

บทที่ 7

การปรับปรุงการตอบสนองของอาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหว

จากการศึกษาที่ผ่านมาในอดีต การลดการตอบสนองของอาคารภายใต้แผ่นดินไหวซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการติดตั้งตัวหน่วง (Damper) และการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่า เพื่อช่วยในการสลายพลังงานให้กับโครงสร้าง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสามารถลดการตอบสนองได้ทีละระดับหนึ่ง โดยเฉพาะในกรณีที่โครงสร้างเกิดการกำทอน ในการวิจัยนี้จะติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหว 3 ระบบได้แก่ มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ มวลหน่วงแบบแอกทีฟและมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ สำหรับบนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบควบคุมการสั่นไหวทั้ง 3 แบบและกล่าวถึงพฤติกรรมของการตอบสนองรวมถึงรูปแบบความเสียหายและค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นของอาคาร ตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวภายใต้แผ่นดินไหว El Centro (1940) SCT(1985) และ Northridge(1994) โดยเปรียบเทียบการตอบสนองดังกล่าวกับอาคารตัวอย่างที่ไม่มีมวลหน่วงปรับค่า

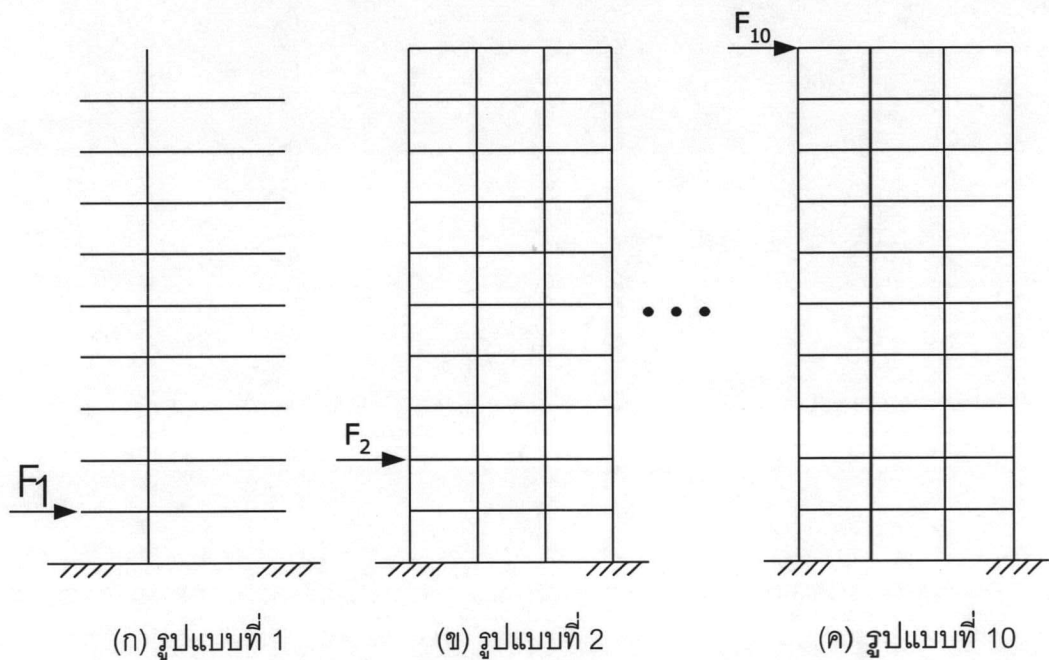
7.1 การออกแบบระบบควบคุมการสั่นไหว

การออกแบบระบบควบคุมการสั่นไหวจำเป็นต้องทราบพฤติกรรมของอาคารดังกล่าวซึ่งในการออกแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟนั้นทราบเพียงคุณสมบัติในโหมดแรกก็เพียงพอแล้ว แต่ในการออกแบบมวลหน่วงแบบแอกทีฟและมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้การตอบสนองแบบสมบูรณในการคิดค่าแรงที่ต้องกระทำโดยตัวออกแรง การตอบสนองแบบสมบูรณนั้นคือการให้ค่าการตอบสนองของอาคารซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนตำแหน่งและความเร็วในทุกๆชั้นของอาคาร อัลกอริทึมที่ใช้ในการคำนวณแรงที่ออกโดยวิธีนี้นั้นต้องใช้คุณสมบัติของอาคารซึ่งได้แก่ มวล, สติฟเนสและค่าความหน่วงที่มีทุกดีกรีความอิสระ ดังนั้นการออกแบบระบบควบคุมการสั่นไหวที่ใช้ในการวิจัยนี้จะคิดจากเมตริกซ์ของมวล, เมตริกซ์ของสติฟเนสและเมตริกซ์ของค่าความหน่วงที่มีทุกดีกรีความอิสระ

เมตริกซ์ของมวล M ทราบได้เนื่องจากการใส่ค่าให้แก่โปรแกรม IDARC โดยที่การใส่ค่ามวลแก่โปรแกรม IDARC เป็นการใส่ค่ามวลที่โหนดเมื่อรวมค่าของทุกๆโหนดในชั้นจะได้ค่ามวลของชั้นนั้นๆ เมตริกซ์ M ของการวิจัยนี้คือ

$$M = \begin{bmatrix} 33.678 & & & & & & & & & & 0 \\ & 33.678 & & & & & & & & & \\ & & 33.678 & & & & & & & & \\ & & & 33.678 & & & & & & & \\ & & & & 33.678 & & & & & & \\ & & & & & 31.950 & & & & & \\ & & & & & & 31.950 & & & & \\ & 0 & & & & & & 31.950 & & & \\ & & & & & & & & 31.950 & & \\ & & & & & & & & & 31.950 & \\ & & & & & & & & & & 31.950 \end{bmatrix} \text{ ตัน}$$

การหาค่าสติฟเนสทำได้โดยการออกแรงกระทำแบบสถิตกระทำแก่โครงสร้างทีละชั้นของอาคารดังแสดงในรูปที่ 7.1 โดยแต่ละครั้งให้โปรแกรมแสดงค่าแรงและการเคลื่อนที่ของทุกชั้นเมื่อออกแรงกระทำเพิ่มขึ้นมากโครงสร้างจะเกิดรอยร้าว การหาค่าสติฟเนสจะนำค่าแรงและการเคลื่อนที่ลำดับชั้นสุดท้ายก่อนโครงสร้างจะเกิดรอยร้าวมาใช้ในการคำนวณ



รูปที่ 7.1 การออกแรงกระทำเพื่อหาค่าสติฟเนส

อาคารตัวอย่างมี 10 ชั้น ดังนั้นจะต้องมีการออกแรงกระทำ 10 รูปแบบ เพื่อที่จะแก้สมการการเคลื่อนที่หาค่าสติฟเนสได้ โดยสมการดังกล่าวคือ

$$F = K X \tag{7.1}$$

จะได้สติฟเนสเมทริก (K) ของอาคารตัวอย่าง ขนาด 10 x 10 คือ

$$K = \begin{bmatrix} 133.5379 & & & & & & & & & \\ -80.9539 & 131.7827 & & & & & & & & \\ 17.8855 & -81.5921 & 130.7787 & & & & & & & \\ -2.9840 & 17.3789 & -78.4839 & 124.6907 & & & & & & \\ 0.5343 & -2.4742 & 15.0004 & -66.5122 & 76.5945 & & & & & \\ -0.0383 & 0.1890 & -1.0107 & 5.9128 & -25.9077 & 39.7011 & & & & \\ 0.0099 & -0.0226 & 0.1214 & -0.6174 & 3.2153 & -21.3197 & 36.7475 & & & \\ -0.0036 & 0.0021 & -0.0177 & 0.0736 & -0.3323 & 2.6869 & -20.6000 & 37.0132 & & \\ -0.0008 & -0.0025 & -0.0055 & -0.0024 & 0.0352 & -0.2864 & 2.6649 & -21.1911 & 36.0944 & \\ 0.0415 & 0.0474 & 0.0356 & 0.0739 & -0.1103 & 0.0659 & -0.1986 & 2.3686 & -17.3035 & 14.9597 \end{bmatrix}$$

กิโลนิวตัน / มิลลิเมตร

จากเมตริกซ์ของมวลและเมตริกซ์ของสติฟเนสจะหาค่าคุณสมบัติของโครงสร้างในโหมดที่ 1 จะได้ความถี่เชิงมุมของโหมดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.63 เฮิรตซ์ ซึ่งมีค่าตรงกับค่าที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม IDARC

เมตริกซ์ของค่าความหน่วงที่ใช้ในโปรแกรม IDARC เป็นแบบอัตราส่วนตามมวล (mass proportional) ดังนั้นจะได้เมตริกซ์ของค่าความหน่วงคือ

$$C = 2M\xi\omega_1 \tag{7.2}$$

โดยที่ค่า ξ ที่ใช้ในการวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 2% ของค่าความหน่วงวิกฤติ

