สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบ และสร้าง ชุดวัดมุมล้อ

นาย คณุตม์ ชนะภัย
นาย ทวัฒน์พงษ์ ห้าวหาญ
นาย ธนัทเทพ จันทร์สว่าง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 121852
วัน,เดือน,ปี 23 ก.ค. 2555

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND FABRICATION OF WHEEL ALIGNMENT

Knut Chanapai

Thawatpong Howharn

Thanutthep Chansawang

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Bachelor Degree of Agricultural Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบ และสร้าง ชุดวัดมุมล้อ

DESIGN AND FABRICATION OF WHEEL ALIGNMENT

ผู้จัดทำ

1. นาย คณุตม์ ชนะภัย รหัสประจำตัว 50010168
2. นาย ทวัฒน์พงษ์ ห้าวหาญ รหัสประจำตัว 50010563
3. นาย ธนัทเทพ จันทร์สว่าง รหัสประจำตัว 50010637

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. วินัย กล้าจริง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ธีรพงศ์ ผลโพธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ และสร้าง ชุดวัดมุมล้อ

นายคณุตม์ ชนะภัย 50010168
นายทวัฒน์พงษ์ ห้าวหาญ 50010563
นายธนัทเทพ จันทร์สว่าง 50010637
รศ.ดร.วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างชุดวัดมุมล้อที่ใช้เป็นต้นแบบในการวัดและปรับตั้งมุมล้อ โดยชุดวัดมุมล้อนี้มีพื้นปรับระดับที่สามารถปรับระดับได้ เพื่อให้ล้อทั้งสองข้างเกิดความสมดุลและอยู่ในระนาบเดียวกัน ส่งผลให้การวัดและการปรับตั้งมุมล้อมีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งชุดวัดมุมล้อนี้สามารถวัดและปรับตั้งมุมล้อได้ 3 ประเภท คือ มุมแคมเบอร์ (Camber angle) มุมแคสเตอร์ (Caster angle) และมุมโท (Toe angle) สรุปผลจากการทดสอบชุดวัดมุมล้อ พบว่ามีความสามารถในการปรับตั้งมุมแคสเตอร์ได้ระยะ ± 8 mm. มุมแคมเบอร์ได้ระยะ ± 1 องศา มุมโทได้ระยะ ± 12 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Fabrication of Wheel Alignment

Knut Chanapai 50010168

Thawatpong Howharn 50010563

Thanutthep Junsawang 50010637

Assoc.Prof.Dr.Vinai Klajring Advisor

Teerapong Phonpo Advisor

2010

ABSTRACT

The objective of this study was to design and fabricate a model for front alignment. The floor of the model can be adjusted to a horizontal level. There are 3 types of wheel Alignment that can be measured and adjusted. Caster angle can be adjusted between the rang of ± 8 mm. The camber angle can be adjusted between the rang of ± 1 degree. The toe angle can be adjusted between the rang of ± 12 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร.วินัย กล้าจริง และอาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และสาขาภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้มีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอละลึกพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

คณุตม์ ชนะภัย

ทวัฒน์พงษ์ ห้าวหาญ

ธนัทเทพ จันทร์สว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
สารบัญ	ก
สารบัญแสดงรูปภาพ	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 มุมล้อหน้า	3
2.1.1 มุมแคมเบอร์	3
2.1.2 มุมเอียงของสลักล้อหน้า	7
2.1.3 รัศมีหมุนเลี้ยวและแกนหมุนเลี้ยว	9
2.1.4 มุมรวม	11
2.1.5 มุมแคสเตอร์	11
2.1.6 ระยะโทล้อหน้า	15
2.2 การตั้งศูนย์ล้อหน้า	19
2.3 เครื่องมือตั้งศูนย์ล้อ	19
2.3.1 ระดับน้ำ	19
2.3.2 แบบแสง	21
2.3.3 แบบอิเล็กทรอนิกส์	21
2.4 การปรับมุมล้อ	21
2.4.1 การปรับมุมแคสเตอร์	21
2.4.2 การปรับมุมแคมเบอร์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
2.4.3 วิธีการปรับมุมแคสเตอร์และมุมแคมเบอร์แบบต่างๆ	22
2.4.4 การปรับโทอิน	29
2.4.5 วิธีการปรับโทอินและตำแหน่งพวงมาลัย	30
2.4.6 การตรวจแก้ก่อนตั้งศูนย์ล้อ	31
2.4.7 เหตุผลที่จะต้องวัดและปรับมุมล้อตามลำดับขั้น	33
2.4.8 การปรับมุมล้อระบบรองรับแบบคานแข็ง	34
2.4.9 การปรับมุมล้อระบบรองรับแบบแม็คเฟอร์สัน	35
2.5 ทฤษฎีระบบช่วงล่าง	35
2.5.1 ช่วงล่าง	35
2.5.2 ระบบรองรับคืออะไร	36
2.5.3 หน้าที่ของระบบรองรับ	37
2.5.4 ระบบรองรับประกอบด้วย	37
2.5.5 ประเภทของระบบรองรับ	37
2.5.6 ชนิดและข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบช่วงล่าง	38
บทที่ 3 การออกแบบ	44
3.1 ปัจจัยที่จำเป็นต่อการพิจารณาออกแบบ	44
3.2 การออกแบบ	44
3.2.1 กำหนดขนาด	44
3.2.2 ออกแบบโดยใช้ solidwork	45
3.2.3 วิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้ cosmos	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 4 การสร้างและติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ	57
4.1 การทำโครงฐาน	57
4.2 พื้นระดับ	58
4.3 การประกอบชุดช่วงล่าง	59
4.4 อุปกรณ์วัดมุม	62
4.5 การติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน	63
บทที่ 5 การทดสอบ	65
5.1 หัวข้อการทดสอบ	65
5.2 อุปกรณ์การทดสอบ	65
5.3 การปรับมุมแคสเตอร์	65
5.4 การปรับมุมแคมเบอร์	66
5.5 การปรับมุมโท	67
5.6 ผลการทดสอบ	69
บทที่ 6 สรุป	73
6.1 สรุป	73
ภาคผนวก ก. ภาพโครงฐานชุดวัดมุมล้อ	74
ภาคผนวก ข. การ Simulation กับการ Apply Mesh Control	80
เอกสารอ้างอิง	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 มุมแคมเบอร์บวก 4

รูปที่ 2.2 มุมแคมเบอร์ลบ 4

รูปที่ 2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางกลิ้ง (Rolling diameter) 5

รูปที่ 2.4 รูปแบบของการสึกหรอของยางเนื่องมาจากมุมแคมเบอร์ 6

รูปที่ 2.5 มุมเอียงของสลักล้อหน้า ของปีกนกคู่และMc Pherson 7

รูปที่ 2.6 ลักษณะของมุมเอียงสลักล้อหน้า 8

รูปที่ 2.7 มุมเอียงแกนเลี้ยวล้อ 9

รูปที่ 2.8 รัศมีมุมเลี้ยว 10

รูปที่ 2.9 มุมรวม 11

รูปที่ 2.10 มุมแคสเตอร์ 12

รูปที่ 2.11 จุดนำและจุดพ่วง 13

รูปที่ 2.12 มุมแคสเตอร์บวก 14

รูปที่ 2.13 มุมแคสเตอร์ลบ 14

รูปที่ 2.14 มุมโท 16

รูปที่ 2.15 ลักษณะของมุมโท 17

รูปที่ 2.16 แสดงชุดเครื่องมือตั้งศูนย์ล้อแบบระดับน้ำ 20

รูปที่ 2.17 รูปซ้ายมือแสดงการหลักการปรับมุมแคสเตอร์ และขวามือหลักการปรับมุมแคมเบอร์ 22

รูปที่ 2.18 วิธีปรับมุมแบบใช้แผ่นจีมอยู่ระหว่างปีกนกบน และด้านนอกของโครงรถ 23

รูปที่ 2.19 วิธีปรับมุมแบบใช้แผ่นจีมอยู่ระหว่างปีกนกบน และด้านในของโครงรถ 23

รูปที่ 2.20 ลักษณะชุดปีกนกที่ปรับด้วยลูกเบี้ยวจานและสลัก 25

รูปที่ 2.21 วิธีประกอบปีกนกแบบปรับด้วยลูกเบี้ยวจานและสลัก 26

รูปที่ 2.22 หลักเกณฑ์การเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว 26

รูปที่ 2.23 การปรับโดยลูกเบี้ยวจาน 27

รูปที่ 2.24 การปรับโดยวิธีปรับเหล็กยันปีกนก ลูกเบี้ยวละสลัก 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.25 การปรับโดยวิธีเลื่อนแกนเพลา 29
รูปที่ 2.26 รายละเอียดการปรับแต่งโทอินและซี่พวงมาลัย 31
รูปที่ 2.27 การใช้ลิ่มสำหรับปรับมุมแคสเตอร์ของรถคานแข็ง 34
รูปที่ 2.28 ตำแหน่งการวางของปีกนก 39
รูปที่ 2.29 ระบบช่วงล่างแบบแม็คเฟอร์สันสตัท (MacPherson strut) 40
รูปที่ 2.30 ระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์ (Multi-link) 41
รูปที่ 2.31 ระบบช่วงล่างชนิดเทรลลิ่งอาร์ม(Trailing arm) 42
รูปที่ 2.32 ระบบช่วงล่างแบบคานแข็ง (Rigid axles suspension) 43
รูปที่ 3.1 การหาจุด Center of mass ของโต๊ะ 46
รูปที่ 3.2 การหาจุด Center of mass ของพื้นระดับ 47
รูปที่ 3.3 แสดงความเค้นวอนมิสของโครงโต๊ะ 48
รูปที่ 3.4 ค่า Factor of safety ของโครงโต๊ะ 49
รูปที่ 3.5 แสดงความเค้นวอนมิสของพื้นระดับ 50
รูปที่ 3.6 ค่า Factor of safety ของพื้นระดับ 51
รูปที่ 3.7 แสดงความเค้นวอนมิสของคาน 52
รูปที่ 3.8 ค่า Factor of safety ของคาน 53
รูปที่ 3.9 ตารางแสดงผลการ Simulation 54
รูปที่ 3.10 แสดงแบบจำลองโครงฐานพร้อมพื้นระดับและชุดช่วงล่าง 55
รูปที่ 3.11 แสดงแบบจำลองชุดวัดมุมล้อเมื่อประกอบเสร็จ 56
รูปที่ 4.1 การเชื่อมโครงโต๊ะ 57
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของโต๊ะที่ใช้รองรับชุดช่วงล่าง 58
รูปที่ 4.3 พื้นระดับทั้งสองข้าง 58
รูปที่ 4.4 คานหลักและปีกนก 59
รูปที่ 4.5 คอม้าและดุมล้อ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 4.6 ชุดโช๊คอัพ 60
รูปที่ 4.7 ชุดบังคับเลี้ยว 60
รูปที่ 4.8 หนวดกุ้ง 61
รูปที่ 4.9 ชุดช่วงล่างที่ประกอบเพื่อรอการติดตั้ง 61
รูปที่ 4.10 แสดงอุปกรณ์การวัดที่ใช้ 62
รูปที่ 4.11 แสดงการติดตั้งชุดช่วงล่างเข้ากับโครงฐาน 63
รูปที่ 4.12 แสดงการติดตั้งชุดวัดเข้ากับตัวจับล้อ 63
รูปที่ 4.13 แสดงชุดวัดมุมล้อที่เสร็จสมบูรณ์ 64
รูปที่ 5.1 จุดปรับมุมแคสเตอร์ 65
รูปที่ 5.2 จุดปรับมุมแคมเบอร์ 66
รูปที่ 5.3 จุดปรับมุมโท 67
รูปที่ 5.3 แสดงจุดที่ทำการวัดและอ่านค่า 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 5.1 การทดสอบการปรับระยะแขนแร็คเพื่อหามุมที่เปลี่ยนแปลงไป 70

ตารางที่ 5.2 สรุปค่ามุมที่ได้จากการปรับระยะแขนแร็ค 71

ตารางที่ 5.3 การทดสอบการปรับระยะหนวกกุ้งเพื่อหามุมที่เปลี่ยนแปลงไป 72

ตารางที่ 5.4 สรุปค่ามุมที่ได้จากการปรับระยะหนวดกุ้ง 73

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันรถยนต์ได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตของเราแทบทุกวัน โดยเฉพาะการคมนาคมทางบก ที่เต็มไปด้วยรถยนต์หลากหลายค่ายหลากหลายยี่ห้อ ที่แต่ละบริษัทผลิตออกจำหน่ายสู่ท้องตลาด เพื่อตอบสนองให้ทันต่อความต้องการของผู้ใช้รถใช้ถนน ด้วยเทคโนโลยีต่างๆที่ทันสมัยมากขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรถยนต์ ไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วน อุปกรณ์ และระบบต่างๆหลายระบบในรถยนต์ เช่น ระบบเบรก ระบบบังคับเลี้ยว ระบบระบายความร้อน และระบบส่งถ่ายกำลัง เป็นต้น ซึ่งแต่ละระบบมีความสำคัญต่อรถยนต์ และการขับขี่ แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับต้นๆนั้นคือการดูแลรักษารถยนต์ให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัย และพร้อมใช้งานอยู่เสมอ สิ่งทั้งหลายเหล่านี้จะส่งผลต่อสมรรถนะของรถโดยตรง จึงได้สนใจและศึกษาเกี่ยวกับเรื่องมุมล้อ ซึ่งมุมล้อมีความสำคัญและส่งผลอย่างมากต่อสมรรถนะของช่วงล่างและการบังคับรถยนต์ จึงได้จัดทำชุดวัดมุมล้อ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาตลอดจนผู้ที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องมุมล้อและการปรับตั้งมุมล้อ โดยชุดวัดมุมล้อนี้ จะช่วยให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น ในเรื่องของการปรับมุมล้อทำให้ง่ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของช่วงล่างรถยนต์

1.2.2 เพื่อออกแบบ สร้าง ทดสอบ และหาประสิทธิภาพการทำงานของชุดวัดมุมล้อ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ออกแบบและสร้างชุดวัดมุมล้อ

1.3.2 ใช้ระบบรองรับแบบแม็คเฟอร์สัน (MacPherson strut) จากรถยนต์ที่ใช้อยู่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบและสร้างชุดวัดมุมล้อ จะแบ่งรูปแบบและหัวข้อของการออกแบบเป็นขั้นตอนย่อยๆดังนี้

1.4.1 ศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับระบบช่วงล่าง

1.4.2 ออกแบบชุดวัดมุมล้อ

1.4.3 สร้างชุดวัดมุมล้อ และประกอบกับระบบช่วงล่าง

1.4.4 ทำการทดสอบการวัดมุมล้อ

1.4.5 สรุปผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 มุมล้อหน้า

การจัดตั้งมุมล้อหน้า(Wheel alignment) มีผลทำให้การขับเลี้ยวง่าย การขับเลี้ยวทรงตัวได้ดี รถมีคุณภาพในการขับขี่ และมีผลต่ออายุการใช้งานของยางด้วย มุมต่างๆจะเปลี่ยนไปตามระบบแขวนล้อ การเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวรถเมื่อเปรียบเทียบกับล้อ น้ำหนักบรรทุกและความเร็วของรถด้วยแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นเมื่อรถเข้าทางโค้ง มุมล้อหน้าคือ มุมที่เปรียบเทียบหรือสัมพันธ์กันของล้อหน้า และล้อหน้าที่จุดสัมผัสกับผิวถนนกับพื้นถนน มุมต่างๆของล้อหน้ารถยนต์แบ่งออกหลายอย่างคือ มุมแคมเบอร์ การเอียงสลักล้อหน้า มุมแคสเตอร์ มุมโท และมุมล้อของรถยนต์ มุมต่างๆเหล่านี้จะสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ถ้ามุมหนึ่งมุมใดเปลี่ยนไปก็จะทำให้มุมอื่นๆผิดพลาดตามไปด้วย โดยโครงงานนี้ได้ทำการศึกษามุมล้อ 3 มุมด้วยกันคือ มุมแคมเบอร์ มุมแคสเตอร์ และมุมโท [5]

2.1.1 มุมแคมเบอร์ (Camber angle)

รถยนต์ส่วนมากเมื่อยืนมองจากด้านหน้ารถเข้าไป จะเห็นว่าล้อหน้าของรถเอียงเข้าหากันและกันหรือเอียงออกจากกันและกัน การเอียงของล้อรถ เรียกว่า แคมเบอร์ การวัดการเอียงของล้อนั้นวัดเป็นมุมซึ่งเรียกว่า มุมแคมเบอร์ (Camber angle) อันมีหน่วยวัดเป็นองศา มุมแคมเบอร์เป็นมุมระหว่างเส้นศูนย์กลางของดอกยางล้อรถตัดกับเส้นดิ่งบนพื้นผิวถนน โดยวิศวกรผู้ออกแบบรถยนต์จะเป็นผู้ออกแบบว่าจะให้มุมแคมเบอร์มีค่าบวกหรือลบ[5]

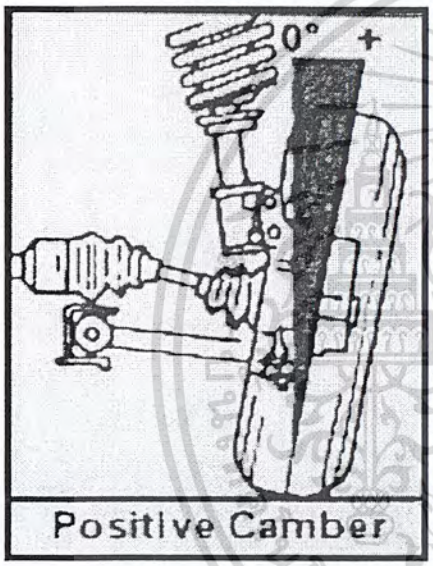
(1) ชิ้นส่วนที่ทำให้เกิดมุมแคมเบอร์

การเอียงของล้อหน้าทำได้โดยการเอียงเพลาล้อหน้า (Wheel spindle) ในรถยนต์ที่ใช้ระบบคานหน้าเป็นคานแข็งจะไม่มีการออกแบบจัดเตรียมเพื่อการปรับตั้งมุมแคมเบอร์ไว้ เพราะฉะนั้นถ้าเกิดว่ามุมแคมเบอร์เกิดดารผิดพลาดขึ้น แสดงว่าเกิดการชำรุดหรือสึกหรอขึ้นที่ชิ้นส่วนดังต่อไปนี้คือ คานหน้าคด ข้อเลี้ยวหน้าคด เพลาล้อคด บูชสลักล้อหน้าหลวมคลอน ส่วนในกรณีที่ระบบช่วงล่างเป็นแบบชนิดอิสระต่อกัน จะมีการออกแบบจัดเตรียมเพื่อการปรับตั้งมุมแคมเบอร์ไว้ โดยการออกแบบชิ้นส่วนที่จะปรับตั้งระยะของปีกนกตัวบนหรือตัวล่างของรถโดยการใช้ลูกเบี้ยว แผ่นชิม หรือร่องสกรูยึด เป็นต้น [4]

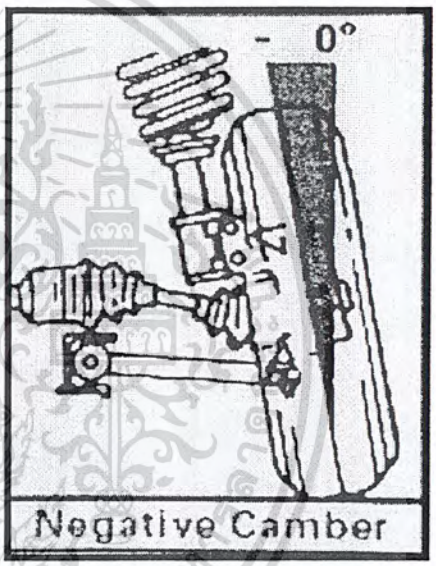
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2)ลักษณะของมุมแคมเบอร์

สำหรับรถยนต์ส่วนมากในปัจจุบันและกฎเกณฑ์โดยทั่วไป การปรับตั้งมุมแคมเบอร์หรือโดยทั่วไปเรียกแต่เพียงว่าแคมเบอร์ ของล้อหน้าทั้งสองจาก 0° ถึง 0.5° ซึ่งถ้าแคมเบอร์ของรถได้ปรับตั้งถูกต้องตามนี้หรือถูกต้องตามที่บริษัทผลิตรถยนต์กำหนดไว้ ยางรถจะได้รับการรักษาให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ลักษณะมุมแคมเบอร์มีอยู่ 3 ลักษณะ คือ มุมแคมเบอร์เป็นศูนย์ แคมเบอร์เป็นบวก (Positive camber) และแคมเบอร์เป็นลบ (Negative camber) ตามรูป [4]



รูปที่ 2.1 มุมแคมเบอร์บวก



รูปที่ 2.2 มุมแคมเบอร์ลบ

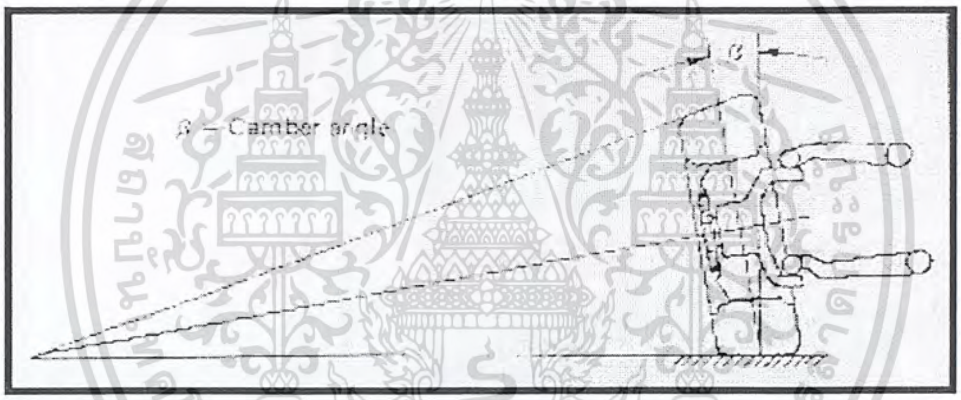
(3) ผลของมุมแคมเบอร์ขณะรถแล่นตรง

นอกจากมุมแคมเบอร์ของล้อหน้าทั้งสองจะทำงานสัมพันธ์ซึ่งกันและกันแล้ว ก็ยังจะต้องทำงานสัมพันธ์กับมุมอื่นๆของล้อมันเองด้วย ดังนั้นมุมแคมเบอร์จึงต้องได้รับการปรับตั้งอย่างถูกต้อง แต่ถ้าไม่ถูกต้องจะมีผลดังนี้คือ พวงมาลัยดึง ยางสึกหรอเร็วและลูกปืนล้อหรือลูกหมากคันส่งสึกหรอเร็ว [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.พวงมาลัยดึงหรือรถแล่นเฉจากทิศทางตรง

การเอียงของล้อในขณะที่รถแล่นจะมีผลต่อการกลิ้งของล้อรถที่กลิ้งไปบนผิวถนน เพราะถ้าล้อเกิดการเอียงทำให้ยางรถอ่อนตัวมีผลให้ขนาดของยางมีรัศมีที่ไม่เท่ากันตลอกทั้งหน้ายาง ดังนั้นผลของเส้นผ่านศูนย์กลางกลิ้ง(Rolling diameter) ของล้อในแต่ละจุดที่มีขนาดไม่เท่ากันเกิดการกลิ้งไปในลักษณะของกรวย คือการหมุนของกรวยจะกลิ้งไปเป็นวงกลมรอบจุดยอดของกรวย ในทำนองเดียวกันการเอียงของล้อจะทำให้ล้อหมุนกลิ้งไปในทิศทางที่ไม่ตรงกับทิศทางตรงของรถ ยิ่งล้อรถมีมุมแคมเบอร์มากขึ้นเท่าใดหรือมีมุมแคมเบอร์โตเกินไป จะทำให้ล้อเกิดการดึงออกจากทิศทางตรงมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นถ้าล้อหน้าทั้งสองของรถมีมุมแคมเบอร์ไม่เท่ากัน ล้อที่มีมุมแคมเบอร์มากกว่าจะดึงให้รถยนต์เฉไปทางด้านนั้น ทำให้คนขับรถจะต้องดึงพวงมาลัยเพื่อให้รถแล่นตรงตลอดเวลาหรือถ้าปล่อยมือจากพวงมาลัยรถยนต์จะต้องเฉไปทางด้านล้อหน้าที่มีมุมแคมเบอร์มากกว่าสมอ [4]

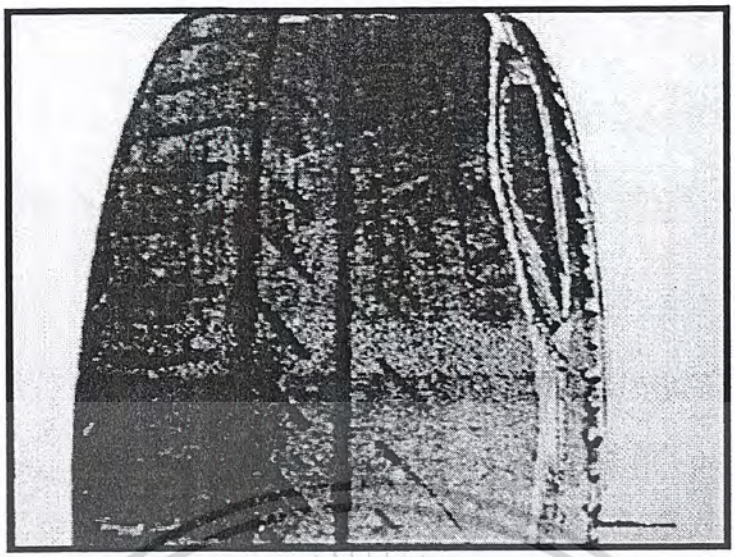


รูปที่ 2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางกลิ้ง (Rolling diameter)

ข.ยางสึกหรอเร็วผิดปรกติ

ผลอีกอย่างหนึ่งจากการที่ล้อรถยนต์มีมุมแคมเบอร์โตเกินไป จะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางกลิ้งของล้อรถ ณ จุดที่ดอกยางสัมผัสกับผิวถนนต่างกันมาก เช่น ถ้าล้อรถมีมุมแคมเบอร์บวกมากเกินไป ดอกยางด้านในจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางกลิ้งโตกว่าดอกยางด้านนอก เป็นผลให้ความเร็วขอบที่จุดสัมผัสของดอกยางมีความเร็วขอบไม่เท่ากัน แต่ดอกยางทั้งด้านนอกและด้านในอยู่ในล้ออันเดียวกันที่จะหมุนไปด้วยความเร็วขอบที่เท่ากัน ในทิศทางตรง ดังนั้นดอกยางด้านนอกซึ่งเล็กกว่าจะต้องพยายามที่จะกลิ้งเร็วกว่า อันเป็นสาเหตุให้ดอกยางส่วนนี้กลิ้งไปบนผิวถนนโดยการลื่นไถลไปหรือถูไป ทำให้ขอบดอกยางด้านนอกสึกเร็วกว่าด้านใน ในทางตรงข้ามถ้ามุมแคมเบอร์เป็นลบมากเกินไป ขอบดอกยางด้านในจะสึกหรอเร็วมากกว่าด้านนอก [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 รูปแบบของการสึกหรอของยางเนื่องมาจากมุมแคมเบอร์

ค.ลูกปืนและลูกหมากคันส่งสึกหรอเร็วผิดปรกติ

จากการที่ล้อรถยนต์มีมุมแคมเบอร์โตเกินกว่าปรกติ ทำให้ล้อกลิ้งไปในทิศทางที่โค้งออกจากแนวตรงจึงมีผลให้ลูกหมากคันส่งต้องรับแรงที่จะต้องบังคับล้อสูงขึ้นกว่าปรกติ จึงทำให้ลูกหมากเกิดการสึกหรอเร็วยิ่งขึ้น พร้อมกันนั้นการที่ล้อเอียงเกินปรกติทำให้ลูกปืนล้อต้องรับแรงไม่ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้จึงมีโอกาสสึกหรอเร็วขึ้นด้วย [4]

(4) ผลของมุมแคมเบอร์ขณะรถแล่นบนทางเอียง

จากการที่ถนนรถยนต์ได้รับการออกแบบสร้างให้เอียงลาดเป็นหลังเต่าเพื่อให้น้ำที่เกิดจากฝนซึ่งตกลงบนถนน สามารถไหลออกจากพื้นถนนโดยเร็ว ดังนั้นจึงมีผลหลายอย่างต่อรถยนต์ที่แล่นไปบนทางลาดเอียง เช่น จุดศูนย์ถ่วงของรถจะเลื่อนตำแหน่งไปยังด้านเอียงของถนน เป็นผลให้ตัวรถยนต์เอียงมากยิ่งขึ้น ทำให้ล้อหน้าของรถถูกดึงให้ล้อบิดเบี้ยวไปทางที่ลาดเอียงนั้น คนขับรถจะต้องใช้มือที่จับพวงมาลัยดึงต้านไว้เพื่อให้รถแล่นตรงไปด้านหน้า ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวในประเทศที่มีการจราจรขับรถชิดซ้าย เช่น ประเทศไทย มุมแคมเบอร์ของล้อหน้าขวาจะต้องตั้งให้เป็นบวกมากกว่าล้อหน้าซ้าย 0.25 องศา เพื่อเป็นการต้านกับการเอียงของพื้นผิวถนนและทำให้รถแล่นตรงไปข้างหน้า [4]

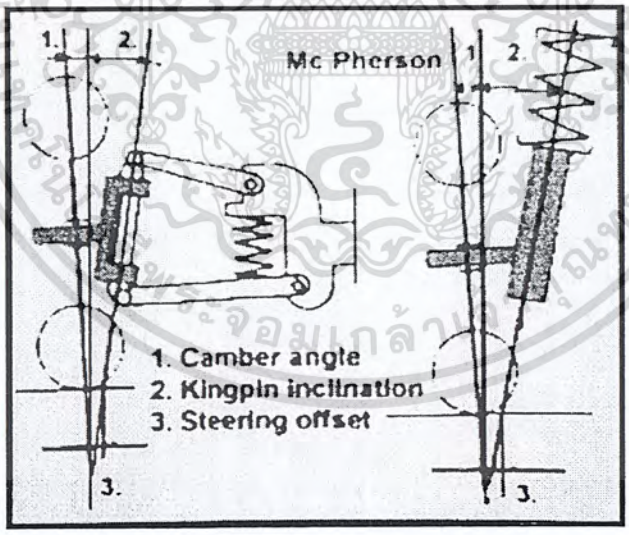
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ผลของมุมแคมเบอร์ขณะรถแล่นบนทางโค้ง

เมื่อรถยนต์แล่นบนทางโค้งด้วยความเร็วสูง จุดศูนย์ถ่วงของรถจะเลื่อนไปทางล้อด้านนอกของรถ รถยนต์ส่วนมากจะเกิดการเอียงของตัวรถขึ้น คือตัวรถด้านนอกของทางโค้งจะเอียงต่ำลง ทำให้ล้อด้านนอกมีมุมแคมเบอร์โตขึ้น (เมื่อเทียบกับตัวรถยนต์) และขณะเดียวกันล้อด้านในก็จะเกิดมุมแคมเบอร์เป็นลบ (เมื่อเทียบกับตัวรถยนต์) อันเป็นผลให้ล้อหน้าพยายามกลิ้งออกนอกทางโค้ง หรือทำให้ตัวรถเกิดแหกโค้งได้ง่ายขึ้น [4]

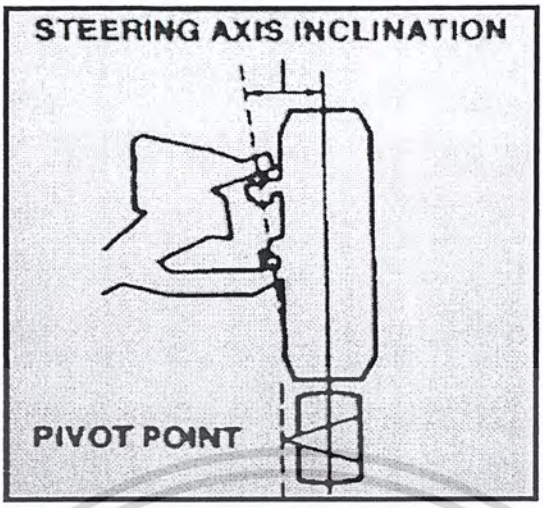
2.1.2 มุมเอียงของสลักล้อหน้า (King pin)

มุมเอียงของสลักล้อหน้า (King pin) คือมุมที่สลักล้อหน้าหรือแนวศูนย์กลางของลูกหมากเอียงออกจากแนวดิ่งเข้าไปข้างใน มุมเอียงของสลักล้อหน้าจะร่วมกับมุมแคสเตอร์ช่วยทำให้เกิดเสถียรภาพในการบังคับทิศทาง มุมเอียงสลักล้อหน้ากับมุมแคสเตอร์จะร่วมกันทำให้จุดศูนย์กลางการของยางงอทำให้ยู่บนถนนและทำให้แรงดันขึ้นข้างบนที่กระทำกับแกนล้อ (Stub axle) ใกล้เคียงกับจุดศูนย์กลางของสลักล้อหน้ามาก ผลรวมของมุมแคมเบอร์กับมุมเอียงของสลักล้อหน้าเรียกว่า มุมรวม (Included angle) มุมเอียงของสลักล้อหน้าของรถยนต์สมัยใหม่มีค่าอยู่ระหว่าง 4ถึง 8 องศา [5]



รูปที่ 2.5 มุมเอียงของสลักล้อหน้า ของปีกนกคู่และMc Pherson

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ลักษณะของมุมเอียงสลักล้อหน้า

(1) วัตถุประสงค์ของการจัดมุมเอียงสลักล้อหน้า

ก.ลดความต้องการมุมแคมเบอร์มากเกินไป

จากการที่มุมแคมเบอร์มากเกินไป จะมีผลเสียต่อการสึกหรอของดอกยางรถยนต์ และการหมุนในลักษณะของกรวยของล้อทำให้แล่นไปในแนวทางโค้งซึ่งเป็นผลให้เกิดแรงดึงพวงมาลัย อันเป็นผลเสียของมุมแคมเบอร์ที่มากเกินไป ดังนั้นเมื่อทำการเอียงแกนเลี้ยวล้อแล้วก็ไม่จำเป็นต้องมีความต้องการที่จะออกแบบให้มีมุมแคมเบอร์มากๆ [4]

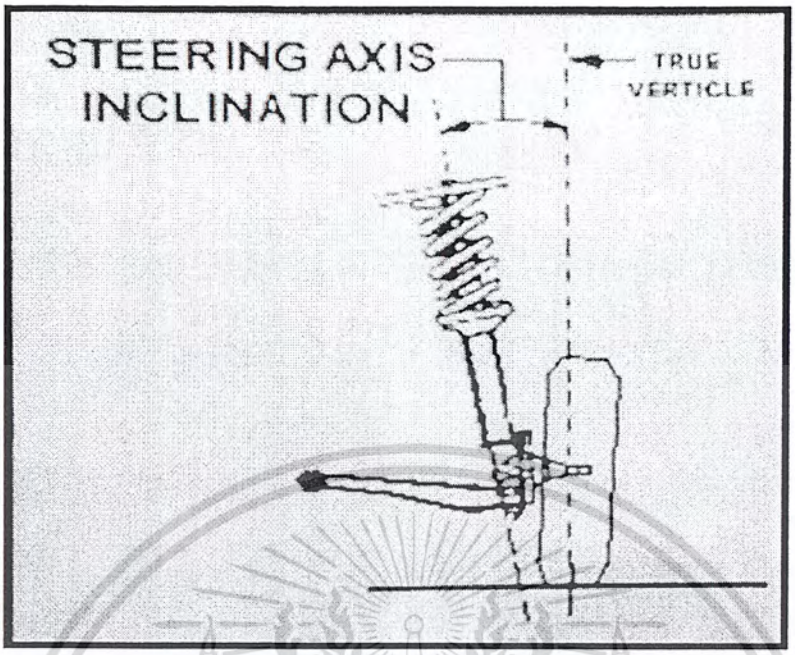
ข.กระจายน้ำหนักรถที่ตกบนพื้นถนนให้ใกล้จุดศูนย์กลางของผิวสัมผัสของยางกับผิวถนน

จากการที่สามารถลดมุมแคมเบอร์ลงหรือทำให้มุมแคมเบอร์เป็นศูนย์ได้นั้น ทำให้ยางรถยนต์ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง ดอกยางก็จะสัมผัสอย่างเต็มหน้ากับผิวถนน ดังนั้นจุดรวมของน้ำหนักของรถที่ดอกยางสัมผัสกับผิวถนนจะกระจายอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของดอกยางหรือใกล้จุดศูนย์กลางมากที่สุด [4]

(2) ชิ้นส่วนที่ทำให้เกิดมุมเอียงสลักล้อหน้า

เส้นศูนย์กลางของสลักล้อหน้าหรือเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของลูกหมากปีกนกทั้งตัวบนและตัวล่าง เรียกว่า แกนเลี้ยวล้อ เพราะเป็นเส้นแกนอันเป็นจุดหมุนของล้อขณะที่บิดเลี้ยวเพื่อการบังคับเลี้ยว [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



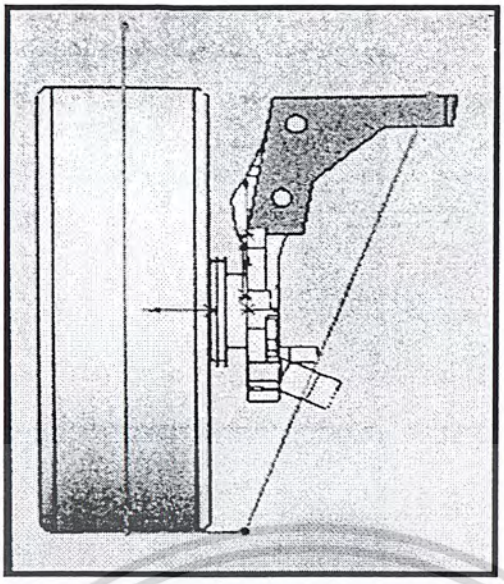
รูปที่ 2.7 มุมเอียงแกนเลี้ยวล้อ

2.1.3 รัศมีหมุนเลี้ยวและแกนหมุนเลี้ยว

(1) รัศมีหมุนเลี้ยว (Srcub radius)

รัศมีหมุนเลี้ยว คือ ระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางยางสัมผัสถึงเส้นศูนย์กลางแกนหมุนเลี้ยวที่ลากมาสัมผัสพื้นนั้น ถ้ารัศมีหมุนเลี้ยวยิ่งยาวแขนของแรงหมุนเลี้ยวจะยิ่งยาวขึ้น แรงที่กดที่จุดสัมผัสแกนบังคับเลี้ยวกับหัวคานจะมาก บังคับเลี้ยวหนัก ล้อที่มีมุมแคมเบอร์ลบ รัศมีหมุนเลี้ยวจะสั้น บังคับเลี้ยวได้เบา [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 รัศมีมุมเลี้ยว

(2) หน้าที่ของรัศมีหมุนเลี้ยว

รัศมีหมุนเลี้ยวจะมีหน้าที่คือ

- ลดแรงบังคับเลี้ยวลง
- เพื่อป้องกันล้อสั่น
- ให้รถเคลื่อนที่คงทิศทางตรง

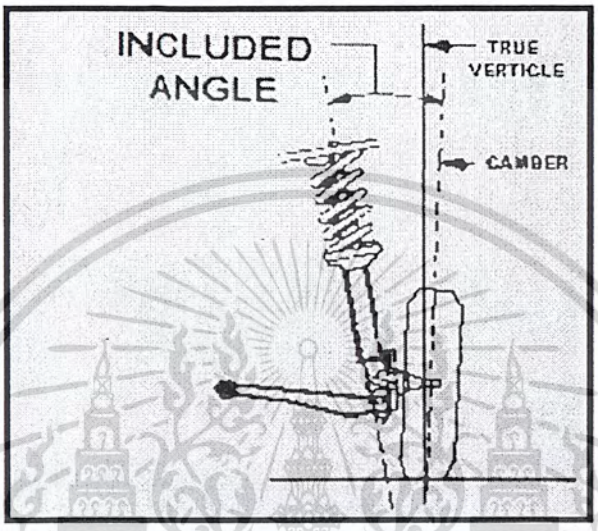
รัศมีหมุนเลี้ยว บวก ทำให้ขับขี่คงทิศทางตรง ทำได้ยากเพราะเกิดแรงที่กระทำล้อด้านในส่งผลกระทบเช่นเดียวกับ มุมโทเอาท์ชั่วขณะ ทำให้รถส่าย ควบคุมพวงมาลัยได้ยาก หากประสิทธิภาพเบรกทุกล้อไม่เท่ากัน เบรกจะปัด จะมีผลกระทบต่อระบบบังคับเลี้ยว เพราะแขนของแรงยาว เมื่อแรงกระทำรถจะลื่นไถลได้ง่าย

รัศมีหมุนเลี้ยว ลบ ทำให้การขับขี่มีแรงเสียดทานมากระทำที่ยางทางด้านนอก ส่งผลให้ล้อเกิดโมเมนต์ ทำให้ล้อส่งผลกระทบเช่นเดียวกับการเกิดมุมโทอิน ทำให้ยางสึกทางนอก รัศมีมุมเลี้ยวลบยังทำให้เกิดความมั่นคงในการวิ่งทางตรง รัศมีหมุนเลี้ยว ศูนย์ ไม่ส่งผลใดๆต่อระบบเลี้ยว ทำให้ไม่เกิดแรงกระทำที่ยาง ทำให้ยางสึกหรอเท่ากันหน้ายางสัมผัสกับพื้นถนนได้มาก ซึ่งเป็นความต้องการในปัจจุบัน เพราะเพื่อเสถียรภาพในการขับขี่ เช่น ในกรณีที่ยางระเบิด จะไม่เกิดโมเมนต์ที่กระทำต่อล้อ ทำให้รถไม่มีการปัด [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 มุมรวม (Included angle)

มุมรวมเป็นผลรวมของมุมแคมเบอร์กับมุมเอียงแกนเลี้ยวล้อ รถยนต์ที่มีมุมแคมเบอร์เป็นบวกจะมีมุมรวมโตกว่ามุมเอียงแกนเลี้ยวล้อ แต่ในกรณีที่รถยนต์ออกแบบให้มุมแคมเบอร์เป็นลบจะมีค่ามุมรวมเล็กกว่ามุมเอียงเล็กน้อย [5]



รูปที่ 2.9 มุมรวม

2.1.5 มุมแคสเตอร์ (Caster angle)

เมื่อมองจากด้านข้างของรถยนต์เข้าไปที่ล้อหน้าแกนเลี้ยวล้อจะเอียงจากแนวดิ่งโดยปลายบนของแกนเลี้ยวล้อจะเอียงไปทางด้านหน้าหรือทางด้านหลังของตัวรถ ลักษณะการเอียงของแกนเลี้ยวล้อนี้ทำให้เกิดมุมแคสเตอร์ขึ้น โดยมุมแคสเตอร์คือมุมระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางล้อที่ตั้งในแนวดิ่งตัดกับเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนเลี้ยวล้อ [5]

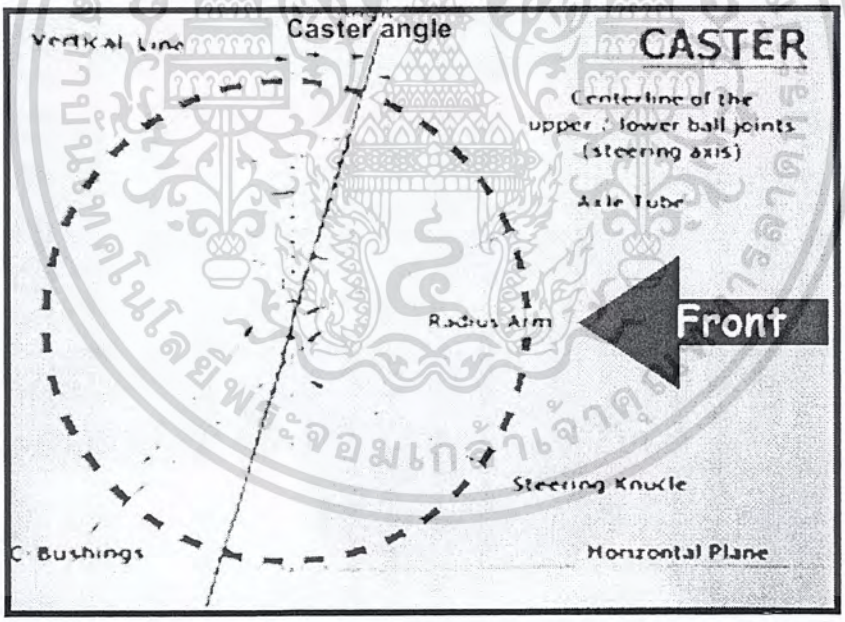
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ชิ้นส่วนที่ทำให้เกิดมุมแคสเตอร์

รถยนต์ในปัจจุบันได้รับการออกแบบสร้างจากบริษัทผู้ผลิต โดยใช้เครื่องมือกลพิเศษที่ออกแบบเฉพาะแต่ละงานหรือชิ้นส่วนและข้อเลี้ยวล้อ (Steering knuckle) ซึ่งทำขึ้นโดยวิธีกดขึ้นรูป (Forging) แล้วจึงนำไปผ่านเครื่องมือกล ดังนั้นในการออกแบบติดตั้งตัวยึดข้อเลี้ยวล้อและเพลาล้อหน้าเข้ากับคานหน้าโดยใช้สลักล้อหน้าหรือลูกหมากปีกนก จึงสามารถทำได้เที่ยงตรง เพราะมีเครื่องมือกลและเครื่องมือวัดที่ทันสมัย ในรถยนต์ที่ใช้ปีกนกการยึดติดปีกนกเข้ากับคานหน้าก็สามารถปรับตั้งตำแหน่งเพื่อปรับมุมแคมเบอร์ได้ ถ้าไม่อยู่ที่ปีกนกตัวบนก็จะอยู่ที่ปีกนกตัวล่างตัวใดตัวหนึ่ง ในการปรับตำแหน่งของปีกนกอาจจะใช้แผ่นชิมรอง ลูกเบี้ยวหรือหนวดกุ้ง (Strut rod) ยึดปีกนกตัวล่าง ส่วนในรถยนต์ที่คานหน้าเป็นแบบคานแข็งก็มีลิ่มรองอยู่ใต้แผ่นแหนบ [4]

(2) ลักษณะของมุมแคสเตอร์

มุมแคสเตอร์มีลักษณะเป็นทั้งบวก ลบ และศูนย์ ขึ้นอยู่กับการออกแบบรถ ที่จะใช้ตามลักษณะหรือแบบของรถ เช่น รถยนต์นั่งขนาดเล็ก รถยนต์นั่งมีระบบพวงมาลัยกำลัง หรือรถบรรทุก เป็นต้น

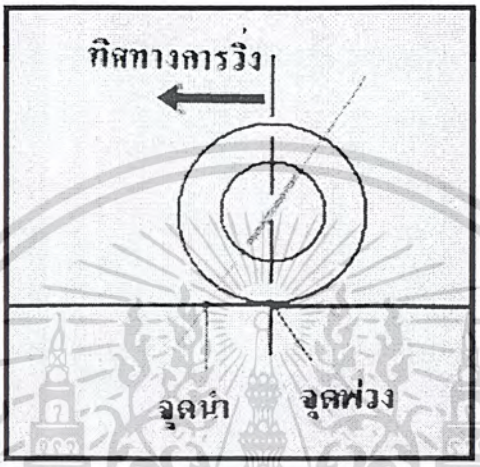


รูปที่ 2.10 มุมแคสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.มุมแคสเตอร์ศูนย์ (Zero caster)

จากรูปที่ 2.11 ถ้ามุมแคสเตอร์เป็นศูนย์ จุดนำกับจุดพ่วงจะอยู่ที่เดียวกันมีผลทำให้ล้อไม่เกิดการโน้มเอียงที่จะเลี้ยวไปในทิศทางใด ดังนั้นล้อก็ไม่มีความมั่นคงในทิศทางด้วยเหมือนกันแต่ในการใช้แรงหมุนพวงมาลัยไม่จำเป็นต้องออกแรงมากนัก [4]

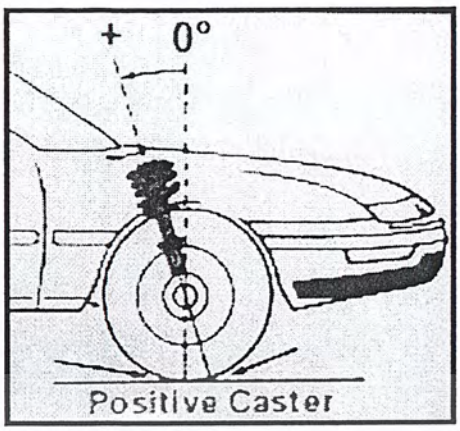


รูปที่ 2.11 จุดนำและจุดพ่วง

ข.มุมแคสเตอร์บวก (Positive caster)

เป็นมุมของแกนเลี้ยวล้อที่เอียงไปทางด้านหลังของรถ ขณะที่ล้อเลี้ยวออกจากแนวเส้นตรง จุดนำหรือจุดศูนย์นำจะไม่อยู่บนเส้นทิศทางแล่นของรถ ทำให้เกิดแรงจากการเลี้ยว (Turning force) ขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ที่จะทำให้เกิดการจัดตั้งศูนย์ล้อด้วยตัวเอง (Self aligning torque) อันทำให้ล้อมีแนวโน้มที่จะรักษาล้อให้อยู่ในตำแหน่งแล่นตรงไปข้างหน้าแต่ต้องใช้แรงพยายามในการหมุนพวงมาลัย หรือขับรถเกินความเป็นจริง เช่น เมื่อขณะรถแล่นทางโค้งจะต้องใช้แรงจับยึดพวงมาลัยมาก โดยการที่รถมีมุมแคสเตอร์มากเกินไปจนเป็นสาเหตุที่ทำให้รถยนต์เกิดการเต้น และกระดอนจากการไม่เรียบของถนน แต่ก็เป็นผลดีในกรณีที่รถยนต์แล่นที่ความเร็วสูงๆเพราะจะไม่ทำให้หัวรถส่ายไปมาทางด้านข้าง [4]

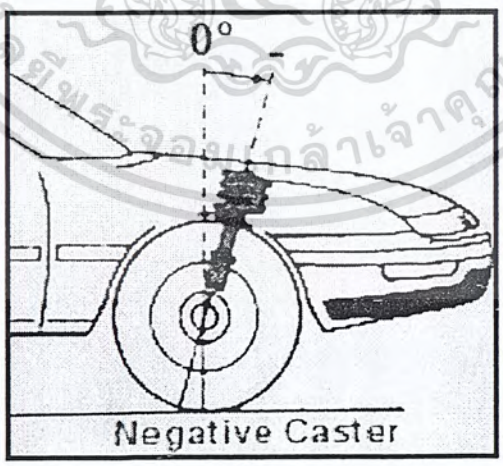
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 มุมแคสเตอร์บวก

ค.มุมแคสเตอร์ลบ (Negative caster)

เป็นมุมของการเลี้ยวล้อที่เอียงไปทางด้านหน้าของรถ การที่รถยนต์มีมุมแคสเตอร์เป็นลบนี้จะทำให้แรงเลี้ยวล้อและจุดพ่วงอยู่นำหน้าจุดนำ เป็นผลทำให้ล้อพยายามที่จะเลี้ยวอยู่ตลอดเวลาเพราะแรงเลี้ยวล้อที่เกิดขึ้นจะพยายามไปอยู่ด้านหลัง ประเภทของรถยนต์ที่ใช้มุมแคสเตอร์ลบได้แก่ รถยนต์ที่มีมั่นคงในทิศทางมากเกิน ไปคือรถที่พวงมาลัยกลับที่เดิมเร็วเกินไปเมื่อผ่านทางโค้ง และรถยนต์ที่ขับเคลื่อนล้อหน้าเพราะจุดสัมผัสของยางกับพื้นถนนเป็นจุดที่ล้อหมุนตะกุยให้เกิดการขับเคลื่อนหรือจุดนำนั่นเอง [4]



รูปที่ 2.13 มุมแคสเตอร์ลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ผลของมุมแคสเตอร์ขณะรถแล่นบนทางเอียง

ขณะรถแล่นบนทางเอียง รถจะถูกดึงไปทางที่เอียงต่ำกว่าหรือให้รถตกจากถนน ดังนั้นการจัดมุมแคสเตอร์ก็จะสามารถที่จะช่วยแก้อาการที่รถถูกดึงได้ โดยการปรับมุมแคสเตอร์ของล้อหน้าซ้ายให้มากกว่ามุมแคสเตอร์ของล้อหน้าขวาประมาณ 0.5 องศา โดยการแก้ปัญหานี้ด้วยมุมแคสเตอร์จะดีกว่าการแก้โดยมุมแคมเบอร์ ซึ่งจะมีผลต่อการสึกหรอของดอกยาง [4]

(4) ผลของมุมแคสเตอร์ไม่ถูกต้อง

- มุมแคสเตอร์ไม่เท่ากัน เป็นสาเหตุให้รถแล่นดึงออกไปทางด้านข้างหรือแล่นเฉไปทางที่มีมุมแคสเตอร์เป็นบวกน้อยกว่า

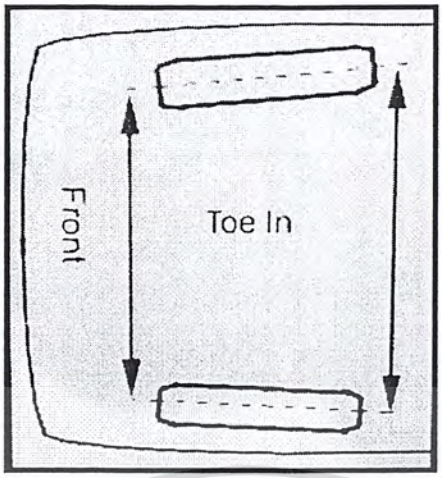
- มุมแคสเตอร์น้อยเกินไป เป็นสาเหตุให้รถแล่นหัวรถส่ายไปมาหรือเฉไปเฉมา ไม่ตรงทิศทาง และรถยนต์แล่นไม่มีความมั่นคงในทิศทางที่ความเร็วสูงๆ

- มุมแคสเตอร์มากเกินไป เป็นสาเหตุให้พวงมาลัยหนัก ทำให้รถเต้นและกระดอนตามสภาพของถนน [4]

2.1.6 ระยะโทของล้อหน้า (Toe)

ตามทฤษฎีแล้วล้อหน้ารถยนต์ต้องขนานกัน เมื่อรถแล่นตรงไปข้างหน้า แต่เมื่อใช้งานจริงๆจากการที่ล้อรถยนต์จะต้องจัดมุมต่างๆหลายมุม จึงเป็นผลให้การจัดล้อหน้าตามปรกติต้องออกจากแนวขนานเล็กน้อย การจัดมุมล้อในลักษณะนี้เรียกว่า ระยะโทของล้อหน้า หมายถึงความแตกต่างของระยะห่างระหว่างด้านหน้าและด้านหลังของล้อหน้าที่นำมาหักลบกัน [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 มุมโท

(1) วัตถุประสงค์องการัดระยะโทของล้อหน้า

ระยะโทของล้อหน้าจัดว่าเป็นการปรับตั้งตำแหน่งของล้อหน้าอย่างหนึ่งเมื่อพูดถึงศูนย์ล้อหน้ารถยนต์ ดังนั้นการที่รถยนต์มีระยะโทเกิดขึ้นก็เพื่อการหลีกเลี่ยงการสึกหรอของยางเร็วกว่าปรกติและการทำงานร่วมกันกับมุมแคมเบอร์ [4]

ก.การหลีกเลี่ยงการสึกหรอของยางเร็วกว่าปรกติ

เพื่อให้ล้อหมุนกลิ้งไปข้างหน้าในทิศทางเดียวกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการที่ยางถูไปบนทางแล่น และเพื่อเป็นการรักษาระยะโทของล้อหน้าขณะรถแล่นให้เป็นศูนย์ จึงจำเป็นที่จะต้องตั้งให้ล้อเอียงเข้าหากันเล็กน้อยในขณะที่รถอยู่กับที่ อันเป็นการแก้หรือการทดแทนสำหรับการหันเหของล้อที่เกิดขึ้นจากแรงเสียดทานของล้อบนผิวถนนและแรงที่เกิดจากการเบรก ซึ่งแรงเสียดทานของล้อบนผิวถนนและแรงเบรกนี้จะทำให้เกิดเป็น โมเมนต์ อันเป็นแนวโน้มที่ทำให้ล้อหน้าเกิดการออกทางข้างหน้าให้ล้อแล่นแยกออกจากกัน [4]

ข.การทำงานร่วมกันกับมุมแคมเบอร์

ดังที่ทราบแล้วว่าล้อหน้ารถยนต์ ถ้ามุมแคมเบอร์มีค่าเป็นบวกจะทำให้ล้อหน้าแล่นออกจากกันเปรียบเสมือนการกลิ้งของกรวย ดังนั้นเมื่อจัดตั้งระยะโทให้ข้างหน้าแคบเข้าก็จะเป็นผลให้ล้อแล่นเข้าหากัน เมื่อปรับตั้งระยะโทสัมพันธ์กับมุมแคมเบอร์ก็จะเป็นผลให้ล้อแล่นตรงไปข้างหน้าตามทิศทางแล่นของรถ [4]

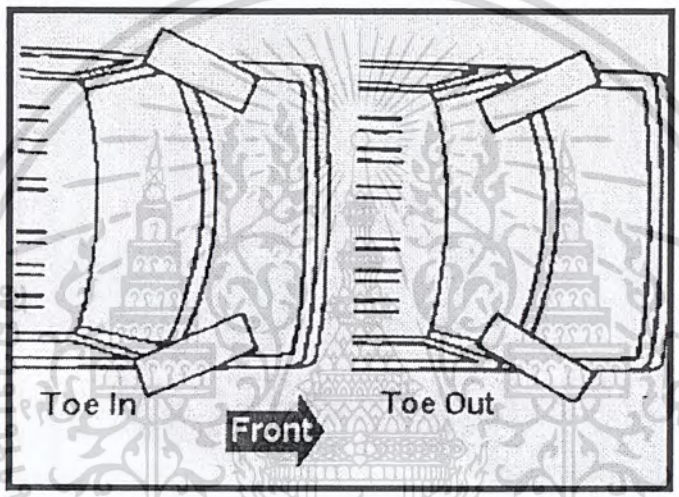
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ชิ้นส่วนที่ทำให้เกิดระยะโทของล้อหน้า

โดยปรกติล้อหน้าทั้งสองจะทำงานในการเลี้ยวล้อไปด้วยกันเพื่อเลี้ยวรถ โดยมีคันส่ง(Steering rack) เป็นตัวต่อเชื่อมให้ล้อทั้งสองทำงานไปพร้อมๆกัน ณ ที่คันส่งนี้จะสามารถปรับความสั้นยาวของคันส่งได้ ดังนั้นในการปรับให้คันส่งยาวออกหรือสั้นเข้า หมายถึงการปรับระยะโทของล้อตามลักษณะที่ต้องการ [4]

(3) ลักษณะของระยะโทล้อหน้า

โดยทั่วไประยะโทของล้อหน้าเป็นโทอิน แต่ในรถยนต์ที่ขับเคลื่อนเป็นล้อหน้าจะกำหนดให้ล้อหน้ามีโทเป็นศูนย์หรืออาจจะเป็นโทเอาท์ [4]



รูปที่ 2.15 ลักษณะของมุมโท

ก. โทอิน (Toe-in)

ระยะโทของล้อหน้าเป็นโทอินหมายถึงลักษณะของล้อหน้าทั้งสองที่มีระยะห่างด้านหน้าสุดน้อยกว่าระยะห่างหลังสุดของล้อหน้า [4]

ข. โทเป็นศูนย์ (Toe-zero)

หมายถึงระยะระหว่างความห่างของล้อหน้าทั้งด้านหน้าสุดและหลังสุดมีค่าเท่ากัน ซึ่งความต้องการอันแท้จริงคือรถยนต์จะต้องมีระยะโทของล้อหน้าขณะรถแล่นเป็นศูนย์ เพื่อต้องการให้ล้อรถยนต์ทุกๆล้อขนานแก่กันและกัน แต่ในทางปฏิบัติจะทำการปรับตั้งระยะโทเป็นศูนย์หรือเป็นโทอินเพียงเล็กน้อย [4]

121852
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. โทเอาท์ (Toe-out)

คือล้อหน้าของรถยนต์ที่มีระยะห่างของล้อหน้า ด้านหน้าสุดกว้างกว่าด้านหลังสุด ปรกติโทเอาท์จะเกิดจากการชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนของระบบขับเลี้ยวและระบบช่วงล่างด้านหน้า อันซึ่งไม่เป็นปรารถนาของรถยนต์ เพราะจะมีผลทำให้รถแล่นแล้วหัวรถส่ายไปมา ไม่สามารถแล่นตรงไปตามทิศทางข้างหน้าได้ คนขับจะต้องคอยควบคุมให้รถแล่นตรงไปข้างหน้าตลอกเวลา [4]

(4) ผลจากระยะโทไม่ถูกต้อง

- ทำให้ดอกยางสึกเร็วเกินไป
- รถมีระยะโทเอาท์ทำให้หัวรถแล่นเฉไปทางด้านข้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การตั้งศูนย์ล้อหน้า (Front wheel alignment)

เหตุผลที่ต้องตั้งศูนย์ล้อหน้าได้กล่าวไว้แล้ว เรขาคณิตของล้อหน้าประกอบด้วย มุมแคสเตอร์ มุมแคมเบอร์ ส่วนมุมเอียงสลักล้อหน้า โทอิน และโทเอาท์ขณะเลี้ยว ผู้ออกแบบได้ออกแบบให้สามารถปรับได้ คือ มุมแคสเตอร์ มุมแคมเบอร์ มุมเอียงสลักล้อหน้า และ โทอิน ส่วนมุมเอียงสลักล้อหน้า และโทเอาท์ขณะเลี้ยว ปรับไม่ได้ มุมที่มีผลต่อการศึกของยาง คือมุมแคมเบอร์ โทอิน และเอาท์ขณะเลี้ยว เมื่อใช้งานนานๆ ชิ้นส่วนต่างๆย่อมสึกหรอ ทำให้มุมต่างๆผิดไป จะต้องปรับให้ถูกต้อง นอกจากนี้ชิ้นส่วนบางชิ้นจะต้องเปลี่ยนใหม่ ทำให้มุมต่างๆ เปลี่ยนไป จะต้องตั้งศูนย์ถ่วงล้อใหม่ ถ้ามุมล้อผิดไปจากที่กำหนดจะทำให้ยางสึกหรอเร็วและการบังคับรถไม่ดีเท่าที่ควร [5]

2.3 เครื่องมือตั้งศูนย์ล้อ

ศูนย์ของล้อหน้าจะมีเครื่องมือสำหรับวัดโดยเฉพาะ แต่เวลาใช้เครื่องมือจะต้องประกอบกันเป็นชุด ซึ่งแตกต่างกันไปตามยี่ห้อ อาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้ [5]

2.3.1 ระดับน้ำ (Spirit level)

เป็นแบบที่มีราคาถูกใช้งานได้ดีพอสมควร ใช้หลักเกณฑ์การวัดโดยใช้ระดับน้ำวัดมุม เช่นเดียวกับการใช้ระดับน้ำวัดแนวดิ่งหาระดับ เครื่องมือชุดนี้ประกอบด้วย

