

T 155061

เป็นที่ยอมรับกันว่าการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์สามารถทำนายผลตอบสนองของโครงสร้างภายใต้แผ่นดินไหวได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเมื่อมีการจำลองโครงสร้างให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ส่วนหนึ่งเป็นเพราะได้มีการพิจารณาการสลายพลังงานในองค์อาคารภายใต้การสั่นไหวสลับไปมา ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่โครงสร้าง แต่ในการออกแบบอาคารการวิเคราะห์แบบผลัดกันข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียวเป็นที่นิยมแต่ยังขาดความสามารถในการพิจารณาการสลายพลังงานในโครงสร้าง งานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์ผลัดกันข้างแบบเป็นวัฏจักร ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่พิจารณาผลของการเคลื่อนที่กระทำสลับกลับไปมา ซึ่งมีการสลายพลังงานภายในองค์อาคาร โดยมีวิธีการในการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ในการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ผลัดกันข้างแบบเป็นวัฏจักร กับ การวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ และการวิเคราะห์ผลัดกันข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียว

อาคารตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นอาคารพักอาศัย สูง 5 ชั้น ซึ่งเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ในการวิเคราะห์ได้พิจารณาเป็นโครงข้อแข็ง 2 มิติ และใช้แบบจำลองไฟเบอร์ (Fiber model) ในการจำลองพฤติกรรมไม่เชิงเส้นขององค์อาคาร เนื่องจากสามารถอธิบายความเสียหายที่เกิดขึ้นในระดับวัสดุขององค์อาคาร และ พิจารณาผลของแรงตามแนวแกนที่แปรเปลี่ยน โดยไม่มีความซับซ้อนในการคำนวณมากนัก ในการศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบกับผลจากการวิเคราะห์ที่เสนอกับผลจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ โดยใช้คลื่นแผ่นดินไหวที่วัดได้ที่ฐานอาคารไบนหยก 1 กรุงเทพมหานคร ปี ค.ศ.1995, คลื่นแผ่นดินไหว El Centro ที่วัดได้ที่สถานี Imperial Valley Irrigation District ปี ค.ศ.1940 และ คลื่นแผ่นดินไหวที่วัดได้ที่กรุงเม็กซิโก ปี ค.ศ.1985 ในการวิเคราะห์ได้พิจารณาความเสียหายจากค่าความเหนียวเชิงความโค้ง (curvature ductility) ที่เกิดขึ้นในองค์อาคาร

จากการวิเคราะห์พบว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นในอาคารจะเป็นแบบเสาอ่อน-คานแข็ง โดยพบความเสียหายในเสามากกว่าคาน เสาชั้นบนจะเกิดความเสียหายมากกว่าเสาชั้นล่าง เนื่องจากการลดขนาดหน้าตัดเสาและการเสริมเหล็กให้น้อยลง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ผลัดกันข้างแบบเป็นวัฏจักร กับ การวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ และ การวิเคราะห์ผลัดกันข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียว พบว่า การวิเคราะห์ผลัดกันข้างแบบเป็นวัฏจักรสามารถทำนายผลตอบสนองของอาคารได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ขึ้นต่างๆ อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น และ แรงภายใน ประมาณ 5% - 26% ส่วนการวิเคราะห์ผลัดกันข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียวจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ขึ้นต่างๆ อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น และ แรงภายใน เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ประมาณ 3% - 30% โดยทั้งการวิเคราะห์ผลัดกันข้างแบบเป็นวัฏจักร และการวิเคราะห์ผลัดกันข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียวจะสามารถทำนายรูปแบบความเสียหายของอาคารได้ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามจะมีความแตกต่างกันบ้างในเรื่องของลำดับการเกิดคราก เนื่องจากมีการกระจายของแรงในอาคารที่แตกต่างกัน สำหรับการเปรียบเทียบพฤติกรรมขององค์อาคารพบว่าการวิเคราะห์ผลัดกันข้างแบบเป็นวัฏจักรให้ผลการตอบสนองที่แตกต่างการวิเคราะห์ผลัดกันข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียว โดยสามารถอธิบายให้เห็นถึงพฤติกรรมขององค์อาคารซึ่งปรากฏการตกลงของกำลังเมื่อเกิดการเคลื่อนที่สลับไปมา และมีเส้นโค้งโอบคลุม (envelope curve) ในเสาซึ่งใกล้เคียงกับผลจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์

TE 155061

When a structure is modeled properly, the behavior of the structure under earthquakes can be accurately predicted by a nonlinear dynamic response analysis. It is partly due to the fact that energy dissipation of structural components which is related to damage of structures is taken into account. On the other hand, the pushover analysis with a monotonic force laterally applied to a structure is usually used in a design process. In this research, the cyclic displacement-controlled pushover analysis is proposed to integrate the simplicity of the conventional pushover analysis and the consideration of energy dissipation in structural components. The effectiveness of the cyclic pushover analysis in predicting structural response is investigated by comparing analytical results with those from the dynamic response analysis and the conventional pushover analysis.

A five-story residential reinforced concrete building is used in the analysis. The building is modeled as a two-dimensional bare frame with use of fiber models at potential plastic hinge regions to account for nonlinearity and variable axial forces. In this study, the analytical results from the pushover analysis are compared with those from the dynamic analysis using the 1995 Baiyoke record, the 1940 El Centro record, and the 1985 Mexico SCT record. The damage in structural components is considered from curvature response ductility.

From the analysis, the building fails in the mechanism of weak columns-strong beams. The damage is prominent in columns of upper floors. It is due to the reduction of column sections as gravity loads decrease. Comparing results from the cyclic pushover analysis and the dynamic response analysis, it is found that the cyclic pushover analysis yields maximum response in terms of floor displacements, inter-story drifts, and damage mechanism close to that obtained from the dynamic analysis. The percentage of difference of maximum response is about 5-26%. The percentage of difference of maximum response from the conventional pushover analysis and that from the dynamic analysis is about 3-30%. Both cyclic pushover analysis and conventional pushover analysis give similar damage mechanism which is close to the damage mechanism obtained from the dynamic analysis. However, there are some differences in the sequence of yielding locations due to the difference in force distribution. Considering the behavior of structural members, it is obvious that the results from cyclic pushover analysis show strength deterioration under cyclic excitations and the envelope curve of a moment-curvature relationship in columns is closer to that from the dynamic response analysis.