การทดสอบโช้คอัพสำหรับการปรับแต่งระบบรองรับน้ำหนัก

A TESTING OF SHOCK ABSORBER FOR ADAPTING SUSPENSION SYSTEM

อดุลย์ พัฒนภักดี

หลักสูตรวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: adual.pa@spu.ac.th

พันธกานต์ รามปาน

หลักสูตรวิศวกรรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pantakan.ram@spumail.net

เผชิญ จันทร์สา

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pachern.ja@spu.ac.th

บทคัดย่อ

โช้คอัพ (Shock Absorber) เป็นอุปกรณ์ทางกลที่ได้รับการออกแบบเพื่อช่วยในการรองรับแรงกระแทก ลดแรงสั่นสะเทือนของรถ โดยการกระจายพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้น และทำหน้าที่หน่วงการเคลื่อนที่ขึ้นลงของรถยนต์อันเนื่องมาจากสภาพพื้นผิวของถนนตลอดเวลาขณะรถวิ่ง ลดการโคลงตัวของรถ ทำให้รถทรงตัวได้ดีเกิดความนุ่มนวลในการขับขี่ การศึกษาในครั้งนี้จะเป็นการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญของโช้คอัพ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วง (Damping Coefficient)ของโช้คอัพสามรูปแบบ ประกอบด้วย โช้คอัพมาตรฐานที่ติดตั้งมากับรถยนต์ฮอนดา ซิตี้ โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He และโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec ผลการทดสอบโช้คอัพโดยใช้เครื่องทดสอบ Shock Dynos Test พบว่า สำหรับโช้คอัพมาตรฐานค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.226 kg.s/in และค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่า เฉลี่ยเป็น 4.636 kg.s/in สำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยเป็น 5.023(kg.s/inและค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่า เฉลี่ยเป็น 8.659 kg.s/inและสำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยเป็น 6.489 kg.s/in และค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่า เฉลี่ยเป็น 10.149 kg.s/in

คำสำคัญ: โช้คอัพ ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วง ระบบรองรับน้ำหนัก ความนุ่มนวลในการขับขี่

ABSTRACT

Shock absorber is a mechanical device designed to smooth out or damp shock impulse, and dissipate kinetic energy. It reduces the effect of traveling over rough ground, leading to improved ride comfort ability. In this study, the most important characteristics of shock absorber, the damping coefficient, is investigated. The three type of shock absorber (Standard Honda City shock absorber, GAB He shock absorber, H.Drive Spec

shock absorber) were tested by Shock Dynos Testing machine. The testing result are as list. For the standard Honda City shock absorber, the average damping coefficient is 4.226 kg.s/in with a compression force and the average damping coefficient is 4.636 kg.s/in with a rebound force. And also, For the GAB He shock absorber, the average damping coefficient is 5.023 kg.s/in with a compression force and the average damping coefficient is 8.659 kg.s/in with a rebound force. Finally, the average damping coefficient is 6.489 kg.s/in with a compression force and the average damping coefficient is 10.149 kg.s/in with a rebound force for H.Drive S spec shock absorber.

Keywords: Shock-Absorber Damping-Coefficient Suspension System Ride Comfort Ability

1. บทนำ

ระบบรองรับน้ำหนัก (Suspension System) ของรถยนต์นั้นมีหลายหลายองค์ประกอบที่ทำงานร่วมกัน แต่ชิ้นส่วนสำคัญที่สุดนั้นจะประกอบไปด้วยโช้คอัพ (Shock-absorber) และสปริงหรืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แทนสปริง โดยอุปกรณ์ทั้งสองชิ้นจะทำหน้าที่รับแรงกระแทกและหน่วงการสั่นสะเทือนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดความเสถียรและความนุ่มนวลในการขับขี่ โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตรถยนต์จะติดตั้งระบบรองรับน้ำหนักมาตรฐานมากับรถยนต์แต่ละรูปแบบที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานรถยนต์แต่ละประเภท แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการดัดแปลงรถ หรือจำเป็นต้องเปลี่ยนระบบรองรับน้ำหนัก การเลือกติดตั้งโช้คอัพที่เหมาะสมกับสภาพการขับขี่ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ขับขี่รถยนต์ต้องคำนึงถึง ในปัจจุบัน โช้คอัพดัดแปลงนั้นมีหลากหลายรูปแบบ หลากหลายราคา ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์มีตัวเลือกในการเปลี่ยนโช้คอัพให้เหมาะสมกับรถยนต์ รูปแบบการขับขี่และสภาพการใช้รถของตนเอง ทั้งนี้คุณสมบัติที่สำคัญของโช้คอัพที่ส่งผลต่อการลดการสั่นสะเทือนและเพิ่มความนุ่มนวลในการขับขี่คือค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงของโช้คอัพรถยนต์ จึงเป็นที่มาของการศึกษาครั้งนี้เพื่อทำการทดสอบค่าค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงของโช้คอัพรถยนต์เพื่อเป็นข้อมูลประกอบสำหรับผู้ใช้รถในการเลือกติดตั้งระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงของโช้คอัพรถยนต์สำหรับระบบรองรับน้ำหนักของรถยนต์นั่งขนาดเล็ก

2.2 เพื่อจำลองผลตอบสนองการสั่นสะเทือนของระบบรองรับน้ำหนักของรถยนต์ สำหรับรถยนต์นั่งขนาดเล็ก

3. วิธีการศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

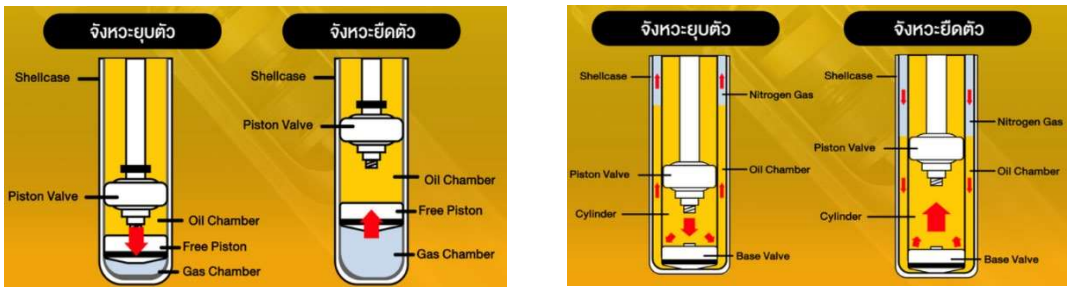
3.1 โช้คอัพ (Shock Absorber)

โช้คอัพ (Shock Absorber) เป็นอุปกรณ์ทางกลที่ได้รับการออกแบบเพื่อช่วยในการรองรับแรงกระแทก ลดแรงสั่นสะเทือนของรถ โดยการกระจายพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้น และทำหน้าที่หน่วงการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวถังรถยนต์อันเนื่องมาจากสภาพพื้นผิวของถนนตลอดเวลาขณะรถวิ่ง ทำให้เกิดความนุ่มนวลขณะขับขี่ และลดการโคลงของตัวรถ ทำให้รถทรงตัวได้ดี (Pinjarla Poornamohan & Lakshmana Kishore, 2018) โช้คอัพในปัจจุบัน

นั้นมีหลากหลายรูปแบบทั้งที่เป็นรูปแบบมาตรฐานติดตั้งมาพร้อมกับรถยนต์ หรือเป็นโช้คอัพดัดแปลงเพื่อความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานรูปแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ตัวอย่างของโช้คอัพรถยนต์รูปแบบต่างๆ

โช้คอัพโดยทั่วไปจะแบ่งประเภทตามโครงสร้างของกระบอกสูบได้เป็น 2 แบบคือ โช้คอัพกระบอกเดี่ยว (Mono-Tube Shock Absorber) และโช้คอัพกระบอกคู่ (Twin-Tube Shock Absorber) สำหรับโช้คอัพกระบอกเดี่ยว การทำงานของน้ำมัน แก๊ส วาล์วลูกสูบ และการทำงานต่างๆ ทั้งหมดจะอยู่ในกระบอกเดียว โดยห้องน้ำมันและแก๊สจะแยกกันโดยลูกสูบ ห้องที่บรรจุน้ำมันจะอยู่ด้านบน ส่วนห้องที่บรรจุแก๊สจะอยู่ด้านล่าง สำหรับโช้คอัพกระบอกคู่จะประกอบด้วยกระบอก 2 ชั้นซ้อนกัน ซึ่งห้องด้านในจะเป็นตัวลูกสูบที่มีน้ำมันบรรจุอยู่ภายใน ส่วนห้องด้านนอกจะบรรจุด้วยแก๊สไนโตรเจน ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น-ลงภายในกระบอกสูบชั้นในเท่านั้น เมื่อโช้คอัพเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการเคลื่อนที่ของล้อลูกสูบจะดันน้ำมันโช้คขึ้นลงมาไหลผ่านทางเบสวาล์วเข้าออกไปห้องแก๊สด้านนอก จึงเกิดเป็นความหนืดเพื่อช่วยลดแรงสั่นสะเทือนของรถยนต์ (B Quik, 2022)

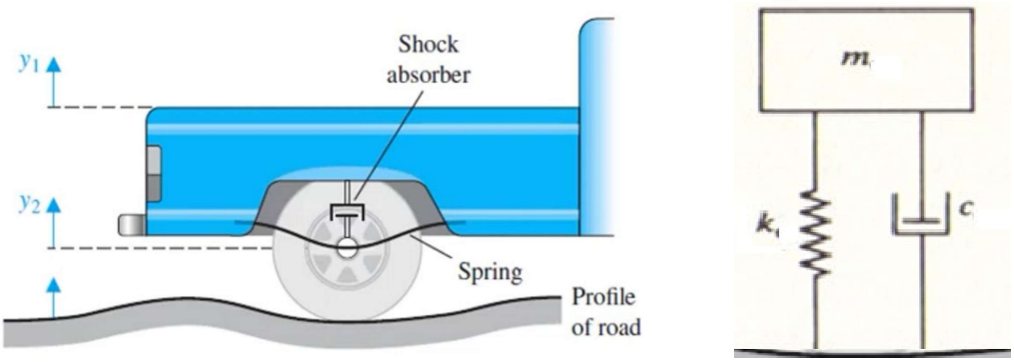


(a) (b)

รูปที่ 2 หลักการทำงานของโช้คอัพกระบอกเดี่ยว (a) และโช้คอัพกระบอกคู่ (b)
(ที่มา https://www.b-quik.com/th/advice/shock)

3.2 แบบจำลองระบบรองรับน้ำหนัก

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายของระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์แบบหนึ่งส่วนสี่ (quarter car suspension model)สามารถแทนได้ด้วยระบบมวลสปริง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 แบบจำลองอย่างง่ายของของระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์ (Dorf, & Bishop ,2017)

จากแบบแบบจำลองอย่างง่ายของระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์ตามรูปที่3. ถ้ารถยนต์มีมวล (m) ค่าคงที่ของคอล์ยสปริง (k) และค่าสัมประสิทธิ์การหน่วง (c) สมการการเคลื่อนที่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการ

$$m\frac{d^2y(t)}{dt^2}+c\frac{dy(t)}{dt}+ky(t)=u(t) \qquad (1)$$

เมื่อ u(t) แทนสัญญาณอินพุทที่ป้อนเข้าระบบอันเนื่องมาจากการสภาพพื้นผิวของถนน จากสมการที่ (1) เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ในรูปของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ได้เป็น

$$T(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{1}{ms^2+cs+k} \qquad (2)$$

3.3 วิธีการทดสอบ

3.3.1ทดสอบหาค่าคงที่ของคอล์ยสปริง โดยใช้เครื่อง Spring Tester ทั้งนี้เครื่องทดสอบจะใส่แรงอัดสปริงให้ยุบตัว โดยวัดค่าคงที่ของคอล์ยสปริงในหน่วยนิวตันต่อเมตร (N/m)

รูปที่ 4 การทดสอบค่าคงที่ของคอล์ยสปริง

3.3.2 ทดสอบหาค่าแรงหน่วงและค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงของโช้คอัพ โดยใช้เครื่อง Shock Dynos Test ทั้งนี้เครื่องทดสอบจะอ่านค่าแรงหน่วงในหน่วยเทียบเท่ามวล (kg) โดยที่เครื่องทดสอบสามารถปรับค่าความเร็วที่กระทำต่อโช้คอัพได้โดยอ่านค่าความเร็วในหน่วยนิ้วต่อวินาที (in/s)

รูปที่ 5 การทดสอบหาค่าแรงหน่วงและค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงของโช้คอัพ

3.3.3 จำลองการสั่นสะเทือนของระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์โดยใช้สมการถ่ายโอนดังแสดงในสมการที่ 2 โดยใช้ข้อมูลของรถยนต์ Honda City และข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.3.1-3.3.2

4. ผลการทดสอบและการอภิปรายผล

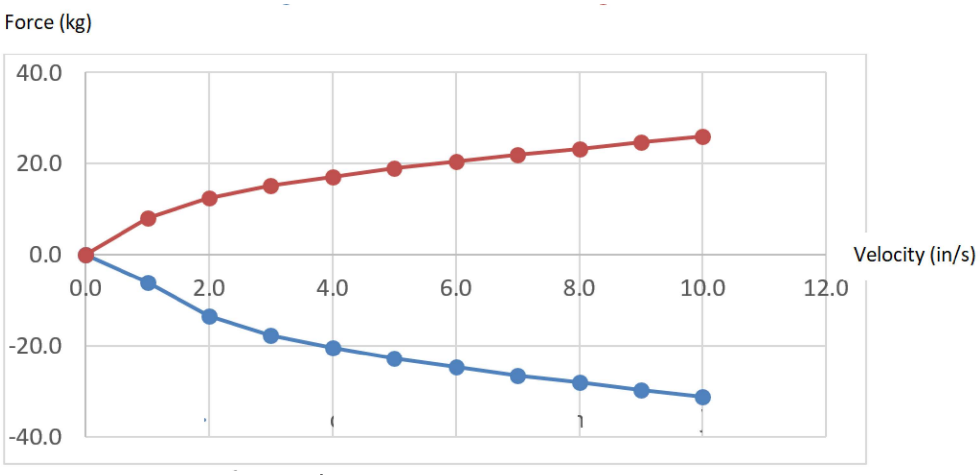
สำหรับการศึกษาในครั้งนี้จะทำการทดสอบคอยล์สปริงและโช้คอัพ 3 รูปแบบ คือ โช้คอัพมาตรฐาน (S.AB) โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He (G.AB) และโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec (H.AB)

4.1 ผลทดสอบค่าคงที่ของคอล์ยสปริง

รูปแบบของโช้คอัพ	ค่าคงที่ของคอล์ยสปริง (N/m)
โช้คอัพมาตรฐาน	25510
โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He	42180
โช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec	34340

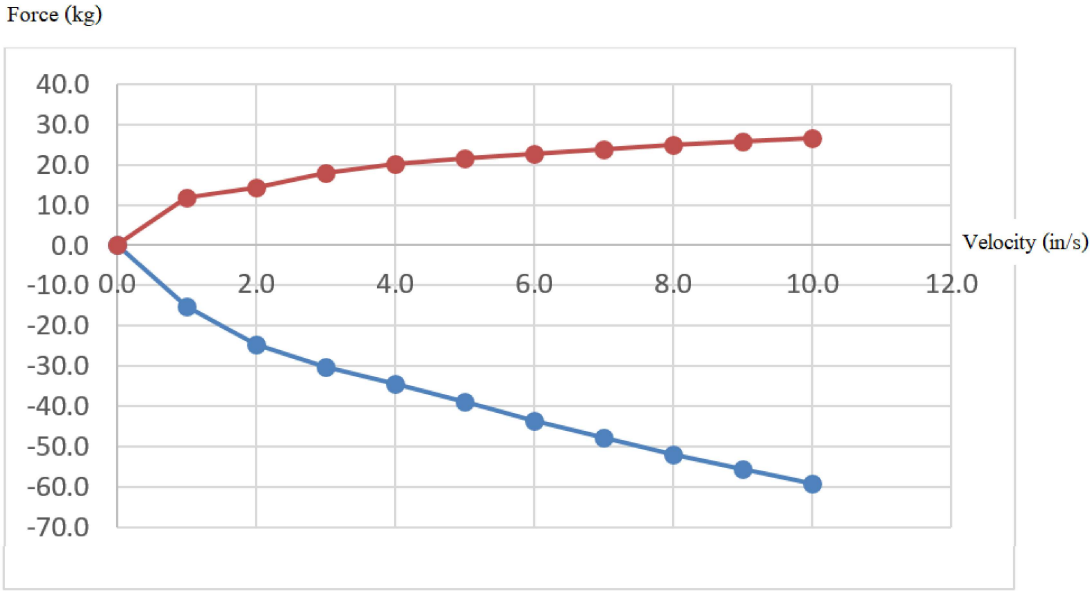
4.2 ผลทดสอบค่าแรงหน่วงของโช้คอัพ

สำหรับผลการทดสอบค่าแรงหน่วงของโช้คอัพมาตรฐาน โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He และโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec แสดงดังรูปที่ 6 - รูปที่ 8



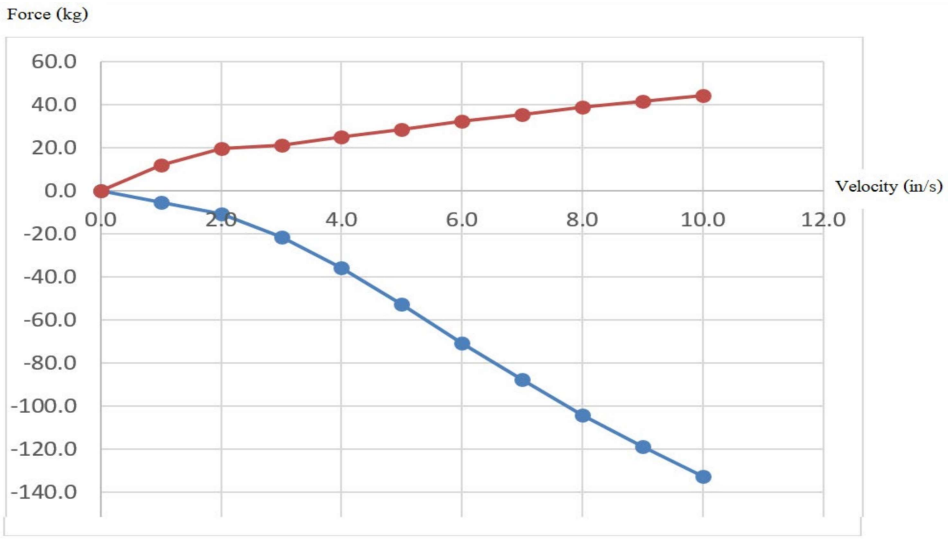
รูปที่ 6 ค่าแรงหน่วงของโช้คอัพมาตรฐาน

พิจารณาจากรูปที่ 6 แสดงค่าแรงอัดด้านบวก (Compression Force) และค่าแรงหน่วงด้านลบ (Rebound Force) ที่กระทำต่อโช้คอัพมาตรฐาน ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแต่ละค่าความเร็วสามารถหาได้จากอัตราส่วนของแรงหารด้วยความเร็ว สำหรับโช้คอัพมาตรฐานที่ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.226 kg.s/in และค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่า เฉลี่ยเป็น 4.636 kg.s/in



รูปที่ 7 ค่าแรงหน่วงของโช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He

พิจารณาจากรูปที่ 7 แสดงค่าแรงอัดด้านบวก และค่าแรงหน่วงด้านลบที่กระทำต่อโช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He สำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He ที่ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยเป็น 5.023 kg.s/in และค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่า เฉลี่ยเป็น 8.659 kg.s/in

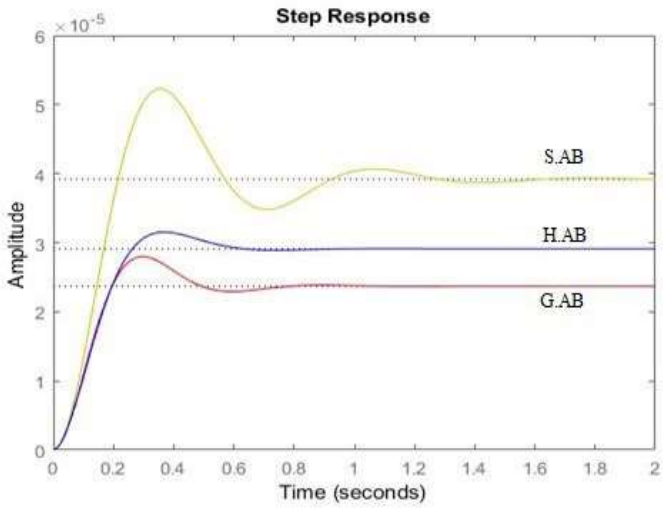


รูปที่ 8 ค่าแรงหน่วงของโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec Level 0

พิจารณาจากรูปที่ 8 แสดงค่าแรงอัดด้านบวก และค่าแรงหน่วงด้านลบที่กระทำต่อโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec Level 0 สำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec ที่ทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยเป็น 6.489 kg.s/in และค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่า เฉลี่ยเป็น 10.149 kg.s/in

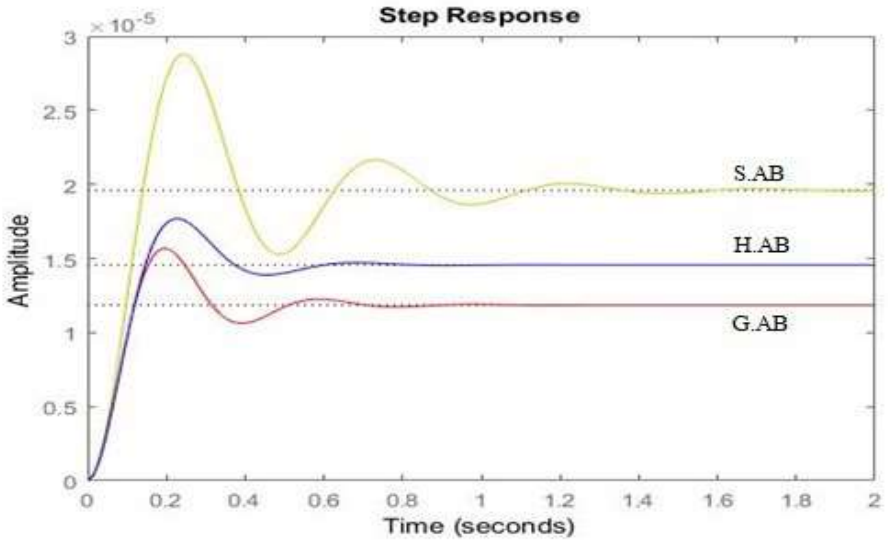
4.3 ผลการจำลองการสั่นสะเทือนโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายของระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์ โดยใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนในสมการที่ (2) และมีข้อมูลในการจำลองการสั่นสะเทือนประกอบด้วย

4.3.1 มวลจำลอง 290 kg (เศษหนึ่งส่วนสี่ของมวลรถยนต์ 1100kg และมวลคนขับ 60 kg) ค่าคงที่ของสปริงมีค่าเป็น 25510N/m, 42180N/m และ 34340 N/m ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงมีค่าเป็น 1790.51 N.s/m (4.636 kg.s/in), 3344.12 N.s/m (8.659 kg.s/in) และ 3919.59 N.s/m (10.149 kg.s/in) สำหรับโช้คอัพมาตรฐาน (S.AB) โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He (G.AB) และโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec (H.AB) ตามลำดับ สำหรับสัญญาณทดสอบแบบ unit step signal ได้ผลการจำลองดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลตอบสนองของระบบจำลองสำหรับสัญญาณทดสอบแบบ unit step signal

4.3.2 มวลจำลอง 290 kg ค่าคงที่ของสปริงมีค่าเป็น 51020 N/m, 84360 N/m และ 68680N/m ค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงมีค่าเป็น 1790.51 N.s/m, 3344.12 N.s/m และ 3919.59 N.s/m สำหรับโช้คอัพมาตรฐาน (S.AB) โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He (G.AB) และโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec (H.AB) ตามลำดับ สำหรับสัญญาณทดสอบแบบ unit step signalได้ผลการจำลองดังแสดงในรูปที่10



รูปที่ 10 ผลตอบสนองของระบบจำลองสำหรับสัญญาณทดสอบแบบ unit step signal

พิจารณาจากรูปที่ 9 จะพบว่าค่าเวลาคงตัวสำหรับโช้คอัพมาตรฐาน (S.AB) มีค่าประมาณ 1.4 วินาที ในขณะที่ค่าเวลาคงตัวสำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He (G.AB) และโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec (H.AB) มีค่าประมาณ 0.8 วินาที และจากรูปที่ 10 เมื่อทำการเพิ่มค่าคงที่ของสปริงสำหรับกรณีที่รถยนต์ต้องการรับน้ำหนักมากขึ้นค่าเวลาคงตัวก็แทบไม่เปลี่ยนแปลง เพียงแต่ค่าความถี่ในการสั่นสะเทือนจะเพิ่มขึ้น

5. สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบโช้คอัพโดยใช้เครื่องทดสอบ Shock Dynos Test พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงอัดด้านบวกมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันกล่าวคือ สำหรับโช้คอัพมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.226 kg.s/in สำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He มีค่าเฉลี่ยเป็น 5.023 kg.s/inและสำหรับโช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.489 kg.s/inในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงแรงหน่วงด้านลบมีค่าค่อนข้างแตกต่างกันกล่าวคือมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.636 kg.s/in, 8.659 kg.s/inและ 10.149 kg.s/in ตามลำดับ สำหรับโช้คอัพมาตรฐาน โช้คอัพดัดแปลงรุ่น GAB He และ โช้คอัพดัดแปลงรุ่น H.Drive S spec สำหรับโช้คอัพที่มีค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงมากค่าเวลาคงตัวที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state) ก็จะมีค่าน้อยกว่า ในส่วนค่าคงที่ของสปริงผู้ใช้รถสามารถเลือกให้เหมาะสมกับสภาพน้ำหนักบรรทุกรวมของรถโดยที่ค่าคงที่ของสปริงมีผลต่อเวลาคงตัวน้อย อย่างไรก็ตามในการจำลองการสั่นสะเทือนของระบบรองน้ำหนักของศึกษาในครั้งนี้จำกัดเฉพาะการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งตามสมการของฟังก์ชันถ่ายโอนในสมการที่ 2 เพื่อเป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การหน่วงเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้รถในการพิจารณาเลือกใช้โช้คอัพ หากพิจารณาการสั่นสะเทือนในแนวแกนอื่นเพิ่มเติมการเลือกใช้แบบจำลองระบบรองรับน้ำหนักรถยนต์แบบเต็ม (Full car suspension model)ในการจำลองการสั่น

สะเทือนของระบบรองรับน้ำหนัก รวมทั้งตำแหน่งและรูปแบบการติดตั้งโช้คอัพก็จะให้ผลการจำลองที่มีรายละเอียดใกล้เคียงกับสภาพการใช้รถยนต์จริงมากขึ้น (Qiping Chen et al.,2021)

6. เอกสารอ้างอิง

B Quik. (2565). *โช้ค อัพ* [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2565, จาก: https://www.b-quik.com/th/advice/shock

Pinjarla Poornamohan & Lakshmana Kishore (2018), Design and analysis of a shock absorber, *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, 1*(4), 578-592.

Qiping Chen, Zhihui Xu, Mingming Wu, Yuan Xiao & Hao Shao. (2021). Study on dynamic characteristic analysis of vehicle shock absorbers based on bidirectional fluid–solid coupling, *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, 15*(1), 426-436

Richard C. Dorf, & Robert H. Bishop (2017), *Modern Control Systems*, (13th ed.). Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall.