

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	1
ขอบข่ายของการวิจัย .....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
ทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ .....	3
ขั้นตอนทั่วไปของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ .....	3
วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับปัญหาของแข็ง .....	6
ทฤษฎีเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนทางวิศวกรรม .....	13
ขั้นตอนการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนทางวิศวกรรม .....	13
การสั่นสะเทือนของระบบต่อเนื่อง .....	15
ระบบการวัดการสั่นสะเทือน .....	22
Laser Doppler Vibrometer (LDV) .....	23
Scanning Laser Doppler Vibrometer (SLDV) .....	24
ส่วนประกอบพื้นฐานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ .....	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	29
3 การศึกษาและการจำลอง .....	32
การทดสอบและเปรียบเทียบ .....	32
การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ .....	32
การทดสอบด้วยเครื่องแอสตีวี .....	36
กรณีศึกษา .....	39
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ .....	39
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของชิ้นงาน .....	41

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์และผลการทดลอง.....	46
ผลการทดสอบการสันสะเทือน.....	46
ผลของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียว.....	46
ผลของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขน.....	49
ผลของกรณีศึกษา.....	51
ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ.....	51
ผลการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของชิ้นงาน.....	53
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	69
สรุปผลการวิจัย.....	69
อภิปรายผลการวิจัย.....	70
ข้อเสนอแนะ.....	71
บรรณานุกรม.....	72
ภาคผนวก.....	75
ประวัติผู้วิจัย.....	77

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 สภาพที่ขอบเขตรูปร่างใหม่และการสันตามแนวขวางของคาน.....	21
2 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์.....	34
3 ค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดี่ยวจากการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์และการวัดด้วยเครื่องแอลดีวี.....	48
4 ค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนจากการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์และจากการวัดด้วยเครื่องแอลดีวี.....	51
5 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการเพิ่มความยาวของคาน.....	54
6 ค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์ในรูปแบบ การสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Bending Mode.....	56
7 ค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์ในรูปแบบ การสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Torsion Mode.....	57
8 ค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์ในรูปแบบ การสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Sway Mode.....	59
9 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ในรูปแบบ การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Bending Mode.....	62
10 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ในรูปแบบ การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Torsion Mode.....	64
11 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ในรูปแบบ การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Sway Mode.....	67

## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 การแบ่งรูปร่างลักษณะของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์แบบต่างๆ.....	4
2 เอลิเมนต์สามเหลี่ยมแบบอย่างประกอบด้วย 3 จุดต่อโดยมีตัวไม่รู้ค่าอยู่ ณ ตำแหน่งที่จุดต่อ .....	4
3 การโค้งและยึดตัวของคานเมื่อถูกแรงมากกระทำ .....	7
4 เอลิเมนต์ของคาน .....	10
5 การสันตามแนวขวางของคาน.....	14
6 ส่วนประกอบของอุปกรณ์การวัดการสั่นสะเทือน .....	22
7 ส่วนประกอบของเครื่องแอลดีวี .....	23
8 ลักษณะการทำงานของเครื่องแอลดีวี.....	24
9 ส่วนประกอบของเครื่องเอสแอลดีวี.....	25
10 ลักษณะการทำงานของเครื่องเอสแอลดีวี.....	25
11 ส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	25
12 ขั้นตอนการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนทางโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม ANSYS.....	33
13 ส่วนประกอบของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแกนเดี่ยว .....	34
14 ส่วนประกอบของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน.....	35
15 รูปแบบการสั่นสะเทือนของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกนจากการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม ANSYS.....	36
16 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการสั่นสะเทือนของแกนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์.....	37
17 ลักษณะการวัดการสั่นสะเทือนแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแกนเดี่ยวด้วยเครื่องแอลดีวี.....	37
18 ลักษณะการวัดการสั่นสะเทือนแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกนด้วยเครื่องแอลดีวี.....	38
19 ตำแหน่งของกาวอีพ็อกซีในแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน .....	39
20 รูปแบบการสั่นสะเทือนของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกนที่ใช้เปรียบเทียบ ผลจากการปรับคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ.....	40

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
37 ผลตอบสนองความถี่จากการเพิ่มค่าความหนาแน่นของกาวยีพ็อกซี.....	53
38 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติจากการเพิ่มความยาวของคาน .....	54
39 รูปแบบการสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Bending Mode ที่มีการติดตัวแตรเปอร์.....	55
40 การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแตรเปอร์ ในรูปแบบการสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Bending Mode.....	56
41 รูปแบบการสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Torsion Mode ที่มีการติดตัวแตรเปอร์.....	57
42 การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแตรเปอร์ ในรูปแบบการสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Torsion Mode.....	58
43 รูปแบบการสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Sway Mode ที่มีการติดตัวแตรเปอร์.....	58
44 การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแตรเปอร์ ในรูปแบบการสั่นสะเทือน 1 <sup>st</sup> Sway Mode.....	59
45 รูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Bending Mode ที่มีการติดตัวแตรเปอร์.....	60
46 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Bending Mode จากการ ปรับตำแหน่งของตัวแตรเปอร์โดยโปรแกรม ANSYS.....	61
47 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Bending Mode จากการ ปรับตำแหน่งของตัวแตรเปอร์โดยเครื่องแอลดีวี.....	61
48 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน จากการปรับตำแหน่งของตัวแตรเปอร์ใน Arm 1 <sup>st</sup> Bending Mode .....	62
49 รูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Torsion Mode ที่มีการติดตัวแตรเปอร์.....	63
50 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Torsion Mode จากการ ปรับตำแหน่งของตัวแตรเปอร์โดยโปรแกรม ANSYS.....	63
51 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Torsion Mode จากการ ปรับตำแหน่งของตัวแตรเปอร์โดยเครื่องแอลดีวี.....	64
52 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน จากการปรับตำแหน่งของตัวแตรเปอร์ใน Arm 1 <sup>st</sup> Torsion Mode.....	65

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
53 รูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Sway Mode ที่มีการติดตัวแคมเปอร์.....	65
54 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Sway Mode จากการ ปรับตำแหน่งของตัวแคมเปอร์โดยโปรแกรม ANSYS.....	66
55 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1 <sup>st</sup> Sway Mode จากการ ปรับตำแหน่งของตัวแคมเปอร์โดยเครื่องแอลดีวี.....	66
56 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขน จากการปรับตำแหน่งของตัวแคมเปอร์ใน Arm 1 <sup>st</sup> Sway Mode.....	67

