

การศึกษาแรงต้านทานที่กระทำต่อใบมีดของรถไถพรวนดินขนาดเล็ก

A Study of Blade Resisting Forces on A Small Motor Tiller

ส่วนที่ 1 การศึกษาความสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินสภาพสั่นอย่างอิสระ

Part 1 A Study of Vibration on A Small Motor Tiller

นัทธี พินิจรัตนพันธ์, พุทธิ เมฆธารา และ ชนัตต์ รัตนสุมาวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

Nuttee Pinitratnanaphan, Putti Mektara and Chanat Ratanasumawong

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Phayatai road, Pathum Wan, Bangkok 10330

บทคัดย่อ

การศึกษาความสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินสภาพสั่นอย่างอิสระนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และสร้างสมการคณิตศาสตร์เพื่อแสดงลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินที่ตำแหน่งและความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ และการทดลองวัดการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของรถไถพรวนดิน เมื่อปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์และเกียร์ความเร็วต่าง ๆ กัน

ผลการทดลองพบว่า การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากเครื่องยนต์เป็นหลัก นั่นคือความถี่ที่มีขนาดการสั่นสะเทือนมากที่สุดจะเกิดที่ความถี่ซึ่งตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ และเป็น 2 เท่าของความเร็วรอบเครื่องยนต์ การเปลี่ยนเกียร์ความเร็วมีผลต่อการสั่นสะเทือนน้อยมากเมื่อเทียบกับผลของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มความเร็วยังจะทำให้ขนาดการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่าง ๆ มีแนวโน้มสูงขึ้น

Abstract

This study is divided into two parts. The first part is the construction of mathematical model and derived mathematical equations to show vibrating characteristics

of a small motor tiller at any positions and engine speed. The second part is measurement of vibration at any positions of a small motor tiller in varying engine speed and gear positions.

The results show that the motor tiller vibration is effected from engine because the dominant frequency of motor tiller is occurred at the frequency of engine speed and double of engine speed. Gear positions have little vibrating effect to motor tiller when comparing to the effect of engine. Increasing of engine speed make the amplitude of vibration at any positions also increase.

1. บทนำ

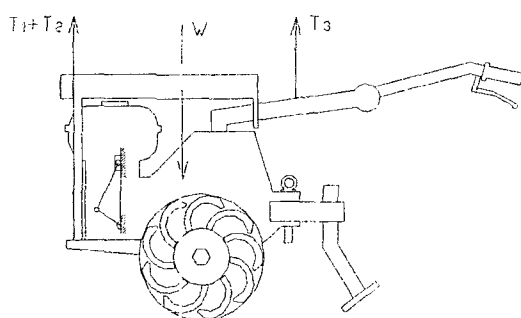
รถไถพรวนดินเป็นรถไถเดินตามที่ติดล้อพรวนดิน (Rotor Tiller) ในขณะที่ทำงานรถไถพรวนดินจะเกิดการสั่นสะเทือนขึ้น ซึ่งการสั่นสะเทือนนี้มีสาเหตุมาจากการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ และการหมุนพรวนดินของใบมีด การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อคนมือถือขณะทำงาน ทำให้ผู้ใช้เกิดความเมื่อยล้า และประสิทธิภาพการทำงานลดลง

การศึกษานี้จะทำการศึกษาความสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินสภาพสั่นอย่างอิสระ โดยแขวนรถไถพรวนดินให้

สามารถสันได้อย่างอิสระ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงไม่มีการสันสะท้อนเนื่องจากแรงต้านทานการหมุนพรวนดินของใบมีดเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และสร้างสมการคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายลักษณะการสันสะท้อนของรถไถพรวนดินซึ่งอยู่ในสภาพสันอย่างอิสระด้วย

ผลที่ได้จากการศึกษานี้ จะช่วยให้เข้าใจลักษณะการสันสะท้อนของรถไถพรวนดินในสภาพสันอย่างอิสระมากยิ่งขึ้น และยังช่วยให้สามารถทำนายลักษณะการสันสะท้อนที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยแบบจำลองและสมการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้

2. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และสมการคณิตศาสตร์ แสดงลักษณะการสันสะท้อนของรถไถพรวนดิน



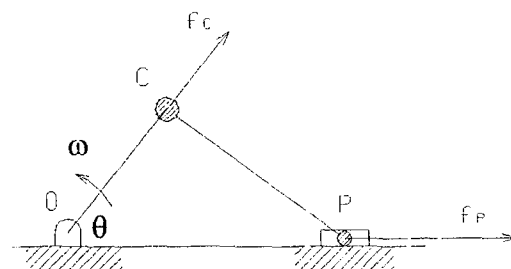
รูปที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

รูปที่ 1 แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงลักษณะการสันสะท้อนของรถไถพรวนดิน โดยแรง T_1 , T_2 และ T_3 คือแรงดึงของลวดสลิงจำนวน 3 เส้นที่ใช้แขวนรถไถพรวนดิน W คือน้ำหนักของรถไถพรวนดิน เมื่อยังไม่ได้เดินเครื่องรถไถพรวนดินจะอยู่ในสภาพสมดุล ดังสมการ

$$T_1 + T_2 + T_3 = W \quad (1)$$

เมื่อเดินเครื่องแล้ว ลูกสูบ ก้านสูบ และเพลาช้อเหวี่ยงในเครื่องยนต์จะเกิดการเคลื่อนที่ ทำให้เกิดแรงเฉื่อยขึ้น แรงเฉื่อยนี้จะถ่ายทอดไปยังโครงรถ ทำให้ตัวรถเกิดการสันสะท้อนขึ้น

แรงเฉื่อยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ก้านสูบ และเพลาช้อเหวี่ยงสามารถหาได้โดยวิธีที่แสดงไว้ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [2]



รูปที่ 2 แรงเฉื่อยที่กระทำกับลูกสูบ ก้านสูบ และเพลาช้อเหวี่ยง

แรงเฉื่อยที่กระทำกับเพลาช้อเหวี่ยง

$$f_c = \frac{W_c'' + W_c'}{g} R \omega^2 \quad (2)$$

แรงเฉื่อยที่กระทำกับลูกสูบ

$$f_p = \frac{W_p + W_p'}{g} R \omega^2 (\cos \theta + \frac{R}{L} \cos 2\theta) \quad (3)$$

โมเมนต์บิดเนื่องจากแรงเฉื่อยคือ

$$T = \frac{W_p + W_p'}{2g} R^2 \omega^2 \left(\frac{R}{2L} \sin \theta - \sin 2\theta - \frac{3R}{2L} \sin 3\theta \right) \quad (4)$$

โดย

R คือ ความยาวของช้อเหวี่ยง (OC), m

L คือ ความยาวของก้านสูบ (CP), m

ω คือ ความเร็วรอบหมุนของเครื่องยนต์, rad/sec

W_p คือ น้ำหนักของลูกสูบ, N

$\theta = \omega t$

W_c'' สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$W_c'' = \frac{R_2}{R} W_c \quad (5)$$

โดย

W_c คือ น้ำหนักของช้อเหวี่ยง, N

R_2 คือ ระยะระหว่างเพลาข้อเหวี่ยงกับจุดศูนย์ถ่วงของเพลาข้อเหวี่ยง , m

W_C' และ W_P' สามารถหาได้จากระบบสมการต่อไปนี้

$$W_C' + W_P' = W_s \quad (6)$$

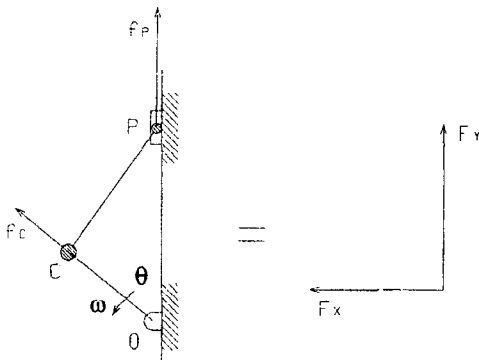
$$W_C' h_c = W_P' h_p \quad (7)$$

โดย

W_s คือ น้ำหนักของก้านสูบ , N

h_c คือ ระยะจากจุด C ถึงจุดศูนย์ถ่วงของก้านสูบ, m

h_p คือ ระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของก้านสูบ ถึงจุด P, m



