

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์และการทดลองในแบบจำลองบทที่ 3 โดยการใช้โปรแกรม ANSYS และการวัดโดยเครื่องแอลดีวี ได้บันทึกผลไว้ในรูปแบบของภาพและกราฟดังต่อไปนี้

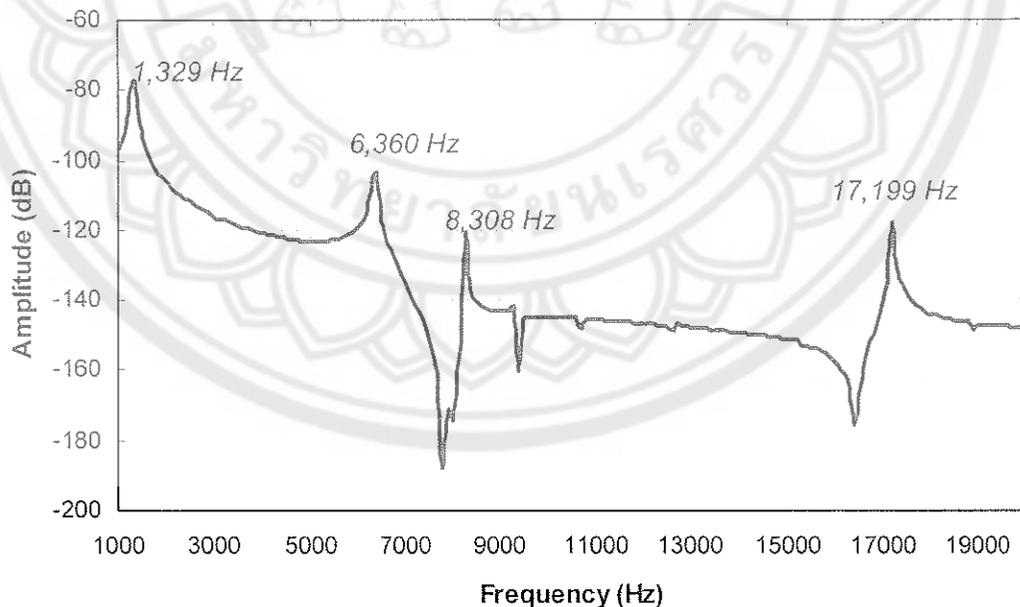
ผลการทดสอบการสั่นสะเทือน

จากการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยโปรแกรม ANSYS และทดสอบจริงด้วยเครื่องแอลดีวี ของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียวและแบบหลายแขนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยผลการสั่นสะเทือนที่ได้มีดังนี้

1. ผลของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียว

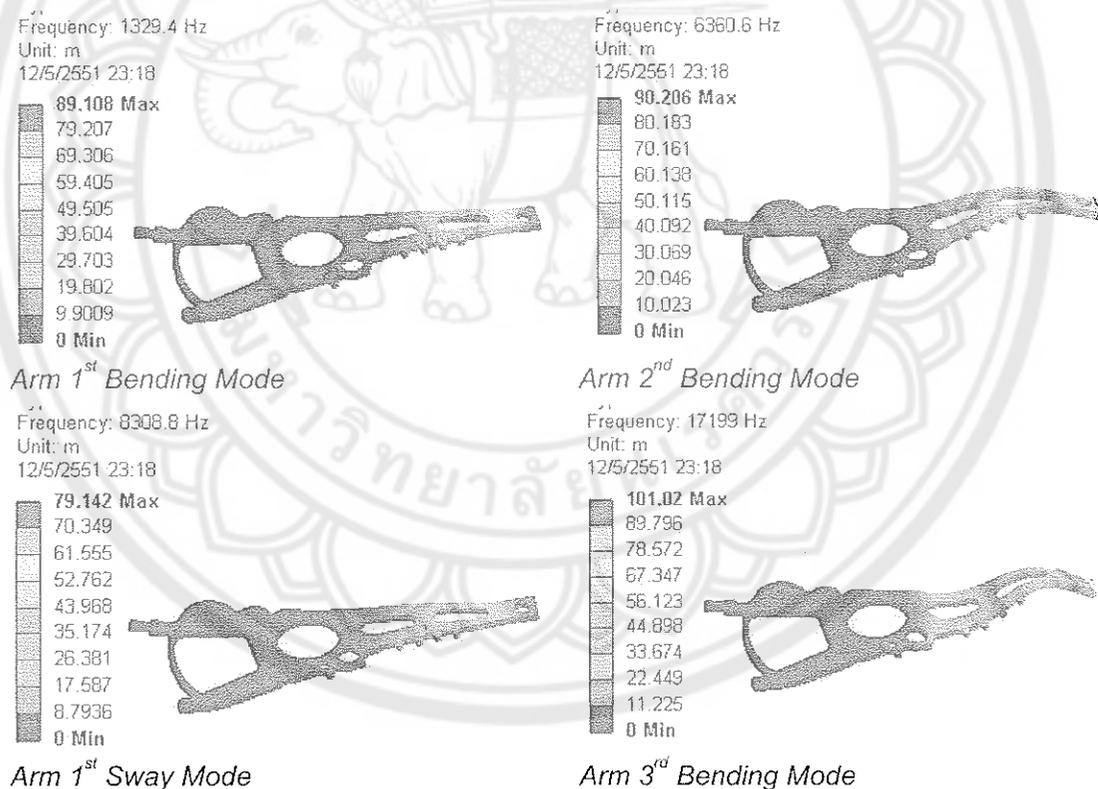
1.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียว โดยใช้โปรแกรม ANSYS โดยผลตอบสนองความถี่ของการสั่นสะเทือนที่ได้แสดงดังภาพ 28



ภาพ 28 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียว
จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS

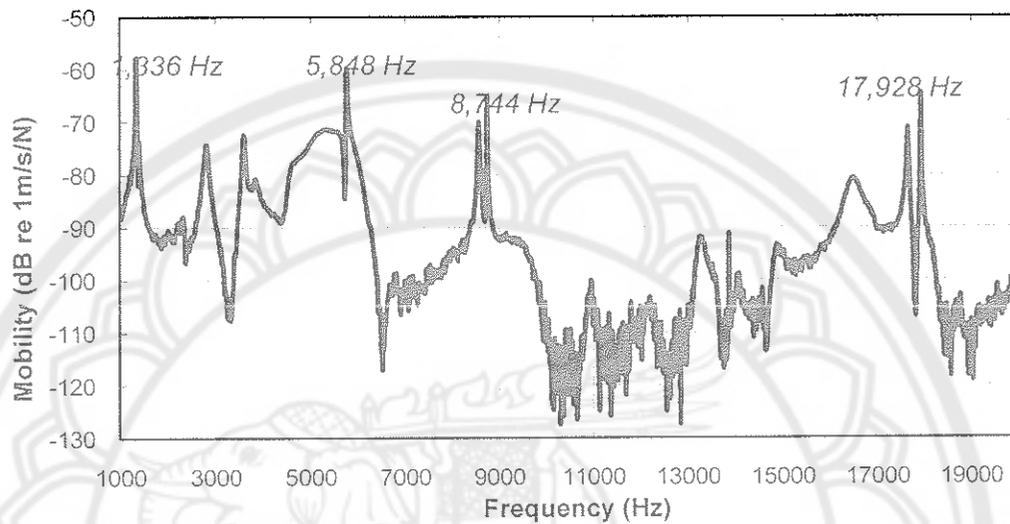
จากภาพเมื่อดูจากจุดยอด (Peaks) ของกราฟที่ขนาดของการสั่นสะเทือน (Amplitude) จะได้ค่าความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสั่นสะเทือนที่ชัดเจนอยู่ด้วยกัน 4 โหมด โดยโปรแกรม ANSYS สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะของรูปแบบการสั่นสะเทือนจากค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้ ซึ่งทำให้ทราบว่า ที่ความถี่ 1,329 Hz เป็นรูปแบบการสั่นสะเทือนในลักษณะของการงอตัวลำดับแรกในส่วนของแขนอ่าน (Arm 1st Bending Mode) ที่ความถี่ 6,360 Hz เป็นรูปแบบการสั่นสะเทือนในลักษณะของการงอตัวลำดับที่สองในส่วนของแขนอ่าน (Arm 2nd Bending Mode) ที่ความถี่ 8,308 Hz เป็นรูปแบบการสั่นสะเทือนในลักษณะของการแกว่งหรือการงอตัวทิศทางแนวระนาบในส่วนของแขนอ่าน (Arm 1st Sway Mode) และที่ความถี่ 17,199 Hz เป็นรูปแบบการสั่นสะเทือนในลักษณะของการงอตัวลำดับที่สามในส่วนของแขน (Arm 3rd Bending Mode) โดยลักษณะของรูปแบบการสั่นสะเทือนทั้ง 4 โหมดได้แสดงไว้ในภาพ 29



ภาพ 29 รูปแบบการสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแกนเดียวที่ค่าความถี่ธรรมชาติจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS

1.2 ผลการทดสอบด้วยเครื่องแอลดีวี

จากการทดสอบการสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียวด้วยเครื่องแอลดีวี โดยผลตอบสนองความถี่ของการสั่นสะเทือนที่ได้แสดงในภาพ 30



ภาพ 30 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียวจากการทดสอบด้วยเครื่องแอลดีวี

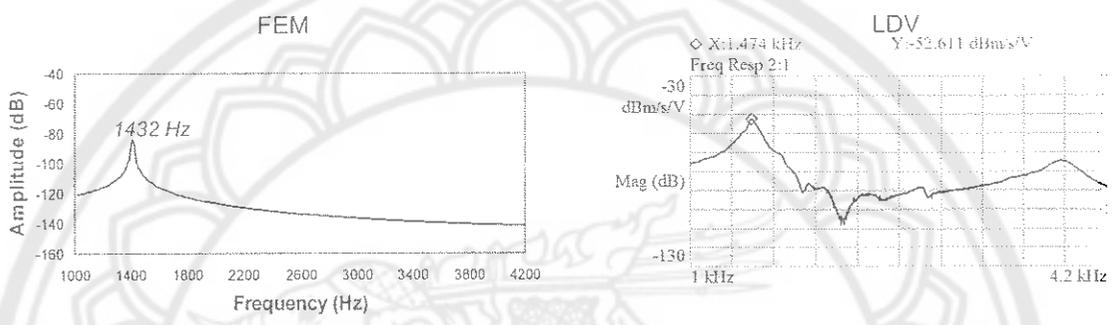
จากผลการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียวด้วยโปรแกรม ANSYS และผลการทดสอบด้วยเครื่องแอลดีวี เมื่อนำค่าความถี่ธรรมชาติของแต่ละรูปแบบการสั่นสะเทือนที่ได้มาเปรียบเทียบดังแสดงในตาราง 3 พบว่าผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 3 ค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียวจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์และการวัดด้วยเครื่องแอลดีวี

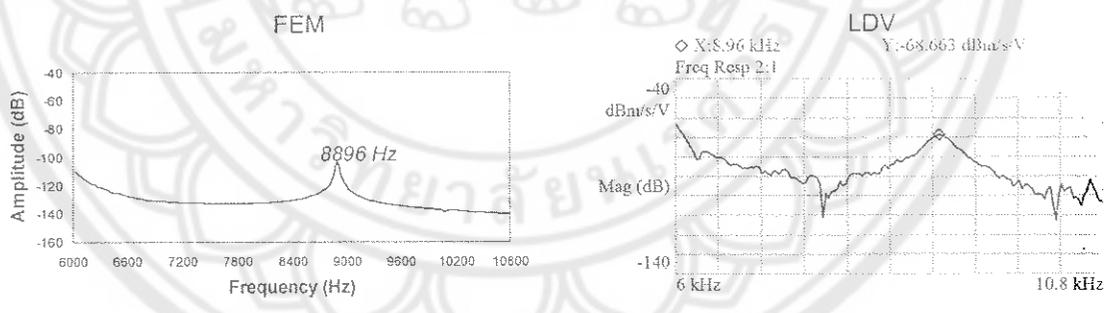
รูปแบบการสั่นสะเทือน	ความถี่ธรรมชาติ (Hz) FEM	ความถี่ธรรมชาติ (Hz) LDV	ความผิดพลาด %
Arm 1 st Bending Mode	1,329	1,336	0.53
Arm 2 nd Bending Mode	6,360	5,848	8.76
Arm 1 st Sway Mode	8,308	8,744	4.98
Arm 3 rd Bending Mode	17,199	17,928	4.07

2. ผลของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขน

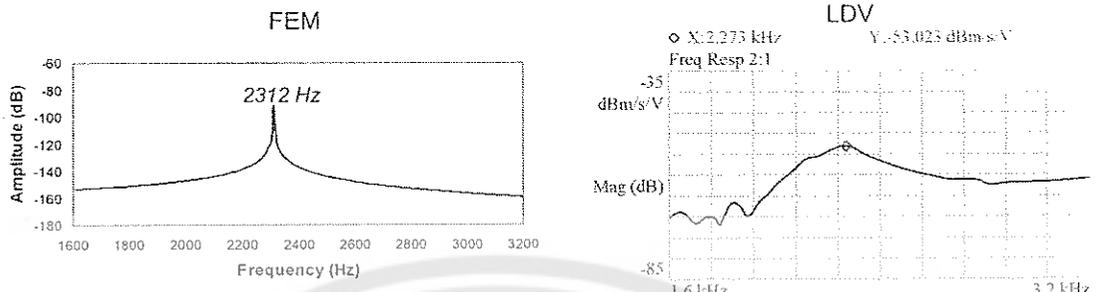
จากการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยโปรแกรม ANSYS และการทดสอบด้วยเครื่องแอลดีวี โดยค่าความถี่ธรรมชาติของรูปแบบของการสั่นสะเทือนทั้ง 5 โหมด ได้แสดงไว้ในภาพ 31 ถึงภาพ 35 โดยนำเสนอในรูปแบบของผลตอบสนองค่าความถี่ดังนี้



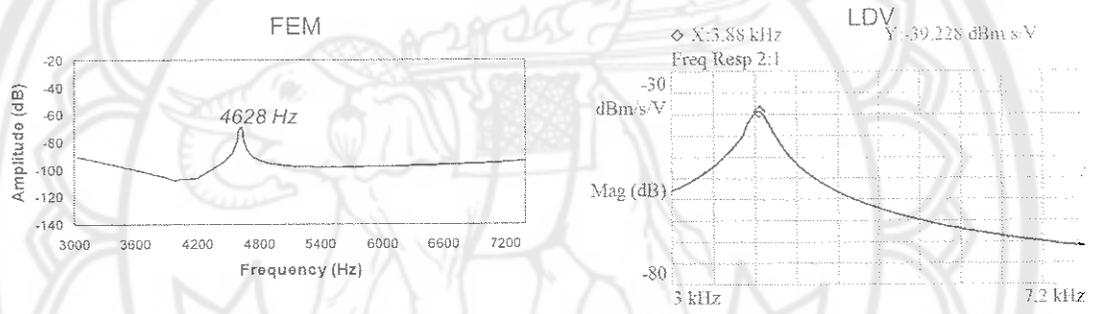
ภาพ 31 ผลตอบสนองความถี่ของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนในรูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Bending Mode



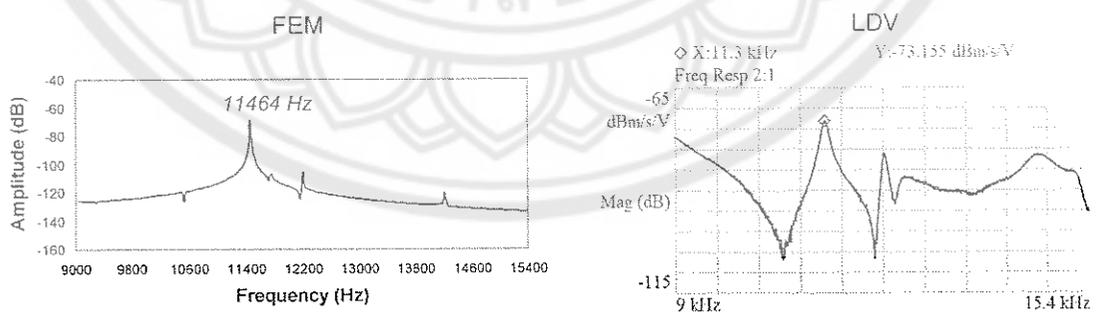
ภาพ 32 ผลตอบสนองความถี่ของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนในรูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Torsion Mode



ภาพ 33 ผลตอบสนองความถี่ของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน Coil 1st Bending Mode



ภาพ 34 ผลตอบสนองความถี่ของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน Coil 1st Torsion Mode



ภาพ 35 ผลตอบสนองความถี่ของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Sway Mode

ตาราง 4 ค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์และจากการวัดด้วยเครื่องแอลดีวี

รูปแบบการสั่นสะเทือน	ความถี่ธรรมชาติ (Hz) FEM	ความถี่ธรรมชาติ (Hz) LDV	ความผิดพลาด %
Arm 1 st Bending Mode	1,432	1,474	2.85
Arm 1 st Torsion Mode	8,896	8,960	0.71
Coil 1 st Bending Mode	2,312	2,273	1.67
Coil 1 st Torsion Mode	4,628	3,880	19.28
Arm 1 st Sway Mode	11,464	11,300	1.45

จากตาราง 4 เป็นค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS และผลจากการวัดด้วยเครื่องแอลดีวีของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งพบว่าผลที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน

จากการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยโปรแกรม ANSYS และการทดสอบจริงด้วยเครื่องแอลดีวี แขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบแขนเดียวและแบบหลายแขนโดยผลที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน จากเหตุผลดังกล่าวสามารถบอกได้ว่าค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้รวมถึงขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์นี้มีความถูกต้องและเชื่อมั่นได้

ผลของกรณีศึกษา

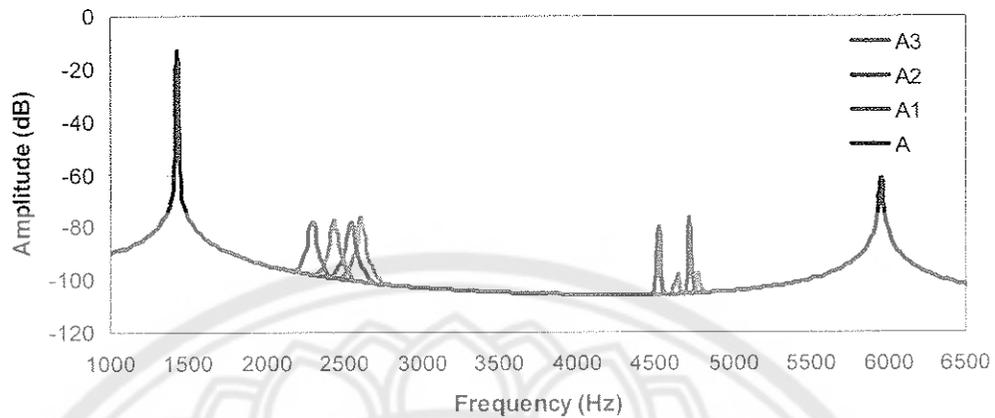
จากการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางโครงสร้างของชิ้นงานที่มีผลต่อการสั่นสะเทือน โดยผลจากการวิเคราะห์และการทดลองมีดังนี้

1. ผลการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ

จากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุโดยการปรับค่าโมดูลัสของยังและค่าความหนาแน่นในส่วนของการอ็อกซี่ โดยใช้โปรแกรม ANSYS วิเคราะห์หามีผลดังนี้

1.1 ผลการปรับค่าโมดูลัสของยังของการอ็อกซี่

การปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุโดยเพิ่มค่าโมดูลัสของยังในส่วนของการอ็อกซี่ จากการวิเคราะห์ได้แสดงผลในรูปแบบของผลตอบสนองค่าความถี่ดังแสดงภาพ 36

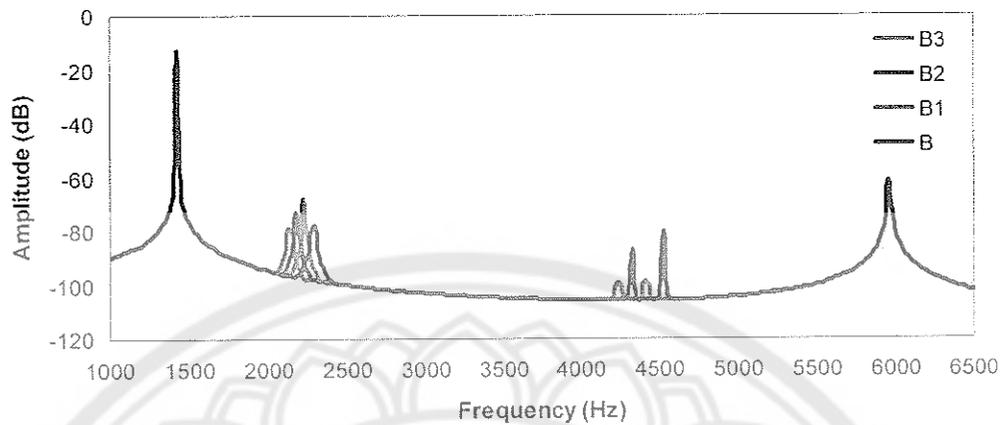


ภาพ 36 ผลตอบสนองความถี่จากการเพิ่มค่าโมดูลัสของยังของกาวอีพ็อกซี

จากกราฟจะสังเกตเห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของค่าโมดูลัสของยังมากขึ้นเท่าใด ค่าความถี่ธรรมชาติก็จะเพิ่มขึ้นตามและขนาดของการสั่นสะเทือนก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในโหมดที่ 2 คือ Coil 1st Bending Mode และโหมดที่ 3 คือ Coil 1st Torsion Mode โดยเป็นรูปแบบการสั่นสะเทือนในส่วนของคอยล์ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของกาวอีพ็อกซีในแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขน

1.2 ผลการปรับค่าความหนาแน่นของกาวอีพ็อกซี

การปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุโดยการเพิ่มค่าความหนาแน่นในส่วนของกาวอีพ็อกซี ซึ่งผลตอบสนองค่าความถี่ได้แสดงไว้ในภาพ 37 จากกราฟจะพบว่าเมื่อค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นค่าความถี่ก็จะลดลงและขนาดของการสั่นสะเทือนก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในโหมดที่ 2 คือ Coil 1st Bending Mode และโหมดที่ 3 คือ Coil 1st Torsion Mode



ภาพ 37 ผลตอบสนองของความถี่จากการเพิ่มค่าความหนาแน่นของกาวอีพ็อกซี

จากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุโดยการเพิ่มค่าโมดูลัสของยัง และค่าความหนาแน่นในส่วนของกาวอีพ็อกซี พบว่าค่าความถี่ธรรมชาติและขนาดของการสั่นสะเทือนเกิดการเปลี่ยนแปลงในโหมดที่ 2 คือ Coil 1st Bending Mode และโหมดที่ 3 คือ Coil 1st Torsion Mode ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของกาวอีพ็อกซี จากเหตุผลดังกล่าวสามารถบอกได้ว่า การปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุในชิ้นงานส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติและขนาดของการสั่นสะเทือนในระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง

2. ผลการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของชิ้นงาน

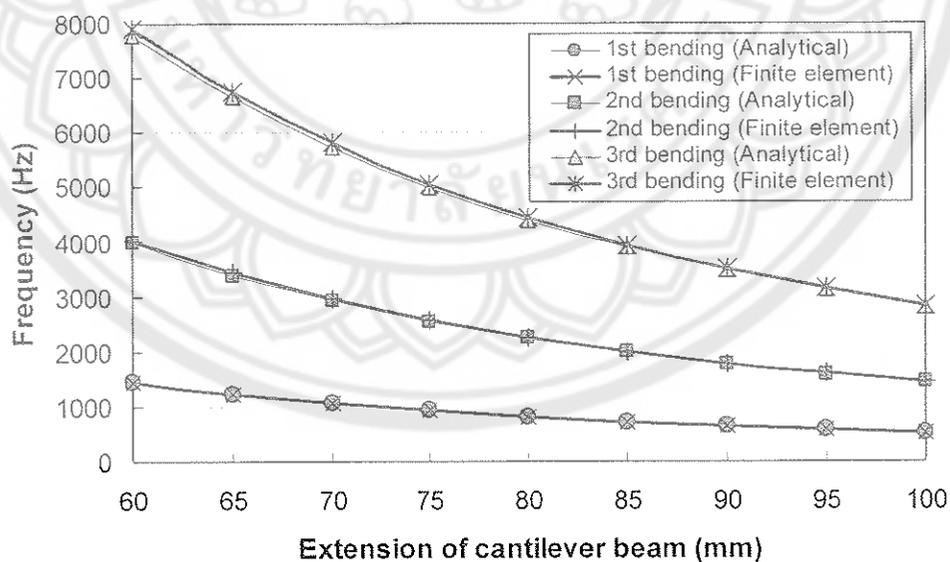
การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางโครงสร้างในส่วนของคานและแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากการวิเคราะห์และทดสอบมีผลดังนี้

2.1 ผลการยึดตัวของคานทดสอบ

จากการหาค่าความถี่ธรรมชาติของคานทดสอบเมื่อมีการเพิ่มความยาวของคาน (Extension of Beam) ด้วยการคำนวณจากสมการ 2.44 และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS ในรูปแบบของการสั่นสะเทือน Bending Modes ทั้ง 3 ลำดับ ซึ่งค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้แสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการเพิ่มความยาวของคาน

Length of Beam (mm)	1 st Bending Mode		2 nd Bending Mode		3 rd Bending Mode	
	Analytical (Hz)	FEM (Hz)	Analytical (Hz)	FEM (Hz)	Analytical (Hz)	FEM (Hz)
60	1,441	1,446	3,972	4,018	7,788	7,896
65	1,228	1,232	3,385	3,422	6,636	6,734
70	1,059	1,062	2,919	2,948	5,722	5,807
75	922	924	2,542	2,567	4,985	5,058
80	811	812	2,234	2,255	4,381	4,443
85	718	720	1,979	1,996	3,881	3,934
90	640	642	1,766	1,779	3,462	3,507
95	575	576	1,584	1,596	3,107	3,146
100	519	519	1,430	1,440	2,804	2,837



ภาพ 38 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติจากการเพิ่มความยาวของคาน

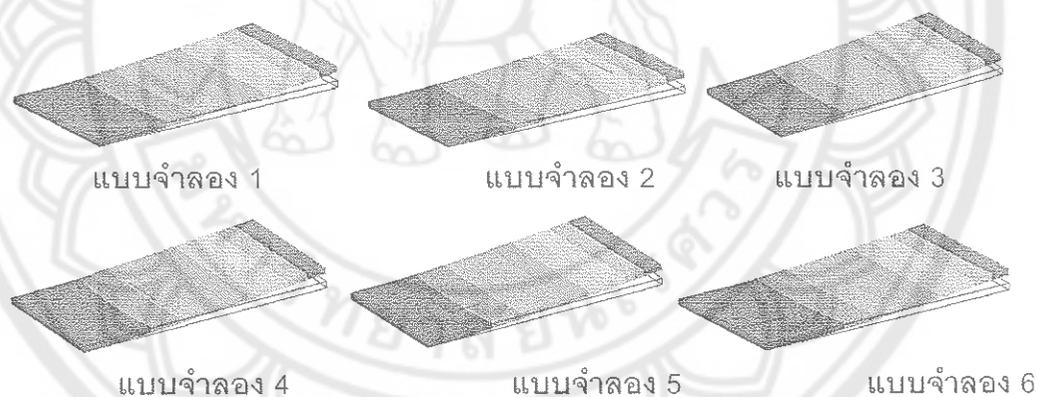
จากภาพ 38 เป็นการนำค่าความถี่ธรรมชาติของการสั่นสะเทือนที่ได้ทั้งหมดในตาราง 5 มาพล็อตกราฟ จะได้ผลตอบสนองความถี่จากการยึดตัวของคาน จากกราฟพบว่าเมื่อคานมีความยาวเพิ่มสูงขึ้นค่าความถี่ธรรมชาติของคานก็จะลดลง ในรูปแบบการสั่นสะเทือน Bending Modes ทั้ง 3 ลำดับ ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกันทั้งจากคำนวณและจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS

2.2 ผลจากการติดตัวแถมเปอร์บนคานทดสอบ

จากการวิเคราะห์การติดตัวแถมเปอร์บนคานทดสอบซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 5 ตำแหน่ง โดยได้แสดงค่าความถี่ธรรมชาติในรูปแบบการสั่นสะเทือนของคานเพื่อเปรียบเทียบอยู่ด้วยกัน 3 โหมดคือ 1st Bending Mode, 1st Torsion Mode และ 1st Sway Mode มีผลดังนี้

2.2.1 1st Bending Mode

จากการวิเคราะห์การติดตัวแถมเปอร์บนคานทดสอบแล้วทำการเพิ่มน้ำหนักมวล (Mass) ของตัวแถมเปอร์ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 6 แบบจำลอง โดยลักษณะการสั่นสะเทือนของคานที่ติดตัวแถมเปอร์ในโหมดนี้ได้แสดงไว้ในภาพ 39

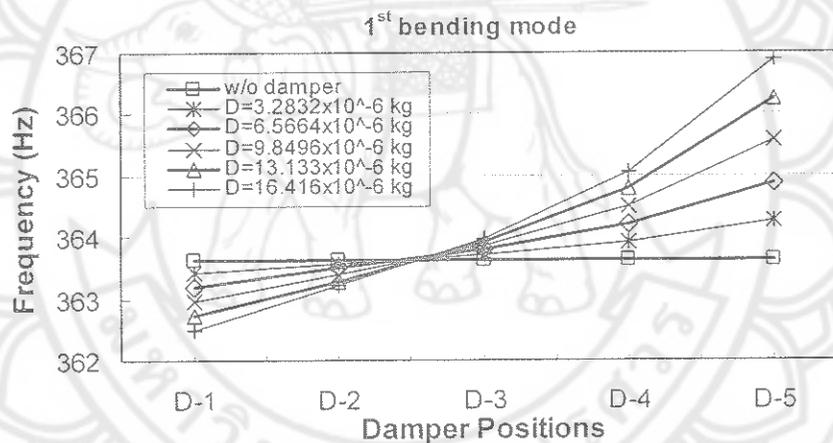


ภาพ 39 รูปแบบการสั่นสะเทือน 1st Bending Mode ที่มีการติดตัวแถมเปอร์

ค่าความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสั่นสะเทือน 1st Bending Mode ได้แสดงในตาราง 6 จากผลดังกล่าว เมื่อนำค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้ทั้งหมดมาพล็อตกราฟ จะได้ผลตอบสนองความถี่จากการเพิ่มน้ำหนักมวลของตัวแถมเปอร์ ในตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในภาพ 40 จากกราฟจะเห็นว่าที่ตำแหน่ง D-1 และ D-2 เมื่อมวลของตัวแถมเปอร์เพิ่มขึ้นค่าความถี่ของคานจะลดลง ส่วนตำแหน่ง D-3, D-4 และ D-5 ค่าความถี่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบผลความถี่กับคานที่ไม่ติดตัวแถมเปอร์

ตาราง 6 ค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั้นสะเทือน 1st Bending Mode

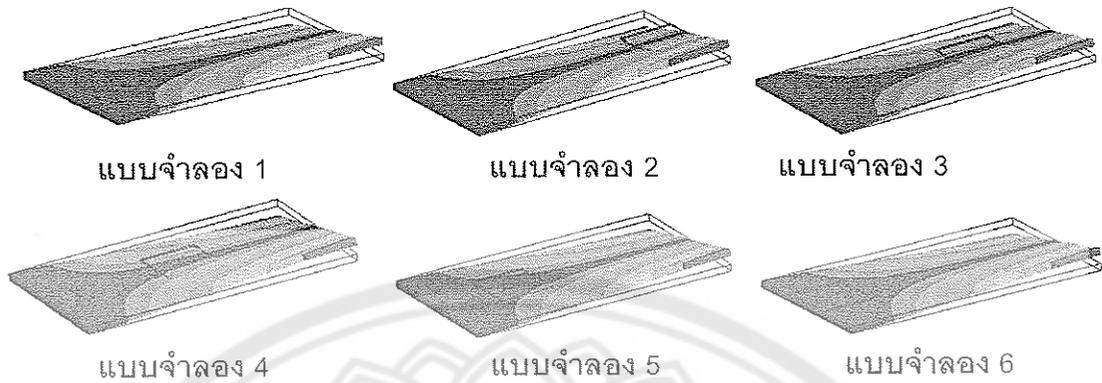
มวลของตัวแดมเปอร์ (*10 ⁻⁶ kg)	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)					
	w/o	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
3.28	363.64	363.42	363.56	363.71	363.92	364.27
6.57	363.64	363.18	363.51	363.80	364.22	364.88
9.85	363.64	362.95	363.39	363.85	364.50	365.59
13.13	363.64	362.72	363.29	363.92	364.78	366.23
16.42	363.64	362.49	363.21	363.98	365.05	366.87



ภาพ 40 การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของ
ตัวแดมเปอร์ในรูปแบบการสั้นสะเทือน 1st Bending Mode

2.2.2 1st Torsion Mode

จากการวิเคราะห์การติดตั้งตัวแดมเปอร์บนคานทดสอบแล้วทำการเพิ่ม
น้ำหนักมวลของตัวแดมเปอร์ โดยได้แสดงลักษณะการสั้นสะเทือนของคานที่มีการติดตั้งตัวแดมเปอร์
ใน 1st Torsion Mode ไว้ดังภาพ 41 และค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้ในโหมดนี้ก็แสดงไว้ในตาราง 7

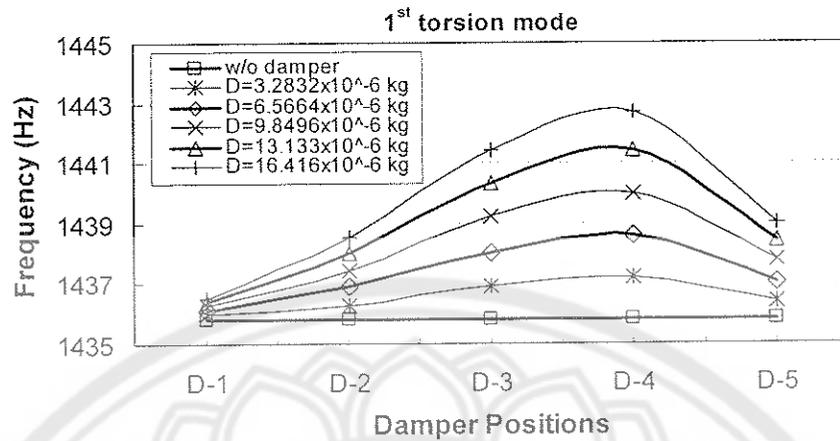


ภาพ 41 รูปแบบการสันสะเทือน 1st Torsion Mode ที่มีการติดตัวแถมเปอร์

ตาราง 7 ค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแถมเปอร์
ในรูปแบบการสันสะเทือน 1st Torsion Mode

มวลของตัวแถมเปอร์ (*10 ⁻⁶ kg)	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)					
	w/o	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
3.28	1,435.8	1,436	1,436.3	1,436.9	1,437.2	1,436.4
6.57	1,435.8	1,436.1	1,436.9	1,438	1,438.6	1,437
9.85	1,435.8	1,436.3	1,437.4	1,439.2	1,440	1,437.8
13.13	1,435.8	1,436.4	1,438	1,440.3	1,441.4	1,438.4
16.42	1,435.8	1,436.5	1,438.5	1,441.4	1,442.7	1,439

จากค่าความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสันสะเทือน 1st Torsion Mode ในตาราง 7 เมื่อนำมาพล็อตกราฟ จะได้ผลตอบสนองความถี่จากการเพิ่มน้ำหนักมวลของตัวแถมเปอร์ ดังภาพ 42 จากกราฟพบว่าเมื่อมวลของตัวแถมเปอร์เพิ่มขึ้นค่าความถี่ธรรมชาติของคานก็จะเพิ่มสูงขึ้นในทุกตำแหน่งของการติดตัวแถมเปอร์ โดยที่ตำแหน่ง D-1 มีผลการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบผลความถี่กับคานที่ไม่มีการติดตัวแถมเปอร์



ภาพ 42 การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั้นสะเทือน 1st Torsion Mode

2.2.3 1st Sway Mode

จากการวิเคราะห์การติดตั้งตัวแดมเปอร์บนคานทดสอบแล้วทำการเพิ่มน้ำหนักมวลของตัวแดมเปอร์ทั้ง 6 แบบจำลอง โดยลักษณะการสั้นสะเทือนของคานที่ติดตั้งตัวแดมเปอร์ในโหมดนี้ได้แสดงในภาพ 43



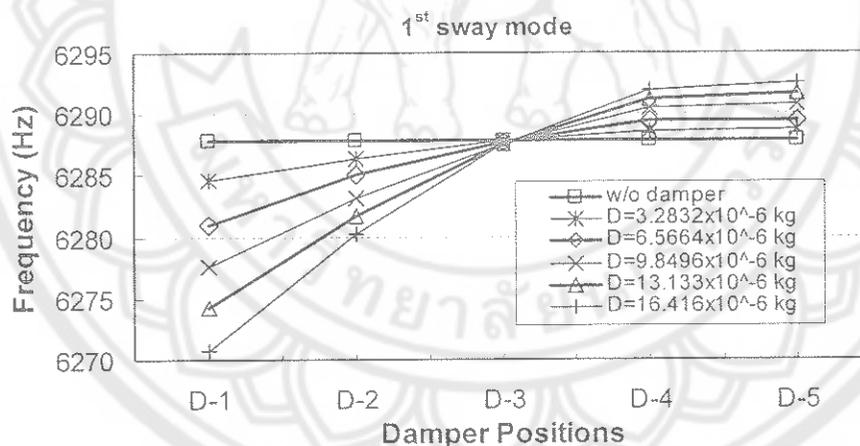
ภาพ 43 รูปแบบการสั้นสะเทือน 1st Sway Mode ที่มีการติดตั้งตัวแดมเปอร์

โดยค่าความถี่ธรรมชาติของ 1st Sway Mode ได้แสดงไว้ในตาราง 8 และเมื่อนำค่ามาพล็อตกราฟจะได้ผลตอบสนองความถี่จากการเพิ่มน้ำหนักมวลของตัวแดมเปอร์ ดังแสดงในภาพ 44 จากกราฟพบว่าเมื่อมวลของตัวแดมเปอร์เพิ่มขึ้นที่ตำแหน่ง D-1 และ D-2 ค่าความถี่ธรรมชาติ

ของคานจะลดลง ส่วนตำแหน่ง D-4 และ D-5 ค่าความถี่ธรรมชาติจะเพิ่มสูงขึ้นและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่ตำแหน่ง D-3 เมื่อเทียบผลกับคานที่ไม่ติดตัวแดมเปอร์

ตาราง 8 ค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน 1st Sway Mode

มวลของตัวแดมเปอร์ (*10 ⁻⁶ kg)	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)					
	w/o	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5
3.28	6,287.8	6,284.6	6,286.4	6,287.8	6,288.6	6,288.7
6.57	6,287.8	6,281	6,285	6,287.7	6,289.5	6,289.5
9.85	6,287.8	6,277.6	6,283.2	6,287.6	6,290.4	6,290.7
13.13	6,287.8	6,274.2	6,281.7	6,287.6	6,291.2	6,291.6
16.42	6,287.8	6,270.8	6,280.2	6,287.5	6,292	6,292.5



ภาพ 44 การเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของคานจากการเพิ่มมวลของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน 1st Sway Mode

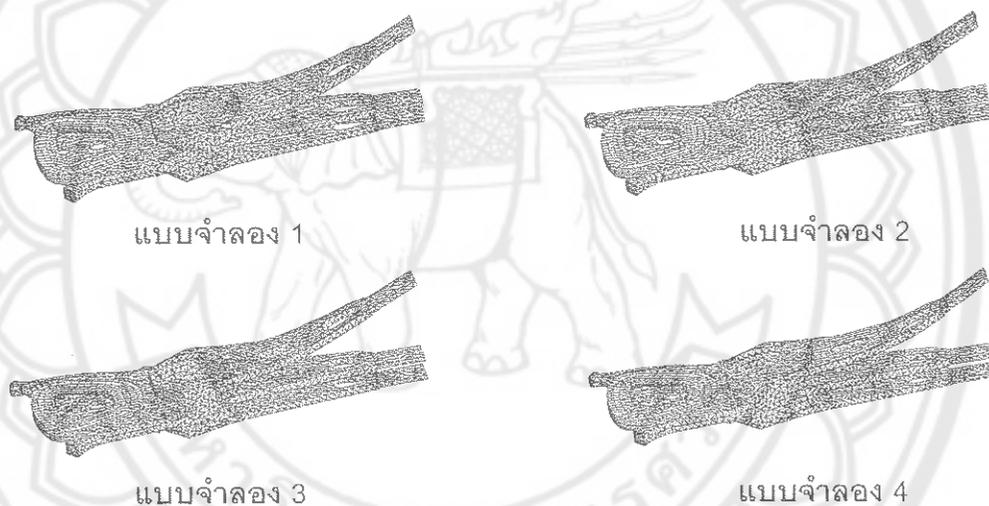
จากผลการวิเคราะห์สามารถบอกได้ว่า การติดตัวแดมเปอร์บนคานทดสอบที่ตำแหน่งต่างๆ และการเพิ่มน้ำหนักมวลของตัวแดมเปอร์ ส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติในระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยผลการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่ธรรมชาตินั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง รวมถึงลักษณะของรูปแบบในการสั่นสะเทือนด้วย

2.3 ผลการติดตัวแตรมเปอร์บนแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขน

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS และทดสอบจริงโดยเครื่องแอลดีวีของการติดตัวแตรมเปอร์บนแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ตำแหน่ง โดยได้แสดงค่าความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสั่นสะเทือนเพื่อเปรียบเทียบอยู่ด้วยกัน 3 โหมด คือ Arm 1st Bending Mode, Arm 1st Torsion Mode และ Arm 1st Sway Mode ซึ่งมีผลดังนี้

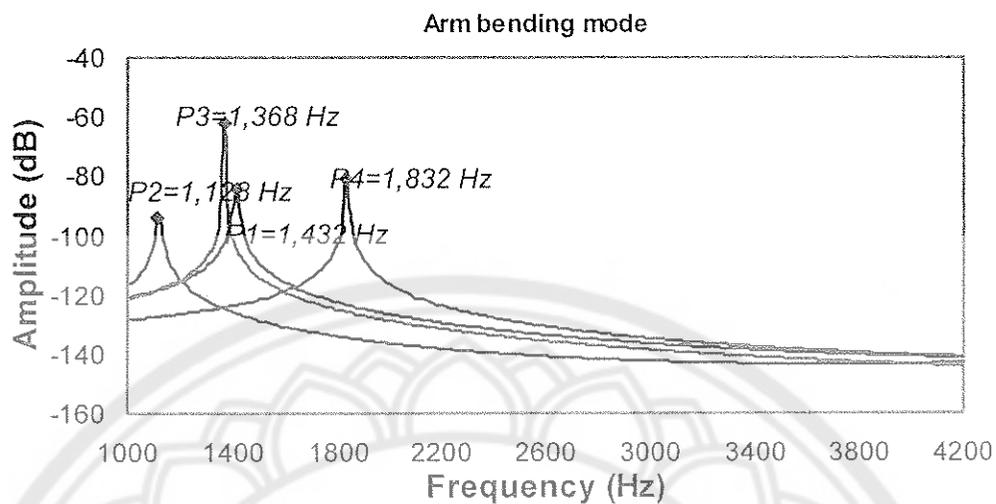
2.3.1 Arm 1st Bending Mode

จากการติดตัวแตรมเปอร์บนแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบจำลอง จากโปรแกรม ANSYS ได้แสดงรูปแบบการสั่นสะเทือนของ Arm 1st Bending Mode ที่มีการติดตัวแตรมเปอร์ไว้ดังภาพ 45

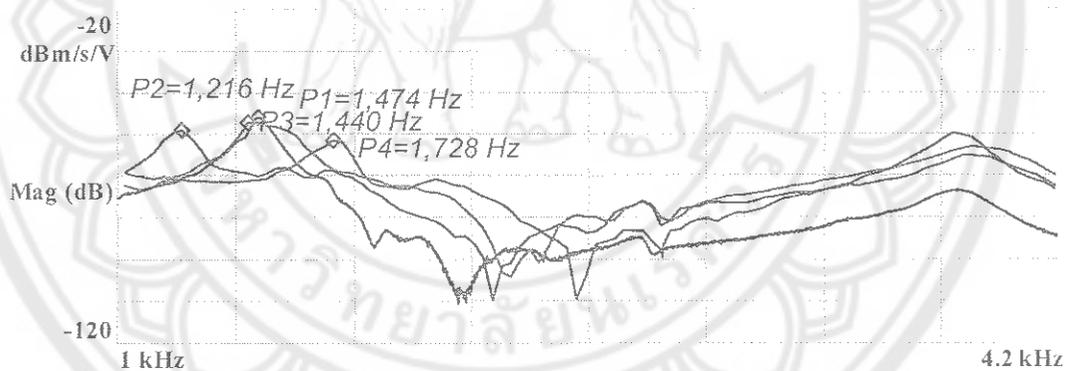


ภาพ 45 รูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Bending Mode ที่มีการติดตัวแตรมเปอร์

ภาพ 46 และภาพ 47 เป็นผลตอบสนองของความถี่การสั่นสะเทือนของ Arm 1st Bending Mode จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS และการทดสอบจริงโดยเครื่องแอลดีวี ซึ่งจากจุดยอดของกราฟแต่ละเส้นได้แสดงค่าความถี่ธรรมชาติของรูปแบบการสั่นสะเทือนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนจากการเปลี่ยนตำแหน่งของตัวแตรมเปอร์ไว้ โดยค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากทั้ง 2 วิธีได้แสดงไว้ในตาราง 9



ภาพ 46 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1st Bending Mode
จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์โดยโปรแกรม ANSYS

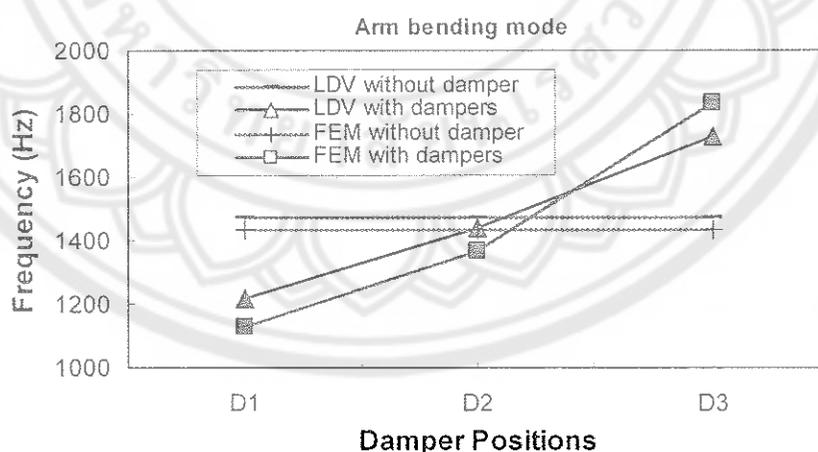


ภาพ 47 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1st Bending Mode
จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์โดยเครื่องแอลดีวี

ตาราง 9 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Bending Mode

แบบจำลอง	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)		
	FEM	LDV	Error %
w/o	1,432	1,474	2.85
D1	1,128	1,216	7.24
D2	1,368	1,440	5.00
D3	1,832	1,728	6.02

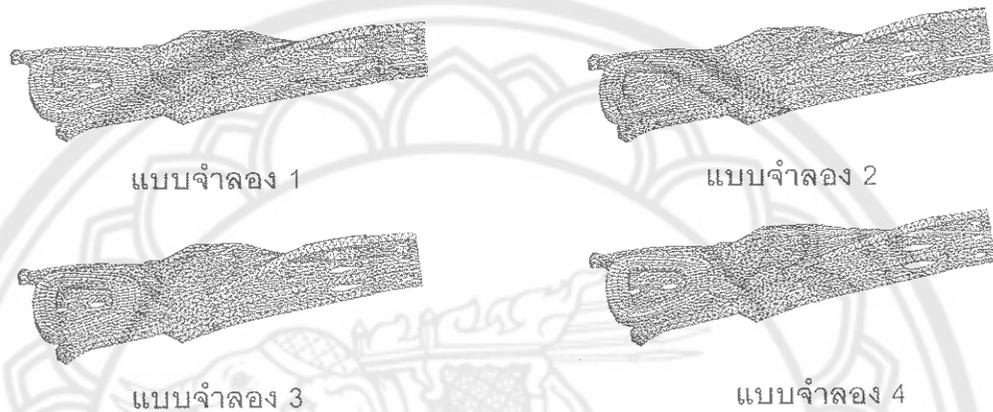
จากตาราง 9 เมื่อนำมาค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาพล็อตกราฟ จะได้ผลตอบสนองความถี่จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ ดังแสดงในภาพ 48 จากกราฟ พบว่า เมื่อติดตัวแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D1 ค่าความถี่ธรรมชาติจะลดลง ส่วนการติดตัวแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D2 ค่าความถี่ธรรมชาติไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนักหรือลดลงเพียงเล็กน้อย และการติดตัวแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D3 ส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบผลกับแกนจับหัวอ่าน/เขียนที่ไม่ติดตัวแดมเปอร์



ภาพ 48 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของแกนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน
จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ใน Arm 1st Bending Mode

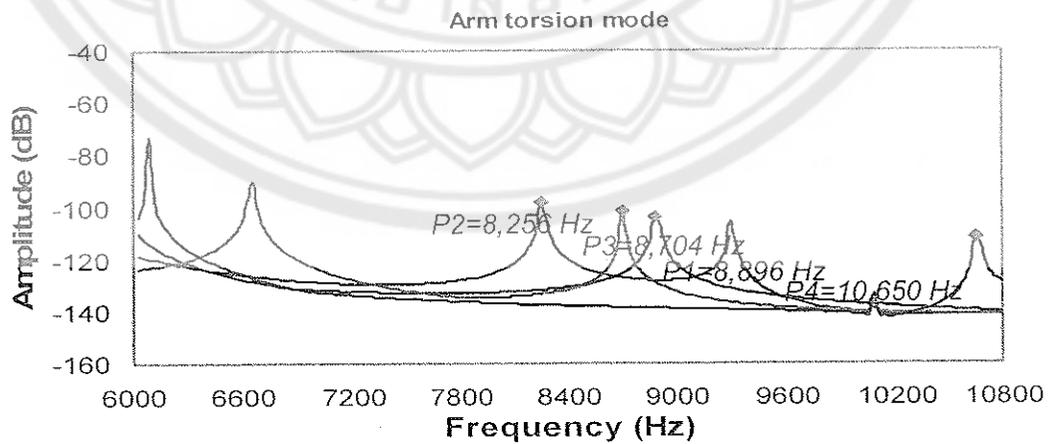
2.3.2 Arm 1st Torsion Mode

จากการวิเคราะห์การติดตัวแอมเปอร์บนแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนทั้ง 4 แบบจำลอง ได้แสดงลักษณะการสั่นสะเทือนของ Arm 1st Torsion Mode ที่มีการติดตัวแอมเปอร์ไว้ดังภาพ 49

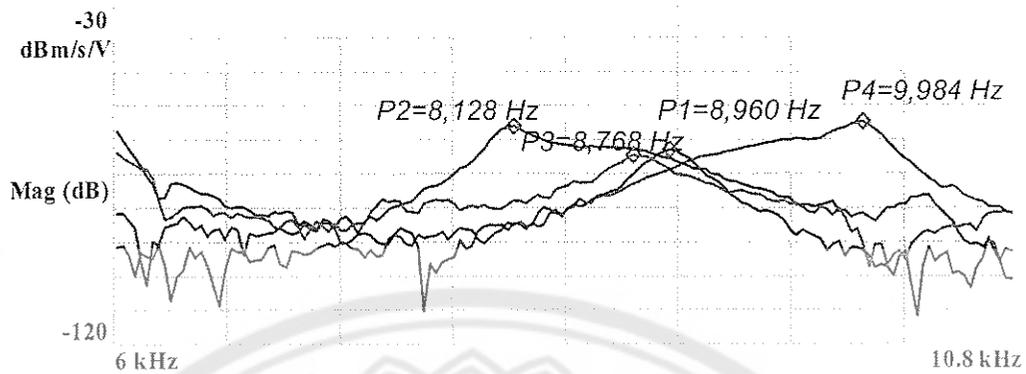


ภาพ 49 รูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Torsion Mode ที่มีการติดตัวแอมเปอร์

ภาพ 50 และภาพ 51 เป็นผลตอบสนองความถี่ของการสั่นสะเทือน Arm 1st Torsion Mode จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS และการทดสอบจริงโดยเครื่องแอลดีวี โดยผลของค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากทั้ง 2 วิธีได้แสดงไว้ในตาราง 10



ภาพ 50 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1st Torsion Mode จากการปรับตำแหน่งของตัวแอมเปอร์โดยโปรแกรม ANSYS

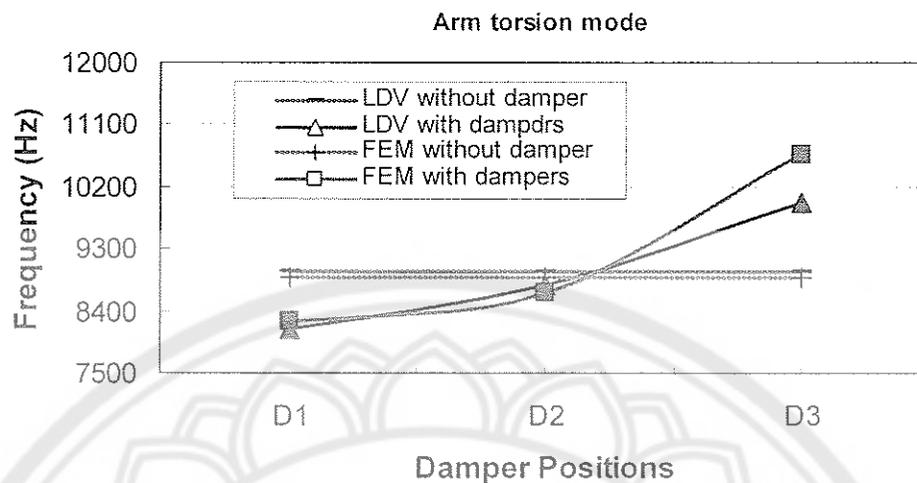


ภาพ 51 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1st Torsion Mode จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์โดยเครื่องแอลดีวี

ตาราง 10 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Torsion Mode

แบบจำลอง	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)		
	FEM	LDV	Error %
w/o	8,896	8,960	0.71
D1	8,256	8,128	1.57
D2	8,704	8,768	0.71
D3	10,650	9,984	6.67

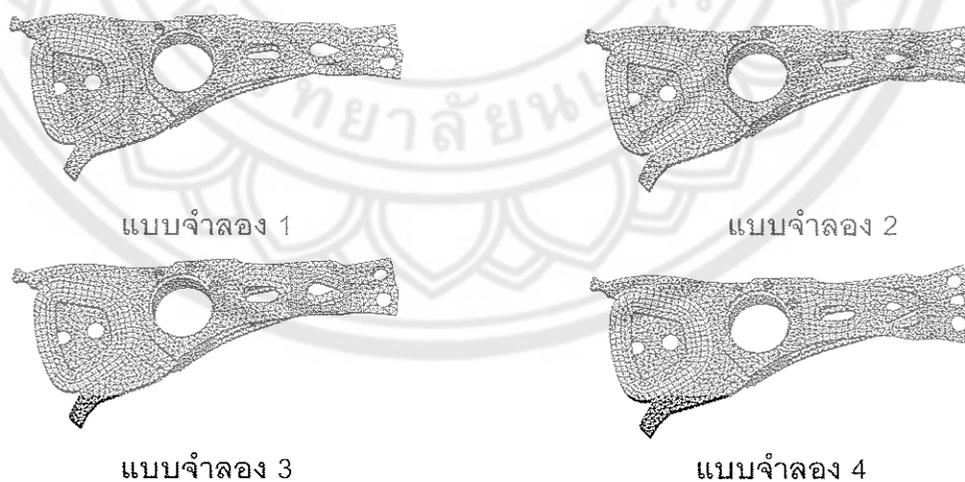
จากตาราง 10 เมื่อนำมาค่าความถี่ธรรมชาติของ Arm 1st Torsion Mode ที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาพล็อตกราฟจะได้ผลตอบสนองความถี่จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ ดังแสดงในภาพ 52 จากกราฟพบว่า การติดตัวแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D1 ค่าความถี่ธรรมชาติจะลดลง ส่วนการติดตัวแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D2 ค่าความถี่ธรรมชาติไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนักหรือลดลงเพียงเล็กน้อย และการติดตัวแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D3 ส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบผลกับค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่ไม่ติดตัวแดมเปอร์



ภาพ 52 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกน จากการปรับตำแหน่งตัวแดมเปอร์ใน Arm 1st Torsion Mode

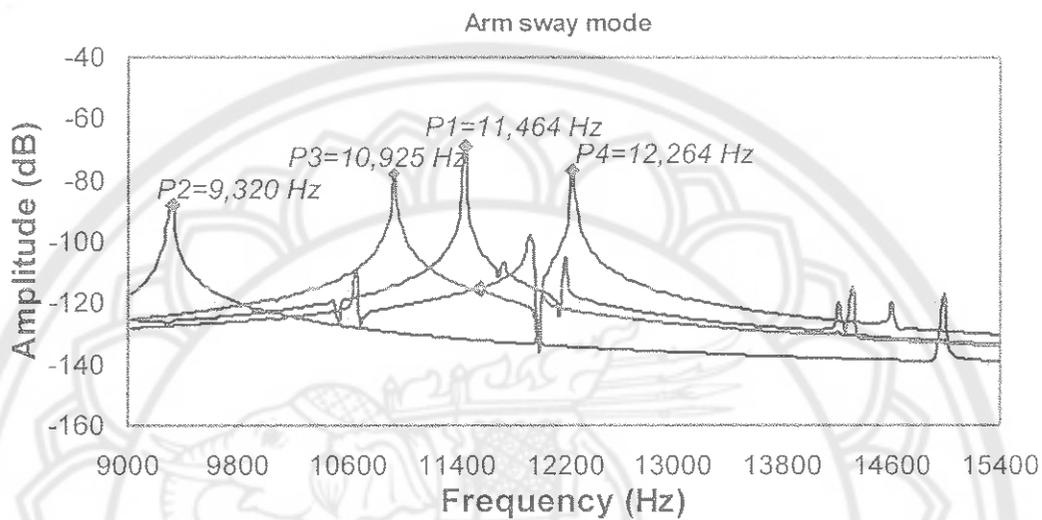
2.3.3 Arm 1st Sway Mode

จากการติดตั้งแดมเปอร์บนแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแกนทั้ง 4 แบบจำลอง ได้แสดงลักษณะของรูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Sway Mode ที่มีการติดตั้งแดมเปอร์ไว้ดังภาพ 53

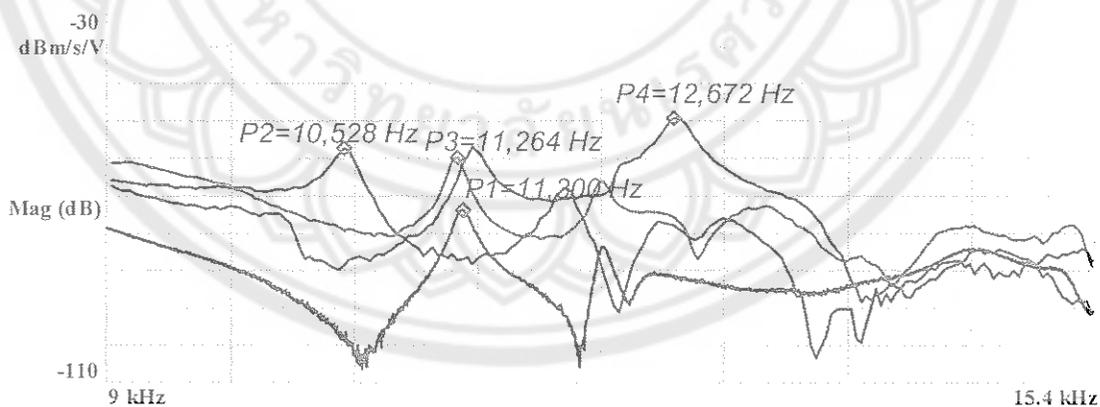


ภาพ 53 รูปแบบการสั่นสะเทือน Arm 1st Sway Mode ที่มีการติดตั้งแดมเปอร์

จากการวิเคราะห์การติดตัวแตรบนแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลาย
แขนด้วยโปรแกรม ANSYS และการทดสอบจริงโดยเครื่องแอลดีวี ผลตอบสนองความถี่ที่ได้แสดง
ไว้ในภาพ 54 และภาพ 55 ตามลำดับ



ภาพ 54 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1st Sway Mode
จากการปรับตำแหน่งของตัวแตรโดยโปรแกรม ANSYS

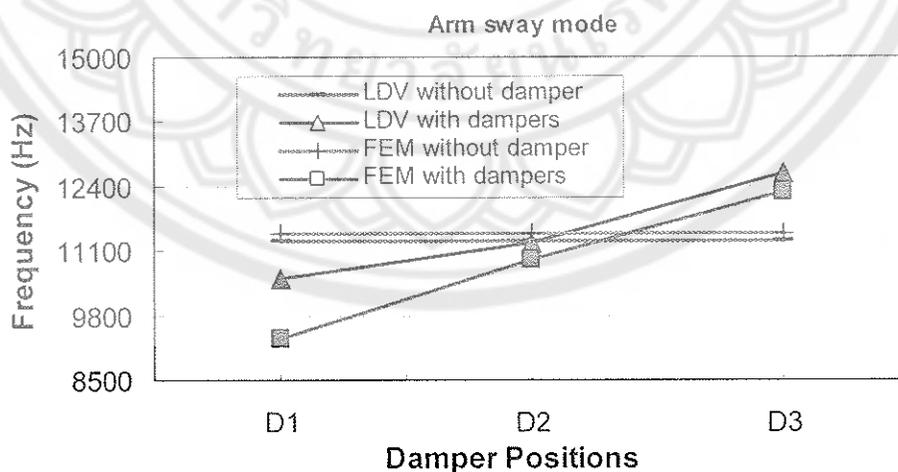


ภาพ 55 ผลตอบสนองความถี่การสั่นสะเทือน Arm 1st Sway Mode
จากการปรับตำแหน่งของตัวแตรโดยเครื่องแอลดีวี

ตาราง 11 ค่าความถี่ธรรมชาติจากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์
ในรูปแบบการสั้นสะเทือน Arm 1st Sway Mode

แบบจำลอง	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz)		
	FEM	LDV	Error %
w/o	11,464	11,300	1.45
D1	9,320	10,528	11.47
D2	10,925	11,264	3.01
D3	12,264	12,672	3.22

จากตาราง 11 เป็นค่าความถี่ธรรมชาติในรูปแบบการสั้นสะเทือน Arm 1st Sway Mode จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS และการวัดโดยเครื่องแอลดีวี เมื่อนำค่าดังกล่าวมาพล็อตกราฟ จะได้ผลตอบสนองของความถี่จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ ดังแสดงในภาพ 56 จากกราฟพบว่า การติดตั้งแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D1 ค่าความถี่ธรรมชาติจะลดลง ส่วนการติดตั้งแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D2 ค่าความถี่ธรรมชาติไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนักหรือลดลงเพียงเล็กน้อย และการติดตั้งแดมเปอร์ที่ตำแหน่ง D3 ส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่ไม่ติดตั้งแดมเปอร์



ภาพ 56 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขน
จากการปรับตำแหน่งของตัวแดมเปอร์ใน Arm 1st Sway Mode

จากผลการเปรียบเทียบค่าความถี่ธรรมชาติในภาพ 48, 52 และ 56 สามารถบอกได้ว่า การปรับตำแหน่งของตัวแฉกเพอร์ส่งผลให้ค่าความถี่ธรรมชาติของแขนจับหัวอ่าน/เขียนแบบหลายแขนเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 รูปแบบการสั่นสะเทือน กล่าวคือ ที่ตำแหน่ง D1 ค่าความถี่จะลดลง ส่วนที่ตำแหน่ง D2 ค่าความถี่ใกล้เคียงกับแขนอ่านปกติหรือลดลงเพียงเล็กน้อย และที่ตำแหน่ง D3 ค่าความถี่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความถี่ธรรมชาติของแขนอ่านปกติที่ไม่ติดตัวแฉกเพอร์ โดยของผลการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ธรรมชาติจะเป็นลักษณะนี้ทั้ง 3 รูปแบบของการสั่นสะเทือน และเป็นผลการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกันทั้งจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์และการวัดจริงโดยเครื่องแอลดีวี

