บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการวิจัย

ในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมาการควบคุมเพื่อลดขนาดของการสั่นไหวของโครงสร้างได้มีการพัฒนาอย่างมากและรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะว่าในปัจจุบันมีโครงสร้างทางวิศวกรรมขนาดใหญ่เกิดขึ้นมาเป็นจำนวนมากและประสบปัญหาเกี่ยวกับการสั่นไหวทั้งที่เกิดจากแรงลมและแผ่นดินไหว ระบบหรือวิธีการที่ใช้สำหรับลดการสั่นไหวได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงในปัจจุบัน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ คือ

1. ระบบควบคุมแบบแพสสีฟ (Passive control system) เป็นระบบที่ติดตั้งเข้ากับโครงสร้างหลักเพื่อควบคุมการสั่นไหวของโครงสร้างหลัก ระบบนี้จะดูดซับพลังงานการสั่นไหวที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหลักซึ่งทำให้โครงสร้างหลักสามารถสลายพลังงานได้มากยิ่งขึ้น ระบบที่มีลักษณะเป็นแบบแพสสีฟนี้เป็นระบบที่อุปกรณ์ต่าง ๆ มีค่าพารามิเตอร์ที่คงที่ไม่มีการปรับหรือเปลี่ยนแปลงสภาพตัวเองไปตามการสั่นไหวที่เกิดขึ้น ดังนั้นระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงหากสภาพการทำงานเป็นไปตามการออกแบบและคาดการณ์ไว้ก่อนการติดตั้ง

2. ระบบควบคุมแบบแอกทีฟ (Active control system) เป็นระบบที่มีการใช้แรงหรือพลังงานภายนอกมากระทำต่อโครงสร้างโดยตรง โดยขนาดและทิศทางของแรงที่ให้กับโครงสร้างนี้ต้องมีค่าเหมาะสมกับขนาดและทิศทางของการสั่นไหวที่เกิดขึ้น วิธีการดังกล่าวนี้จะทำให้การสั่นไหวของโครงสร้างลดลงได้เป็นอย่างมากแต่ต้องใช้พลังงานจำนวนมากด้วย ซึ่งอาจทำได้ยากหากโครงสร้างมีขนาดใหญ่หรือมีการสั่นไหวในระดับรุนแรง

3. ระบบควบคุมแบบเซมิแอกทีฟ (Semi-active control system) เป็นระบบที่นำส่วนดีของทั้งระบบควบคุมแบบแพสสีฟและแบบแอกทีฟมารวมกัน โดยระบบที่ติดตั้งนี้ไม่ใช่ระบบที่ตายตัวแต่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบได้โดยอาศัยแรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามระบบที่กล่าวมาจะพบว่าระบบควบคุมแบบเซมิแอกทีฟมีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ทั้งนี้เพราะเป็นระบบที่สามารถทำการปรับตัวเองให้เหมาะสมกับสภาพการสั่นไหวขณะใด ๆ ของโครงสร้างหลักโดยอาศัยพลังงานเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับระบบควบคุมแบบแอกทีฟ นอกจากนี้แรงที่ใช้ในระบบควบคุมแบบเซมิแอกทีฟเป็นแรงที่ถูกบังคับทิศทางจึงไม่เป็นการเพิ่มพลังงานให้กับโครงสร้างและไม่ทำให้โครงสร้างเสียเสถียรภาพ

รายละเอียดของระบบทั้งสามมีวิธีการทำงานที่แยกย่อยได้อีกมาก แต่วิธีการหนึ่งที่นิยมคือการทำให้อยู่ในรูปแบบของมวลหน่วงปรับค่า (Tuned mass damper, TMD) ซึ่งประกอบด้วย มวล สปริง และตัวหน่วง การทำให้อยู่ในรูปแบบดังกล่าวจะทำให้สะดวกต่อการติดตั้งเข้ากับโครงสร้างหลักและทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์ เนื่องจากระบบนี้สามารถติดตั้งอยู่ที่ชั้นบนสุดของอาคารได้

ปัจจุบันได้มีการนำระบบควบคุมมาประยุกต์ใช้กับอาคารจริงเพื่อบรรเทาภัยจากธรรมชาติอาทิเช่น แผ่นดินไหวและลมที่รุนแรง ระบบการควบคุมแบบแพสสีฟและแอกทีฟถูกนำมาใช้กับอาคารในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และแคนนาดา เพื่อบรรเทาผลตอบสนองภายใต้การกระตุ้นจากแรงลมหรือแผ่นดินไหว อย่างไรก็ดี นักวิจัยได้พบว่าการปรับปรุงระบบควบคุมแบบแพสสีฟที่มีอยู่ให้เป็นแบบเซมิแอกทีฟจะทำให้ประสิทธิภาพในการควบคุมสูงขึ้นมาก โดยที่เสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ปรับปรุง และบำรุงรักษา ต่ำกว่าระบบควบคุมแบบแอกทีฟ จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำเอาระบบควบคุมแบบเซมิแอกทีฟมาประยุกต์ใช้กับอาคารสูงรับแรงลม

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอาคารตัวอย่างที่ถูกออกแบบเพื่อสร้างในเขตเมืองเมลเบอร์น ประเทศออสเตรเลีย อาคารดังกล่าวเป็นอาคารสำนักงาน 76 ชั้น สูง 306 เมตร กว้าง 42 เมตร โครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากมีอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของตัวอาคารเท่ากับ 7.3 ดังนั้นอาคารนี้จึงมีผลกระทบเนื่องจากแรงลมค่อนข้างมาก

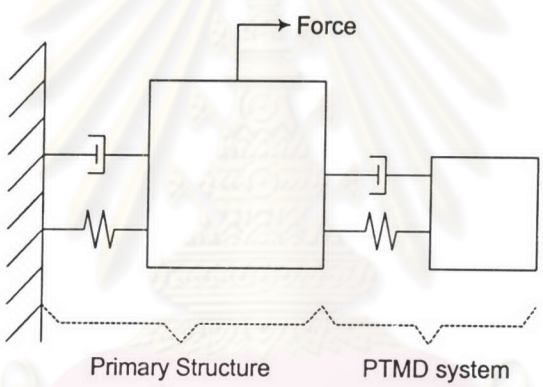
แรงลมที่กระทำกับอาคารเคยถูกจำลองด้วยกระบวนการสโตคาสติค (Stochastic) โดยใช้เมตริกซ์ความหนาแน่นสเปกตรัมแบบครอสพาวเวอร์ของดาร์เวนพอร์ต (Davenport's cross-power spectral density matrix) และชุดของฟังก์ชันตัวอย่างที่จำลองมาจากสเปกตรัมของลม (wind spectra) แต่ทฤษฎีดังกล่าวได้ถูกโต้แย้งจากวิศวกรที่ศึกษาเกี่ยวกับแรงลมหลายท่าน จึงได้มีการตกลงกันในระหว่างการประชุมทางวิชาการระดับโลกของการควบคุมโครงสร้างครั้งที่ 2 ให้ทำการทดลองในอุโมงค์ลมเพื่อหาแรงลมที่กระทำกับอาคารนี้และทำแบบจำลองอาคาร 76 ชั้นนี้ การทดลองในอุโมงค์ลมถูกสร้างขึ้นที่มหาวิทยาลัยซิดนีย์ [Samali และคณะ (1998)] แบบจำลองอาคารที่ใช้นี้มีความสมมาตรในแนวราบทั้งสองด้านและแกนศูนย์กลางความยืดหยุ่นเป็นแกนเดียวกับกับแกนศูนย์กลางของมวลเพื่อหลีกเลี่ยงการเคลื่อนที่แบบบิดควบคู่กับการสั่นไหวในทางด้านข้างภายใต้แรงลมที่มากระทำ อาคารจะมีการเคลื่อนที่ทั้งเนื่องจากแรงลมตามยาวและตามขวาง ดังนั้นจึงมีมวลหน่วงหลายตัว หรือมวลหน่วงเพียงตัวเดียวกับตัวให้แรงหลาย ๆ ตัว โดยที่มีจำนวนเท่ากันทั้งสองทิศทาง แต่เพื่อให้ง่ายขึ้นจึงใช้มวลหน่วงและตัวให้แรงเพียงอย่างละหนึ่งตัวในแต่ละทิศทาง ซึ่งผลการทดลองในอุโมงค์ที่กล่าวมานี้จะนำมาใช้เป็นข้อมูลที่จะทำการวิจัยนี้ต่อไป ยิ่งไปกว่านั้น จะทำการพิจารณาลดจำนวนระดับขั้นความเสรีของอาคารตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งมีจำนวนมากเพื่อความสะดวกในการคำนวณ

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต

ในการวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีการลดการสั่นไหวของโครงสร้างโดยใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟและทำการเปรียบเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟซึ่งในขั้นต้นของการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ

Den Hartog (1956) ได้เสนอแนวความคิดของการใช้ระบบมวลหน่วงซึ่งประกอบไปด้วยชุดของมวล ตัวหน่วงและสปริงที่คำนวณค่าไว้อย่างเหมาะสม ติดตั้งเข้ากับโครงสร้างหลักเพื่อลดการสั่นไหว ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ

โดยที่ Den Hartog เสนอว่าการติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟที่เหมาะสม จะมีส่วนในการช่วยเพิ่มความหน่วงหรือความสามารถในการสลายพลังงานให้กับโครงสร้างหลัก และทำให้โครงสร้างหลักมีการสั่นลดลง ทั้งนี้เพราะพลังงานการสั่นของโครงสร้างบางส่วนจะถูกส่งไปยังระบบมวลหน่วงจึงทำให้พลังงานของโครงสร้างลดลง

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

1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

Chang และคณะ (1995) เสนออัลกอริทึมควบคุมที่ใช้ผลตอบสนองสมบูรณ์แบบวงปิด (Closed-loop complete-feedback control algorithm) สำหรับมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟในการลดการสั่นไหวของโครงสร้างซึ่งจำลองเป็นระดับขั้นความเสรีเดี่ยว (Single degree of freedom, SDOF) โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการออกแรงควบคุมคำนวณจากการหาอนุพันธ์ของความปรวนแปรของการสั่นไหว (Displacement variance) ของระบบ นอกจากนี้ยังได้พิจารณาการใช้ผลตอบสนองเชิงความเร็ว (Velocity-feedback) และทดสอบประสิทธิภาพของมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟนี้ด้วยการทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ โดยใช้ตัวอย่างเป็นอาคารโครงข้อแข็ง 10 ชั้น (10-story frame building) ภายใต้สัญญาณแผ่นดินไหว ผลสรุปว่าเมื่อใช้แรงในการควบคุมเท่า ๆ กันการใช้ผลตอบสนองสมบูรณ์ (Complete-feedback) สามารถลดขนาดของการสั่นไหวได้ดีกว่าการใช้ผลการตอบสนองเชิงความเร็ว (Velocity-feedback) ทั้งในแง่ของระยะและขนาดความเร่งของการสั่นไหว โดยที่ถ้าให้ระยะของการสั่นไหวที่เท่ากัน การใช้ผลตอบสนองแบบสมบูรณ์จะใช้แรงควบคุมที่น้อยกว่าประมาณ 8 เท่า

Cao, Reinhorn และ Soong (1997) ได้ทำการออกแบบใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงลมของอาคารสูง 340 เมตร ในเมืองนานกิง ประเทศจีน โดยใช้การวิเคราะห์โครงสร้างแบบโหมดเดียว และใช้วิธีการคำนวณแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งผลที่ได้จากการออกแบบนี้เป็นที่น่าพอใจ ทั้งความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้กับแรงที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างและผลจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ณ เวลาเดียวกัน โดยที่ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดการสั่นไหวได้ดีกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟอยู่มาก และมีผลกระทบต่อแรงควบคุมที่ใช้เนื่องจากแรงเสียดทานของมวลหน่วงเพียงเล็กน้อย

Samali, Kwok และ Focioni (1998) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ ในการลดการสั่นไหวของอาคารสูง 76 ชั้น เนื่องจากแรงลม ที่มหาวิทยาลัยซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งผลที่ได้คือ ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟมากทั้งผลการทดลองและผลที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งเนื่องมาจากทฤษฎีในการทำงานที่แตกต่างกันระหว่างสองระบบนี้ โดยที่ถ้ากำหนดขนาดของมวลหน่วงและขนาดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของมวลหน่วงเทียบกับขนาดระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างให้มีค่าเท่ากัน ผลที่ได้ก็คือประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟดีกว่าอยู่ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟในกรณีที่ทำการทดลอง และดีกว่าอยู่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟในกรณีที่ทำการคำนวณ

1.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ

Hrovat และคณะ (1983) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟซึ่งเป็นการใช้มวลหน่วงปรับค่าที่มีการปรับค่าความหน่วงให้เหมาะสมได้เพื่อให้ทำงานได้ใกล้เคียงกับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ โดยมีความคิดมาจากการที่ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟสามารถทำงานได้โดยที่โครงสร้างมีเสถียรภาพ แต่มีประสิทธิภาพด้อยกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ แต่ในขณะเดียวกันแม้ว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟจะมีประสิทธิภาพแต่ก็ต้องการแรงและพลังงานภายนอกที่สูงมาก และอาจทำให้โครงสร้างขาดเสถียรภาพได้เนื่องจากความผิดพลาดในการทำงานของระบบควบคุม ดังนั้นถ้าใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟจะทำให้มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวได้ดี มีความเชื่อถือได้ และประหยัดพลังงานเพราะใช้แรงภายนอกน้อยมาก ซึ่ง Hrovat และคณะได้ทำการทดสอบทางแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยจำลองโครงสร้างหลักเป็นแบบระดับขั้นความเสรีเดี่ยวโดยให้โครงสร้างรับแรงที่กระทำโดยลม ผลปรากฏว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟใช้ได้ผลดีกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟมากและสามารถเทียบเท่าได้กับระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

ผลการศึกษาของ Hrovat และคณะแสดงให้เห็นว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟสามารถช่วยลดการสั่นของโครงสร้างได้ดีกว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ แต่อย่างไรก็ตามระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟนี้เป็นระบบที่มีความซับซ้อนมากกว่าเพราะค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบต้องมีความสามารถในการปรับตัวเองเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวดีขึ้น ในปัจจุบันมีตัวหน่วงอยู่หลายชนิดที่มีความสามารถในการปรับค่าความหนืดของตัวเองได้โดยอาศัยการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า

Spencer (1996) ได้กล่าวว่า วิธีการควบคุมโครงสร้างแบบเซมิแอกทีฟนี้มีข้อดีที่ได้เปรียบวิธีการควบคุมแบบแอกทีฟและแบบแพสสีฟ คือสามารถควบคุมโครงสร้างได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานมากเหมือนกับแบบแอกทีฟทั้งยังไม่เป็นการใส่พลังงานให้กับโครงสร้างจึงไม่สามารถทำให้โครงสร้างวิบัติได้จากความผิดพลาดของการควบคุม พร้อมทั้งสรุปประเภทของอุปกรณ์ที่สามารถทำงานในลักษณะการควบคุมแบบเซมิแอกทีฟได้ อันได้แก่ 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) มีข้อดี

กว่าประเภทอื่น ๆ ในเรื่องของความน่าเชื่อถือ (Reliability) และความสะดวกในบำรุงรักษา เนื่องจากของเหลวทั้งสองชนิดนี้สามารถปรับคุณสมบัติของตัวเองได้ในเวลาไม่กี่มิลลิวินาทีเท่านั้น และใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการทำงาน

Carlson และคณะ (1996) ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวหน่วงที่บรรจุของเหลวแม่เหล็กปรับค่า โดยพฤติกรรมของของเหลวใช้แบบจำลองพลาสติกบิงแฮม (Bingham plastic model) นอกจากนี้ยังแสดงว่าของเหลวแม่เหล็กปรับค่ามีคุณสมบัติที่ดีกว่าของเหลวไฟฟ้าปรับค่าในหลาย ๆ ด้าน อันได้แก่ ค่าสูงสุดของความเค้นคราก (Maximum yield stress) ที่มากกว่า ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่มากกว่า ใช้กำลัง (Power supply)น้อยกว่า ทั้งยังทนต่อสิ่งเจือปนได้ดีกว่า Carlson ได้อ้างถึงผลการทดสอบตัวหน่วงของเหลวแม่เหล็กปรับค่าซึ่งสามารถให้แรงได้มากถึง 20 ตัน โดยใช้กำลังเพียง 22 วัตต์เท่านั้น

Pinkaew และ Fujino (2001) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ ภายใต้การกระตุ้นแบบฮาร์โมนิค โดยใช้ทฤษฎี optimal control ในการหาค่าความหน่วงของมวลหน่วง ซึ่งค่าความหน่วงจะแปรเปลี่ยนในช่วงที่แน่นอน ในการทดลองนี้จะใช้วิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลขทำการศึกษาโครงสร้างที่มีระดับขั้นความเสรีเดี่ยว ที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับโครงสร้างเดียวกันที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟทั้งในช่วงแปรปรวนและช่วงคงตัว ผลที่ได้คือ การลดการสั่นไหวด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟจะมีผลที่ดีกว่าการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟอยู่มากทั้งในช่วงแปรปรวนและในช่วงคงตัว โดยเทียบเท่ากับการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟที่มีขนาดมวลเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่าของมวลเดิม

เนื่องจากว่าพฤติกรรมการสั่นไหวของอาคารภายใต้แรงลมประกอบด้วยโหมดการสั่นไหวหลายโหมด ซึ่งจะพบว่าระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟ (Passive tuned mass damper, PTMD) มีประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวด้อยกว่าการใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ (Active tuned mass damper, ATMD) แต่ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟก็มีปัญหาในเรื่องของการใช้พลังงานที่มากเพื่อลดการสั่นไหวของอาคารทำให้ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายมากและมีปัญหาเรื่องความเสถียรภาพเพราะสามารถให้พลังงานแก่ระบบ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้ระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ (Semi-active tuned mass damper, STMD) จึงเป็นวิธีการที่น่าจะมีความเหมาะสมที่สุดในการลดการสั่นไหวที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคารเนื่องจากแรงลม งานวิจัยนี้จึงทำขึ้นเพื่อการศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพของการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟในการลดการสั่นไหวของอาคารสูงที่รับผลจากแรงลมเพื่อเป็นแนวทางในงานวิศวกรรมต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพของการใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟในการลดการสั่นไหวของอาคารสูงที่รับผลของแรงลม
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวของอาคารสูงที่รับผลของแรงลมระหว่างมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟกับมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ
3. ศึกษาความไวของประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟต่อความคลาดเคลื่อนของคุณสมบัติอาคารที่ใช้ในการออกแบบ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ในการทำวิจัยนี้จะใช้ 23 ระดับขั้นความเสรี จากทั้งหมด 76 ระดับขั้นความเสรี (อาคาร 76 ชั้น) ในการวิเคราะห์การสั่นไหวของโครงสร้าง
2. พิจารณาโครงสร้างเป็นแบบอิลาสติกเชิงเส้น
3. แรงลมที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยซิดนีย์
4. พิจารณาการลดการสั่นไหวเฉพาะแนวราบใน 1 ทิศทางเท่านั้น
5. ใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟหรือแบบเซมิแอกทีฟจำนวน 1 ชุดที่ประกอบด้วย มวล สปริง และตัวหน่วง อย่างละ 1 ตัว ติดตั้งที่ชั้นบนสุดของอาคารในการลดการสั่นไหว
6. มวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนค่าได้ในช่วงที่จำกัด
7. การศึกษาความไวของประสิทธิภาพของมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ จะพิจารณาเฉพาะความคลาดเคลื่อนของค่าสติฟเนสของโครงสร้างเท่านั้น

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลงานวิจัยในอดีต และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. เขียนโปรแกรมวิเคราะห์การสั่นไหวของโครงสร้างที่มีระดับขั้นความเสรีเดี่ยว โดยใช้แรงลมที่เป็นแบบฮาร์โมนิค
3. ศึกษาการใช้วิธีการลดลำดับของแบบจำลอง เพื่อลดจำนวนระดับขั้นความเสรีและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ

4. ทำการจำลองอาคารตัวอย่างสูง 76 ชั้น รับแรงลม และตรวจสอบความถูกต้องของการจำลอง
5. ทำการวิเคราะห์ผลการของควบคุมการสั่นไหวของอาคารตัวอย่าง ด้วยระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟและเซมิแอกทีฟ
6. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสสีฟและเซมิแอกทีฟกับอาคารตัวอย่างสูง 76 ชั้น ที่รับแรงลม
7. ศึกษาความไวของประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟ
8. วิเคราะห์และสรุปผล
9. ทำรายงานการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการสั่นไหวที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างอาคารสูงที่รับแรงลมด้วยระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบต่าง ๆ เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น
3. ผลที่ได้จากการศึกษาความไวของประสิทธิภาพของระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างได้
4. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้มวลหน่วงปรับค่าแบบเซมิแอกทีฟกับโครงสร้างอาคารสูงจริงต่อไปในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย