



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

แผนงานวิจัย

การศึกษาจุดศูนย์กลางมวลและสัดส่วนการเบรกที่ส่งผล
กระทบต่อเสถียรภาพการบังคับยานยนต์

A study of center of mass and brake proportional
referred to vehicle handling performance

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 เครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลสำหรับรถยนต์

Centre of mass testing machine for vehicles

ศิริพล ทองอ่อน

อนันต์ เต็มเปี่ยม

วรวิทย์ วรรณาวิน

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๗

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แผนงานวิจัย

การศึกษาจุดศูนย์กลางมวลและสัดส่วนการเบรกที่ส่งผล
กระทบต่อเสถียรภาพการบังคับยานยนต์

A study of center of mass and brake proportional
referred to vehicle handling performance

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 เครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลสำหรับรถยนต์

Centre of mass testing machine for vehicles

ศิริพล ทองอ่อน

อนันต์ เต็มเปี่ยม

วรวิทย์ วรรณาวิน

ศิริพล ทองอ่อน

(หัวหน้าโครงการวิจัยย่อยที่ 1)

อนันต์ เต็มเปี่ยม

(ผู้ร่วมวิจัย)

วรวิทย์ วรรณาวิน

(ผู้ร่วมวิจัย)

ว่าที่เรือตรีทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี

(ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การสร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่สามารถรองรับการทดสอบกับรถยนต์ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 3 ตัน โดยความสามารถของเครื่องทดสอบนี้ต้องสามารถหาค่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลได้ทั้ง 3 แนวแกนคือ แนวยาว แนวขวาง และแนวตั้ง โดยการทดสอบประยุกต์การเปลี่ยนแปลงมวลตั้งแต่ 50 ถึง 250 กิโลกรัม และเปลี่ยนพิกัดการกระจายมวลทั้งแนวขวางและแนวยาว 9 ตำแหน่ง เพื่อให้สามารถสะท้อนความสัมพันธ์ที่มีผลต่อจุดศูนย์กลางมวล

ผลการวิจัยพบว่าเครื่องทดสอบสามารถทำการทดสอบได้ทั้ง 3 แนวแกนตามเป้าประสงค์ ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวขวางส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวยาวมากที่สุด ส่วนกรณีตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวยาวส่งผลโดยตรงกับจุดศูนย์กลางถ่วงในแนวขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณที่อยู่ใกล้กับเพลาท้าย (Z3) และการเพิ่มขึ้นของมวลส่งผลให้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งมีค่าสูงขึ้น ไม่จำกัดว่าจะอยู่ในแนวขวางหรือแนวยาวก็ตาม



ABSTRACT

The aim of this research is to create the center of mass testing machine for vehicles with maximum mass 3,000 kilograms. By the performance of this machine is able to determine the center of mass 3 axis by horizontal, longitudinal and vertical. On the other hand, the verities of mass from 50 to 100 kilograms and the several of weight distribution at horizontal and longitudinal are applied to the condition of testing for reasonable to the position of the center of mass.

The result of research discovered to the performance of center of mass tester was activated following to test conditions. Furthermore, the weight distribution at longitudinal was the highest effect to the horizontal center of mass. By the way, the value of weight distribution at horizontal is more effects to the longitudinal center of mass. Moreover, increasing of mass was impact to the vertical center of mass and it's independent to the position of weight distribution.



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่านที่อำนวยความสะดวกในการประสานงานทั้งหมดจนบรรลุผลสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้วิจัยทุกท่าน ที่สร้างแรงผลักดันอันก่อให้เกิดกำลังใจในการทำงาน และต่อสู้กับอุปสรรคและสิ่งบั่นทอนกำลังใจต่าง ๆ ให้ผ่านพ้นมาได้ด้วยดีตลอดทุกครั้ง

ขอกราบขอบพระคุณท่านอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ซึ่งให้โอกาสและสนับสนุนงานวิจัยสำหรับครั้งนี้และทุก ๆ ครั้งที่ผ่านมาอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคุณนิธิพล เอกบุญญฤทธิ์ ที่ปรึกษาแผนงานวิจัย แห่งสถาบันยานยนต์ ผู้ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างสูงต่อการวิจัย ตลอดจนเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลวิจัยต่อผู้สนใจรวมทั้งผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ในสายงานด้านวิศวกรรมยานยนต์ต่อไป

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และกำลังใจตลอดการระยะเวลาการวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สัญลักษณ์และความหมาย	ซ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3. ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	3
วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล	4
2.3 ทฤษฎีไฮดรอลิก	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	10
การออกแบบและการคำนวณ	10
3.1 การออกแบบเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลสำหรับรถยนต์	11
3.2 แนวทางการทดสอบ	12
3.3 การเตรียมรถยนต์และการทดสอบ	13
3.4 การคำนวณ	17
บทที่ 4	19
ผลการวิจัยและการวิจารณ์	19
4.1 สมมุติฐานการวิจัย	19
4.2 สมมุติฐานการทดสอบ	19
4.3 ผลการทดสอบ	20
บทที่ 5	24
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	24
5.1 สรุปผลการวิจัย	24
5.2 ข้อเสนอแนะ	25
5.3 ข้อเสนอแนะ	25
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก ก	28

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงกลางมวลตามแนวยาวรถ	5
รูปที่ 2.2 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงกลางมวลตามแนวขวางรถ	6
รูปที่ 2.3 ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงกลางมวลตามแนวตั้ง	6
รูปที่ 2.4 โมเดลยานยนต์	7
รูปที่ 2.5 ลักษณะและมิติของชุดทดสอบการพลิกคว่ำ	8
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	10
รูปที่ 3.2 ส่วนต้นกำลัง	11
รูปที่ 3.3 ส่วนโครงสร้าง	12
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการกระจายมวล	13
รูปที่ 3.5 การชั่งน้ำหนักลงเพลา	8
รูปที่ 3.6 การเตรียมการทดสอบ	15
รูปที่ 3.7 การติดตั้งสายรัดบริเวณล้อหน้าและล้อหลัง	15
รูปที่ 3.8 การเปิดสัญญาณเตือนภัยก่อนการทดสอบ	16
รูปที่ 3.9 การทดสอบหาจุดศูนย์ถ่วงกลางมวล	16
รูปที่ 3.10 การวัดองศาพลิกคว่ำ	19
รูปที่ 4.1 ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลของรถยนต์ทดสอบ	20

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำเพาะของรถยนต์ทดสอบ	14
ตารางที่ 4.1 เงื่อนไขการทดสอบ	19
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลตามแนวยาว	21
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลตามแนวขวาง	22
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลตามแนวตั้ง	23



สัญลักษณ์และความหมาย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
h	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแนวดิ่ง	m
t	ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแนวขวางที่ห่างจากระยะกึ่งกลาง	m
A	พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับความดันที่กระทำ	m ²
M	แรงกิริยารวมของรถยนต์	N
P	ความดัน	N/m ²
Q	อัตราการไหลเชิงปริมาตร	m ³ /s
T	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ	s
V	ความเร็วของก้านสูบ	m/s
l_1	ระยะห่างจากเพลลาหน้าถึงจุดศูนย์ถ่วงตามแนวยาว	m
l_2	ระยะห่างจากเพลลาท้ายถึงจุดศูนย์ถ่วงตามแนวยาว	m
L_1	ระยะฐานล้อ	m
P_m	กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า	W
T_1	ระยะห่างระหว่างล้อซ้ายและขวาของเพลลาหน้า	m
T_2	ระยะห่างระหว่างล้อซ้ายและขวาของเพลลาท้าย	m
θ	มุมพลิกคว่ำ	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ในขณะที่รถยนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบโดยวิศวกรต่างชาติ โดยเฉพาะระบบสำคัญต่างๆในยานยนต์ และถูกถ่ายทอดเพื่อทำการผลิตในประเทศไทย ถึงแม้จะมีความพยายามจากภาครัฐและเอกชนที่จะผลักดันให้วิศวกรหรือสถาบันภายในประเทศทำการออกแบบระบบการทำงานของยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ก็ตาม แต่ก็ยังเป็นระบบการทำงานที่ปลุกย่อยและเป็นชิ้นส่วนที่ไม่สำคัญมากนักสาเหตุหนึ่งมาจากอุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบที่ยังไม่เพียงพอ ไม่สามารถรองรับการพัฒนาองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับการออกแบบรถยนต์ ส่งผลให้เกิดอุปสรรคและข้อจำกัดในการออกแบบและพัฒนายานยนต์ที่มาจากวิศวกรและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบยานยนต์ของประเทศไทย จุดศูนย์กลางมวลถือว่าเป็นหนึ่งในองค์ความรู้ที่เป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานสำหรับการออกแบบรถยนต์ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการขับขี่, ความสะดวกในการควบคุมการขับขี่ และการพัฒนาไปสู่การลดอัตราการใช้เชื้อเพลิง อันเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึงการออกแบบรถยนต์ในปัจจุบัน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลจึงเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ตรวจสอบหลังการออกแบบยานยนต์ แต่กลับปรากฏน้อยมากภายในประเทศ อีกทั้งเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลรถยนต์ที่มีอยู่นั้นก็ไม่สามารถทำการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลได้ทั้ง 3 แกน คือ แกนตามยาว, แกนตามขวาง และแกนตามสูง จึงทำให้การออกแบบรถยนต์ในปัจจุบันต้องทำการออกแบบและทดสอบยานยนต์ต้นแบบจากต่างประเทศก่อนส่งถ่ายข้อมูลมาทำการผลิตในประเทศไทย และไม่สามารถทำการพัฒนาต่อยอดจากโครงสร้างยานยนต์ที่มีอยู่เดิมภายในประเทศได้จนกว่าจะได้รับการพัฒนาและตรวจสอบจากบริษัทแม่ภายนอกประเทศ

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้พบว่าการพัฒนาการออกแบบยานยนต์บนองค์ความรู้พื้นฐานนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่มากอีกทั้งขั้นตอนและกระบวนการทดสอบพื้นฐานสำหรับการออกแบบยานยนต์ที่สำคัญกลับไม่ชัดเจนพอ อีกทั้งต้นทุนในการสร้างเครื่องทดสอบที่สูงมากให้เกิดความขาดแคลนด้านเครื่องมือการทดสอบสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ ภายในประเทศ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเอื้ออำนวยต่อการใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ในอนาคตในขณะที่การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงทำให้เกิดโครงการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลสำหรับรถยนต์ ที่สามารถทำการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลได้ทั้ง 3 แกนภายในการทดสอบเพียงครั้งเดียว ซึ่งจะเป็นหนึ่งในเครื่องทดสอบพื้นฐานของศูนย์การเรียนรู้ด้านวิศวกรรมต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้แล้วยังเป็นการสร้างแนวทางการทดสอบที่จะนำไปสู่มาตรฐานหรือเปิดโอกาสให้ผู้ผลิตหรือเจ้าของยานพาหนะ รวมไปถึงผู้สนใจ สามารถนำยานพาหนะมาทำการทดสอบ และนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการปรับแต่งเพื่อเพิ่มสมรรถนะของยานยนต์ บนสมมติฐานและหลักการวิศวกรรมยานยนต์เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งานหลังการปรับแต่ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้คือเครื่องทดสอบที่สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาและการออกแบบยานยนต์ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการออกแบบยานยนต์ให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่สอดคล้องการวิจัยและการออกแบบยานยนต์
- 1.2.2 เพื่อสร้างศูนย์กลางการเรียนรู้และทดสอบด้านวิศวกรรมยานยนต์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาแนวทางการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมยานยนต์
- 1.2.4 เพื่อสร้างนักวิจัยหน้าใหม่ที่มีความรู้ความสามารถให้กับประเทศ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 สร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลแบบ 3 แกน
- 1.3.2 สร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่ใช้ได้กับยานยนต์ขนาดสูงสุดไม่น้อยกว่า 3 ตัน
- 1.3.3 สร้างเครื่องทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ECE R66

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้เครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่ตอบสนองความต้องการด้านการวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมยานยนต์ภายในประเทศ
- 1.4.2 กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาด้านการวิจัยทางวิศวกรรมยานยนต์ซึ่งส่งผลดีต่อเศรษฐกิจของประเทศ
- 1.4.3 เกิดศูนย์กลางการเรียนรู้ด้านวิศวกรรมยานยนต์ที่สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้สู่สาธารณะ
- 1.4.4 ลดต้นทุนและข้อจำกัดด้านการวิจัยและพัฒนาให้กับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์
- 1.4.5 ก่อให้เกิดความร่วมมือทางด้านงานวิจัยระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
- 1.4.6 เกิดการถ่ายทอดทักษะการวิจัยจากนักวิจัยเก่าสู่นักวิจัยหน้าใหม่ที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ

บทที่ 2

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากผลการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของจุดศูนย์กลางมวลของรถยนต์ที่มีผลกระทบต่อความสามารถในการควบคุมยานยนต์ อีกทั้งยังมีเทคนิคการประมาณตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเพื่อช่วยออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมยานยนต์อีกด้วย โดยสามารถแบ่งประเภทงานวิจัยได้เป็น 2 แบบ คือ การทดลอง (Experimental works) และการจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical method)

2.1.1 การทดลอง (Experimental works)

X.T. Zhao และคณะ [1] ได้สังเกตเห็นความสำคัญของตัวแปรในการออกแบบยานยนต์ที่มีผลมีผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งหนึ่งในปัจจัยนั้นคือ ความแม่นยำของน้ำหนักและตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล โดยทำการทดสอบหาความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักและจุดศูนย์กลางมวลกับยานพาหนะขนาดใหญ่ ระบบการวัดที่อยู่บนพื้นฐานแรงโน้มถ่วงของโลกแบบสถิตถูกนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการทดลองที่มีการใช้กระบอกไฮดรอลิกส์ยกแผ่นระนาบทดสอบแบบพลิกคว่ำ 2 มิติ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นคือระบบการวัดมีความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง 3 %

นอกจากนี้ Fujio Momiyama และคณะ [2] ได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมต้นแบบโดยมีจุดประสงค์ที่จะทำการชดเชยสภาวะวิกฤติด้วยการควบคุมแรงเบรก โดยการสร้างฟังก์ชันเคลื่อนย้ายเพื่อแก้ไขปัจจัยควบคุมให้กับระบบชดเชยการพลิกคว่ำของยานยนต์ โดยการใช้ ARX model

