การออกแบบและพัฒนาชุดขับเคลื่อนในการทดสอบการชนรถจักรยานยนต์

A Design and Development of Powertrain Module for using with the Motorcycle Crash Test

พิเชษฐ์ บุญญาลัย

ทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

สิงห์แก้ว ป๊อกเที่ง

สายประสิทธิ์ เกิดนิยม

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

การออกแบบและพัฒนาชุดขับเคลื่อนการชนของรถจักรยานยนต์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหลักในการประเมินความรุนแรงของการชนตามหลักความปลอดภัยทางวิศวกรรมยานยนต์ ในรูปแบบการทดสอบจริง โดยชุดทดสอบมีระบบต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบส่งกำลังใช้โซ่ส่งกำลังและเฟือง ระบบพารถเข้าชนใช้รางคู่ ตามลำดับ สำหรับการทดสอบความสามารถของชุดทดสอบ ประกอบไปด้วยความเร็วของการเข้าชน การทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ และการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบ นอกเหนือจากนี้ ผลการทดสอบถูกนำมาทดสอบตัวแปรทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง และค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างความเร็วของการเข้าชนมีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุดที่ร้อยละ 96 ส่วนความสามารถของระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบมีค่าต่ำที่สุด และสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวิเคราะห์ทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลของความคลาดเคลื่อนของการสร้างความเร็วเป็นผลโดยตรงจากความยาวของรางที่มีจำกัด ส่วนกรณีพลังงานที่เข้าชนมีค่าเฉลี่ย 10.978 J โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของสมการพหุนาม

คำสำคัญ: การออกแบบ การพัฒนา รถจักรยานยนต์ ชุดขับเคลื่อนการชน

Abstract

A design and development of powertrain module crash test using with the motorcycle crash test is aim to create a special tool for automotive assessment and safety engineering based on the realistic test. In order to main system of power module tester is consisting of powertrain system using electrical motor, transferring system using chains and gears and control direction system using dual rails respectively. Based on powertrain module tester performance, crashing speed, relative angle between target and distance before crash are regarded. Nevertheless, the result of testing performance was conducted to statistic hypothesis test by Mean Absolute Deviation: MAD, Standard Deviation: SD, Mean Square Error: MSE, Mean Absolute Percent Error: MAPE and Root Mean Square Error: RMSE.

The results of this approach discovered that the crashing speed was the highest error with 96% and the lowest was distance before crash. Furthermore, it was corresponding to the statistic hypothesis test. However, the result of the error was influence of the rails distance which limit by funding. In case of crash energy, the mean of energy was appeared on 10.978 J. Whereas, the tendency of variable was similar to polynomial equation.

Keywords: Design Development Motorcycle Powertrain Module Crash test

กิติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนงบประมาณวิจัยรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2560 รวมไปถึงสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่อำนวยความสะดวกในด้านพื้นที่ และเครื่องมือพื้นฐานในการทำวิจัย จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย นอกเหนือจากนี้ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ

อนึ่ง องค์ความรู้หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่ก่อให้เกิดประโยชน์ อันใดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรคของงานวิจัยในนี้ขอมอบให้เป็นสาธารณะประโยชน์เพื่อการพัฒนาคน พัฒนาองค์กร และพัฒนาประเทศสืบต่อไป

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	vii
คำอธิบายสัญลักษณ์และความหมาย	viii
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 สมมติฐานการวิจัยและแนวทางการทดสอบ	
3.1 สมมติฐานการวิจัย	15
3.2 สมมติฐานการออกแบบชุดทดสอบการชนรถจักรยานยนต์	16
3.3 ผลการออกแบบ	18
3.4 สมมติฐานการทดสอบ	22
3.5 ขั้นตอนการทดสอบ	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ	
4.1 ผลการทดสอบความเร็วของการเข้าชน	**27**
4.2 ผลการทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ	**30**
4.3 ผลการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะเป้าทดสอบ	**32**
4.4 ความสัมพันธ์ของความเร็วที่เข้าชนและพลังงานที่เข้าชน	**34**
4.5 สรุปผลการทดสอบความสามารถของชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์	**35**
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	**37**
5.2 ข้อเสนอแนะ	**37**
บรรณานุกรม	**38**
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. แบบชุดขับเคลื่อนในการทดสอบการชนรถจักรยานยนต์	**40**

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 การทดสอบการชนของจักรยานยนต์ที่ส่วนหน้าของรถยนต์ 5
2.2 การจำลองการชนด้านข้างและตำแหน่งศีรษะกระแทกด้านข้างของรถ 5
2.3 รูปแบบการทดสอบการชนจักรยานยนต์กับยานยนต์ตามมาตรฐาน ISO 13232 7
2.4 การทดสอบการชนจักรยานยนต์รุ่นเล็กแบบเต็มสเกล 7
2.5 ชุดขับเคลื่อนจักรยานยนต์เพื่อการทดสอบการชน 8
2.6 การเสียการทรงตัวของจักรยานยนต์ก่อนการชน 8
2.7 Accident Kinematics 10
2.8 Accident parameter EES 10
2.9 การเคลื่อนที่แนวระนาบของวัตถุ 11
2.10 ชนิดของโรลลิ่งแบริ่ง 13
3.1 ส่วนประกอบหลักของรางเข้าชน 16
3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ยึดหัวและท้ายราง 18
3.3 การออกแบบชุดดูดซับพลังงาน 18
3.4 รางเข้าชนที่ใช้งานจริง 20
3.5 ชุดส่งกำลังที่ใช้งานจริง 20
3.6 ชุดโครงสร้างพารถทดสอบที่ใช้งานจริง 21
3.7 ชุดต้นกำลังที่ใช้งานจริง 21
3.8 การติดตั้งรางเข้าชน 24
3.9 การติดตั้งชุดแกนประคองรถทดสอบ 25
3.10 การทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ 26
4.1 ความสัมพันธ์ของความเร็วของการเข้าชนและพิกัดความคลาดเคลื่อน 28
4.2 การวัดและคำนวณความเร็วของการเข้าชน 29
4.3 ความสัมพันธ์ของมุมสัมพัทธ์และพิกัดความคลาดเคลื่อน 31
4.4 การวัดและคำนวณมุมสัมพัทธ์ 31
4.5 ความสัมพันธ์ของระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบและพิกัดความคลาดเคลื่อน 33
4.6 ระยะเผื่อตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบ 33
4.7 ความสัมพันธ์ของความเร็วที่เข้าชนและพลังงานที่เข้าชน 35

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 รูปแบบการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 13232 6
3.1 สมมติฐานงานวิจัย 15
3.2 สมมติฐานการออกชุดทดสอบการชนรถจักรยานยนต์ 17
3.3 สรุปรายละเอียดการออกแบบ 19
3.4 สรุปเงื่อนไขการทดสอบ 22
3.5 ขั้นตอนการทดสอบ 23
4.1 ผลการทดสอบความเร็วของการเข้าชนรถ 27
4.2 ผลการทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ 30
4.3 ผลการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะเป้าทดสอบ 32
4.4 ผลการคำนวณพลังงานที่เข้าชน 34
4.5 สรุปผลการทดสอบความสามารถของชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์ 36

คำอธิบายสัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	ความเร่ง	m/s^2
g	ความเร่งโน้มถ่วงของโลก มีค่า 9.81	m/s^2
m	มวลของรถ	kg
s	ระยะทาง	m
t	เวลา	s
F	แรงที่กระทำ	N
P	กำลังที่ของมอเตอร์ไฟฟ้า	kW
R	รัศมีของเฟือง	m
T	แรงบิด	N.m
U	ความเร็วต้น	m/s
V	ความเร็วปลาย	m/s
m_1	มวลของวัตถุที่เข้าชน	kg
m_2	มวลของวัตถุที่ถูกชน	kg
F_d	แรงต้านรวม	N
F_t	แรงฉุดโซ่ส่งกำลัง	N
k_r	สัมประสิทธิ์การต้านทานการหมุนของล้อ	-
ΔV	ผลต่างความเร็วก่อนและหลังชน	m/s
V_{k1}	ความเร็ววัตถุที่เข้าชน	m/s
V_{k2}	ความเร็ววัตถุที่ถูกชน	m/s
$W_{def,1}$	พลังงานที่เกิดการเสียรูปของวัตถุที่เข้าชน	J
$W_{def,2}$	พลังงานที่เกิดการเสียรูปของวัตถุที่ถูกชน	J
EES	พลังงานที่เกิดจากความรุนแรงในการชน	J
MAD	ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์	-
MSE	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง	-
MAPE	ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน	-
RMSE	รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง	-
SD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

จากการที่รัฐบาลได้ตระหนักถึงการสูญเสียจากอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ และการพิการซึ่งเป็นรากฐานของปัญหาของประเทศ และองค์กรสหประชาชาติได้เรียกร้องให้ประเทศสมาชิกดำเนินการตามกรอบปฏิญญามอสโก เพื่อให้แต่ละประเทศกำหนดทิศทาง และมาตรการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุทางถนน โดยมีเป้าหมายลดอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทั้งโลกให้ได้ร้อยละ 50 ภายในปี พ.ศ. 2563 โดยองค์การอนามัยโลกระบุว่าสาเหตุการตายเป็นอันดับสองมาจากเด็กอายุระหว่าง 5-14 ปี และหนึ่งในกลุ่มผู้เสียชีวิตซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 จากอุบัติเหตุจากท้องถนนคือกลุ่มผู้ใช้รถจักรยานยนต์และผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ดังนั้น คณะรัฐมนตรีได้มีมติกำหนดให้ปี พ.ศ. 2554-2563 เป็นทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน (Decade of Action for Road Safety) โดยกำหนดให้ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนนจัดทำแผนปฏิบัติการ เพื่อให้ทุกภาคส่วนมีทิศทางดำเนินการแก้ไขปัญหาของอุบัติเหตุทางถนนประสบผลสำเร็จเป็นรูปธรรม

หนึ่งแนวทางการดำเนินงานภายใต้กรอบทศวรรษความปลอดภัยทางถนนโลก คือ การดำเนินการเพื่อให้มีผลต่อพฤติกรรมของผู้ใช้ถนนทุกกลุ่ม (Influence road user Behavior) ส่วนประเทศไทยได้ใช้แผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2552-2555 ซึ่งเป็นแผนเชิงมหภาคในการบริหารจัดการปัญหาอุบัติเหตุทางถนน โดยมุ่งวางรากฐานให้เกิดระบบที่เอื้อต่อความปลอดภัย (Safety System) และนำไปสู่วัฒนธรรมความปลอดภัย (Safe Culture) นอกเหนือจากนี้ ประเทศไทยได้กำหนดให้มีคณะกรรมการนโยบายป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนแห่งชาติ (นปถ.) เป็นองค์กรหลักในการกำหนดนโยบาย ทิศทางและกรอบแนวทางการดำเนินงานด้านความปลอดภัยทางถนนของประเทศ โดยจัดทำแผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2554-2563 และ แผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2556-2559 เพื่อให้ขับเคลื่อนการป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนของประเทศเป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ

ถึงแม้ว่าแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2556-2559 และแผนที่นำทางเชิงกลยุทธ์ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2554-2563 ได้กำหนดกรอบแนวทางการดำเนินการในเชิงมหภาค การสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยและความเข้าใจของผู้ใช้รถใช้ถนน โดยเฉพาะกลุ่มเด็กนักเรียนที่เป็นผู้ใช้จักรยานยนต์และผู้ขับขี่จักรยานยนต์ยังมีความจำเป็นเพิ่มขึ้นตามสถานการณ์การปรับเปลี่ยนการชีวิตในชั่วโมงเร่งด่วน เนื่องจากปัญหารถติดและการเติบโตของสังคมเมือง ทำให้พฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนจะมีความแตกต่างกัน เช่น การส่งเด็กเล็กเข้าโรงเรียนโดยปรับเปลี่ยนการใช้รถยนต์มาเป็นรถจักรยานยนต์เพื่อลดค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิง และระยะเวลาที่รวดเร็วในการ

เดินทาง อีกทั้งราคารถจักรยานยนต์ ด้วยเหตุนี้เองรถจักรยานยนต์เป็นพาหนะที่ได้รับนิยมอย่างมากในประเทศไทย โดยผู้ขับขี่หรือผู้โดยสารรถจักรยานยนต์จัดอยู่ในกลุ่มไร้สิ่งป้องกันมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและเสียชีวิตสูงกว่าผู้ใช้รถยนต์ ทั้งนี้เพราะด้วยลักษณะรถที่ผู้ขี่ต้องทรงตัวบนสองล้อและไม่มีโครงสร้างห้องโดยสารป้องกันการกระแทกเหมือนรถยนต์ เมื่อเกิดการชนหรือเบรกอย่างกะทันหันผู้ขับขี่มักจะล้มหรือถูกเหวี่ยงหลุดออกจากตัวรถและกระแทกกับพื้นหรือวัตถุแข็งอื่น ๆ ทำให้ได้รับบาดเจ็บหรืออาจถึงขั้นเสียชีวิต ซึ่งข้อมูลแสดงให้เห็นว่าในปี 2556 มีผู้เสียชีวิตจากการขับขี่จักรยานยนต์มากเป็นอันดับ 1 ซึ่งอยู่ในกรุงเทพมหานคร และบนถนนของกรมทางหลวง จากจำนวนรถจักรยานยนต์ 19 ล้านคัน (มูลนิธิเมาไม่ขับ 2556) ยิ่งไปกว่านั้นจากข้อมูลในปี 2557 พบว่าประเทศไทยมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนเป็นอันดับที่ 2 ของโลก หรือ 44 คน/แสนคน (เจาะลึกระบบสุขภาพ 2557)

อย่างไรก็ตามการเกิดอุบัติเหตุขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลัก คือ คน รถ และถนน ซึ่งแผนแม่บทความปลอดภัยทางถนนเป็นเพียงการดำเนินการที่มุ่งเน้นไปที่ การรณรงค์ และประชาสัมพันธ์เท่านั้น ยิ่งไปกว่านั้นไม่มีหน่วยงานใดของประเทศไทยรับผิดชอบด้านการประเมินความรุนแรงจากการชนของรถจักรยานยนต์ ทั้งในด้านเครื่องมือ ผู้เชี่ยวชาญ กระบวนการทดสอบ และเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการขับขี่ของคนไทย สำหรับการประเมินคุณภาพของรถด้วยการทดสอบการชนถือเป็นมาตรฐานสำคัญอย่างยิ่งในระดับนานาชาติ อันเนื่องมาจากส่งผลกระทบอย่างมากต่อชีวิตและผู้ใช้ถนน รวมไปถึงผลทางด้านราคาอีกด้วย จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาชุดขับเคลื่อนสำหรับการทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือหลักในการประเมินความรุนแรงของการชน ในรูปแบบการทดสอบจริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเตรียมพร้อมของประเทศในด้านความปลอดภัยในระดับนานาชาติ ASAEN ที่เริ่มต้นการสร้างและพัฒนาจากหน่วยงานของผู้วิจัย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดขับเคลื่อนในการทดสอบการชนจักรยานยนต์

1.2.2 เพื่อสร้างและทดสอบสมรรถนะในการควบคุมและการทรงตัวของรถจักรยานยนต์ก่อนชน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เป็นชุดขับเคลื่อนแบบเคลื่อนย้ายได้

1.3.2 ขั้นการตอนการทดสอบบางส่วนอ้างอิงจาก ASEN NCAP

1.3.3 รูปแบบการทดสอบมาตรฐานบางส่วนอ้างอิงจาก ISO 13232

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องมือที่สามารถใช้ในการศึกษาการชนของรถจักรยานยนต์

1.4.2 แนวทางการทดสอบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพฤติกรรมการขับขี่ของประเทศไทย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

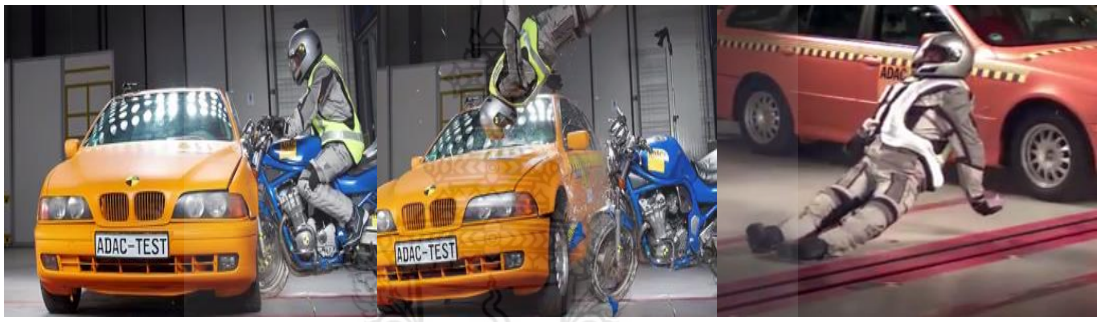
2.1 การทบทวนวรณณกรรม

จากฐานข้อมูลทางวิชาการที่สืบค้นได้พบว่า ความสามารถในรับการชนของจักรยานยนต์เพื่อความปลอดภัยในภูมิภาคเอเชียได้มีการทดสอบในประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่ปี คศ. 1973 [1] สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา การทดสอบการชนของจักรยานยนต์ได้เริ่มปี คศ. 1970 โดย Severy และคณะฯ ได้ทำการทดสอบการชนจักรยานยนต์เข้าที่ด้านข้างของรถยนต์ โดยคำนึงถึงปัจจัยความเร็วในการทดสอบการชน ขนาดของจักรยานยนต์ และตำแหน่งที่ปะทะ โดยผลการศึกษาจะดูพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของผู้ขับขี่ในขณะชน การวัดการยุบตัวของโครงสร้างรถจักรยานยนต์และการยุบตัวที่ด้านข้างของรถยนต์ และ ค่าอัตราหน่วงที่เกิดขึ้นกับผู้ขับขี่ในขณะกระแทก [2] ในประเทศเยอรมันอุบัติเหตุจากจักรยานยนต์ จากปี คศ. 1970 จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุในเขตเมืองและนอกเมืองมีอยู่ประมาณ 8494 และ 10,699 คนเทียบเท่ากับ 9% และ 8% ของผู้ใช้จักรยานยนต์เขตเมืองและนอกเมืองตามลำดับ ต่อมาในปี 2001 จำนวนผู้เสียชีวิตลดลงอยู่ที่ประมาณ 5,251 คน แต่จำนวนนี้สูงถึง 16% ของผู้ใช้จักรยานยนต์ ด้วยเปอร์เซนต์ของตัวเลขของผู้เสียชีวิตด้วยจักรยานยนต์ที่สูงขึ้นนี้ความจำเป็นของการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบการชนจักรยานยนต์จึงมีความสำคัญมากขึ้นและมีน้ำหนักมากเพียงพอต่อผลกระทบนี้ [3]

ในประเทศไทย จากข้อมูลสถิติจำนวน 214 เหตุการณ์ที่เสียชีวิตจากจักรยานยนต์โดยวิธีการชันสูตรศพที่โรงพยาบาลรามาธิบดี ตั้งแต่ปี 2003 -2006 ในกรุงเทพฯ พบว่ามีการชนของจักรยานยนต์กับรถยนต์นั่ง รถแท็กซี่ และ รถปิกอัพรวมกันอยู่ที่ร้อยละ 53.3 การเสียชีวิตจะเกิดที่ศีรษะร้อยละ 51.4 และที่บาดเจ็บหลายจุด (Multiple injuries) ร้อยละ 31.8 [4] ลักษณะของการชนของจักรยานยนต์ที่ด้านข้างของรถยนต์ เช่นการชนที่ทางแยกจากรถเลี้ยวจะเกิดการบาดเจ็บสูงกว่าลักษณะการชนรูปแบบอื่น [5] สำหรับข้อมูลวิจัยวิเคราะห์อุบัติเหตุของรถจักรยานยนต์ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะประสบการบาดเจ็บที่ศีรษะของอยู่ 20 % [6]

ในจังหวัดขอนแก่นการบาดเจ็บที่ศีรษะอยู่ที่ 33% [7] ด้วยเหตุนี้เองทำให้เป็นสาเหตุหนึ่งของการเสียชีวิตของผู้ขับขี่ นอกเหนือจากนี้ งานวิจัยที่มีการทดสอบการชนจักรยานยนต์กับราวกันกระแทกที่เป็นโลหะแสดงให้เห็นว่า กลไกการบาดเจ็บของที่ศีรษะของผู้ขับขี่จักรยานยนต์จะขึ้นอยู่

