การเตรียมโครงสร้างสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า

STRUCTURE PREPARATION FOR ELECTRIC BICYCLE

นายธีระพงศ์	วงมีบุญ	รหัส 51364002
นายนพ	แสนคำ	รหัส 51364019
นายอดิศักดิ์	เมืองใจ	รหัส 51364149

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 1600416
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 6669

2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การเตรียมโครงสร้างสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า		
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายธีระพงศ์**	**วงมีบุญ**	**รหัส 51364002**
	นายนพ	**แสนคำ**	**รหัส 51364019**
	นายอดิศักดิ์	เมืองใจ	รหัส 51364149
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2554		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์**ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง**ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่อง**กล**

..... ที่ปรึกษา**โครงงาน**

(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณ พุทธวงศ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การเตรียมโครงสร้างสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายธีระพงศ์	วงมีบุญ	รหัส 51364002
	นายนพ	แสนคำ	รหัส 51364019
	นายอดิศักดิ์	เมืองใจ	รหัส 51364149
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	2554		

.....

บทคัดย่อ

จากกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับรถจักรยานไฟฟ้า ได้ใช้โปรแกรม CG Calculator เพื่อคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วงของรถจักรยานเสือภูเขาโดยมีตัวแปรที่สนใจคือ มวลจักรยาน มวลผู้ขับขี่ แรงปฏิกิริยาที่เพลาหน้าและหลังและขนาดของโครงจักรยาน โดยกลุ่มโครงงานนี้ได้นำค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองไปใช้เป็นข้อมูลในการหาค่าจุดศูนย์ถ่วงโดยใช้โปรแกรม CG Calculator

การทดลองแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1 เป็นการหาจุดศูนย์ถ่วงของจักรยานที่ยังไม่ได้ติดตั้งชุดแบตเตอรี่และมอเตอร์ กรณีที่ 2 เป็นการหาจุดศูนย์ถ่วงของจักรยานที่ติดตั้งชุดแบตเตอรี่และมอเตอร์แล้ว โดยการทดลองทั้ง 2 กรณีจะใช้น้ำหนักของผู้ขับขี่คือน้ำหนักตัวของสมาชิกในกลุ่มซึ่งมีน้ำหนัก 61, 89, 91 กิโลกรัมตามลำดับ

ผลการทดลองกรณีที่1พบว่า ก่อนการดัดแปลง จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่บริเวณกึ่งกลางของจักรยานและน้ำหนักที่เพลาล้อหน้าและเพลาล้อหลังมีความสมดุลกัน ผลการทดลองกรณีที่ 2 พบว่า จุดศูนย์ถ่วงของจักรยานจะอยู่ใกล้เพลาล้อหลัง และน้ำหนักที่เพลาล้อหลังจะมากกว่าเพลาล้อหน้าโดยมีอัตราส่วนน้ำหนักที่เพลาล้อหลังต่อเพลาล้อหน้าเป็น 65 : 35 ทั้งนี้เป็นเพราะมีการติดตั้งมอเตอร์และชุดแบตเตอรี่ที่ด้านท้ายของจักรยาน

Project title	Structure preparation for electric bicycle		
Name	Mr.Teerapong	Wongmeboon	ID. 51364002
	Mr. Nop	Saenkam	ID. 51364019
	Mr. Adisak	Muangjai	ID. 51364149
Project advisor	Dr.Ananchai	Ukeaw	
Major	Mechanical Engineering		
Department	Mechanical Engineering.		
Academic year	2011		

Abstract

From the study of Structure preparation for electric bicycle which using the CG Calculator program to find a center of gravity of a mountain bicycle, the interesting variables are used in this project composed of mass of the bike, mass bike riders, and force of the front axle including the bike frame. The value from this project is brought to an experiment to find to center if gravity from the previously stated program.

The experiment is divided into two parts. The first part is shown about how to find the center of gravity of the bicycle which is not installed the batteries and motors yet. The second one is about how to find the center of gravity from the installed bicycle. Both parts will use the weight of a rider that is the members' weights in this project which consisted of 61, 89, and 91 kilograms.

The result shown that before the modification, the center of gravity is in the middle of the bike and the axle weight and rare axle are balanced. The second experiment provided that the center gravity of the bicycle is near the rear axle and the rare axle weight is heavier than the front wheel axle. The ratio between the rare axle and the front wheel axle is 65:35 because the batteries and motors are installed at the back of the bicycle in this project.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการศึกษาโครงสร้างรถจักรยานไฟฟ้า จะผ่านลุล่วงไปด้วยดีโดยการทำงานร่วมกันของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี แต่จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ถ้าปราศจากบุคคลสำคัญดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมไปถึงแนวทางการแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความไว้วางใจในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้คำแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

ขอขอบคุณพี่ปริญญาโทวิศวกรรมเครื่องกล ที่คอยดูแลและให้คำแนะนำตลอดการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ เป็นห่วง และสนับสนุนในเรื่องของการศึกษาตลอดมา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายธีระพงศ์ วงมีบุญ
นายนพ แสนคำ
นายอดิศักดิ์ เมืองใจ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ
สารบัญสัญลักษณ์.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.6 แผนการดำเนินงาน.....2
1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน.....2
1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 จุดศูนย์ถ่วง.....3
2.2 สมการที่ใช้หาจุด CG จักรยาน.....4
2.3 การเลี้ยวโค้งจักรยานกับแรงสู่จุดศูนย์กลาง.....5

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน.....8
3.1 ออกสำรวจความคิดเห็นความชอบจักรยานไฟฟ้า.....8
3.2 กระบวนการการเลือกโครงรถจักรยาน.....8
3.3 กระบวนการหาจุด CG รถจักรยาน.....9
3.4 วิธีการทดลอง.....10
3.5 แผนภาพสรุปขั้นตอนการดำเนินงาน.....15

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง....16
4.1 ผลการออกสำรวจความคิดเห็นความชอบจักรยาน....16
4.2 กระบวนการการเลือกโครงรถจักรยาน....18
4.3 ผลการหาจุด CG ของจักรยาน....19
4.4 ผลการหาระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยาน....30

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง....31
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง....31
5.2 แนวทางการทำวิจัยในอนาคต....37
5.3 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค....37
5.4 สรุปผลการทดลอง....37

เอกสารอ้างอิง....38

ภาคผนวก....39

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน....42

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน....2

1.2 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน....2

4.1 ตารางระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานก่อนดัดแปลง....30

4.2 ตารางระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานหลังดัดแปลง....30

5.1 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองก่อนดัดแปลง....31

5.2 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองหลังดัดแปลง....31

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 จุด CG ของตุ๊กตาส้มลุก....3

2.2 จุด CG ของโมบาย....3

2.3 จุด CG ของวัตถุแขวน....4

2.4 รูปแสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ....4

2.5 แรงกระทำในแนวตรง....5

2.6 แรงกระทำในแนวโค้งและเอียงรถ....5

2.7 แรงกระทำในแนวโค้งและไม่เอียงรถ....6

2.8 แรงกระทำในแนวโค้งและไม่เอียงรถ....6

2.9 แรงกระทำในแนวโค้งและผิวถนนเอียง....7

3.1 จักรยานเสือภูเขาก่อนดัดแปลง....9

3.2 จักรยานเสือภูเขาหลังดัดแปลง....10

3.3 วัดระยะต่างๆของจักรยาน....10

3.4 วาดแบบจักรยานในโปรแกรม solid works....11

3.5 ชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ที่จะนำมาดัดแปลงในจักรยาน....11

3.6 ชั่งน้ำหนักเพลาหน้าเพื่อหาจุด CG ในแนวแกน x....12

3.7 ชั่งน้ำหนักเพลาหน้ายกล้อหลังขึ้น 700 mm เพื่อหาจุด CG ในแนวแกน y....12

3.8 โปรแกรม CG Calculator....13

3.9 สนามทดสอบการขับขี่ของบริษัท Yamaha....13

3.10 หาระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานโดยการขับเป็นวงกลม....14

3.11 แผนภาพสรุปขั้นตอนการดำเนินงาน....15

4.1 กราฟแสดงความชอบจักรยานของนิสิต....16

4.2 กราฟแสดงความคิดเห็นรูปทรงของจักรยานมีส่วนตัดสินใจในการใช้งาน....17

4.3 กราฟแสดงความคิดเห็นว่าควรที่จะสนับสนุนให้มีการใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลง....17

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.4 ขั้นตอนในการเลือกโครงรถจักรยาน 18

4.5 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 19

4.6 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและไม่มีคนขับ 20

4.7 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 21

4.8 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 61 กิโลกรัม 21

4.9 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 22

4.10 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 89 กิโลกรัม 22

4.11 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 23

4.12 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 91 กิโลกรัม 23

4.13 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 24

4.14 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและไม่มีคนขับ 25

4.15 ชั่งน้ำหนักส่วนหน้าของจักรยานและน้ำหนักที่ได้ 26

4.16 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 26

4.17 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 61 กิโลกรัม 27

4.18 ชั่งน้ำหนักส่วนหน้าของจักรยานและน้ำหนักที่ได้ 27

4.19 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 28

4.20 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 89 กิโลกรัม 28

4.21 ชั่งน้ำหนักส่วนหน้าของจักรยานและน้ำหนักที่ได้ 29

4.22 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator 29

4.23 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 91 กิโลกรัม 30

5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – ระยะ CG ก่อนดัดแปลง 32

5.2 แสดงจุด CG ของจักรยานก่อนการดัดแปลง 32

5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – ระยะ CG หลังดัดแปลง 33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.4 แสดงจุด CG ของจักรยานหลังการดัดแปลง....33

5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – มวลรวมที่เพลาหน้าก่อนดัดแปลง....34

5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – มวลรวมที่เพลาหน้าหลังดัดแปลง....34

5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว
ที่มีน้ำหนักคนขับ 61 กิโลกรัม....35

5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว
ที่มีน้ำหนักคนขับ 89 กิโลกรัม....35

5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว
ที่มีน้ำหนักคนขับ 91 กิโลกรัม....36

5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็วโดยเฉลี่ย....36

สารบัญสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
CG	จุดศูนย์กลางมวล	-
M	มวล	kg
F_A	น้ำหนักที่เพลาหน้า	kg
b	ระยะเพลาหลัง - เพลาหน้า	m
W	น้ำหนัก	kg
d	เส้นผ่านศูนย์กลาง	mm
a	รัศมีล้อ	mm

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ซึ่งมีความทันสมัยและสะดวกสบาย ประชากรโลกส่วนใหญ่มีการนำรถที่ใช้เชื้อเพลิงมาใช้เป็นยานพาหนะในการเดินทางมากขึ้น การนำพาหนะที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแดล้อมอย่างมาก เนื่องจากพาหนะเหล่านี้ปล่อยก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกออกมา ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และเป็นมลพิษทางอากาศ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาและพัฒนารถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้รถที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เพราะรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงเป็นการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งไม่มีการปล่อยก๊าซพิษและความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ออกมา

การศึกษาจุด CG ของโครงสร้างของรถจักรยานมีความสำคัญมากในการสร้างรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงขึ้นมา เพราะโครงสร้างเป็นรากฐานในการดัดแปลงรถจักรยานไฟฟ้า เราจึงต้องมีหลักการในการเลือกโครงรถ และโครงรถต้องมีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของมอเตอร์ (Electric motor) แบตเตอรี่ (Batteries) ตัวควบคุม (Controller) ระบบชาร์จ (Charger) รวมไปถึงน้ำหนักของผู้ขับขี่ ซึ่งน้ำหนักต่างๆเหล่านี้หนักกว่ารถจักรยานทั่วไป จึงต้องเลือกโครงรถที่มีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงและทำการออกแบบโครงสร้างของรถให้มีความสมดุล

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เตรียมโครงสร้างจักรยานเพื่อนำมาทำจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง

1.2.2 คำนวณหาจุดศูนย์กลางมวลของจักรยานไฟฟ้าก่อนและหลังการดัดแปลง

1.2.3 ทดสอบหาผลกระทบจากการที่จุด CG เปลี่ยนแปลงมีผลต่อการเข้าโค้ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ได้โครงสร้างที่เหมาะสมในการทำจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง

1.3.2 ได้รู้ตำแหน่งจุด CG ของจักรยานก่อนดัดแปลงและหลังการดัดแปลง

1.3.3 ได้ระยะของการเข้าโค้งของจักรยานก่อนและหลังการดัดแปลงที่ความเร็วต่างๆ

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 ใช้โปรแกรม CG calculator เพื่อหาจุด CG ของจักรยาน

1.4.2 ใช้จักรยานเสือภูเขาในการทำจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงและหาจุด CG

1.4.3 ทดสอบการเข้าโค้งของจักรยานโดยการโค้งเป็นวงกลม

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การทดลองของกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงมีการออกสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับโครงรถที่จะนำมาใช้ในการทำรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงว่าส่วนใหญ่นิสิตในมหาวิทยาลัยนเรศวรชอบจักรยานประเภทไหนเพื่อนำค่าที่ได้จากการออกสำรวจไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการเลือกใช้โครงรถที่เหมาะสมในการทำเป็นรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงและกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงจะเน้นไปที่การหาจุด Center of Gravity : CG เพื่อวิเคราะห์หาจุด CG ก่อนและหลังการดัดแปลง การหาจุด CG ของกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงจะใช้โปรแกรม CG Calculator เพื่อหาระยะของจุด CG ที่เปลี่ยนไปตามน้ำหนักของจักรยานเพิ่มขึ้นเนื่องจากการติดตั้งมอเตอร์และแบตเตอรี่และทำการทดสอบการเข้าโค้งของจักรยานโดยการโค้งเป็นวงกลมเพื่อหารัศมีของการเข้าโค้ง

1.6 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ปี 2554							ปี 2555	
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.รวมกลุ่มทำโครงงาน									
2.ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น									
3.รวบรวมข้อมูล									
4.สรุปข้อมูล									
5.จัดทำรายงาน									

1.7 สถานที่ปฏิบัติงาน

ห้อง 507 อาคารภาควิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

ลำดับที่	รายการ	งบประมาณ (บาท)	หมายเหตุ
1	เหล็กฉากรูปตัว L	1,000	
2	ตู้เชื่อมไฟฟ้า	-	มีอยู่แล้ว
3	ลวดเชื่อมไฟฟ้า	1000	
4	ตลับเมตรขนาด 8 เมตร	260	
5	หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	1,000	
รวม		3,260	

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity : CG)

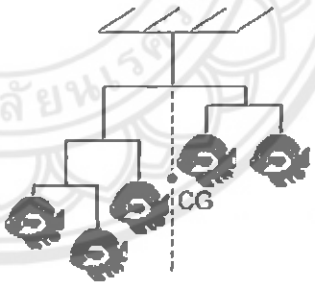
หากสังเกตวัตถุต่างๆที่เป็นของแข็งและมีรูปทรง การวางวัตถุบนพื้นระนาบจะมีลักษณะสมดุลได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและแนวของจุดศูนย์ถ่วง

จุดศูนย์ถ่วง คือจุดที่เหมือนตำแหน่งที่รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน

ตุ๊กตาล้มลุกมีตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงต่ำ การโยกตุ๊กตาจึงไม่ล้มและจะกลับมาตั้งตามเดิม

รูปที่ 2.1 จุด CG ของตุ๊กตาล้มลุก

วัตถุในรูป 2.1 วางอยู่ในลักษณะสมดุล เพราะแนวของ CG อยู่ในกรอบฐาน ในโมบายที่จัดวางในแนวระนาบได้ เพราะตำแหน่งของ CG รวมของวัตถุทั้งหมดอยู่ในตำแหน่งของเส้นเชือกในแนวดิ่ง



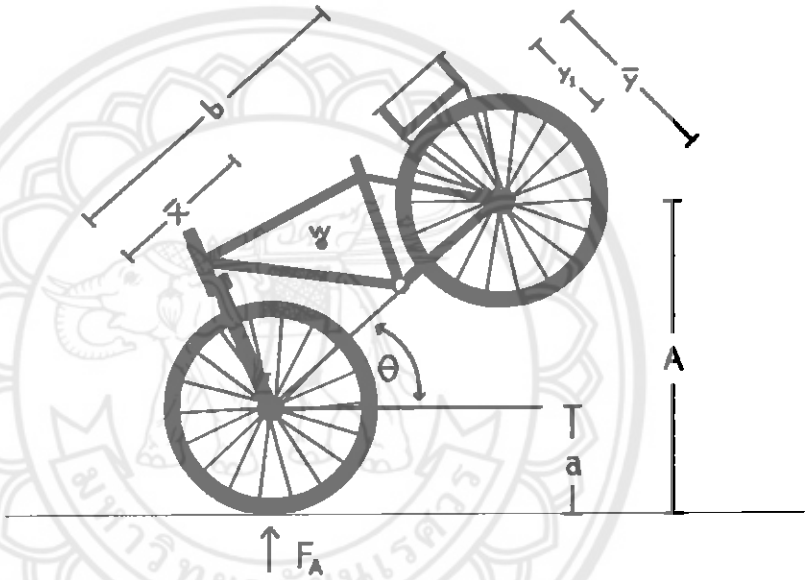
รูปที่ 2.2 จุด CG ของโมบาย

การผูกเชือกกับวัตถุและปล่อยวัตถุห้อยลงแนวของ CG ของวัตถุจะอยู่สมดุลได้ในแนวระดับตรงกับเชือกในแนวดิ่ง

รูปที่ 2.3 จุด CG ของวัตถุแขวน

สรุปได้ว่าวัตถุรูปร่างใดก็ตาม ถ้าแขวนแล้ววัตถุหยุดนิ่งสมดุลของวัตถุนั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องให้แนว CG อยู่ในแนวเดียวกับเชือก

2.2 สมการที่ใช้หาจุด CG จักรยาน



รูปที่ 2.4 รูปแสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

ใช้หลักการโมเมนต์ในการหาจุด CG โดยมีสมการดังนี้

แนวแกน x

$$\sum M_g = 0 \; ; \; (F_A \cdot b) - (W \cdot \bar{x}) = 0$$

แนวแกน y

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{A-a}{b}\right)$$

$$\sum M_g = 0 \; ; \; F_A \cdot (b\cos\theta) - W\cos\theta \cdot (\bar{x}) - W\sin\theta \cdot y_1 = 0$$

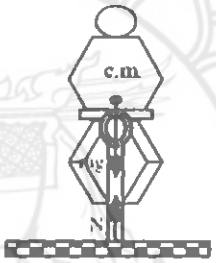
$$\bar{y} = y_1 + a$$

2.3 การเลี้ยวโค้งจักรยานกับแรงสู่จุดศูนย์กลาง

แรงสู่จุดศูนย์เกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งแบบวงกลม เช่นการผูกลูกตุ้มด้วยเชือกแล้วแกว่งให้เคลื่อนที่เป็นวงกลม เราจะต้องออกแรงดึงเชือกไว้ตลอด แรงนี้จะมีทิศทางเข้าสู่จุดศูนย์กลาง คือตำแหน่งที่เราจับเชือกไว้ จึงเรียกแรงนี้ว่าแรงสู่จุดศูนย์กลาง ดังนั้น ขณะที่รถจักรยานกำลังเลี้ยวโค้งได้โดยที่รถไม่ไถลออกนอกถนน เนื่องจากมีแรงเสียดทานระหว่างพื้นถนนกับยางรถและแรงนี้จะมีทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลางของถนนก็จะได้ว่า แรงเสียดทาน = แรงสู่จุดศูนย์กลาง

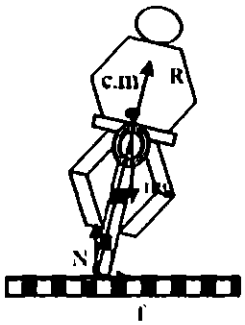
การเลี้ยวโค้งบนถนนระดับของรถจักรยาน

ขณะที่แล่นบนถนนระดับ จะมีแรงกระทำต่อรถกับคนมากมายรวมทั้งแรงเสียดทานที่กระทำที่ล้อให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ยังมี $m\vec{g}$ คือ น้ำหนักของรถและคน $\vec{N}$ คือ แรงที่พื้นกระทำต่อรถและคนในขณะที่แล่นในแนวตรง และ $\vec{f}$ คือ แรงเสียดทานที่พื้นถนนกระทำกับด้านข้างของล้อรถ ในทิศเข้าหาจุดศูนย์กลาง $\vec{R}$ คือ แรงลัพธ์ของแรง $\vec{f}$ และ $\vec{N}$ เมื่อแล่นในแนวโค้งหรือเอียง พิจารณาจากรูปต่อไปนี้



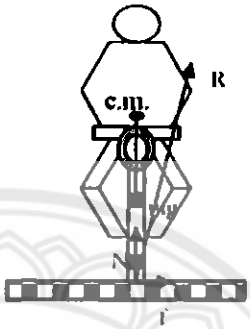
รูปที่ 2.5 แรงกระทำในแนวตรง

จากรูป 2.5 พิจารณาขณะที่แล่นในแนวตรงบนถนนระดับ จะมีแรงกระทำต่อรถจักรยาน คือ น้ำหนัก $m\vec{g}$ ของรถและคน แรง $\vec{N}$ ที่พื้นกระทำต่อรถและคนโดยแนวของแรงทั้งสอง จะผ่านจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถและคนอยู่ในแนวดิ่ง ทำให้รถไม่มีโมเมนต์ของแรงเกิดขึ้นที่รถจึงทำให้รถไม่ล้ม



รูปที่ 2.6 แรงกระทำในแนวโค้งและเอียงรถ

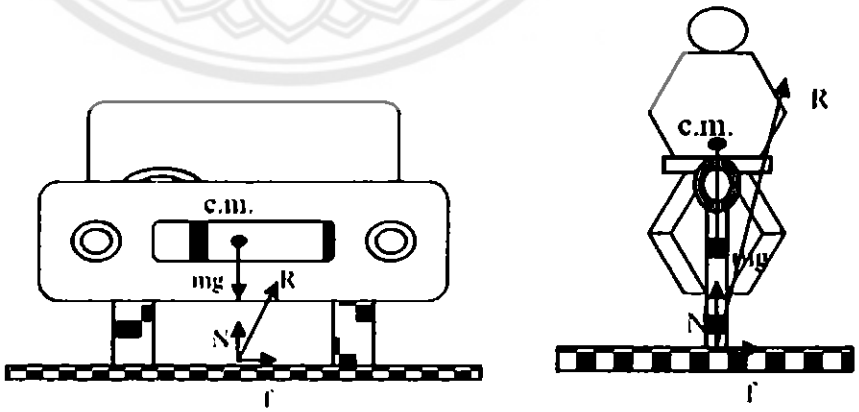
จากรูปที่ 2.6 พิจารณาขณะที่แล่นในแนวโค้งและเอียงรถบนถนนระดับ จะมีแรงกระทำต่อรถจักรยาน คือ น้ำหนัก $m\vec{g}$ ของรถและคน แรง $\vec{N}$ ที่พื้นกระทำต่อรถและคนและแรงเสียดทาน $\vec{f}$ ที่พื้นถนนกระทำกับด้านข้างของล้อรถในทิศเข้าหาจุดศูนย์กลาง เป็นผลให้เกิดแรงลัพธ์ $\vec{R}$ ของแรง $\vec{f}$ และ $\vec{N}$ เมื่อแล่นในแนวโค้งรถจึงจำเป็นต้องเอียง เพื่อให้แรงลัพธ์ $\vec{R}$ ผ่านจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถและคน ทำให้รถไม่มีโมเมนต์ของแรงเกิดขึ้นที่รถ จึงทำให้รถไม่ล้ม



รูปที่ 2.7 แรงกระทำในแนวโค้งและไม่เอียงรถ

จากรูปที่ 2.7 พิจารณาขณะที่แล่นในแนวโค้งและไม่เอียงรถ บนถนนระดับ จะมีแรงกระทำต่อรถจักรยานยนต์หรือรถจักรยาน คือ น้ำหนัก $m\vec{g}$ ของรถและคน แรง $\vec{N}$ ที่พื้นกระทำต่อรถและคนและ $\vec{f}$ แรงเสียดทาน ที่พื้นถนนกระทำกับด้านข้างของล้อรถในทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางเป็นผลให้เกิดแรงลัพธ์ $\vec{R}$ ของแรง f และ $\vec{N}$ เมื่อแล่นในแนวโค้งเมื่อไม่เอียงรถ แรงลัพธ์ $\vec{R}$ จะไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถและคน ทำให้รถมีโมเมนต์ของแรงเกิดขึ้นที่รถ จึงทำให้รถล้ม

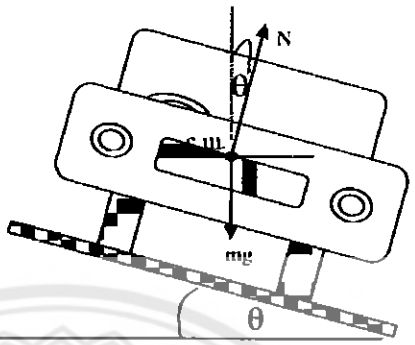
เพื่อให้การเลี้ยวโค้งปลอดภัยขึ้น ด้วยความเร็วที่แตกต่างจากถนนโค้งในแนวระดับ โดยมีหลักให้แรงลัพธ์ $\vec{R}$ ผ่านจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถและคน ทำให้รถไม่มีโมเมนต์ของแรงเกิดขึ้นที่รถ



รูปที่ 2.8 แรงกระทำในแนวโค้งและไม่เอียงรถ

จากรูป 2.8 เมื่อแล่นบนถนนโค้งแล้วไม่มีการเอียงรถ แรงลัพธ์ จะไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถและคน ทำให้รถมีโมเมนต์ของแรงเกิดขึ้นที่รถ จึงทำให้รถล้มหรือพลิกคว่ำได้

ดังนั้นวิศวกรจึงออกแบบถนนโดยการยกขอบถนนโค้ง เพื่อให้รถแล่นด้วยความปลอดภัยด้วยความเร็วที่เป็นไปได้ โดยไม่อาศัยแรงเสียดทาน ยกเว้นรถแล่นด้วยอัตราเร็วที่ไม่พอดีรถจึงจะอาศัยแรงเสียดทานช่วย



รูปที่ 2.9 แรงกระทำในแนวโค้งและผิวถนนเอียง

จากรูป 2.9 เมื่อยกขอบถนน เมื่อแล่นด้วยอัตราเร็วที่เป็นไปได้ จะไม่มีแรงเสียดทานที่ด้านข้างของล้อรถ จะมีแรงกระทำที่รถคือ $m\vec{g}$ น้ำหนักของรถและคนและ แรง $\vec{N}$ ที่พื้นกระทำต่อรถและคน โดย องค์ประกอบของแรง $\vec{N}$ ที่ขนานกับพื้นระดับ (ไม่ใช่พื้นถนน) จะทำให้เกิดแรงสู่ศูนย์กลาง คือ $\vec{F}_c$ ดังนั้นเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่า ความเอียงของถนน (การยกขอบถนน) สัมพันธ์กับอัตราเร็วที่เป็นไปได้ดังนี้

จาก $\vec{F}_c = \frac{mv^2}{R}$

ดังนั้น $N\sin\theta = \frac{mv^2}{R}$

และ $N\cos\theta = mg$

จะได้ $\frac{N\sin\theta}{N\cos\theta} = \frac{mv^2}{Rmg}$

$$\tan\theta = \frac{v^2}{Rg} \qquad \text{.....(2.1)}$$

สมการ $\tan\theta = \frac{v^2}{Rg}$ แสดงให้เห็นว่าในการสร้างถนนทางโค้งเอียงทำมุมกับแนวระดับนั้นต้องคำนึงถึงอัตราเร็วของรถขณะเลี้ยวและรัศมีของทางโค้งเพื่อให้การขับรถปลอดภัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

การทดลองของกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงมีการออกสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับโครงรถที่จะนำมาใช้ในการทำรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงว่าส่วนใหญ่นิสิตในมหาวิทยาลัยนเรศวรชอบจักรยานประเภทไหนเพื่อนำค่าที่ได้จากการออกสำรวจไปใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการเลือกใช้โครงรถที่เหมาะสมในการทำเป็นรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงและกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงจะเน้นไปที่การหาจุด Center of Gravity : CG เพื่อวิเคราะห์หาจุด CG ก่อนและหลังการดัดแปลง การหาจุด CG ของกลุ่มโครงงานการเตรียมโครงสร้างสำหรับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงจะใช้โปรแกรม CG Calculator เพื่อหาระยะของจุด CG ที่เปลี่ยนไปตามน้ำหนักของจักรยานเพิ่มขึ้นเนื่องจากการดัดแปลงมอเตอร์และแบตเตอรี่และทำการทดสอบการเข้าโค้งของจักรยานโดยการโค้งเป็นวงกลมเพื่อหารัศมีของการเข้าโค้งโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ออกสำรวจความคิดเห็นความชอบจักรยานไฟฟ้า

เนื่องจากไม่สามารถผลิตโครงรถจักรยานขึ้นมาเองได้ กลุ่มโครงงานนี้จึงทำแบบสำรวจความคิดเห็นต่างๆเกี่ยวกับจักรยานไฟฟ้าดัดแปลงโดยออกสำรวจความคิดเห็นจากนิสิต 100 คน ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกโครงรถจักรยานที่จะนำมาทำเป็นจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง มีข้อข้อหลักๆดังต่อไปนี้

3.1.1 ปัจจุบันท่านใช้ยานพาหนะใดในชีวิตประจำวัน
3.1.2 จักรยานประเภทใดที่ท่านชอบและอยากขี่
3.1.3 รูปทรงของจักรยานมีส่วนตัดสินใจในการใช้งาน
3.1.4 จักยานไฟฟ้าส่งผลดีต่อสภาพแวดล้อม
3.1.5 การใช้จักยานไฟฟ้าช่วยประหยัดพลังงาน
3.1.6 สิ่งที่ท่านต้องการให้มีในรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง
3.1.7 การใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลงช่วยให้การจราจรภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรคล่องตัวขึ้น
3.1.8 ความสะดวกในการรักษาและซ่อมบำรุง
3.1.9 การใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลงช่วยในการออกกำลังกาย
3.1.10 ท่านคิดว่าควรที่จะสนับสนุนให้มีการใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลงภายในมหาวิทยาลัย

3.2 กระบวนการการเลือกโครงรถจักรยาน

กระบวนการเลือกโครงรถจักรยานคือที่จะนำมาดัดแปลงเป็นจักรยานไฟฟ้าต้องมีลักษณะแข็งแรง ทนทาน น้ำหนักเบาแต่สามารถรับน้ำหนักต่างๆที่จะนำมาดัดแปลงระหว่างการดัดแปลงได้ เมื่อแบตเตอรี่หมดก็สามารถปั่นได้ตามปกติ และมีเกียร์ช่วยในการผ่อนแรงในการปั่น

3.3 กระบวนการหาจุด CG รถจักรยาน

สมการที่ใช้หาจุด CG มีดังนี้

แนวแกน x

$$\sum M_g = 0 \; ; \; (F_A \cdot b) - (W \cdot \bar{x}) = 0$$

แนวแกน y

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{A-a}{b}\right)$$

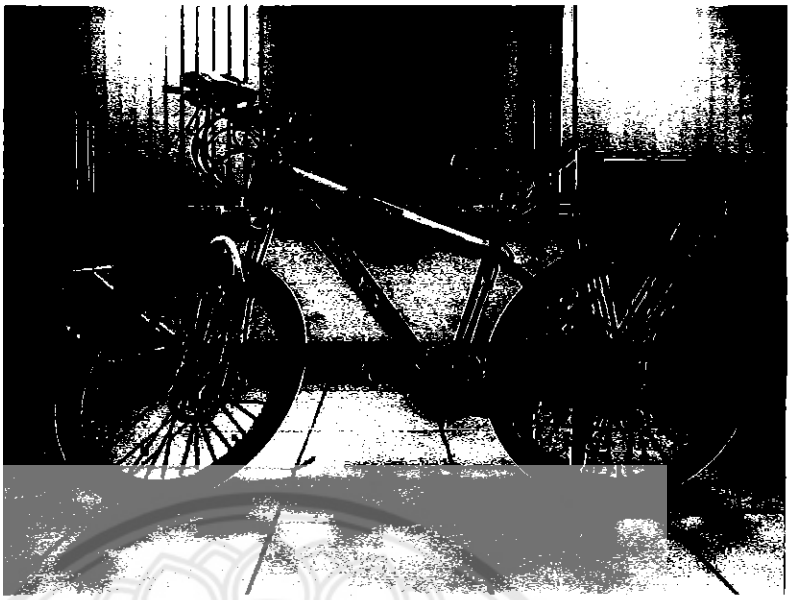
$$\sum M_g = 0 \; ; \; F_A \cdot (b\cos\theta) - W\cos\theta \cdot (\bar{x}) - W\sin\theta \cdot y_1 = 0$$

$$\bar{y} = y_1 + a$$

3.3.1 หาจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลง

รูปที่ 3.1 จักรยานเสือภูเขาก่อนดัดแปลง

3.3.2 หาจุด CG จักรยานหลังดัดแปลง



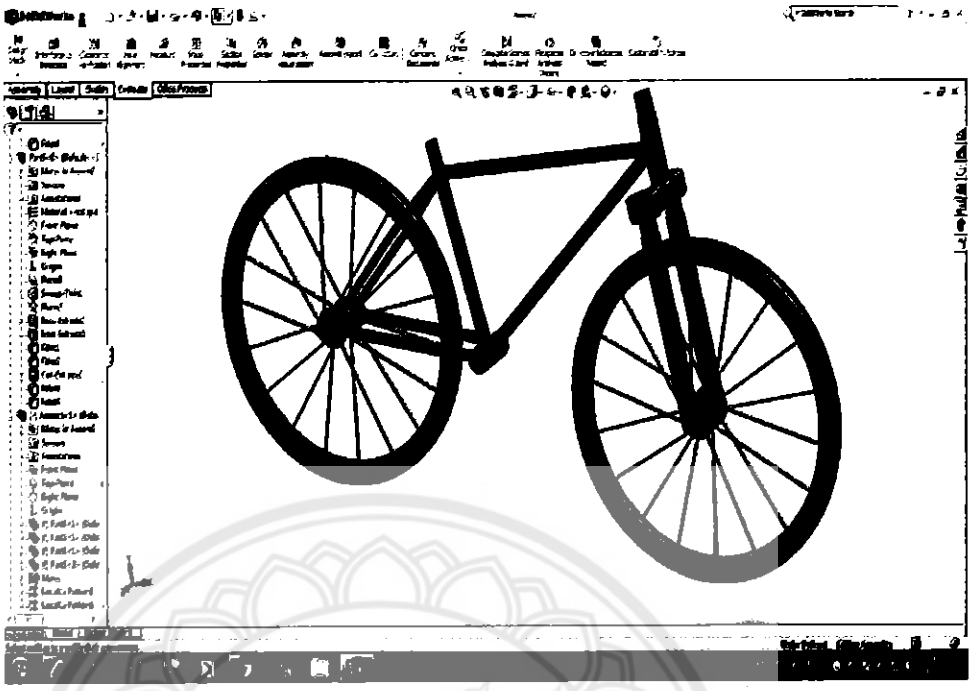
รูปที่ 3.2 จักรยานเสือภูเขาหลังดัดแปลง

3.4 วิธีการทดลอง

1. วัดระยะต่างๆของจักรยาน (mm)

รูปที่ 3.3 วัดระยะต่างๆของจักรยาน

2. นำไปวาดในโปรแกรม solid works



รูปที่ 3.4 วาดแบบจักรยานในโปรแกรม solid works

3. ชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ที่จะนำมาดัดแปลงในจักรยาน

รูปที่ 3.5 ชั่งน้ำหนักอุปกรณ์ที่จะนำมาดัดแปลงในจักรยาน

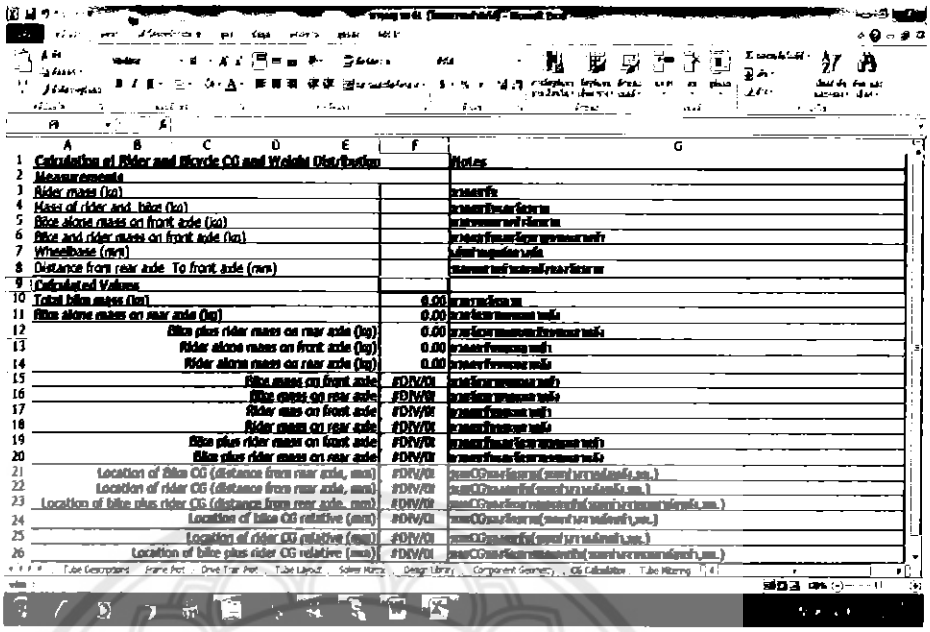
4. ชั่งน้ำหนักที่เพลาหน้าเพื่อหาจุด CG ในแนวแกน x

รูปที่ 3.6 ชั่งน้ำหนักเพลาหน้าเพื่อหาจุด CG ในแนวแกน x

5. ชั่งน้ำหนักที่เพลาหน้ายกล้อหลังขึ้น 700 mm เพื่อหาจุด CG ในแนวแกน y

รูปที่ 3.7 ชั่งน้ำหนักเพลาหน้ายกล้อหลังขึ้น 700 mm เพื่อหาจุด CG ในแนวแกน y

6. นำค่าที่ได้จากการทดลองใส่ในโปรแกรม CG Calculator



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)						
4	Mass of rider and bike (kg)						
5	Bike alone mass on front axle (kg)						
6	Bike and rider mass on front axle (kg)						
7	Wheelbase (mm)						
8	Distance from rear axle To front axle (mm)						
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					0.00	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					0.00	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					0.00	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					0.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					0.00	
15	Bike mass on front axle					#DIV/0!	
16	Bike mass on rear axle					#DIV/0!	
17	Rider mass on front axle					#DIV/0!	
18	Rider mass on rear axle					#DIV/0!	
19	Bike plus rider mass on front axle					#DIV/0!	
20	Bike plus rider mass on rear axle					#DIV/0!	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
24	Location of bike CG relative (mm)					#DIV/0!	
25	Location of rider CG relative (mm)					#DIV/0!	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					#DIV/0!	

รูปที่ 3.8 โปรแกรม CG Calculator

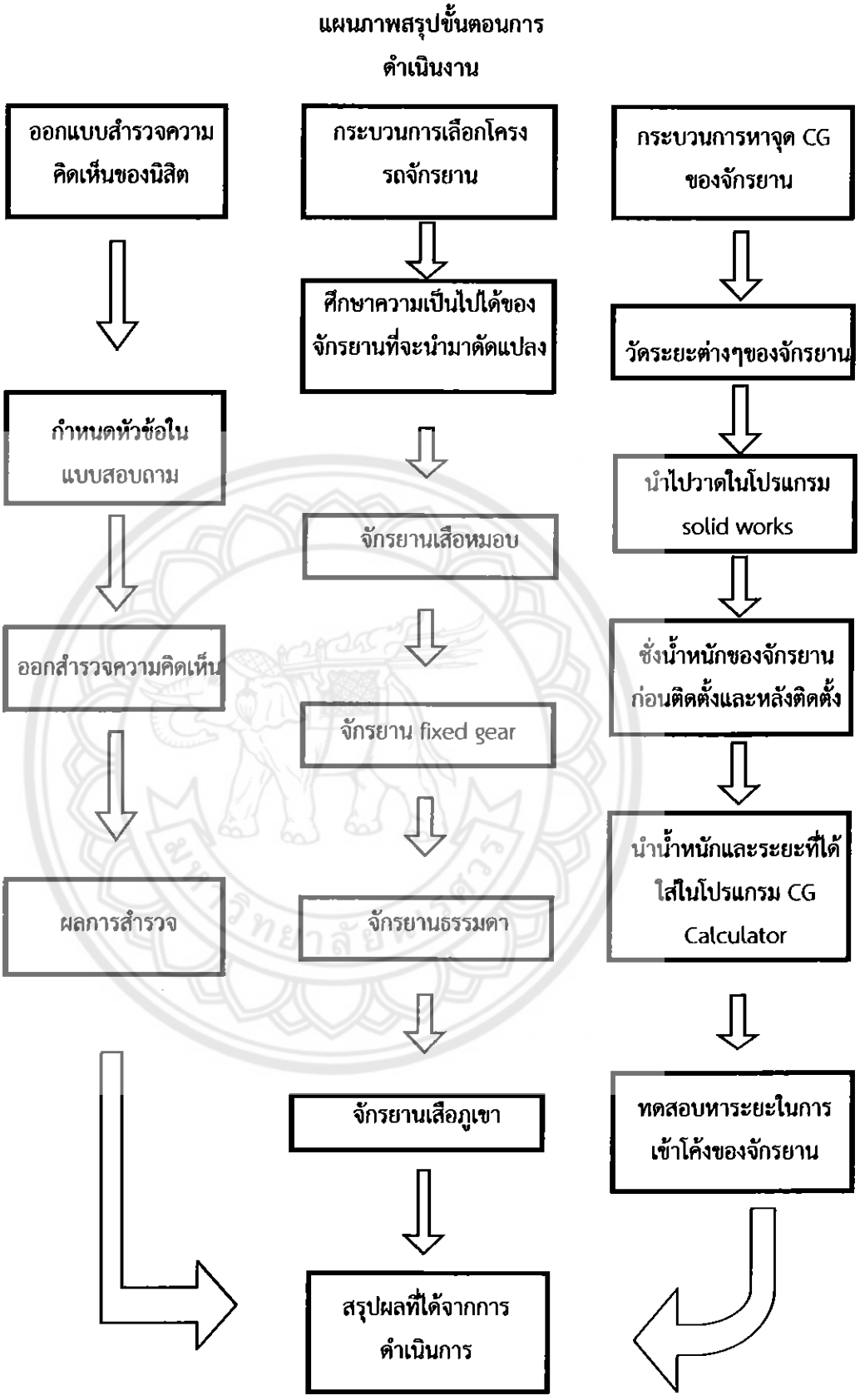
7. ทดสอบหาระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานโดยการขับเป็นวงกลม

วิธีการทดสอบการเข้าโค้งของรถจักรยาน ดัดแปลงมาจากการทดสอบการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ Big bike ของ Yamaha ที่มีสนามทดสอบเป็นโค้งรูปแบบต่างๆ

รูปที่ 3.9 สนามทดสอบการขับขี่ของบริษัท Yamaha

โดยมีวิธีการทดสอบคือ ขับจักรยานเป็นรูปวงกลมโดยมีกรวยเป็นจุดศูนย์กลาง และใช้ความเร็วที่ 5, 10, 15 และ 20 km/hr เพื่อหาระยะรัศมีของการเข้าโค้ง

รูปที่ 3.10 หาระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานโดยการขับเป็นวงกลม



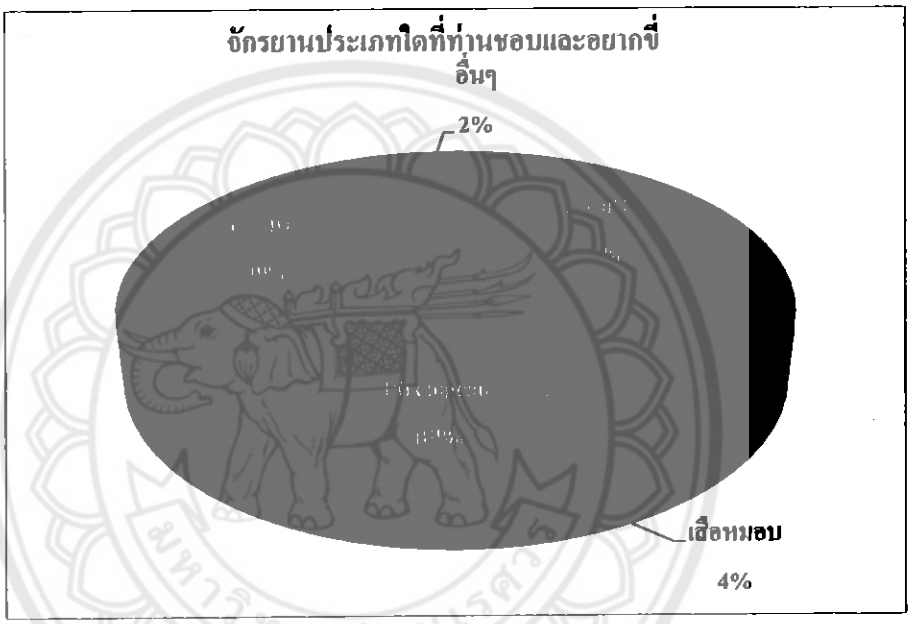
รูปที่ 3.11 แผนภาพสรุปขั้นตอนการดำเนินงาน

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลการออกสำรวจความคิดเห็นความชอบจักรยาน

4.1.1 จักรยานประเภทใดที่ท่านชอบและอยากขี่

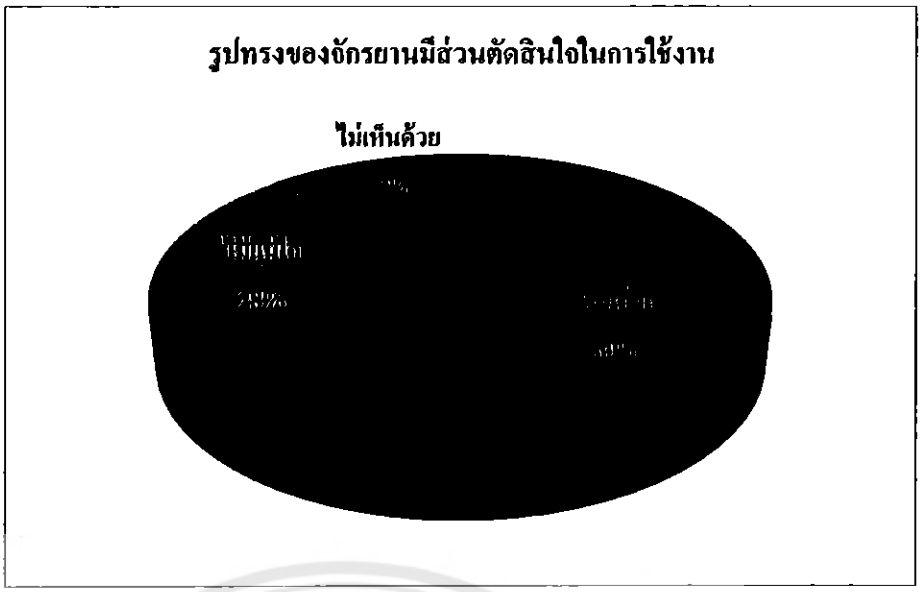
โดยทำการสุ่มสำรวจความคิดเห็นนิสิตภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 100 คน และสามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ พบว่า นิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรส่วนใหญ่ชอบจักรยานเสือภูเขา มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 41 จักรยานธรรมดาร้อยละ 39 จักรยาน Fixed gear ร้อยละ 14 จักรยานเสือหมอบร้อยละ 4 และอื่นๆ ร้อยละ 2 ตามลำดับ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความชอบจักรยานของนิสิต

4.1.2 รูปทรงของจักรยานมีส่วนตัดสินใจในการใช้งาน

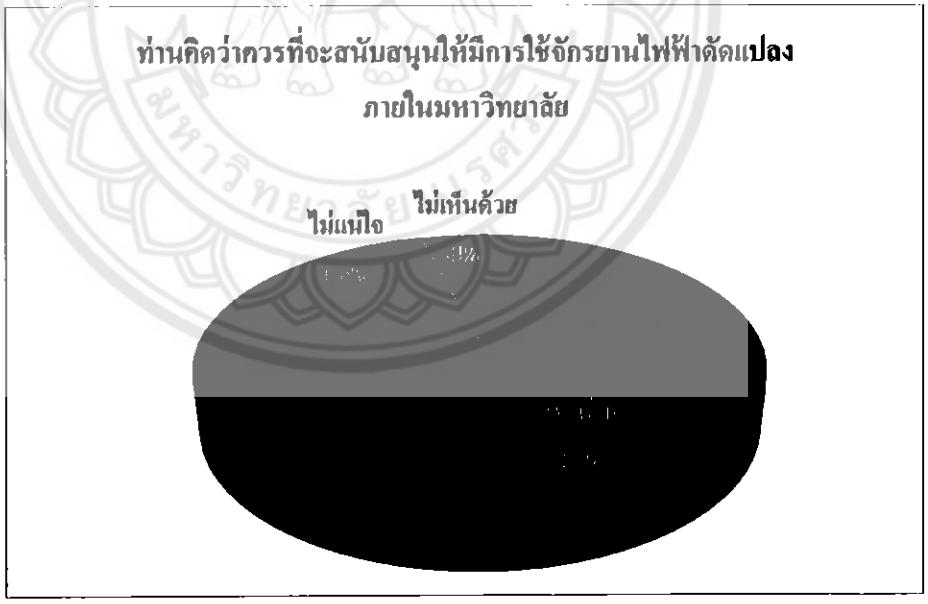
จากการสุ่มสำรวจความคิดเห็นนิสิตภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวน 100 คน ในหัวข้อรูปทรงของจักรยานมีส่วนตัดสินใจในการใช้งาน เนื่องจากว่ารูปทรงของจักรยานมีความหลากหลายและความเหมาะสมในการเลือกใช้งานในแต่ล่ะประเภทแตกต่างกัน และเพศชายกับเพศหญิงก็ยังมีส่วนในการตัดสินใจเลือกรูปทรงของจักรยานให้เหมาะสมตามเพศและวัยของตัวเองดังนั้น จากการสุ่มสำรวจจึงพบว่าร้อยละ 60 มีความเห็นด้วย ร้อยละ 28 ไม่แน่ใจและร้อยล่ะ 12 ไม่เห็นด้วย ตามลำดับ จะได้กราฟดังรูปที 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความคิดเห็นรูปทรงของจักรยานมีส่วนตัดสินใจในการใช้งาน

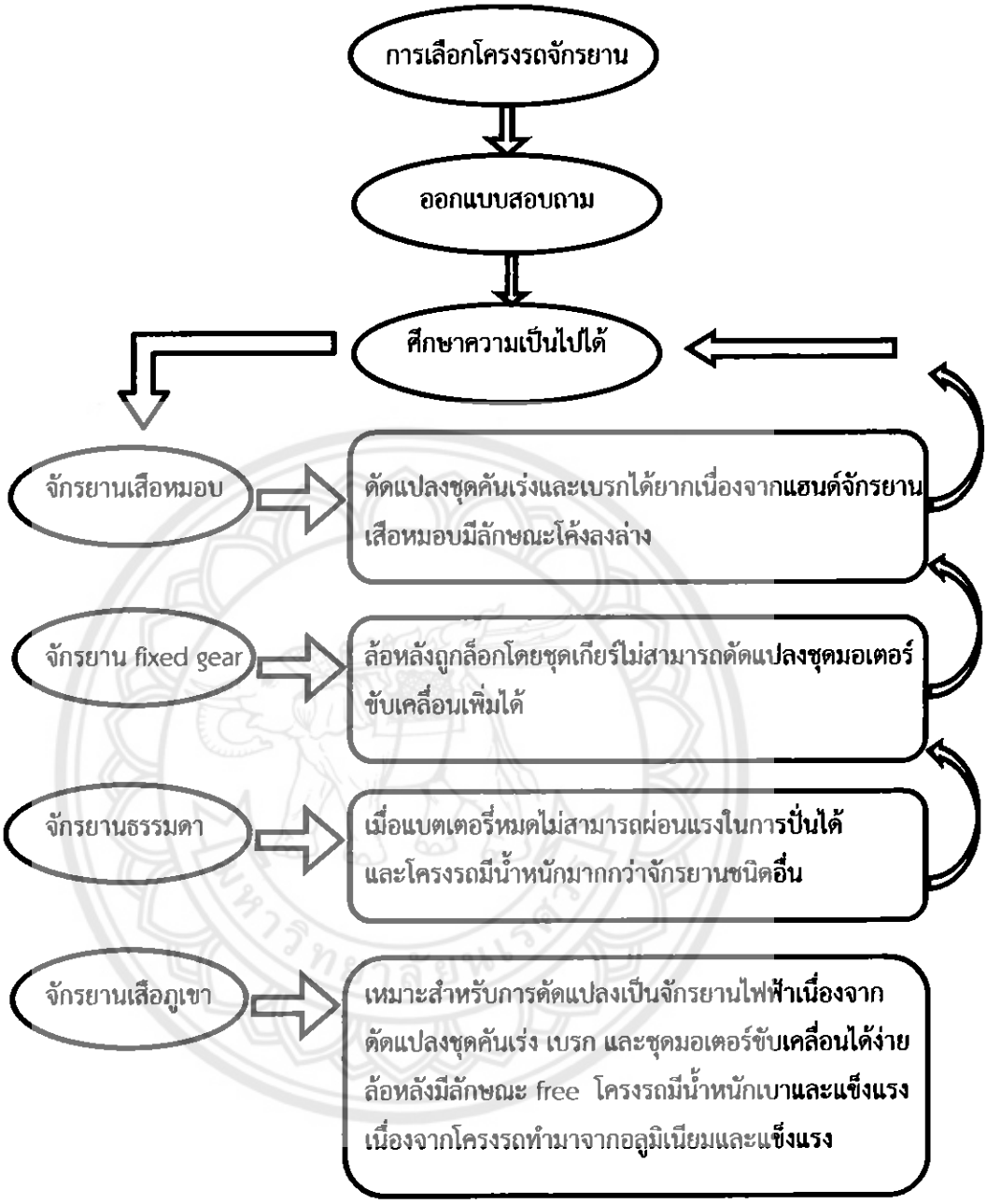
4.1.3 ท่านคิดว่าควรที่จะสนับสนุนให้มีการใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลงภายในมหาวิทยาลัย

ผลจากการสุ่มสำรวจพบว่านิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรร้อยละ 81 มีความเห็นด้วยให้มีการใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลงในมหาวิทยาลัยเนื่องจากช่วยประหยัดพลังงาน ช่วยให้การจราจรภายในมหาวิทยาลัยคล้องตัวขึ้นและส่งผลดีต่อสภาพแวดล้อม นิสิตร้อยละ 15 มีความไม่แน่ใจ และร้อยละ 4 ไม่เห็นด้วยจะได้กราฟดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความคิดเห็นว่าควรที่จะสนับสนุนให้มีการใช้จักรยานไฟฟ้าดัดแปลง

4.2 กระบวนการการเลือกโครงรถจักรยาน

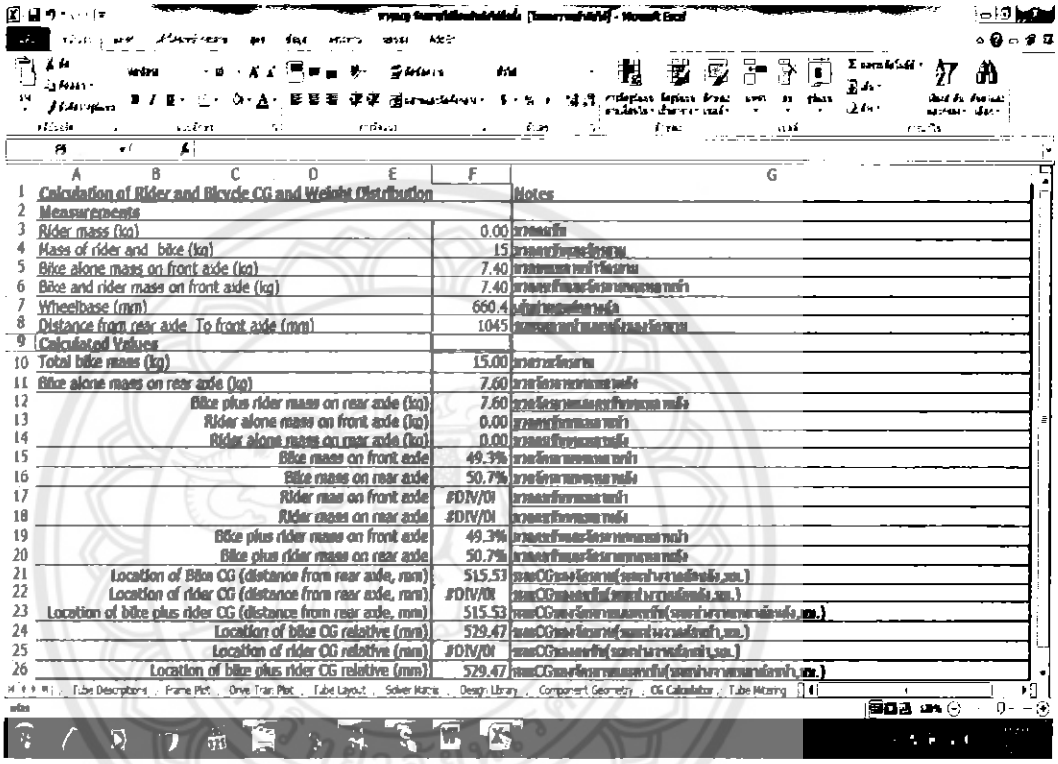


รูปที่ 4.4 ขั้นตอนในการเลือกโครงรถจักรยาน

4.3 ผลการหาจุด CG ของจักรยาน

4.3.1 หาจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลง ไม่มีคนขับ

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 15 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 7.4 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 0 กิโลกรัม



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					0.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					15	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					7.40	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					7.40	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					15.00	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					7.60	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					7.60	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					0.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					0.00	
15	Bike mass on front axle					49.3%	
16	Bike mass on rear axle					50.7%	
17	Rider mass on front axle					#DIV/0!	
18	Rider mass on rear axle					#DIV/0!	
19	Bike plus rider mass on front axle					49.3%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					50.7%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					515.53	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					515.53	
24	Location of bike CG relative (mm)					529.47	
25	Location of rider CG relative (mm)					#DIV/0!	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					529.47	

รูปที่ 4.5 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator

แนวแกน x

จากสมการ $\sum M_g = 0 \; ; \; (F_A \cdot b) - (W \cdot \bar{x}) = 0$

แทนค่าจะได้ $\sum M_g = 0 \; ; \; (7.40 \cdot 1045) - (15 \cdot \bar{x}) = 0$

$\bar{x} = 515.53 \; mm.$

แนวแกน y

จากสมการ

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{A-a}{b}\right)$$

$$\sum M_g = 0 \; ; \; F_A \cdot (b\cos\theta) - W\cos\theta \cdot (\bar{x}) - W\sin\theta \cdot y_1 = 0$$

$$\bar{y} = y_1 + a$$

แทนค่าจะได้

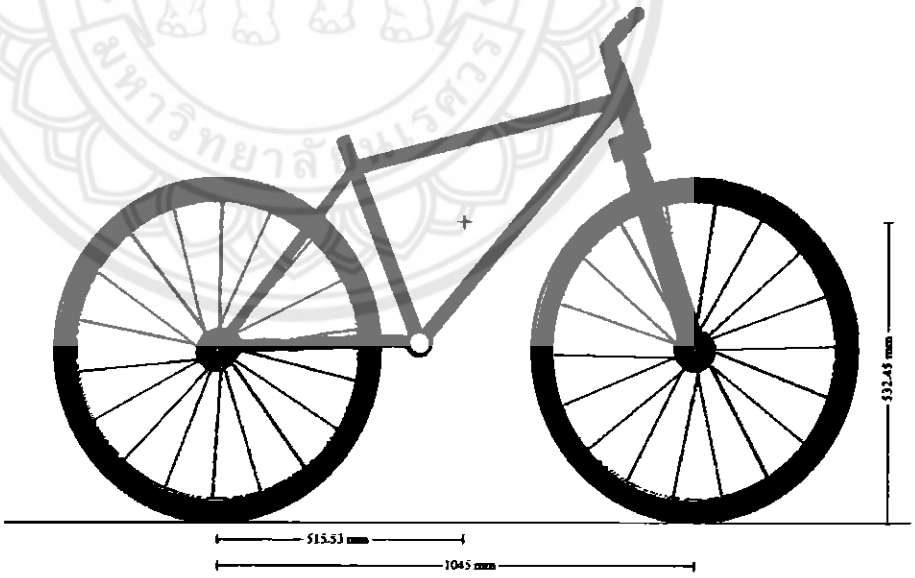
$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{700-330}{1045}\right) = 20.74^{\circ}$$

$$\sum M_g = 0 \; ; \; 8.5 \cdot (1045\cos 20.74^{\circ}) - 15\cos 20.74^{\circ} \cdot (515.53) - 15\sin 20.74^{\circ} \cdot y_1 = 0$$

$$y_1 = 202.45 \; mm.$$

$$\bar{y} = 202.46 + 330 = 532.45 \; mm.$$

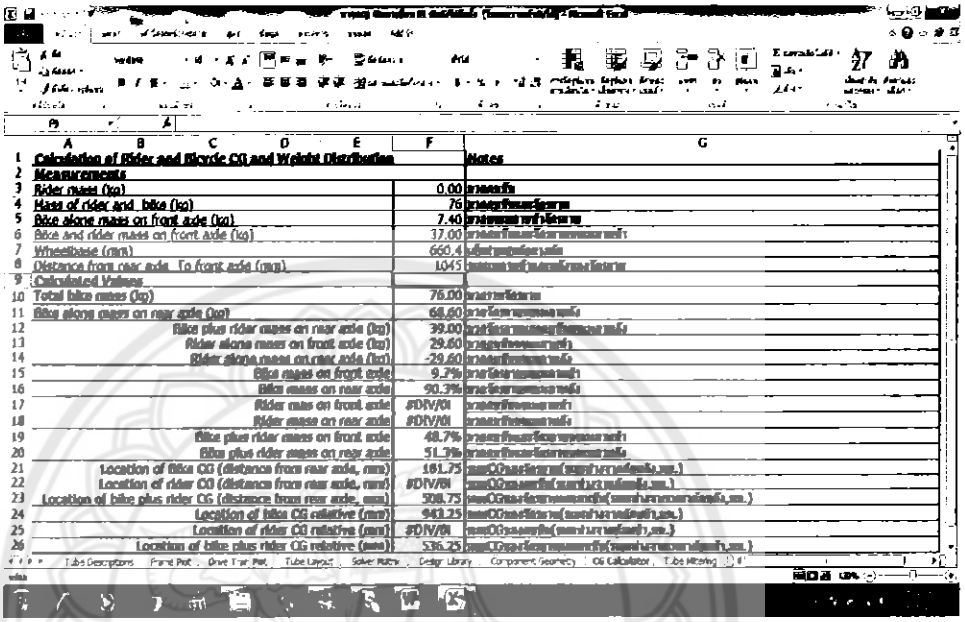
ให้ค่า $\bar{y}$ เป็นค่าคงที่สำหรับใช้ในการหาตำแหน่งจุด CG ในแนวแกน Y ในกรณี**ที่มีคนขับ**



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและไม่มีคนขับ

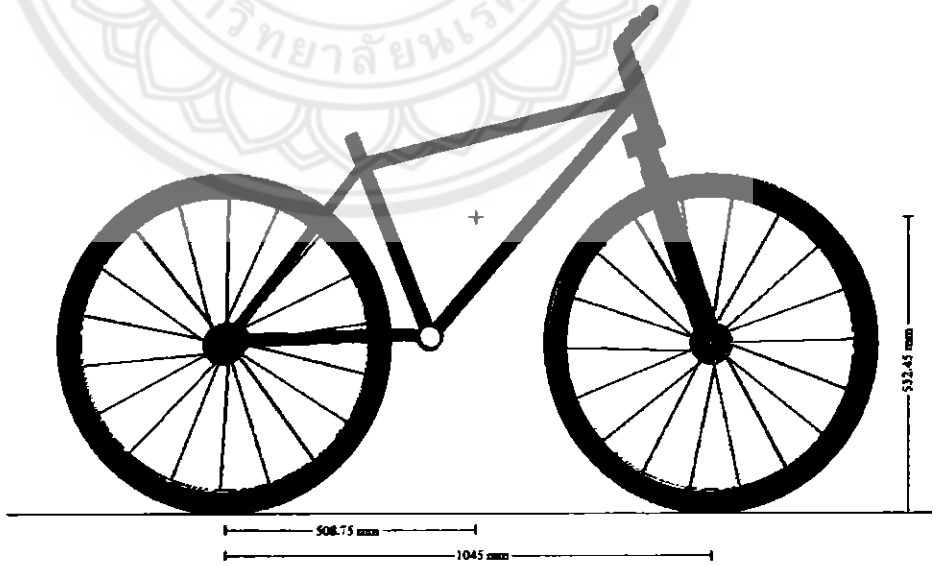
4.3.2 หาจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลง มีคนขับน้ำหนัก 61 กิโลกรัม

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 76 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 76 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 0 กิโลกรัม



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					0.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					76	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					7.40	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					37.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					76.00	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					68.60	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					39.00	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					29.60	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					-29.60	
15	Bike mass on front axle					9.7%	
16	Bike mass on rear axle					90.3%	
17	Rider mas on front axle					#DIV/0!	
18	Rider mass on rear axle					#DIV/0!	
19	Bike plus rider mass on front axle					48.7%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					51.3%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					181.75	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					508.75	
24	Location of bike CG relative (mm)					943.25	
25	Location of rider CG relative (mm)					#DIV/0!	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					536.25	

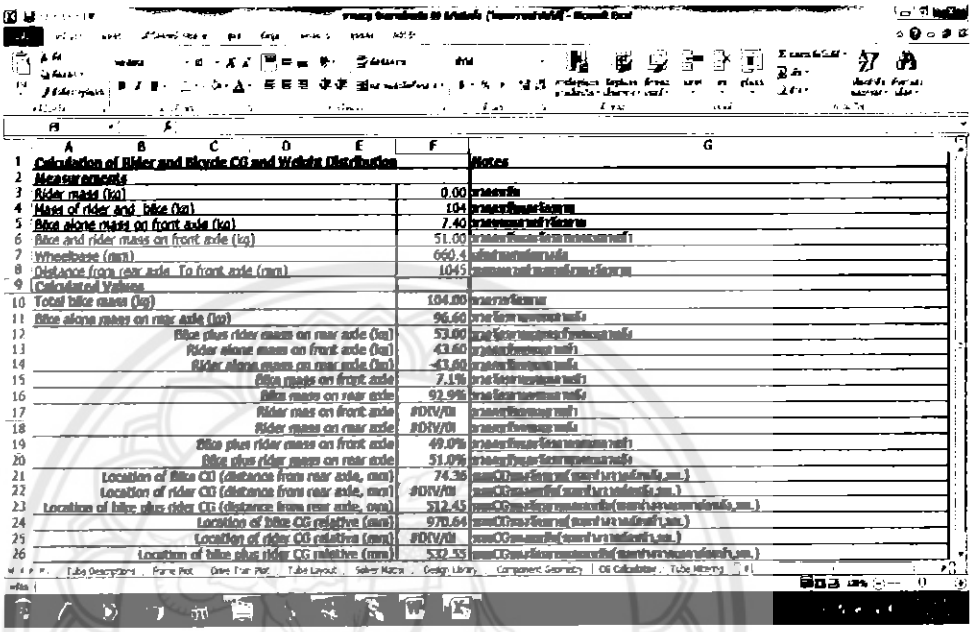
รูปที่ 4.7 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 61 กิโลกรัม

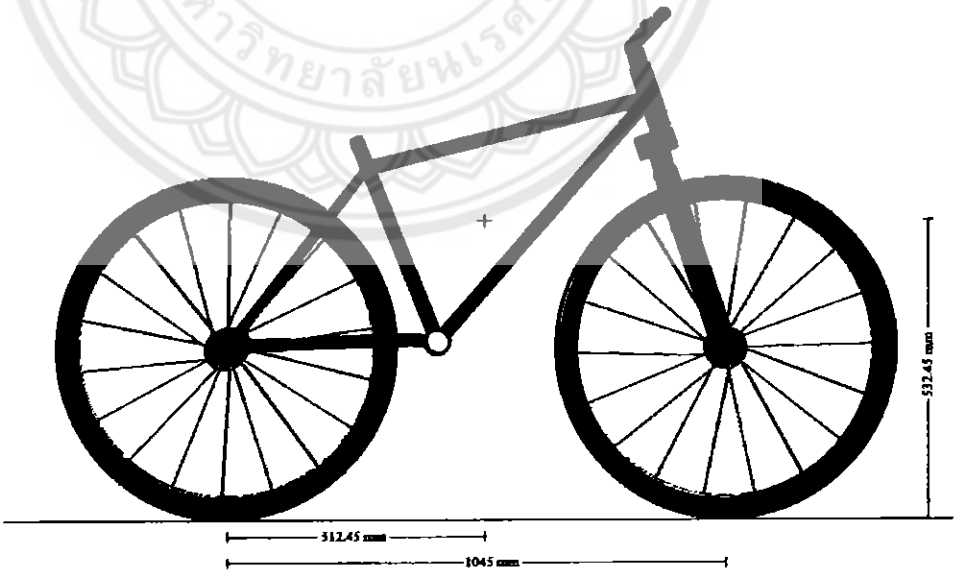
4.3.3 หาจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลง มีคนขับน้ำหนัก 89 กิโลกรัม

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 104 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 104 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 89 กิโลกรัม



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					0.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					104	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					7.40	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					51.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					104.00	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					96.60	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					53.00	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					43.60	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					43.60	
15	Bike mass on front axle					7.1%	
16	Bike mass on rear axle					92.9%	
17	Rider mass on front axle					#DIV/0!	
18	Rider mass on rear axle					#DIV/0!	
19	Bike plus rider mass on front axle					49.0%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					51.0%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					74.36	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					512.45	
24	Location of Bike CG relative (mm)					970.64	
25	Location of rider CG relative (mm)					#DIV/0!	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					532.55	

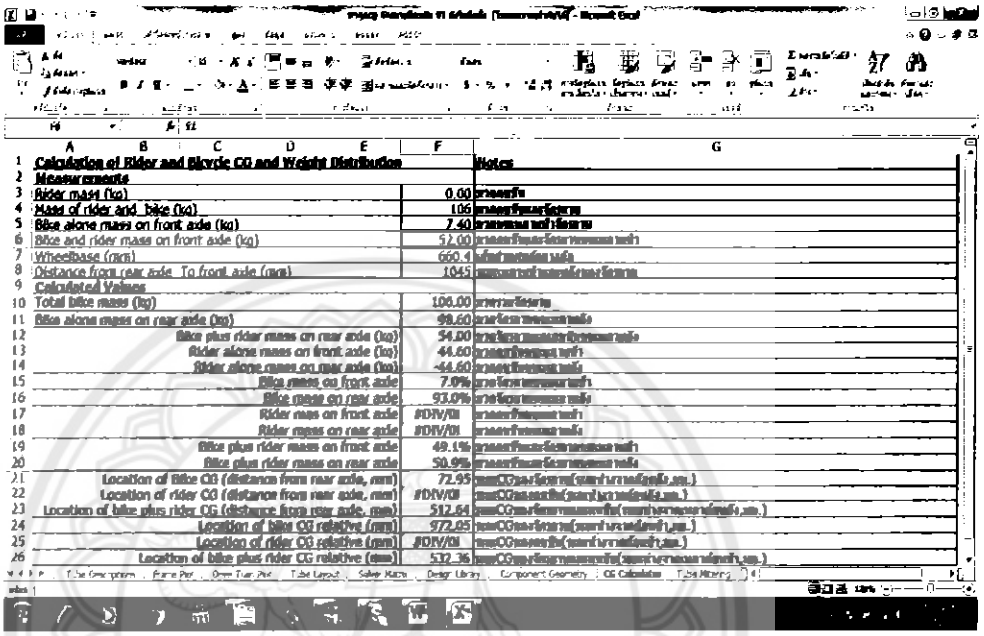
รูปที่ 4.9 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator



รูปที่ 4.10 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 89 กิโลกรัม

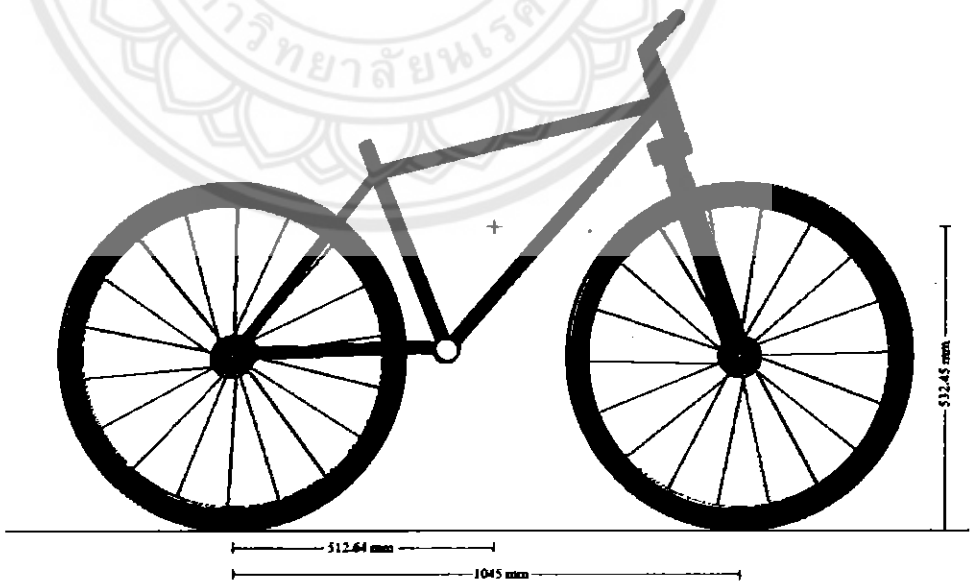
4.3.4 หาจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลง มีคนขับน้ำหนัก 91 กิโลกรัม

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 106 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 106 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 91 กิโลกรัม



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					0.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					106	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					7.40	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					52.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					106.00	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					98.60	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					54.00	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					44.60	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					-44.60	
15	Bike mass on front axle					7.0%	
16	Bike mass on rear axle					93.0%	
17	Rider mass on front axle					#DIV/0!	
18	Rider mass on rear axle					#DIV/0!	
19	Bike plus rider mass on front axle					49.1%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					50.9%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					72.95	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					512.64	
24	Location of bike CG relative (mm)					972.05	
25	Location of rider CG relative (mm)					#DIV/0!	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					532.36	

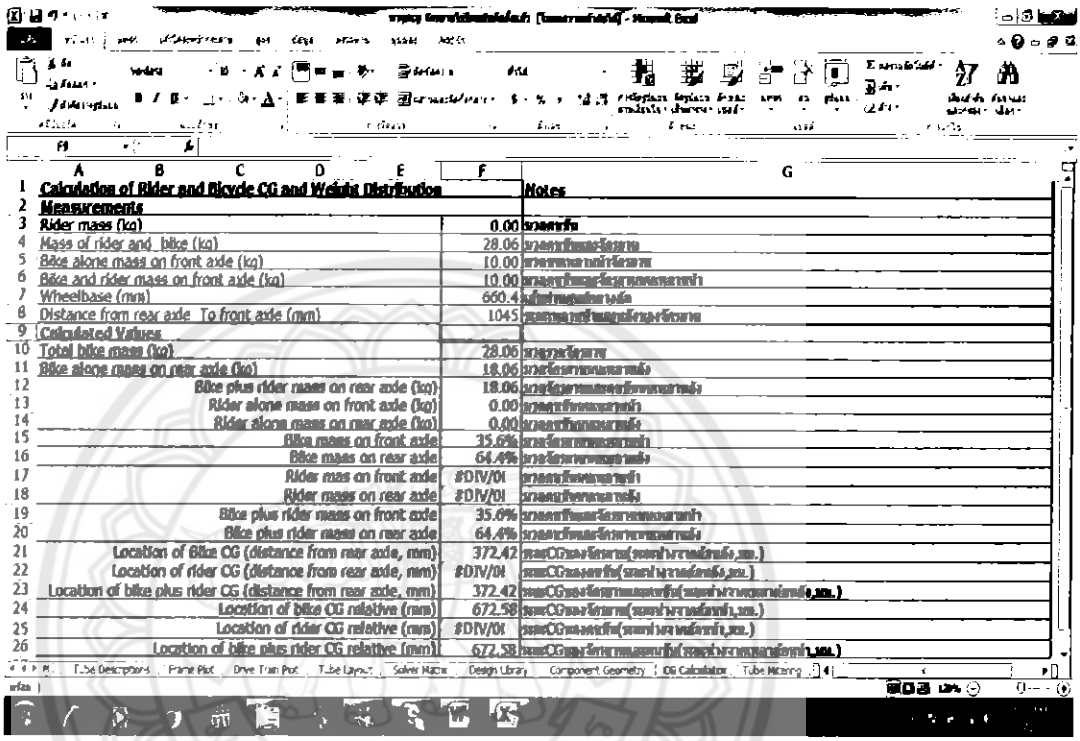
รูปที่ 4.11 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งจุด CG จักรยานก่อนดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 91 กิโลกรัม

4.3.5 หาจุด CG จักรยานหลังดัดแปลง ไม่มีคนขับ

- น้ำหนักรวมของจักรยาน 28.06 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 10 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 0 กิโลกรัม



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					0.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					28.06	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					10.00	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					10.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					28.06	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					18.06	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					18.06	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					0.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					0.00	
15	Bike mass on front axle					35.6%	
16	Bike mass on rear axle					64.4%	
17	Rider mas on front axle					#DIV/0!	
18	Rider mass on rear axle					#DIV/0!	
19	Bike plus rider mass on front axle					35.6%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					64.4%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					372.42	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					#DIV/0!	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					372.42	
24	Location of Bike CG relative (mm)					672.58	
25	Location of rider CG relative (mm)					#DIV/0!	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					672.58	

รูปที่ 4.13 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator

แนวแกน x

จากสมการ $\sum M_g = 0 \; ; \; (F_A \cdot b) - (W \cdot \bar{x}) = 0$

แทนค่าจะได้ $\sum M_g = 0 \; ; \; (10 \cdot 1045) - (28.06 \cdot \bar{x}) = 0$

$\bar{x} = 372.42 \; mm.$

แนวแกน y

จากสมการ $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{A-a}{b}\right)$

$$\sum M_g = 0 \; ; \; F_A \cdot (b\cos\theta) - W\cos\theta \cdot (\bar{x}) - W\sin\theta \cdot y_1 = 0$$

$$\bar{y} = y_1 + a$$

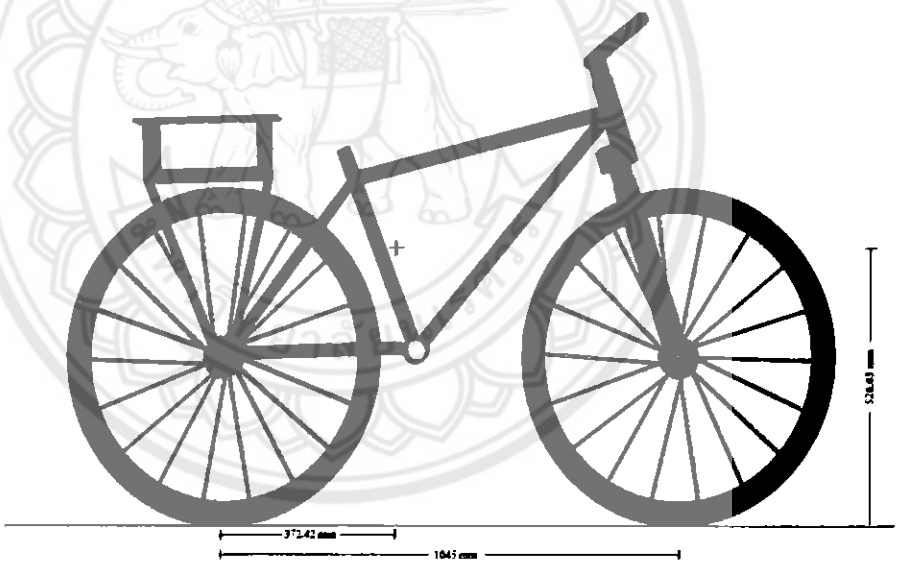
แทนค่าจะได้ $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{700-330}{1045}\right) = 20.74°$

$$\sum M_g = 0 \; ; 12\cdot(1045\cos 20.74°) - 28.06\cos 20.74°\cdot(372.42)$$
$$-28.06\sin 20.74°\cdot y_1 = 0 \quad ;$$

$y_1 = 196.63 \; mm.$

$\bar{y} = 196.63 + 330 = 526.63 \; mm.$

ให้ค่า $\bar{y}$ เป็นค่าคงที่สำหรับใช้ในการหาตำแหน่งจุด CG ในแนวแกน Y ในกรณี**ที่มีคนขับ**



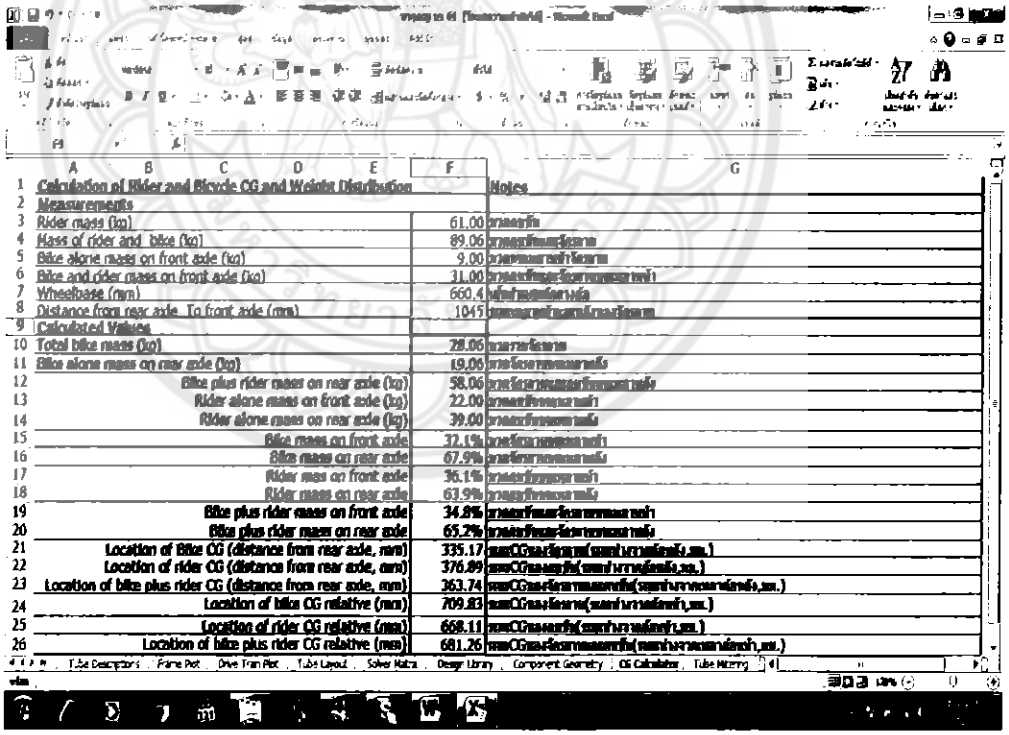
รูปที่ 4.14 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและไม่มีคนขับ

1600 4156
วิ.ด.
ธ 666 ร
2554

4.3.6 หาจุด CG จักรยานหลังดัดแปลง มีคนขับน้ำหนัก 61 กิโลกรัม

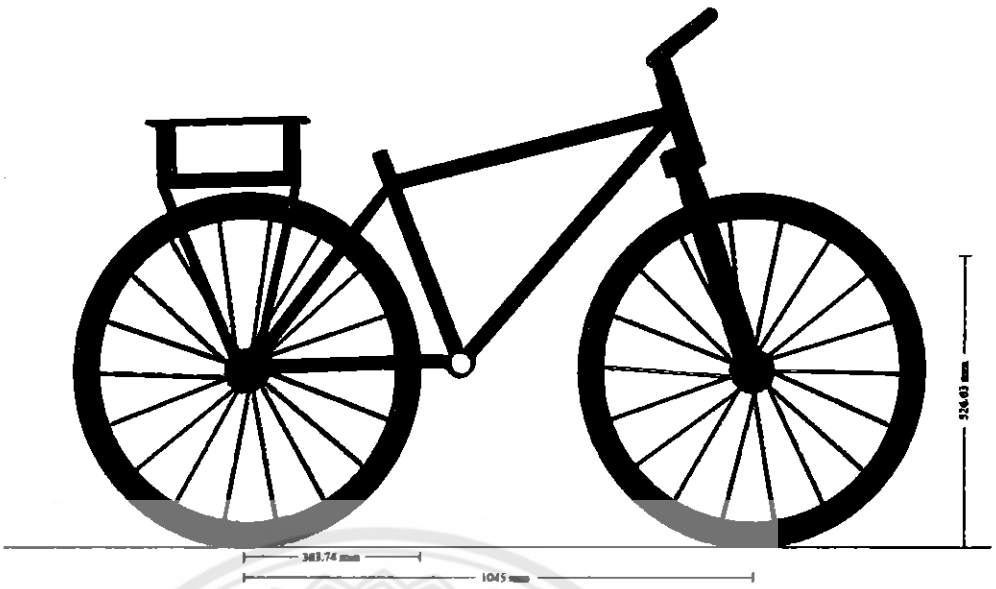
- น้ำหนักรวมของจักรยาน 89.06 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 10 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 61 กิโลกรัม

รูปที่ 4.15 ชั่งน้ำหนักส่วนหน้าของจักรยานและน้ำหนักที่ได้



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					61.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					89.06	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					9.00	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					31.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					28.06	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					19.06	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					58.06	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					22.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					39.00	
15	Bike mass on front axle					32.1%	
16	Bike mass on rear axle					67.9%	
17	Rider mas on front axle					36.1%	
18	Rider mass on rear axle					63.9%	
19	Bike plus rider mass on front axle					34.8%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					65.2%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					335.17	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					376.89	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					363.74	
24	Location of bike CG relative (mm)					709.83	
25	Location of rider CG relative (mm)					668.11	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					681.26	

รูปที่ 4.16 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator

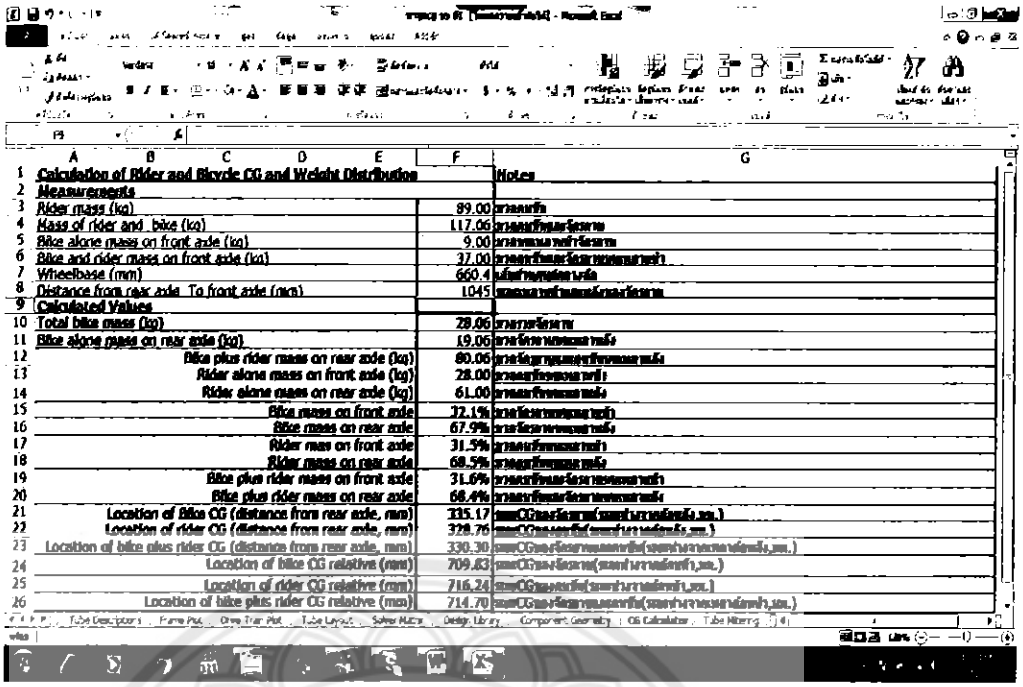


รูปที่ 4.17 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 61 กิโลกรัม

4.3.7 หาจุด CG จักรยานหลังดัดแปลง มีคนขับน้ำหนัก 89 กิโลกรัม

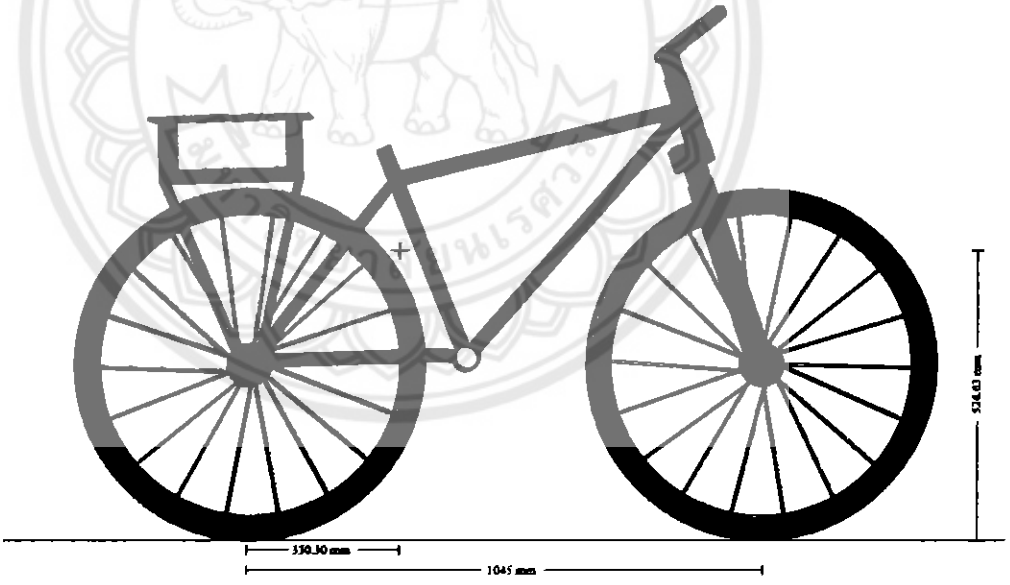
- น้ำหนักรวมของจักรยาน 117.06 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 37 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 89 กิโลกรัม

รูปที่ 4.18 ชั่งน้ำหนักส่วนหน้าของจักรยานและน้ำหนักที่ได้



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					89.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					117.06	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					9.00	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					37.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					28.06	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					19.06	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					80.06	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					28.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					61.00	
15	Bike mass on front axle					32.1%	
16	Bike mass on rear axle					67.9%	
17	Rider mas on front axle					31.5%	
18	Rider mass on rear axle					68.5%	
19	Bike plus rider mass on front axle					31.6%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					68.4%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					335.17	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					328.76	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					330.30	
24	Location of bike CG relative (mm)					709.83	
25	Location of rider CG relative (mm)					716.24	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					714.70	

รูปที่ 4.19 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator

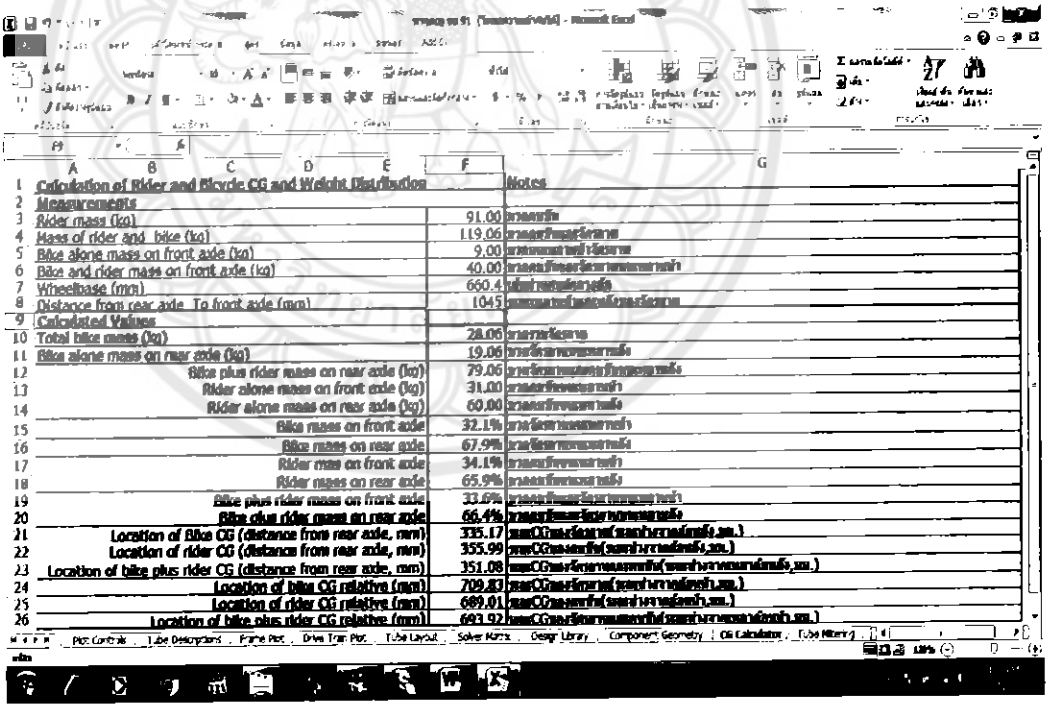


รูปที่ 4.20 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 89 กิโลกรัม

4.3.8 หาจุด CG จักรยานหลังดัดแปลง มีคนขับน้ำหนัก 91 กิโลกรัม

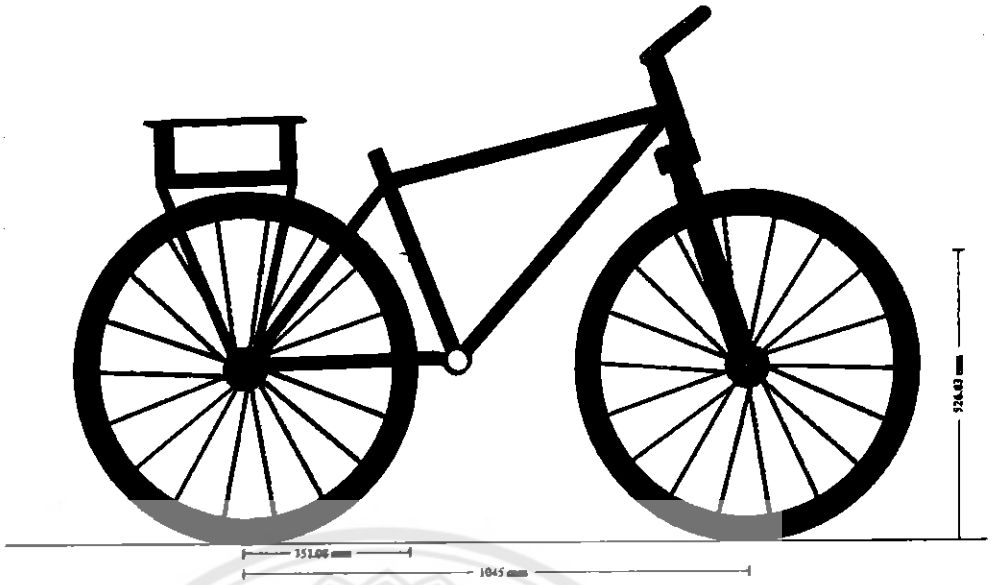
- น้ำหนักรวมของจักรยาน 119.06 กิโลกรัม
- น้ำหนักส่วนเพลาหน้ารถจักรยาน 40 กิโลกรัม
- ระยะเพลาหลังถึงเพลาหน้า 1045 มิลลิเมตร
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ 660.4 มิลลิเมตร
- มวลคนขับ 91 กิโลกรัม

รูปที่ 4.21 ชั่งน้ำหนักส่วนหน้าของจักรยานและน้ำหนักที่ได้



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					91.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					119.06	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					9.00	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					40.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					28.06	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					19.06	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					79.06	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					31.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					60.00	
15	Bike mass on front axle					32.1%	
16	Bike mass on rear axle					67.9%	
17	Rider mass on front axle					34.1%	
18	Rider mass on rear axle					65.9%	
19	Bike plus rider mass on front axle					33.6%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					66.4%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					335.17	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					355.99	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					351.08	
24	Location of Bike CG relative (mm)					709.83	
25	Location of rider CG relative (mm)					689.01	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					693.92	

รูปที่ 4.22 ผลการใส่ค่าลงในโปรแกรม CG Calculator



รูปที่ 4.23 ตำแหน่งจุด CG จักรยานหลังดัดแปลงและมีคนขับน้ำหนัก 91 กิโลกรัม

4.4 ผลการหาระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยาน

จากการทดลองหาระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานก่อนและหลังการดัดแปลงโดยการขับโค้งเป็นวงกลมและจักรยานที่มีคนขับน้ำหนัก 61, 89 และ 91 กิโลกรัมตามลำดับ จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ตารางระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานก่อนดัดแปลง

	ระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานก่อนการดัดแปลงหนัก 15 kg (m)			
	5 km/hr	10 km/hr	15 km/hr	20 km/hr
76 kg	1.20	3.30	5.40	8.70
104 kg	1.30	3.10	6.60	9.20
119.06 kg	1.20	2.80	6.80	10.10
เฉลี่ย	1.23	3.07	6.27	9.33

ตารางที่ 4.2 ตารางระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานหลังดัดแปลง

	ระยะรัศมีการเข้าโค้งของจักรยานหลังการดัดแปลงหนัก 28.06 kg			
	5 km/hr	10 km/hr	15 km/hr	20 km/hr
89.06 kg	1.40	3.80	6.20	8.75
117.06 kg	1.70	3.70	6.80	9.00
119.06 kg	2.10	3.85	7.20	10.25
เฉลี่ย	1.73	3.78	6.73	9.33

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1.1 วิเคราะห์จุด CG ของจักรยาน

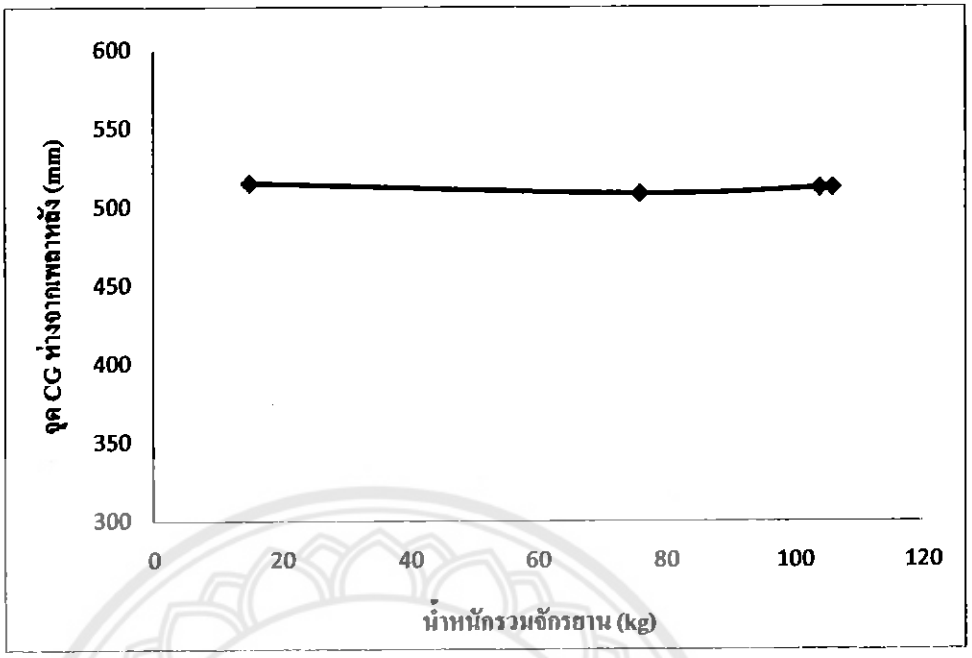
จากการทำการทดลองหาจุด CG ของจักรยานก่อนดัดแปลงและหลังดัดแปลงโดยใช้น้ำหนักของจักรยานเพียงอย่างเดียวและจักรยานที่มีคนขับน้ำหนัก 61, 89 และ 91 กิโลกรัมตามลำดับ โดยใช้โปรแกรม CG Calculator จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

ตารางที่ 5.1 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองก่อนดัดแปลง

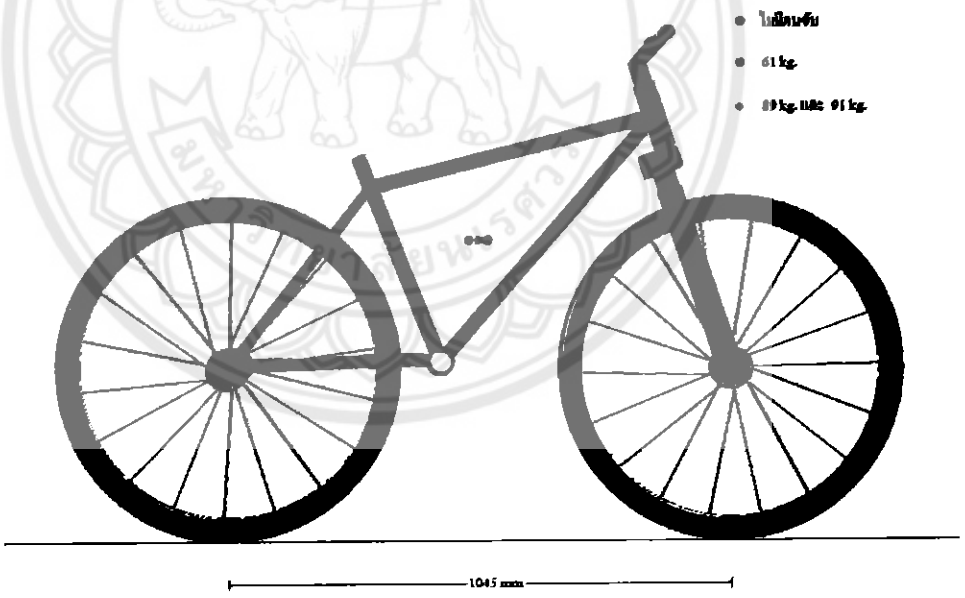
น้ำหนักรวมจักรยาน (kg)	จุด CG ห่างจากเพลาหลัง (mm)	มวลรวมที่เพลาหน้า (%)	มวลรวมที่เพลาหลัง (%)
15	515.53	49.3	50.7
76	508.75	48.7	51.3
104	512.45	49.0	51.0
106	512.64	49.1	50.9

ตารางที่ 5.2 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองหลังดัดแปลง

น้ำหนักรวมจักรยาน (kg)	จุด CG ห่างจากเพลาหลัง (mm)	มวลรวมที่เพลาหน้า (%)	มวลรวมที่เพลาหลัง (%)
28.06	372.42	35.6	64.4
89.06	363.74	34.8	65.2
117.06	330.30	31.6	68.4
119.06	351.08	33.6	66.4

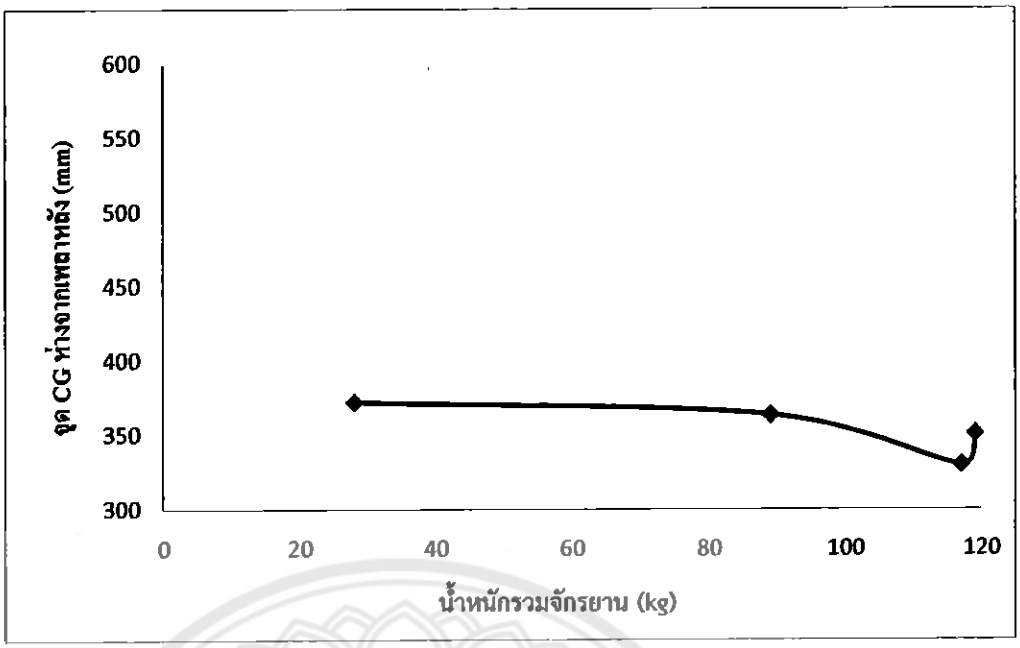


รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – ระยะ CG ก่อนดัดแปลง

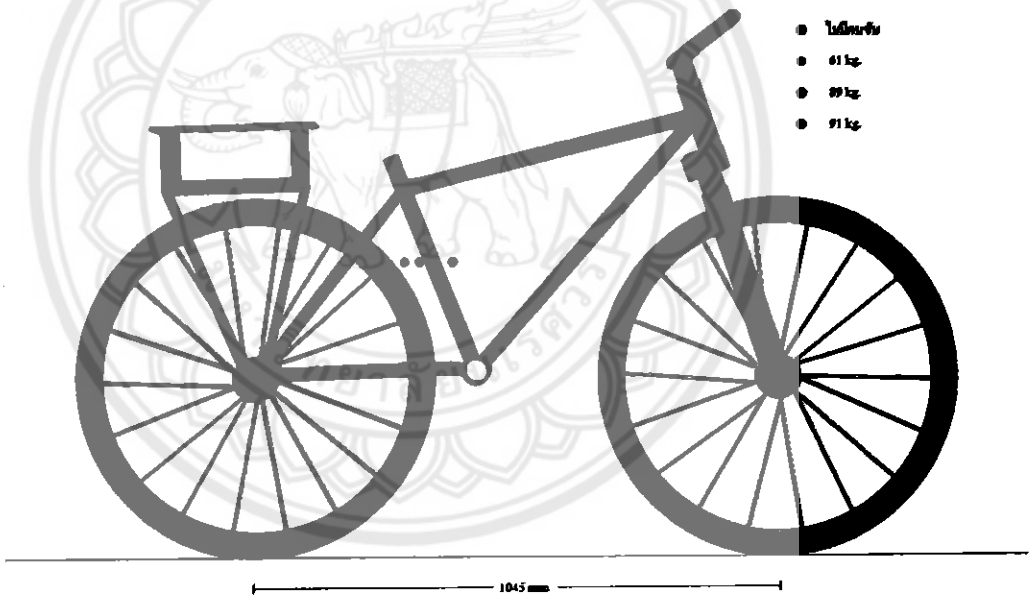


รูปที่ 5.2 แสดงจุด CG ของจักรยานก่อนการดัดแปลง

จากรูปที่ 5.1และ รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – ระยะ CG ก่อนดัดแปลง จะเห็นว่าระยะ CG จะอยู่ในช่วง 505 – 515 mm ซึ่งเป็นระยะประมาณกึ่งกลางของจักรยาน ดังนั้น จักรยานก่อนการดัดแปลงมีความสมดุลมาก

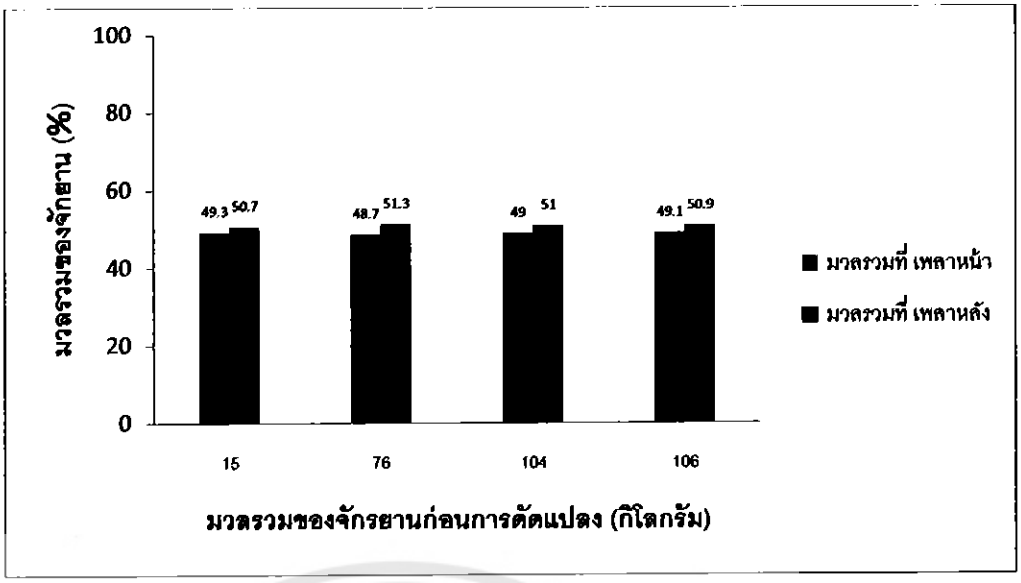


รูปที่ 5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – ระยะ CG หลังดัดแปลง



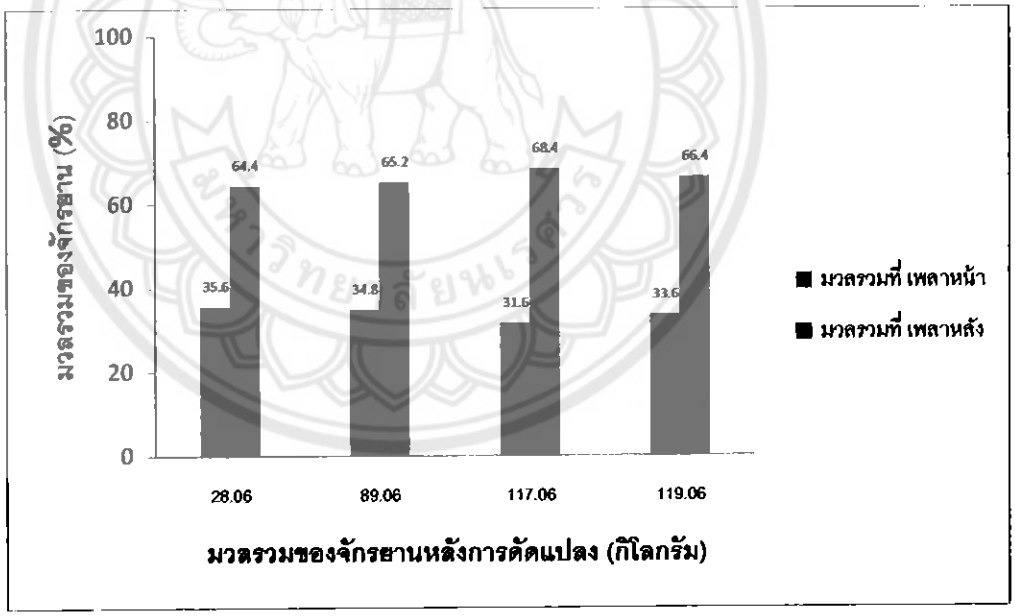
รูปที่ 5.4 แสดงจุด CG ของจักรยานหลังการดัดแปลง

จากรูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – ระยะ CG หลังดัดแปลงจะเห็นว่าระยะ CG จะอยู่ในช่วง 330 – 380 mm ซึ่งเป็นระยะที่ค่อนไปทางส่วนหลังของจักรยาน ดังนั้นจักรยานหลังการดัดแปลงมีน้ำหนักที่ส่วนหลังมาก สำหรับผลการทดสอบที่ผู้ขับขี่มีน้ำหนัก 89 กิโลกรัม มีตำแหน่งจุด CG ค่อนไปทางส่วนหลังมาก เนื่องจากผู้ขับขี่มีการเอนตัว น้ำหนักจึงมีการถ่ายเทไปที่ส่วนหลังของจักรยาน ผลที่ได้จึงมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย



รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – มวลรวมที่เพลาหน้าก่อนดัดแปลง

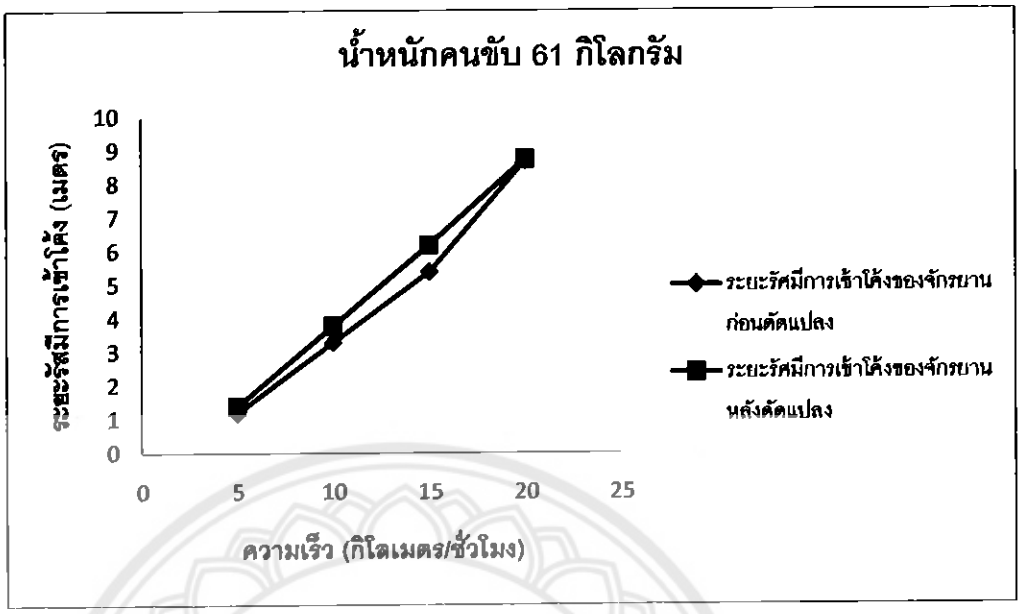
จากรูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – มวลรวมที่เพลาหน้าก่อนดัดแปลงจะเห็นว่าน้ำหนักมีการถ่ายเทไปที่เพลาหน้าโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 49 – 50 % ซึ่งเป็นน้ำหนักที่สมดุลกับน้ำหนักที่เพลาหลัง



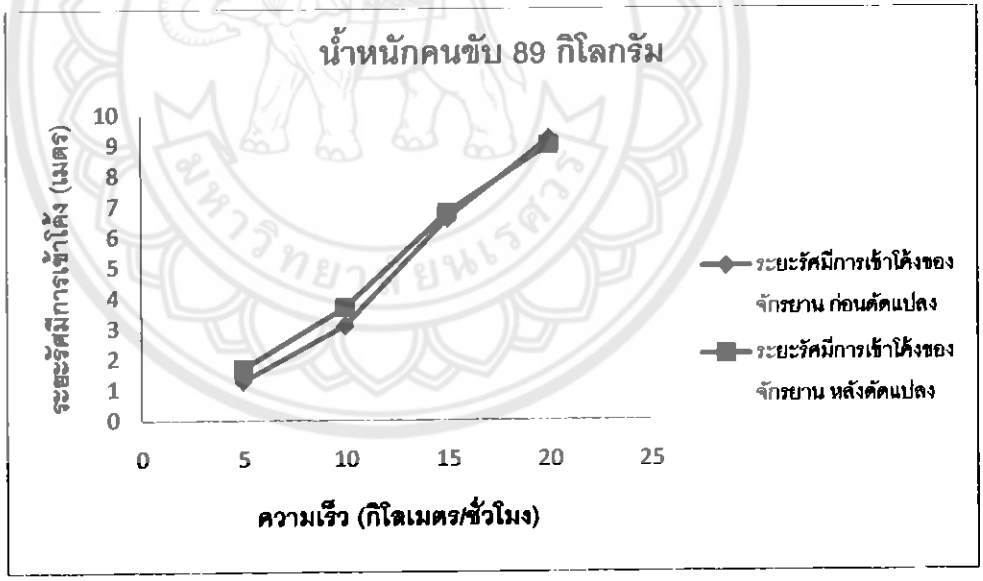
รูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – มวลรวมที่เพลาหน้าหลังดัดแปลง

จากรูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก – มวลรวมที่เพลาหน้าหลังดัดแปลงจะเห็นว่าน้ำหนักมีการถ่ายเทไปที่เพลาหน้าโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อยู่ที่ 30 - 35 % ซึ่งเป็นน้ำหนักที่ไม่สมดุลกับน้ำหนักที่เพลาหลัง

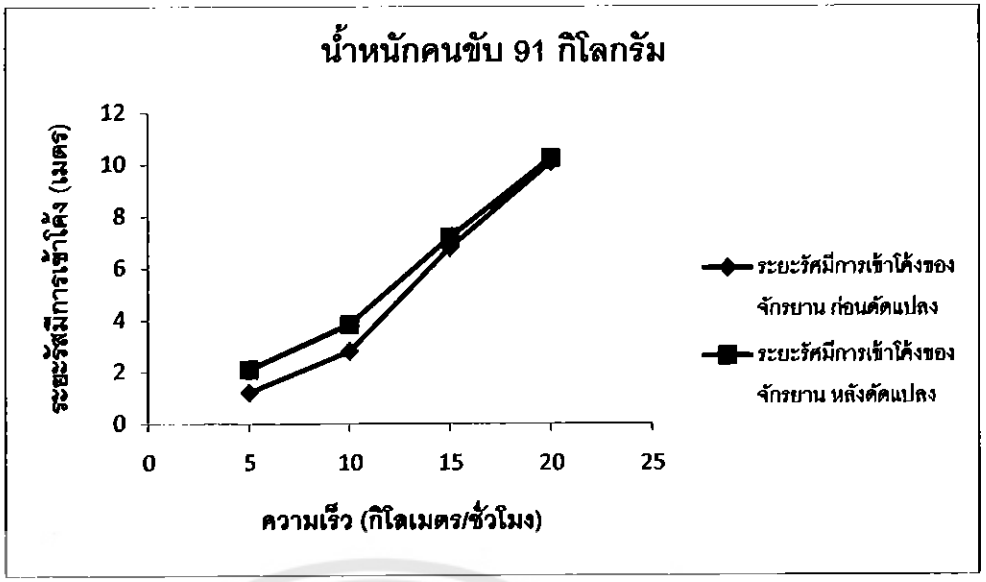
5.1.2 ผลทดสอบหารัศมีการเข้าโค้งของจักรยาน



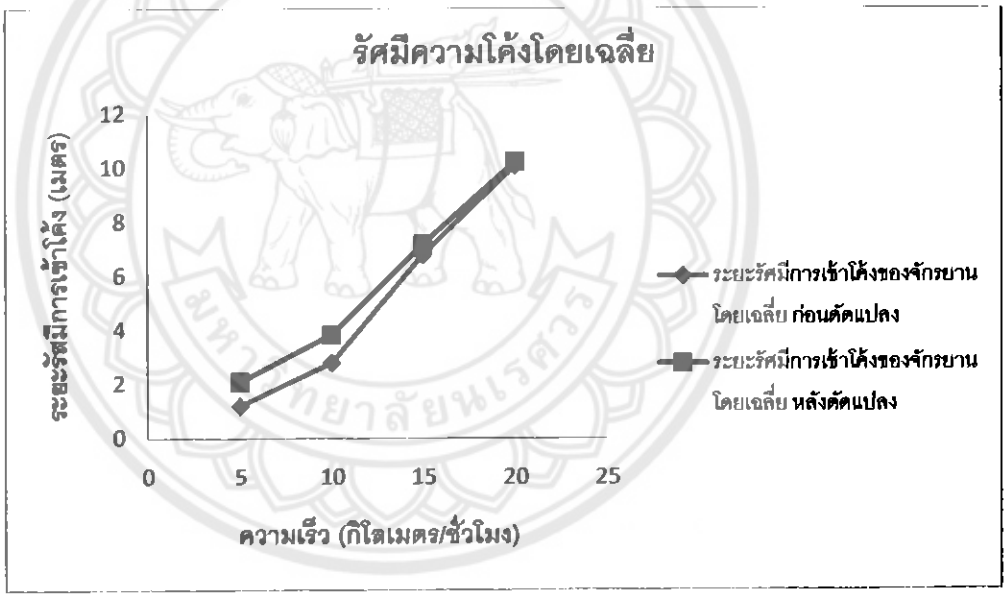
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว ที่มีน้ำหนักคนขับ 61 กิโลกรัม



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว ที่มีน้ำหนักคนขับ 89 กิโลกรัม



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว ที่มีน้ำหนักคนขับ 91 กิโลกรัม



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็วโดยเฉลี่ย

จากรูปที่ 5.7 รูปที่ 5.8 รูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีของการเข้าโค้ง – ความเร็ว จะเห็นว่าน้ำหนักและความเร็วมีผลต่อการเข้าโค้ง ถ้าจักรยานมีความเร็วน้อยการเข้าโค้งของจักรยานก่อนการดัดแปลงจะใช้ระยะรัศมีความโค้งน้อยกว่า แต่เมื่อเพิ่มความเร็วของจักรยานจะใช้ระยะรัศมีความโค้งพอๆกัน

5.2 แนวทางการทำวิจัยในอนาคต

1. ทำฐานรองแบตเตอรี่ที่ส่วนหน้าจักรยานเพื่อความสมดุลของรถจักรยานไฟฟ้าดัดแปลง
2. ในการทำการทดลองควรให้ผู้หญิงซึ่งมีน้ำหนักที่น้อยมาทดสอบบ้าง
3. หาจักรยานรุ่นหรือยี่ห้ออื่นๆมาดัดแปลงเพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน
4. การนำอุปกรณ์ต่างๆมาดัดแปลงควรคำนึงถึงเรื่องความสามารถในการรองรับน้ำหนักของขาตั้งจักรยาน
5. ใช้วิธีหลากหลายในการหาจุด CG เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน
6. ควรมีการทดสอบหาจุด CG ในแนวแกน z ด้วย
7. ควรศึกษาและหาข้อมูลเพื่อนำมาพิสูจน์ผลการทดลอง

5.3 ข้อเสนอแนะทางเทคนิค

1. การเลือกโครงที่จะนำมาดัดแปลงควรเป็นโครงที่ทำมาจากวัสดุน้ำหนักเบา ถ้าใช้โครงน้ำหนักมากจะทำให้รถน้ำหนักมากเกินไปและสูญเสียพลังงานแบตเตอรี่มากตามไปด้วย
2. โปรแกรม CG Calculator เป็นโปรแกรมที่หาระยะ CG ในแนวแกน x ของจักรยานเท่านั้น
3. ควรดูแลจุดที่มีการดัดแปลงเพิ่มในโครงจักรยานให้อยู่ในลักษณะพร้อมใช้งานสม่ำเสมอเช่น น็อตข้อต่อต่างๆ
4. ในการชั่งน้ำหนักส่วนเพลาหน้าจักรยานควรทำให้เพลงหลังอยู่ในระนาบเดียวกัน

5.4 สรุปการทดลอง

เปรียบเทียบ จุด CG ของจักรยานก่อนดัดแปลงและหลังดัดแปลงพบว่า ก่อนดัดแปลงจุด CG ของจักรยานจะอยู่ประมาณกึ่งกลางของจักรยาน และน้ำหนักส่วนเพลาหน้าและเพลาหลังมีความสมดุลกัน ส่วนจักรยานหลังการดัดแปลงพบว่าจุด CG ของจักรยานจะอยู่ใกล้เพลาล้อหลังหรือประมาณ 1 ใน 3 ของระยะเพลาหน้ากับเพลาหลังส่งผลให้น้ำหนักส่วนเพลาหลังมีมากแต่น้ำหนักที่เพลาหน้ามีน้อยโดยคิดเป็นอัตราส่วนล้อหลังต่อล้อหน้าที่ 65 : 35 เปอร์เซ็นต์

ทดสอบการเข้าโค้งของจักรยานก่อนและหลังการดัดแปลงพบว่า น้ำหนักและความเร็วมีผลต่อการเข้าโค้ง ถ้าจักรยานมีความเร็วน้อยการเข้าโค้งของจักรยานก่อนการดัดแปลงจะใช้ระยะรัศมีความโค้งน้อยกว่า แต่เมื่อเพิ่มความเร็วของจักรยานจะใช้ระยะรัศมีความโค้งพอๆกัน

เอกสารอ้างอิง

Martin Manning. **Bicycle Geometry** สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2555, จาก http://www.os2.dhs.org/~john/Bicycle_Geometry/

จุดศูนย์ถ่วงและจุดศูนย์กลางมวล. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2555, จาก http://www.school.net.th/library/snet3/kung/cg&cm/cg.htm

โมเมนตัม. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2555, จาก http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet3/supinya/momentum/momentum.htm

การขับรถเข้าโค้ง.สืบค้นเมื่อ 27 กุมภาพันธ์ 2555, จาก http://patchada.renunakhon.ac.th/phy30201/circular/circular02.html

อลูมิเนียอัลลอยด์.สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2555, จาก http://www.maxsteelthai.com/index.php?option=com_content&view=article&id=124%3A-aluminum-alloys&catid=42&lang=th

Yamaha. Test Drive Big Bike สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2555, จาก http://www.scriptdd.com/diary/pgchampion-yamaha-testdrive.html

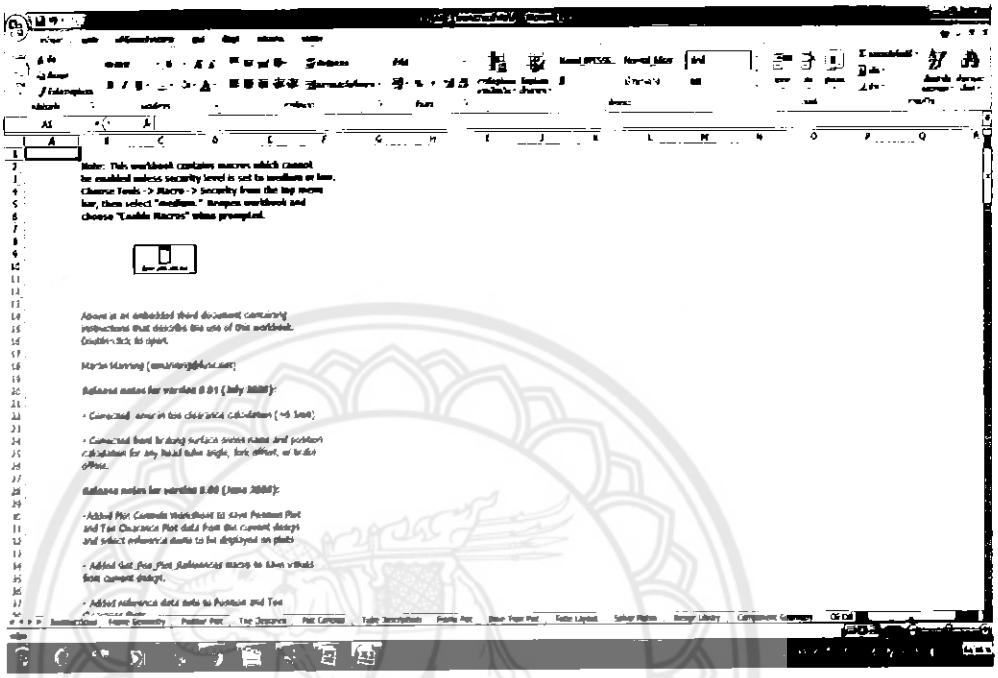
การเคลื่อนที่แบบวงกลม. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2555 จาก http://www.vcharkarn.com/lesson/view.php?id=1127

ภาคผนวก

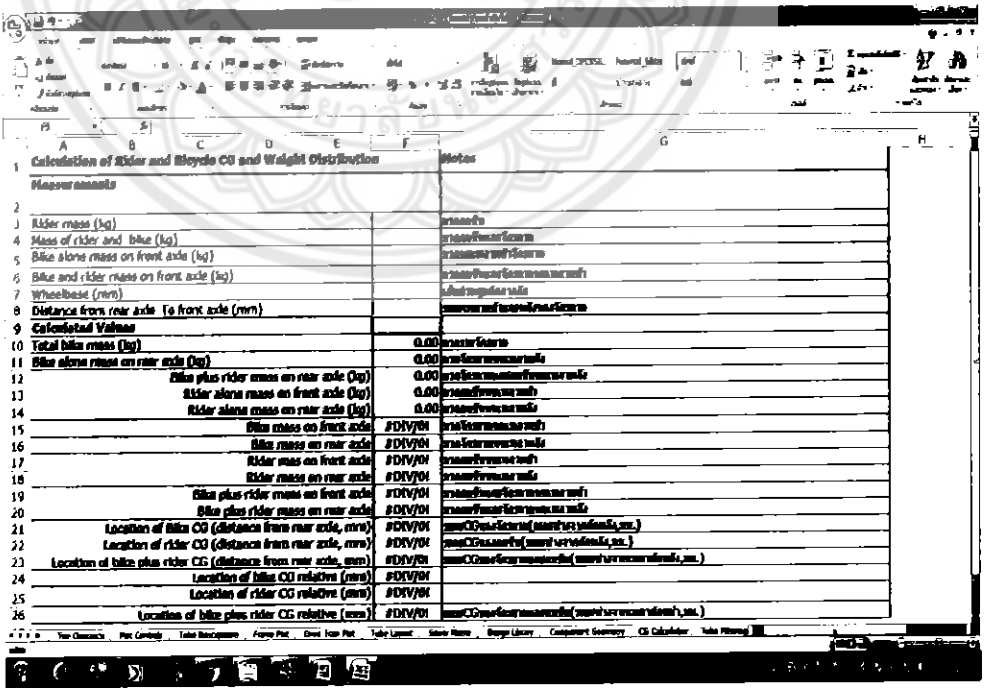
วิธีการใช้โปรแกรม CG Calculator

โปรแกรม CG Calculator เป็นโปรแกรมที่ช่วยหาระยะของจุด CG ในแนวแกน X ในกรณีที่มีคนขับ

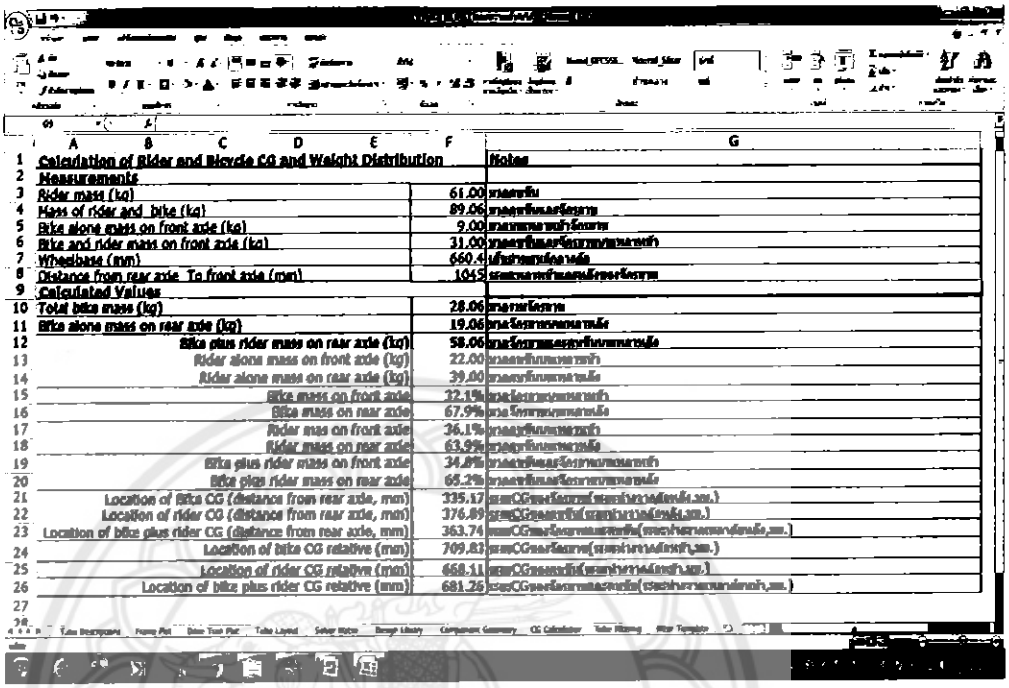
1. เปิดโปรแกรม CG Calculator



2. เลือก sheet CG Calculator

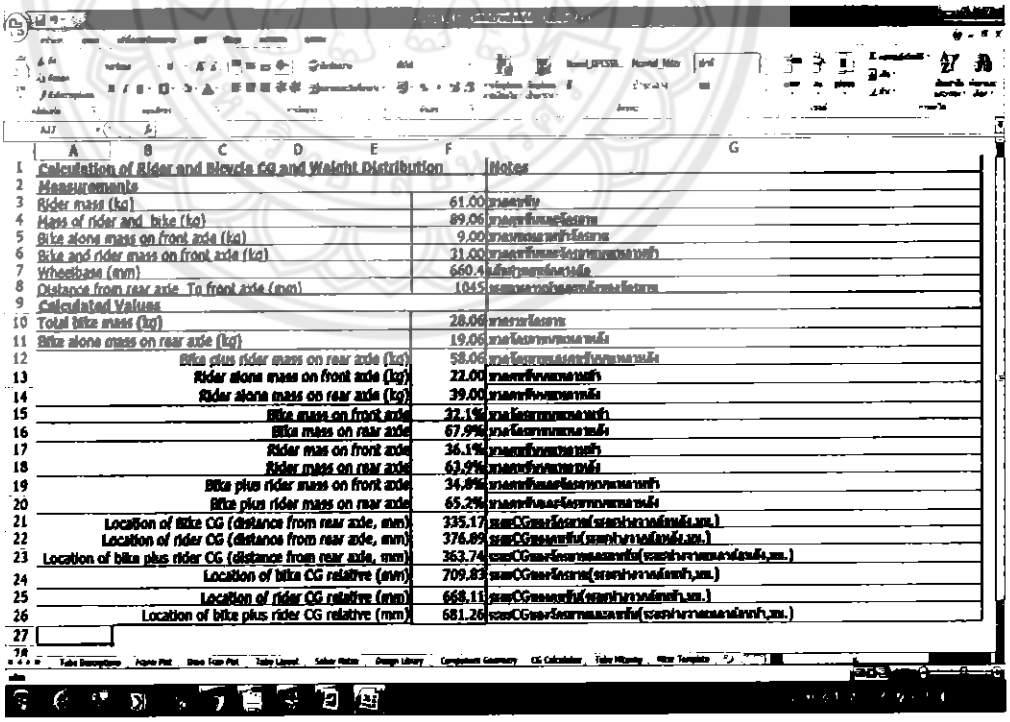


3. ใส่ค่าที่ได้จะการทดลองประกอบด้วยมวลคนขับ มวลคนขับและจักรยาน มวลบนเพลาหน้า จักรยาน มวลคนขับและจักรยานบนเพลาหน้า เส้นผ่านศูนย์กลางล้อ ระยะเพลาหน้าและหลังของจักรยาน



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					61.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					89.06	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					9.00	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					31.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					28.06	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					19.06	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					58.06	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					22.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					39.00	
15	Bike mass on front axle					32.1%	
16	Bike mass on rear axle					67.9%	
17	Rider mas on front axle					36.1%	
18	Rider mass on rear axle					63.9%	
19	Bike plus rider mass on front axle					34.8%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					65.2%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					335.17	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					376.89	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					363.74	
24	Location of bike CG relative (mm)					709.83	
25	Location of rider CG relative (mm)					668.11	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					681.26	
27							

4. จากนั้นโปรแกรมก็จะประมวลผลค่าที่ได้หลังจากการใส่ผลการทดลอง



	A	B	C	D	E	F	G
1	Calculation of Rider and Bicycle CG and Weight Distribution						Notes
2	Measurements						
3	Rider mass (kg)					61.00	
4	Mass of rider and bike (kg)					89.06	
5	Bike alone mass on front axle (kg)					9.00	
6	Bike and rider mass on front axle (kg)					31.00	
7	Wheelbase (mm)					660.4	
8	Distance from rear axle To front axle (mm)					1045	
9	Calculated Values						
10	Total bike mass (kg)					28.06	
11	Bike alone mass on rear axle (kg)					19.06	
12	Bike plus rider mass on rear axle (kg)					58.06	
13	Rider alone mass on front axle (kg)					22.00	
14	Rider alone mass on rear axle (kg)					39.00	
15	Bike mass on front axle					32.1%	
16	Bike mass on rear axle					67.9%	
17	Rider mas on front axle					36.1%	
18	Rider mass on rear axle					63.9%	
19	Bike plus rider mass on front axle					34.8%	
20	Bike plus rider mass on rear axle					65.2%	
21	Location of Bike CG (distance from rear axle, mm)					335.17	
22	Location of rider CG (distance from rear axle, mm)					376.89	
23	Location of bike plus rider CG (distance from rear axle, mm)					363.74	
24	Location of bike CG relative (mm)					709.83	
25	Location of rider CG relative (mm)					668.11	
26	Location of bike plus rider CG relative (mm)					681.26	
27							