7.1.1 การออกแบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟ

การติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟจะกระทำโดยโดยกำหนดค่าความถี่ของมวลหน่วงและค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง ตามสมการของ Den Hartog ซึ่งการติดตั้งโดยทั่วไปจะติดตั้งตามคุณสมบัติของโครงสร้างในโหมดที่ 1 ดังนั้นจึงต้องหาค่าคุณสมบัติต่างๆของโครงสร้างในโหมดที่ 1 ซึ่งจะได้

- มวลของโครงสร้างในโหมดที่ 1 (m_1) = 124.57 T
- สติฟเนสในโหมดที่ 1 (k_1) = 1963.34 kN/m;
- ความหน่วงในโหมดที่ 1 (c_1) = 19.78 kN-s/m

จากนั้นทำการหาค่าคุณสมบัติของระบบควบคุมต่างๆ ตามสมการของ Den Hartog

- ใช้มวลของมวลหน่วง (m_2) = 3.73 ตัน (ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์)
- อัตราส่วนความถี่ (α) = $\frac{1}{1+\mu} = 0.97$

$$\text{ความถี่ของมวลหน่วง} (\omega_2) = (0.97) \left(\sqrt{\frac{1963.34}{124.57}} \right) = 3.86 \text{ ไร่เตียน / วินาที}$$

$$\text{สติฟเนสของมวลหน่วง} (k_2) = M \cdot \omega^2 = (3.73)(3.85)^2 = 55.521 \text{ กิโลนิวตัน / เมตร}$$

$$\text{สัมประสิทธิความหน่วง} (\xi_2) = \sqrt{\frac{3\mu}{8(1+\mu)}} = 0.1045$$

$$\text{ความหน่วงของมวลหน่วง} (c_2) = 2 \cdot m_2 \cdot \xi_2 \cdot \omega_2 = 3.01 \text{ กิโลนิวตัน - วินาที / เมตร}$$

7.1.2 การออกแบบมวลหน่วงแบบแอกทีฟ

การออกแบบมวลหน่วงปรับแบบแอกทีฟนั้นจะเลือกมวลของมวลหน่วงเท่ากับมวลหน่วงของมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟเพื่อจะได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบควบคุมการสั่นไหวได้ ในการหาอัลกอริทึมใช้สมการที่ 3.19 คือ

$$J = \int_{t_0}^{t_f} [U^T(t) \cdot Q \cdot U(t) + F^T(t) \cdot R \cdot F(t)] dt$$

ในการออกแบบนี้เลือกเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับการตอบสนองคือ

$$Q = \begin{bmatrix} K' & 0 \\ 0 & M' \end{bmatrix}$$

เมื่อ M' และ K' คือเมตริกซ์ของมวลและสติฟเนสของโครงสร้างที่มีการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟตามลำดับ โดยกำหนดให้ค่ามวลของมวลหน่วงเท่ากับ 0 เนื่องจากเมตริกซ์ Q มีการกำหนดค่าสติฟเนสและมวลของมวลหน่วงระบบเท่ากับ 0 จึงสามารถลดสมการได้โดยสมการที่ลดไปคือเทอมที่มีพจน์ของการเคลื่อนที่และความเร็วของมวลหน่วงเนื่องจากเมตริกซ์แนวดังกล่าวทั้งแถวและสดมภ์มีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมด ดังนั้นเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับการตอบสนองที่ใช้ในการคำนวณคือ

$$Q = \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & M \end{bmatrix}$$

โดยที่ K และ M คือเมตริกซ์ของมวลและสติฟเนสของโครงสร้างหลักตามลำดับ

เมื่อดำเนินการค่าเมตริกซ์ที่ได้รับ (Gain Matrix) แล้ว จึงเพิ่มค่า 0 เข้าไปในเมตริกซ์ที่ได้รับในตำแหน่งที่ต้องคูณกับการเคลื่อนที่ของมวลหน่วง

การที่เลือกเมตริกซ์น้ำหนักดังกล่าวเนื่องมาจากเมื่อนำเมตริกซ์น้ำหนักคูณกับการตอบสนองของโครงสร้างจะได้เป็นเทอมที่มีความสอดคล้องของค่าพลังงานในโครงสร้างหลักคือ

$K\dot{X}^2 + M\ddot{X}^2$ เมื่อ X คือการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโครงสร้าง การกำหนดดังกล่าวทำให้ระบบควบคุมการสั่นไหวพยายามลดพลังงานในโครงสร้างหลักเป็นหลัก

ส่วนเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ในควบคุมการสั่นไหว (R) จะทำการปรับค่าเพื่อให้ได้แรงควบคุมสูงสุดประมาณ 35 กิโลนิวตันสำหรับคลื่นแผ่นดินไหวและแรงแผ่นดินไหวนั้นๆ แต่ในตัวอย่างที่แสดงนี้จะเลือกใช้ค่า R เท่ากับ 10^{-4}

จากนั้นหาค่าต่างๆตามสมการที่ 3.17 – 3.21 จะได้เมตริกซ์ที่ได้รับคือ

$$G = [G1 \quad G2]$$

โดยที่

$$G1 = [-7.28E-4 \quad -8.68E-4 \quad -4.97E-5 \quad 9.90E-4 \quad 1.35E-3 \quad 2.00E-4 \quad -5.17E-4 \quad -2.03E-3 \quad 2.34E-2 \quad -2.39E-2 \quad 0]$$

$$G2 = [7.41E-5 \quad 2.68E-4 \quad 5.68E-4 \quad 8.14E-4 \quad 7.76E-4 \quad 2.85E-5 \quad -7.36E-5 \quad -1.01E-3 \quad 4.69E-3 \quad -3.82E-2 \quad 0]$$

7.1.3 การออกแบบมวลห้วงปรับค่าแบบแยกทีฟ

การออกแบบมวลห้วงปรับค่าแบบแยกทีฟนั้นจะเลือกมวล สปริงและตัวห้วงเท่ากับของมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟเพื่อจะได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบควบคุมการสั่นไหวได้ ในการหาอัลกอริทึมใช้สมการที่ 3.19 คือ

$$J = \int_{t_0}^{t_f} [U^T(t) \cdot Q \cdot U(t) + F^T(t) \cdot R \cdot F(t)] dt$$

ในการออกแบบนี้เลือกเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับการตอบสนองคือ

$$Q = \begin{bmatrix} K' & 0 \\ 0 & M' \end{bmatrix}$$

เมื่อ M' และ K' คือเมตริกซ์ของมวลและสติฟเนสของโครงสร้างที่มีการติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแยกทีฟตามลำดับ

การที่เลือกเมตริกซ์น้ำหนักดังกล่าวเนื่องมาจากเมื่อนำเมตริกซ์น้ำหนักคูณกับการตอบสนองของโครงสร้างจะได้เป็นเทอมที่มีความสอดคล้องของค่าพลังงานในโครงสร้างหลักคือ $K\dot{X}^2 + M\ddot{X}^2$ เมื่อ X คือการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโครงสร้าง

ส่วนเมตริกซ์น้ำหนักสำหรับพลังงานที่ใช้ในควบคุมการสั่นไหว (R) จะทำการปรับค่าเพื่อให้ได้แรงควบคุมสูงสุดประมาณ 35 กิโลนิวตัน สำหรับคลื่นแผ่นดินไหวและแรงแผ่นดินไหวอื่นๆ แต่ในตัวอย่างที่แสดงนี้จะเลือกใช้ค่า R เท่ากับ 10^{-4}

จากนั้นหาค่าต่างๆตามสมการที่ 3.26 – 3.27 และ 3.19 – 3.21 จะได้เมตริกซ์ที่ได้รับคือ

$$G = [G1 \quad G2]$$

โดยที่

$$G1 = [-4.56E-4 \quad 6.14E-5 \quad 1.85E-3 \quad 3.64E-3 \quad 3.74E-3 \quad -2.69E-4 \quad -2.37E-3 \quad -8.28E-3 \quad 3.27E-2 \quad -1.32E-1 \quad 4.79E-3]$$

$$G2 = [6.09E-4 \quad 1.50E-3 \quad 2.51E-3 \quad 3.45E-3 \quad 4.08E-3 \quad 4.32E-3 \quad 5.47E-3 \quad 5.55E-3 \quad 1.24E-2 \quad -2.84E-2 \quad 7.49E-3]$$

7.2 อาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro(1940)

การวิเคราะห์อาคารตัวอย่างที่มีและไม่มี การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวแบบต่างๆ ภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro นี้ ได้ปรับค่าความเร่งสูงสุดที่ฐาน 4 ค่า ได้แก่ 0.10, 0.25, 0.40, 0.85 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อวิเคราะห์อาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวขนาดต่างๆจะได้ การเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารซึ่งแสดงดังในรูปที่ 7.2 การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารแสดงดังในรูปที่ 7.3 รูปแบบความเสียหายดังแสดงในรูปที่ 7.4 – 7.7 และค่าความเสียหายของเสาแนว A แสดงดังในรูปที่ 7.8

7.2.1 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.10 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

