

**การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลดการสั่นไหวของโครงสร้างระหว่างการไ้ระบบ  
มวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟกับการไ้ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบแชนิแอกทีฟภายใต้  
แรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลม**

การศึกษาในบทนี้จะทำการเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของระบบควบคุมทั้งสองระบบเมื่อทำการติดตั้งเข้ากับโครงสร้างเช่นเดียวกับการศึกษาในบทที่ 4 แต่แรงกระทำต่อโครงสร้างที่ใช้ในบทนี้จะใช้แรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลมที่ได้มาจากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมในประเทศออสเตรเลีย และในบทนี้ยังทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้ระบบที่มีหลายระดับชั้นความเร็วด้วย เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างที่รับแรงลมระหว่างการจำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับความถี่ความเร็วกับการจำลองโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเร็ว

เนื่องจากแรงลมที่ได้จากการเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมนั้นประกอบด้วยแอมพลิจูดของความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้าง ( $f_s$ ) มีค่าค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับแอมพลิจูดของความถี่ในช่วงอื่น ๆ โดยที่มีความถี่ส่วนใหญ่ประมาณ 0.156 เท่าของความถี่หลักของโครงสร้าง ( $\text{Wind @ } 0.156f_s$ ) ทำให้การศึกษาประสิทธิภาพของระบบมวลห้วงนั้นอาจแสดงให้เห็นได้ไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นจึงทำการศึกษาแรงลมเพิ่มขึ้นอีกแรงลมหนึ่ง โดยแรงลมที่กล่าวมานั้นได้มาจากการปรับแรงลมที่ได้มาจากเพิ่มข้อมูลให้ได้แรงลมที่ประกอบด้วยแอมพลิจูดของความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้างมากที่สุด ( $\text{Wind @ } \sim f_s$ ) ดังนั้นในการศึกษาในบทนี้จึงทำการศึกษาภายใต้แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง ใน 2 ลักษณะ ดังที่กล่าวมาข้างต้น

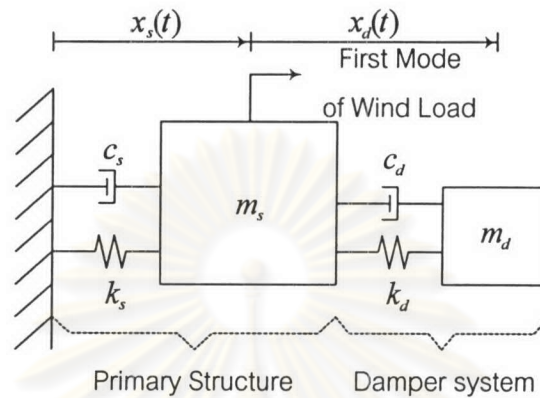
การศึกษาในบทนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์โครงสร้างโดยจำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเร็วเดียว และการวิเคราะห์โครงสร้างโดยจำลองโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเร็ว

**5.1 การวิเคราะห์หาผลตอบสนองของโครงสร้างโดยจำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเร็ว  
เดียว**

การศึกษาในส่วนนี้จะเหมือนกับการศึกษาในบทที่ 4 แต่จะต่างที่แรงที่กระทำต่อโครงสร้างจะเปลี่ยนจากแรงฮาร์โมนิกเป็นแรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลม ซึ่งจะทำการศึกษาโดยใช้แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง 2 ลักษณะ ดังนี้

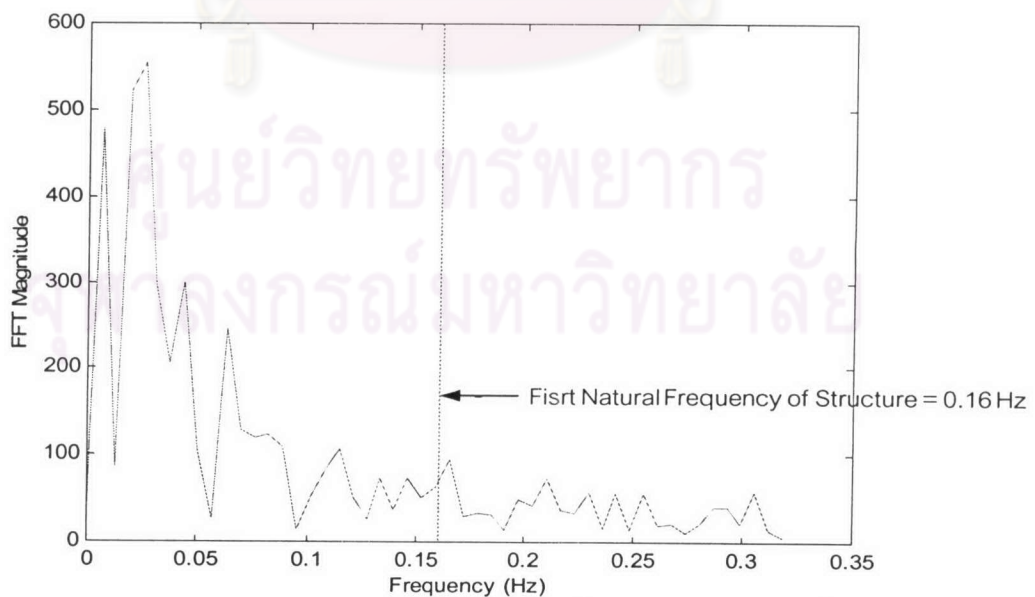
### 5.1.1 กรณีที่โครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ได้มานั้นจะประกอบด้วยแรงที่กระทำต่ออาคารจำนวน 23 ชั้น จากทั้งหมด 76 ชั้น เป็นเวลา 300 วินาที ซึ่งเก็บเป็นชุดข้อมูลจำนวน 1958 ค่า ทำการเปลี่ยนแรงลมดังกล่าวให้เป็นแรงลมในโหมดแรกกระทำต่อโครงสร้างดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 รูปแสดงแบบจำลองโครงสร้างที่ติดตั้งระบบมวลหน่วงรับแรงลมโหมดแรกที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

จากที่กล่าวมาข้างต้นว่า แรงลมที่ได้จากการเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมนั้นประกอบด้วยแอมพลิจูดของความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้างมีค่าค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับแอมพลิจูดของความถี่ในช่วงอื่น ๆ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ในที่นี้ได้ทำการสร้างกราฟแสดงขนาดแอมพลิจูดของความถี่ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นแรงลมที่ได้จากการเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม ดังแสดงในรูปที่ 5.2

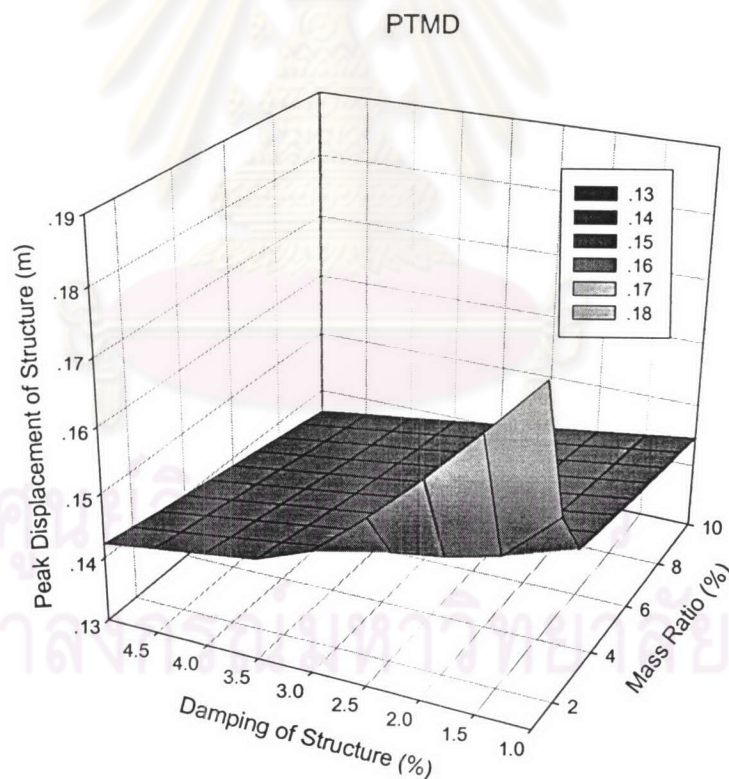


รูปที่ 5.2 กราฟแสดงขนาดแอมพลิจูดของความถี่ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

ค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวในระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบ  
 เซมิแอกทีฟที่ใช้ในกรณีที่กำลังเป็นระดับชั้นความเร็วเดียวกันนั้น จะใช้ค่าเดียวกันกับกรณีที่  
 โครงสร้างรับแรงกระทำเป็นแบบฮาร์โมนิก เนื่องจากไม่สามารถทราบได้ก่อนว่าแรงลมจริงที่เข้ามา  
 กระทำต่ออาคารนั้น ประกอบด้วยความถี่ของแรงลมเท่าใดบ้าง ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าเมตริกซ์  
 น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้วในบทที่ 4 ด้วยเหตุผลที่ว่า  
 ค่าเมตริกซ์ดังกล่าวนั้น เป็นค่าที่ทำให้ค่าระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างในแต่ละความถี่โดยรวมมี  
 ค่าน้อยสุด ซึ่งสามารถครอบคลุมแรงลมที่เข้ามากระทำต่อโครงสร้างที่มีลักษณะที่ไม่แน่นอนได้

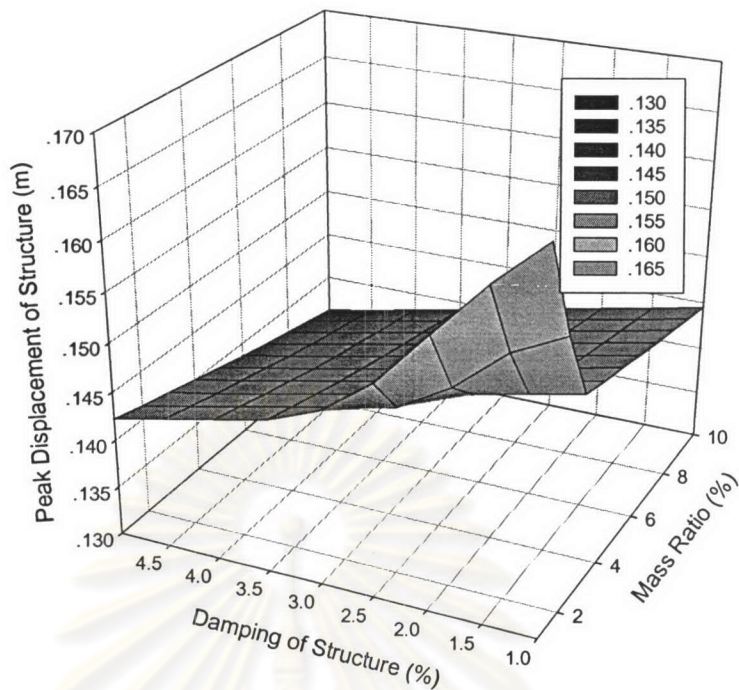
จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข สามารถนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระยะการเคลื่อนที่ของ  
 โครงสร้าง เมื่อค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและค่าอัตราส่วนความหน่วงของ  
 โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสองที่ได้จากระบบควบคุมทั้งสองระบบ

เมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่เกิดขึ้น จะสามารถสร้างกราฟได้ดัง  
 รูปที่ 5.3 5.4 และ 5.5

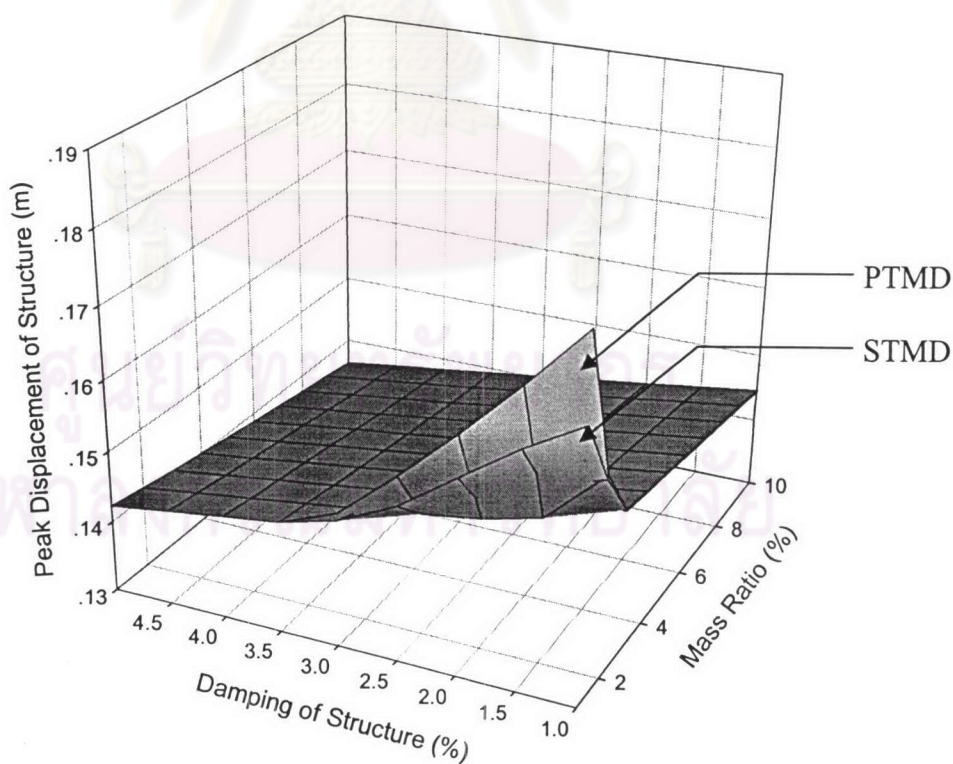


รูปที่ 5.3 กราฟแสดงระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่า  
 แบบแพสซีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

## STMD



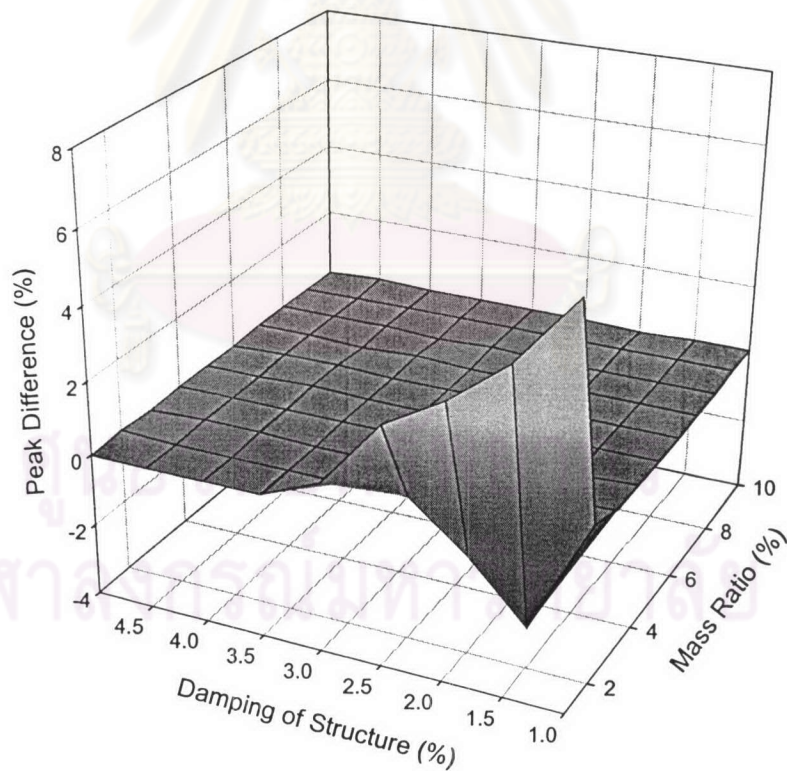
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

จากกราฟที่ได้ จะเห็นได้ว่า ทั้งสองระบบควบคุมจะมีแนวโน้มของกราฟที่เหมือนกัน โดยที่เมื่อค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างเพิ่มขึ้นระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างก็จะลดลง เช่นเดียวกันกับเมื่ออัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเพิ่มขึ้นระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างก็จะลดลงเช่นกัน แต่เมื่อนำผลที่ได้จากทั้งสองระบบ มาเปรียบเทียบกันแล้ว จะเห็นได้ว่าระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างของระบบมวลหน่วงทั้งสองระบบ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างในกรณีของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟจะมีค่าน้อยกว่าในกรณีของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟอย่างเห็นได้ชัด ในกรณีที่ความหน่วงของโครงสร้างและค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างที่มีค่าน้อย ๆ เท่านั้น

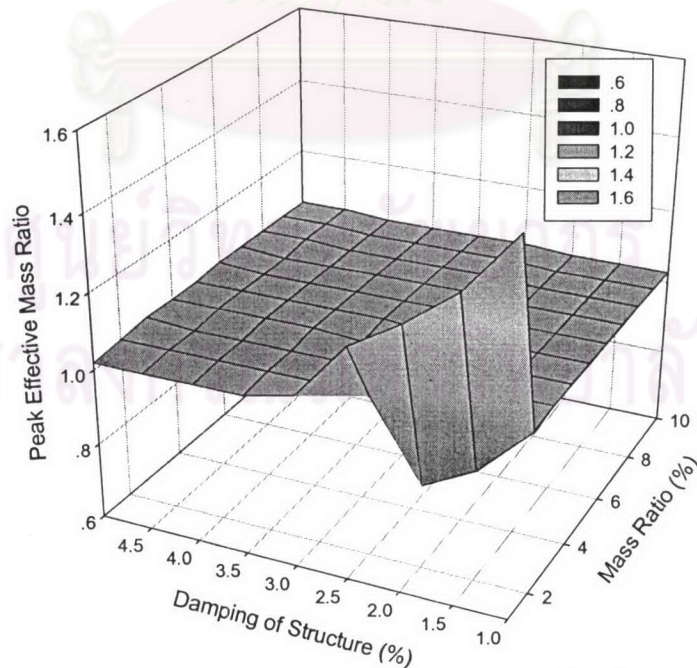
เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟได้ดียิ่งขึ้น จึงทำการสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ ดังรูปที่ 5.6 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณจากสมการที่ (4.3)



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟสามารถลดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างเมื่อเทียบกับระบบมวลห้วงปรับค่าแบบพาสซีฟได้ดีแคในกรณีที่อัตราส่วนของมวลห้วงต่อมวลของโครงสร้างและอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างมีค่าน้อย และจะลดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้แก่กว่าในบางกรณีดังรูป ส่วนในกรณีอื่น ๆ ซึ่งเป็นกรณีที่ส่วนใหญ่ ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟจะสามารถลดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ใกล้เคียงกับระบบมวลห้วงปรับค่าแบบพาสซีฟ โดยจะเห็นได้ว่า ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟสามารถลดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ประมาณ -3 ถึง 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลห้วงปรับค่าแบบพาสซีฟ โดยที่เครื่องหมายลบหมายถึง กรณีที่ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟลดระยะการเคลื่อนที่ได้น้อยกว่าระบบมวลห้วงปรับค่าแบบพาสซีฟ