(1) เกจวัดสามมุม (Three way gauge) เป็นเครื่องมือสำหรับวัดมุมแคสเตอร์ แคมเบอร์ และมุมล้อเอียงสลักล้อหน้า แบบนี้มีระดับน้ำ 3 ชุด ในเรือนเดียวกัน ระดับน้ำสำหรับวัดมุมแคมเบอร์และแคสเตอร์จะจัดไว้ในแนวขวางกับตัวรถ (ขนานกับแนวล้อหน้า) มีข้อสังเกตคือ เกจที่ใช้วัดมุมแคมเบอร์ ระดับน้ำจะตายตัว ส่วนเกจที่วัดมุมแคสเตอร์ ระดับน้ำจะปรับได้ สำหรับระดับน้ำที่ใช้วัดมุมเอียงสลักล้อหน้าจะอยู่ในแนวตามยาวของรถ [5]

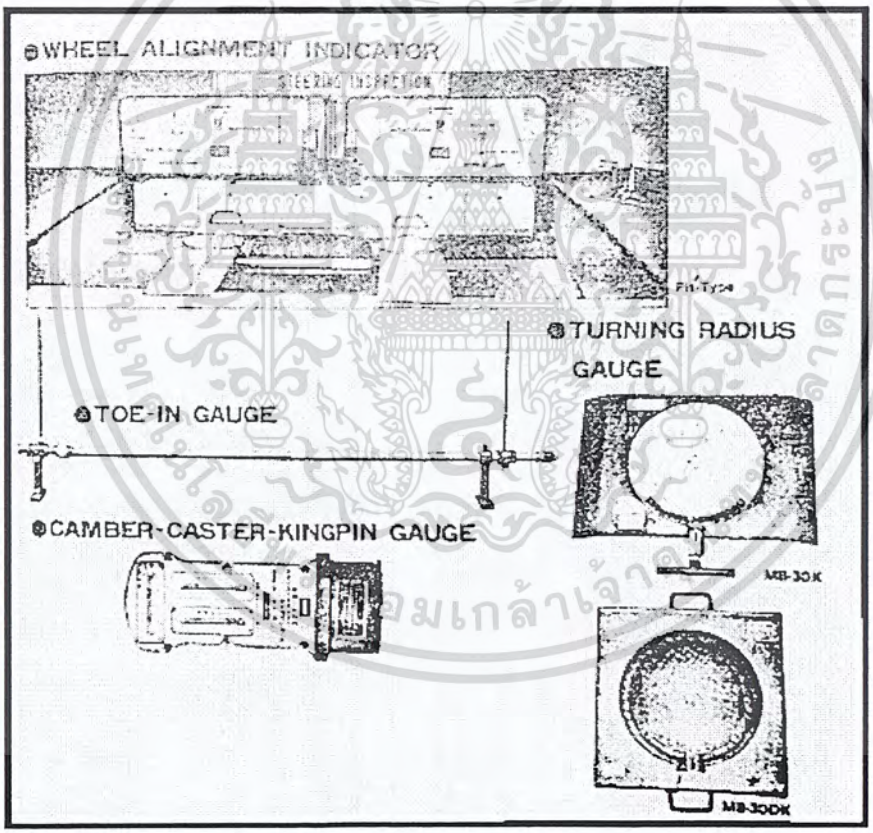
(2) แท่นองศา (Turn table or turning radius gauge) เป็นชุดที่ใช้สำหรับรองล้อหน้า แท่นนี้หมุนได้รอบตัวมีองศาบอกไว้ เวลาวัดมุมล้อจะต้องใช้ล้อหน้าตั้งอยู่บนแท่นองศานี้ และใช้สำหรับหมุนล้อเป็นองศาเพื่อวัดมุมแคสเตอร์ มุมเอียงสลักล้อหน้า และโทเอาท์ขณะเลี้ยว [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เกจวัดโท (Toe-gauge) ใช้วัดโทอิน บางแบบเป็นชนิดที่ต้องขีดยางเพื่อวัดระยะแตกต่างของความยาวด้านหน้าและด้านหลังของยางล้อหน้า บางแบบเป็นแบบที่ยึดด้านข้างของล้อ ไม่จำเป็นต้องขีดยางบางแบบก็ใส่ระหว่างช่วงล้อหน้าแล้วใช้วิธีกลิ้งวัดระยะ ผู้ผลิตจะออกแบบแตกต่างกันไปตามหลักการที่คิดขึ้นมา [5]

(4) อุปกรณ์ประกอบ แล้วแต่ความจำเป็นของเครื่องตั้งล้อแต่ละชนิด เช่นมีที่ล็อกเบรก มีที่ขีดยาง ตัวยึดล้อเพื่อติดเกจ หรือบางแบบมีเกจวัดสามมุม2 ตัว เป็นต้น [5]

เครื่องมือดังกล่าวเป็นเครื่องมือหลักสำหรับตั้งศูนย์ถ่วงล้อแบบระดับน้ำ สำหรับการใช้งานต้องใช้ตามคำแนะนำจากคู่มือการใช้เครื่อง



รูปที่ 2.16 แสดงชุดเครื่องมือตั้งศูนย์ล้อแบบระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แบบแสง (Light projection)

เป็นเครื่องมือตั้งล้อแบบใช้แสงแบบหนึ่ง เป็นระบบที่ใช้วัดระดับโดยใช้เลนส์ของกล้อง และแสงจากหลอดไฟ ฉายผ่านเลนส์ บางแบบมีจอสำหรับอ่านค่ามุมที่อยู่ด้านหน้ารถ บางแบบก็ไม่มีหน้าจอ หลักการของเครื่องตั้งล้อแบบนี้เหมือนกับแบบระดับน้ำ แต่ผู้ออกแบบใช้หลักการของกล้องวัดระดับมาใช้ทำให้มีความละเอียดแน่นอนขึ้น การใช้เครื่องมือประเภทนี้อาจใช้หลักการเดียวกันกับแบบระดับน้ำ แต่การออกแบบของแต่ละยี่ห้อแตกต่างกันไป ดังนั้นก่อนใช้เครื่องมือชนิดนี้ต้องศึกษาหลักการเปรียบเทียบกับระดับน้ำเสียก่อนเพื่อความเข้าใจ แล้วจึงปฏิบัติตามคำแนะนำของคู่มือการใช้เครื่องยี่ห้อนั้นๆ [5]

2.3.3 แบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic transfer)

แบบที่มีฉากหรือเป้าเช่นเดียวกับการใช้แสง ค่าที่วัดมุมจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปที่หน้าปัด บอกค่ามุมที่วัด ทำให้งานรวดเร็ว การใช้เครื่องชนิดนี้จะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต [5]

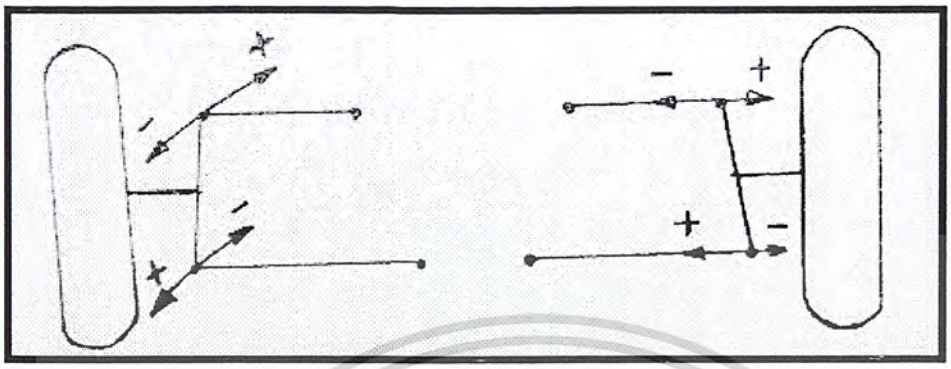
2.4 การปรับมุมล้อ

ได้กล่าวแล้วว่าการปรับศูนย์ล้อที่ปรับได้คือมุม แคสเตอร์ แคมเบอร์ และโทอิน รถบางคันออกแบบให้ปรับได้ 2 มุม และบางคันปรับได้มุมเดียว แต่สำหรับโทอินจะต้องปรับได้ทุกคัน การตั้งศูนย์ล้อจึงต้องดูด้วยว่ามุมแคสเตอร์และแคมเบอร์ออกแบบให้ปรับได้หรือไม่ การปรับมุมแคสเตอร์และแคมเบอร์ มุมทั้งสองนี้มักจะออกแบบให้ปรับร่วมกันดังนั้นจึงกล่าวไว้ด้วยกัน แต่รถบางคันก็ออกแบบให้มีที่ปรับอยู่คนละแห่ง บางคันอาจปรับได้เพียงมุมใดมุมหนึ่งเท่านั้น [5]

2.4.1 การปรับมุมแคสเตอร์

รูปที่ 2.17 รูปซ้ายมือเป็นชุดปีกนกมองจากด้านหน้าเข้าไป แสดงตำแหน่งของปลายปีกนกทั้งบนและล่าง ถ้าเลื่อนปลายปีกนกบนไปทางด้านหลังรถ หรือเลื่อนปลายปีกนกล่างมาทางด้านหน้ารถ มุมแคสเตอร์จะเพิ่มขึ้น และถ้าเลื่อนกลับกันมุมแคสเตอร์จะลดลง (รูปซ้ายมือนี้เขียนเพื่ออธิบายให้เห็นง่ายขึ้นเท่านั้น) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รูปซ้ายมือแสดงการหลักการปรับมุมแคสเตอร์ และขวามือหลักการปรับมุมแคมเบอร์

2.4.2 การปรับมุมแคมเบอร์

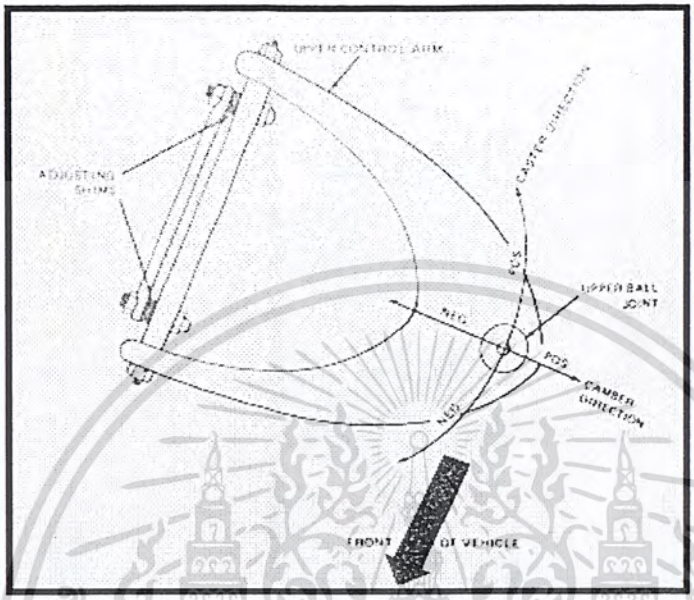
รูปที่ 2.17 รูปขวามือแสดงถึงตำแหน่งของปลายปีกนกบนและล่าง ถ้าเลื่อนปลายปีกนกบนออกด้านนอกของตัวรถ หรือปลายปีกนกล่างเข้าด้านในของตัวรถ มุมแคมเบอร์จะมากขึ้น แต่ถ้าเลื่อนปลายปีกนกบนเข้าด้านในและปลายปีกนกล่างออกด้านนอกของตัวรถ มุมแคมเบอร์จะลดลง สำหรับงานจริงนั้นที่ปรับอาจจะอยู่ที่ปีกนกบนหรือปีกนกล่างก็ได้ และตำแหน่งของปลายปีกนกอาจจะเลื่อนเฉพาะแนวใดแนวหนึ่งดังกล่าวแล้ว หรือทั้งสองแนวก็ได้แล้วแต่การออกแบบ แต่ยังคงยึดหลักที่กล่าวแล้วนี่ทั้งสิ้น ถ้าออกแบบให้ปีกนกเลื่อนได้ทั้งสองแนวแสดงว่าปรับได้ทั้งแคสเตอร์และแคมเบอร์ ถ้าเลื่อนได้เฉพาะแนวตามยาวของตัวรถก็ปรับได้เฉพาะแคสเตอร์ ถ้าเลื่อนได้เฉพาะแนวตามขวางกับตัวรถก็จะปรับได้เฉพาะมุมแคมเบอร์ [5]

2.4.3 วิธีปรับมุมแคสเตอร์และมุมแคมเบอร์แบบต่างๆ

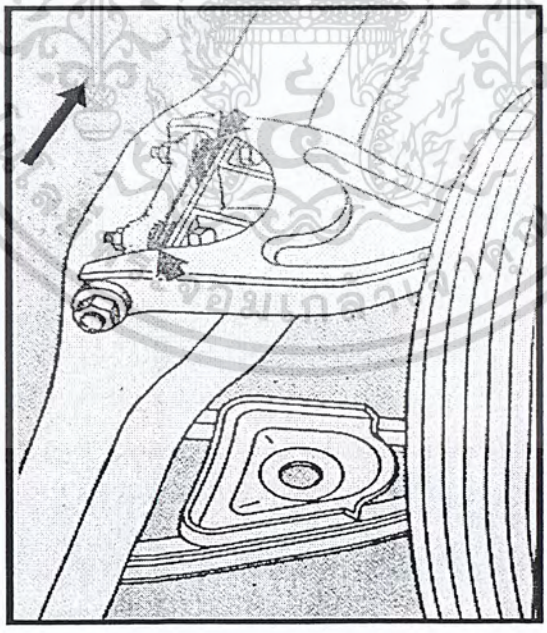
(1) ปรับโดยใช้แผ่นจีมหรือแผ่นชิม (Shim adjustment) โดยทั่วไปจะออกแบบปีกนกให้เป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปตัวเอ (A-Frame) คือปีกนกจะมีฐานกว้างเพื่อรับแรงที่ล้อได้ทั้งแรงทางด้านข้าง (Side thrust) และแรงตามยาวของตัวรถ แกนเพลาปีกนก (Control arm shaft) จะมีสลักเกลียวสองตัวเพื่อยึดกับโครงรถที่สลักเกลียวทั้งสองตัวจะมีแผ่นจีมรองอยู่ ถ้าใส่แผ่นจีมขนาดต่างๆรองที่สลักเกลียว จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายปีกนกเปลี่ยนตำแหน่งไป ทำให้ค่ามุมแคสเตอร์และแคมเบอร์เปลี่ยนแปลงได้ การปรับโดยใช้แผ่นจีมนี้เป็นแบบที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดแบบหนึ่ง ซึ่งออกแบบไว้เป็น 3 แบบดังนี้ [5]



รูปที่ 2.18 วิธีปรับมุมแบบใช้แผ่นจีมอยู่ระหว่างปีกนกบน และด้านนอกของโครงรถ



รูปที่ 2.19 วิธีปรับมุมแบบใช้แผ่นจีมอยู่ระหว่างปีกนกบน และด้านในของโครงรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.1) แผ่นจีมรองระหว่างปีกนกบนกับด้านนอกโครงรถ รูปที่ 2.18 การออกแบบเช่นนี้จะปรับได้ทั้งแคสเตอร์และแคมเบอร์ [5]

-การปรับมุมแคสเตอร์ จะต้องปรับให้จำนวนแผ่นจีมที่สลักตัวหน้า และสลักตัวหลังไม่เท่ากัน ถ้าต้องการให้ค่ามุมแคสเตอร์เพิ่มขึ้น ต้องปรับให้แผ่นจีมข้างหน้ามากกว่าข้างหลังทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้ คือ เพิ่มแผ่นจีมข้างหน้า หรือ ลดแผ่นจีมข้างหลัง หรือ ถอดเอาแผ่นจีมข้างหลังออกมาใส่ไว้ข้างหน้า ถ้าต้องการลดมุมแคสเตอร์ก็ทำตรงกันข้าม ในการปฏิบัติจริงก็ใช้หลักการนี้ แต่จะต้องดูจำนวนแผ่นจีมและมุมแคมเบอร์ขณะนั้นด้วย

-การปรับมุมแคมเบอร์ จะต้องเพิ่มหรือลดแผ่นจีมที่สลักเกลียวตัวหน้ากับตัวหลังเท่าๆกัน ถ้าต้องการเพิ่มมุมแคมเบอร์ ต้องเพิ่มแผ่นจีมที่สลักเกลียวทั้งข้างหน้าและข้างหลังจำนวนเท่าๆกัน ถ้าต้องการลดมุมแคมเบอร์ก็ต้องลดแผ่นจีมเท่าๆกัน

(1.2) แผ่นจีมรองระหว่างปีกนกบนและด้านในของโครงรถ รูปที่ 2.19 หลักเกณฑ์ในการปรับเช่นเดียวกันกับรูปที่ 2 แต่ตรงกันข้ามเพราะวิธียึดที่แตกต่างกัน ในที่นี้จะไม่อธิบายซ้ำ ขอให้พิจารณาจากรูปเอง [5]

(1.3) แผ่นจีมรองระหว่างปีกนกล่างและด้านนอกของโครงรถ แบบนี้มีใช้น้อย ในการพิจารณาปรับมุมแคสเตอร์และแคมเบอร์คงใช้หลักการเดิม แต่พิจารณาตำแหน่งให้ถูกต้องคือ ถ้าจะปรับแคสเตอร์ให้เพิ่มขึ้นจะต้องเพิ่มแผ่นจีมข้างหลังให้มากกว่าข้างหน้า ถ้าต้องการลดมุมแคมเบอร์ก็เพิ่มแผ่นจีมทั้งหน้าและหลังเท่าๆกัน [5]

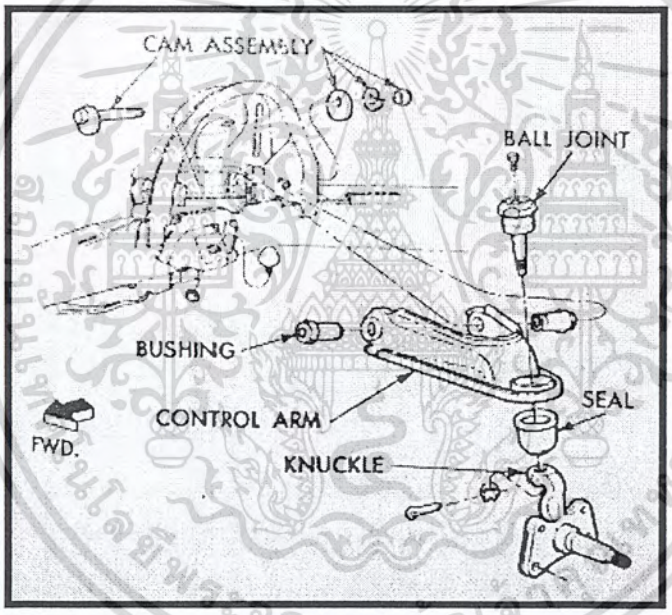
(2) ปรับโดยใช้ลูกเบี้ยวและสลัก (Cam and bolt adjustment)

ลูกเบี้ยวเป็นแหวนกลมเจาะเยื้องศูนย์เชื่อมติดเป็นตัวเดียวกับสลักเกลียว แหวนอีกตัวหนึ่งเจาะเยื้องศูนย์เช่นเดียวกับตัวรถ แต่รูเป็นรูปตัว D เช่นเดียวกับปลายสลักเกลียว เมื่อประกอบเข้าด้วยกัน แหวนกลมที่สลักและแหวนที่ใส่เข้าไปจะอยู่ในตำแหน่งเช่นเดียวกัน รูปที่ 2.20 และ 2.21 เมื่อหมุนสลัก แหวนกลมจะกลิ้งไปตามขอบเหล็กที่อยู่ด้านนอก ทำให้ตัวสลักเปลี่ยนตำแหน่งเข้าหรือออก ถ้าปีกนกเป็นรูปสามเหลี่ยมจะมีชุดลูกเบี้ยวสองชุด การหมุนสลักจะทำให้โคนของปีกนกเข้าหรือออกเป็นการปรับมุมแคสเตอร์และแคมเบอร์ หลักเกณฑ์ในการปรับ ในการปรับมุมล้อจะต้องคลายน็อตยึดสลักออก แล้วหมุนสลักเหล็กประกับด้านนอกจะประคองแหวน (ลูกเบี้ยว) ไว้ ทำให้ตัวสลักเคลื่อนที่เป็นรัศมีดังรูปที่ 3 เนื่องจากสลักร้อยผ่านบูชปีกนก จึงทำให้ปีกนกเลื่อนไปตามตำแหน่งของสลักลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

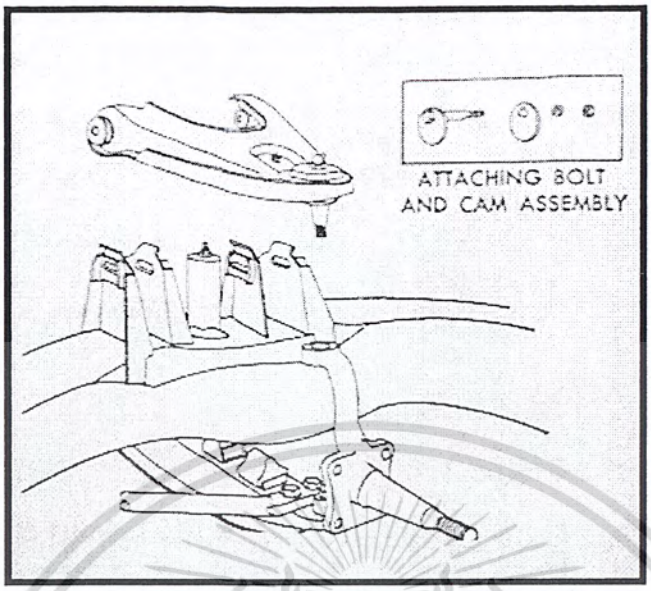
การปรับมุมแคสเตอร์ ถ้าหมุนให้สลักลูกเบี้ยวเปลี่ยนตำแหน่งเพียงตัวเดียว (สลักลูกเบี้ยวยึดปีกนกมี 2 ตัว) หรือหมุนทั้งสองตัวสวนทางกัน จะทำให้ค่ามุมแคสเตอร์เปลี่ยนแปลงไป เมื่อต้องการเพิ่มหรือลดมุมแคสเตอร์ก็คือหลักเกณฑ์ดังที่กล่าวไว้แล้วในตอนต้น การหมุนสลักลูกเบี้ยวในหนึ่งรอบจะทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงจากสูงสุดไปต่ำสุด ไม่ต้องหมุนเกินกว่านี้

การปรับมุมแคมเบอร์ ถ้าหมุนสลักลูกเบี้ยวทั้งสองตัวไปทางเดียวกันและเป็นมุมเท่าๆกัน จะทำให้ค่าแคมเบอร์เปลี่ยนไป แต่ค่ามุมแคสเตอร์ยังคงเดิม ในการปรับมุมล้อควรปรับมุมแคสเตอร์ให้ได้ก่อนแล้วจึงปรับมุมแคมเบอร์ แต่เมื่อปรับได้แล้วจะต้องวัดมุมทั้งสองเพื่อตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง [5]

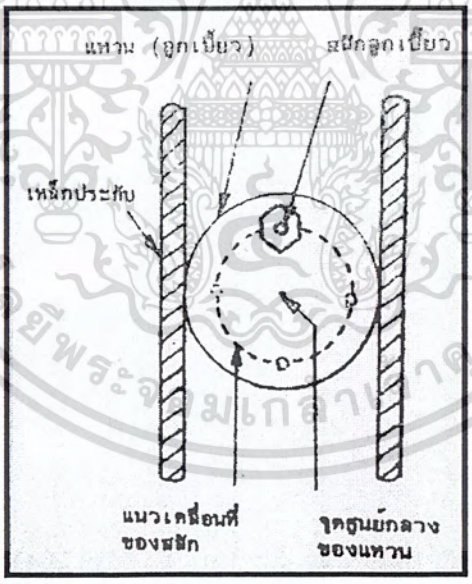


รูปที่ 2.20 ลักษณะชุดปีกนกที่ปรับด้วยลูกเบี้ยวจานและสลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 วิธีประกอบปีกนกแบบปรับด้วยลูกเบี้ยวจานและสลัก

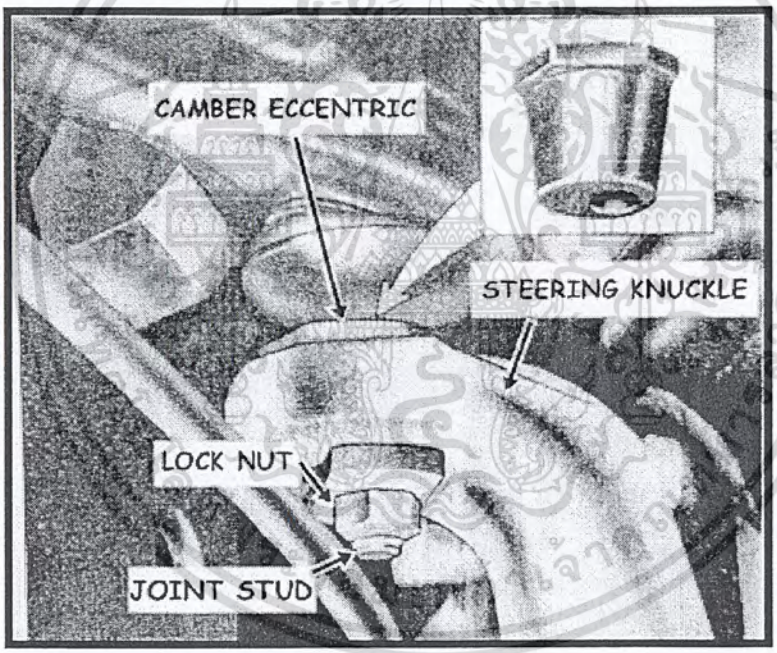


รูปที่ 2.22 หลักเกณฑ์การเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ปรับโดยลูกเบี้ยวจานหรือเอ็กเซนตริก (Eccentric adjustment)

การปรับแบบนี้ใช้กับรถดาดิลแลกและโฟล์กสวาเกน โดยออกแบบดังรูปที่ 2.23 ระหว่างลูกหมากปีกนกและโคนแกนล้อ เวลาตั้งศูนย์ล้อจะต้องคลายน็อตลูกหมากปีกนกออกพอหลวม แล้วใช้ประแจหมุนลูกเบี้ยวจาน เนื่องจากลูกหมากปีกนกยึดติดอยู่กับปลายปีกนกจึงอยู่กับที่ ผลทำให้โคนของแกนล้อเลื่อนไปข้างหน้า-ข้างหลัง หรือออกนอก-เข้าใน การหมุนลูกเบี้ยวจานมีผลทำให้มุมแคสเตอร์และแคมเบอร์เปลี่ยน แต่จะมีผลต่อมุมแคมเบอร์มากว่า ถ้าออกแบบให้มีลูกเบี้ยวจานที่โคนแนวล้อทั้งด้านบนและด้านล่าง จะทำให้ปรับมุมแคสเตอร์และแคมเบอร์ได้มากขึ้น ถ้ามีตัวเดียวจะปรับได้ดีเฉพาะมุมแคมเบอร์ [5]

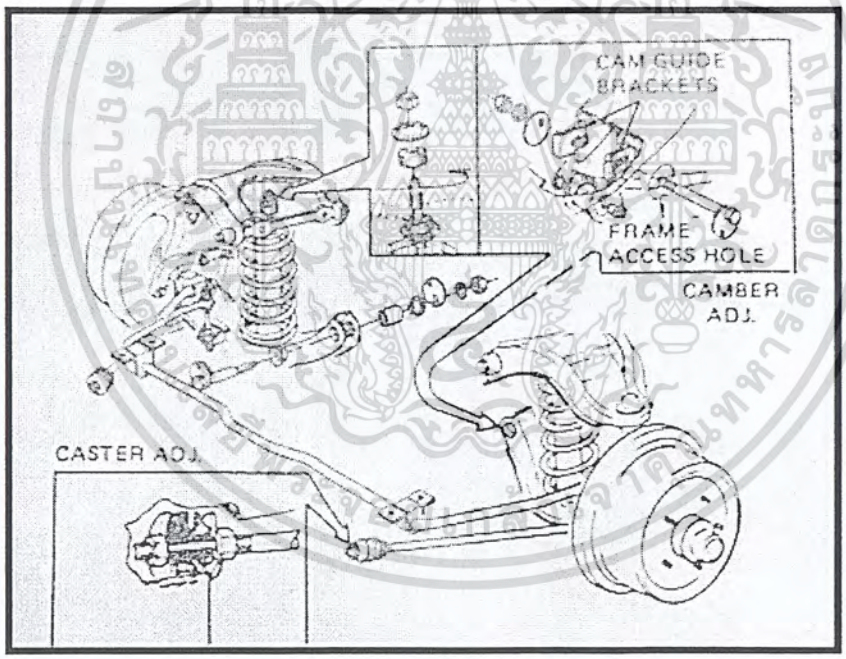


รูปที่ 2.23 การปรับโดยลูกเบี้ยวจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ปรับโดยเหล็กยันปีกนก (Caster strut)

ถ้าออกแบบปีกนกเป็นแท่งตรงๆจะรับแรงได้ไม่ดี เพราะจะรับแรงตามแนวยาวของตัวรถไม่ได้ ผู้ออกแบบจึงออกแบบเหล็กยันปีกนก (เหล็กหนวดกุ้ง) เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.24 เหล็กยันปีกนกที่ปรับได้จะต้องมีเกลียวสำหรับปรับ ถ้าไม่มีเกลียวก็ปรับไม่ได้ การทำให้ระยะของเหล็กยันปีกนกสั้นหรือยาวจะทำให้ค่ามุมแคสเตอร์เปลี่ยน จึงต้องพิจารณาให้ดีว่า ถ้าต้องการเพิ่มหรือลดมุมแคสเตอร์จะทำอย่างไร เช่น ตามรูปที่ 1 เหล็กยันปีกนกด้านหน้า และเป็นปีกนกล่าง ถ้าต้องการเพิ่มมุมแคสเตอร์ต้องทำให้ระยะเหล็กยันปีกนกสั้นลง การออกแบบเหล็กยันปีกนกทำได้หลายอย่างคือ อยู่ด้านหน้าหรือด้านหลังยึดกับปีกนกอันล่าง อยู่ด้านหน้าหรือด้านหลังยึดกับปีกนกอันบน เวลาปรับแต่งจริงๆจะต้องเข้าใจจึงจะปรับได้โดยไม่ต้องจำว่าทำให้สั้นหรือยาว แต่ใช้หลักเกณฑ์ที่กล่าวไว้แล้วในตอนต้น [5]

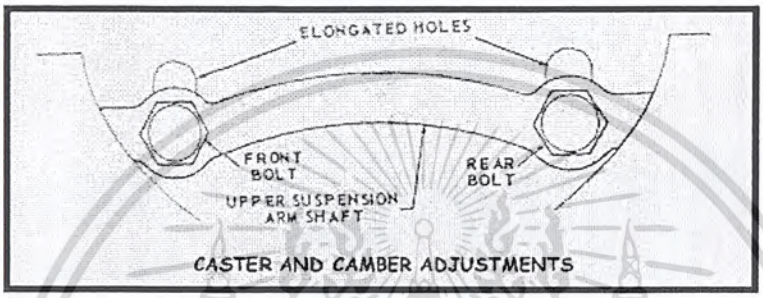


รูปที่ 2.24 การปรับโดยวิธีปรับเหล็กยันปีกนก ลูกเบี้ยวละสลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ปรับโดยวิธีเลื่อนแกนเพลาปีกนกบน (Sliding inner shaft adjustment)

แกนเพลาปีกนกยึดติดกับโครงรถด้านบน ตัวโครงรถทำเป็นร่องยาวตามขวางกับตัวรถดังรูปที่ 2.25 เนื่องจากสลักยึดแกนเพลาปีกนกมีร่องให้เปลี่ยนตำแหน่งได้ จึงสามารถเลื่อนปีกนกเปลี่ยนตำแหน่งได้ ถ้าเลื่อนด้านใดด้านหนึ่งของปีกนกให้เปลี่ยนตำแหน่งจะทำให้มุมแคสเตอร์เปลี่ยน การปรับมุมล้อแบบนี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษช่วยจึงทำได้ง่าย [5]



รูปที่ 2.25 การปรับโดยวิธีเลื่อนแกนเพลา

2.4.4 การปรับโทอิน

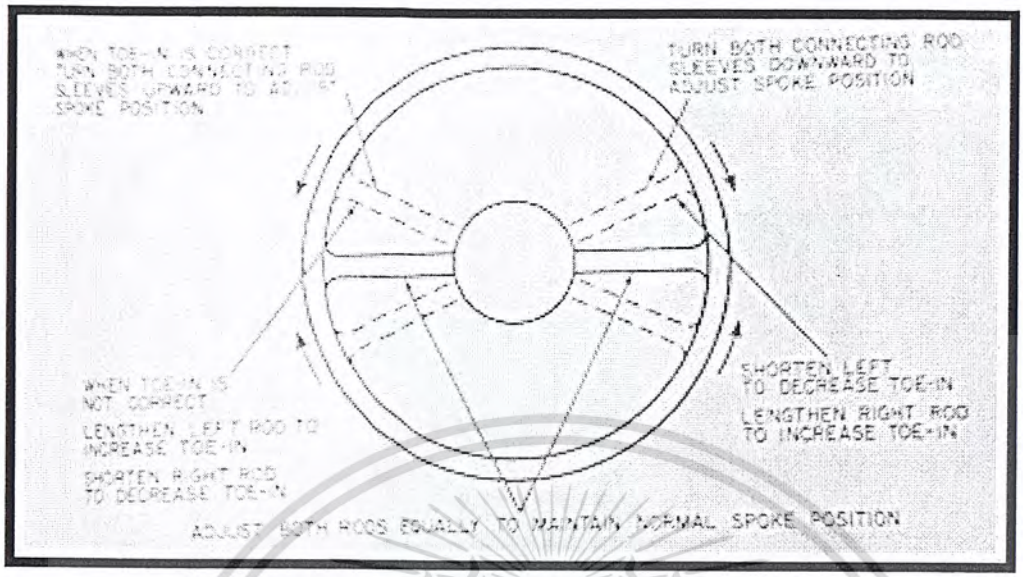
การปรับโทอินควรทำพร้อมกับการปรับตำแหน่งพวงมาลัย โทอินปรับได้ แต่จะต้องปรับภายหลัง มุมแคสเตอร์และแคมเบอร์ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนมุมแคสเตอร์และแคมเบอร์จะทำให้โทอินเปลี่ยนแปลงไปด้วย รถทุกคันปรับโทอินได้โดยปรับที่คันส่ง (Tie-rod) คันส่งที่ปรับได้จะต้องมีเกลียวด้านหนึ่งเป็นเกลียวซ้าย อีกด้านหนึ่งเป็นเกลียวขวา ส่วนมากแล้วจะปรับที่ก้านต่อของลูกหมากคันส่งซึ่งจะเป็นเกลียวซ้ายและขวา และมักจะปรับได้ทั้งสองข้าง ก่อนปรับจะต้องคลายน็อตล็อกก่อน(Sleeve) หรือน็อตล็อกก้านต่อ(แล้วแต่แบบ) แล้วจึงหมุนปลอกปรับด้านซ้าย(Left-hand sleeve)และปลอกปรับด้านขวา(Right-hand sleeve)ข้างละเท่าๆกันจะทำให้ค่าโทอินถูกต้อง และซี่พวงมาลัยอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางเมื่อรถแล่นทางตรง เมื่อปรับเสร็จแล้วต้องขันน็อตล็อกปลอกให้แน่นตามเดิม การทำให้คันส่งสั้นหรือยาวขึ้น จะทำให้โทอินเปลี่ยนถ้าคันส่งอยู่หลังสลักล้อหน้า การทำให้โทอินเพิ่มขึ้นจะต้องทำให้คันส่งยาวขึ้น แต่ถ้าคันส่งอยู่ด้านหน้าสลักล้อหน้าการทำให้โทอินเพิ่มขึ้นจะต้องทำให้คันส่งสั้นลง [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 วิธีปรับโทอินและตำแหน่งพวงมาลัย

เนื่องจากการปรับโทอินจะมีผลทำให้ตำแหน่งพวงมาลัยเปลี่ยนไปด้วย และที่ปรับอยู่ที่คันส่งที่เดียวกัน ฉะนั้นการปรับจึงปรับพร้อมกัน หรือภายหลังการปรับโทอินแล้ว ถ้าเป็นเครื่องปรับแบบแสงจะปรับพร้อมๆกันได้เลย แต่ถ้าเป็นเครื่องมือแบบใช้กลไกวัดความแตกต่างจะต้องปรับครั้งสุดท้ายภายหลังปรับโทอิน ถ้าซี่พวงมาลัยไม่อยู่กึ่งกลาง สมมติว่าอยู่ในตำแหน่งดังรูปที่1ต้องการปรับทั้งโทอินและตำแหน่งซี่พวงมาลัย สมมติว่าโทอินน้อยไป ตามหลักการที่กล่าวแล้วจะต้องทำให้คันส่งยาวขึ้น ปัญหาก็คือด้านไหน ควรจะปรับให้ยาวขึ้นด้านละเท่าไร ถ้าหมุนพวงมาลัยให้อยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง ล้อจะเลี้ยวมาทางขวา นั่นคือด้านหน้าล้อซ้ายจะมีลักษณะหุบเข้าใน มีลักษณะเป็นโทอิน ล้อขวาจะมีลักษณะเป็นโทเอาท์ ฉะนั้นจะต้องปรับล้อขวาให้หุบเข้าใน โดยปรับคันส่งด้านขวามือให้ยาวขึ้นแล้ววัดโทอินใหม่ แต่ทั้งนี้จะต้องระวังกลับมา ตรวจดูว่าล้ออยู่ในตำแหน่งแล่นทางตรงหรือไม่ เพราะขณะปรับคันส่งนั้นล้อจะเลื่อนไปจากแนวเดิม การปรับโดยใช้เครื่องมือวัดโทอินแบบขีดยางจะต้องทำหลายครั้ง เมื่อตั้งค่าโทได้ถูกแล้วจะต้องนำรถไปทดลองแล่นดูตำแหน่งพวงมาลัย แต่การปรับตอนหลังนี้ทำได้ไม่ยาก คือถ้าต้องปรับทางด้านหนึ่งให้ยาวออกหนึ่งรอบ ก็ต้องปรับทางด้านตรงข้ามให้สั้นเข้าหนึ่งรอบ การปรับโทอินโดยใช้เครื่องแบบใช้แสง ต้องหมุนพวงมาลัยให้อยู่ตำแหน่งแล่นทางตรง โดยซี่พวงมาลัยอยู่ตรงกึ่งกลางก่อน แล้วจึงปรับล้อทีละข้างให้โทอินเป็นศูนย์ แล้วจึงปรับโทอินภายหลังรูปที่2 อธิบายวิธีปรับซี่พวงมาลัยให้อยู่กึ่งกลางและค่าโทอินไม่เปลี่ยนแปลง เพราะเมื่อซี่พวงมาลัยอยู่กึ่งกลาง เฟืองกระปุกพวงมาลัยจะอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางด้วยเมื่อรถแล่นทางตรง และค่าโทอินก็ยังคงเท่าเดิมด้วย [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 รายละเอียดการปรับแต่งโทอินและซี่พวงมาลัย

2.4.6 การตรวจแก้ก่อนตั้งศูนย์ล้อ

การตั้งศูนย์ล้อเพียงอย่างเดียวในบางครั้งไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับช่วงล่างรถยนต์ได้ และบางครั้งอาการที่เกิดขึ้นนั้นความจริงเกิดจากสาเหตุอื่น แต่อาจจะเข้าใจผิดว่าเป็นเพราะศูนย์ล้อ ที่สำคัญคือเจ้าของรถที่นำรถเข้ามาซ่อมอาจไม่เข้าใจเหตุผลดีพอ ทั้งๆที่ตั้งศูนย์ล้อแล้วก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาที่เจ้าของรถไม่ต้องการให้หมดไป ช่างจึงควรตรวจดูว่า มีอะไรที่จะทำให้รถของลูกค้าเสียหายบ้างแล้วแจ้งให้เจ้าของรถทราบ ถ้าสภาพเครื่องล่างไม่ดีการตั้งศูนย์ล้ออาจไม่ได้ผลเลยก็ได้ จึงต้องมีการตรวจและแก้ไขส่วนต่างๆเสียก่อนดังนี้ [5]

(1) ตรวจและเติมลมยาง

เติมลมยางทุกล้อให้ได้ตามกำหนด เพราะการตรวจสอบการตั้งมุมล้อ จะเที่ยงตรงหรือไม่ขึ้นอยู่กับความดันลมในยางทุกล้อถูกต้อง เพื่อทำให้รถอยู่ในระดับปกติ ตรวจสภาพของยาง(ถ้ามีก้อนกรวด ก้อนหิน ดิน ติดอยู่ในร่องดอกยาง เคาะออกให้หมด)ดูความสึกหรอ ลักษณะของความสึกหรอ ความลึกของดอกยาง รอยปริแตกของยาง ฯลฯ แล้วบันทึกสภาพต่างๆเหล่านี้ไว้ ลมยางไม่เท่ากันจะทำให้พวงมาลัยกินไป ทางด้านลมยางอ่อน ถ้าลมยางแข็งหรืออ่อนเกินไปจะทำให้ยางสึกผิดปรกติ ถ้าลมยางแข็งเกินไปรถจะสะเทือนมาก และอาจแฉลบได้ง่าย ถ้าลมยางอ่อนไปพวงมาลัยจะหนัก ใช้ยางผิดแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือขนาดของยางด้านซ้ายและขวาไม่เท่ากันจะทำให้การควบคุมรถไม่ดี รถอาจจะกินทางซ้ายและขวาก็ได้ จะต้องหมุนล้อดูว่าเบรกติดหรือไม่ ฯลฯ

(2) สมดุลล้อ

ต้องตรวจสมดุลล้อทั้งล้อหน้าและล้อหลัง ถ้าล้อไม่สมดุลจะทำให้รถสะเทือนและพวงมาลัยสั่นในขณะที่รถแล่นด้วยความเร็วสูง เป็นอันตรายต่อผู้ขับขี่ ยางและระบบช่วงล่าง

(3) ตรวจโช๊คอัพ

ถ้าโช๊คอัพไม่ดีเมื่อรถแล่นบนถนนขรุขระรถจะเต้นมาก และการควบคุมรถจะไม่ดีเท่าที่ควร ในการทดสอบให้จับกันชนตรงกลางแล้วกดลง(ขย่มรถ)หลายๆครั้งและปล่อย ถ้าโช๊คอัพไม่ดีรถจะเต้นต่อไป(โดยปกติถ้าเต้นเกิน1รอบถึง1รอบครึ่งควรเปลี่ยนโช๊คอัพใหม่เพราะแสดงว่าโช๊คอัพชำรุด) ต่อไปก็ทดสอบโช๊คอัพทีละข้างโดยวิธีเดียวกัน

(4) ตรวจความสูงของรถ

ตรวจความสูงของรถด้านซ้ายและด้านขวาของรถต้องสูงเท่ากัน ความแตกต่างของความสูงทั้งสองข้างไม่ควรเกินครึ่งนิ้ว สาเหตุอาจเกิดจากสปริงล้าหรือทอร์ชั่นบาร์ไม่เท่ากัน ถ้าสปริงทรุดหรือล้าต้องแก้ไขหรือเปลี่ยนใหม่ก่อนตั้งศูนย์ล้อ การเปลี่ยนสปริงควรเปลี่ยนทั้งสองข้าง

(5) ตรวจความหลวมลูกปืนล้อหน้าและความสึกหรอของชุดลูกหมากปีกนก

ใช้แม่แรงยกรถที่ปีกนกล่างให้ล้อพื้น ใช้มือจับยางด้านบนและด้านล่างแล้วโยกเข้าในและออกนอก ถ้ามีอาการหลวมระหว่างแผ่นหลังเบรก(Brake back plate) กับดุมเบรก (Brake drum) หรือน็อตปลายแกนล้อกับดุมล้อ (Hub) แสดงว่าเกิดความสึกหรอหรือปรับลูกปืนล้อหน้าไม่ถูก ถ้าลูกปืนล้อหน้าหลวมต้องปรับแต่งก่อนที่จะตรวจความสึกหรอของลูกหมากปีกนก (ระวังอย่าเข้าใจผิดว่าลูกปืนล้อหลวมเป็นความสึกหรอของลูกหมากปีกนก)

(6) ตรวจความหลวมลูกหมากคันชัก คันส่ง

ถ้าหลวมการตั้งโทอินจะไม่แน่นอน และยังทำให้รถแฉลบได้ง่ายอีกด้วย ถ้ามีคนช่วยก็ให้คนหนึ่งหมุนพวงมาลัยโดยที่ล้ออยู่บนพื้น อีกคนหนึ่งดูจุดหลวมที่ลูกหมากและบูชแขนประคอง (Idler arm) ถ้าหลวมก็เปลี่ยนใหม่ วิธีตรวจที่ดีควรใช้แม่แรงยกรถให้ล้อพ้นพื้น ขึ้นแม่แรงที่ปลายด้านนอกของปีกนกล่าง มือซ้ายจับล้อข้างหนึ่งและมือขวาจับล้ออีกข้างหนึ่งแล้วดันออกพร้อมๆกัน และดึงเข้า ถ้ามีอาการหลวมควรเปลี่ยนลูกหมากคันชักคันส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) ตรวจความยาวของช่วงล้อ (Wheel base)

ซึ่งหมายถึงระยะจากกึ่งกลางล้อหน้าถึงกึ่งกลางล้อหลัง เมื่อล้อหน้าอยู่ในตำแหน่งแล่นทางตรง ถ้าช่วงล้อด้านซ้าย และขวาไม่เท่ากัน รถจะแล่นเป๋ไปข้างหนึ่ง ดังนั้นจะต้องวัดช่วงล้อดูมิฉะนั้นอาจเข้าใจผิดว่าเกิดจากมุมล้อหน้าผิด สาเหตุที่ช่วงล้อไม่เท่ากันอาจเกิดจากโครงรถคด หรือเสื้อเพลาท้ายเคลื่อนจากตำแหน่งปกติ

(8) ตรวจกระทะล้อ

ถ้ากระทะล้อคด ล้อจะไม่สมดุล ถ้าคดมากอาจสมดุลล้อให้หายสั่นไม่ได้

2.4.7 เหตุผลที่จำเป็นต้องวัดและปรับมุมล้อหน้าตามลำดับขั้นคือ

(1) แคสเตอร์และแคมเบอร์

ในการวัดนั้นจะวัดมุมใดก่อนก็ได้ แต่ค่ามุมแคมเบอร์จะเปลี่ยนไปหลังจากปรับมุมแคสเตอร์แล้ว ดังนั้นจึงต้องวัดและปรับมุมแคมเบอร์ภายหลังอีกถ้ามีการปรับมุมแคสเตอร์ ค่าที่วัดมุมแคมเบอร์ไว้ก่อนจึงใช้ไม่ได้ ส่วนมุมแคสเตอร์นั้นเมื่อปรับถูกต้องแล้วมาปรับมุมแคมเบอร์ได้ โดยค่ามุมแคสเตอร์ไม่เปลี่ยนหรือเปลี่ยนน้อย ฉะนั้นจึงวัดละปรับมุมแคสเตอร์ก่อนได้ [5]

(2) มุมเอียงสลักล้อหน้า และแคมเบอร์

โดยทั่วไปจะวัดมุมเอียงสลักล้อหน้าพร้อมกันกับวัดมุมแคสเตอร์ แต่จะทราบค่าเมื่อการวิเคราะห์สภาพของมุมเอียงสลักล้อหน้า โดยนำค่ามุมที่วัดได้ไปรวมกับมุมแคมเบอร์วัดออกมาเป็นมุมรวม (Included angle) ในการปฏิบัติจริงๆนั้นอาจเกิดความผิดพลาดได้ถ้านำค่ามุมเอียงสลักล้อหน้าไปรวมกับค่ามุมแคมเบอร์เดิม เพื่อป้องกันการผิดพลาดจึงควรทำตามลำดับขั้นจากมุมแคมเบอร์แล้วจึงวัดมุมเอียงสลักล้อหน้า เพราะถ้าการวิเคราะห์ผิดพลาดอาจจะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วน เช่น หัวต่อแกนล้อโดยไม่จำเป็น[5]

(3) โทอิน

ในการปรับมุมแคสเตอร์และแคมเบอร์นั้น ปลายปีกนกจะต้องเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม ทำให้ค่าโทอินเปลี่ยนไปด้วย ถ้าปรับโทอินก่อนแล้วจึงมาปรับมุมอื่นภายหลังก็อาจจะทำให้โทอินผิดไปจากเดิม ทำให้ยางสึกผิดปรกติ หรือต้องมาปรับโทอินอีกครั้งหนึ่ง [5]

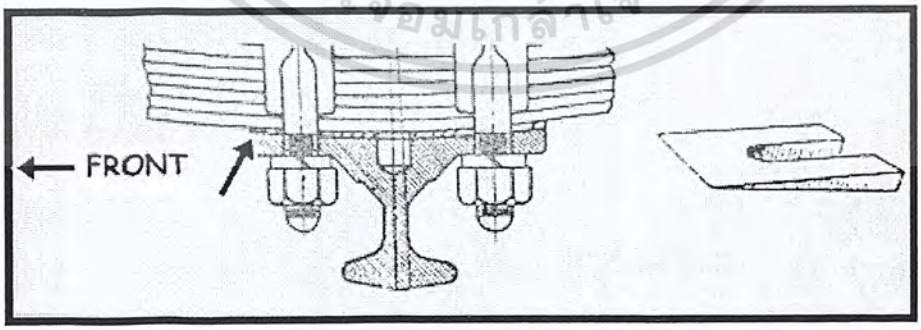
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) โทเอาท์ขณะเลี้ยว

รถที่มีค่าโทอินผิดไปเมื่อมาวัดโทเอาท์ขณะเลี้ยว องศาของล้อจะผิดไป เช่น โทอินมากเกินไป ล้อทั้งสองข้างจะหุบเข้าด้านในมาก เมื่อวัดมุมขณะเลี้ยว ค่าจึงผิดจากค่าพิกัด ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องปรับโทอินให้ถูกต้องก่อนจึงจะเชื่อถือค่าของโทเอาท์ขณะเลี้ยวได้ [5]

2.4.8 การปรับมุมล้อระบบรองรับแบบคานแข็ง (Solid axle suspension)

ส่วนใหญ่รถที่ใช้คานแข็ง (I-beam) ออกแบบให้ปรับได้เฉพาะโทอิน ส่วนมุมแคสเตอร์ แคมเบอร์ และมุมเอียงสลักล้อหน้า ได้ตั้งมาจากโรงงานเรียบร้อยแล้วจึงไม่มีที่ปรับแต่ง แต่ในกรณีที่แหนบล้า คานทรุด เนื่องจากรับน้ำหนักมากเกินไป หรือคดงอเนื่องจากอุบัติเหตุ จะทำให้มุมต่างๆเปลี่ยนไป วิธีแก้ไขมุมแคสเตอร์ที่ผิดไปเล็กน้อย โดยไม่ต้องดัดคานทำได้โดยใช้ลิ่มสำหรับปรับมุมแคสเตอร์ (Caster wedges) ดังรูปที่ 1 ลิ่มจะรองอยู่ระหว่างแหนบและคานซึ่งมีสลักรูปตัวยูยึดอยู่ รถหลายยี่ห้อมีลิ่มใส่มากับรถตั้งแต่ออกมาจากโรงงาน ซึ่งสามารถเปลี่ยนลิ่มให้มีขนาดองศามากหรือน้อยตามต้องการได้ ขนาดของลิ่มมีตั้งแต่ 1 องศาครึ่ง ถึง 3 องศาครึ่ง แต่ละขนาดต่างกันครึ่งองศา ถ้าต้องการลดแคสเตอร์ก็สามารถทำได้โดยกลับหัวลิ่มไว้ด้านตรงข้าม ในการซ่อมคานหน้ารถจะต้องระวังตำแหน่งของลิ่มให้ได้ มิฉะนั้นจะทำให้พวงมาลัยหนักหรือเบากว่าปรกติ หรืออาจจะทำให้หน้ารถส่ายถ้ามุมแคสเตอร์น้อยเกินไป ในกรณีที่คานคดเนื่องจากอุบัติเหตุ ทำให้มุมแคสเตอร์ แคมเบอร์ และมุมเอียงสลักล้อหน้าผิดไป อาจจะต้องใช้วิธีดัดคาน ซึ่งต้องใช้เครื่องมือดัดคานแบบไฮดรอลิค แต่ต้องไม่ดัดมากจนเกินไป และจะต้องดัดเย็นเท่านั้น [5]



รูปที่ 2.27 การใช้ลิ่มสำหรับปรับมุมแคสเตอร์ของรถคานแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.9 การปรับมุมล้อระบบรองรับแบบแบบแม็คเฟอร์สันสตัท (MacPherson strut)

โดยทั่วไปรถที่ใช้ระบบรองรับแบบนี้ออกแบบให้ปรับศูนย์ล้อเพียงอย่างเดียว คือ โทอิน แต่มีบางรุ่นที่ออกแบบให้ปรับศูนย์ล้อได้ทั้งโทอิน แคสเตอร์ และแคมเบอร์

(1) การปรับแคสเตอร์

ระบบรองรับแบบนี้ถ้าออกแบบให้ปรับแคสเตอร์ได้ จะมีเหล็กยันปีกนกที่ปรับมุมแคสเตอร์ได้ (Caster strut) เช่นเดียวกับระบบรองรับแบบปีกนก [5]

(2) การปรับแคมเบอร์

ระบบรองรับแบบแบบแม็คเฟอร์สันสตัท โดยทั่วไปปรับมุมแคมเบอร์ไม่ได้เพราะกระบอกโช๊คอับกับหัวต่อแกนล้อเชื่อมติดเป็นตัวเดียวกันแบบปรับแคมเบอร์ได้หัวต่อแกนล้อ (Steering knuckle)ประกอบกับกระบอกโช๊คอับโดยสลักเกลียวและลูกเบี้ยวจาน มุมแคมเบอร์ปรับโดยการหมุนสลักเกลียวที่ติดอยู่กับลูกเบี้ยวจานเพื่อให้หัวต่อแกนล้อเปลี่ยนตำแหน่งตามรูป ถ้าหมุนลูกเบี้ยวจานขึ้นข้างบนมุมแคมเบอร์จะเพิ่มขึ้น ถ้าต้องการลดมุมแคมเบอร์ก็หมุนลูกเบี้ยวจานลงด้านล่างส่วนมุมโทเหมือนระบบทั่วไป [5]

2.5 ทฤษฎีระบบช่วงล่าง

2.5.1 ช่วงล่าง

ช่วงล่าง หมายถึง ชิ้นส่วนและระบบต่างๆของรถยนต์ซึ่งอยู่ใต้ตัวถัง แต่ไม่นับรวมเครื่องยนต์และระบบส่งกำลัง ซึ่งมันจะควบคุมการขับ การเลี้ยว การหยุด โดยใช้อุปกรณ์เหล่านี้ คือ ระบบรองรับโครงสร้างของเพลาที่ทำให้มีเสถียรภาพการเกาะถนนที่ดี มีทั้งระบบรองรับหน้าและระบบรองรับหลัง ระบบบังคับเลี้ยว เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ ระบบเบรก ลดความเร็วหรือทำให้รถหยุดการเคลื่อนที่ ยางและกระทะล้อ ทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ตามพื้นผิวถนนได้

ในสมัยโบราณยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยล้อทางบก เช่น เกวียน และรถม้า ไม่มีสปริงรองรับ ล้อจะสวมอยู่ปลายเพลาคาน (Axle) ซึ่งยึดติดแน่นกับพื้นยานพาหนะ เมื่อล้อเคลื่อนที่ผ่านหลุมบ่อบนผิวทาง ก็จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามลักษณะผิวของหลุมบ่อ ตัวยานพาหนะซึ่งยึดติดกับเพลาคานก็จะเคลื่อนที่ตามไปด้วย ยิ่งยานพาหนะเคลื่อนที่เร็ว การเคลื่อนที่ขึ้นลงก็เร็วตามไปด้วย ทำให้สั่นสะเทือนมาก ผู้โดยสารไม่สะดวกสบายและยังทำให้ยานพาหนะชำรุดได้ง่ายอีกด้วย สภาพที่ไม่เรียบบนพื้นผิวทางเปรียบเสมือนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกเบี้ยว (Cam) ซึ่งอยู่กับที่ล้อที่เคลื่อนที่ผ่านเปรียบเสมือนตัวตาม (Follower) เมื่อล้อเคลื่อนที่ผ่านจึงเกิดอัตราเร่งในแนวดิ่ง จึงเกิดแรงส่งไปยังตัวยานพาหนะ นอกจากนั้นการเคลื่อนที่ผ่านผิวที่ขรุขระยังเกิดการปะทะระหว่างล้อกับพื้นผิว จึงส่งแรงสั่นสะเทือนจากการปะทะไปยังตัวยานพาหนะอีกด้วย

ถ้าผิวถนนเรียบอย่างสมบูรณ์และได้ระดับ รถจะไม่ได้รับแรงกระแทกจากถนนเลย แต่ความเป็นจริงผิวถนนเกือบทุกที่จะมีหลุมบ่อและสันสะดุด (Bump) อยู่ด้วย รถจึงต้องรับแรงกระแทกอยู่ตลอดเวลา ถ้าไม่มีวิธีลดแรงกระแทกให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก็จะเกิดปัญหาต่างๆตามมา การโดยสารหรือการบรรทุกจะรับแรงกระแทกจนไม่มีความสะดวกสบายหรือแตกหัก การโยกไปมาหรือส่ายทำให้ควบคุมรถยาก ชิ้นส่วนต่างๆของรถจะเกิดการชำรุดหรือสึกหรออย่างรวดเร็ว เพื่อให้การใช้งานมีความสะดวกสบาย นิ่มนวล บังคับรถง่าย และไม่ทำให้เกิดการชำรุดเร็วเกินไป จึงจำเป็นต้องมีสปริงรองรับอยู่ระหว่างล้อกับตัวรถ โดยมีแขนบังคับแบบต่างๆควบคุมการเคลื่อนที่ มีอุปกรณ์ดูดกลืนแรงกระแทกที่เกิดขึ้น และควบคุมการแกว่งกวัดในแนวต่างๆที่จะส่งผลไปยังตัวถังรถ อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้สำหรับลดอาการดังกล่าวเมื่อประกอบกันขึ้นเรียกว่า ระบบรองรับระบบรองรับ (suspension systems) ระบบรองรับรถยนต์มีการพัฒนามาประมาณ100 ปีแล้ว ตลอดเวลา ได้มีความพยายามที่จะให้ระบบรองรับมีสมรรถนะดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตัวบ่งชี้ว่าสมรรถนะของระบบรองรับดีหรือไม่ มีหลายอย่าง ที่กล่าวกันมากที่สุดในปัจจุบันคือ ระบบรองรับที่ดีจะต้องเลี้ยวโค้งได้ด้วยความเร็วสูงที่สุด ซึ่งการออกแบบชิ้นส่วนและเรขาคณิตของระบบเป็นเรื่องซับซ้อน จึงควรทำความเข้าใจหลักการให้ดี [6]

2.5.2 ระบบรองรับคืออะไร

ระบบรองรับเป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างตัวถังรถและล้อ โดยมีชิ้นส่วนทางกลเป็นตัวการเชื่อมต่อเพื่อควบคุมการทำงาน มีสปริงเป็นตัวรองรับน้ำหนักและลดการสั่นสะเทือน มีโชกอัพเป็นตัวหน่วงการแกว่งกวัดเมื่อรถแล่นไปบนถนน ระบบรองรับที่ดีสำหรับรถยนต์นั่งอาจแตกต่างกันกับรถแข่งเพราะจุดประสงค์ไม่เหมือนกัน สำหรับรถยนต์นั่งระบบรองรับออกแบบให้มีความนุ่มนวลในการโดยสาร มีเสถียรภาพในการขับขี่ เลี้ยวโค้งได้ด้วยความเร็วสูงพอสมควร ฯลฯ แต่สำหรับรถแข่งเป้าหมายคือความเร็วสูงสุด นั่นคือเลี้ยวโค้งได้ด้วยความเร็วสูงมาก มีความแม่นยำในการควบคุมรถสามารถบังคับเลี้ยวได้ในลักษณะที่ผู้ขับต้องการ เพราะผู้ขับแต่ละคนมีความถนัดในการควบคุมรถที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาเข้าโค้ง ความนิ่มนวลในการขับขี่ถือเป็นเรื่องลงไป รถแข่งจึงค่อนข้างสั่นสะเทือน จะต้องเกาะยึดถนนดีมีเสถียรภาพในการควบคุมรถ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 หน้าที่ของระบบรองรับ [6]

ระบบรองรับจะทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างตัวถังรถกับล้อ และทำหน้าที่อื่นๆอีกดังนี้

(1) ระบบรองรับจะทำงานรวมกับยาง ในการดูดซับแรงสั่นสะเทือน และการแกว่งตัวในขณะขับขี่ อันเนื่องมาจากผิวถนน และการบังคับเลี้ยวรถเพื่อความมั่นคง และนุ่มนวลในการขับขี่

(2) ทำหน้าที่ให้เกิดการทรงตัวที่ดี และเกิดความมั่นใจในการขับขี่ ขณะออกตัว , เร่ง , ชลอ และหยุดรถ และช่วยให้มีเสถียรภาพในการขับขี่ (Driving stability)

(3) ส่งถ่ายกำลังขับเคลื่อนและการเบรกซึ่งเกิดโดยความเสียดทานระหว่างผิวถนนกับยางไปยังตัวถังรถ

(4) รองรับตัวถังซึ่งตั้งอยู่บนเพลาขับและรักษาความสัมพันธ์เชิงมุมเรขาคณิตระหว่างตัวถังและล้อให้ถูกต้อง

2.5.4 ระบบรองรับประกอบด้วยชิ้นส่วนหลักดังต่อไปนี้ [6]

(1) สปริง

(2) โช๊คแอบซอพเบอร์

(3) ปีกนก

(4) ลูกหมาก

(5) บูชยาง

(6) แขนหนวดกุ้ง

(7) แขนกันโคลง

(8) แขนควบคุม

(9) ลูกยางกันกระแทก

2.5.5 ประเภทของระบบรองรับ

ระบบรองรับอาจแบ่งเป็นประเภทต่างๆคือ

(1) ระบบคานแข็ง (Solid axle suspension) ระบบรองรับประเภทนี้ประกอบด้วย เพลาคาน (Axle) ติดตั้งขวางกับตัวรถ ล้อซ้ายและขวาหมุนรอบเพลาคาน มีทั้งระบบเพลาตาย(Dead axle) คือเพลาอยู่กับที่โดยล้อหมุนรอบแกนเพลา และเพลาเป็น(Live axle) คือเพลาหมุนล้อเพื่อขับเคลื่อนโดยมีปลอกห่อหุ้มหรือเสื้อเพลาเป็นแกนหมุนของล้อ ระบบรองรับแบบคานแข็งยังคงใช้อยู่จนถึงปัจจุบันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งล้อหน้าและล้อหลังของรถบรรทุก ระบบรองรับล้อหลังของรถกระบะและรถนั่งอเมริกันเป็นแบบที่มีความแข็งแรง ระบบรองรับแบบนี้มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษหลายชื่อเช่น Rigid axle , Beam axle เป็นต้น ลักษณะสำคัญของระบบรองรับแบบนี้คือ ล้อซ้ายและล้อขวาอยู่บนเพลาเดียวกัน ทำงานสัมพันธ์กันโดยตรง จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Dependent ซึ่งหมายถึงล้อไม่อิสระ เมื่อล้อข้างหนึ่งเอียงก็ทำให้ล้ออีกข้างหนึ่งเอียงไปด้วยกัน [6]

(2) ระบบรองรับแบบอิสระ (Independent suspension) แกนล้อ (wheel spindle) ของล้อซ้ายและขวาจะแยกกัน เมื่อล้อข้างหนึ่งแยกหรือเอียงจะไม่ส่งผงกระทบกระเทือนไปยังล้ออีกข้างหนึ่ง คือแต่ละล้อต่างทำงานเป็นอิสระ ระบบรองรับแบบอิสระนี้มีแบบย่อยๆอีกเป็นจำนวนมาก นิยมใช้กับรถยนต์นั่งเพราะมีข้อดีหลายประการ [6]

(3) ระบบรองรับแบบกึ่งอิสระ (semi-independent suspension) เป็นแบบที่มีลักษณะผสมระหว่างแบบล้ออิสระและคานแข็ง ส่วนมากใช้เป็นระบบรองรับของล้อหลังรถยนต์ขนาดเล็ก ล้อทั้งซ้ายและขวามีคานเชื่อมติดกันทำให้มีคุณสมบัติเป็นแบบคานแข็ง แต่เมื่อล้อผ่านสิ่งขรุขระจะทำงานเสมือนรองรับแบบอิสระ [6]

2.5.6 ชนิดและข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบช่วงล่าง

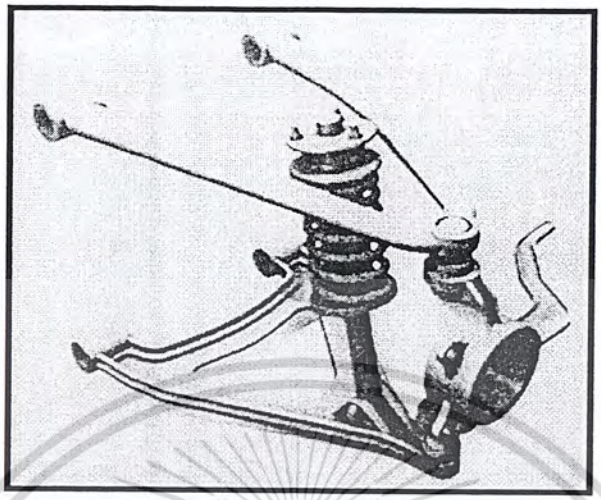
เนื่องจากระบบช่วงล่างที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด โครงงานนี้จึงทำการศึกษาระบบช่วงล่างชนิดที่เป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบันเท่านั้น โดยทำการศึกษาระบบช่วงล่างชนิดอิสระต่อกัน 3 ชนิด และระบบช่วงล่างชนิดไม่เป็นอิสระต่อกัน 2 ชนิด [6]

(1) ระบบช่วงล่างชนิดอิสระต่อกัน (Independent suspension)

- ระบบช่วงล่างชนิดปีกนกคู่ (Double wishbone suspension) ระบบปีกนกคู่นี้สามารถติดตั้งได้ทั้งล้อหน้าและล้อหลัง โดยระบบนี้เกือบจะเป็นระบบที่สมบูรณ์ที่สุดในด้านการควบคุมมุมแคมเบอร์ ตลอด 40 ปีที่ผ่านมา ระบบนี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในรถสปอร์ตและรถแข่ง ยี่ห้อรถที่ใช้ระบบนี้ได้แก่ เฟอร์รารี่ ทีวีอาร์ โลตัส และฮอนด้า โดยส่วนประกอบจะประกอบไปด้วยแขน (Wishbone arms) 2 แขน หรือเรียกว่า เอ-อาร์ม (A-Arms) ซึ่งมีความยาวเท่ากันและวางขนาดกันอยู่ แต่จะมีปัญหาตรงที่จะเกิดการเสียดสีกันอย่างแรงตรงขอบยาง ทำให้วิศวกรได้ออกแบบและพัฒนาระบบนี้ให้เออาร์มเปลี่ยนเป็นมีความยาวไม่เท่ากันและวางไม่ขนานกัน โดยจะทำให้แขนด้านบนเอียงดังรูปที่1 ระบบนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในอเมริกาแต่ไม่นิยมในยุโรป เพราะว่าส่วนใหญ่รถยุโรปจะมีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็กทำให้มีเนื้อที่ในการติดตั้งระบบนี้น้อยอีกทั้งยังมีราคาค่อนข้างแพง เมื่อเทียบกับระบบช่วงล่างแบบแม็คเฟอร์สันสตัท(MacPherson strut)



รูปที่ 2.28 ตำแหน่งการวางของปีกนก

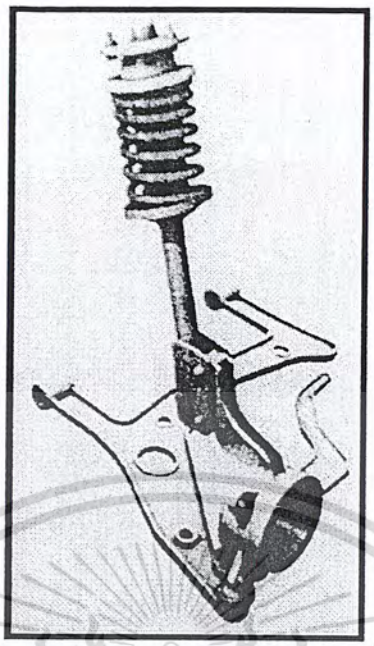
ข้อดีและข้อเสียของระบบช่วงล่างชนิดปีกนกคู่

ข้อดี : มีการควบคุมมุมแคมเบอร์ที่ดีมาก ติดตั้งได้ทั้งล้อหน้าและล้อหลัง

ข้อเสีย : ราคาชิ้นส่วนต่างๆแพง , ใช้กับรถเล็กไม่ได้ , เมื่อรถขึ้นเนินระยะห่างซ้ายขวาจะเปลี่ยน [6]

- ระบบช่วงล่างชนิดแม็คเฟอร์สันสตัท (MacPherson strut) ระบบนี้ถูกคิดขึ้นในปี ค.ศ. 1940 โดย เอิร์ล แม็คเฟอร์สัน (Earl S. McPherson) โดยระบบนี้เริ่มใช้กันแพร่หลายมากขึ้นหลังจากฟอร์ดเริ่มใช้ระบบนี้ ในปี ค.ศ. 1950 โดยระบบนี้ต่างกับระบบอื่นๆตรงที่ช็อกอับ (Shock absorber) ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่รองรับแรงสั่นสะเทือนแล้ว ยังเป็นตัวที่สามารถควบคุมมุมของล้อ(Wheel alignments) ที่จะติดตั้งได้ด้วยทำให้ไม่ต้องมีปีกนกบนเหมือนกับระบบช่วงล่างชนิดปีกนกคู่ ดังรูปที่ 1 โดยยี่ห้อรถที่ใช้ระบบนี้ได้แก่ ฮุนได เฟียซ และรถขนาดเล็กที่ขับเคลื่อนล้อหน้า ระบบรองรับแบบนี้มีจุดอ่อนสำคัญอยู่ 2 อย่างคือ กระบอกติด และแกนโก่ง โดยกระบอกติดมักเกิดขึ้นเมื่อรถมีน้ำหนักบรรทุกน้อยและกระบอกเลื่อนออกมากจนลูกสูบของโชกอับและบุชของกระบอกเข้าใกล้กัน ทำให้แรงดันข้างเพิ่มขึ้น เกิดความเสียดทานสูง และแกนโก่งเกิดจากการเยื้องด้านข้างระหว่างแกนกับล้อเป็นเหตุให้แกนล้อเป็นเสมือนคานระหว่างแกนกับตัวยึดล้อทำให้แกนโก่งเมื่อกระบอกยืดออกยาวหรือมีภาระมากระทำมากเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 ระบบช่วงล่างแบบแม็คเฟอร์สันสตัท (MacPherson strut)

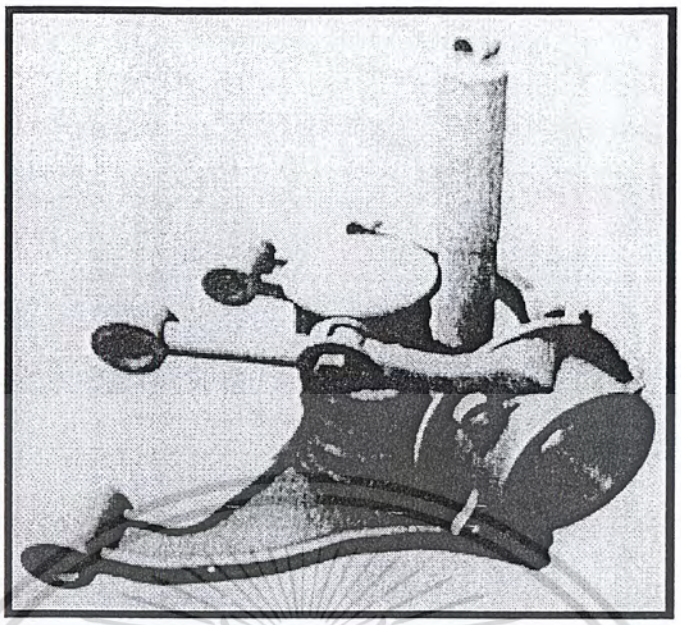
ข้อดีและข้อเสียของระบบช่วงล่างชนิดแม็คเฟอร์สันสตัท (MacPherson strut)

ข้อดี : ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย , ซ่อมแซมได้ง่าย , ใช้กับรถขนาดเล็กได้ , ปรับมุมล้อได้ง่าย

ข้อเสีย : นิยมติดตั้งเฉพาะด้านหน้า , มีการควบคุมมุมแคมเบอร์ได้ไม่ดีเท่าไหร่ [6]

- ระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์ (Multi-link) ตั้งแต่ทศวรรษที่ 80 เป็นต้นมา ระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อยๆจนถึงปัจจุบัน เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น นิสสัน 200 เอสเอ็กซ์ (Nisson 200 SX) เมอร์ซิเดส เอส คลาส (Mercedes S-class) และบีเอ็มดับบิว ซีรี่ย์ 3 (BMW 3-series) ฯลฯ นับได้ว่าเป็นระบบที่ทันสมัยและเป็นที่นิยมมากระบบหนึ่ง ระบบนี้เป็นระบบอธิบายรูปแบบและส่วนประกอบได้ยากลำบาก เพราะว่าโครงสร้างของระบบนี้ไม่ตายตัว ขึ้นอยู่กับรูปแบบและโครงสร้างของรถที่ทำการออกแบบ โดยระบบนี้เป็นระบบที่ควบคุมมุมแคมเบอร์ได้ดีระบบหนึ่งเทียบเท่ากับระบบช่วงล่างแบบปีกนกคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 ระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์ (Multi-link)

ข้อดีและข้อเสียของระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์

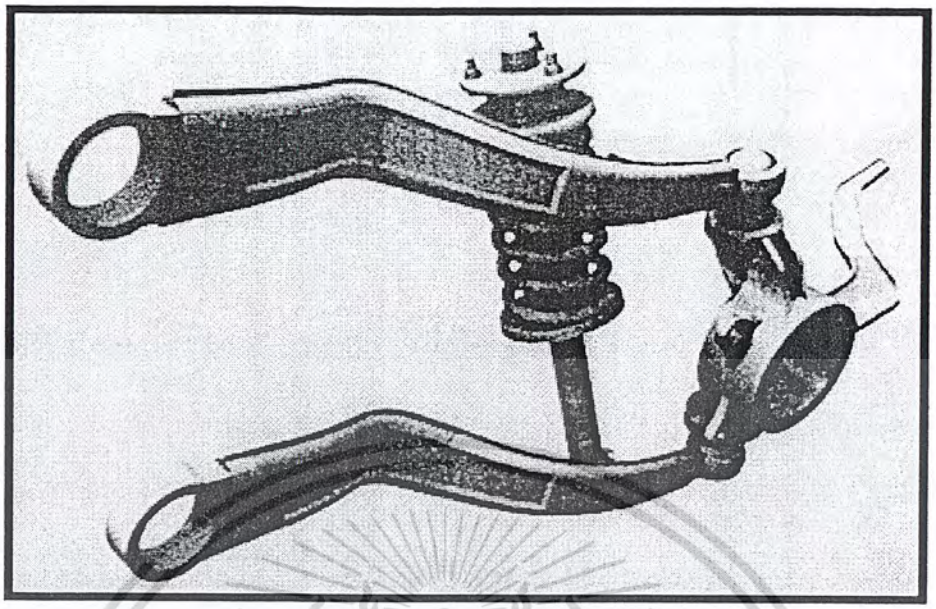
ข้อดี : ควบคุมมุมแคมเบอร์ได้ดีมาก , ให้ความนิ่มนวลสูงเพราะมีลิงค์หลายลิงค์ช่วยรับแรง

ข้อเสีย : ออกแบบได้ยาก , ติดตั้งได้แค่ล้อหลัง , ชิ้นส่วนบางชิ้นส่วนไม่สามารถสร้างขึ้นมาเองได้ทำให้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง [6]

(2) ระบบช่วงล่างชนิดไม่อิสระต่อกัน (Non-Independen suspension)

- ระบบช่วงล่างชนิดเทรลลิ่งอาร์ม (Trailing arm) เป็นระบบช่วงล่างชนิดเก่า โดยนิยมใช้กันในรถราคาระดับตั้งแต่กลางถึงสูง หลังจากปี ค.ศ. 1990 ระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์ได้เข้ามา รถยนต์ส่วนใหญ่ก็หันไปใช้ระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์กัน เหลือเพียงรถยนต์ส่วนน้อยที่ใช้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 ระบบช่วงล่างชนิดเทรลลิ่งอาร์ม(Trailing arm)

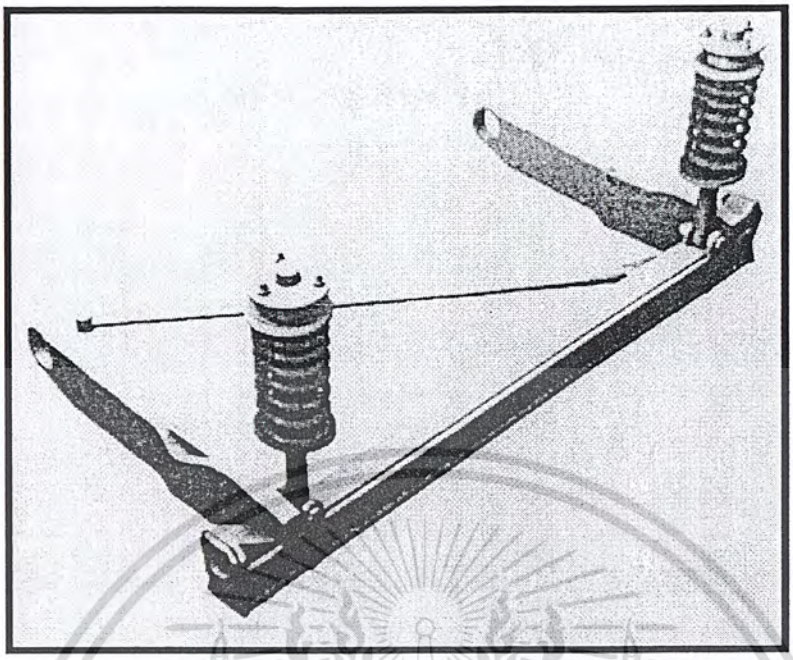
ข้อดีและข้อเสียของระบบช่วงล่างชนิดเทรลลิ่งอาร์ม

ข้อดี : เวลารถขึ้นเนินระยะห่างระหว่างล้อซ้ายกับขวาไม่เปลี่ยน , ติดตั้งได้ง่าย , ราคาถูก

ข้อเสีย : นิ่มนวลน้อยกว่าระบบช่วงล่างชนิดมัลติลิงค์ , เป็นระบบช่วงล่างไม่อิสระต่อกัน , เวลารถขึ้นเนินระยะห่างระหว่างล้อหน้ากับล้อหลัง(Wheel base)จะเปลี่ยน [6]

- ระบบช่วงล่างแบบคานแข็ง(Rigid axles suspension) ระบบรองรับน้ำหนักแบบคานแข็ง โดยทั่วไปมักนิยมใช้กับรถยนต์ที่มีความต้องการบรรทุกน้ำหนักมาก ดังนั้นรถยนต์ที่ใช้ระบบนี้ จึงมีลักษณะการใช้งานเป็นแบบ เพลาเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 ระบบช่วงล่างแบบคานแข็ง (Rigid axles suspension)

ลักษณะโดยทั่วไป [6]

1. มีโครงสร้างแบบง่ายไม่ยุ่งยาก บำรุงรักษาง่าย

2. มีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานหนักๆ จึงเหมาะกับการใช้งานกับรถบรรทุกหรือรถที่ใช้ในการขนส่งของหนักๆ

3. การสึกของดอกยางจะมีน้อยเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงศูนย์ล้อ ในขณะเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นไปได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

4. การสั่นสะเทือน จะสามารถเกิดขึ้นได้อย่างง่าย เนื่องจากการเคลื่อนไหวของล้อซ้ายและขวาใช้เพลาร่วมกัน

5. การยึดกับเพลาในกรณีรถที่ไม่มีเฟืองท้ายจะใช้แบริ่งในการยึด แต่ในกรณีที่มีเฟืองท้ายการยึดกับเพลาจะยึดโดยการยึดต่อกับเฟืองท้าย

6. การติดตั้งจะติดตั้งง่ายเพราะมีจุดยึดต่อกับชุดหน้าของตัวรถเพียงจุดเดียว

7. ระบบคานแข็งส่วนมากจะเกิดการปัดได้ง่ายเพราะระบบมักเป็นแบบเพลาเดียว จึงส่งกำลังจากเพลาในความเร็วที่เท่ากันรถจึงเกิดการปัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การออกแบบ

3.1 ปัจจัยที่จำเป็นต่อการพิจารณาออกแบบ

ในการออกแบบนั้นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบมีดังนี้

3.1.1 ออกแบบให้ชุดวัดมุมล้อสามารถใช้งานได้จริง ง่าย และสะดวกต่อการศึกษา

3.1.2 คำนึงถึงการสร้างจุดยึด การจัดวางอุปกรณ์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ

3.1.3 การเลือกใช้วัสดุมีความเหมาะสม

3.1.4 ง่ายต่อการบำรุงรักษาชิ้นส่วนต่างๆ

3.1.5 คำนึงถึงความคุ้มค่าทางการเงิน

3.1.6 ระยะเวลาในการสร้าง

3.1.7 น้ำหนักของส่วนประกอบต่างๆ

3.2 การออกแบบ

การออกแบบมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 กำหนดขนาด

การกำหนดขนาดจะทำให้สามารถมองเห็น โครงร่างของชิ้นงานได้พอคร่าวๆ โดยสิ่งที่จำเป็นและต้องคำนึงถึงในการกำหนดขนาดคือ ระยะของจุดยึดต่างๆจะต้องมีความใกล้เคียงกับชุดช่วงล่างของจริงเพื่อที่จะให้ในการออกแบบชิ้นงานจะได้ไม่คลาดเคลื่อนมากนัก ในที่นี้ทำการวัดระยะของระบบช่วงล่างของรถยนต์จริง โดยใช้ระบบรองรับแบบแม็คเฟอร์สันสตัท (MacPherson strut) เพื่อกำหนดขนาดและระยะต่างๆของชุดวัดมุมล้อในเบื้องต้นแบบสองมิติ

3.2.2 ออกแบบโดยใช้ Solid work

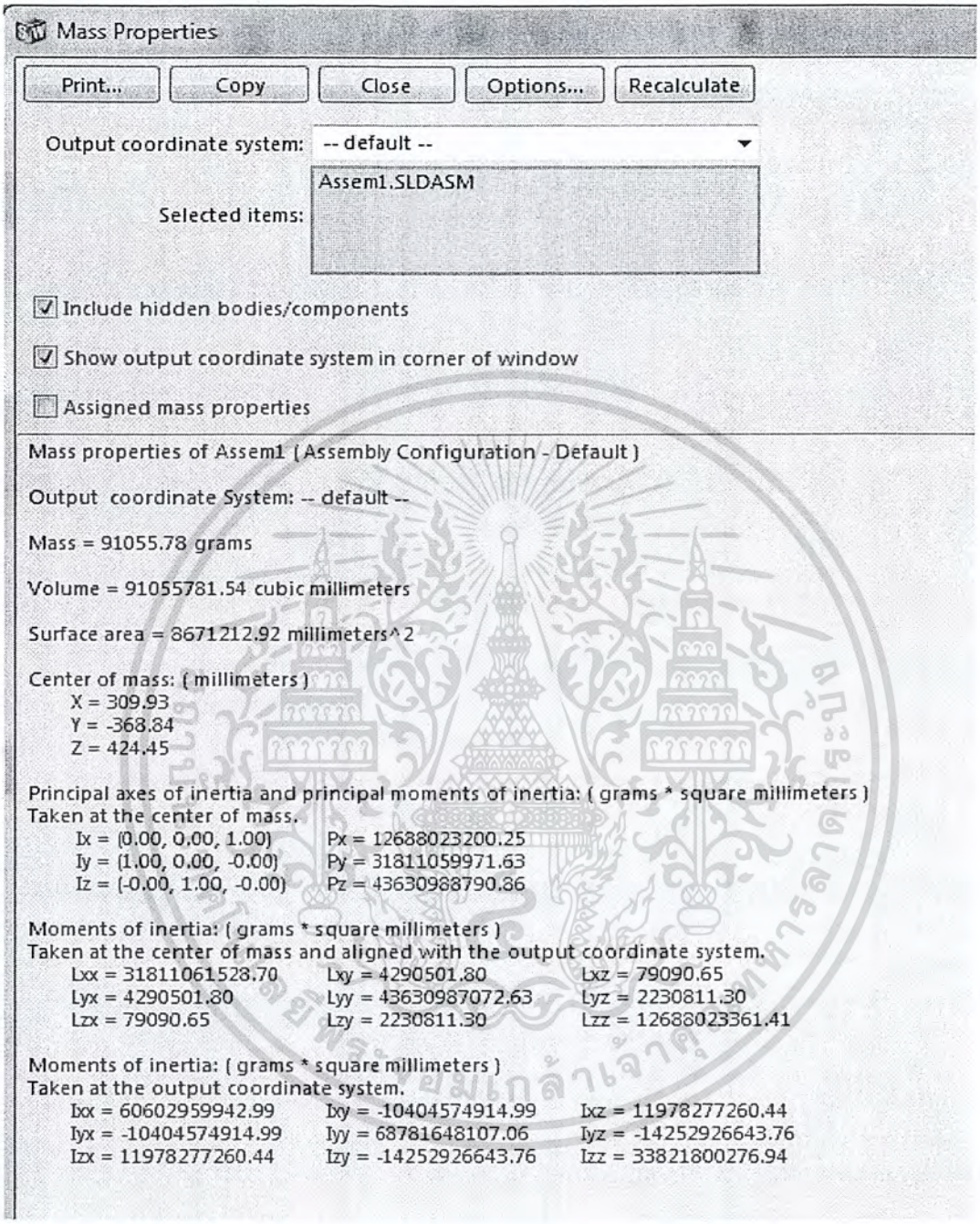
การออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid work 2010 ออกแบบในรูปสามมิติถือเป็นการออกแบบเสมือนจริงโดยในขั้นตอนนี้เราสามารถระบุขนาด และระยะต่างๆได้ดีกว่าเดิม การทำขั้นตอนนี้ยังเป็นการจำลองแบบสามมิติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคำนวณทางวิศวกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 วิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้ Cosmos

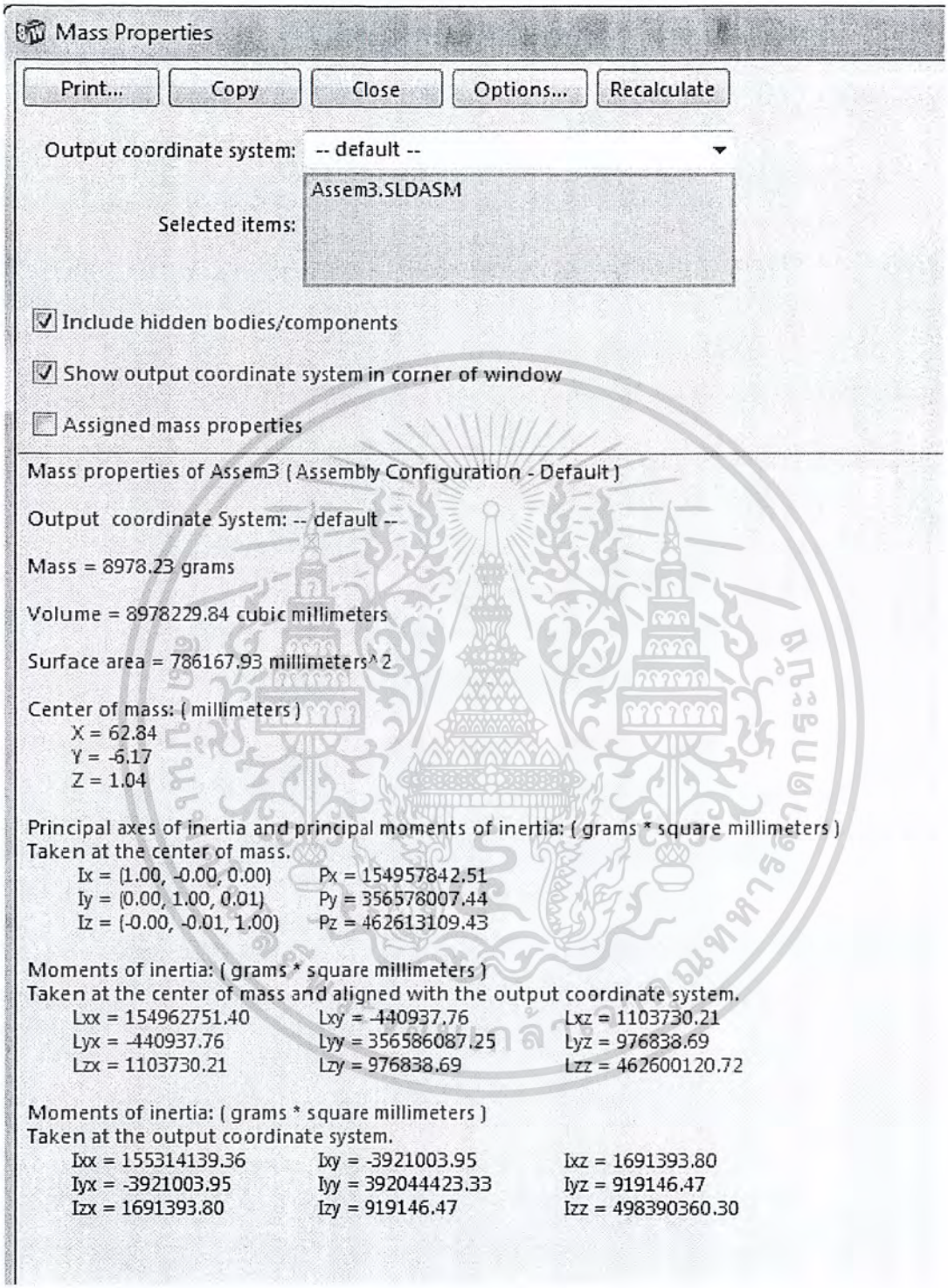
หลังจากทำการออกแบบในรูปสามมิติด้วยโปรแกรม Solid workต่อมาเราจะทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างและชิ้นส่วนต่างๆ อาทิเช่น ความเค้น ความเครียด การเสียรูป และค่าความปลอดภัย เป็นต้น โดยใช้โปรแกรมเสริมของSolid work2010 คือCosmos ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



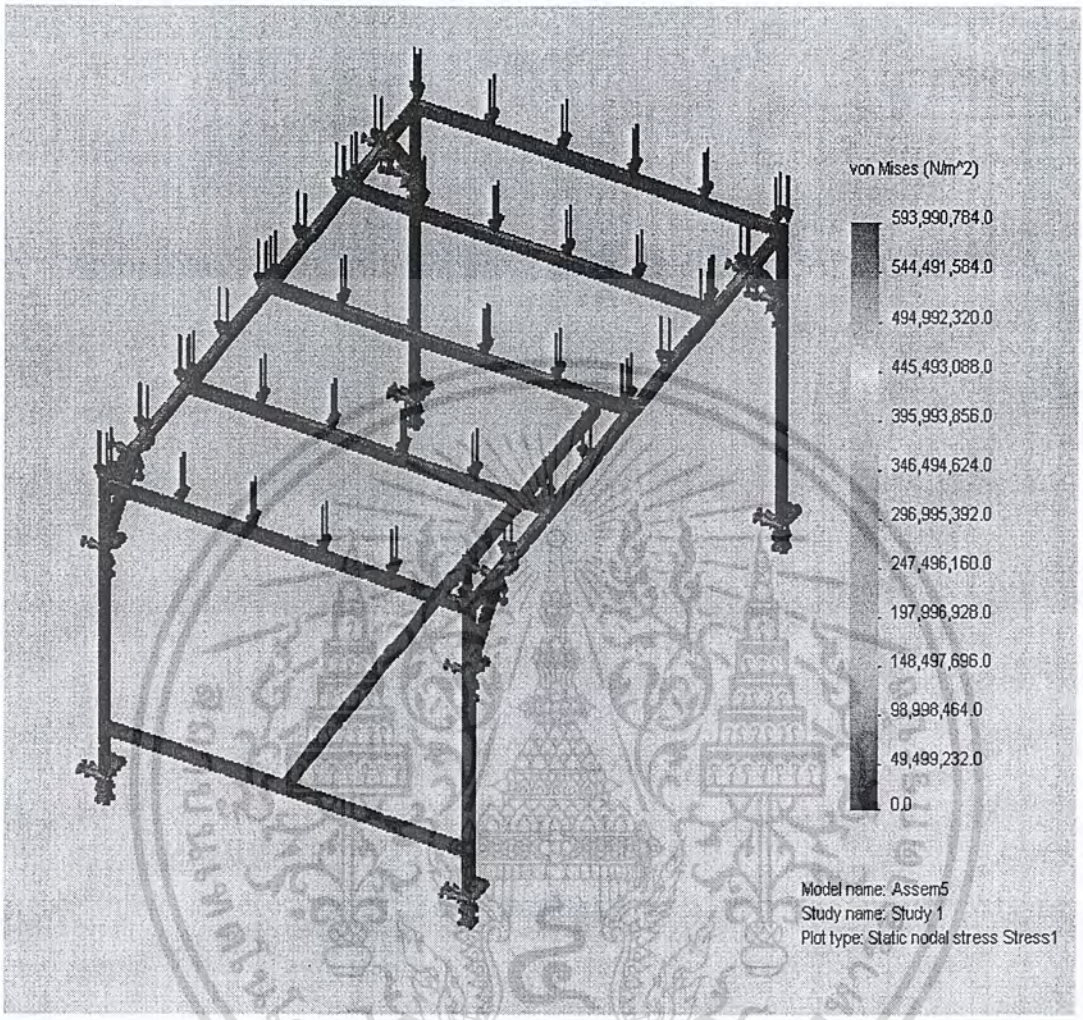
รูปที่ 3.1 การหาจุด Center of mass ของโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



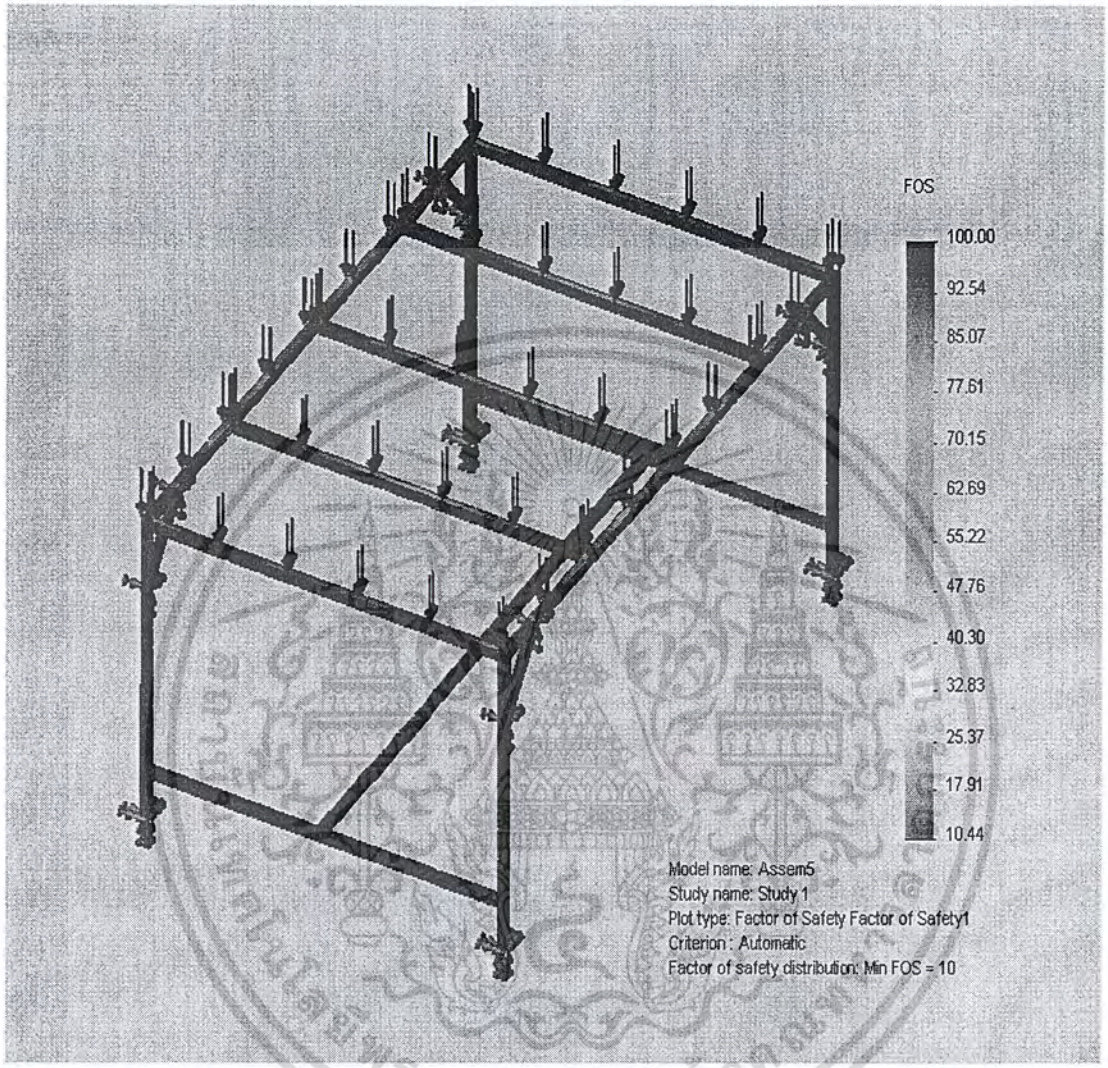
รูปที่ 3.2 การหาจุด Center of mass ของพื้นระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



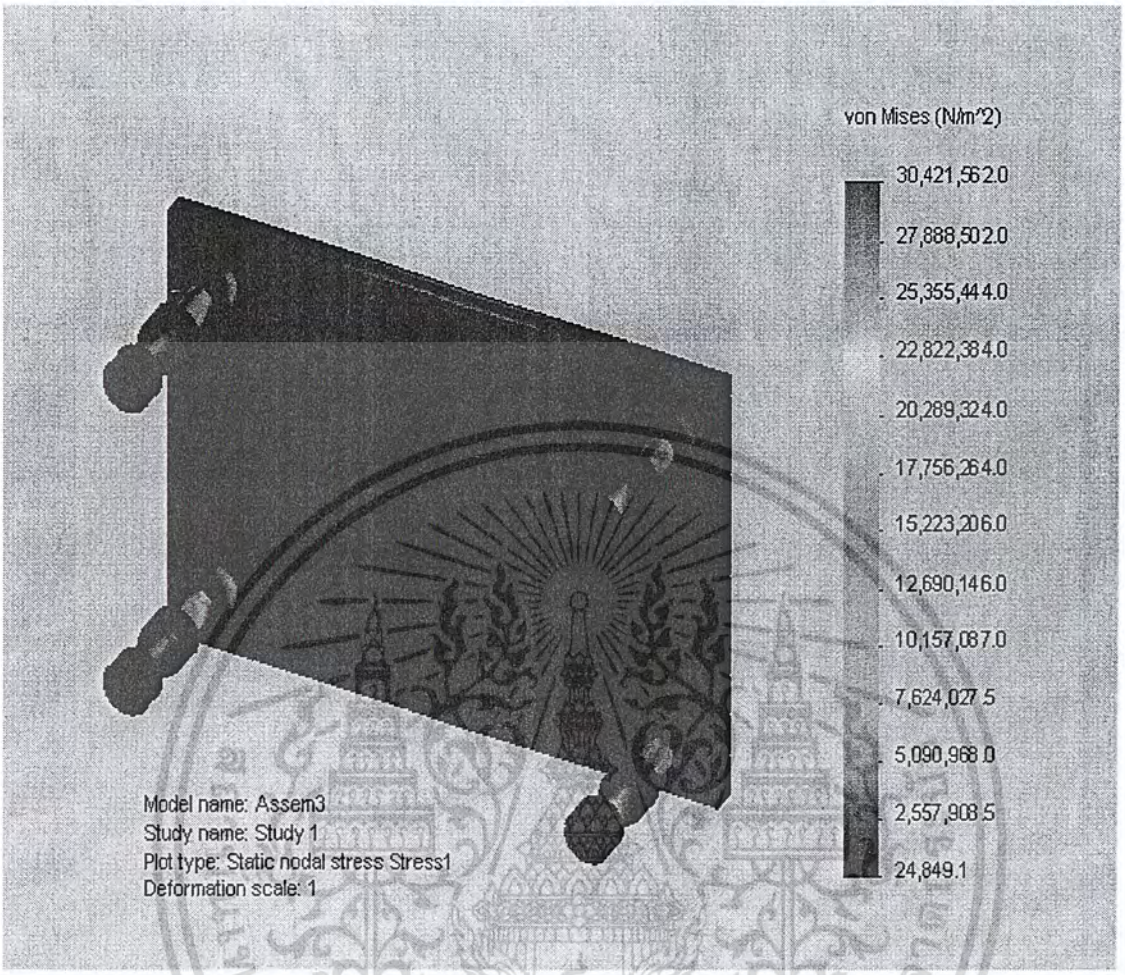
รูปที่ 3.3 แสดงความเค้นวอนมิสของโครงโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



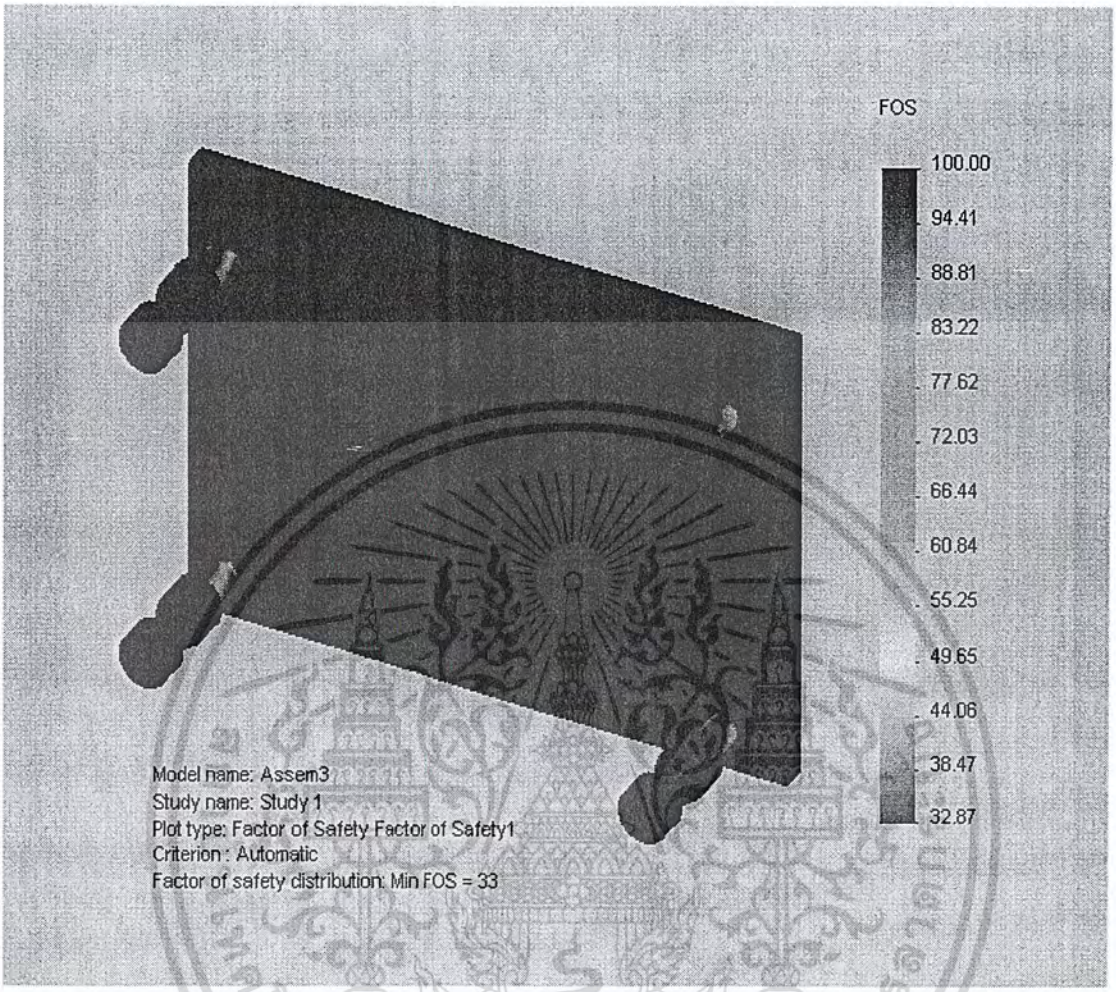
รูปที่ 3.4 ค่า Factor of safety ของโครงโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



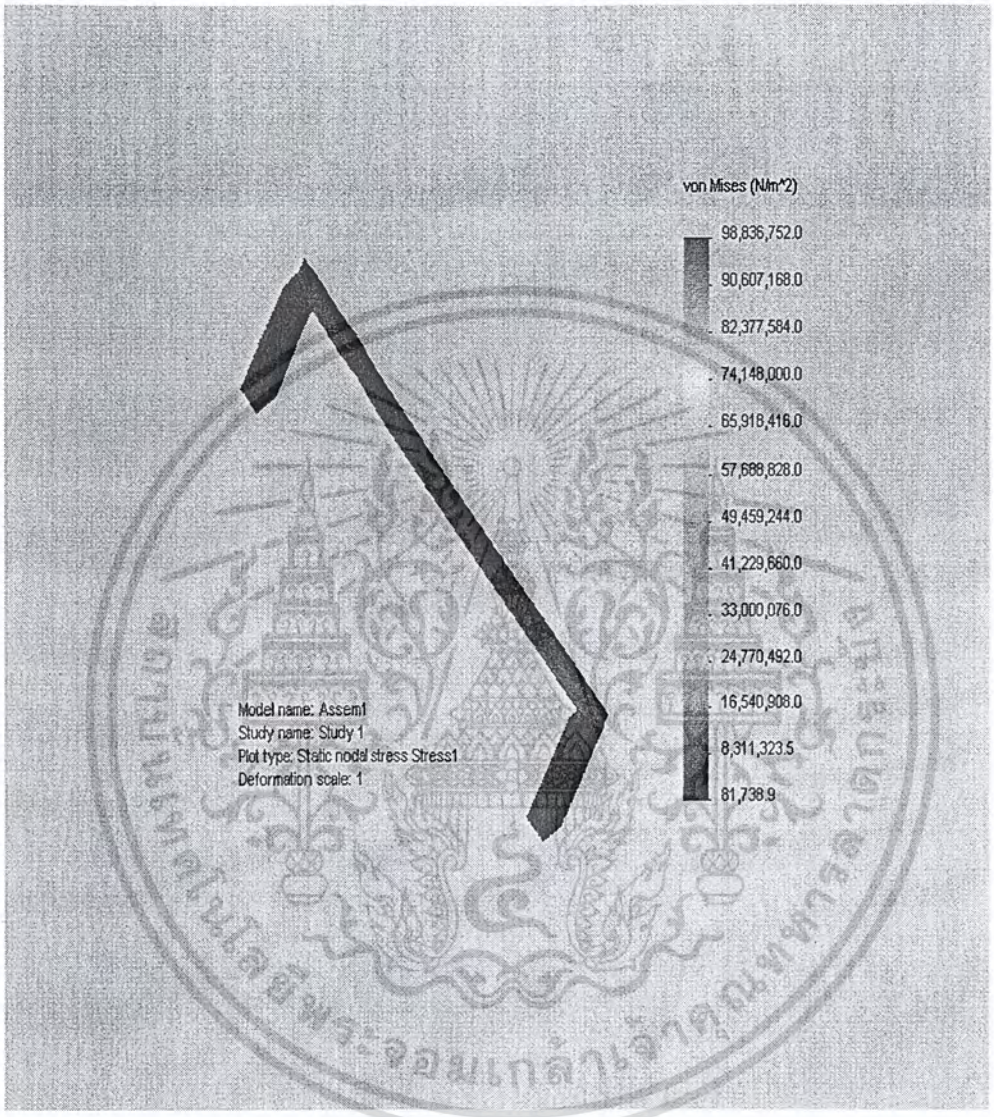
รูปที่ 3.5 แสดงความเค้นวอนมิสของพื้นระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



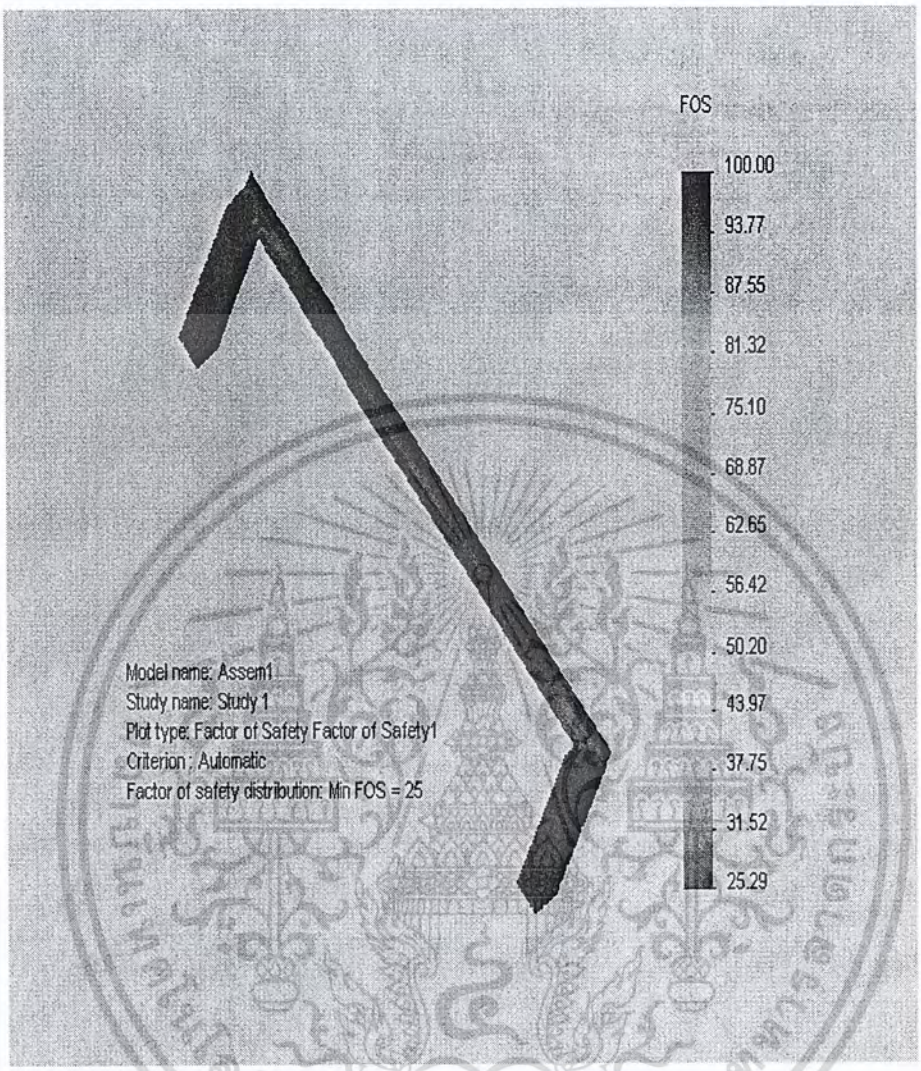
รูปที่ 3.6 ค่า Factor of safety ของพื้นระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงความเค้นวอนมิสของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ค่า Factor of safety ของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2e+011	N/m^2	Constant
Poisson's ratio	0.26	NA	Constant
Shear modulus	7.93e+010	N/m^2	Constant
Mass density	7850	kg/m^3	Constant
Tensile strength	4e+008	N/m^2	Constant
Yield strength	2.5e+008	N/m^2	Constant

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress1	VON: von Mises Stress	124250 N/m^2 Node: 14807	(-274.893 mm, -59.3084 mm, -18.2795 mm)	1.52108e+008 N/m^2 Node: 316	(-209.614 mm, -133.72 mm, 30.1493 mm)
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 15064	(298.171 mm, 137.86 mm, 174.253 mm)	0.338482 mm Node: 4503	(25.1069 mm, 7.35827 mm, -17.9089 mm)
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.3042e-006 Element: 7308	(-237.334 mm, 2.64178 mm, -18.2131 mm)	0.000477949 Element: 285	(-212.353 mm, 152.253 mm, 27.7113 mm)

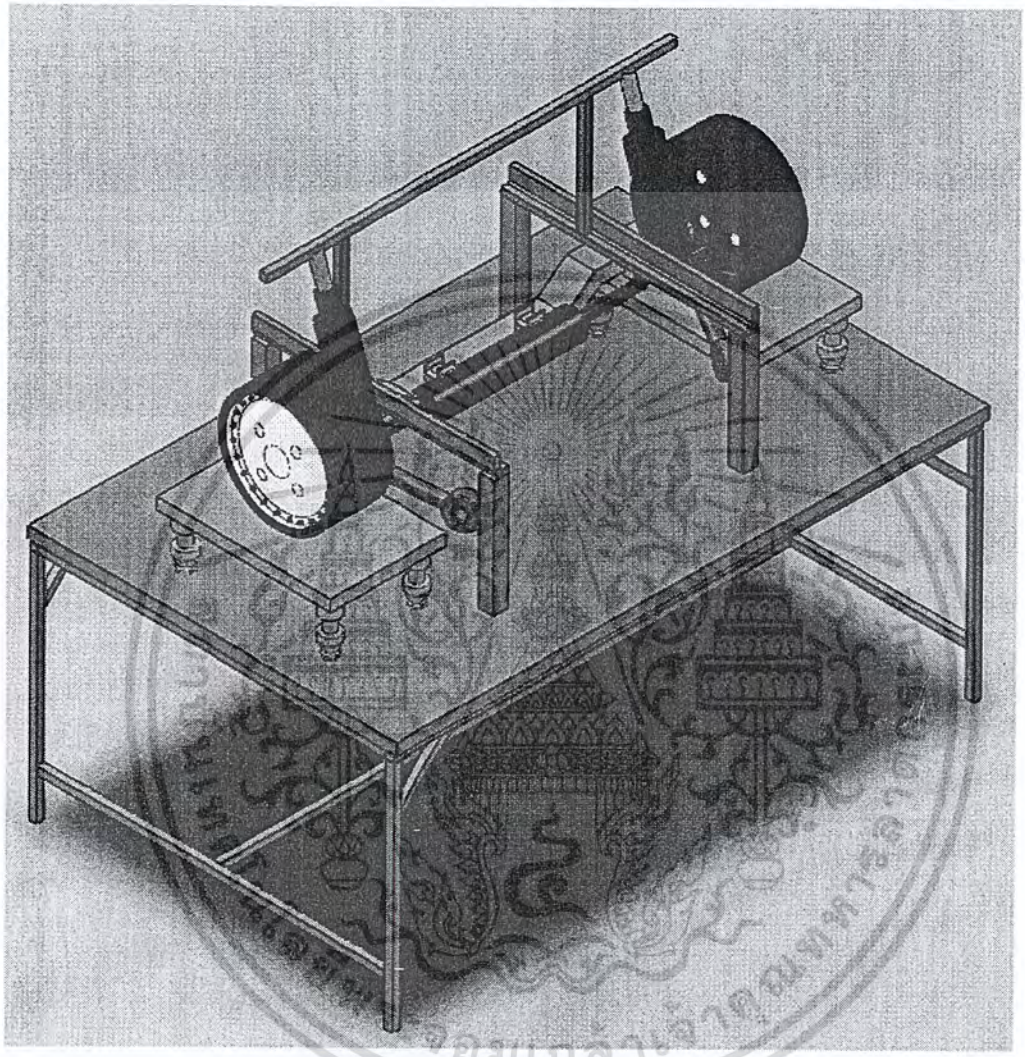
Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2.1e+011	N/m^2	Constant
Poisson's ratio	0.28	NA	Constant
Shear modulus	7.9e+010	N/m^2	Constant
Mass density	7700	kg/m^3	Constant
Tensile strength	7.2383e+008	N/m^2	Constant
Yield strength	6.2042e+008	N/m^2	Constant
Thermal expansion coefficient	1.3e-005	/Kelvin	Constant
Thermal conductivity	50	W/(m.K)	Constant
Specific heat	460	J/(kg.K)	Constant

Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress1	VON: von Mises Stress	0.00151034 N/m^2 Node: 13423	(895.654 mm, -283.013 mm, 741.101 mm)	5.93991e+008 N/m^2 Node: 66	(313.453 mm, 397.441 mm, -210.372 mm)
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 3	(288.053 mm, 397.441 mm, 1360.48 mm)	29.8149 mm Node: 4951	(913.461 mm, 380.326 mm, 529.857 mm)
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	6.26743e-015 Element: 5522	(893.56 mm, -278.84 mm, 1085.71 mm)	0.00121903 Element: 693	(1526.15 mm, 416.491 mm, 1355.68 mm)

รูปที่ 3.9 ตารางแสดงผลการ Simulation

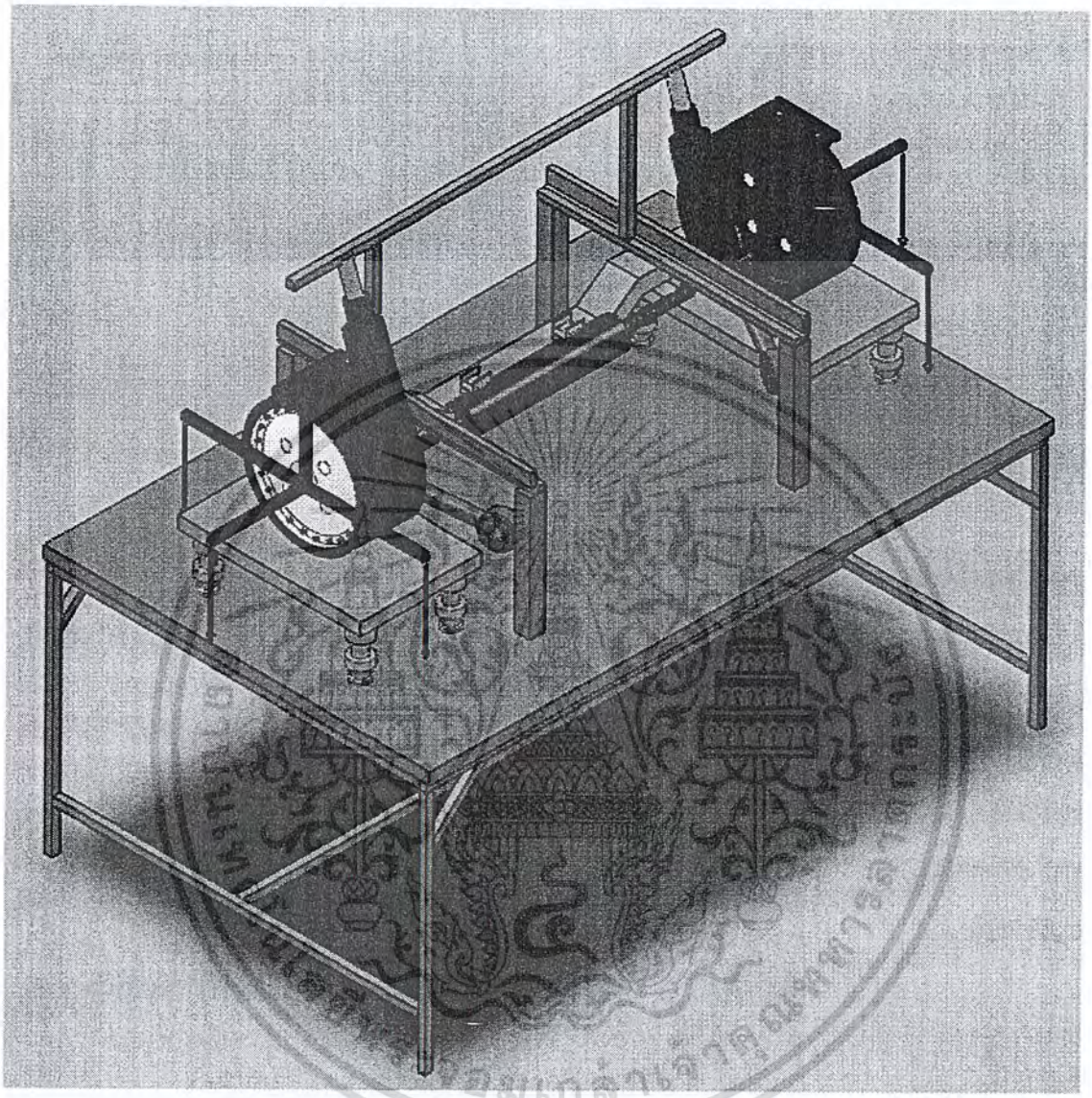
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทุกอย่างข้างต้นลงตัวและเหมาะสมแล้ว จึงได้แบบซึ่งจะเป็นแบบที่ใช้ในการสร้างชุดวัดมุมล้อจริงต่อไปตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3.10 แสดงแบบจำลองโครงฐานพร้อมพื้นระดับและชุดช่วงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงแบบจำลองชุดวัดมุมล้อเมื่อประกอบเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การสร้างและติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ

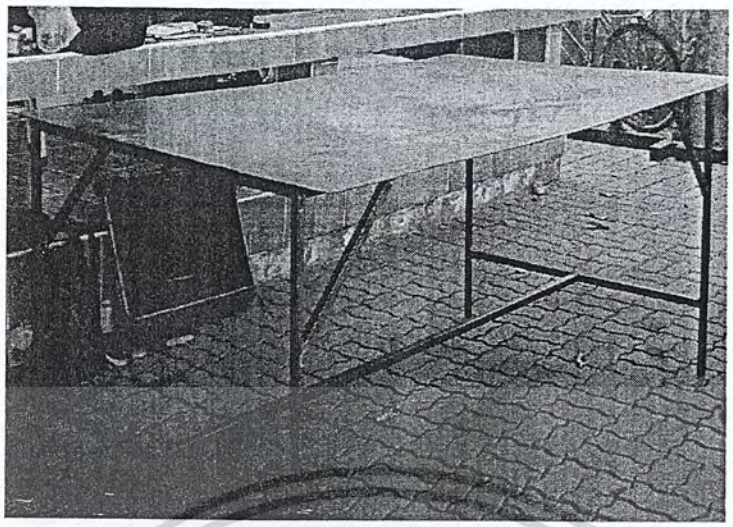
ในการสร้างและการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆนั้น ในทางทฤษฎีแล้วต้องสร้างออกมาให้ตรงตามแบบมากที่สุด เพื่อให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์และเหมาะสม เป็นไปตามแบบที่กำหนดไว้ โดยได้แบ่งขั้นตอนการสร้างและติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆดังนี้

4.1 การทำโครงฐาน

โครงฐานของชุดวัดมุมล้อนี้เป็นโต๊ะที่ทำจากเหล็กกล่องขนาด 2×2 นำมาประกอบกันโดยวิธีการเชื่อมไฟฟ้าและพื้นโต๊ะทำจากเหล็กแผ่นหนา 3mm ใช้วิธีเชื่อมไฟฟ้าเช่นกัน เพื่อยึดติดชิ้นส่วนทั้งสองเข้าด้วยกัน

รูปที่ 4.1 การเชื่อมโครงโต๊ะ

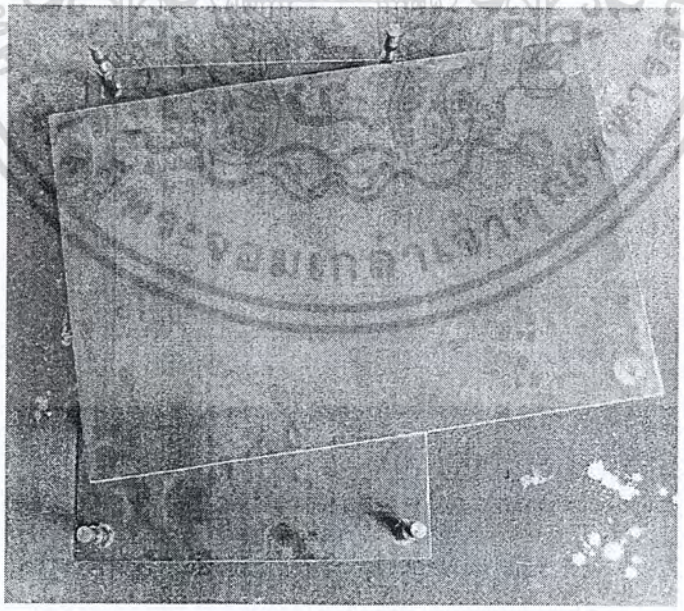
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของโต๊ะที่ใช้รองรับชุดช่วงล่าง

4.2 พื้นระดับ

ในการทำพื้นระดับนั้นได้สั่งให้โรงกลึงทำให้ตามรูปแบบที่ได้กำหนดเอาไว้ เพราะเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำไม่ครบ



รูปที่ 4.3 พื้นระดับทั้งสองข้าง

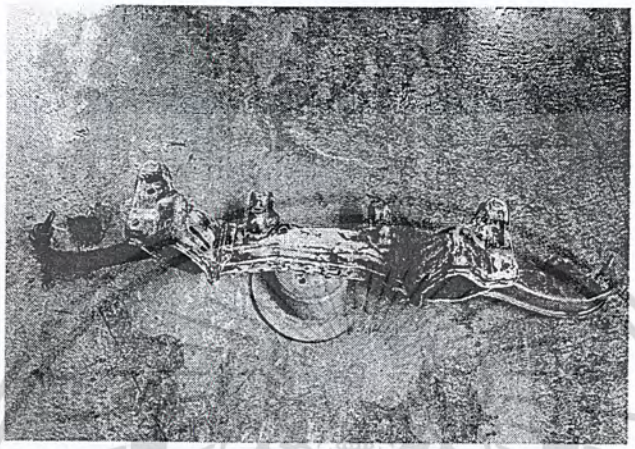
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประกอบชุดช่วงล่าง

ชุดช่วงล่างแบบ Mcpherson strut ประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

4.4.1 คานหลัก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดติดส่วนประกอบอื่นๆของช่วงล่างเข้าด้วยกัน

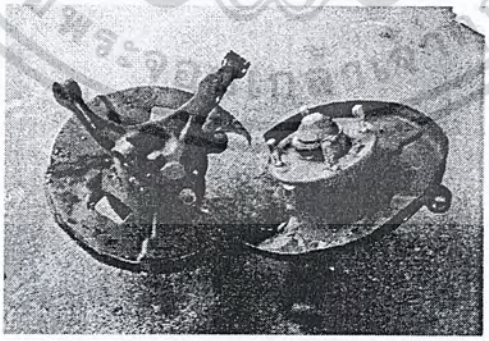
4.4.2 ปีกนกข้างซ้าย และขวา เป็นส่วนที่ยึดติดอยู่กับคานหลัก สามารถ ขยับและให้ตัวได้



รูปที่ 4.4 คานหลักและปีกนก

4.4.3 คอม้าซ้ายและขวา เป็นอุปกรณ์ ที่ยึดดุมล้อโช๊คอัพ ชุดบังคับเลี้ยว ชุดเบรก คอม้าจะถูกยึดอยู่ กับปีกนกทั้งสองข้าง

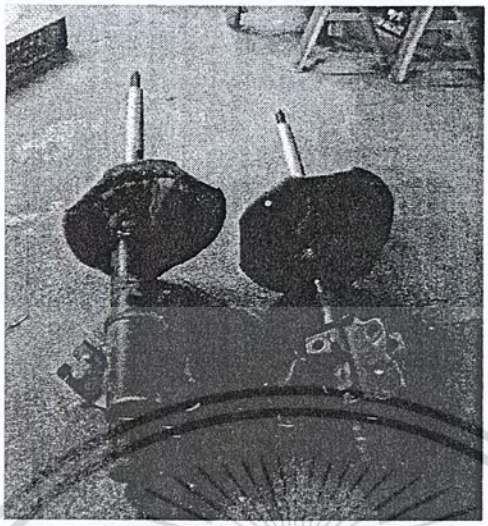
4.4.4 ดุมล้อ อุปกรณ์ยึดล้อเข้ากับชุดช่วงล่างทำให้ล้อหมุนได้



รูปที่ 4.5 คอม้าและดุมล้อ

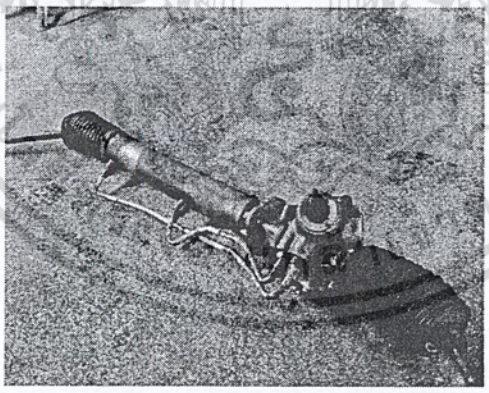
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ชุดโช๊คอัพ ถูกยึดติดกับคอม้า และโครงสร้างของรถ



รูปที่ 4.6 ชุดโช๊คอัพ

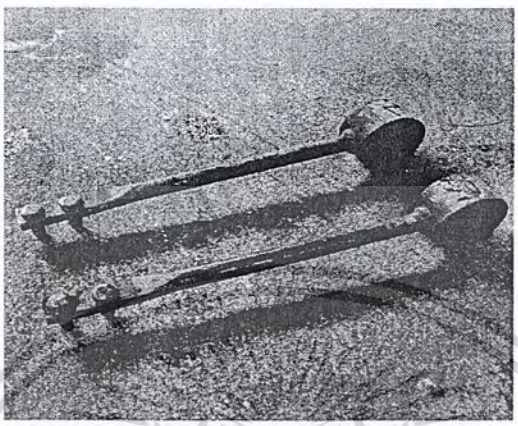
4.4.6 ชุดบังคับเลี้ยว จะถูกยึดเข้ากับคานหลัก และคอม้าทั้งสองข้างเพื่อควบคุมระยะการเลี้ยวของล้อ



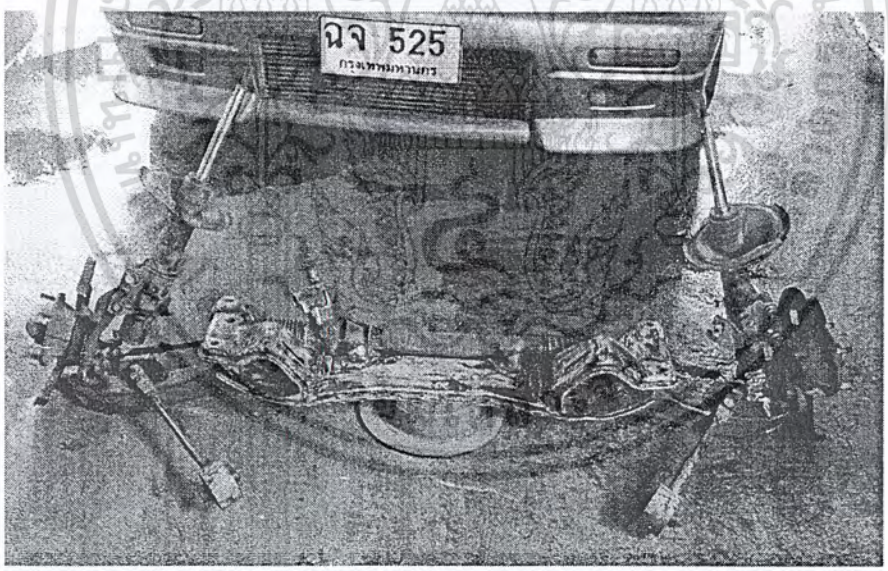
รูปที่ 4.7 ชุดบังคับเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.7 หนวดกุ้ง เป็นอุปกรณ์ที่ยึดติดอยู่กับปีกนกทั้งสองข้าง ทำหน้าที่ควบคุมมุมล้อให้อยู่ในค่าที่กำหนด



รูปที่ 4.8 หนวดกุ้ง



รูปที่ 4.9 ชุดช่วงล่างที่ประกอบเพื่อรอการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

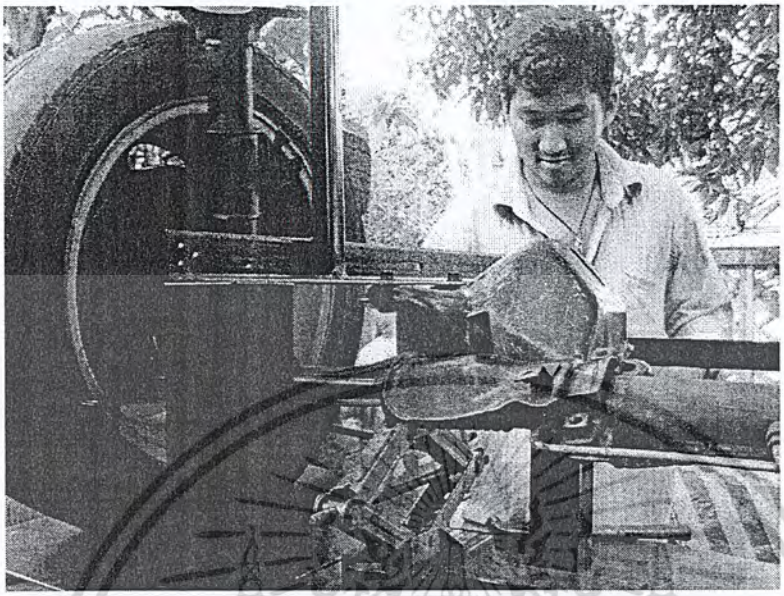
4.4 อุปกรณ์วัดมุม

ในการทำอุปกรณ์วัดมุมได้ใช้เหล็กฉากและเหล็กกล่องเพื่อทำเป็นตัวจับกับล้อ โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดติดกับตัวจับล้อที่สร้างขึ้นและติดกับตัวโต๊ะซึ่งเป็นโครงฐานของชุดวัดมุมล้อดังกล่าว โดยอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งเข้ากับชุดวัดนี้ประกอบไปด้วย ลูกดิ่ง สายวัด แผ่นวัดมุม

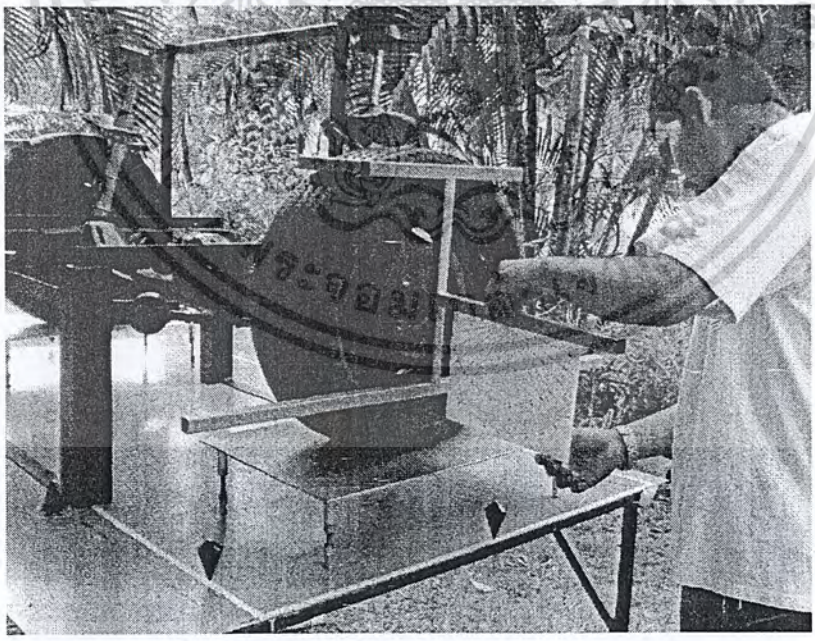
รูปที่ 4.10 แสดงอุปกรณ์การวัดที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

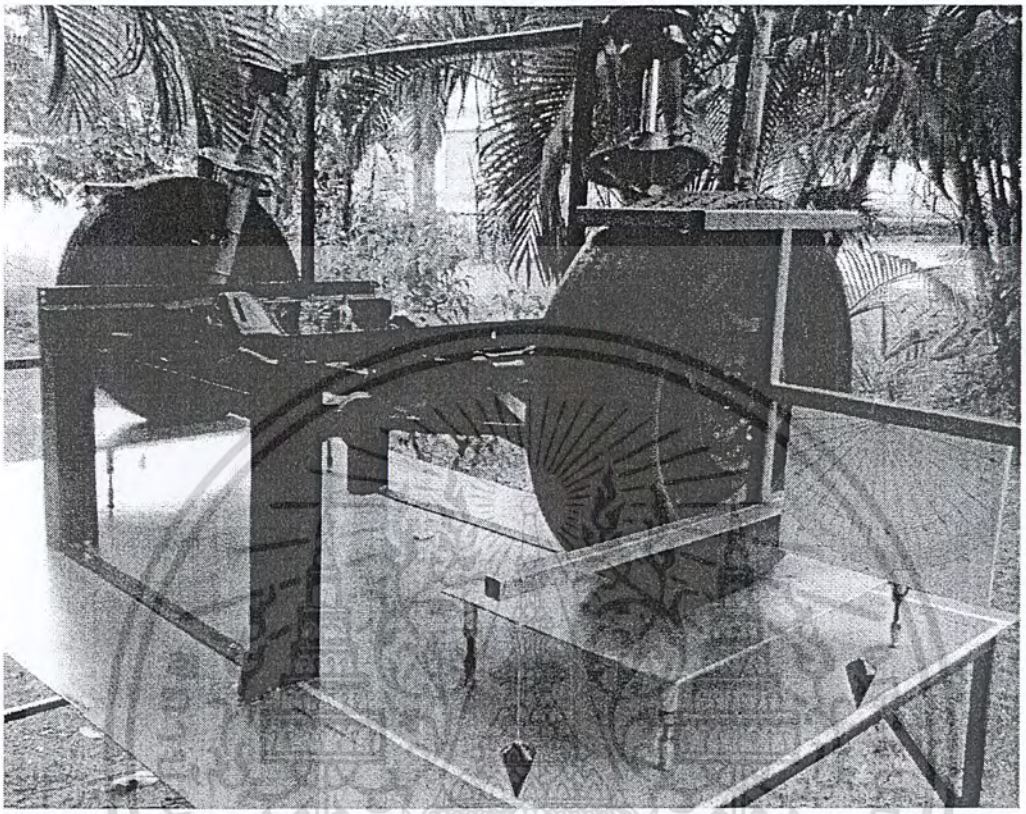


รูปที่ 4.11 แสดงการติดตั้งชุดช่วงล่างเข้ากับโครงฐาน



รูปที่ 4.12 แสดงการติดตั้งชุดวัดเข้ากับตัวจับล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงชุดวัดมุมล้อที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดสอบ

5.1 การทดสอบ

ขอบเขตการศึกษาโครงงานนี้ ได้กำหนดให้มีการทดสอบการปรับมุมล้อเพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะต่างๆของล้อ ว่ามีความแตกต่างอย่างไร

รูปแบบการปรับมุมล้อมีดังนี้

-การปรับมุม แคสเตอร์

-การปรับมุม แคมเบอร์

-การปรับมุม โท

5.2 อุปกรณ์การทดสอบ

-ชุดช่วงล่างและพื้นระดับ

-ระดับน้ำ

-ชุดเครื่องมือวัดที่จัดขึ้น

-เครื่องมือช่าง

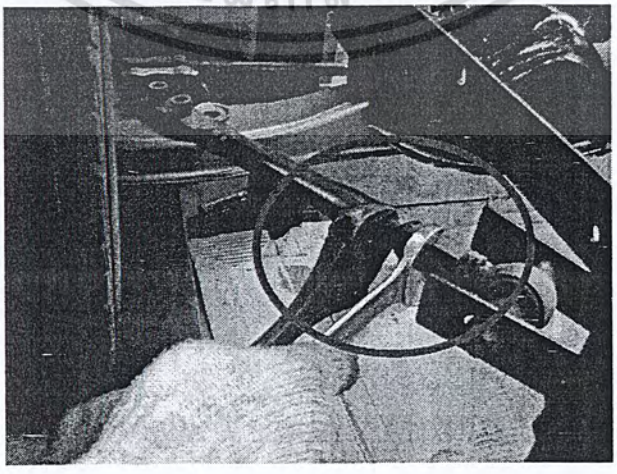
5.3 การปรับมุมแคสเตอร์

วิธีการ

5.3.1 ปรับพื้นระดับให้ชุดช่วงล่างและล้อได้แนวระนาบ โดยการหมุนสกรูที่ติดอยู่กับพื้นระดับโดยใช้ระดับน้ำในการวัดระดับเพื่อให้ได้แนวระนาบ

5.3.2 วัดระยะแคสเตอร์มาตรฐานของชุดช่วงล่าง โดยดูลูกดิ่งเบอร์ 1 ว่าอยู่ที่จุดใดบนสายวัดระยะ

5.3.3 ทดสอบการปรับแคสเตอร์ โดย คลาย น็อต ล็อคสกรูปรับระยะหนวดกุ้ง แล้วทำการเพิ่มหรือ ลดระยะความยาวของหนวดกุ้ง เพื่ออ่านระยะแคสเตอร์ที่ได้



รูปที่ 5.1 จุดปรับมุมแคสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

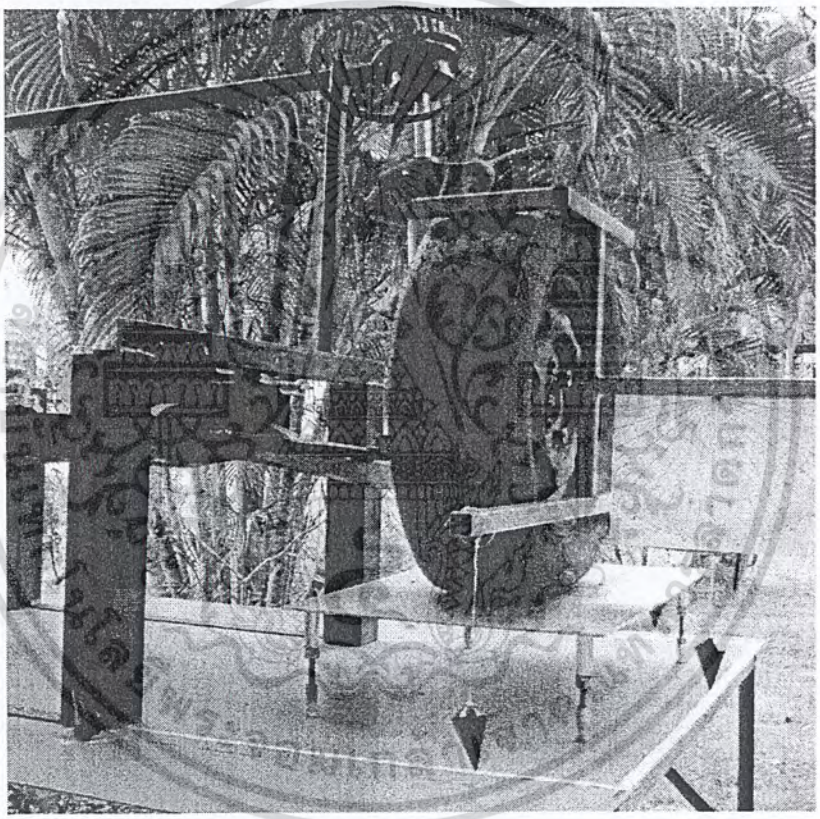
5.4 การปรับมุมแคมเบอร์

วิธีการ

5.4.1 ปรับพื้นระดับให้ชุดช่วงล่างและล้อได้แนวระนาบ โดยการหมุนสกรูที่ติดอยู่กับพื้นระดับ โดยใช้ระดับน้ำในการวัดระดับเพื่อให้ได้แนวระนาบ

5.4.2 วัดมุมแคมเบอร์มาตรฐานของชุดช่วงล่างโดยดูลูกดิ่งเบอร์ 1 ว่าสายลูกดิ่งให้มุมเท่าใดบนแผ่นวัดมุม

5.4.3 ทดสอบปรับแคมเบอร์โดยการเลื่อนชุดปรับมุม บริเวณเบ้าโช๊ค เพื่ออ่านระยะแคมเบอร์ได้



รูปที่ 5.2 จุดปรับมุมแคมเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

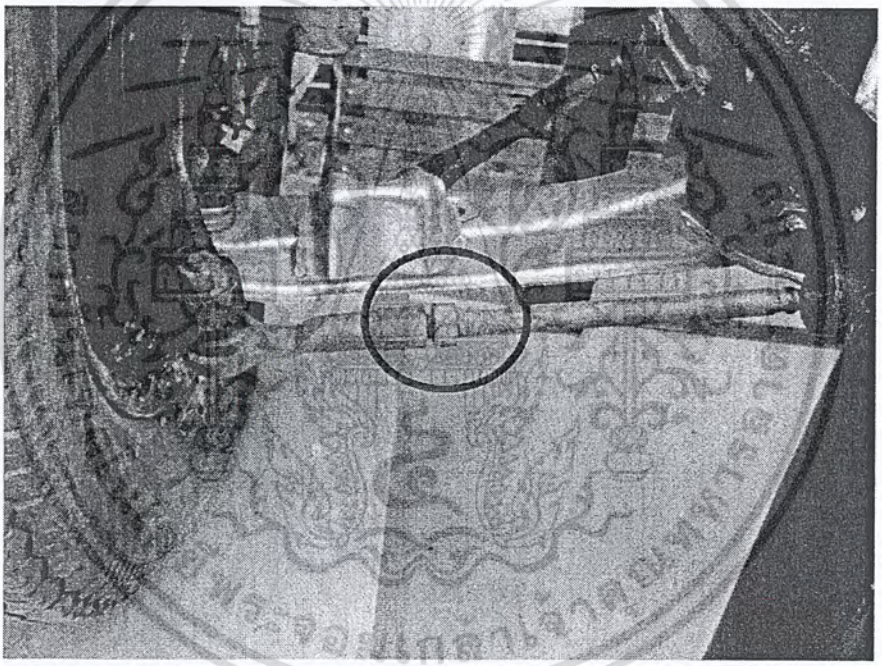
5.5 การปรับมุมโท

วิธีการ

5.5.1 ปรับพื้นระดับให้ชุดช่วงล่างและล้อได้แนวระนาบ โดยการหมุนสกรูที่ติดอยู่กับพื้นระดับ โดยใช้ระดับน้ำในการวัดระดับเพื่อให้ได้แนวระนาบ

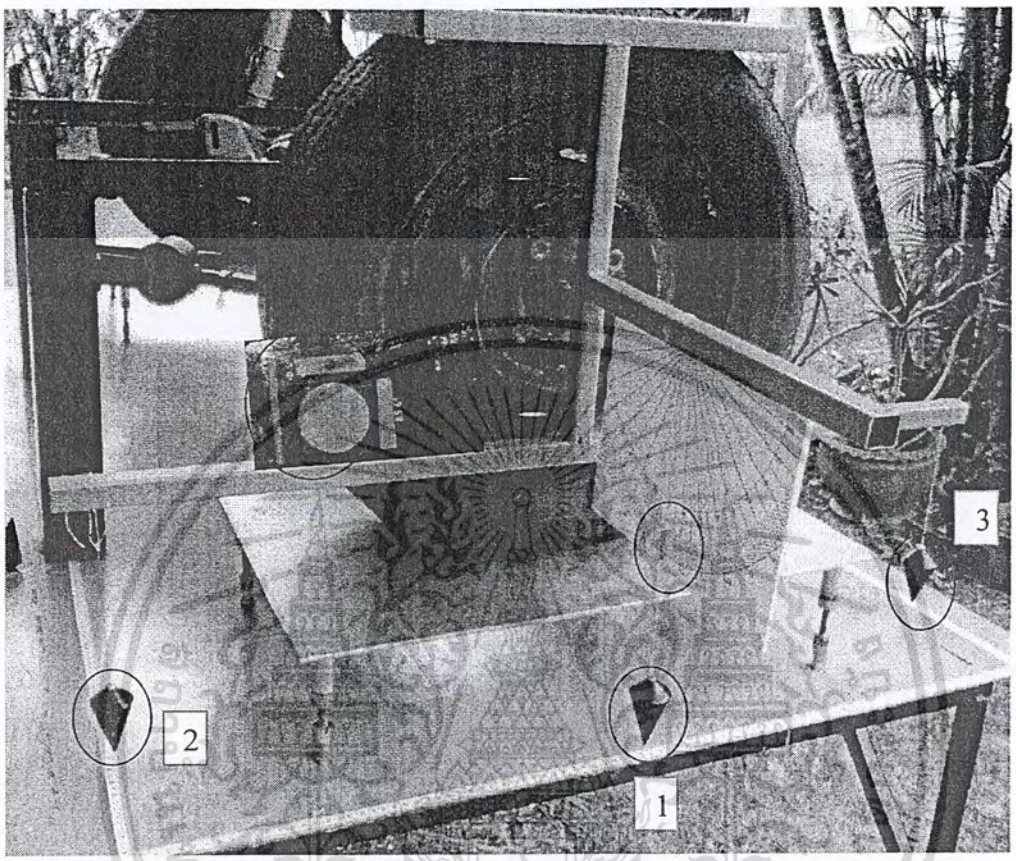
5.5.2 วัดมุมโทมาตรฐานของชุดช่วงล่าง โดยดูจากลูกดิ่งเบอร์ 2 และ 3 ว่าอยู่จุดใดบนสายวัดระยะ

5.5.3 ทดสอบปรับโท โดยการคลายน็อตล็อคลูกหมากปลายแร็คออก และ ไขปรับระยะบริเวณแขนแร็ค เพื่ออ่านระยะโทได้



รูปที่ 5.3 จุดปรับมุมโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงจุดที่ทำการวัดและอ่านค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 การทดสอบการปรับระยะแขนแร็คเพื่อหามุมที่เปลี่ยนแปลงไป

ล้อซ้าย				ปรับแขนแร็ค (รอบ)	ล้อขวา			
โท		แคสเตอร์ (cm)	แคมเบอร์ (องศา)		โท		แคสเตอร์ (cm)	แคมเบอร์ (องศา)
หน้า (cm)	หลัง (cm)				หน้า (cm)	หลัง (cm)		
41.4	43.8	105.6	91°	เข้าสุด	40.6	43.0	105.6	89°
41.7	43.5	105.6	91°	เข้า 3 รอบ	40.9	42.7	105.6	89°
42.0	43.2	105.5	91°	เข้า 2 รอบ	41.2	42.4	105.5	89°
42.3	42.9	105.5	91°	เข้า 1 รอบ	41.5	42.1	105.5	89°
42.6	42.6	105.5	91°	กึ่งกลาง	41.8	41.8	105.5	89°
42.9	42.3	105.5	91°	ออก 1 รอบ	42.1	41.5	105.5	89°
43.2	42.0	105.5	91°	ออก 2 รอบ	42.4	41.2	105.5	89°
43.5	41.7	105.4	91°	ออก 3 รอบ	42.7	40.9	105.4	89°
43.8	41.4	105.4	91°	ออกสุด	43.0	40.6	105.4	89°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 สรุปค่ามุมที่ได้จากการปรับระยะแขนแร็ค

ล้อซ้าย			ปรับแขนแร็ค (รอบ)	ล้อขวา		
โท (mm)	แคสเตอร์ (mm)	แคมเบอร์ (องศา)		โท (mm)	แคสเตอร์ (mm)	แคมเบอร์ (องศา)
-12	-1	+1°	เข้าสุด	-12	-1	-1°
-9	-1	+1°	เข้า 3 รอบ	-9	-1	-1°
-6	0	+1°	เข้า 2 รอบ	-6	0	-1°
-3	0	+1°	เข้า 1 รอบ	-3	0	-1°
0	0	+1°	กึ่งกลาง	0	0	-1°
+3	0	+1°	ออก 1 รอบ	+3	0	-1°
+6	0	+1°	ออก 2 รอบ	+6	0	-1°
+9	+1	+1°	ออก 3 รอบ	+9	+1	-1°
+12	+1	+1°	ออกสุด	+12	+1	-1°

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 การทดสอบการปรับระยะหนวดกุ้งเพื่อหามุมที่เปลี่ยนแปลงไป

ล้อซ้าย				ปรับหนวดกุ้ง (รอบ)	ล้อขวา			
โท		แคสเตอร์ (cm)	แคมเบอร์ (องศา)		โท		แคสเตอร์ (cm)	แคมเบอร์ (องศา)
หน้า (cm)	หลัง (cm)				หน้า (cm)	หลัง (cm)		
42.5	42.7	106.3	91°	เข้าสุด	41.7	41.9	106.3	89°
42.5	42.7	106.1	91°	เข้า 3 รอบ	41.7	41.9	106.1	89°
42.6	42.6	105.9	91°	เข้า 2 รอบ	41.8	41.8	105.9	89°
42.6	42.6	105.7	91°	เข้า 1 รอบ	41.8	41.8	105.7	89°
42.6	42.6	105.5	91°	กึ่งกลาง	41.8	41.8	105.5	89°
42.6	42.6	105.3	91°	ออก 1 รอบ	41.8	41.8	105.3	89°
42.6	42.6	105.1	91°	ออก 2 รอบ	41.8	41.8	105.1	89°
42.7	42.5	104.9	91°	ออก 3 รอบ	41.9	41.7	104.9	89°
42.7	42.5	104.7	91°	ออกสุด	41.9	41.7	104.7	89°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 สรุปค่ามุมที่ได้จากการปรับระยะหนวดกุ้ง

ล้อซ้าย			ปรับหนวดกุ้ง (รอบ)	ล้อขวา		
โท (mm)	แคสเตอร์ (mm)	แคมเบอร์ (องศา)		โท (mm)	แคสเตอร์ (mm)	แคมเบอร์ (องศา)
-1	-8	+1°	เข้าสุด	-1	-8	-1°
-1	-6	+1°	เข้า 3 รอบ	-1	-6	-1°
0	-4	+1°	เข้า 2 รอบ	0	-4	-1°
0	-2	+1°	เข้า 1 รอบ	0	-2	-1°
0	0	+1°	กึ่งกลาง	0	0	-1°
0	+2	+1°	ออก 1 รอบ	0	+2	-1°
0	+4	+1°	ออก 2 รอบ	0	+4	-1°
+1	+6	+1°	ออก 3 รอบ	+1	+6	-1°
+1	+8	+1°	ออกสุด	+1	+8	-1°

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุป

6.1 สรุป

จากการศึกษา ออกแบบ และสร้างชุดวัดมุมล้อ ทำให้ได้ชุดวัดมุมล้อที่สามารถวัดและปรับตั้งมุมล้อได้ 3 มุมคือ มุมแคมเบอร์ (Camber angle) มุมแคสเตอร์ (Caster angle) และมุมโท (Toe angle) โดยชุดวัดมุมล้อนี้มีพื้นปรับระดับที่สามารถปรับระดับได้ เพื่อให้ล้อทั้งสองข้างเกิดความสมดุลและอยู่ในระนาบเดียวกัน ส่งผลให้การวัดและการปรับตั้งมุมล้อมีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น จากผลการทดสอบชุดวัดมุมล้อ ได้ค่าระยะการปรับตั้งมุมล้อต่างๆ ดังนี้คือ

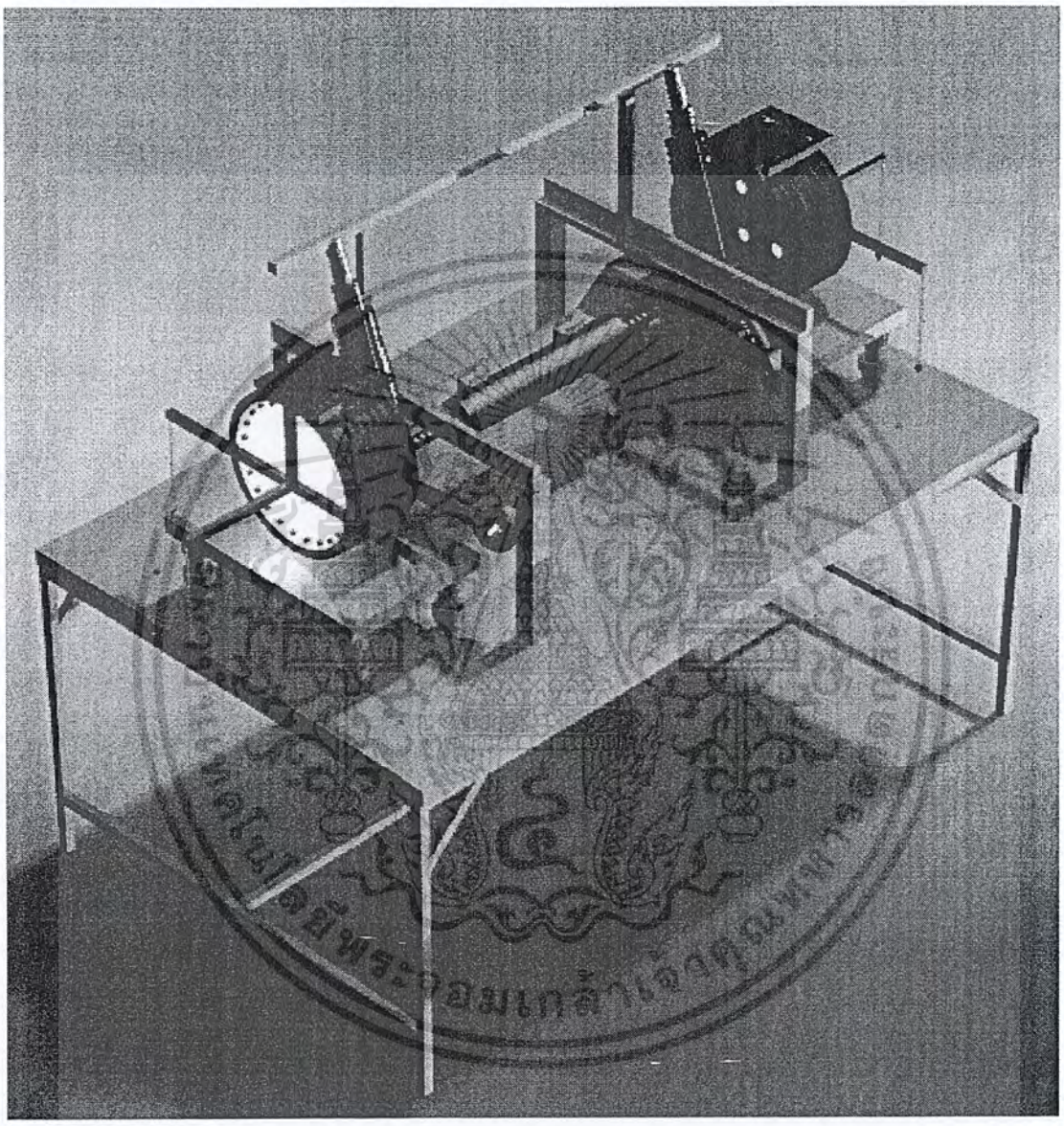
มุมแคสเตอร์ที่สามารถปรับค่าได้ ± 8 mm.
มุมแคมเบอร์ที่สามารถปรับค่าได้ ± 1 องศา
มุมโทที่สามารถปรับค่าได้ ± 12 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

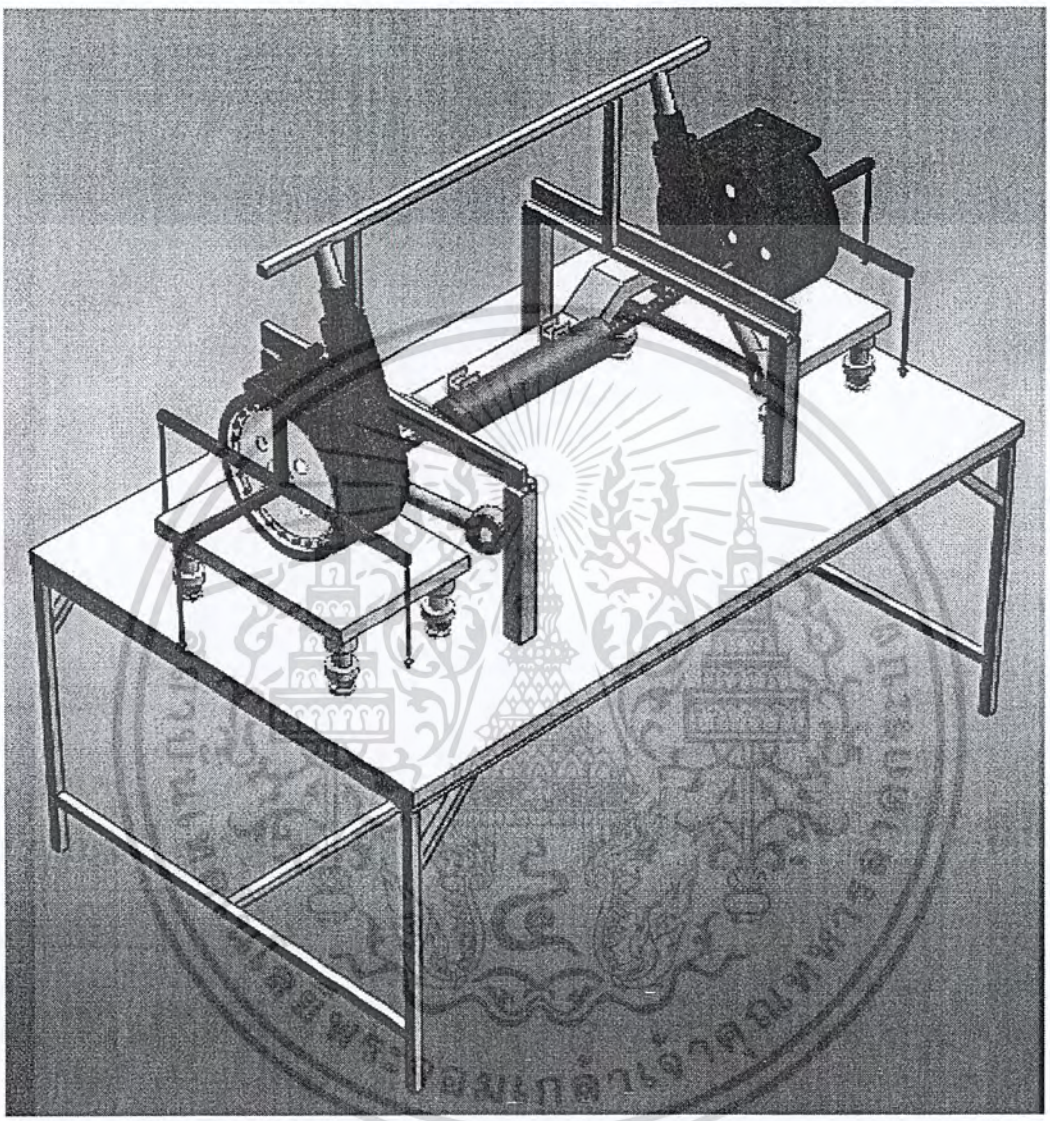
ภาพแบบจำลองชุดวัดมุมล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



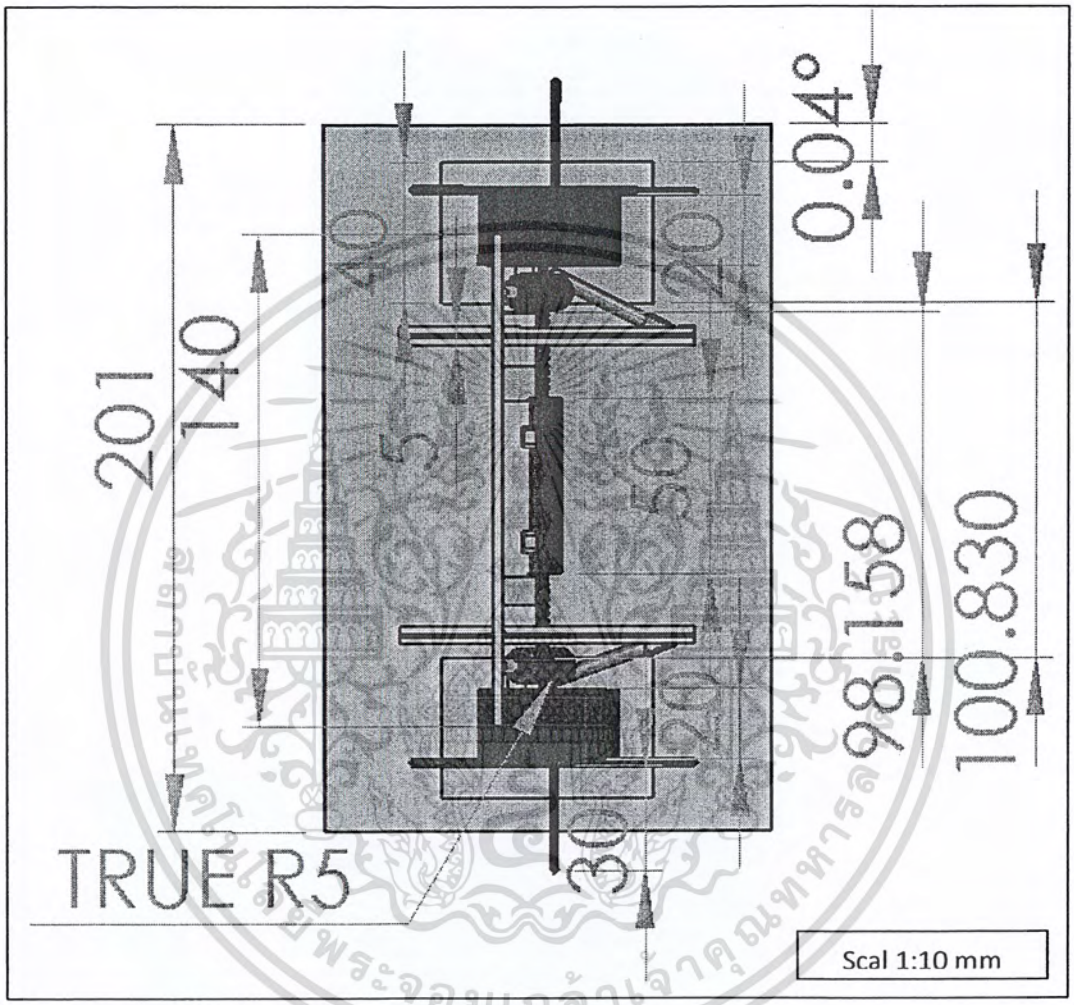
รูปที่ ก-1 Model view ชุดวัดมุมล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



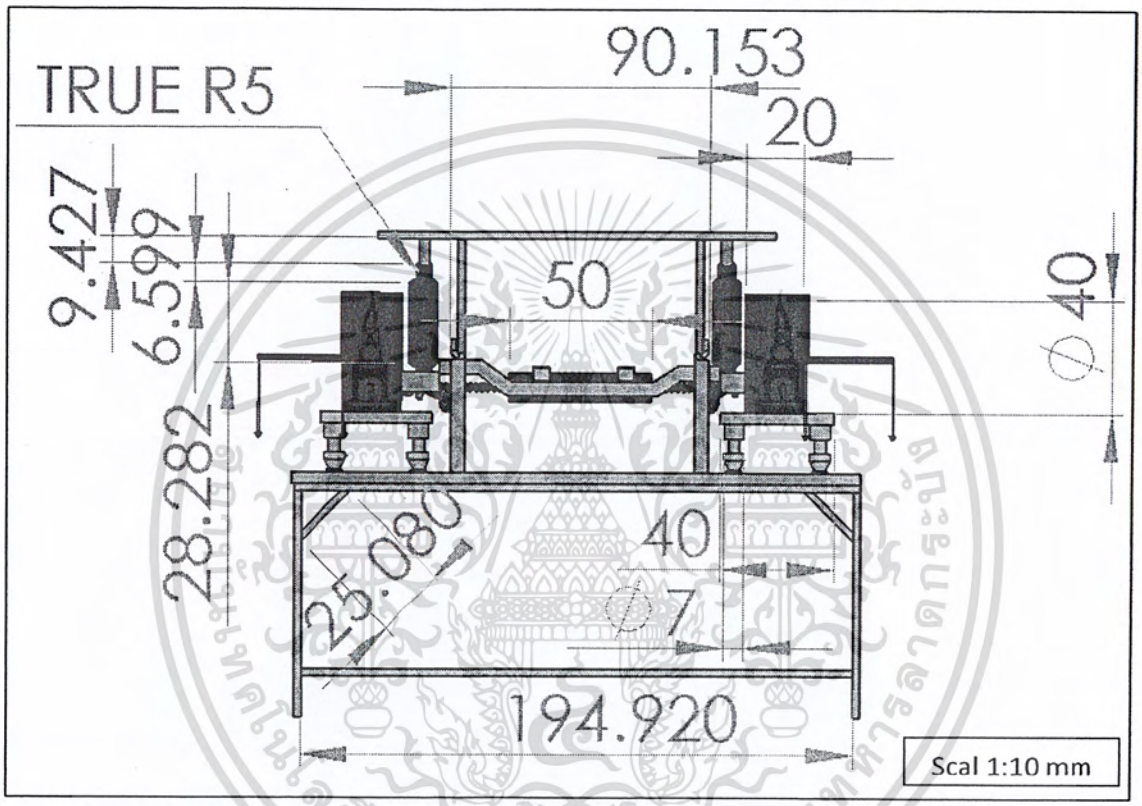
รูปที่ ก-2 Isometric view ชุดวัดมุมล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



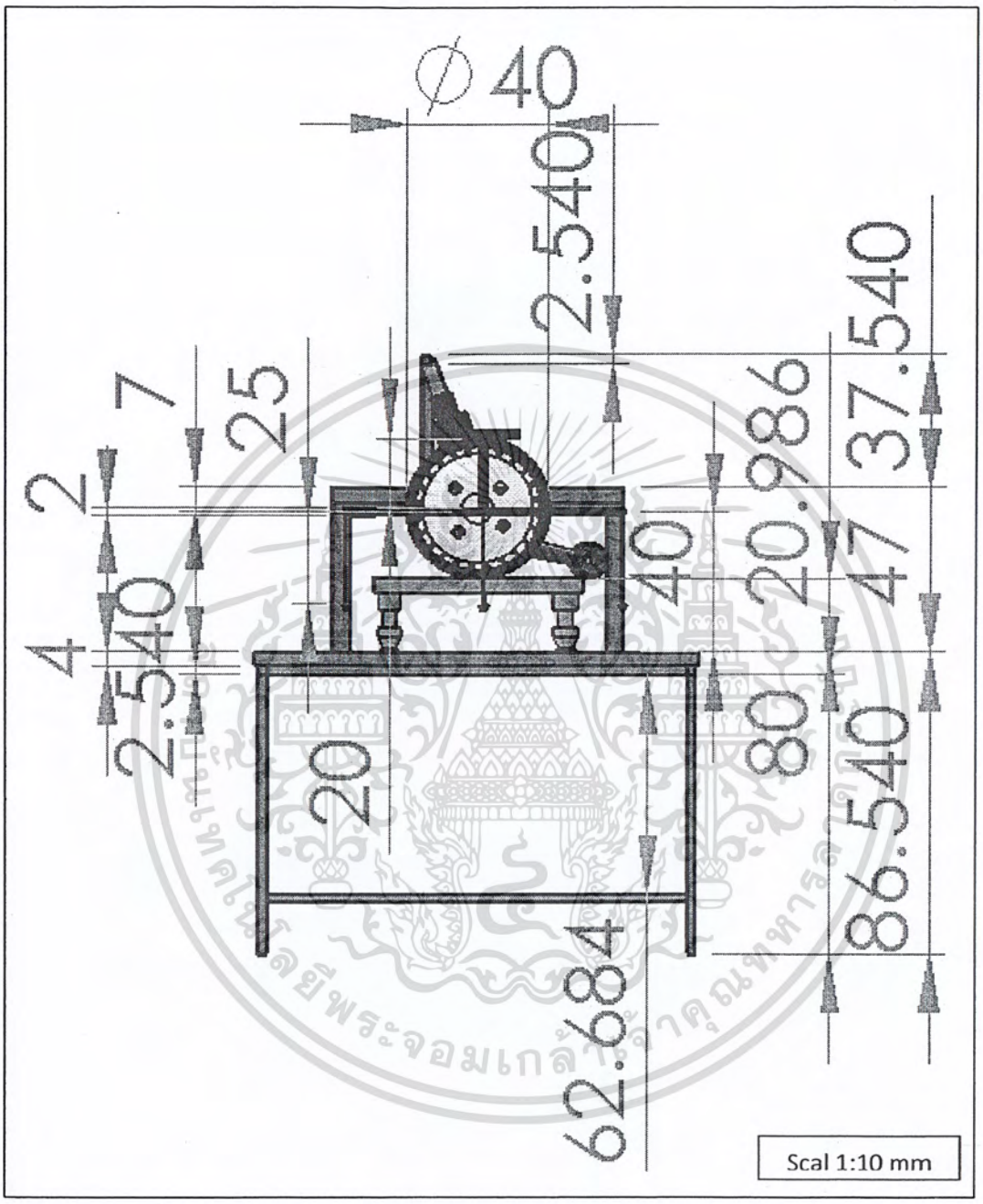
รูปที่ ก-3 Top view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-4 Front view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 Side view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

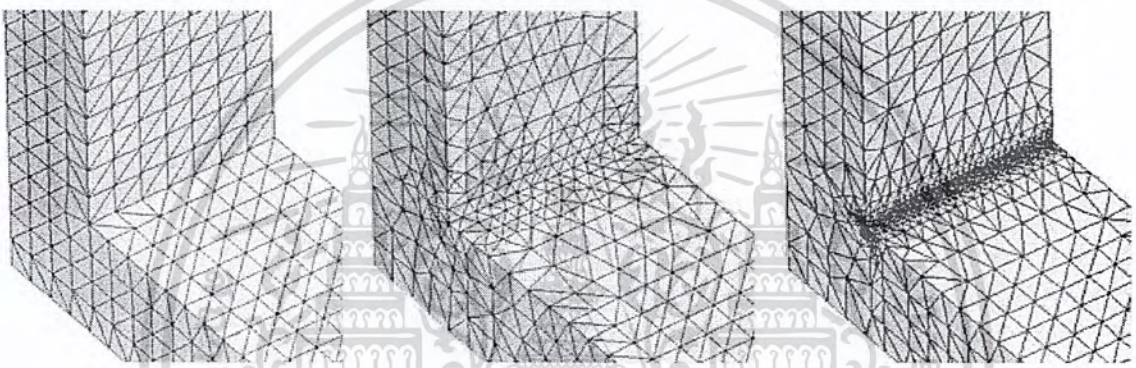
ภาคผนวก ข.

การ Simulation กับการ Apply Mesh Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

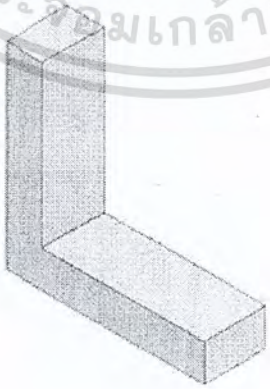
การ Simulation กับการ Apply Mesh Control

สำหรับงานวิเคราะห์ใน SolidWorks Simulation จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกสร้างจำนวน Mesh ให้เหมาะสมกับ Model แต่ละตัวที่จะทำการวิเคราะห์ ซึ่งหากผู้ใช้งานเลือกที่จะสร้าง Mesh ในความละเอียดสูงๆ ก็จะทำให้ได้ความแม่นยำที่สูงแต่จะใช้เวลาในการคำนวณนานมาก ในทางกลับกันหากผู้ใช้งานเลือกที่จะสร้าง Mesh ในความละเอียดต่ำๆ ก็จะทำให้ได้ความแม่นยำที่น้อยแต่จะใช้เวลาในการคำนวนที่เร็วขึ้น ดังนั้นในภาคผนวกนี้จะพูดถึงการกำหนด Mesh เฉพาะที่เพื่อหลีกเลี่ยงการสร้าง Mesh ที่ละเอียด ในตำแหน่งที่ไม่มีความจำเป็น ซึ่งวิธีนี้เราเรียกว่า Apply Mesh Control โดยมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 1 ลักษณะการ Apply Mesh Control แบบต่างๆ

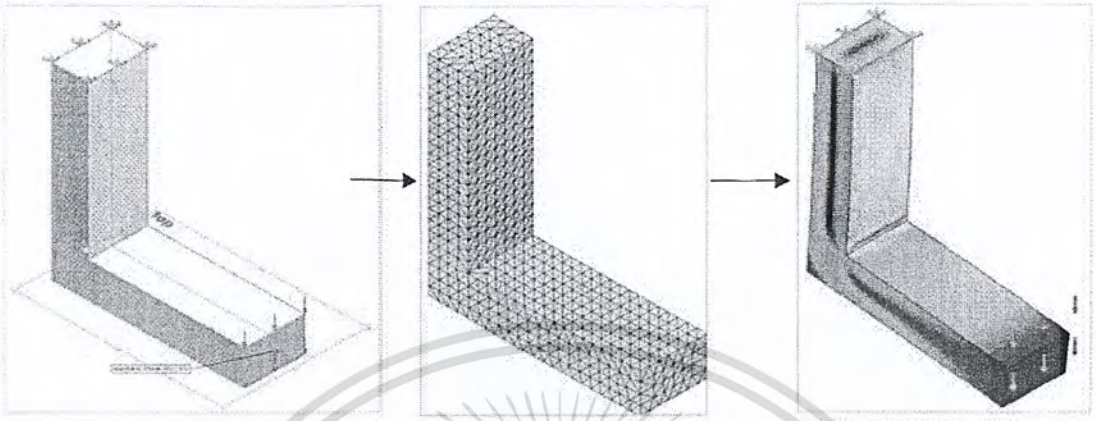
1. Model ที่เราจะนำมาทำเป็นตัวอย่างมีรูปทรงตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 Ex Model

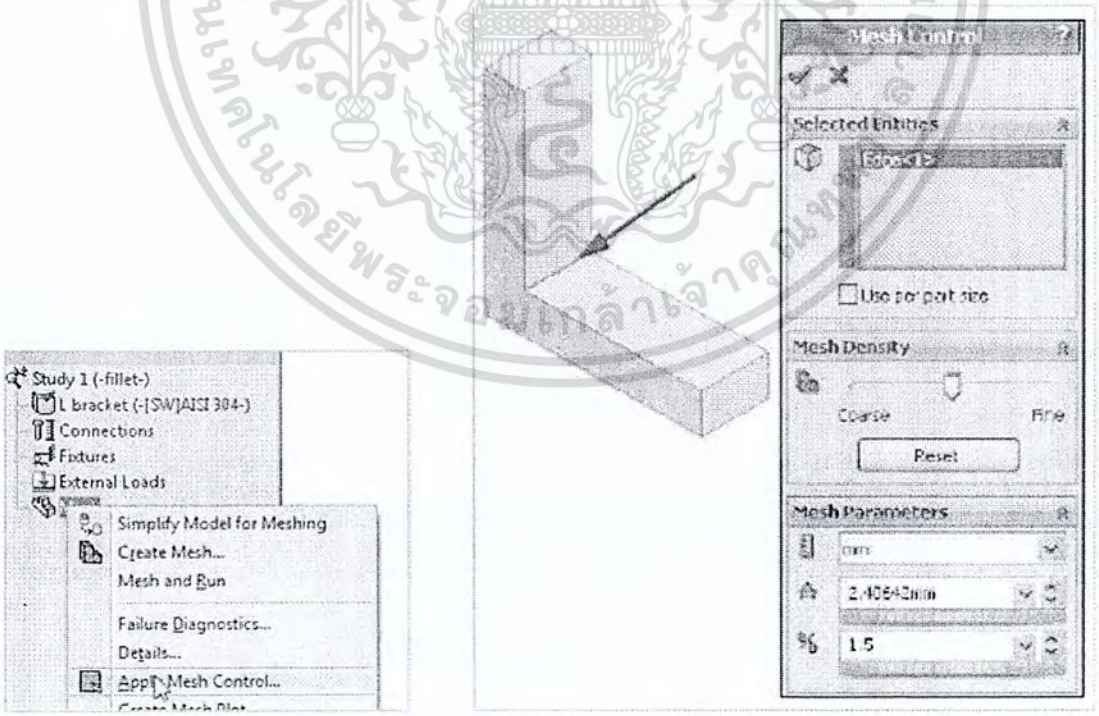
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดวัสดุ กำหนดพื้นผิวจับยึด กำหนดแรงกระทำที่ผิวสีฟ้า 900 N โดยตั้งฉากกับ Top plane และ Run



รูปที่ 3 แสดงลักษณะการ Run แต่ละขั้นตอน

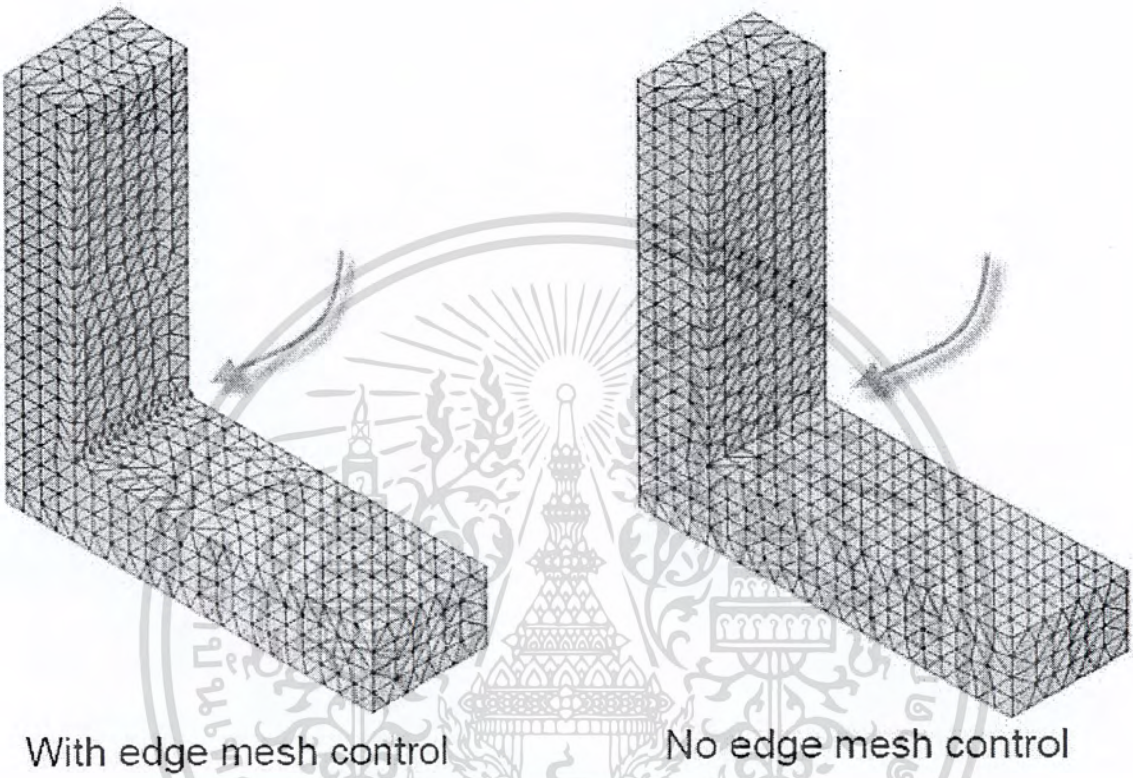
3. จะเห็นว่า Stress ที่เกิดขึ้นสูงสุดจะเกิดขึ้นบริเวณ มุมฉากด้านใน ดังนั้นเราจะทำการ Apply Mesh Control โดยมีขั้นตอนตามนี้ Click ขวาที่ Mesh แล้วเลือก Apply Mesh Control จากนั้นเลือกขอบมุมและป้อนตัวเลขตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 4 แสดงการ Apply Mesh Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

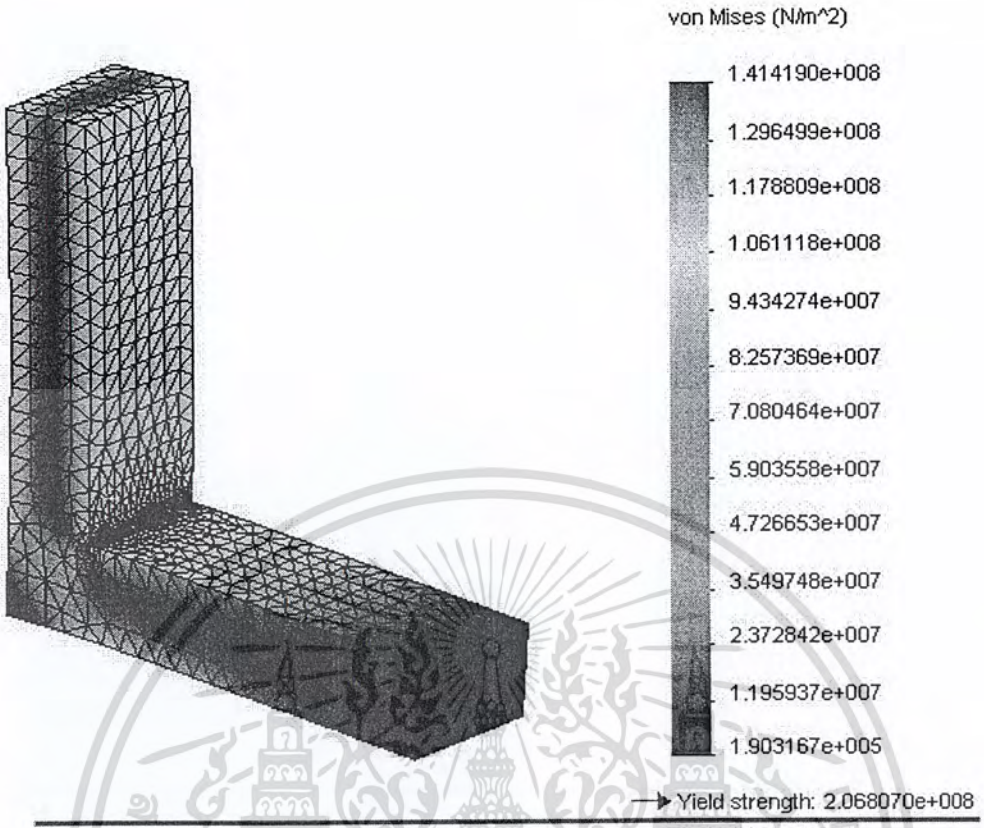
4. เมื่อตี Mesh จะทำให้เห็นความแตกต่างระหว่าง Model ที่ไม่ได้ Apply Mesh Control ดังรูปที่ 5

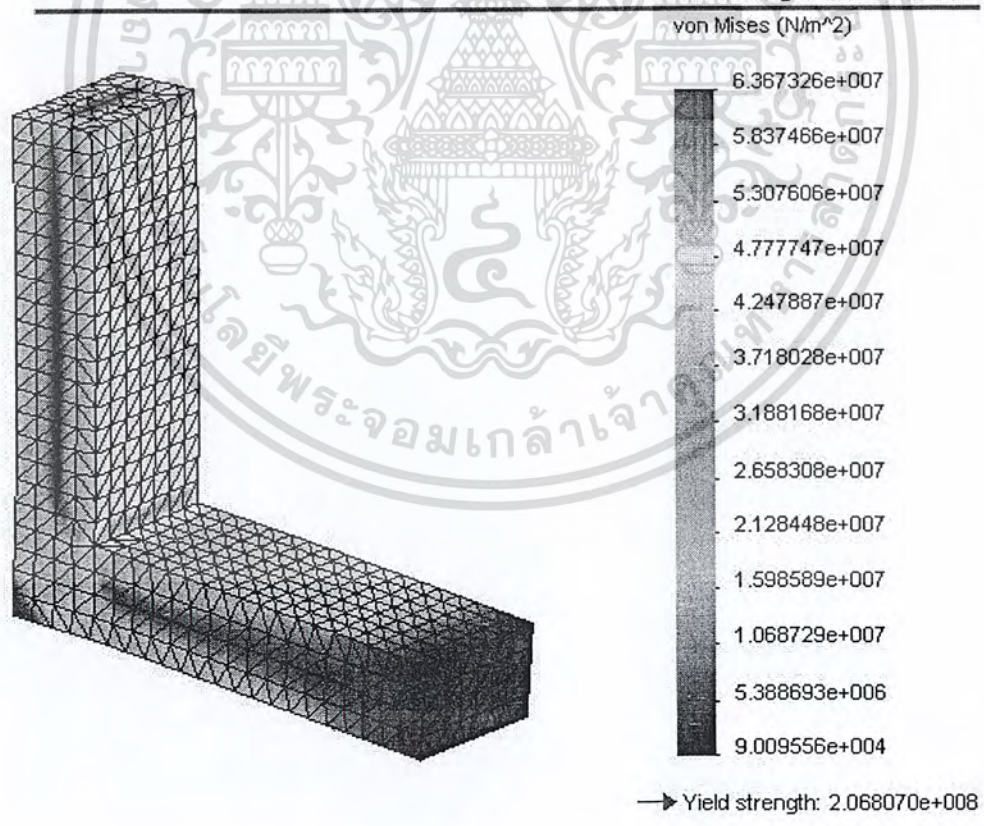


รูปที่ 5 แสดงความแตกต่างของ Model

5. และเมื่อทำการ Run ก็จะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียดขึ้นด้วยเช่นกัน ในขณะที่ใช้เวลาที่สั้นลง ดังรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 6 แสดงความแตกต่างความเค้น Von Mises

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Julian Happian-Smith, An introduction to Modern Vehicle Design, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004

[2] Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke and Richard G. Budynas, Machanical Engineering Design, 2004

[3] ณัฐพล เจียมวรกุลชัย,พงศธร สุวรรณรัศมี,ศุภกฤษ์ เตชวิทย์วัฒน์,ชุดสาธิตการปรับมุมล้อ,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.2549.

[4] ธิติ ธาตรีรนานนท์,พงษ์วุฒิ สิทธิผล,ศรีณรงค์ ตู้ทองคำ.2541.ทฤษฎีระบบช่วงล่าง1.ส่งเสริมอาชีวะ, สนพ. ศูนย์ กรุงเทพฯ.

[5] ธิติ ธาตรีรนานนท์,พงษ์วุฒิ สิทธิผล,ศรีณรงค์ ตู้ทองคำ.2541.ทฤษฎีระบบช่วงล่าง2.ส่งเสริมอาชีวะ, สนพ. ศูนย์ กรุงเทพฯ.

[6] วีรสิทธิ์ สิทธิไตรย์ และ โยธิน แสวงดี.2536.การสนทนากลุ่ม : เทคนิคการวิจัยเชิงคุณภาพ.สมาคมวิจัยเชิง คุณภาพแห่งประเทศไทย.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้