รูปที่ 3 แสดงการแตกแรงให้อยู่ในแนวตั้งและแนวระดับ

เนื่องจากรถไถพรวนดินที่ใช้ในการทดลอง ลูกสูบอยู่ในแนวตั้ง ดังนั้นจึงแตกแรงเฉื่อย f_c และ f_p ให้อยู่ในแนวตั้งและแนวระดับ แรงในแนวระดับ F_x และแรงในแนวตั้ง F_y หาได้ดังนี้

$$F_x = \frac{W_C'' + W_C'}{g} R\omega^2 \sin \theta \quad (8)$$

$$F_y = \frac{W_C'' + W_C'}{g} R\omega^2 \cos \theta + \frac{W_P'' + W_P'}{g} R\omega^2 \left(\cos \theta + \frac{R}{L} \cos 2\theta \right) \quad (9)$$

ให้

$$F_1 = \frac{W_C'' + W_C'}{g} R\omega^2$$

$$F_2 = \frac{W_P'' + W_P'}{g} R\omega^2$$

$$F_3 = \frac{W_P'' + W_P'}{g} R\omega^2 \frac{R}{L}$$

ดังนั้นจะสามารถเขียนแรง F_x และ F_y และโมเมนต์บิด T ได้ดังนี้

$$F_x = F_1 \sin \theta \quad (10)$$

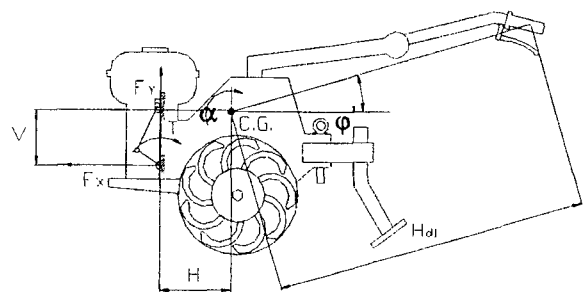
$$F_y = (F_1 + F_2) \cos \theta + F_3 \cos 2\theta \quad (11)$$

$$T = \frac{F_2 R}{2} \left(\frac{R}{2L} \sin \theta - \sin 2\theta - \frac{3R}{2L} \sin 3\theta \right) \quad (12)$$

แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถนำมาเขียนสมการการเคลื่อนที่ โดยสมมติให้รถไถพรวนดินมีพฤติกรรมเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (rigid body) และประมาณให้

$$T_1 + T_2 + T_3 = W$$

ได้ดังนี้

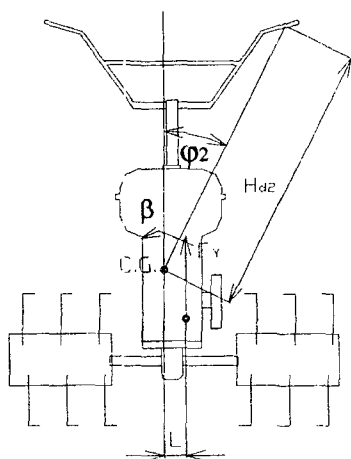


รูปที่ 4 แรงที่กระทำกับรถไถพรวนดินด้านข้าง

$$m\ddot{x} = F_1 \sin \theta \quad (13)$$

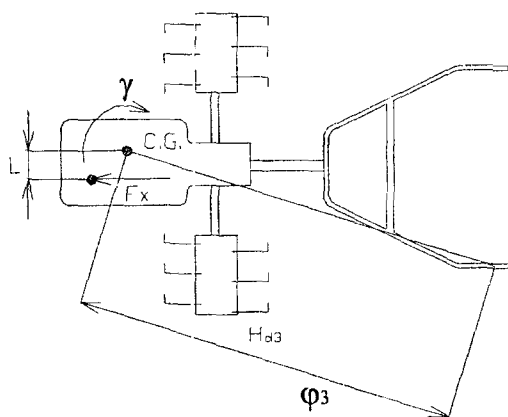
$$m\ddot{y} = (F_1 + F_2) \cos \theta + F_3 \cos 2\theta \quad (14)$$

$$J_1 \ddot{\alpha} = F_1 V \sin \theta + [(F_1 + F_2) \cos \theta + F_3 \cos 2\theta] H + T \quad (15)$$



รูปที่ 5 แรงที่กระทำกับรถไถพรวนดินด้านหน้า

$$J_2 \ddot{\beta} = [(F_1 + F_2) \cos \theta + F_3 \cos 2\theta] L \quad (16)$$



รูปที่ 6 แรงที่กระทำกับรถไถพรวนดินด้านหลัง

$$J_3 \ddot{\gamma} = F_1 L \sin \theta \quad (17)$$

โดย

m คือ มวลของรถไถพรวนดิน

J_1 คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน Z

J_2 คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน X

J_3 คือ โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน Y

ระยะ V , H และ L แสดงดังในรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 6

จากสมการที่ (13) ถึง (17) จะสามารถหาค่าความเร่งที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของรถไถพรวนดินที่เวลาต่าง ๆ ได้ ถ้าต้องการหาความเร่งที่จุดต่าง ๆ ก็สามารถทำได้โดยการรวมความเร่งจากการเลื่อนที่ และความเร่งจากการหมุนเข้าด้วย

กัน เช่นการหาความเร่งที่คันมือถือด้านซ้ายสามารถทำได้ดังนี้

จากรูปที่ 4 จะได้ความเร่งในแนวแกน x คือ

$$\ddot{x} - \ddot{\alpha} H_{d1} \sin \varphi_1$$

ความเร่งในแนวแกน Y

$$\ddot{y} - \ddot{\alpha} H_{d1} \cos \varphi_1$$

จากรูปที่ 5 จะได้ความเร่งในแนวแกน Y คือ

$$\ddot{\beta} H_{d2} \sin \varphi_2$$

ความเร่งในแนวแกน Z

$$\ddot{\beta} H_{d2} \cos \varphi_2$$

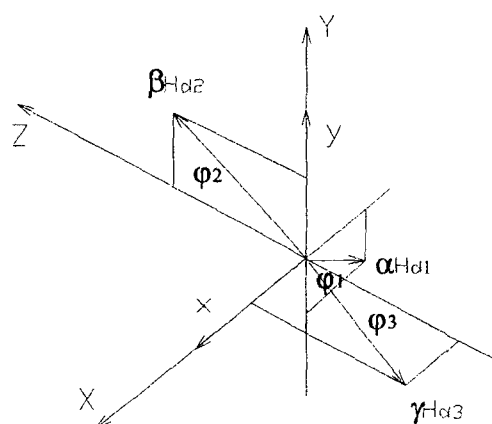
จากรูปที่ 6 จะได้ความเร่งในแนวแกน X คือ

$$\ddot{\gamma} H_{d3} \cos \varphi_3$$

ความเร่งในแนวแกน Z

$$\ddot{\gamma} H_{d3} \sin \varphi_3$$

โดย H_{d1} , H_{d2} , H_{d3} , φ_1 , φ_2 และ φ_3 แสดงดังในรูปที่ (4) ถึงรูปที่ (6)



รูปที่ 7 แสดงการรวมความเร่งที่คันมือถือด้านซ้าย

รวมความเร่งที่อยู่ในแนวแกนเดียวกันเข้าด้วยกันจะได้ความเร่งที่คันมือถือด้านซ้ายดังนี้

ความเร่งในแนว vertical axis (แกน Y)

$$\ddot{y} + \beta \dot{H}_{d2} \sin \varphi_2 - \ddot{\alpha} H_{d1} \cos \varphi_1 \quad (18)$$

ความเร่งในแนว lateral axis (แกน Z)

$$\beta \dot{H}_{d2} \cos \varphi_2 + \dot{H}_{d3} \sin \varphi_3 \quad (19)$$

ความเร่งในแนว longitudinal axis (แกน X)

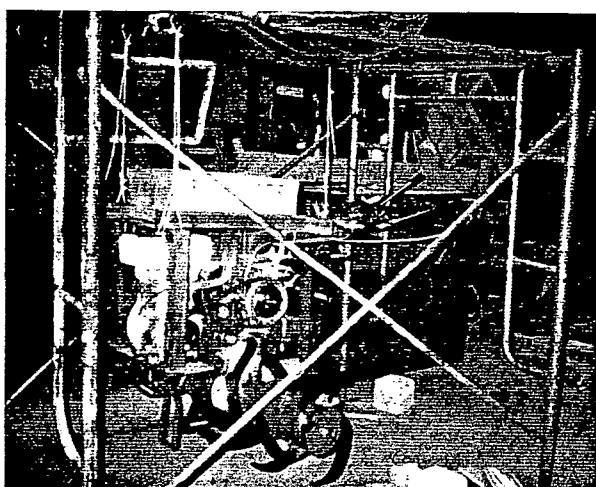
$$\ddot{x} + \dot{H}_{d3} \cos \varphi_3 - \ddot{\alpha} H_{d1} \sin \varphi_1 \quad (20)$$

3. การทดลองเพื่อวัดการสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินสภาพสั่นอย่างอิสระ

รูปที่ 8 แสดงการแขวนรถไถพรวนดินเหนือพื้นดินโดยใช้ลวดสลิง 3 เส้นในการแขวน การแขวนรถไถพรวนดินนี้มีข้อควรระวังดังนี้

1 ต้องจัดให้ลวดสลิงทั้ง 3 เส้นอยู่ในแนวตั้ง เพื่อให้รถไถพรวนดินสามารถสั่นได้อย่างอิสระทั้ง 3 ทิศทาง

2 ต้องจัดให้แท่นเครื่องของรถไถพรวนดินอยู่ในแนวระดับ เพื่อจะได้วัดการสั่นสะเทือนในทิศทางต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณจากสมการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้



รูปที่ 8 การจัดชุดทดลอง

3 ระวังไม่ให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของรถไถพรวนดินสัมผัสกับโครงซึ่งใช้แขวนรถไถพรวนดิน เพราะอาจทำให้ค่าการสั่นสะเทือนที่วัดผิดพลาดได้

เมื่อแขวนรถไถพรวนดินเรียบร้อยแล้ว ทำการทดลองโดยเดินเครื่องยนต์ให้อ่อน และปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์สำหรับการทดลองที่ 3200 3400 และ 3600 รอบต่อนาทีตามลำดับ โดยแต่ละความเร็วรอบเครื่องยนต์จะทำการปรับเกียร์ความเร็วตั้งแต่ไม่เข้าเกียร์ เข้าเกียร์ 1 จนถึงเกียร์ 6 จากนั้นทำการวัดการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่าง ๆ คือ ที่คันมือถือทั้งด้านซ้ายและด้านขวาทั้ง 3 ทิศทาง ที่เครื่องยนต์ในแนวตั้ง และที่ห้องเกียร์ในแนวตั้ง ด้วยเครื่อง วัดการสั่นสะเทือนยี่ห้อ Microlog Data Collectors

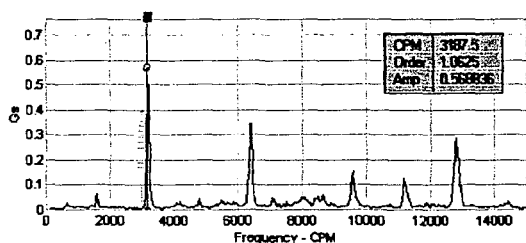
4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ความถี่ของการสั่นสะเทือน

