บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการวิจัย

ในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมาการควบคุมเพื่อลดขนาดของการสั่นไหวของโครงสร้างได้มีการพัฒนาอย่างมากและรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะว่าในปัจจุบันมีโครงสร้างทางวิศวกรรมขนาดใหญ่เกิดขึ้นมาเป็นจำนวนมากและประสบปัญหาเกี่ยวกับการสั่นไหวทั้งที่เกิดจากแรงลมและแผ่นดินไหว ระบบหรือวิธีการที่ใช้สำหรับลดการสั่นไหวได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องกระทั่งในปัจจุบัน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ

1. ระบบควบคุมแบบแพสสีฟ (Passive control system) เป็นระบบที่ติดตั้งเข้ากับโครงสร้างหลักเพื่อควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างหลัก ระบบนี้จะดูดซับพลังงานการสั่นไหวที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลักซึ่งเป็นการทำให้โครงสร้างหลักสามารถสลายพลังงานได้มากยิ่งขึ้น ระบบที่มีลักษณะเป็นแบบแพสสีฟนี้เป็นระบบที่อุปกรณ์ต่างๆมีค่าพารามิเตอร์ที่คงที่ไม่มีการปรับหรือเปลี่ยนแปลงสภาพตัวเองไปตามการสั่นไหวที่เกิดขึ้น ดังนั้นระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงหากสภาพการทำงานเป็นไปตามการออกแบบและคาดการณ์ไว้ก่อนการติดตั้ง

2. ระบบควบคุมแบบแอกทีฟ (Active control system) เป็นระบบที่มีการใช้แรงหรือพลังงานภายนอกมากระทำต่อโครงสร้างโดยตรง โดยขนาดและทิศทางของแรงที่ให้กับโครงสร้างนี้ต้องมีค่าเหมาะสมกับขนาดและทิศทางของการสั่นไหวที่เกิดขึ้น วิธีการดังกล่าวนี้จะทำให้การสั่นไหวของโครงสร้างลดลงได้เป็นอย่างมาก แต่ต้องใช้พลังงานจำนวนมากด้วย ซึ่งอาจทำได้ยากหากโครงสร้างมีขนาดใหญ่หรือมีการสั่นไหวในระดับรุนแรง

3. ระบบควบคุมแบบกึ่งแอกทีฟ (Semi-active control system) เป็นระบบที่นำส่วนดีของทั้งระบบควบคุมแบบแพสสีฟและแบบแอกทีฟมารวมกัน โดยระบบที่ติดตั้งนี้ไม่ใช่ระบบที่ตายตัวแต่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบได้โดยอาศัยแรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามระบบที่กล่าวมาจะพบว่าระบบควบคุมแบบกึ่งแอกทีฟมีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ทั้งนี้เพราะเป็นระบบที่สามารถทำการปรับตัวเองให้เหมาะสมกับสภาพการสั่นไหวขณะใดๆของโครงสร้างหลักโดยอาศัยพลังงานเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับระบบควบคุมแบบแอกทีฟ นอกจากนี้แรงที่ใช้ในระบบควบคุมแบบกึ่งแอกทีฟเป็นแรงที่ถูกบังคับทิศทางจึงไม่เป็นการเพิ่มพลังงานให้กับโครงสร้างและไม่ทำให้โครงสร้างเสียเสถียรภาพ

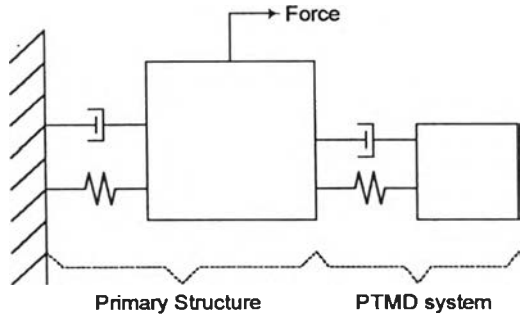
รายละเอียดของระบบทั้งสามมีวิธีการทำงานที่แยกย่อยได้อีกมาก แต่วิธีการหนึ่งที่นิยมคือ การทำให้อยู่ในรูปแบบของมวลหน่วงปรับค่า (Tuned mass damper, TMD) ซึ่งประกอบด้วย มวล, สปริง และตัวหน่วง การทำให้อยู่ในรูปแบบดังกล่าวจะทำให้สะดวกต่อการติดตั้งเข้ากับโครงสร้างหลักและทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ เนื่องจากว่าพฤติกรรมการสั่นไหวของอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหวมีรูปแบบที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะของแผ่นดินไหวที่กระทำ ซึ่งจะพบว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ (Passive tuned mass damper, PTMD) มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวด้อยกว่าการใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ (Active tuned mass damper, ATMD) แต่ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟก็มีปัญหาในเรื่องของการใช้พลังงานที่มากเพื่อลดการสั่นของอาคารและมีปัญหาเรื่องความเสถียรภาพเพราะสามารถให้พลังงานแก่ระบบ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ (Semi-active tuned mass damper , STMD) จึงเป็นวิธีการที่น่าจะมีความเหมาะสมที่สุดในการลดการสั่นไหวที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคารเนื่องจากการเกิดแผ่นดินไหว งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อการศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพของการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟในการลดการสั่นไหวของอาคารที่รับผลของแผ่นดินไหวเพื่อเป็นประโยชน์ต่องานวิศวกรรมต่อไป

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีการลดการสั่นของโครงสร้างโดยใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟและทำการเปรียบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟซึ่งในขั้นต้นของการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ

Den Hartog (1956) ได้เสนอแนวความคิดของการใช้ระบบมวลหน่วงซึ่งประกอบไปด้วยชุดของ มวล, ตัวหน่วงและสปริงที่คำนวณค่าไว้อย่างเหมาะสมเพื่อติดตั้งเข้ากับโครงสร้างอาคารในการลดการสั่นไหวของอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ

โดยที่ Den Hartog เสนอว่าการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟที่เหมาะสม จะมีส่วนในการช่วยเพิ่มความหน่วงหรือความสามารถในการสลายพลังงานให้กับโครงสร้างหลัก และทำให้โครงสร้างอาคารมีการสั่นลดลง ทั้งนี้เพราะพลังงานการสั่นของโครงสร้างบางส่วนจะถูกส่งไปยังระบบมวลหน่วงจึงทำให้พลังงานของโครงสร้างลดลง

หลักการของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟได้รับความสนใจมากขึ้นดังนั้นจึงมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของระบบนี้เพิ่มเติมดังนี้

Lin และคณะ (1994) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟในการควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างภายใต้แรงกระทำที่ไม่มีรูปแบบแน่นอนทางธรรมชาติ (Stochastic environmental loadings) และพบว่าระบบมวลหน่วงสามารถใช้งานได้ดีโดยเฉพาะกรณีที่ความถี่ของโครงสร้างมีค่าน้อยกว่าความถี่ของแรงที่กระทำเล็กน้อย นอกจากนี้ยังสรุปว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟสามารถใช้ลดการสั่นไหวได้ทั้งที่เกิดจากลมและแผ่นดินไหวโดยกรณีที่เกิดจากลมจะได้ผลดีกว่าที่เกิดจากแผ่นดินไหว

Villaverde (1994) ทำการทดลองและทดสอบเชิงตัวเลข โดยใช้โครงสร้างอาคารรับแรงเฉือน 10 ชั้นวิเคราะห์แบบสองมิติ (2D 10-storey shear building) และ อาคารโครงข้อแข็ง 1 ชั้นวิเคราะห์แบบสามมิติ (3D 1-story frame building) ซึ่งติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟและใช้สัญญาณแผ่นดินไหว 9 สัญญาณ ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าในบางกรณีที่ศึกษาระบบมวลหน่วงจะสามารถลดการสั่นของโครงสร้างได้เป็นอย่างดีแต่ในบางกรณีได้ผลเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีผลในการลดการสั่นไหวเลย จากข้อมูลที่ได้ทำให้สรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟขึ้นกับลักษณะของแผ่นดินไหวที่กระทำโดยการลดการสั่นของโครงสร้างจะได้ผลดีมากเมื่อคลื่นแผ่นดินไหวมีลักษณะที่ทำให้เกิดการกำทอน (Resonant ground motion) และความสามารถในการลดการสั่นไหวจะลดลงเมื่อความถี่หลัก

ของคลื่นแผ่นดินไหว (Dominant frequency of ground motion) ต่างจากความถี่ธรรมชาติของโครงสร้างมากขึ้น

ผลการศึกษาของ Lin และ Villaverde แสดงให้เห็นว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟอาจจะไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการลดการสั่นไหวเนื่องจากการเกิดแผ่นดินไหวเนื่องจากลักษณะของแผ่นดินไหวส่วนมากจะมีความถี่ของการสั่นที่ไม่แน่นอนจึงทำให้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นวิธีการแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วย, แบบแอกทีฟและแบบกึ่งแอกทีฟจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งในอดีตมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วย, แบบแอกทีฟและกึ่งแอกทีฟอันได้แก่

1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วย

Xu K. และ Igusa T. (1992) ทำการศึกษาระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบ แพสสีฟหลายหน่วย โดยพิจารณาโครงสร้างมีระดับขั้นความอิสระเดี่ยวและใช้แรงกระทำต่อโครงสร้างมีลักษณะเป็นแบบฮาร์โมนิก ผลที่ได้พบว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วยมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหนึ่งหน่วยไม่มากนักแต่มีข้อดีที่ใช้ค่าอัตราส่วนความหน่วงที่เหมาะสมที่ต่ำกว่าทำให้เหมาะแก่การใช้งานจริงมากกว่า

Yamaguchi H. และ Harnpornchai N. (1993) ทำการศึกษาระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วย โดยทำการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบซึ่งพบว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วยมีประสิทธิภาพดีกว่าและสามารถออกแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อกำหนดจำนวนมวลหน่วงไว้ล่วงหน้าก่อนได้โดยพิจารณาช่วงความถี่และค่าอัตราส่วนความหน่วงของมวลหน่วง ซึ่งช่วงความถี่ของมวลหน่วงเป็นพารามิเตอร์ที่มีปัจจัยมากที่สุดต่อประสิทธิภาพของมวลหน่วง ส่วนค่าอัตราส่วนความหน่วงที่เหมาะสมจะแปรตามจำนวนตัวหน่วงที่ใช้

1.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

Chang และคณะ(1995) เสนออัลกอริทึมควบคุมที่ใช้ผลตอบสนองสมบูรณ์แบบวงปิด (Closed-loop complete-feedback control algorithm) สำหรับมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟในการลดการสั่นไหวของโครงสร้างซึ่งจำลองเป็นระดับขั้นความอิสระเดี่ยว (Single degree of freedom, SDOF) โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการออกแรงควบคุมคำนวณจากการหา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุพันธ์ของความปรวนแปรของการสั่นไหว (Displacement variance) ของระบบ นอกจากนี้ยังได้พิจารณาการใช้ผลตอบสองเชิงความเร็ว (Velocity-feedback) และทดสอบประสิทธิภาพของมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟนี้ด้วยการทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยใช้ตัวอย่างเป็นอาคารโครงข้อแข็ง 10 ชั้น (10-storey frame building) ภายใต้สัญญาณแผ่นดินไหว ผลสรุปว่าเมื่อใช้แรงในการควบคุมเท่าๆกันการใช้ผลตอบสนองสมบูรณ์ (Complete-feedback) สามารถลดขนาดของการสั่นไหวได้ดีกว่าการใช้ผลการตอบสนองเชิงความเร็ว (Velocity-feedback) ทั้งระยะและขนาดความเร่งของการสั่น

Singh และคณะ(1997) ทำการตรวจสอบการใช้งานของวิธีการควบคุมโครงสร้างเพื่อทำให้ขนาดการสั่นของโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหวลดลงทั้งวิธีการแบบแอกทีฟและกึ่งแอกทีฟ การวิจัยนี้กระทำในเชิงตัวเลขโดยถือว่าในระบบกึ่งแอกทีฟนั้นตัวโครงสร้างเองมีความสามารถที่จะปรับค่าสติฟเนสและความหน่วงได้ การวิจัยนี้ได้ใช้ตัวอย่างแบบจำลองของอาคารรับแรงเฉือน 10 ชั้น (10-storey shear buildings) ผลการทดสอบปรากฏว่าทั้งวิธีการแอกทีฟและกึ่งแอกทีฟสามารถใช้ลดการสั่นไหวได้ โดยวิธีการแบบแอกทีฟจะได้ผลดีมากแต่มีข้อจำกัดในเรื่องของแรงภายนอกซึ่งจะต้องใช้แรงมากจึงทำให้อาจจะใช้กับตึกที่มีขนาดใหญ่ๆไม่ได้ นอกจากนี้ในส่วนของการควบคุมแบบแอกทีฟนี้ยังได้แบ่งการวิจัยเป็นแบบลวดดึงแบบแอกทีฟ (Active tendon) กับมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ ผลปรากฏว่าที่ระดับการลดการสั่นไหวเท่าๆกัน แรงที่ใช้ในแบบระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟจะมีค่าน้อยกว่า สำหรับในส่วนของการควบคุมแบบกึ่งแอกทีฟได้มีการสมมติว่าสามารถเปลี่ยนแปลงค่าสติฟเนสและความหน่วงของโครงสร้างได้ โดยวิธีการควบคุมโดยปรับค่าความหน่วงแบบกึ่งแอกทีฟ (Semi-active damping control) คิดว่าค่าความหน่วงของโครงสร้างสามารถควบคุมได้ในลักษณะของเปิด-ปิด (On-off) ซึ่งได้ผลการลดการสั่นไหวดี นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบแบบการควบคุมโดยปรับค่าสติฟเนสแบบกึ่งแอกทีฟ (Semi-active stiffness control) โดยคิดเป็นสติฟเนสส่วนเสริมที่ปรับค่าได้ (Variable additional stiffness) ซึ่งคิดในลักษณะของเปิด-ปิดเช่นกัน ผลปรากฏว่าการควบคุมสติฟเนสส่วนเสริมที่ปรับค่าได้นี้จะได้ผลดีกว่าการเพิ่มสติฟเนสให้กับโครงสร้างโดยตรงแบบแพสสีฟ

1.2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ

Hrovat และคณะ(1983) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟซึ่งเป็นการใช้มวลหน่วงปรับค่าที่มีการปรับค่าความหน่วงให้เหมาะสมได้เพื่อให้ทำงานได้ใกล้เคียงกับวิธีการแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ โดยมีความคิดมาจากการที่วิธี

การแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟสามารถทำงานได้โดยที่โครงสร้างมีเสถียรภาพแต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ แต่ในขณะเดียวกันแม้ว่าการควบคุมแบบแอกทีฟจะมีประสิทธิภาพแต่ก็ต้องการแรงและพลังงานภายนอกที่สูงมาก และอาจทำให้โครงสร้างขาดเสถียรภาพได้เนื่องจากความผิดพลาดในการทำงานของระบบควบคุม ดังนั้นถ้าใช้วิธีการแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟจะทำให้ประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวได้ดี, มีความเชื่อถือได้, ประหยัดพลังงานเพราะใช้แรงภายนอกน้อยมาก Hrovat และคณะได้ทำการทดสอบทางแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยจำลองโครงสร้างหลักเป็นแบบระดับขั้นความเสรีเดี่ยวโดยให้โครงสร้างรับแรงที่กระทำโดยลมผลปรากฏว่าวิธีการแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟใช้ได้ผลดีกว่าแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟมากและสามารถเทียบเท่าได้กับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

ผลการศึกษาของ Hrovat และคณะแสดงให้เห็นว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟสามารถช่วยลดการสั่นของโครงสร้างได้ดีกว่าวิธีการมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ แต่อย่างไรก็ตามระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟนี้เป็นระบบที่มีความซับซ้อนมากกว่าเพราะค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบต้องมีความสามารถในการปรับตัวเองเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีตัวหน่วงอยู่หลายชนิดที่มีความสามารถในการปรับค่าความหนืดของตัวเองได้โดยอาศัยการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า ซึ่งได้มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอุปกรณ์ต่างๆที่สามารถควบคุมการปรับค่าพารามิเตอร์ได้ซึ่งได้แก่

Spencer (1996) ได้กล่าวว่า วิธีการควบคุมโครงสร้างแบบกึ่งแอกทีฟนี้มีข้อดีที่ได้เปรียบวิธีการควบคุมแบบแอกทีฟและแบบกึ่งแอกทีฟ คือสามารถควบคุมโครงสร้างได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนกับแบบแอกทีฟทั้งยังไม่เป็นการใส่พลังงานให้กับโครงสร้างจึงไม่สามารถทำให้โครงสร้างวิบัติได้จากความผิดพลาดของการควบคุม พร้อมทั้งสรุปประเภทของอุปกรณ์ที่สามารถทำงานในลักษณะการควบคุมแบบกึ่งแอกทีฟได้อันได้แก่ ตัวหน่วงที่ปรับขนาดรูผ่านของของไหลได้ (Variable orifice dampers), ตัวหน่วงที่ปรับค่าแรงเสียดทานได้ (Variable friction dampers) และตัวหน่วงที่สามารถควบคุมพฤติกรรมของของเหลวภายในได้ (Controllable fluid dampers) ซึ่งหากเปรียบเทียบแล้วพบว่าอุปกรณ์ประเภทตัวหน่วงที่สามารถควบคุมพฤติกรรมของของเหลวภายในได้ ซึ่งใช้ของเหลว 2 ชนิดคือของเหลวไฟฟ้าปรับค่า (Electro-rheological fluid, ER fluid) และของเหลวแม่เหล็กปรับค่า (Magnetro-rheological fluid, MR fluid) มีข้อดีกว่าวิธีอื่นๆในเรื่องของความน่าเชื่อถือ (Reliability) และความสะดวกในบำรุงรักษา เนื่องจาก

ของเหลวทั้งสองชนิดนี้สามารถปรับคุณสมบัติของตัวเองได้ในเวลาไม่กี่มิลลิวินาทีเท่านั้นและใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการทำงาน

Carlson และคณะ (1996) ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของตัวหน่วงที่บรรจุของเหลวแม่เหล็กปรับค่าโดยพฤติกรรมของของเหลวใช้แบบจำลองพลาสติกบิงแฮม (Bingham plastic model) นอกจากนี้ยังแสดงว่าของเหลวแม่เหล็กปรับค่ามีคุณสมบัติที่ดีกว่าของเหลวไฟฟ้าปรับค่าในหลายๆด้าน อันได้แก่ค่าสูงสุดของความเค้นคราก (Maximum yield stress) ที่มากกว่า, ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่มากกว่า, ใช้กำลัง (Power supply) น้อยกว่า, ทั้งยังทนต่อสิ่งเจือปนได้ดีกว่า Carlson ได้อ้างถึงผลการทดสอบตัวหน่วงของเหลวแม่เหล็กปรับค่าซึ่งสามารถให้แรงได้มากถึง 20 ตันโดยใช้กำลังเพียง 22 วัตต์เท่านั้น

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพของการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟในการลดการสั่นไหวของอาคารที่รับผลของแผ่นดินไหว
2. ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวระหว่างวิธีแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ, มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหนึ่งหน่วยและหลายหน่วย
4. ศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ตัวหน่วงที่บรรจุของเหลวแม่เหล็กปรับค่าในระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. พิจารณาการลดการสั่นไหวเฉพาะในส่วนที่เป็นโหมดหลักของการสั่นไหว
2. พิจารณาโครงสร้างเป็นแบบอิลาสติกเชิงเส้น
3. สัญญาณแผ่นดินไหวที่ใช้เป็นสัญญาณแผ่นดินไหวแบบฮาร์โมนิกและสัญญาณแผ่นดินไหวระยะไกลที่บันทึกได้จากเหตุการณ์จริงในอดีต
4. พิจารณาการลดการสั่นไหวเฉพาะในแนวราบเท่านั้น
5. ใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหรือแบบกึ่งแอกทีฟจำนวน 1 หน่วยในการลดการสั่นไหว

6. มวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนค่าได้ในช่วงที่จำกัด
7. อุปกรณ์ตัวหน่วงที่บรรจุของเหลวแม่เหล็กปรับค่าที่ใช้ศึกษาเป็นรุ่นที่สามารถหาซื้อได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาการสั่นไหวที่เกิดขึ้นต่อโครงสร้างโดยวิธีที่เหมาะสม
2. เป็นข้อเสนอแนะในการพัฒนาการออกแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้วิธีมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟกับโครงสร้างจริงต่อไป

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลงานวิจัยในอดีต และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. เขียนโปรแกรมวิเคราะห์การสั่นไหวของโครงสร้างภายใต้สัญญาณแผ่นดินไหว
   2.1 กรณีที่ยังไม่มีการควบคุมและควบคุมด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ
   2.2 กรณีควบคุมด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟและมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหลายหน่วย
3. วิเคราะห์การสั่นไหวของอาคารทั้งกรณีก่อนและหลังควบคุมการสั่นด้วยมวลหน่วง
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟกับระบบอื่นๆ จากผลที่ได้
5. ศึกษาพฤติกรรมและพัฒนาประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟ
6. วางแผนและทำการทดสอบอุปกรณ์ตัวหน่วงที่บรรจุของเหลวแม่เหล็กปรับค่า
   6.1 ศึกษาการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบ
   6.2 ออกแบบวิธีการทดสอบ
   6.3 ทำการทดสอบ
   6.4 วิเคราะห์และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ของตัวหน่วง
7. นำแบบจำลองที่ได้มาตรวจสอบประสิทธิภาพหากนำไปใช้ในระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบกึ่งแอกทีฟที่ใช้ตัวหน่วงปรับค่าทางคอมพิวเตอร์และเปรียบเทียบผล
8. วิเคราะห์และสรุปผล
9. ทำรายงานการวิจัย