

พฤติกรรมการสั่นสะเทือนของยางล้อตันสำหรับรถลากสัมภาระในท่าอากาศยาน Vibration Characteristics of Solid Tires for the Airport Baggage Towing Tractors

จุฑาณี พรหมจันทร์^{1,2} และ ชาคริต สุวรรณจรัส^{1,2*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถ.พุทธมนทลสาย 4 ต. ศาลายา อ. พุทธมนทล จ. นครปฐม 73170

² ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์เชิงคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 ถ.พุทธมนทลสาย 4 ต. ศาลายา อ. พุทธมนทล จ. นครปฐม 73170

*ติดต่อ: chakrit.suv@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

รถลากสัมภาระเป็นอุปกรณ์สนับสนุนภาคพื้นดินที่มีความจำเป็นในการใช้งานบริเวณลานจอดเครื่องบิน น้ำหนักที่มากของรถลากสัมภาระเป็นสาเหตุให้มีการนำยางล้อตันมาใช้ทดแทนยางลม การใช้อย่างล้อตันเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างได้นานขึ้นและรับน้ำหนักรถลากได้มากกลับไม่เป็นผลเนื่องจากยางล้อตันทำให้เกิดการขับขึ้นไม่นุ่มนวลและเกิดผลเสียร้ายแรงต่อช่วงล่างของรถลากสัมภาระ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นวิเคราะห์พฤติกรรมการสั่นสะเทือนของยางล้อตันซึ่งทำให้เกิดการขับขึ้นไม่นุ่มนวลของรถลากสัมภาระภายในลานจอดเครื่องบินของท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิ วิธีการทดสอบดรัม (Drum Testing Method) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวัดการสั่นสะเทือน ได้แก่ แรงสัมผัส (Contact Force) ของยางล้อตันขณะวิ่งบนดรัม (Drum) น้ำหนักกดและความเร็วในการหมุนที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนของยางล้อตันได้ถูกนำมาศึกษา เพื่อให้ได้เส้นกราฟคุณสมบัติของการนำยางล้อตันไปใช้งาน และการพัฒนายางล้อตันในอนาคต

คำหลัก: การสั่นสะเทือน; ยางล้อตัน; รถลาก; ท่าอากาศยาน

Abstract

The baggage towing tractors are the ground support equipment which necessary to use in the airport apron. The heavy weight of baggage towing tractors caused solid tires was used instead pneumatic tires. The expectation to extend the tractor tire's life and support the heavy tractor weight was not responded because the solid tires were hard for riding and had a severe effect that happening to the tractor suspension. This research focused to analyze the vibration characteristics of solid tires which affected to the hard riding of the baggage towing tractors in the airport apron of Suvarnabhumi international airport. The drum testing method had been performed to measure vibration of solid tires by means of the contact force during solid tires rolling on a drum. The weights and speeds which affected to the vibration of solid tires had been studies to obtain the characteristic curves of operation and development of solid tires in the future work.

Keywords: vibration; solid tire; towing tractors; airport.

1. บทนำ

รถลากสัมภาระ (รูปที่ 1) ถูกใช้ลากกระบะบรรจุทุกสัมภาระภายในลานจอดเครื่องบิน การใช้ยางลมกับรถลากสัมภาระทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานไม่ดี น้ำหนักที่มากของรถลากสัมภาระทำให้ยางลมเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็ว บริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) จึงได้ทำการเปลี่ยนมาใช้ยางล้อตัน (Solid Tire) แทนยางลมในการขับเคลื่อนรถลากสัมภาระโดยคาดหวังให้ยางล้อตันสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้นจากความสามารถในการรับน้ำหนักได้มากของยางล้อตัน ซึ่งเมื่อนำยางล้อตันมาใช้กับรถลากสัมภาระแล้วกลับทำให้เกิดการสั่นสะเทือนทำให้เกิดความไม่สะดวกสบายต่อผู้ขับขี่ และส่งผลให้เกิดความ



รูปที่ 1 รถลากสัมภาระของบริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน)

เสียหายต่อระบบช่วงล่างของรถมากขึ้น การศึกษาพฤติกรรมของการสั่นสะเทือนของยางล้อมีความสำคัญต่อการพัฒนาอย่างล้อ Nguyen และ Inaba [1] ได้ศึกษาผลกระทบของความดันและความเร็วของยางรถแทรกเตอร์ที่มีผลต่อการเกิดการสั่นสะเทือน สเตรนเกจ (Strain Gauge) ได้ถูกนำมาใช้วัดค่าแรงในแนวตั้งที่เกิดขึ้นบนเพลาล้อหลังของรถ ในขณะที่เครื่องวัดความเร่งสามแกน (Triaxial Accelerometer) ได้ถูกติดตั้งไว้ใต้ที่นั่งคนขับขณะที่รถกำลังวิ่ง Cuong และคณะ [2] ได้ศึกษาการสั่นของรถแทรกเตอร์จากความดันลมยางและความเร็วรถเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square) หรือ RMS ของการสั่นสะเทือนจะ

เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเร็วของรถในขณะที่มีความดันลมยางคงที่เสมอ ความแข็ง (Stiffness) ของยางมีผลต่อการสั่นสะเทือน ความแข็งของยางลมถูกแบ่งเป็น 3 ชนิด ประกอบด้วย ความแข็งแนวตั้ง (Vertical Stiffness) ความแข็งรอบวง (Enveloping Stiffness) และความแข็งแก้มยาง (Side Wall Stiffness) ค่าความแข็งทั้งหมดได้ถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อทำนายความถี่ธรรมชาติเนื่องจากการสั่นของยางขณะวิ่งบนพื้นถนน ความแข็งของแก้มยางที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ยางมีการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความแข็งอีกสองชนิด [3] การสั่นของยางลมทำให้เกิดการสึกหรอของล้อยาง หากลดความแข็งของดอกยางจะทำให้การสึกหรอของยางลดลง [4] ความดันสัมผัส (Contact Pressure) ระหว่างดอกยางรถยนต์กับพื้นถนนสามารถนำไปใช้ในการประมาณความแข็งของชั้นผ้าใบ (Carcass Stiffness) ของยางลมรถในงานเกษตรกรรม ยางลมชนิดที่มีดอกยางและไม่มีดอกยางถูกนำไปทดลองบนพื้นดินแข็งโดยที่ล้อยางลมทั้งสองชนิดไม่มีการหมุน รอยล้อ (Foot Print) ระยะยุบ และความดันสัมผัสของการทดสอบถูกนำมาสร้างความสัมพันธ์เพื่อทำนายความแข็งของชั้นผ้าใบของยางลมรถได้ [5] วิธีการทดสอบดรัม (Drum Testing Method) กับยางสามารถวัดแรงการสั่นสะเทือนของยางที่เกิดขึ้นขณะยางกำลังวิ่งได้ Gustavo [6] ได้วัดการสั่นสะเทือนของยางลมขนาดต่างๆ (R13-R15) ขณะวิ่งด้วยความเร็วสูง (110-160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) บนดรัม (Drum) การสั่นสะเทือนของยางลมมีผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงแรงตามพื้น (Longitudinal Force Variation) หรือ LFFV ความเร็วของล้อยางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ LFFV เพิ่มขึ้นด้วย วิธีการทดสอบดรัมสามารถนำมาใช้วัดค่าการสั่นสะเทือนของยางล้อตันขณะวิ่งได้ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมของการสั่นสะเทือนของยางล้อตันจากการวิเคราะห์ค่าแรงสัมผัส (Contact Force) ที่เกิดขึ้นกับยางล้อตันขณะวิ่งบนดรัม การสั่นสะเทือนของยางล้อตันภายใต้สภาวะการใช้งานด้วยความเร็ว และน้ำหนัก

บรรทุกที่แตกต่างกันได้ถูกศึกษาเพื่อกำหนดคุณสมบัติการใช้งานยางล้อต้น และการพัฒนายางล้อต้นได้ต่อไป

2. วิธีการทดสอบดรัม

ยางล้อต้นยี่ห้อ KOMACHI series II ขนาด 600-9 ผลิตโดยบริษัท วี.เอส. อุตสาหกรรมยาง จำกัด แสดงในรูปที่ 2 ได้ถูกนำมาทดสอบดรัมโดยใช้เครื่องสำหรับทดสอบดรัมยี่ห้อ KAYTON รุ่น DTM-350MS ของห้องปฏิบัติการทดสอบยางล้อ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (RTEC) ซึ่งแสดงในรูปที่ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดรัม 1.7 เมตร



รูปที่ 2 ยางล้อต้นยี่ห้อ KOMACHI series II ขนาด 600-9



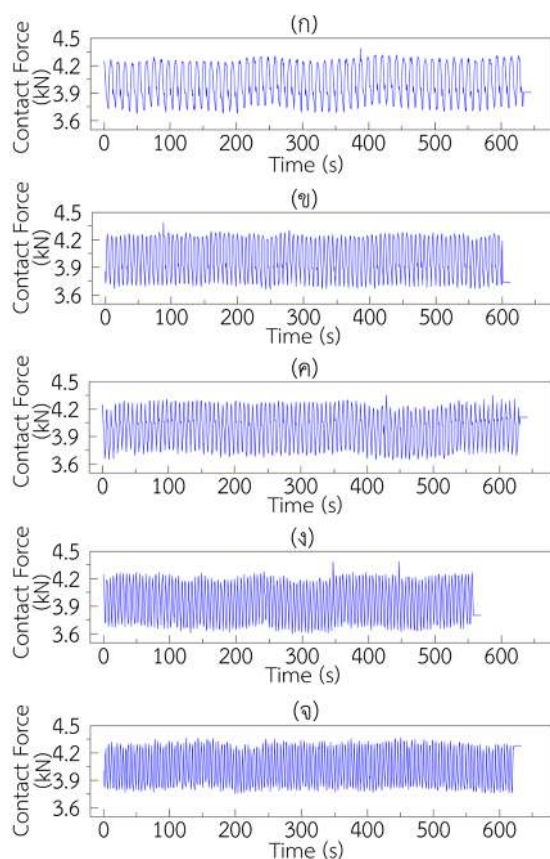
รูปที่ 3 เครื่องทดสอบดรัมยี่ห้อ KAYTON รุ่น DTM-350MS

เครื่องทดสอบดรัมสามารถบันทึกค่าความต้านทานการหมุน (Rolling Resistance) ระยะยุบของยาง และแรงสัมผัสในแนวตั้งฉากระหว่างยางล้อกับดรัมได้ การบันทึกความเร็วของเครื่องทดสอบจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ± 2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่น้ำหนักกดที่ให้กับล้อยางจะมีค่าความคลาดเคลื่อนในการบันทึกน้อยกว่า 0.5 นิวตัน เครื่องทดสอบดรัมจะถูกหมุนด้วยมอเตอร์และแท่นจับยึดยางล้อจะเคลื่อนย้ายล้อไปสัมผัสผิวดรัมด้วยน้ำหนักกดที่กำหนด

การศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของยางล้อต้นที่ใช้กับรถลากสัมภาระในงานวิจัยนี้ได้มาจากการวัดแรงสัมผัสระหว่างยางล้อต้นกับดรัมที่เกิดขึ้นขณะหมุนดรัมที่ความเร็ว 10, 20, 30, 40 และ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยน้ำหนักกดคงที่ และได้วัดแรงสัมผัสที่น้ำหนักกดคงที่เท่ากับ 200, 300, 400, 500, 600 และ 700 กิโลกรัม เมื่อกำหนดความเร็วในการหมุนคงที่ การวัดแรงสัมผัสของล้อยางในทุกๆ สภาวะของการทดสอบได้มีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดสอบที่ 38 องศาเซลเซียส

