

การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม

Vibration of Walking Tractor

นายกีรติเกียรติ

อุณจะนำ

นายจักรกฤษณ์

ศรีอุดม

นายภาณุวัชร

จิตจักร

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ...../...../.....

เลขทะเบียน..... 5067480 ๐.2

เลขเรียกหนังสือ..... ๖๔๔๗

มหาวิทยาลัยนเรศวร 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552



ใบรับรองโครงการ

หัวข้อโครงการ : การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม

Vibration of Walking Tractor

ผู้ดำเนินโครงการ : นายกীরเกียรติ อุนจะนำ รหัสนิสิต 48363384

นายจักรกฤษณ์ ศรีอุคม รหัสนิสิต 48363411

นายภาณุวัชร จิตจักร รหัสนิสิต 48363800

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : คร.รัตนา การุญบุญญานันท์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ

(คร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ

(คร.ศลิษา วีรพันธุ์)

หัวข้อโครงการ : การสันสะเทือนของรถไถเดินตาม

ผู้ดำเนินโครงการ : นายกীরเกียรติ อุนจะนำ รหัสนิติศ 48363381
 นายจักรกฤษณ์ ศรีอุดม รหัสนิติศ 48363411
 นายภาณุวัชร จิตจักร รหัสนิติศ 48363800

อาจารย์ที่ปรึกษา : คร. รัตนา การุญบุญญานันท์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2552

.....

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินวิธีลดการสันสะเทือนของรถไถเดินตาม เครื่องยนต์ Kubota RT120 (12 แรงม้า) โครงรถรุ่น NC 131-standard โดยทำการติดตั้งแผ่นยางรอง ที่มีความหนา 10 และ 20 มิลลิเมตรระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับ และทดลองวิ่งรถไถเดินตามที่ใช้ล้อเหล็กและไม่มีอุปกรณ์ต่อพ่วงเป็นระยะทาง 20 เมตร บนพื้นดินแห้ง โดยใช้ความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (เกียร์ 1) ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที ทำการวัดการสันสะเทือนที่เครื่องยนต์ ห้องเฟืองและมือจับโดยใช้อุปกรณ์วัดความเร่งพบว่า มีการส่งผ่านการสันสะเทือนจากการทำงานของลูกสูบที่เครื่องยนต์และการเคลื่อนที่ของล้อ ไปสู่ห้องเฟืองและชุดมือจับ และเมื่อทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งแผ่นยางพบว่าแผ่นยางรองขนาด 20 มิลลิเมตรสามารถลดการสันสะเทือนที่มือจับในแนวแกน x และสามารถทำงานได้ 4 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า แต่ในแนวแกน y และ แนวแกน z ไม่สามารถลดการสันสะเทือนได้และสามารถทำงานได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า

Project Title : Vibration of Walking Tractor

Name : Mr. Keerakiet Unchanum ID 48363381
 : Mr. Jakkrit Sriudom ID 48363411
 : Mr. Phanuwat Jitjark ID 48363800

Project Advisor : Dr. Rattana Karoonboonyanan

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2009

.....

Abstract

This project aims to study and find ways to evaluate the vibration isolation method of the walking tractor power by 12-hp RT120 Kubota engine on NC 131-standard chasis. Rubber sheets with the thickness of 10 or 20 millimeters were inserted between the gearbox and the handles before the operational testing on dry ground with the distance of 20 meters and the speed of 2.8 kilometers per hour (gear 1). The tractor was operated with steel cage wheels without other accessories. The engine was operated at 2000 rpm. Vibration was monitored at engine, gearbox and handle by accelerometer which measured the acceleration in three directions, x, y and z. The results showed that vibration was transferred from the engine and the wheels to the gearbox and handles. After installing the rubber isolator, the vibration in x-direction was reduced down to 4-hour fatigue-decreased proficiency (4-h fdp) limit. However the vibration in y-and z-axis were not reduced and still beyond the 1-hour decreased proficiency (1-h fdp) limit.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือในด้านการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการจาก ดร.รัตนา การบุญบุญนันท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้ดำเนินโครงการตลอดมา ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณครูช่างทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ต่างๆเทคนิคในการทำงานตลอดจนการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนทุกท่านที่ช่วยเหลืองานด้านการทดลองภาคสนามจนโครงการประสบความสำเร็จเรียบร้อย

สุดท้ายนี้ผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้ดำเนินโครงการอย่างสม่ำเสมอตลอดมา

นายกิริเกียรติ

อุณจนะ

นายจักรกฤษณ์

ศรีอุดม

นายภาณุวัชร

จิตจักร



สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฅ
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของการดำเนินโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 งบประมาณที่ใช้	4
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม	5
2.2 การเส้นทางวิศวกรรม	10
2.3 การป้องกันการสั่นสะเทือน	12
2.4 อุปกรณ์ตรวจจับการสั่น	14
2.5 การวิเคราะห์สัญญาณ	15
2.6 การศึกษาและการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม	17
2.7 ชีตจำกัดความเมื่อยล้า (Fatigue-decreased proficiency)	19
2.8 แนวทางในการลดการสั่นสะเทือน	20

บทที่ 3	วิธีการดำเนินโครงการ	
3.1	การวัดค่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม	21
3.2	การทดลองหาค่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามหลังปรับปรุง	23
3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม DIAdem 10.2	25
บทที่ 4	ผลทดลองและวิเคราะห์ผล	
4.1	ลักษณะโดยทั่วไปในการทดลอง	31
4.2	ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามก่อนการปรับปรุง	31
4.3	ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่มีข้อจับหลังปรับปรุง	37
บทที่ 5	สรุปผล	
5.1	สรุปผลการทดลอง	43
5.2	ปัญหาในการทำโครงการ	43
5.3	ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา	43
เอกสารอ้างอิง		44
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก		46
ภาคผนวก ข		48
ภาคผนวก ค		50
ประวัติผู้ทำโครงการ		53

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	3
ตารางที่ 3.1 Weight factor	29
ตารางที่ 4.1 แสดงความสามารถในการทำงานของแต่ละแนวแกนทั้งก่อนและหลังปรับปรุง	41



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม	5
รูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือที่สามารถใช้ร่วมกับรถไถเดินตาม	7
รูปที่ 2.3 เครื่องยนต์ Kubota RT120 ที่ใช้ในการทดลอง	8
รูปที่ 2.4 รถไถเดินตามอุโบดำ โครงรถรุ่น NC 131 Standard	9
รูปที่ 2.5 เครื่อง Vibrometer	14
รูปที่ 2.6 เครื่อง accelerometer	15
รูปที่ 2.7 เครื่อง velometer	15
รูปที่ 2.8 สัญญาณในโดเมนเวลาและ โดเมนความถี่	16
รูปที่ 2.9 รูปชุดมือจับจากโปรแกรม Finite element analysis	18
รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวดิ่ง (a_z) กับความถี่ที่มีผลต่อชั่วโมง ในการทำงานของมนุษย์	19
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวระดับ (a_x และ a_y) กับความถี่ที่มี ผลต่อชั่วโมงในการทำงานของมนุษย์	19
รูปที่ 2.12 แสดงจุดที่จะทำการติดตั้งแผ่นยางรองระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับและกันบั้งค้ำ	20
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่หน้าห้องเครื่องยนต์	22
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่ห้องเฟือง	22
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่มือจับ	22
รูปที่ 3.4 ติดแผ่นยางรอง หน้า 10 mm. ระหว่างห้องเกียร์กับชุดมือจับ	23
รูปที่ 3.5 เปลี่ยนคันเหล็กเพื่อให้ระยะมือจับเหมาะสมหลังใส่แผ่นยางรอง	24
รูปที่ 3.6 ติดแผ่นยางรอง หน้า 20 mm. ระหว่างห้องเกียร์กับชุดมือจับ	24
รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของข้อมูลที่นำมาเปิดโดยใช้โปรแกรม DIAdem	25
รูปที่ 3.8 แสดงช่วงข้อมูลที่เลือกไว้	25
รูปที่ 3.9 แสดงการเลือกตัวกรองสัญญาณ	26
รูปที่ 3.10 แสดงการใช้คำสั่งหาค่าความถี่เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาอยู่ในรูปของความเร่ง	26
รูปที่ 3.11 แสดงถึงการเลือกแสดงผลของข้อมูลให้อยู่ในรูปของ FFT	27
รูปที่ 3.12 แสดงถึงรูปภาพที่ได้จาก FFT	27
รูปที่ 3.13 แสดงถึงการเลือกแสดงผลของข้อมูลให้อยู่ในรูปของ FFT โดยได้เลือก ให้แสดงผลให้อยู่ในรูปของ one-third octave band frequency	28
รูปที่ 3.14 แสดงถึงรูปภาพที่เพิ่มขึ้นมาหลังจากการทำ FFT ในรูปแบบของ Third Octave	28

รูปที่ 3.15	แสดงข้อมูลต่างๆออกมาในรูปของตาราง	29
รูปที่ 4.1	ลักษณะการสัมผัสเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน x ขณะรถไถเดินตามหุคหนึ่ง	31
รูปที่ 4.2	ลักษณะการสัมผัสเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน y ขณะรถไถเดินตามหุคหนึ่ง	32
รูปที่ 4.3	ลักษณะการสัมผัสเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน z ขณะรถไถเดินตามหุคหนึ่ง	32
รูปที่ 4.4	ลักษณะการสัมผัสเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน x ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่	33
รูปที่ 4.5	ลักษณะการสัมผัสเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน y ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่	34
รูปที่ 4.6	ลักษณะการสัมผัสเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน z ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่	34
รูปที่ 4.7	ลักษณะการสัมผัสเทือนของรถไถเดินตามขณะหุคหนึ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง มือจับในแนวแกน x	35
รูปที่ 4.8	ลักษณะการสัมผัสเทือนของรถไถเดินตามขณะหุคหนึ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง มือจับในแนวแกน y	36
รูปที่ 4.9	ลักษณะการสัมผัสเทือนของรถไถเดินตามขณะหุคหนึ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง มือจับในแนวแกน z	36
รูปที่ 4.10	ลักษณะการสัมผัสเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ ในแกน x ในขณะรถไถเดินตามหุคหนึ่ง	37
รูปที่ 4.11	ลักษณะการสัมผัสเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ ในแกน y ในขณะรถไถเดินตามหุคหนึ่ง	38
รูปที่ 4.12	ลักษณะการสัมผัสเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ ในแกน z ในขณะรถไถเดินตามหุคหนึ่ง	38
รูปที่ 4.13	ลักษณะการสัมผัสเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ ในแกน x ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km / h	39
รูปที่ 4.14	ลักษณะการสัมผัสเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ ในแกน y ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km / h	40
รูปที่ 4.15	ลักษณะการสัมผัสเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ ในแกน z ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km / h	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญโครงการ

รถไถเดินตามเป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย ทั้งนี้เนื่องจากรถไถเดินตามมีขนาดเล็กทำให้มีความคล่องตัวในการทำงานในไร่นาขนาดเล็กและกลไกการทำงานไม่ซับซ้อนสามารถที่จะทำการบำรุงรักษาได้โดยช่างเทคนิคท้องถิ่น อีกทั้งราคาของรถไถเดินตามมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับต้นกำลังชนิดอื่น ในปี 2543 มีจำนวนรถไถเดินตามทั้งประเทศจำนวน 3,279 คัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2544)

อย่างไรก็ตาม รถไถเดินตามก็มีจุดด้อยคือ ผู้ใช้ต้องเดินตามในเวลาที่ใช้งาน อาจทำให้ได้รับบาดเจ็บที่เท้า สำหรับผู้ที่ไม่ชำนาญในการใช้อาจทำให้ได้รับอันตรายตลอดเวลา นอกจากนี้ยังมีปัญหาการสั่นสะเทือนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือการสั่นสะเทือนของเครื่องชนิดที่ใช้ และเกิดจากลักษณะเคลื่อนที่ไปบนถนนซึ่งจะทำให้เกิดอันตราย (Kanyakam และ Bureerat, 2007)

Goglia และ คณะ (2006) ทำการทดสอบวัดการสั่นสะเทือนที่ส่งถ่ายถึงมือผู้ใช้รถไถเดินตาม พบว่าการสั่นสะเทือน สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเส้นเลือดระบบประสาท และการเจ็บป่วยของกล้ามเนื้อบริเวณมือและแขน หรือเรียกกลุ่มอาการนี้ว่ากลุ่มอาการผิดปกติของมือและแขน อันเนื่องมาจากการสั่นสะเทือน (hand-arm vibration syndrome)

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามและหาวิธีการลดการสั่นสะเทือนโดยใช้แผ่นยางติดตั้งเข้าไประหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับ เพื่อลดการถ่ายทอดการสั่นสะเทือนจากเครื่องยนต์ ล้อ และห้องเฟืองสู่มือคนขับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม
- 2) เพื่อหาวิธีการลดการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่มีผลต่อสุขภาพของเกษตรกร

1.3 ขอบเขตของการดำเนินโครงการ

ศึกษา และวิเคราะห์ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามคูโบต้าโคจรรุ่น NC131 Standard เครื่องยนต์ RT120 โดยทำการทดลองกับรถไถเดินตามที่ได้ล้อเหล็ก ทดลองกับสภาพพื้นดินแห้งและที่ระดับความเร็วเกียร์ 1 เท่านั้น และปรับปรุงแก้ไขรถไถเดินตามโดยใช้แผ่นยางรองหนา 10

และ 20 มิลลิเมตร ติดตั้งระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับและคันบังคับ เพื่อลดการส่งผ่านการสั่นสะเทือนไปยังคนขับ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถไถเดินตามและอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Accelerometer)

2) ศึกษาและทดลองวัดการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามทัวโบดาโครกรุ่น NC131 Standard เครื่องยนต์ RT120 โดยทำการทดลองกับล้อเหล็กเท่านั้น และจากการทดลองหาความเร็วของรถไถเดินตามที่เกียร์ 1 และ เกียร์ 2 พบว่ามีความเร็ว 2.8 และ 6.0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกทดลองเฉพาะเกียร์ 1 เท่านั้น ซึ่งเป็นความเร็วที่เหมาะสมกับการใช้งานในแปลงตามปกติที่ต้องมีคนเดินตาม

เงื่อนไขในการทดลองมีดังนี้

- | | |
|---|-----------------------|
| 2.1) วัดการสั่นสะเทือนใน 3 แนวแกน | - ตามแนวยาวของรถ (x) |
| | - ตามแนวขวางของรถ (y) |
| | - ตามแนวตั้งของรถ (z) |
| 2.2) ตำแหน่งที่ทำการวัด | - ด้านหน้าเครื่องยนต์ |
| | - บนห้องเฟือง |
| | - มือจับ |
| 2.3) สภาพของพื้นผิวที่ทำการทดลอง | - ดินแห้ง |
| 2.4) ใช้แผ่นยางที่มีความหนาต่างกัน 2 ขนาด | - 10 มิลลิเมตร |
| | - 20 มิลลิเมตร |

โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3) วิเคราะห์การสั่นสะเทือนที่วัดได้เพื่อหาขนาดของการสั่นสะเทือน ความถี่ และ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 2631/1(1985) เพื่อพิจารณาหาขีดจำกัดความเมื่อยล้า (Fatigue — decreased proficiency boundary , fdp)

4) ศึกษาหาวิธีการลดการสั่นสะเทือนที่จะส่งผ่านไปยังผู้ใช้งาน โดยใช้แผ่นยางรองระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับ 2 ขนาด คือ แผ่นยางรองหนา 10 และ 20 มิลลิเมตร ทดลองและเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

5) วิเคราะห์ผล สรุป และจัดทำรายงาน

1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการปฏิบัติงาน (Gantt chart)

การดำเนินงาน	พ.ศ. 2551										พ.ศ. 2552				
	ม.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1. ศึกษาเทคโนโลยีตามและการสืบสะท้อน															
2. ศึกษาเครื่องมือวัดและโปรแกรมแสดงผล															
3. ทดลองการใช้เครื่องมือวัดกับรถไถเดินตาม															
4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้															
5. ศึกษา ออกแบบและหาวิธีการลดการสิ้นสะท้อน															
6. ติดตั้งแผ่นยางลดการสิ้นสะท้อนและทำการทดลอง															
7. วิเคราะห์ผล															
8. สรุปผลและเขียนรายงาน															

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบลักษณะการสันสะท้อนและแหล่งกำเนิดการสันสะท้อนของรถไฟไคเดินตามได้
- 2) สามารถลดการสันสะท้อนของรถไฟไคเดินตามได้
- 3) เพื่อเพิ่มชั่วโมงการทำงานของเกษตรกรได้มากขึ้น โดยปราศจากอาการเมื่อยล้าที่เกิดจากการสันของรถไฟไคเดินตาม

1.7 งบประมาณที่ใช้

ลูกบาศก์สแตนเลสขนาด 3 x 3 x 3 cm ³ จำนวน 3 ลูก	1,500	บาท
น็อตเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 3 mm. จำนวน 9 ตัว	50	บาท
แผ่นยางรอง ขนาดหนา 10 mm.	140	บาท
แผ่นยางรอง ขนาดหนา 20 mm.	190	บาท
น้ำมันดีเซล	100	บาท
ปูนขาว	20	บาท
รวม	<u>2,000</u>	บาท

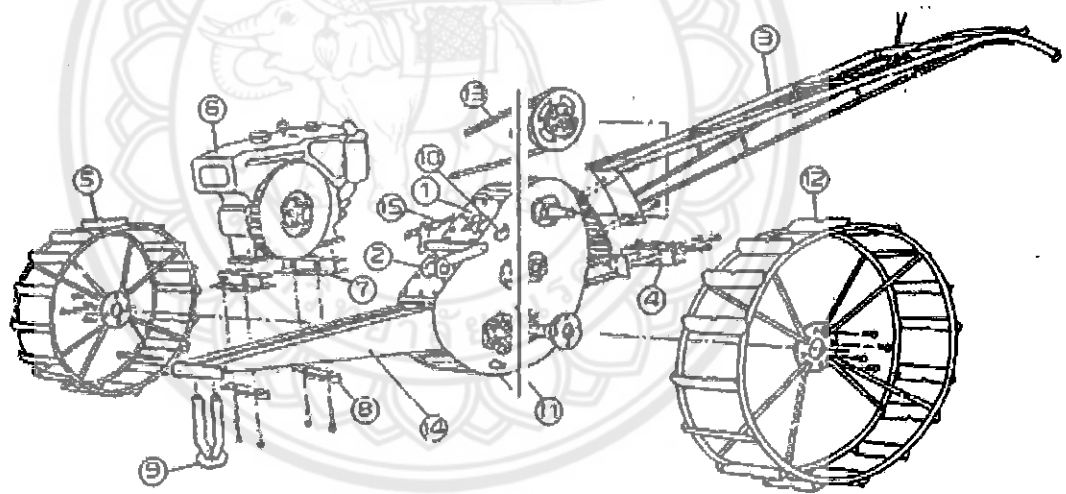
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของรถไถเดินตาม ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์ Kubota RT120 การเส้นทางวิศวกรรม การป้องกันการสั่นสะเทือน แนวทางการลดการสั่นสะเทือนในรถไถเดินตามและขีดจำกัดความเมื่อยล้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม

ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม (รูปที่ 2.1) ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกัน ต่างกันแต่เพียงขนาดซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามบริษัทผู้ผลิต และความนิยมของเกษตรกรในท้องถิ่น



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของรถไถเดินตาม (ปัญญาธิ, 2531)

1. ห้องเฟือง 2. ชุดลูกตะสายพาน 3. ชุดมือจับและคันบังคับ 4. ชุดหัวต่อลากอุปกรณ์
5. ล้อเหล็กขวา 6. เครื่องยนต์ดีเซล 7. แท่นเครื่องยนต์ 8. เหล็กปะกับยึด
9. ขาดังหน้า 10. รูเติมน้ำมัน 11. รูถ่ายน้ำมัน 12. ล้อเหล็กซ้าย 13. สายพาน
14. โครงแขนยึดเครื่อง 15. ก้านชักสายพาน

รถไถเดินตามมีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้

1) โครงแขนยึดเครื่อง (รูปที่ 2.1 หมายเลข 14)

โครงแขนยึดเครื่องเป็นส่วนเชื่อมติดกับห้องเฟือง และ เป็นที่วางตำแหน่งของเครื่องยนต์ โดยมีแท่นเครื่องรองรับอีกชั้นหนึ่ง เครื่องยนต์ที่ติดตั้งอยู่บนแท่นเครื่อง สามารถเลื่อนไปมาได้ เมื่อคลายน็อตที่ยึด

2) เครื่องยนต์ (รูปที่ 2.1 หมายเลข 6)

เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไถเดินตามส่วนใหญ่ติดเครื่องยนต์เบนซินที่มีขนาด 5-8 แรงม้า หรือเครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาด 8-12 แรงม้า เครื่องยนต์ดีเซลเป็นที่นิยมใช้มากกว่า เพราะเครื่องยนต์ดีเซลมีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานหนัก นอกจากนั้นยังให้แรงม้าสูงที่รอบต่ำ ทำให้อัตราทดของเกียร์และขนาดของห้องเฟืองลดลง สำหรับเครื่องยนต์ที่วางอยู่บนโครงแขนยึดเครื่องนั้น สามารถจะเลื่อนไปมาได้ตลอดแนว เพื่อความสะดวกในการปรับตั้งความตึงของสายพานที่ส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังห้องเฟืองอีกด้วย

3) ห้องเฟือง (รูปที่ 2.1 หมายเลข 1)

ห้องเฟือง ทำหน้าที่ทดกำลังที่ส่งมาจากเครื่องยนต์ออกไปหมุนล้อ โดยอาศัยเฟืองและโซ่ หรือเฟืองเพียงอย่างเดียว แต่ระบบเฟืองและโซ่ในปัจจุบันเริ่มไม่นิยมใช้เนื่องจากเมื่อใช้ไปนาน ๆ โซ่จะหย่อน ต้องมีการปรับความตึงของโซ่บ่อย ๆ นอกจากนั้นยังทำให้ห้องเฟืองมีขนาดใหญ่เทอะทะ แต่ข้อดีคือราคาถูกลง

4) สายพาน (รูปที่ 2.1 หมายเลข 13)

สายพาน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการส่งกำลังออกจากเครื่องยนต์ไปยังห้องเฟืองผ่านมู่เล่ โดยมีลูกตะสายพานเป็นตัวที่ทำให้สายพานตึงหรือหย่อน โดยปกติสายพานที่ใช้มักจะเป็นคู่ เพื่อลดการลื่นที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างสายพานกับมู่เล่ ส่วนมู่เล่นั้นอาจจะเป็นแบบเถา ซึ่งทำให้สามารถเปลี่ยนอัตราทดรอบระหว่างเครื่องยนต์และห้องเฟืองได้ 2 ขนาด คือ ทดรอบช้า สำหรับไถ และทดรอบเร็ว สำหรับการขนส่งหรือเคลื่อนย้าย

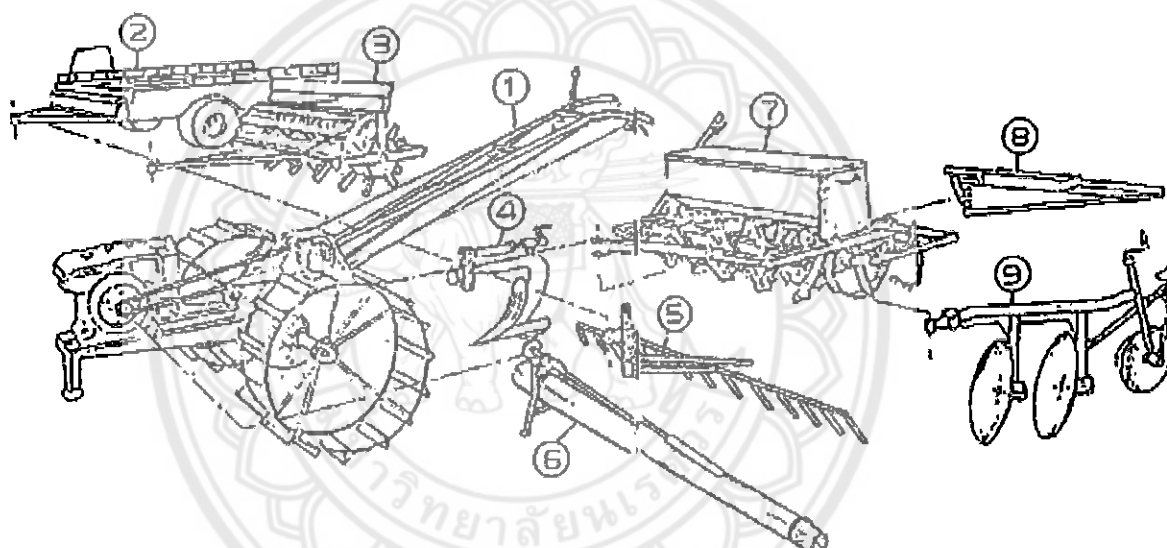
5) ล้อ (รูปที่ 2.1 หมายเลข 5 และ 12)

ล้อของรถไถเดินตาม เป็นล้อที่ทำด้วยเหล็กมีแผ่นครีบริบติดอยู่ใต้ล้อ ทำให้มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า ดินเบ็ด แผ่นครีบริบนี้ทำหน้าที่ตะกุกดินไม่ให้ลื่นขณะทำงาน นอกจากนั้นยังช่วยพยุงไม่ให้รถไถจมในขณะที่กำลังใช้งานในสภาพดินเหลว ล้อเหล็กนี้เหมาะสำหรับทำงานในนา ถ้าเป็นงานในไร่ รถจะ

กระเทียมมาก ทำให้ผู้ใช้เหนื่อยง่าย ดังนั้น ถ้าจะใช้งานในไร่หรือถนนก็ควรจะใช้ล้อยางหรือใส่วงเหล็กกลมบนแผ่นครีบของวงล้อ

6) ชุดมือจับและคันบังคับ (รูปที่ 2.1 หมายเลข 3)

ชุดมือจับและคันบังคับที่สำคัญของรถไถเดินตาม คือ มือจับที่ใช้สำหรับบังคับทิศทาง ซึ่งติดอยู่ปลายโครงแขนที่ต่อออกมาจากหลังห้องเฟือง โครงแขนนี้มักจะฉีกหักเสียหายก่อนส่วนอื่น โดยเฉพาะรถไถเดินตามประเภทหลักเลี้ยว ซึ่งต้องใช้แรงเหวี่ยง โหมขณะเลี้ยวสูง เพราะฉะนั้น โครงแขนนี้จึงยาวกว่าประเภทอื่น ซึ่งเป็นผลทำให้การนำไปใช้งานในแปลงขนาดเล็กไม่สะดวก ถ้าเป็นรถไถประเภทบีบเลี้ยวก็จะมีสายและก้านบีบเลี้ยวอยู่ที่มือจับ ถ้าเป็นรถไถประเภทที่มีเกียร์ก็จะมีคันเกียร์เพิ่มขึ้นมา

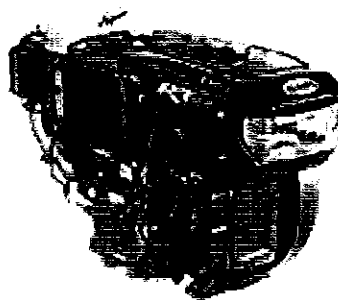


รูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือที่สามารถใช้ร่วมกับรถไถเดินตาม (บัญญัติ, 2531)

1. ตัวรถไถ 2. สาลี่บรรทุก 3. ลูกทุบตีเพื่อถาก 4. ไถหัวหมู 5. คราด
6. ท่อพญานาคหรือระหัดเทพฤทธิ์ 7. เครื่องหยอดเมล็ด 8. เครื่องปรับระดับดิน
9. ไถงาน

2.1.1 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องยนต์รุ่น Kubota RT120

รุ่น	RT120
แบบเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบนอน ระบายความร้อนด้วยน้ำ
แบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย (Swirl Chamber)
ความกว้างกระบอกสูบxช่วงชัก	94 x 90 mm.
ปริมาตรกระบอกสูบ	624 cc.
กำลังแรงม้าสูงสุด	12 /2400 hp/rpm(8.8 /2400 kw./rpm)
กำลังแรงม้าต่อเนื่อง	10.5/2400 hp./rpm (7.72/2400 kw./rpm)
อัตราส่วนแรงอัด	21 : 1
แรงบิดสูงสุด	4.3 kg-m./1600 rpm.
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	210 g-hp/hr
ทิศทางการหมุนของข้อเหวี่ยง	ตามเข็มนาฬิกา เมื่อมองจากด้านมือหมุน
ระบบหล่อลื่น	ใช้แรงปั๊มเข้าระบบด้วย trochoid pump
ชนิดน้ำมันหล่อลื่น	SAE # 40 หรือ API #CC
ความจุน้ำมันหล่อลื่น	2.8 litre
ความจุของน้ำระบายความร้อน	แบบหม้อน้ำรังผึ้ง ขนาด 2.1 litre
ระบบสตาร์ท	มือหมุน
ระบบไฟแสงสว่าง	12 V 45 W
ความจุถังน้ำมันเชื้อเพลิง	11 litre
ขนาดเครื่องยนต์ (กxยxส)	n/a
น้ำหนักสุทธิของเครื่องยนต์	110 Kg.



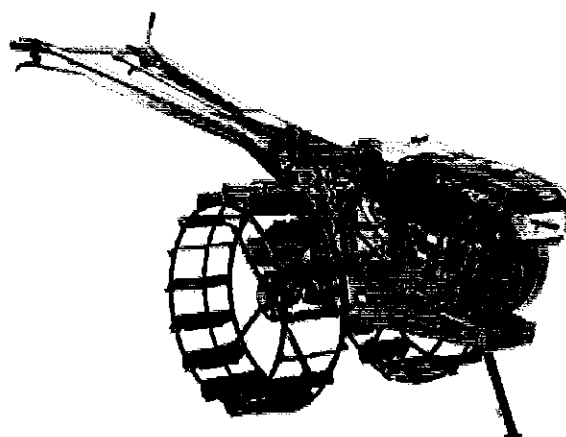
KUBOTA RT

รูปที่ 2.3 เครื่องยนต์ Kubota RT120 ที่ใช้ในการทดลอง

2.1.2 ข้อมูลทางเทคนิคของโครงรถรุ่น NC 131 Standard

สัดส่วน(ติดตั้งล้อเหล็ก)

ความกว้าง (ต่ำสุด/สูงสุด)	1050 / 1200 มม.
ความยาว	2960 มม.
ความสูง	1220 มม.
มู่เลย์เครื่อง	140 มม. (5.5 นิ้ว)
มู่เลย์รถไถเดินตาม	180 มม. (7 นิ้ว)
เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเหล็ก	800 มม.
ขนาดรูสลักของผาน	26 มม.
สายพานรถไถเดินตาม	1981 มม. (78 นิ้ว)
ระบบเบรค	แบบครัมเบรค
ระบบคลัทช์	แบบครัชท์แห้งหลายแผ่น
น้ำมันเกียร์	เอส เอ อี (SAE) เบอร์ 90
ความจุของน้ำมันเกียร์	5.5 - 6 ลิตร
ความเร็วสูงสุด	33.5 กม. / ชม.
อัตราทดรอบเกียร์ (ระหว่างมู่เลย์รถไถเดินตามกับล้อ)	เกียร์ 1 44 : 1
	เกียร์ 2 23 : 1
	เกียร์ 3 8 : 1
	เกียร์ลอยหลัง 56 : 1
น้ำหนักสุทธิของรถไถเดินตาม	210 กก.
ขนาดของเครื่องยนต์ต้นกำลัง	7 - 11.5 แรงม้า



รูปที่ 2.4 รถไถเดินตามคูโบต้า โครงรถรุ่น NC 131 Standard

2.2 การสั่นทางวิศวกรรม

การสั่นของวัตถุต่างๆ เป็นสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับการถือกำเนิดของโลกนี้ การสั่นสะเทือนของวัตถุต่างๆ ที่เกิดขึ้นมีทั้งที่ก่อให้เกิดประโยชน์และเป็นที่ต้องการ เช่นการสั่นของเส้นเสียงของมนุษย์และสัตว์สำหรับใช้ในการติดต่อ หรือการสั่นของเครื่องดนตรีประเภทเครื่องสายหรือกลองเป็นต้น ขณะเดียวกันจะมีการสั่นบางอย่างที่ทำให้เกิดโทษและเป็นที่ไม่ต้องการ เช่นการสั่นของเครื่องจักร หรือการสั่นอย่างรุนแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว ซึ่งอาจทำให้เกิดการเสียหายได้

การศึกษาเรื่องการสั่นทางวิศวกรรม เป็นการศึกษาเพื่อให้วิศวกรมีความเข้าใจถึงการสั่นที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของโครงสร้างหรือของเครื่องจักรว่ามีคุณลักษณะเป็นอย่างไร วิธีการหลีกเลี่ยงหรือป้องกันการสั่นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหายว่ามีวิธีการอย่างไรบ้าง รวมถึงการวัดและการควบคุมการสั่นที่อาจเกิดขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างหรือเครื่องจักรด้วย

การแบ่งประเภทของการสั่นสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ดังนี้

2.2.1 การสั่นแบบอิสระหรือการสั่นแบบบังคับ

1) การสั่นแบบอิสระ (Free vibration) หมายถึงการสั่นของระบบในลักษณะที่หลังจากมีการรบกวนระบบที่หยุดนิ่งอยู่ที่จุดสมดุลครั้งแรกเพื่อให้เกิดการสั่นขึ้นแล้ว การสั่นนั้นดำเนินต่อไปโดยไม่มีความต้านทานจากภายนอกมากระทำกับระบบอีกเลย การรบกวนระบบอาจจะเป็นการทำให้เกิดการขจัดเบื้องต้นหรือทำให้เกิดความเร็วเริ่มต้นหรือทั้งสองแบบรวมกันก็ได้

2) การสั่นแบบบังคับ (Forced vibration) หมายถึงการสั่นของระบบภายใต้แรงกระทำจากภายนอก ซึ่งแรงจากภายนอกนี้อาจจะเป็นแรงในลักษณะซ้ำตัวเองหรือไม่ซ้ำตัวเองก็ได้ การสั่นในลักษณะนี้ก็เช่นการสั่นเนื่องจากความไม่สมดุลของเครื่องจักรที่เกิดการหมุน สิ่งหนึ่งที่เรพบกับการสั่นแบบบังคับก็คือหากว่าความถี่ของแรงที่กระทำกับระบบนั้นไปพ้องกับความถี่ธรรมชาติของระบบพอดี การสั่นที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่มีช่วงกว้างการสั่นที่สูงมาก เราเรียกการสั่นในลักษณะนี้ว่า การสั่นพ้อง (Resonance) ซึ่งผลของการสั่นพ้องนี้มักจะทำให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่กำลังเกิดการสั่นอยู่ ดังนั้นในการออกแบบวิศวกรรมมักจะหลีกเลี่ยงการเกิดการสั่นพ้องของระบบ ยกเว้นในระบบที่ต้องการให้เกิดการสั่นมากๆ เช่นในลำโพงขนาดใหญ่ เป็นต้น

2.2.2 การสั่นแบบมีความหน่วงและไม่มีความหน่วง

1) การสั่นแบบไม่มีความหน่วง (Undamped vibration) หมายถึงการสั่นที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมของระบบ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแรงเสียดทานหรือแรงต้านอื่นใด ซึ่งเมื่อระบบเคลื่อนที่แบบไม่มีความหน่วงจะทำให้เกิดพลังงานรวมของระบบในระหว่างการเคลื่อนที่นี้มีค่าคงที่

การสั่นที่ไม่มีความหน่วงของระบบในความเป็นจริงจะเกิดขึ้นได้ในโอกาสเท่านั้น เพราะวัตถุที่เกิดการเคลื่อนที่โดยทั่วไปแล้วจะเกิดการสูญเสียพลังงานบ้างอย่างน้อยที่สุดก็จะสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานกับอากาศรอบข้าง สำหรับระบบที่เกิดการสั่นแบบไม่มีความหน่วงและเป็นการสั่นแบบอิสระ ความถี่ของการสั่นของระบบจะเรียกว่า ความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) ซึ่งความถี่นี้ถือว่าเป็นปริมาณที่มีความสำคัญมากในการออกแบบเพื่อป้องกันการสั่นของอุปกรณ์หรือโครงสร้าง

2) การสั่นแบบมีความหน่วง (Damped vibration) หมายถึงการสั่นที่เกิดการสูญเสียพลังงานในระหว่างเกิดการเคลื่อนที่ของระบบไม่ว่าจากสาเหตุใดก็ตาม ซึ่งเป็นผลทำให้พลังงานรวมของระบบมีค่าลดลง โดยทั่วไปแล้วการสั่นตามสภาพความเป็นจริงนั้นจะเป็นการสั่นแบบมีความหน่วงแทบทั้งสิ้น

2.2.3 การสั่นแบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น

1) การสั่นแบบเชิงเส้น (Linear vibration) หมายถึงระบบของการสั่นซึ่งประกอบด้วย มวล, สปริงและตัวหน่วง มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงค่าของแรงกระทำไปอย่างเชิงเส้นกับระยะทางหรือความเร็วของพิกัดที่ใช้

2) การสั่นแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear vibration) หมายถึงมีปริมาณใดปริมาณหนึ่งของระบบเปลี่ยนแปลงไม่เป็นเชิงเส้นกับระยะทางหรือความเร็ว

ซึ่งความแตกต่างของการสั่นทั้งสองแบบนี้ก็คือ สมการการเคลื่อนที่จะได้เป็นสมการอนุพันธ์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น (Linear และ Nonlinear Differential Equation) ตามลำดับ ซึ่งผลที่ตามมาคือการแก้สมการอนุพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั้นจะมีความยุ่งยากมากกว่าแบบที่เป็นเชิงเส้นมาก

นอกเหนือจากนั้นแล้ว หากการสั่นเป็นการสั่นเชิงเส้นจะทำให้เราไม่สามารถใช้หลักการของการรวมตำแหน่ง (Principle of Superposition) ซึ่งหลายๆ กรณีจะช่วยลดความยุ่งยากในการคำนวณลงไปได้มาก แต่สำหรับการสั่นไม่เชิงเส้นนั้นเราจะใช้หลักการดังกล่าวไม่ได้

2.2.4 การสั่นแบบกำหนดได้ และการสั่นแบบสุ่ม

1) การสั่นแบบกำหนดได้ (Deterministic vibration) หมายถึงระบบเกิดการสั่นอยู่ภายใต้แรงกระทำจากภายนอกลักษณะใดก็ตาม ถ้าหากว่าตลอดเวลาที่แรงกระทำอยู่นั้นเราสามารถกำหนดขนาดของแรงได้หรือทราบค่าความสัมพันธ์ของแรงซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาที่แรงนั้นกระทำ เราจะเรียกแรงกระทำนั้นว่า แรงที่กำหนดค่าได้ (Deterministic force) ซึ่งผลของแรงนี้จะทำให้เกิด การสั่นแบบกำหนดได้ (Deterministic vibration)

2) การสั่นแบบสุ่ม (Random vibration) หมายถึงแรงที่กระทำต่อระบบไม่สามารถกำหนดขนาดที่เวลาใดๆ ได้อย่างแน่นอน เราเรียกรวมแบบนั้นว่าแรงแบบสุ่ม (Undeterministic หรือ Random force) และการสั่นที่เกิดจากแรงดังกล่าวจะเรียกว่า การสั่นแบบสุ่ม (Random vibration)

2.3 การป้องกันการสั่นสะเทือน

ในองค์ประกอบต่างๆ ของเครื่องจักรกลและ โครงสร้างมักจะมีส่วนที่ทำให้เกิดการสั่นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการสั่นอันเนื่องมาจากการหมุนของส่วนประกอบต่างๆ การกระแทกของเครื่องจักร การเคลื่อนที่ไปมาของชิ้นส่วนเครื่องจักร การไหลผ่านของของเหลวผ่าน โครงสร้างของเครื่องจักรเป็นต้น ดังนั้นเมื่อมีแหล่งกำเนิดแรงกระทำเหล่านี้ก็จะทำให้เกิดการสั่นของเครื่องจักรหรือโครงสร้างตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การสั่นของระบบดังกล่าวอาจจะนำมาซึ่งการเสียหายของระบบเอง หรือหากในกรณีวิกฤติก็อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตของผู้ใช้เครื่องจักรเหล่านั้นได้

เมื่อเกิดการสั่นขึ้นในระบบบางครั้งหากว่าการสั่นนั้น ไม่ได้ทำให้เกิดการสูญเสีย การเสียหาย หรือทำความรำคาญกับผู้ใช้มากนัก เราอาจยอมให้เกิดการสั่นเหล่านั้น แต่เมื่อใดก็ตามการสั่นมีความรุนแรง สร้างเสียงดัง ทำให้ผู้ใช้ตกอยู่ในสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสมหรืออาจเกิดอันตรายได้ วิศวกรมีหน้าที่ต้องลดการสั่นนั้นให้อยู่ในสภาพที่ยอมรับได้

วิธีการลดหรือการควบคุมการสั่นให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยหลักการแล้วจะมีวิธีหลักๆ อยู่ดังต่อไปนี้

2.3.1 การควบคุมความถี่ธรรมชาติของระบบ

ถ้าหากว่าความถี่ของแรงกระทำนี้มีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของระบบ การสั่นพ้องจะเกิดขึ้น ลักษณะสำคัญของการสั่นพ้องก็คือขนาดของการสั่นจะสูงมากขึ้น แม้ว่าขนาดของแรงกระทำจะมีค่าไม่มากก็ตามในระบบของเครื่องจักรหรือ โครงสร้างต่างๆ นั้นการขจัดที่เกิดขึ้นในขนาดที่มากนั้นเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ เพราะอาจนำมาซึ่งความเค้นและความเครียดที่สูงซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสียหายได้ ไม่ว่าจะเป็นกรณีของการวิบัติโดยทันทีหรือเป็นการวิบัติเนื่องจากความล้า ดังนั้นเราจำเป็นต้องกำจัดการสั่นที่ไม่ต้องการเหล่านั้นออกไป อย่างไรก็ตามในกรณีส่วนใหญ่แล้วเราไม่สามารถที่จะเข้าไปเปลี่ยนแปลงความถี่ของแรงภายนอกที่กระทำได้มากนักเพราะโดยส่วนใหญ่รูปแบบการทำงานของเครื่องจักรเหล่านั้นจะถูกกำหนดขึ้นอย่างแน่นอนและเปลี่ยนแปลงได้ยาก ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของอุปกรณ์หลักของเราเพื่อที่จะป้องกันการสั่นพ้อง

2.3.2 การเพิ่มตัวหน่วง

การพิจารณาระบบการสั่นบางครั้งเราจะตัดค่าความหน่วงของระบบออกจากการพิจารณาเพื่อช่วยให้การพิจารณาของระบบการสั่นง่ายขึ้น โดยเฉพาะกรณีที่เราสงสัยที่จะหาค่าความถี่ธรรมชาติของการสั่น แต่ในความเป็นจริงแล้วระบบทุกระบบจะมีตัวหน่วงประกอบอยู่ด้วยไม่มากก็น้อย การที่เรามีตัวหน่วงอยู่ในระบบนั้นในทางปฏิบัติถือว่ามิประโยชน์อยู่หลายประการ เช่น โชคอัพของรถยนต์จะช่วยลดการสั่นและเพิ่มความนุ่มนวลในการขับขี่เป็นต้น

2.3.3 อุปกรณ์ลดการสั่น

การที่เครื่องจักรทำงานในสภาพต่างๆ ไปเป็นไปได้ที่เครื่องจักรอาจจะเกิดการสั่นอย่างรุนแรงขึ้นได้บ้างในบางรอบการทำงานของเครื่อง ซึ่งผลส่วนใหญ่มาจากการหมุนแบบไม่สมดุลของชิ้นส่วนต่างๆ จากนั้นแรงจากการสั่นนี้จะส่งผลกระทบมาที่ฐานที่ติดตั้งและแรงที่ส่งผ่านกระทำมาที่ฐานนี้จะทำให้ฐานเกิดการเสียหาย อีกกรณีหนึ่งคือถ้าเราติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับชิ้นส่วนซึ่งมีการสั่นมากๆ อุปกรณ์เหล่านั้นอาจจะเกิดการเสียหายจากการสั่นได้เช่นกัน

วิธีการป้องกันการสั่นที่จะเกิดกับฐานหรืออุปกรณ์ที่เราต้องการไม่ให้เกิดการสั่นอย่างรุนแรงคือการใช้เครื่องลดการสั่นแบบฉนวนการสั่น (Vibration isolation) โดยหลักการแล้วเครื่องลดการสั่นประเภทนี้จะประกอบด้วยสปริงและตัวหน่วง ที่นำเข้าไปแทรกระหว่างส่วนที่เกิดการสั่นและส่วนที่เราไม่ต้องการให้เกิดการสั่น ทำให้อุปกรณ์นี้เป็นเสมือนฉนวน (Isolator) ของการสั่น สำหรับวิศวกรแล้วการออกแบบเครื่องลดการสั่นแบบฉนวนการสั่นประเภทนี้มักจะเป็นการศึกษาถึงการเลือกเครื่องลดการสั่นที่เหมาะสม ซึ่งนั่นก็คือการเลือกค่าความแข็งของสปริง และค่าความหน่วงที่เหมาะสมกับระบบนั่นเอง

ในทางปฏิบัติเราสามารถที่จะเลือกผลิตภัณฑ์ลดการสั่นที่จัดทำสำเร็จรูปได้ซึ่งมีผู้ผลิตหลายรายด้วยกัน ซึ่งจะมีทั้งแบบตายตัว (Passive isolator) คือจะมีเฉพาะสปริงและตัวหน่วงที่มีค่าคุณสมบัติคงที่และแบบปรับค่าได้ (Active isolator) คือจะมีเครื่องมือวัดในตัวเพื่อปรับค่าความหน่วงและค่าความแข็งของสปริงได้ด้วย

2.3.4 เครื่องซัพการสั่น

เป็นตัวป้องกันการสั่นจากอุปกรณ์ที่ส่งลงสู่พื้นหรือจากพื้นที่สั่นเข้าสู่อุปกรณ์ แต่ถ้าหากว่าอุปกรณ์ที่เราต้องการจะป้องกันการสั่นนั้นเป็นตัวที่ก่อให้เกิดการสั่น เราจะลดการสั่นของอุปกรณ์นั้นโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องซัพการสั่น (Vibration absorbers)

ลักษณะการทำงานของเครื่องซัพการสั่นก็คือเมื่ออุปกรณ์หลักของเราติดตั้งอยู่และเกิดการสั่นขึ้น เมื่อเราติดตั้งเครื่องซัพการสั่นนี้เข้าไปกับอุปกรณ์หลัก เครื่องซัพการสั่นนี้จะดูดกลืนการสั่นไป ทำ

ให้เครื่องรับการสั่นนี้จะเป็นตัวที่เกิดการสั่นแทน และอุปกรณ์หลักจะมีการสั่นน้อยลงหรือหยุดสั่น การที่จะเกิดลักษณะการรับการสั่นจากอุปกรณ์หลักไปเช่นนี้ได้นั้นเราจะต้องติดตั้งเครื่องรับการสั่นที่มีค่าความถี่ธรรมชาติที่เหมาะสมเข้ากับอุปกรณ์หลักของเรา

2.4 อุปกรณ์ตรวจจับการสั่น

เมื่อใช้ทรานสดิวเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นใดก็ตามเพื่อใช้วัดการสั่น เรานิยมเรียกอุปกรณ์นั้นว่า อุปกรณ์ตรวจจับการสั่น (Vibration pickup) โดยทั่วไปอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับการสั่นที่นิยมใช้จะเป็นประเภท seismic instrument โดยอุปกรณ์ seismic นี้จะประกอบไปด้วยระบบ มวล-สปริง-ตัวหน่วง ติดตั้งบนส่วนที่เกิดการสั่น จากนั้นการวัด ความเร็วหรือความเร่งของชิ้นส่วนที่เครื่องวัดนี้ติดตั้งอยู่ จะสามารถหาได้จากการวัดการวัดของมวลที่อยู่ภายในสัมพันธ์กับฐานที่อุปกรณ์นี้ติดตั้งอยู่

สำหรับเครื่องมือวัดการสั่นแบบต่างๆ ที่ใช้หลักการของอุปกรณ์ seismic จะมีดังต่อไปนี้

1) Vibrometer

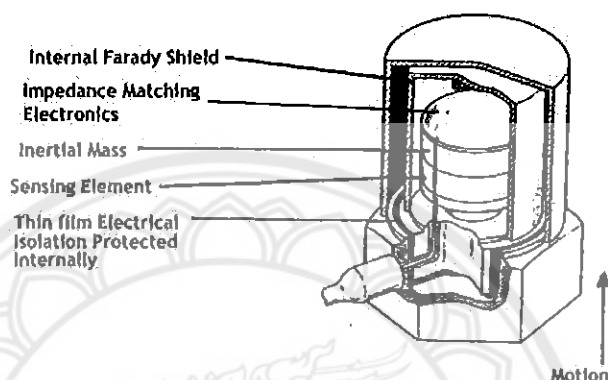
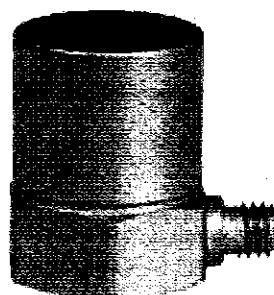
Vibrometer (ดังรูปที่ 2.5) หรือเป็นที่รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า Seismometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการวัดของวัตถุที่เกิดการสั่น และใช้หาการวัดสัมพันธ์ระหว่างมวลและฐานซึ่งรับความรู้สึกผ่านเซนเซอร์



รูปที่ 2.5 เครื่อง vibrometer (www.findtheneedle.co.uk)

2) Accelerometer

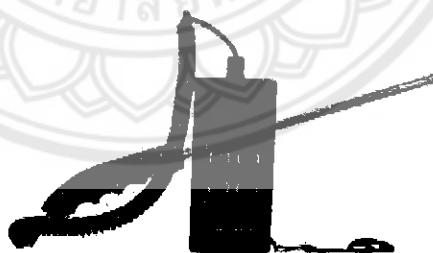
อุปกรณ์วัดความเร่ง (รูปที่ 2.6) คือเครื่องมือที่ใช้วัดความเร่งที่เกิดจากการสั่นของวัตถุ เครื่องวัดความเร่งนี้ มีการนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางในการวัดการสั่น รวมถึงการวัดค่าแผ่นดินไหวด้วย เมื่อเราใช้เครื่องวัดความเร่งนี้วัดและบันทึกค่าความเร่งที่เกิดขึ้นได้แล้วเราสามารถหาค่าความเร็วและการวัดได้



รูปที่ 2.6 เครื่อง accelerometer (www.acu-vib.com.au)

3) Velometer

Velometer (ดังรูปที่ 2.7) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความเร็วของวัตถุที่เกิดการสั่น



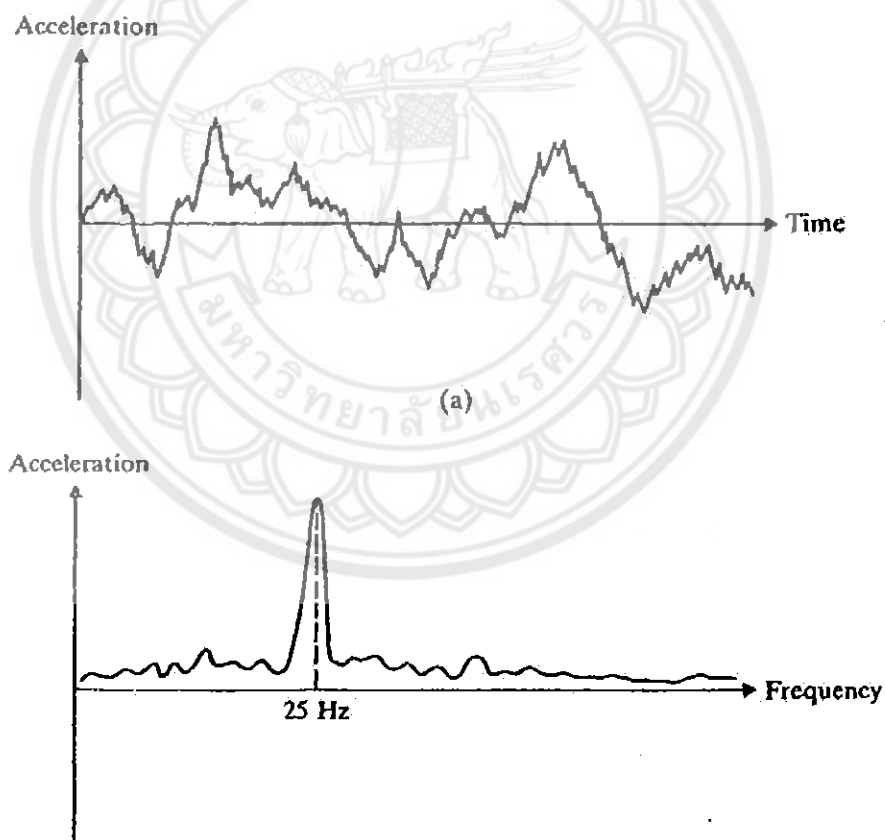
รูปที่ 2.7 เครื่อง velometer (www.nyle.com)

2.5 การวิเคราะห์สัญญาณ

การวิเคราะห์สัญญาณ หมายถึง วิธีการที่เราตีความหมายของสัญญาณที่เราวัดว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง และส่วนใดในสัญญาณที่วัดได้นั้นถือว่ามีความสำคัญต่อการสั่น เราทราบอยู่แล้วว่าในการสั่นนั้น ความถี่และขนาดของการสั่นจะมีความสำคัญมากกว่ารูปแบบ หรือลักษณะการสั่นที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นเมื่อเราวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา หรือเรานิยมเรียกว่าสัญญาณ

ที่อยู่ในโดเมนของเวลา (Time domain) ซึ่งเป็นสัญญาณที่เราตรวจจับได้ในการวัดทั่วๆ ไปเพราะเป็นการวัดค่าที่เวลาต่างๆ และเพื่อให้เราสามารถที่จะตีความหมายที่เป็นประโยชน์ของสัญญาณได้เราจำเป็นต้องนำสัญญาณนั้นมาแปลความหมายให้เป็นการเปลี่ยนแปลงของขนาดของสัญญาณตามความถี่ต่างๆ หรือกล่าวสั้นๆ ก็คือเปลี่ยนสัญญาณให้มาอยู่ในโดเมนความถี่ (Frequency domain) นั่นเอง

ตัวอย่างของความสำคัญที่ต้องมีการเปลี่ยน โดเมนของสัญญาณก็เช่น หากเราใช้เครื่องมือวัดความเร่งเพื่อวัดความเร่งของเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง สิ่งที่เราจะได้จะออกมาในลักษณะของความเร่งในโดเมนเวลา ซึ่งสมมติว่ามีลักษณะเป็นรูปคลื่นดังที่แสดงในรูปที่ 2.8(a) จากรูปเราจะทราบว่าความเร่งเนื่องจากการสั่นของเครื่องจักรนี้ เมื่อเวลาหนึ่งๆ มีค่าเป็นเท่าใดและความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าใด อย่างไรก็ตาม ถ้าหากว่าส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรทำงานที่ความถี่ต่างๆ กัน ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่มีการใช้เฟืองทดรอบเพื่อให้ส่วนต่างๆ ทำงานที่รอบต่างๆ กันตามที่เรากำลังต้องการ ดังนั้นเราอาจไม่ได้ข้อมูลว่าชิ้นส่วนใดเกิดการสั่นมากที่สุด เพราะการสั่นที่วัดได้เป็นการวัดความเร่งรวมจากการสั่นที่เกิดขึ้นทั้งหมด



(b)

รูปที่ 2.8 สัญญาณในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ (กนดรร, 2545)

อย่างไรก็ตามหากเราเปลี่ยนสัญญาณในโดเมนเวลานี้ให้มาอยู่ในโดเมนความถี่ ซึ่งจะทำให้เราได้กราฟที่แสดงในรูป 2.8(b) ในรูปนี้ เราได้ขนาดของความเร่งที่มีความถี่ต่างๆ และจากในรูปเราพบว่า

ชิ้นส่วนที่สั่นด้วยความถี่ 25 Hz จะทำให้เกิดความเร่งสูงสุด ดังนั้นหากเราตรวจสอบว่าในเครื่องจักรของเรามีชิ้นส่วนใดที่ทำหน้าที่ความถี่ 25 Hz เราก็จะได้ชิ้นส่วนนั้นเป็นชิ้นที่ทำให้เกิดการสั่นมากที่สุดนั่นเอง การทำเช่นนี้จะทำให้เราทราบข้อมูลที่มีประโยชน์ในการแก้ไขหรือปรับปรุงการทำงานของชิ้นส่วนนั้นได้ดียิ่งขึ้น

เมื่อคอมพิวเตอร์และระบบดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในวงการวิศวกรรมในปัจจุบันนี้ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณในโดเมนเวลาให้มาอยู่ในโดเมนความถี่สามารถทำได้แบบใช้เวลจริง (Real time) ไม่ว่าจะเป็นการใช้ การเปลี่ยนรูปฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform, FFT) หรือการใช้ตัวกรองสัญญาณดิจิทัล (Digital filtering) ซึ่งการพิจารณาการทำงานของเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่นั้น การพิจารณาได้ในเวลาจริงนี้มีประโยชน์ในการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างใกล้ชิด ทำให้เราสามารถทราบความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

สำหรับตัวกรองสัญญาณดิจิทัล และ FFT จะมีประสิทธิภาพในการทำงานที่แตกต่างกัน โดยความกว้างของสัญญาณ (Bandwidth) จะเป็นตัวกำหนด ดังนั้นในเบื้องต้นนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานของการวิเคราะห์สัญญาณ ดังนี้

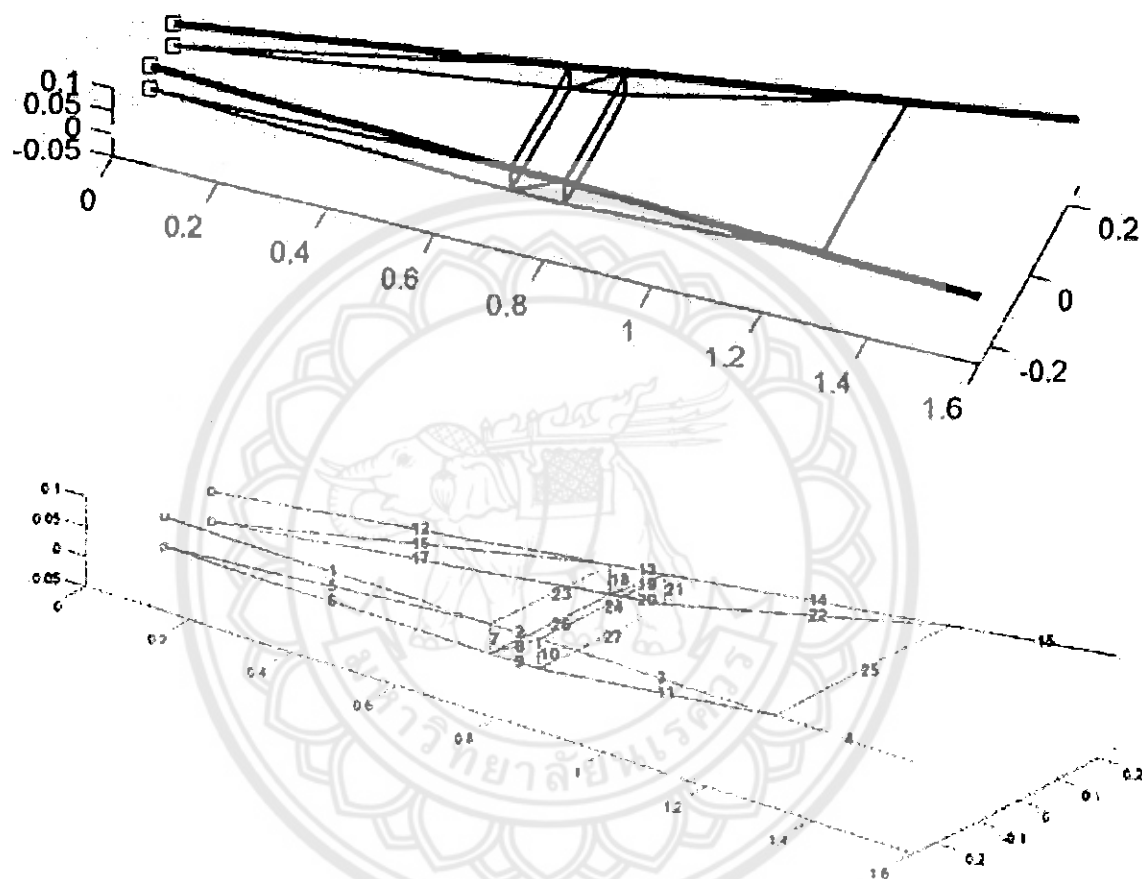
- 1) Bandpass filter เป็นวงจรไฟฟ้าที่ยอมให้สัญญาณในช่วงความถี่หนึ่งเท่านั้นที่สามารถผ่านออกไปได้ โดยจะคัดสัญญาณที่มีความถี่มากกว่าและน้อยกว่าช่วงที่กำหนดออกไป วงจรไฟฟ้านี้สามารถสร้างโดยใช้ ความต้านทาน Inductor และตัวเก็บประจุ
- 2) Lowpass filter เป็นวงจรไฟฟ้าที่ยอมให้สัญญาณความถี่ต่ำกว่าที่กำหนดผ่านได้
- 3) Highpass filter เป็นวงจรไฟฟ้าที่ยอมให้สัญญาณความถี่สูงกว่าที่กำหนดผ่านได้

2.6 การศึกษาและการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม

Sookkumnerd (2000) ศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามโดยการวิเคราะห์ Spectrum ของการสั่นสะเทือนพบว่า การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามมาจาก 2 แหล่งที่สำคัญคือ เครื่องยนต์ซึ่งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูง และล้อเหล็กของรถไถเดินตามที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำ ในงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผลของการใช้ตัวรองรับการสั่นสะเทือน (Vibration Isolater) ต่อขนาดของการสั่นสะเทือนโดยใช้ยางธรรมชาติเป็นตัวรองรับการสั่นสะเทือน ติดตั้งระหว่างเครื่องยนต์และโครงของรถไถเดินตาม พบว่าคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นของตัวรองรับการสั่นสะเทือนมีผลต่อขนาดของการสั่นสะเทือนและการใช้ตัวรองรับการสั่นสะเทือนที่มีคุณสมบัติทางความยืดหยุ่นที่เหมาะสมสามารถลดขนาดของการสั่นสะเทือนในช่วงความถี่สูงลงได้

Kanyakam และ Bureerat (2007) ได้ทำการศึกษาและทดลอง เพื่อหาวิธีลดการสั่นสะเทือนของโครงสร้างชุดมือจับของรถไถเดินตาม โดยใช้ชุดคำสั่งของ PBIL ที่ออกแบบการสั่นสะเทือนและ

โครงสร้างชุดมือจับ และออกแบบฟังก์ชันการประมาณค่าที่ส่งออกไปโดยใช้โปรแกรม Finite element analysis ซึ่งประสิทธิภาพการควบคุมการสั่นสะเทือนของชุดมือจับ ได้ผลดีโดยการนำเสนอแบบ multiobjective PBIL แต่ไม่ได้ทดสอบจริงกับรถไถเดินตามเป็นเพียงการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เท่านั้น (รูปที่ 2.9)

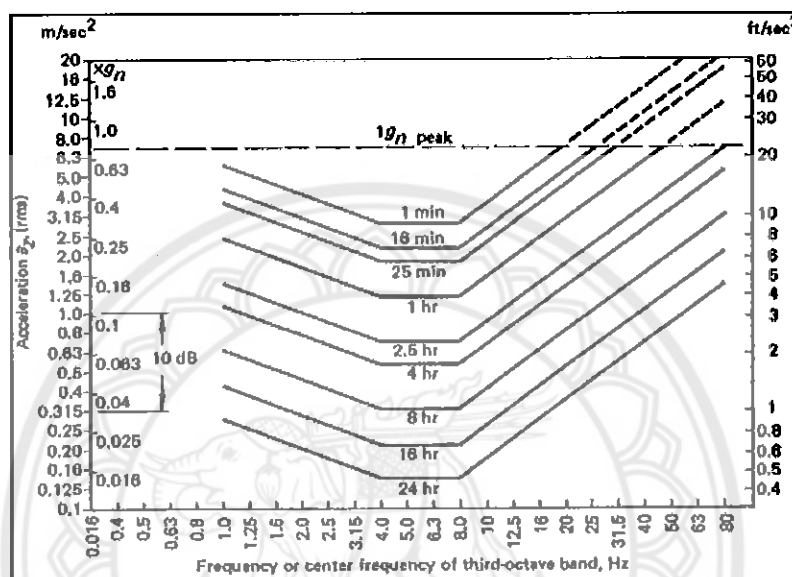


รูปที่ 2.9 รูปชุดมือจับจากโปรแกรม Finite element analysis (Kanyakam และ Bureerat, 2007)

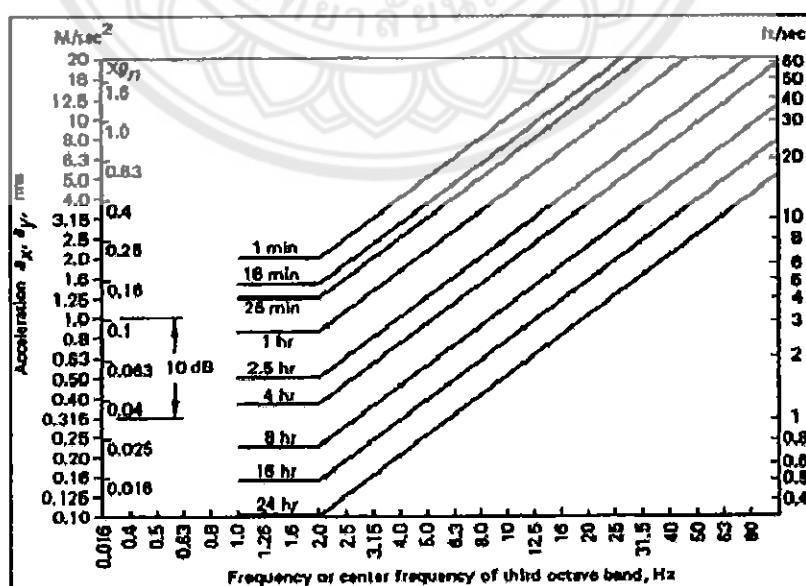
2.7 ขีดจำกัดความเมื่อยล้า (Fatigue-decreased proficiency)

ขีดจำกัดความเมื่อยล้า (fdp) คือขีดความสามารถของมนุษย์ในการทนทานต่อการสั่นสะเทือนที่ได้รับซึ่งจะขึ้นอยู่กับความถี่และขนาดของการสั่นสะเทือน

สำหรับมนุษย์ การตอบสนองอย่างรุนแรงในแนวดิ่ง (a_z) จะอยู่ในช่วงความถี่ 4-8 Hz และแนวระดับ (a_x และ a_y) ต่ำกว่า 2 Hz (ISO 2631/1, 1985)



รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวดิ่ง (a_z) กับความถี่ที่มีผลต่อชั่วโมงในการทำงานของมนุษย์ (ISO 2631/1, 1985)



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวระดับ (a_x และ a_y) กับความถี่ที่มีผลต่อชั่วโมงในการทำงานของมนุษย์ (ISO 2631/1, 1985)

2.8 แนวทางในการลดการสิ้นสะท้อน

จากการศึกษาการออกแบบโครงสร้างของชุดมือจับใหม่เพื่อลดการสิ้นสะท้อน (Kanyakam และ Bureerat, 2007) ซึ่งจะเหมาะสมกับเกษตรกรที่ต้องการซื้อ โครงสร้างของชุดมือจับใหม่ แต่เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีรถอยู่แล้ว จากปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดเพื่อหาแนวทางที่จะสามารถลดการสิ้นสะท้อนได้และมีราคาถูกมาใช้ จึงได้ทำการศึกษาลดการสิ้นสะท้อนโดยการติดตั้งแผ่นยางระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ ที่อาจจะสามารถลดการสิ้นสะท้อนที่จะถูกส่งผ่าน โดยตรงจากเครื่องยนต์ ล้อรถ ห้องเฟืองชุดมือจับและคันบังคับได้



รูปที่ 2.12 แสดงจุดที่จะทำการติดตั้งแผ่นยางรองระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับและคันบังคับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

วิธีการดำเนินโครงการประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ การวัดค่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่ยังไม่ได้ปรับปรุง และหลังปรับปรุงด้วยการใช้แผ่นยางรองขนาดความหนา 10 และ 20 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองระหว่างบริเวณห้องเฟืองกับชุดมือจับ และการวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนโดยใช้โปรแกรม DIAdem 10.2 รายละเอียดของวิธีการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

3.1 การวัดค่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม

วัตถุประสงค์

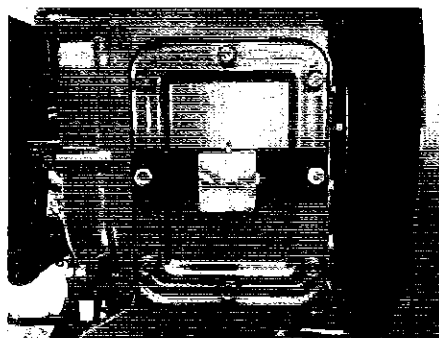
- 1) เพื่อวัดค่าความสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่ตั้งตำแหน่งด้านหน้าเครื่องยนต์ บนห้องเฟือง และชุดมือจับ
- 2) เพื่อวิเคราะห์หาแหล่งกำเนิดของการสั่นสะเทือน

อุปกรณ์ที่ใช้

- 1) รถไถเดินตาม Kubota โครงรถรุ่น NC131 Standard เครื่องยนต์ RT120
- 2) อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Accelerometer)
- 3) เครื่องวัดความเร็วรอบ
- 4) นาฬิกาจับเวลา
- 5) เครื่องวิเคราะห์แรงและการสั่นสะเทือน SCXI
- 6) โปรแกรม DIAdem 10.2
- 7) คอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนมาติดตั้งบริเวณที่หน้าเครื่องยนต์ (รูปที่ 3.1) ห้องเฟือง (รูปที่ 3.2) และ ชุดมือจับของรถไถเดินตาม (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่หน้าห้องเครื่องยนต์



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่ห้องเฟือง



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งที่มือจับ

2) ตั้งความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 2000 รอบต่อนาที

3) ทำการวัดการสั่นสะเทือนในขณะที่รถหยุดนิ่งเป็นเวลา 20 วินาที

- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| โดยวัดการสั่นสะเทือนใน 3 แนวแกน | - ตามแนวยาวของรถ (x) |
| | - ตามแนวขวางของรถ (y) |
| | - ตามแนวตั้งของรถ (z) |
| ตำแหน่งที่ทำการวัด | - ด้านหน้าเครื่องยนต์ |
| | - บนห้องเฟือง |
| | - มือจับ |

โดยทำการวัดที่ละตำแหน่งและทีละแนวแกนและทำการทดลอง 3 ซ้ำ

- 4) ทำการทดลองเหมือนข้อ 3 แต่ให้รถเคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 1 วิ่งบนดินแห้งระยะทาง 20 เมตร
- 5) จับเวลาและบันทึกผลการสั่นสะเทือน

3.2 การทดลองหาค่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามหลังปรับปรุง

วัตถุประสงค์

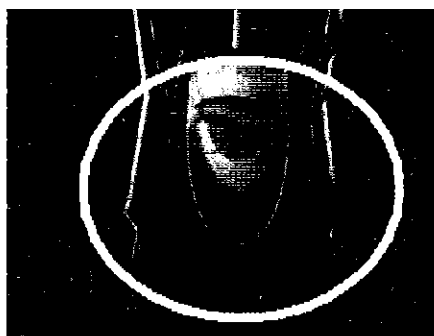
- 1) เพื่อหาค่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามหลังจากติดแผ่นยางรอง

อุปกรณ์ที่ใช้

- 1) รถไถเดินตาม Kubota โครมรถรุ่น NC131 Standard-เครื่องยนต์ RT120
- 2) อุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน (Accelerometer)
- 3) เครื่องวัดความเร็วรอบ
- 4) แผ่นยางรอง ความหนาขนาด 10 mm.(ค่าความแข็งชอร์ $A = 66.1$) และ 20 mm.(ค่าความแข็งชอร์ $A = 64.5$)
- 5) นาฬิกาจับเวลา
- 6) เครื่องวิเคราะห์แรงและการสั่นสะเทือน SCXI
- 7) โปรแกรม DIAdem 10.2
- 8) คอมพิวเตอร์
- 9) คานเหล็ก

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนมาติดตั้งบริเวณที่หน้าเครื่องยนต์ (รูปที่ 3.1) ห้องเฟือง (รูปที่ 3.2) และ ชุดมือจับของรถไถเดินตาม (รูปที่ 3.3) และใช้เจลที่หน้าผิวสัมผัสระหว่างตัวอุปกรณ์วัดความเร่งกับตัวยึด และใช้ประแจไขตัวอุปกรณ์วัดความเร่งกับตัวยึดให้แน่น
- 2) นำแผ่นยางรอง ความหนาขนาด 10 mm.มาติดระหว่างห้องเกียร์กับชุดมือจับ (รูปที่ 3.4)



ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่น
ยางขนาด 10 mm.

รูปที่ 3.4 ติดแผ่นยางรอง หนา 10 mm. ระหว่างห้องเกียร์กับชุดมือจับ

3) ทำการเปลี่ยนคานเหล็กบริเวณชุดมือจับ ยาว 48 เซนติเมตร เมื่อใส่แผ่นรองยางหนา 10 มิลลิเมตร(รูปที่ 3.5)



คานเหล็กที่นำมาเปลี่ยนเมื่อ
ทำการติดตั้งแผ่นยาง

รูปที่ 3.5 เปลี่ยนคานเหล็กเพื่อให้ระยะมือจับเหมาะสมหลังใส่แผ่นยางรอง

4) ตั้งความเร็วรอบของเครื่องชนิดที่ 2000 รอบต่อนาที

5) ทำการวัดการสั่นสะเทือนในขณะที่รถหยุดนิ่ง

โดยวัดการสั่นสะเทือนใน 3 แนวแกน

- ตามแนวยาวของรถ (x)
- ตามแนวขวางของรถ (y)
- ตามแนวดิ่งของรถ (z)

ตำแหน่งที่ทำการวัด

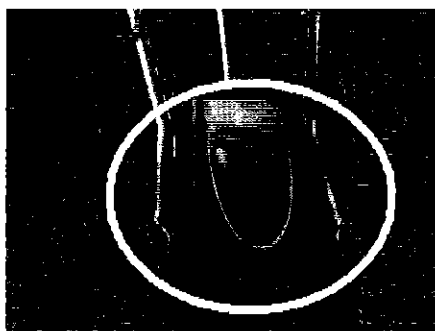
- ด้านหน้าเครื่องยนต์
- บนห้องเฟือง
- มือจับ

โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

6) ทำการทดลองเหมือนข้อ 4 แต่ให้รถเคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 1 วิ่งบนดินแห้งระยะทาง 20 เมตร

7) จับเวลาและบันทึกผลการสั่นสะเทือน

8) ทำการเปลี่ยนแผ่นยางรอง ความหนาขนาด 20 mm. (รูปที่ 3.6) และเปลี่ยนคานเหล็กบริเวณชุดมือจับยาว 50 เซนติเมตร แล้วทำการทดลองตามข้อ 4 ถึงข้อ 7



ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่น
ยางขนาด 20 mm.

