บทที่ 2

การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับมุมล้อรถยนต์

ในการขับขี่รถยนต์ที่สะดวกสบายได้นั้น ผู้ขับขี่จะต้องสามารถบังคับเลี้ยวรถให้ไปในตำแหน่งทิศทางที่ต้องการได้ โดยเพียงแต่หมุนพวงมาลัยรถเท่านั้น ซึ่งก็จะทำให้สามารถบังคับรถให้วิ่งเคลื่อนที่ไปในแนวตรงได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อขับรถให้วิ่งอยู่บนถนนที่มีระดับในแนวตรง หรือถ้าต้องการเลี้ยวรถในทางโค้ง ผู้ขับขี่ก็สามารถปฏิบัติได้เพียงแต่ใช้กำลังในการหมุนพวงมาลัยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ทั้งนี้เนื่องจากพวงมาลัยที่ติดตั้งอยู่ภายในรถนั้นถูกจัดวางมุมในขณะติดตั้งที่ถูกต้องแน่นอน ทั้งนี้เพื่อเป็นการแก้ปัญหาในการบังคับเลี้ยวทั้งหมด และเป็นการป้องกันการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นกับยางที่เร็วกว่าตามเวลาที่กำหนดไว้ มุมที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงถูกเรียกว่าว่า ศูนย์ล้อรถยนต์

ดังนั้นการบังคับเลี้ยวจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานได้ ก็ต่อเมื่อพวงมาลัยรถนั้นถูกจัดให้อยู่ในตำแหน่งแนวตรงกับพื้นถนน ในทำนองเดียวกัน การบังคับเลี้ยวจะต้องมีความง่ายยิ่งขึ้นเมื่อส่วนประกอบของระบบบังคับเลี้ยวทำมุมสัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง ซึ่งมุมที่จะกล่าวถึงนี้เรียกว่ามุมศูนย์ล้อ

อย่างไรก็ตาม ถ้าส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบบังคับเลี้ยวมีความผิดพลาดจากมุมที่กำหนดไว้ก็จะก่อนให้เกิดปัญหาเหล่านี้ตามมาก็คือ

1. การบังคับเลี้ยวที่ยากขึ้น
2. ความแน่นอนในการบังคับเลี้ยวที่ไม่ดี
3. การบังคับเลี้ยวเข้าโค้งที่ไม่ดี
4. อายุการใช้งานของยางที่สั้นกว่ากำหนด

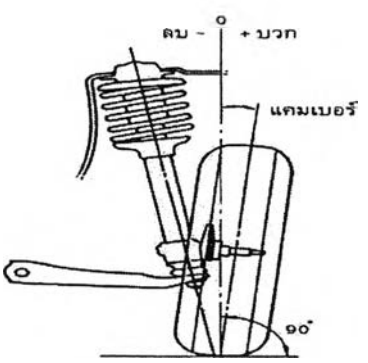
มุมของศูนย์ล้อประกอบด้วยมุมทั้งหมด 5 มุม ด้วยกันคือ

1. มุมแคมเบอร์
2. มุมแคสเตอร์
3. มุมเอียงสลักล้อหน้าหรือมุมคิงพิน
4. มุมโทอินและมุมโทเอาต์
5. มุมโทเอาต์ออนเทิร์นหรือมุมรัศมีมุมเลี้ยว

มุมล้อและขนาดของส่วนประกอบบังคับเลี้ยวจะถูกออกแบบให้มีความสัมพันธ์กับระบบรองรับ ระบบขับเคลื่อนรถ สิ่งเหล่านี้จะต้องถูกปรับให้มีสมรรถนะในการขับขี่ดีที่สุด และยังทำให้ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของระบบมีความคงทน

2.1.1 มุมแคมเบอร์

มุมแคมเบอร์ (camber angle) คือมุมที่แนวศูนย์กลางของยางล้อหน้าส่วนบนเอียงออกหรือเอียงเข้าทำมุมกับแนวดิ่ง เราจะสามารถมองมุมแคมเบอร์ได้จากล้อด้านหน้าของรถซึ่งเรียกว่าแนวดิ่งจะเป็นมุมแคมเบอร์บวก ในทางตรงกันข้าม ถ้ามุมที่เอียงเข้าด้านในจะเป็นมุมแคมเบอร์ลบ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งมุมแคมเบอร์บวกและมุมแคมเบอร์ลบ

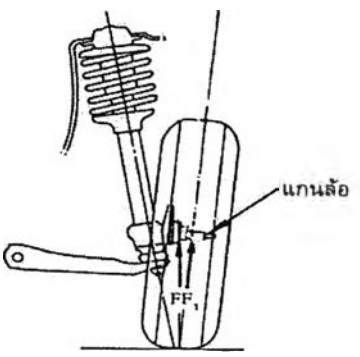
หน้าที่ของมุมแคมเบอร์ รถยนต์ในอดีต ค่าของมุมแคมเบอร์ของล้อจะถูกกำหนดให้เป็นค่าบวกเพื่อช่วยเพิ่มค่าความคงทนให้กับคานรองรับหน้า และทำให้หน้ายางสัมผัสกับพื้นผิวถนนในตำแหน่งมุมที่ถูกต้อง เป็นการช่วยลดการสึกของยางบนถนนที่ซึ่งมีพื้นผิวถนนบริเวณกึ่งกลางที่สูงกว่าด้านขอบถนน

แต่ในปัจจุบันนี้รถยนต์จะมีระบบรองรับและคานที่มีความแข็งแกร่งกว่า และยังมีผิวถนนที่เรียบกว่าเดิม ด้วยเหตุนี้มุมแคมเบอร์จึงมีค่าน้อยกว่าหรือเกือบจะเป็นศูนย์ แต่ก็มีรถยนต์บางแบบที่จะพยายามตั้งมุมให้เป็นแคมเบอร์ลบ ทั้งนี้เพื่อสมรรถนะในการบังคับเลี้ยวเข้าในทางโค้งได้ดียิ่งขึ้น

มุมแคมเบอร์บวก (Positive camber)

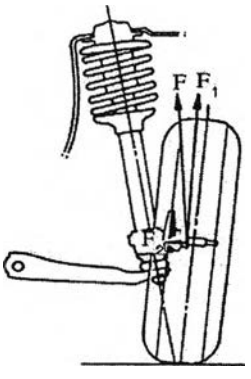
มุมแคมเบอร์บวกของล้อนห้ามีหน้าที่สำคัญในการบังคับเลี้ยวของรถดังต่อไปนี้

1. เป็นการลดโหลดในตำแหน่งแนวดิ่งของแกนล้อ ถ้ามุมแคมเบอร์มีค่าเป็นศูนย์ โหลดที่กดบนแกนล้อจะถูกแบ่งจ่ายลงสู่เส้นผ่านศูนย์กลางของความยาวและแกนล้อ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ตำแหน่งของแรง F_1 จะทำให้แกนล้อหรือแกนบังคับเลี้ยวบิดตัว เป็นผลให้สามารถบังคับล้อได้ง่ายขึ้น จากการทำให้ล้อรถยนต์เป็นแคมเบอร์บวก และโหลดจะถูกกระจายลงบนแกนล้อด้านในแรง F ดังนั้นจึงช่วยลดแรงที่มากระทำบนแกนล้อและแกนบังคับเลี้ยว



รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งของแรง F1 และ F ที่กดลงบนแกนล้อและแกนบังคับเลี้ยว เมื่อมุมของล้อเป็นแคมเบอร์บวก

2. การป้องกันล้อลื่นไถลด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 แรงที่กระทำย้อนกลับของ F จะมีขนาดเท่ากับโหลดของรถยนต์ที่กระทำลงบนล้อในตำแหน่งแนวตั้งฉากกับพื้นถนน ซึ่งจะทำให้แรง F ถูกแบ่งแยกแรงออกเป็นสองส่วนคือแรง F_1 ที่ตั้งฉากกับล้อรถกับแรง F_2 ที่ขนานกับแกนล้อ แรง F_2 จะกระทำให้ล้อถูกยุบดันเข้าด้านใน จึงเป็นการช่วยป้องกันไม่ให้ล้อลื่นไถลออกจากแกนล้อ ทำให้ลูกปืนตัวในนั้นมีขนาดที่ใหญ่กว่าลูกปืนล้อตัวนอก ทั้งนี้ก็เพื่อจะได้รับโหลดจากแรง F_2 ที่มากระทำ



รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของแรง F ที่กระทำกับล้อและสลักล้อเพื่อช่วยป้องกันการลื่นไถลออก

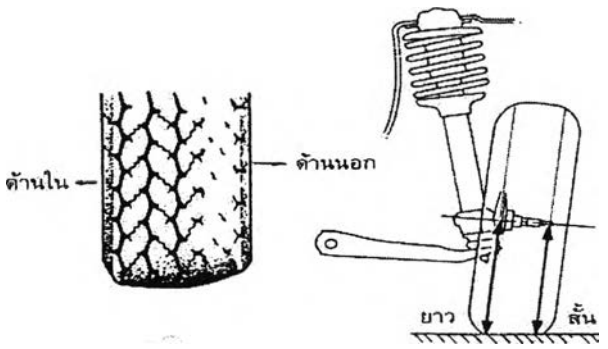
3. การป้องกันการเป็นมุมแคมเบอร์ลบเนื่องจากมีโหลด เมื่อรถมีโหลด ส่วนบนของล้อรถจะพยายามเบี่ยงเบนไปด้านใน เนื่องจากการยืดตัวหรือหดตัวเปลี่ยนรูปทรงของบูชและส่วนประกอบของระบบรองรับ มุมแคมเบอร์บวกจึงช่วยป้องกันอาการของล้อรถที่มุมเป็นแคมเบอร์ลบได้

4. ช่วยในการบังคับเลี้ยว เป็นผลมาจากการออกแบบให้มุมแกนบังคับเลี้ยวของล้อมีระยะเยื้องศูนย์มีรัศมีที่สั้น (ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางแกนบังคับเลี้ยวกับเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ) โดยการทำให้ยางมีมุมเป็นแคมเบอร์และแกนบังคับเลี้ยวเอียง

มุมแคมเบอร์เป็นศูนย์

จากสาเหตุที่ต้องการให้มุมของล้อเป็นแคมเบอร์ศูนย์อยู่เสมอนั้น ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการป้องกันการสึกของยางที่ผิดปกติ

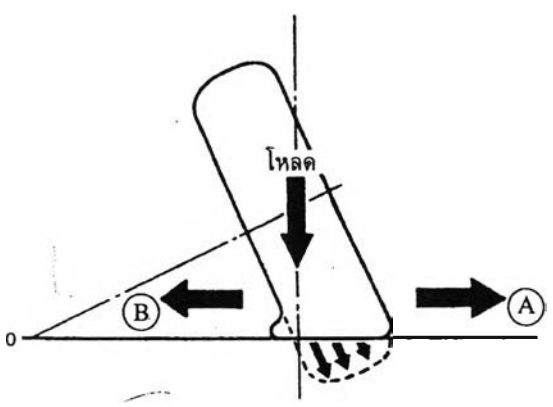
ถ้าตั้งให้ล้อมีมุมเป็นแคมเบอร์บวกมาก ด้านนอกของยางจะมีรัศมีของมุมในการหมุนที่แคบกว่ายางด้านใน แต่อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการหมุนของล้อทั้งสองด้านจะต้องเท่ากัน ด้านนอกของยางจะพยายามเกิดการลื่นไถลออก ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้ด้านนอกของยางเกิดการสึกที่เร็วกว่าด้านในของยาง ในรูปที่ 2.5 แสดงการตั้งรถให้เป็นมุมแคมเบอร์บวกมากเกินไป



รูปที่ 2.5 การตั้งมุมล้อเป็นมุมแคมเบอร์มากเกินไป

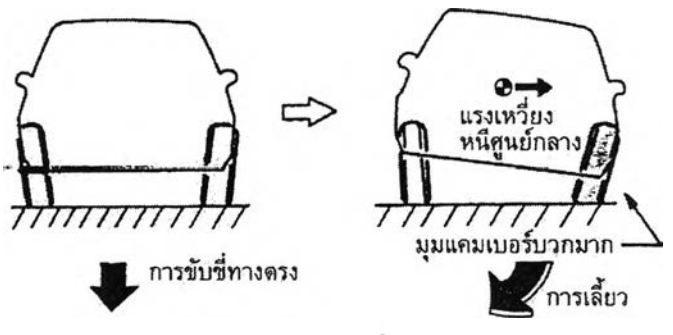
มุมแคมเบอร์เป็นลบ (negative camber)

เมื่อมีแรงมากระทำในทิศทางแนวดิ่งลงบนยางที่มีมุมล้อเป็นแคมเบอร์ ทำให้ยางพยายามที่จะถูกกดให้ต่ำลง เป็นสาเหตุให้หน้าสัมผัสของยางกับพื้นถนนมีรูปร่างและทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปและในเวลาเดียวกันนั้น การยืดหยุ่นของยางก็จะพยายามต่อต้านการเปลี่ยนแปลงรูปทรงที่มีแรงมากระทำต่อพื้นผิวถนนในทิศทาง A แต่ยางพยายามที่จะหมุนเคลื่อนที่ไปในทิศทาง B ซึ่งแรงที่มากระทำในทิศทาง B นั้นเรียกว่า แคมเบอร์เบียดข้าง (camber thurst) แคมเบอร์เบียดข้างนี้จะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการเอียงของยางที่สัมพันธ์กับพื้นผิวถนนที่เท่ากับโหลดที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.6

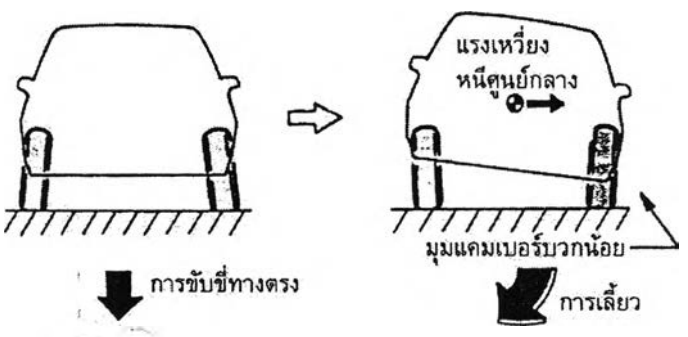


รูปที่ 2.6 การเกิดแคมเบอร์เบียดข้าง

ในขณะที่รถยนต์เลี้ยวเข้าโค้ง แคมเบอร์เบียดข้างด้านนอกของยางจะลดแรงกระทำของมุมเลี้ยว ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 เป็นผลมาจากมีมุมแคมเบอร์บวกมากขึ้น ทำให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางถูกแยกออกจากการเลี้ยวของรถ เนื่องจากระบบรองรับด้วยสปริงกระทำการเปลี่ยนมุมแคมเบอร์ให้เป็นมุมแคมเบอร์ลบเพียงเล็กน้อยในขณะที่วิ่งทางตรง เป็นการลดมุมแคมเบอร์บวกในระหว่างเลี้ยวเข้าโค้ง ดังนั้นจึงเป็นการช่วยลดมุมแคมเบอร์เบียดข้างและเพิ่มการยึดแรงเลี้ยวโค้งให้พอเหมาะกับการเลี้ยว



