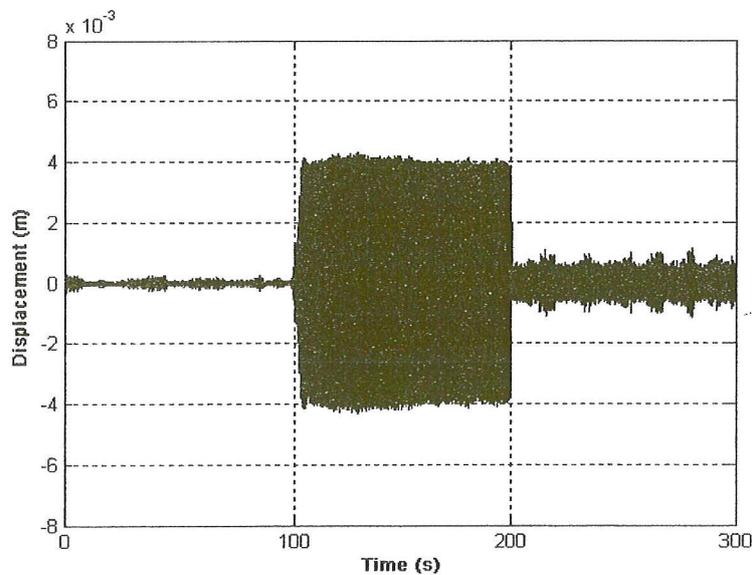


บทที่ 3 ผลการวิจัย

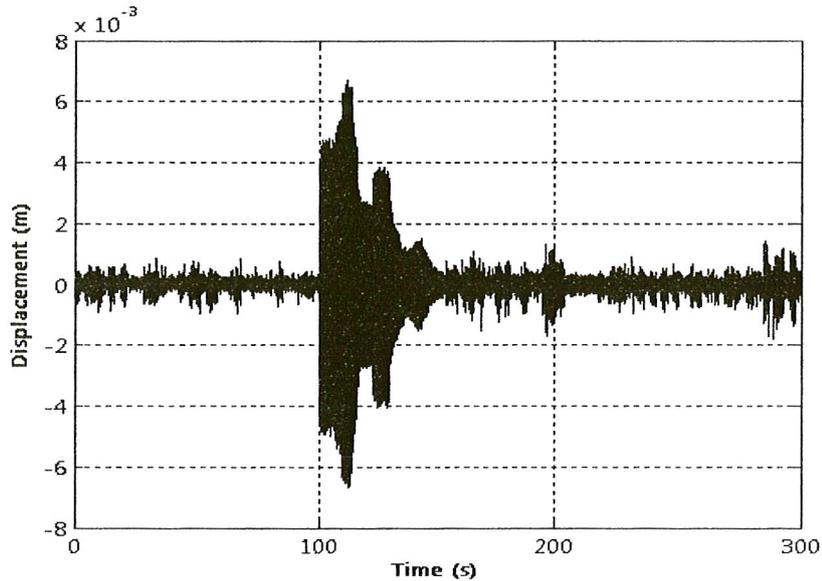
ตัวดูดซับการสั่นแบบตายตัว (passive absorber) โดยทั่วไปนั้นจะไม่สามารถปรับค่าได้ ดังนั้นตัวดูดซับการสั่นประเภทนี้จะถูกออกแบบให้ดูดซับการสั่นที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นความถี่วิกฤตของระบบ ในการทดลองตัวดูดซับการสั่นแบบตายตัวนี้ ซึ่งมีความถี่ที่ต้องการควบคุมการสั่นอยู่ที่ 94.24 rad/s ทดสอบกระตุ้นระบบด้วยแรงฮาร์โมนิกส์ที่เกิดจากการการหมุนที่ไม่สมดุล $A\sin(\omega t)$ โดยที่ $A=0.0002581\omega^2$ ซึ่งมีความถี่ (ω) เป็น 3 ช่วง ช่วงละ 100 วินาที คือ 94.24, 144.51 และ 125.66 rad/s ตามลำดับ ซึ่งผลการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นแบบตายตัวที่วัดได้นั้นจะสามารถดูดซับการสั่นได้ดีที่ความถี่ที่ออกแบบไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าขนาดการสั่นของคาน เมื่อถูกกระทำด้วยแรงฮาร์โมนิกส์ที่มีความถี่ 94.24 rad/s จะมีขนาดน้อยมาก เพราะเป็นความถี่ดูดซับ ส่วนความถี่อื่นของแรงที่กระทำ ตัวดูดซับการสั่นแบบตายตัวจะสามารถดูดซับการสั่นได้เพียงบางส่วน ขนาดการสั่นจึงมีมากขึ้น ในช่วงเวลา 100-200 วินาที ระบบถูกกระตุ้นด้วยความถี่ 144.51 rad/s จะเกิดการสั่นที่รุนแรงเนื่องจากเป็นความถี่ที่อยู่ใกล้ความถี่รีโซแนนซ์ (ความถี่รีโซแนนซ์ของระบบหลังจากติดตั้งตัวดูดซับการสั่นแบบตายตัว จะอยู่ที่ 149.54 และ 82.94 rad/s)



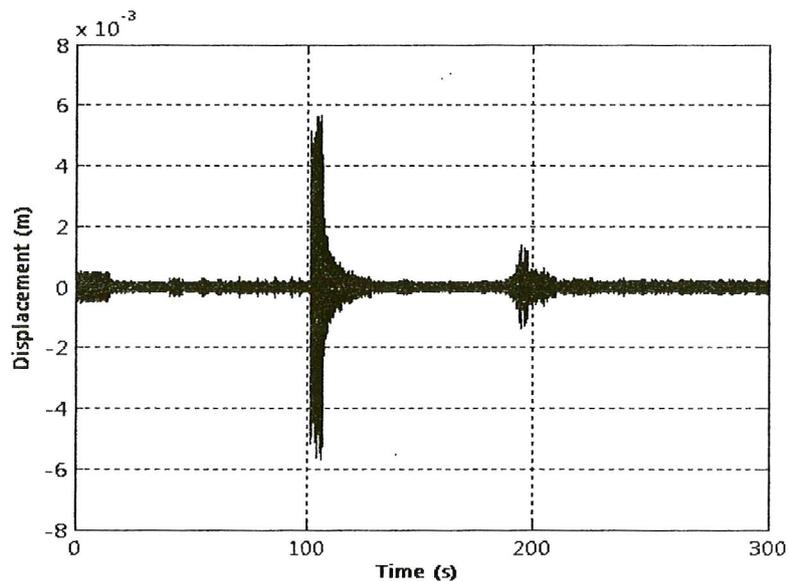
รูปที่ 3.1 แสดงผลการวัดขนาดการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นแบบตายตัว

สำหรับการทดลองตัวดูดซับการสั่นแบบปรับค่าได้ จะทำการเปรียบเทียบขนาดการสั่นของคานที่เกิดขึ้น ซึ่งมีตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับความถี่ดูดซับ และแบบควบคุมปรับตัวได้ในการควบคุมการทำงาน โดยใช้แรงกระตุ้นระบบที่มีลักษณะเดียวกับที่ใช้ทดสอบตัวดูด

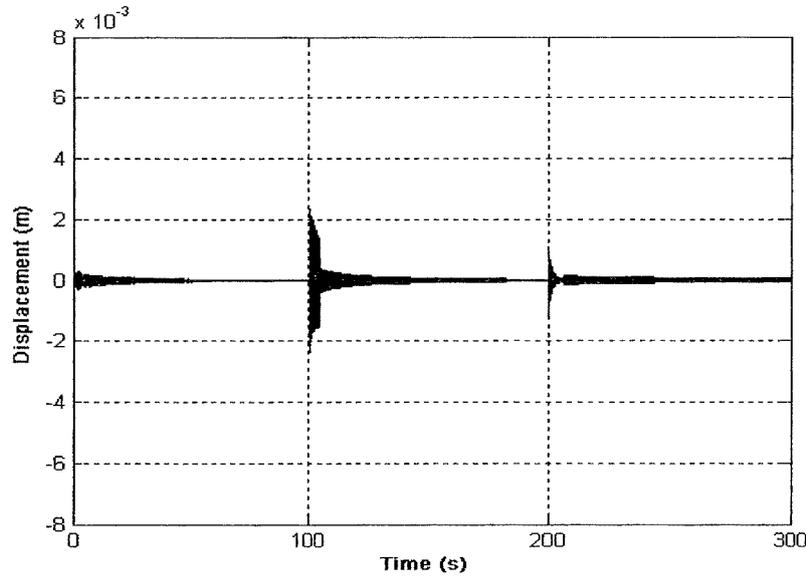
ชั้นการสั่นแบบตายตัว และกำหนดระยะห่างของมวลชั้นการสั่นถึงตัวชั้นการสั่นเริ่มต้นไว้ที่ 140 mm. (ค่าความแข็งสปริงเท่ากับ 4557 N/m) ซึ่งผลการทดลองของระบบที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับความถี่ดูดซับ และแบบปรับตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 และการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของระบบที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 แสดงผลการวัดขนาดการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับความถี่ดูดซับ



รูปที่ 3.3 แสดงผลการวัดขนาดการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวโดยวิธี gradient method ที่ได้จากการวัด



รูปที่ 3.4 แสดงขนาดการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัว โดยวิธี gradient method ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

ขนาดการสั่นของคานที่ได้จากการวัดจะเห็นว่า ระบบที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมทั้ง 2 แบบ สามารถดูดซับการสั่นให้ลดลงได้ โดยระบบที่ตัวดูดซับการสั่นที่ควบคุมด้วยอัลกอริทึมแบบปรับความถี่ดูดซับ จะมีการสั่นมากกว่า อันเนื่องมาจากระบบที่ใช้ในการทดลองนั้น ยังมีความถี่อื่นๆ เกิดขึ้นอีก เช่นความถี่ของการสั่นที่เกิดขึ้นในตลับลูกปืนที่จุดรองรับทั้ง 2 ข้างของคาน ซึ่งจะมีผลทำให้มวลดูดซับการสั่นไม่หยุดนิ่ง กล่าวคือ เมื่อตัวดูดซับการสั่นปรับค่าจนกระทั่งมีความถี่ดูดซับ (ω_a) เท่ากับความถี่ของแรง (ω_f) แล้วมวลดูดซับการสั่นจะยังคงมีการเคลื่อนที่ไป-มา สั่นๆ ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามตัวดูดซับการสั่นก็ยังคงยังการสั่นได้ดี ซึ่งค่าความแข็งสปริงที่ได้คือ 4802 N/m ที่ความถี่ 94.24 rad/s, 10090 N/m ที่ความถี่ 144.51 rad/s และ 9107 N/m ที่ความถี่ 125.66 rad/s ส่วนระบบที่ใช้ตัวดูดซับการสั่นที่ควบคุมด้วยอัลกอริทึมแบบปรับตัวได้สามารถลดขนาดการสั่นได้ ซึ่งค่าความแข็งสปริงที่ได้คือ 4311 N/m ที่ความถี่ 94.24 rad/s, 10213 N/m ที่ความถี่ 144.51 rad/s และ 8246 N/m ที่ความถี่ 125.66 rad/s ส่วนค่าความแข็งสปริงตามทฤษฎีสามารถหาได้จาก $k_a = 0.51764\omega^2$ เท่ากับ 4598 N/m ที่ความถี่ 94.24 rad/s, 10810 N/m ที่ 144.51 rad/s และ 8174 ที่ 125.66 rad/s ซึ่งผลที่ได้พบว่าระบบที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้จะปรับแต่งค่าความแข็งสปริงได้ใกล้เคียงกว่าระบบที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมปรับความถี่ดูดซับ และสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ สำหรับการทดสอบกับระบบจริงนั้นจะมีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความถี่ที่เกิดขึ้นในระบบไม่ใช่ความถี่เพียงความถี่เดียวอย่างแท้จริง รวมถึงสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ในขณะที่ทำการทดสอบ นอกจากนี้ยังมีความเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่ตัวดูดซับการสั่นมีการเคลื่อนที่ เป็นต้น

ผลที่ได้จากการวัดและการจำลองจึงมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการวัดกับผลจากการจำลองสถานการณ์จะใกล้เคียงกัน

โดยทั่วไปการสั่นในระบบทางกลที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นแบบไดนามิกส์ ซึ่งมีขนาดและความถี่ของแรงแม่เหล็กจะไม่คงที่ และมีลักษณะเป็นแรงที่มีหลายๆความถี่ผสมกันอยู่ ดังนั้นขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบระบบที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นด้วยแรงฮาร์โมนิกส์ที่มีขนาดและความถี่แตกต่างกันพร้อมกันคือ

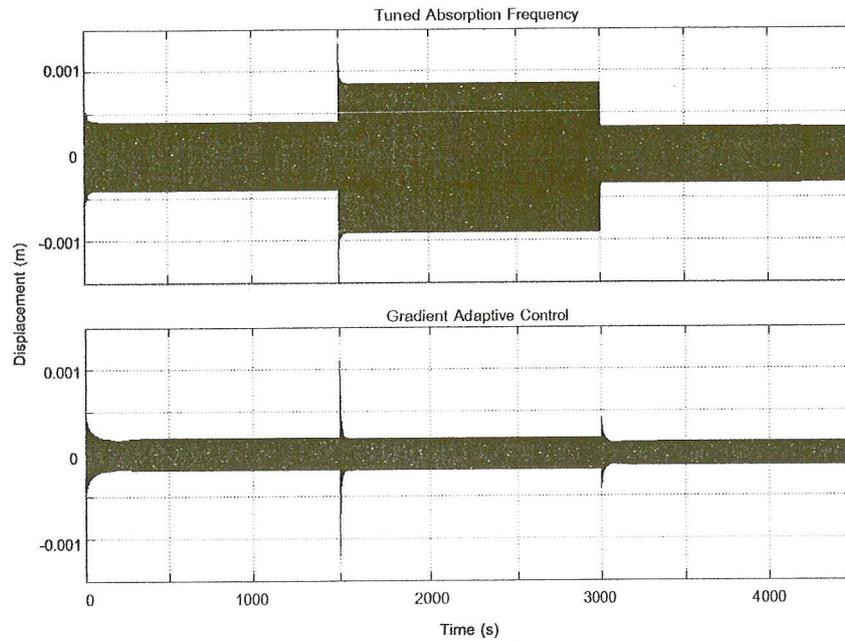
$$F(t) = 4.50\sin(251t) + 3.38\sin(188t) + 1.66\sin(132t) + 2.81\sin(63t) + A \cdot \sin(\omega t)$$

โดยที่ $A = 0.0002581\omega^2$ คือขนาดของแรง และมีการเปลี่ยนแปลงความถี่เป็น 3 ช่วง คือ 94.24, 144.51 และ 125.66 rad/s ตามลำดับ

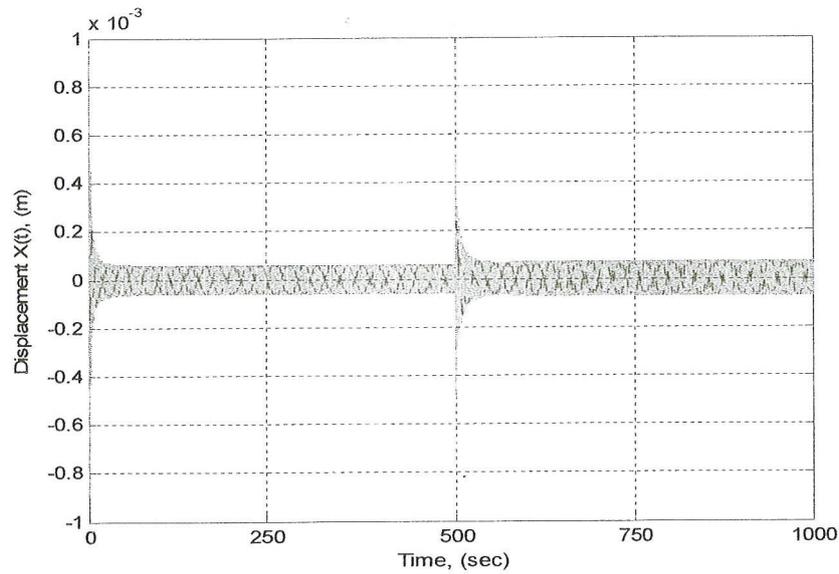
สำหรับการทดสอบดังกล่าวนี้ ในการทดลองของเราไม่สามารถทำได้เพราะแรงฮาร์โมนิกส์ที่ได้จะมีเพียงขนาดและความถี่เดียว ดังนั้นเราจะทำการทดสอบโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB แทน พิจารณากรณีหนึ่งที่หนึ่งผลการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับความถี่ดูดซับ ในช่วงแรกจะมีค่าความแข็งสปริงคือ 5436 N/m ในช่วงที่สอง 5671 N/m และในช่วงที่สาม 5564 N/m ดังแสดงในรูปที่ 3.5 a). ซึ่งผลของการสั่นอันเนื่องมาจากแรงฮาร์โมนิกส์ดังกล่าวนี้ยังไม่ดีพอเพียง ทั้งนี้เพราะเกณฑ์ในการปรับค่าของอัลกอริทึมควบคุมแบบนี้ จะทำการปรับความถี่ดูดซับให้เท่ากับความถี่ของแรง แต่แรงที่กระทำต่อระบบมีหลายความถี่ ดังนั้นการเลือกค่าความแข็งสปริง (เลือกความถี่ดูดซับ) ให้เท่ากับความถี่ของแรงฮาร์โมนิกส์ดังกล่าวจึงไม่สามารถกระทำได้ดี

ในกรณีที่สองพิจารณาระบบที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ จะทำการคำนวณและเลือกค่าความแข็งสปริงที่เหมาะสมต่อแรงฮาร์โมนิกส์ต่างๆที่กระทำต่อระบบ การดูดซับการสั่นของตัวดูดซับจึงมีประสิทธิภาพดี ดังนั้นขนาดการสั่นของคานจึงเกิดขึ้นน้อย ซึ่งในช่วงแรกจะมีค่าความแข็งสปริงคือ 4786 N/m ในช่วงที่สอง 10366 N/m และในช่วงที่สาม 7859 N/m ดังแสดงในรูปที่ 3.5 b).

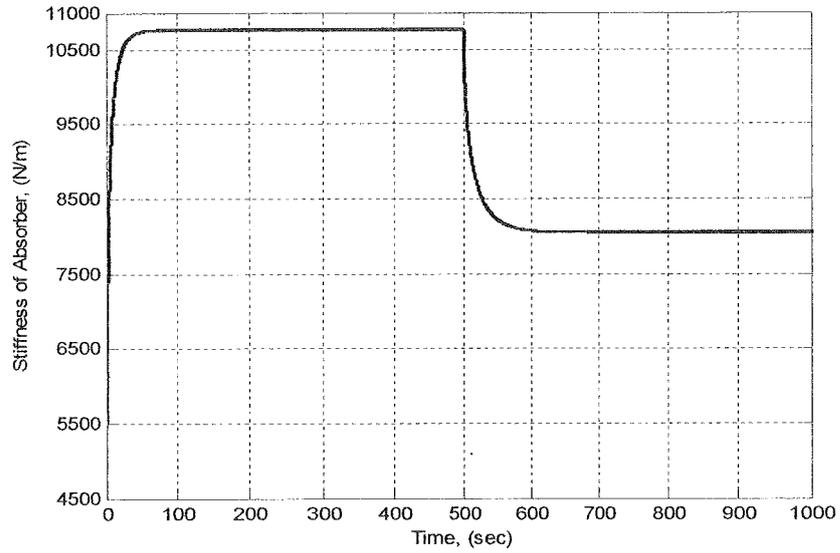
ส่วนการทดลองในการทดสอบอัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ gradient method และ Lyapunov's direct method โดยมีขนาดแรงที่กระทำเริ่มต้น $2.29\sin(94.24t) + 5.38\sin(144.51t)$ N เมื่อเวลาผ่านไป 500 sec เปลี่ยนเป็น $4.07\sin(125.66t)$ ซึ่งผลการสั่นที่ปรับค่าความแข็งสปริงที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ gradient method ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ 3.7 และอัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ Lyapunov's direct method ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และ 3.9 โดยมีการปรับค่าความแข็งสปริงในช่วงที่หนึ่งได้ 10660 N/m และในช่วงที่สองมีค่าความแข็งของสปริงเท่ากับ 7905 N/m



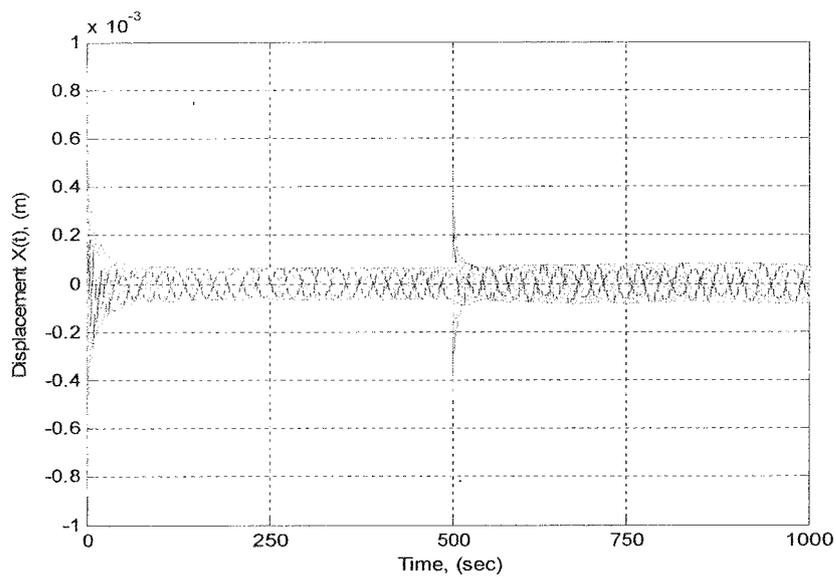
รูปที่ 3.5 แสดงผลการจำลองขนาดการสั่นของคานาที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุม (a)แบบปรับความถี่ดูดซับ (b)แบบปรับตัวได้



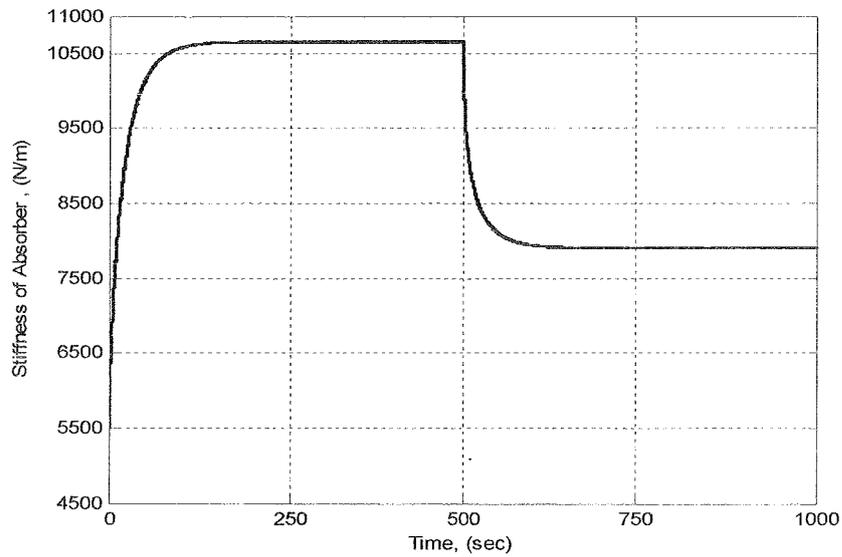
รูปที่ 3.6 แสดงผลการจำลองขนาดการสั่นของคานาที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ gradient method



รูปที่ 3.7 แสดงผลการปรับค่าความแข็งของสปริง โดยอัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ gradient method



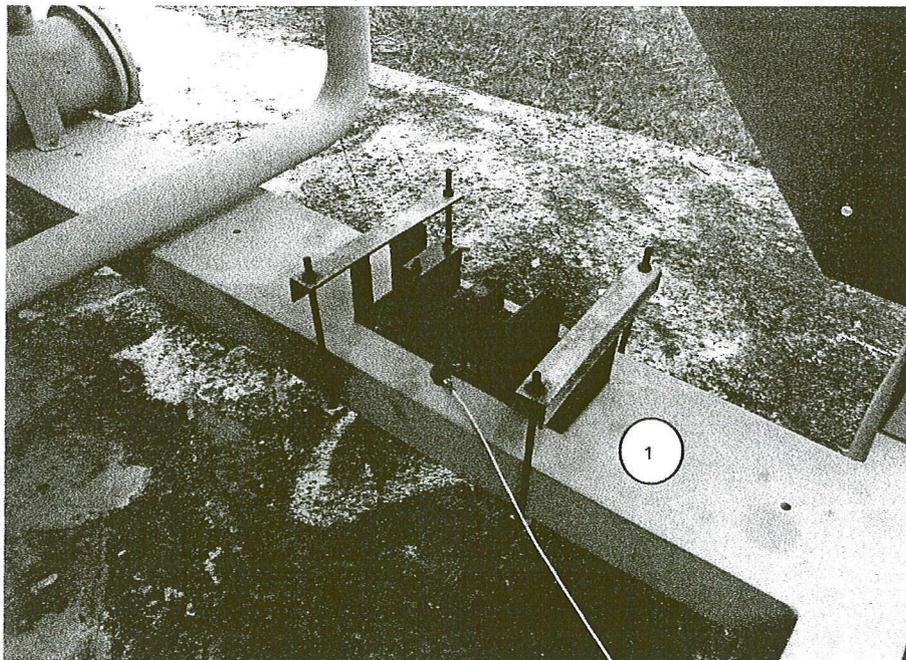
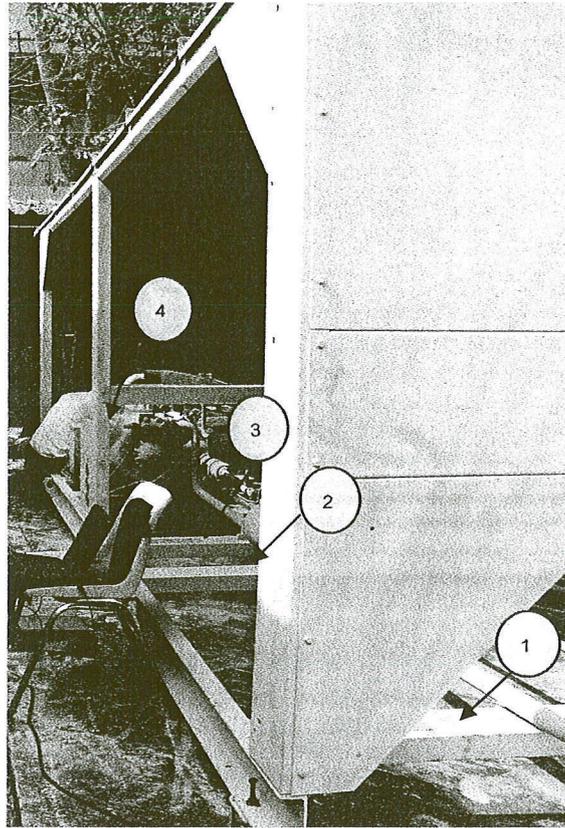
รูปที่ 3.8 แสดงผลการจำลองขนาดการสั่นของคานที่ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นที่ใช้อัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้ Lyapunov's direct method



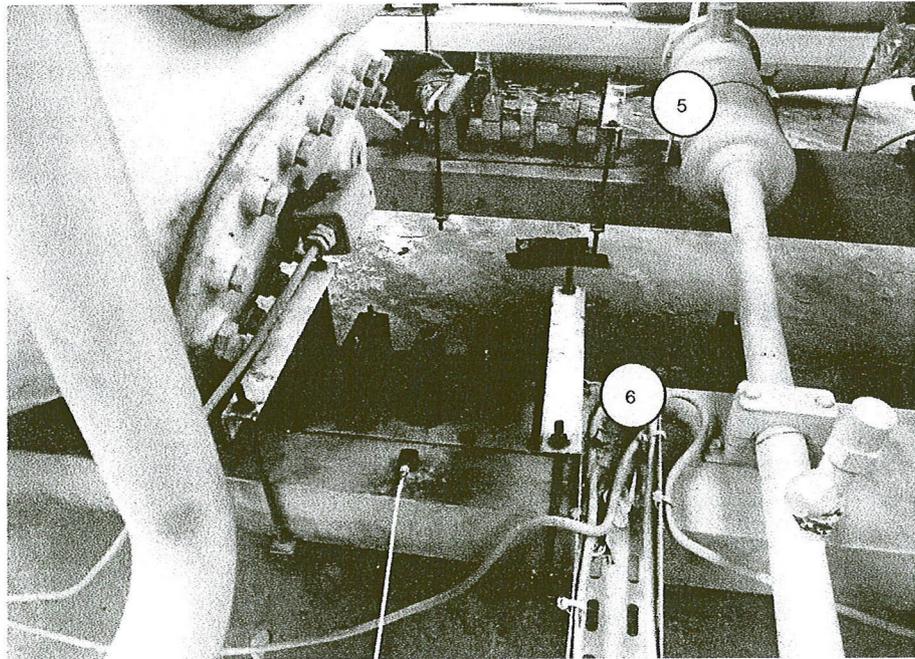
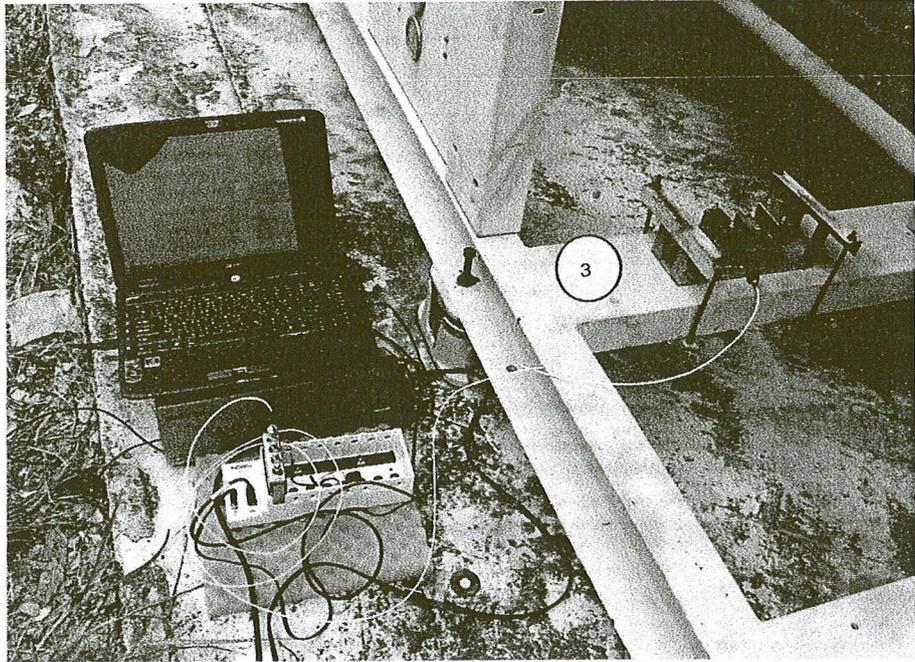
รูปที่ 3.9 แสดงผลการปรับค่าความแข็งของสปริง โดยอัลกอริทึมควบคุมแบบปรับตัวได้
Lypuanov's direct method

3.1 ผลการทดลอง

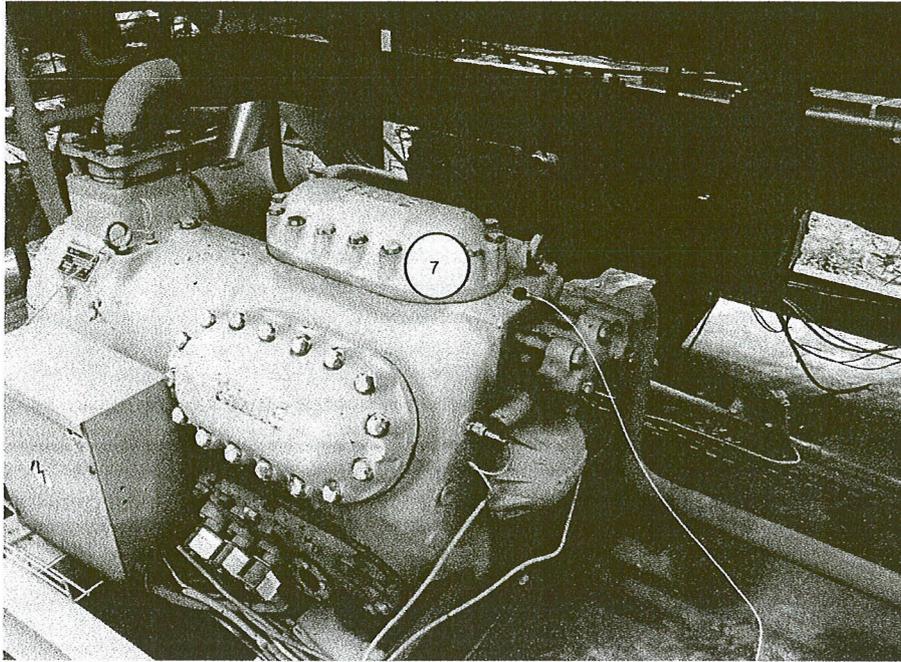
ในการทดลองติดตั้งตัวควบคุมการชั่งกับซิลเลอร์ ที่อาคารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 7 ตำแหน่ง พร้อมเครื่องมือวัดการสั่นดังแสดงในรูป 3.10 – 3.12 ผลการวัดการสั่นแสดงค่า ความเร่ง ความเร็วและการกระจัดของซิลเลอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้งตัวควบคุมการ สั่นที่ได้ปรับค่าความแข็งของสปริงบน โดเมนความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 – 3.33



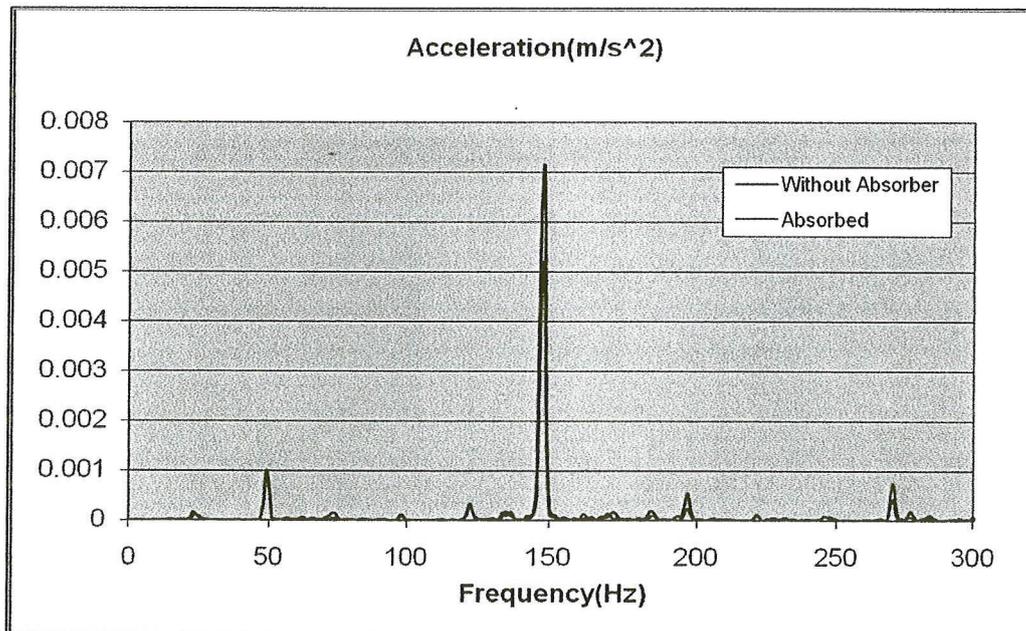
รูป 3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวดูดซับการสั่น 1-4 พร้อมอุปกรณ์วัดการสั่น ที่ซิลิโคน ณ อาคารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



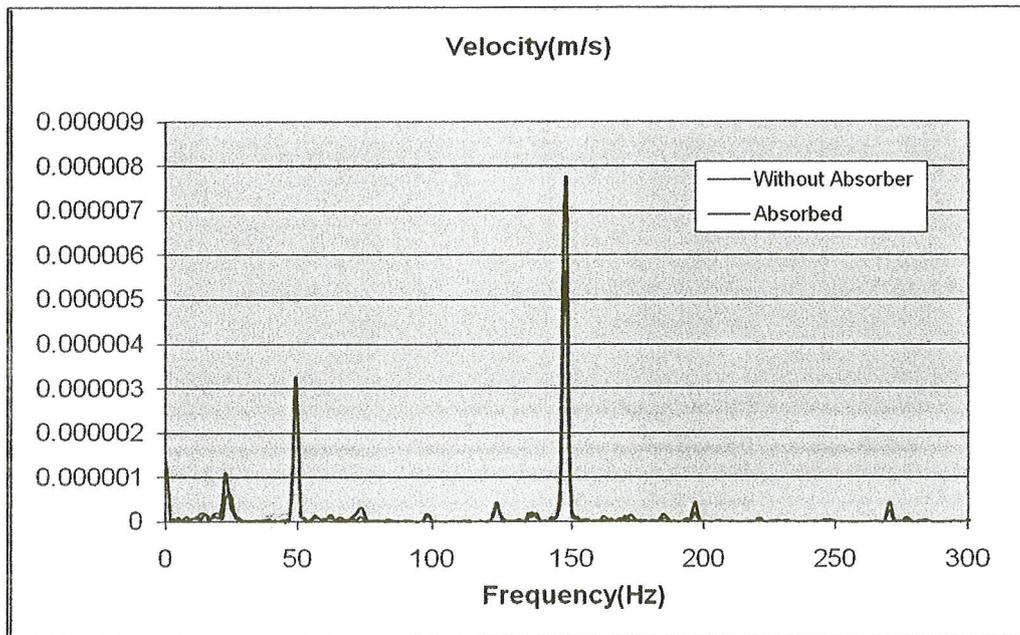
รูป 3.11 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวจุดชับการสั่น5-6 พร้อมอุปกรณ์วัดการสั่น ที่ซิลเลอร์ ณ อาคารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



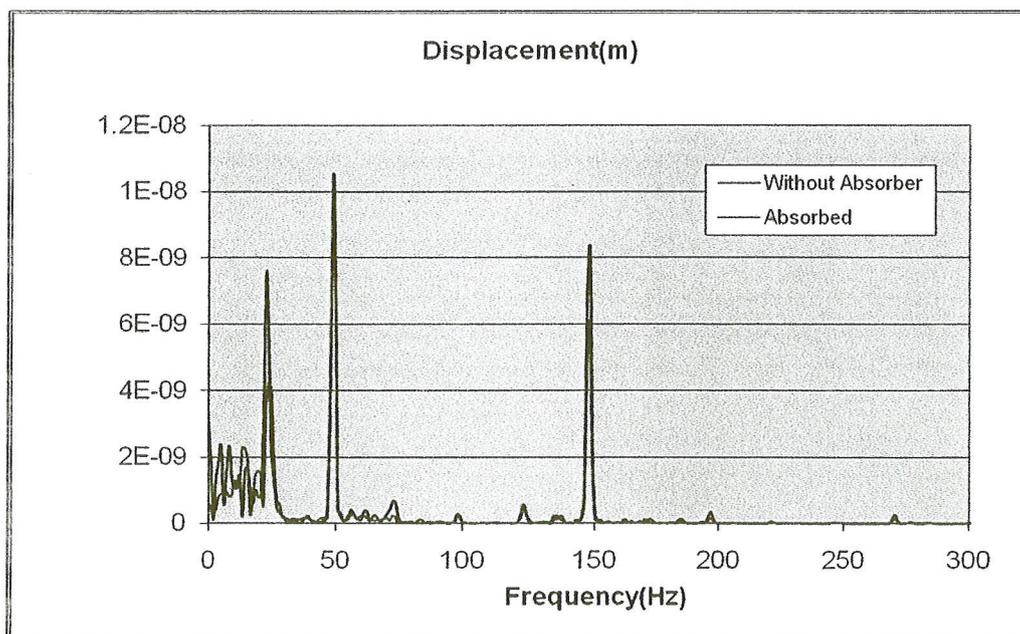
รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวดูดซับการสั่น 7 พร้อมอุปกรณ์วัดการสั่น ที่ซิลเลอร် ณ อาคารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



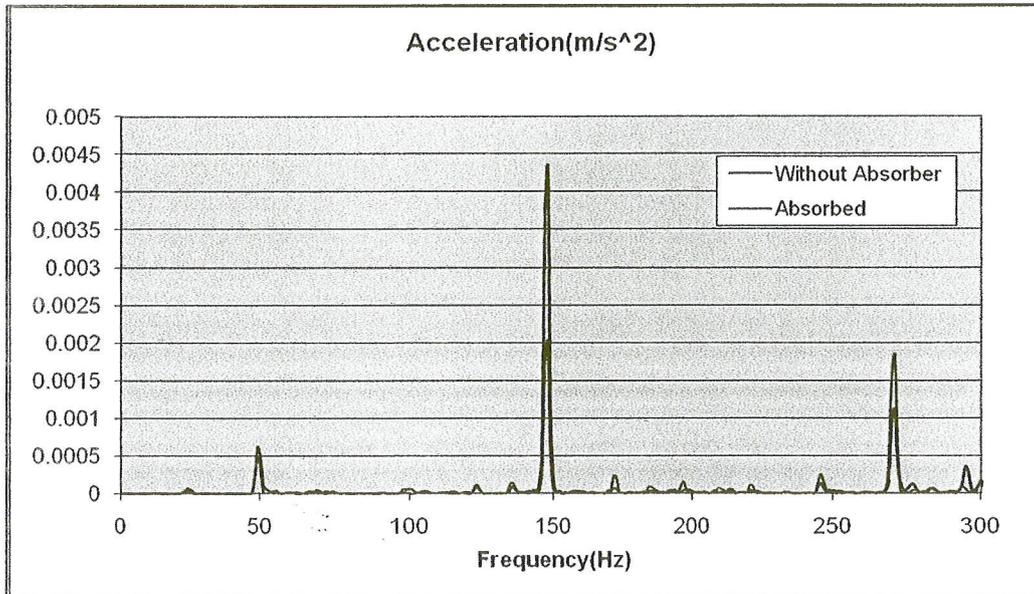
รูปที่ 3.13 แสดงแอมพลิจูดของความเร่งก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 1



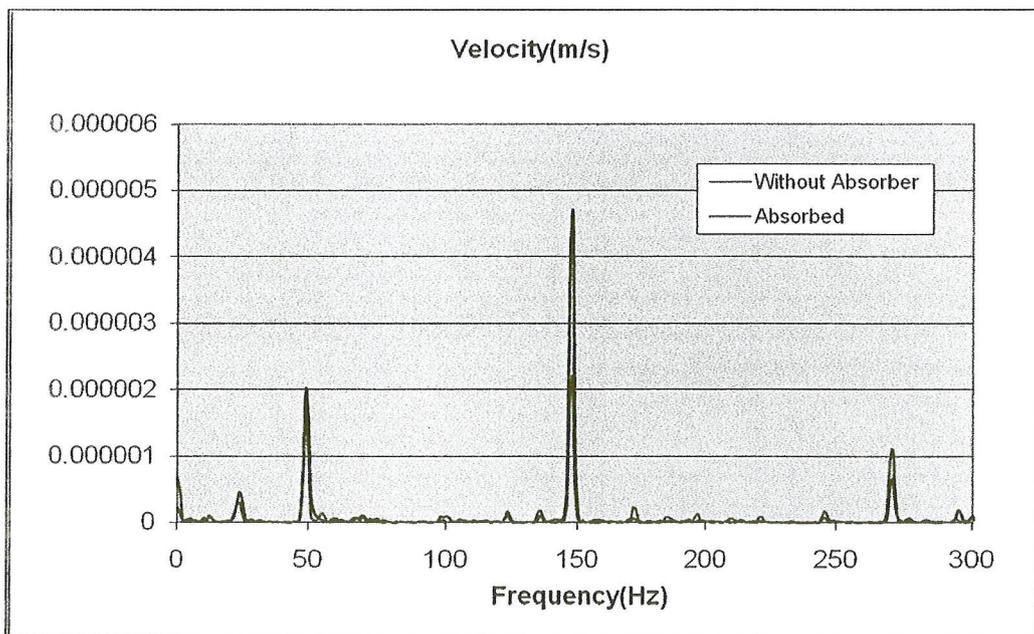
รูปที่ 3.14 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 1



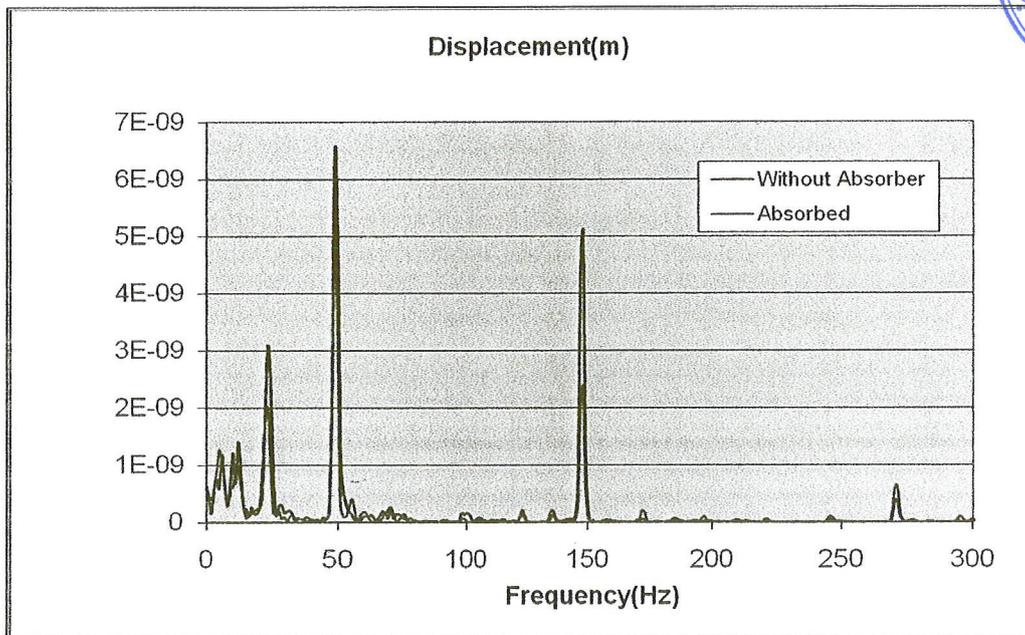
รูปที่ 3.15 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 1



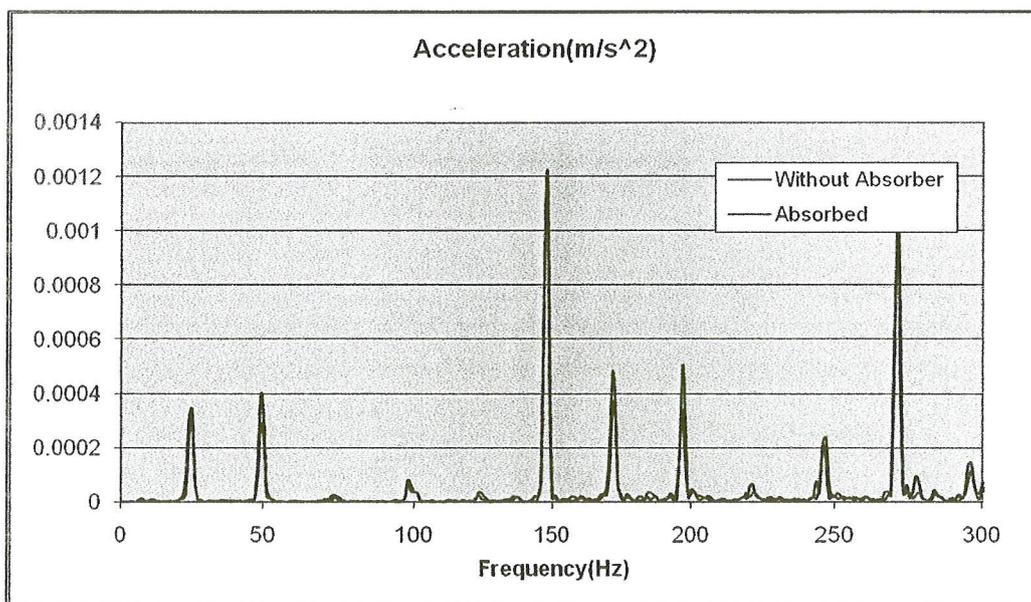
รูปที่ 3.16 แสดงแอมพลิจูดของความเร่งก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 2



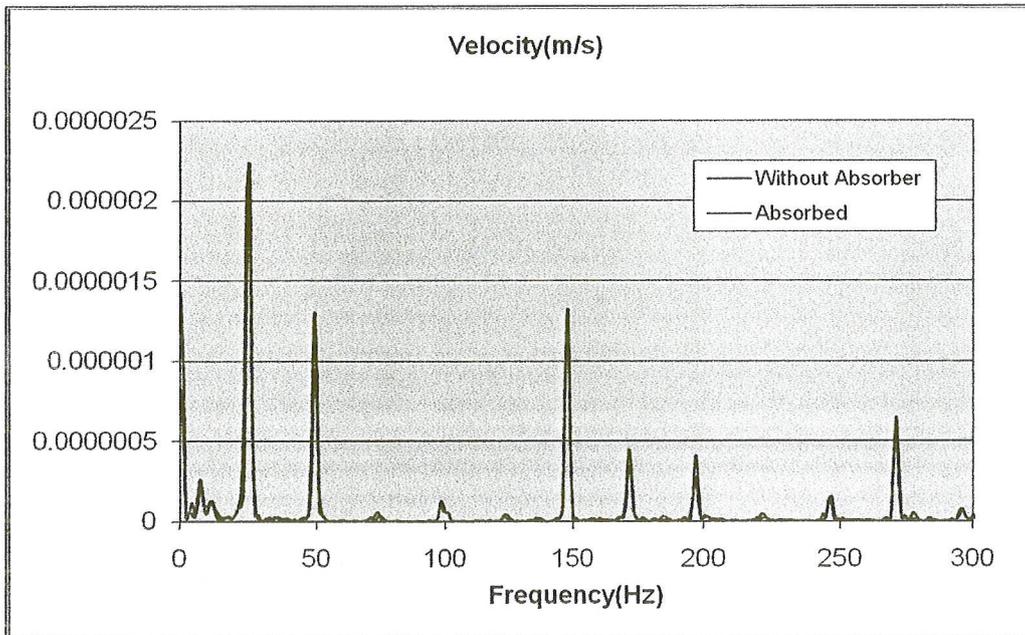
รูปที่ 3.17 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 2



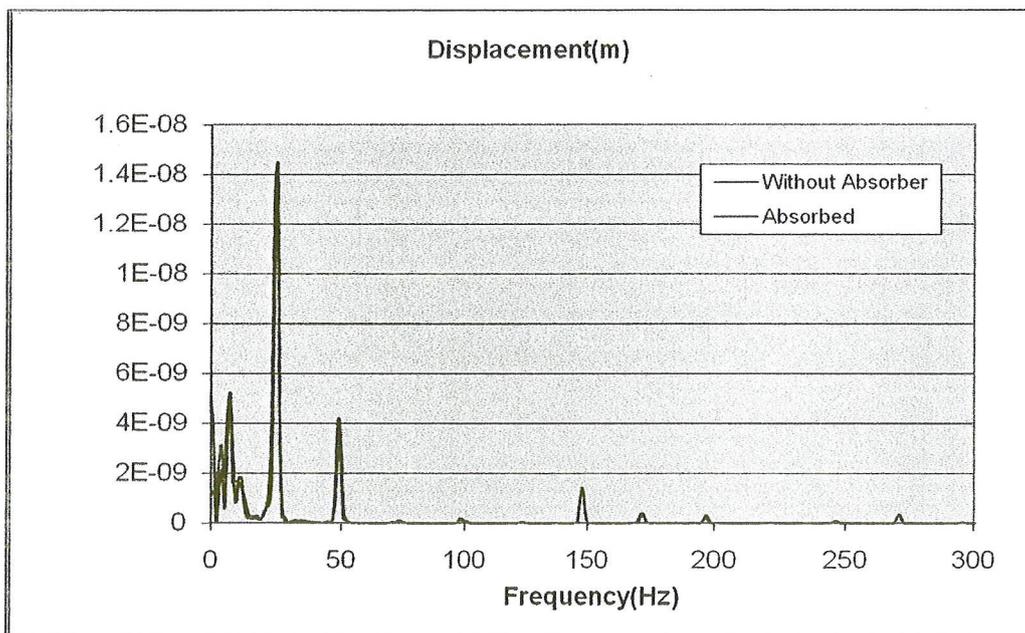
รูปที่ 3.18 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 2



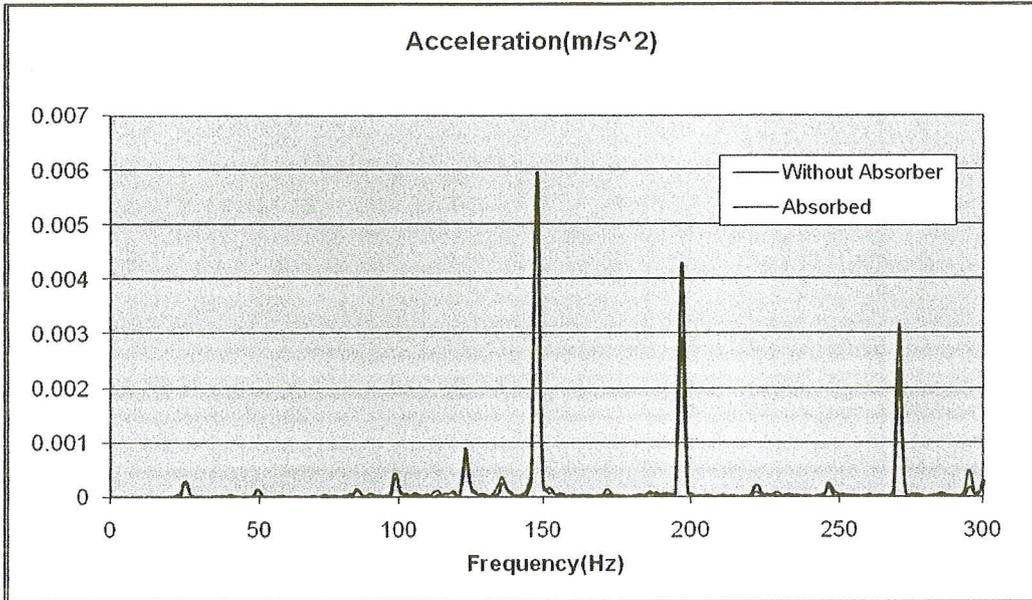
รูปที่ 3.19 แสดงแอมพลิจูดของความเร่งก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 3



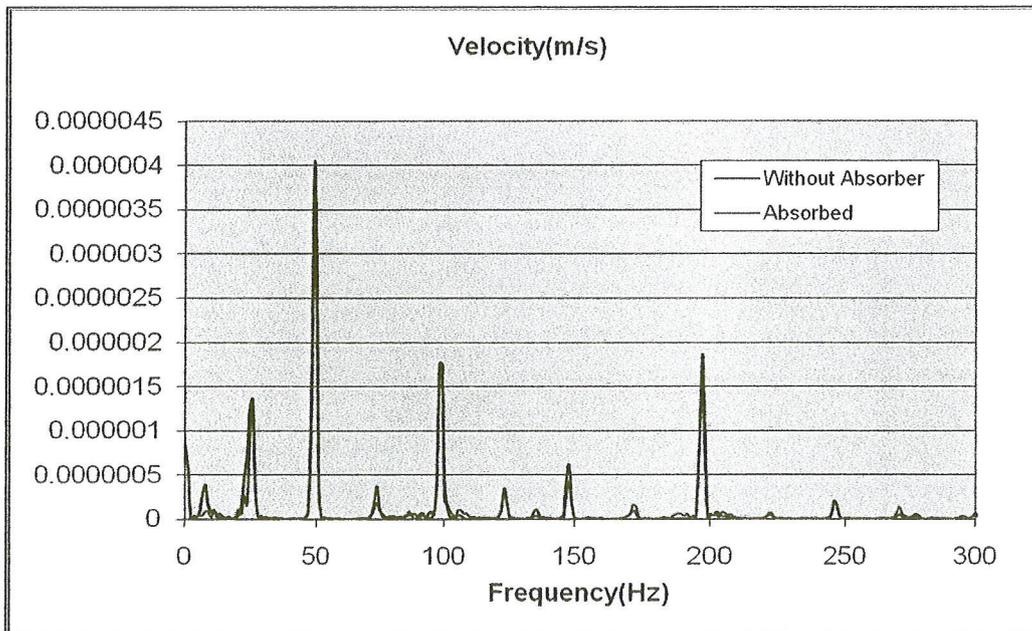
รูปที่ 3.20 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 3



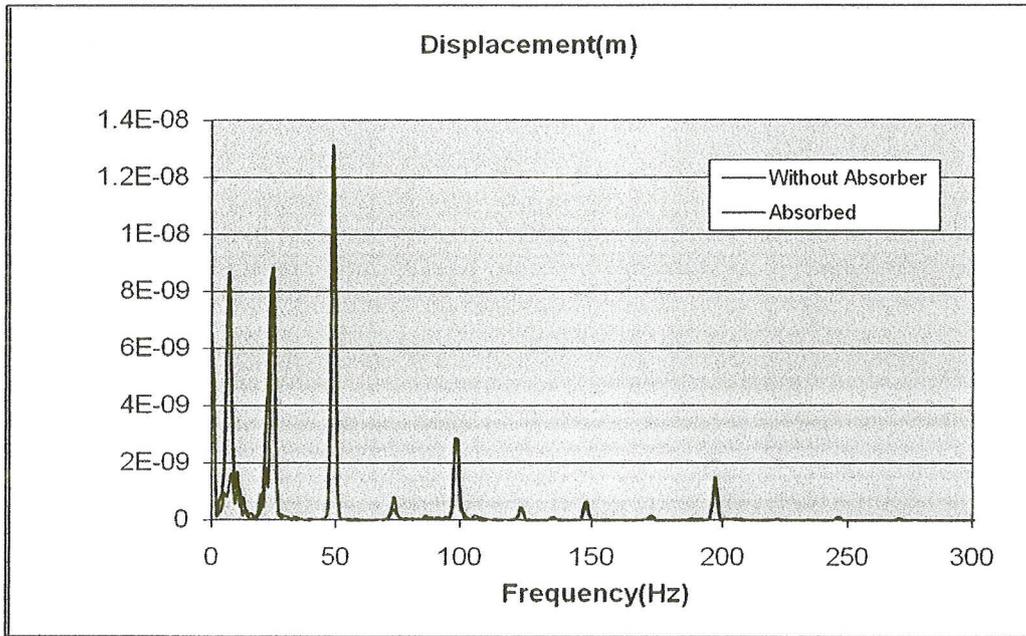
รูปที่ 3.21 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 3



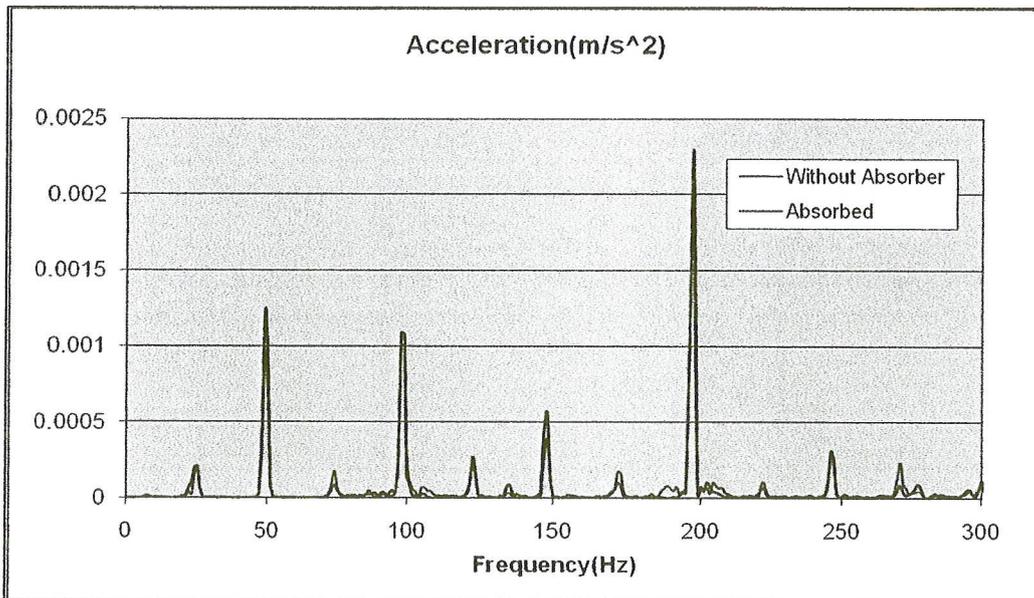
รูปที่ 3.22 แสดงแอมพลิจูดของความเร่งก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 4



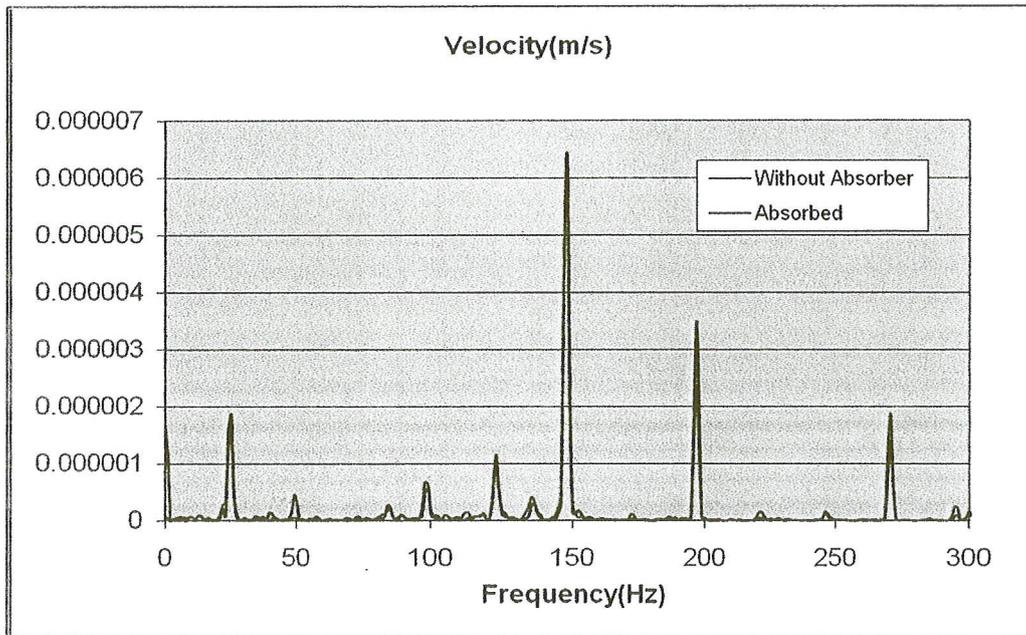
รูปที่ 3.23 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 4



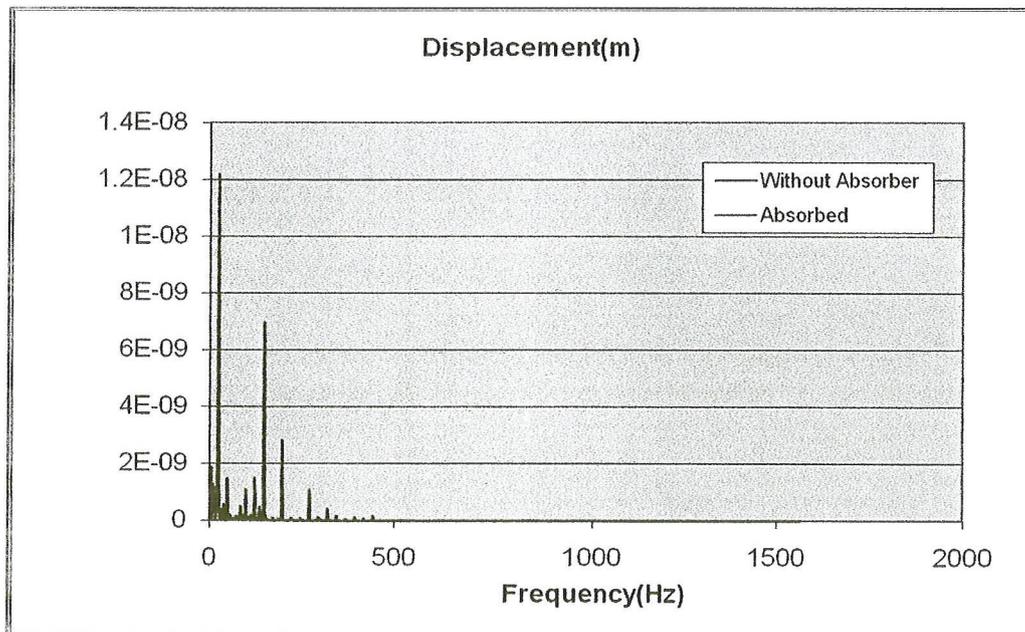
รูปที่ 3.24 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 4



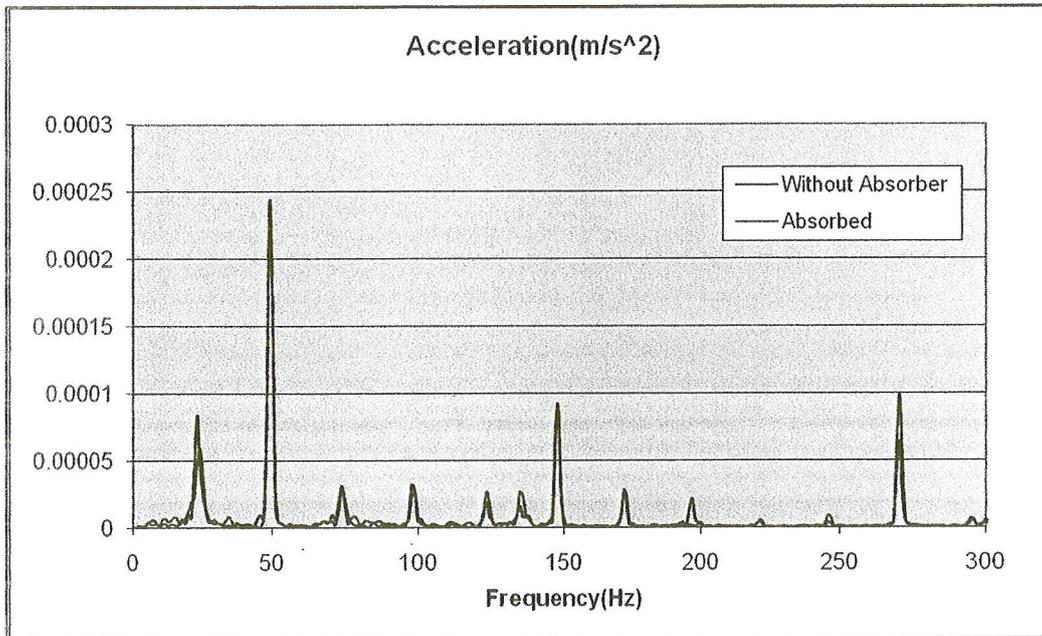
รูปที่ 3.25 แสดงแอมพลิจูดของความเร่ง ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 5



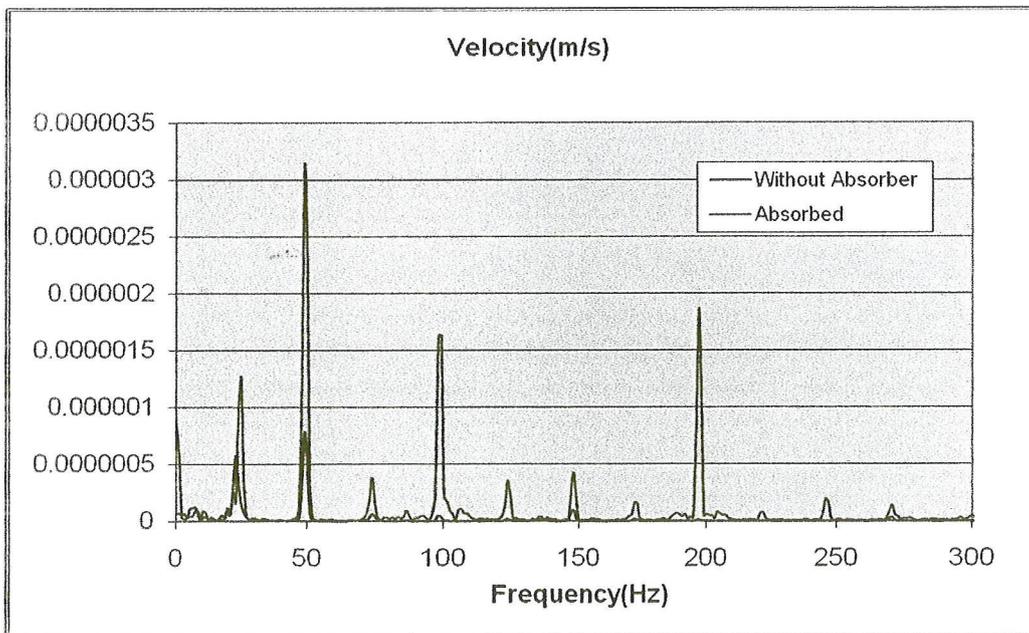
รูปที่ 3.26 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 5



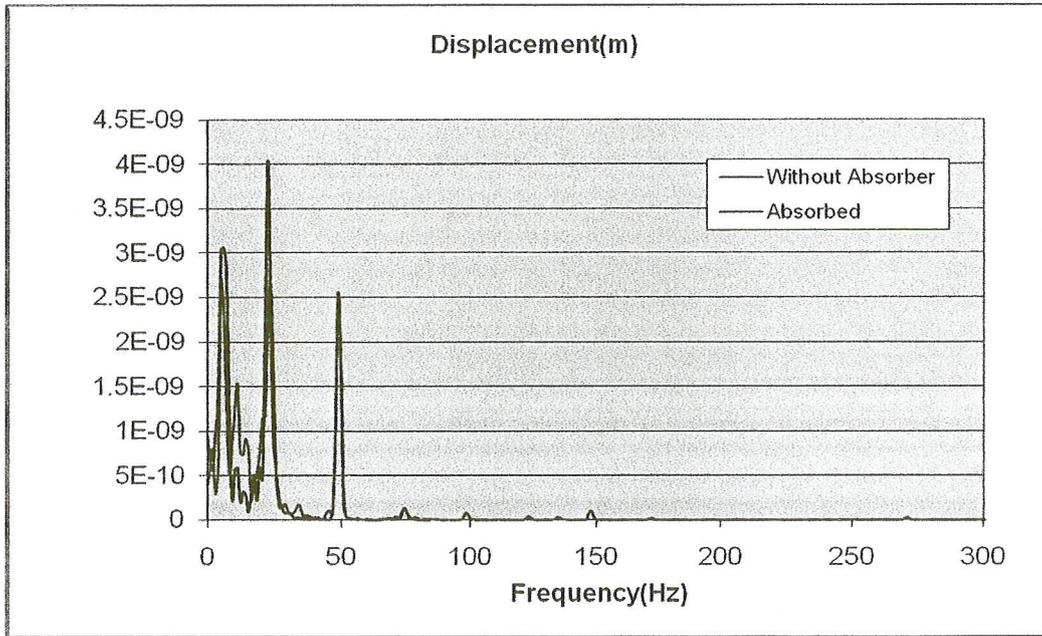
รูปที่ 3.27 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 5



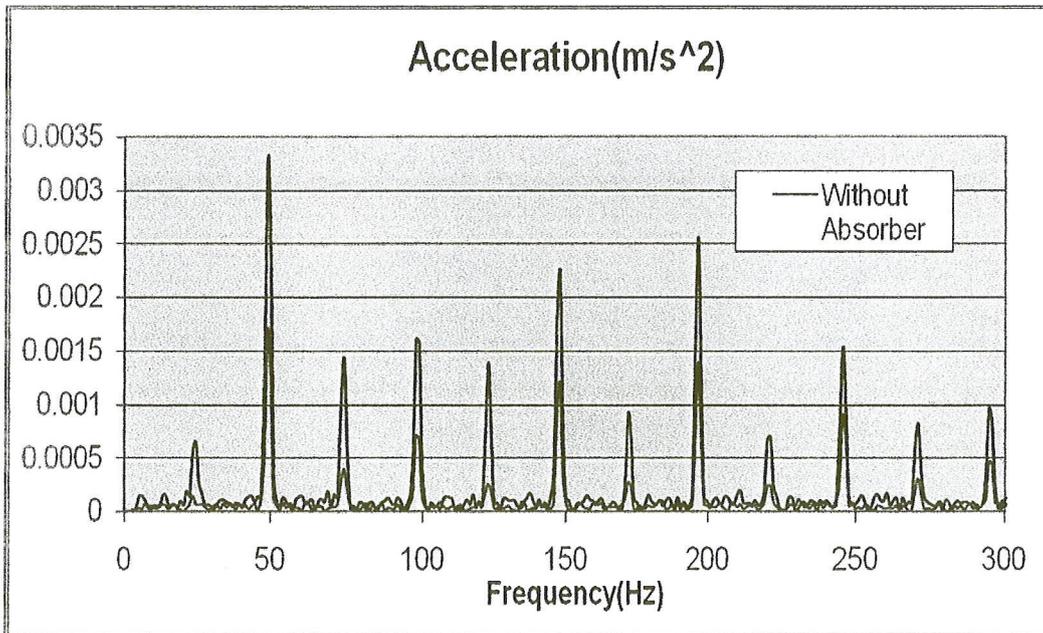
รูปที่ 3.28 แสดงแอมพลิจูดของความเร่ง ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 6



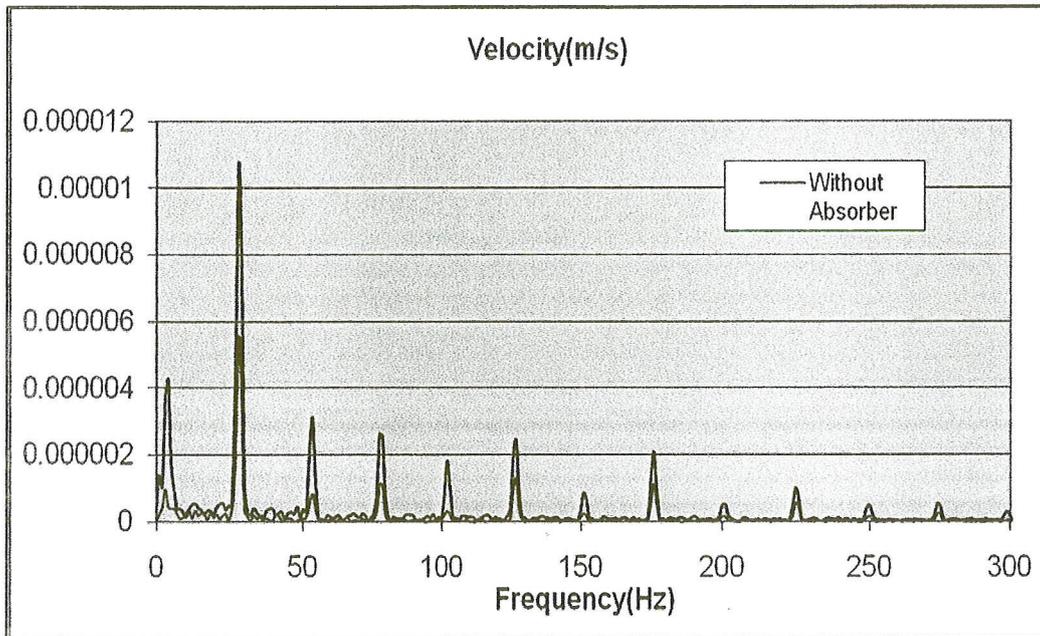
รูปที่ 3.29 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 6



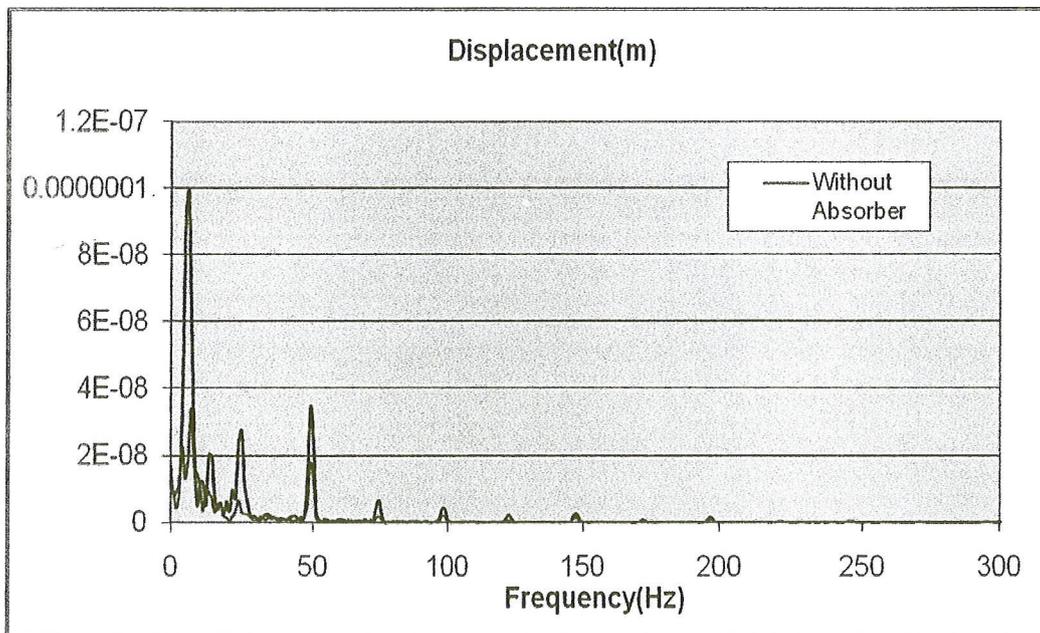
รูปที่ 3.30 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 6



รูปที่ 3.31 แสดงแอมพลิจูดของความเร่ง ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 7



รูปที่ 3.32 แสดงแอมพลิจูดของความเร็วก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 7



รูปที่ 3.33 แสดงแอมพลิจูดของการกระจัด ก่อนและหลังการติดตั้งตัวดูดซับ ณ ตำแหน่งที่ 7