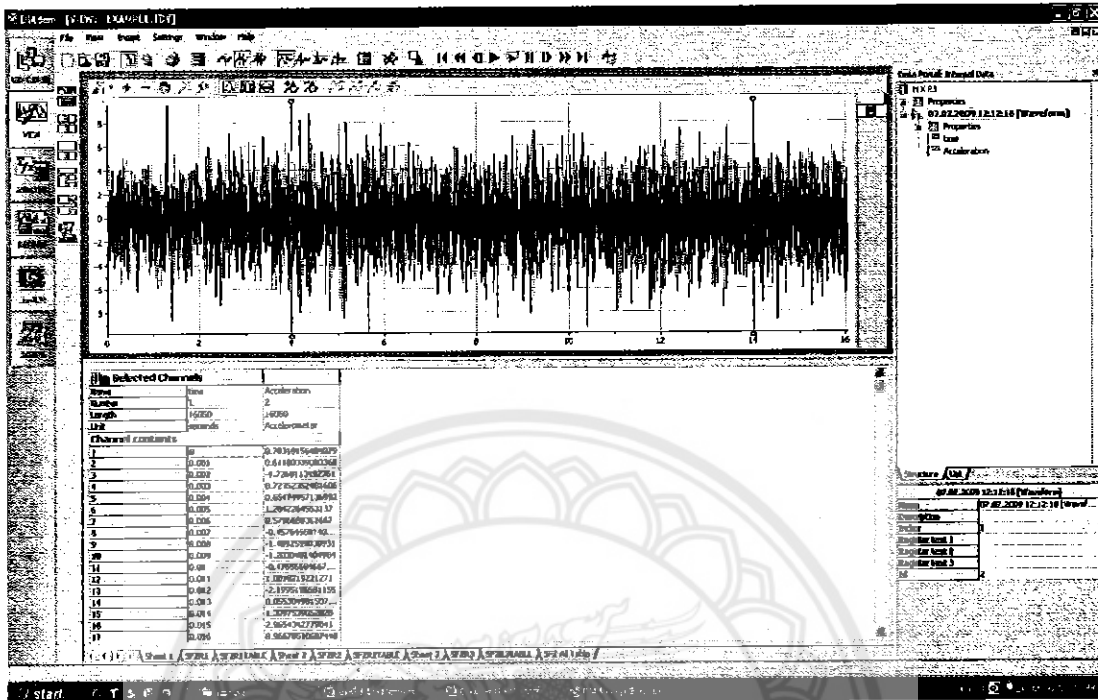
รูปที่ 3.6 ติดแผ่นยางรอง หนา 20 mm. ระหว่างห้องเกียร์กับชุดมือจับ

15067480 e2

ร.ร.
ด.ร.ร.
ร.ร.ร.

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม DIAdem 10.2

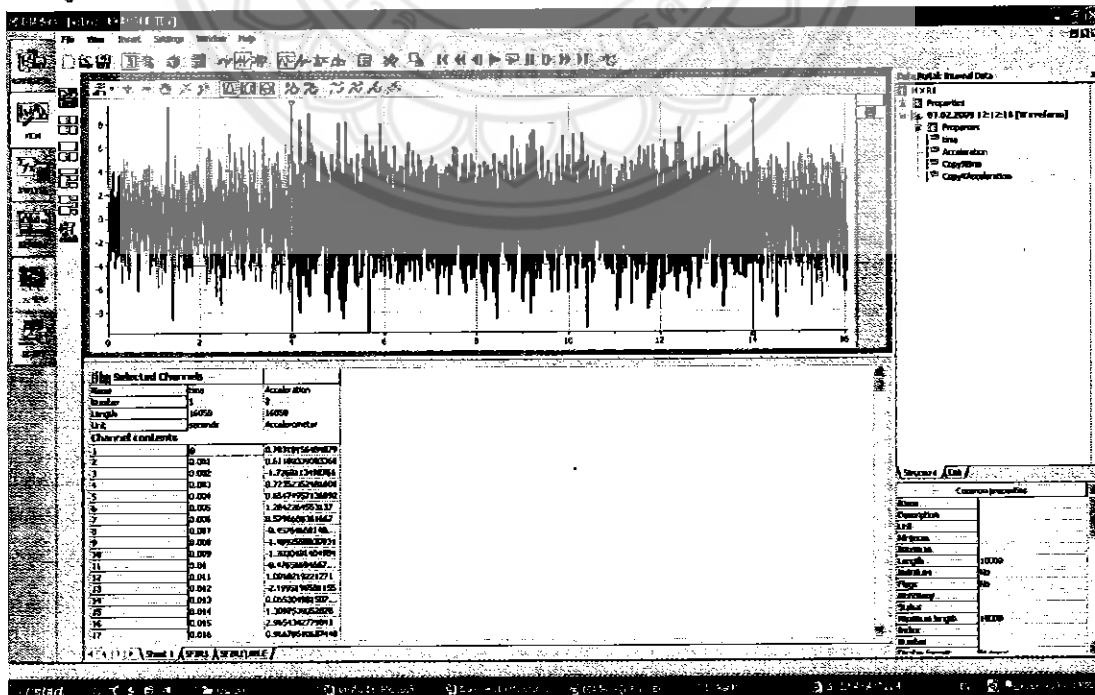
1) นำผลการทดลองที่บันทึกได้นำมาเปิดในโปรแกรม DIAdem 10.2 (รูปที่ 3.7)



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของข้อมูลที่นำมาเปิดโดยใช้โปรแกรม DIAdem

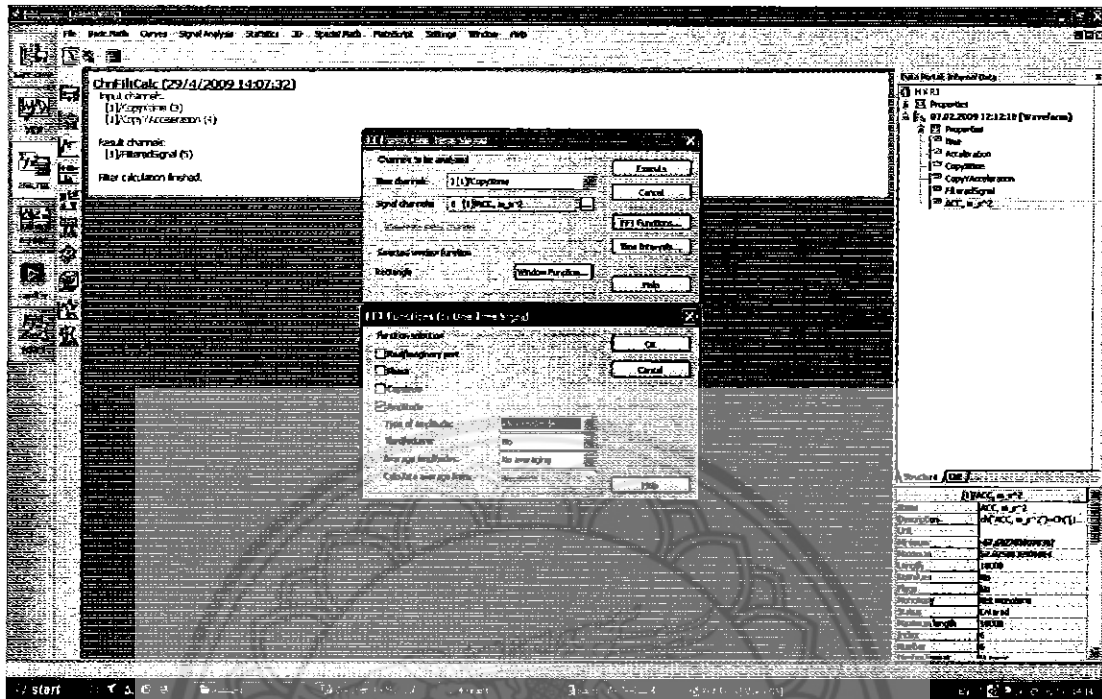
2) เลือกช่วงข้อมูลในช่วง 10 วินาทีโดยการคลิกคำสั่ง set flag จากนั้นกด copy data point

(รูปที่ 3.8)



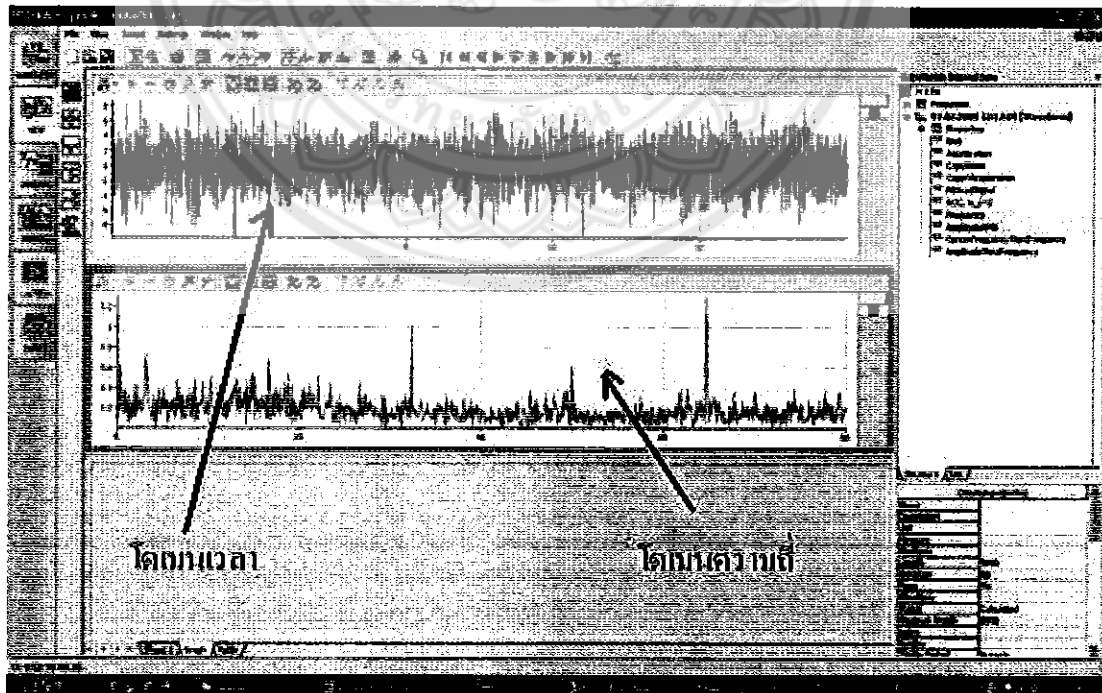
รูปที่ 3.8 แสดงช่วงข้อมูลที่ได้เลือกไว้

5) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลให้อยู่ในรูปของโดเมนความถี่โดยใช้ฟังก์ชัน FFT และเลือกใช้ Amplitude RMS โดยใช้คำสั่ง Analyze แล้วเลือกคำสั่ง Signal Analysis และเลือก FFT One Time Signal (รูปที่ 3.11)



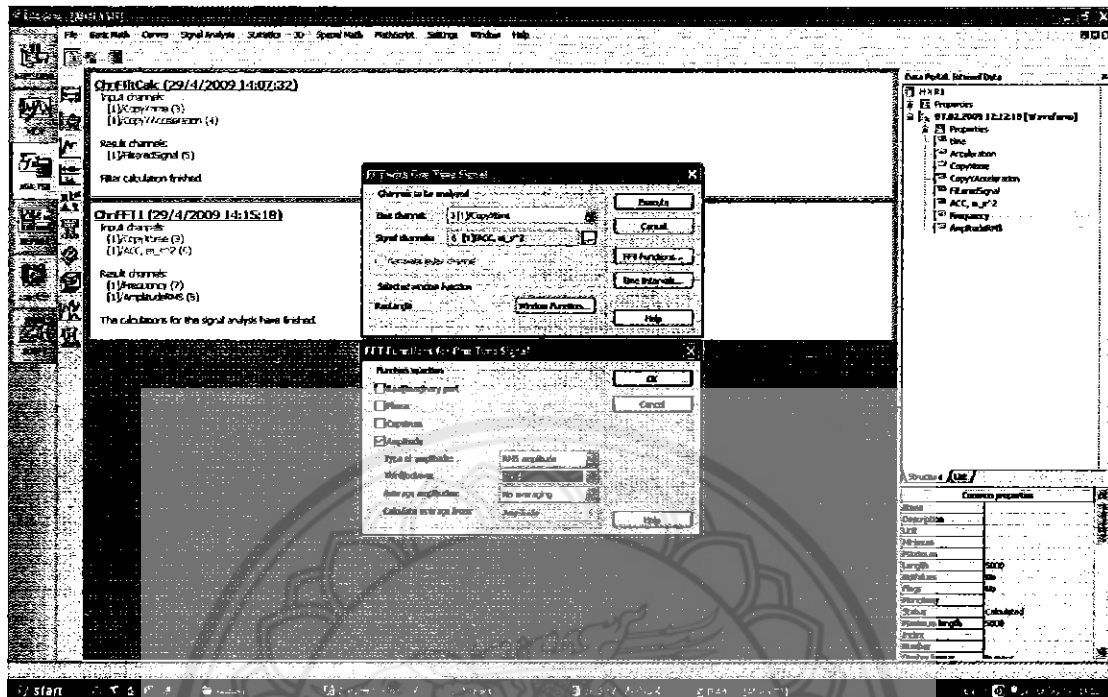
รูปที่ 3.11 แสดงถึงการเลือกแสดงผลของข้อมูลให้อยู่ในรูปของ FFT

6) จะได้ค่าความถี่ (Frequency) และ Amplitude RMS เพิ่มขึ้นมา (รูปที่ 3.12)



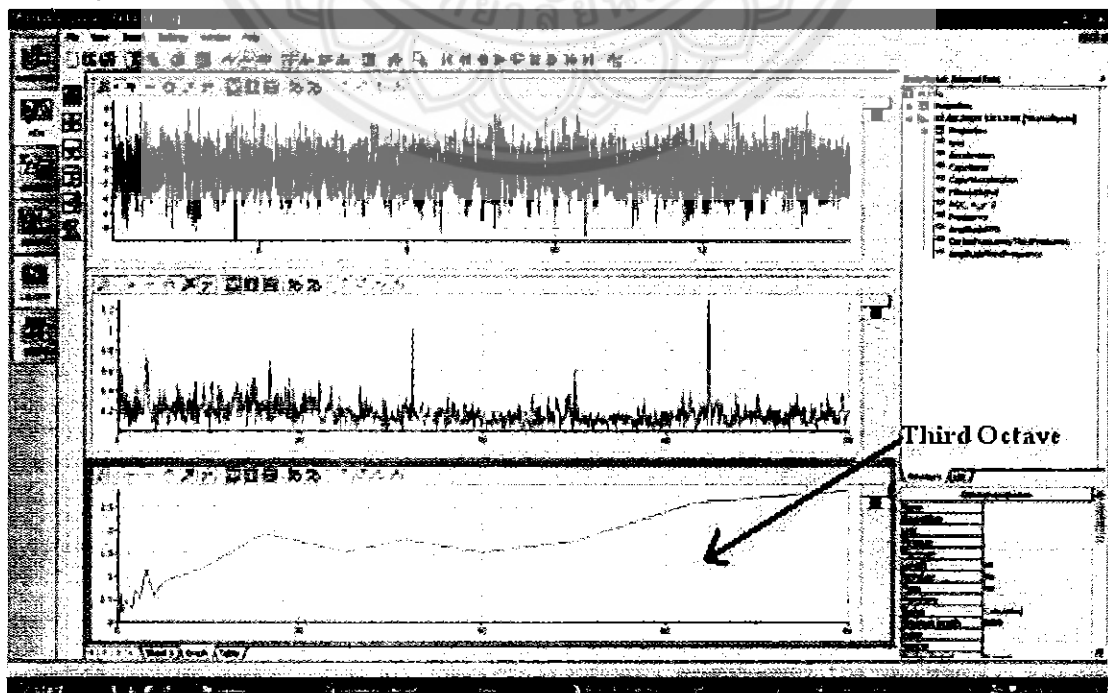
รูปที่ 3.12 แสดงถึงรูปกราฟที่ได้จาก FFT โดยกราฟแรกจะเป็นช่วงข้อมูลที่ได้เลือกไว้ใน ข้อ 2) และกราฟอันที่ 2 จะเป็นกราฟที่ได้จากการทำ FFT ในข้อ 5)

7) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลให้อยู่ในรูปของ FFT โดยใช้ Amplitude RMS และ third-octave โดยใช้คำสั่ง Analyze แล้วเลือกคำสั่ง Signal Analysis และเลือก FFT One Time Signal (รูปที่ 3.13)



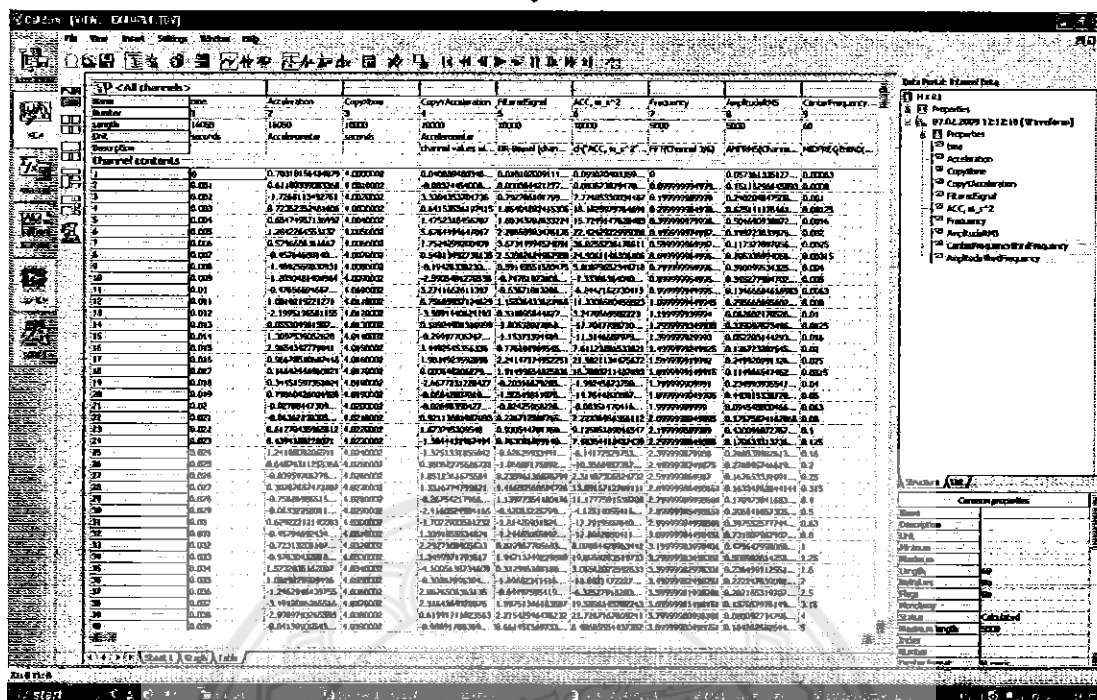
รูปที่ 3.13 แสดงถึงการเลือกแสดงผลของข้อมูลให้อยู่ในรูปของ FFT โดยได้เลือกให้แสดงผลให้อยู่ในรูปของ one-third octave band frequency

8) จะได้ค่า Center Frequency of one-third octave band และ Amplitude Third Frequency เพิ่มขึ้น (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.14 แสดงถึงรูปกราฟที่เพิ่มขึ้นมาหลังจากการทำ FFT ในรูปแบบของ Third Octave

9) ผลการทดลองและการวิเคราะห์ต่างๆ (รูปที่ 3.15)



รูปที่ 3.15 แสดงข้อมูลต่างๆออกมาในรูปแบบตาราง

10) นำค่า Weight factor ในช่วงความถี่ 1-80 Hz (ISO 2631/1, 1985) คูณกับค่า Amplitude Third Frequency ที่ได้จากการวิเคราะห์สัญญาณ และทำการวิเคราะห์ผลต่อไป

ตารางที่ 3.1 Weight factor (ISO 2631/1, 1985)

Frequency (Hz)	Weight factor X,Y	Weight factor Z
1.00	1.000	0.500
1.25	1.000	0.560
1.60	1.000	0.630
2.00	1.000	0.710
2.50	0.800	0.800
3.15	0.630	0.900
4.00	0.500	1.000
5.00	0.400	1.000

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

Frequency (Hz)	Weight factor X,Y	Weight factor Z
6.30	0.315	1.000
8.00	0.250	1.000
10.00	0.200	0.800
12.50	0.160	0.630
16.00	0.125	0.500
20.00	0.100	0.400
25.00	0.080	0.315
31.50	0.063	0.250
40.00	0.050	0.200
50.00	0.040	0.160
63.00	0.032	0.125
80.00	0.025	0.100

11) นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟ โดยแนวตั้งเป็นค่าความเร่ง (Acceleration rms, m/s^2) แกนเป็นแบบ Log scale แนวนอนเป็นค่า ความถี่ (Center frequency of one-third octave band, Hz) และวิเคราะห์หาขีดจำกัดความถี่

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้เป็นการแสดงถึงลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามในแกนต่างๆ และเปรียบเทียบระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

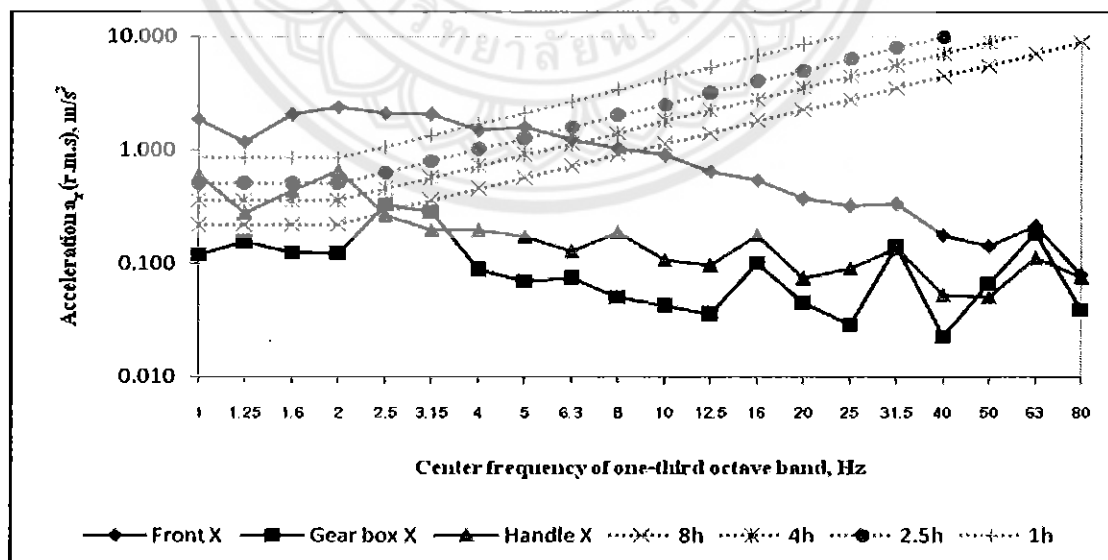
4.1 ลักษณะโดยทั่วไปในการทดลอง

การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่ทำการศึกษาจะใช้รถไถเดินตามรุ่น NC131 Standard เครื่องยนต์ RT120 (ขนาด 12 แรงม้า) โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 2000 รอบต่อนาที ทำการทดลองบนพื้นดินแห้ง ทั้งขณะที่รถหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ ซึ่งในการเคลื่อนที่ จะทำการทดลองบนระยะทาง 20 เมตร ที่มีความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (เกียร์ 1)

4.2 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามก่อนการปรับปรุง

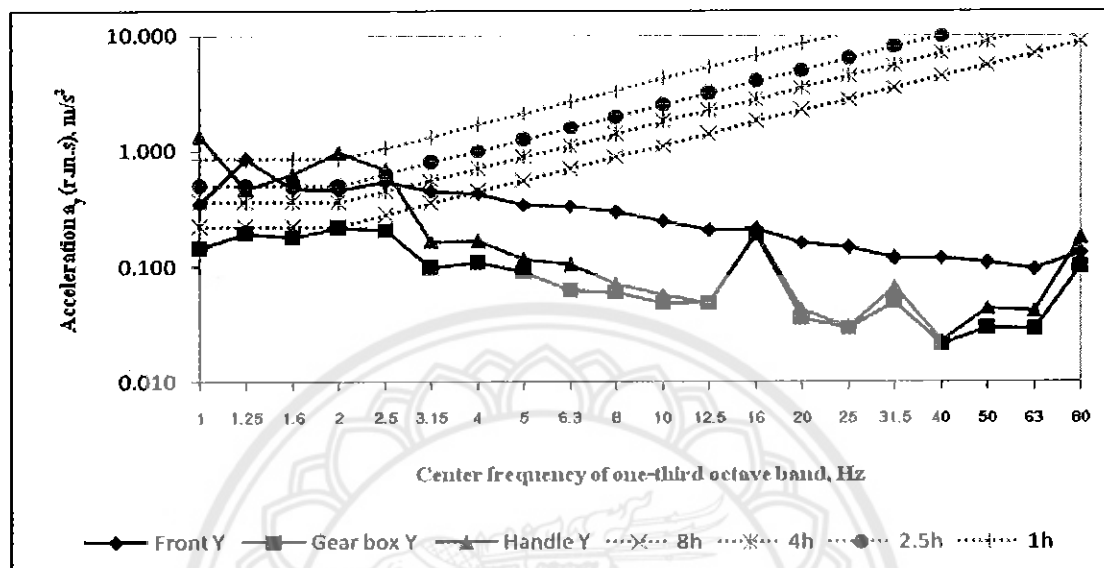
4.2.1 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่ง

ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่งที่ตำแหน่งเครื่องยนต์ ห้องเพื่อง และมือจับ ในแนวแกน x, y และ z แสดงในรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3 ตามลำดับ



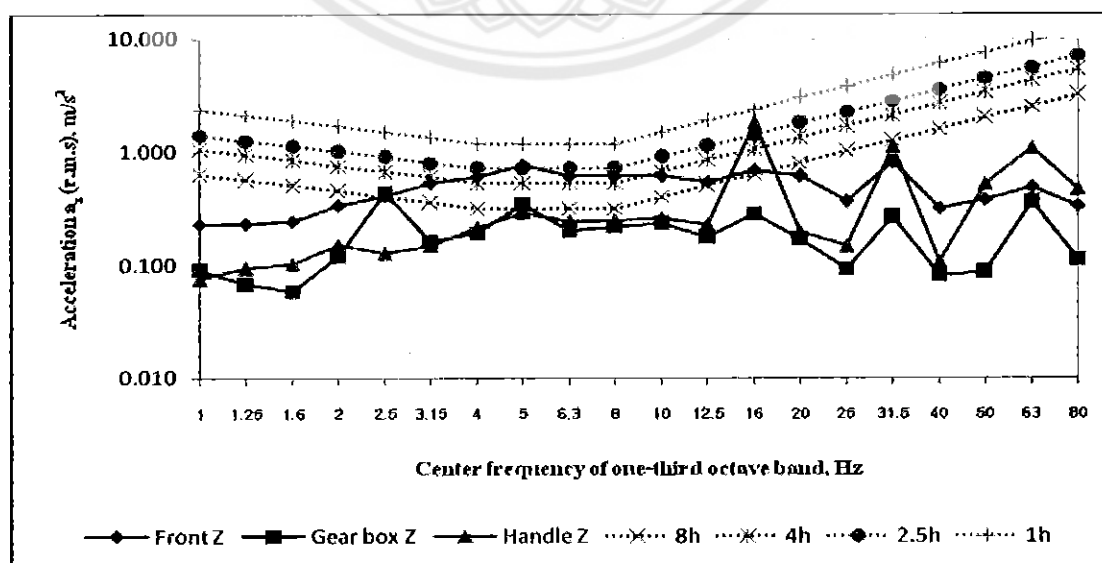
รูปที่ 4.1 ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน x ขณะรถไถเดินตามหยุดนิ่ง

จากรูปที่ 4.1 พบว่าลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน x ที่ตำแหน่งเครื่องยนต์จะมีการสั่นสะเทือนสูงกว่าที่ตำแหน่งห้องเฟืองและมือจับ ตามลำดับที่ทุกความถี่ และพบว่าสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมง ที่ความถี่ 2 Hz โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



รูปที่ 4.2 ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน y ขณะรถไถเดินตามหยุดนิ่ง

จากรูปที่ 4.2 พบว่าลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน y ที่ความถี่ต่ำกว่า 3.15 Hz การสั่นสะเทือนที่มือจับจะมากกว่าที่ตำแหน่งเครื่องยนต์และห้องเฟือง ตามลำดับ แต่ที่ความถี่สูงกว่า 3.15 Hz ที่ตำแหน่งของเครื่องยนต์จะเกิดการสั่นสะเทือนมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ และพบว่าสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมงที่ความถี่ 2 Hz โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



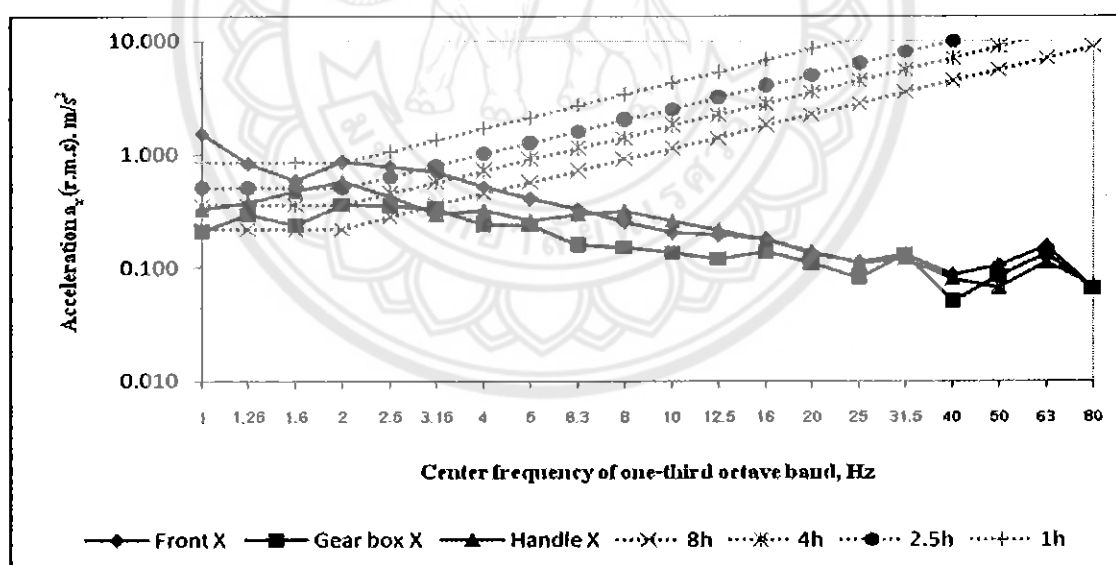
รูปที่ 4.3 ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน z ขณะรถไถเดินตามหยุดนิ่ง

จากรูปที่ 4.3 พบว่าลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน z พบว่าที่ตำแหน่งมือจับที่มีความถี่ 16, 31.5 และ 63 Hz มีการสั่นสะเทือนมากกว่าที่ตำแหน่งเครื่องยนต์ และห้องเฟือง และพบว่าสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมงที่ความถี่ 16 Hz โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า

จากรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3 พบว่าการสั่นสะเทือนในขณะที่รถไถเดินตามขณะหยุดนิ่งมีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากการทำงานของเครื่องยนต์ แล้วส่งผ่านไปยังตำแหน่งห้องเฟือง และชุดมือจับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่ 16 , 31.5 และ 63 Hz ซึ่งตรงกับความถี่ของการเคลื่อนที่ของลูกสูบคือ 2000 รอบต่อนาที โดยทั่วไปแล้วรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่งจะปล่อยให้ทำงานแบบอิสระโดยไม่มีคนไปทำงานด้วย แต่ถ้ามีคนจับมือจับรถไถเดินตามด้วยจะสามารถทำงานได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า

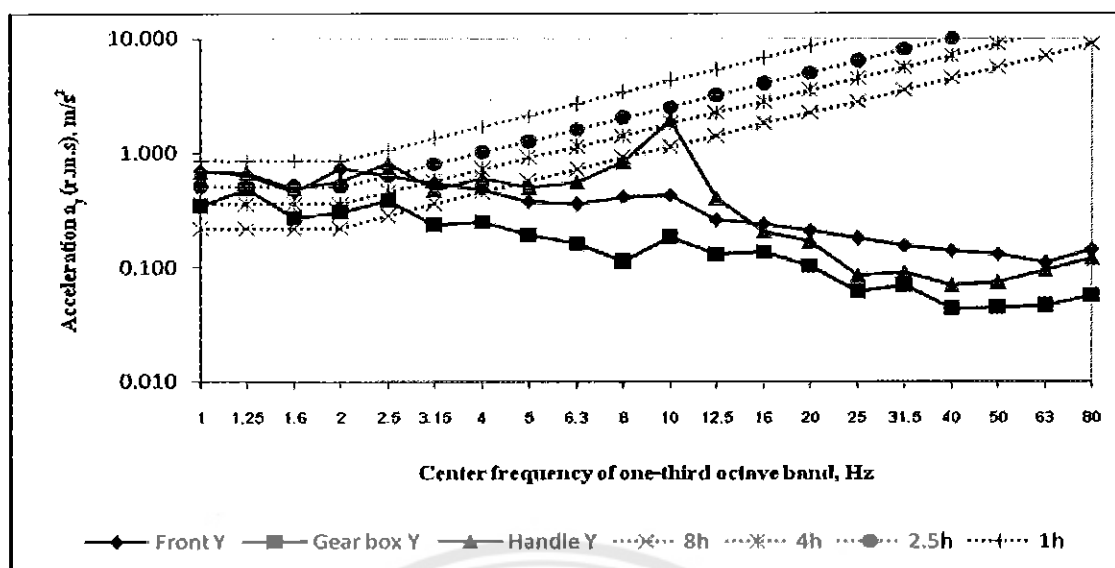
4.2.2 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะเคลื่อนที่

ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง เครื่องยนต์ ห้องเฟือง และมือจับ ในแนวแกน x, y และ z แสดงในรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.6 ตามลำดับ



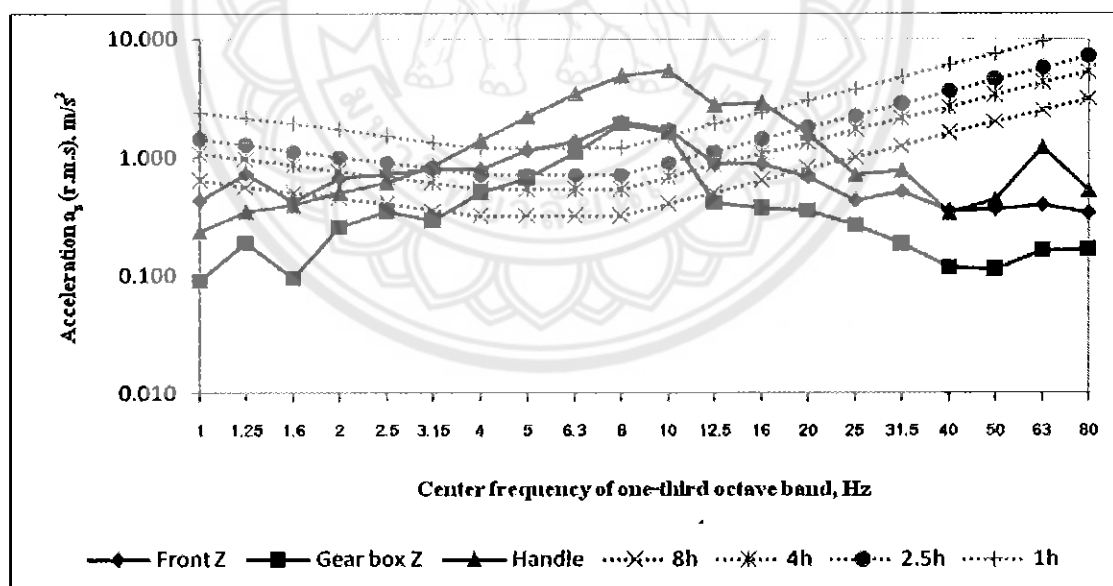
รูปที่ 4.4 ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน x ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km/h

จากรูปที่ 4.4 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน x พบว่าที่ตำแหน่งเครื่องยนต์ ห้องเฟือง และมือจับเกิดมาจากการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกสูบ และพบว่าสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมงที่ความถี่ 2 Hz โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



รูปที่ 4.5 ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน y ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km/h

จากรูปที่ 4.5 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน y พบว่าที่มือจับมีการสั่นสะเทือนสูงกว่าที่ตำแหน่งเครื่องยนต์ และห้องเฟืองที่ความถี่ 8 – 10 Hz ซึ่งเป็นผลมาจากความถี่ของล้อเหล็กที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



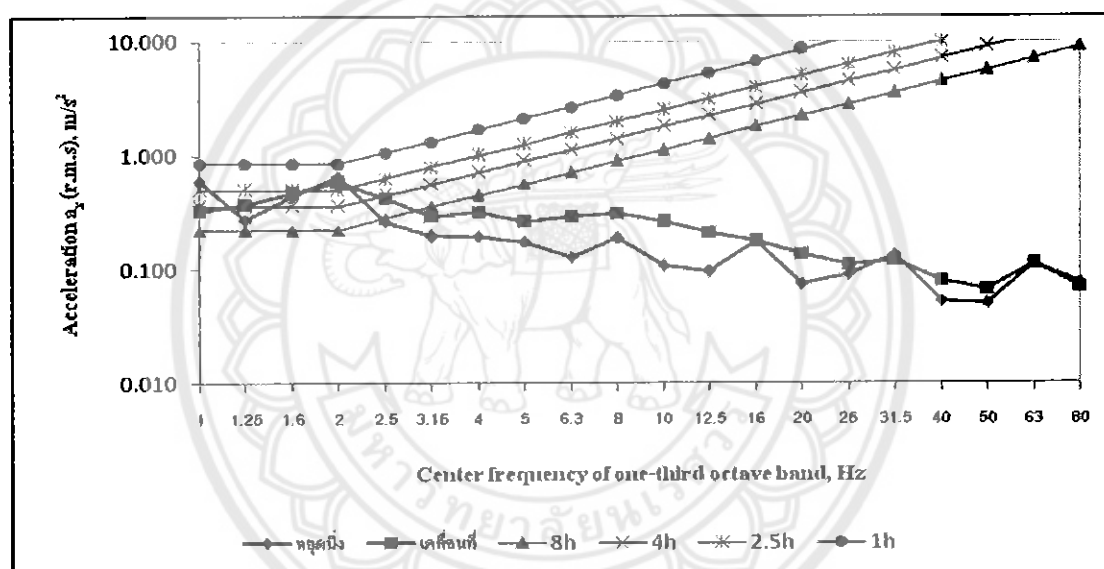
รูปที่ 4.6 ลักษณะการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งต่างๆในแกน z ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km/h

จากรูปที่ 4.6 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน z พบว่าที่ความถี่สูงกว่า 3.15 Hz ที่มือจับมีการสั่นสะเทือนสูงกว่าที่ตำแหน่งเครื่องยนต์ และห้องเฟืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่ 8 – 10 Hz และสามารถทำงานได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า

จากรูปที่ 4.4 ถึงรูปที่ 4.6 พบว่าการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะเคลื่อนที่พบว่ามีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้นมาจากรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่ 8 – 10 Hz ซึ่งตรงกับความถี่ของการเคลื่อนที่ของล้อเหล็กจำนวน 16 ซึ่งที่ความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นในการทำงานในขณะที่รถไถเดินตามมีการเคลื่อนที่ที่จะสามารถทำงานได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า

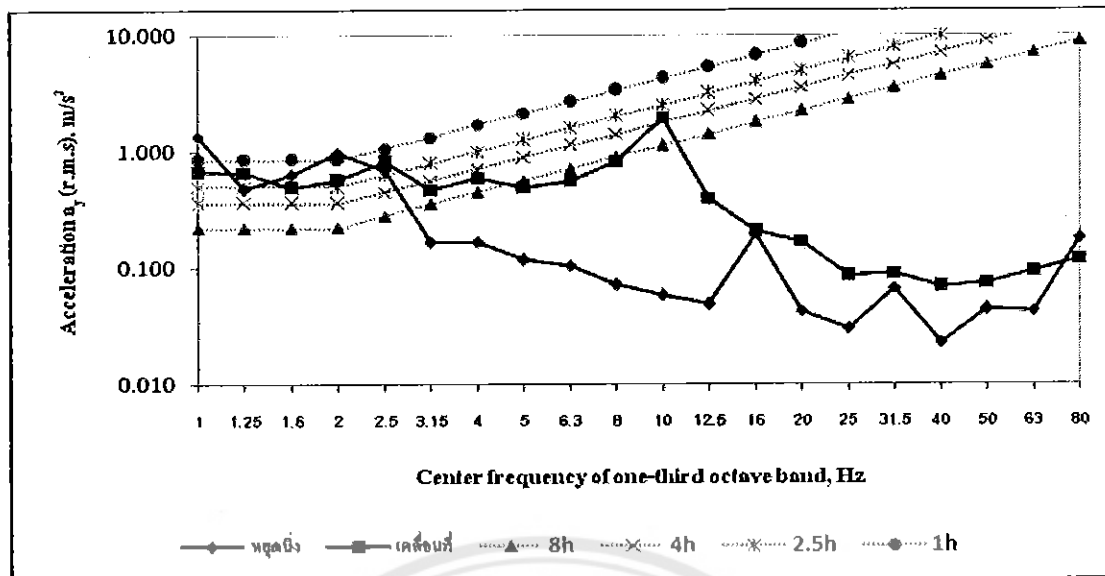
4.2.3 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามระหว่างหยุดนิ่งและเคลื่อนที่

ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามระหว่างหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งมือจับ ในแนวแกน x, y และ z แสดงในรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.9 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งมือจับในแนวแกน x

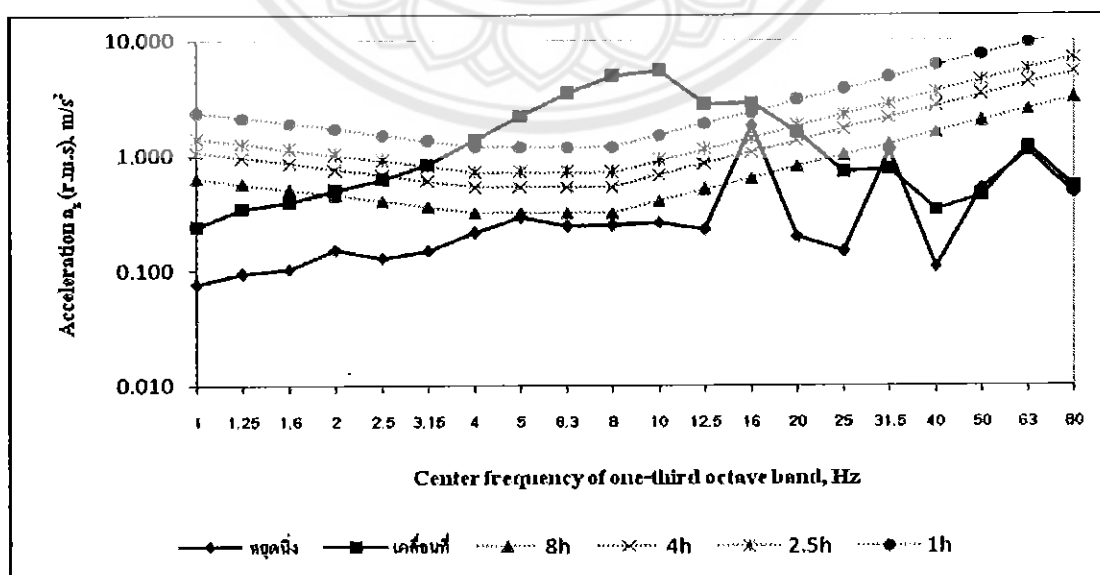
จากรูปที่ 4.7 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน x ที่มีมือจับของรถไถเดินตามขณะเคลื่อนที่มีค่าการสั่นสะเทือนสูงกว่าขณะหยุดนิ่งที่ทุกความถี่ และพบว่าค่าของความเร่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วขณะรถไถเดินตามหยุดนิ่งที่ความถี่ 16, 31.5 และ 63 Hz ซึ่งตรงกับความถี่ของการเคลื่อนที่ของลูกสูบที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที ดังนั้นแสดงให้เห็นว่ามีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากการทำงานของลูกสูบที่เครื่องยนต์ไปสู่ห้องเฟืองและส่งผ่านไปที่มีมือจับ



รูปที่ 4.8 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งมือจับใน

แนวแกน y

จากรูปที่ 4.8 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน y ที่มือจับของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่ง พบว่าที่ความถี่ 16, 31.5 และ 63 Hz ซึ่งตรงกับการทำงานของลูกสูบที่เครื่องยนต์ และขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่พบว่าความเร่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งตรงกับความถี่ของการเคลื่อนที่ของล้อเหล็กจำนวน 16 ซึ่งที่ความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นแสดงให้เห็นว่ามีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากการทำงานของลูกสูบที่เครื่องยนต์และจากล้อเหล็กขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ไปสู่ห้องเฟืองและส่งผ่านไปหามือจับ



รูปที่ 4.9 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งมือจับใน

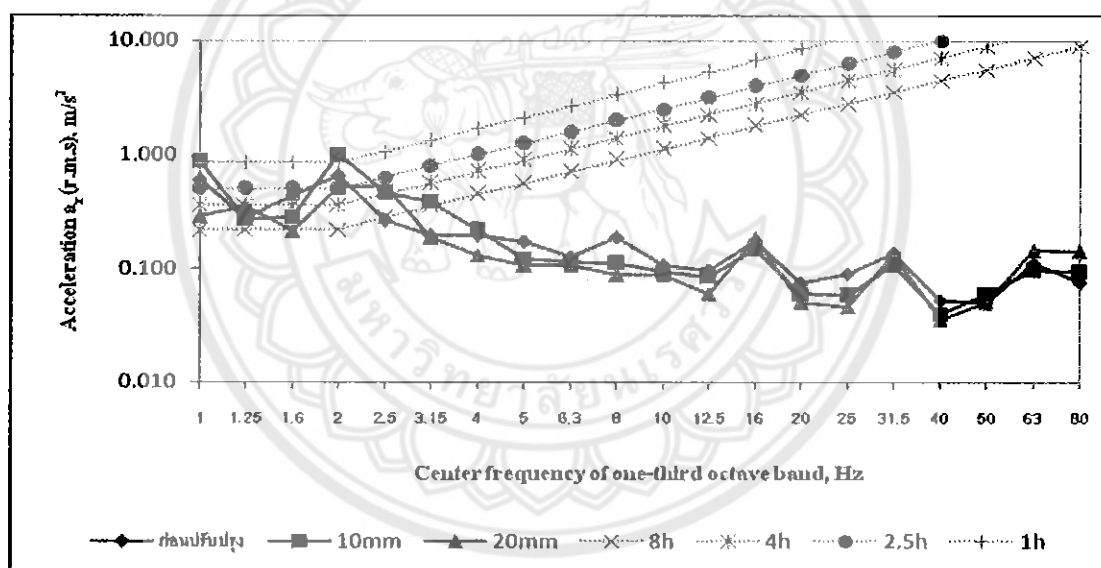
แนวแกน z

จากรูปที่ 4.9 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน z ที่มือจับของรถไถเดินตามขณะหยุดนิ่ง พบว่าที่ความถี่ 16, 31.5 และ 63 Hz ซึ่งตรงกับการทำงานของลูกสูบที่เครื่องยนต์ และขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่พบว่าที่ความถี่ 8-10 Hz มาจากการเคลื่อนที่ของล้อเหล็ก ดังนั้นแสดงให้เห็นว่ามีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากการทำงานของลูกสูบที่เครื่องยนต์และจากล้อเหล็กขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ไปสู่ห้องเพื่องและส่งผ่านไปสู่มือจับ

4.3 ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่มีมือจับหลังปรับปรุง

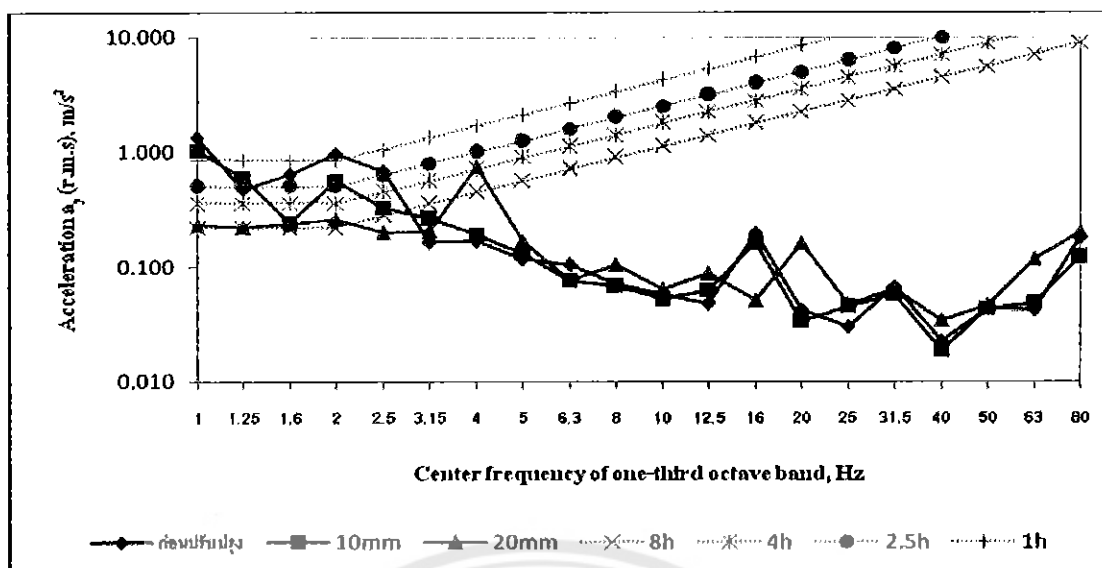
4.3.1 การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่มีมือจับขณะหยุดนิ่ง

ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่มีมือจับขณะหยุดนิ่งที่ตำแหน่ง เครื่องยนต์ ห้องเพื่อง และมือจับ ในแนวแกน x, y และ z แสดงในรูปที่ 4.10 ถึงรูปที่ 4.12 ตามลำดับ



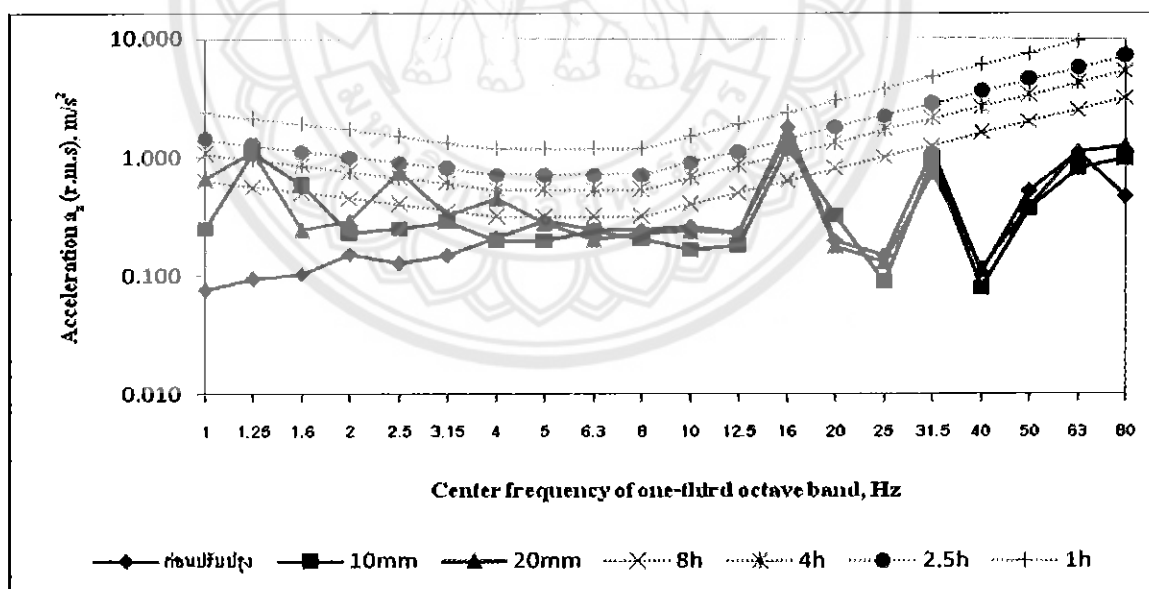
รูปที่ 4.10 ลักษณะการสั่นสะเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ
ในแกน x ในขณะรถไถเดินตามหยุดนิ่ง

จากรูปที่ 4.10 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน x พบว่าหลังปรับปรุง เมื่อทำการติดตั้งแผ่นยางหนานขนาด 20 มิลลิเมตรสามารถลดการสั่นสะเทือนลงได้ และสามารถทำงานได้ 2.5 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



รูปที่ 4.11 ลักษณะการสั่นสะเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ
ในแกน y ในขณะรถไถเดินตามหยุดนึ่ง

จากรูปที่ 4.11 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน y พบว่าเมื่อทำการติดตั้งแผ่นยางหนาขนาด 20 มิลลิเมตรสามารถลดการสั่นสะเทือนลงได้ และสามารถทำงานได้ 4 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



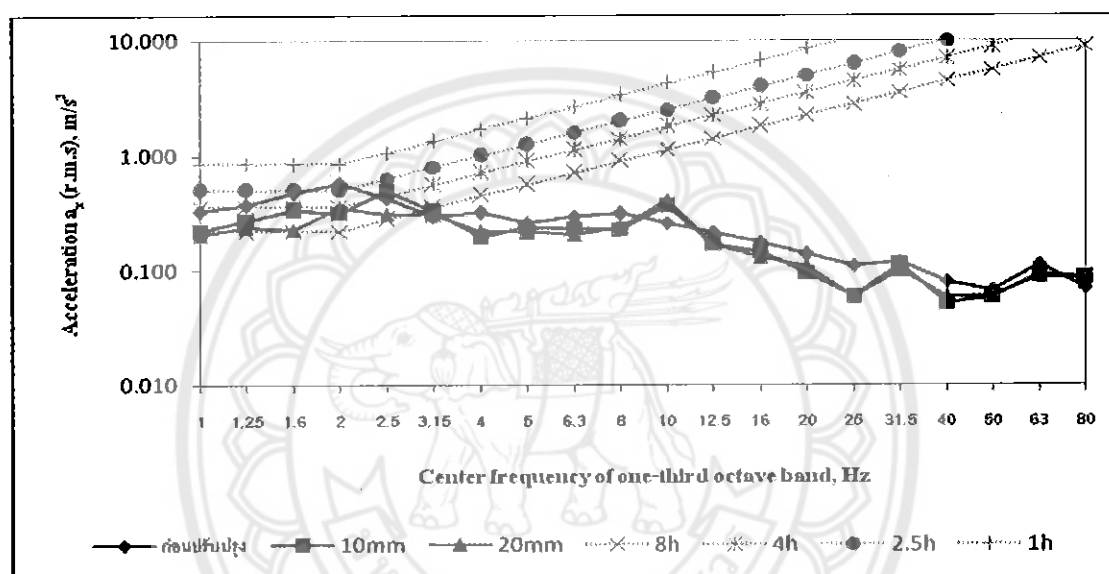
รูปที่ 4.12 ลักษณะการสั่นสะเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ
ในแกน z ในขณะรถไถเดินตามหยุดนึ่ง

จากรูปที่ 4.12 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน z พบว่าหลังทำการติดตั้งแผ่นยางทั้ง 2 ขนาดไม่สามารถลดการสั่นสะเทือนลงได้

จากรูปที่ 4.10 ถึงรูปที่ 4.12 พบว่าเมื่อทำการติดตั้งแผ่นยางสามารถลดการสั่นสะเทือนในแนวแกน x และ y ลงได้ แต่ในแนวแกน z ไม่สามารถลดการสั่นสะเทือนลงได้

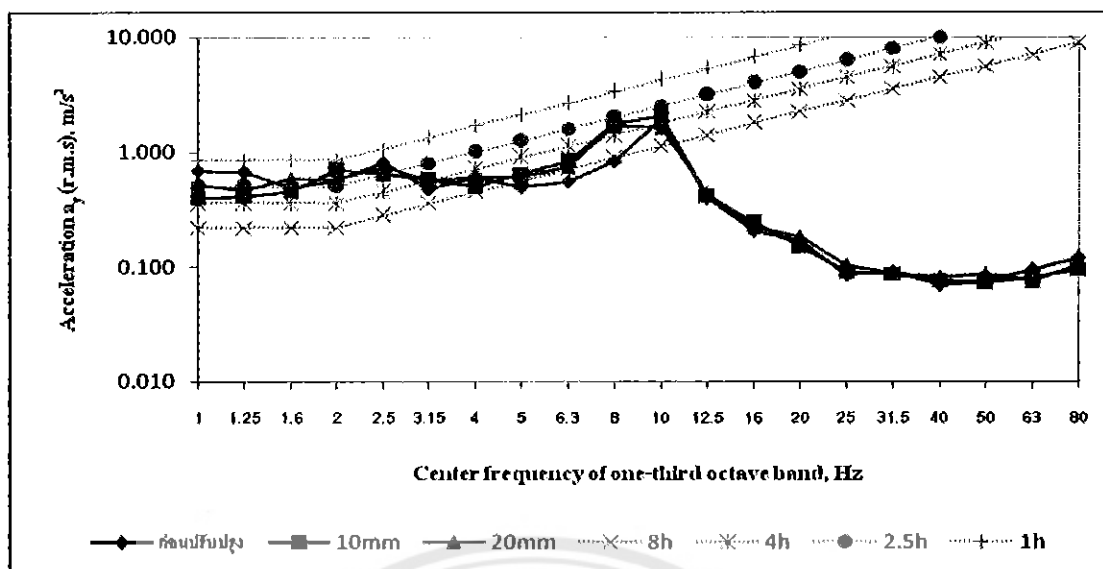
4.3.2 การสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามที่มีอับขณะเคลื่อนที่

ลักษณะการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตามก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่มีอับขณะเคลื่อนที่ที่ตำแหน่ง เครื่องยนต์ ห้องเฟือง และมือจับ ในแนวแกน x, y และ z แสดงในรูปที่ 4.13 ถึงรูปที่ 4.15 ตามลำดับ



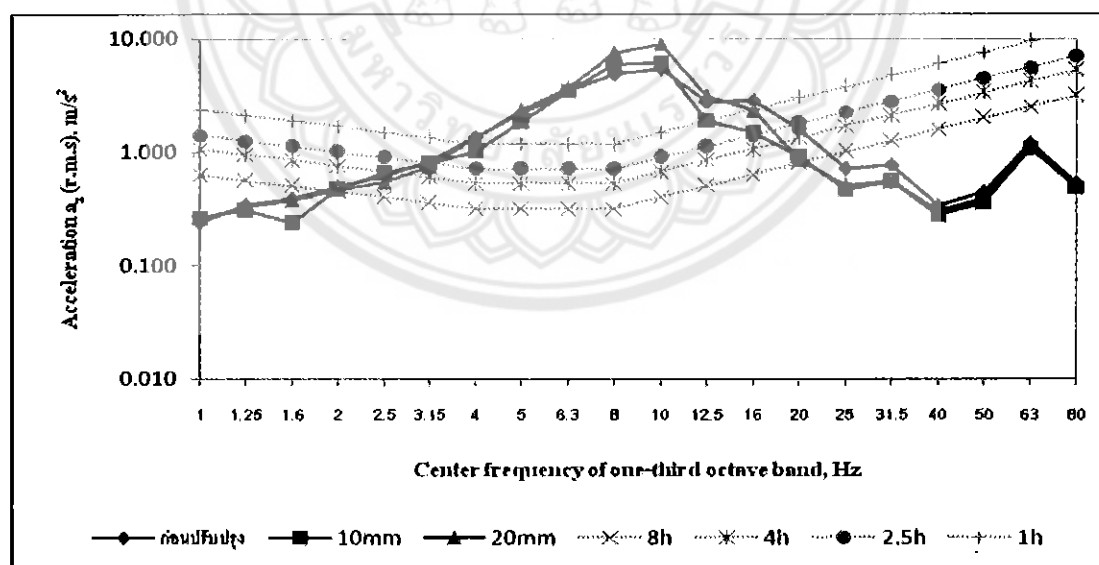
รูปที่ 4.13 ลักษณะการสั่นสะเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ
ในแกน x ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km/h

จากรูปที่ 4.13 ลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน x พบว่าเมื่อทำการติดตั้งแผ่นยางรองหนา 10 และ 20 มิลลิเมตร สามารถลดการสั่นสะเทือนได้ และยางรองหนา 20 มิลลิเมตร สามารถทำงานได้ 4 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



รูปที่ 4.14 ลักษณะการสั่นสะเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ
ในแกน y ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km/h

จากรูปที่ 4.14 พบว่าลักษณะการสั่นสะเทือนในแนวแกน y ทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถลดการสั่นสะเทือนได้ นั่นคือสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า



รูปที่ 4.15 ลักษณะการสั่นสะเทือนก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่งมือจับ
ในแกน z ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ 2.8 km/h

จากรูปที่ 4.15 พบว่าลักษณะการสันสะท้อนในแนวแกน z ทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถลดการสันสะท้อนได้ และสามารถทำงานได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า

จากรูปที่ 4.13 ถึงรูปที่ 4.15 พบว่าในขณะที่รถไถเดินตามเคลื่อนที่หลังทำการปรับปรุง โดยใช้แผ่นยางรองหนา 20 มิลลิเมตร (ค่าความแข็งชอร์ $A = 66.1$) สามารถลดการสันสะท้อนในแนวแกน x ได้ แต่ในแนวแกน y และ z ไม่สามารถลดการสันสะท้อนได้

ตารางที่ 4.1 แสดงความสามารถในการทำงานของแต่ละแนวแกนทั้งก่อนและหลังปรับปรุง

การทดลอง	สถานะของรถไถเดินตาม	แกน	ความสามารถในการทำงาน
ไม่ใส่แผ่นยาง	หยุดนิ่ง	x	1 ชั่วโมง
		y	1 ชั่วโมง
		z	1 ชั่วโมง
	เคลื่อนที่	x	1 ชั่วโมง
		y	1 ชั่วโมง
		z	1 ชั่วโมง
ติดตั้งแผ่นยางหนา 10 มิลลิเมตร	หยุดนิ่ง	x	1 ชั่วโมง
		y	1 ชั่วโมง
		z	1 ชั่วโมง
	เคลื่อนที่	x	2.5 ชั่วโมง
		y	1 ชั่วโมง
		z	1 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

การทดลอง	สถานะของรถไถเดินตาม	แกน	ความสามารถในการทำงาน
ติดตั้งแผ่นยางหนา 20 มิลลิเมตร	หยุดนิ่ง	x	2.5 ชั่วโมง
		y	4 ชั่วโมง
		z	1 ชั่วโมง
	เคลื่อนที่	x	4 ชั่วโมง
		y	1 ชั่วโมง
		z	1 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4.1 พบว่าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงเมื่อติดตั้งแผ่นยางรองหนาขนาด 10 มิลลิเมตร จะสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมงทุกแนวแกนทั้งในขณะหยุดนิ่งและเคลื่อนที่โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า ยกเว้นแกน x ขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่และติดตั้งแผ่นยางรองหนา 10 มิลลิเมตรสามารถทำงานได้ 2.5 ชั่วโมง แต่เมื่อติดตั้งแผ่นยางหนาขนาด 20 มิลลิเมตร สามารถลดการสั่นสะเทือนได้ในแนวแกน x และสามารถทำงานได้ 4 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้า แต่แกน y และแกน z ไม่สามารถลดการสั่นสะเทือนได้ และสามารถทำงานได้ 1 ชั่วโมง ซึ่งเท่ากับก่อนปรับปรุง

บทที่ 5

สรุปผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและทดลองเพื่อลดการสั่นสะเทือนของรถไถเดินตาม KUBOTA รุ่น RT-120 โคจรรถรุ่น NC 131 – standard ในการทดลอง ได้ใช้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 2000 รอบต่อนาที และ ใช้ความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (เกียร์ 1)

จากการทดลองพบว่ามีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากการทำงานของเครื่องยนต์ไปสู่ห้องเฟือง และมือจับที่ความถี่ 16 , 31.5 และ 63 Hz ซึ่งตรงกับความถี่ของการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (2000 รอบต่อนาที) แต่ในขณะที่รถไถเดินตามเคลื่อนที่ (ความเร็ว 2.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) จะมีการส่งผ่านการสั่นสะเทือนมาจากล้อไปสู่ห้องเฟืองและมือจับที่ความถี่ 8 -10 Hz

เมื่อทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งแผ่นยางหนาขนาด 10 มิลลิเมตร (ค่าความแข็งชอร์ A = 66.1) และ 20 มิลลิเมตร (ค่าความแข็งชอร์ A = 64.5) ระหว่างห้องเฟืองกับชุดมือจับ พบว่าแผ่นยางรองขนาด 20 มิลลิเมตรสามารถลดการสั่นสะเทือนที่มือจับขณะรถไถเดินตามเคลื่อนที่ และเพิ่มชั่วโมงการทำงานได้ในแนวแกน x สามารถทำงานได้ 4 ชั่วโมงโดยไม่เกิดความเมื่อยล้าแต่ในแนวแกน y และแนวแกน z สามารถทำงานได้ไม่เกิน 1 ชั่วโมง

5.2 ปัญหาในการทำโครงการ

1. อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) มีจำนวนจำกัด ทำให้มีความยุ่งยากในการทดลอง
2. สถานที่ในการทดลองจำกัด เพราะเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ต้องใช้ไฟฟ้า

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

1. อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) ที่ใช้ในการทดลองควรมีอย่างน้อย 3 ตัวหรือ 9 ตัว เพื่อประหยัดเวลาในการทดลองและให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุด
2. ควรมีการทดลองใช้แผ่นยางที่มีคุณภาพที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

กนต์ธร ชำนิประศาสน์ (2545). การสั่นทางกล. เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, กรุงเทพมหานคร
 บัญญัติ เสริมฐิติ (2531). รถแทรกเตอร์ และเครื่องมือทุ่นแรงในการเกษตร. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน
 คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีการเพาะปลูก 2542/2543.

American Society for Testing and Materials (2000). ASTM D 2240 : Standard Test Method for Rubber Property_ Durometer Hardness, In 2000 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 09.01, West Conshohocken, ASTM, pp 400-4003.

Goglia, V., Gospodaric, Z. , Filipovic, D. and Djukic, I. (2006). Influence on operator 's health of hand-transmitted vibrations from handles of a single-axle tractor. Ann. Agric. Environ. Med. 13 : 33-38.

ISO 2631/1. (1985). Guide for the evaluation of human expose to whole body vibration. International Organization for Standardization.

Japanese Standard Association, 1995, Physical Testing Method for Vulcanized Rubber, JIS K 6301-1995 .

Kanyakam, S. and Bureerat, S. (2007). Passive vibration suppression of a walking tractor handlebar structure using multiobjective PBIL. IEEE Conference Proceeding, Evaluationary Computer, 2007.

Sookkumnerd, C. (2000). Investigation into walking tractor vibration. Master of Engineering Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok. (unpublished).

www.findtheneedle.co.uk

www.acu-vib.com.au

www.nyle.com



ภาคผนวก ก
ขีดจำกัดความเมื่อยล้า

ตาราง ก1 Numerical value of “fatigues-decreased proficiency boundary”
For vibration acceleration in the transverse, a_x or a_y direction
(back-to-chest or side-to-side)

Frequency (center frequency of one-third octave band) (Hz)	Acceleration, (rms) m/s^2								
	Exposure times								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
1.0	0.100	0.150	0.22	0.36	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
1.25	0.100	0.150	0.22	0.36	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
1.6	0.100	0.150	0.22	0.36	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
2.0	0.100	0.150	0.22	0.36	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
2.5	0.125	0.190	0.28	0.45	0.63	1.06	1.60	1.90	2.50
3.15	0.160	0.236	0.355	0.56	0.80	1.32	2.00	2.36	3.15
4.0	0.200	0.300	0.450	0.71	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
5.0	0.250	0.375	0.560	0.90	1.25	2.12	3.15	3.75	5.00
6.3	0.315	0.475	0.710	1.12	1.60	2.65	4.00	4.75	6.30
8.0	0.400	0.600	0.900	1.40	2.00	3.35	5.00	6.00	8.00
10.0	0.500	0.750	1.12	1.80	2.50	4.25	6.30	7.50	10.00
12.5	0.630	0.950	1.40	2.24	3.15	5.30	8.00	9.50	12.50
16.0	0.800	1.180	1.80	2.80	4.00	6.70	10.00	11.80	16.00
20.0	1.000	1.500	2.24	3.55	5.00	8.50	12.50	15.00	20.00
25.0	1.250	1.900	2.80	4.50	6.30	10.60	16.00	19.00	25.00
31.5	1.600	2.360	3.55	5.60	8.00	13.20	20.00	23.60	31.50
40.0	2.000	3.000	4.50	7.10	10.00	17.00	25.00	30.00	40.00
50.0	2.500	3.750	5.60	9.00	12.50	21.20	31.50	37.50	50.00
63.0	3.150	4.750	7.10	11.20	16.00	26.50	40.00	45.70	63.00
80.0	4.000	6.000	9.00	14.00	20.00	33.50	50.00	60.00	80.00

ตาราง ก2

Numerical value of "fatigues-decreased proficiency boundary"

For vibration acceleration in the longitudinal, a_z (foot-to-head direction)

Frequency (center frequency of one-third octave band) (Hz)	Acceleration, (rms) m/s^2								
	Exposure times								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
1.0	0.280	0.425	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
1.25	0.250	0.375	0.56	0.95	1.26	2.12	3.15	3.75	5.00
1.6	0.224	0.335	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
2.0	0.200	0.300	0.45	0.75	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
2.5	0.180	0.265	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
3.15	0.160	0.235	0.355	0.60	0.80	1.32	2.00	2.35	3.15
4.0	0.140	0.212	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
5.0	0.140	0.212	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
6.3	0.140	0.212	0.315	1.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
8.0	0.140	0.212	0.315	1.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
10.0	0.180	0.265	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
12.5	0.224	0.335	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
16.0	0.280	0.425	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
20.0	0.355	0.530	0.80	1.32	1.80	3.00	4.50	5.30	7.10
25.0	0.450	0.670	1.00	1.70	2.24	3.75	5.60	6.70	9.00
31.5	0.560	0.850	1.25	2.12	2.80	4.75	7.10	8.50	11.20
40.0	0.710	1.060	1.60	2.65	3.55	6.00	9.00	10.60	14.00
50.0	0.900	1.320	2.00	3.35	4.50	7.50	11.20	13.20	18.00
63.0	1.120	1.700	2.50	4.25	5.60	9.50	14.00	17.00	22.40
80.0	1.400	2.120	3.15	5.30	7.10	11.80	18.00	21.20	28.00

ภาคผนวก ข

ค่าความแข็ง

ตาราง ข1 แสดงคุณสมบัติของเครื่องวัดความแข็งชนิด เอ

ชนิด	การใช้/วัสดุ	มาตรฐาน	แรงสปริง นิวตัน(กรัม) ความแข็ง 0-100	ขนาดของหัวกด (มม) ขนาด/ความสูง
A	สำหรับยางทั่วไป/ วัสดุที่มีความ ยืดหยุ่น	ASTM D 2240 JIS K 6253	0.550 – 8.050 N (56.1-821.1 gf)	ทรงรูปกรวยปลายตัดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 0.79 มม, ทำ มุม 35 องศา/2.50+0.04
A	สำหรับยางทั่วไป/ วัสดุที่มีความ ยืดหยุ่น	JIS K 6301	0.539 – 8.379 N (55-855 gf)	ทรงรูปกรวยปลายตัดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 0.79 มม, ทำ มุม 35 องศา/2.50+0.04

ตาราง ข2 เปรียบเทียบค่าของแรงที่ค่าความแข็งเดียวกันระหว่างมาตรฐาน ASTM D2240 , JIS K 6253
กับ JIS K 6301

ค่าความแข็ง (0 – 100)	มาตรฐาน ASTM D 2240 , JIS K 6253 แรง(นิวตัน)	มาตรฐาน JIS K 6301 แรง(นิวตัน)
0	0.550	0.539
10	1.300	1.323
20	2.050	2.107
30	2.800	2.945
40	3.550	3.675
50	4.300	4.459
60	5.050	5.243
70	5.800	6.027
80	6.550	6.811
90	7.300	7.595
100	8.050	8.379

ตาราง ข3 เปรียบเทียบค่าความแข็งระหว่าง ASTM D 2240 , JIS K 6253 และ มาตรฐาน JIS K 6301
ที่แรงสปริงเดียวกัน

มาตรฐาน ที่ใช้ในปัจจุบัน ASTM D 2240 , JIS K 6253 (ค่าความแข็ง)	มาตรฐาน JIS K 6301 (ค่าความแข็ง)
10	9.8
20	19.5
30	28.5
40	38.6
50	48.2
60	57.8
70	67.4
80	76.9
90	86.5
100	96.1

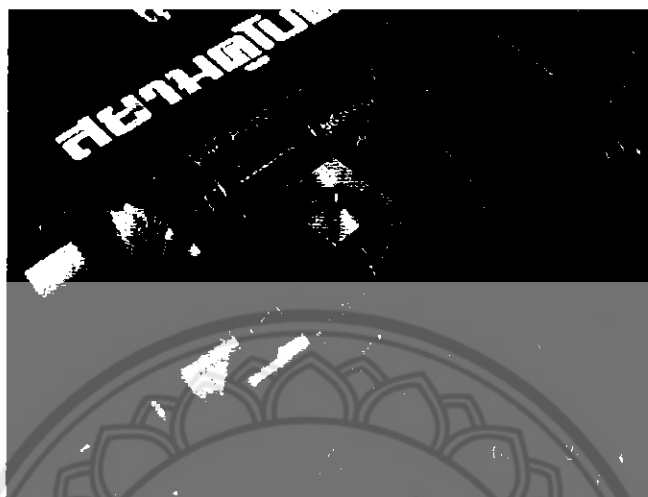
ภาคผนวก ค
 การทำการทดลอง



รูปที่ ค1 วัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์



รูปที่ ค2 ติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนที่หน้าเครื่องยนต์



รูปที่ ก3 ติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนที่ห้องเพ็ญ



รูปที่ ก4 ติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนที่มือจับ



รูปที่ ๕ แสดงการติดตั้งแผ่นขางรองระหว่างห้องเพื่องกับชุดมือจับ



รูปที่ ๖ วัดการสัมผัสเตือนขณะรถไถเคลื่อนตามเกลื่อนที่