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์

ผลการทดสอบวัดแรงสัมผัสที่เกิดขึ้นจากการกดยางล้อต้นให้สัมผัสกับดรัมด้วยน้ำหนักกดคงที่ 400 กิโลกรัม ภายใต้ความเร็วในการหมุนของดรัมที่ 10, 20, 30, 40 และ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสดงในรูปที่ 4 แรงสัมผัสที่ได้บันทึกจะมีค่าขึ้น-ลง สลับกันตลอดการหมุนของดรัม ซึ่งทำให้การพล็อตกราฟของแรงสัมผัสกับเวลามีลักษณะเป็นแถบค่าความกว้างของแถบมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละ

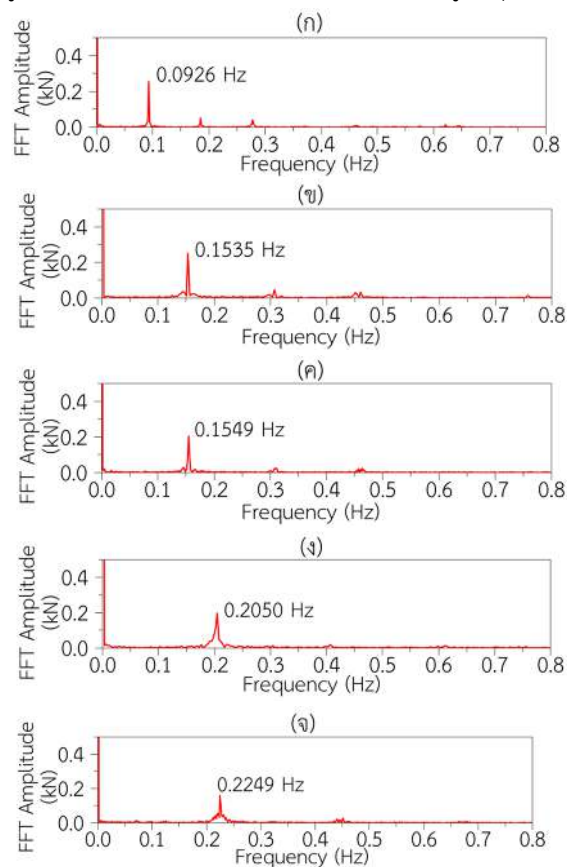


รูปที่ 4 แรงสัมผัสของยางล้อต้นที่ถูกกดด้วยน้ำหนักคงที่ 400 กิโลกรัมขณะหมุนด้วยความเร็ว (ก) 10 (ข) 20 (ค) 30 (ง) 40 และ (จ) 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ความเร็วของการหมุน ค่ายอดถึงยอด (Peak to Peak) [7] ของแรงสัมผัสมีค่าเฉลี่ยตลอดเวลาของการบันทึกเท่ากับ 0.5368 กิโลนิวตัน ความถี่ของแรงสัมผัสที่ได้จากการบันทึกค่าขึ้น-ลง จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงได้ใช้การแปลงฟูริเยร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform) หรือ FFT [8] มาวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อคำนวณความถี่ที่เกิดขึ้นของแรงสัมผัสจากผลการทดสอบในรูปที่ 4

รูปที่ 5 แสดงความถี่ของการเกิดแรงสัมผัสขณะที่มีการเพิ่มความเร็วในการหมุนดรัม ความถี่ที่เกิดขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มค่าความเร็วในการหมุนดรัม หรือความเร็วในการวิ่งของยางล้อต้น

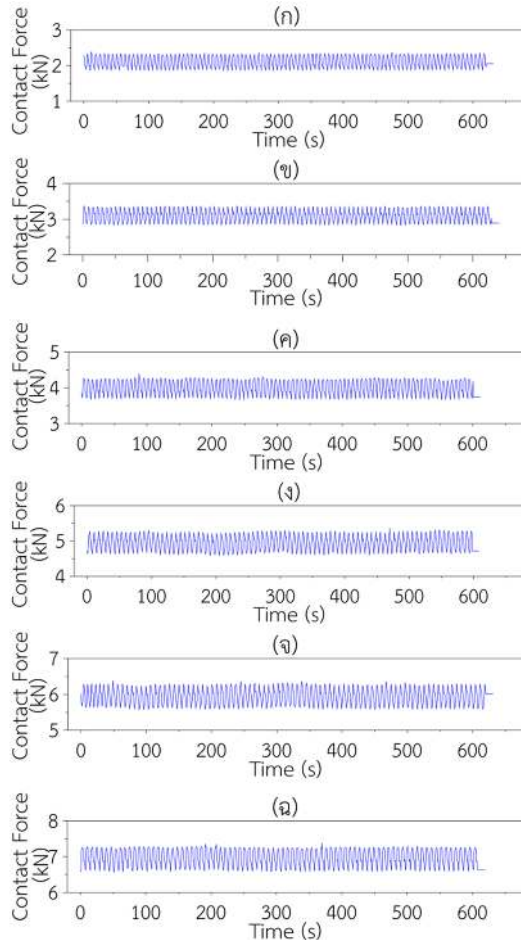
เมื่อมีการกำหนดให้ความเร็วของยางล้อต้นคงที่ (20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และทำการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกดจะทำให้ค่ายอดถึงยอดของแรงสัมผัสเพิ่มขึ้นตามน้ำหนัก รูปที่ 6 แสดงแรงสัมผัสที่เพิ่มขึ้นเมื่อยางล้อต้นถูกหมุน



รูปที่ 5 ความถี่ของแรงสัมผัสที่ถูกกดด้วยน้ำหนักคงที่ 400 กิโลกรัมขณะหมุนด้วยความเร็ว (ก) 10 (ข) 20 (ค) 30 (ง) 40 และ (จ) 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความถี่ของแรงสัมผัสถูกคำนวณด้วยวิธีการแปลงฟูริเยร์อย่างรวดเร็วแสดงในรูปที่ 7 ความถี่ของแรงสัมผัสที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มน้ำหนักกดมีค่าลดลงเล็กน้อย ผลการคำนวณความถี่ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วยางล้อต้น 10, 20, 30, 40 และ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้ำหนักกด 400 กิโลกรัมแสดงได้ในตารางที่ 1 ในขณะที่ผลการคำนวณความถี่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกดยางล้อต้น 200, 300, 400,

500, 600 และ 700 กิโลกรัม ที่มีความเร็วยางล้อต้น 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสดงในตารางที่ 2 ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรงสัมผัสที่บันทึกค่าตลอดเวลา 600 วินาทีของการทดสอบเมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วของยางล้อต้นที่น้ำหนักกดคงที่ 400 กิโลกรัม แสดงในตารางที่ 3 ในขณะที่ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรงสัมผัสตลอดเวลา 600



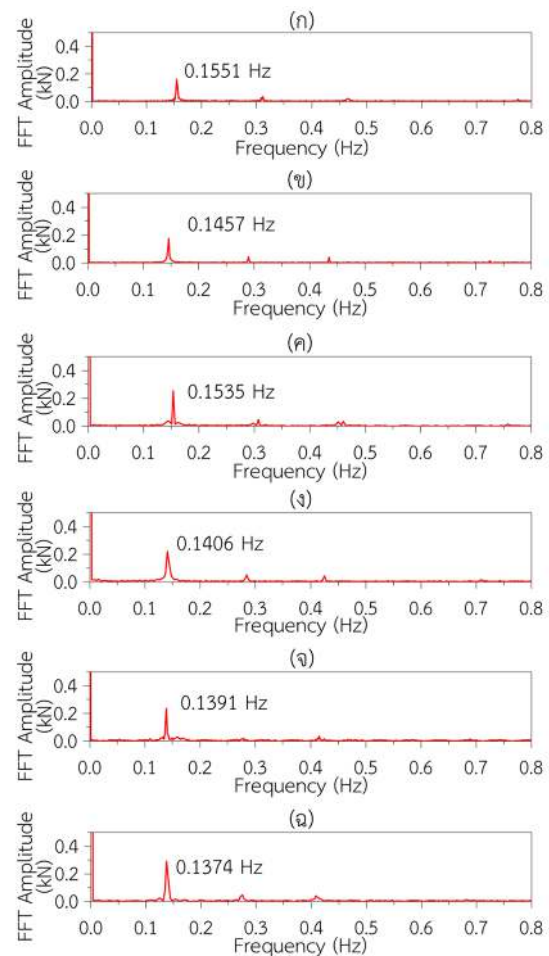
รูปที่ 6 แรงสัมผัสขณะยางล้อต้นหมุนด้วยความเร็วคงที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและกดน้ำหนักที่ (ก) 200 (ข) 300 (ค) 400 (ง) 500 (จ) 600 และ (ฉ) 700 กิโลกรัม

วินาที ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกด เมื่อความเร็วยางล้อต้นมีค่าคงที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสดงในตารางที่ 4 ค่าความถี่ของแรงสัมผัสซึ่งวิเคราะห์ได้ดังแสดงในตารางที่ 1 สามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงแสดงได้ด้วยสมการ (1)

$$f = av + b \quad (1)$$

เมื่อ f คือ ความถี่ของการสั่น (Hz)
 v คือ ความเร็วยางล้อต้น (km/h)
 a และ b คือ ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0032 และ 0.0714 ตามลำดับ

ค่าความถี่ของแรงสัมผัสซึ่งวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 2 ถูกนำมาสร้างความสัมพันธ์แสดงได้ด้วยสมการ (2)



รูปที่ 7 ความถี่ของแรงสัมผัสขณะยางล้อต้นหมุนด้วยความเร็วคงที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและกดน้ำหนักที่ (ก) 200 (ข) 300 (ค) 400 (ง) 500 (จ) 600 และ (ฉ) 700 กิโลกรัม

ตารางที่ 1 ความถี่ของแรงสั่นพ้องที่ความเร็วยางล้อต้น
แตกต่างกัน

น้ำหนัก กด (kg)	ความถี่ของแรงสั่นพ้อง (Hz) ที่ความเร็วต่างๆ				
	10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h
400	0.0926	0.154	0.155	0.205	0.225

ตารางที่ 2 ความถี่ของแรงสั่นพ้องที่น้ำหนักกดยางล้อต้น
แตกต่างกัน

ความเร็ว ยางล้อต้น (km/h)	ความถี่ของแรงสั่นพ้อง (Hz) ที่น้ำหนักกดต่างๆ					
	200 kg	300 kg	400 kg	500 kg	600 kg	700 kg
20	0.155	0.146	0.154	0.141	0.14	0.137

ตารางที่ 3 ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรงสั่นพ้องที่ความเร็ว
ยางล้อต้นแตกต่างกัน

น้ำหนัก กด (kg)	ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรงสั่นพ้อง (kN) ที่ความเร็วต่างๆ				
	10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h
400	0.549	0.556	0.558	0.548	0.473

ตารางที่ 4 ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรงสั่นพ้องที่น้ำหนักกด
ยางล้อต้นแตกต่างกัน

ความเร็ว ยางล้อต้น (km/h)	ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรงสั่นพ้อง (kN) ที่น้ำหนักกดต่างๆ					
	200 kg	300 kg	400 kg	500 kg	600 kg	700 kg
20	0.450	0.496	0.556	0.620	0.715	0.651

$$f = c - dw \quad (2)$$

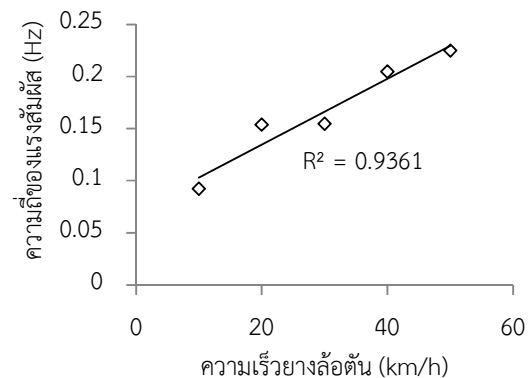
เมื่อ w คือ น้ำหนักกดยางล้อต้น (kg)

c และ d คือ ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1608

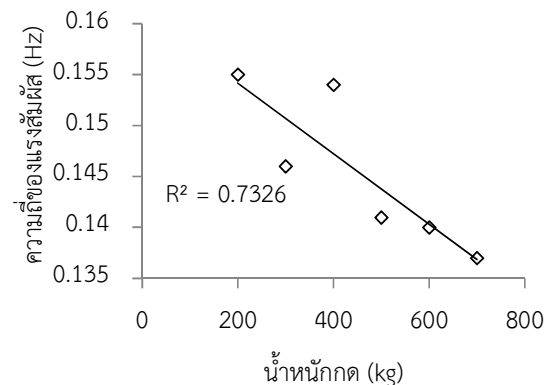
และ 3.46×10^{-5} ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของแรงสั่นพ้องกับความเร็วแสดงให้เห็นว่าความถี่ของแรงสั่นพ้องหรือความถี่ของการสั่นสะเทือนของยางล้อต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของยางล้อต้นเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงเป็นกราฟได้ในรูปที่ 8 ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของแรงสั่นพ้องกับ

น้ำหนักกดยางล้อต้นแสดงให้เห็นว่าความถี่ของแรงสั่นพ้องหรือความถี่ของการสั่นสะเทือนของยางล้อต้นจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักกดยางล้อต้น (รูปที่ 9) ความรุนแรงของการสั่นจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักกดที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะสังเกตได้จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 แต่จะไม่ได้เพิ่มขึ้น



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการ
สั่นสะเทือนและความเร็วยางล้อต้น



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการ
สั่นสะเทือนและน้ำหนักกด

ตามการเพิ่มความเร็วของยางล้อต้นซึ่งจะสังเกตได้จากผลการทดสอบในตารางที่ 3

ความรุนแรงของการสั่นซึ่งเป็นผลมาจากค่ายอดถึงยอดของแรงสั่นพ้องจะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักกดยางล้อต้นแสดงได้ด้วยสมการ (3)

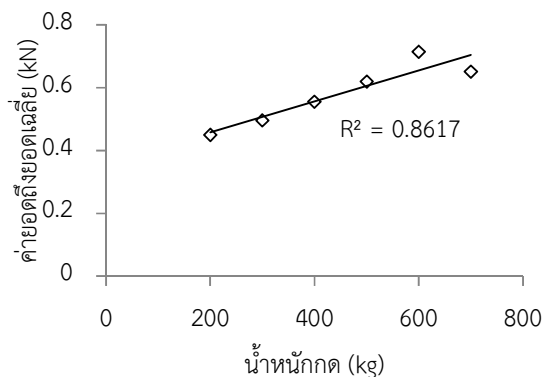
$$\Delta F = ew + g \quad (3)$$

เมื่อ ΔF คือ ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ยของแรง
สัมผัส

w คือ น้ำหนักยกยางล้อตัน (kg)

e และ g คือ ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0005
และ 0.3594 ตามลำดับ

รูปที่ 10 แสดงความรุนแรงของการสั่นซึ่งเพิ่มขึ้นตาม
การเพิ่มน้ำหนักกดให้กับยางล้อตัน หรือเพิ่มขึ้นตามการ
เพิ่มน้ำหนักของรถลากสัมภาระ



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่ายอดถึงยอดเฉลี่ย
และน้ำหนักกด

ความเร็วของการหมุนยางล้อตันจะมีผลกระทบต่อ
การเกิดความถี่ของการสั่นสะเทือนขณะยางล้อตันหมุน
หรือวิ่งขณะใช้งานมากที่สุด ในขณะที่น้ำหนักกดยางล้อ
ตันจะมีผลต่อความรุนแรงของแรงสัมผัสของยางล้อตันกับ
พื้น

ความถี่ของการสั่นสะเทือนและความรุนแรงของการ
สั่นมีผลกระทบต่อช่วงล่างของรถลากสัมภาระ แต่ในขณะที่
ใช้งานการขับเคลื่อนรถลากสัมภาระด้วยความเร็วเกินกว่า
กำหนด (40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) จะส่งผลกระทบต่อ
ความเสียหายของช่วงล่างรถลากสัมภาระมากกว่าน้ำหนัก
รถลากสัมภาระที่มีค่าคงที่ตลอดเวลา

4. สรุปผล

ยางล้อตันยี่ห้อ KOMACHI series II ขนาด 600-9
ผลิตโดยบริษัท วี. เอส. อุตสาหกรรมยาง จำกัด ได้ถูก
นำมาทดสอบวิ่งบนดรัม การทดสอบดรัมทำได้โดยการกด
ยางล้อตันให้สัมผัสกับล้อเหล็กหรือดรัมที่หมุนแล้วบันทึก
ค่าแรงสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างดรัมกับผิวของดรัม แรง
สัมผัสที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่คงที่โดยมีค่าขึ้น-ลง ตลอดการ
ทดสอบ ดังนั้นจึงได้นำผลการบันทึกค่าแรงสัมผัสมา
วิเคราะห์การสั่นสะเทือนของยางล้อตันด้วยการแปลงฟูริ
เยร์อย่างรวดเร็วเพื่อคำนวณความถี่ของแรงสัมผัสที่เกิดขึ้น
ขณะยางล้อตันวิ่ง นอกจากนี้การวัดค่ายอดถึงยอดของ
แรงสัมผัสได้ถูกนำมาพิจารณาความรุนแรงของการ
สั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น ผลการทดสอบพบว่า การสั่นสะเทือน
ของยางล้อตันจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วที่ยางล้อตันวิ่ง
เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนจะเพิ่ม
มากขึ้นเมื่อยางล้อตันรับน้ำหนักบรรทุกหรือน้ำหนักกด
เพิ่มขึ้นตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงาน
กองทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท วี. เอส.
อุตสาหกรรมยาง จำกัด ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัย
และงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สัญญาเลขที่
MSD5910010 และได้รับการสนับสนุนจากทุนการศึกษา
เฉลิมพระเกียรติ ๖๐ ปี ครองราชสมบัติ ประจำปี
การศึกษา ๒๕๕๙ โดยบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยมหิดล

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Nguyen V.N. and Inaba S. (2011). Effect of tire
inflation pressure and tractor velocity on
dynamic wheel load and rear axle vibrations,
Journal of Terramechanics, vol. 48(1), February
2011, pp. 3 – 16.



- [2] Cuong, D., Yue, Z. and Sihong, Z. (2013). Effects of tyre inflation pressure and forward speed on vibration of an unsuspended tractor, *Journal of Terramechanics*, vol. 50(3), June 2013, 185 – 198.
- [3] Kang, N. (2009). Prediction of tire natural frequency with consideration of the enveloping property, *International Journal of Automotive Technology*, vol. 10(1), February 2009, pp. 65 – 71.
- [4] Huang, H., Chiu, Y. and Jin, X. (2013). Numerical calculation of irregular tire wear caused by tread self-excited vibration and sensitivity analysis, *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 27(7), July 2013, pp. 1923 – 1931.
- [5] Paula, A.M., Terence, E.R., Kim, B. and Richard, J.G. (2016). Comparison of methods for estimating the carcass stiffness of agricultural tyres on hard surfaces, *Journal of Biosystems Engineering*, vol. 147, July 2016, pp. 183 – 192.
- [6] Gustavo, A.S. (2001). A Novel Measure Method for High-Speed Tire Vibrations, *Journal of Vibration and Control*, vol. 7, July 2001, pp. 643 – 651.
- [7] วินัย เวชวิทยาลัง (2552). เทคนิคการวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนเพื่องานบำรุงรักษา, เอ็มแอนดีอี, กรุงเทพฯ.
- [8] Chapra, S.C. and Canale, R. (2001). *Numerical Methods for Engineers: with Software and Programming Applications*, 4th edition, ISBN: 0072431938, McGraw-Hill Higher Education, Singapore.