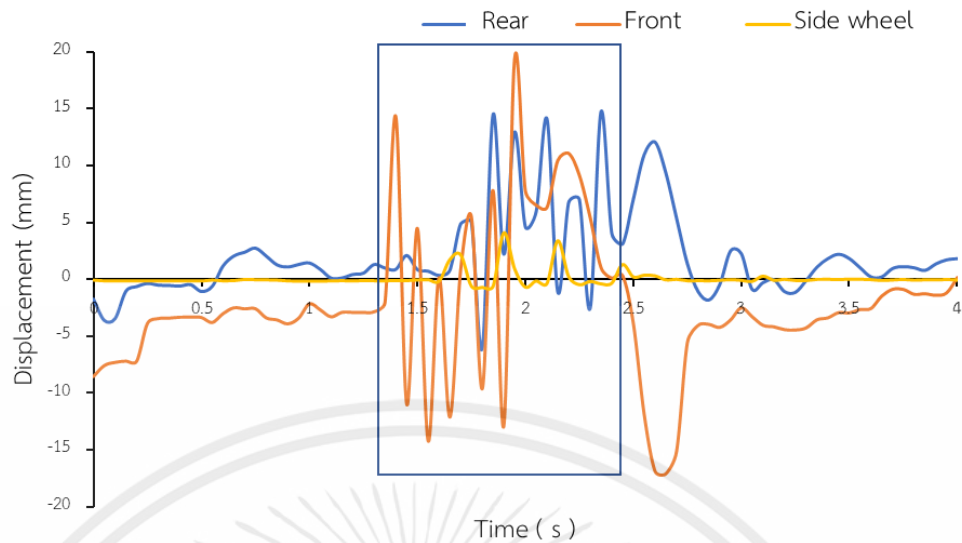
จากตารางที่ 4.1 เมื่อให้อาสาสมัครชายน้ำหนัก 78 kg ความสูง 168 cm นั่งบนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างแล้วทำการชั่งน้ำหนักแต่ละล้อพบว่าการกระจายตัวของน้ำหนักในรถจักรยานยนต์พ่วงข้างที่ใช้ในการทดลองน้ำหนักจะถ่ายเทไปในทิศทางของล้อหลังมากที่สุดคือ 117.1 kg และล้อหน้าคือ 64.8 kg และล้อพ่วงข้างมีน้ำหนักอยู่ที่ 59.2 kg ตามลำดับ และกรณีเพิ่มน้ำหนัก 100 kg ล้อด้านพ่วงข้างจะมีการรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและแตกต่างจากกรณีของแบบปกติเพิ่มขึ้นเป็น 119.5 Kg และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น 50.46% ล้อหลังเพิ่มขึ้นเป็น 138.7 kg และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น 15.65% และล้อหน้าเพิ่มขึ้นเป็น 83.5 kg และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น 28.86% ดังนั้นจากการชั่งน้ำหนักจะมีการถ่ายเทมากที่สุดที่ล้อหลัง รองลงมาคือล้อหน้า และล้อพ่วงข้างในกรณีที่ไม่มีมวล และกรณีที่มีมวลจะมีการถ่ายเทมากที่สุดที่ล้อหลัง รองลงมาคือล้อพ่วงข้าง และล้อหน้าตามลำดับ

## 4.3 ผลการทดลองระยะการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง

การทดลองในการลงภาคสนามผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็ว 10 km/hr และ 20 km/hr กรณีที่มีมวลและไม่มีมวล จะแสดงผลเป็นค่าสถิติและแบ่งการวิเคราะห์ค่าเป็น 2 แบบคือการเปรียบเทียบที่เงื่อนไขความเร็วที่ต่างกันและน้ำหนักที่ต่างกัน

จากรูปที่ 4.2 แนวโน้มการทำงานของโช๊คจะมีทิศทางที่เป็นลบและบวกซึ่งแสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของโช๊คหากค่าที่ได้เป็นลบจะแสดงถึงระยะการคลายตัวหรือการคืนตัวของโช๊คและค่าไปในทิศทางบวกจะเป็นค่าที่แสดงระยะยุบของโช๊ค และจะแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมได้ว่าในขณะที่ผ่านสิ่งกีดขวางจะเห็นถึงความแตกต่างอย่างชัดเจน ที่โช๊คหน้าจะเกิดการยุบตัวน้อยกว่าการคืนตัวของโช๊คดูได้จากเส้นกราฟที่ไปในทิศทางลบมากกว่าทิศทางบวก ที่โช๊คหลังจะมีเส้นกราฟไปในทิศทางบวกนั่นคือมีการยุบตัวมากกว่าเช่นเดียวกับการคืนตัวของโช๊ค และที่โช๊คด้านพ่วงข้างเส้นกราฟไปในทิศทางบวกคือมีการยุบตัวมากกว่าการคืนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การทำงานของไช้คต่างๆ ในรถพ่วงข้าง

#### 4.3.1 ระยะยุบของไช้คขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ระยะยุบของไช้คสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีไม่มีมวล

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
10	□	15.495 <sup>a</sup> $\pm$ 0.748	17.189 <sup>a</sup> $\pm$ 0.991	12.687 <sup>b</sup> $\pm$ 4.078	11.598 <sup>b</sup> $\pm$ 3.838	5.203 <sup>a</sup> $\pm$ 0.946
	○	13.006 <sup>a</sup> $\pm$ 0.794	10.860 <sup>a</sup> $\pm$ 2.082	11.541 <sup>b</sup> $\pm$ 1.916	10.876 <sup>b</sup> $\pm$ 1.94	5.368 <sup>a</sup> $\pm$ 0.290
	△	10.244 <sup>a</sup> $\pm$ 1.108	7.445 <sup>a</sup> $\pm$ 0.676	8.781 <sup>b</sup> $\pm$ 1.304	8.263 <sup>b</sup> $\pm$ 0.874	3.170 <sup>a</sup> $\pm$ 0.807
20	□	17.235 <sup>a</sup> $\pm$ 2.968	16.301 <sup>a</sup> $\pm$ 1.888	7.375 <sup>a</sup> $\pm$ 0.712	6.830 <sup>a</sup> $\pm$ 1.026	4.253 <sup>a</sup> $\pm$ 0.594
	○	14.506 <sup>a</sup> $\pm$ 0.624	12.549 <sup>a</sup> $\pm$ 1.530	2.946 <sup>a</sup> $\pm$ 4.006	5.731 <sup>a</sup> $\pm$ 1.038	3.375 <sup>a</sup> $\pm$ 0.381
	△	13.270 <sup>b</sup> $\pm$ 0.546	11.807 <sup>b</sup> $\pm$ 1.383	4.366 <sup>a</sup> $\pm$ 2.946	4.454 <sup>a</sup> $\pm$ 3.310	2.033 <sup>a</sup> $\pm$ 0.148

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.2 พบว่าระยะยุบของไช้คหลังทั้งซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมซึ่งที่ความเร็ว 20 km/hr มีการยุบตัวของไช้คสูงกว่าความเร็วที่ 10 km/hr มีค่าความแตกต่างกันของไช้คซ้าย 3.026 mm และไช้คขวา 4.362 mm คิดเป็น 22.80% และ 36.94% ลำดับ

ส่วนที่ไช้คหน้าจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนและเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นระยะยุบจะลดลงและการยุบของไช้คลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีความแตกต่างอยู่ที่ไช้คซ้าย 5.312 mm และคิดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

72.027% และใช้คชวา 4.768 mm คิดเป็น 41.11% ลูกกระพรวนแบบหน้าตัดวงกลมมีความแตกต่างอยู่ที่ใช้คชวาย 7.175 mm และคิดเป็น 62.17% และ ใช้คชวา 6.422 mm คิดเป็น 59.05% และ ลูกกระพรวนแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมมีความแตกต่างอยู่ที่ใช้คชวาย 5.835 mm และคิดเป็น 66.45% และใช้คชวา 2.532 mm คิดเป็น 30.64% ส่วนที่พวงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 4.3** ระยะยวบของใช้คสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีบรรทุกมวล 100 kg

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)					
		Rear		Front		Sidecar	
		Left	Right	Left	Right		
10	□	14.583 <sup>a</sup> $\pm$ 0.938	11.626 <sup>a</sup> $\pm$ 0.371	8.361 <sup>a</sup> $\pm$ 1.367	7.851 <sup>a</sup> $\pm$ 0.995	8.380 <sup>a</sup> $\pm$ 0.967	
	○	8.215 <sup>a</sup> $\pm$ 1.356	7.408 <sup>a</sup> $\pm$ 1.352	5.810 <sup>b</sup> $\pm$ 1.436	5.559 <sup>b</sup> $\pm$ 0.768	6.168 <sup>a</sup> $\pm$ 0.293	
	△	7.896 <sup>a</sup> $\pm$ 0.860	7.294 <sup>a</sup> $\pm$ 0.434	5.282 <sup>a</sup> $\pm$ 2.873	5.046 <sup>a</sup> $\pm$ 2.673	3.978 <sup>a</sup> $\pm$ 0.047	
20	□	13.713 <sup>a</sup> $\pm$ 1.953	11.275 <sup>a</sup> $\pm$ 4.071	9.255 <sup>a</sup> $\pm$ 2.377	9.612 <sup>a</sup> $\pm$ 3.215	7.111 <sup>a</sup> $\pm$ 1.049	
	○	13.125 <sup>b</sup> $\pm$ 1.248	11.459 <sup>b</sup> $\pm$ 0.733	2.094 <sup>a</sup> $\pm$ 1.510	1.915 <sup>a</sup> $\pm$ 1.374	4.965 <sup>a</sup> $\pm$ 0.662	
	△	12.599 <sup>b</sup> $\pm$ 0.222	8.886 <sup>a</sup> $\pm$ 0.403	8.523 <sup>b</sup> $\pm$ 1.812	8.848 <sup>b</sup> $\pm$ 2.277	6.577 <sup>a</sup> $\pm$ 0.142	

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.3 ในขณะที่น้ำหนักบรรทุก 100 kg เมื่อรถจักรยานยนต์พวงข้างผ่านลูกกระพรวนแบบหน้าตัดวงกลมที่ความเร็วสูงขึ้นระยะยวบใช้คหลังจะเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างอยู่ที่ใช้คชวาย 4.91 mm และคิดเป็น 37.41% และใช้คชวา 1.051 mm คิดเป็น 35.35% ส่วนใช้คชวาหลังจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างอยู่ที่ 4.703 mm และคิดเป็น 37.33%

ส่วนใช้คหน้าทั้งซ้ายขวา ลูกกระพรวนหน้าตัดทรงกลมที่ความเร็วน้อยจะมีระยะยวบมากกว่า 3.644 mm และคิดเป็น 65.55% แต่แบบหน้าตัดสามเหลี่ยมจะมีระยะยวบเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วสูงขึ้น ความแตกต่างอยู่ที่ 3.802 mm และคิดเป็น 42.97% ส่วนที่พวงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นระยะยวบของใช้คสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกันจะสามารถเห็นความแตกต่างได้ที่ใช้คหน้าได้อย่างชัดเจนโดยที่ความเร็วเพิ่มขึ้นระยะยวบจะลดลง และการยวบของใช้คที่มากที่สุดอยู่ที่ความเร็ว 10 km/hr เรียงลำดับจากลูกกระพรวนหน้าตัดสี่เหลี่ยมมากที่สุด ใช้คชวายมีค่าระยะยวบสูงสุดที่ 12.687 mm ใช้คขวามีค่าระยะยวบสูงสุด 11.598 mm รองลำดับลงมาคือลูกกระพรวนหน้าตัดวงกลม ใช้คชวายมีค่าระยะยวบสูงสุดที่ 11.541 mm ใช้คขวามีค่าระยะยวบสูงสุด 10.876 mm ลำดับสุดท้ายคือรูปกระพรวนแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม ใช้คชวายมีค่าระยะยวบสูงสุดที่ 8.781 mm ใช้คขวามีค่าระยะยวบสูงสุด 8.263 mm

**ตารางที่ 4.4** ระยะเวลาที่ต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีไม่มีมวล

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
10	□	-6.732 <sup>a</sup> $\pm$ 0.587	-8.332 <sup>a</sup> $\pm$ 0.785	-20.197 <sup>a</sup> $\pm$ 1.264	-21.137 <sup>a</sup> $\pm$ 1.818	-0.276 <sup>a</sup> $\pm$ 0.006
	○	-6.961 <sup>a</sup> $\pm$ 2.353	-8.629 <sup>a</sup> $\pm$ 2.287	-12.552 <sup>a</sup> $\pm$ 1.840	-13.451 <sup>a</sup> $\pm$ 1.814	-0.250 <sup>a</sup> $\pm$ 0.097
	△	-2.613 <sup>a</sup> $\pm$ 2.242	-5.032 <sup>a</sup> $\pm$ 2.807	-10.276 <sup>a</sup> $\pm$ 1.046	-10.368 <sup>a</sup> $\pm$ 0.747	-0.324 <sup>a</sup> $\pm$ 0.256
20	□	-5.111 <sup>b</sup> $\pm$ 1.543	-6.751 <sup>a</sup> $\pm$ 0.198	-14.497 <sup>b</sup> $\pm$ 0.896	-15.776 <sup>b</sup> $\pm$ 1.070	-0.462 <sup>a</sup> $\pm$ 0.389
	○	-3.575 <sup>a</sup> $\pm$ 2.596	-5.037 <sup>b</sup> $\pm$ 3.946	-12.823 <sup>a</sup> $\pm$ 2.438	-13.347 <sup>a</sup> $\pm$ 3.141	-0.390 <sup>a</sup> $\pm$ 0.051
	△	-1.541 <sup>a</sup> $\pm$ 0.073	-3.379 <sup>a</sup> $\pm$ 1.252	-7.279 <sup>a</sup> $\pm$ 1.727	-7.785 <sup>a</sup> $\pm$ 1.884	-0.279 <sup>a</sup> $\pm$ 0.051

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.4 โช๊คหลังซ้ายเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่แตกต่างกันซึ่งที่ความเร็วน้อยมีการคืนตัวมากกว่าที่ 1.621 mm คิดเป็น 24.08% ที่โช๊คหน้าขวาที่ ลูกระนาดแบบวงกลมมีค่าการคืนตัวที่มากกว่า 1.653 mm คิดเป็น 32.855 %

ขณะที่โช๊คหน้าซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมแตกต่างอย่างชัดเจนคือเมื่อความเร็วน้อยจะส่งผลให้เกิดการคืนตัวมากกว่าเช่นกันระยะของโช๊คซ้ายแตกต่างกันอยู่ที่ 5.7 mm คิดเป็น 28.22% โช๊คขวาแตกต่างกันอยู่ที่ 5.361 mm คิดเป็น 25.36% ส่วนที่พวงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 4.5** ระยะเวลาที่ต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีบรรทุกมวล

100 kg

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
10	□	-9.600 <sup>a</sup> $\pm$ 0.797	-11.424 <sup>a</sup> $\pm$ 0.945	-17.356 <sup>a</sup> $\pm$ 0.757	-18.961 <sup>a</sup> $\pm$ 1.144	-3.527 <sup>a</sup> $\pm$ 2.264
	○	-7.680 <sup>a</sup> $\pm$ 1.775	-6.991 <sup>a</sup> $\pm$ 0.952	-13.837 <sup>a</sup> $\pm$ 0.957	-14.348 <sup>a</sup> $\pm$ 1.041	-2.375 <sup>a</sup> $\pm$ 0.131
	△	-4.472 <sup>a</sup> $\pm$ 1.314	-4.666 <sup>b</sup> $\pm$ 0.764	-8.236 <sup>a</sup> $\pm$ 4.075	-8.442 <sup>a</sup> $\pm$ 4.203	-2.398 <sup>a</sup> $\pm$ 0.296
20	□	-4.371 <sup>b</sup> $\pm$ 3.887	-9.377 <sup>a</sup> $\pm$ 8.243	-10.516 <sup>b</sup> $\pm$ 1.265	-11.153 <sup>b</sup> $\pm$ 1.601	-1.314 <sup>a</sup> $\pm$ 0.386
	○	0.363 <sup>b</sup> $\pm$ 1.065	-1.271 <sup>b</sup> $\pm$ 1.476	-10.395 <sup>b</sup> $\pm$ 2.218	-10.740 <sup>b</sup> $\pm$ 2.122	-1.386 <sup>a</sup> $\pm$ 0.385
	△	-2.613 <sup>a</sup> $\pm$ 2.242	-5.032 <sup>a</sup> $\pm$ 2.807	-10.276 <sup>a</sup> $\pm$ 1.046	-10.368 <sup>a</sup> $\pm$ 0.747	-0.324 <sup>a</sup> $\pm$ 0.256

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.5 โข้คหลังซ้ายเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่แตกต่างกันซึ่งที่ความเร็วน้อยมีการคืนตัวมากกว่าที่ 5.229 mm คิดเป็น 54.47% โข้คขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมที่แตกต่างกันซึ่งที่ความเร็วน้อยมีการคืนตัวน้อยกว่าที่ 0.366 mm คิดเป็น 7.27% และที่แตกต่างกันมากที่สุดของทั้งโข้คซ้ายและโข้คขวาที่ลูกระนาดรูปแบบหน้าตัดวงกลมโข้คซ้ายมีความแตกต่างอยู่ 7.317 mm คิดเป็น 95.27% โข้คขวามีความแตกต่างอยู่ 5.72 mm คิดเป็น 81.82%

ที่โข้คหน้าซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมแตกต่างอย่างชัดเจนคือเมื่อความเร็วน้อยจะส่งผลให้เกิดการคืนตัวมากกว่าระยะของโข้คซ้ายแตกต่างกันอยู่ที่ 6.84 mm คิดเป็น 39.41 % โข้คขวาแตกต่างกันอยู่ที่ 7.808 mm คิดเป็น 41.18 % และลูกระนาดแบบหน้าตัดวงกลมแตกต่างอย่างชัดเจนคือเมื่อความเร็วน้อยจะส่งผลให้เกิดการคืนตัวมากกว่าเช่นกันระยะของโข้คซ้ายแตกต่างกันอยู่ที่ 3.442 mm คิดเป็น 24.88% โข้คขวาแตกต่างกันอยู่ที่ 3.608 mm คิดเป็น 25.15 % ส่วนที่พ่วงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แตกต่างอย่างชัดเจนในเชิงสถิติอยู่ที่โข้คหน้าและโข้คหลังของลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมหากความเร็วน้อยจะส่งผลให้ระยะการคืนตัวของโข้คสูงกว่าที่ความเร็วสูงโดยโข้คหน้าซ้ายอยู่ที่ 9.60 mm โข้คหน้าขวาอยู่ที่ 11.424 mm โข้คหลังซ้าย 20.197 mm และโข้คหลังขวา 21.137 mm

ตารางที่ 4.6 ระยะยุบของโข้คเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีไม่มีมวล

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)					
		Rear		Front		Sidecar	
		Left	Right	Left	Right		
10	□	3.287 <sup>a</sup> $\pm$ 0.448	2.614 <sup>a</sup> $\pm$ 0.670	-2.832 <sup>a</sup> $\pm$ 2.241	-3.201 <sup>a</sup> $\pm$ 2.415	0.601 <sup>a</sup> $\pm$ 0.083	
	○	3.313 <sup>a</sup> $\pm$ 0.581	1.389 <sup>a</sup> $\pm$ 0.173	-0.998 <sup>a</sup> $\pm$ 0.735	-1.215 <sup>b</sup> $\pm$ 0.655	0.600 <sup>a</sup> $\pm$ 0.033	
	△	3.796 <sup>a</sup> $\pm$ 0.157	1.997 <sup>a</sup> $\pm$ 0.641	-1.994 <sup>a</sup> $\pm$ 0.103	-1.902 <sup>a</sup> $\pm$ 0.243	0.411 <sup>a</sup> $\pm$ 0.221	
20	□	4.434 <sup>a</sup> $\pm$ 0.265	3.857 <sup>a</sup> $\pm$ 1.523	-2.791 <sup>a</sup> $\pm$ 1.221	-3.292 <sup>a</sup> $\pm$ 1.212	0.633 <sup>a</sup> $\pm$ 0.271	
	○	3.719 <sup>a</sup> $\pm$ 0.847	3.179 <sup>a</sup> $\pm$ 1.620	-4.809 <sup>b</sup> $\pm$ 2.390	-4.975 <sup>a</sup> $\pm$ 2.448	0.602 <sup>a</sup> $\pm$ 0.071	
	△	3.911 <sup>a</sup> $\pm$ 0.515	2.897 <sup>a</sup> $\pm$ 1.015	-0.781 <sup>a</sup> $\pm$ 2.362	-0.836 <sup>a</sup> $\pm$ 2.502	0.454 <sup>a</sup> $\pm$ 0.112	

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.6 ระยะยุบของโข้คหลังเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างของโข้คหน้าลูกระนาดแบบหน้าตัดวงกลมในด้านซ้ายที่ความเร็วสูงจะมีการคลายตัวของโข้คได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอยู่ที่ 3.811 mm คิดเป็น 79.25% และในทางกลับกันด้านขวาที่ความเร็วต่ำจะมีการคลายตัวของโข้คได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอยู่ที่ 3.76 mm คิดเป็น 75.58% ส่วนที่พ่วงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตารางที่ 4.7 ความแตกต่างในไซ้คหลังเห็นได้ชัดเจนรูปรขนาดหน้าตัดวงกลมทั้งไซ้คซ้ายแตกต่างกัน 4.746 mm คิดเป็น 81.36% และไซ้คขวา 4.426 mm คิดเป็น 84.35% ความแตกต่างของไซ้คหน้าด้านขวาที่ความเร็วต่ำจะมีการคลายตัวของไซ้คได้ดีกว่าอยู่ที่ 2.325 mm คิดเป็น 51.72% ส่วนที่พ่วงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้นค่าเฉลี่ยสูงสุดระยะยุบของไซ้คสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน จะอยู่ที่ลูกระนาดหน้าตัดวงกลมที่ล้อหน้าที่ความเร็ว 20 km/hr มีมวล 100 kg ไซ้คซ้าย 5.833 mm และไซ้คขวา 5.247 mm ล้อหลังในกรณีไม่มีมวลไซ้คซ้ายที่ความเร็ว 20 km/hr อยู่ที่ 4.495 mm ไซ้คขวาที่ความเร็ว 10 km/hr อยู่ที่ 1.215 mm

**ตารางที่ 4.7** ระยะยุบของไซ้คเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน กรณีบรรทุกมวล 100 kg

Mass (kg)	Obstacle	Distance ± SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
10	□	3.603 <sup>a</sup> ±0.521	1.700 <sup>a</sup> ±0.544	-2.895 <sup>a</sup> ±1.159	-3.244 <sup>a</sup> ±0.950	1.175 <sup>a</sup> ±0.098
	○	1.087 <sup>a</sup> ±1.007	0.821 <sup>a</sup> ±0.963	-2.170 <sup>b</sup> ±1.259	-2.437 <sup>a</sup> ±1.572	1.164 <sup>a</sup> ±0.181
	△	1.816 <sup>a</sup> ±0.588	1.722 <sup>b</sup> ±0.120	-0.907 <sup>a</sup> ±2.457	-1.025 <sup>a</sup> ±2.443	0.402 <sup>a</sup> ±0.093
20	□	3.417 <sup>a</sup> ±2.788	0.542 <sup>a</sup> ±5.380	-0.900 <sup>a</sup> ±1.277	-0.991 <sup>a</sup> ±1.943	1.495 <sup>a</sup> ±0.318
	○	5.833 <sup>b</sup> ±0.870	5.247 <sup>b</sup> ±1.187	-4.495 <sup>a</sup> ±0.980	-4.505 <sup>a</sup> ±0.654	0.605 <sup>a</sup> ±0.409
	△	2.484 <sup>a</sup> ±1.085	-1.550 <sup>a</sup> ±1.753	-1.680 <sup>a</sup> ±0.990	-1.820 <sup>a</sup> ±1.638	1.596 <sup>a</sup> ±0.317

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

**4.3.2 ระยะยุบของไซ้คขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน**

**ตารางที่ 4.8** ระยะยุบสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 10 km/hr

Mass (kg)	Obstacle	Distance ± SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
0	□	15.495 <sup>a</sup> ±0.748	17.189 <sup>b</sup> ±0.991	12.687 <sup>b</sup> ±4.078	11.598 <sup>b</sup> ±3.838	5.203 <sup>a</sup> ±0.946
	○	13.006 <sup>b</sup> ±0.794	10.860 <sup>b</sup> ±2.082	11.541 <sup>b</sup> ±1.916	10.876 <sup>b</sup> ±1.940	5.368 <sup>a</sup> ±0.290
	△	10.244 <sup>a</sup> ±1.108	7.445 <sup>a</sup> ±0.676	8.781 <sup>b</sup> ±1.304	8.263 <sup>b</sup> ±0.874	3.170 <sup>a</sup> ±0.807
100	□	14.583 <sup>a</sup> ±0.938	11.626 <sup>a</sup> ±0.371	8.361 <sup>a</sup> ±1.367	7.851 <sup>a</sup> ±0.995	8.380 <sup>b</sup> ±0.967
	○	8.215 <sup>a</sup> ±1.356	7.408 <sup>a</sup> ±1.352	5.810 <sup>a</sup> ±1.436	5.559 <sup>a</sup> ±0.768	6.168 <sup>a</sup> ±0.293
	△	7.896 <sup>a</sup> ±0.860	7.294 <sup>a</sup> ±0.434	5.282 <sup>a</sup> ±2.873	5.046 <sup>a</sup> ±2.673	3.978 <sup>a</sup> ±0.047

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.8 พบว่าระยะยวบของโซ้คหลังซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดวงกลมที่แตกต่างกันคือหากน้ำหนักร้อยระยะยวบมีค่ามากกว่าน้ำหนักความเยอะกว่าโซ้คซ้ายค่าความแตกต่าง 4.791 mm และคิดเป็น 36.84% โซ้คขวาค่าความแตกต่าง 3.452 mm และคิดเป็น 46.60% และลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีความแตกต่างกันในโซ้คขวาน้ำหนักน้อยระยะยวบมากกว่าค่าความแตกต่าง 5.563 mm และคิดเป็น 32.36%

ในส่วนของโซ้คหน้าซ้ายและขวามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือถ้าน้ำหนักร้อยระยะยวบจะมีค่ามากกว่าน้ำหนักเยอะและเรียงลำดับระยะยวบที่มากที่สุดได้คือลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมความแตกต่างอยู่ที่โซ้คซ้าย 4.326 mm และคิดเป็น 34.10% และโซ้คขวา 3.798 mm คิดเป็น 32.75 % ลูกระนาดแบบหน้าตัดวงกลมความแตกต่างอยู่ที่โซ้คซ้าย 5.731 mm และคิดเป็น 49.66% และโซ้คขวา 5.317 mm คิดเป็น 48.89% และลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมความแตกต่างอยู่ที่โซ้คซ้าย 3.499 mm และคิดเป็น 39.85% และโซ้คขวา 3.217 mm คิดเป็น 38.93% ในส่วนของพวงข้างความแตกต่างลูกระนาดสี่เหลี่ยมที่น้ำหนักเยอะจะมีระยะยวบที่มากกว่ามีความแตกต่าง 3.177 mm และคิดเป็น 37.91%

**ตารางที่ 4.9** ระยะยวบสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 20 km/hr

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)					
		Rear		Front		Sidecar	
		Left	Right	Left	Right		
0	□	17.235 <sup>b</sup> $\pm$ 2.968	16.301 <sup>b</sup> $\pm$ 1.888	7.375 <sup>a</sup> $\pm$ 0.712	6.830 <sup>a</sup> $\pm$ 1.026	4.253 <sup>a</sup> $\pm$ 0.594	
	○	14.506 <sup>a</sup> $\pm$ 0.624	12.549 <sup>a</sup> $\pm$ 1.530	2.946 <sup>a</sup> $\pm$ 4.006	5.731 <sup>b</sup> $\pm$ 1.038	3.375 <sup>a</sup> $\pm$ 0.381	
	△	13.270 <sup>a</sup> $\pm$ 0.546	11.807 <sup>b</sup> $\pm$ 1.383	4.366 <sup>a</sup> $\pm$ 2.946	4.454 <sup>a</sup> $\pm$ 3.310	2.033 <sup>a</sup> $\pm$ 0.148	
100	□	13.713 <sup>a</sup> $\pm$ 1.953	11.275 <sup>a</sup> $\pm$ 4.071	9.255 <sup>a</sup> $\pm$ 2.377	9.612 <sup>a</sup> $\pm$ 3.215	7.111 <sup>b</sup> $\pm$ 1.049	
	○	13.125 <sup>a</sup> $\pm$ 1.248	11.459 <sup>a</sup> $\pm$ 0.733	2.094 <sup>a</sup> $\pm$ 1.510	1.915 <sup>a</sup> $\pm$ 1.374	4.965 <sup>a</sup> $\pm$ 0.662	
	△	12.599 <sup>a</sup> $\pm$ 0.222	8.886 <sup>a</sup> $\pm$ 0.403	8.523 <sup>b</sup> $\pm$ 1.812	8.848 <sup>b</sup> $\pm$ 2.277	6.577 <sup>b</sup> $\pm$ 0.142	

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากที่ตารางที่ 4.9 พบว่าระยะยวบของโซ้คหลังซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่แตกต่างกันคือหากน้ำหนักร้อยระยะยวบมีค่ามากกว่าน้ำหนักเยอะกว่าโซ้คซ้ายค่าความแตกต่าง 3.522 mm และคิดเป็น 20.44% โซ้คขวาค่าความแตกต่าง 5.026 mm และคิดเป็น 30.83% แต่ในส่วนของโซ้คหน้าซ้ายและขวาของลูกระนาดหน้าตัดสามเหลี่ยมมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนคือถ้าน้ำหนักมาระยะยวบจะมีค่ามากกว่าน้ำหนักเยอะโซ้คซ้ายค่าความแตกต่าง 4.157 mm และคิดเป็น 48.77% โซ้คขวาค่าความแตกต่าง 5.026 mm และคิดเป็น 30.83% ในส่วนของพวงข้างความแตกต่างลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่น้ำหนักเยอะจะมีระยะยวบที่มากกว่ามีความแตกต่าง 2.855 mm และคิดเป็น 37.91% และที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมน้ำหนักเยอะ จะมีระยะยวบที่มากกว่าเช่นกันมีความแตกต่าง 4.544 mm และคิดเป็น 69.09%

ดังนั้นระยะยุบของโช้คสูงสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกันที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในเชิงสถิติอยู่ที่โช้คหลังในลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อน้ำหนักน้อยกว่าจะมีค่าระยะยุบที่มากกว่าในทุกความเร็วค่าระยะยุบสูงสุดอยู่ที่โช้คหน้าโช้คซ้าย 12.687 mm และโช้คขวา 11.598 mm โช้คหลังที่โช้คซ้าย 17.235 mm และโช้คขวา 16.301 mm และโช้คพวงข้างมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อน้ำหนักมากกว่าจะมีค่าระยะยุบที่มากกว่าเนื่องจากน้ำหนักจะถ่ายเทไปล้อพวงข้างมากขึ้นส่งผลให้ค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้นและค่าระยะยุบสูงสุด 8.38 mm ที่ความเร็ว 20 km/hr และน้ำหนัก 100 kg

**ตารางที่ 4.10** ระยะยุบต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 10 km/hr

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
0	□	-6.732 <sup>b</sup> $\pm$ 0.587	-8.332 <sup>b</sup> $\pm$ 0.785	-20.197 <sup>a</sup> $\pm$ 1.264	-21.137 <sup>a</sup> $\pm$ 1.818	-0.276 <sup>a</sup> $\pm$ 0.006
	○	-6.961 <sup>a</sup> $\pm$ 2.353	-8.629 <sup>a</sup> $\pm$ 2.287	-12.552 <sup>a</sup> $\pm$ 1.840	-13.451 <sup>a</sup> $\pm$ 1.814	-0.250 <sup>a</sup> $\pm$ 0.097
	△	-2.613 <sup>a</sup> $\pm$ 2.242	-5.032 <sup>a</sup> $\pm$ 2.807	-10.276 <sup>a</sup> $\pm$ 1.046	-10.368 <sup>a</sup> $\pm$ 0.747	-0.324 <sup>a</sup> $\pm$ 0.256
100	□	-9.600 <sup>a</sup> $\pm$ 0.797	-11.424 <sup>a</sup> $\pm$ 0.945	-17.356 <sup>a</sup> $\pm$ 0.757	-18.961 <sup>a</sup> $\pm$ 1.144	-3.527 <sup>a</sup> $\pm$ 2.264
	○	-7.680 <sup>a</sup> $\pm$ 1.775	-6.991 <sup>a</sup> $\pm$ 0.952	-13.837 <sup>a</sup> $\pm$ 0.957	-14.348 <sup>a</sup> $\pm$ 1.041	-2.375 <sup>a</sup> $\pm$ 0.131
	△	-4.472 <sup>a</sup> $\pm$ 1.314	-4.666 <sup>a</sup> $\pm$ 0.764	-8.236 <sup>a</sup> $\pm$ 4.075	-8.442 <sup>a</sup> $\pm$ 4.203	-2.398 <sup>a</sup> $\pm$ 0.296

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.10 พบว่าระยะยุบที่โช้คหลังซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกกระพอนแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมที่แตกต่างกันคือหากน้ำหนักเยอะระยะคีนมีค่ามากกว่าค่าความแตกต่าง 2.868 mm และคิดเป็น 29.88% โช้คขวาค่าความแตกต่าง 3.092 mm และคิดเป็น 27.07% ส่วนที่โช้คหลังและที่พวงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ตารางที่ 4.11** ระยะยุบต่ำสุดขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว 20 km/hr

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
0	□	-5.111 <sup>a</sup> $\pm$ 1.543	-6.751 <sup>a</sup> $\pm$ 0.198	-14.497 <sup>a</sup> $\pm$ 0.896	-15.776 <sup>a</sup> $\pm$ 1.070	-0.462 <sup>a</sup> $\pm$ 0.389
	○	-3.575 <sup>a</sup> $\pm$ 2.596	-5.037 <sup>a</sup> $\pm$ 3.946	-12.823 <sup>a</sup> $\pm$ 2.438	-13.347 <sup>a</sup> $\pm$ 3.141	-0.390 <sup>a</sup> $\pm$ 0.051

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
	$\triangle$	-1.541 <sup>b</sup> $\pm$ 0.073	-3.379 <sup>b</sup> $\pm$ 1.252	-7.279 <sup>a</sup> $\pm$ 1.727	-7.785 <sup>b</sup> $\pm$ 1.884	-0.279 <sup>a</sup> $\pm$ 0.051
100	$\square$	-4.371 <sup>a</sup> $\pm$ 3.887	-9.377 <sup>a</sup> $\pm$ 8.243	-10.516 <sup>b</sup> $\pm$ 1.265	-11.153 <sup>b</sup> $\pm$ 1.601	-1.314 <sup>a</sup> $\pm$ 0.386
	$\circ$	0.363 <sup>b</sup> $\pm$ 1.065	-1.271 <sup>b</sup> $\pm$ 1.476	-10.395 <sup>a</sup> $\pm$ 2.218	-10.740 <sup>a</sup> $\pm$ 2.122	-1.386 <sup>a</sup> $\pm$ 0.385
	$\triangle$	-5.112 <sup>a</sup> $\pm$ 1.471	-12.131 <sup>a</sup> $\pm$ 2.426	-10.516 <sup>a</sup> $\pm$ 1.265	-11.153 <sup>a</sup> $\pm$ 1.601	-1.417 <sup>a</sup> $\pm$ 0.398

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.11 พบว่าระยะยวบของโซ้คหน้าซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมหน้าหนักมากกว่าสามารถคืนตัวได้มากกว่าน้ำหนักน้อยซึ่งความแตกต่างที่โซ้คซ้าย 3.571 mm คิดเป็น 69.86% และที่โซ้คขวา 8.752 mm คิดเป็น 72.15 % และโซ้คหน้าซ้ายและขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดวงกลมหน้าหนักมากกว่าสามารถคืนตัวได้น้อยกว่าน้ำหนักน้อยซึ่งความแตกต่างที่โซ้คซ้าย 3.212 mm คิดเป็น 89.85% และที่โซ้คขวา 3.766 mm คิดเป็น 74.77% โซ้คหลังซ้ายคือน้ำหนักที่น้อยกว่าจะคืนตัวได้ดีกว่าทั้งโซ้คซ้ายและขวาในลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมเกิดการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันซึ่งความแตกต่างที่โซ้คซ้าย 3.981 mm คิดเป็น 27.46% และที่โซ้คขวา 4.623 mm คิดเป็น 29.30% ในส่วนของพวงข้างโซ้คไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.12 ระยะยวบเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกัน ที่ความเร็ว

10 km/hr

Mass (kg)	Obstacle	Distance $\pm$ SD (mm)				
		Rear		Front		Sidecar
		Left	Right	Left	Right	
0	$\square$	3.287 <sup>a</sup> $\pm$ 0.448	2.614 <sup>a</sup> $\pm$ 0.670	-2.832 <sup>a</sup> $\pm$ 2.241	-3.201 <sup>a</sup> $\pm$ 2.415	0.601 <sup>a</sup> $\pm$ 0.083
	$\circ$	3.313 <sup>a</sup> $\pm$ 0.581	1.389 <sup>a</sup> $\pm$ 0.173	-0.998 <sup>a</sup> $\pm$ 0.735	-1.215 <sup>a</sup> $\pm$ 0.655	0.600 <sup>a</sup> $\pm$ 0.033
	$\triangle$	3.796 <sup>a</sup> $\pm$ 0.157	1.997 <sup>a</sup> $\pm$ 0.641	-1.994 <sup>a</sup> $\pm$ 0.103	-1.902 <sup>a</sup> $\pm$ 0.243	0.411 <sup>a</sup> $\pm$ 0.221
100	$\square$	3.603 <sup>a</sup> $\pm$ 0.521	1.700 <sup>a</sup> $\pm$ 0.544	-2.895 <sup>a</sup> $\pm$ 1.159	-3.244 <sup>a</sup> $\pm$ 0.950	1.175 <sup>a</sup> $\pm$ 0.098
	$\circ$	1.087 <sup>a</sup> $\pm$ 1.007	0.821 <sup>a</sup> $\pm$ 0.963	-2.170 <sup>a</sup> $\pm$ 1.259	-2.437 <sup>a</sup> $\pm$ 1.572	1.164 <sup>a</sup> $\pm$ 0.181
	$\triangle$	1.816 <sup>a</sup> $\pm$ 0.588	1.722 <sup>a</sup> $\pm$ 0.120	-0.907 <sup>a</sup> $\pm$ 2.457	-1.025 <sup>a</sup> $\pm$ 2.443	0.402 <sup>a</sup> $\pm$ 0.093

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตาราง 4.12 พบว่าระยะยุบของโช๊คหน้า โช๊คหลังและที่พวงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแสดงให้เห็นว่าระยะยุบเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ในกรณีมีมวลและไม่มีมวล ที่ความเร็ว 10 km/hr ไม่มีความแตกต่างกัน

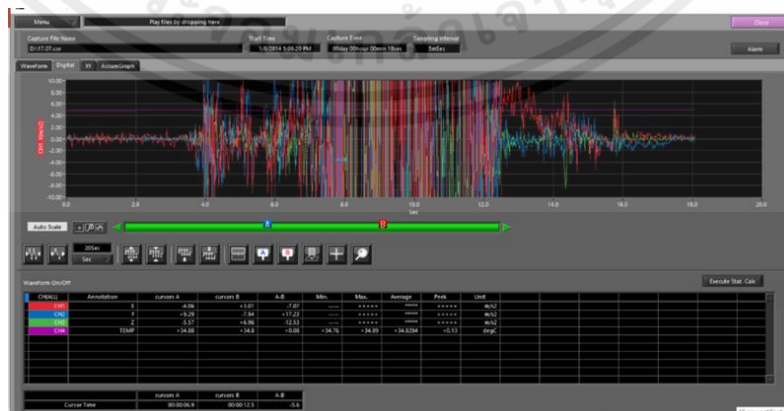
ตารางที่ 4.13 ระยะยุบเฉลี่ยขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกันที่ความเร็ว 20 km/hr

Mass (kg)	Obstacle	Distance ± SD (mm)					
		Rear		Front		Sidecar	
		Left	Right	Left	Right		
0	□	4.434 <sup>a</sup> ±0.265	3.857 <sup>b</sup> ±1.523	-2.791 <sup>a</sup> ±1.221	-3.292 <sup>a</sup> ±1.212	0.633 <sup>a</sup> ±0.271	
	○	3.719 <sup>a</sup> ±0.847	3.179 <sup>a</sup> ±1.620	-4.809 <sup>a</sup> ±2.390	-4.975 <sup>a</sup> ±2.448	0.602 <sup>a</sup> ±0.071	
	△	3.911 <sup>a</sup> ±0.515	2.897 <sup>b</sup> ±1.015	-0.781 <sup>a</sup> ±2.362	-0.836 <sup>a</sup> ±2.502	0.454 <sup>a</sup> ±0.112	
100	□	3.417 <sup>a</sup> ±2.788	0.542 <sup>a</sup> ±5.380	-0.900 <sup>a</sup> ±1.277	-0.991 <sup>a</sup> ±1.943	1.495 <sup>a</sup> ±0.318	
	○	5.833 <sup>a</sup> ±0.870	5.247 <sup>a</sup> ±1.187	-4.495 <sup>a</sup> ±0.980	-4.505 <sup>a</sup> ±0.654	0.605 <sup>a</sup> ±0.409	
	△	2.484 <sup>a</sup> ±1.085	-1.550 <sup>a</sup> ±1.753	-1.680 <sup>a</sup> ±0.990	-1.820 <sup>a</sup> ±1.638	1.596 <sup>a</sup> ±0.317	

หมายเหตุ: ตัวอักษรเล็กเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

จากตารางที่ 4.13 พบว่าระยะยุบของโช๊คหน้าขวาเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมน้ำหนักน้อยกว่ามีระยะยุบมากกว่า 1.347 mm คิดเป็น 46.50% และที่ลูกระนาดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมน้ำหนักน้อยกว่ามีระยะยุบมากกว่าเช่นกันซึ่งมีความแตกต่าง 3.315 mm คิดเป็น 85.95% โช๊คหลังและที่พวงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นระยะยุบเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่ความเร็ว 20 km/hr กรณีมวล 100 kg

### 4.3.3 ค่าอัตราเร่ง



รูปที่ 4.3 หน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A-B	Min.	Max.	Average	Peak	Unit
-7.07	-----	+++++	*****	+++++	m/s <sup>2</sup>
+17.23	-----	+++++	*****	+++++	m/s <sup>2</sup>
-12.53	-----	+++++	*****	+++++	m/s <sup>2</sup>
+0.08	+34.76	+34.89	+34.8284	+0.13	degC

รูปที่ 4.4 หน้าจอแสดงค่าต่างๆ

จากรูปที่ 4.3-4.4 แสดงผลการเคลื่อนที่ของอัตราเร่งที่ติดตั้งไว้ที่จุด CG ขณะขับผ่านสิ่งกีดขวาง ซึ่งในการทดลองในบางกรณีที่เกี่ยวข้องแกน X Y และ Z มีค่าอัตราเร่งที่ในการทดลองสูงเกินกว่าค่าที่เครื่องมือจะวัดได้ส่งผลให้ค่าในการทดลองที่ความเร็วและน้ำหนักต่างๆ ไม่สามารถเก็บค่ามาวิเคราะห์ได้นอกจากกรณีที่มีความเร็ว 10 km/hr ที่เพิ่มมวล 100 kg

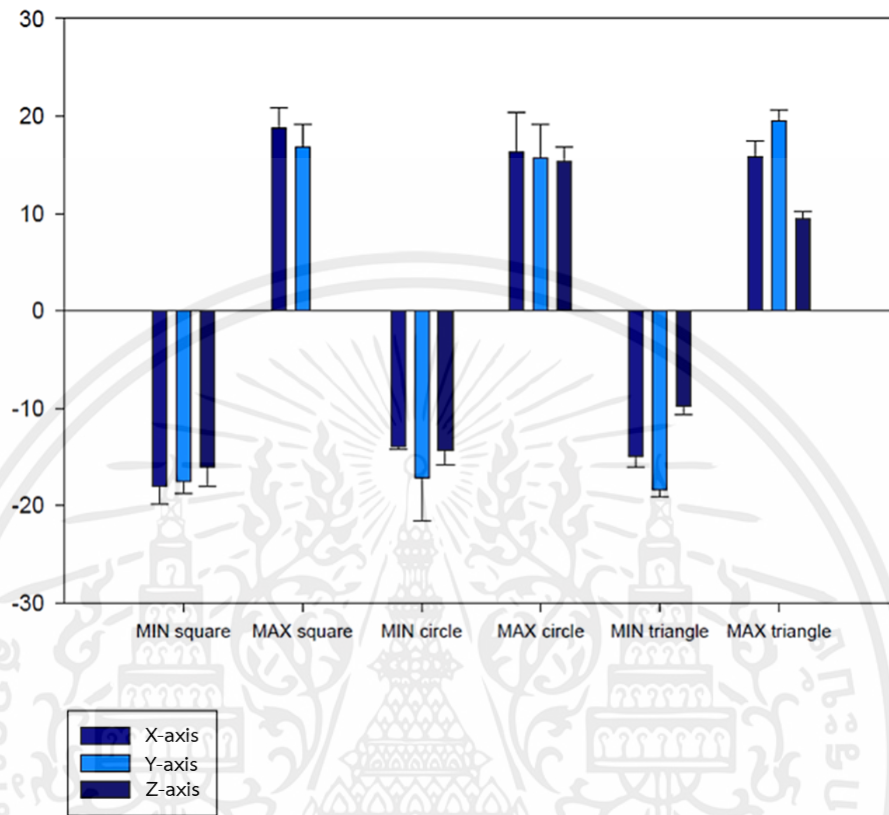


รูปที่ 4.5 ทิศทางของการเคลื่อนที่ของอัตราเร่ง

จากรูปที่ 4.5 เป็นการแสดงผลอัตราเร่งซึ่งจะมีทั้งทิศทางบวกและทิศทางลบของแต่ละรูปแบบถูกระบุโดยเป็นการแสดงผลการเคลื่อนที่ของอัตราเร่งที่ติดตั้งไว้ที่จุด CG ขณะขับผ่านสิ่งกีดขวาง สามารถแสดงผลในทิศทางของแกน X หรือการส่าย (รูปที่ 4.5) จะมีผลกระทบมากที่สุด ในลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมสูงถึง 18.76 m/s<sup>2</sup> หน้าตัดสามเหลี่ยมมีค่า 16.775 m/s<sup>2</sup> และหน้าตัดวงกลม 17.38 m/s<sup>2</sup> ในทิศทางของแกน Y การเคลื่อนที่ตัวตามแนวขนานกับถนน (รูปที่ 4.5) จะสามารถเรียงลำดับได้คือหน้าตัดสี่เหลี่ยม 16.315 m/s<sup>2</sup> หน้าตัดวงกลม 15.77 m/s<sup>2</sup> และหน้าตัดสามเหลี่ยม 15.31 m/s<sup>2</sup> และทิศทางของแกน Z หรือการยกตัวของรถ (รูปที่ 4.5) จะเกิดขึ้นใน ลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมมากที่สุดเนื่องจากกราฟที่แสดงผลไม่ปรากฏเนื่องจากค่าที่วัดได้เกินกว่าค่าที่เครื่องมือวัดได้เป็นดังรูปที่ 4.6 และในทางกลับกันค่าที่ส่งผลกระทบน้อยที่สุดคือลูกระนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดสามเหลี่ยมและแตกต่างกับลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมอย่างชัดเจนคือ  $19.47 \text{ m/s}^2$  และ  $9.45 \text{ m/s}^2$  ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 ผลอัตราเร่งในแกน X Y และ Z ในความเร็ว 10 km/hr ที่เพิ่มมวล 100 kg

ดังนั้นจะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าในแนวแกน X ลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีการเคลื่อนที่มากที่สุด และหน้าตัดสามเหลี่ยมน้อยที่สุด แนวแกน Y ลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีการเคลื่อนที่มากที่สุด และหน้าตัดสามเหลี่ยมน้อยที่สุด แนวแกน Z ลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีการเคลื่อนที่มากที่สุด และหน้าตัดสามเหลี่ยมน้อยที่สุดเช่นกัน ดังนั้นจากค่าของอัตราเร่งสามารถสรุปได้ว่าลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยมมีการเคลื่อนที่ของอัตราเร่งหรือส่งผลกระทบต่อรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมากที่สุดทั้งแกน X Y และ Z

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหาผลกระทบและเปรียบเทียบระยะเวลาการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างผ่านการสร้างสิ่งขีดขวางในรูปแบบต่างๆ จากเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโช๊คที่สอบเทียบด้วยเครื่อง UTM แล้วได้ค่า Non-linearity error เท่ากับ 3.37 % และค่า Hysteresis error คิดเป็น 0.57 % น้ำหนักในการทดลองรถจักรยานยนต์พ่วงข้างจะมีการถ่ายน้ำหนักที่แตกต่างกันของแต่ละล้อ กรณีไม่เพิ่มมวลจะถ่ายเทมากที่สุดที่ล้อหลัง ล้อหน้า และล้อพ่วงข้างตามลำดับ และกรณีที่มีมวล 100 kg จะมีการถ่ายเทมากที่สุดที่ล้อหลัง ล้อพ่วงข้าง และล้อหน้าตามลำดับ ในการเปรียบเทียบระยะยุบของโช๊คขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่ความเร็วต่างกัน ระยะยุบของโช๊คสูงสุดเกิดที่โช๊คหน้าเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นระยะยุบจะลดลง และการยุบของโช๊คที่มากที่สุดอยู่ที่ความเร็ว 10 km/hr พบที่โช๊คหน้าระยะยุบของลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมมากที่สุด โช๊คซ้ายซึ่งลดลงคิดเป็น 72.027% และโช๊คขวาลดลง 41.11% รองลงมาคือ ลูกกระพอนหน้าตัดวงกลมโช๊คซ้ายโดยลดลง 62.17% และโช๊คขวาลดลงคิดเป็น 59.05% ลำดับสุดท้ายคือรูปกระพอนหน้าตัดสามเหลี่ยม โช๊คซ้ายลดลงคิดเป็น 66.45% และโช๊คขวาลดลงคิดเป็น 30.64% การคืนตัวหากความเร็วน้อยจะส่งผลให้ระยะเวลาการคืนตัวของโช๊คสูงกว่าซึ่งระยะเวลาการคืนตัวที่ลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมมากที่สุดเกิดที่โช๊คหน้าซ้ายโดยเพิ่มขึ้นเป็น 28.22% ที่โช๊คหน้าขวาเพิ่มขึ้นเป็น 25.36% ในโช๊คหลังซ้ายเพิ่มขึ้นเป็น 24.08% และที่โช๊คหลังขวาเพิ่มขึ้นเป็น 32.855% โดยที่ความเร็วต่างกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ล้อด้านพ่วงข้าง และผลการทดลองเปรียบเทียบระยะยุบของโช๊คขณะผ่านสิ่งกีดขวางรูปทรงต่างๆ ที่น้ำหนักต่างกันระยะยุบของโช๊คสูงสุดเมื่อน้ำหนักน้อยกว่าที่ความเร็วต่ำจะมีค่าระยะยุบที่มากกว่าซึ่งที่ความเร็ว 10 km/hr มีค่าระยะยุบของลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมมากที่สุด โช๊คหน้าซ้ายค่าความแตกต่างคิดเป็น 34.10% และที่โช๊คขวาค่าความแตกต่างคิดเป็น 32.75% ลูกกระพอนแบบหน้าตัดวงกลมความแตกต่างอยู่ที่โช๊คซ้าย 49.66% และที่โช๊คขวาคิดเป็น 48.89% ลูกกระพอนแบบหน้าตัดสามเหลี่ยมพบว่าเกิดความแตกต่างอยู่ที่โช๊คซ้ายคิดเป็น 39.85% และที่โช๊คขวา 38.93% และโช๊คพ่วงข้างมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อน้ำหนักมากกว่าจะมีค่าระยะยุบที่มากกว่าด้วยเนื่องจากน้ำหนักจะถ่ายเทไปล้อพ่วงข้างมากขึ้นส่งผลให้ค่าการยุบตัวเพิ่มขึ้นและค่าระยะยุบสูงสุดเพิ่มขึ้น 37.91% ที่ความเร็ว 10 km/hr และน้ำหนัก 100 kg การคืนตัวหากน้ำหนักน้อยจะส่งผลให้ระยะเวลาการคืนตัวของโช๊คสูงกว่าซึ่งระยะเวลาการคืนตัวที่ลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยมมากที่สุดโดยโช๊คหน้าซ้ายคืนตัวมากกว่า 27.46% ที่โช๊คขวาคืนตัวสูงกว่า 29.30% ในส่วนของโช๊คพ่วงข้างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าอัตราเร่งแนวแกน X หรือการส่ายของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง และสามเหลี่ยมน้อยที่สุด แนวแกน Y การเคลื่อนตัวตามแนวขนานกับถนนของรถจักรยานยนต์พ่วงข้าง แนวแกน Z หรือการยกตัวของรถลูกกระพอนหน้าตัดสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการเคลื่อนที่มากที่สุด และหน้าตัดสามเหลี่ยมน้อยที่สุดเช่นกัน ดังนั้นลูกระนาดหน้าตัดสี่เหลี่ยม มีการเคลื่อนที่ของอัตราเร่งหรือส่งผลกระทบต่อรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมากที่สุดทั้งแกน X Y และ Z ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระยะการเคลื่อนตัวของระบบรองรับการสั่นสะเทือนรถจักรยานยนต์พ่วงข้างมากที่สุดด้วยเช่นกัน

## 5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 เครื่อง Acceleration sensor ไม่สามารถเก็บค่าได้เนื่องจากอัตราเร่งที่ในการทดลองสูงเกินกว่าค่าที่เครื่องมือจะวัดได้ที่ความเร็วและน้ำหนักต่างๆ ยกเว้นกรณีที่มีความเร็ว 10 km/hr และมีมวล 100 kg

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ควรยึดสิ่งกีดขวางจำลองให้แนบติดกับพื้นที่ทำการทดลองก่อนทำการทดลองเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของสิ่งกีดขวาง
- 5.3.2 ถนนที่ใช้ในการทดลองควรเป็นถนนที่มีเรียบไม่ขรุขระ
- 5.3.3 ควรทดสอบเพิ่มเติมในถนนในรูปแบบอื่นๆ โดยเฉพาะถนนแบบ Off-road

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Taghavifar, Hamid, et al. (2016). "The induced shock and impact force as affected by the obstacle geometric factors during tire-obstacle collision dynamics." **Measurement** 84: 47-55.
- [2] Cutini, M., et al. (2013). "Spectral analysis of a standard test track profile during passage of an agricultural tractor." **Journal of Agricultural Engineering XLIV**, s2 :e145 (719-723).
- [3] Lee, Jung-Hwan, et al. (2018). "Road Bump Detection Using LiDAR sensor for Semi-Active Control of Front Axle Suspension in an Agricultural Tractor." **IFAC-PapersOnLine** 51, 17: 124-129.
- [4] Tan, K. S., et al. (2006). "An experimental study of deformation behaviour of motorcycle front wheel-tyre assembly under frontal impact loading." **International Journal of Impact Engineering** 32, 10: 1554-1572.
- [5] Alkan, V., S.M. Karamihas, and G. Anlas. (2011). "Finite element modeling of static tire enveloping characteristics." **International Journal of Automotive Technology** 12, 4: 529-535.
- [6] Nawayseh, N. (2015). "Effect of the seating condition on the transmission of vibration through the seat pan and backrest." **International Journal of Industrial Ergonomics** 45: 82-90.
- [7] Jayasuriya, H. P., and K. Sangpradit. (2014). "Dynamic performance and ride comfort evaluation of the seat suspension system in a small agricultural tractor to attenuate low-frequency vibration transmission." **Agricultural Engineering International: CIGR Journal** 16, 1: 207-216.
- [8] Vasudevan, V., and T. Patel. (2017). "Comparison of discomfort caused by speed humps on bicyclists and riders of motorized two-wheelers." **Sustainable Cities and Society** 35: 669-676.
- [9] Lav, A.H., E. Bilgin, and A.H. Lav. (2018). "A fundamental experimental approach for optimal design of speed bumps." **Accident Analysis & Prevention** 116: 53-68.
- [10] Satiennam, Wichuda, et al. (2014). "Effects of speed bumps and humps on motorcycle speed profiles." **Advanced Materials Research** 931: 536-540.
- [11] Wei, C., and O.A. Olatunbosun. (2014). "Transient dynamic behaviour of finite element tire traversing obstacles with different heights." **Journal of Terramechanics** 56: 1-16.
- [12] Singiresu S. Rao. (2011). **Mechanical Vibrations, 5th Edition**. Pearson, New Jersey.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] อุดลย พัฒนภักดี และโอภาส โกมลวัฒนาพาณิชย. (2552). “การควบคุมแบบ LQG สำหรับระบบรองรับกันสะเทือนแบบบังคับโดยใช้แบบจำลองเต็มของรถยนต์.” รายงานการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมยานยนต์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- [14] วรชาติ จงจิตสถิตมัน, ไพปภณ นิ่งน้อย และสุรพงศ์ สุขนันทศักดิ์. (2557). “การศึกษาหาเสถียรภาพรถสามล้อพ่วงข้าง.” ปรินฎยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [15] Taghavifar H. and A. Mardani. (2016). **Off-road Vehicle Dynamics : Analysis, Modelling and Optimization.** Springer International Publishing, Switzerland.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

## ผลการสอบเทียบเซนเซอร์วัดระยะเคลื่อนตัวของโซ้ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่า Non-linear error ของระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค

UTM (mm)	Displacement Sensor (mm)	Difference Displacement (mm)	Non-linear error (%)
0.5025	0.421045198	0.081454802	0.561273401
1.5075	1.48	0.0275	0.189491817
2.501453	2.505	-0.003546512	0.024437634
3.5025	3.46	0.0425	0.292850991
4.5075	4.463709677	0.043790323	0.301742102
5.5125	5.4725	0.04	0.275624462
6.51	6.463095238	0.046904762	0.323202494
7.5075	7.445402299	0.062097701	0.427891136
8.5125	8.514722222	-0.002222222	0.01531247
9.51	9.477222222	0.032777778	0.225858934
10.5075	10.46888298	0.038617021	0.266094893
11.505	11.47921348	0.025786517	0.177684871
12.51	12.58729508	-0.077295082	0.532610384
13.515	13.47204301	0.042956989	0.295999926
14.5125	14.02331081	0.489189189	3.370812673

ตารางที่ ก.2 ค่า Hysteresis Error ของระยะเคลื่อนตัวของโซ๊ค

Displacement Sensor (mm)	Displacement Sensor (mm)	Difference Displacement (mm)	Hysteresis Error (%)
0.475345	0.421045	0.05429963	0.399145915
1.423039	1.48	-0.056960784	0.418707539
2.479897	2.505	-0.025103093	0.184527905
3.500305	3.46	0.040304878	0.296273243
4.484409	4.46371	0.020698925	0.152153731
5.507527	5.4725	0.035026882	0.257475728
6.495058	6.463095	0.031962901	0.234953011
7.433333	7.445402	-0.012068966	0.088716595
8.498947	8.514722	-0.015774854	0.115957852
9.547892	9.477222	0.070669344	0.519476469
10.48265	10.46888	0.01376408	0.10117705

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

Displacement Sensor(mm)	Displacement Sensor (mm)	Difference Displacement (mm)	Hysteresis Error (%)
11.54281	11.47921	0.063599017	0.467503882
12.50853	12.5873	-0.07876567	0.578990972
13.5233	13.47204	0.05125796	0.376787198
14.025	14.02331	0.001689189	0.012416898



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

ข้อมูลระยะยุดของระบบรองรับการสันสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ระยะยุบของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านซ้าย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock compression displacement of left rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-0.269498807	-0.2761925	-0.28165	-0.27578003
	Circle		-0.362095463	-0.1983991	-0.18934	-0.249944558
	Triangle		-0.444155419	-0.030634	-0.4986	-0.32446316
	Square	20	-0.018091519	-0.6236714	-0.74445	-0.462071628
	Circle		-0.448128671	-0.3603858	-0.36022	-0.389579139
	Triangle		-0.240697696	-0.3364496	-0.26014	-0.279094537
100	Square	10	-1.993903102	-2.4595368	-6.12651	-3.526649958
	Circle		-2.483799544	-2.2297428	-2.41205	-2.375199029
	Triangle		-2.40683378	-2.0983922	-2.68923	-2.398152946
	Square	20	-0.96981531	-1.7309127	-1.24154	-1.314089499
	Circle		-0.946662828	-1.6613682	-1.55087	-1.386300653
	Triangle		-0.96981531	-1.7309127	-1.54965	-1.416793325

ตารางที่ ข.2 ระยะยุบของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านขวา

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock compression displacement of right rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	17.53496728	16.0711206	17.9612	17.18909752
	Circle		13.08086089	10.546491	8.952535	10.85996239
	Triangle		7.327965901	6.83530497	8.171927	7.445066021
	Square	20	18.48005901	15.1632676	15.25845	16.30059228
	Circle		11.33734244	12.0423493	14.26834	12.54934438
	Triangle		11.07611769	10.9417448	13.40171	11.80652546
100	Square	10	11.97285584	11.6700096	11.23561	11.62615865
	Circle		5.88627315	8.46875373	7.869404	7.408143569
	Triangle		7.476514904	7.60578209	6.798342	7.293546427
	Square	20	8.541981886	9.32939196	15.95307	11.2748139
	Circle		10.73972722	12.2055089	11.43122	11.45881932
	Triangle		8.541981886	8.78564796	9.329392	8.885673933

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ระยะคืนของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านซ้าย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock rebounding displacement of left rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-6.967440356	-7.1646305	-6.06446	-6.732175986
	Circle		-5.119632575	-6.1508135	-9.61178	-6.960741757
	Triangle		-1.134614807	-5.1930808	-1.5116	-2.613099117
	Square	20	-3.769738228	-4.7670822	-6.79749	-5.111436937
	Circle		-5.163752881	-4.9828341	-0.57883	-3.57514039
	Triangle		-1.458038815	-1.5918282	-1.57343	-1.541099331
100	Square	10	-9.768248249	-10.298857	-8.73177	-9.59962405
	Circle		-5.630822931	-8.7315646	-8.67878	-7.680387864
	Triangle		-5.108867524	-2.9618933	-5.34648	-4.472414404
	Square	20	-6.738362733	-6.4892406	0.114631	-4.370990628
	Circle		1.591934834	-0.2520918	-0.25165	0.36272968
	Triangle		-6.738362733	-3.8744492	-4.7238	-5.11220466

ตารางที่ ข.4 ระยะคืนของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านขวา

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock rebounding displacement of right rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-9.0024259	-7.4682238	-8.52626	-8.332302239
	Circle		-6.039523505	-9.4727307	-10.374	-8.628752342
	Triangle		-2.503441558	-8.0523849	-4.53883	-5.031551926
	Square	20	-6.977933985	-6.6633223	-6.61145	-6.750902594
	Circle		-7.789812	-6.8051125	-0.51702	-5.037315132
	Triangle		-3.146373454	-4.7315089	-2.26056	-3.379481566
100	Square	10	-11.85089919	-12.080759	-10.3407	-11.42412905
	Circle		-5.956198254	-7.1857441	-7.83013	-6.990690094
	Triangle		-4.564314179	-3.9583905	-5.47542	-4.66604196
	Square	20	-14.7402847	-13.503865	0.114631	-9.376505993
	Circle		0.428330205	-2.0173041	-2.22488	-1.271283183
	Triangle		-14.7402847	-9.9448622	-11.7069	-12.13068137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ระยะยุบของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านซ้ายเฉลี่ย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Average compression displacement of left rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	3.485164907	3.60086684	2.774001	3.286677557
	Circle		3.202705384	3.94115808	2.795901	3.31325479
	Triangle		3.616044354	3.90244691	3.86861	3.795700307
	Square	20	4.576599758	4.59847124	4.12836	4.434477028
	Circle		3.267123356	3.19432823	4.696677	3.719376065
	Triangle		3.4308165	4.45396911	3.847355	3.910713614
100	Square	10	4.027744544	3.76078532	3.021316	3.603282107
	Circle		0.460756193	0.55223458	2.248322	1.087104324
	Triangle		1.505314153	2.4937175	1.447561	1.815530798
	Square	20	1.465317235	2.17553508	6.610686	3.417179509
	Circle		5.306796051	6.83635379	5.354749	5.832633025
	Triangle		1.32274855	3.47240685	2.657515	2.48422344

ตารางที่ ข.6 ระยะยุบของล้อหลังที่ใช้ค้ำด้านขวาเฉลี่ย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Average compression displacement of right rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	2.970802724	3.03013266	1.841124	2.614019814
	Circle		1.308821154	1.26950368	1.587523	1.388616061
	Triangle		2.121708089	1.30321371	2.566745	1.997222147
	Square	20	2.223071589	4.11194558	5.236441	3.857152761
	Circle		2.093760875	2.40223071	5.041484	3.179158368
	Triangle		2.128708604	2.51376918	4.047279	2.89658549
100	Square	10	1.802348706	2.18446241	1.112064	1.699624937
	Circle		-0.093846103	0.73196416	1.825457	0.821191846
	Triangle		1.854091473	1.6898357	1.621093	1.721673297
	Square	20	-3.640335823	-1.3457506	6.610686	0.541533263
	Circle		5.295700271	6.40841362	4.035687	5.246600356
	Triangle		-3.574470903	-0.5589337	-0.51738	-1.55026030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ระยะยุบของล้อหน้าที่ใช้กดด้านซ้าย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock compression displacement of left rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	13.66807189	16.1845402	8.208156	12.68692284
	Circle		9.918047662	11.0515183	13.65453	11.54136554
	Triangle		7.582120261	8.59307279	10.16898	8.781389985
	Square	20	8.161685169	6.77314429	7.190126	7.374985098
	Circle		4.657665125	5.81218217	-1.63122	2.946208056
	Triangle		2.436825111	2.90270712	7.757032	4.365521496
100	Square	10	6.782731519	9.14140764	9.158721	3.603282107
	Circle		4.798440029	5.17766611	7.453133	1.087104324
	Triangle		2.49491159	8.23358467	5.117046	1.815530798
	Square	20	10.13784794	11.0635106	6.562723	3.417179509
	Circle		3.619500288	0.60087367	2.062399	5.832633025
	Triangle		10.13784794	8.86833847	6.562723	2.48422344

ตารางที่ ข.8 ระยะยุบของล้อหน้าที่ใช้กดด้านขวา

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock compression displacement of right rear wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	11.48902633	15.4893175	7.816031	11.59812506
	Circle		9.128860405	10.5353772	12.96361	10.87595076
	Triangle		7.394421118	8.25070487	9.142851	8.262658906
	Square	20	8.00792425	6.35077915	6.130684	6.829795721
	Circle		4.535120218	6.26628218	6.391603	5.731001877
	Triangle		2.018994758	3.11931379	8.223071	4.453793061
100	Square	10	6.707275088	8.51244336	8.334635	7.851451269
	Circle		4.972877146	5.27488464	6.428067	5.5586095
	Triangle		2.301768695	7.64114694	5.194914	5.045943216
	Square	20	9.986871434	12.6225554	6.226087	9.611837952
	Circle		3.477065584	0.89292841	1.373882	1.91462521
	Triangle		9.986871434	10.3304568	6.226087	8.847805072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ระยะคืนตัวของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านซ้าย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock rebounding displacement of left front wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-19.28760336	-19.661411	-21.6405	-20.19650252
	Circle		-11.66384718	-11.324795	-14.667	-12.55187734
	Triangle		-9.12734526	-11.173654	-10.5269	-10.27597185
	Square	20	-14.0807121	-15.524757	-13.8843	-14.49659141
	Circle		-12.71595621	-10.440452	-15.3128	-12.82305447
	Triangle		-8.577543501	-7.9403972	-5.31858	-7.278840395
100	Square	10	-18.15968984	-17.250492	-16.6569	-17.35569734
	Circle		-12.95572971	-14.855396	-13.6989	-13.83666076
	Triangle		-12.42166025	-4.2809628	-8.00523	-8.235949818
	Square	20	-11.9626963	-9.9666452	-9.61937	-10.5162373
	Circle		-10.38074656	-12.620556	-8.1841	-10.39513564
	Triangle		-11.9626963	-9.9666452	-9.61937	-10.5162373

ตารางที่ ข.10 ระยะคืนตัวของล้อหน้าที่ใช้ค้ำด้านขวา

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock rebounding displacement of right front wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-20.12798499	-20.04671	-23.2355	-21.13674107
	Circle		-11.81086208	-13.142152	-15.3986	-13.45053575
	Triangle		-9.530100064	-10.608513	-10.965	-10.36787796
	Square	20	-15.44869487	-16.972036	-14.9082	-15.7763159
	Circle		-13.11197468	-10.329941	-16.5987	-13.34687315
	Triangle		-9.212709934	-8.4928022	-5.64922	-7.784911075
100	Square	10	-20.20637039	-18.721659	-17.9555	-18.96116062
	Circle		-13.29398309	-15.375305	-14.3756	-14.34829912
	Triangle		-12.81175797	-4.4277714	-8.08718	-8.44223558
	Square	20	-12.98010347	-9.9952372	-10.4834	-11.1529232
	Circle		-10.60862577	-12.924914	-8.68649	-10.74000996
	Triangle		-12.98010347	-9.9952372	-10.4834	-11.1529232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 ระยะยุบของล้อหน้าที่ไซด์ด้านซ้ายเฉลี่ย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Average compression displacement of left front wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-2.264537158	-0.9305283	-5.30242	-2.832494366
	Circle		-1.653988718	-1.1363011	-0.20324	-0.997842032
	Triangle		-1.991673472	-2.0991745	-1.89231	-1.994387167
	Square	20	-2.558819087	-4.1117885	-1.70338	-2.791328465
	Circle		-4.496792126	-2.5899603	-7.33953	-4.808760272
	Triangle		-2.763570913	-1.4124937	1.831869	-0.781398434
100	Square	10	-3.748918125	-1.575399	-3.3604	-2.894905807
	Circle		-0.729028747	-3.0603341	-2.72021	-2.169858117
	Triangle		-3.322098863	1.5895357	-0.98847	-0.90700959
	Square	20	-1.396633114	0.55048051	-1.85408	-0.90007807
	Circle		-4.682967932	-5.3686939	-3.43478	-4.495480599
	Triangle		-2.258817206	-0.5368726	-2.24335	-1.679680338

ตารางที่ ข.12 ระยะยุบของล้อหน้าที่ไซด์ด้านขวาเฉลี่ย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Average compression displacement of right front wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-2.511181211	-1.2062714	-5.88613	-3.201193727
	Circle		-1.822306681	-1.3010945	-0.5206	-1.214668032
	Triangle		-2.122704455	-1.6407209	-1.94204	-1.901823239
	Square	20	-2.994277718	-4.625165	-2.25565	-3.291699146
	Circle		-4.813505604	-2.6117772	-7.50005	-4.97511178
	Triangle		-2.87840825	-1.585049	1.953991	-0.836488825
100	Square	10	-4.048534023	-2.1962435	-3.48639	-3.243721192
	Circle		-0.632466344	-3.5149285	-3.16264	-2.436676859
	Triangle		-3.527284859	1.35417575	-0.90147	-1.024858966
	Square	20	-1.93140234	1.24249782	-2.28555	-0.991483179
	Circle		-4.522614712	-5.1509967	-3.84254	-4.505382349
	Triangle		-2.810071796	0.07005411	-2.72047	-1.820162277

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 ระยะยุบของล้อพ่วงข้าง

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock compression displacement of side wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	5.022010102	4.36097056	6.227329	5.203436477
	Circle		5.694912346	5.26681842	5.141115	5.367615154
	Triangle		2.483571472	4.05880534	2.96782	3.170065671
	Square	20	4.205585795	3.68485679	4.869385	4.253275933
	Circle		2.961122646	3.45575054	3.709317	3.375396568
	Triangle		2.202155949	1.92859103	1.967995	2.03291406
100	Square	10	9.495119122	7.76831133	7.876376	8.379935398
	Circle		5.838086287	6.26670504	6.399465	6.168085572
	Triangle		3.956837284	4.03154433	3.946171	3.978184056
	Square	20	6.582026462	6.43239683	8.320073	7.111498674
	Circle		4.781152958	4.41484968	5.699964	4.965322324
	Triangle		6.582026462	6.43239683	6.716965	6.577129408

ตารางที่ ข.14 ระยะคืนตัวของล้อพ่วงข้าง

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Shock rebounding displacement of side wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	-0.269498807	-0.2761925	-0.28165	-0.27578003
	Circle		-0.362095463	-0.1983991	-0.18934	-0.249944558
	Triangle		-0.444155419	-0.030634	-0.4986	-0.32446316
	Square	20	-0.018091519	-0.6236714	-0.74445	-0.462071628
	Circle		-0.448128671	-0.3603858	-0.36022	-0.389579139
	Triangle		-0.240697696	-0.3364496	-0.26014	-0.279094537
100	Square	10	-1.993903102	-2.4595368	-6.12651	-3.526649958
	Circle		-2.483799544	-2.2297428	-2.41205	-2.375199029
	Triangle		-2.40683378	-2.0983922	-2.68923	-2.398152946
	Square	20	-0.96981531	-1.7309127	-1.24154	-1.314089499
	Circle		-0.946662828	-1.6613682	-1.55087	-1.386300653
	Triangle		-0.96981531	-1.7309127	-1.54965	-1.416793325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

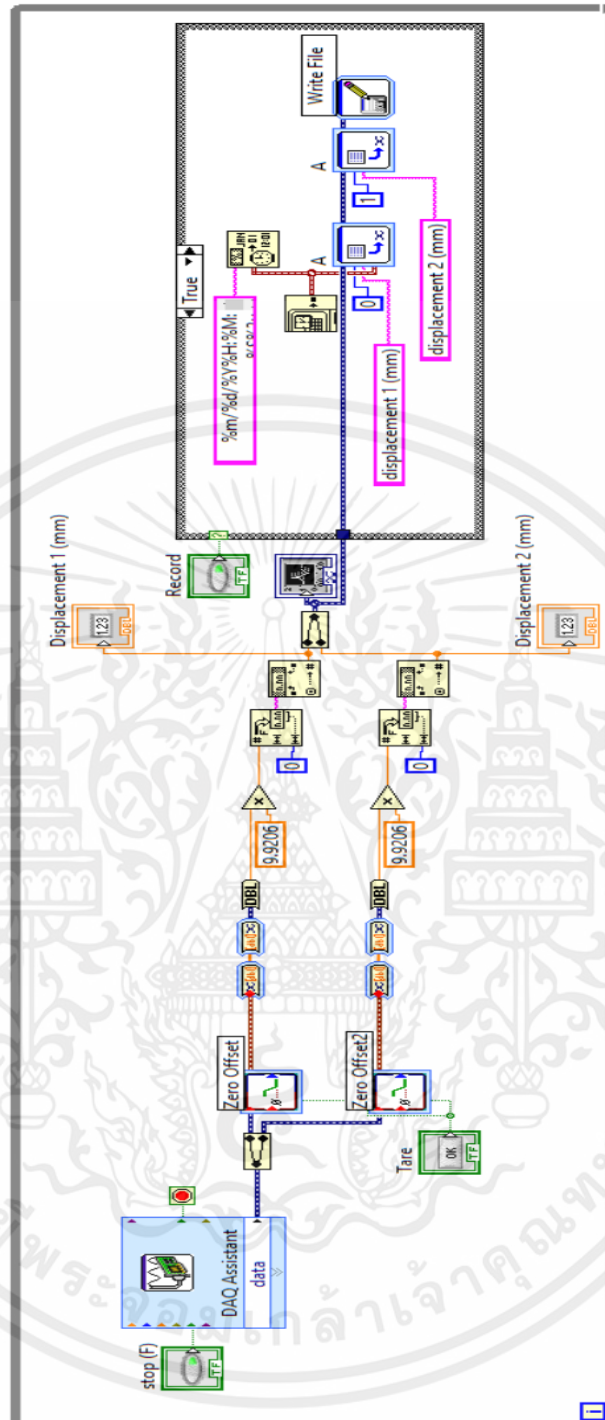
ตารางที่ ข.15 ระยะยุบของล้อพ่วงข้างเฉลี่ย

Load (kg)	Obstacles	Speed (km/hr)	Average compression displacement of side wheel (mm)			
			Round 1	Round 2	Round 3	Average
0	Square	10	0.52549916	0.58689936	0.690008	0.600802219
	Circle		0.571533793	0.63673238	0.591772	0.600012729
	Triangle		0.407360824	0.63481253	0.192278	0.411483655
	Square	20	0.926927925	0.58057729	0.392543	0.633349396
	Circle		0.564844723	0.68388458	0.556428	0.601719177
	Triangle		0.496641966	0.5383049	0.326393	0.453780026
100	Square	10	1.061998491	1.23711851	1.226081	1.175065861
	Circle		0.968895307	1.3251892	1.198818	1.164300944
	Triangle		0.376971483	0.50455021	0.323689	0.401736929
	Square	20	1.861392147	1.29882194	1.324597	1.494937125
	Circle		0.618405884	0.18951413	1.007473	0.605131067
	Triangle		1.861753754	1.24532341	1.68064	1.595905693

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 การเขียนโปรแกรมด้วย LabVIEW

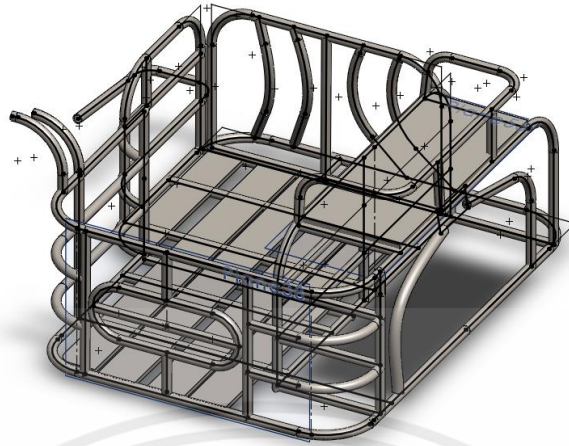
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

แบบ Solid Work ของฟ่วงข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ฟวงข้างที่วาดโดย Solid Work



รูปที่ ง.2 ฟวงข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวจันทิมา พุฒทอง  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2541  
 ภูมิลำเนา จังหวัดสุราษฎร์ธานี  
 ที่อยู่ 57/1 หมู่ 3 ตำบลท่าเรือ อำเภอบ้านนาเดิม  
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84240  
 E-mail Jantima23970@gmail.com

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนเมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- นักศึกษาในโครงการมกฏเพชร ปีการศึกษา 2561
- รองชนะเลิศอันดับ 1 Formula Student Electric Vehicle TSAE Auto Challenge 2020 Student Formula โดยสถาบันยานยนต์แห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายกันตพงศ์ วงศ์ไชย  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ.2541  
 ภูมิลำเนา จังหวัดพะเยา  
 ที่อยู่ 6 หมู่ 4 ตำบลห้วยแก้ว อำเภอภูกามยาว  
 จังหวัดพะเยา 56000  
 E-mail Kuntapong0873572050@hotmail.com

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนดงเจนวิทยาคม จังหวัดพะเยา
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- รางวัลรองชนะเลิศการประกวดดาวเดือน KMITL PCC 2560
- รางวัลชนะเลิศการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 25 ประเภทแข่งขันทักษะ
- รางวัลชนะเลิศการประชุมวิชาการโครงการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 26 ประเภทแข่งขันทักษะ
- ตัวแทนอัญเชิญพระมหามงกุฎ ในพิธีประดับไทด์และรับมอบเข็มพระมหามงกุฎ ประจำปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้