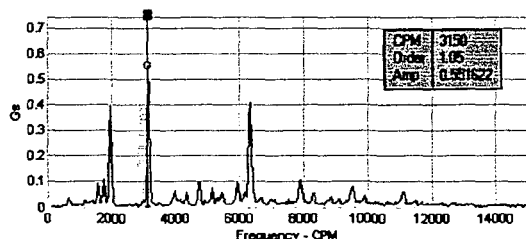
จากการทดลองพบว่าความถี่ที่มีขนาดการสั่นสะเทือนมากที่สุดจะเกิดที่ความถี่ซึ่งตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์และสองเท่าของความเร็วรอบเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์เป็นสาเหตุหลักของการสั่นสะเทือนในการทดลองนี้ ซึ่งถ้าพิจารณาสมการที่ (3) ก็พบว่า แรงเฉื่อย f_p ประกอบด้วยส่วนที่มีความถี่ตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (พจน์ที่มี $\cos\theta$) และส่วนที่มีความถี่เป็น 2 เท่าของความเร็วรอบเครื่องยนต์ (พจน์ที่มี $\cos 2\theta$) ดังนั้นจึงส่งผลให้รถไถพรวนดินสั่นสะเทือนด้วยความถี่ซึ่งตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ และ 2 เท่าของความเร็วรอบเครื่องยนต์ (การสร้างสมการ (3) ตามวิธีในเอกสารอ้างอิงหมายเลข [2] นั้นเป็นวิธีโดยประมาณเท่านั้น โดยจะมีขั้นตอนการตัดพจน์ที่มีอันดับมากกว่า 2 จากการกระจายทวินามทิ้งไป ดังนั้นสมการ (3) ที่ได้จึงแสดงเฉพาะความถี่ซึ่งตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์และสองเท่าของความเร็วรอบเครื่องยนต์เท่านั้น ความถี่ซึ่งเป็นจำนวนเท่าของเครื่องยนต์อื่น ๆ ซึ่งมีเช่นกันไม่ได้แสดงไว้)

นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ความเร็วจากไม่เข้าเกียร์ เป็นเกียร์ 1, 2, 3 ถึงเกียร์ 6 นั้นจะทำให้เกิดการส่งผ่านกำลังจากเครื่องยนต์ไปสู่ล้อพรวนดิน (cutter drum) โดยผ่านสายพาน มู่เล่และห้องเกียร์ ดังนั้นจะเกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ตรงกับความเร็วรอบหมุนของมู่เล่ที่เข้าห้องเกียร์ด้วย แต่ความถี่ที่มีขนาดการสั่นสะเทือนมากที่สุดยังคงเกิดที่ความถี่ซึ่งตรงกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ หรือ 2 เท่าของความเร็วรอบเครื่องยนต์เช่นเดิม เหตุที่เป็นเช่นนี้ทั้ง ๆ ที่การเปลี่ยนเกียร์ความเร็วจะส่งผลให้ความเร็วรอบหมุนของล้อพรวนดินเปลี่ยนไป ทำให้เกิดความ

ไม่สมดุลเนื่องจากการหมุนขึ้น ซึ่งน่าจะทำให้การสั่นสะเทือนเปลี่ยนไปได้ เนื่องจากความเร็วรอบหมุนของล้อพรวนดินในแต่ละเกียร์นั้นมีค่าน้อยมาก (ประมาณ 20~160 รอบต่อนาที) ดังนั้นผลของความไม่สมดุลเนื่องจากการหมุนจึงมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับผลการสั่นสะเทือนเนื่องจากเครื่องยนต์ กราฟแสดงสัญญาณการสั่นสะเทือนในกรณีเข้าเกียร์ความเร็วแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่คันมือถือด้านซ้าย ที่ความเร็วรอบ 3200 รอบต่อนาที ขณะยังไม่เข้าเกียร์



รูปที่ 10 สัญญาณการสั่นสะเทือนที่คันมือถือด้านซ้าย ที่ความเร็วรอบ 3200 รอบต่อนาที ขณะเข้าเกียร์ 1

4.2 การสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของรถไถพรวนดิน ที่ความเร็วรอบและเกียร์เดียวกัน

กราฟแสดงผลการทดลองในกรณีนี้แสดงดังรูปที่ 11 จากการทดลองพบว่า ทั้ง 3 ความเร็วรอบที่ทดลอง การสั่นสะเทือนที่ห้องเกียร์จะมีขนาดน้อยที่สุด เนื่องจากตำแหน่งห้องเกียร์นั้นจะยึดแน่นกับโครงรถ ทำให้การสั่นสะเทือนไม่เป็นอิสระ ขนาดการสั่นสะเทือนจึงมีค่าน้อย การสั่นสะเทือนที่คันมือถือจะมีค่ามากที่สุด แต่ทิศทางที่เกิดการสั่นสะเทือนมากที่สุดนั้นไม่แน่นอน การที่คันมือถือมีขนาดการสั่นสะเทือนมากที่สุดเนื่องมาจากคันมือถือมีลักษณะเหมือนเป็นคานยื่น (cantilever beam) ซึ่งทำให้ปลายคานสามารถสั่นอย่างอิสระ ดังนั้นการสั่นสะเทือนจึงมีค่ามาก

สำหรับการสั่นสะเทือนที่เครื่องยนต์นั้นมีความมากกว่าการสั่นสะเทือนที่ห้องเกียร์แต่ค่าน้อยกว่าการสั่นสะเทือนที่คันมือถือ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ทั้งที่เครื่องยนต์เป็นสาเหตุหลักของการสั่นสะเทือนอาจเนื่องมาจาก เครื่องยนต์ถูกยึดติดแน่นกับโครงรถทำให้การสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ไม่เป็นอิสระ เหมือนกับการสั่นสะเทือนที่คันมือถือ

4.3 การสั่นสะเทือนที่เกียร์ความเร็วต่าง ๆ เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งและความเร็วรอบเครื่องยนต์เดียวกัน

จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 11 พบว่า ผลการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนเกียร์ความเร็วนั้นไม่แน่นอน กล่าวคือ ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่า ที่ตำแหน่งเกียร์ใดส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนมากที่สุดหรือน้อยที่สุด ทั้ง ๆ ที่การเปลี่ยนเกียร์ความเร็วจะส่งผลให้การขบกันของฟันเฟืองบางคู่เปลี่ยนไป ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อ การสั่นสะเทือนได้ แต่จากการทดลองพบว่า ความถี่ที่มีขนาดการสั่นสะเทือนมาก ๆ นั้น เป็นผลมาจากเครื่องยนต์ การสั่นสะเทือนที่ความถี่อื่น ซึ่งอาจเกิดจากผลของการเปลี่ยนเกียร์จะมีขนาดน้อยมากเมื่อเทียบกับ การสั่นสะเทือนเนื่องจากเครื่องยนต์ ดังนั้นผลของการเปลี่ยนเกียร์ความเร็วจึงไม่เห็นชัดเจนในการทดลองนี้

4.4 เปรียบเทียบการสั่นสะเทือนที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของรถไถพรวนดิน

จากผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 12 พบว่า เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์จะส่งผลให้ขนาดการสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินสูงขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสมการที่ (2) และ (3) ซึ่งแสดงแรงเฉื่อยที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ก็จะทำให้พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ (ω) ก็จะทำให้แรงเฉื่อย f_c และ f_p เพิ่มขึ้น ซึ่งแรงเฉื่อยที่เพิ่มขึ้นนี้จะส่งผลให้การสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่วัดได้

5 สรุป

จากการศึกษาความสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดิน สรุปผลได้ดังนี้

1.การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากเครื่องยนต์เป็นหลักเนื่องจากความถี่ที่วัดได้มีขนาดเท่ากับความถี่ของเครื่องยนต์

2.การสั่นสะเทือนที่คันมือถือมีขนาดมากที่สุด รองลงมาคือการสั่นสะเทือนที่เครื่องยนต์ ส่วนการสั่นสะเทือนที่ห้องเกียร์มีขนาดน้อยที่สุด

3.การเปลี่ยนเกียร์ความเร็วมีผลกระทบต่อการสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินน้อยมาก

4.การเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์เป็นผลให้ขนาดการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น

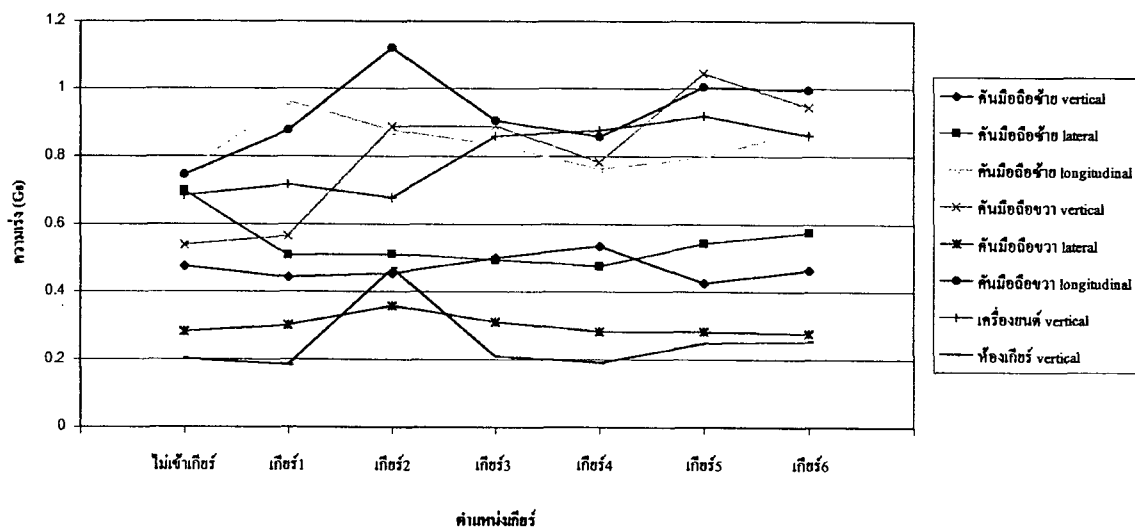
[2] Joseph Edward Shigley, John Joseph Uicker, JR..Theory of Machines and Mechanisms. International Student Edition. Tokyo. Japan: McGraw-Hill, 1981.

[3] ก่อเกียรติ บุญชูกุล, สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และ ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ. การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 1997.

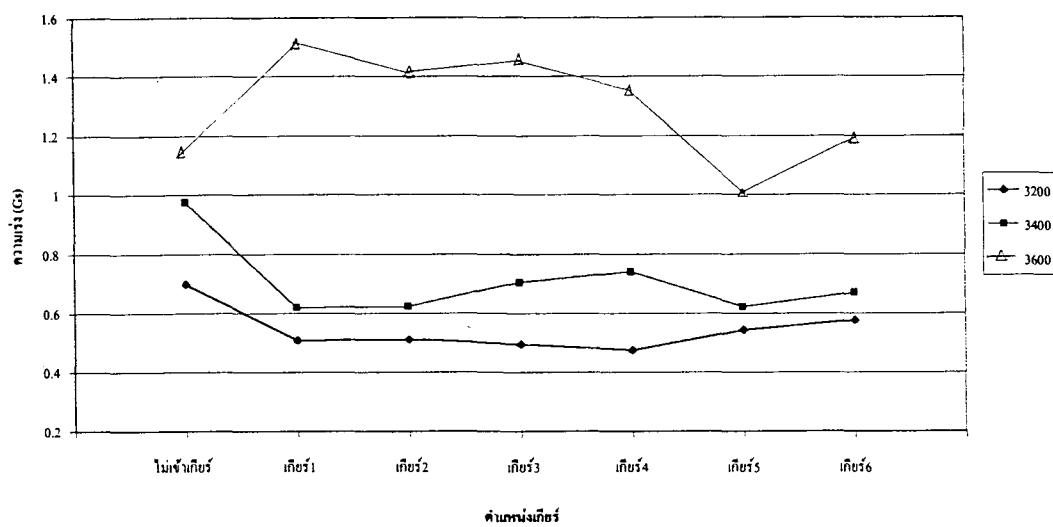
[4] ชนัตต์ รัตนสุมาวงศ์ และคณะ (2542) : การศึกษาการสั่นสะเทือนของรถไถพรวนดินเดินตาม. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

เอกสารอ้างอิง

[1] William T. Thomson, Marie Dillon Dahleh. Theory of Vibration with Applications. Fifth Edition. The United States of America: Prentice Hall, 1998.



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งและเกียร์ความเร็วต่าง ๆ ที่ความเร็วรอบ 3200 รอบต่อนาที



รูปที่ 12 กราฟเปรียบเทียบขนาดการสั่นสะเทือนที่คันมือถือด้านซ้ายในทิศ Lateral ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างๆ