การกระแทกครั้งแรก (First impact) มากกว่าการกระแทกครั้งที่สอง (Second impact) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บสูงกว่าจากการวัดค่าอัตราหน่วงที่ศีรษะ [8] อีกทั้งการทดสอบการชนจักรยานยนต์ที่ด้านหน้าของรถยนต์ในห้องปฏิบัติการของบริษัท ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobile-Club e.V.) ที่ประเทศเยอรมัน แสดงให้เห็นว่าผู้ขับขี่เคลื่อนตัวข้ามส่วนหน้าของรถยนต์และกระแทกกับที่พื้นโดยที่ศีรษะไม่ได้กระแทกกับพื้น [9] กระแทกครั้งที่สองมีโอกาสน้อยกว่าที่ศีรษะจะรับแรงกระแทกที่พื้นดังแสดงในรูปที่ 2.1 แต่ถ้ารถจักรยานยนต์เข้าปะทะที่ด้านข้างของรถยนต์ในส่วนของบริเวณประตู การบาดเจ็บของผู้ขับขี่จะมีโอกาสสูงดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 การทดสอบการชนของจักรยานยนต์ที่ส่วนหน้าของรถยนต์ [9]

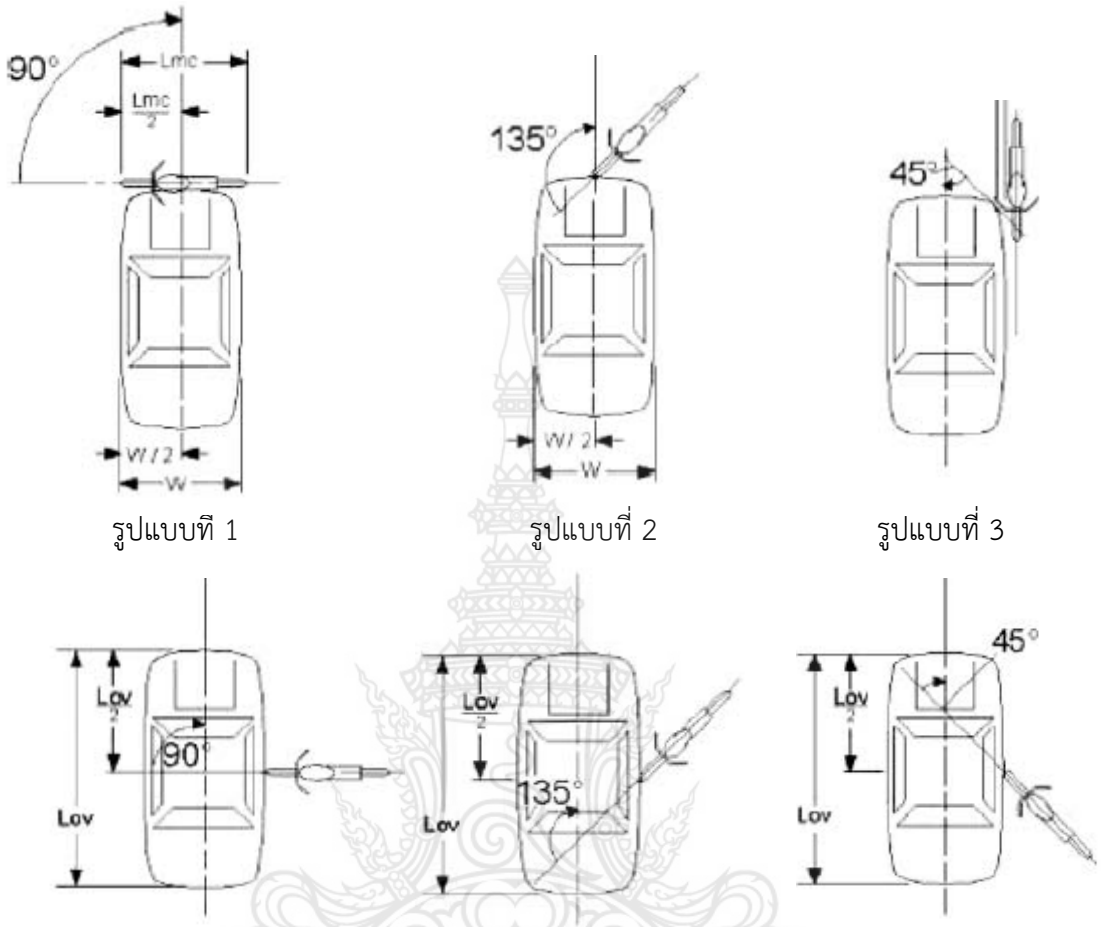
รูปที่ 2.2 การจำลองการชนด้านข้างและตำแหน่งศีรษะกระแทกด้านข้างของรถ [10]

ในการทดสอบความปลอดภัยของจักรยานยนต์ มาตรฐานสากล ISO 13232 ที่ว่าด้วยการทดสอบการชนของจักรยานยนต์ (Motorcycle, MC) กับรถยนต์ที่รับแรงกระแทก (Opposite Vehicle, OV) เพื่อทำการประเมินอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยของผู้ขับขี่ที่ติดตั้งในจักรยานยนต์ โดยรูปแบบและมุมของรถยนต์ที่รับแรงกระแทกมีอยู่ 7 รูปแบบ [11] ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 รูปแบบการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 13232 [11]

รูปแบบการทดสอบ	**ตำแหน่งที่ชนของรถยนต์ (OV)**	**มุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของจักรยานยนต์ (MC) กับรถยนต์ (OV)**	**ความเร็วของรถยนต์ กับจักรยานยนต์ในหน่วย (OV/MC) เมตร/วินาที**	**ระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของรถยนต์ (OV) ในหน่วยเซนติเมตร**
1	ด้านหน้า	90 องศา	9.8/0	5
2	ด้านหน้า	135 องศา	6.7/13.4	10
3	ด้านหน้าเป็นมุม	180 องศา	0/13.4	3
4	ด้านข้าง	90 องศา	0/13.4	5
5	ด้านข้าง	135 องศา	6.7/13.4	15
6	ด้านข้าง	90 องศา	6.7/13.4	15
7	ด้านข้าง	45 องศา	6.7/13.4	15

ด้วยรูปแบบการทดสอบการชนของจักรยานยนต์มีความหลากหลายตามมาตรฐานสากลและความต้องการที่จะศึกษาผลการทดสอบเพื่อวิเคราะห์และป้องกันอุบัติเหตุโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม ดังนั้นความสำคัญของชุดขับเคลื่อนจักรยานยนต์ในการทดสอบการชนจึงมีความสำคัญ ในประเทศมาเลเซีย การออกแบบชุดขับเคลื่อนเพื่อทดสอบการชนจักรยานยนต์ได้มีการพัฒนาเพื่อทำการทดสอบการชนจักรยานยนต์ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ตั้งแต่ปี คศ. 2010 [12] ต่อมาในปี คศ. 2015 ชุดขับเคลื่อนจักรยานยนต์ของสถาบันวิจัยความปลอดภัยทางถนนของประเทศมาเลเซีย Malaysian Institute of Road Safety Research (MIROS) ได้มีการออกแบบและพัฒนาโดยใช้อุปกรณ์ขับเคลื่อนดังแสดงในรูปที่ 2.5 [13] อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการทำงานของชุดขับเคลื่อนจักรยานยนต์ไม่สามารถควบคุมทิศทางและการทรงตัวก่อนชนได้เนื่องจากการทรงตัวของจักรยานยนต์ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปแบบที 1 รูปแบบที่ 2 รูปแบบที่ 3

รูปแบบที่ 4/6 รูปแบบที่ 5 รูปแบบที่ 7

รูปที่ 2.3 รูปแบบการทดสอบการชนจักรยานยนต์กับยานยนต์ตามมาตรฐาน ISO 13232 [11]

รูปที่ 2.4 การทดสอบการชนจักรยานยนต์รุ่นเล็กแบบเต็มสเกล [12]

รูปที่ 2.5 ชุดขับเคลื่อนจักรยานยนต์เพื่อการทดสอบการชน [13]

รูปที่ 2.6 การเสียการทรงตัวของจักรยานยนต์ก่อนการชน [14]

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ทฤษฎีการชน (Accident Kinematics)

การพิสูจน์และการคำนวณการชน Kinematics โดยปกตินิยมใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ impulse และการอนุรักษ์พลังงานหรือการคงไว้ซึ่งพลังงานที่เกิดขึ้นหลังชน (Energy Conservation) ซึ่งสามารถอธิบายได้ถึงทิศทางการหมุนของรถ (Vehicle Rotations) สำหรับการพิจารณาความรุนแรงของการชนสามารถพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถยนต์ที่เกิดการชน หรือ Δv ที่ทำให้จุดศูนย์ถ่วงของรถยนต์ (Centre of Gravity) ที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยกัน อย่างไรก็ตามผลต่าง

ของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถยนต์ขณะชนดังกล่าว สามารถพิจารณาด้วยผลรวมของความเร่งในแนวระนาบ longitudinal (vehicle acceleration) หรือตรวจสอบทางกายภาพจากสภาพการทำงานของถุงลมนิรภัย (airbags) หรือการยืดตัวออกของเข็มขัดนิรภัย (pretension) ความแตกต่างของความรุนแรงหลังการชนที่พิจารณาในเทอมของความเร็ว-เวลา แสดงดังรูปที่ 2.7

ตามรูปที่ 2.7 สมมุติว่าให้รถยนต์เกิดการชนแบบกระแทกและยืดหยุ่นบางส่วน (partly plastic impact) ในขณะที่พื้นที่ส่วนด้านหน้าของรถกระแทกกับสิ่งกีดขวาง (Barrier) และมีความเร็วในห้องโดยสาร V* กำหนดให้ความเร็วของการชนแบบกระแทกและยืดหยุ่นบางส่วนโดยมีเงื่อนไข V* = 0 และ ΔV=Vk สำหรับในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถยนต์ที่เกิดการชน หรือ ΔV อาจไม่สามารถใช้ในการประเมินความรุนแรงของการชนบริเวณด้านข้างของรถยนต์ ดังนั้นเราสามารถเรียกตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณความรุนแรงในการชน คือ (Accident Parameter) หรือ EES

2.2.2 ความรุนแรงในการชน (Accident Parameter) EES

ในกรณีของการพิจารณาพลังงานสมมูล (Energy Equivalent) ที่เกิดจากความเร็วซึ่งทำให้ความรุนแรงในการชน EES สามารถวัดค่าได้จากพลังงานจลน์ของรถยนต์ในขณะที่มีการพุ่งชนและประเมินถึงความเสียด้วยการตรวจสอบงานหรือพลังงานที่ทำให้โครงสร้างเกิดการเสียรูป ภายใต้ความเร็วของสิ่งกีดขวางคงที่ซึ่งสามารถประเมินจริงด้วยความเสียหายของโครงสร้าง อย่างไรก็ตามการพิจารณาการเปลี่ยนรูปของพลังงานแสดงดังสมการที่ 2.1 และ 2.2 สำหรับกรณีการชนสิ่งกีดขวางแบบไม่มีการลื่นไถล แสดงตามสมการที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

$$\frac{1}{2}\mathrm{m}_1\mathrm{V}_{\mathrm{k},1}^2+\frac{1}{2}\mathrm{m}_2\mathrm{V}_{\mathrm{k},2}^2=\frac{1}{2}\mathrm{m}_1\mathrm{V}_{\mathrm{k},1}^{'2}+\frac{1}{2}\mathrm{m}_2\mathrm{V}_{\mathrm{k},2}^{'2}+\mathrm{W}_{\mathrm{def},1}+\mathrm{W}_{\mathrm{def},2} \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ $\mathrm{W}_{\mathrm{def},1,2}=\frac{1}{2}\mathrm{mEES}_{1,2}^2$

ดังนั้น

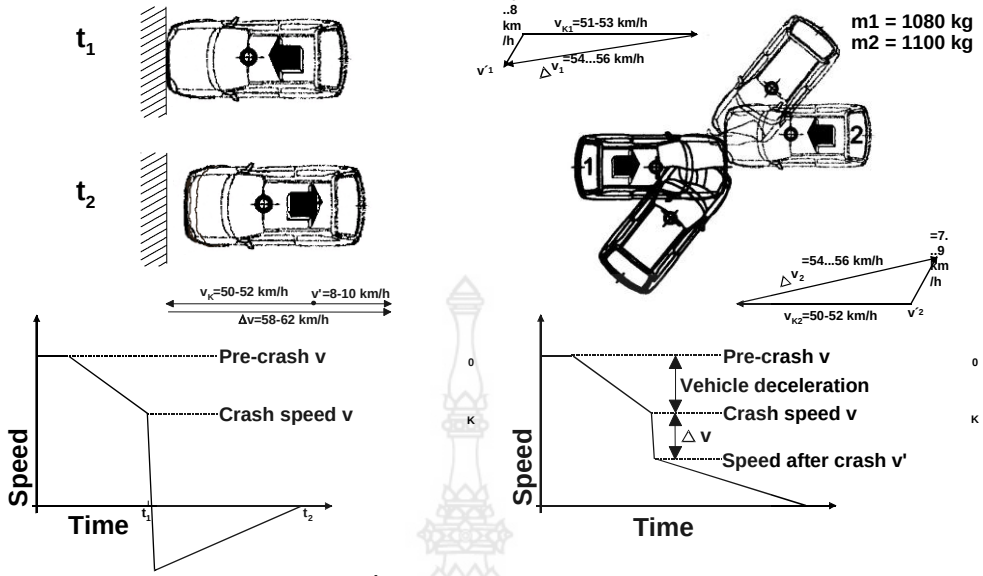
$$\frac{1}{2}\mathrm{m}_1\mathrm{V}_{\mathrm{k},1}^2+\frac{1}{2}\mathrm{m}_2\mathrm{V}_{\mathrm{k},2}^2=\frac{1}{2}\mathrm{m}_1\mathrm{V}_{\mathrm{k},1}^{'2}+\frac{1}{2}\mathrm{m}_2\mathrm{V}_{\mathrm{k},2}^{'2}+\frac{1}{2}\mathrm{m}_1\mathrm{EES}_1^2+\frac{1}{2}\mathrm{m}_2\mathrm{EES}_2^2 \qquad \text{สมการที่ 2}$$

สำหรับกรณีการชนสิ่งกีดขวางแบบไม่มีการลื่นไถล แสดงตามสมการที่ 3 และ 4

$$\frac{1}{2}\mathrm{m}V_k^2=\mathrm{W}_{\mathrm{def}}=\frac{1}{2}\mathrm{mEES}^2 \qquad \text{สมการที่ 3}$$

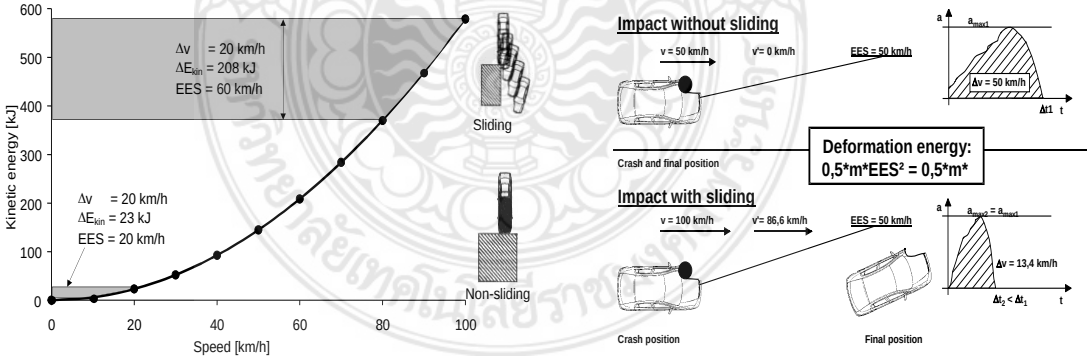
ดังนั้น

$$\Delta\mathrm{V}=V_k=\mathrm{EES} \qquad \text{สมการที่ 4}$$



รูปที่ 2.7 Accident Kinematics

การเปรียบเทียบความต่างของความเร็วที่ส่งผลให้ความรุนแรงในการชน EES แบบไม่มีการลื่นไถล โดยทั้ง 2 กรณีของการชนที่สมมุติให้เป็นแบบยืดหยุ่น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์ และความเร็ว ถูกนำประยุกต์ใช้กับการประเมินการชนของรถยนต์ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนของพลังงานจลน์ พลังงานที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของโครงสร้าง และความรุนแรงในการชน EES นั้นมีระดับความรุนแรง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและพลังงานจลน์ แสดงดังรูปที่ 2.8 ส่วนกรณีการชนแบบไม่มีการลื่นไถลแสดงดังรูปที่ 2.9



(ก) (ข)

รูปที่ 2.8 Accident parameter EES (ก) ไม่มีการลื่นไถล (ข) มีการลื่นไถล

2.2.3 การเคลื่อนที่แนวระนาบ (Motion in horizontal plane)

ทฤษฎีการเคลื่อนที่แนวระนาบถูกนำมาใช้ในการพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทั้งกรณีที่เริ่มต้นความเร็วและกรณีมีการเร่งในขณะที่วัตถุมีความเร็วก่อนแล้ว ประกอบด้วยตัวแปรหลัก 5 ตัว คือ ความเร็วต้น (Initial speed: U) ความเร็วปลาย (Final speed: V) ความเร่ง (Acceleration: a) ระยะทาง (Distance: s) และเวลา (Time: t) ความสัมพันธ์ของสมการการเคลื่อนที่แนวระนาบแสดงดังสมการที่ 5 ถึง 7 ตามลำดับ โดยสามารถอธิบายการเคลื่อนที่แนวระนาบตามรูปที่ 2.9

ความเร็ว กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่ง

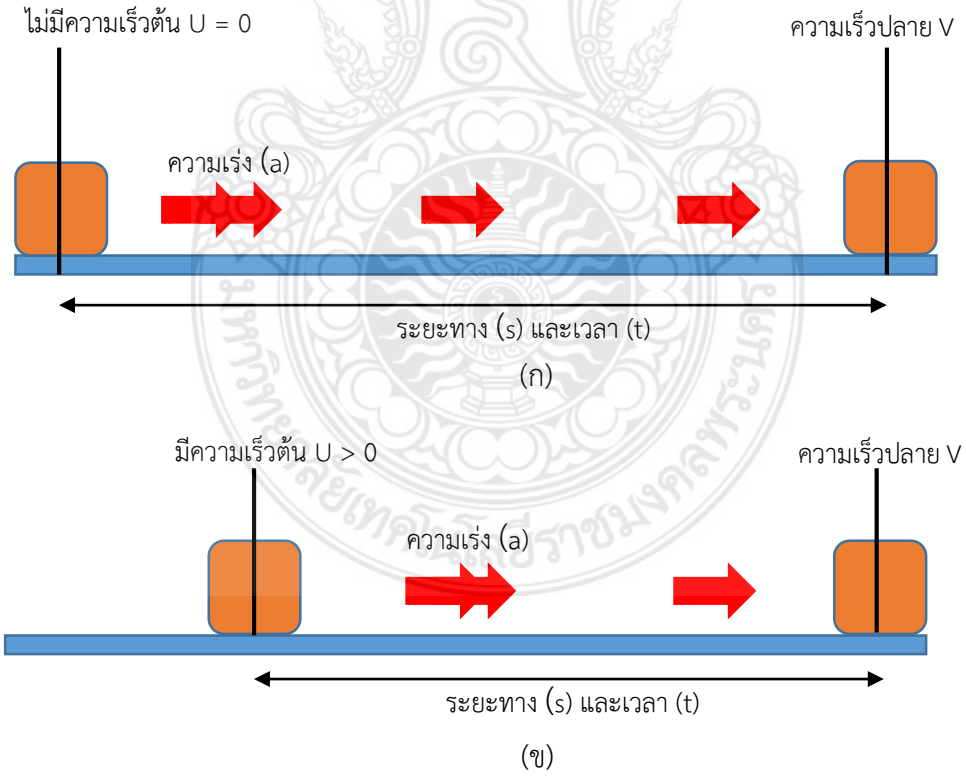
$$V = \frac{s}{t}$$ สมการที่ 5

ความเร็ว กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่จากการเร่งในขณะที่วัตถุมีความเร็วก่อนแล้ว (ในเทอมของเวลา)

$$V = U + at$$ สมการที่ 6

ความเร็ว กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่จากการเร่งในขณะที่วัตถุมีความเร็วก่อนแล้ว (ในเทอมของระยะทาง)

$$V^2 = U^2 + 2as$$ สมการที่ 7



รูปที่ 2.9 การเคลื่อนที่แนวระนาบของวัตถุ (ก) จากจุดหยุดนิ่ง (ข) มีความเร็วต้น

2.2.4 ทฤษฎีการคำนวณต้นกำลังและการส่งกำลังจากความเร็วที่ต้องการและแรงต้านรวม

การคำนวณต้นกำลังที่ใช้พลังงานไฟฟ้า นิยมใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor) ที่มีหลักการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ผ่านการส่งกำลังที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ โซ่ และ สายพาน ซึ่งการคำนวณมอเตอร์ไฟฟ้าพิจารณาถึงแรงบิด (Torque) และกำลัง (Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้าจากสมการที่ 8 และ 9 ตามลำดับ โดยการคำนวณในสมการนี้พิจารณาถึงความเร็วที่ต้องการและแรงต้านรวมที่แสดงรายละเอียดในสมการที่ 10

แรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

$$T = \mathrm{F}_d\mathrm{R} \qquad \text{สมการที่ 8}$$

กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า

$$\mathrm{P} = \mathrm{F_d V} \qquad \text{สมการที่ 9}$$

แรงต้านรวม

$$F_d = ma + mgk_r + F_t \qquad \text{สมการที่ 10}$$

เมื่อ

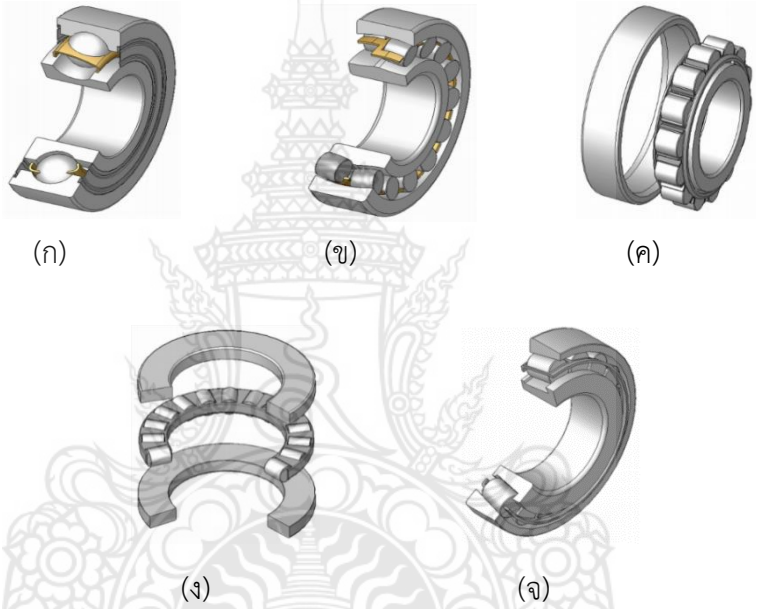
P	คือ	กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า	[kW]
R	คือ	รัศมีเฟือง	[m]
T	คือ	แรงบิด	[N.m]
V	คือ	ความเร็วปลาย	[m/s]
a	คือ	ความเร่ง	[m/s^2]
g	คือ	ความเร่งโน้มถ่วงของโลก มีค่า 9.81	[m/s^2]
m	คือ	มวลของรถ	[kg]
F_d	คือ	แรงต้านรวม	[N]
F_t	คือ	แรงฉุดโซ่ส่งกำลัง	[N]
k_r	คือ	สัมประสิทธิ์การต้านทานการหมุนของล้อ	[-]

2.2.5 ทฤษฎีลูกปืน (Bearing) [15]

แบริ่ง (Bearing) คือ อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อรองรับภาระพร้อมกับยอมให้มีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชิ้นส่วนสองชิ้นในเครื่องจักรกลชนิดของแบริ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ

Plain Bearing คือ แบริ่งที่อาศัยการสัมผัสแบบลื่นไถล (Sliding Contact) เพื่อรับภาระและลดแรงเสียดทาน เช่น เจอร์นัลแบริ่ง (Journal Bearing) เป็นต้น

Roller Bearing คือ แบริ่งที่อาศัยการสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) เพื่อรับภาระและลดแรงเสียดทาน เช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) โรลเลอร์แบริ่ง (Roller Bearing) โรลลิ่งแบริ่ง หรือ Anti-Friction Bearing คือ แบริ่งที่อาศัยการสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) เพื่อรองรับภาระและลดความเสียดทาน โดยทั่วไปจะใช้แบบบอล (Ball) และโรลเลอร์ (Roller) เป็นชิ้นส่วนสำหรับการกลิ้ง (Rolling Element) ชนิดของโรลลิ่งแบริ่งแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ชนิดของโรลลิ่งแบริ่ง (ก) Ball bearing (ข) Spherical roller bearing (ค) Roller bearing (ง) Thrust bearing (จ) Tapered roller bearing

2.2.6 ทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติ [16]

สถิติ หมายถึงตัวเลขที่แสดงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือหลักการและระเบียบวิธีว่าด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการตีความข้อมูล โดยลักษณะของข้อมูลทางสถิติแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลเชิงปริมาณ ที่แสดงให้เห็นเด่นชัดออกเป็นรูปแบบของตัวเลข เช่น จำนวนนับ และระดับคะแนน และข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่ไม่สามารถแสดงให้เห็นเป็นตัวเลขได้ เช่น เพศ อายุ และสถานภาพ ยิ่งไปกว่านั้นนักสถิติศาสตรได้แบ่งประเภทของสถิติออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย สถิติพรรณา (Descriptive Statistics) ที่มีวัตถุประสงค์ในการบรรยาลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากกลุ่มประชากรที่สนใจที่อาจแสดงในรูปของ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ความแปรปรวน (Deviation) ส่วนอีกประเภท คือ สถิติเชิงอนุมาน

(Inferential Statistics) ที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างข้อมูล (Data) แล้วนำมาทดสอบทางสมมติฐาน (Assumption test) สำหรับสมการที่ใช้ในการคำนวณทางสถิติในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error: MSE) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: MSE) ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error: MAPE) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) โดยแสดงตามสมการที่ 11 ถึง 15 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD)

$$MAD = \sum_{i=0}^{n} \left| \frac{x_i - \bar{x}}{n} \right| \qquad \text{สมการที่ 11}$$

ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error: MSE)

$$MSE = \sum_{i=0}^{n} \left| \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} \right| \qquad \text{สมการที่ 12}$$

รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: MSE)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=0}^{n} \left| \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} \right|} \qquad \text{สมการที่ 13}$$

ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error: MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum (x_i - \bar{x})}{\sum \bar{x}} * 100 \qquad \text{สมการที่ 14}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \qquad \text{สมการที่ 15}$$

เมื่อ

x_i	คือ	ค่าจากการทดสอบจริง	[-]
$\bar{x}$	คือ	ค่าเฉลี่ย	[-]
n	คือ	จำนวนของข้อมูล	[-]

บทที่ 3

สมมติฐานการวิจัยและแนวทางการทดสอบ

3.1 สมมติฐานการวิจัย

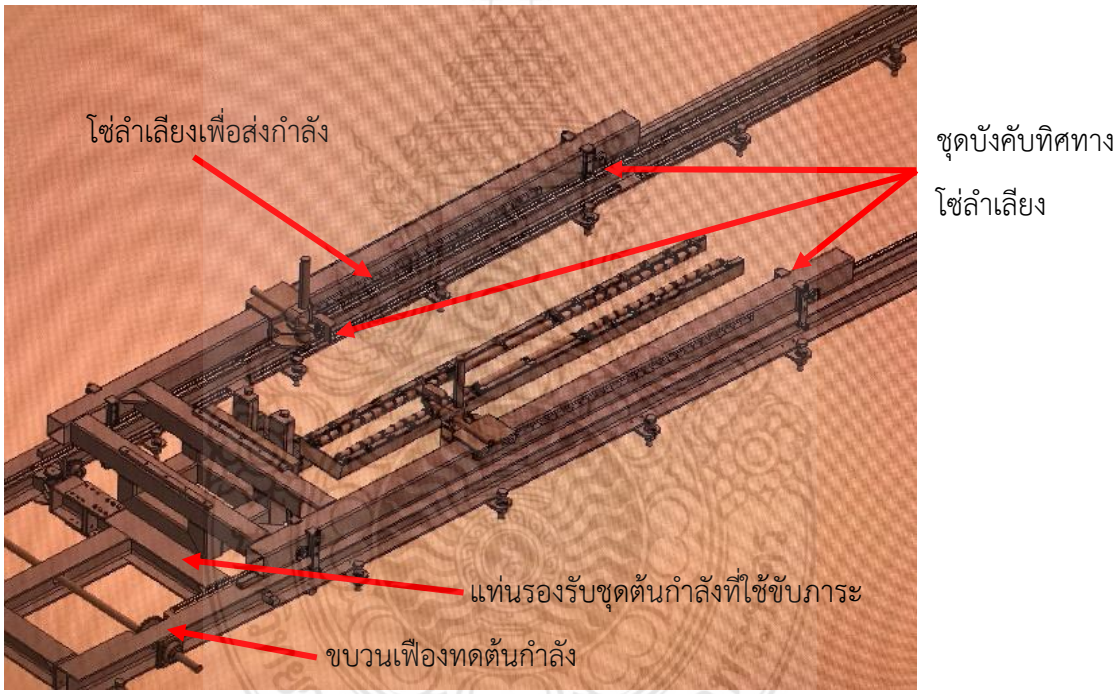
เพื่อก่อให้เกิดคุณค่างานวิจัยอย่างมีคุณภาพ สามารถนำแนวคิด หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดอันเกิดจากงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ทั้งเชิงวิชาการ หรือเชิงสังคม หรือเชิงพาณิชย์ ดังนั้นการตั้งสมมติฐานการวิจัยจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อตอบสนองความต้องการ รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงกับสถานการณ์อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริงกับประเทศไทย สมมติฐานงานวิจัยแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สมมติฐานงานวิจัย

สมมติฐานการวิจัย	รายละเอียดและผลที่เกิดขึ้นจริงอย่างเป็นรูปธรรม
รถประเภทใดมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด	รถจักรยานยนต์มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากกว่ารถประเภทอื่น และมีสถิติสูงเป็นอันดับที่ 2 ของโลก
ปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุคือสิ่งใด	คน คุณภาพรถ และสภาพถนน เป็นปัจจัยหลักการเกิดอุบัติเหตุ
การแก้ปัญหาที่เป็นอยู่ในปัจจุบันเป็นอย่างไร	- ด้านคน ใช้เพียงการรณรงค์และประชาสัมพันธ์ เท่านั้น - ด้านคุณภาพรถ มีหน่วยงานเพียงเล็กน้อยที่ทำการประเมินคุณภาพของรถยนต์ - ด้านถนน มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการออกแบบถนนให้สอดคล้องกับความปลอดภัย
คุณภาพของรถจักรยานยนต์ที่ใช้อยู่ในประเทศไทยเป็นอย่างไร	ผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ที่ไม่มีการแสดงผลการประเมินคุณภาพรถให้กับผู้บริโภค
มีเครื่องมือและการทดสอบใดที่แสดงให้เห็นระดับความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ	มีเครื่องมือตรวจวัดแรงกระแทก อัตราเร่ง และอัตราหน่วง ส่วนหุ่นทดสอบการชนมีเพียงสำหรับรถยนต์ และมีใช้เฉพาะสถานประกอบการรถยนต์ เท่านั้น
เหตุใดชุดทดสอบการชนจึงมีความสำคัญ	ชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์สามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินการบาดเจ็บและกำหนดทิศทางการชนได้

3.2 สมมติฐานการออกแบบชุดทดสอบการชนรถจักรยานยนต์

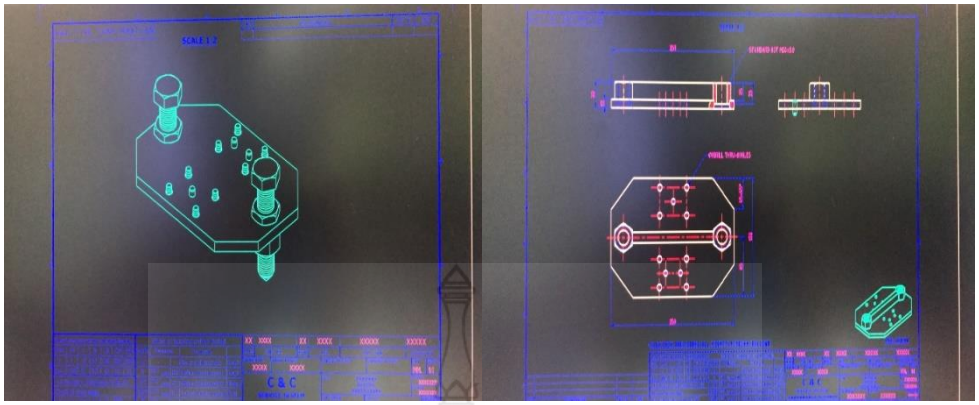
การออกแบบรางเข้าชนถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจาก ชุดรางเข้าชน เป็นอุปกรณ์หลักที่เป็นตัวพาจักรยานยนต์ให้เคลื่อนที่เข้าชนเป้าหมาย โดยวัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัยนี้ พิจารณาถึงความแม่นยำของการพุ่งเข้าชน และการทดสอบสมรรถนะในการควบคุมและการทรงตัวของรถจักรยานยนต์ก่อนชน ดังนั้น หากต้องการควบคุมการทรงตัวเข้าสู่เป้าหมายจึงจำเป็นต้องมีการพาอย่างแม่นยำ นอกเหนือจากนี้ ชุดรางเข้าชนดังกล่าวควรสามารถเคลื่อนย้ายได้เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน หากแต่มีความจำเป็นต้องพิจารณาถึงการติดตั้งที่มีความมั่นคงแข็งแรงรองรับการเคลื่อนตัวของการเคลื่อนที่รถจักรจักรยานยนต์อีกด้วย สำหรับส่วนประกอบหลักของรางเข้าชน แสดงดังรูปที่ 3.1 สำหรับสมมติฐานการออกแบบรางเข้าชนมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2



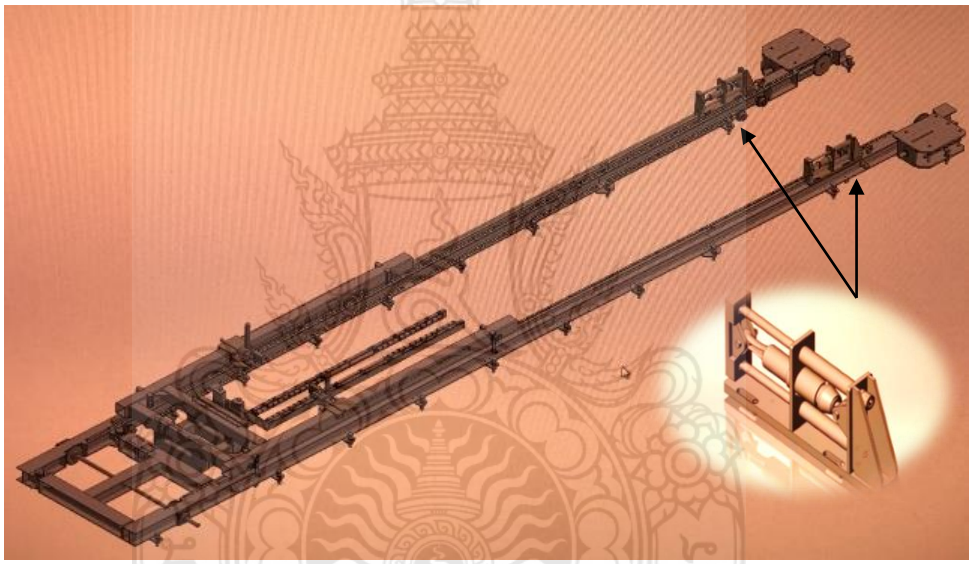
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักของรางเข้าชน

ตารางที่ 3.2 สมมติฐานการออกชุดทดสอบการชนรถจักรยานยนต์

สมมติฐาน	เหตุผลและแนวทางการออกแบบ
รางเข้าชนที่ออกแบบถูกเลือกใช้กับจักรยานยนต์ประเภทใด	รถจักรยานยนต์ที่ใช้ในประเทศไทยมีหลายประเภท ดังนั้นการเลือกมาจากการปริมาณการใช้รถแต่ละประเภท โดยพิจารณาจากสถิติการจดทะเบียนรถจักรยานยนต์มากที่สุดจากกรมการขนส่งทางบก คือประเภทที่มีความจุกระบอกสูบไม่เกิน 125 cc
ระบบต้นกำลังออกแบบอย่างไร	ระบบต้นกำลังถูกออกแบบจากการพิจารณาตัวแปรด้าน มวลของจักรยานยนต์ ความเร็วก่อนการเข้าชน ซึ่งออกแบบโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง เพื่อความสะดวกในการใช้งาน และสามารถคำนวณหาภาระหรือขนาดของต้นกำลังได้ตามสมการที่ 8 และ 9 ได้ ทั้งนี้ต้องพิจารณาการตัดการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าหลังมีการปล่อยรถเข้าหาเป้าหมายอีกด้วย (รูปที่ 3.1)
ระบบส่งกำลังออกแบบอย่างไร	ระบบส่งกำลังที่ออกแบบมีความเชื่อมโยงกับระบบต้นกำลังซึ่งจำเป็นต้องออกแบบให้สัมพันธ์กันทั้งเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ (เฟืองขับ) ระหว่างระบบต้นกำลังและส่งกำลัง (เฟืองตาม) ผ่านการส่งกำลังด้วยโซ่ ที่มีอัตราทดสัมพันธ์กับความเร็วก่อนเข้าชน ตามสมการที่ 10 ทั้งนี้ยังต้องพิจารณาความตึงของการส่งกำลังเพื่อไม่ให้เกิดการติดขัดขณะทดสอบและความปลอดภัยอีกด้วย (รูปที่ 3.1)
ความยาวของรางเข้าชนมีค่าเท่าใด	ความยาวของรางสามารถคำนวณได้ ตามสมการที่ 7 อย่างไรก็ตามในการสร้างและออกแบบอาจปรับเปลี่ยนตามงบประมาณ ซึ่งปกติวัสดุทำรางมีความยาว 6 เมตร จึงมีความจำเป็นจะต้องออกแบบอุปกรณ์ยึดหัวและท้ายรางให้สามารถนำรางมาต่อได้สะดวก (รูปที่ 3.2)
การหยุดการทำงานของกลไกต้องทำอย่างไรเมื่อการพารถเข้าชนถึงเป้าหมาย	การออกแบบต้องสามารถตัดการทำงานของต้นกำลังและเมื่อชุดกลไกพาจักรยานยนต์ถึงเป้าหมายต้องสามารถชะลอหรือหยุดชุดกลไกได้โดยใช้ตัวหน่วง (shock absorber) ที่ติดตั้งบริเวณปลายของรางเพื่อดูดซับพลังงานที่สามารถคำนวณจากสมการที่ 3 และ 4 ได้ (รูปที่ 3.3)
การออกแบบชุดทดสอบการชนควรเคลื่อนย้ายหรือยึดติดกับที่อย่างใดเหมาะสมกว่ากัน	ควรเป็นแบบยึดติดกับที่เนื่องจากการขับเคลื่อนที่มีความเร็วและมวลที่สามารถสร้างพลังงานจำนวนมากอาจเกิดอันตรายได้ อย่างไรก็ตามโครงการนี้ได้ทำการออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายและยึดติดได้สะดวก หากแต่ต้องคำนึงถึงกระบวนการติดตั้ง (รายละเอียดกล่าวในการออกแบบการทดสอบ)