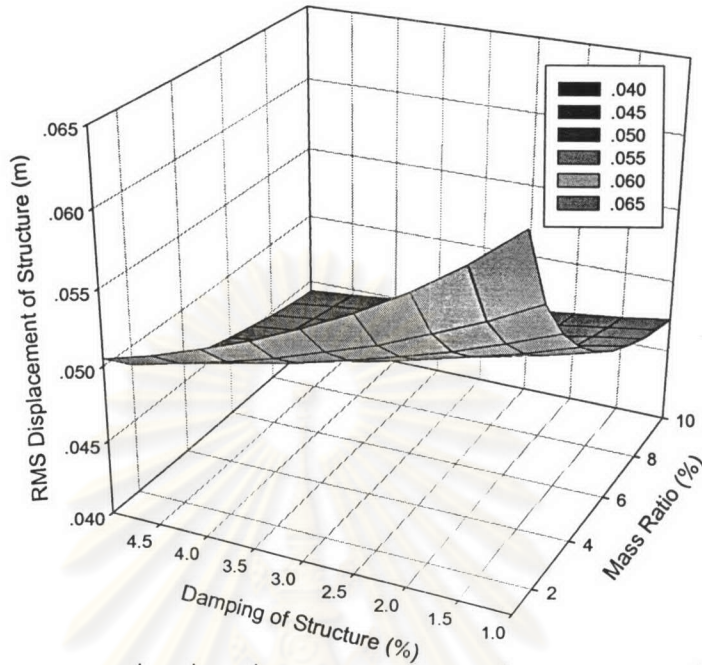
อีกนัยหนึ่ง สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟกับระบบมวลห้วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ได้โดยการหาอัตราส่วนมวลประสิทธิผล ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าว หาได้จากการเปลี่ยนแปลงขนาดมวลห้วงในระบบพาสซีฟ จนค่าที่ได้จากระบบพาสซีฟมีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากระบบเซมิแอกทีฟ โดยจำนวนเท่าของขนาดมวลที่ทำการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมนั้น ก็จะเป็นอัตราส่วนมวลประสิทธิผลนั่นเอง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลห้วงทั้งสองผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิผลแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.7 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลห้วงประมาณ 0.8 ถึง 1.5 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

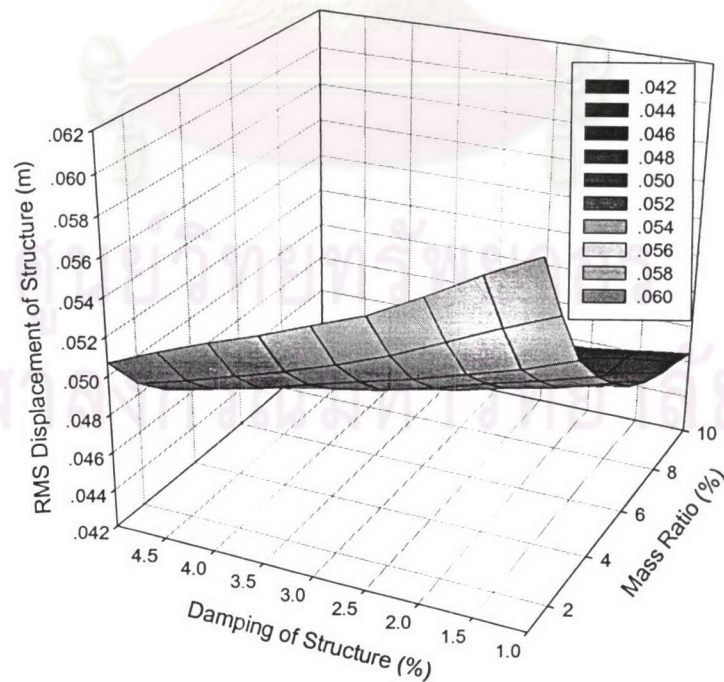
และเมื่อพิจารณาระยะเวลาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่เกิดขึ้น  
จะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.8 5.9 และ 5.10

PTMD

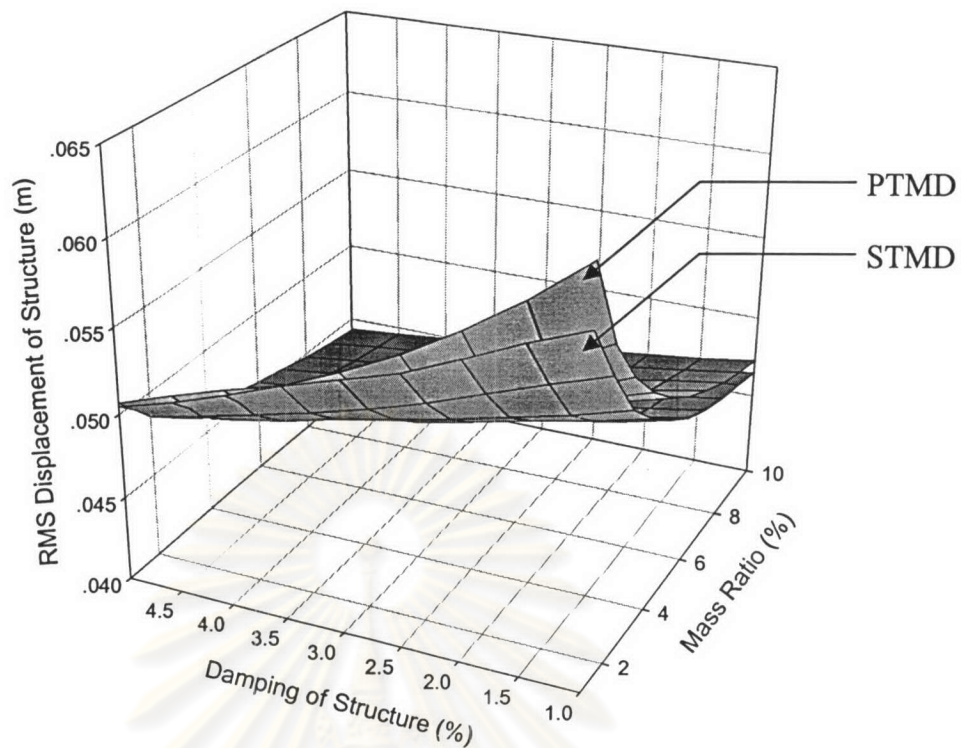


รูปที่ 5.8 กราฟแสดงระยะเวลาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบ  
มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

STMD



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงระยะเวลาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบ  
มวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

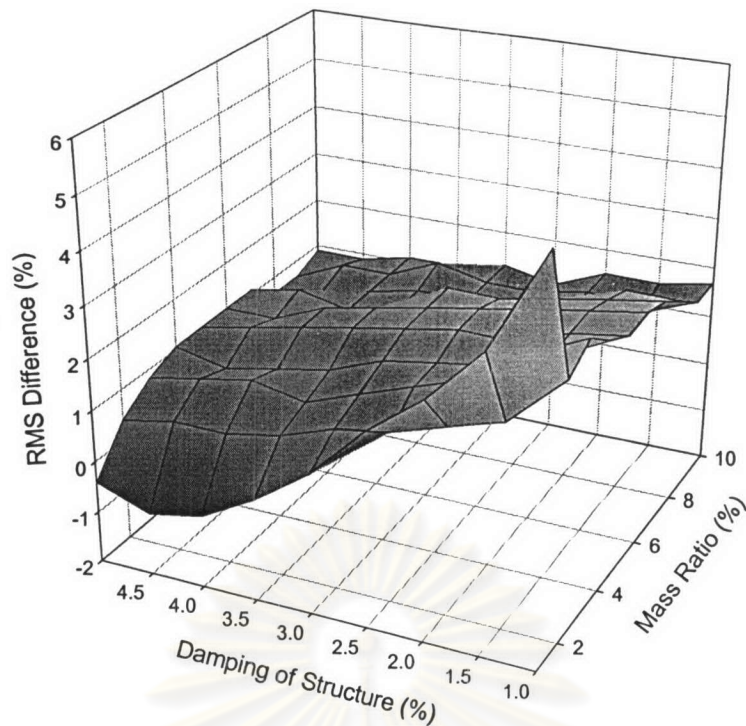


รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

จากกราฟ แนวโน้มของกราฟทั้งสองระบบ จะมีลักษณะเหมือนกัน และเหมือนกับกรณีที่ทำการศึกษาจากระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้าง และเมื่อนำผลที่ได้จากทั้งสองระบบ มาเปรียบเทียบกันแล้ว จะเห็นได้ว่าระยะการเคลื่อนที่รากที่สองกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างของระบบมวลหน่วงทั้งสองระบบ มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทุก ๆ ค่าความหน่วงของโครงสร้างและค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้าง

เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟได้ดียิ่งขึ้น จึงทำการสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังรูปที่ 5.11 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณได้ในทำนองเดียวกับสมการที่ (4.3)



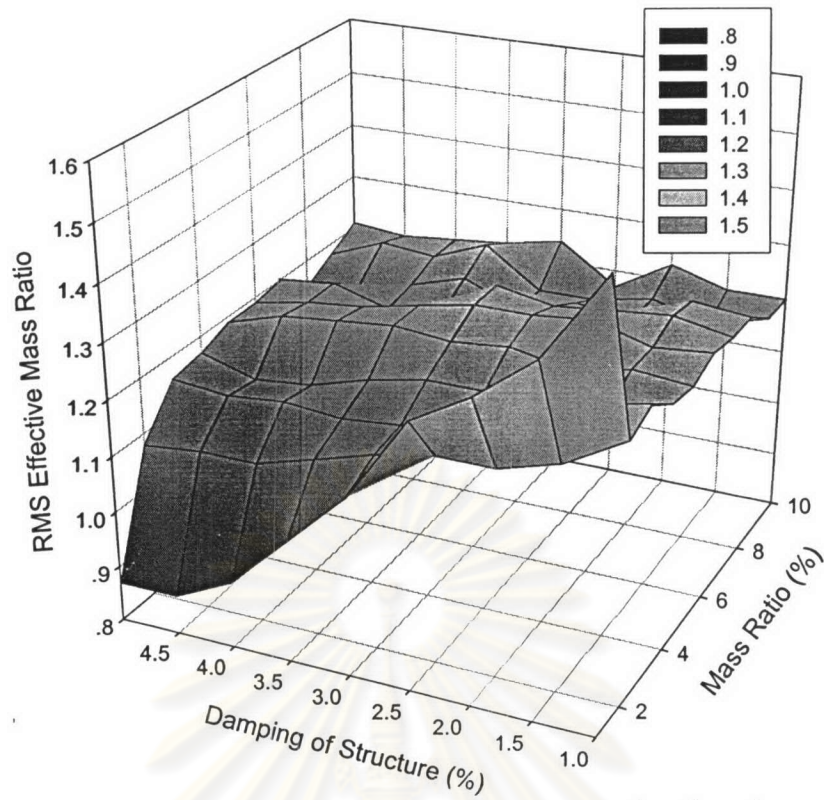


รูปที่ 5.11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟสามารถลดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ เช่นเดียวกับกรณีที่พิจารณาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างโดยจะเห็นได้ว่า ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟสามารถลดระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างได้ประมาณ -1 ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ

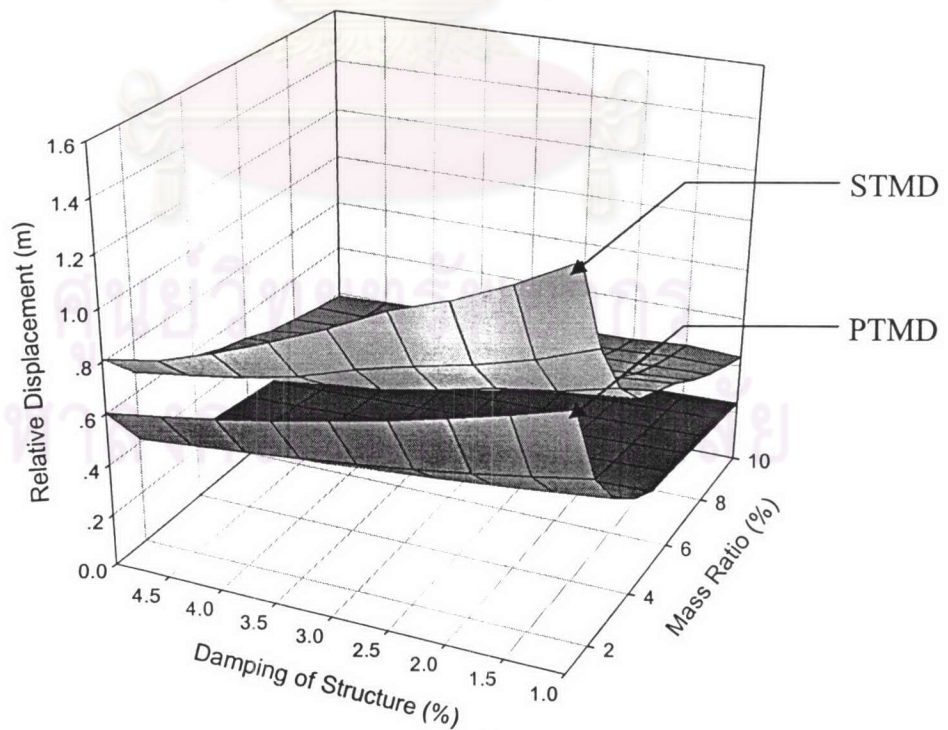
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิผลแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.12 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลหน่วงประมาณ 0.9 ถึง 1.6 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน

จากระยะการเคลื่อนที่ของทั้งสองระบบ ทั้งระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างและระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้าง แสดงให้เห็นว่าโดยส่วนใหญ่ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบ เคมีแอกทีฟควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างได้ใกล้เคียงกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ซึ่งเมื่อดูจากกราฟเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดสัมพัทธ์ของระบบมวลหน่วงและระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยสัมพัทธ์ของระบบมวลหน่วง ดังรูปที่ 5.13 และ 5.14 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟมีการสั่นไหวมากกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟนั้นไม่มากกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ แม้ว่าจะมีการสั่นไหวของระบบมวลหน่วงที่มากกว่าก็ตาม



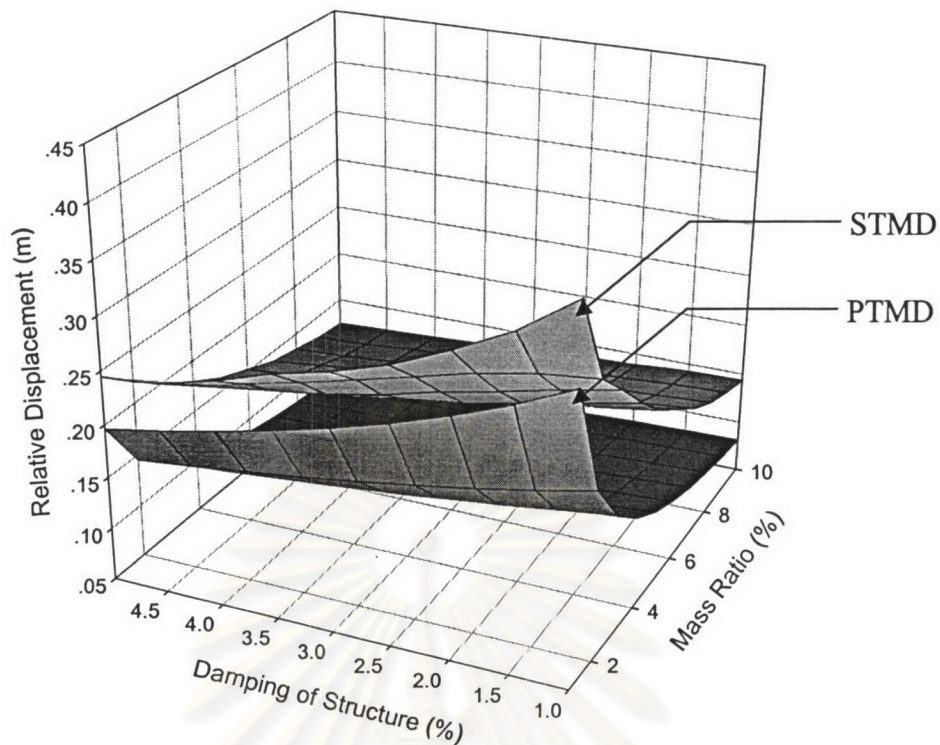
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังเฉลี่ยของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

#### Peak Amplitude of Tuned Mass Damper



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดสัมพัทธ์ของระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

## RMS Amplitude of Tuned Mass Damper

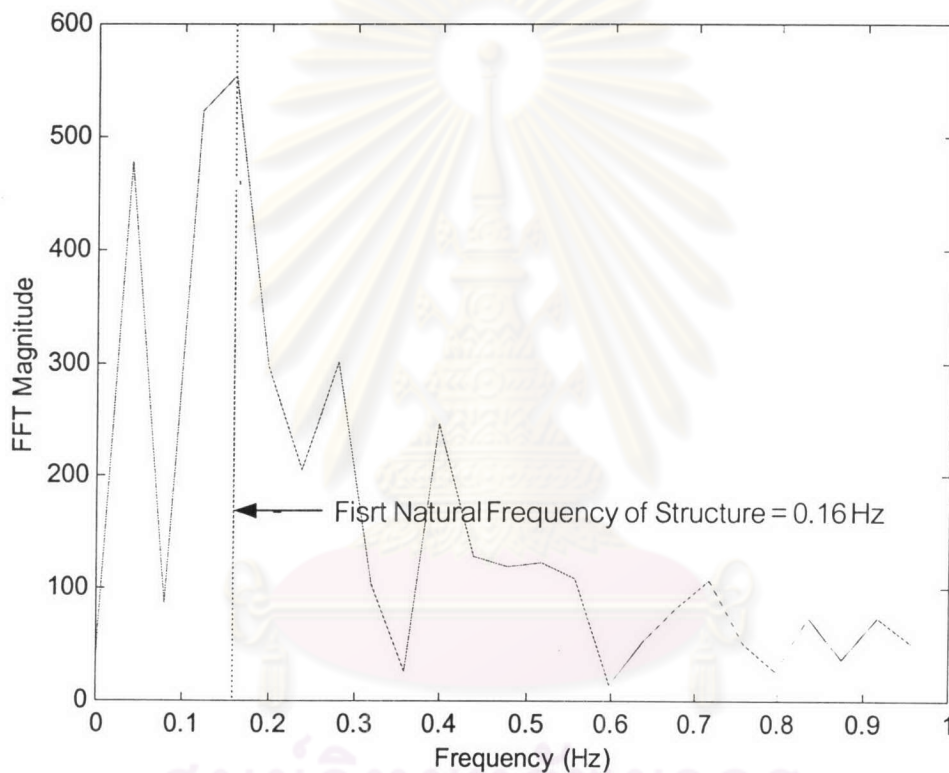


รูปที่ 5.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยสัมพัทธ์ของระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

จากกราฟที่แสดงมานั้น จะเห็นได้ว่าเมื่อโครงสร้างรับแรงกระทำที่ได้มาจากการทดลองในอุโมงค์ลม ประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟนั้นลดลง เมื่อเทียบกับกรณีที่ทำการศึกษาแรงเป็นแบบฮาร์โมนิกที่ได้ทำการพิจารณาไว้ในบทที่ 4 ซึ่งได้ทำการพิจารณาแรงฮาร์โมนิกที่มีความถี่เท่ากับความถี่หลักของโครงสร้าง สาเหตุนั้นเนื่องมาจากแรงลมที่ได้มาจากการทดลองในอุโมงค์ลมนั้นประกอบด้วยความถี่ที่มีค่าต่ำกว่าความถี่หลักของโครงสร้างอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อต้องการรู้ถึงประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟภายใต้แรงลมที่มีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้างหรือโครงสร้างอยู่ในสภาวะสั่นพ้อง (Resonance) ซึ่งเป็นกรณีที่โครงสร้างเกิดการสั่นไหวมากที่สุดเมื่อไม่มีระบบมวลหน่วงมาควบคุม จึงทำการปรับแรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลมใหม่ให้มีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้างและคงลักษณะของแรงลมเดิมไว้ โดยการลดความแตกต่างของเวลาของแต่ละชุดข้อมูลให้มีค่าน้อยลงเพื่อเพิ่มความถี่ของแรงลมส่วนใหญ่ให้ใกล้เคียงความถี่หลักของโครงสร้าง แล้วทำการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ภายใต้แรงลมใหม่ที่ได้นี้

### 5.1.2 กรณีที่โครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ได้ทำการปรับค่าแล้ว

ในส่วนนี้ จะทำการปรับแก้แรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลมใหม่ โดยใช้ค่าคงที่ค่าหนึ่ง ในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.16 คุณชุดข้อมูลของเวลา เพื่อลดความแตกต่างของแต่ละชุดข้อมูลให้ลดลง เพื่อให้ได้ความถี่ของแรงลมส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้าง ซึ่งเท่ากับ 0.16 เฮิรตซ์ ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่ได้ปรับแก้แล้วนำมาสร้างกราฟแสดงขนาดแอมพลิจูดของความถี่ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นแรงลม จะได้ดังแสดงในรูปที่ 5.15

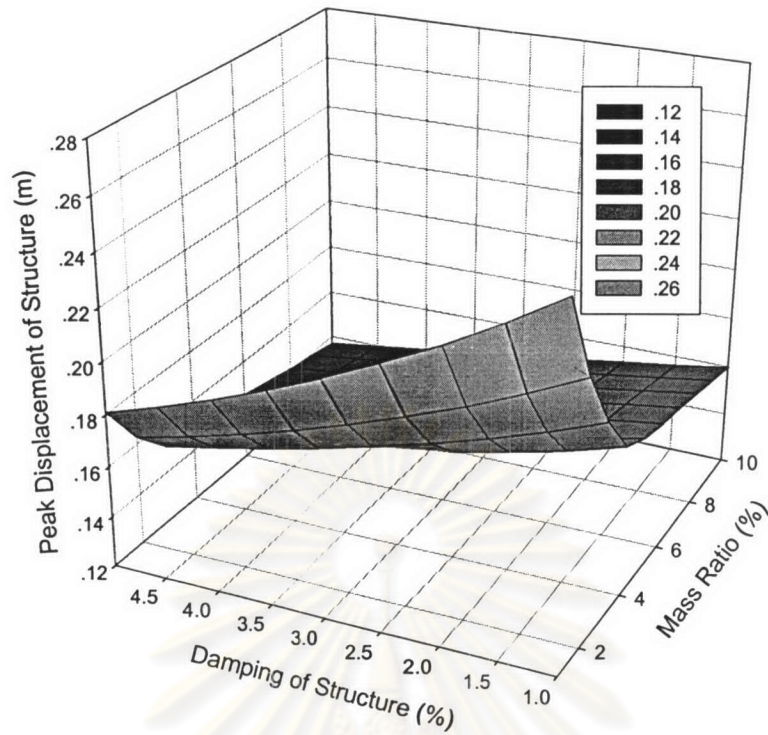


รูปที่ 5.15 กราฟแสดงขนาดแอมพลิจูดของความถี่ต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข สามารถนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างภายใต้แรงลมใหม่ที่ได้ทำการปรับแก้ค่าแล้ว เมื่อค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้จากระบบควบคุมทั้งสองระบบ

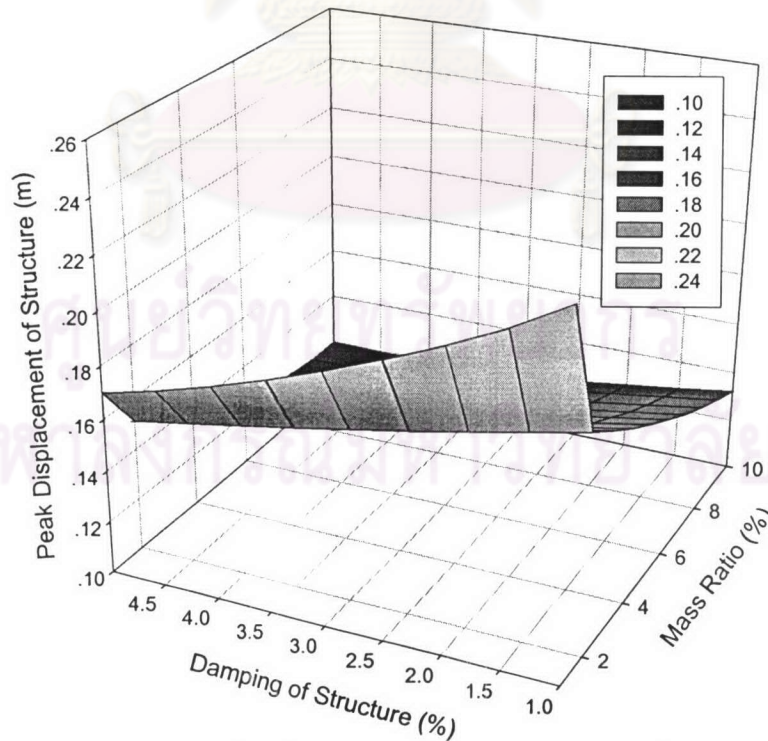
เมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่เกิดขึ้น จะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.16 5.17 และ 5.18

## PTMD

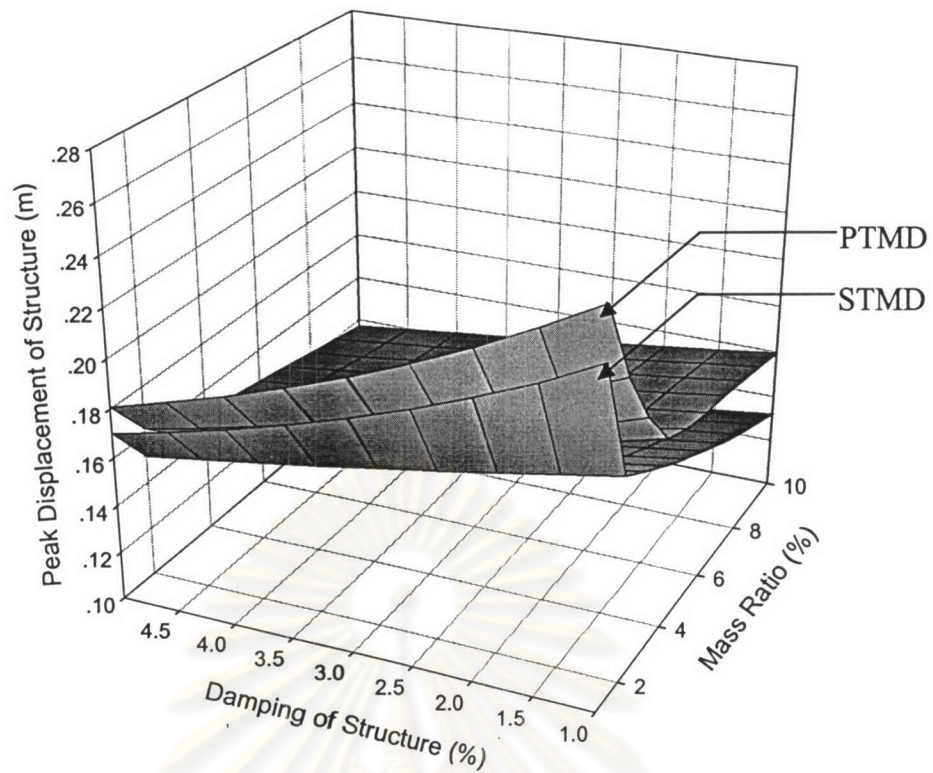


รูปที่ 5.16 กราฟแสดงระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

## STMD



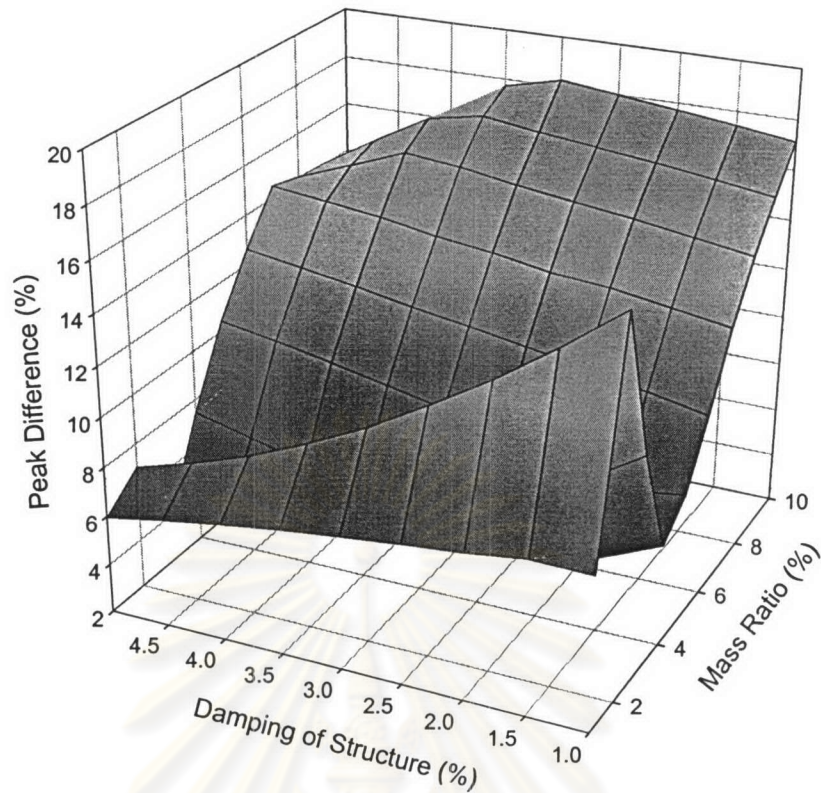
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอมิแอกทีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

จากกราฟที่ได้ จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของกราฟของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างนั้น จะเหมือนกับกรณีที่ใช้แรงลมที่ไม่มีกรปรับแก้ค่าใด ๆ แต่ทั้งสองกรณีมีความแตกต่างกันตรงที่ ในกรณีนี้ระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟจะมีค่าน้อยกว่าระยะการเคลื่อนที่ที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟอย่างเห็นได้ชัดเจนทุก ๆ ค่าของอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้าง แสดงว่าถ้าแรงลมที่เข้ามากระทำกับโครงสร้างมีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้างแล้ว ประสิทธิภาพในการลดระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเมื่อใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับกรณีที่ใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟจะมีค่ามากขึ้น

เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟได้ดียิ่งขึ้น จึงทำการสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังรูปที่ 5.19 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณจากสมการที่ (4.3)

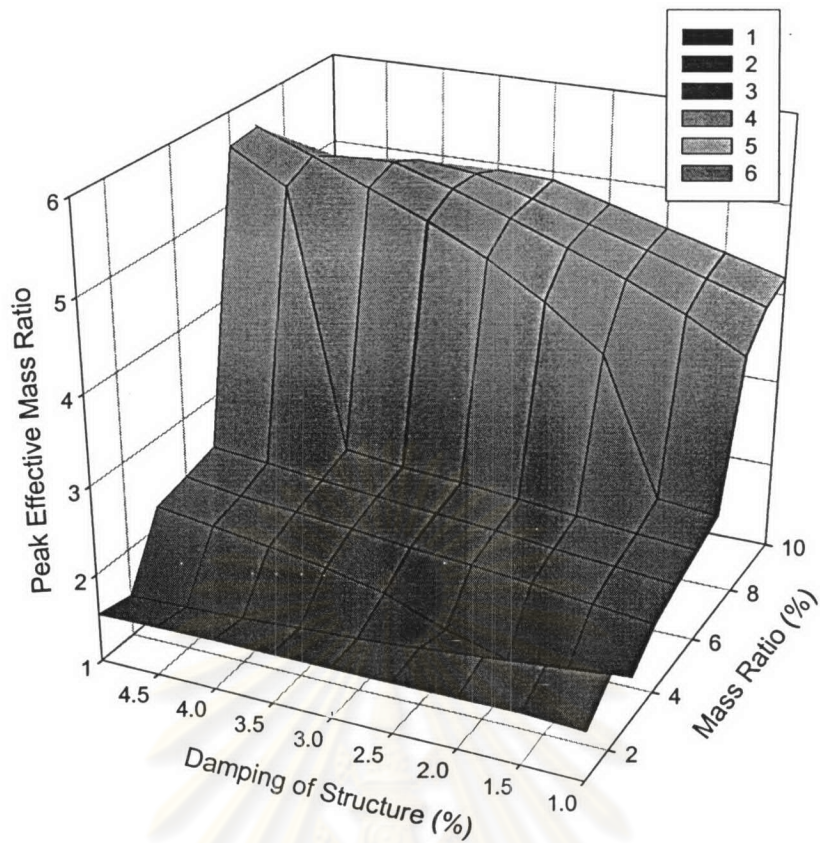


รูปที่ 5.19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ (รับแรงลมที่ปรับค่าแล้ว)

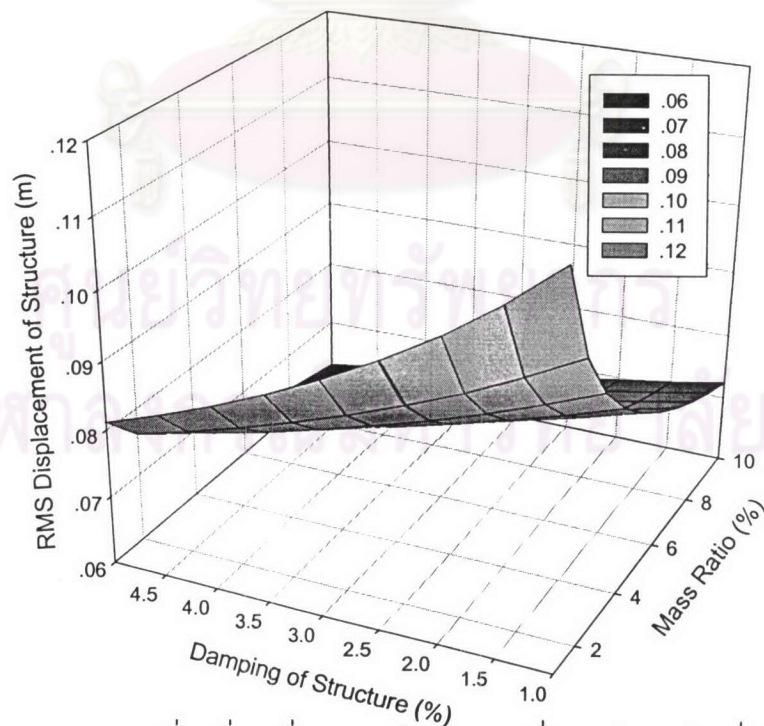
จากกราฟจะเห็นได้ว่า ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟสามารถลดระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างได้ประมาณ 4 ถึง 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากกรณีที่โครงสร้างรับแรงฮาร์โมนิกที่มีความถี่เท่ากับความถี่หลักของโครงสร้าง ที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้วในบทที่ 4

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิภาพแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.20 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลหน่วงประมาณ 1.4 ถึง 5.7 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน

และเมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่เกิดขึ้น จะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.21 5.22 และ 5.23

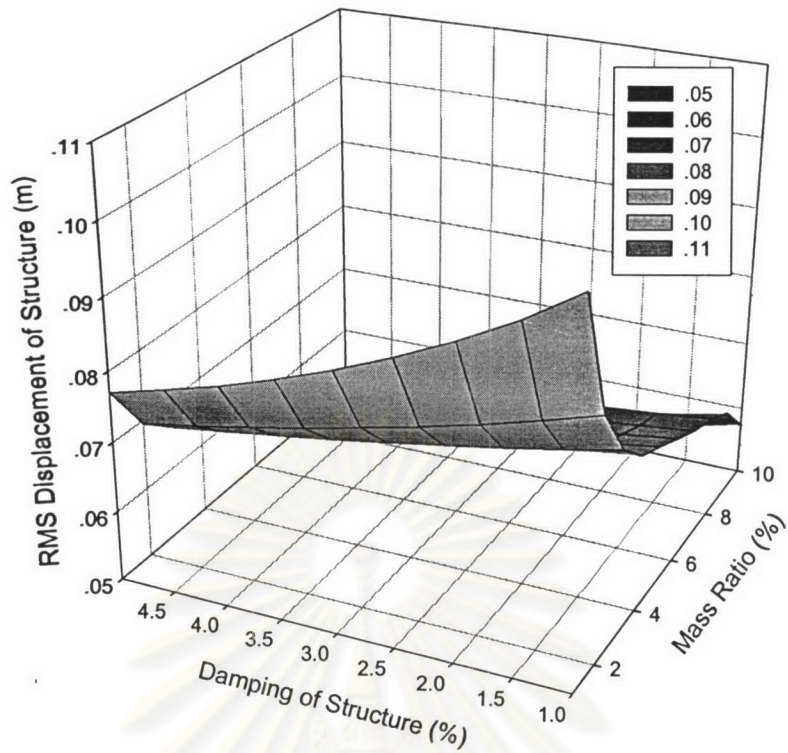


รูปที่ 5.20 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว PTMD

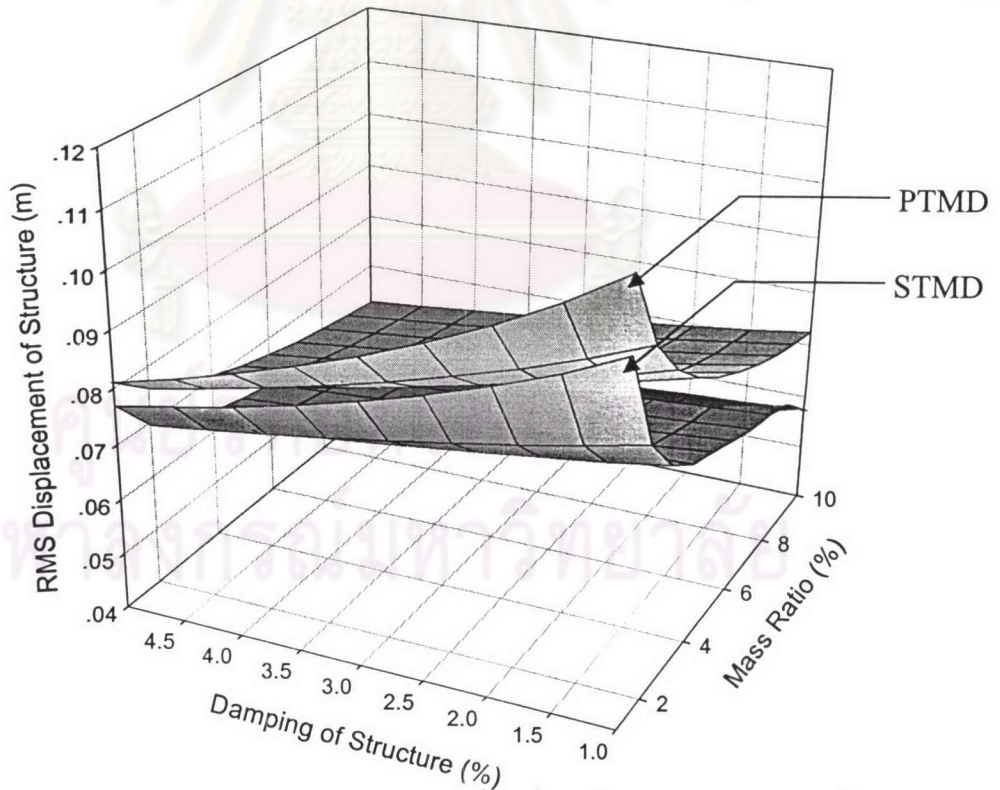


รูปที่ 5.21 กราฟแสดงระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว





รูปที่ 5.22 กราฟแสดงระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวล  
หน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

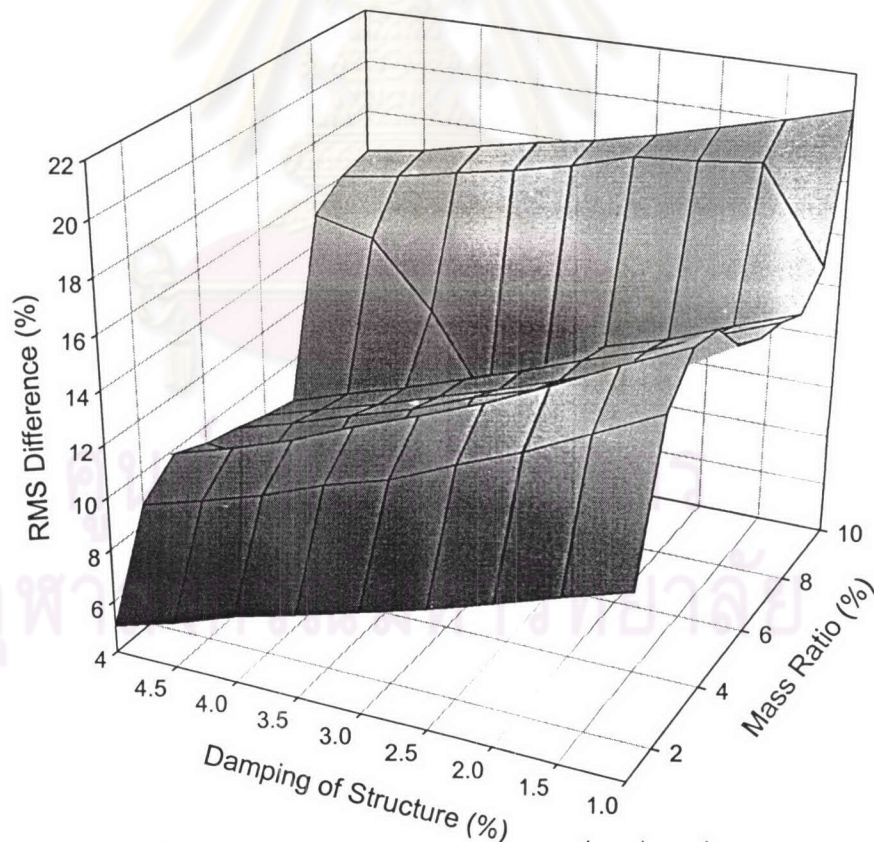


รูปที่ 5.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของ  
โครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของ  
การทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

จากกราฟที่ได้ จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของกราฟของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย จะมีแนวโน้มเหมือนกับระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้าง แต่จะมีค่าความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างจากระบบมวลหน่วงทั้งสองที่มากขึ้น

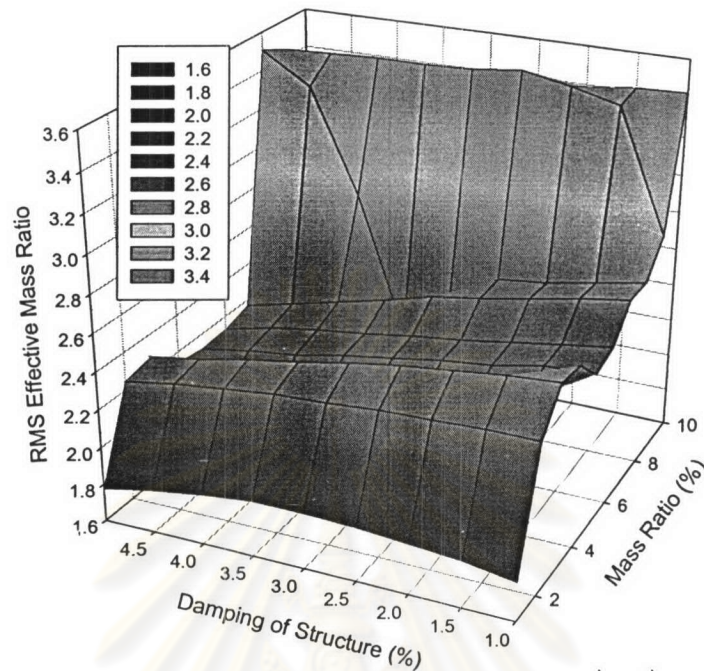
เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟได้ดียิ่งขึ้น จึงทำการสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังรูปที่ 5.24 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณได้ในทำนองเดียวกับสมการที่ (4.3)

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟสามารถลดระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างได้ประมาณ 5 ถึง 21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ แม้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ที่ได้ดังกล่าว เมื่อเทียบกับกรณีที่โครงสร้างรับแรงฮาร์โมนิกที่มีความถี่เท่ากับความถี่หลักของโครงสร้าง ที่ได้ทำการศึกษาไว้แล้วในบทที่ 4 จะมิต่ำกว่าอยู่ค่อนข้างมาก แต่ค่าที่ได้มานั้น ก็เป็นค่าที่ไม่น้อยจนเกินไปในทางปฏิบัติ ซึ่งสามารถดูได้จากการเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิภาพ



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ (รับแรงลมที่ปรับค่าแล้ว)

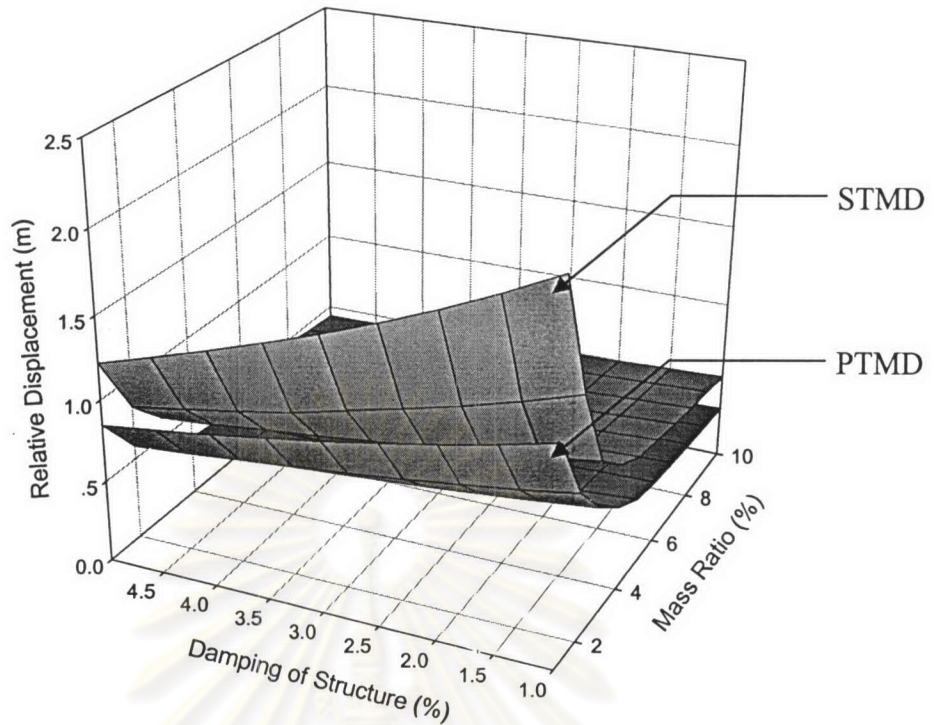
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวล ประสิทธิภาพแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.25 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลหน่วงประมาณ 1.8 ถึง 3.5 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน



รูปที่ 5.25 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในโมเดลที่ปรับค่าแล้ว และเมื่อลองเปรียบเทียบผ่านทางการทำงานของระบบมวลหน่วงของทั้งสองระบบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.26 และ 5.27 จะเห็นได้ว่าการสั่นไหวของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีเอกทีฟจะมีค่ามากกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟมากขึ้นเมื่อเทียบกรณีที่ได้รับแรงลมที่ไม่ได้ทำการปรับค่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าแรงลมที่เข้ามากระทำกับโครงสร้างมีความถี่ที่ใกล้เคียงกับโครงสร้างมากขึ้นแล้วระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีเอกทีฟก็จะทำงานได้ดีกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟมากขึ้นเช่นกัน

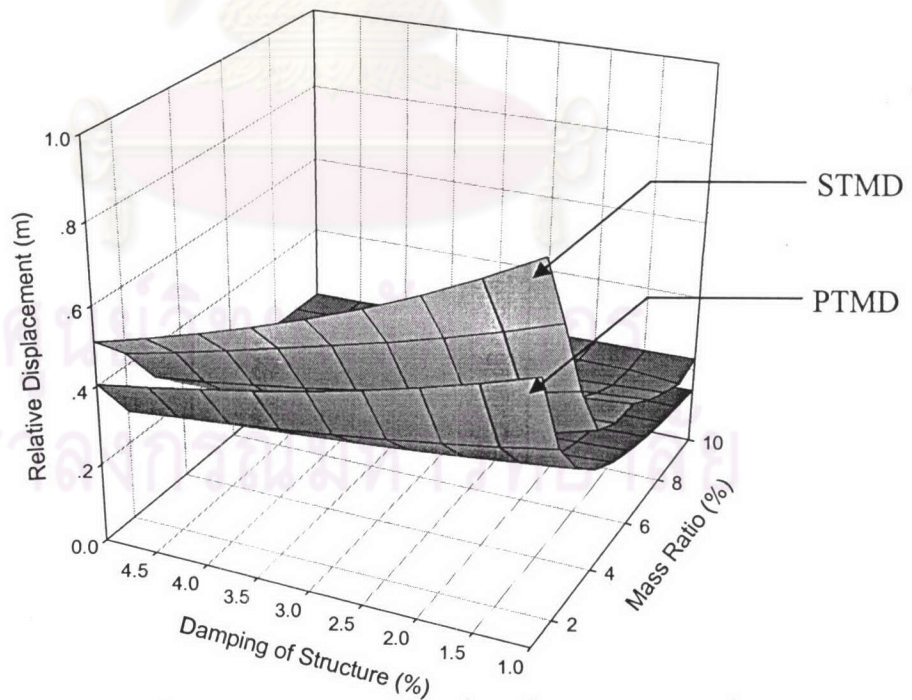
จากการศึกษาที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาโครงสร้างอาคารสูง 76 ชั้น โดยการจำลองโครงสร้างดังกล่าวให้เป็นโครงสร้างที่มีระดับชั้นความเร็วเดียว ซึ่งเป็นการศึกษาเบื้องต้น ในส่วนถัดมาจะทำการศึกษาโครงสร้างเป็นหลายระดับชั้นความเร็ว โดยพิจารณาผลของโหมดการสั่นไหวสูง ๆ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของค่าการสั่นไหวของโครงสร้าง โดยจะทำการพิจารณาอาคารสูงดังกล่าว เป็นโครงสร้างที่มี 76 ระดับชั้นความเร็ว แต่เนื่องจากการจำลองโครงสร้างดังกล่าว นั้น มีจำนวนระดับชั้นความเร็วที่มากในการวิเคราะห์ ส่งผลให้เวลาในการวิเคราะห์ทางคอมพิวเตอร์ก็มากเกินไปได้เช่นกัน ดังนั้นจึงนำวิธีการลดลำดับของแบบจำลอง (Reduced Order Method) มาใช้เพื่อให้เวลาการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ลดลง แต่ไม่ส่งผลให้ค่าการสั่นไหวของโครงสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไป

## Peak Amplitude of Tuned Mass Damper



รูปที่ 5.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดสัมพัทธ์ของระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

## RMS Amplitude of Tuned Mass Damper



รูปที่ 5.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังเฉลี่ยสัมพัทธ์ของระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

## 5.2 การวิเคราะห์หาผลตอบสนองของโครงสร้างโดยจำลองโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้น ความเร็ว

การศึกษาในส่วนนี้ จะทำการศึกษาโครงสร้างอาคารสูง 76 ชั้น โดยจำลองเป็นโครงสร้างที่มี 76 ระดับชั้นความเร็ว แล้วใช้วิธีการลดลำดับของแบบจำลอง เพื่อลดจำนวนระดับชั้นความเร็ว จาก 76 ระดับชั้นความเร็ว ให้เหลือเพียง 23 ระดับชั้นความเร็ว ตามวิธีที่แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 ซึ่งจะทำการศึกษาโดยใช้แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง 2 ลักษณะ ดังนี้

### 5.2.1 กรณีที่โครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

เนื่องจากระบบโครงสร้างได้ถูกจำลองใหม่เป็นหลายระดับชั้นความเร็ว ดังนั้นค่าเมตริกซ์นำหน้าสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวในระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเขมิแอกทีฟในส่วนนี้ จึงเลือกใช้ค่าเมตริกซ์นำหน้าที่ทำให้ค่าความถี่ธรรมชาติโหมดแรกและอัตราส่วนความหน่วงโหมดแรกของระบบโครงสร้างที่ถูกจำลองเป็นแบบ 23 ระดับชั้นความเร็วที่ทำการติดตั้งระบบมวลห้วงแล้วมีค่าเท่ากับค่าที่ได้จากกรณีที่ระบบโครงสร้างถูกจำลองเป็นแบบระดับชั้นความเร็วเดียวที่ทำการติดตั้งระบบมวลห้วงแล้วเช่นกัน เพื่ออธิบายสิ่งที่กล่าวมาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะทำการแสดงขั้นตอนการหาค่าเมตริกซ์นำหน้าสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวดังกล่าวผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

จากสมการการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเมื่อทำการติดตั้งระบบมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟ ซึ่งจัดอยู่ในลักษณะของสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้ในทำนองเดียวกับสมการที่ (2.12) ซึ่งนำมาแสดงใหม่ดังสมการที่ (5.1)

$$\dot{Z} = AZ + B_u u(t) + B_w W \quad (5.1)$$

แรงควบคุม  $u(t)$  ที่ใช้นั้นคำนวณจากสมการที่ (2.14) ซึ่งนำมาแสดงใหม่ดังสมการที่ (5.2)

$$u(t) = -\frac{1}{r} B_u^T P Z(t) = GZ(t) \quad (5.2)$$

เมื่อทำการแทนค่าสมการที่ (5.2) ลงในสมการที่ (5.1) จะสามารถจัดรูปใหม่ได้ดังสมการที่ (5.3)

$$\dot{Z} = (A + B_u G)Z + B_w W \quad (5.3)$$

$$\dot{Z} = A'Z + B_w W \quad ; \quad A' = A + B_u G \quad (5.4)$$

เมื่อพิจารณากรณีที่ทำการพิจารณาโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเร็วเดียว สามารถเขียนสมการที่ (5.4) ได้ใหม่ดังสมการที่ (5.5)

$$\dot{Z} = A'_s Z + B_w W \quad ; \quad A'_s \text{ มีขนาด } 4 \times 4 \quad (5.5)$$

โดยคู่อิเจนแวลูของโหมดแรก ( $\lambda_1^S$ ) ของเมตริกซ์  $A'_S$  จะอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนที่คอนจูเกตกันดังสมการที่ (5.6) ซึ่งจำนวนเชิงซ้อนที่ได้นั้นจะแสดงถึงค่าความถี่ธรรมชาติโหมดแรก ( $\omega_1^S$ ) และอัตราส่วนความหน่วงโหมดแรก ( $\xi_1^S$ ) ของระบบโครงสร้างที่ถูกจำลองเป็นแบบระดับชั้นความเสถียรเดียวที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงดังแสดงในสมการที่ (5.7)

$$\lambda_1^S = a_1^S \pm b_1^S i \quad (5.6)$$

$$\lambda_1^S = -\omega_1^S \xi_1^S \pm \left\{ \omega_1^S \sqrt{1 - (\xi_1^S)^2} \right\} i \quad (5.7)$$

และเมื่อทำการพิจารณากรณีที่ทำการพิจารณาโครงสร้างเป็นแบบ 23 ระดับชั้นความเสถียรสามารถเขียนสมการที่ (5.4) ได้ใหม่ดังสมการที่ (5.8)

$$\dot{Z} = A'_M Z + B_w W \quad ; \quad A'_M \text{ มีขนาด } 48 \times 48 \quad (5.8)$$

โดยคู่อิเจนแวลูของโหมดแรก ( $\lambda_1^M$ ) ของเมตริกซ์  $A'_M$  จะอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนที่คอนจูเกตกันดังสมการที่ (5.9) ซึ่งจำนวนเชิงซ้อนที่ได้นั้นจะแสดงถึงค่าความถี่ธรรมชาติโหมดแรก ( $\omega_1^M$ ) และอัตราส่วนความหน่วงโหมดแรก ( $\xi_1^M$ ) ของระบบโครงสร้างที่ถูกจำลองเป็นแบบ 23 ระดับชั้นความเสถียรที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงดังแสดงในสมการที่ (5.10)

$$\lambda_1^M = a_1^M \pm b_1^M i \quad (5.9)$$

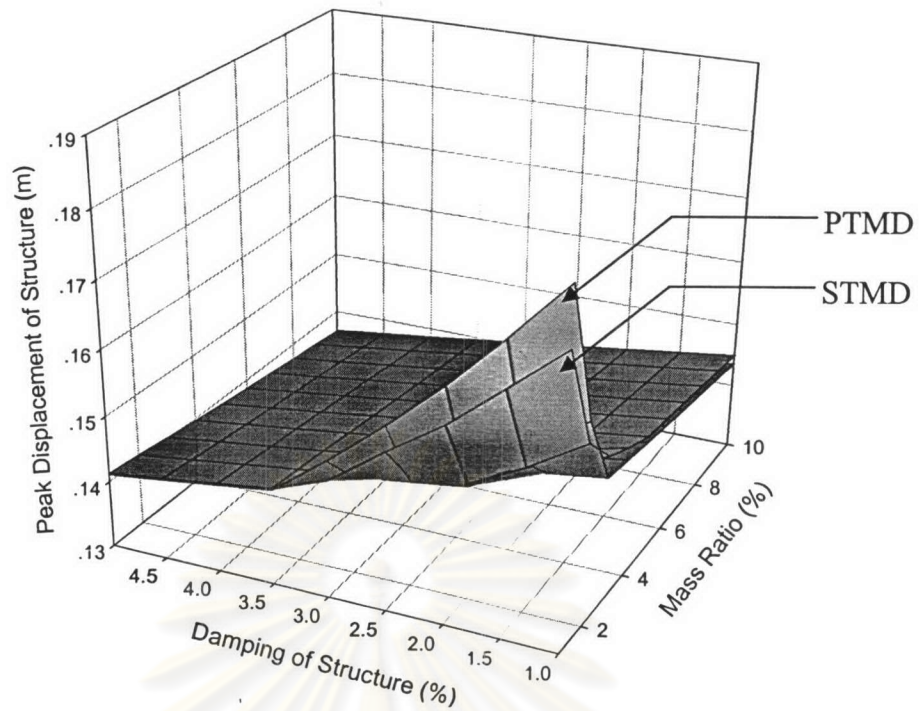
$$\lambda_1^M = -\omega_1^M \xi_1^M \pm \left\{ \omega_1^M \sqrt{1 - (\xi_1^M)^2} \right\} i \quad (5.10)$$

ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะทำการปรับค่าเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหว ( $r$ ) ในสมการที่ (5.2) ของระบบโครงสร้างที่ถูกจำลองเป็นแบบ 23 ระดับชั้นความเสถียรที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วง จนได้ค่าความถี่ธรรมชาติโหมดแรก ( $\omega_1^M$ ) และอัตราส่วนความหน่วงโหมดแรก ( $\xi_1^M$ ) ของระบบนี้เท่ากับค่าความถี่ธรรมชาติโหมดแรก ( $\omega_1^S$ ) และอัตราส่วนความหน่วงโหมดแรก ( $\xi_1^S$ ) ของระบบโครงสร้างที่ถูกจำลองเป็นแบบระดับชั้นความเสถียรเดียวที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วง แล้วนำค่าเมตริกซ์น้ำหนักที่ได้นั้นไปใช้ทำการวิเคราะห์หาค่าผลตอบสนองของโครงสร้าง

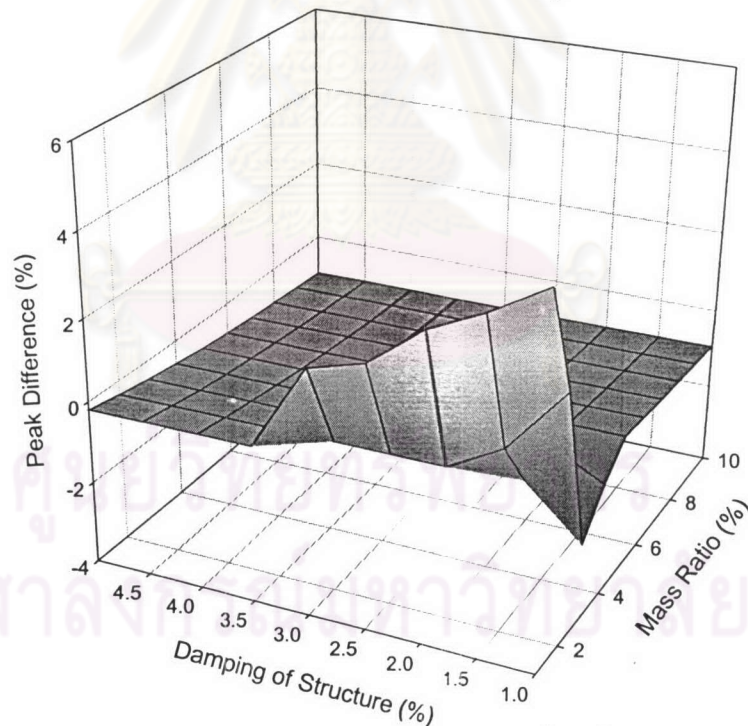
ซึ่งการใช้วิธีดังกล่าวนี้เพื่อให้สามารถหาค่าเมตริกซ์น้ำหนักในกรณีที่จำลองโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเสถียรที่ทำให้ระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลักในแต่ละความถี่โดยรวมมีค่าน้อยสุดได้อย่างง่ายขึ้นจากการหาโดยตรง เพราะการหาเมตริกซ์น้ำหนักโดยตรงในกรณีที่โครงสร้างถูกจำลองเป็นแบบหลายระดับชั้นความเสถียรจะใช้เวลาอย่างมาก

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข สามารถนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง เมื่อค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้จากระบบควบคุมทั้งสองระบบ

เมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่เกิดขึ้น จะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.28



รูปที่ 5.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

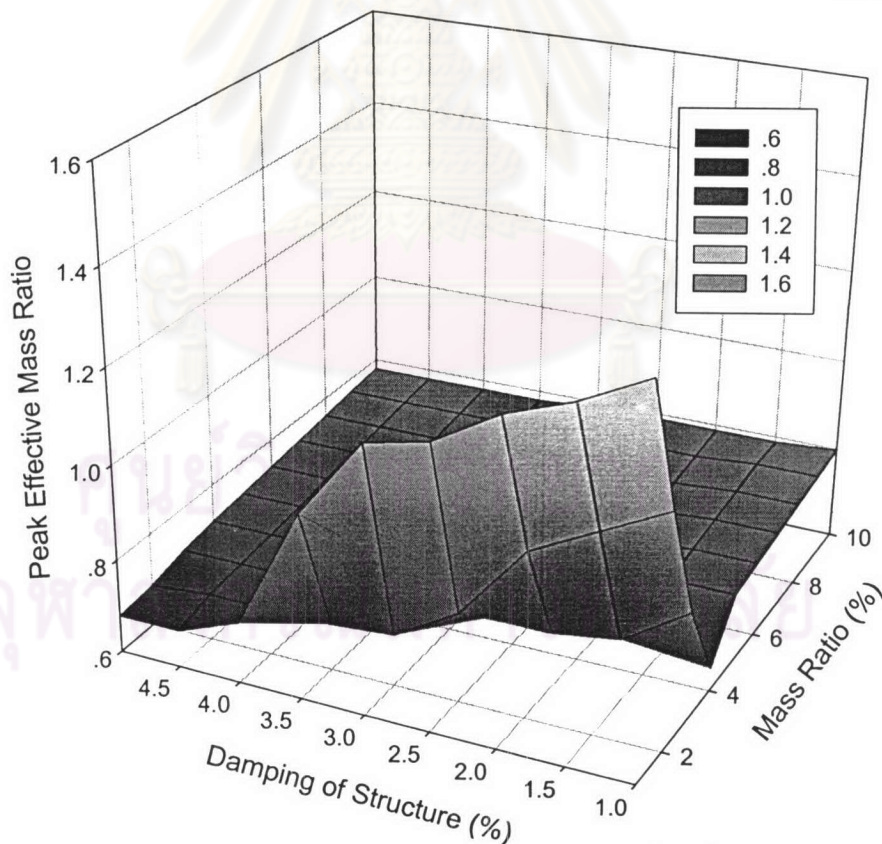


รูปที่ 5.29 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ

จากกราฟที่ได้ จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการพิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้น ความเสรี แนวโน้มของกราฟที่ได้ นั้นแทบจะไม่แตกต่างจากกรณีที่พิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยว

แต่เมื่อสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังรูปที่ 5.29 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณจากสมการที่ (4.3) แล้ว จะเห็นได้ว่าถ้าทำการพิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเสรี ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีเอกทีฟสามารถลดระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ แยกจากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟในกรณีที่มีอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างมีค่ามาก และจะเห็นได้ว่า ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีเอกทีฟสามารถลดระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ประมาณ -1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกรณีนี้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีเอกทีฟสามารถลดระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ใกล้เคียงหรือมากกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

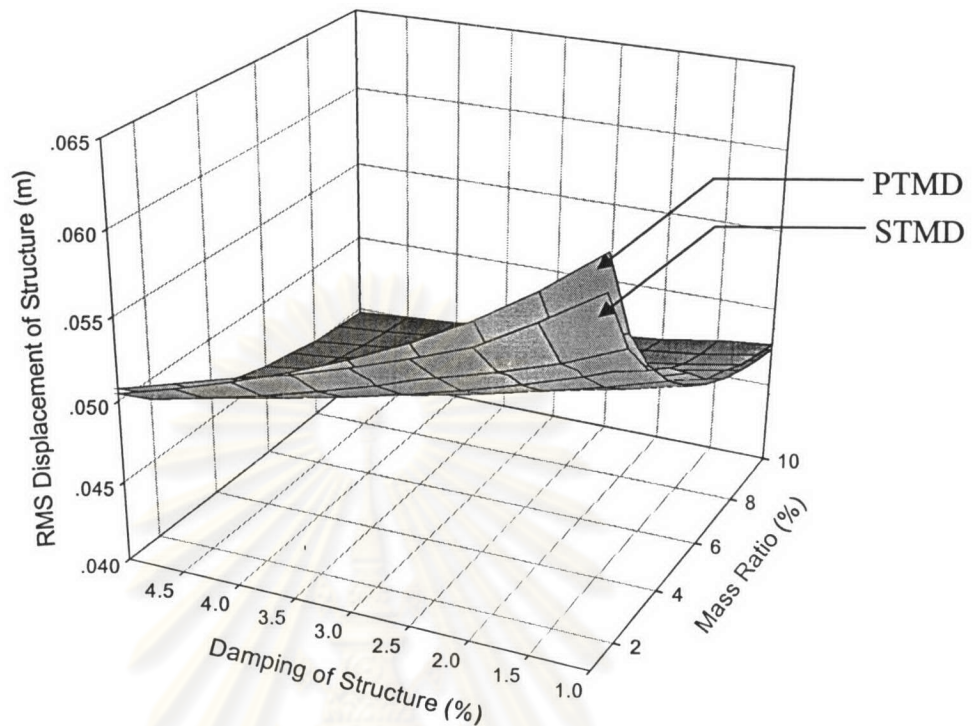
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิผลแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.30 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลหน่วงประมาณ 0.7 ถึง 1.4 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากกรณีที่ทำการศึกษาพิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยว



รูปที่ 5.30 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม



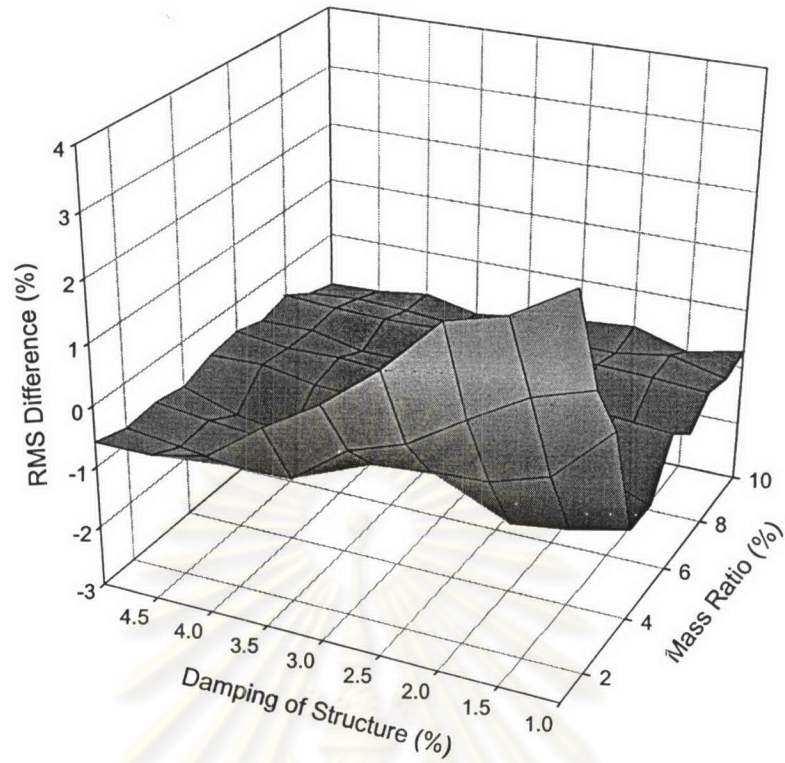
และเมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่เกิดขึ้น จะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.31



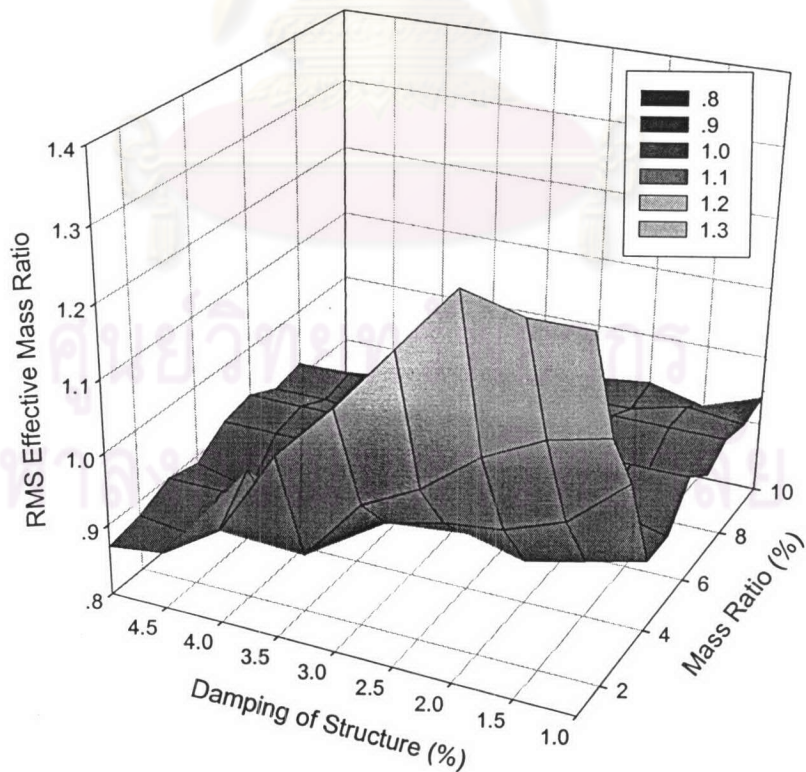
รูปที่ 5.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

เช่นเดียวกับระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้าง แนวโน้มของกราฟที่ได้นั้นแทบจะไม่แตกต่างจากกรณีที่พิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเร็วเดียว แต่เมื่อสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังรูปที่ 5.32 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณได้ในทำนองเดียวกับสมการที่ (4.3) แล้ว จะเห็นได้ว่าผลที่ได้นั้น จะเหมือนกับระยะการเคลื่อนที่สูงสุด คือ ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟจะสามารถลดระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างได้ แยกจากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟอยู่เล็กน้อยในกรณีที่อัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างมีค่ามาก ซึ่งสามารถลดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ประมาณ -2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิผลแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.33 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลหน่วงประมาณ 0.8 ถึง 1.3 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน



รูปที่ 5.32 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหนึ่งปรับค่าแบบพหุคูณ



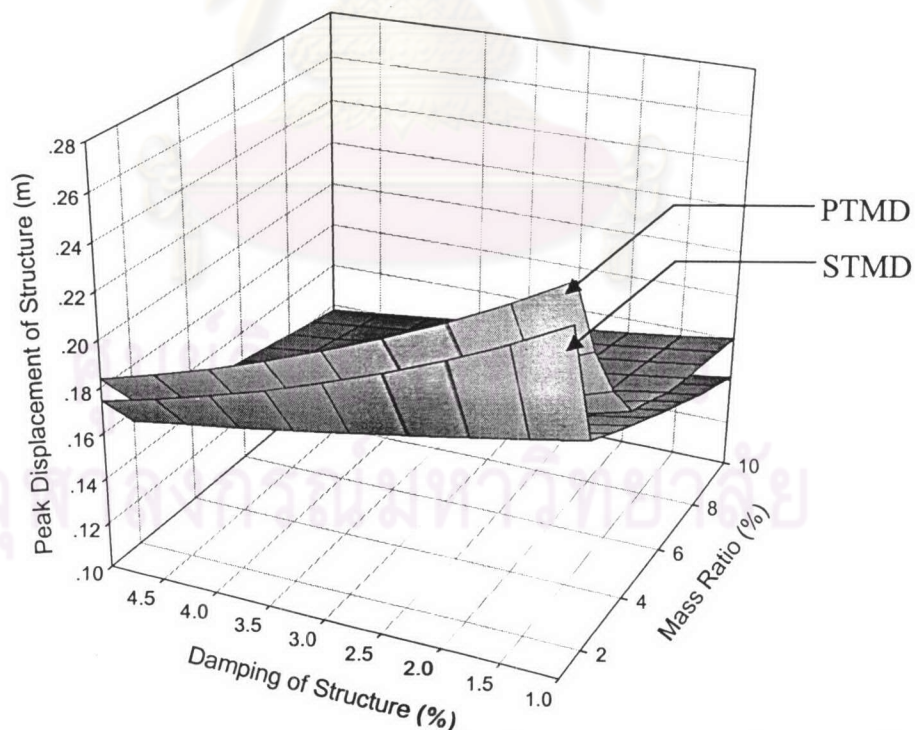
รูปที่ 5.33 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลม

เช่นเดียวกับกรณีที่จำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยว เพื่อต้องการรู้ถึงประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเฮมิแยกที่ฟเมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพลสตีฟภายใต้แรงลมที่มีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้าง จึงใช้แรงลมที่ได้ทำการปรับค่าให้มีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้างและคงลักษณะของแรงลมเดิมไว้ที่ได้ทำการศึกษาในส่วนข้างต้นไว้แล้ว มาศึกษาพิจารณาหาประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่จำลองโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเสรี ภายใต้แรงลมใหม่ที่ได้นี้

### 5.2.2 กรณีที่โครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากแฟ้มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ได้ทำการปรับค่าแล้ว

จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข สามารถนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง เมื่อค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างและค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป เพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองที่ได้จากระบบควบคุมทั้งสองระบบ

เมื่อพิจารณาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่เกิดขึ้น จะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.34

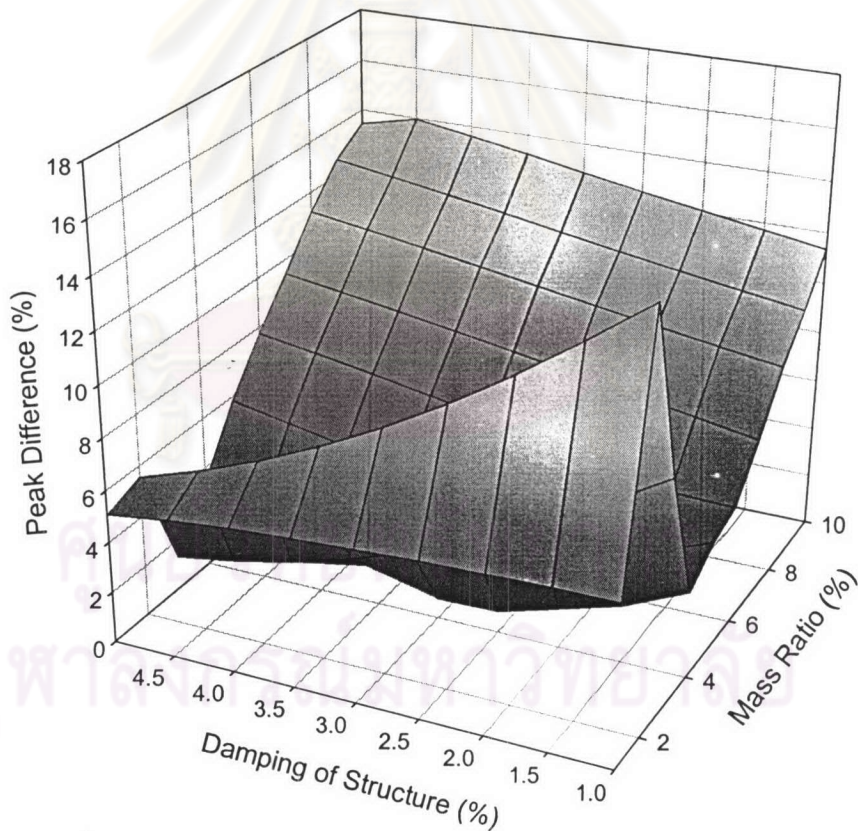


รูปที่ 5.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากแฟ้มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับ

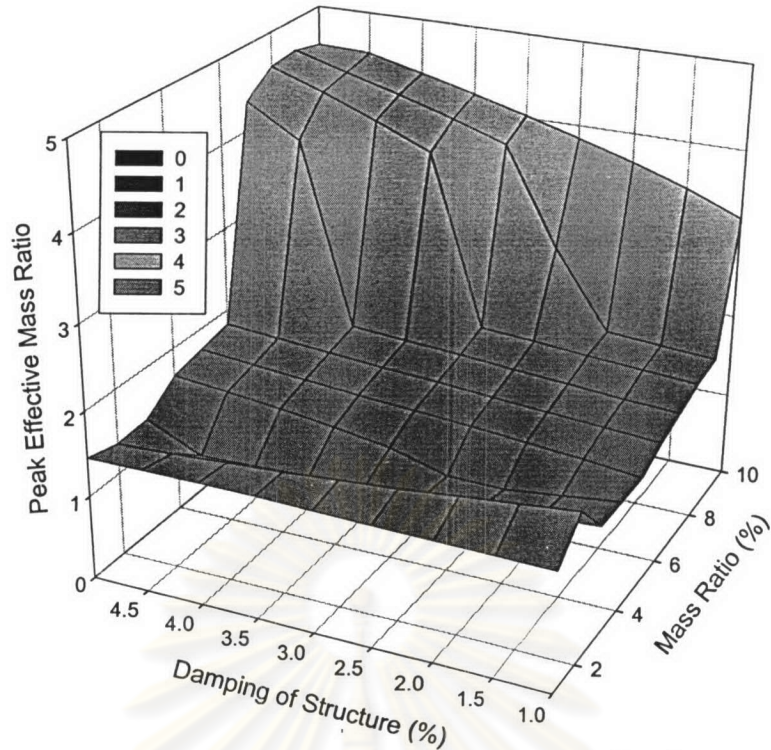
ค่าแล้ว

จากกราฟที่ได้ จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการพิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้น ความถี่ แนวโน้มของกราฟที่ได้นั้นแทบจะไม่แตกต่างจากกรณีที่พิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความถี่เดียว แต่เมื่อสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟ ดังรูปที่ 5.35 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณจากสมการที่ (4.3) แล้ว จะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้น จะมีลักษณะใกล้เคียงกับกราฟที่ได้ในกรณีที่จำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความถี่เดียว จะแตกต่างกันตรงในกรณีที่อัตราส่วนของมวลห้วงต่อมวลของโครงสร้างและอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างมีค่ามาก โดยระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเคมีเอกทีฟสามารถลดระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างได้ประมาณ 1 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟ

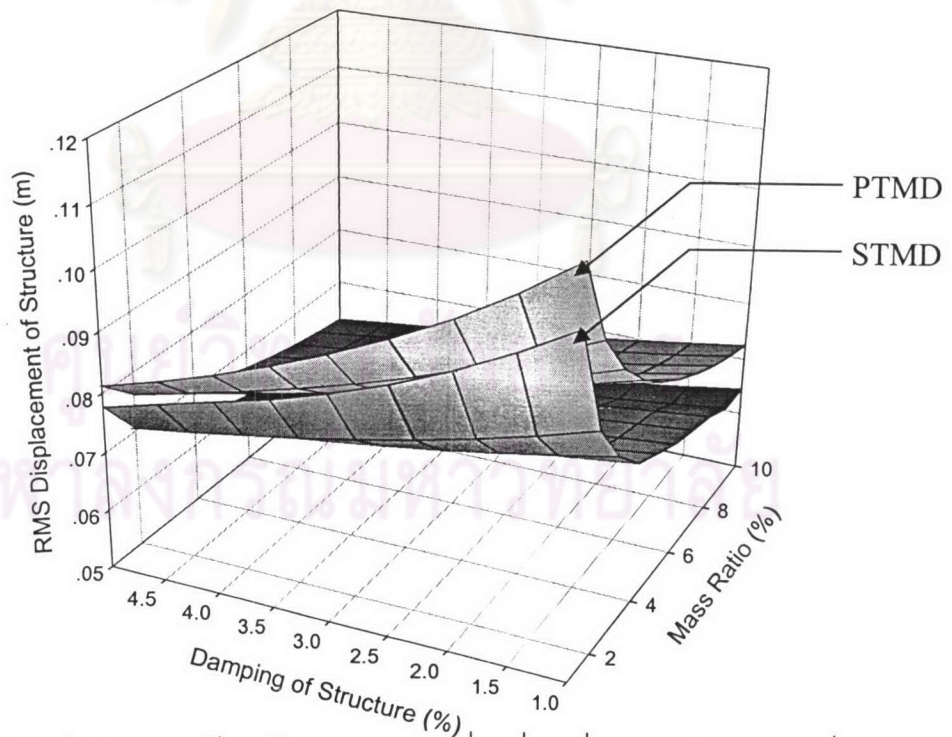
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลห้วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิผลแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.36 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลห้วงประมาณ 1.1 ถึง 4.6 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน



รูปที่ 5.35 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟ (รับแรงลมที่ปรับค่าแล้ว)



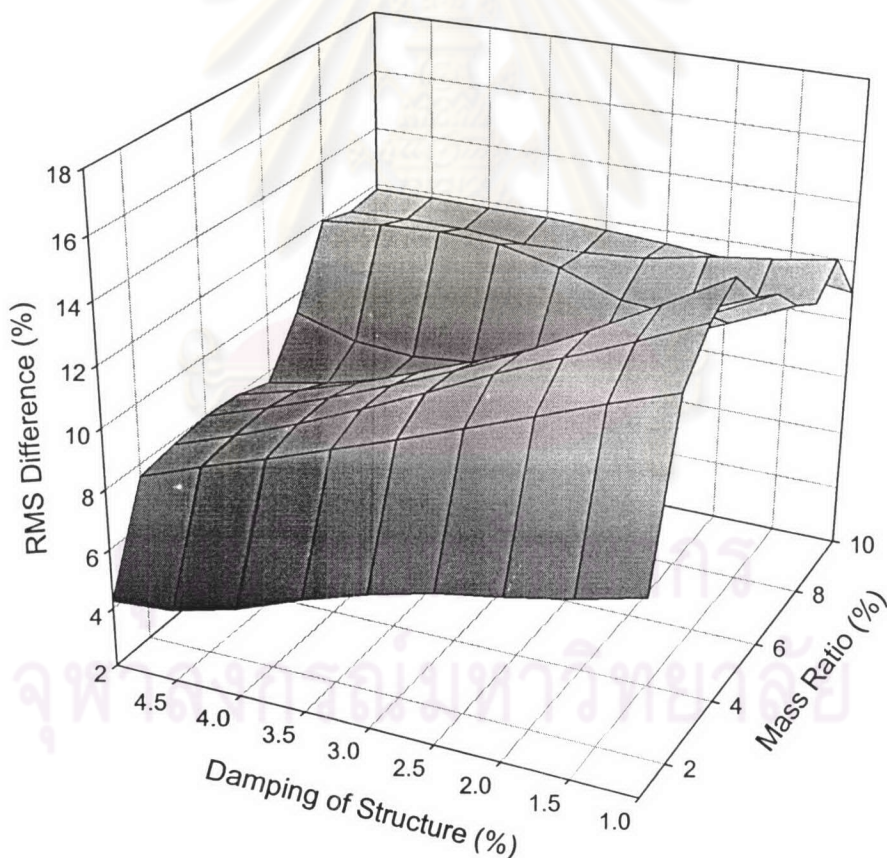
รูปที่ 5.36 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิภาพของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว และเมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่เกิดขึ้นจะสามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.37



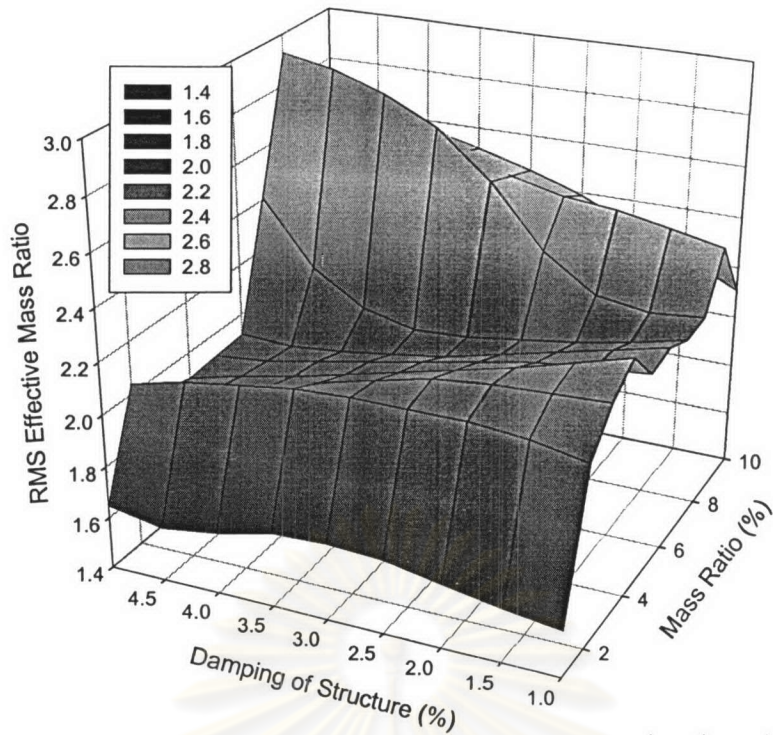
รูปที่ 5.37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าทั้งสองระบบ ที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

เช่นเดียวกับระยะเวลาการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้าง แนวโน้มของกราฟที่ได้นั้นแทบจะไม่แตกต่างจากกรณีที่พิจารณาระบบโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยว แต่เมื่อสร้างกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับผลที่ได้จากระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ดังรูปที่ 5.38 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวคำนวณได้ในทำนองเดียวกับสมการที่ (4.3) จากกราฟจะเห็นได้ว่า ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟสามารถลดระยะเวลาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างได้ประมาณ 4 ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ซึ่งกราฟที่ได้นี้ จะมีความแตกต่างจากกราฟที่ได้จากการจำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยว ในช่วงที่ค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างมีค่ามาก โดยที่ค่าที่ได้จากการศึกษาในส่วนนี้จะมีค่าน้อยกว่า

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสามารถของระบบมวลหน่วงทั้งสอง ผ่านทางอัตราส่วนมวลประสิทธิผลแล้ว สามารถสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 5.39 ซึ่งจากกราฟจะเห็นได้ว่า ต้องใช้ขนาดของมวลหน่วงประมาณ 1.6 ถึง 2.8 เท่า เพื่อให้ผลตอบสนองที่ได้มีค่าที่เท่ากัน



รูปที่ 5.38 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของระยะเวลาการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่ได้จากทั้งสองระบบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ (รับแรงลมที่ปรับค่าแล้ว)



รูปที่ 5.39 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลของระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างที่รับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ปรับค่าแล้ว

จากการศึกษาที่ได้ สามารถสรุปเป็นตารางค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผล ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตารางค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผล

Effective Mass Ratio	Wind @ $0.156 f_s$		Wind @ $\sim f_s$	
	Peak	RMS	Peak	RMS
SDOF	0.8 – 1.5	0.9 - 1.6	1.4 - 5.7	1.8 - 3.5
MDOF	0.7 – 1.4	0.8 - 1.3	1.1 - 4.6	1.6 - 2.8

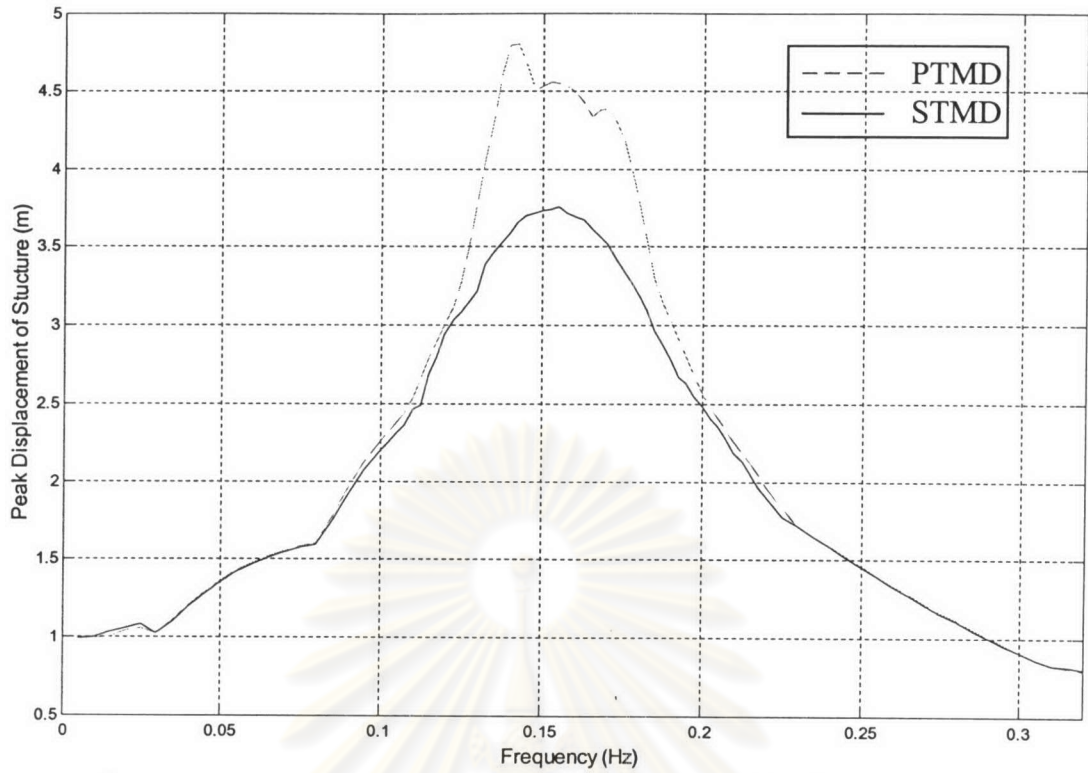
จากตารางข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อแรงลมที่เข้ามากระทำกับโครงสร้างเป็นแรงลมที่มีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้าง (แรงลมที่ทำการปรับค่าแล้ว) ประสิทธิภาพของระบบมวลห่่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลห่่วงปรับค่าแบบแพสซีฟนั้นจะมีค่ามากกว่ากรณีที่แรงลมที่เข้ามากระทำกับโครงสร้างเป็นแรงลมที่มีความถี่ส่วนใหญ่เป็นความถี่ ณ ตำแหน่งอื่น (ในที่นี้ คือ แรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลการทดลองในอุโมงค์ลม) อย่างเห็นได้ชัด ทั้งการพิจารณาระยะการเคลื่อนที่สูงสุดและระยะการเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังเฉลี่ยของโครงสร้าง และเมื่อทำการจำลองโครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเสรี ประสิทธิภาพของระบบมวลห่่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเมื่อเทียบกับระบบมวลห่่วงปรับค่า

แบบแพสซีฟก็จะลดลงจากการจำลองโครงสร้างเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยวดังแสดงตามตารางข้างต้น

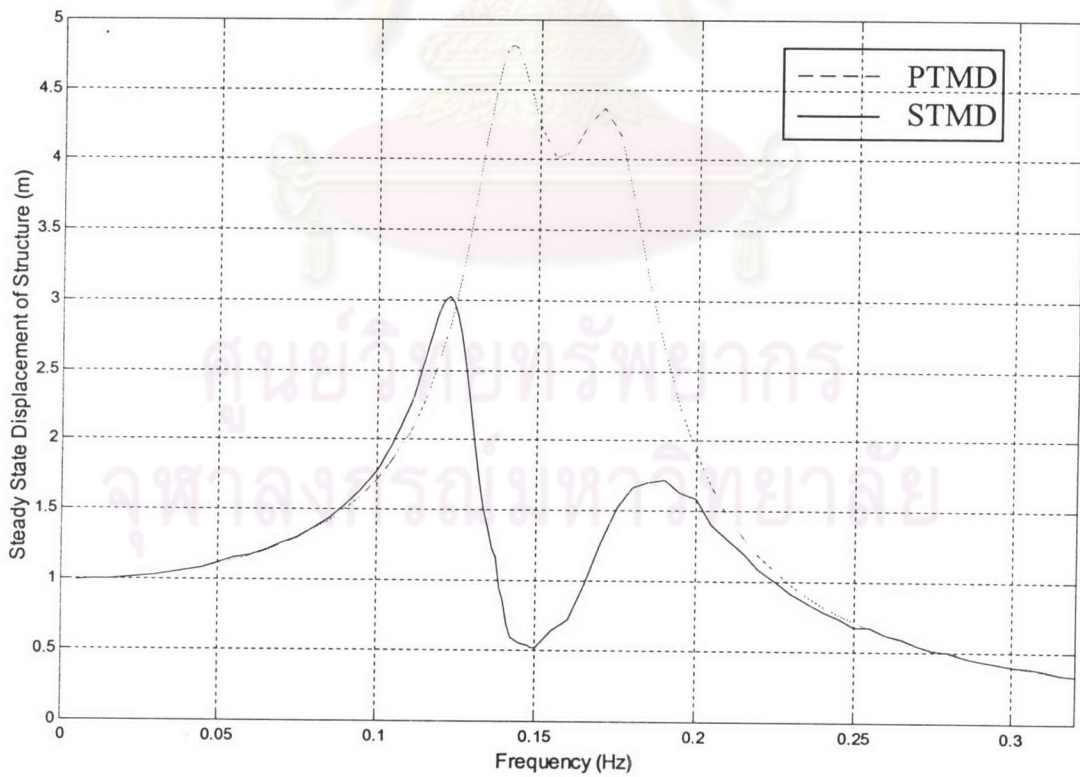
ในกรณีที่ค่าอัตราส่วนมวลประสิทธิผลมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าในกรณีนี้ระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบเขมิแอกทีฟที่นั่นลดระยะการเคลื่อนที่ได้แยกจากระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบแพสซีฟ ซึ่งจะเกิดขึ้นกับกรณีที่โครงสร้างรับแรงลมที่ได้จากแฟ้มข้อมูลการทดลองในอุโมงค์ลมที่ไม่มีการปรับแก้ใด ๆ ซึ่งเมื่อดูจากรูปที่ 5.2 จะพบว่าความถี่ส่วนใหญ่ของแรงลมดังกล่าวนั้นเป็นความถี่ที่มีค่าต่ำ ซึ่งการออกแบบเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ควบคุมการสั่นไหวในระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบเขมิแอกทีฟ ได้คำนึงถึงค่าระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเมื่อรับแรงในแต่ละความถี่ที่ทำการพิจารณาตั้งแต่ 0 เฮิร์ตซ์ ถึง 0.32 เฮิร์ตซ์ (ซึ่งเป็นช่วงที่มีความถี่หลักของโครงสร้างซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.16 เฮิร์ตซ์ เป็นค่ากลาง) ให้มีค่าระยะการเคลื่อนที่โดยรวมมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นจึงทำให้ค่าระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเมื่อรับแรงในช่วงความถี่ต่ำ ๆ ของระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบเขมิแอกทีฟนั้นมีค่ามากกว่าระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบแพสซีฟได้ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น ในที่นี้จึงได้แสดงตัวอย่างกราฟตัวประกอบขยายพลวัตของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดและระยะการเคลื่อนที่ในช่วงคงตัวของโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 5.40 และ 5.41 ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้ระบบมวลห่นวงที่มีค่าอัตราส่วนของมวลห่นวงต่อมวลของโครงสร้างมีค่าเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ และใช้ค่าอัตราส่วนความห่นวงของโครงสร้างเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์

และเมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบพลังงานที่เหลืออยู่ในโครงสร้างหลัก ( $E_s$ ) ของทั้งสองระบบควบคุม ในกรณีที่โครงสร้างจำลองเป็นแบบระดับชั้นความเสรีเดี่ยวรับแรงลมทั้งสองลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 5.42 ในกรณีที่รับแรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลม และรูปที่ 5.43 ในกรณีที่รับแรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลมที่ทำการปรับค่าแล้ว โดยจะทำการพิจารณาในกรณีที่ใช้ระบบมวลห่นวงที่มีค่าอัตราส่วนของมวลห่นวงต่อมวลของโครงสร้างมีค่าเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ และใช้ค่าอัตราส่วนความห่นวงของโครงสร้างเท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าในกรณีที่รับแรงลมที่ไม่ได้ปรับค่า พลังงานที่คงเหลือในโครงสร้างของทั้งสองระบบควบคุมนั้น มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าในกรณีดังกล่าว ประสิทธิภาพในการลดระยะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างของระบบมวลห่นวงปรับค่าทั้งสองระบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีที่รับแรงลมที่ทำการปรับค่านั้น พลังงานคงเหลือในโครงสร้างในกรณีของระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบเขมิแอกทีฟมีค่าน้อยกว่าในกรณีของระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบแพสซีฟอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อโครงสร้างอยู่ในสภาวะสั่นพ้องหรือใกล้เคียงนั้น ระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบเขมิแอกทีฟนั้นสามารถดูดซับพลังงานการสั่นไหวได้ดีกว่า ทำให้เหลือพลังงานการสั่นไหวในโครงสร้างหลักที่น้อยกว่า จึงส่งผลให้โครงสร้างหลักมีการสั่นไหวที่น้อยกว่าตามไปด้วย

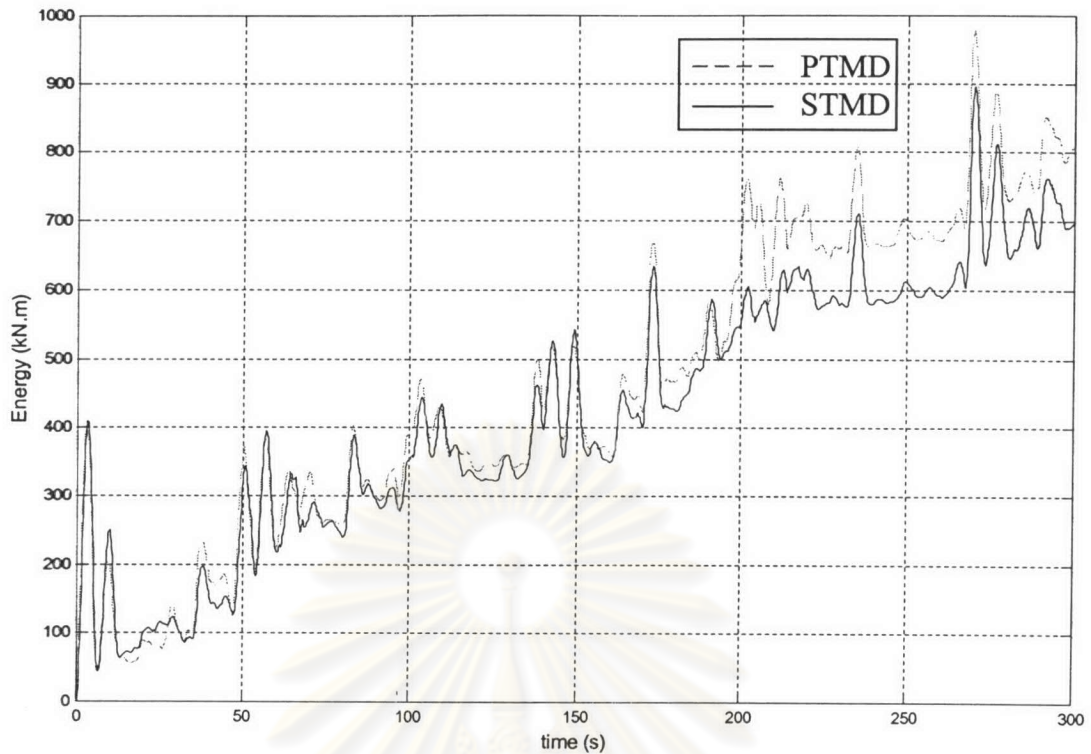




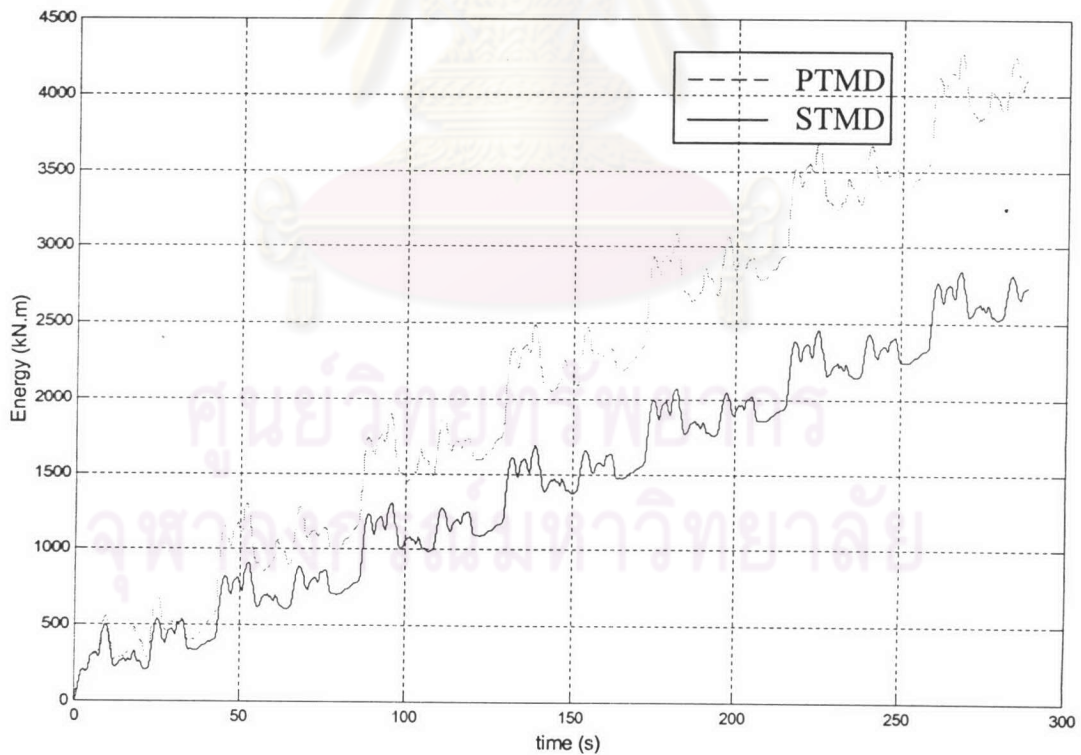
รูปที่ 5.40 กราฟตัวประกอบกรายขยายพลวัตของระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้าง  
( $\mu = 5\%$ ,  $\xi = 3.5\%$ )



รูปที่ 5.41 กราฟตัวประกอบกรายขยายพลวัตของระยะการเคลื่อนที่ในช่วงคงตัวของโครงสร้าง  
( $\mu = 5\%$ ,  $\xi = 3.5\%$ )



รูปที่ 5.42 กราฟเปรียบเทียบพลังงานที่เหลือนอยู่ในโครงสร้างหลัก ( $E_s$ ) ของระบบมวลหน่วงทั้งสองระบบ ในกรณีที่ได้รับแรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลม ( $\mu = 5\%, \xi = 3.5\%$ )

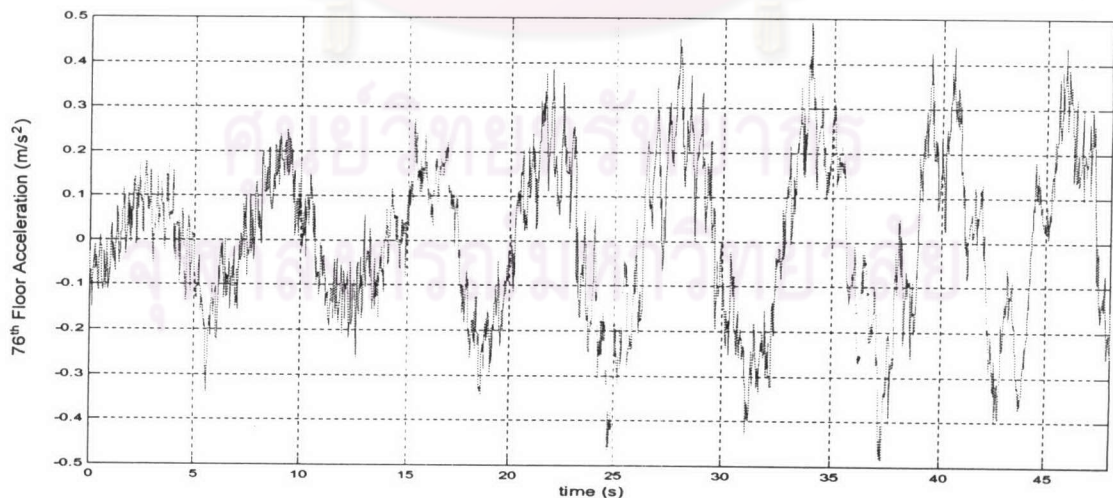


รูปที่ 5.43 กราฟเปรียบเทียบพลังงานที่เหลือนอยู่ในโครงสร้างหลัก ( $E_s$ ) ของระบบมวลหน่วงทั้งสองระบบ ในกรณีที่ได้รับแรงลมที่ได้จากการทดลองในอุโมงค์ลมที่ทำการปรับค่าแล้ว

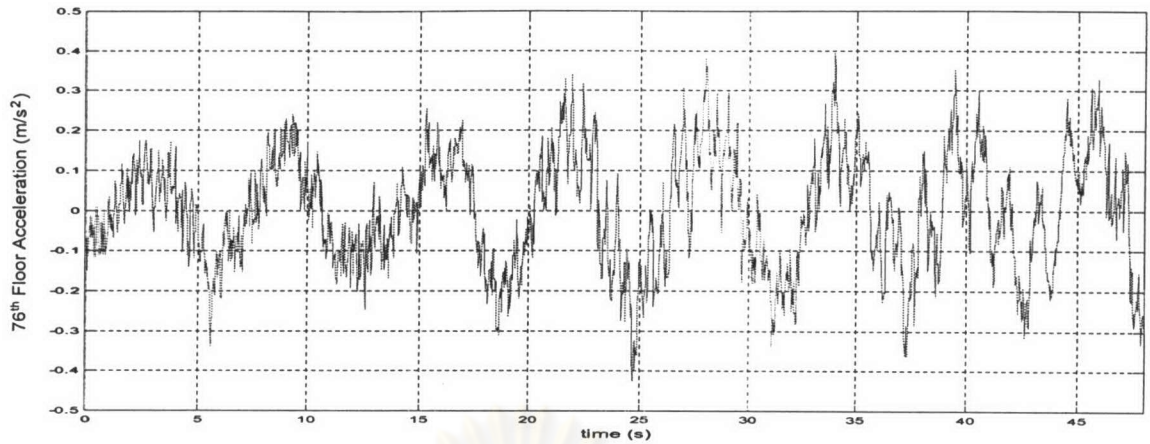
$$(\mu = 5\%, \xi = 3.5\%)$$

ส่วนในกรณีที่โครงสร้างรับแรงลมที่มีความถี่ส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับความถี่หลักของโครงสร้าง จะเห็นได้ว่า ถ้าต้องการให้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดระยะเวลาเคลื่อนที่สูงสุดและระยะเวลาเคลื่อนที่รากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโครงสร้างได้ใกล้เคียงกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอมิกทีฟ ต้องใช้มวลประมาณ 1.1 ถึง 5.7 เท่าของมวลเดิม ซึ่งค่าดังกล่าวนี้ เป็นค่าที่ดีเพียงพอต่อการใช้งานจริง

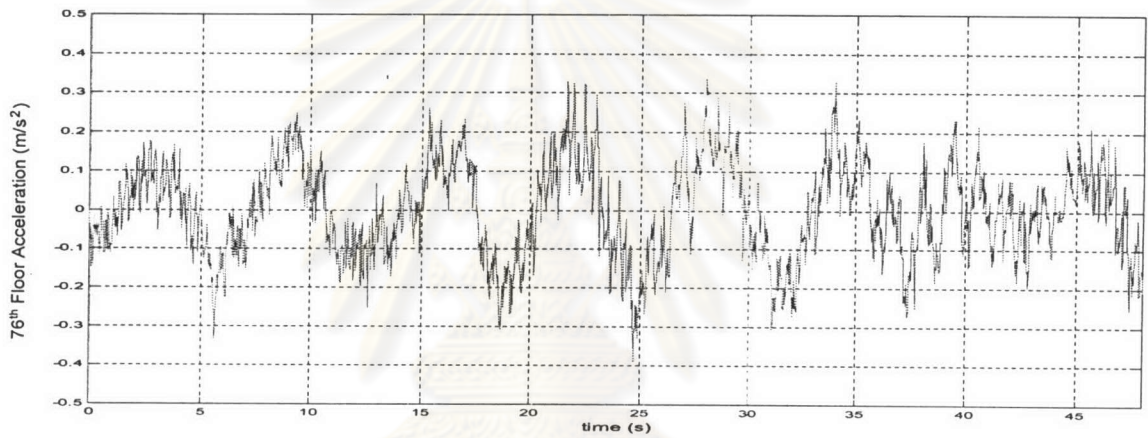
ในบทนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้าง ในกรณีที่ทำการวิเคราะห์โครงสร้างเป็นแบบหลายระดับชั้นความเร็ว และรับแรงลมที่ได้จากเพิ่มข้อมูลของการทดลองในอุโมงค์ลมที่ได้ทำการปรับค่าแล้ว ซึ่งจะทำให้การศึกษาเพียงบางกรณี ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบมวลหน่วงจะแสดงดังรูปที่ 5.44 ส่วนในกรณีที่ทำการติดตั้งระบบมวลหน่วงจะพิจารณาถึงขนาดมวลหน่วงที่มีค่าอัตราส่วนของมวลหน่วงต่อมวลของโครงสร้างเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 5.45 และ 5.47 ตามลำดับ ในกรณีที่เป็นระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ และแสดงได้ดังรูปที่ 5.46 และ 5.48 ตามลำดับ ในกรณีที่เป็นระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอมิกทีฟ และเมื่อทำการพิจารณาโครงสร้างที่มีค่าอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบมวลหน่วงจะแสดงดังรูปที่ 5.49 ส่วนในกรณีที่ติดตั้งระบบแพสซีฟ จะแสดงดังรูปที่ 5.50 และ 5.52 และในกรณีที่ติดตั้งระบบแอมิกทีฟ จะแสดงดังรูปที่ 5.51 และ 5.53



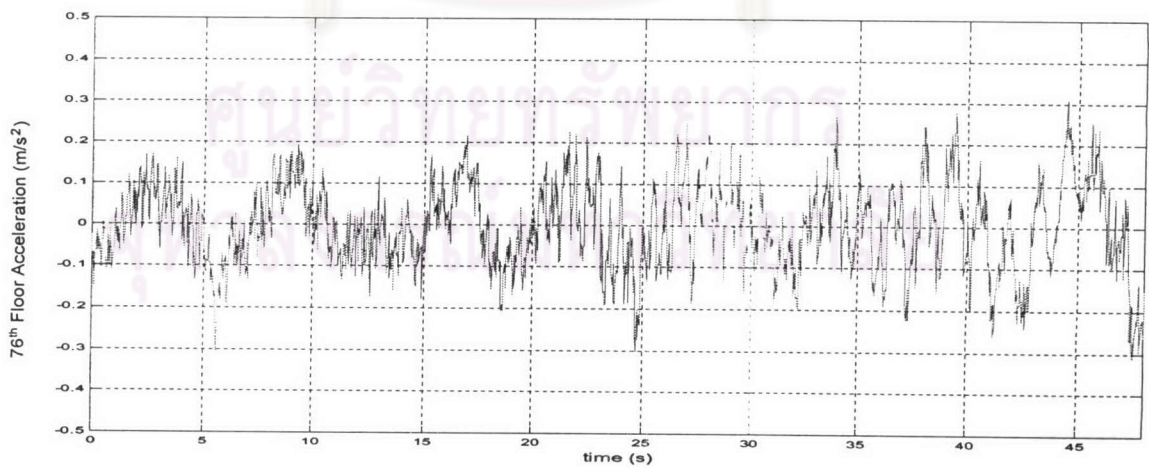
รูปที่ 5.44 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ไม่ได้ติดตั้งระบบมวลหน่วง ( $\xi = 1\%$ )



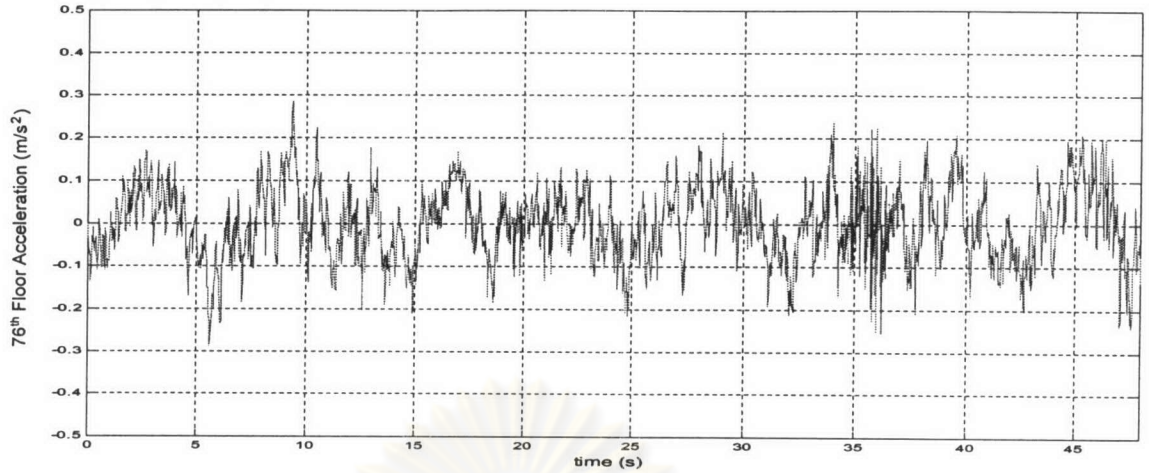
รูปที่ 5.45 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบ  
แพลสตีฟ ( $\mu = 1\%, \xi = 1\%$ )



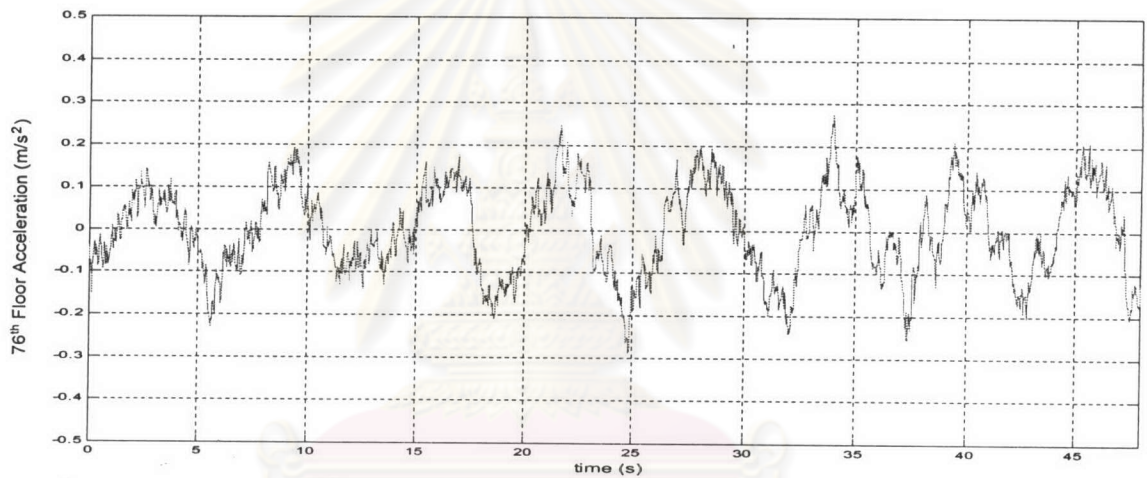
รูปที่ 5.46 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่า  
แบบเซมิแอกทีฟ ( $\mu = 1\%, \xi = 1\%$ )



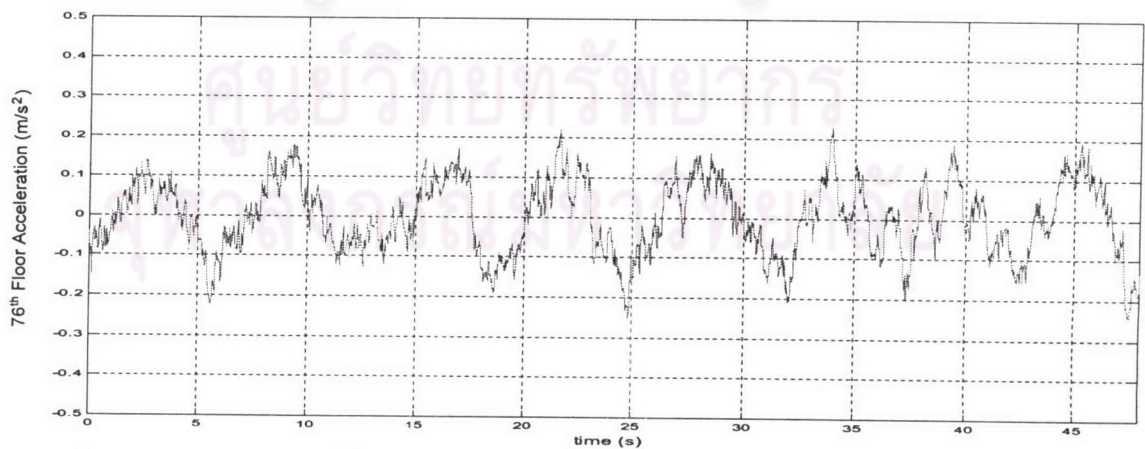
รูปที่ 5.47 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบ  
แพลสตีฟ ( $\mu = 10\%, \xi = 1\%$ )



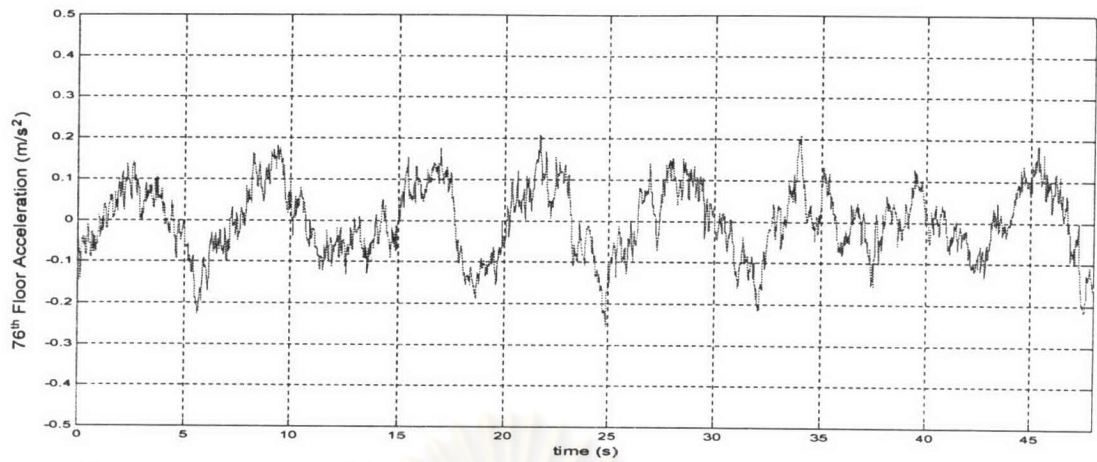
รูปที่ 5.48 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ดีตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเคมีแอกทีฟ ( $\mu = 10\%$ ,  $\xi = 1\%$ )



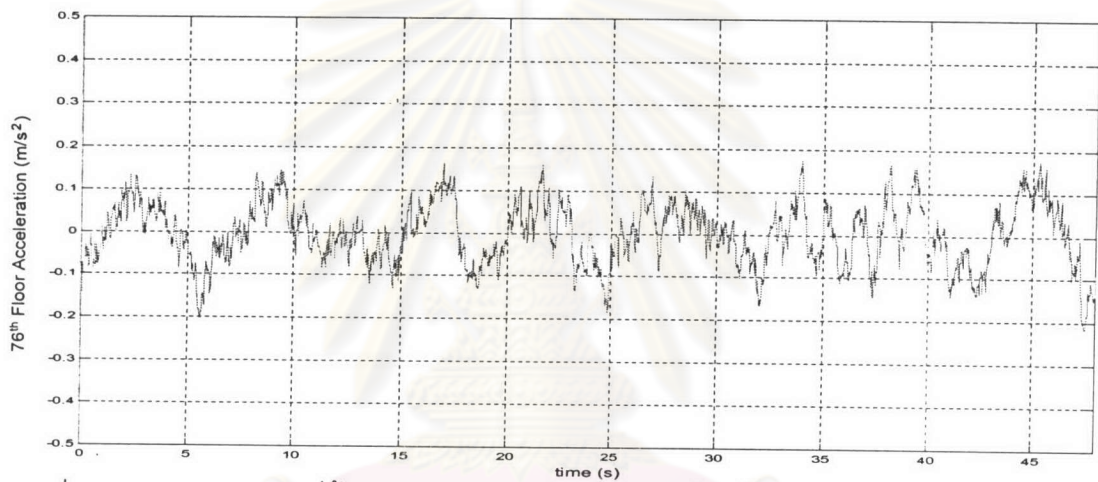
รูปที่ 5.49 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ไม่ติดตั้งระบบมวลหน่วง ( $\xi = 5\%$ )



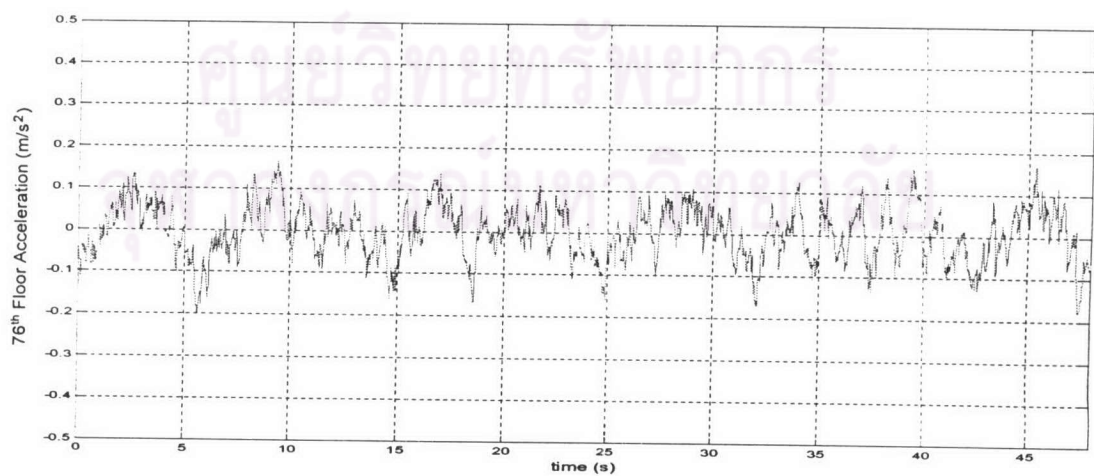
รูปที่ 5.50 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ดีตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ( $\mu = 1\%$ ,  $\xi = 5\%$ )



รูปที่ 5.51 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ ( $\mu = 1\%, \xi = 5\%$ )



รูปที่ 5.52 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ( $\mu = 10\%, \xi = 5\%$ )



รูปที่ 5.53 กราฟความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ ( $\mu = 10\%, \xi = 5\%$ )

จากกราฟจะเห็นได้ว่าความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างมีแนวโน้มเดียวกับระยะการเคลื่อนที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างที่ได้นำเสนอแล้วข้างต้น โดยที่ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟสามารถลดความเร่งที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างได้มากกว่าระบบมวลห้วงปรับค่าแบบพาสซีฟ ซึ่งสามารถสรุปความเร่งสูงสุดที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างและความเร่งรากที่สองกำลังสองเฉลี่ยที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3 ตามลำดับ

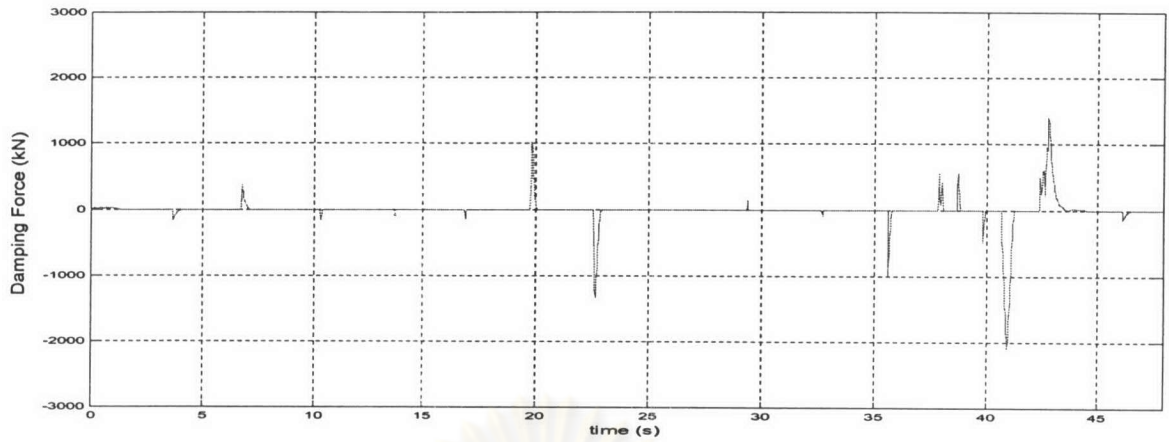
ตารางที่ 5.2 ตารางค่าความเร่งสูงสุดที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีต่าง ๆ

76th Floor Peak Acceleration ( $m/s^2$ )					
Damping ratio of structure	Uncontrolled	PTMD		STMD	
		$\mu = 0.01$	$\mu = 0.10$	$\mu = 0.01$	$\mu = 0.10$
1%	0.4950	0.4261	0.3146	0.3904	0.2883
5%	0.2878	0.2516	0.2176	0.2549	0.2011

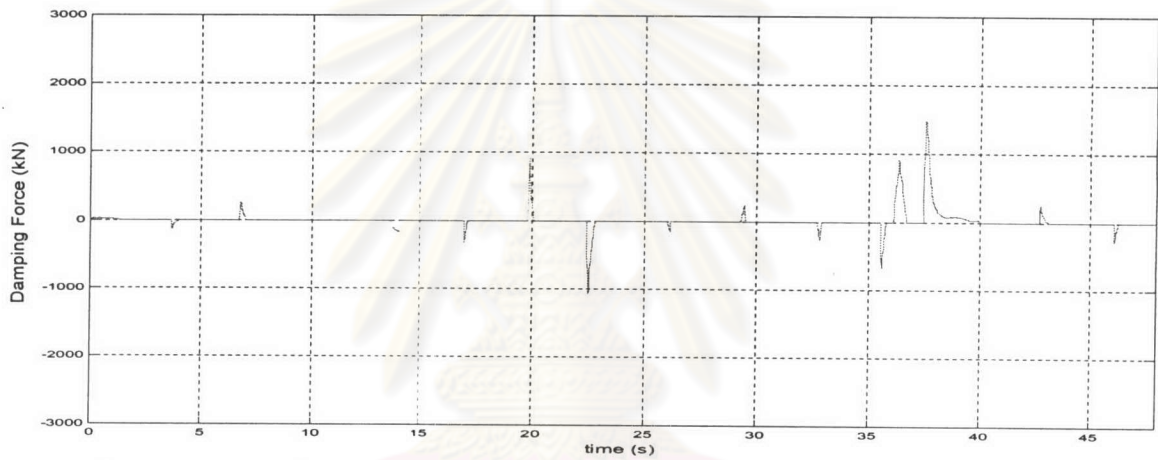
ตารางที่ 5.3 ตารางค่าความเร่งรากที่สองกำลังสองเฉลี่ยที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างในกรณีต่าง ๆ

76th Floor RMS Acceleration ( $m/s^2$ )					
Damping ratio of structure	Uncontrolled	PTMD		STMD	
		$\mu = 0.01$	$\mu = 0.10$	$\mu = 0.01$	$\mu = 0.10$
1%	0.1806	0.1428	0.1033	0.1231	0.0879
5%	0.1052	0.0921	0.0724	0.0850	0.0639

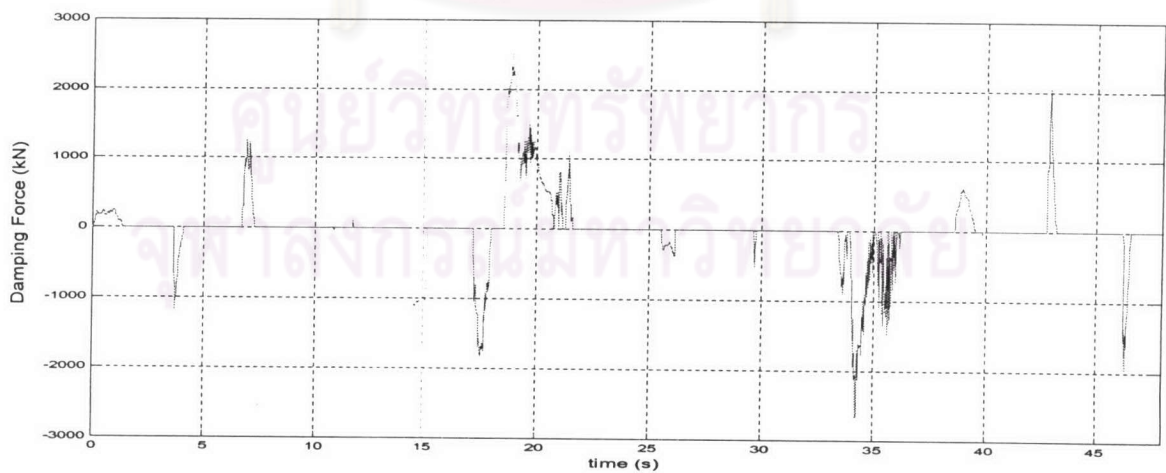
และเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำระบบมวลห้วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟไปประยุกต์ใช้กับการทำงานจริงในที่นี่ได้แสดงค่าแรงที่เกิดในดัดห้วงที่ปรับค่าได้ ดังรูปที่ 5.54 5.55 5.56 และ 5.57 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนความห้วงของโครงสร้างมีค่ามากขึ้น แรงที่เกิดขึ้นในดัดห้วงจะมีค่าลดลง ในขณะที่เมื่อขนาดมวลห้วงมีค่ามากขึ้น แรงที่เกิดขึ้นในดัดห้วงจะมีค่ามากขึ้น



รูปที่ 5.54 กราฟแรงที่เกิดในตัวหน่วงในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ  
( $\mu = 1\%$ ,  $\xi = 1\%$ )

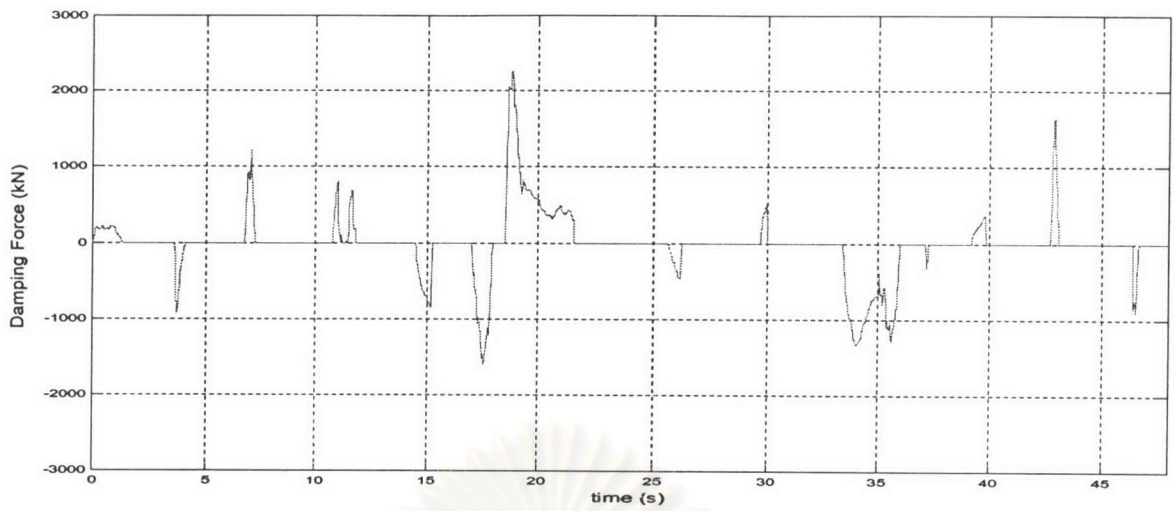


รูปที่ 5.55 กราฟแรงที่เกิดในตัวหน่วงในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ  
( $\mu = 1\%$ ,  $\xi = 5\%$ )



รูปที่ 5.56 กราฟแรงที่เกิดในตัวหน่วงในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ  
( $\mu = 10\%$ ,  $\xi = 1\%$ )





รูปที่ 5.57 กราฟแรงที่เกิดในตัวหน่วงในกรณีที่ตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ  
 ( $\mu = 10\%, \xi = 5\%$ )

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย