

การศึกษาและปรับปรุงคุณภาพของรถแทรกเตอร์คืบอ้อยที่ใช้ในการเกษตรของไทย ด้วยระเบียบวิธีการทางวิศวกรรมการสั่นสะเทือน

Study and improve the quality of Sugar cane loader in Thai agriculture based on vibration Engineering

หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (กำแพงแสน) คณะวิศวกรรมศาสตร์ (กำแพงแสน)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

โทร 0-3428-1375 โทรสาร 0-3435-5310 อีเมล fenghtw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับความสั่นสะเทือนของรถคืบอ้อยที่มีผลต่อโครงสร้างของตัวรถเองและผลต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยได้ทำการวัดในไร่อ้อยซึ่งอยู่ในเขต อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี ทั้งหมด 10 ครั้ง ในพื้นที่ทำงานต่างๆ โดยทำการตรวจวัดผ่านการใช้เซ็นเซอร์วัดค่าความเร่ง (ADXL 202) ทั้งหมด 5 ตัว ทำการวัดค่าออกมาเป็นความต่างศักย์สัญญาณผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณ (NI USB-6210) และนำข้อมูลที่ได้มาเก็บไว้ ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์และแปลงค่าเป็นค่าความเร่งของการสั่นสะเทือน โปรแกรมที่นำมาใช้ในการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ผล คือ โปรแกรมเลิฟวิ และโปรแกรมแมทแล็บ จากการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ว่า ในตำแหน่งเบาะที่นั่งคนขับมีค่าการสั่นสะเทือนเท่ากับ 1.8 m/s^2 ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง จะเกิดอาการเหนื่อยล้าจนไม่สามารถทำงานต่อได้ สามารถแก้ไขโดยติดตั้ง อุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนบริเวณเบาะที่นั่งคนขับทั้ง 4 จุดที่ใช้ในการยึดเบาะที่นั่ง ส่วนค่าความสั่นสะเทือนสูงสุดของโครงสร้างรถเท่ากับ 5 m/s^2 ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างของตัวรถคืบอ้อย เช่น เพลลา จึงต้องทำการออกแบบเพลลาใหม่จากขนาด 90 มิลลิเมตร เป็น 120 มิลลิเมตร เหตุเพราะเกิดการแตกร้าวของเพลลาเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง

Abstract

This paper is studying, inspecting and feasible improving the sugar cane loader. Vibration is affected to machine both human operator and structural machine. In experimental study, we are measured by using accelerometer sensor (ADXL 202) 5 pieces. They attached on 4 points of machine structure and one below human chair. That signal were voltage, converted by Analog to digital converter (NI USB-6210) and finally recorded in computer. After that, we presented and analyzed by LABVIEW and MATLAB programs. We were measurement 10 times in 10 sites

on Thamaung, kanchanaburi province. From measured and analyzed recorded data, seat had vibration at 1.8 m/s^2 . He has very fatigue and cannot work after continues work 2 hours. For this reason, we should install 4 point of soft vibration isolator or vibration absorber into seat. Consequently, Maximum of vibration in structure of Sugarcane loader is 5 m/s^2 . The shaft deflected, fatigued and corrupted subsequently. Thus, we recalculated and designed a shaft diameter from 90 mm to 120 mm. In conclusion, vibration method can help to improve performance of real sugar cane loader in real operating work and real area. Furthermore, its method can help monitoring machine for preventive maintenance.

1. บทนำ

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่และการเกษตรไทยเริ่มมีการพัฒนาโดยใช้เครื่องมือเครื่องจักรทางการเกษตรเข้าช่วย ไม่ว่าจะเป็นการใช้รถไถนาแทนควาย การใช้รถเกี่ยวนาตัดข้าวแทนการใช้แรงงานคน เป็นต้น และได้มีการออกแบบเครื่องจักรทางการเกษตรเองโดยคนไทย ซึ่งเป็นที่น่าภาคภูมิใจ แต่การออกแบบส่วนใหญ่เป็นการออกแบบโดยใช้ภูมิปัญญาผสมผสานกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยไม่ได้คำนึงถึงหลักการทางวิศวกรรม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดว่าการออกแบบเครื่องจักรทางการเกษตรที่สำคัญบางชนิดควรได้รับการตรวจสอบและพัฒนาการออกแบบโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมเครื่องกล ในโครงการนี้ได้เลือกรถคืบอ้อย ซึ่งเกษตรกรที่ทำไร่อ้อยนิยมใช้ กันมากในปัจจุบันแทนการใช้แรงงานคน เนื่องด้วยความต้องการในการเก็บเกี่ยว เพื่อบั่นอ้อยเข้าสู่โรงงานได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งรถคืบอ้อย ดังรูปที่ 1 นี้ยังเป็นฝีมือคนไทย (โรงงานสุขชัย) ในการออกแบบและสร้าง จึงทำให้มีราคาถูกกว่าต่างประเทศมาก และยังเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ



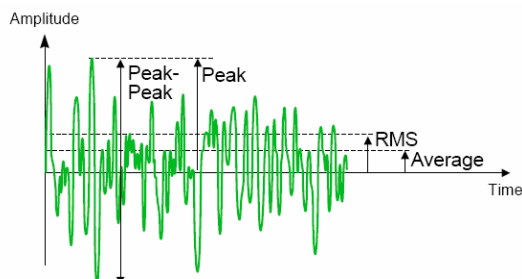
รูปที่ 1 รถคืบอ้อยของโรงงานสุกซัย

2. วิธีการวัดและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมการสั่นสะเทือน

2.1 ระเบียบวิธีการทางวิศวกรรมการสั่นสะเทือน

การวัดทางแรงสั่นสะเทือนมีความสำคัญเพราะทำให้สามารถทำนายการเสียหายของเครื่องจักรได้หลายประเภท เช่น เพลาเยื้องศูนย์ (Shaft misalignment) การหมุนไม่สมดุล, การสึกกร่อนของเกียร์ และการสึกกร่อนของแบริ่ง เป็นต้น ซึ่งสามารถบอกจุดและสาเหตุการเสียหายต่างๆได้โดยการอ่านค่าความสั่นสะเทือนโดยค่าคุณภาพของแรงสั่นสะเทือนที่นิยมใช้วัดกัน ได้แก่

- ก. Peak Value คือค่าสูงสุดของความเร่งอย่างทันทีทันใดในช่วงเวลาหนึ่งๆ
- ข. Root Mean Square Value (RMS Value) ค่าเฉลี่ยของผลรวมของแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น โดยถ้าช่วงเวลานาน (1 นาที หรือ 1 ชั่วโมง) เรียกว่า equivalent acceleration value (a_{eq}) หรือเมื่อเป็นระดับแรงสั่นสะเทือน เรียกว่า equivalent acceleration level (L_{eq}) หน่วยเป็น เดซิเบล (decibels) ส่วนถ้าช่วงเวลาน้อยๆ (1 วินาที) เรียกว่า "instantaneous" หรือ "running" RMS value.
- ค. Peak to Peak Value คือค่าสูงสุดของความเร่งอย่างทันทีทันใดในช่วงเวลาหนึ่งๆ จากค่าที่มากที่สุดจากจุดอ้างอิง ถึงจุดปลายอีกด้านหนึ่งของจุดอ้างอิง



$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

$$\text{Average} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

$$\text{Crest Factor} : \frac{\text{Peak}}{\text{RMS}}$$

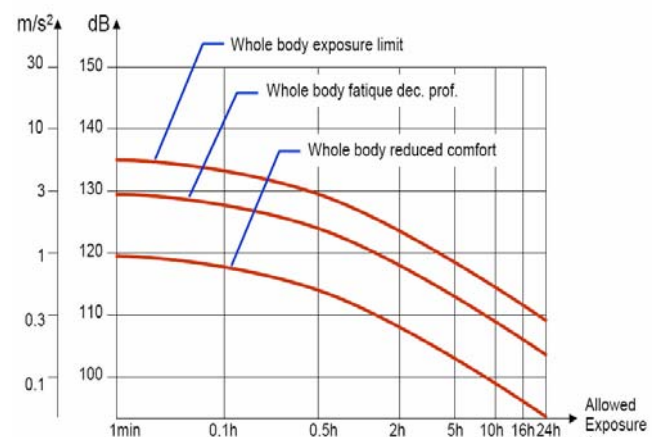
รูปที่ 2 แสดงคุณภาพแรงสั่นสะเทือน RMS, Peak และ Peak to Peak

2.2 การประเมินความสามารถในการรับแรงสั่นสะเทือนแบบร่างกายรวม

ปัจจัยสำคัญสำหรับการพิจารณาผลของแรงสั่นสะเทือนนั้นประกอบไปด้วย ค่าความเร่งสมมูล (a_{eq}) ของแรงสั่นสะเทือน ทิศทางที่แรงสั่นสะเทือนกระทำ ความถี่ของแรงสั่นสะเทือน และเวลาที่ได้รับแรงสั่นสะเทือน มาตรฐานสากลฉบับที่ 2631 ใช้สำหรับแรงสั่นสะเทือนแบบร่างกายรวม แยกระดับแรงสั่นสะเทือนไว้สามระดับ

- ก) ระดับความสบาย (reduced comfort boundary) แสดงความสบายของมนุษย์จากการเดินทางด้วยรถยนต์ รถไฟ เรือ เครื่องบิน
- ข) ระดับสมรรถนะของการทำงาน (fatigue decreased proficiency boundary) ตัวอย่างเช่น ความล้าจากการบิน การขับรถ หรือการขับรถก่อสร้างขนาดใหญ่
- ค) ระดับสุขภาพและความปลอดภัย (exposure limit) แสดงถึงค่าสูงสุดสำหรับเหตุการณ์ต่างๆ

ตัวอย่างเช่นระยะเวลาที่สามารถรับแรงสั่นสะเทือนขนาด 0.5 m/s^2 เป็นเวลา 30 นาทีต่อวัน ถ้าใช้ความสบายเป็นเกณฑ์ 4 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับสมรรถนะการทำงานเป็นเกณฑ์ และ 11 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับสุขภาพเป็นเกณฑ์ ดังรูปที่ 3

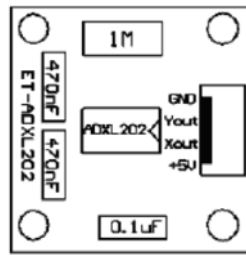
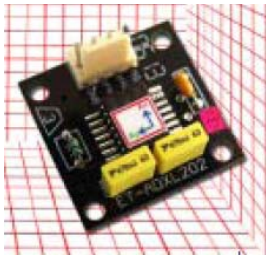


รูปที่ 3 ระยะเวลาที่สามารถรับแรงสั่นสะเทือนโดยไม่เกิดความล้า

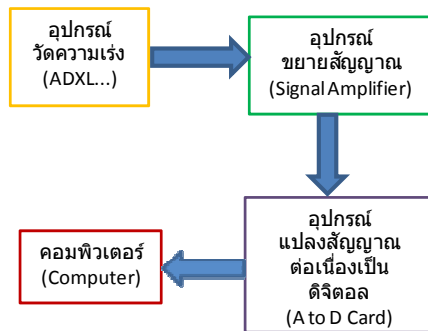
2.3 อุปกรณ์ตรวจวัดการสั่นสะเทือน

อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน ADXL ที่ใช้ทดสอบเป็นของประกอบสำเร็จของบริษัทที่มีชื่อว่า ET-ADXL202 มีลักษณะดังรูปที่ 4 ซึ่งทำการต่อขาของไอซี ADXL202 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว โดยค่าเอาต์พุตทั้งสองคือ X_{OUT} และ Y_{OUT} นั้นนำไปเชื่อมต่อกับช่องอ่านค่าสัญญาณ PWM ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงคอมพิวเตอร์เช่น อุปกรณ์แปลงค่าสัญญาณต่อเนื่องเป็นค่าดิจิทัล (Analog to digital card หรือ Data Acquisition Card) โดยในที่นี้ใช้ NI - USB 6210 ของ บ. National Instrument ดังรูปที่ 7 ข. นอกจากนี้ยังใช้โปรแกรม LABVIEW ในการอ่านค่าข้อมูล และใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นต้น

โดยมีคุณสมบัติของอุปกรณ์วัดดังนี้คือสามารถวัดค่าความเร่งแบบเต็มค่าสเกล ในระยะช่วง $-2g$ ถึง $+2g$ โดยวัดได้ทั้งความสั่นสะเทือนแบบพลวัต (Dynamic Vibration) และวัดค่าความโน้มถ่วง



รูปที่ 4 อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนของบ. ETT รุ่น ET-ADXL202



รูปที่ 5 การวัดการสั่นสะเทือนด้วย ADXL และระบบคอมพิวเตอร์

(Static Acceleration หรือ Gravity) ได้ 2 แนวแกน คือ X และ Y ความละเอียด 5 mg ที่แบนด์วิดท์ 60 Hz ทำให้สามารถนำไปใช้ประยุกต์ในงานต่างๆ เช่น อุปกรณ์ช่วยนำทาง วัดความโน้มเอียง 2 แกน อุปกรณ์ตรวจจับ แผ่นดินไหว หุ่นยนต์ และอื่นๆ นอกจากนี้เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีความเปราะบาง จึงต้องทำการบรรจุไว้ในกล่องที่กันกระแทกเป็นแม่เหล็ก เพื่อให้สามารถยึดเกาะกับรถคืบอ้อยได้อย่างมั่นคง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนที่บรรจุในกล่อง

3. ระเบียบวิธีวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการทางวิศวกรรมการสั่นสะเทือนที่ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้าง ของเครื่องจักรและในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความสบายของผู้ควบคุมรถคืบอ้อย
2. ศึกษาโครงสร้างของรถคืบอ้อยและวิเคราะห์หาจุดที่มีความเสี่ยงต่อผลของการสั่น สะเทือนเป็นสำคัญ

3. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือนตามความจำเป็นเพื่อใช้วัดแรงสั่น สะเทือน ณ.ตำแหน่งที่ต้องการของโครงสร้างรถคืบอ้อยและในตำแหน่งที่หนึ่งคนขับ

4. ติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน 5 จุดและระบบเก็บข้อมูล จุดที่รถคืบอ้อยดังรูปที่ 7 ก ข และ ค

5. วัดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นระหว่างที่เครื่องจักรทำงานในไร่อ้อยในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันหลายๆพื้นที่

6. วิเคราะห์ผลของการสั่นสะเทือนทั้งในเชิงเวลา และเชิงความถี่ เพื่อหาค่าการสั่นสะเทือนที่กระทำกับโครงสร้างรถคืบอ้อยและคนขับ

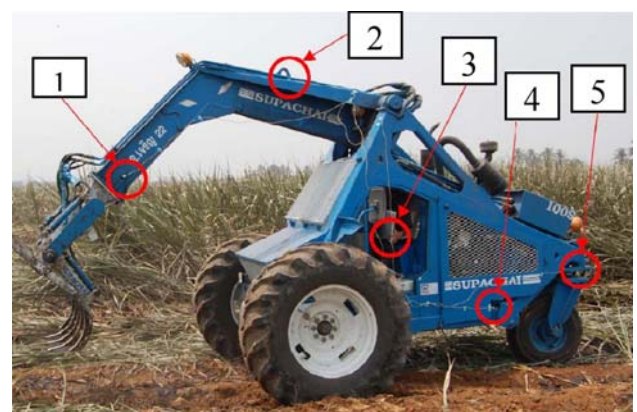
7. เสนอแนวทางปรับปรุงการออกแบบรถคืบอ้อย



ก. เซ็นเซอร์วัดความสั่นสะเทือน ADXL202



ข. อุปกรณ์แปลงสัญญาณ NI - USB 6210



ค. ตำแหน่งการวัดค่าการสั่นสะเทือน

รูปที่ 7 ตำแหน่งและอุปกรณ์ในการวัดค่าการสั่นสะเทือน

4. ผลการทดลองและการวิจารณ์

ในการวัดผลการสั่นสะเทือนของรถคืบอ้อย ได้ทำการเดินทางไปวัดการสั่นสะเทือนในหลายพื้นที่ทั้งที่โรงงานสุกขัยในขั้นตอนการ

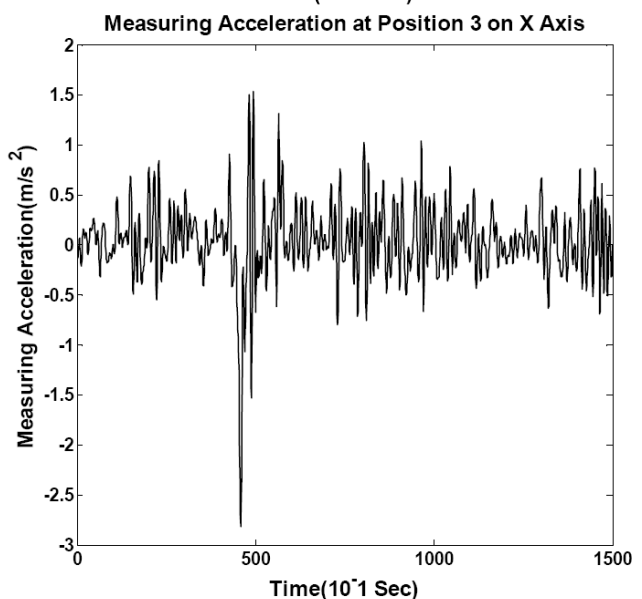
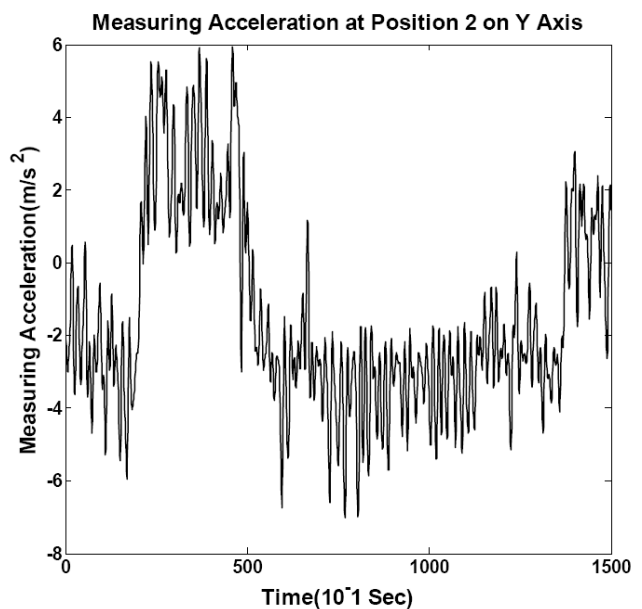
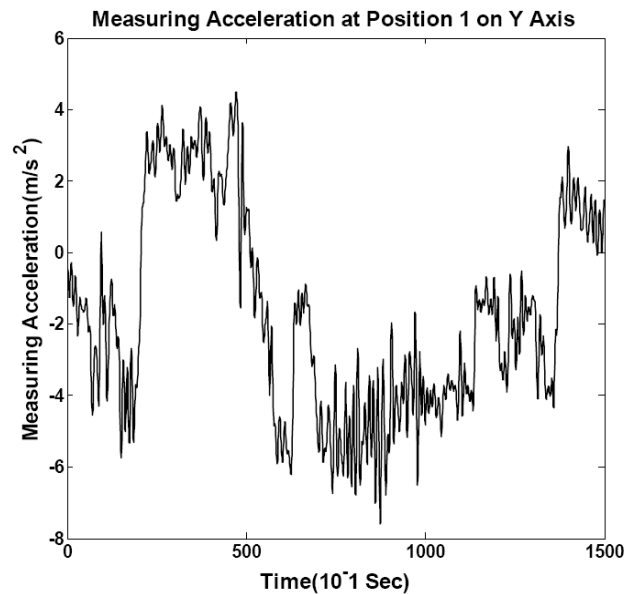
ทดสอบรถและที่ไถ้อยของเกษตรกรรวมทั้งหมด 10 พื้นที่ในสภาพการทำงานเก็บอ้อยจริง ๆ เพื่อให้เกิดการความหลากหลายของผลการวัดดังในรูปที่ 8 บน แสดงให้เห็นถึงสภาพไถ้อยที่มีสภาพพื้นดินมีลักษณะเป็นท้องร่องหรือลูกระนาดทำให้รถคืบอ้อยต้องทำงานสภาพกระแทกเกือบตลอดเวลา นอกจากนี้ยังพบว่าในขณะที่ทำการคืบอ้อยบางครั้งล้อหลังของรถคืบอ้อยยกขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของอ้อยที่ถูกคืบประมาณ 700 - 800 กิโลกรัมต่อครั้งรวมกับน้ำหนักรถที่กระจายไปสู่ส่วนหน้า ดังรูปที่ 8 ล่าง ยังผลให้น้ำหนักทั้งหมดของรถถูกถ่ายทอดสู่ล้อทั้งสองข้างแทนที่จะเป็นสามล้อ ทำให้เพลารับรับโมเมนต์ดัดมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในบางครั้งยังเกิดภาวะรับแรงด้วยหนึ่งล้อเมื่อรถหมุนตัววนมาจากสภาพการคืบและท้องร่องของไถ้อยอีกด้วย

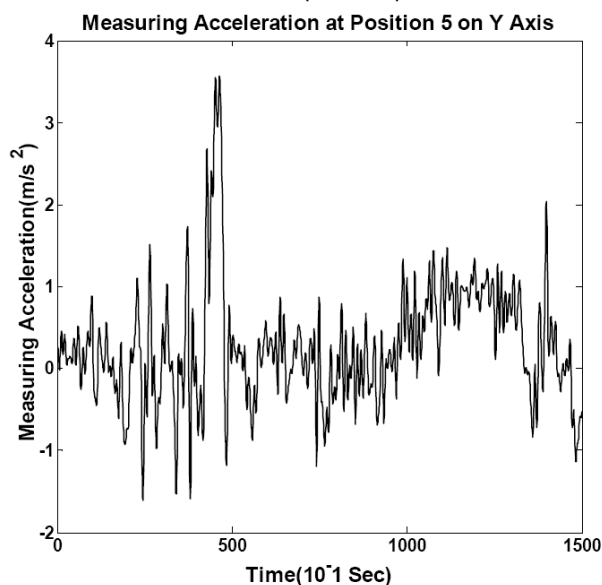
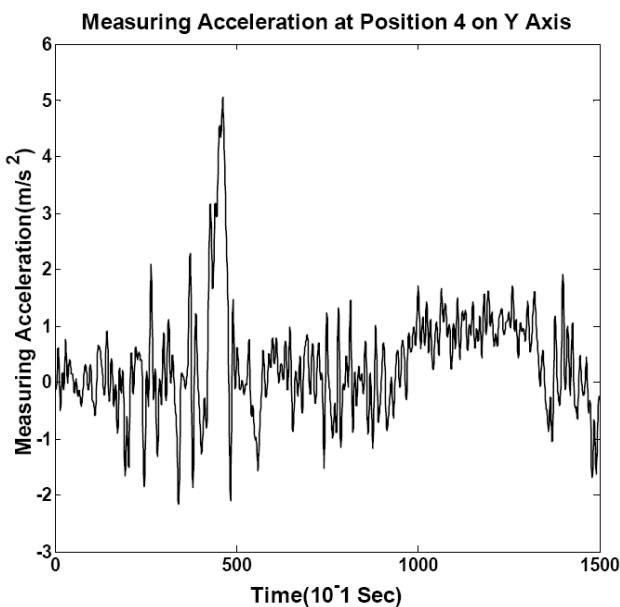
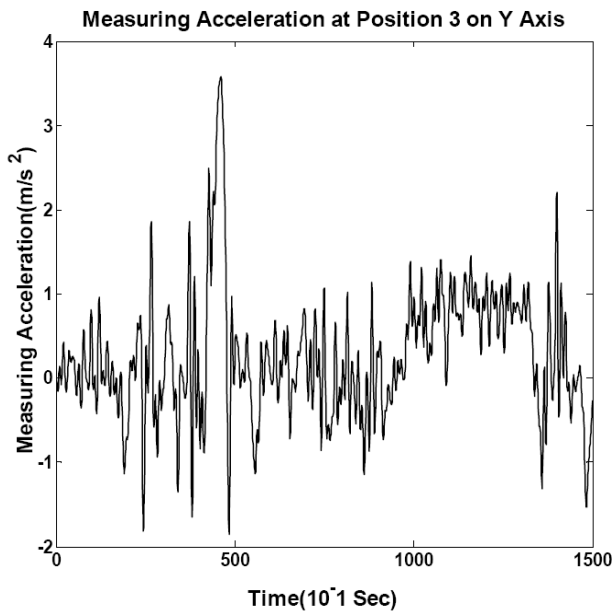


รูปที่ 8 รถคืบอ้อยขณะทำงานคืบอ้อยในไถ้อย

4.1 ผลการวัดการสั่นสะเทือนทั้ง 5 ตำแหน่ง

ดังที่กล่าวมาแล้วเมื่อติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนและระบบเก็บข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม LABVIEW เป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม MATLAB ผลที่ได้เป็นค่าความสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งต่างๆทั้ง 5 จุด ทั้งในแกน x และ y ของอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน ดังรูปที่ 9 เป็นตัวอย่างการสั่นสะเทือนในแนวแกน y ซึ่งเป็นแกนแนวตั้งขนาดเท่ากับแกนโลก โดยเรียงจากตำแหน่ง 1 จนถึงจุดที่ 5 ตามลำดับ แต่จุดที่ 3 นั้นแสดงในแนวแกน x และ y เพื่อให้เห็นถึงการสั่นสะเทือนที่กระทำกับผู้บังคับรถคืบอ้อย





รูปที่ 9 ค่าการสั่นสะเทือน 5 ตำแหน่งในแนวแกน x และ y

ตารางที่ 1 ค่าการสั่นสะเทือนในแนวแกน x และ y แบบ Peak to Peak โดยเฉลี่ยจากการวัดในพื้นที่ต่าง ๆ

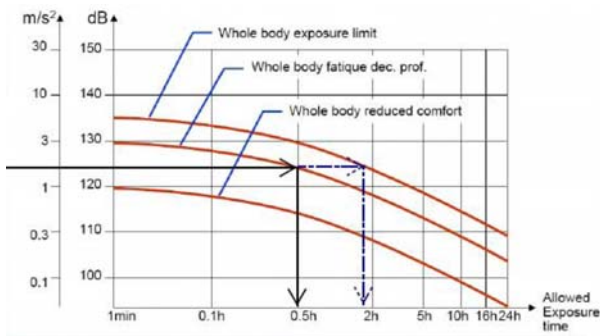
ตำแหน่ง ที่	รายละเอียด	ค่าการสั่นสะเทือน (m/s ²)
1	ปลายคานคืบ แกน X	0.666
1	ปลายคานคืบ แกน Y	1.355
2	กลางคานคืบ แกน X	1.733
2	กลางคานคืบ แกน Y	1.432
3	เบาะที่นั่งคนขับแกน X	0.765
3	เบาะที่นั่งคนขับแกน Y	1.805
4	ใต้ห้องเครื่อง แกน X	0.733
4	ใต้ห้องเครื่อง แกน Y	1.345
5	ท้ายรถ แกน X	0.433
5	ท้ายรถ แกน Y	1.355

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าค่าการสั่นสะเทือนจากการทดลองหลาย ๆ พื้นที่ มีค่าเฉลี่ยของจุด 5 จุดวัด อยู่ในช่วง 0.66 จนถึง 1.8 m/s² ซึ่งมีค่าสูง เมื่อนำมวลของรถมาคิดเป็นค่าแรงที่กระทำยังจุดต่างๆ แต่สำหรับรถ คีบอ้อยนี้ใช้โครงสร้างเหล็กที่หนาจึงไม่มีผลต่อโครงสร้างรถ แต่จะมีผล ต่อเพลาชับที่แกนล้อทั้งสอง ซึ่งอธิบายในหัวข้อต่อไป

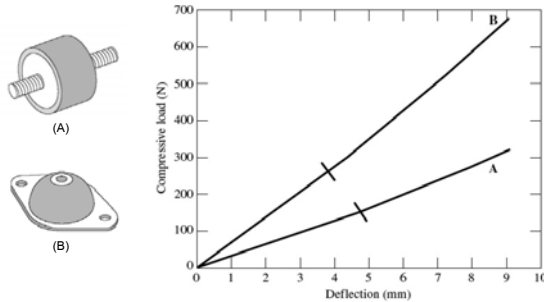
4.2 ผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติหน้าที่บนรถคีบอ้อย

ค่าการสั่นสะเทือนบริเวณผู้ปฏิบัติหน้าที่คือตำแหน่งการวัดที่ 3 ซึ่ง ในแนวดิ่งคือแกน Y และแนวด้านหน้าและหลังผู้บังคับคือแกน X นั้นเอง จากรูปที่ 9 ปรากฏว่าค่าการสั่นสะเทือนแบบ peak to peak โดยเฉลี่ยประมาณ 1.8 m/s² เมื่อพิจารณาจากกราฟมาตรฐาน ISO 2631-1 ในรูปที่ 3 ทำให้ผู้ปฏิบัติหน้าที่เกิดความไม่สบายตัว เกิดความล้าในเวลา 1/2 ชั่วโมงและไม่สามารถ ทนต่อไปได้ใน เวลา 2 ชั่วโมง ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ในรูปที่ 10

ดังนั้นจึงควรลดการสั่นสะเทือนของผู้ปฏิบัติงานโดยใช้เบาะที่นุ่มๆ สำหรับที่นั่งผู้ปฏิบัติงาน หรือใช้อุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนที่เรียกว่า ระบบดูดซับการสั่นสะเทือน (Vibration Absorber) หรือ อุปกรณ์รับ แรงสั่นสะเทือน (Vibration Isolator) ดังรูป 11 แสดงถึงอุปกรณ์ดูดซับ แรงสั่นสะเทือนในทางอุตสาหกรรม โดยพิจารณาจากน้ำหนักหนักรถ ที่กด ซึ่งคิดจากน้ำหนักเก้ออี้และผู้ปฏิบัติการ โดยเก้ออี้มีจุดรองรับสี่จุด ดังนั้นน้ำหนักที่กดแต่ละจุดประมาณ 250 N ซึ่งสามารถใช้อุปกรณ์ดูด ชับแรงสั่นสะเทือนทั้งสองรุ่นนี้ได้

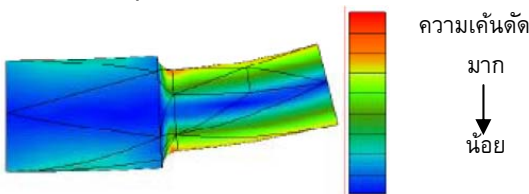


รูปที่ 10 กราฟมาตรฐาน ISO 2631-1, 1997 m
ว่าด้วยผลของการสั่นสะเทือนต่อคน



รูปที่ 11 อุปกรณ์ดูดซับการสั่นสะเทือน

4.3 การปรับปรุงที่ตำแหน่งเพลาล้อ



ก. ค่าความเค้นที่กระทำต่อโครงสร้าง

$$\sigma = \frac{K_t 32M}{\pi d^3}$$

$$K_t = 1 + \frac{\left(\frac{r}{d}\right)^{-0.73-0.42\left(\frac{r}{d}-1\right)}}{5 + 4.38/\left(\frac{D}{d} - 1\right)^{0.16}}$$

ข. สูตรคำนวณความเค้นที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งส่วนต่อระหว่างเพลาสองเพล
รูปที่ 12 ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลาล้อจากโมเมนต์ดัด

ในรูปที่ 12 แสดงแนวค่าความเค้นที่เกิดจากโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อตัวเพลาล้อ ดังนั้นจากรูปที่ 12 ก. บริเวณรอยต่อระหว่างเพลาล้อเล็กและใหญ่มีสีแดงซึ่งเป็นจุดที่รับโมเมนต์ดัด ส่วนที่ได้รับโมเมนต์ดัดน้อย คือ ส่วนที่เป็นสีฟ้าอ่อนได้แก่ส่วนของเพลาล้อที่ใหญ่กว่า

จากการวัดการสั่นสะเทือนในตำแหน่งที่ 4 ซึ่งเป็นบริเวณใกล้กับเป็นตำแหน่งที่โครงสร้างที่ต่อกับล้อของรถคิบบอย ผลปรากฏว่าค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง $1 - 3 \text{ m/s}^2$ แต่ในบางครั้งก็มีค่าสูงถึง 5 m/s^2 เมื่อคิดเป็นแรงที่กระทำต่อตัวรถคิบบอยในช่วง $6 - 18 \text{ KN}$ แต่ในบางครั้งก็มีค่าสูงถึง 30 KN จากผลการวัดการสั่นสะเทือนที่กล่าวมาแล้ว

นำมาคำนวณหาขนาดเพลาล้อที่เหมาะสม โดยในที่นี้วัสดุทำเพลาล้อมีความเค้นสูงสุดในช่วงที่ไม่ต่ำกว่าเท่ากับ 600 MPa และใช้สมการในรูปที่ 12 ข หาขนาดเพลาล้อที่เหมาะสม เมื่อ K_t เท่ากับ 1 พบว่าขนาดเพลาล้ออยู่ในช่วง $47 - 68 \text{ มม.}$ แต่ในบางครั้งก็มีค่าสูงถึง 80 มม. และถ้าเผื่อค่าความผิดพลาดสองเท่า เพลาล้อจึงควรมีขนาด $70 - 102 \text{ มม.}$ และอาจต้องใช้ถึง 120 มม. เมื่อคำนึงถึงความเค้นรวมจุดและค่าความเค้นที่สูงในบางช่วงเวลา

5. สรุปผลการวิจัย

บทความนี้ศึกษาถึงการสั่นสะเทือนของรถคิบบอยที่ออกแบบและสร้างโดยคนไทย ในระหว่างทำงานเพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงผลของการสั่นสะเทือนที่กระทำต่อโครงสร้างและผู้ปฏิบัติงาน ซึ่ง ค่าการสั่นสะเทือนที่วัดได้มีผลต่อผู้ปฏิบัติงานและโครงสร้างจึงควรติดตั้งเบาะที่นุ่มสำหรับผู้ปฏิบัติงานและปรับโครงสร้างให้มีขนาดใหญ่ขึ้นทั้งที่เพลาล้อและที่กระโถนล้อ เป็นต้น ดังนั้นวิธี การวัดการสั่นสะเทือนจึงนับเป็นวิธีในการตรวจสอบหลังการสร้างเครื่องจักรในสภาพการใช้งานจริงที่ดี เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเครื่องจักรและโครงสร้างต่างๆให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานจริงได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการ IRPUS ประจำปี 2550 เลขที่โครงการ I350B08004จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาดุษฎี (IRPUS) และขอขอบคุณโรงเรียนศุภชัยผู้ผลิตรถคิบบอยของคนไทยและกลุ่มเกษตรกรชาวไร่ร้อยจังหวัดกาญจนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่และความสะดวกในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

1. หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ, 2550, ผลกระทบจากแรงสั่นสะเทือนต่อมนุษย์, Mechanical Technology Magazine, ปีที่ 6 ฉบับที่ 68 เมษายน, หน้า 82 - 87.
2. หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ, 2551, การวัดการสั่นสะเทือนอย่างง่าย ด้วย ADXL Series, Mechanical Technology Magazine, ปีที่ 6 ฉบับที่ 77 มกราคม, หน้า 19 - 24.
3. หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ, 2551, การวัดการสั่นสะเทือนด้วยคอมพิวเตอร์ ตอนที่ 1. Mechanical Technology Magazine, ปีที่ 6 ฉบับที่ 79 เมษายน, หน้า 60 - 64.
4. Analog Device, Low-Cost 2 g Dual-Axis.
5. BA7054-14, 2002, Human Vibration, Bruel & Kjaer.
6. S. S. Rao, 1990, Mechanical Vibration, Addition Wesley, pp. 487 - 520.
7. Yuecheng Zhang, 2005, A Study of Wireless MEMS Accelerometers for Civil Infrastructure Monitoring, LU-CSE.