รูปที่ 3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์ยึดหัวและท้ายราง



รูปที่ 3.3 การออกแบบชุดดูดซับพลังงาน

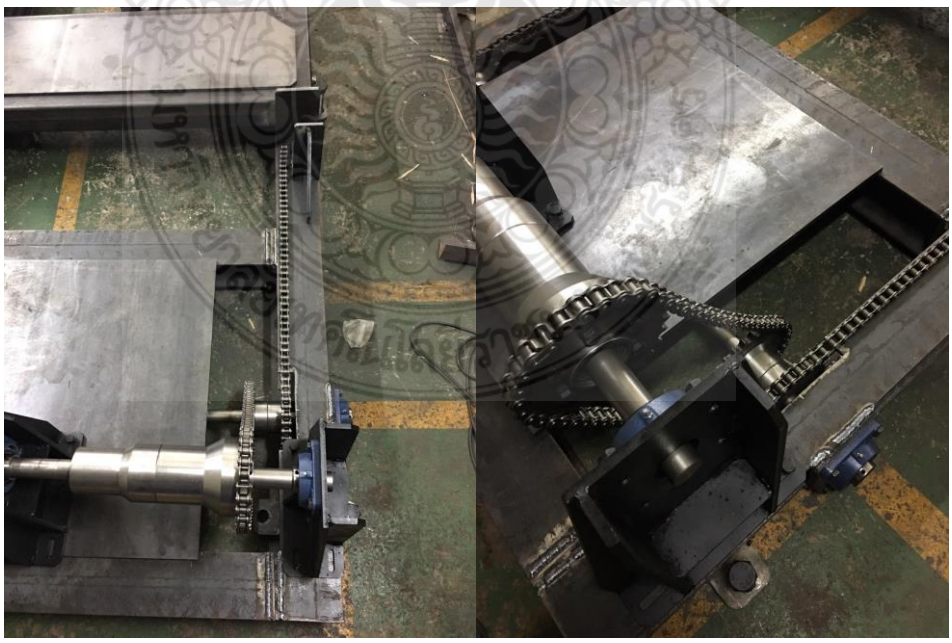
3.3 ผลการออกแบบ

การออกแบบทางทฤษฎีเป็นเพียงแนวทางที่นำไปสู่การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่นำไปใช้ในการประกอบเป็นชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์เท่านั้น อย่างไรก็ตามในการออกแบบทางทฤษฎีตามสมมติฐานการออกแบบอาจไม่สามารถใช้กับวัสดุและอุปกรณ์ที่มีการใช้งานจริงได้ เนื่องจากหลักในการเลือกมีค่าไม่ตรงกับค่าจำเพาะของวัสดุอุปกรณ์จริงที่มีขายในท้องตลาด หากแต่ในการเลือกใช้งานจริงจำเป็นต้องอ้างอิงกับสิ่งที่มีใช้ในทางธุรกิจ ทั้งนี้คณะผู้วิจัย ได้ทำการสรุปผลการออกแบบพร้อมรายละเอียดของวัสดุและอุปกรณ์ที่แสดงตามตารางที่ 3.3 และการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่ใช้จริงแสดงตามรูปที่ 3.4 ถึง 3.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.3 สรุปรายละเอียดการออกแบบ

รายการ	มิติหรือขนาดที่เลือกใช้	จำนวนที่ใช้
รางเข้าชน		
วัสดุประเภท	H beam	4
ขนาดและมิติ (Height × Flange width x long)	125*125 *6000 mm.	-
น้ำหนักต่อความยาว Unit mass	23.8 kg/m	-
การส่งกำลัง		
ประเภทเฟืองส่งกำลัง	RS60 28t, 14t	5, 8
อัตราทดเฟืองตัวขับและตาม	1:1	-
โซ่ส่งผ่านกำลัง	ANSI RS60	3
ลูกปืนรับน้ำหนัก	Ball bearing	8
การปลดภาระส่งกำลัง	Incline shaft with compressive spring	2
การบังคับและปรับตั้งความตึงโซ่ส่งกำลัง	Control direction, Rotation screw adjustable	8, 2
ต้นกำลัง		
ประเภทมอเตอร์ไฟฟ้า	Induction Motor	1
คุณลักษณะจำเพาะ (Characteristic)	3ph/4poles/380V/50Hz	-
ภาระเมื่อทำงานเต็มที่ (Full load output)	11.4A/1430 rpm.	-
แรงม้า (Output horse power)	7.5 hp.	-
ขนาดเพลาขับ (Output shaft)	38 mm	-
วัสดุรองรับน้ำหนักประเภท	C Channel 75*40*5 mm.	2
โครงสร้างพารถทดสอบ		
วัสดุประเภท	Sq.100*100*4.5 mm.	4
การยึดติดกับพื้นที่ทดสอบ	Anchorage self-adjust	20
แกนประคองรถทดสอบ	Foot rest, hand grip and cam follower roller	2, 2, 4
อุปกรณ์ดูดซับพลังงาน		
ประเภท	Liquid shock absorber	2
Stroke-rebound displacement, speed	180 mm, 1.85 m/s	-

รูปที่ 3.4 รางเข้าชนที่ใช้งานจริง



รูปที่ 3.5 ชุดส่งกำลังที่ใช้งานจริง

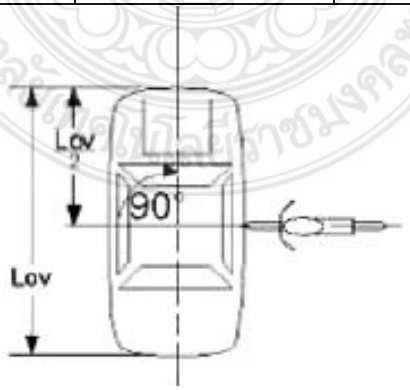
รูปที่ 3.6 ชุดโครงสร้างพารถทดสอบที่ใช้งานจริง

รูปที่ 3.7 ชุดต้นกำลังที่ใช้งานจริง

3.4 สมมติฐานการทดสอบ

การออกแบบการทดสอบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความแม่นยำของผลการทดสอบเป็นหลัก เนื่องจากการทดสอบถูกกำหนดให้ดำเนินการทดสอบความปลอดภัยของจักรยานยนต์มาตรฐานสากล ISO 13232 ที่ว่าด้วยการทดสอบการชนของจักรยานยนต์ (Motorcycle, MC) กับรถยนต์ที่รับแรงกระแทก (Opposite Vehicle, OV) เพื่อทำการประเมินอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยของผู้ขับขี่ที่ติดตั้งในจักรยานยนต์ อย่างไรก็ตามในโครงการวิจัยนี้ มีข้อจำกัดด้านงบประมาณจึงไม่สามารถนำรถจักรยานยนต์กับรถยนต์ได้ จึงกระทำได้เพียงจำลองเป้าทดสอบมาทดแทนรถยนต์ นอกเหนือจากนี้ รูปแบบการชนตามมาตรฐาน ISO 13232 มีการชน 7 รูปแบบ (ตามตารางที่ 1.1) หากแต่จะทำการทดสอบเพียงรูปแบบที่ 4 เท่านั้น คือการชนด้านข้าง มุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของจักรยานยนต์ (MC) กับรถยนต์หรือเป้าทดสอบ (OV) คือ 90 องศา ความเร็วของรถยนต์ หรือเป้าทดสอบ กับ จักรยานยนต์ในหน่วย (OV/MC) คือ 0/13.4 เมตร/วินาที ระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของรถยนต์หรือเป้าทดสอบ (OV) คือ 5 เซนติเมตร โดยสรุปเงื่อนไขการทดสอบแสดงดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สรุปเงื่อนไขการทดสอบ

รูปแบบการทดสอบ	**ตำแหน่งที่ชนของรถยนต์ (OV)**	**มุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของจักรยานยนต์ (MC) กับเป้าทดสอบ (OV)**	**ความเร็วของเป้าทดสอบ กับจักรยานยนต์ในหน่วย (OV/MC) เมตร/วินาที**	**ระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบ (OV) ในหน่วยเซนติเมตร**
4	ด้านข้าง	90 องศา	0/13.4	5
				

3.5 ขั้นตอนการทดสอบ

จากสมมติฐานการทดสอบที่กำหนดในหัวข้อ 3.3 ทำให้สามารถกำหนดขั้นตอนการทดสอบเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.5 โดยการทดสอบแสดงตามรูปที่ 3.8 ถึง 3.11

ตารางที่ 3.5 ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ	ข้อควรระวัง
1. ติดตั้งรางทดสอบการชนทั้ง 2 ข้าง บนพื้นที่ทดสอบ	ระดับความแตกต่างของราง ส่งผลต่อความปลอดภัยและเสถียรภาพของรถที่พุ่งเข้าชนเป้าหมาย
2. ติดตั้งระบบส่งกำลังเข้ากับชุดต้นกำลังและติดตั้งความตึงของโซ่ส่งกำลังให้พอเหมาะ	ความตึงของโซ่ส่งกำลังที่มากเกินไป มีผลให้การขับของชุดต้นกำลัง และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ขับอาจเกินภาระ และหากหย่อนเกินไปจะไม่สามารถขับให้เคลื่อนที่ได้
3. ติดตั้งอุปกรณ์รองรับการล้มจักรยานยนต์	ควรติดตั้งบริเวณด้านข้างของรางทั้ง 2 ข้าง บริเวณด้านหลังของเป้าทดสอบ
4. ติดตั้งกล้องถ่ายภาพยนตร์เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของรถทั้ง ก่อนและหลังการชน	ควรเป็นกล้องความเร็วสูงที่สามารถตรวจสอบระยะที่ปะทะกับเป้าทดสอบ เพื่อสามรถพิจารณาความคลาดเคลื่อนการทดสอบได้
5. ติดตั้งเป้าทดสอบบริเวณปลายของรางและกำหนดตำแหน่งระยะเผื่อปะทะเป้าหมาย	กึ่งกลางของเป้าหมายต้องตรงกับจุดกึ่งกลางของจักรยานยนต์ที่เข้าปะทะ
6. ทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวพารถจักรยานยนต์	ควรตรวจสอบการปลดจักรยานยนต์จากต้นกำลัง
7. นำรถจักรยานยนต์ติดตั้งบนรางทดสอบและติดตั้งชุดประคองราง	ต้องคำนึงถึงพิกัดตำแหน่งของจักรยานยนต์หลังติดตั้งบนรางและชุดประคองให้เป็นเส้นตรง
8. ทดสอบการชนเป้าหมายและบันทึกค่าระยะเผื่อก่อนปะทะเป้าหมาย ความเร็วการเข้าสู่เป้าหมาย และพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์	ความปลอดภัยขณะทดสอบ

รูปที่ 3.8 การติดตั้งรางเข้าชน

รูปที่ 3.9 การติดตั้งชุดแกนประคองรถทดสอบ

รูปที่ 3.10 การทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบความเร็วของการเข้าชน

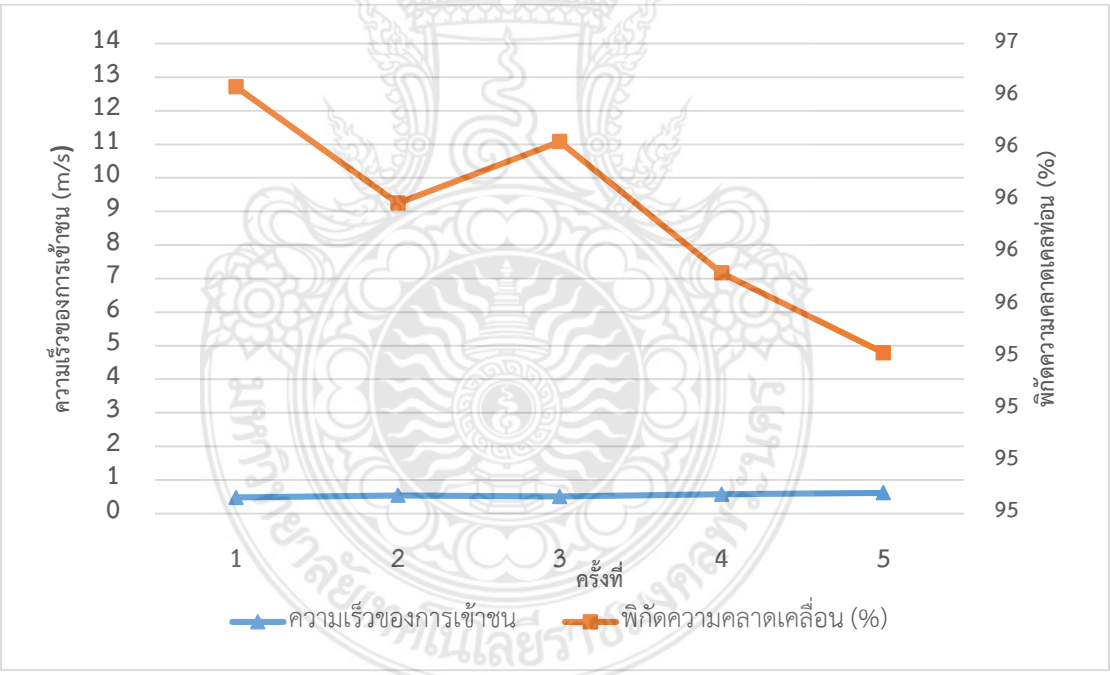
จากที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ในตารางที่ 3.3 สรุปเงื่อนไขการทดสอบ จึงสามารถนำมาออกแบบตารางเก็บผลการทดสอบ โดยสามารถกำหนดตัวชี้วัดการทดสอบได้ 3 ตัวแปร คือ ความเร็วของการเข้าชน มุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ และระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะเป้าทดสอบ (ก่อนที่จักรยานยนต์จะล้ม) ตามลำดับ ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทางสถิติซึ่งประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error: MSE) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: MSE) ค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error: MAPE) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ในการทดสอบทั้ง 3 กรณี โดยผลการทดสอบความเร็วของการเข้าชนแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความเร็วของการเข้าชนรถ

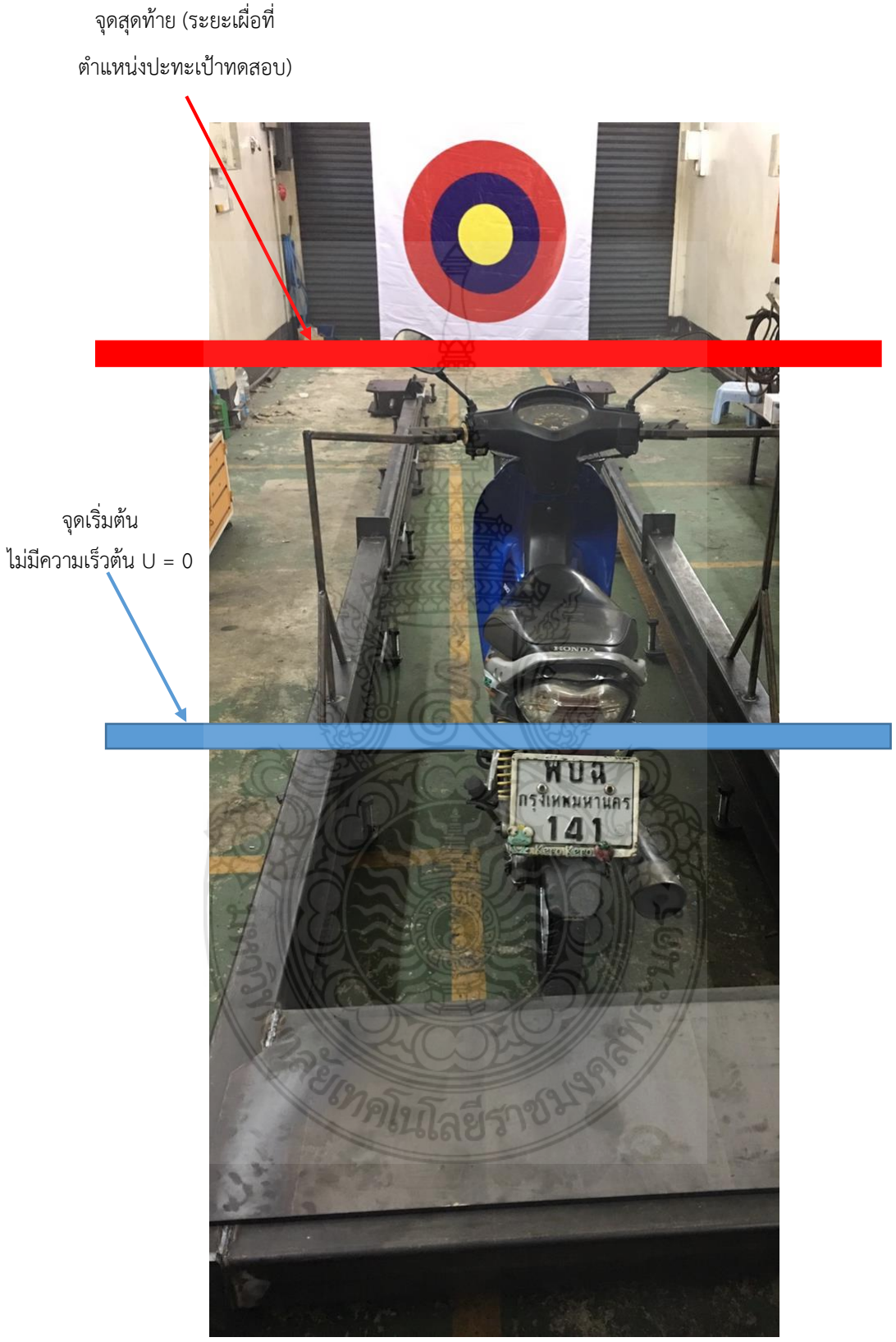
ครั้งที่	ความเร็วเป้าหมาย (m/s)	ความเร็วจริง (m/s)	ความคลาดเคลื่อน (%)	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ				
				MAD	MSE	RMSE	MAPE	SD
1	13.6	0.48	96.4	13.06	852.6	29.2	2410.4	6.53
2		0.54	96					
3		0.51	96.2					
4		0.57	95.7					
5		0.61	95.4					
เฉลี่ย	**13.6**	**0.54**	**96**					

ผลการทดสอบความเร็วของชุดทดสอบตามตารางที่ 4.1 พบว่า ความเร็วในการทดสอบจริงมีค่าเฉลี่ย 0.54 m/s (ที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 5 โดยวิธีการวัดแสดงดังรูปที่ 4.2) ในขณะที่ความเร็วเป้าหมายที่ต้องการให้ชุดทดสอบความเร็วสร้างนั้นมีค่า 13.6 m/s ดังนั้นส่งผลให้มีพิกัดความคลาดเคลื่อนสูงถึงร้อยละ 96 อย่างไรก็ตาม ผลจากการที่ไม่สามารถสร้างความเร็วได้ตามที่ต้องการนั้น เป็นปัจจัยที่เกิดจากความยาวของรางที่ไม่เพียงพอ ซึ่งความยาวของรางที่คำนวณไว้มีค่า 205 เมตร ในขณะที่ความยาวรางจริงมีค่าเพียง 8.6 เมตร เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากงบประมาณไม่เพียงพอ หากแต่ผู้วิจัยได้ออกแบบการต่อรางไว้แล้ว ซึ่งในอนาคตสามารถนำงบประมาณมาทำการต่อรางเพิ่มได้ จึงทำให้สามารถสร้างความเร็วได้เพียงพอต่อการทดสอบ

ส่วนกรณีการทดสอบทางสถิติมีความสอดคล้องกันกับความพิกัดคลาดเคลื่อนที่มีค่าสูงมากจากผลของความยาวรางที่ไม่เป็นไปตามที่ประมาณจากการคำนวณ



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของความเร็วของการเข้าชนและพิกัดความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.2 การวัดและคำนวณความเร็วของการเข้าชน

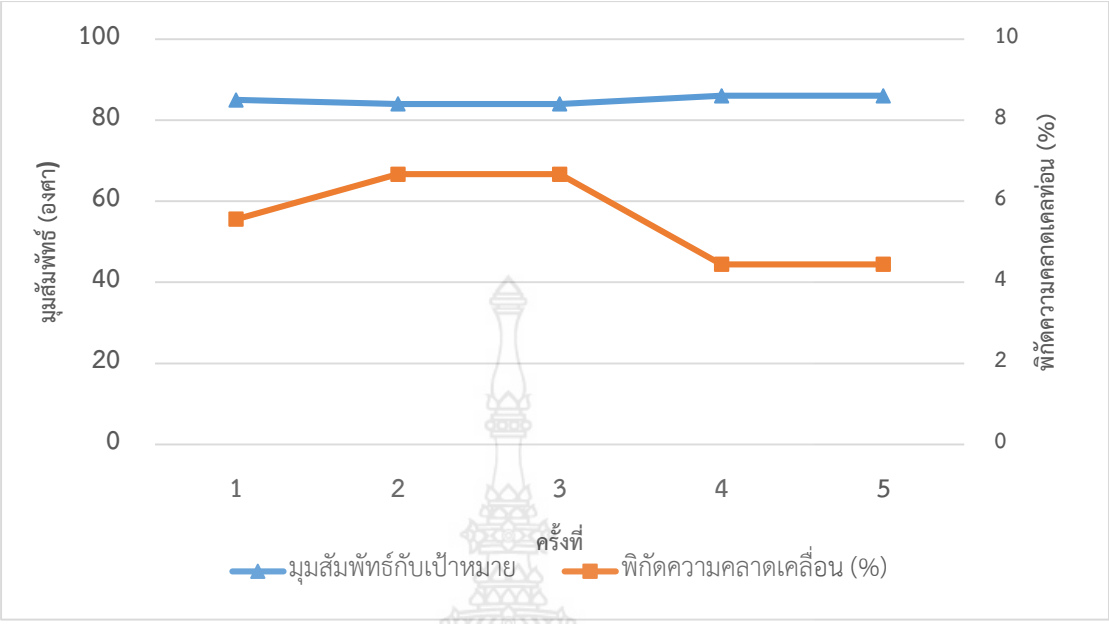
4.2 ผลการทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงความแม่นยำในการทดสอบการชนเป้าหมายที่ส่งผลกระทบโดยตรงกับระดับการบาดเจ็บ เนื่องจากตำแหน่งการเข้าปะทะอันเกิดขึ้นจากมุมสัมพันธ์นั้นทำให้พฤติกรรมทางกายภาพของรถมีการเปลี่ยนแปลง ยกตัวอย่างเช่นการที่มุมสัมพันธ์ของล้อรถจักรยานยนต์เปลี่ยนแปลงความแม่นยำของเป้าหมายที่ถูกปะทะย่อมมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นการทดสอบนี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณา การทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบแสดงตามตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ถึง 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ

ครั้งที่	**มุมสัมพัทธ์เป้าหมาย (องศา)**	**มุมสัมพัทธ์จริง (องศา)**	**ความคลาดเคลื่อน (%)**	**ผลวิเคราะห์ทางสถิติ**				
				MAD	MSE	RMSE	MAPE	SD
1	90	85	5.6	5	125	11.18	5.88	2.58
2		84	6.7					
3		84	6.7					
4		86	4.4					
5		86	4.4					
เฉลี่ย	**90**	**85**	**5.6**					

ผลการทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบตามตารางที่ 4.2 พบว่าความคลาดเคลื่อนของการทดสอบเฉลี่ยมีค่าเพียงร้อยละ 5.6 ทั้งนี้การทดสอบทางสถิติของตัวแปรทุกตัวมีความสอดคล้องกับความคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกันโดยความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบมีค่าต่ำจะทำให้ผลการทดสอบทางสถิติมีค่าคลาดเคลื่อน (Error) รวมไปถึงการเบี่ยงเบนของกลุ่มข้อมูล (Deviation) ลดลงตามไปอีกด้วย



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของมุมสัมพัทธ์และพิกัดความคลาดเคลื่อน

รูปที่ 4.4 การวัดและคำนวณมุมสัมพัทธ์

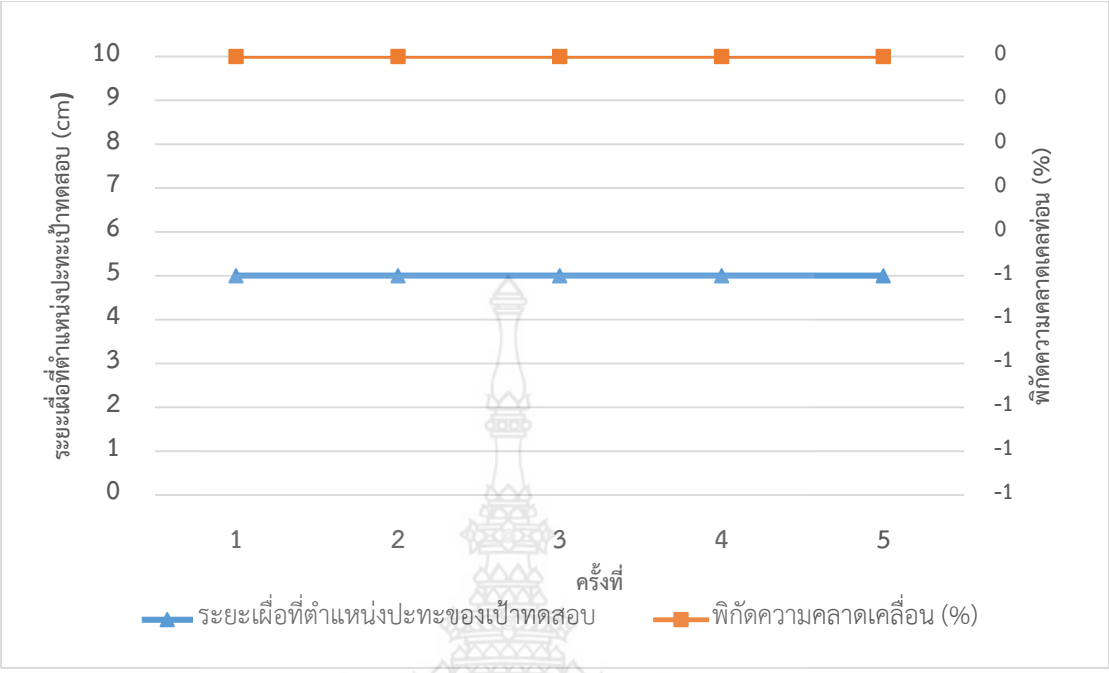
4.3 ผลการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะเป้าทดสอบ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงความแม่นยำในการทดสอบการชนเป้าหมายที่ส่งผลเช่นเดียวกับการทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ หากแต่เป็นการชี้วัดในส่วนการพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ก่อนเข้าชนกับเป้าหมายนั้นเอง ซึ่งรูปแบบของผลกระทบกับระดับการบาดเจ็บเช่นเดียวกัน การทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งที่ปะทะเป้าทดสอบแสดงตามตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

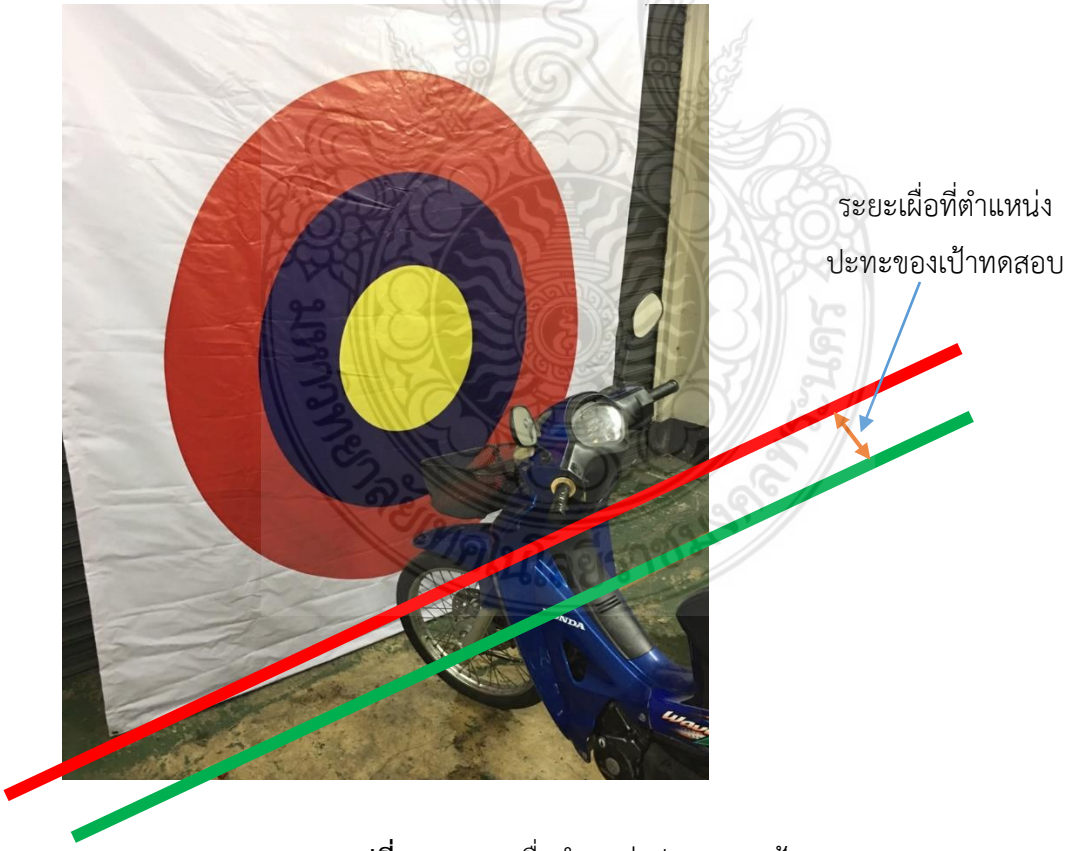
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะเป้าทดสอบ

ครั้งที่	ระยะเผื่อที่ปะทะเป้าหมาย (cm)	ระยะเผื่อที่ปะทะจริง (cm)	ความคลาดเคลื่อน (%)	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ				
				MAD	MSE	RMSE	MAPE	SD
1	5	4	0	-	-	-	-	-
2		4	0					
3		4	0					
4		4	0					
5		5	0					
เฉลี่ย	**5**	**5**	**0**					

ผลการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะเป้าทดสอบตามตารางที่ 4.3 เปิดเผยให้เห็นว่าว่าชุดทดสอบการชนสามารถนำรถเข้าชนกับเป้าหมายได้ดีมาก โดยไม่เกิดการล้มก่อนที่เข้าชนกับเป้าหมาย ส่งไม่ทำให้ไม่เกิดการความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบ รวมไปถึงการวิเคราะห์ตัวแปรทางสถิติทั้งในกลุ่มของ ความคลาดเคลื่อนและกลุ่มของความแปรปรวนข้อมูล



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบและพิกัดความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.6 ระยะเผื่อตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบ

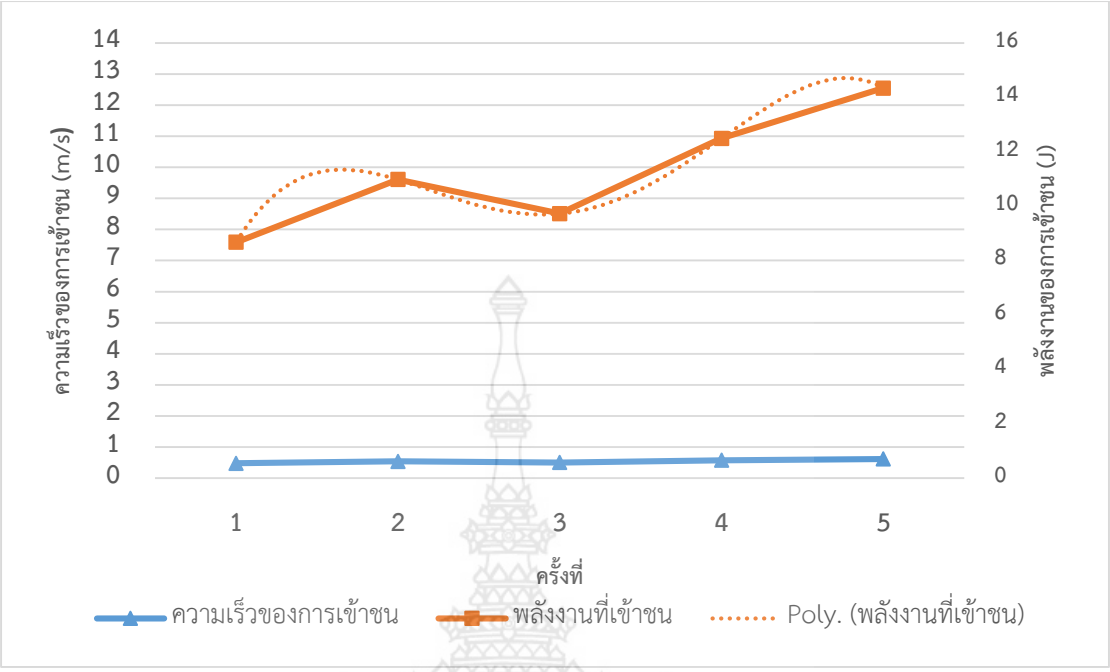
4.4 ความสัมพันธ์ของความเร็วที่เข้าชนและพลังงานที่เข้าชน

พลังงานที่เข้าชนมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ มวลของรถทดสอบ ซึ่งพลังงานในการเข้าชนนี้ ถือเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินการบาดเจ็บ (Assessment criteria) สำหรับผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.4 และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่เข้าชนและพลังงานที่เข้าชนแสดงดังรูปที่ 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณพลังงานที่เข้าชน

ครั้งที่	มวลรถ (kg)	ระยะทางทดสอบ (m)	เวลาที่ทดสอบ (s)	ผลการคำนวณ		
				ความเร็วของการเข้าชน (m/s)	อัตราเร่ง (m/s^2)	พลังงานที่เข้าชน (J)
1	76	8.6	18	0.48	0.027	8.674
2			16	0.54	0.034	10.978
3			17	0.51	0.030	9.725
4			15	0.57	0.038	12.491
5			14	0.61	0.044	14.339
เฉลี่ย	**76**	**8.6**	**16**	**0.54**	**0.034**	**10.978**

จากผลการคำนวณพลังงานที่เข้าชนตามตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่เข้าชนเฉลี่ยมีค่า 10.978 J ซึ่งพลังงานงานที่เข้าชนมิได้แปรผันแบบเชิงเส้น หากแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบแนวโน้มสมการพหุนาม (Polynomial Equation) ภายใต้การคงที่ของมวลรถทดสอบ หรือกล่าวได้ว่ามวลของรถทดสอบมีการแปรผันโดยตรงกับพลังงานที่มีแนวโน้มเป็นรูปแบบสมการเชิงเส้น (linear Equation) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงเส้นแนวโน้มของสมการพหุนามไว้ตามรูปที่ 4.7 ทั้งนี้การคำนวณพลังงานที่เข้าชนยังสอดคล้องกับทฤษฎีการวิเคราะห์พลังงานตามที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 อีกด้วย



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของความเร็วที่เข้าชนและพลังงานที่เข้าชน

4.5 สรุปผลการทดสอบความสามารถของชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์

ความสามารถของชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์ที่ผู้วิจัยทำการออกแบบขึ้นมานั้น สามารถพิจารณาถึงคุณสมบัติของเครื่องทดสอบที่กล่าวในรูปแบบของความสามารถของการทดสอบในหัวข้อ 4.1 ถึง 4.3 โดยผลสรุปแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 บทสรุปการทดสอบความสามารถของชุดทดสอบการชนรถจักรยานยนต์

ความสามารถของของชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์	**ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)**	**ผลวิเคราะห์ทางสถิติ**				
		MAD	**MSE**	**RMSE**	**MAPE**	**SD**
ความเร็วของการเข้าชน	96	13.06	852.6	29.2	2410.4	6.53
มุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ	5.6	5	125	11.18	5.88	2.58
ระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบ	0	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.5 สะท้อนให้เห็นถึง ความสามารถของชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์ โดยความเร็วของการเข้าชนมีอัตราความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด และระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในกลุ่มของความแปรปรวนข้อมูลประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) พบว่าความเร็วของการเข้าชนมีการแปรปรวนสูงที่สุด ส่วนตัวแปรทางสถิติในส่วนของความคลาดเคลื่อนประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error: MSE) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: MSE) และค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error: MAPE) มีผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกันคือมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ความเร็วในการเข้าชน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์สามารถนำมาใช้งานได้จริงกับการทดสอบและการประเมินทางวิศวกรรมยานยนต์ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการทดสอบ ซึ่งการทดสอบความสามารถประกอบไปด้วยความเร็วของการเข้าชน การทดสอบมุมสัมพัทธ์ระหว่างรถจักรยานยนต์และเป้าทดสอบ และการทดสอบระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบตัวแปรทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error: MSE) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: MSE) และค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error: MAPE) โดยผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างความเร็วของการเข้าชนมีความคลาเดคลื่อนสูงที่สุดที่ร้อยละ 96 ส่วนความสามารถของระยะเผื่อที่ตำแหน่งปะทะของเป้าทดสอบมีค่าต่ำที่สุด และสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวิเคราะห์ทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลของความคลาดเคลื่อนของการสร้างความเร็วเป็นผลโดยตรงจากความยาวของรางที่มีจำกัดสืบเนื่องจากงบประมาณ ส่วนกรณีพลังงานที่เข้าชนมีค่าเฉลี่ย 10.978 J โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบแนวโน้มสมการพหุนาม (Polynomial Equation)

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ชุดทดสอบการชนของรถจักรยานยนต์มีรายละเอียดค่อนข้างมาก และการทดสอบควรมุ่งเน้นไปที่ความปลอดภัยเป็นหลัก ซึ่งหากผู้วิจัยอื่น ๆ มีความสนใจในงานที่เกี่ยวข้องนี้ ควรทำการเพิ่มความยาวของรางทดสอบให้สอดคล้องกับความเร็วที่ต้องการสร้างขึ้น เพื่อผลของการทดสอบที่สมบูรณ์และยังประโยชน์ต่อการพัฒนาชาติด้านความปลอดภัยทางยานยนต์สืบต่อไป

บรรณานุกรม

[1] D. Aoki, **"Study of experimental motorcycle safety in Japan,"** in 2nd International Congress on Automotive Safety. Theme: Motorcycle and Recreational Vehicle Safety, 1973, pp. 16–18, 1973.

[2] D. M. Severy, H. M. Brink, and D. M. Blaisdell, **"Motorcycle collision experiments,"** SAE Technical Paper, 1970.

[3] F. A. Berg, P. Rücker, and J. König, **"Motorcycle crash tests-an overview,"** International. Journal. Crashworthiness, vol. 10, no. 4, pp. 327–339, 2005.

[4] N. Wittayarungruengsri, **"Causes of Fatalities and Injuries from Motorcycle Accidents in Bangkok by Autopsy Investigation,"** Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok, 2007 [Online]. Available: http://www.forensic.sc.mahidol.ac.th/Thesis2007.php# [Accessed: 09-Sep-2015], 2015.

[5] C.-W. Pai and W. Saleh, **"Exploring motorcyclist injury severity in approach-turn collisions at T-junctions: Focusing on the effects of driver's failure to yield and junction control measures,"** *Accid. Anal. Prev.*, vol. 40, no. 2, pp. 479–486, Mar. 2008, 2008.

[6] S. Ponboon, N. Boontob, K. Kanitpong, and Y. Tanaboriboon, **"Contributing factors of road crashes in Thailand: evidences from the accident in-depth study,"** *J. East. Asia Soc. Transp. Stud.*, vol. 8, pp. 1986–1998, 2010.

[7] M. Ichikawa, W. Chadbunchachai, and E. Marui, **"Effect of the helmet act for motorcyclists in Thailand,"** Accid. Anal. Prev., vol. 35, no. 2, pp. 183–189, Mar.2003, 2003.

[8] F. A. Berg, P. Rucker, M. Gartner, J. Konig, R. Grzebieta, and R. Zou, **"Motorcycle impacts into roadside Barriers-Real-world accident studies, crash tests and simulations carried out in Germany and Australia,"** in Proceedings of the Nineteenth International Conference on Enhanced Safety of Vehicles", Washington, DC, 2005.

[9] **"Helite Motorcycle Airbag ADAC Crash Test - YouTube."** [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=JgzxxlcbbFI. [Accessed: 22-Jul-2015], 2015.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[10] D. Barbani, N. Baldanzini, and M. Pierini, **"Development and validation of an FE model for motorcycle-car crash test simulations,"** International Journal Crashworthiness, vol. 19, no. 3, pp. 244–263, May 2014.

[11] **"ISO 13232-8:2005 - Motorcycles - Test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles -- Part 8: Documentation and reports."** [Online]. Available: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=37428. [Accessed: 12-Dec-2014], 2014.

[12] **"Malaysia MIROS 1st Motorcycle Outdoor Crash Test MMC0001. 2010**," [Online].Available:https://www.youtube.com/watch?v=MKfrhroTOGA&feature=youtube_gdata_player. [Accessed: 08-Dec-2014], 2014.

[13] **"Official Website of Malaysian Institute of Road Safety Research (MIROS)."** [Online]. Available: https://www.miros.gov.my/1/index.php. [Accessed: 08-Sep-2015], 2015.

[14] **"ThaiPBS, รู้สู้ภัยพิบัติ : ความเสี่ยงเด็กซ้อนท้ายรถจักรยานยนต์ (24 ส.ค. 58),"** 2015, [Online].Available:https://www.youtube.com/watch?v=x89m0GLpacI.[Accessed:08-Sep-2015], 2015.

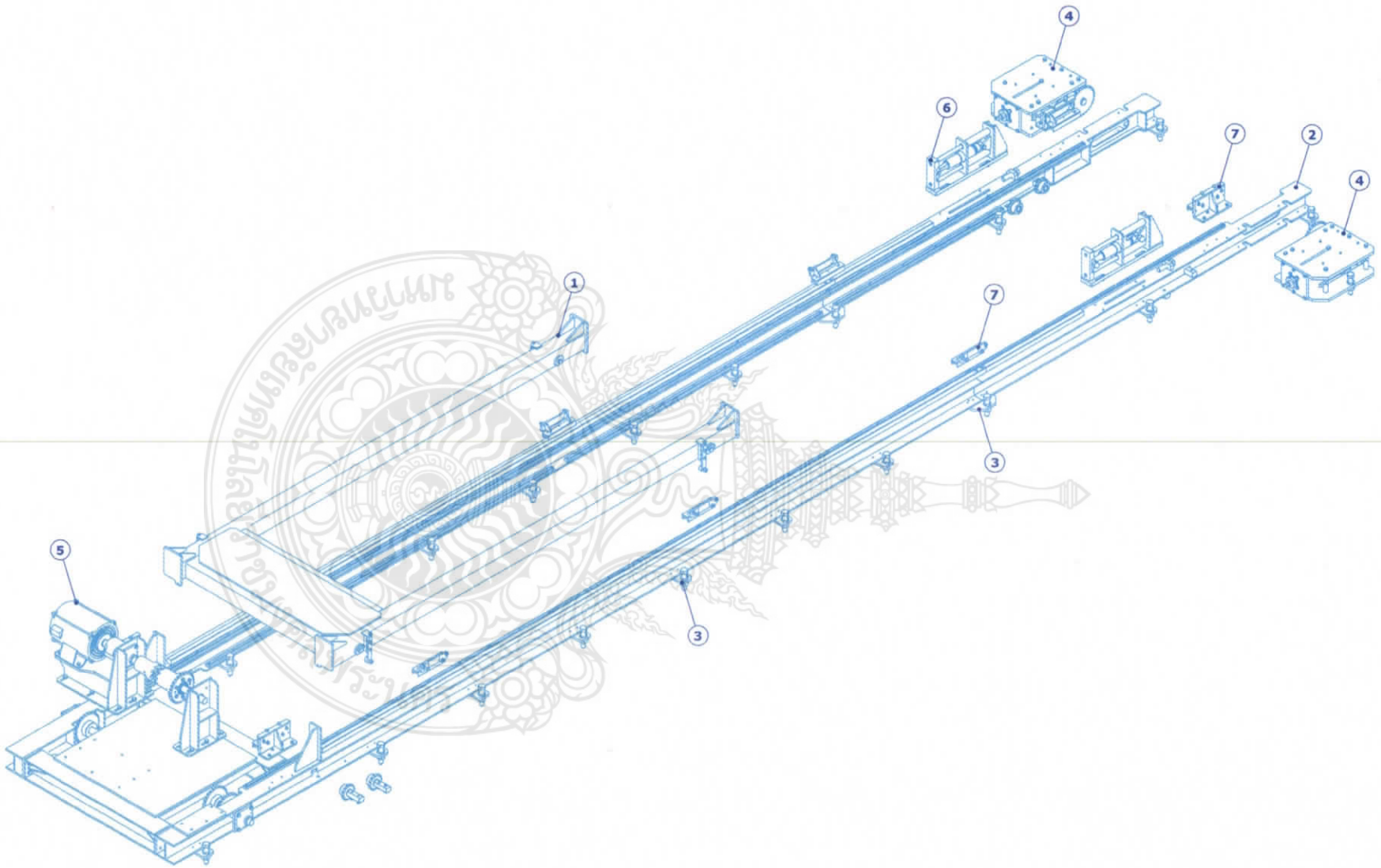
[15] ชาญ ถนัดงาน และ วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, **"การออกแบบเครื่องจักรกล 1,"** บจม. ซีเอ็ดยูเคชั่น, ISBN 9745343528, 2544.

[16] **วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุโขทัย: แบบเรียนออนไลน์วิชาสถิติ** [Online]. Available: http://www.stvc.ac.th/elearning/stat/csu1.html .[Accessed:08-Sep-2015], 2015.

ภาคผนวก ก

แบบชุดขับเคลื่อนในการทดสอบการชนรถจักรยานยนต์

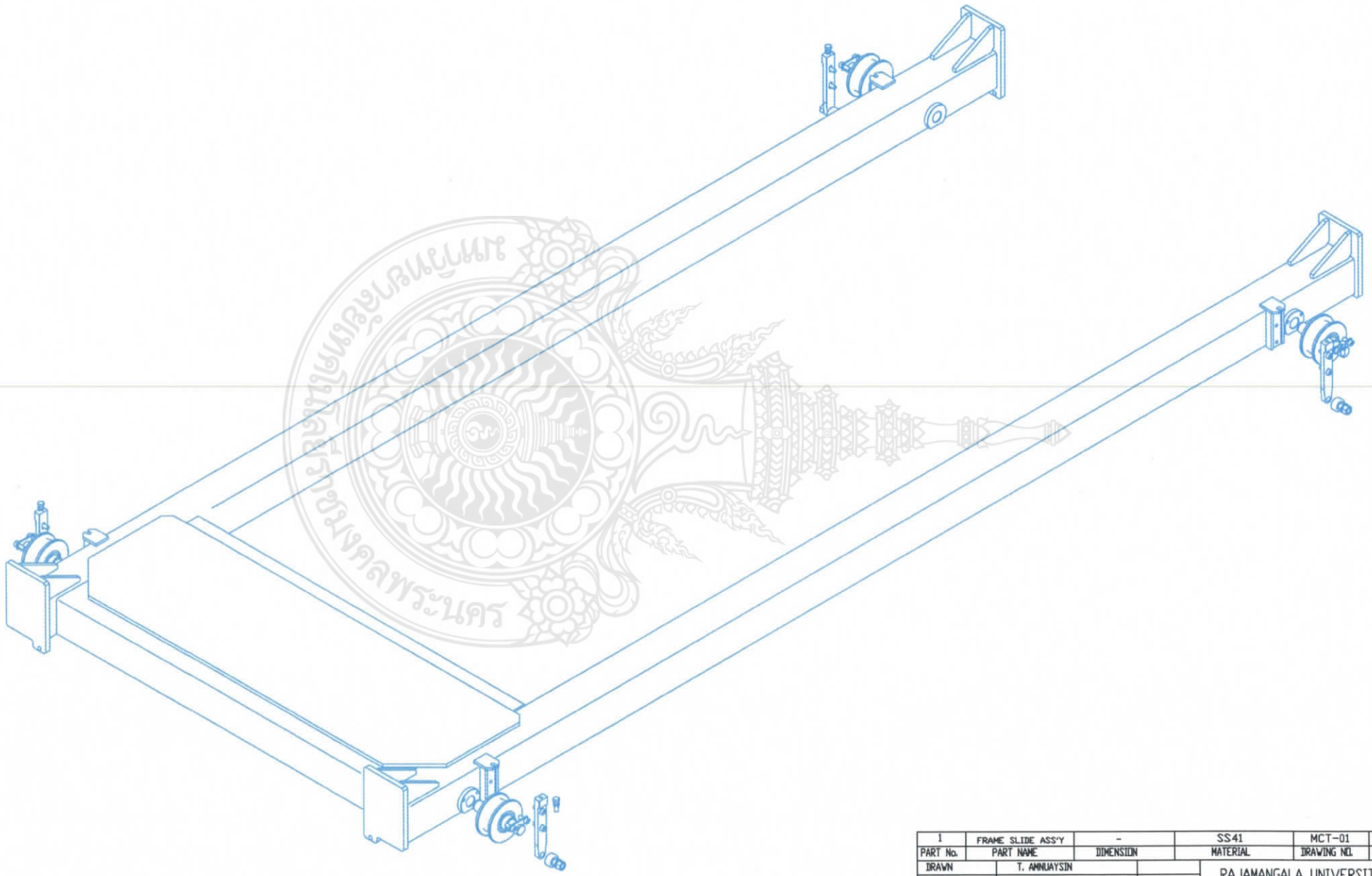
SCALE 1:15



7	RAISED TENSION CHAIN ASS'Y	-	SS41	MCT-09	10
6	STOP ABSORBER ASS'Y	-	SS41	MCT-06	2
5	MAIN DRIVE ASS'Y	-	SS41	MCT-05	1
4	IDLER DRIVE TENSION ASS'Y	-	SS41	MCT-04	2
3	CONNECT FRAME ASS'Y	-	SS41	MCT-03	20
2	FIX FRAME ASS'Y	-	SS41	MCT-02	1
1	FRAME SLIDE ASS'Y	-	SS41	MCT-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.

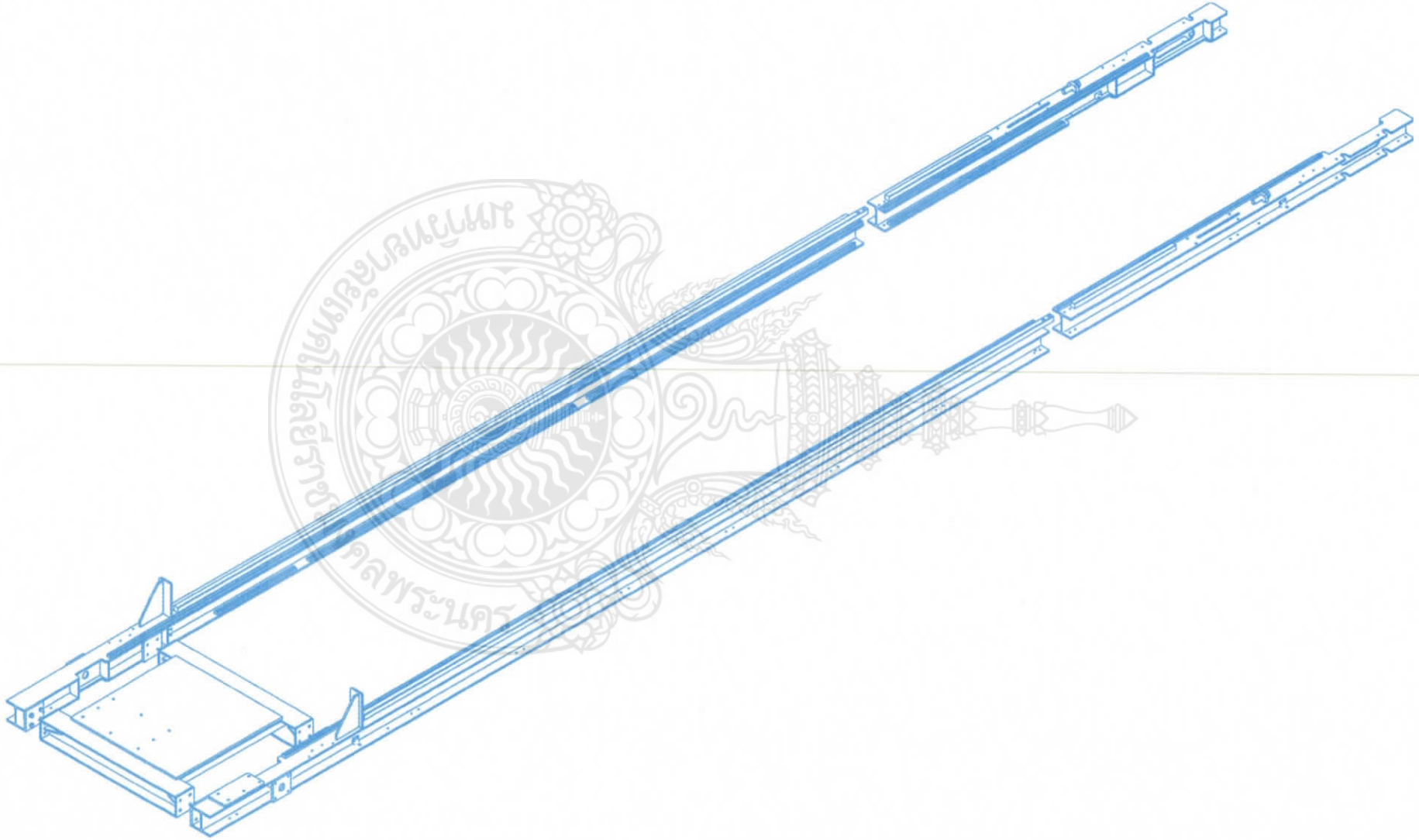
DRAWN	T. AMNUAYSIN	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON	
CHECKED	B. PICHEST		
APPROVED	K. SONGWUT		
SCALE: 1/15	TITLE: Research 2560	SHEET : 1 OF 8	DATE: 15/10/2561
UNIT : mm			

SCALE 1:8

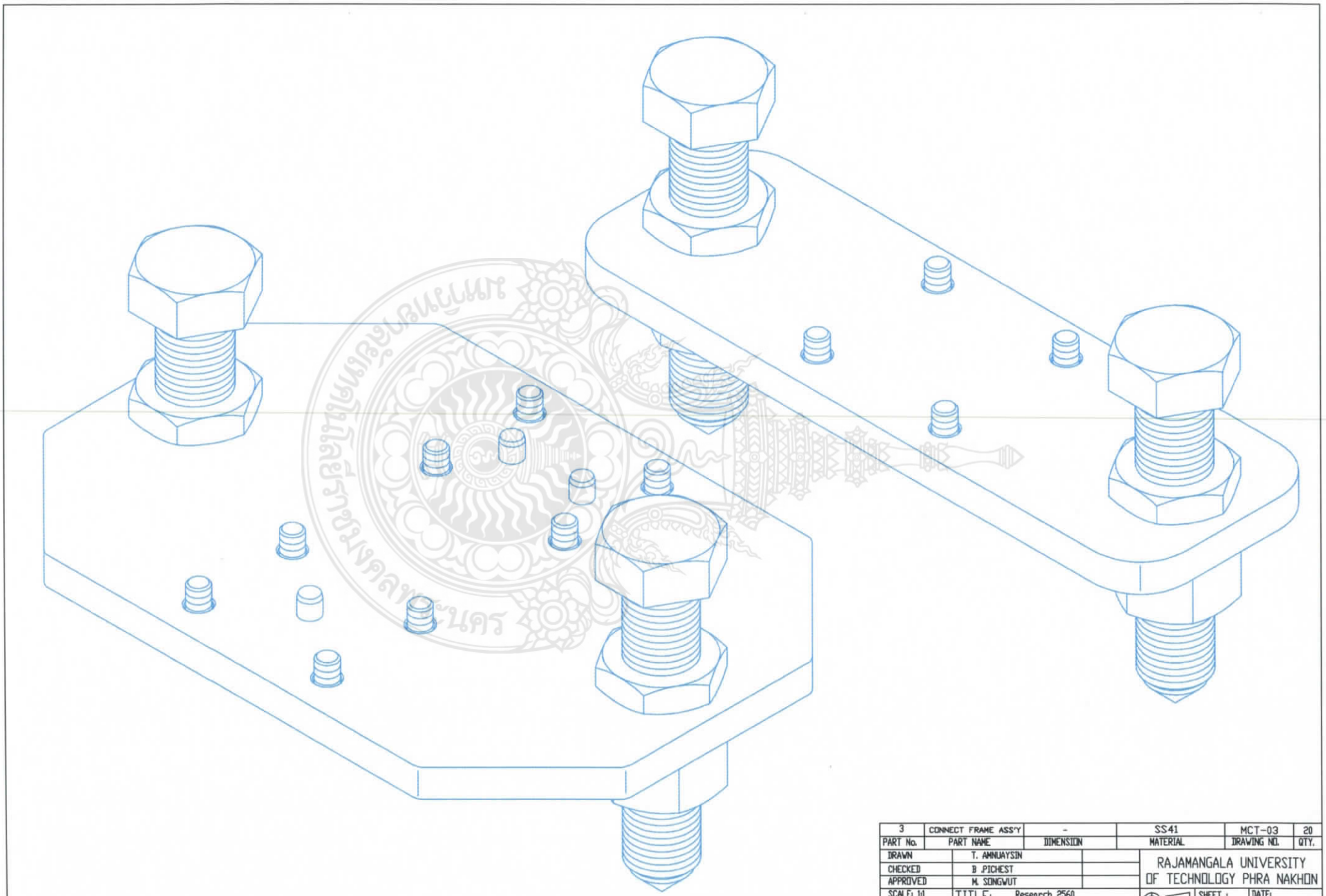


1	FRAME SLIDE ASS'Y	-	SS41	MCT-01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	T. AMNUAYSIN		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	B .PICHEST				
APPROVED	M. SONGWUT				
SCALE: 1/8	TITLE: Research 2560			SHEET : 2 OF 8	DATE: 15/10/2561
UNIT : mm					

SCALE 1:20



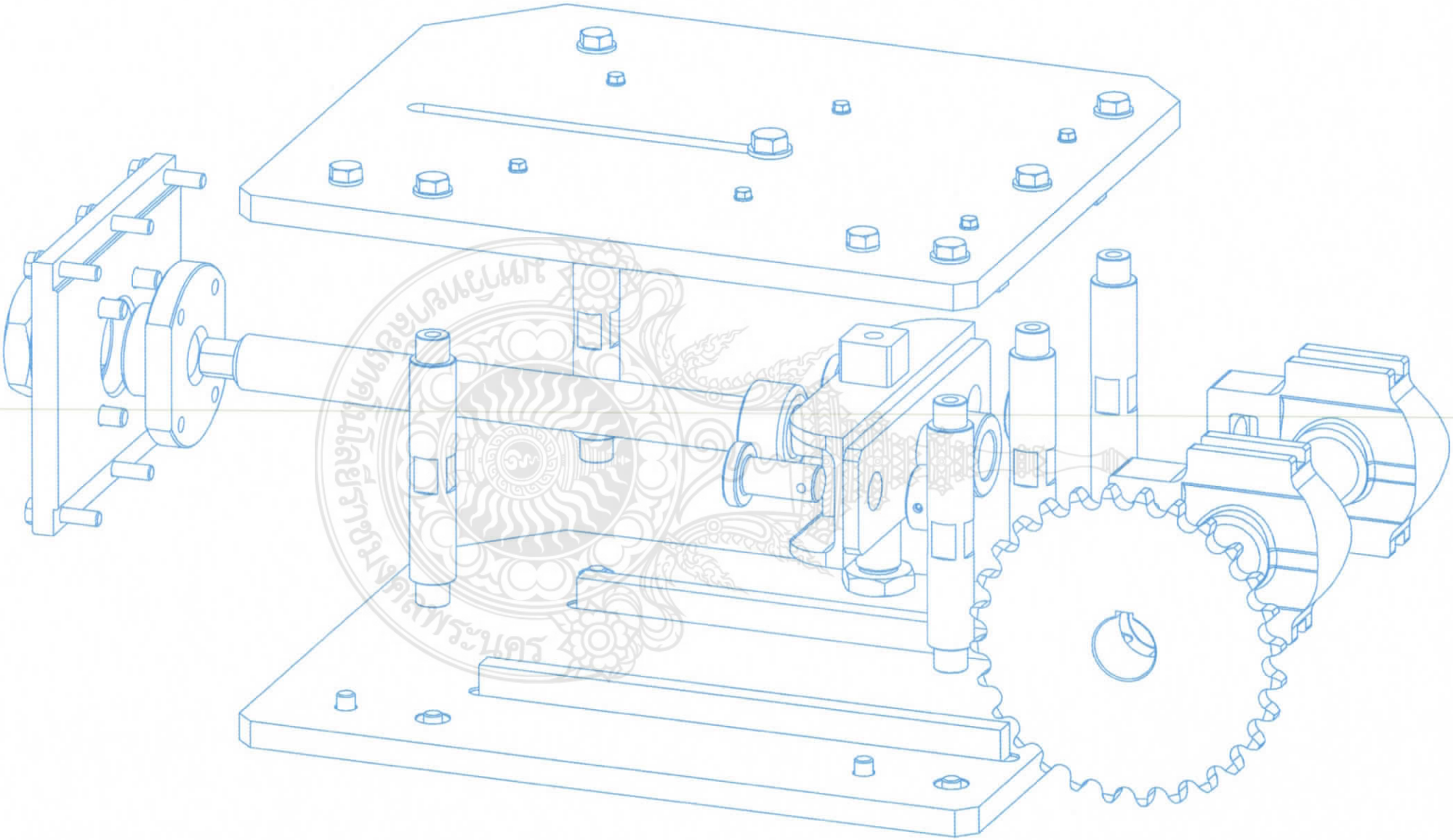
2	FIX FRAME ASS'Y	-	SS41	MCT-02	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	T. AMNUAYSIN		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	B .PICHEST				
APPROVED	M. SONGWUT				
SCALE: 1:20	TITLE: Research 2560			SHEET : 3 OF 8	DATE: 15/10/2561
UNIT : mm					



3	CONNECT FRAME ASS'Y	-	SS41	MCT-03	20
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.

DRAWN	T. AMNUAYSIN	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON
CHECKED	B .PICHEST	
APPROVED	M. SONGWUT	
SCALE: 1/1	TITLE: Research 2560	SHEET : 4 OF 8
UNIT : mm		DATE: 15/10/2561

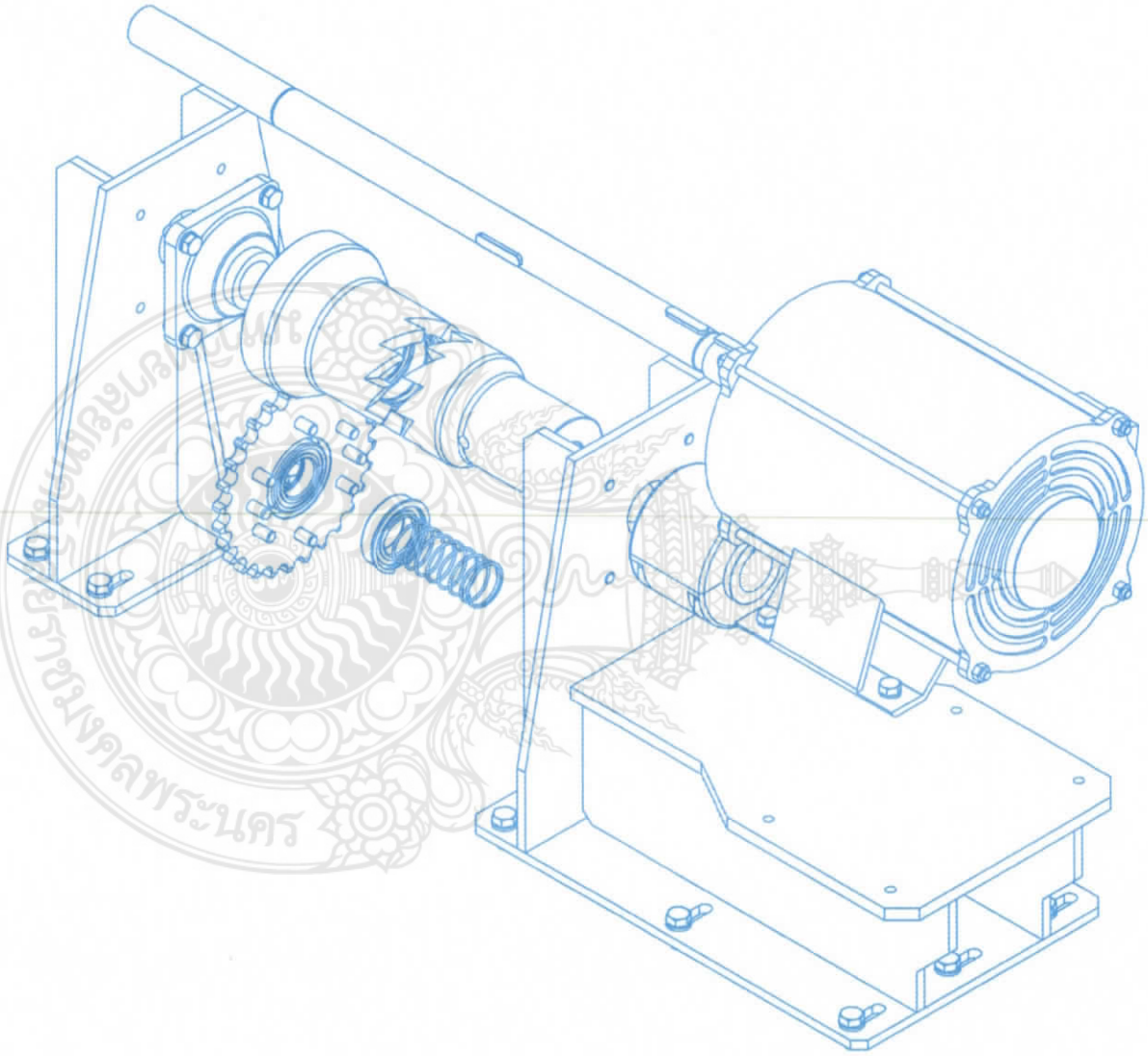
SCALE 1:2



4	IDLER DRIVE TENSION ASS'Y	-	SS41	MCT-04	2
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.

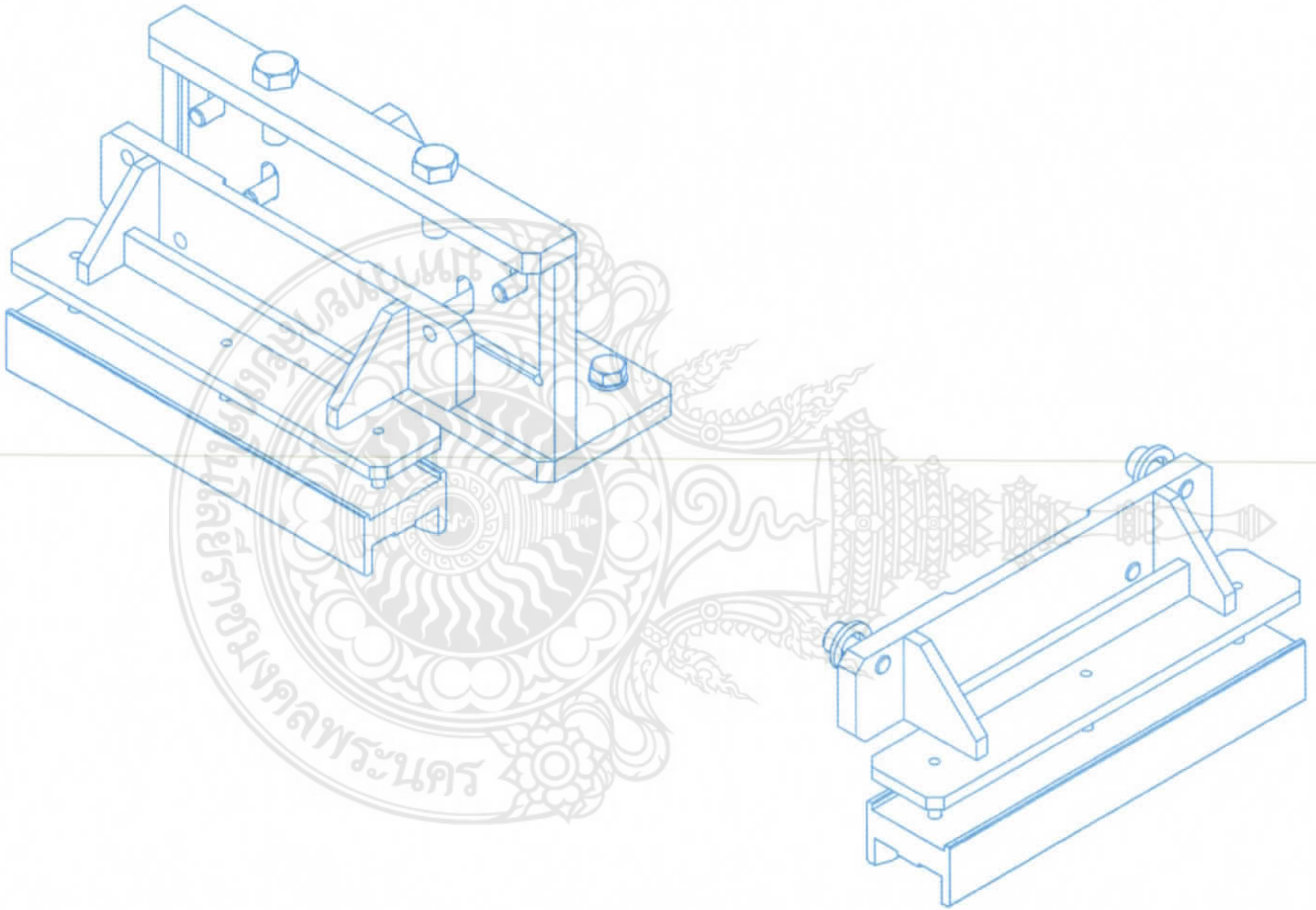
DRAWN	T. AMNUAYSIN	RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON
CHECKED	B .PICHEST	
APPROVED	M. SONGWUT	
SCALE: 1:2	TITLE: Research 2560	SHEET : 5 OF 8
UNIT : mm		DATE: 15/10/2561

SCALE 1:4



5	MAIN DRIVE ASS'Y	-	SS41	MCT-05	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	T. AMNUAYSIN		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	B .PICHEST				
APPROVED	M. SONGWUT				
SCALE: 1:4	TITLE: Research 2560			SHEET : 6 OF 8	DATE: 15/10/2561
UNIT : mm					

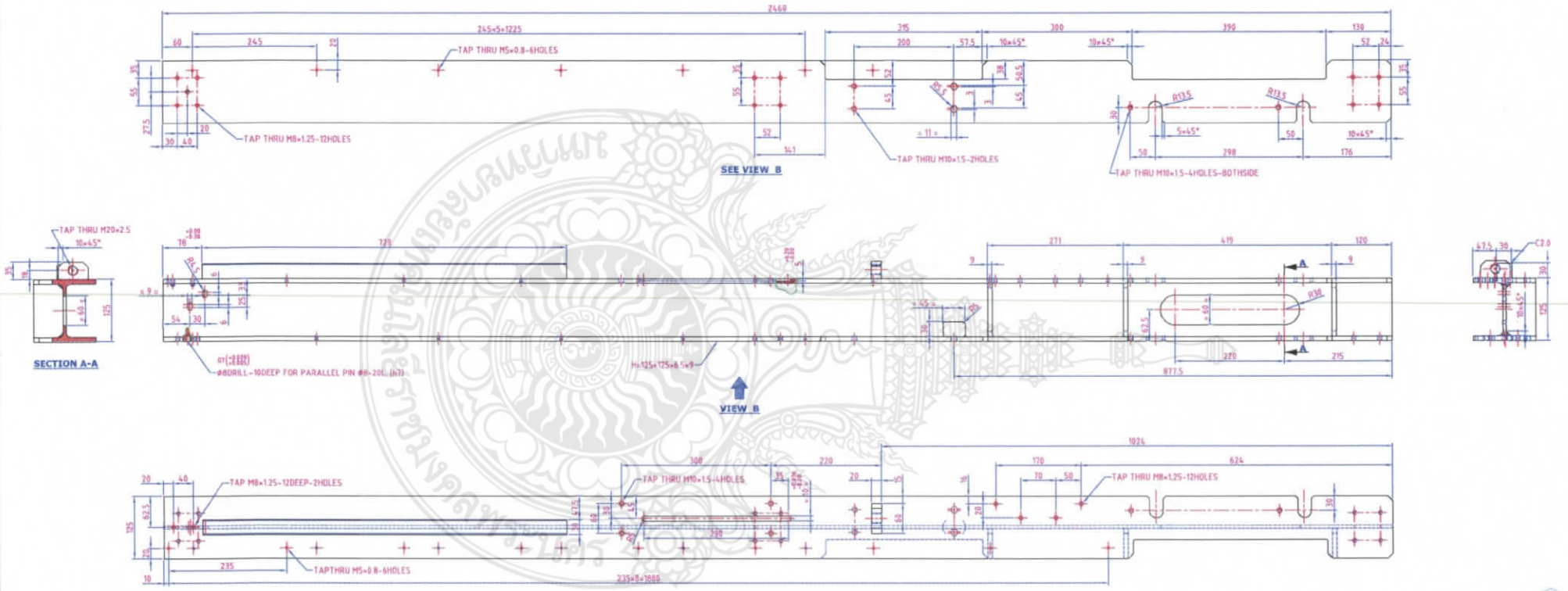
SCALE 1:2

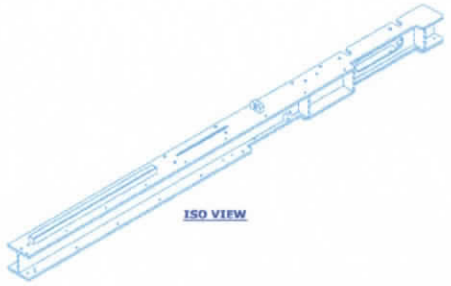


7	RAISED TENSION CHAIN ASS'Y	-	SS41	MCT-09	10
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	T. AMNUAYSIN		RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PHRA NAKHON		
CHECKED	B .PICHEST				
APPROVED	M. SONGWUT				
SCALE: 1:2	TITLE: Research 2560			SHEET : 8 OF 8	DATE: 15/10/2561
UNIT : mm					

AWAITING CONFIRMATION

SCALE 1:4





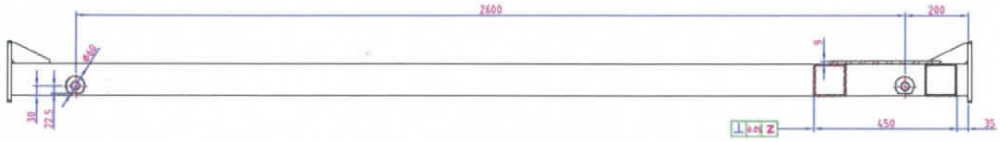
ISO VIEW

-ELECTRIC WELDING ALL JOINTS STRESS RELIEVE

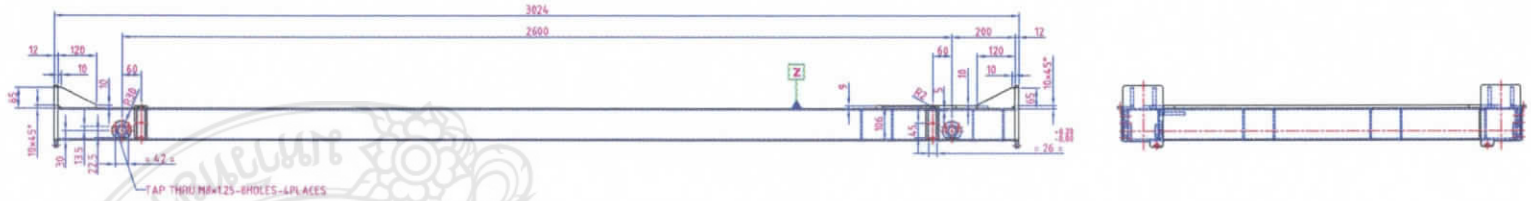
| | | |

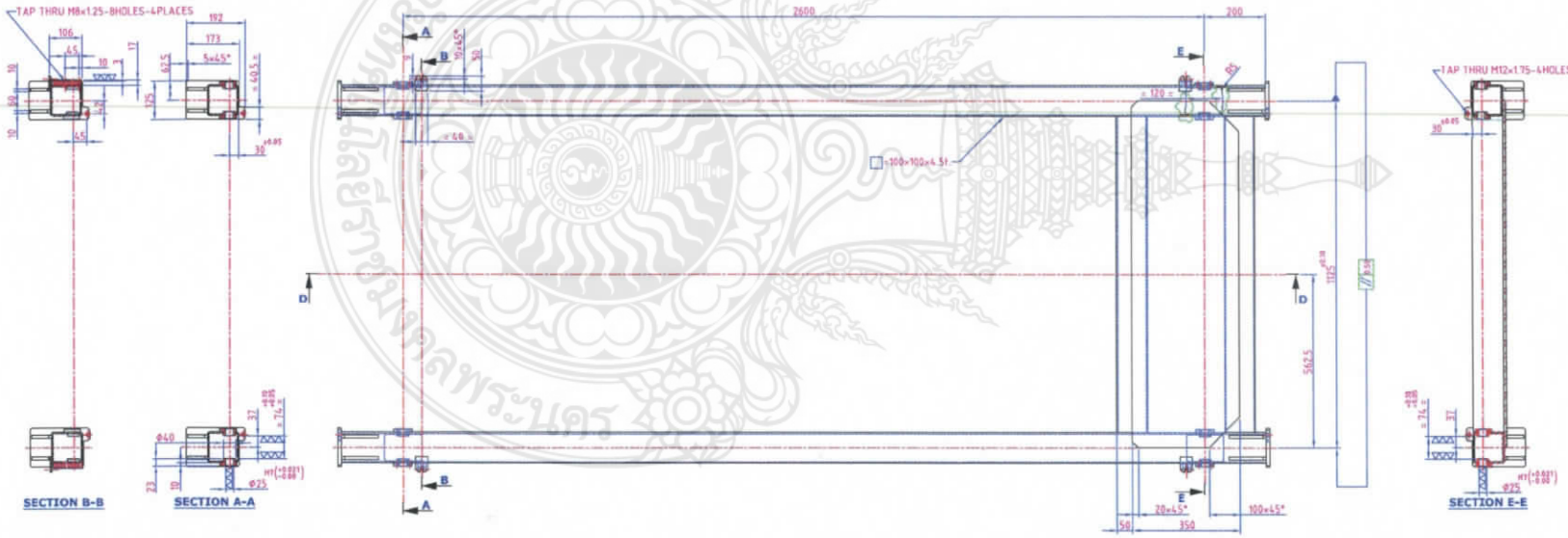
AWAITING CONFIRMATION

SCALE 1:8



SECTION D-D

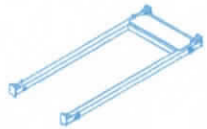




SECTION B-B

SECTION A-A

SECTION E-E



ISO VIEW

-ELECTRIC WELDING ALL JOINTS STRESS RELIEVE

NO.	REVISION DESCRIPTION	REV BY	DATE

General tolerances referred to machining dimensions							
From	0.5	6	30	120	400	1000	2000
To	6	30	120	400	1000	2000	
mm. ±	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	

All Surface * Tolerances To Be ±1.0

Break all sharp edges

All Surface Finish To Be Fine ▽▽

Method of indicating surface finished

Symbol	Roughness	Processes	
▽	-	Raw or casting surface	Rough
▽▽	12.5 Less	N10 Medium finishing machine	Rough
▽▽	25 Less	N 9 Medium finishing machine	Medium
▽▽	6.3 Less	N 7 Surface finishing machine	Finish
▽▽	3.2 Less	N 6 Surface grinding machine	Finish

NO.	PART NO	QTY	MATL	PART NAME	DESCRIPTION
1	MCT-101-N	1	SS41	BASE SLIDE	-

DRAWING BY	DRAWING DATE	DESIGNED BY-DATE	CHECKED BY-DATE	APP	SCALE
C & C	THANAKRIT SIN 22/01/2018			MM	1:8

C & C
SERVICE SYSTEM

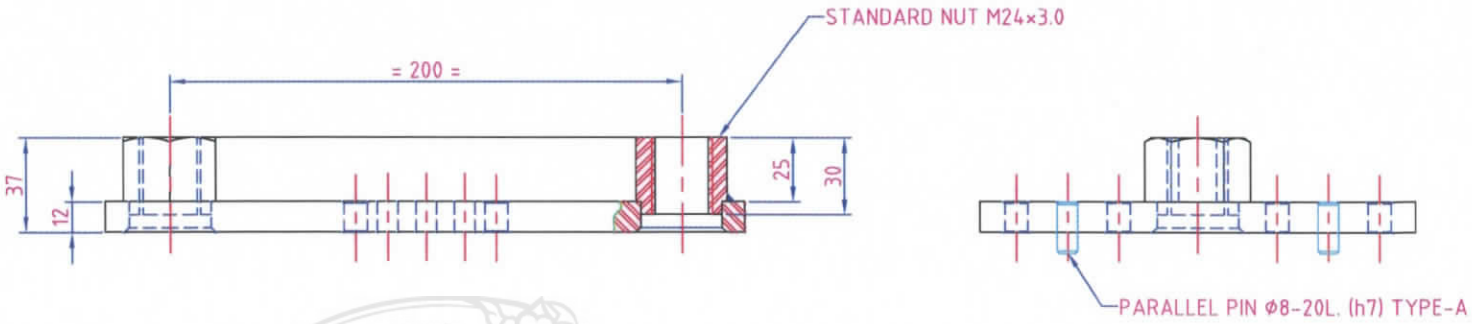
TITLE: MOTORCYCLE TEST IMPACT FRAME SLIDE ASSEMBLY (MCT-01)

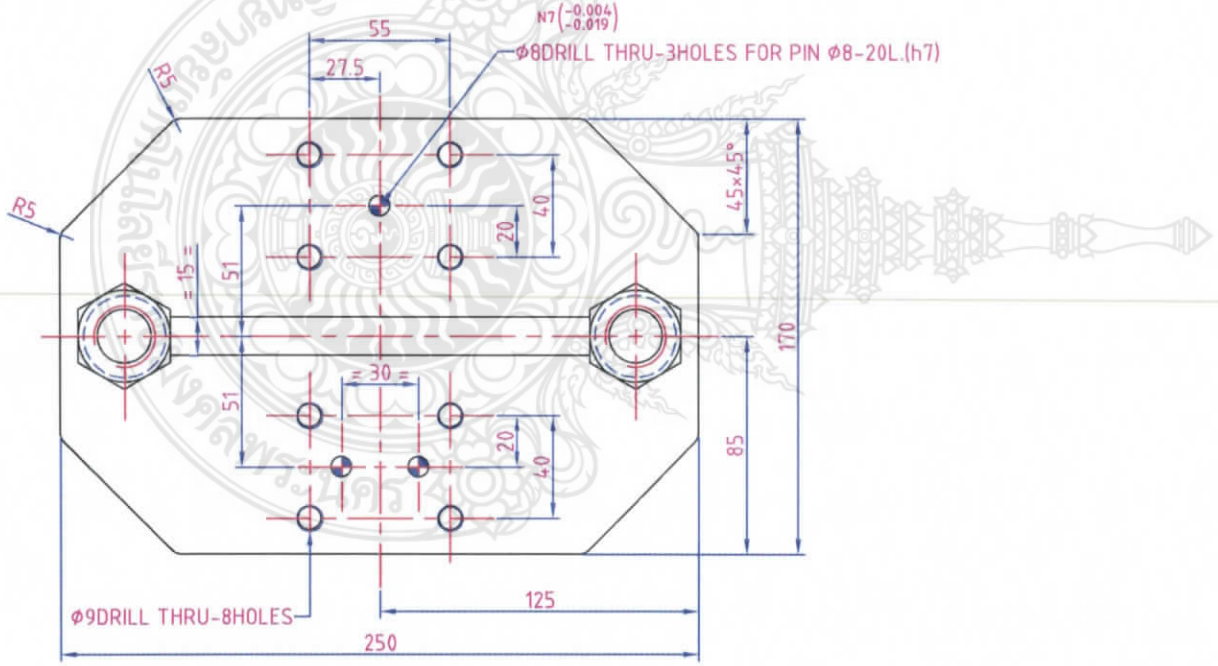
DRAWING NO.: MCT-101-N

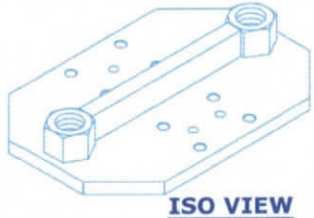
REVISION: -

AWAITING CONFIRMATION

SCALE 1:2







ISO VIEW

-ELECTRIC WELDING ALL JOINTS STRESS RELIEVE

General tolerances referred to machining dimensions						
From	0.5	6	30	120	400	1000
To	6	30	120	400	1000	2000
mm. ±	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5

All Surface ~ Tolerances To Be ±1.0

Break all sharp edges

All Surface Finish To Be Fine ▽▽

Method of indicating surface finished				
Symbol	Roughness		Processes	
~	-	-	Raw or casting surface	Rougth
▽	50 S Less	N10	Medium finishing machine	Rougth
▽▽	25 S Less	N 9	Medium finishing machine	Medium
▽▽▽	6.3 S Less	N 7	Surface finishing machine	Finish
▽▽▽ G	3.2 S Less	N 6	Surface grinding machine	Finish

NO.	REV.DESCRIPTION	REV BY	DATE

DET NO.	PART NO.	REQD	MATL	PART NAME	DESCRIPTION
1	MCT-301	2	SS41	PLATE SUPPORT	-

DESIGNED BY.	DRAWN BY-DATE	CHECKED BY-DATE	APPROVED BY-DATE	UNIT	SCALE
C & C	TH.AMNUAYSIN 20/12/2017			MM.	1:2

C & C
SERVICE SYSTEM
E-mail:fish-bu@hotmail.com Tel: 087-0523-907

TITLE: MOTORCYCLE TEST IMPACT CONNECT FRAME ASSEMBLY : MCT-03

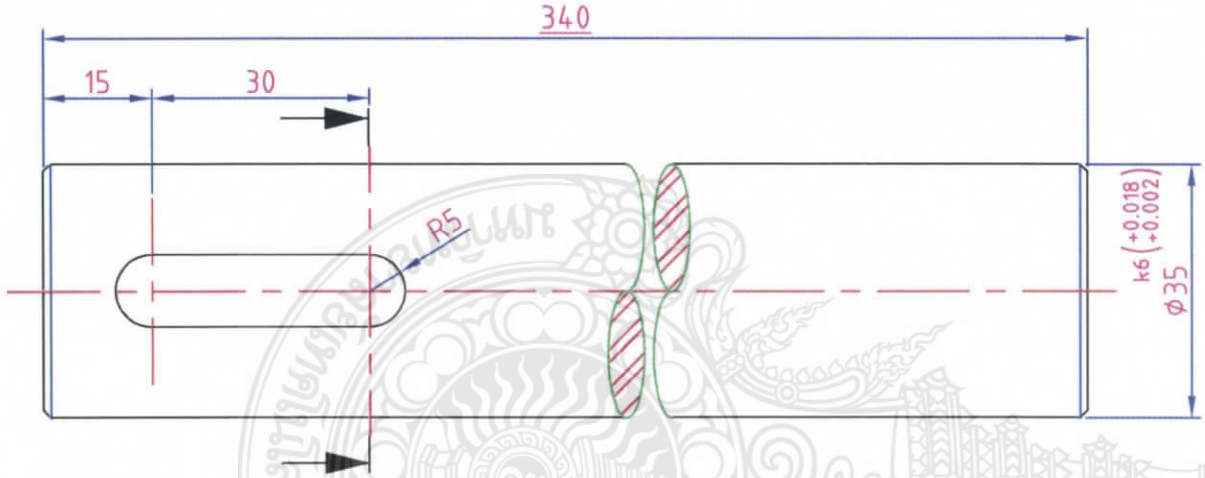
Machine: -
Location: -

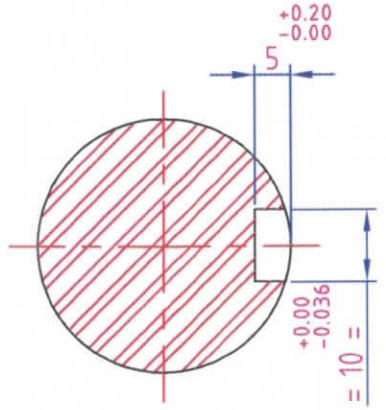
JOB ORDER# -
DWG NO. MCT-301
PROJECTION

A3

AWAITING CONFIRMATION

NO.	REV.DESCRIPTION	REV BY	DATE





ISO VIEW

-ALL CORNERS TO BE CHAMFER 1.0C

General tolerances referred to machining dimensions						
From	0.5	6	30	120	400	1000
To	6	30	120	400	1000	2000
mm. ±	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5

All Surface ~ Tolerances To Be ±1.0

Break all sharp edges

All Surface Finish To Be Fine ▽▽

Method of indicating surface finished					
Symbol	Roughness		Processes	
~	-	-	Raw or casting surface	Rougth
▽	50 S Less	N10	Medium finishing machine	Rougth
▽▽	25 S Less	N 9	Medium finishing machine	Medium
▽▽▽	6.3 S Less	N 7	Surface finishing machine	Finish
G ▽▽▽	3.2 S Less	N 6	Surface grinding machine	Finish

DET NO.	PART NO.	REQD	MATL	PART NAME	DESCRIPTION
1	MCT-401	2	S45C	SHAFT	-

DESIGNED BY.	DRAWN BY–DATE	CHECKED BY–DATE	APPROVED BY–DATE	UNIT	SCALE
C & C	TH.AMNUAYSIN 20/12/2017			MM.	1:1

C & C
SERVICE SYSTEM
E-mail:fish-bu@hotmail.com Tel: 087-0523-907

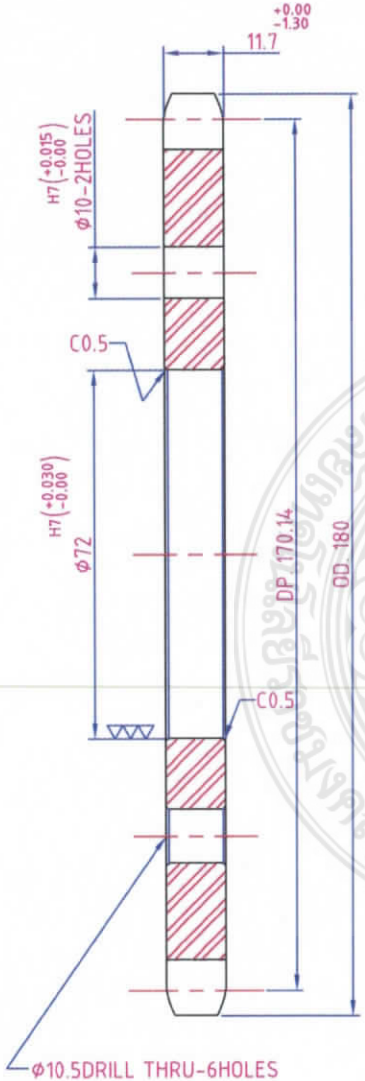
TITLE: **MOTORCYCLE TEST IMPACT IDLER DRIVE TENSION ASSEMBLY : MCT-04**

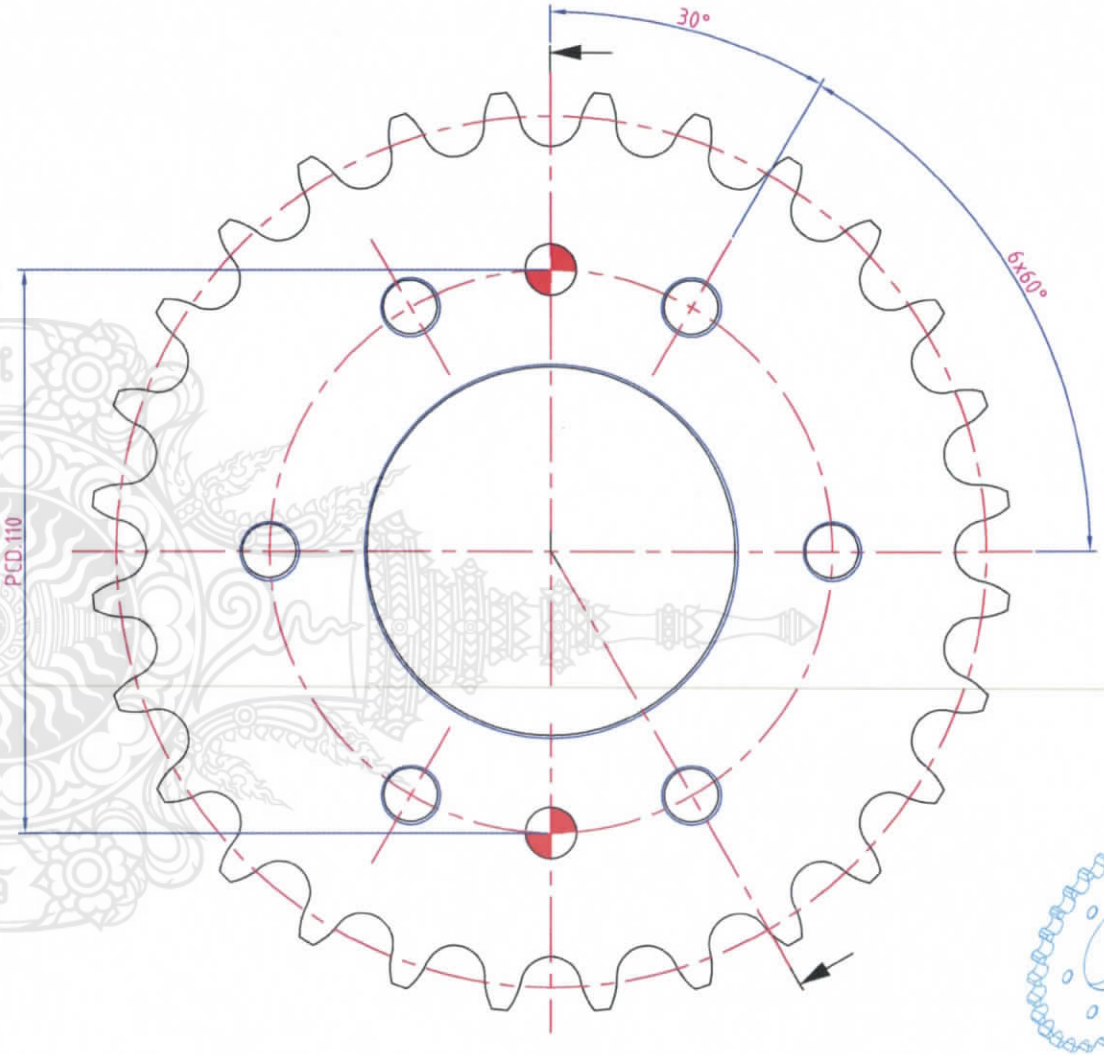
Machine: -
Location: -

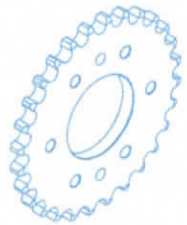
JOB ORDER#	DWG NO.	PROJECTION
-	MCT-401	

A4

AWAITING CONFIRMATION







ISO VIEW

-ALL CORNERS TO BE CHAMFER 0.5C

-STANDARD SPROCKETS RS60-28TEETH A-TYPE SINGLE

General tolerances referred to machining dimensions							
From	0.5	6	30	120	400	1000	2000
To	6	30	120	400	1000	2000	
mm. ±	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	

All Surface ~ Tolerances To Be ±1.0

Break all sharp edges

All Surface Finish To Be Fine ▽▽

Method of indicating surface finished				
Symbol	Roughness		Processes	
~	-	-	Raw or casting surface	Rougth
▽	50 S Less	N10	Medium finishing machine	Rougth
▽▽	25 S Less	N 9	Medium finishing machine	Medium
▽▽▽	6.3 S Less	N 7	Surface finishing machine	Finish
G ▽▽▽	3.2 S Less	N 6	Surface grinding machine	Finish

NO.	REV.DESCRIPTION	REV BY	DATE

DET NO.	PART NO.	REQD	MATL	PART NAME	DESCRIPTION
7	MCT-507	1	S45C	SPROCKET-28T	-

DESIGNED BY.	DRAWN BY-DATE	CHECKED BY-DATE	APPROVED BY-DATE	UNIT	SCALE
C & C	TH.AMNUAYSIN 15/9/2018			MM.	1:1

C & C
SERVICE SYSTEM
E-mail:fish-bu@hotmail.com Tel: 087-0523-907

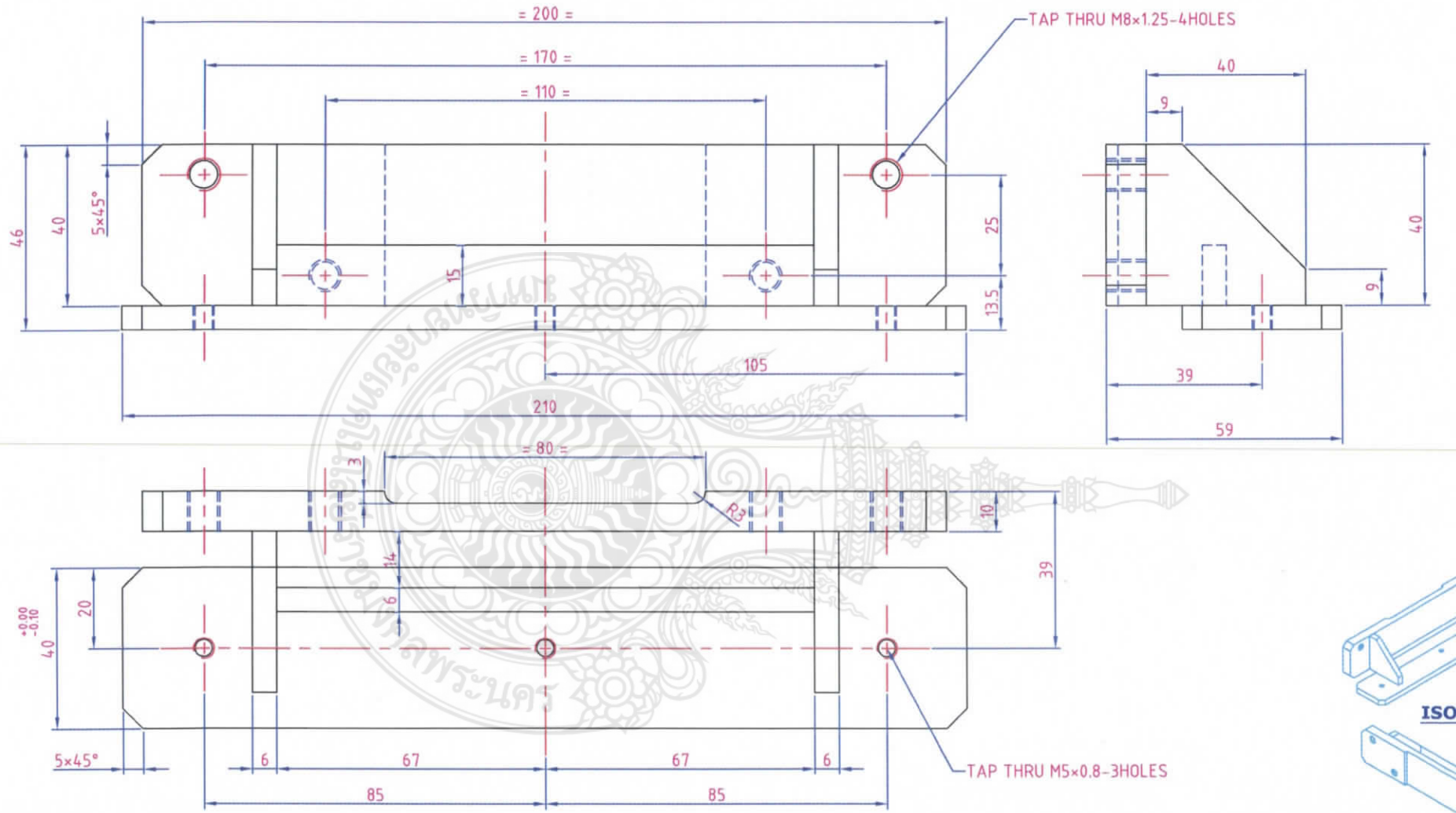
TITLE: MOTORCYCLE TEST IMPACT MAIN DRIVE ASSEMBLY : MCT-05

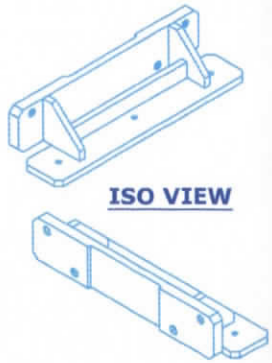
Machine: -
Location: -

JOB ORDER#	DWG NO.	PROJECTION
-	MCT-507	

A3

AWAITING CONFIRMATION





ISO VIEW

-ELECTRIC WELDING ALL JOINTS

General tolerances referred to machining dimensions						
From	0.5	6	30	120	400	1000
To	6	30	120	400	1000	2000
mm. ±	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	0.5

All Surface ~ Tolerances To Be ±1.0

Break all sharp edges

All Surface Finish To Be Fine ▽▽

Method of indicating surface finished				
Symbol	Roughness		Processes	
~	-	-	Raw or casting surface	Rougth
▽	50 S Less	N10	Medium finishing machine	Rougth
▽▽	25 S Less	N 9	Medium finishing machine	Medium
▽▽▽	6.3 S Less	N 7	Surface finishing machine	Finish
G ▽▽▽	3.2 S Less	N 6	Surface grinding machine	Finish

NO.	REV.DESCRIPTION	REV BY	DATE

DET NO.	PART NO.	REQD	MATL.	PART NAME	DESCRIPTION
1	MCT-901	10	SS41	RAISED TENSION LOWER SUPPORT	-

DESIGNED BY.	DRAWN BY-DATE	CHECKED BY-DATE	APPROVED BY-DATE	UNIT	SCALE
C & C	TH.AMNUAYSIN 22/07/2018			MM.	1:1

C & C
SERVICE SYSTEM
E-mail:fish-bu@hotmail.com Tel: 087-0523-907

TITLE: **MOTORCYCLE TEST IMPACT RAISED TENSION CHAIN ASSEMBLY : MCT-08**

Machine: -
Location: -

JOB ORDER	DWG NO.	PROJECTION
-	MCT-901	

A3