อีกทั้ง A J P Miège และคณะ [3] ได้ทดลองโดยทำการเชื่อมต่อยานยนต์ที่ทำการทดสอบเข้ากับระบบรองรับที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงทำการศึกษาของได้เปรียบของระบบการควบคุมการพลิกคว่ำแบบเชิงรุกของรถขนาดใหญ่ โดยการพัฒนาแบบพลิกคว่ำต้นแบบอย่างง่าย และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ค่าเพื่อนำไปสู่การออกแบบการควบคุมโดยอ้างอิงอัตราเร่งในแนวแกนขวาง ซึ่งระบบควบคุมนี้ถูกใช้เป็นเครื่องมือทดสอบยานยนต์ทั้งในสถานะอยู่ตัวและสถานะไม่อยู่ตัว

2.1.2 การจำลองทางคณิตศาสตร์ (Numerical method)

S Selim และคณะ [4] ได้สร้างแบบจำลองเพื่อประมาณตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยออกแบบยานยนต์ในส่วนระบบควบคุมและด้านทานการพลิกคว่ำ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยสมการคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้น

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาวิธีการตรวจจับตำแหน่งที่การเข้าใกล้การพลิกคว่ำ โดย H Aleksander และคณะ [5] การบวนการตรวจจับตำแหน่งการพลิกคว่ำอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างตัวถังเพื่อป้องกันการพลิกคว่ำ กระบวนการนี้ใช้วิธีปรับค่าแบบทวนซ้ำเพื่อประมาณการพลิกคว่ำ โดย

กระบวนการนี้สามารถบอกองศาการพลิกคว่ำและปัจจัยอื่นๆที่อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างยานยนต์

ในขณะที่ B-C Chen และคณะ [6] ก็ได้ทำการพัฒนาขั้นตอนการควบคุมการต่อต้านการพลิกคว่ำ โดยอาศัยหลักการจับเวลาและสร้างแบบจำลองอย่างง่ายขึ้น จากนั้นทำการจำลองโดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปทำการทดสอบกับรถ Jeep Cherokee จึงทำการประเมินสมรรถนะในการต่อต้านการพลิกคว่ำด้วยความพึงพอใจของมนุษย์เมื่อทำการโดยสารบนยานพาหนะ

มากไปกว่านั้น R. Wade Allen และคณะ [7] ได้ทำการประมาณค่าคุณสมบัติความเฉื่อยและปัจจัยต่างที่ส่งผลกระทบต่อความเสถียรภาพและการควบคุมยานยนต์ โดยอาศัยหลักการสมการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นในการประมาณค่าความเฉื่อย และความสูงของจุดศูนย์กลาง ซึ่งรวมไปถึงน้ำหนัก ความกว้าง ความยาว และความสูง

อีกทั้ง S-J Yim และคณะ [8] ได้ทำการสืบสวนระบบป้องกันการพลิกคว่ำ โดยทำการเปรียบเทียบระบบควบคุมตัวถังทั้ง 2 ชนิด คือ ระบบ electronic stability control, ESC + differential braking และ ระบบ active anti-roll bar + differential braking + electronic stability control, ESC ด้วยการสังเกตพฤติกรรมป้องกันการพลิกคว่ำจากการทำงานทั้ง 2 ระบบ ซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าทั้ง 2 ระบบ มีความน่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่าระบบทั้ง 2 ยังมีข้อจำกัดในการทำงานอยู่

2.2 ทฤษฎีตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

จุดศูนย์กลางมวลเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องตระหนักถึงสำหรับการออกแบบเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการควบคุมการขับเคลื่อนโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งยานยนต์ที่มีสมรรถนะสูงเพราะต้องการความสามารถในการทรงตัวที่ดีแลขับเคลื่อนได้อย่างปลอดภัยในขณะที่ใช้ความเร็วสูง ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลที่น้อยที่สุดเป็นที่ปรารถนาสำหรับการออกแบบยานยนต์ในทุกประเภท เพราะหมายถึงความสามารถในการควบคุมและขับเคลื่อนได้อย่างปลอดภัย อย่างไรก็ตามตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลขึ้นอยู่กับขนาดของภาระโดยสารและตำแหน่งที่ตั้งของมวลที่บรรทุกด้วยหลักการทางวิศวกรรมยานยนต์ จุดศูนย์กลางมวลสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แกน ตามระบบพิกัดฉาก ดังนี้

2.2.1 ตำแหน่งตามแนวยาวของจุดศูนย์กลางมวล

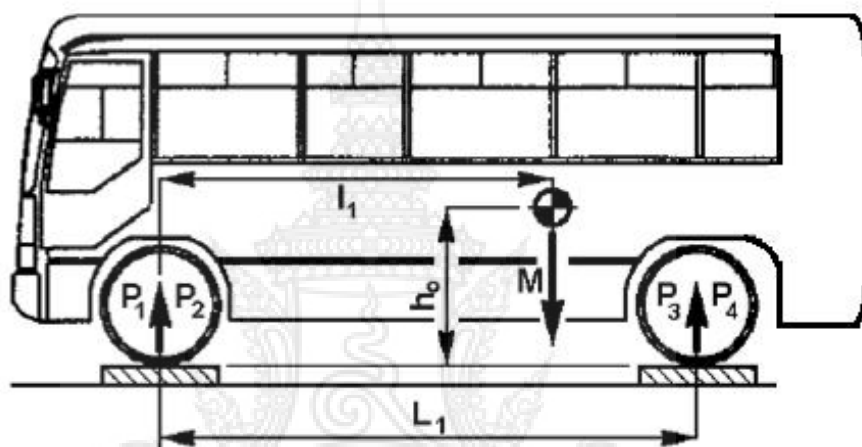
ตำแหน่งตามแนวยาวของจุดศูนย์กลางมวลเป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของรถยนต์ที่พิจารณาจากระยะฐานล้อ (Wheel base) โดยมองจากด้านข้างตำแหน่งตามยาวของจุดศูนย์กลางถ่วงจะอยู่ในแนวระนาบ (Horizontal) ภายใต้ระยะของฐานล้อ สำหรับตำแหน่งตามแนวยาวของจุดศูนย์กลางถ่วงแสดงดังรูปที่ 2.1 และสมการที่ใช้พิจารณาจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวยาวสามารถหาได้จากสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$l_1 = L_1 \times (P_3 + P_4) / M \quad (2.1)$$

$$l_2 = L_1 - l_1 \quad (2.2)$$

โดยที่

l_1	คือ ระยะห่างจากเพลาหน้าถึงจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวยาว	[m]
l_2	คือ ระยะห่างจากเพลาท้ายถึงจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวยาว	[m]
M	คือ แรงกิริยารวมของรถยนต์	[N]
P_1	คือ แรงปฏิกิริยาที่เพลาหน้าของล้อด้านซ้าย	[N]
P_2	คือ แรงปฏิกิริยาที่เพลาหน้าของล้อด้านขวา	[N]
P_3	คือ แรงปฏิกิริยาที่เพลาท้ายของล้อด้านซ้าย	[N]
P_4	คือ แรงปฏิกิริยาที่เพลาท้ายของล้อด้านขวา	[N]



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแนวยาวรถ [9]

2.2.2 ตำแหน่งตามแนวขวางของจุดศูนย์กลางมวล

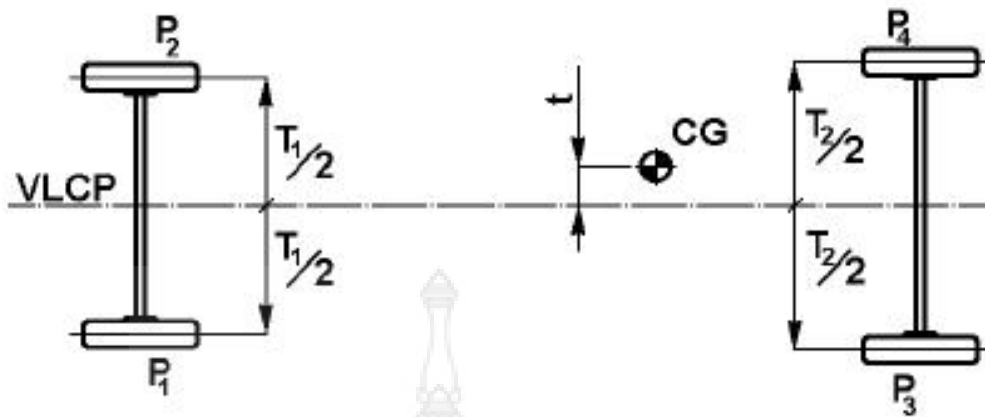
ตำแหน่งตามแนวขวางของจุดศูนย์กลางมวลสัมพันธ์กับระนาบตั้งฉากแนวกึ่งกลางรถ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$t = \{(P_1 - P_2) \times 0.5T_1 + (P_3 - P_4) \times 0.5T_2\} / M \quad (2.3)$$

โดยที่

t	คือ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวขวางที่ห่างจากระยะกึ่งกลาง	[m]
T_1	คือ ระยะห่างระหว่างล้อซ้ายและขวาของเพลาหน้า	[m]
T_2	คือ ระยะห่างระหว่างล้อซ้ายและขวาของเพลาท้าย	[m]

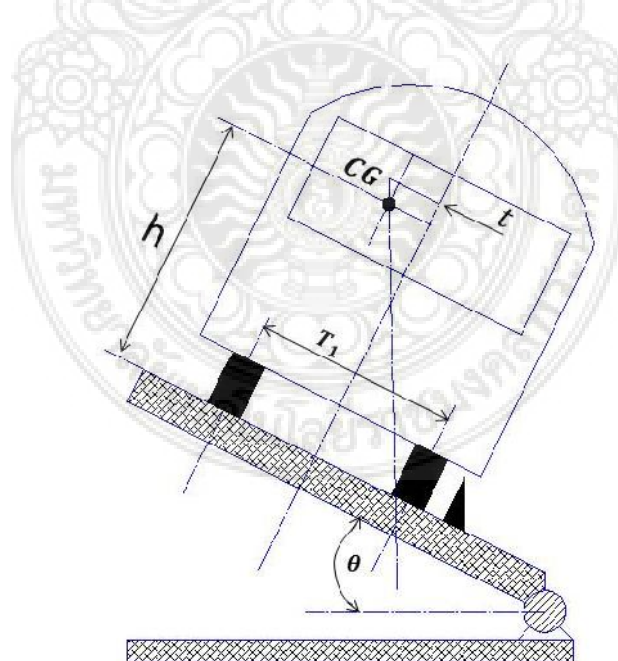
หมายเหตุ หากกรณีคำนวณแล้วได้ค่าเป็น (+) หมายถึงตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงอยู่บริเวณล้อด้านซ้าย



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแนวขวางรถ [9]

2.2.3 ตำแหน่งตามแนวตั้งของจุดศูนย์กลางมวล

ตำแหน่งตามแนวตั้งของจุดศูนย์กลางมวล เป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของรถยนต์ที่พิจารณาจากระยะที่ล้อสัมผัสกับผิวถนนซึ่งตำแหน่งตามแนวตั้งถึงจุดศูนย์กลางถ่วงนี้ เป็นตำแหน่งที่พิจารณาได้ยากที่สุด เนื่องจากต้องมาจากการทดสอบเท่านั้น การทดสอบสามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ วิธีแขวนรถวิธียกเพลาที่ขยับขึ้นในแนวตั้งและวิธีพลิกคว่ำ อย่างไรก็ตามการทดสอบทั้ง 3 วิธีนี้ค่าที่ได้ถูกนำมาใช้คำนวณหาตำแหน่งตามแนวตั้งของจุดศูนย์กลางถ่วงแสดงดังรูปที่ 2.3 สมการที่ใช้ในการพิจารณาจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวตั้งแสดงดังสมการที่ 2.4 ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแนวตั้ง

สมการที่ใช้ในการพิจารณาจุดศูนย์ถ่วงตามแนวตั้งของรถยนต์

$$h = \{(T_1+t) / 2\} / \tan\theta \quad (2.4)$$

เมื่อ

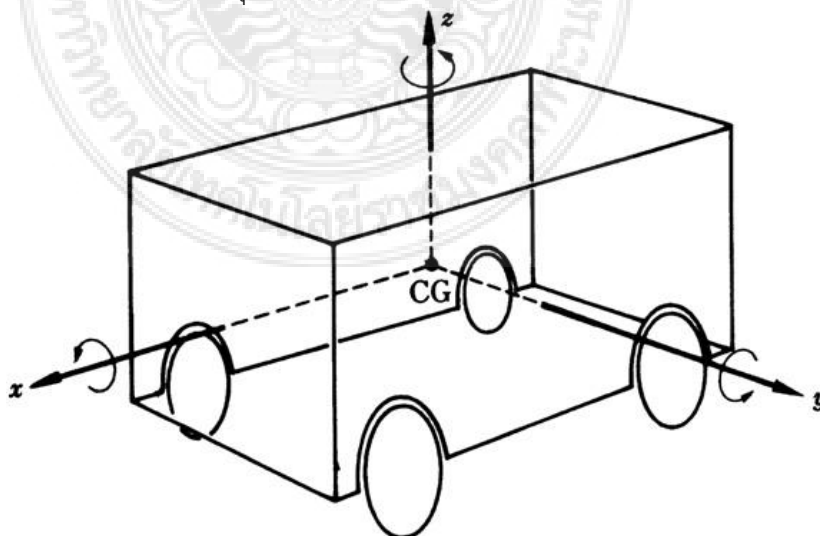
h คือ ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงตามแนวตั้ง [m]

θ คือ มุมที่ล้อของรถยนต์เริ่มไม่สัมผัสกับพื้น [-]

2.2.4 โมเดลยานยนต์สี่ล้อเสมือนจริง (virtual four-wheel vehicle model) [10]

สำหรับการศึกษาพลศาสตร์ยานยนต์และการควบคุม โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่สมมุติเพื่อเป็นตัวแทนของยานยนต์ โดยจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) หรือจุด C.G เป็นจุดที่บอกตำแหน่งของน้ำหนักลัพธ์ของระบบของอนุภาคหรือระบบของวัตถุ สำหรับจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass) คือ จุดที่แสดงตำแหน่งของมวลลัพธ์ของระบบของอนุภาคโดยที่ $W = mg$ แล้ว จุดศูนย์ถ่วงของระบบจะเป็นจุดเดียวกับจุดศูนย์กลางมวลของระบบ เมื่อมวลของระบบถูกกระทำโดย g ที่เท่ากัน สำหรับระบบของวัตถุโมเดลยานยนต์ประกอบด้วยล้อที่สามารถควบคุมได้ ล้อหน้า 2 ล้อและล้อหลัง 2 ล้อ ถูกยึดติดกับวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) ดังรูปที่ 2.4 ล้อรถไม่คติน้ำหนัก และวัตถุแข็งเกร็งเป็นตัวแทนของน้ำหนักรถ โดยกำหนดระบบพิกัดที่ติดกับโมเดล แกน x อยู่ในทิศทางตามยาว, แกน y อยู่ในทิศทางด้านข้าง และแกน z อยู่ในทิศทางแนวตั้ง จุดเริ่มต้นอยู่ที่ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง ภายในระบบพิกัด การเคลื่อนที่ของยานยนต์ประกอบ 6 ระดับขั้นความเสรี (degrees of freedom) คือ

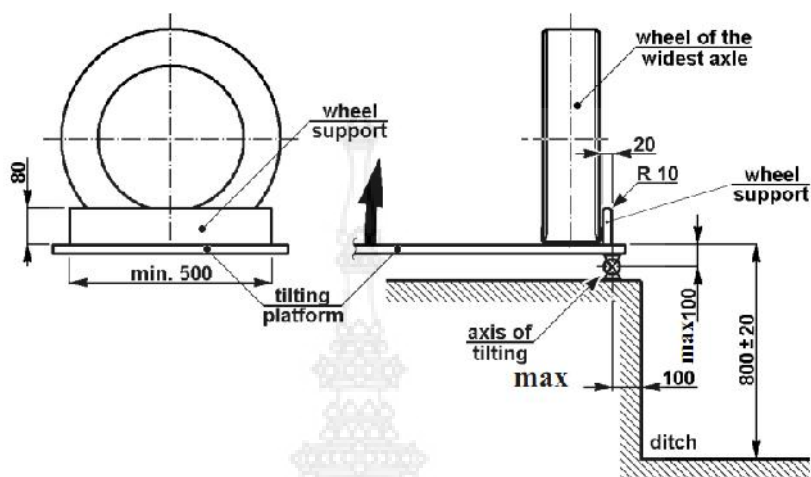
- 1) การเคลื่อนที่ในแนวตั้งในทิศทาง z
- 2) การเคลื่อนที่ในแนวซ้ายหรือขวาในทิศทาง y
- 3) การเคลื่อนที่ในแนวยาวในทิศทาง x
- 4) การเคลื่อนที่ในแนวการโคลง ทิศทางหมุนรอบแกน x
- 5) การเคลื่อนที่ในแนวปักและเงย ทิศทางหมุนรอบแกน y
- 6) การเคลื่อนที่ในแนวหันเห ทิศทางหมุนรอบแกน z



รูปที่ 2.4 โมเดลยานยนต์ [10]

2.2.5 มาตรฐานเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวล [9]

มาตรฐานของเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลรถยนต์ หรือมาตรฐาน ECE R 66 [9] ได้กำหนดลักษณะของชุดทดสอบการพลิกคว่ำไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 ลักษณะและมิติของชุดทดสอบการพลิกคว่ำ [ECE R66]

1. แท่นทดสอบจะต้องแข็งแรงเพียงพอ และสามารถหมุนยกเพลาของรถได้พร้อมๆ กัน โดยกำหนดให้มีความแตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาในแท่นทดสอบ
2. ความสูงจากแนวราบของพื้นแท่นทดสอบกับพื้นที่แนวระดับต่ำกว่าจะต้องอยู่ในช่วง 800 ± 20 มิลลิเมตร
3. ระยะต่างๆ ของแท่นทดสอบควรเป็นไปตามรูปที่ 2.5
 - แกนหมุนจะมีระยะห่างจากผนังกำแพงแนวตั้ง ไม่เกินกว่า 100 มิลลิเมตร
 - แกนหมุนจะต่ำกว่าพื้นแท่นทดสอบไม่เกินกว่า 100 มิลลิเมตร
4. ควรจะมีตัวรองรับล้อให้ใกล้กับแกนการหมุนมากที่สุด เพื่อป้องกันการไถลตามแนวด้านข้างของรถขณะทำการยกเอียง โดยอาจจะใช้ลักษณะตัวรองรับล้อดังในรูปที่ 2.5
 - ตัวรองรับล้อไม่ควรสูงกว่าสองในสามของระยะจากพื้นที่รถอยู่ถึงขอบล้อที่ด้านใกล้ที่สุด และควรมีความกว้าง 20 มิลลิเมตร โค้งสันรัศมี 10 มิลลิเมตร และความยาว 500 มิลลิเมตร เป็นอย่างน้อย
 - ตัวรองรับล้อ ณ เพลาล้อที่กว้างที่สุด จะต้องวางบนพื้นแท่นทดสอบ เพื่อให้ขอบยางล้อมีระยะห่างจากแกนหมุนไม่เกิน 100 มิลลิเมตร
 - ตัวรองรับล้อที่เพลาล้ออื่นๆ จะต้องปรับได้ เพื่อให้ระนาบแนวตั้งตามยาว (VLCP) ของรถยนต์ขนานไปกับแกนการหมุน
5. แท่นทดสอบการพลิกคว่ำจะต้องออกแบบและสร้างโดยไม่ให้เกิดการเลื่อนของรถยนต์ไปตามทิศทางแนวยาว
6. พื้นที่การกระแทกกับพื้นจะต้องเป็นแนวราบ มีความสม่ำเสมอ และเป็นพื้นคอนกรีตที่แห้งและเรียบ

2.3 ทฤษฎีไฮดรอลิก

2.3.1 หลักการไฮดรอลิกเบื้องต้นระบบไฮดรอลิกเป็นระบบที่ใช้ น้ำมันไฮดรอลิก เป็นสารตัวกลางในการถ่ายทอดกำลังงาน โดยการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล ทำให้กระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิก สามารถทำงานได้ ตัวอย่างการใช้งานระบบไฮดรอลิก เช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิก เครื่องอัด เกียร์อัตโนมัติ เครน กว้าน รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น [11]

2.3.2 กฎของปาสคาล หรือเรียกว่า กฎการถ่ายทอดความดัน ซึ่งพบว่าของไหลในที่ที่มีขอบเขตจำกัดการถ่ายทอดแรงที่กระทำจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะบรรจุ สรุปได้ดังนี้

1. ความดันที่เกิดจากของไหล ซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะปิดจะมีค่าเท่ากันในทุกทิศทางต่อพื้นที่ผิวภาชนะ

2. ทิศทางของความดันจะกระทำตั้งฉากกับพื้นที่ที่ของไหลนั้นสัมผัสอยู่

3. ความดันของของไหลจะมีค่าเท่ากันในระดับเดียวกัน

2.3.3 ความดัน (Pressure) ความดันถูกนิยามเป็นผลลัพธ์จากแรงกระทำบนพื้นที่หนึ่งหน่วย โดยมีสมการความสัมพันธ์ แสดงดังสมการที่ (2.5)

$$P = F / A \quad (2.5)$$

2.3.4 การไหลในระบบไฮดรอลิก การไหลในระบบไฮดรอลิกจะแตกต่างออกไปจากการไหลของระบบที่ต้องอาศัยพลังงานศักย์คือ ระบบต้องทำงานต้านกับความดันที่ด้านภาระงานซึ่งสูงกว่าความดันบรรยากาศมาก จึงจำเป็นต้องอาศัยตัวแปลงพลังงานจากภายนอกคือ ปั๊มไฮดรอลิก

ปั๊มไฮดรอลิก ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากภายนอกเป็นพลังงานสำหรับการไหลให้กับของไหลในระบบ ปั๊มจะดันของไหลเข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ของไหลเข้าไปกักตัวในกระบอกสูบเพื่อยกภาระงาน อัตราการไหลในระบบมีผลต่อความเร็วในการทำงานของอุปกรณ์ให้งาน ถ้ามีอัตราการไหลสูงนั้นหมายความว่าของไหลสามารถเข้าไปกักตัวในอุปกรณ์ให้งานอย่างรวดเร็ว อุปกรณ์ให้งานจะเคลื่อนที่เร็วตามไปด้วย จากความสัมพันธ์ของอัตราการไหล ความเร็วอุปกรณ์ให้งานและพื้นที่หน้าตัด ดังสมการที่ (2.6) และการคำนวณหามอเตอร์ไฟฟ้าแสดงดังสมการที่ (2.7)

$$Q = A \times V \quad (2.6)$$

$$P_m = F \times V / T \quad (2.7)$$

เมื่อ

P คือ ความดัน $[N/m^2]$

F คือ แรงที่เกิดหรือขนาดของภาระงานที่ต้องการ [N]

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับความดันที่กระทำ $[m^2]$

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร $[m^3/s]$

V คือ ความเร็วของก้านสูบ $[m/s]$

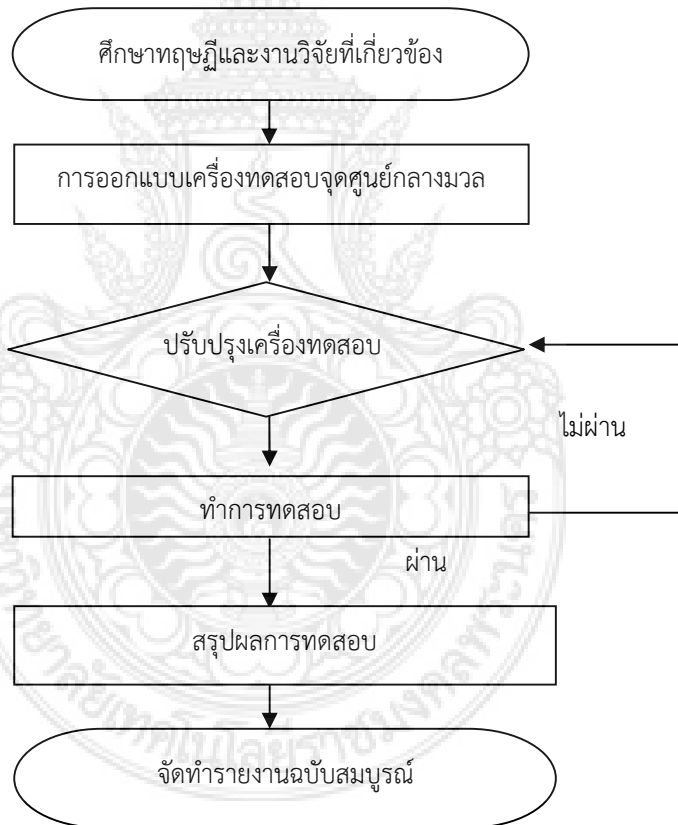
P_m คือ กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า [W]

T คือ เวลาที่ใช้ในการทดสอบ [s]

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

การจัดทำวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ คือ เพื่อสร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลของรถยนต์และศึกษาแนวทางการทดสอบที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมยานยนต์ อีกทั้งวัตถุประสงค์รองมาคือเพื่อสร้างศูนย์กลางการเรียนรู้และนักวิจัยหน้าใหม่ด้านงานวิศวกรรมยานยนต์ ภายใต้รูปแบบการกระจายมวลต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดี และมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนการลงมือปฏิบัติและทดสอบ อีกทั้งเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 3.1



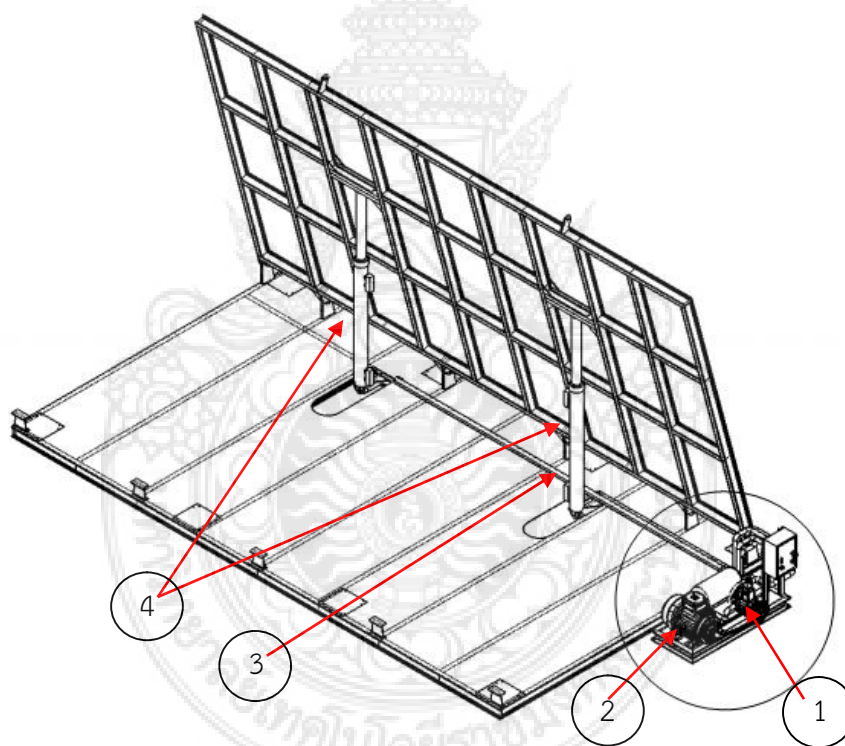
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลสำหรับรถยนต์

การออกแบบเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลสำหรับรถยนต์ จำลองตามมาตรฐาน ECE R66 ซึ่งเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลของรถยนต์ (รถยนต์นั่ง) เนื่องจากมาตรฐานดังกล่าวสามารถรองรับกับการหาจุดศูนย์กลางมวลของรถยนต์ได้ทั้ง 3 แนว (แนวตั้ง แนวยาว และแนวขวาง) อย่างไรก็ตามการพิจารณาค่าจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งเป็นสิ่งที่มีความยากลำบากกว่าจุดศูนย์กลางมวลตามแนวยาวและตามแนวขวาง โดยจุดศูนย์กลางมวลตามแนวตั้งสามารถหาได้จากมุมที่เริ่มพลิกคว่ำของรถยนต์ ดังนั้นการออกแบบเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลมีความจำเป็นต้องออกแบบเครื่องมือที่สามารถหาค่าองศาการพลิกคว่ำ ซึ่งการออกแบบแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้ คือ

3.1.1 ส่วนต้นกำลัง

ส่วนต้นกำลังใช้ระบบไฮดรอลิก ที่มีขนาดในการรองรับการยกตัวของแขนของกระบอกลไฮดรอลิก เพื่อให้ฐานของชุดรองรับรถยนต์ยกตัวขึ้น ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนที่ของแผ่นรองรับรถยนต์ โดยส่วนต้นกำลังที่ทำการออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.2



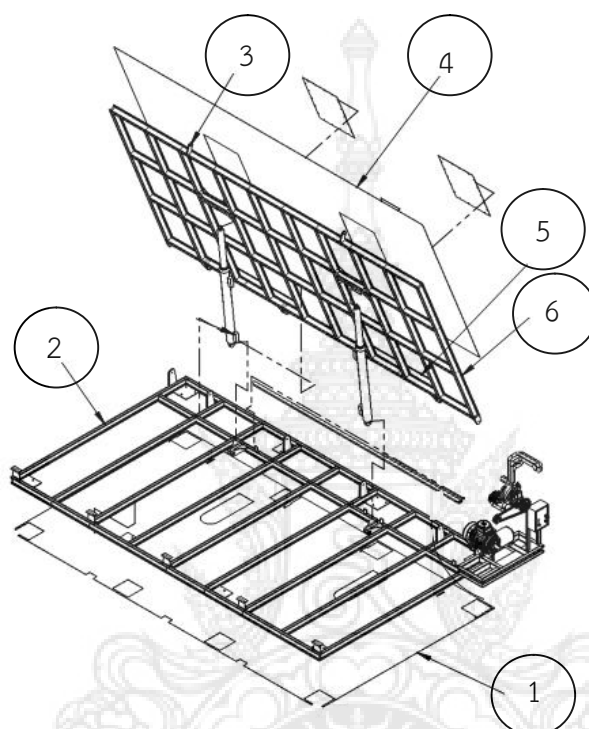
รูปที่ 3.2 ส่วนต้นกำลัง

ส่วนประกอบของส่วนต้นกำลัง

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. ปั๊มไฮดรอลิกและถังจัดเก็บแรงดัน | 2. มอเตอร์ไฟฟ้า |
| 3. ท่อน้ำมันไฮดรอลิก | 4. กระบอกลสูบ |

3.1.2 ส่วนโครงสร้าง

ส่วนโครงสร้างถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับขึ้นอยู่กับมิติของรถ(Dimension) ซึ่งถูกกำหนดไว้ไม่เกินพิกัด 3,000 kg โดยส่วนโครงสร้างประกอบด้วย 6 ส่วนหลัก คือ แผ่นรองฐานโครงสร้าง ฐานโครงสร้าง จุดยึดสายรัด แผ่นรองฐานชุดพลิกคว่ำ แถบรองรับล้อ และฐานชุดพลิกคว่ำ ส่วนโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 3.3



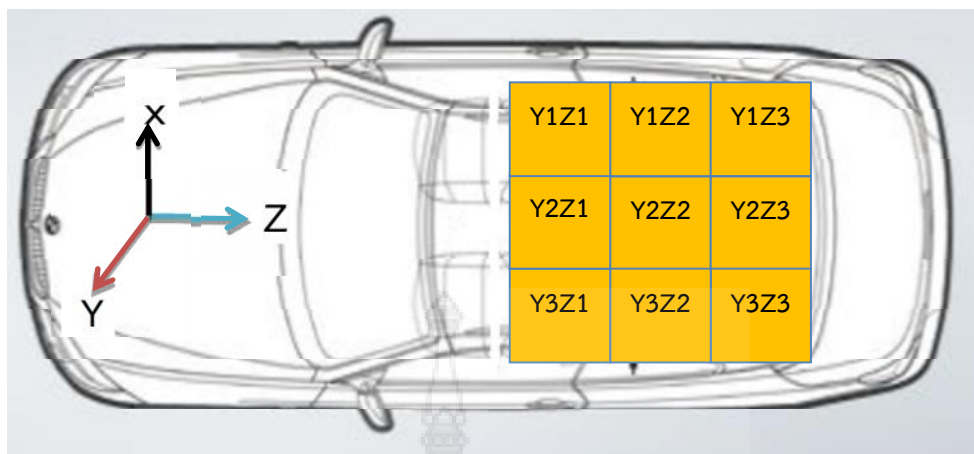
รูปที่ 3.3 ส่วนโครงสร้าง

ส่วนประกอบของส่วนโครงสร้าง

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. แผ่นรองฐานโครงสร้าง | 2. ฐานโครงสร้าง |
| 3. จุดยึดสายรัด | 4. แผ่นรองฐานชุดพลิกคว่ำ |
| 5. แถบรองรับล้อ | 6. ฐานชุดพลิกคว่ำ |

3.2 แนวทางการทดสอบ

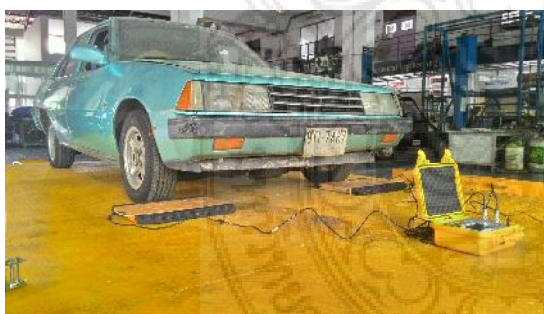
การทดสอบหาจุดศูนย์กลางมวลของรถยนต์ทั้ง 3 แนวคือ แนวตั้ง แนวยาว และแนวขวาง มีความจำเป็นต้องทราบพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์กลางมวลทั้ง 3 แนว หากในกรณีมีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงการกระจายมวล ดังนั้นการทำให้บรรลุวัตถุประสงค์จึงจำเป็นต้องใช้รถยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการกระจายมวลได้ สำหรับรถยนต์ที่ใช้ทดสอบดังกล่าวนี้สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งได้ทั้งหมด 9 ตำแหน่งตามแนวยาว (แกน Z) และตามแนวขวาง (แกน Y) สำหรับตำแหน่งการกระจายมวลแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งการกระจายมวล

3.3 การเตรียมรถยนต์และการทดสอบ

การเตรียมรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ เริ่มต้นจากการนำรถยนต์ไปทำการชั่งน้ำหนักลงเพลาดด้วยเครื่องมือชั่งน้ำหนักรุ่น PTXI-300 ตามรูปที่ 3.5 โดยน้ำหนักลงเพลาน้ำหนักหน้าและเพลาท้ายเพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวยาว ส่วนกรณีของตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวขวางใช้ค่าน้ำหนักที่ลงทั้ง 4 ล้อ ในการคำนวณ และตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งใช้ชั่งน้ำหนักก่อนการพลิกคว่ำที่ได้จากเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลในการพิจารณา สำหรับข้อมูลของรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3.1



(ก)



(ข)

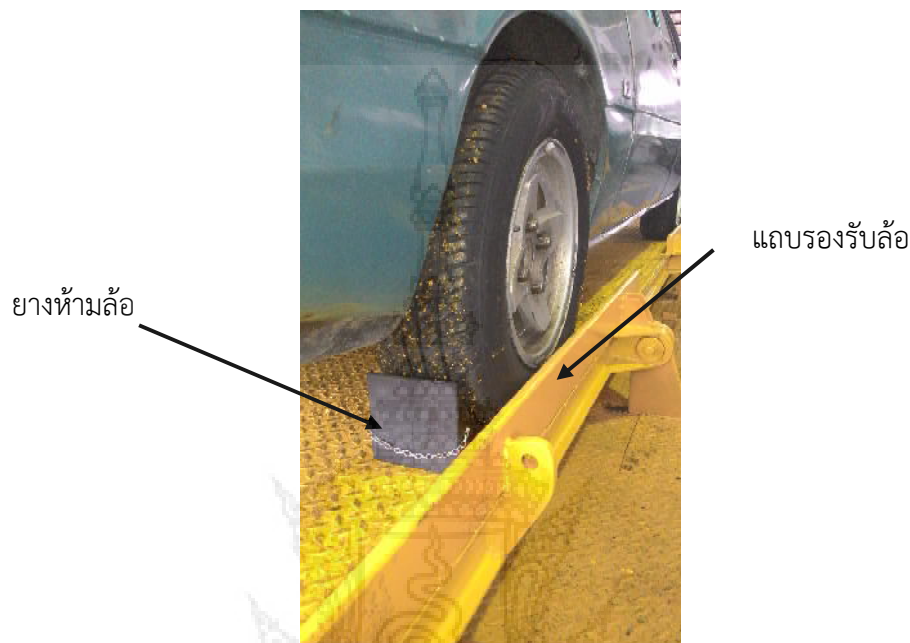
รูปที่ 3.5 การชั่งน้ำหนักลงเพลาลง (ก) เพลาน้ำหนักหน้า (ข) เพลาท้าย

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำเพาะของรถยนต์ทดสอบ

รายการ	ค่าและข้อมูลจากการวัด		
ระบบเกียร์	อัตโนมัติ 4 สปีด		
ระบบพวงมาลัย	แบบ	เพาเวอร์	
ระบบกันสะเทือน	หน้า	แบบ Rigid body	
	หลัง	แบบ Rigid body	
ระบบเบรก	หน้า	ดิสก์เบรก	
	หลัง	ดรัมเบรก	
ล้อและยาง	ล้อ	อัลลอยด์ 13"	อัลลอยด์ 13"
	ขนาดล้อ	13"×5.5J	13"×5.5J
	ขนาดยาง	175/70R13	175/70R13
ระดับความดันลมยาง (psi)	หน้า:หลัง	32:32	
ขนาดและมิติ	ความยาวทั้งหมด (mm)	4,400	
	ความกว้างทั้งหมด (mm)	1,600	
ขนาดและมิติ	ความสูงทั้งหมด (mm.)	1,400	
	ระยะฐานล้อ (mm)	2,530	
	ระยะห่างระหว่างล้อคู่หน้า/หลัง (mm)	1,400	1,395
น้ำหนักลงเพลา (kg)/(N) 1,080/10,595	หน้า (ซ้าย:ขวา)	(309 : 330) (3,032 : 3,237)	639 kg 6,269 N
	ท้าย (ซ้าย:ขวา)	(210 : 231) (2,060 : 2,266)	441 kg 4,326 N
น้ำหนักลงเพลา(กรณีรวมโครงสร้าง) (kg)/(N) 1,436/14,087	หน้า (ซ้าย:ขวา)	(356 : 389) (3,492 : 3,816)	745 kg 7,308 N
	ท้าย (ซ้าย:ขวา)	(327 :364) (3,207 : 2,570)	691 kg 6,778 N

หมายเหตุ : ข้อมูลจำเพาะของรถทดสอบได้จากการวัด

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลกระทำโดยการชั่งน้ำหนักลงเพลลาหน้า และเพลลาท้าย จากนั้นเคลื่อนรถยนต์ให้จอดชิดกับแถบรองรับล้อ (Support Wheel) เมื่อรถยนต์จอดชิดแถบรองรับล้อ จึงใช้ก้อนยางห้ามล้อ เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของรถยนต์ขณะทำการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การเตรียมการทดสอบ



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.7 การติดตั้งสายรัดบริเวณล้อหน้าและล้อหลัง (ก) การยึดสายรัดที่ล้อ (ข) จุดยึดสายรัด

ขั้นตอนต่อไปทำการใช้สายรัดคล้องที่ล้อของรถยนต์ป้องกันการพลิกตัวของรถยนต์ออกนอกบริเวณพื้นที่ทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.7 ก่อนทำการทดสอบต้องพิจารณาด้านความปลอดภัยก่อนเป็นประการแรก ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการติดตั้งไฟสัญญาณ 4 ตำแหน่ง บริเวณรอบเครื่องทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.8 หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบหองศาการพลิกคว่ำของรถยนต์ในแนวตั้งโดยปรับอัตราการไหลของกระบอกสูบที่ส่วนควบคุมดังแสดงดังรูปที่ 3.9 สำหรับการหาค่าองศาพลิกคว่ำใช้ระดับน้ำดิจิตอลที่ติดตั้งไว้บริเวณด้านหลังของเพลาท้ายแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.8 การเปิดสัญญาณเตือนภัยก่อนการทดสอบ



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.9 การทดสอบหาจุดศูนย์ถ่วงกลางมวล



รูปที่ 3.10 การวัดองศาพลิกคว่ำ

3.4 การคำนวณ

3.4.1 การคำนวณหาความดันในระบบ

จากสมการที่ (2.5)

$$P = F / A$$

เมื่อ F คือ ภาระโหลดที่ต้องยก ประกอบด้วย มวลของรถ รวมกับ มวลของโครงสร้าง

A คือ พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบ มีค่า 3 in หรือ 0.00456 m

ดังนั้น

$$P = (3000 \times 9.81) + (1400 \times 9.81) / 0.00456$$

$$= 9.466 \text{ MPa หรือ } 94.66 \text{ bar}$$

3.4.2 การคำนวณหาอัตราการไหลในระบบ

จากสมการที่ (2.6)

$$Q = A \times V$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ลูกสูบ มีค่า 0.059 m/s

$$Q = 0.00456 \times 0.059$$

$$= 2.6904 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4.3 การคำนวณหากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า

จากสมการที่ (2.7)

$$P_w = \eta \times P \times Q / 746$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่า 85%

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad P_w &= 0.85 \times 94.66 \times 10^5 \times 2.6904 \times 10^{-4} / 746 \\ &= 2.90 \text{ hp} \end{aligned}$$

เพื่อค่าปลอดภัย 3 เท่า เนื่องจากการเผื่อน้ำหนักของรถที่ใช้ในการทดสอบอาจมีค่ามากกว่านี้

ดังนั้น กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่า 8.7 hp

จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 10 hp

3.4.4 การหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวยาวของรถยนต์

จากสมการที่ (2.1) การหาระยะห่างจากเพลลาหน้าถึงจุดศูนย์กลางมวลในแนวยาว

$$l_1 = L_1 \times (P_3 + P_4) / M$$

จากตารางที่ 3.1 กำหนดให้

L_1 (ระยะฐานล้อ) มีค่า 2.53 m.

$(P_3 + P_4)$ (แรงปฏิกิริยาที่เพลลาท้าย) มีค่า 6,778 N.

M (มวลรถยนต์) มีค่า 14,087 N.

แทนค่า

$$l_1 = 2.53 \times 6,778 / 14,087$$

$$l_1 = 1.22 \text{ m.}$$

ดังนั้นระยะห่างจากเพลลาหน้าถึงจุดศูนย์กลางมวลในแนวยาว มีค่า 1.22 เมตร

จากสมการที่ (2.2) การหาระยะห่างจากเพลลาท้ายถึงจุดศูนย์กลางมวลในแนวยาว

$$l_2 = L_1 - l_1$$

แทนค่า

$$l_2 = 2.53 - 1.22 = 1.31 \text{ m.}$$

ดังนั้นระยะห่างจากเพลลาท้ายถึงจุดศูนย์กลางมวลในแนวยาว มีค่า 1.31 เมตร

3.4.5 การหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวขวางของรถยนต์

จากสมการที่ (2.3)

$$t = \{(P_1 - P_2) \times 0.5T_1 + (P_3 - P_4) \times 0.5T_2\} / M$$

แทนค่า

$$t = \{(-324) \times 0.5 \times 1.4 + (637) \times 0.5 \times 1.395\} / 14,087$$

$$t = 0.015 \text{ m}$$

ดังนั้นจุดศูนย์กลางมวลในแนวขวางอยู่บริเวณล้อด้านซ้ายมีค่า 0.015 m ไปทางซ้าย

3.4.6 การหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวตั้งของรถยนต์

จากสมการที่ (2.4)

$$h = \{(T_1 + t) / 2\} / \tan \theta$$

แทนค่า

$$h = \{(1.4 + 0.015) / 2\} / \tan 30^\circ$$

$$h = 1.225 \text{ m.}$$

ดังนั้นจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งมีค่าสูงจากพื้น 1.225 m

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

4.1 สมมุติฐานการวิจัย

- 4.1.1 ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลใดบ้างส่งผลต่อตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล
- 4.1.2 บริเวณห้องโดยสารด้านหลังมีโอกาสนในการเปลี่ยนแปลงมวลมากที่สุดสำหรับรถยนต์นั่ง
- 4.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการชี้วัดตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลคือน้ำหนักลงเพลาและน้ำหนักที่ลงในแต่ละล้อ หรืออื่น ๆ
- 4.1.4 ตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน

4.2 สมมุติฐานการทดสอบ

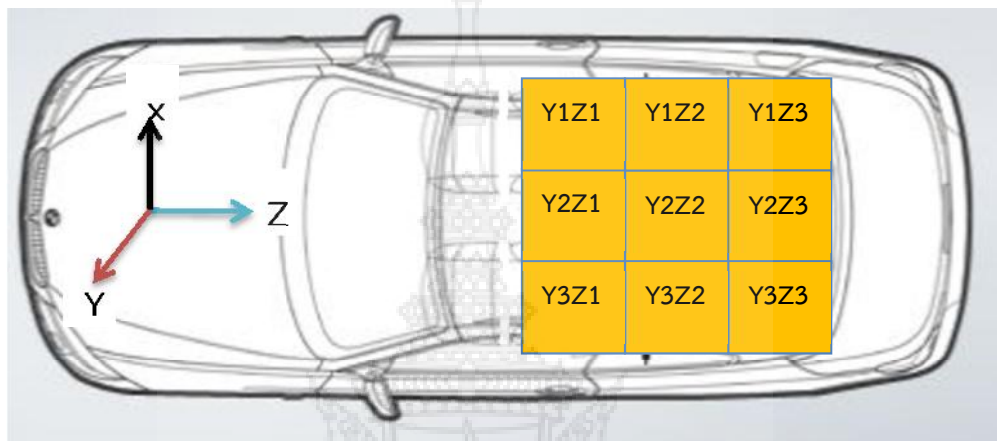
- 4.2.1 มีมาตรฐานใดบ้างที่ใช้ในการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลรถยนต์
- 4.2.2 ความเที่ยงตรงของเครื่องมือมีเพียงพอต่อการพิสูจน์สมมุติฐาน
- 4.2.3 ออกแบบการทดสอบอย่างไรให้สอดคล้องกับมาตรฐานการทดสอบ
- 4.2.4 ประยุกต์แนวทางการทดสอบกับมาตรฐานอย่างไรภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ
- 4.2.5 มีเงื่อนไขการทดสอบอย่างไร

ตารางที่ 4.1 เงื่อนไขการทดสอบ

ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวล	มวลที่มีการเปลี่ยนแปลง	ผลการทดสอบตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล		
		ตามแนวยาว	ตามแนวขวาง	ตามแนวตั้ง
Y1Z1 ถึง Y3Z3	50, 100, 150, 200 และ 250	?	?	?

4.3 ผลการทดสอบ

จากเงื่อนไขการทดสอบตามตารางที่ 4.1 มวลที่มีการเปลี่ยนแปลง 50, 100, 150, 200 และ 250 กิโลกรัม ของพิกัดการกระจายมวลจำนวนทั้งสิ้น 9 ตำแหน่ง ตั้งแต่พิกัด Y1Z1 ไปจนถึง Y3Z3 สำหรับการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 กรณีทั้งตำแหน่งพิกัดการกระจายและการเปลี่ยนแปลงของมวลสามารถสะท้อนให้เห็นรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลได้ อย่างไรก็ตามพิกัดการกระจายมวลของรถยนต์ทดสอบถูกอธิบายตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลของรถยนต์ทดสอบ

แกน X คือ พิกัดการกระจายมวลตามแนวตั้งของรถยนต์ทดสอบ

แกน Y คือ พิกัดการกระจายมวลตามแนวขวางของรถยนต์ทดสอบ

แกน Z คือ พิกัดการกระจายมวลตามแนวยาวของรถยนต์ทดสอบ

ตำแหน่ง Y1Z1 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณด้านขวาที่อยู่ใกล้กับเพลาหน้าด้านขวา

ตำแหน่ง Y1Z2 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณด้านขวาที่อยู่ระหว่างเพลาหน้าด้านขวาและเพลาท้ายด้านขวา

ตำแหน่ง Y1Z3 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณด้านขวาที่อยู่ใกล้กับเพลาท้ายด้านขวา

ตำแหน่ง Y2Z1 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณกึ่งกลางตามแนวขวางที่อยู่ใกล้กับเพลาหน้า

ตำแหน่ง Y2Z2 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณกึ่งกลางตามแนวยาวและแนวขวางที่อยู่กึ่งกลางระหว่างเพลาหน้าและเพลาท้าย

ตำแหน่ง Y2Z3 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณกึ่งกลางตามแนวขวางที่อยู่ใกล้กับเพลาท้าย

ตำแหน่ง Y3Z1 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณด้านซ้ายที่อยู่ใกล้กับเพลาหน้าด้านซ้าย

ตำแหน่ง Y3Z2 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณกึ่งกลางตามแนวยาวที่อยู่ระหว่างเพลาหน้าด้านขวาและเพลาท้ายด้านขวาและอยู่ใกล้กับเพลาหน้าด้านซ้าย

ตำแหน่ง Y3Z3 คือ ตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณด้านซ้ายที่อยู่ใกล้กับเพลาท้ายด้านซ้าย

สำหรับผลการทดสอบตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแนวยาว ตามแนวขวาง และตามแนวตั้ง แสดงดังตารางที่ 4.2 ถึง 4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลตามแนวยาว

ตำแหน่ง พิกัดการ กระจาย มวล	การเปลี่ยนแปลงของมวล (kg)									
	50		100		150		200		250	
	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2	l_1	l_2
Y1Z1	1.325	1.205	1.354	1.176	1.375	1.155	1.392	1.138	1.411	1.119
Y1Z2	1.325	1.205	1.356	1.174	1.372	1.158	1.393	1.137	1.411	1.119
Y1Z3	1.323	1.207	1.356	1.174	1.372	1.158	1.400	1.130	1.414	1.116
Y2Z1	1.306	1.224	1.324	1.206	1.337	1.193	1.358	1.172	1.376	1.154
Y2Z2	1.308	1.222	1.324	1.206	1.337	1.193	1.359	1.171	1.376	1.154
Y2Z3	1.304	1.226	1.323	1.207	1.338	1.192	1.358	1.172	1.378	1.152
Y3Z1	1.294	1.236	1.308	1.222	1.327	1.203	1.344	1.186	1.370	1.160
Y3Z2	1.294	1.236	1.309	1.221	1.327	1.203	1.341	1.189	1.363	1.167
Y3Z3	1.292	1.238	1.306	1.224	1.327	1.203	1.347	1.183	1.369	1.161

ผลจากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของมวลที่เพิ่มจากมวล 50 กิโลกรัม ไปจนถึงมวล 250 กิโลกรัม ภายใต้คุณลักษณะรถยนต์ทดสอบที่น้ำหนักลงเพลาหน้ามีค่ามากกว่าน้ำหนักลงเพลาท้ายก่อนเพิ่มมวลภายในห้องโดยสารด้านหลัง (ดูรายละเอียดตามตารางที่ 3.1) ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงมวลส่งผลให้ระยะทางจากจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวยาวมีแนวโน้มการเคลื่อนเข้าใกล้เพลาท้าย (l_2) ในทุก ๆ ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวล หรืออาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของมวลในห้องโดยสารใกล้เพลาท้ายทำให้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเคลื่อนใกล้มวลที่เพิ่มขึ้นเพื่อรักษาสมดุลย์ของรถยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่าตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวขวาง (Y1, Y2 และ Y3) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงตามแนวยาวมากกว่า พิกัดการกระจายมวลตามแนวยาว (Z1, Z2 และ Z3)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลตามแนวขวาง

ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวล	การเปลี่ยนแปลงของมวล (kg)				
	50	100	150	200	250
Y1Z1	-0.007	-0.008	-0.044	0.007	0.049
Y1Z2	-0.020	-0.027	-0.023	-0.021	0.012
Y1Z3	-0.040	-0.048	-0.004	-0.045	-0.027
Y2Z1	-0.014	-0.014	-0.003	0.002	0.050
Y2Z2	-0.023	-0.033	-0.028	-0.027	0.011
Y2Z3	-0.043	-0.047	-0.053	-0.054	-0.028
Y3Z1	-0.011	-0.057	-0.060	-0.011	0.054
Y3Z2	-0.027	-0.034	-0.029	-0.039	0.016
Y3Z3	-0.041	-0.015	-0.012	-0.057	-0.024

จากตารางที่ 4.3 พบว่าหากกำหนดให้ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวยาวคงที่ (Z1, Z2 และ Z3) ทำให้แนวโน้มของจุดศูนย์กลางมวลตามแนวขวางเคลื่อนที่เข้าใกล้ล้อด้านซ้ายตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงมวล 50 และ 100 กิโลกรัม ในทางกลับกันจุดศูนย์กลางมวลตามแนวขวางเริ่มเปลี่ยนแปลงเข้าใกล้ล้อด้านขวาและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงมวล

ส่วนในกรณีกำหนดให้ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวขวางคงที่ (Y1, Y2 และ Y3) รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์กลางถ่วงในแนวขวางมีลักษณะเข้าใกล้ล้อด้านซ้ายในทุก ๆ การเปลี่ยนแปลงมวล โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณที่อยู่ใกล้กับเพลาท้าย (Z3) ดังนั้นตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวยาวส่งผลโดยตรงกับจุดศูนย์กลางถ่วงในแนวขวาง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลตามแนวตั้ง

ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวล	การเปลี่ยนแปลงของมวล (kg)				
	50	100	150	200	250
Y1Z1	0.641	0.639	0.632	0.671	0.690
Y1Z2	0.659	0.654	0.678	0.695	0.720
Y1Z3	0.667	0.682	0.715	0.710	0.742
Y2Z1	0.638	0.645	0.651	0.652	0.689
Y2Z2	0.656	0.668	0.669	0.685	0.720
Y2Z3	0.668	0.683	0.686	0.706	0.751
Y3Z1	0.630	0.618	0.612	0.648	0.686
Y3Z2	0.654	0.655	0.674	0.677	0.717
Y3Z3	0.668	0.688	0.701	0.704	0.734

จากตารางที่ 4.4 สะท้อนให้เห็นว่าในกรณีการกำหนดให้พิกัดการกระจายมวลตามแนวขวางคงที่ (Y1, Y2 และ Y3) ส่งผลให้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลตามแนวตั้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงมวลที่เพิ่มขึ้นก็ส่งผลกับการเพิ่มขึ้นของจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งเช่นเดียวกัน

ส่วนกรณีการพิจารณาให้กำหนดให้พิกัดการกระจายมวลตามแนวยาว (Z1, Z2 และ Z3) คงที่ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงมวล ตั้งแต่ 50 จนถึง 250 กิโลกรัม นั้นให้ผลกระทบต่อจุดศูนย์กลางมวลตามแนวตั้งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการพิจารณาผลภายใต้การคงที่พิกัดการกระจายมวลตามแนวยาวนี้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลมีการเปลี่ยนแปลงแบบไร้รูปแบบ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของมวลส่งผลให้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งที่วัดจากพื้นมีค่าสูงขึ้น หรือการมีโอกาสที่รถยนต์เกิดการพลิกคว่ำเกิดจากการเพิ่มมวล ไม่จำกัดว่าจะอยู่ในแนวขวางหรือแนวยาวก็ตาม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อสร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่สอดคล้องกับการวิจัยและการออกแบบยานยนต์ และแนวทางการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมยานยนต์ ยิ่งไปกว่านั้นต้องการสร้างศูนย์กลางการเรียนรู้และทดสอบด้านวิศวกรรมยานยนต์และผลิตภัณฑ์วิจัยหน้าใหม่ที่มีความรู้ความสามารถให้กับประเทศ อย่างไรก็ตามการสรุปผลการวิจัยสามารถแยกได้ตามประเด็นต่อไปนี้

5.1.1 สร้างเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่สอดคล้องกับการวิจัยและการออกแบบยานยนต์

เครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้สามารถสนองต่อการทดสอบหาค่าตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลได้ทั้ง 3 แนวแกน คือ ตามแนวยาว แนวขวาง และแนวตั้ง นอกเหนือจากนี้ความสามารถของเครื่องทดสอบสามารถตอบโจทยการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งที่เป็นจุดศูนย์กลางที่หาได้ยากที่สุด

5.1.2 แนวทางการทดสอบจุดศูนย์กลางมวลที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมยานยนต์

การทดสอบอ้างอิงการสร้างเครื่องมือหรือเครื่องทดสอบตามมาตรฐาน ECE 66 ที่เป็นที่ยอมรับกันในระดับนานาชาติ นอกจากนี้การประยุกต์ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลทั้งตามแนวยาวและตามแนวขวาง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงมวลเข้ามาร่วมในการทดสอบ ทำให้สามารถสะท้อนความสัมพันธ์ของจุดศูนย์กลางมวลและตัวแปรที่ส่งผลได้อีกด้วย โดย

- ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวขวางส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางตามแนวยาวมากที่สุด

- ตำแหน่งพิกัดการกระจายมวลตามแนวยาวส่งผลโดยตรงกับจุดศูนย์กลางในแนวขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำแหน่งการติดตั้งมวลบริเวณที่อยู่ใกล้กับเพลาท้าย (Z3)

- การเพิ่มขึ้นของมวลส่งผลให้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลในแนวตั้งมีค่าสูงขึ้น ไม่จำกัดว่าจะอยู่ในแนวขวางหรือแนวยาวก็ตาม

5.1.3 สร้างศูนย์กลางการเรียนรู้และทดสอบด้านวิศวกรรมยานยนต์และผลิตภัณฑ์หน้าใหม่ที่มีความรู้ความสามารถให้กับประเทศ

เครื่องมือและกระบวนการทดสอบที่คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและออกแบบสร้าง สามารถใช้เป็นเครื่องมือของศูนย์กลางการเรียนรู้ทางวิศวกรรมยานยนต์ที่เครื่องมือดังกล่าวมีปริมาณค่อนข้างจำกัด สำหรับประเทศไทย ยิ่งไปกว่าการสร้างนักวิจัยหน้าใหม่ คือ นายศิริพล ทองอ่อน ให้มีความชำนาญและเรียนรู้วิธีการทำวิจัยอย่างเป็นระบบ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

การสร้างและทดสอบเครื่องทดสอบจุดศูนย์กลางมวลนี้ต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยและพิถีพิถันการทำงาน ดังนั้นการเตรียมตัวทดสอบอย่างปลอดภัยต้องใช้เวลาเตรียมค่อนข้างนาน เนื่องจากในจุดเสี่ยงต่อความปลอดภัยมีค่อนข้างมาก อีกทั้งการใช้เครื่องมือทดสอบกับประเภทรถยนต์ที่ไม่เหมาะสมเป็นอีกสิ่งก่อกำให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

เครื่องทดสอบดังกล่าวควรได้รับการบำรุงรักษาประจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบต้นกำลัง ควรมีการตรวจสอบเป็นประจำ เพื่อป้องกันปัญหาด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน อีกทั้งความแม่นยำของเครื่องมือต้องถูกนำมาพิจารณาด้วยเนื่องจากส่งผลอย่างมากต่อค่าการทดสอบ



บรรณานุกรม

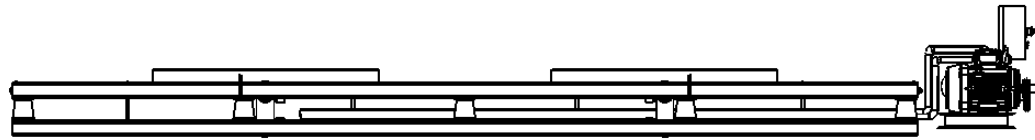
- [1] X.T. Zhao, H Z Jiang, S T Zheng and J Wei Han “**Precision gravity center position measurement system for heavy vehicles**” Advances in Machining & Manufacturing Technology VIII:, Key Engineering Materials, 315-316, pp. 788.
- [2] F. Momiyama, K. Kitazawa, K Miyazaki, H. Soma and T. Takahashi “**The gravity center height estimation for the rollover compensation system of commercial vehicles**”, JSAE Review, Vol. 20, Issue 4 (1999), pp. 493-497
- [3] A. J. P. Miège and D. Cebon “**Active roll control of an experimental articulated vehicle**” SAGA Journal Online.
- [4] S. Selim, A. Mehmet, S. Robert and K. Jens “**Realtime multiple-model estimation of centre of gravity position in automotive vehicles**” Vehicle System Dynamics.
- [5] H. Aleksander, B. Todd and M. John “**Detection of vehicle rollover**”, SAE 2004-01-1757, (2004).
- [6] B-C Chen and H. Peng “**Rollover Prevention for Sport Utility Vehicles with Human-in-the-loop Evaluations**”, Proceeding of AVEC 2000, (2000).
- [7] R. Wade Allen, David H. Klyde, Theodore J. Rosenthal and David M. Smith “**Estimation of Passenger Vehicle Inertial Properties and Their. Effect on Stability and Handling**” No. 2003-01-0966, (2003).
- [8] S-J Yim, J-Y Yoon, W-K Cho and K-S Yi “**An Investigation on Rollover Prevention Systems: Unified Chassis Control versus Electronic Stability Control with Active Anti-Roll Bar**”, SAGA Journal Online
- [9] มาตรฐาน E/ECE/324 Addendum 65: Regulation No. 66
- [10] Masato Abe, “**Vehicle handling Dynamics Theory and Application**”, First ed, Butterworth-Heinemann, (2009).
- [11] อนันต์ เต็มเปี่ยม, เต๋น คอกพิมาย และขวัญชัย สิ้นทิพย์สมบูรณ์, “**รากฐานไฮดรอลิกกับการใช้งาน**”, พิมพ์ครั้งที่ 1, ศูนย์ผลิตตำราเรียน มจพ., กรุงเทพฯ (2554).

ภาคผนวก

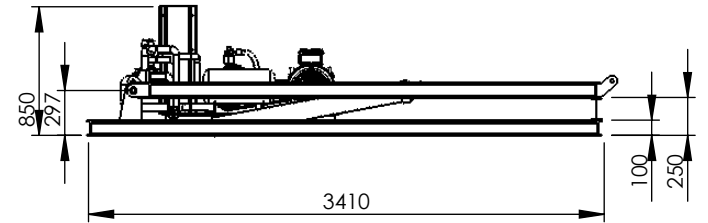


ภาคผนวก ก
แบบเครื่องทดสอบ

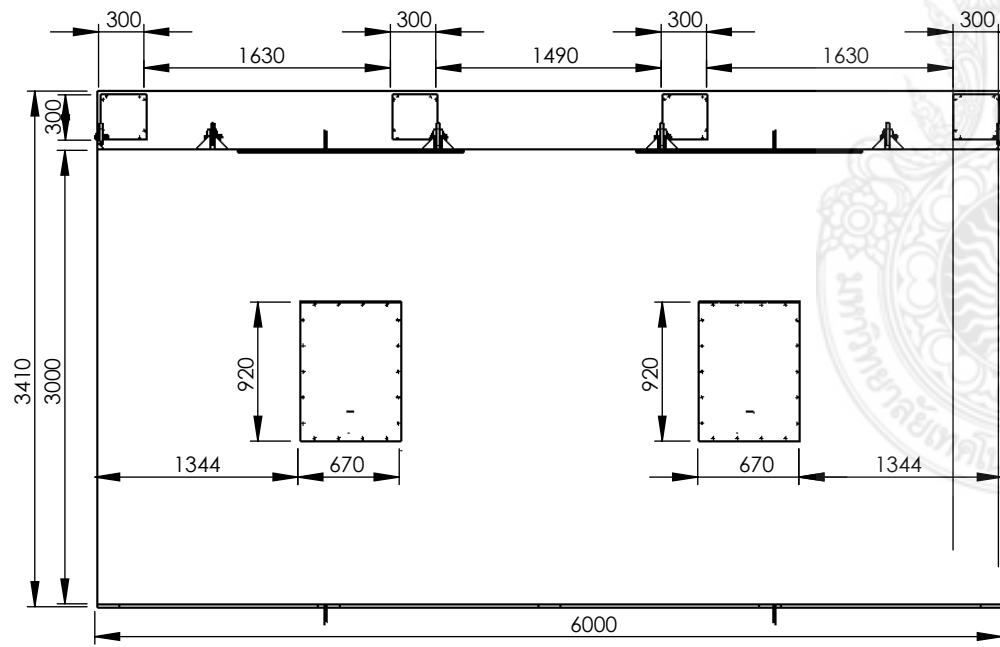




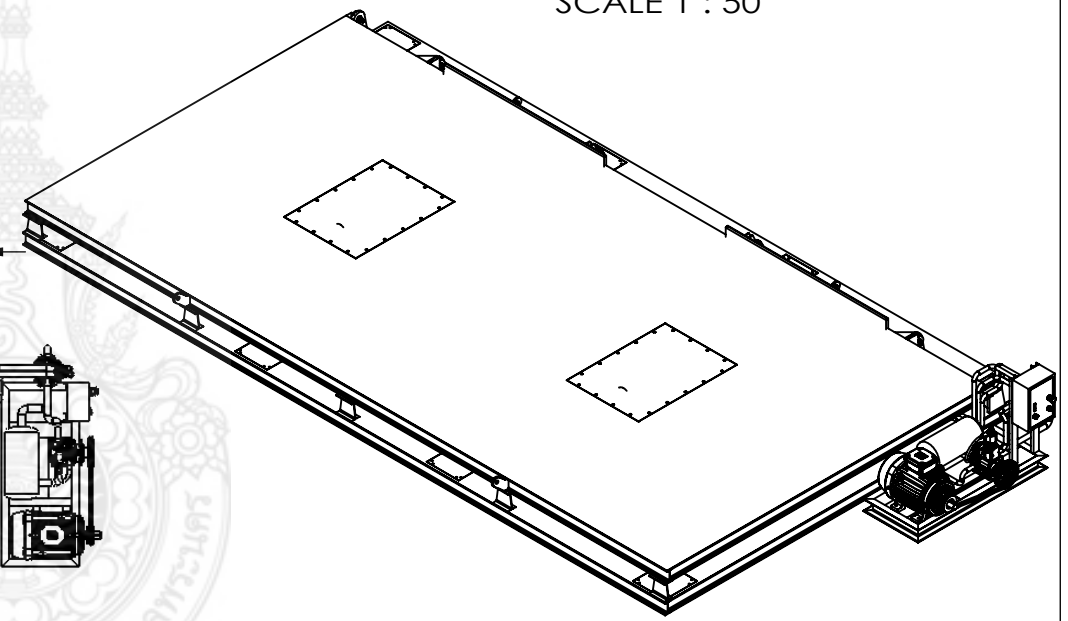
SCALE 1 : 50



SCALE 1 : 50

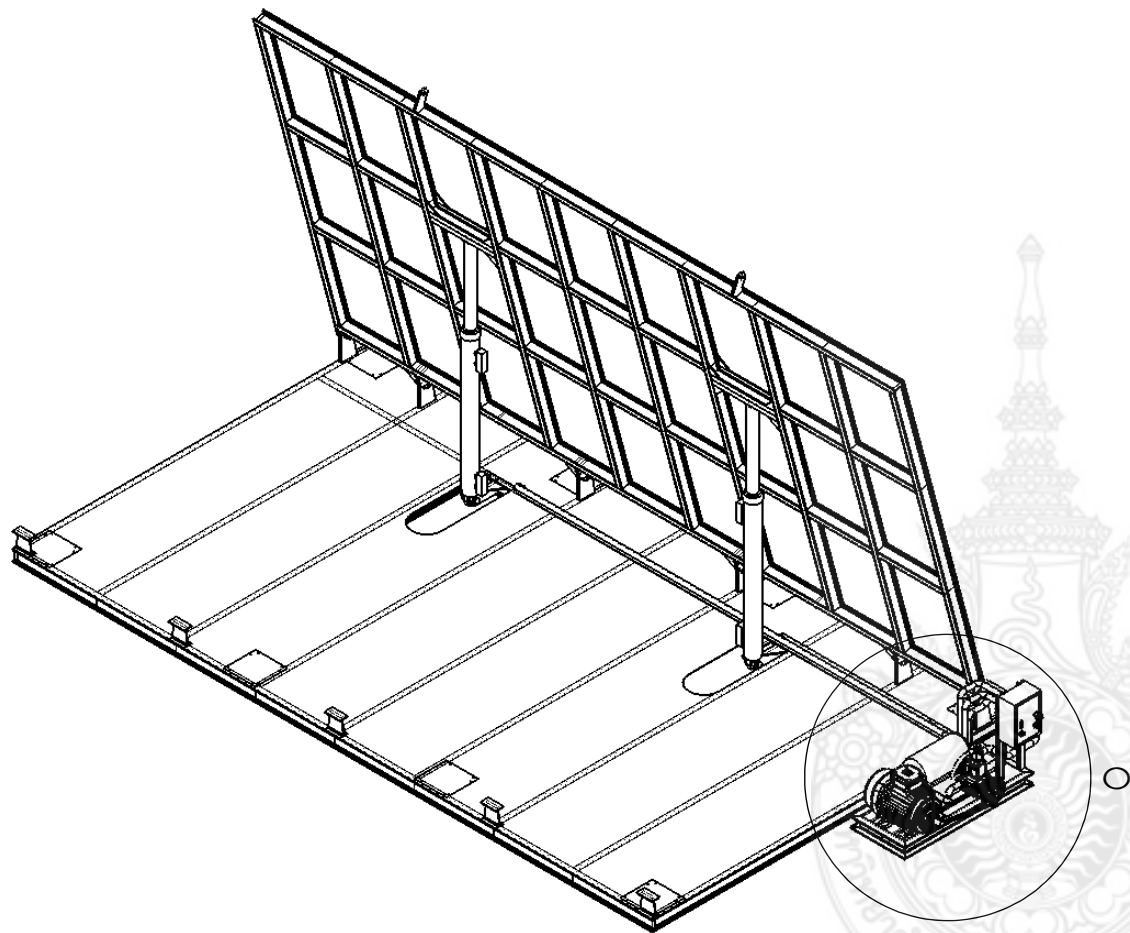


SCALE 1 : 50

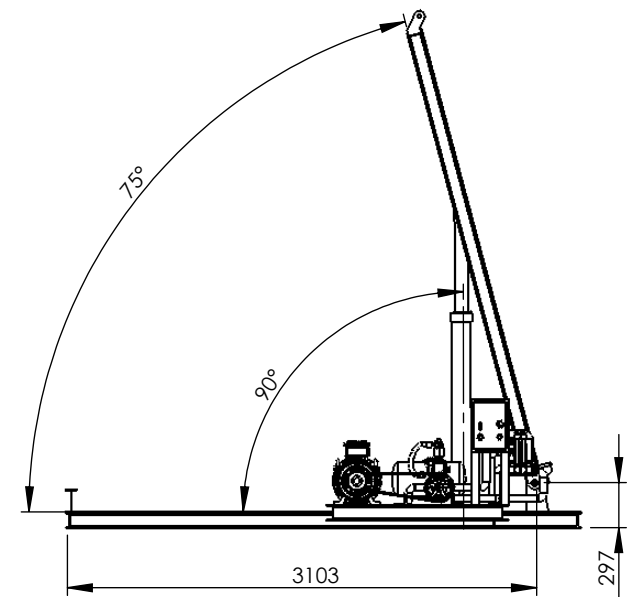


SCALE 1 : 50

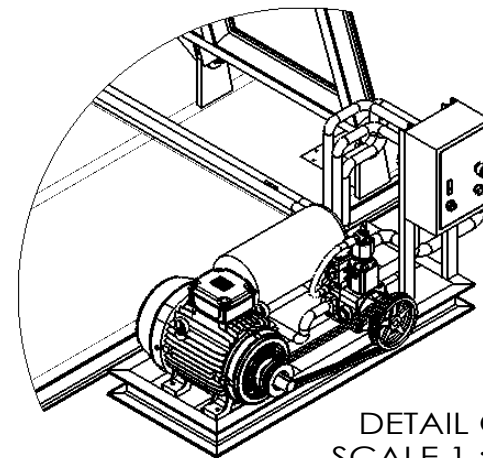
DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :		SHEET : 1 OF 9	DATE 18 /09/2557
UNIT:mm.	A Center of Gravity Tester for Vehicles			



SCALE 1 : 50

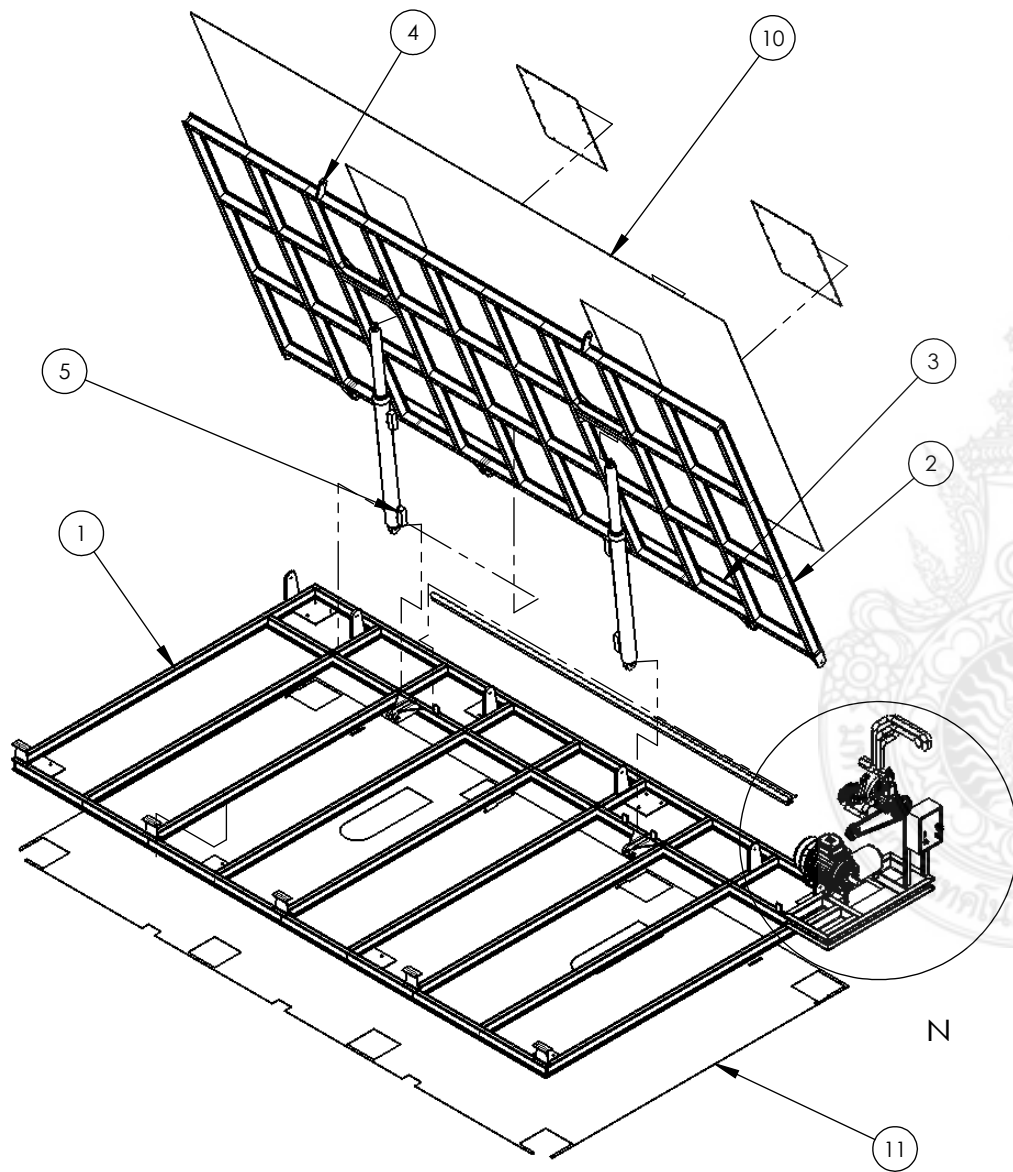


SCALE 1 : 50

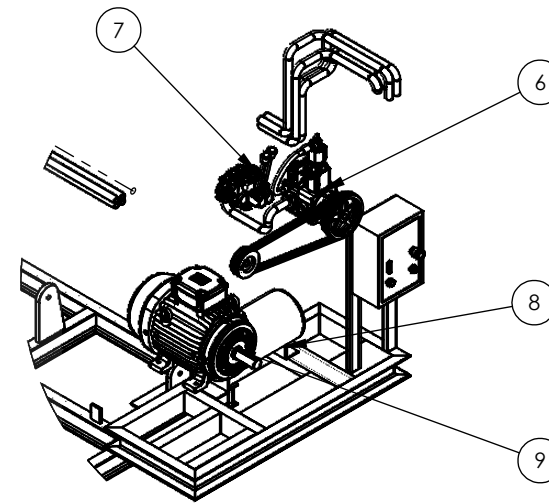


DETAIL O
SCALE 1 : 25

DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :			
UNIT:mm.	A Center of Gravity Tester for Vehicles			SHEET : 2 OF 9
				DATE 18 /09/2557

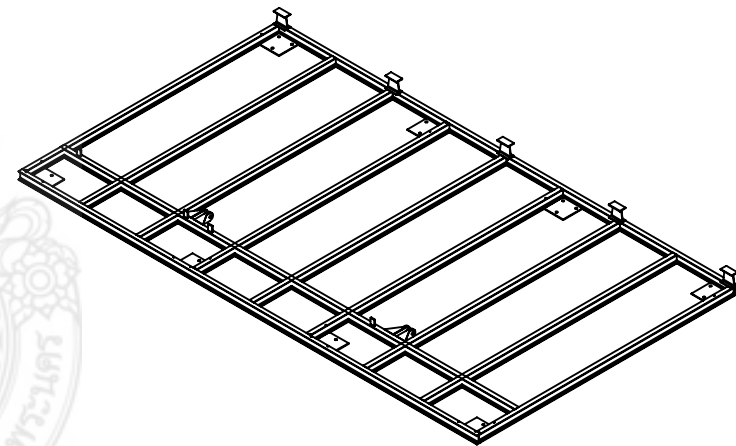
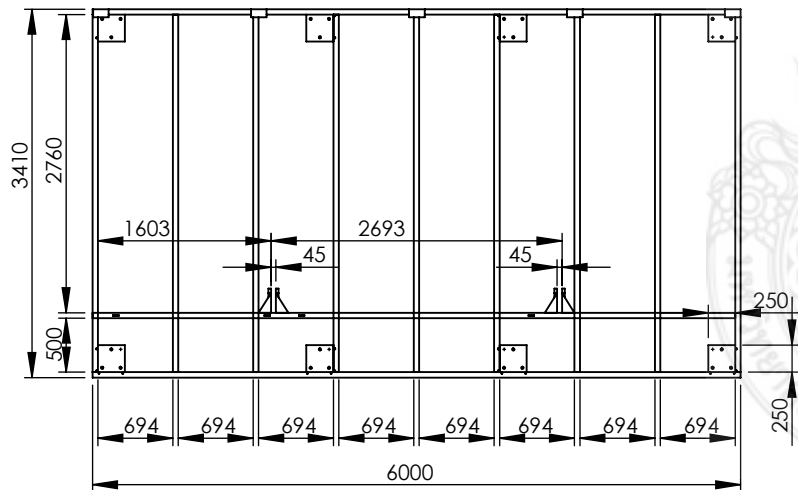
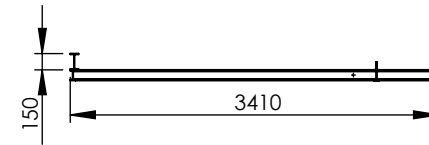
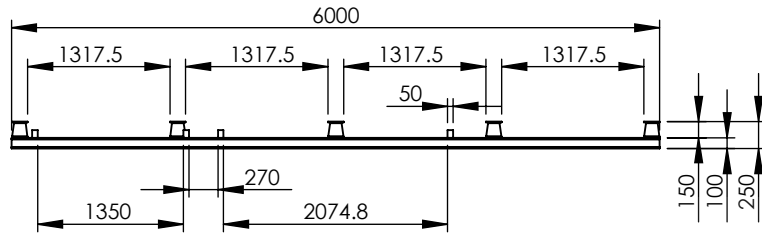


SCALE 1 : 60



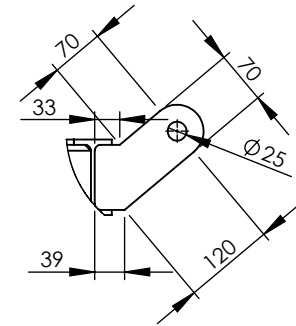
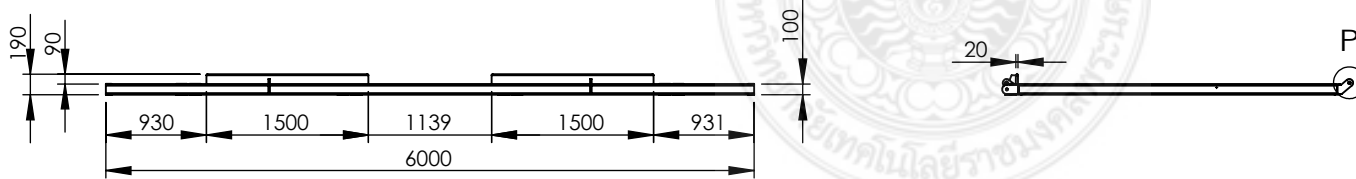
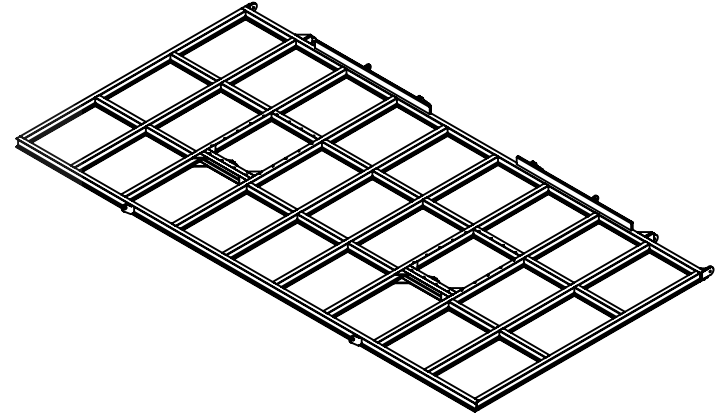
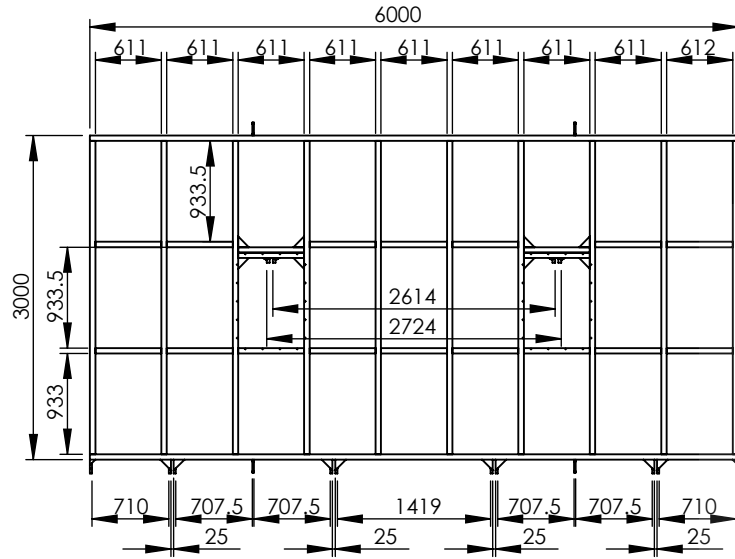
DETAIL N
SCALE 1 : 30

11	PLATE BASE STRUCTURE	6000x3410x3		ME - 04	1
10	PLATE TILTING PLATFORM	6000x3000x3		ME - 03	1
9	ELECTRIC MOTOR	-	-	-	1
8	HYDRAULIC ACCUMULATOR	-	-	-	1
7	PRESSURE CONTROL VALVE	-	-	-	1
6	HYDRAULIC PUMP	-	-	-	1
5	DOUBLE ACTING CYLINDER	L1400x ϕ 76	-	-	2
4	BELT TENSION POINT	150x140x12	AISI 1020 STEEL	ME - 02	1
3	SUPPORT WHEEL	1500x90x20	AISI 1020 STEEL	ME - 02	1
2	TILTING PLATFORM	6000x3000x100	AISI 1020 STEEL	ME - 02	1
1	BASE STRUCTURE	6000x3410x100	AISI 1020 STEEL	ME - 01	1
PART No.	PART NAME	DIMENSION	MATERIAL	DRAWING NO.	QTY.
DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY		
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON		
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE				
SCALE : 1:10	TITLE :			SHEET :	DATE
UNIT:mm.	A Center of Gravity Tester for Vehicles			3 OF 9	18 /09/2557

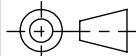


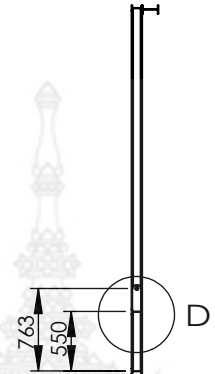
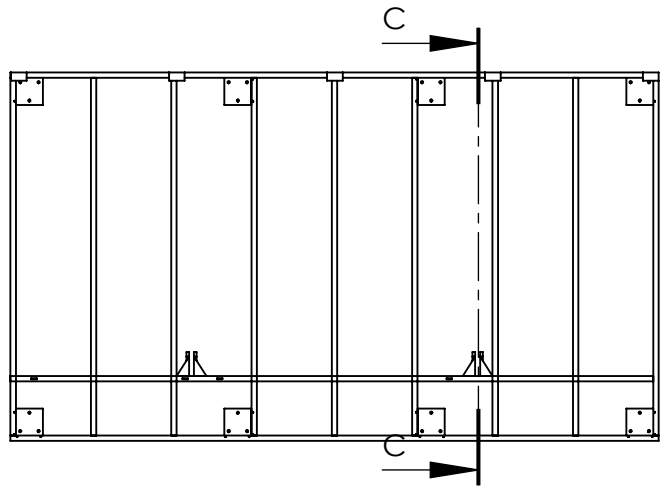
DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :	BASE STRUCTURE		SHEET :
UNIT:mm.			4 OF 9	DATE
				18 /09/2557

ME - 02

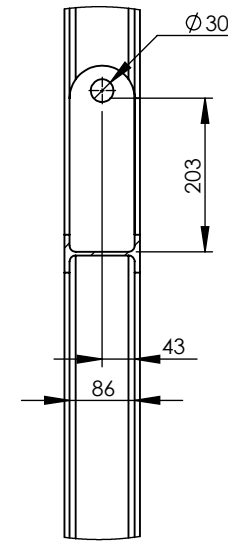


DETAIL P
SCALE 1 : 10

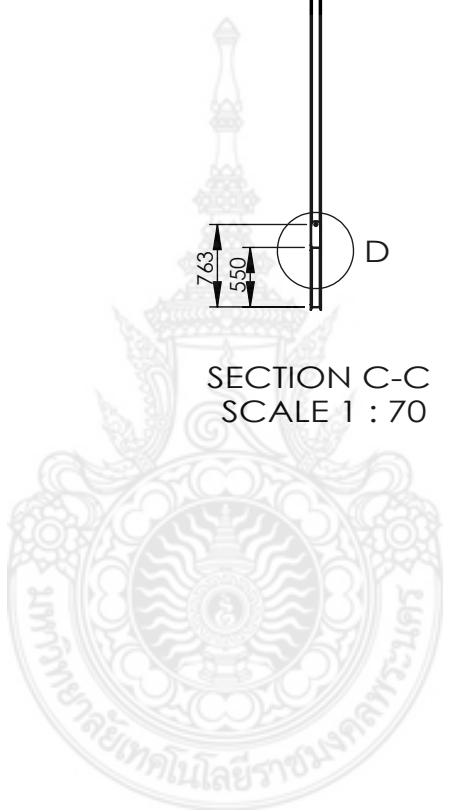
DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :			
UNIT:mm.		TILTING PLATFORM	 SHEET : 5 OF 9	DATE 18 /09/2557

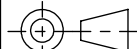


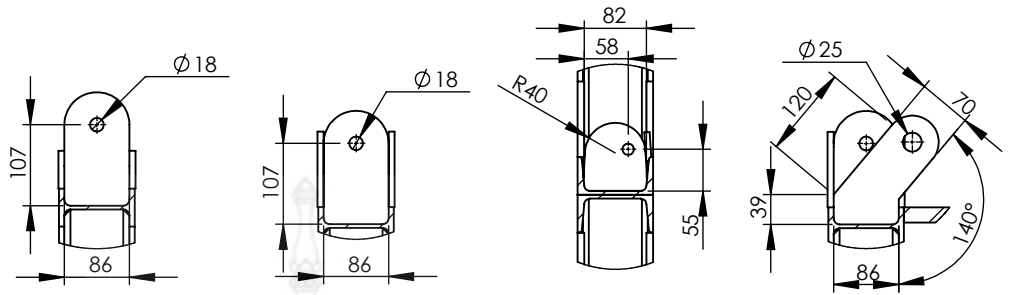
SECTION C-C
SCALE 1 : 70



DETAIL D
SCALE 1 : 10



DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :			
UNIT:mm.		BASE STRUCTURE		SHEET : 6 OF 9
				DATE 18 /09/2557

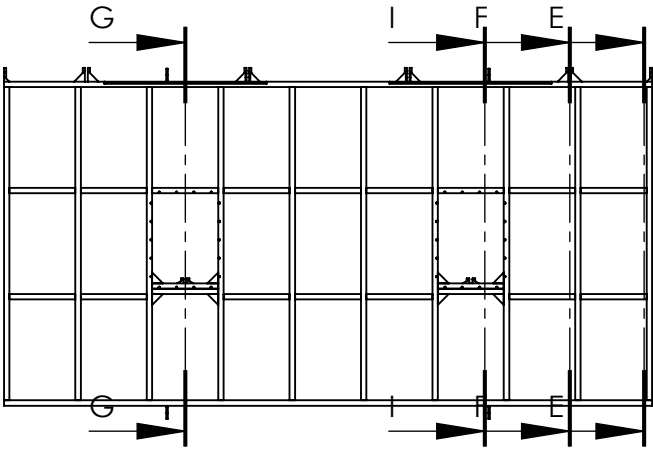


DETAIL J
SCALE 1 : 10

DETAIL K
SCALE 1 : 10

DETAIL L
SCALE 1 : 10

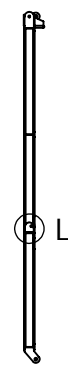
DETAIL M
SCALE 1 : 10



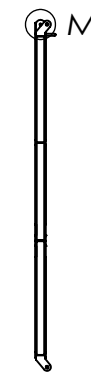
SECTION E-E
SCALE 1 : 70



SECTION F-F
SCALE 1 : 70

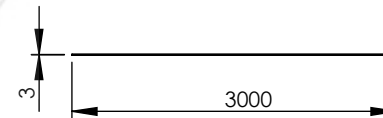
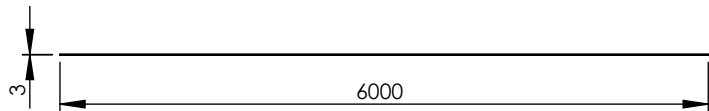
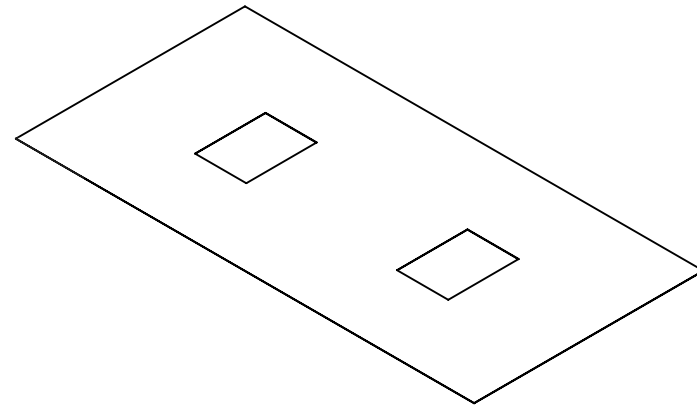
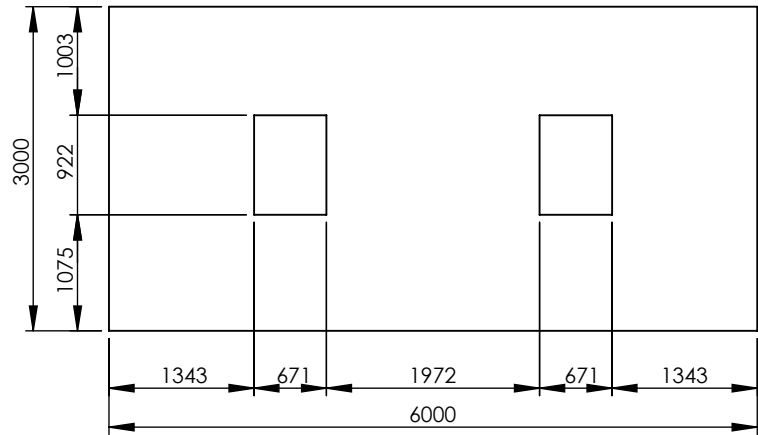


SECTION G-G
SCALE 1 : 70



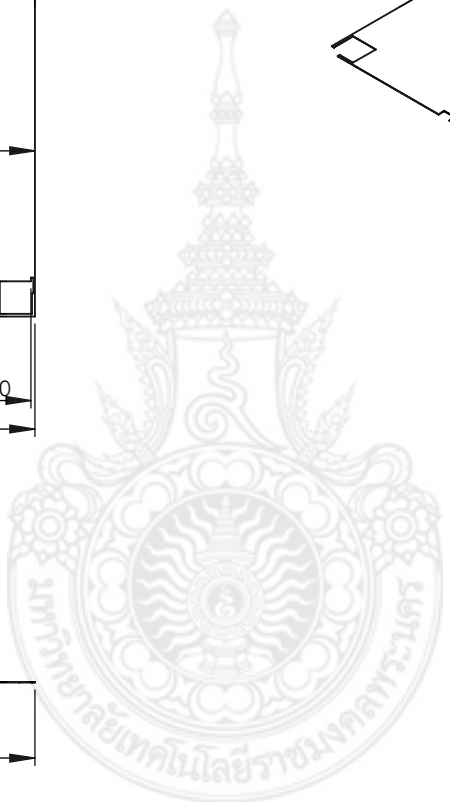
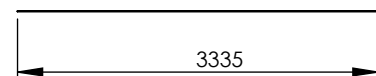
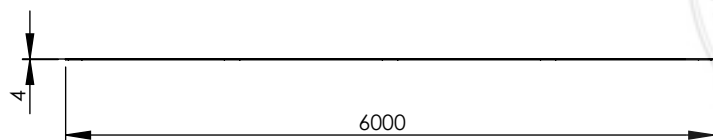
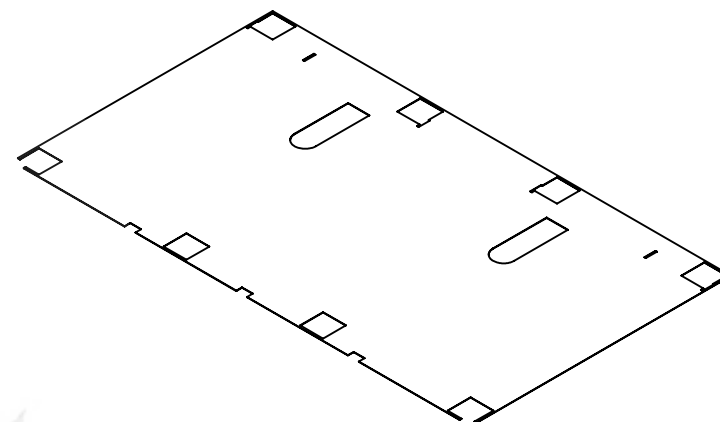
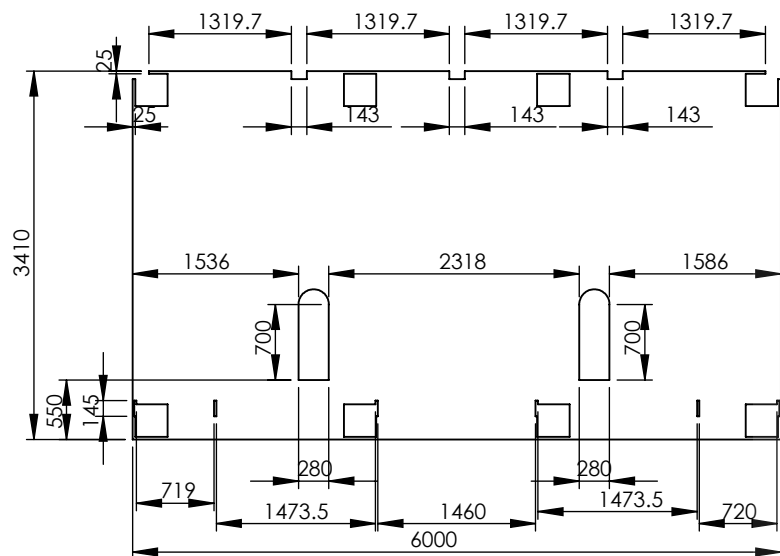
SECTION I-I
SCALE 1 : 70

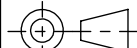
DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :			
UNIT:mm.	TILTING PLATFORM			SHEET : 7 OF 9
				DATE 18 /09/2557



DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :	PLATE TILTING PLATFORM		SHEET : 8 OF 9
UNIT:mm.				DATE 18 /09/2557

ME - 04



DRAWN	D. Nivat		RAJAMANGALA UNIVERSITY	
CHECKED	W. Kasem		OF TECHNOLOGY PHRA-NAKHON	
APPROVED	S. MONGKONLERDMANEE			
SCALE : 1:10	TITLE :			
UNIT:mm.	PLATE BASE STRUCTURE			SHEET : 9 OF 9
				DATE 18 /09/2557