

วีระสิทธิ์ ศรีสมัย : การควบคุมแบบเซมิแอคทีฟของผลตอบสนองไม่เชิงเส้นของอาคารด้วยตัวหน่วงปรับค่าได้. (SEMI-ACTIVE CONTROL OF NONLINEAR RESPONSE OF BUILDINGS BY VARIABLE DAMPERS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.อาณัติ เรืองรัมย์, 167 หน้า
ISBN 974-17-5426-4

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวโครงสร้างอาคารจะเกิดความเสียหายขึ้นที่เสา คาน หรือ ข้อต่อซึ่งมีพฤติกรรมแบบไม่เชิงเส้น ในการควบคุมความเสียหายของโครงสร้างควรใช้วิธีการควบคุมที่สามารถควบคุมพฤติกรรมไม่เชิงเส้นได้อย่างง่ายและมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบหนืดผสมแบบเสียดทานที่ปรับค่าได้ (viscous-plus-variable-friction, VVF) โดยนำข้อดีของตัวหน่วงแบบหนืดและข้อดีของตัวหน่วงแบบแรงเสียดทานมาผสมกัน และได้พัฒนาตัวหน่วงปรับค่าได้ที่มีรูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบ VVF โดยใช้ตัวหน่วงของเหลวแม่เหล็ก และได้ศึกษาประสิทธิผลในการลดผลตอบสนองไม่เชิงเส้นของอาคารด้วยการทดลองและวิเคราะห์เชิงตัวเลข

ในการวิจัยได้ทำการทดสอบตัวหน่วงของเหลวแม่เหล็กโดยให้การเคลื่อนที่แบบวัฏจักรและได้ทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตัวหน่วงของเหลวแม่เหล็กโดยจำลองเป็นชิ้นส่วนแรงเสียดทานและชิ้นส่วนความหนืดต่อขนานกัน หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบตัวหน่วงโดยให้มีรูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบเสียดทาน, แบบหนืด, แบบหนืดไม่เชิงเส้น และแบบ VVF พบว่าค่าแรงหน่วงที่วัดได้น้อยกว่าค่าแรงหน่วงที่สั่งจึงต้องมีการชดเชยความต่างศักย์ให้เป็นสัดส่วนกับผลต่างของแรงหน่วงพบว่าตัวหน่วงสามารถควบคุมได้รูปแบบตามที่กำหนดได้อย่างใกล้เคียงที่ความถี่ 1 Hz และเมื่อความถี่เป็น 2 Hz พบว่าแรงหน่วงมีความแตกต่างกันมากขึ้นซึ่งแสดงถึงข้อจำกัดของการใช้ตัวหน่วงของเหลวแม่เหล็กที่ความถี่สูงๆ จากนั้นได้ทำการทดสอบแบบจำลองอาคารโครงสร้างเหล็ก 3 ชั้น กว้าง 40 cm ยาว 80 cm สูง 1 m ซึ่งมีคาบธรรมชาติของโหมด 1, 2 และ 3 เป็น 0.73, 0.25 และ 0.17 s ตามลำดับ มีการติดตั้งตัวหน่วงระหว่างฐานกับพื้นชั้น 1 ภายใต้คลื่น JMA Kobe และ คลื่น El Centro ที่ระดับความเข้มต่างๆ โดยมีรูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบเสียดทาน แบบหนืด และ แบบ VVF เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการควบคุมภายใต้คลื่น JMA Kobe ที่ระดับความเข้ม 20% พบว่ารูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบ VVF สามารถลดระยะเคลื่อนที่สูงสุดของชั้น 1 และ 3 ได้ 33% และ 21% ตามลำดับ ค่าความเร่งชั้น 1 และ 3 ลดลง 22% และ 14% ตามลำดับ พลังงานที่สลายในตัวหน่วงสูงสุด 6.4 N-m เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามรูปแบบการควบคุมพบว่า รูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบเสียดทานลดระยะเคลื่อนที่ในเสาได้ดีที่สุด ส่วนรูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบ VVF ลดค่าความเร่งได้ดีใกล้เคียงกับแบบหนืด และมีการสลายพลังงานในตัวหน่วงได้ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์อาคารมาตรฐานสูง 3 ชั้น ซึ่งมีคาบธรรมชาติของ 3 โหมดแรกคือ 1.01 0.33 และ 0.17 s และมีการติดตั้งตัวหน่วงระหว่างฐานกับพื้นชั้น 1 ที่มีรูปแบบการควบคุมแบบต่างๆ ภายใต้คลื่น JMA Kobe และ El Centro ที่ระดับความเข้มต่างๆกัน เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณไม่รองรับคำสั่งที่จำเป็นสำหรับการควบคุมแรงหน่วงแบบ VVF จึงใช้รูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบหนืดไม่เชิงเส้นแทนซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการควบคุมภายใต้คลื่น JMA Kobe พบว่ารูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบหนืดไม่เชิงเส้นสามารถลดระยะเคลื่อนที่สูงสุดของชั้น 1 และ 3 ได้ 47% และ 22% ตามลำดับ ความเร่งของชั้น 1 และ 3 ลดลง 28% และ 8% ตามลำดับ พลังงานที่สลายในตัวหน่วง 4.2 MN-m จากการเปรียบเทียบทั้งสามรูปแบบการควบคุมพบว่า รูปแบบการควบคุมแรงหน่วงแบบเสียดทานมีแนวโน้มลดระยะเคลื่อนที่ได้ดี แบบหนืดลดค่าความเร่งสูงสุดได้ดีที่สุด ส่วนแบบหนืดไม่เชิงเส้นลดระยะเคลื่อนที่สูงสุดได้ดีกว่าแบบหนืด และลดค่าความเร่งสูงสุดได้ดีกว่าแบบเสียดทาน นอกจากนี้มีการสลายพลังงานในตัวหน่วงได้สูงสุด ซึ่งผลการวิเคราะห์หมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการทดสอบ

##4470551421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORDS : SEMI-ACTIVE CONTROL / VARIABLE DAMPER / MR DAMPER

MR.WEERASIT SRISAMAI : SEMI-ACTIVE CONTROL OF NONLINEAR RESPONSE OF BUILDINGS
BY VARIABLE DAMPERS. THESIS ADVISOR : DR.ANAT RUANGGRASSAMEE, 167 pp,
ISBN 974-17-5426-4

During earthquakes, structures may suffer damage in columns, beams, or joints. They exhibit nonlinear response. In controlling the nonlinear response of structures, simple but robust control algorithms are required. In this study, the viscous-plus-variable-friction (VVF) damping force algorithm is proposed by taking advantages of typical viscous and friction dampers. The variable damper with the VVF damping force algorithm is developed by using a magneto-rheological (MR) damper and its effectiveness in reduced nonlinear response of a case study building is investigated by a series of shaking table tests and analyses.

In this study, cyclic loading tests of a MR damper are conducted. The mathematical model of the MR damper is friction and viscous elements connected in parallel. Using the model, the MR damper is controlled to generate viscous, friction, nonlinear viscous, and VVF damping force algorithms under sinusoidal excitations. It is found that the measured force is less than the commanded force. To solve the problem, the voltage applied to the current driver is set proportional to the difference between the measured and commanded forces. It is found that the damping force can be accurately controlled under the excitation frequency of 1 Hz. For the excitation frequency of 2 Hz, some discrepancies occur. This may limit the application of a MR damper at a high frequency. Subsequently, the MR damper is installed in the first story of a three-story model building with a width of 0.4 m, a length of 0.8 m, and a height of 1.0 m. The natural periods of the first, second, and third modes are 0.73, 0.25, and 0.17 s, respectively. The model building is subjected JMA Kobe and El Centro records with various intensities and it is controlled by friction, viscous and VVF damping force algorithms. Comparing with the uncontrolled case under the JMA Kobe record with an intensity of 20%, the VVF damping force algorithm reduced the peak displacements of the 1st and 3rd floors by 33% and 21%, respectively, while the peak accelerations of the 1st and 3rd floors are reduced by 22% and 14%, respectively. The peak energy dissipation of damper is 6.4 N-m. When comparing three damping force algorithms, it is found that the friction damping force algorithm gives maximum reduction of peak displacements while the VVF damping force algorithm gives maximum reduction of peak accelerations and gives maximum energy dissipation of the MR damper.

The analysis of a benchmark three-story building is conducted. The natural periods of the 1st, 2nd and 3rd mode are 1.01, 0.33, and 0.17 s, respectively. Variable dampers are installed between the base and the 1st floor. The building is subjected to the JMA Kobe and El Centro records. Since the VVF damping force algorithm cannot be included in the analytical module, a nonlinear viscous damping force algorithm is considered instead. Comparing with the uncontrolled case under the JMA Kobe record, the nonlinear viscous damping force algorithm can reduce the peak displacements of the 1st and 3rd floors by 47% and 22%, respectively, and reduced the peak accelerations of the 1st and 3rd floors by 28% and 8%, respectively. The peak energy dissipation of damper is 4.2 MN-m. From the comparison of three damping force algorithms, it is found that the friction damping force algorithm gives maximum reduction of peak displacements while the viscous one gives the maximum reduction of peak accelerations. The nonlinear viscous damping force algorithm not only reduces displacements more than the viscous damping force algorithm but also reduces accelerations more than the friction damping force algorithm. It has maximum energy dissipation of dampers. The trend is close to the experimental results.