รูปที่ 2.7 มุมแคมเบอร์บวกขณะวิ่งทางตรงและวิ่งเข้าโค้ง



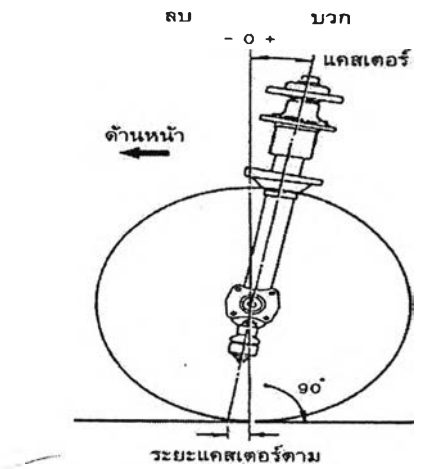
รูปที่ 2.8 มุมแคมเบอร์ลบขณะวิ่งทางตรงและวิ่งเข้าโค้ง

2.1.2 มุมแคสเตอร์และระยะแคสเตอร์ตาม

มุมแคสเตอร์ (caster angle) คือมุมเอียงของแนวแกนสลักล้อหน้า การวัดค่าของมุมแคสเตอร์จะถูกวัดเป็นองศา โดยการวัดจากแนวแกนสลักล้อกับแนวดิ่ง ทั้งนี้เราจะสามารถดูได้จากด้านข้างของล้อรถ ถ้าแกนสลักล้อถูกเอียงไปด้านหลังจากแนวดิ่งเรียกว่า แคสเตอร์บวก

(positive caster) และในทำนองเดียวกัน ถ้าแกนสลักล้อเอียงไปด้านหน้าจากแนวดิ่งของแกนสลักล้อเรียกว่า มุมแคสเตอร์ลบ (negative caster)

ส่วนระยะทางที่แบ่งแยกจากเส้นแบ่งแนวแกนล้อจากพื้นถึงจุดกึ่งกลางของยางที่สัมผัสกับพื้นถนนเรียกว่า ระยะแคสเตอร์ตาม (caster rail) ดังแสดงในรูปที่ 2.9



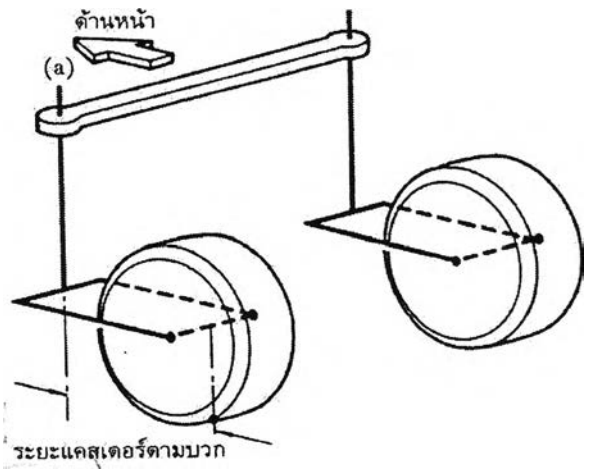
รูปที่ 2.9 แสดงมุมแคสเตอร์และระยะแคสเตอร์ตาม

หน้าที่ของมุมแคสเตอร์และระยะแคสเตอร์ตาม หน้าที่ของมุมแคสเตอร์ในการบังคับเลี้ยวมีดังนี้คือ

1. ให้ความคงที่ขณะรถวิ่งในแนวตรง ในขณะหักให้ล้อหมุนเลี้ยวไปทางด้านซ้าย ในรถที่มุมของแกนล้อที่มีมุมเป็นแคสเตอร์บวกจะทำให้แกนล้อทางด้านซ้ายถูกลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแกนของล้อเอียง ซึ่งที่จริงแล้วแกนของล้อนั้นไม่สามารถเคลื่อนตัวลงได้ เนื่องจากยึดติดกับล้อและสภาพของพื้นผิวถนนก็ไม่สามารถทำให้แกนล้อเลื่อนลงได้

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้แกนบังคับเลี้ยวทางด้านซ้ายเกิดแรงเคลื่อนตัวขึ้นช่วยยกให้ตัวถังรถสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ภายหลังจากเลี้ยวรถแล้ว และพวงมาลัยถูกปล่อยให้หมุนกลับในตำแหน่งเดิม น้ำหนักที่ยกตัวถังให้ลอยสูงขึ้นจะเกิดแรงทำให้แกนบังคับเลี้ยวเคลื่อนตัวลงอีกครั้ง ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้แกนล้อหมุนกลับไปอยู่ในตำแหน่งแนวตรงดังเดิม ทำให้มุมของแกนบังคับเลี้ยวมีผลลัพธ์เช่นเดียวกันเมื่อมุมแคสเตอร์ของรถมีน้อย ซึ่งมุมแกนบังคับเลี้ยวนี้จะมีหน้าที่ให้ความคงที่ในขณะที่วิ่งในแนวตรงเช่นกัน

2. การหมุนกลับคืนของล้อจากระยะแคสเตอร์ โดยทั่วไปแล้วล้อหน้าของรถจะประกอบด้วยมุมแคสเตอร์และระยะแคสเตอร์ตาม แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ากำหนดให้มุมแคสเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ระยะแคสเตอร์ตามเป็นบวก นั่นคือแนวเอียงของแกนบังคับเลี้ยวของแต่ละล้อ (a) ซึ่งจะอยู่ด้านหน้าของเส้นผ่านศูนย์กลางของยางที่สัมผัสกับผิวถนน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าล้อหน้าทั้งสองจะหมุนเคลื่อนที่ตามหลังของแนวเอียงของแกนบังคับเลี้ยวเสมอขณะที่รถวิ่งเคลื่อนที่ไป ดังแสดงในรูปที่ 2.10

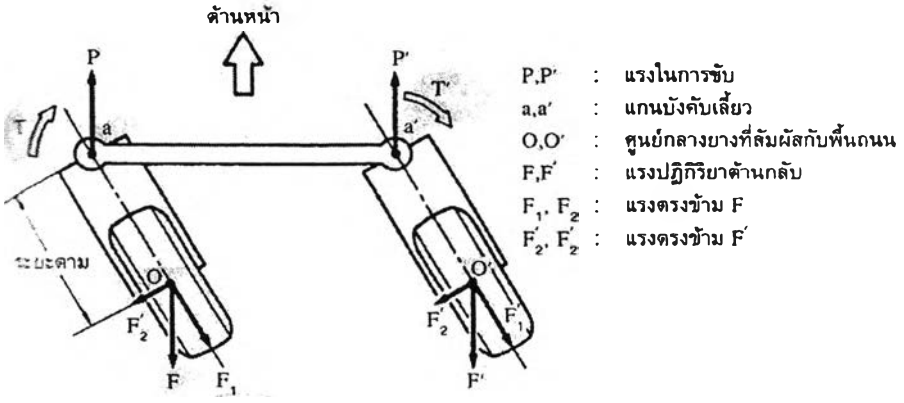


รูปที่ 2.10 ระยะแคสเตอร์ตามขณะที่รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

และเช่นเดียวกัน มุมแคสเตอร์บวกจะช่วยให้การหมุนคืนกลับในแนวตรงภายหลังจากการเลี้ยวเกิดจากสาเหตุดังจะอธิบายต่อไปนี้ ในรูปที่ 2.11 เป็นผลจากากรที่เกิดแรงโมเมนต์ที่มากระทำรอบๆ แนวแกนบังคับ a และ a เมื่อหมุนล้อให้เลี้ยวไปทางซ้าย แรงขับ P และ P' จะกระทำที่จะ a และ a' และแรงต้านทางการหมุนของยางที่สัมผัสกับผิวถนน O และ O' ขณะที่เกิดแรงปฏิกิริยาต้านกลับ F และ F ต่อแรงขับ

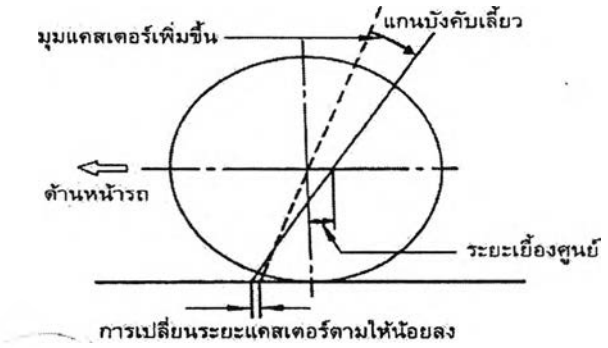
จากปฏิกิริยาของแรงต้านกลับ F ทำให้แรง F ถูกแบ่งออกเป็นแรง F1 และแรง F2 และแรงปฏิกิริยาต้านกลับ F' ก็ยังถูกแบ่งออกเป็น F'_1 และ F'_2 รวมกับแรง F_2 และ F_2 ทำปฏิกิริยากับโมเมนต์ T และ T' ที่พยายามจะทำให้ล้อหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิการอบแกนบังคับเลี้ยว a และ a' จากโมเมนต์ที่ a และ a' นี้จึงทำให้เกิดแรงดีกลับที่ล้อเกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.11

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.11 แสดงการเกิดแรงที่ทำให้ล้อหมุนคืนกลับตำแหน่งเดิม

ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้มีการปรับปรุงโดยการเพิ่มมุมแคสเตอร์เพื่อให้การบังคับเลี้ยวในแนวตรงดียิ่งขึ้น เป็นไปตามหลักการทางเรขาคณิตของวอร์ลอฟ โดยให้แนวแกนบังคับเลี้ยวเยื้องศูนย์หลังเส้นผ่านศูนย์กลางล้อ เป็นผลให้มุมแคสเตอร์เพิ่มขึ้นและระยะแคสเตอร์ตามยังคงที่หรือเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2.12



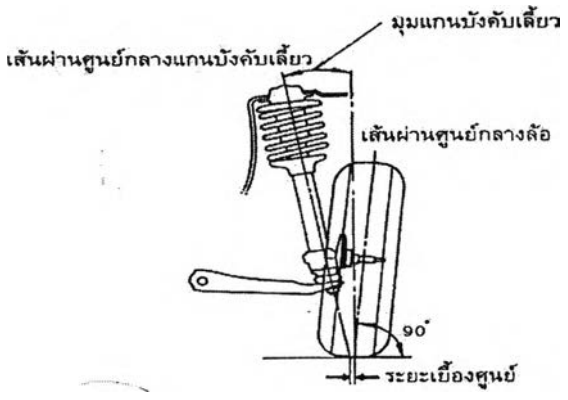
รูปที่ 2.12 แสดงการเพิ่มมุมแคสเตอร์เพื่อผลทางด้านการบังคับเลี้ยว
ในทิศทางตรงที่ดียิ่งขึ้นตามหลักการเรขาคณิตของวอร์ลอฟ

2.1.3 มุมเอียงของแกนบังคับเลี้ยว

มุมเอียงของแกนบังคับเลี้ยว (steering axis inclination) หรือมุมคิงพิน (king pin angle) คือมุมที่แกนบังคับเลี้ยวเข้าด้านในจากการมองด้านหน้าของรถ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ซึ่ง

ระยะเอียงของแกนบังคับเลี้ยวนี้สามารถเอียงได้ถึง 5 ถึง 10 องศา ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบการบังคับเลี้ยว ซึ่งโดยทั่วไปมุมเอียงของแกนบังคับเลี้ยวจะอยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 องศา

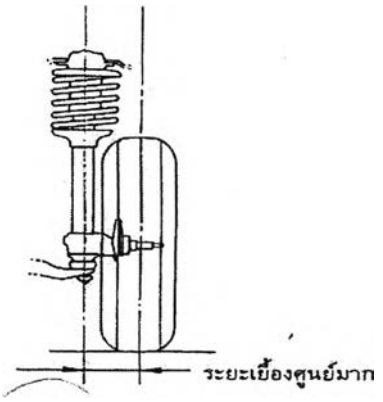
ทั้งมุมแคสเตอร์และมุมแกนบังคับเลี้ยวจะมีผลในการบังคับเลี้ยว ทำให้ผิวหน้าของยางสัมผัสใกล้กับจุดของแกนบังคับเลี้ยว ทำให้ช่วยลดระยะเยื้องศูนย์ ถ้าระยะเยื้องศูนย์น้อยกว่าจะช่วยลดแรงหมุนของพวงมาลัยและแรงสั่นสะเทือน นอกจากนี้ยังช่วยให้มีการคืนกลับของพวงมาลัยให้หมุนคืนกลับมาอยู่ในตำแหน่งแนวตรงไปข้านหน้าเสมอขณะที่ทำการเบรก



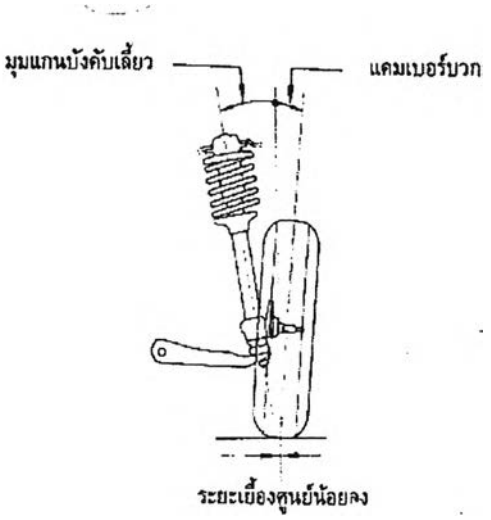
รูปที่ 2.13 แสดงมุมแกนบังคับเลี้ยวและระยะเยื้องศูนย์

หน้าที่ของมุมแกนบังคับเลี้ยว หน้าที่ของมุมแกนบังคับเลี้ยวที่มีผลต่อการบังคับเลี้ยวมีดังนี้คือ

1. ช่วยลดการหมุนของพวงมาลัย จากการหมุนบังคับเลี้ยวด้วยแกนบังคับเลี้ยว ทำให้ศูนย์กลางของแกนบังคับเลี้ยวกับระยะเยื้องศูนย์มีมาก ทำให้มีโมเมนต์มากเกิดขึ้นรอบๆ แกนบังคับเลี้ยว เป็นสาเหตุที่เกิดจากแรงต้านทานการหมุนของยาง จึงทำให้เกิดแรงหมุนที่พวงมาลัยเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการลดระยะเยื้องศูนย์ให้น้อยลง เพื่อผลในการลดการหมุนพวงมาลัย โดยการทำให้มุมแกนบังคับเลี้ยวเอียงควบคู่กับการทำให้ยางเป็นมุมแคมเบอร์บวก ดังแสดงในรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15



2.14 เมื่อล้อรถมีระยะเยื้องศูนย์มาก



รูปที่ 2.15 การทำให้มุมแกนบังคับเลี้ยวเอียงควบคู่กับมุมแคมเบอร์บวกเมื่อลดระยะเยื้องศูนย์ให้น้อยลง

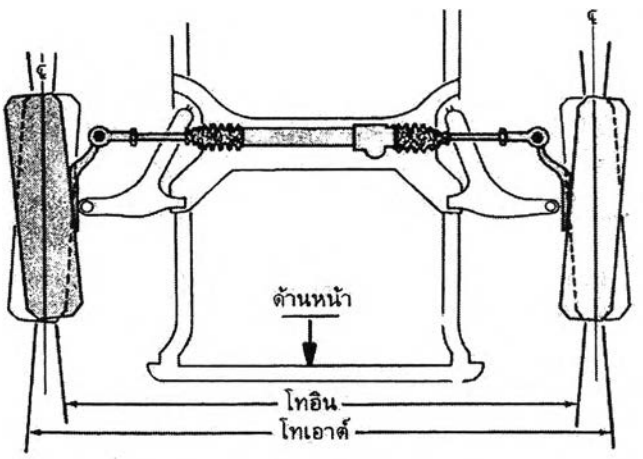
2. ช่วยลดอาการตีกลับของพวงมาลัยและอาการดึงไปด้านหนึ่งของรถ ถ้าล้อด้านใดของรถมีระยะเยื้องศูนย์มากเกินไป แรงปฏิกิริยาด้านกลับที่กระทำลงบนล้อในขณะขับขี่หรือเบรกจะทำให้เกิดแรงโมเมนต์ขึ้นรอบๆ แกนบังคับเลี้ยว เป็นสาเหตุให้ล้อถูกดึงไปด้านที่มีแรงปฏิกิริยาด้านกลับมากแรงโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับขนาดของระยะเยื้องศูนย์ แต่ถ้าระยะเยื้องศูนย์มีค่าเกือบเท่ากับศูนย์ ค่าของแรงโมเมนต์ที่เกิดขึ้นรอบๆ แกนบังคับเลี้ยวกระทำลงบนล้อจะน้อย

ลงเช่นกัน ในทำนองเดียวกัน พวงมาลัยของรถจะได้รับอิทธิพลน้อยจากอาการเบรกและการกระเทือนที่เกิดจากพื้นถนน

3. เพิ่มความคงที่ในทิศทางตรงเสมอ มุมเอียงของแนบังคับเลี้ยวจะช่วยให้ล้อรถคืนกลับในตำแหน่งแนวตรงได้โดยอัตโนมัติภายหลังจากทำการเลี้ยวแล้ว

2.1.4 มุมโท

มุมโท (toe angle) เมื่อส่วนหน้าของล้อมีระยะที่แคบกว่าส่วนหลังขอล้อ มุมนี้เรียกว่า โทอิน (toe out) ดังแสดงในรูปที่ 2.16



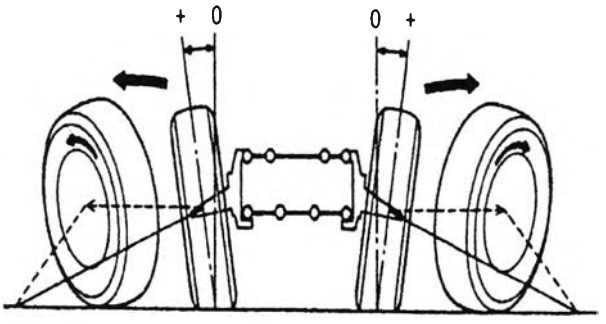
สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.16 แสดงการจัดมุมโทอินที่ระยะด้านหน้าล้อแคบกว่ามุมโทเอาต์

หน้าที่ของมุมโท หน้าที่หลักที่สำคัญของมุมโทก็คือมุมที่พยายามกำจัดอาการของล้อที่เกิดแคมเบอร์เบียดข้างที่เกิดขึ้นกับล้อหน้าที่มีมุมเป็นมุมแคมเบอร์บวก จากสาเหตุนี้จึงมีผลทำให้ล้อรถพยายามที่จะหมุนออกด้านข้างในขณะที่รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้ล้อลื่นไถลออกด้านข้างและเกิดอาการที่ทำให้ยางล้อสึก

ดังนั้นมุมโทอินจึงจัดไว้สำหรับล้อหน้าของรถโดยทั่วไป เพื่อป้องกันอาการที่เกิดจากการลื่นไถลออกด้านข้างจากการที่ล้อมีมุมแคมเบอร์บวก

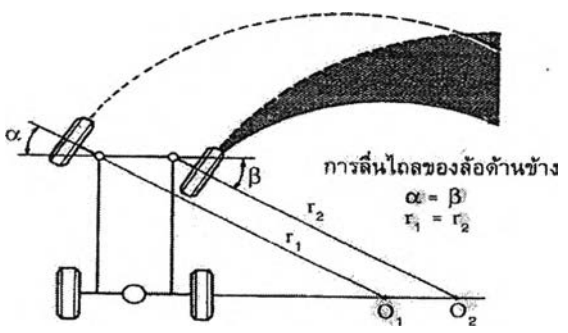
ซึ่งในปัจจุบันรถยนต์ส่วนใหญ่ได้จัดให้มุมแคมเบอร์เกือบเท่ากับศูนย์ ซึ่งจะทำให้ค่าของมุมโทลดน้อยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงการกลิ้งด้านข้างของล้อเมื่อมีมุมเป็นแคมเบอร์บวกขณะที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

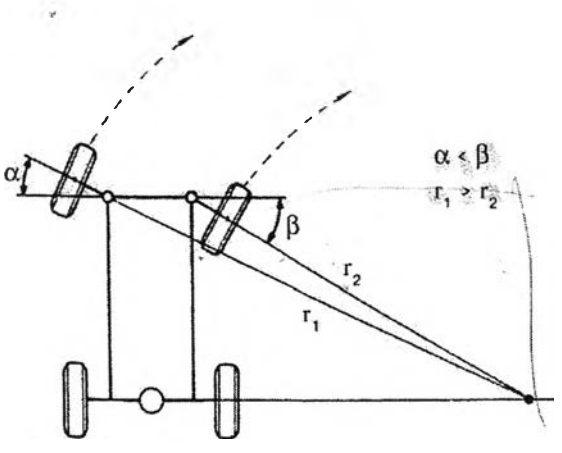
2.1.5 มุมโทเอาต์ออนเทิร์น

มุมโทเอาต์ออนเทิร์น (toe out onturn) หรือรัศมีมุมเลี้ยวเป็นมุมล้อหน้าที่เกิดขึ้นขณะเลี้ยวเมื่อล้อหน้าด้านขวาและซ้ายเลี้ยวทำมุมที่เท่ากัน จึงทำให้ล้อหน้าทั้งสองมีรัศมีมุมเลี้ยวเดียวกัน (r1 = r2) แต่ล้อแต่ละข้างจะเลี้ยวรอบจุดศูนย์กลางที่แตกต่างกัน (O1 และ O2) ดังนั้นจึงทำให้ล้อด้านในพยายามเลี้ยวเป็นมุมมากกว่าล้อด้านนอก เนื่องจากมีรัศมีในการเลี้ยวที่สั้นกว่า ในขณะเลี้ยวจึงเกิดการลื่นไถลออกด้านข้างเป็นมุมโทเอาต์ เป็นผลให้ล้อทั้งสี่หมุนไม่ราบเรียบ เป็นสาเหตุให้เกิดเสียงดังและยางสึก แม้ว่าล้อทั้งสี่จะมีแรงดันลมภายในยางแต่ละเส้นเท่ากันและมีมุมศูนย์ล้อที่ถูกต้องแล้วก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.18

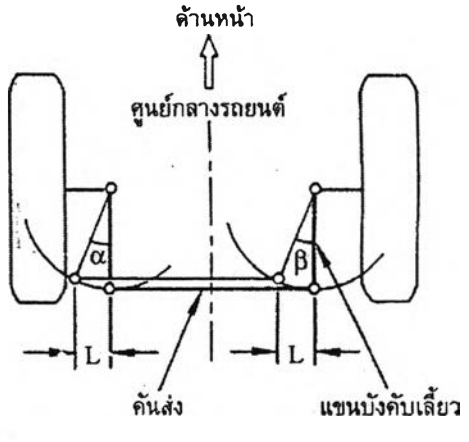


รูปที่ 2.18 แสดงการเกิดการลื่นไถลของล้อด้านในหรือเป็นโทเอาต์ออนเทิร์น

แต่ในทางปฏิบัติที่ถูกต้องแล้ว รถยนต์จะได้ถูกออกแบบให้ก้านต่อบังคับเลี้ยวเป็นแบบสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อต้องการให้มุมเลี้ยวของล้อด้านนอก (α) น้อยกว่าล้อด้านใน (β) และจุดศูนย์กลางของการเลี้ยวจะอยู่ที่แนวของล้อหลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.19 และรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 การแก้ไขมุมเลี้ยวของล้อด้านในให้มีมุมที่มากกว่ามุมล้อด้านนอก ในขณะเลี้ยว



รูปที่ 2.20 แสดงวิธีการแก้ไขทำให้ล้อเป็นโทเอาต์ออนเทิร์น

2.2 การบริการศูนย์ล้อ

การบริการศูนย์ล้อเป็นการตรวจสอบและแก้ไขศูนย์ล้อเมื่อรถใช้งานไปนานๆ และเกิดมีอาการสึกหรอที่ผิดปกติเกิดขึ้นกับยางหรือการซ่อมแซมแก้ไขระบบรองรับและการบังคับเลี้ยวที่ผิดปกติ

การบริการศูนย์ล้อเป็นวิธีการตั้งมุมของล้อหน้าซึ่งได้แก่ มุมแคมเบอร์ มุมแคสเตอร์ มุมเอียงแกนบังคับเลี้ยวหรือมุมคิงพิน มุมโทอิน การแก้ไขตรวจสอบศูนย์ล้อจะต้องครอบคลุมสัมพันธ์กันทั้งหมด และเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบแก้ไขศูนย์ล้อ เราควรจะต้องพิจารณาศึกษาและปฏิบัติตามดังต่อไปนี้

1. เมื่อมีการใช้เครื่องมือทดสอบศูนย์ล้อ ก่อนใช้ควรจะต้องศึกษาวิธีการใช้งานของเครื่องมือทดสอบแต่ละแบบซึ่งเครื่องทดสอบที่เลือกนำมาใช้ตรวจวัดควรจะต้องมีการบันทึกข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำสูง มีความเชื่อถือได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรมีค่าผิดพลาดและมีการบำรุงรักษาที่สามารถกระทำได้ในระยะเวลาอันสั้น การวัดศูนย์ล้อควรตรวจวัดในขณะที่รถจอดอยู่กับพื้นที่ราบได้ระดับ

2. มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องตรวจสภาพช่วงล่างของรถเสียก่อนที่จำทำการตรวจวัดทุกครั้ง ก่อนวัดศูนย์ล้อ ควรพิจารณาหาสาเหตุที่มีผลต่อศูนย์ล้อเสียก่อน ซึ่งจาการเตรียมการทำงานอย่างถูกต้องจึงจะทำให้สามารถวัดค่าได้ถูกต้อง ดังนั้นส่วนสำคัญของรถที่ควรตรวจสอบก่อนการวัดศูนย์ล้อก็คือ

- แรงดันของลมยางที่ถูกต้อง
- ลักษณะของยางที่บิดเบี้ยว
- ระยะการสึกหรอของลูกหมาก
- ระยะการสึกหรอของลูกปืนล้อหน้า
- ความยาวของเหล็กหนวดกุ้งทั้งด้านซ้ายและขวา
- ระยะห่างระหว่างพื้นกับแชสซีส
- การสึกหรอหรือการเสียรูปของชิ้นส่วนก้านต่อบังคับเลี้ยว
- การเสียรูปหรือสึกหรอของชิ้นส่วนที่สัมพันธ์กับระบบรองรับหน้า

3. การทดสอบบนถนน ภายหลังจากทำการปรับตั้งคานหน้า ระบบรองรับ ระบบบังคับเลี้ยว หรือศูนย์ล้อหน้าแล้ว ควรนำรถออกวิ่งทดสอบบนถนน เพื่อเป็นการทดสอบผลจากการวัดและปรับตั้งจากสิ่งต่อไปนี้

- การขับขี่รถไปในแนวตรง พวงมาลัยจะต้องถูกปรับตั้งให้วิ่งในแนวตรง ไม่ถูกดึงไปด้านใดด้านหนึ่งในขณะที่วิ่งบนถนนที่ราบเรียบและจะต้องไม่เกิดอาการสั่นและเต้น

- การเลี้ยวรถ พวงมาลัยจะต้องเลี้ยวได้ง่ายทั้งซ้ายและขวา และจะต้องสามารถคืนกลับในตำแหน่งเดิมได้โดยง่ายภายหลังจากปล่อยพวงมาลัยแล้ว

- การเบรก อาการของพวงมาลัยจะต้องไม่ถูกดึงไปในด้านหนึ่งด้านใดในขณะที่รถเบรกบนถนนที่ราบเรียบ

- การตรวจสอบเสียงที่ผิดปกติ ในขณะทำการขับขี่ทดสอบรถจะต้องไม่มีเสียงที่ผิดปกติที่เกิดจากส่วนประกอบของระบบรองรับ ระบบบังคับที่เกิดอาการสัมผัสกับแชสซีสหรือตัวถังขณะที่ผู้ขับขี่หมุนพวงมาลัยไปจนสุด

2.2.1 วิธีการปรับแก้ไขศูนย์ล้อ

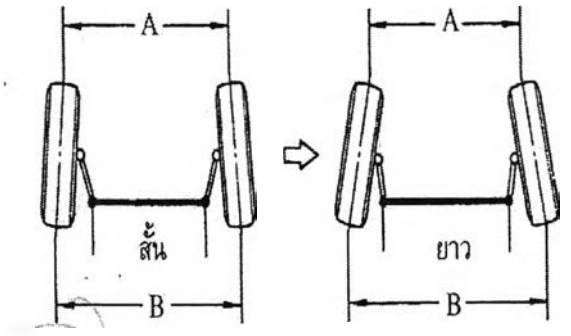
ในกรณีที่จะทำการปรับตั้งมุมศูนย์ล้อ ซึ่งในรถยนต์ทั่วไปจะมีกลไกไว้ปรับตั้ง ค่าที่วัดได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าของมุมมาตรฐานของรถยนต์แต่ละรุ่น ดังนั้นการปรับตั้งมุมศูนย์ล้อด้วยกลไกจึงถูกแยกการปรับตั้งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การปรับตั้งศูนย์ล้อหน้า และการปรับตั้งศูนย์ล้อหลัง

การปรับตั้งศูนย์ล้อหน้า

การปรับตั้งมุมศูนย์ล้อหน้า เช่น มุมโท มุมแคมเบอร์ มุมแคสเตอร์ จึงมีวิธีการปรับตั้งได้ดังนี้

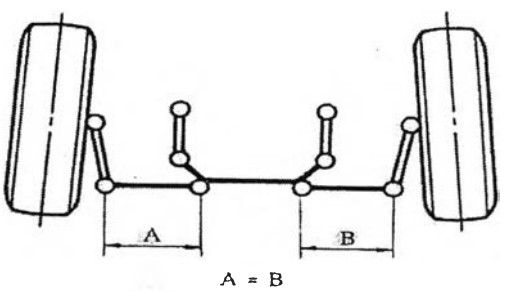
1. การปรับตั้งมุมโท การปรับตั้งมุมโทอินจะสามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนความยาวของคันส่งที่ต่ออยู่กับแขนบังคับเลี้ยว ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

ก. แบบที่มีคันส่งอยู่ด้านหลังแกนล้อ โดยการเพิ่มความยาวของคันส่งซึ่งเป็นการเพิ่มมุมโทอินแต่ถ้าแบบที่มีคันส่งอยู่หน้าแกนล้อจะเป็นการเพิ่มความยาวของคัส่งและเป็นการเพิ่มมุมโทเอาต์ดังแสดงในรูปที่ 2.21

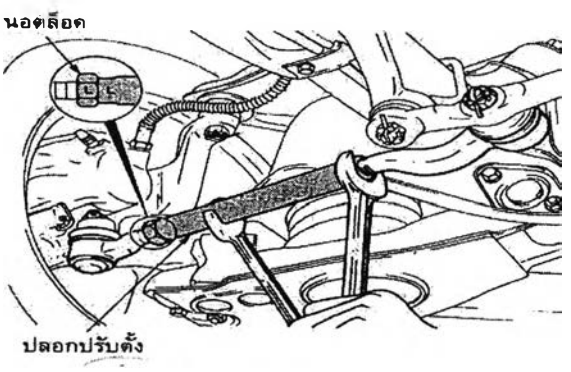


รูปที่ 2.21 การปรับตั้งมุมทินแบบที่มีคันส่งอยู่ด้านหลังแกนล้อ

ข. แบบที่มีคันส่งคู่ทั้งซ้ายและขวาในการปรับมุมโทอิน ซึ่งการปรับตั้งมุมโทอินนั้นจะต้องขยายความยาวของคันส่งทั้งสองด้านให้ได้ค่าที่กำหนด ดังนั้นถ้าการปรับความยาวของคันส่งให้มีระยะความยาวที่ต่างกัน ผลลัพธ์จะทำให้มุมเลี้ยวของล้อผิดไป ดังแสดงในรูปที่ 2.22 และรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 การปรับคันส่งแบบคู่

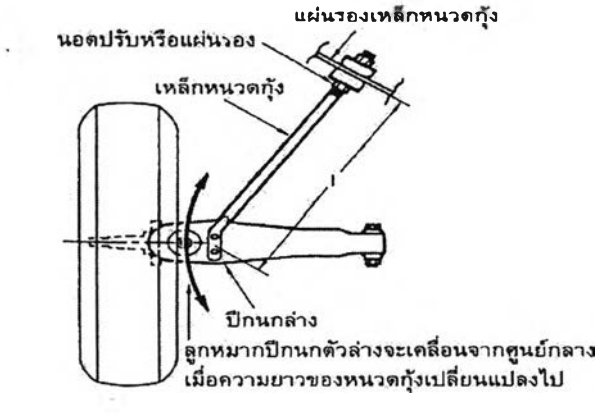


รูปที่ 2.23 แสดงวิธีการปรับตั้งคันส่งแบบคู่

2. การปรับมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์ วิธีในการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับแบบของรถและระบบรองรับแต่ละแบบ ดังนั้นการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์จึงสามารถกระทำได้โดยแยกกันปรับพร้อมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบรองรับนั้นๆ เป็นสำคัญ

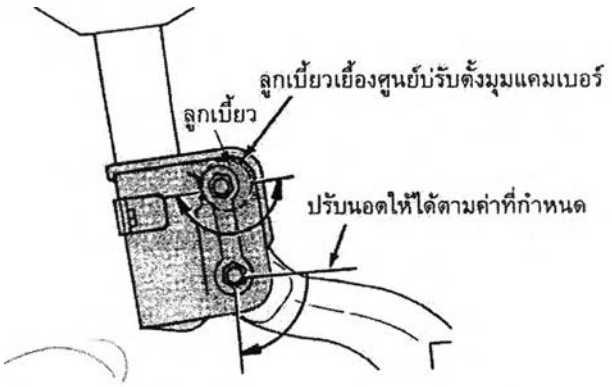
มุมโทอินจะต้องทำการตรวจสอบขึ้นภายหลังที่ได้ทำการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์แล้วทุกครั้ง ด้วยเหตุนี้วิธีการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์สำหรับรถที่มีกลไกการปรับตั้งจึงต้องแยกวิธีการปรับตั้งออกเป็น 3 วิธีก็คือ

ก. การแยกปรับเฉพาะมุมแคมเบอร์ เป็นวิธีการปรับตั้งมุมแคมเบอร์โดยใช้กลไกลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ที่ถูกยึดไว้ที่ขัดต่อที่อยู่ระหว่างโช้กอัปซอร์บเบอร์และแกนบังคับเลี้ยว มุมแคมเบอร์จะถูกปรับตั้งโดยการเปลี่ยนมุมที่สร้างสัมพันธ์กันระหว่างโช้กอัปซอร์บเบอร์กับแกนบังคับเลี้ยว ซึ่งการปรับด้วยวิธีนี้จะนิยมให้กับระบบรองรับแบบแม็กเฟอร์สันสตรัตเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 การแยกปรับเฉพาะมุมแคมเบอร์ด้วยกลไกลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์

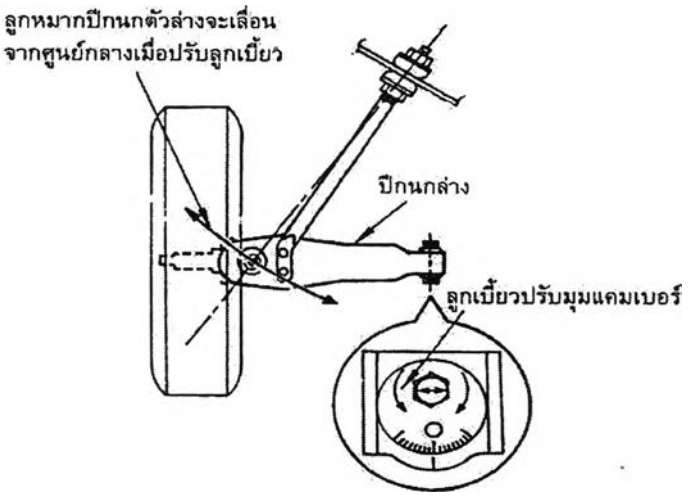
ข. การแยกปรับเฉพาะมุมแคสเตอร์ มุมแคสเตอร์สามารถทำการปรับตั้งได้โดยการเปลี่ยนระยะ I ดังแสดงในรูปที่ 2.25 ระหว่างปีกนกล่างกับเหล็กหนวดกุ้ง ด้วยการคลายนอตหรือแผ่นรองเหล็กหนวดกุ้ง วิธีการปรับตั้งมุมแคสเตอร์ด้วยวิธีนี้จะนิยมใช้กับระบบรองรับแบบปีกนกคู่หรือแบบแม็กเฟอร์สันสตรัต ซึ่งมีเหล็กหนวดกุ้งติดตั้งอยู่ทั้งด้านหน้าหรือด้านหลังปีกนกตัวล่าง



รูปที่ 2.25 การปรับตั้งมุมแคสเตอร์ที่เหล็กหนวดกุ้ง

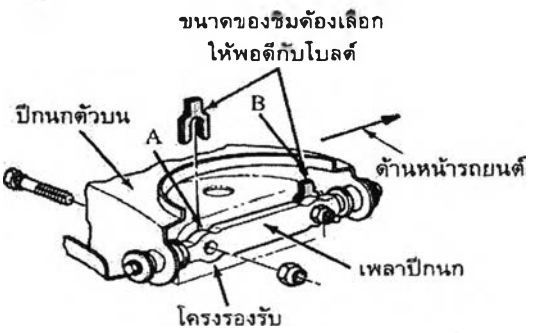
ค. การปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์รวมกัน การปรับตั้งมุมทั้งสองร่วมกัน สามารถกระทำการปรับตั้งได้ 3 แบบ คือ

- ตั้งด้วยลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ที่ถูกจัดไว้ที่ปลายด้านในของปีกนกล่าง วิธีการตั้งกระทำได้ด้วยการหมุนโบลต์ให้เลื่อนศูนย์กลางของปีกนกล่างเลื่อนไปทางด้านซ้ายและขวา จึงทำให้ศูนย์กลางเคลื่อนตัวเบี่ยงเบนออกไป เนื่องจากปีกนกล่างถูกยึดไว้ด้วยเหล็กหนวดกุ้ง ดังนั้นการปรับตั้งด้วยวิธีนี้จึงเป็นการปรับตั้งมุมได้ทั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์ในเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.26

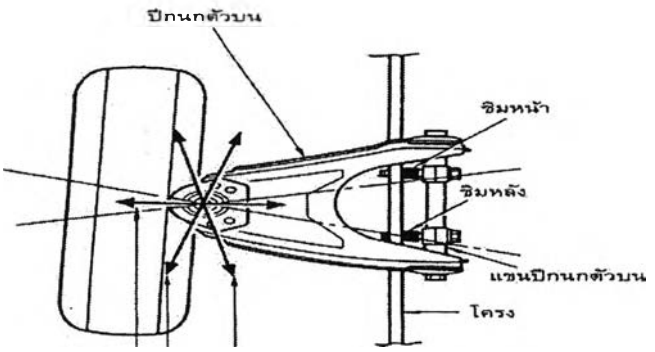


รูปที่ 2.26 แสดงการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์พร้อมกันด้วยลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์

- การปรับมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์ด้วยแผ่นชิม เป็นการปรับตั้งมุมทั้งสองด้วยแผ่นชิมที่ถูกจัดไว้ระหว่างปีกนกบนและจุดยึดกับโครงรถ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ใช้ปรับตั้งมุมทั้งสอง นั่นก็คือตำแหน่งของลูกหมากตัวบนจะถูกเปลี่ยนไปโดยการเพิ่มหรือลดจำนวนและขนาดของแผ่นชิม ที่แกนของปีกนกบนที่ยึดติดอยู่กับโครงรถจำนวนสองจุด ดังแสดงในรูปที่ 2.27 จึงมีผลให้มุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์สามารถปรับตั้งได้ในเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.28 การปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์ด้วยวิธีนี้จะใช้กับระบบรอบรับแบบปีกนกคู่เท่านั้น



รูปที่ 2.27 แสดงแผ่นชิมที่ติดตั้งกับแกนปีกนกบนกับโครงรถเพื่อปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์



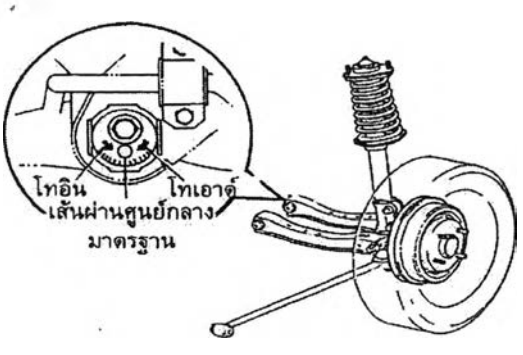
รูปที่ 2.28 แสดงตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงของลูกหมากปีกนกเมื่อลดหรือเพิ่มจำนวนและขนาดแผ่นชิมในขณะปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมแคสเตอร์

การปรับตั้งศูนย์ล้อหลัง

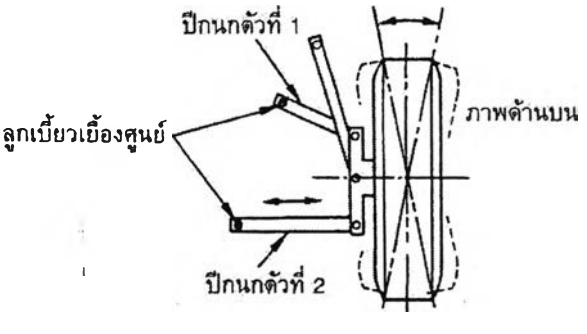
ศูนย์ล้อหลังของระบบรองรับอิสระหลังสามารถกระทำการวัดมุมล้อให้ถูกต้องได้ด้วยการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมโทเท่านั้น ดังนั้นวิธีการปรับตั้งมุมแคมเบอร์และมุมโทก็ย่อมขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระบบรองรับน้ำหนักในแต่ละแบบ ซึ่งรถยนต์บางแบบก็จะไม่มีกลไกสำหรับปรับตั้งมุมแคมเบอร์เช่นเดียวกับล้อหน้า

1. การปรับตั้งมุมโท การปรับตั้งมุมโทอินที่ปีกนกของล้อหลังสามารถปรับตั้งได้ด้วยลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของมุมล้อที่จะต้องสัมพันธ์กับตัวถังรถ การปรับตั้งจะสามารถกระทำได้ด้วยการปรับหมุนลูกเลี้ยวเยื้องศูนย์ที่แขนของปีกนกให้เคลื่อนเปลี่ยนทิศทางของล้อไปทางด้านซ้ายและขวา เพื่อเป็นการปรับตั้งมุมโทอินตามความต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.30

การปรับตั้งมุมโทอินของล้อหลัง ลักษณะการปรับเช่นเดียวกับล้อหน้าทุกประการ ดังแสดงในรูปที่ 2.31



2.30 แสดงตำแหน่งติดตั้งลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ที่แขนปีกนกซ้ายและขวาสำหรับปรับตั้งมุมโทอิน



รูปที่ 2.31 แสดงการปรับตั้งมุมโทอินที่ล้อหลังด้วยลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์

2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 สุเมธ คงสำราญ (2544)

ได้ทำการศึกษาและนำเอา 6 sigma เข้าไปใช้ในการลดปัญหาของเครื่องยนต์เสียงดังผิดปกติ ซึ่งเป็นปัญหาที่ลูกค้าร้องเรียนมาเป็นประจำ โดยในการวิจัยได้เลือกทำการลดความแปรปรวนของกระบวนการตั้งวาล์ว ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว หลังจากมีการปรับปรุง

กระบวนการโดย พบว่าสาเหตุของความแปรปรวนเกิดจากระบบการวัดค่าของความห่างของระยะวาล์วก่อนที่จะปรับตั้งไม่ดี จึงทำการปรับปรุงระบบการวัดที่กระบวนการดังกล่าว จากผลการปรับปรุงนี้เองสามารถลดปัญหาของเครื่องยนต์ที่มีเสียงดังผิดปกติจากการตั้งวาล์วที่ไม่ถูกต้องลงถึง ร้อยละ 87 และ อัตราการร้องเรียนของลูกค้าต่อปัญหาดังกล่าวก็มีแนวโน้มลดลงโดยตลอด

2.3.2 Roy Borjeson, FORD Motor company (2003)

ได้ศึกษาและทำโครงการปรับปรุงคุณภาพด้านการขับขี่ที่คงที่ และเพื่อลดข้อร้องเรียนจากลูกค้าจากปัญหา Constant pull to one side ของรถยนต์รุ่น D215/D219 โดยใช้วิธีการ Design for Six sigma (DFSS) เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวตั้งแต่การออกแบบ จากการศึกษาพบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้รถยนต์ มีปัญหาในเรื่อง Constant pull to one side เลียงตามลำดับ คือ ความลาดเอียงของถนน, ค่าความต่างของมุมแคมเบอร์ (S/S Camber), ค่าความต่างของมุมแคสเตอร์ (S/S Caster) และจากผลการวิจัยดังกล่าวนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (Specification) ของชิ้นส่วนต่างๆที่เกี่ยวของใหม่ทั้งหมด เพื่อที่จะสามารถควบคุมมุมดังกล่าวได้ตั้งแต่ชิ้นส่วนที่มาประกอบกัน

2.3.3 บุญสม ประเสริฐอัครกุล (2539)

ทำการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสม ในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงานตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่าบางจุดงานมีการใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติอย่างไม่ถูกต้อง และไม่เหมาะสมโดยวัดจากความสามารถของเครื่องจักร และได้ทำการ วัดค่า Cp และวัดความ สามารถของกระบวนการผลิต Cpk เพื่อบอกแบบวิธีการควบคุมกระบวน การผลิตเชิงสถิติ ที่เหมาะสม

จากผลการวิจัยได้ปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 2 ลักษณะ คือ การใช้ แผนภูมิควบคุมเฉลี่ยและพิสัย การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง และได้ประเมินผลลัพธ์จาก ค่า Cp และ Cpk ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ค่าความเที่ยงตรง เปอร์เซ็นต์ของเสียของชิ้นงาน ที่เกิดขึ้นและจำนวนการผลิตที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณการผลิตลดลงก่อนที่มีการปรับปรุง และค่า ความเที่ยง ตรงในการตรวจสอบของจุดตรวจสอบเพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุง

I25171777