

การวิเคราะห์แรงสั่นสะเทือนเพื่อลดแรงสั่นสะเทือนของเก้าอี้แถวหลังของรถตู้

Vibration Analysis for Reduce Vibration of Rear Seat Van

ชุตระกุล ศิริไพบุณย์¹*, เจตวิทย์ ภัคธพันธ์¹ และ คุณยุต เอี่ยมสอาด¹

¹ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*ติดต่อ: chootrakulsiripaiboon@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 086-4046063

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการโดยสารด้วยรถตู้เป็นที่นิยมเนื่องเร็วกว่ารถโดยสารประจำทางและได้รับความสะดวกสบายกว่า แต่เนื่องจากสภาพถนนและช่วงล่างของรถโดยสารทั่วไปนั้น ทำให้ผู้โดยสารส่วนมากเลือกที่จะนั่งด้านหน้าก่อน อันเนื่องมาจากเก้าอี้แถวหลังสุดของรถตู้ทำให้เกิดกระแทกที่รุนแรงกว่าทำให้ผู้โดยสารหลีกเลี่ยงที่จะนั่งเก้าอี้แถวหลังสุดของรถตู้ จากการพิจารณาลักษณะช่วงล่างแล้วพบว่าระบบช่วงล่างของรถตู้ด้านหลังนั้นเป็นลักษณะช่วงล่างแบบคานแข็ง (Leaf Spring) ทำให้เมื่อมีการกระแทกจากพื้นถนนทำให้เกิดการส่งแรงกระแทกไปหาผู้โดยสารโดยตรง จึงเป็นสาเหตุที่ผู้โดยสารไม่นิยมที่จะนั่งเก้าอี้แถวหลังสุด เพื่อจะทำให้ผู้โดยสารสามารถนั่งเก้าอี้แถวหลังสุดได้สบายขึ้น จึงได้ทำการติดระบบรองรับแรงสั่นสะเทือนขึ้นใต้เก้าอี้แถวหลังสุดของรถตู้และการเลือกอุปกรณ์รับแรงสั่นสะเทือน (Shock absorber) ให้เหมาะสมนั้นต้องวิเคราะห์จากการวัดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจริงในการวิ่ง จากนั้นนำค่าสั่นสะเทือนที่วัดได้ไปวิเคราะห์ผลและเลือกอุปกรณ์รับแรงสั่นสะเทือนด้วยการคำนวณโดยใช้วิธีของการออกแบบการรับแรงกระแทก (Shock Isolator) และนำค่าไปใส่ในแบบจำลองรูปแบบ (Model) ในโปรแกรม Simulink ของ โปรแกรม MATLAB เพื่อตรวจสอบว่าผลที่ได้นั้นเหมาะสม จากนั้นนำผลไปเลือกอุปกรณ์รับแรงสั่นสะเทือนให้ได้ค่าใกล้เคียงกับที่คำนวณ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์ที่เลือกมาใช้สามารถรับแรงกระแทกจริงได้ใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ ซึ่งสามารถลดแรงสั่นสะเทือนจากการกระแทกได้

คำหลัก: แรงกระแทก: แรงสั่นสะเทือน: เก้าอี้แถวหลังของรถตู้

Abstract

Presently, vans are more popular vehicles than buses, because they are faster and more comfortable. However, many passengers avoid sitting on the rear seats, because they have too much impact force and vibration. The rear suspensions of virtually all vans are the leaf spring system, which is suitable for carrying goods, but is less comfortable for passengers. In order to improve seating comfort for rear seat van passengers, a suspension system could be installed between the rear seats and the floor of vans. A complication however, is to calculate suitable suspension settings relative to constant springing and damping. Firstly, vibration data would be collected to establish required constant springing and damping by utilizing the shock isolator theory. Using Simulink, one can check reducing vibration in a graph simulation, until the suitable setting is reached. The closing size and suitable constant springing

DRC-273

and damping variants will also be calculated using Simulink. In accordance with the test results, suitable suspension units can then be installed, ensuring reduced impact and vibration.

Keywords: impact force: vibration: rear seat of vans

1. บทนำ

รถตู้โดยสารในปัจจุบันได้รับความนิยมจากผู้โดยสารโดยทั่วไปมากกว่ารถประจำทาง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความเร็วที่เร็วกว่ารถประจำทางและความสะดวกสบายในเรื่องของที่นั่ง แต่ยังพบปัญหาของแก้อีแอหลังของรถตู้ที่ผู้โดยสารโดยทั่วไปจะหลีกเลี่ยง อันเนื่องมาจากระบบช่วงล่างของรถตู้ที่เป็นแบบคานแข็ง ซึ่งส่งผลให้แก้อีแอหลังของรถตู้ที่ถูกยึดอยู่ด้านบนได้รับผลกระทบโดยตรง จึงทำให้ผู้โดยสารที่นั่งอยู่ตรงแก้อีแอหลังของรถตู้รู้สึกไม่สบาย เนื่องจากแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนที่พื้นถนนส่งมาในรถตู้เกิดขึ้นบริเวณนี้มากที่สุด

งานวิจัยนี้ได้เสนอการวัดค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในระหว่างเกิดการกระแทกและสั่นสะเทือนต่างๆที่เกิดจากผิวของถนน ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปของความเร่งเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลง จากนั้นจะแสดงการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมเพื่อเลือกอุปกรณ์ที่รับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนในสภาวะที่เกิดขึ้นได้และยังเสนอแนวทางการตรวจสอบค่าที่เลือกมาใช้ว่าเหมาะสมโดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณ แล้วนำค่าที่ได้จากการคำนวณมาทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำไปใช้จริง เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วได้นำไปติดตั้งกลไกเพื่อทดลองจริง

2. การออกแบบการทดลอง

2.1. การกำหนดขอบเขตการทดลองและเก็บค่า

อันเนื่องจากสภาพถนน ความเร็วที่ใช้และน้ำหนักที่ตกลงบนระบบรับแรงสั่นสะเทือนแทนการนั่งของผู้โดยสาร ส่งผลต่อการทดลองทำให้ต้องกำหนดขอบเขตให้ชัดเจน เพื่อเก็บค่าความเร่งที่เกิดขึ้นในการกระแทกและการสั่นสะเทือนที่ได้จากผิวถนน การเก็บ

ค่าที่ได้ต้องเหมาะสมชัดโดยแบ่งออกเป็น 4 การทดลองดังนี้

1. พื้นถนนปกติและรถตู้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 km/h น้ำหนัก 210 kg
2. พื้นถนนมีลูกระนาดและรถตู้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 km/h น้ำหนัก 70 kg
3. พื้นถนนมีลูกระนาดและรถตู้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 km/h น้ำหนัก 210 kg
4. พื้นถนนมีลูกระนาดและรถตู้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 km/h น้ำหนัก 210 kg

2.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการติดตั้งอุปกรณ์วัด

โดยการเก็บค่านั้นจะใช้อุปกรณ์ดังนี้

1. รถตู้รุ่น Toyota Commuter เครื่องยนต์ D4D Common rail DOHC 16 valve turbo กำลังสูงสุด 102 แรงม้า (75 กิโลวัตต์) ที่ 3600 รอบต่อนาที



รูปที่ 1 รถตู้ที่ใช้ทดลอง

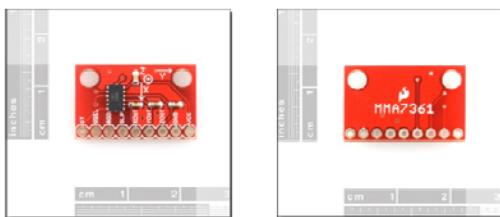
2. ยางลูกระนาดที่มีขนาดมาตรฐานที่ติดตั้งในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ขนาด 180 x 30 x 5 cm



DRC-273

รูปที่ 2 ลูกกระพรวนที่ใช้ทดลอง

3. เครื่องวัดความเร่ง (Accelerometer) รุ่น MMA7361



รูปที่ 3 Accelerometer รุ่น MMA7361

4. อุปกรณ์เก็บข้อมูล ยี่ห้อ National Instrument รุ่น NI-USB 6218



รูปที่ 4 อุปกรณ์เก็บข้อมูล ยี่ห้อ National Instrument รุ่น NI-USB 6218

การติดตั้งอุปกรณ์จะติดตั้งบนพื้นและที่บนเก้าอี้หนึ่ง เพื่อวัดความแตกต่างที่เกิดขึ้น



รูป 5 แสดงการติด Accelerometer บนเบาะและพื้นรถ
ตู้เพื่อทำการทดลอง

2.3. หลักการทำงานของ การวัดและ ความสัมพันธ์ของความเร่งกับ แรงสั่นสะเทือน

เครื่องวัดความเร่ง (Accelerometers) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดถึงความเร่งขึ้นหรือความหน่วง จะสามารถแสดงผลออกเป็น m/s^2 หรือ G -force (g) ซึ่งจะเท่ากับ $9.81 m/s^2$ เครื่องวัดความเร่งสามารถใช้ตรวจแบบสถิติศาสตร์ เช่นแรงโน้มถ่วงและแบบพลศาสตร์ เช่นความเร่งในการเคลื่อนที่หนึ่งในการใช้งานที่แพร่หลายคือการรับรู้ในแนวเอียง เพราะเนื่องจากเครื่องวัดความเร่งจะได้รับผลจะแรงโน้มถ่วงของโลก เครื่องวัดความเร่งจะบอกว่ามันกำหนดตำแหน่งกับผิวโลกอย่างไร เช่น มือถือ ก็มีเครื่องวัดความเร่งที่สามารถรู้ได้ว่าเราถือแนวตั้งหรือแนวนอนและเครื่องวัดความเร่งยังสามารถเป็นตัวจับการเคลื่อนไหวในเครื่องเล่นเกมส์ต่างๆ และยังสามารถใช้ตรวจวัตถุที่อยู่สถานะตกอย่างอิสระได้อีก เมื่อสัมผัสได้ถึงตกหรือหล่น จะทำการปิดหรือตัดวงจรเพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆที่จะเกิดขึ้น

เครื่องวัดความเร่งที่ติดตั้งที่รถตู้ นั้น จะส่งสัญญาณออกมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเมื่อรถตู้ไม่ถูกสภาพถนนกระแทกในแนวขึ้นลง เครื่องวัดความเร่งจะให้กราฟออกมาเป็นเส้นหนึ่ง แต่เมื่อเกิดการกระแทกจากสภาพผิวถนน รถตู้จะเคลื่อนที่ในแนวขึ้นลง ทำให้เครื่องวัดความเร่งให้กราฟออกมาเป็นคลื่น ซึ่งคลื่นที่เกิดขึ้นนั้นก็จะมีลักษณะแตกต่างกันตามสภาพของพื้นถนนและความเร็วของรถตู้ที่ใช้ในการวิ่งกราฟที่ได้จากสภาพผิวถนนหากวัดค่าความเร่งที่เกิดขึ้นได้น้อยคนที่นั่งจะรู้สึกถึงการสั่นสะเทือนน้อยและสภาพผิวถนนหากวัดค่าความเร่งที่เกิดขึ้นได้มากคนที่นั่ง

DRC-273

จะรู้สึกถึงการสั่นสะเทือนมากตามค่าความเร่งที่เกิดขึ้น
เวลานั้นๆ

2.4. หลักการทำงานของระบบรับ แรงสั่นสะเทือน

ที่ติดตั้งเข้าไปเพื่อลดแรงสั่นสะเทือน

โดยทั่วไปเก้าอี้เบาะหลังของรถตู้จะยึดตายตัวกับ
พื้นรถตู้ด้วยเหล็กคานแข็งไม่มีการรับแรงกระแทก ซึ่ง
ค่าความเร่งที่เกิดขึ้นที่พื้นของรถตู้จะส่งไปยังเก้าอี้
โดยตรง



รูป 6 เก้าอี้แถวหลังสุดของรถตู้ก่อนดัดแปลง
จากเก้าอี้ที่ยึดตายตัวกับพื้นรถตู้จะถูกดัดแปลงเพิ่มระบบ
รับแรงสั่นสะเทือน



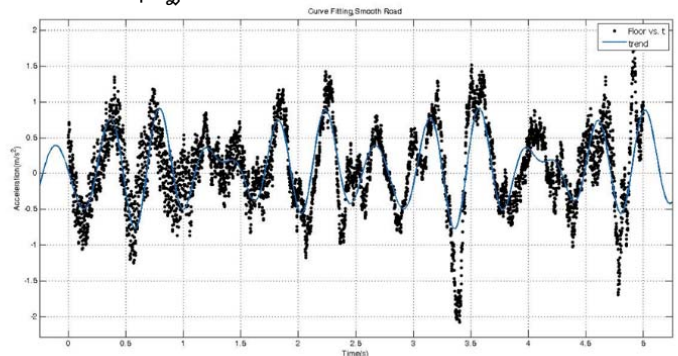
รูป 7 เก้าอี้แถวหลังสุดของรถตู้เมื่อติดตั้งระบบรับ
แรงสั่นสะเทือน

จากรูปที่ 7 ระบบรับแรงสั่นสะเทือนที่ติดตั้งไปนั้น
ถูกออกแบบค่าคงที่ของสปริง(k) และค่าความหน่วง(c)
โดยการคำนวณออกแบบจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บ

ค่าความเร่งที่เกิดขึ้นที่พื้นของรถตู้ในการทดลอง
นำไปวิเคราะห์หาค่าต่างๆ ตามทฤษฎี

2.5. การนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ หาความถี่ธรรมชาติของรถตู้

อันเนื่องจากระบบการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นใน
สภาวะพื้นถนนเรียบนั้น มีการสั่นสะเทือนที่มีแรงการ
ทำจากพื้นถนนที่สม่ำเสมอ จึงสามารถนำมาหา
ความถี่ธรรมชาติของระบบรถตู้ได้ จากการเก็บค่า
ความเร่งที่เกิดขึ้นบนพื้นถนนเรียบจะได้กราฟ ซึ่ง
สามารถนำมาหาความถี่ธรรมชาติของระบบรถตู้โดย
การใช้ทฤษฎี Fourier Series



รูปที่ 8 กราฟแสดงการใช้ MATLAB หาเส้น
แนวโน้มเพื่อหาสมการการเคลื่อนที่โดยใช้ข้อมูล
ของพื้นรถตู้

นำสมการของเส้นแนวโน้มจัดทำให้อยู่ในรูป
Fourier Series ดังนี้

$$F(x) = 0.08331 - 0.02661 \cos(2.261x) - 0.03128 \sin(2.261x) + -0.06026 \cos(4.522x) - 0.02309 \sin(4.522x) - 0.03478 \cos(6.783x) + 0.02826 \sin(6.783x) - 0.01503 \cos(9.044x) + 0.02919 \sin(9.044x) - 0.08712 \cos(11.305x) + 0.05809 \sin(11.305x) + 0.1476 \cos(13.566x) - 0.4685 \sin(13.566x) + 0.07842 \cos(15.827x) - 0.2395 \sin(15.827x) - 0.04776 \cos(18.088x) + 0.2097 \sin(18.088x)$$

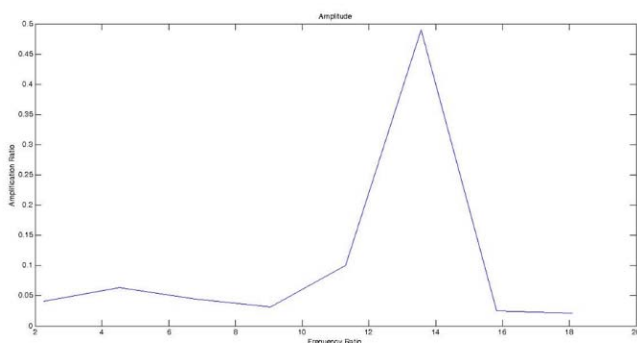
จากสมการเส้นแนวโน้มที่ได้มาเป็นอนุกรมฟูเรียร์
(Fourier Series) จะสามารถนำไปหากราฟ

DRC-273

ความสัมพันธ์ของ Amplification Ratio กับ Frequency Ratio ได้เพื่อหาค่าความถี่ธรรมชาติ ซึ่งจากสมการที่ได้จะสามารถนำมาคำนวณหา Amplitude ของแต่ละความถี่ได้จากสมการ

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

จากการหาค่า Amplitude และกราฟจุดที่มีค่า Amplitude มากที่สุดจะเป็นจุดที่เป็นความถี่ธรรมชาติกับความถี่ที่เกิดขึ้นมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 เพราะฉะนั้นจะได้ค่า $\omega_n = 13.566 \text{ rad/s}$



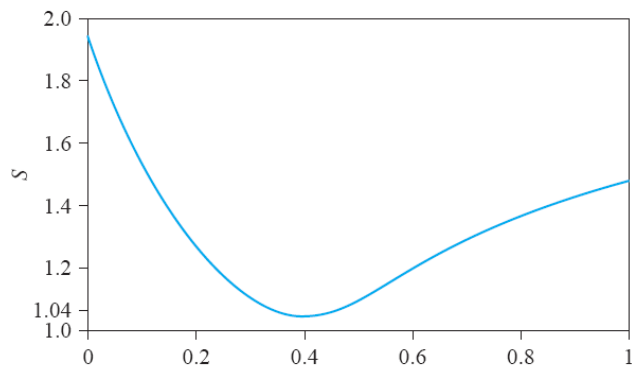
รูปที่ 9 กราฟแสดง Amplitude ของแต่ละความถี่

2.6. การนำข้อมูลจากค่าการทดลองมาวิเคราะห์

หาค่าการออกแบบระบบรับแรงสั่นสะเทือน

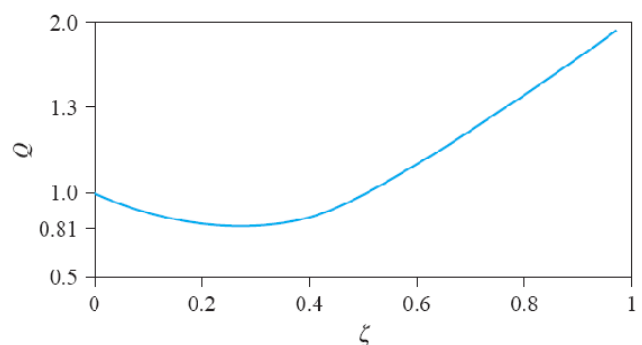
ในการออกแบบหาค่ารับแรงสั่นสะเทือนเพื่อรับแรงกระแทกจากลูกกระพอน อันเนื่องจากรถตู้จะเกิดแรงสั่นสะเทือนมากที่สุดตอนกระแทก ในการทดลองจะใช้การขึ้นลูกกระพอนเป็นการกระแทก ซึ่งการกระแทกจะส่งผลต่อการสั่นสะเทือนในส่วนอื่นๆ ตามมา ซึ่งจำเป็นต้องลดแรงกระแทกในจังหวะขึ้นลูกกระพอน โดยจะใช้ทฤษฎีการออกแบบชุดรับแรงสั่นสะเทือนแบบกระแทก (Shock Isolator) ซึ่งจากทฤษฎีจะสามารถเลือกค่า Damping Ratio ที่เทียบกับพลังงานจลน์เริ่มต้นของระบบที่เกิดการรับแรงสั่นสะเทือนที่ประสิทธิภาพดีที่สุดคือ $\zeta = 0.4$ และได้ค่า $S(\zeta) = 1.04$ จากสมการความสัมพันธ์

$$\frac{F_{Tmax}}{\frac{1}{2}mv^2} = S(\zeta)$$



รูปที่ 10 กราฟแสดงการดูดซับพลังงานในระยะเวลาสั้น

ในการหาแรงส่งผ่านที่มากที่สุด(transmitted force) เมื่อเกิดการกระแทกเทียบกับ Damping Ratio ตามทฤษฎี



รูปที่ 11 กราฟการรับแรงกระแทกในระยะเวลาสั้น

จากกราฟเทียบความสัมพันธ์ของความสามารถในการแรงผ่านแรงกับ Damping Ratio เมื่อเราเลือก $\zeta = 0.4$ จะได้ $Q(\zeta) = 0.88$ จากสมการความสัมพันธ์

$$Q(\zeta) = \frac{F_{Tmax}}{mv\omega_n}$$

จากผลการทดลองที่ได้เบาะรถตู้ได้กระแทกและทำให้เกิดระยะกระแทกขึ้นไปประมาณ 0.172 m ที่ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและให้มวลของเบาะกับคนนั่งโดยนั่งเบาะทุกคนเป็น 210 kg ซึ่งคิดจากจุดที่รุนแรงที่สุดในขอบเขตการทดลองซึ่งจะนำมาคำนวณหาค่าคงที่ของสปริงและค่าความหน่วงที่เหมาะสมได้

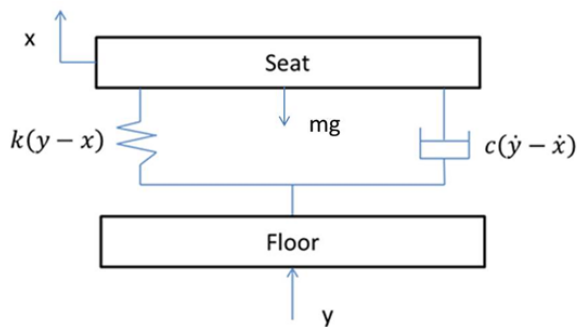
$$k = 5,617 \text{ N/m และ } c = 948 \text{ (N}\cdot\text{s)/m}$$

DRC-273

2.7. การนำค่าจากการคำนวณวิเคราะห์ตรวจสอบ

ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากรูปที่ 7 และการหาค่าที่เหมาะสมในการใช้ เป็นระบบรับแรงสั่นสะเทือนตามทฤษฎีนั้น สามารถนำไปวิเคราะห์ทางทฤษฎีเพื่อตรวจสอบว่าสามารถลดแรงสั่นสะเทือนได้โดยการ สร้างแบบจำลองของระบบใน Simulink ของ MATLAB ให้เป็นไปตามสมการจำลองระบบรับแรงสั่นสะเทือนที่สร้างขึ้นใหม่ โดยเขียนแผนภาพแทนแรง(Free body Diagram) ได้ดังนี้

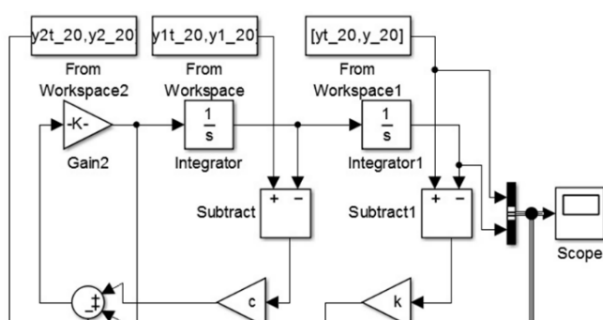


รูปที่ 12 ภาพแสดงรูปแผนภาพแทนแรงของระบบรับแรงสั่นสะเทือนของเบาะนั่งที่ออกแบบ

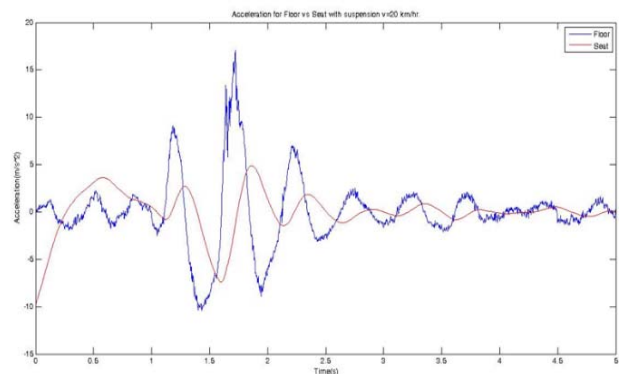
จากรูปแบบระบบการลดแรงสั่นสะเทือนนำมาเขียนสมการการเคลื่อนที่ได้เป็นดังนี้

$$\ddot{x} = \frac{1}{m}(c(\dot{y} - \dot{x}) + k(y - x) - mg)$$

จากสมการจะเห็นค่า y นั้นเป็นค่าความเร่งที่ได้จากพื้นของรถตู้ (Input) ได้จากการเก็บข้อมูลแต่เนื่องข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นค่าความเร่งต่อเวลา จึงทำให้ต้องเปลี่ยนความเร่งต่อเวลาให้เป็นความเร็วต่อเวลา และเปลี่ยนความเร็วต่อเวลาให้เป็นการกระจัดต่อเวลา เพื่อจะนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างแบบจำลองของระบบใน Simulink ของ MATLAB เพื่อตรวจสอบระบบลดแรงสั่นสะเทือน



รูปที่ 13 ภาพแสดงการวิเคราะห์ด้วย Simulink ใน MATLAB โดยใช้ค่า k และ c ที่ได้จากการออกแบบ



รูปที่ 14 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์กราฟความเร่งของเบาะที่ติดตั้งชุดรับแรงสั่นสะเทือนตามที่ออกแบบขึ้นลู่กระหนาดที่ความเร็ว 20 km/h

จากการใช้ Simulink ใน MATLAB สร้างระบบจำลองแล้ว วิเคราะห์ว่าหากใช้ระบบสั่นสะเทือนที่ออกแบบไว้นั้น ค่าความเร่งที่เกิดขึ้นจะลดลงจริงตามกราฟที่ได้แสดงไว้

3. ผลการทดลองที่ได้จากการวัดค่าจริงและการวิเคราะห์ผลการลง

ในการทดลองจริงได้ทำกลไกเบาะนั่งและติดตั้งระบบรับการสั่นสะเทือนที่มีค่า $k=7,600$ N/m และ $c=960$ (N·s)/m เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายอะไหล่มอเตอร์ไซด์ทั่วไปและค่าใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ ในการทดลองการรับแรงกระแทกและการ

DRC-273

สันสะท้อนจะกำหนดให้น้ำหนักบนเก้าอี้ 210
กิโลกรัม รวมน้ำหนักของเบาะ

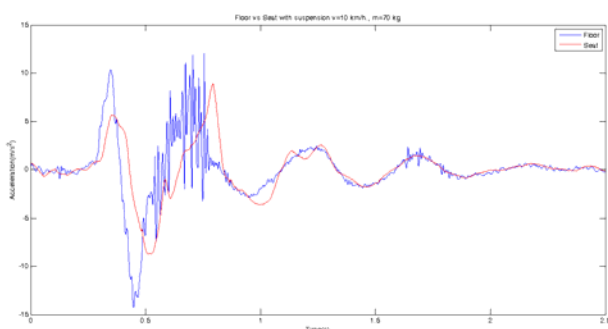
3.1. ผลการทดลองรถตู้วิ่งบนถนนเรียบ

รูปที่ 15 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับ
แรงสั่นสะเทือนโดยรถตู้วิ่งบนถนนเรียบที่ความเร็ว 20
km/h น้ำหนัก 210 kg

3.2. วิเคราะห์ผลการทดลองรถตู้วิ่งบนถนนเรียบ

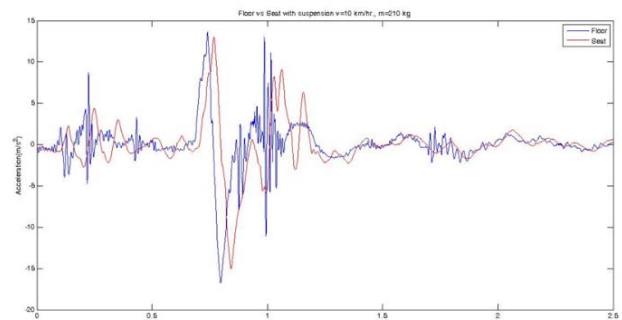
จากผลการทดลองรูปที่ 15 จะพบว่าระบบรับ
แรงสั่นสะเทือนที่ได้ติดตั้งไปสามารถลดแรงกระแทก
และแรงสั่นสะเทือนบนถนนเรียบได้เล็กน้อย แต่ในการ
สั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในการสั่นสะเทือนด้วยเครื่องยนต์
หรือการสั่นสะเทือนรบกวนต่างๆนั้น จะลดลงสังเกต
จากกราฟเส้นสีแดงจะมีความเรียบของเส้นมากกว่า
กราฟเส้นน้ำเงิน ซึ่งจากผลการทดลองกับระบบที่
ออกแบบไว้รับแรงกระแทกภูกระดานนั้น เมื่อนำมาใช้
ในสภาพถนนเรียบจะสามารถลดแรงสั่นสะเทือน
รบกวนได้ ส่วนแรงกระแทกที่เกิดจากถนนเรียบ
สามารถลดได้เล็กน้อย แต่เนื่องจากถนนเรียบ
โดยทั่วไปแรงสั่นสะเทือนของรถตู้ที่เกิดขึ้นน้อยอยู่
แล้ว จากผลการทดลองในสภาวะถนนเรียบ ความเร่ง
ที่เกิดขึ้นในช่วง $\pm 2 \text{ m/s}^2$ ซึ่งถือว่าน้อยทำให้
ผู้โดยสารยังไม่รู้สึกถึงความไม่สบายที่เกิดขึ้น

3.3. ผลการทดลองรถตู้วิ่งขึ้นบนลูกระนาด



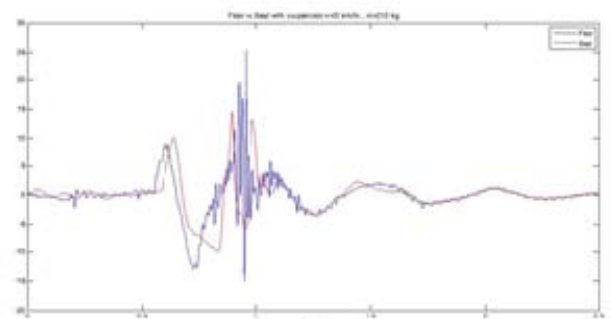
รูปที่ 16 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับ
แรงสั่นสะเทือนโดยรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาดที่ความเร็ว 10
กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนัก 70 กิโลกรัม

จากผลการทดลองรูปที่ 16 จะพบว่าระบบรับ
แรงสั่นสะเทือนที่ได้ติดตั้งไปนั้น สามารถลดแรงกระแทก
ในจังหวะที่กระแทกขึ้นลูกระนาดได้ ซึ่งสังเกตจาก
กราฟเส้นสีแดง(เบาะ) จะเห็นได้ว่าค่าความเร่งที่
เกิดขึ้นน้อยกว่ากราฟเส้นสีน้ำเงิน(พื้น) และลดการ
สั่นสะเทือนรบกวนต่างๆได้



รูปที่ 17 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับ
แรงสั่นสะเทือนโดยรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาดที่ความเร็ว 10
กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนัก 210 กิโลกรัม

จากผลการทดลองรูปที่ 17 จะพบว่าระบบรับ
แรงสั่นสะเทือนที่ได้ติดตั้งไปนั้น สามารถลดแรงกระแทก
ในจังหวะที่กระแทกขึ้นลูกระนาดได้ แม้ว่า会增加
น้ำหนักขึ้นเป็น 210 kg ในการทดลองครั้งเพื่อ
เปรียบเทียบว่าเมื่อมีผู้โดยสารมากขึ้นนั้น ผลการรับ
แรงกระแทกและการสั่นสะเทือนเป็นแบบไหน โดย
เปรียบเทียบจากกราฟเส้นสีแดง(เบาะ) จะเห็นได้ว่าค่า
ความเร่งที่เกิดขึ้นน้อยกว่ากราฟเส้นสีน้ำเงิน(พื้น) และ
ลดการสั่นสะเทือนรบกวนต่างๆได้



DRC-273

รูปที่ 18 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับแรงสั่นสะเทือนโดยรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาดที่ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนัก 210 กิโลกรัม

จากผลการทดลองรูปที่ 18 จะพบว่าระบบรับแรงสั่นสะเทือนที่ติดตั้งไปนั้น สามารถลดแรงกระแทกในจังหวะที่กระแทกขึ้นลูกระนาดได้ แม้ว่าจะเพิ่มน้ำหนักขึ้นเป็น 210 kg และเพิ่มความเร็วเป็น 20 km/h ในการทดลองครั้งเพื่อเปรียบเทียบว่าเมื่อมีผู้โดยสารมากขึ้นและรถตู้วิ่งเร็วขึ้นนั้น ผลการรับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนเป็นแบบไหน โดยเปรียบเทียบจากกราฟเส้นสีแดง(เบาะ) จะเห็นได้ว่าค่าความเร่งที่เกิดขึ้นน้อยกว่ากราฟเส้นสีน้ำเงิน(พื้น) และลดการสั่นสะเทือนรบกวนต่างๆได้

3.4. การวิเคราะห์ผลการทดลองรถตู้วิ่งขึ้นบนลูกระนาด

จากผลการทดลองในรูปที่ 16-18 จะเห็นได้ว่าเมื่อรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาด จะมีช่วงที่เกิดความเร่งสูงอยู่ 2 ช่วง ซึ่งเกิดจากการกระแทกลูกระนาด 2 ครั้งโดยล้อหน้าของรถตู้ก่อนและตามด้วยล้อหลังของรถตู้ เมื่อรถตู้กระแทกขึ้นลูกระนาดจะส่งผลให้เกิดความเร่งสูงขึ้นเมื่อสังเกตจากการทดลอง และเมื่อพิจารณาสังเกตจากกราฟเส้นสีน้ำเงิน(พื้น) จะเห็นว่ามีการสั่นสะเทือนที่แรงและมีความถี่ที่มากกว่าล้อหน้า อันเนื่องมาจากเป็นจุดที่ช่วงล่างแบบคานแข็ง(Leaf Spring)ส่งแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนมาที่พื้นของรถตู้ จึงทำให้มีการสั่นสะเทือนที่รุนแรงและความถี่มากกว่าล้อหน้า และพิจารณาส่วนของเบาะ เมื่อติดระบบรับแรงสั่นสะเทือนเข้าไปจะเห็นได้ว่าสามารถลดความเร่งในจังหวะที่ล้อกระแทกลูกระนาด และยังคงลดความถี่ในการสั่นสะเทือนได้ สังเกตได้จากกราฟเส้นสีแดง(เบาะ)

4. การนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลจากระบบแบบจำลองที่ออกแบบและการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบ

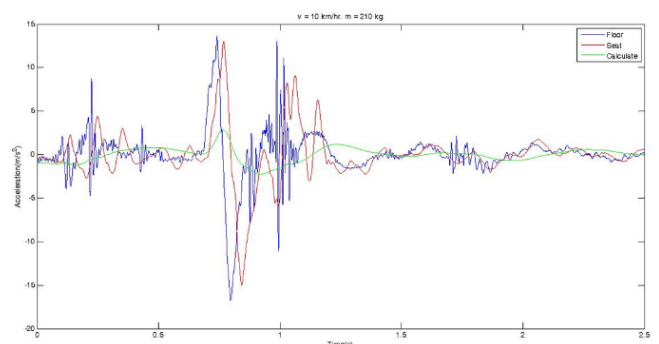
อันเนื่องจากการทดลองจริงเราใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดแทนที่จะใช้ค่าตามที่คำนวณออกแบบไว้ ดังนั้นจึงต้องนำผลการทดลองทั้งหมดมาเทียบกับผลที่ออกแบบที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งค่าที่ใช้ในการทดลองจริงคือ $k=7,600$ N/m และ $c=960$ (N·s)/m ซึ่งนำกลับไปคำนวณใน Simulink ของ MATLAB แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้ว่าระบบจำลองที่ออกแบบไว้มีความถูกต้องแม่นยำกับผลการทดลองจริงหรือไม่ ซึ่งกำหนดให้กราฟเส้นสีเขียวเป็นผลที่ได้คำนวณออกแบบไว้ใน Simulink ของ MATLAB

4.1. การนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลจากระบบแบบจำลองที่ออกแบบ



รูปที่ 19 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับแรงสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับระบบที่ออกแบบ ในสภาวะรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาดที่ความเร็ว 10 km/h น้ำหนัก 70 kg

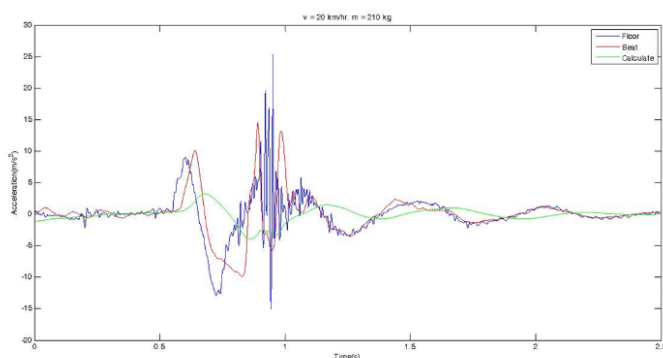
จากกราฟรูปที่ 19 จะเห็นได้ว่าผลของการทดลองจริงกับผลที่ออกแบบไว้นั้น มีค่าใกล้เคียงกัน



DRC-273

รูปที่ 20 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับแรงสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับระบบที่ออกแบบในสภาวะรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาดที่ความเร็ว 10 km/h น้ำหนัก 210 kg

จากกราฟรูปที่ 20 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มน้ำหนักเข้าไปในระบบหรือจำนวนคนที่นั่งบนเบาะมากขึ้น ผลของการทดลองจริงกับผลที่ออกแบบไว้นั้น มีค่าแตกต่างกันมาก แต่ระบบยังสามารถลดแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนได้ ซึ่งผลจากการที่เพิ่มน้ำหนักค่าความเร่งที่วัดได้จะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 21 กราฟแสดงผลการทดลองระบบรับแรงสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับระบบที่ออกแบบในสภาวะรถตู้วิ่งขึ้นลูกระนาดที่ความเร็ว 20 km/h น้ำหนัก 210 kg

จากกราฟรูปที่ 21 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มน้ำหนักเข้าไปในระบบหรือจำนวนคนที่นั่งบนเบาะมากขึ้น และเพิ่มความเร็วของรถตู้ให้มากขึ้น ผลของการทดลองจริงกับผลที่ออกแบบไว้นั้น มีค่าแตกต่างกันมาก แต่ระบบยังสามารถลดแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนได้ ซึ่งผลจากการที่เพิ่มน้ำหนักค่าความเร่งที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มน้ำหนักอย่างเดียว

4.2. การวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบ

จากการเปรียบเทียบกราฟรูปที่ 19-21 นั้นแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองจริงกับการวิเคราะห์ทาง Simulink ของ MATLAB นั้นได้ผลออกมาใกล้เคียง เมื่อน้ำหนักบนเบาะที่ติดตั้งระบบรับแรงสั่นสะเทือนมีค่าน้อย แต่เมื่อน้ำหนักบนเบาะที่ติดตั้งระบบรับแรงสั่นสะเทือนมากขึ้นหรือความเร็วมากขึ้น ผลจากการวิเคราะห์จะแตกต่างจากการทดลองมาก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลไกที่ติดตั้งนั้น เมื่อน้ำหนักผู้โดยสารเยอะเมื่อเกิดแรงกระแทกการยุบตัวของเบาะนั้นไม่เกิดการกระแทกขึ้นแบบไม่เป็นระนาบเดียวกัน และด้วยกลไกของเบาะที่ไม่สามารถทำให้เกิดการยุบและยืดขึ้นพร้อมกันได้ จะทำให้ระบบรับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนแรงๆนั้นรับแรงได้ไม่พร้อมกันจึงเกิดความผิดพลาดตามผลการทดลองที่ออกมา

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้ได้พบว่าการลดแรงสั่นสะเทือนของเก้าอี้แถวหลังของรถตู้นั้น สามารถทำได้และจากการคำนวณเมื่อนำไปเทียบกับผลการทดลองจริงนั้นได้ค่าที่ใกล้เคียงในบางเงื่อนไข ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณระบบรับแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์อื่นๆ ได้โดยใช้วิธีการตามงานวิจัยนี้ ผลที่ได้ออกมาสามารถลดแรงกระแทกและการสั่นสะเทือนได้เมื่อดูจากกราฟรูปที่ 18 ซึ่งเป็นการทดสอบที่เกิดแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนมากที่สุด จะพบว่าค่าความเร่งที่เกิดขึ้นสูงสุดบนพื้นรถตู้ประมาณ 25 m/s^2 แต่หลังจากที่ได้ติดตั้งไครเบบบลดแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นสามารถลดค่าความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นลงได้เหลือประมาณ 15 m/s^2 ซึ่งคิดเป็นประมาณ 40% ของความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นนั้นทำให้ผู้โดยสารที่นั่งจะได้รับความสะดวกสบายเมื่อเกิดแรงกระแทกหรือการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น แต่ยังมีจุดที่ยังไม่สามารถแก้ไขให้เป็นไปตามระบบที่ออกแบบไว้ ซึ่งข้อจำกัดบางประการของกลไกที่ออกแบบไว้ทางคณะผู้วิจัยต้องทำการวิจัยและพัฒนาต่อไป

DRC-273**6. เอกสารอ้างอิง**

[1] S. Graham Kelly (2000). *Fundamentals of Mechanical Vibrations: Theory and Applications takes an applications-based approach at teaching students to apply previously learned engineering principles while laying a foundation for engineering design. This text provides a brief review of the principles of dynamics so that terminology and notation are consistent and applies these principles to derive mathematical models of dynamic mechanical systems. The methods of application of these principles are consistent with popular Dynamics texts.*

[2] Palm lii William J. *System Dynamics: System Dynamics includes the strongest treatment of computational software and system simulation of any available text, with its early introduction of MATLAB® and Simulink®. The text's extensive coverage also includes discussion of the root locus and frequency response plots, among other methods for assessing system behavior in the time and frequency domains as well as topics such as function discovery, parameter estimation, and system identification techniques, motor performance evaluation, and system dynamics in everyday life.*