อาคารตัวอย่างยังมีพฤติกรรมใกล้เคียงพฤติกรรมในช่วงอีลาสติกกล่าวคืออาคารตัวอย่างมีรอยร้าวเกิดขึ้นแต่ยังไม่มีการครากเกิดขึ้นในเสา พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่า โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มี การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 59.6 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ได้ 16.8 เปอร์เซ็นต์อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบ

แอกทีฟสามารถลดได้ 45.6 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลห่นวงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 26.2 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่า การติดตั้งระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1 – 7 ส่วนชั้นที่ 8 – 10 พบว่าการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนระบบมวลห่นวงแบบแอกทีฟและมวลห่นวงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ทุกชั้นโดยที่ระบบมวลห่นวงแบบแอกทีฟจะลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ดีกว่าระบบมวลห่นวงปรับค่าแบบแอกทีฟในชั้นที่ 2 - 7

สำหรับรูปแบบการเสียหายของอาคารตัวอย่างพบว่า การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดรอยร้าวของอาคารได้ โดยเมื่อมีการติดตั้งมวลห่นวงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดรอยร้าวของเสาและคานาที่ชั้นที่ 5 และ 6 ได้ แต่ในชั้นที่ 8 – 10 พบว่ามีความเสียหายเพิ่มขึ้นโดยมีการครากเกิดขึ้นกับเสียบางเสา ส่วนอาคารที่มีการติดตั้งมวลห่นวงแบบแอกทีฟและอาคารที่ติดตั้งมวลห่นวงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดความเสียหายได้มาก โดยในอาคารที่ติดตั้งมวลห่นวงแบบแอกทีฟพบว่าจำนวนรอยร้าวในคานาเกิดขึ้นในชั้นที่ 1 – 3 และ 6 – 9 โดยไม่มีรอยร้าวในเสา ส่วนอาคารที่ติดตั้งมวลห่นวงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่ารอยร้าวในคานาเกิดมากที่สุดชั้นล่างและลดลงในชั้นกลางของอาคารซึ่งรอยร้าวดังกล่าวเกิดขึ้นในชั้นที่ 1 – 8 โดยไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้นในเสาเช่นเดียวกัน

สำหรับค่าความเสียหายในเสาแนว A พบว่า ภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวขนาด 0.10 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับเสาแนว A

7.2.2 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.25 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่า โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 142.8 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลห่นวงปรับค่าสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ได้ 1.2 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลห่นวงแบบแอกทีฟสามารถ

ลดได้ 25.0 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 12.1 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่า ระบบมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ยกเว้นในชั้นที่ 6 ที่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น ส่วนมวลห้วงแบบแอกทีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1 – 7 โดยลดการเปลี่ยนตำแหน่งได้มากกว่ามวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟ แต่มวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 8 – 10 สำหรับมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ยกเว้นในชั้นที่ 7 ที่ระบบดังกล่าวเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าอาคารที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดรอยร้าวและการครากของเสาและคานได้ โดยเมื่อมีการติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าสามารถลดความเสียหายของเสาจากการครากเป็นการเกิดรอยร้าวได้ที่เสาชั้นที่ 6 – 10 เมื่อมีการติดตั้งมวลห้วงแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดความเสียหายของอาคารได้มาก โดยลดความเสียหายของคานชั้นที่ 4 – 6 จากการเกิดการครากมาเป็นการเกิดรอยร้าว และลดการเกิดรอยร้าวในเสาชั้นที่ 1 – 5 และลดการครากในชั้นที่ 6 – 7 ส่วนอาคารที่ติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟนั้นสามารถลดรูปแบบความเสียหายได้ใกล้เคียงกับการติดมวลห้วงแบบแอกทีฟแต่ลดได้มากไม่เท่า

สำหรับค่าความเสียหายของเสาแนว A พบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวเพิ่มค่าความเสียหายแก่โครงสร้างเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นที่มากกว่าโครงสร้างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหว โดยที่มวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟเพิ่มค่าความเสียหายมากในชั้นที่ 6 และมวลห้วงแบบแอกทีฟเพิ่มความเสียหายมากในชั้นที่ 8 ส่วนมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟนั้นแม้ว่าการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นสูงสุดในชั้นที่ 7 จะมากแต่ค่าความเสียหายไม่มีนั้นเนื่องจากเสาแนว A ไม่เกิดการครากแต่มีการครากที่เสาด้านอื่นในชั้นเดียวกัน

7.2.3 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.40 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวบางระบบไม่ได้ลดการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติด

ตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 326.3 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 เท่ากับ 3.0 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 24.0 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 5.2 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่ามวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1 – 7 แต่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 8 – 10 ส่วนระบบมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้มากในทุกชั้นของอาคารตัวอย่าง สำหรับมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ดีในชั้นที่ 1 – 3 และ 7 – 10 แต่กลับเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 4 - 6

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่า การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวยังคงช่วยลดความเสียหายอยู่บ้าง โดยที่การติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 1 – 5 การติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 1 – 6 ได้ ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 1 – 5 และชั้นที่ 10 ได้

สำหรับค่าความเสียหายของเสาแนว A พบว่า การติดตั้งระบบมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าเพิ่มความเสียหายในชั้นที่ 7 – 10 เนื่องจากมีการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 8 – 10 ส่วนมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดค่าความเสียหายได้ในทุกชั้น สำหรับมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่ามีความเสียหายเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 1

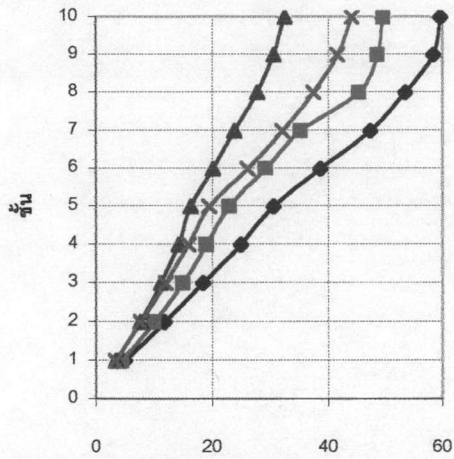
7.2.4 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.85 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวบางระบบไม่ได้ลดการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 659.1 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 เท่ากับ 5.8 % อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 11.0 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 1.7 เปอร์เซ็นต์

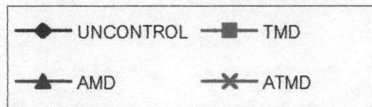
สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าการติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแพสซีฟลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1, 7 และ 10 แต่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นมากในชั้นที่ 6 และ 9 ส่วนมวลทรงแบบแอททีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1, 5-7 และ 10 แต่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นมากในชั้นที่ 9 สำหรับมวลทรงปรับค่าแบบแอททีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1, 8 และ 9 แต่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นมากในชั้นที่ 4 - 7 และ 10

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวทั้ง 3 ระบบเป็นการเพิ่มความเสียหายแก่อาคารตัวอย่าง โดยการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวทำให้เกิดการครากเพิ่มขึ้นที่เสาชั้นที่ 2 - 4

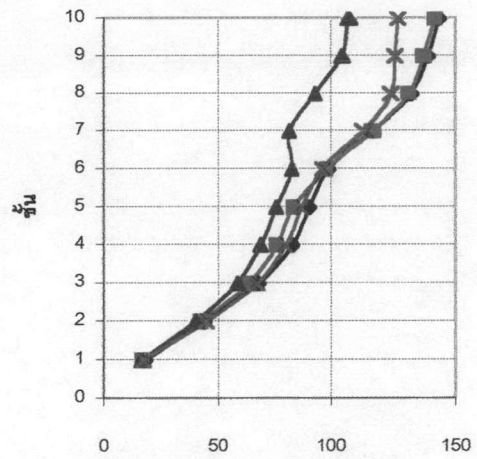
สำหรับค่าความเสียหายในเสาแนว A พบว่าการติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแพสซีฟลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 1 และ 4 - 10 แต่มีการเพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 2 และ 3 ส่วนมวลทรงแบบแอททีฟลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 1, 4 - 8 และ 10 แต่มีการเพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 2, 3 และ 9 สำหรับการติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแอททีฟลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 1, 7 - 9 แต่มีการเพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 2 - 6 และ 10



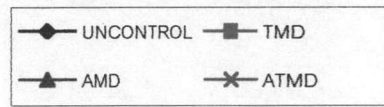
การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสูงสุด (มิลลิเมตร)



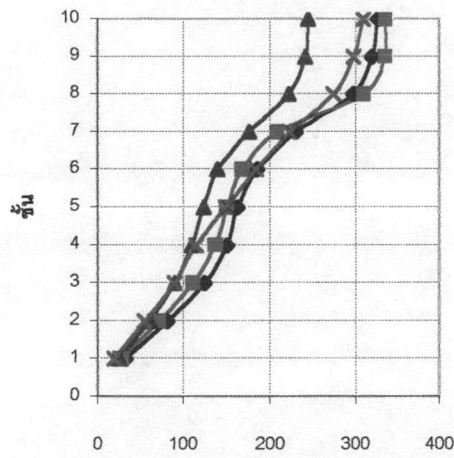
(น) 0.10g



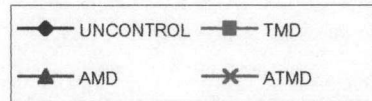
การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสูงสุด (มิลลิเมตร)



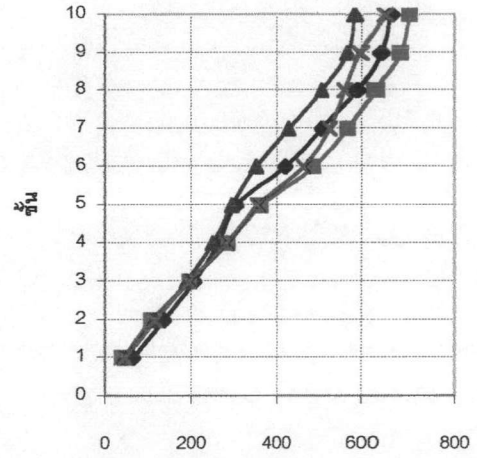
(ข) 0.25g



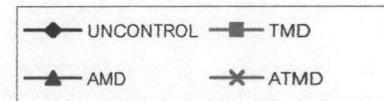
การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสูงสุด (มิลลิเมตร)



(ค) 0.40g



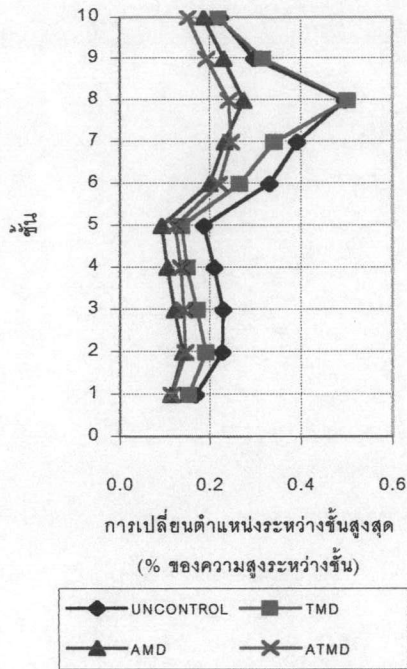
การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสูงสุด (มิลลิเมตร)



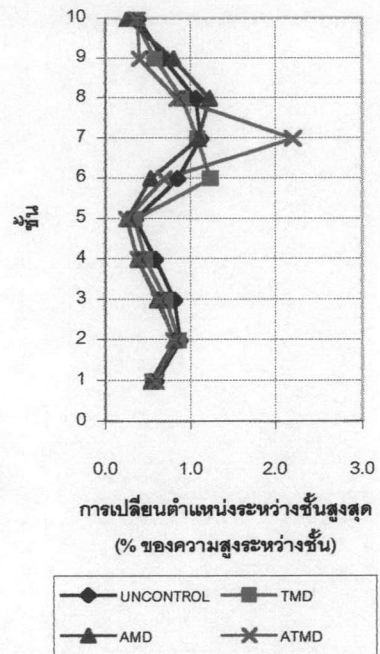
(ง) 0.85g

รูปที่ 7.2 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว

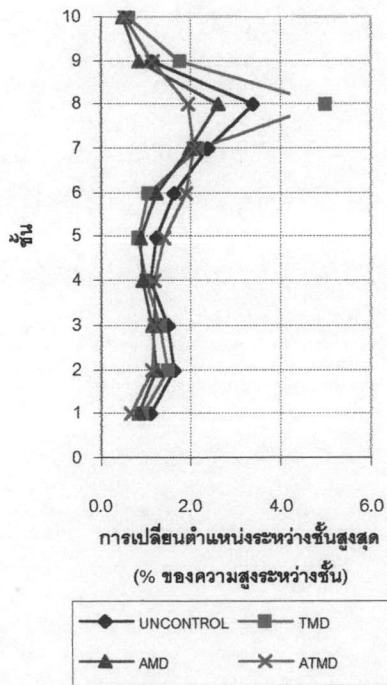
El Centro



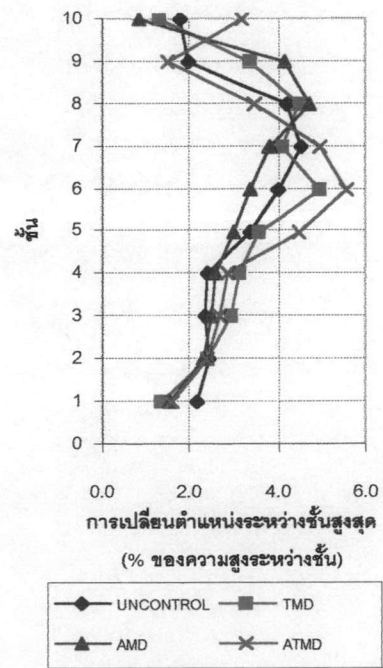
(ก) 0.10g



(ข) 0.25g

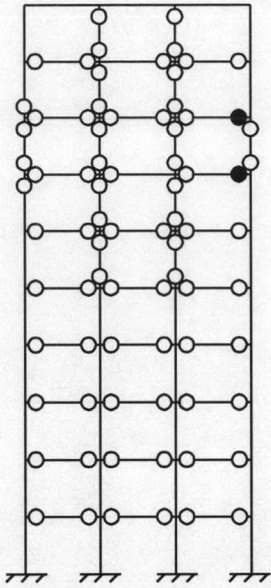


(ค) 0.40g

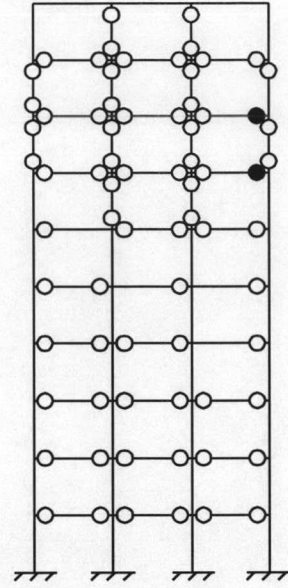


(ง) 0.85g

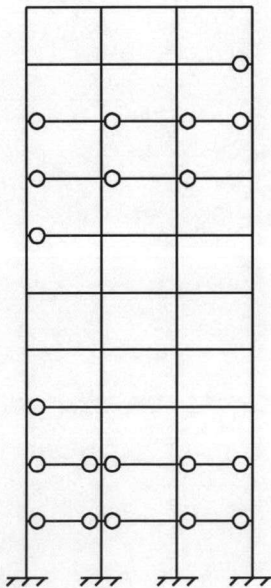
รูปที่ 7.3 การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่างภายใต้
คลื่นแผ่นดินไหว El Centro



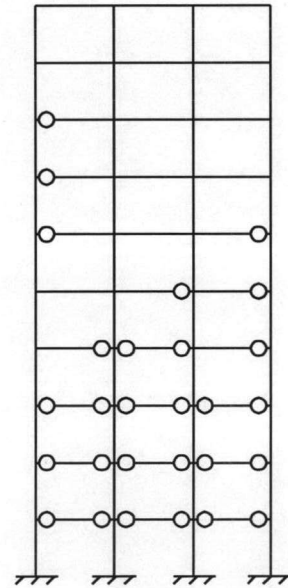
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ



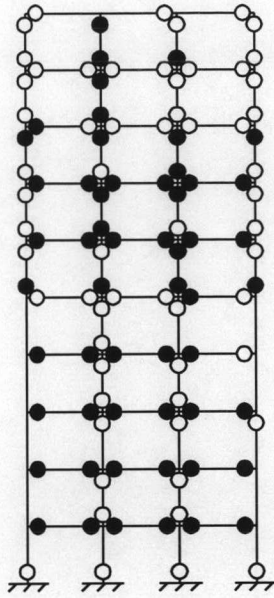
(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ



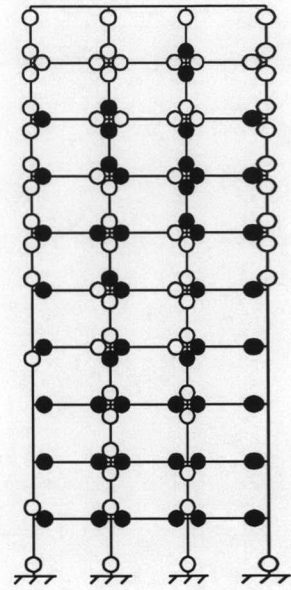
(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.4 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

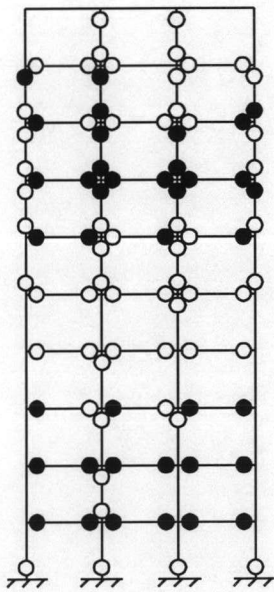
ขนาด 0.10g



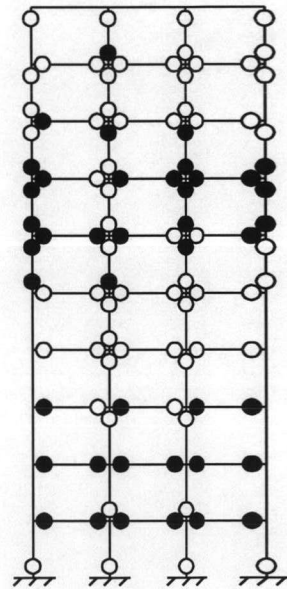
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ



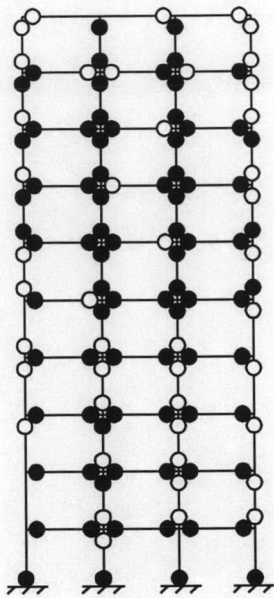
(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ



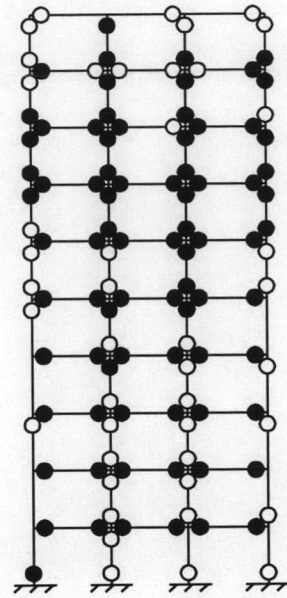
(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.5 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

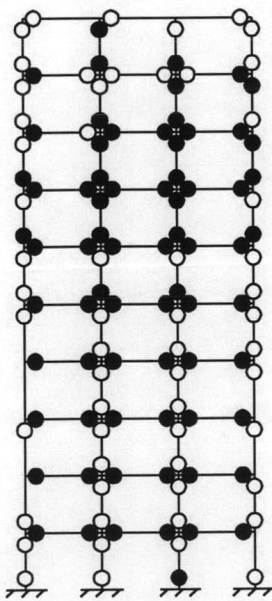
ขนาด 0.25g



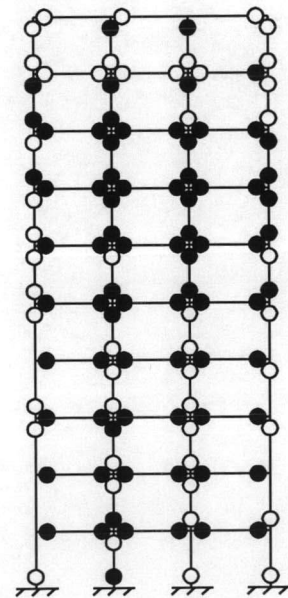
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ



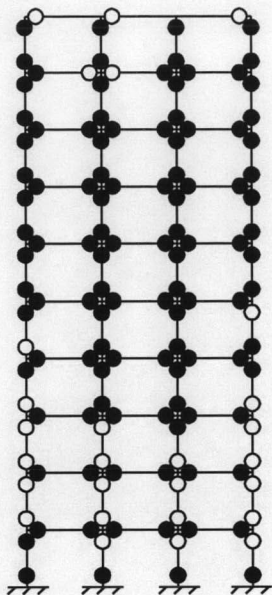
(ค) มวลหน่วงแบบแอคทีฟ



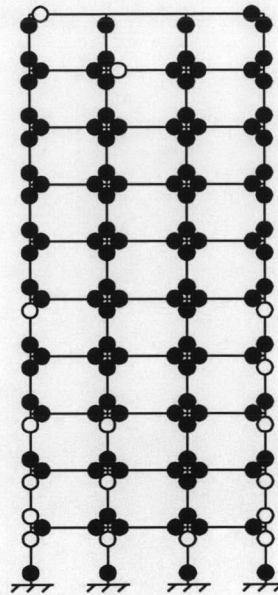
(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอคทีฟ

รูปที่ 7.6 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

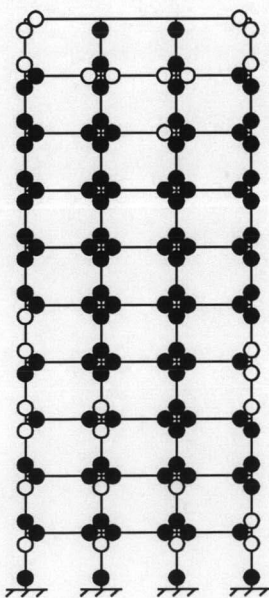
ขนาด 0.40g



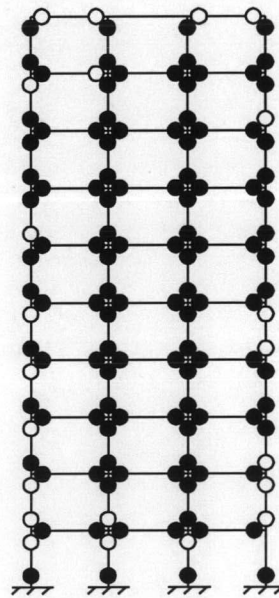
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วยปรับค่าแบบแพสซีฟ



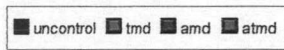
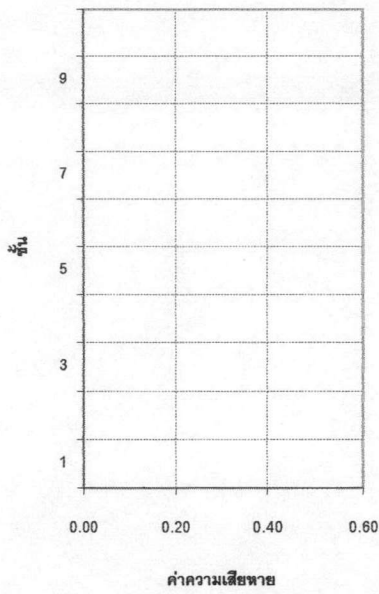
(ค) มวลหน่วยแบบแอกทีฟ



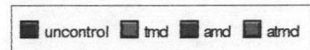
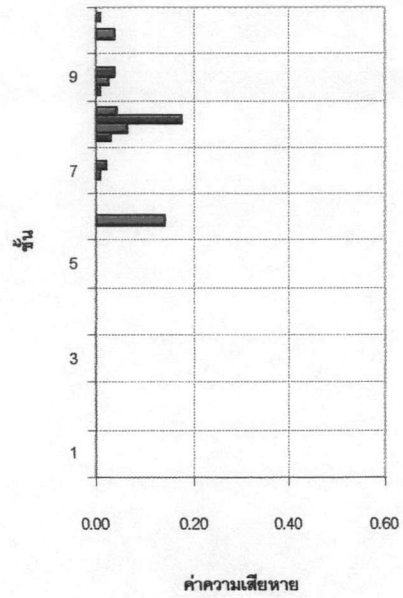
(ง) มวลหน่วยปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.7 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

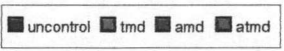
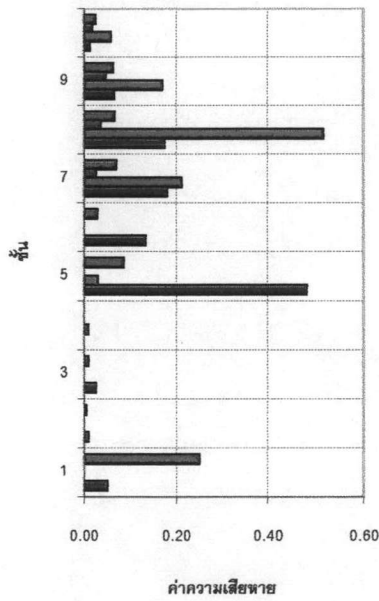
ขนาด 0.85g



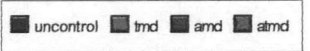
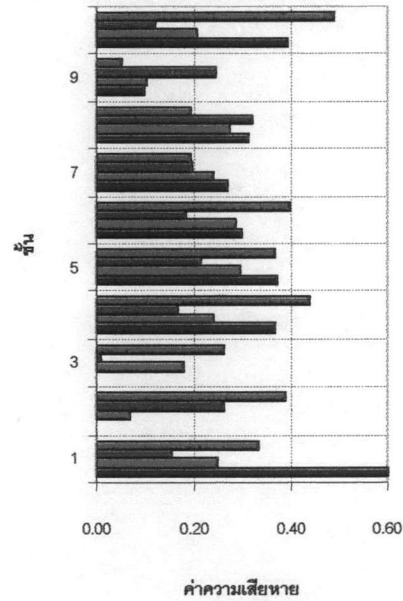
(น) 0.10g



(ข) 0.25g



(ค) 0.40g



(ง) 0.85g

รูปที่ 7.8 ค่าความเสียหายในเสาในแนว A ของอาคารตัวอย่างภายใต้
คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

7.3 อาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge(1994)

การวิเคราะห์อาคารตัวอย่างที่มีและไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวแบบต่างๆ ภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro นี้ ได้ปรับค่าความเร่งสูงสุดที่ฐาน 4 ค่า ได้แก่ 0.10, 0.25, 0.40, 0.85 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อวิเคราะห์อาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวขนาดต่างๆจะได้ การเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารซึ่งแสดงดังในรูปที่ 7.9 การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารแสดงดังในรูปที่ 7.10 รูปแบบความเสียหายดังแสดงในรูปที่ 7.11 – 7.14 และค่าความเสียหายของเสาแนว A แสดงดังในรูปที่ 7.15

7.3.1 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.10 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

อาคารตัวอย่างยังมีพฤติกรรมใกล้เคียงพฤติกรรมในช่วงอีลาสติกกล่าวคืออาคารตัวอย่างมีรอยร้าวเกิดขึ้นแต่ยังไม่มีการครากเกิดขึ้นในเสา พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่า โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 97.1 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ได้ 11.6 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 37.3 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 20.1 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นได้โดยการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นได้มากที่สุด ตามมาด้วยมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟและมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟตามลำดับ ยกเว้นที่ชั้นที่ 7 ของอาคารตัวอย่างที่พบว่ามวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟเพิ่มการเคลื่อนที่ระหว่างชั้น

สำหรับรูปแบบการเสียหายของอาคารตัวอย่างพบว่า การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดรอยร้าวของอาคารได้ โดยเมื่อมีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบพาสซีฟสามารถลดรอยร้าวของเสาชั้นที่ 2 และ 4 แต่พบรอยร้าวในคานเพิ่มในชั้นที่ 7 และมีการครากเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 6 ส่วนคานรอยร้าวลดลงในชั้นที่ 8 และ 9 และลดการครากเป็นรอยร้าวได้ในชั้นที่

1 - 4 ได้ ในอาคารที่มีการติดตั้งมวลท่อนว้แบบแอกทีฟและอาคารที่ติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดความเสียหายได้มาก โดยในอาคารที่ติดตั้งมวลท่อนว้แบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดรอยร้าวในคานชั้นที่ 7 - 9 ส่วนในคานชั้นที่ 1 - 4 และชั้นที่ 6 พบว่าสามารถลดความเสียหายจากการเกิดการครากมาเป็นรอยร้าว ในเสาพบว่าเกิดรอยร้าวเฉพาะเสาในชั้นที่ 6 และ 7 ส่วนอาคารที่ติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดการครากมาเป็นรอยร้าวได้ในคานชั้นที่ 1 - 4 และชั้นที่ 6 และสามารถลดรอยร้าวของเสาได้ในชั้นที่ 1 - 3, 5 และ 9

สำหรับค่าความเสียหายในเสาแนว A พบว่า โครงสร้างยังไม่มี ความเสียหายเกิดขึ้น ยกเว้นการติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าแบบแพสซีฟทำให้เสาในชั้นที่ 6 เกิดการครากขึ้น

7.3.2 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.25 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่า โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 291.21 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ได้ 9.1 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลท่อนว้แบบแอกทีฟสามารถลดได้ 19.8 เปอร์เซ็นต์ และอาคารที่ติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 13.1 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าการติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าแบบแพสซีฟลดการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1 - 4, 6, 8 และ 9 แต่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นที่ชั้นที่ 8 ส่วนการติดตั้งมวลท่อนว้แบบแอกทีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ยกเว้นในชั้นที่ 7 ที่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น สำหรับการติดตั้ง มวลท่อนว้แบบแอกทีฟสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ยกเว้นในชั้นที่ 6 ที่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าอาคารที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดรอยร้าวและการครากของเสาและคานได้ โดยเมื่อมีการติดตั้งมวลท่อนว้ปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าสามารถลดรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 และ 3 และลดความเสียหายของเสาจากการครากเป็นรอยร้าวได้ที่เสาชั้นที่ 4 - 5 และ 8 - 9 แต่เพิ่มรอยร้าวในเสาชั้นที่ 10 ในคานพบว่าเกิดรอยร้าว

เพิ่มขึ้นในคานชั้นที่ 9 และ 10 เมื่อมีการติดตั้งมวลทรงแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดความเสียหายของคานชั้นที่ 7 - 8 จากการเกิดการครากมาเป็นการเกิดรอยร้าว และลดการเกิดรอยร้าว และลดการครากในเสาชั้นที่ 3 - 5 และชั้นที่ 8 - 9 แต่เพิ่มรอยร้าวและการครากในเสาชั้นที่ 10 ส่วนอาคารที่ติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแอกทีฟนั้นสามารถลดรูปแบบความเสียหายได้ใกล้เคียงกับการติดมวลทรงแบบแอกทีฟแต่ไม่เพิ่มความเสียหายในเสาชั้นที่ 10

สำหรับค่าความเสียหายของเสาแนว A พบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดค่าความเสียหายลดได้ ยกเว้นในชั้นที่ 7 ที่การติดตั้งมวลทรงแบบแอกทีฟเพิ่มความเสียหายแก่เสาแนว A

7.3.3 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.40 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวบางระบบไม่ได้ลดการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 427.8 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลทรงปรับค่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 เท่ากับ 7.68 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลทรงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 15.4 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 12.0 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้มากในชั้นที่ 6 แต่มีการเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นเล็กน้อยในชั้นที่ 2 - 5 และ 8 -10 ยกเว้นในชั้นที่ 8 ที่การติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแพสซีฟเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นอย่างเด่นชัด

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวแทบจะไม่ช่วยลดความเสียหายอยู่บ้าง โดยที่การติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าสามารถลดรอยร้าวของเสาชั้นที่ 3 - 4 และลดการครากในชั้นที่ 6 แต่มีการเพิ่มการครากในชั้นที่ 5 และชั้นที่ 8 - 9 ส่วนคานมีการครากเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 8 การติดตั้งมวลทรงแบบแอกทีฟสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 6 - 7 และชั้นที่ 10 ได้ แต่มีการเพิ่มรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 และเพิ่มการครากในเสา ชั้นที่ 8 - 9 ส่วนในคานพบว่ามีการครากเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 8 การติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 6 - 7 แต่มีการเพิ่มรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 - 4 และมีการ

เพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 8 – 10 ส่วนในคานพบว่าลดการครากในคานชั้นที่ 8 แต่เพิ่มรอยร้าวในคานชั้นที่ 10 และเพิ่มการครากในคานชั้นที่ 6 และ 8

สำหรับค่าความเสียหายของเสาแนว A พบว่า การติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 6 และ 7 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 7 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดค่าความเสียหายได้ในทุกชั้น สำหรับการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 6 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 4 – 5 และ 8 – 10

7.3.4 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.85 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

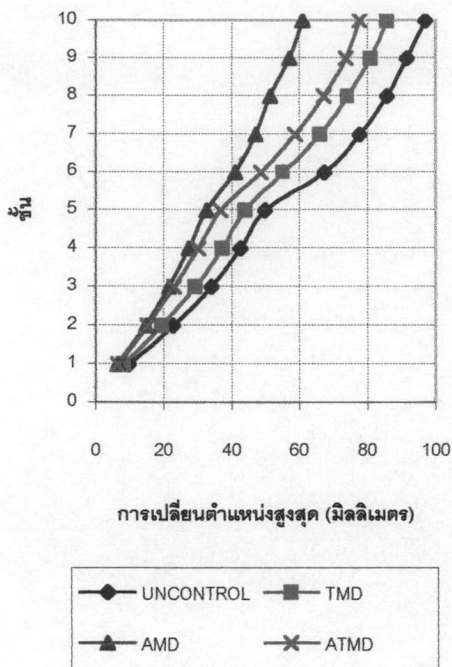
ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวบางระบบไม่ได้ลดการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 671.2 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 เท่ากับ 1.1 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 5.7 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 2.7 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าในชั้นที่ 1 – 5 และ 8 - 10 โครงสร้างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวและโครงสร้างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในชั้น 6 – 7 พบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดได้ ยกเว้นการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟจะทำให้การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 7 และ 8 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟจะทำให้การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 8 และ 9

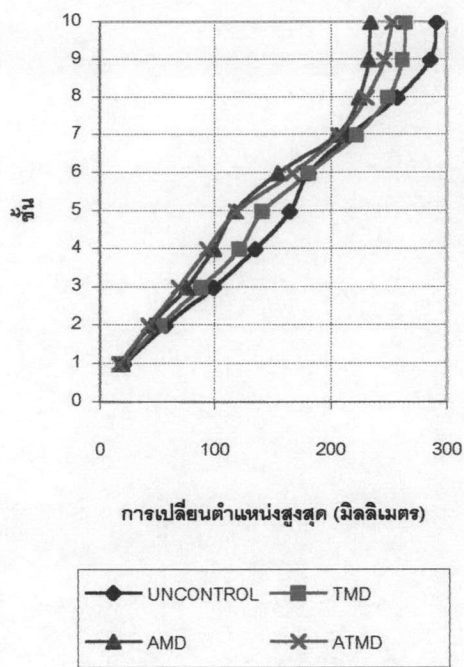
สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าความเสียหายจะเพิ่มขึ้นเมื่อติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟและมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ โดยการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟจะลดการครากในคานชั้นที่ 3 แต่เพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 10 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟเพิ่ม

การครากในเสาชั้นที่ 9 และ 10 สำหรับการติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแอกที่ปลดการครากในเสาชั้นที่ 3 และ 5 แต่เพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 9 และ 10

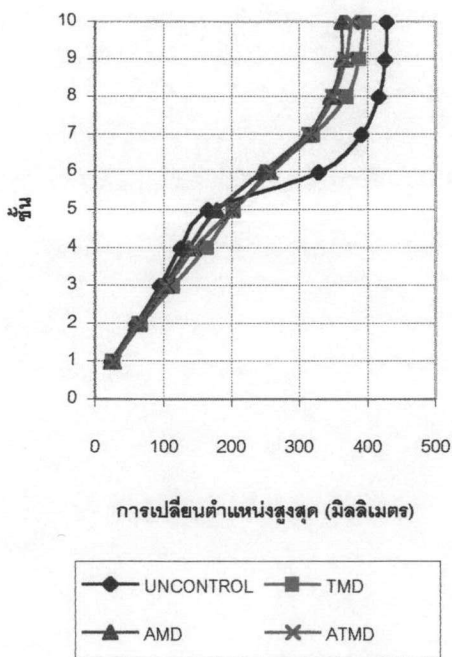
สำหรับค่าความเสียหายในเสาแนว A พบว่าค่าความเสียหายมีค่าใกล้เคียงกันในชั้นที่ 1 - 5 ยกเว้นการติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแอกที่ลดค่าความเสียหายในชั้นที่ 5 แต่เพิ่มความเสียหายในชั้นที่ 4 และในชั้นที่ 6 - 7 พบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวลดค่าความเสียหายได้ยกเว้นในชั้นที่ 7 ที่การติดตั้งมวลทรงปรับค่าแบบแพลสซีฟเพิ่มความเสียหายเนื่องมาจากการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นที่มาก



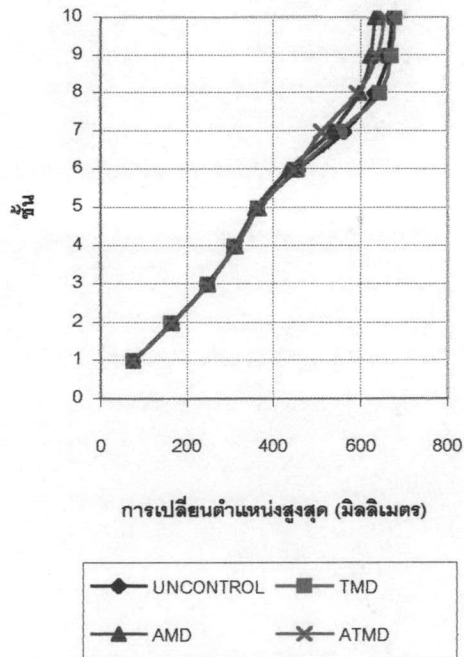
(น) 0.10g



(ข) 0.25g

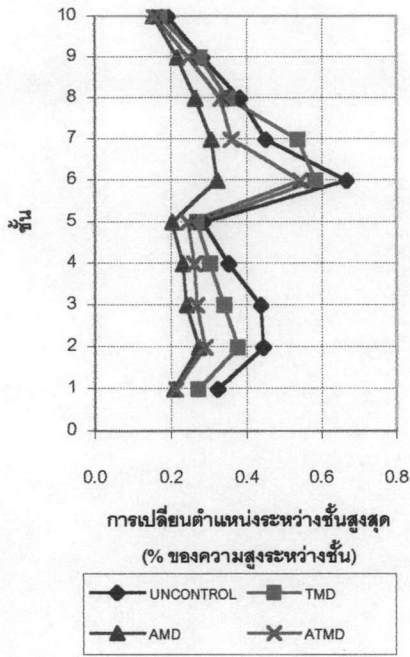


(ค) 0.40g

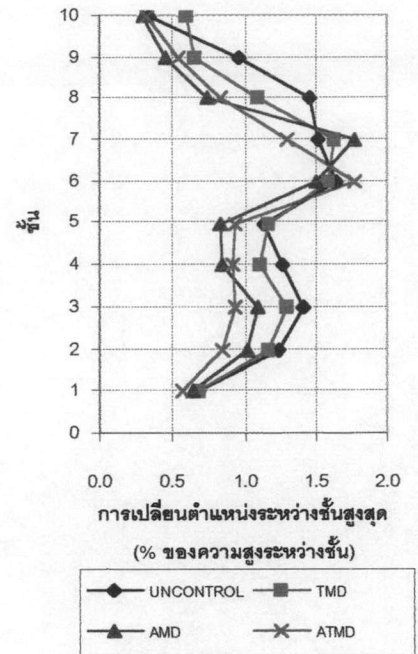


(ง) 0.85g

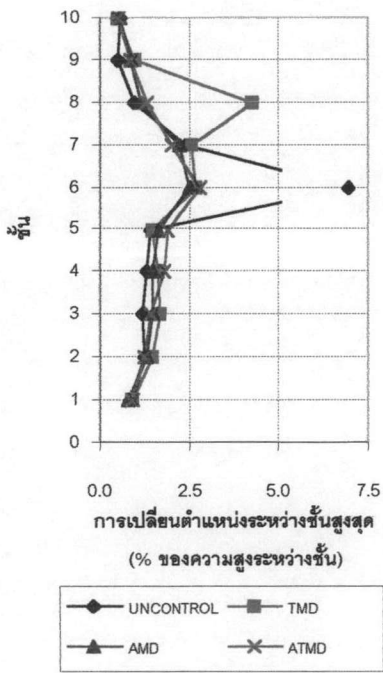
รูปที่ 7.9 การเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge



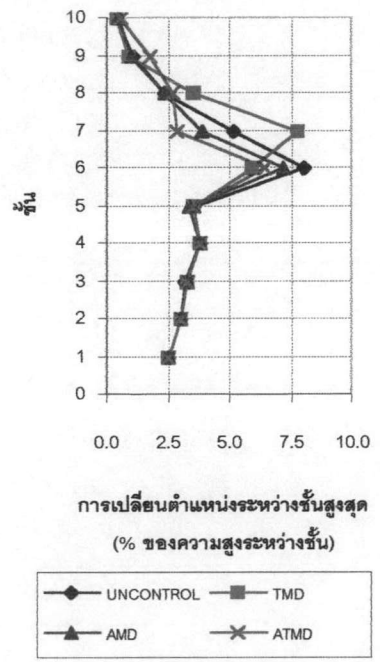
(ก) 0.10g



(ข) 0.25g

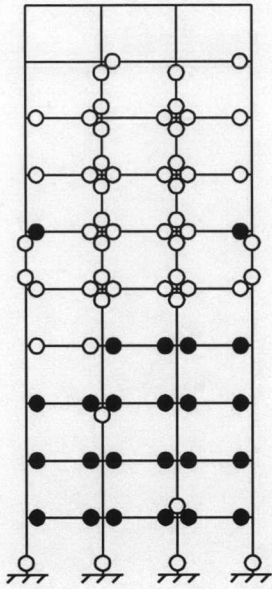


(ค) 0.40g

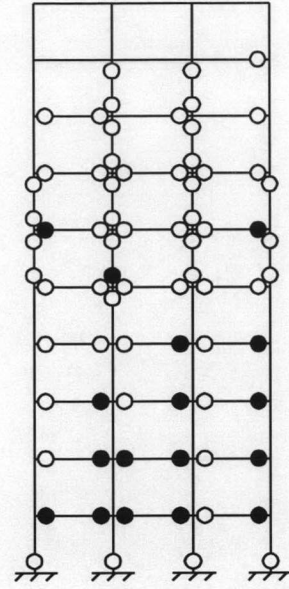


(ง) 0.85g

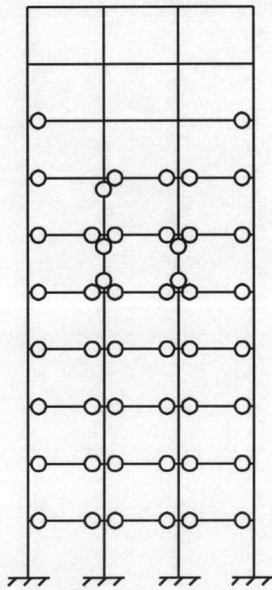
รูปที่ 7.10 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge



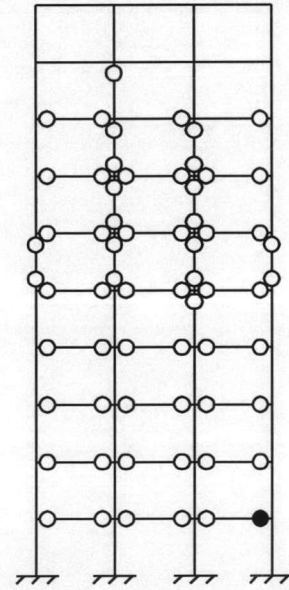
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ

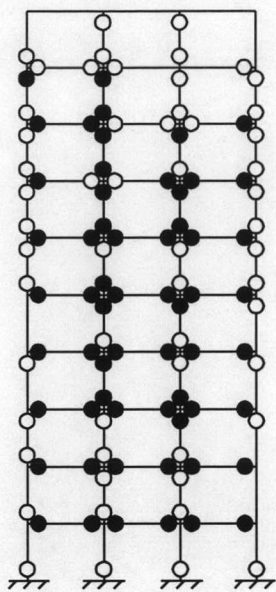


(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ

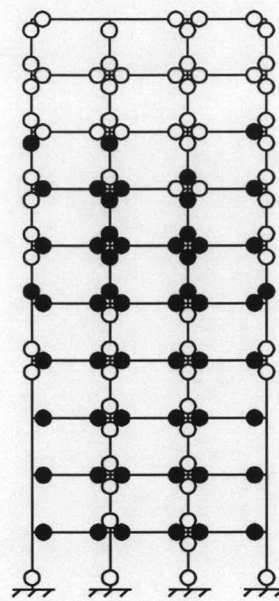


(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

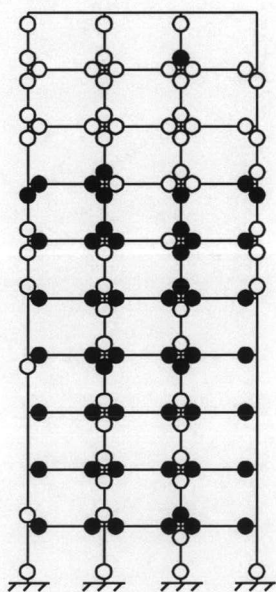
รูปที่ 7.11 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge ขนาด 0.10g



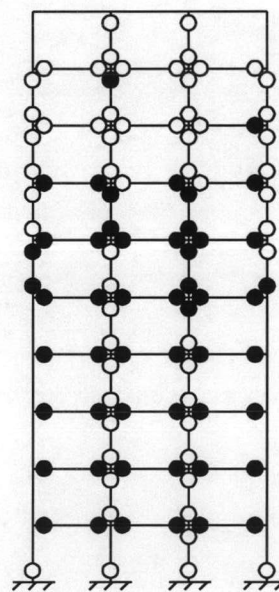
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ



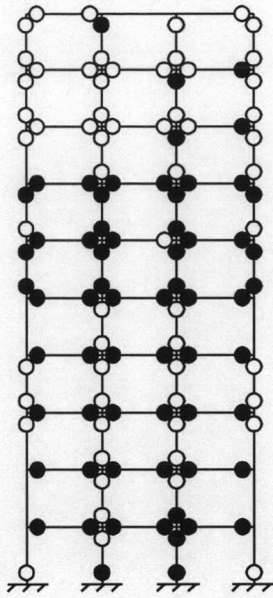
(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ



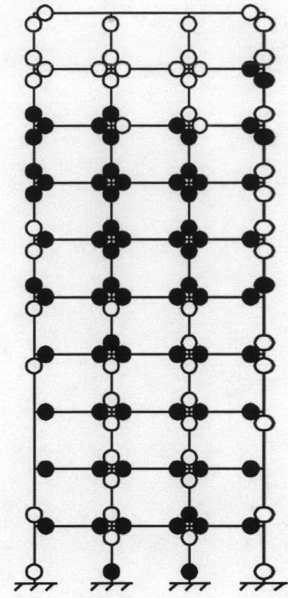
(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.12 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge

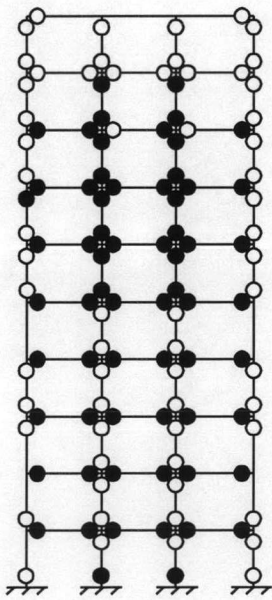
ขนาด 0.25g



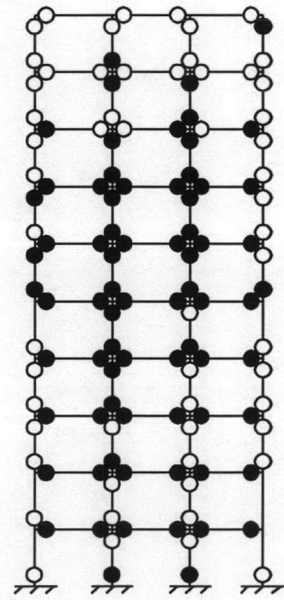
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วยปรับค่าแบบแพสซีฟ



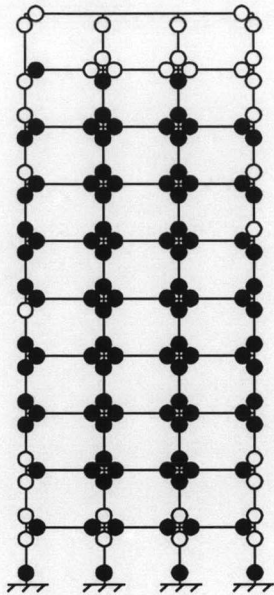
(ค) มวลหน่วยแบบแอกทีฟ



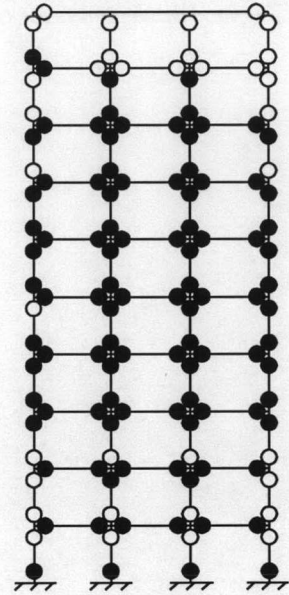
(ง) มวลหน่วยปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.13 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge

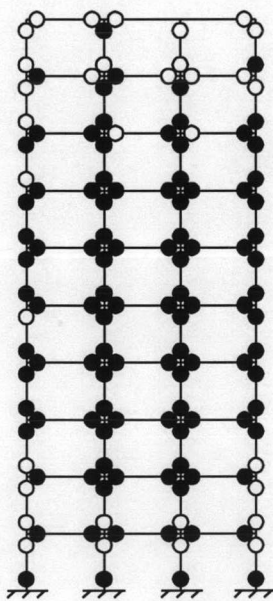
ขนาด 0.40g



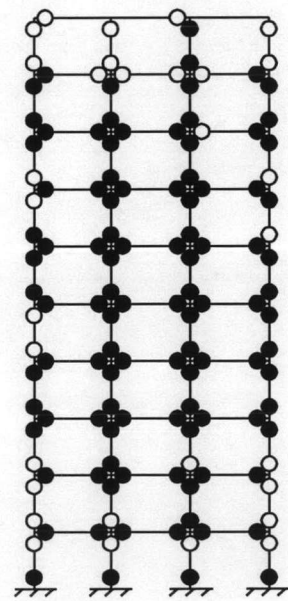
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ

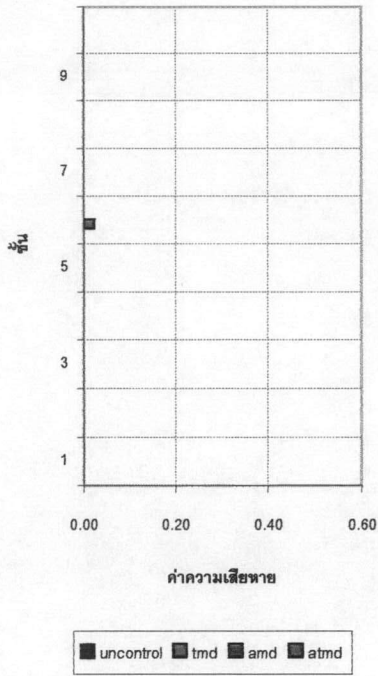


(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ

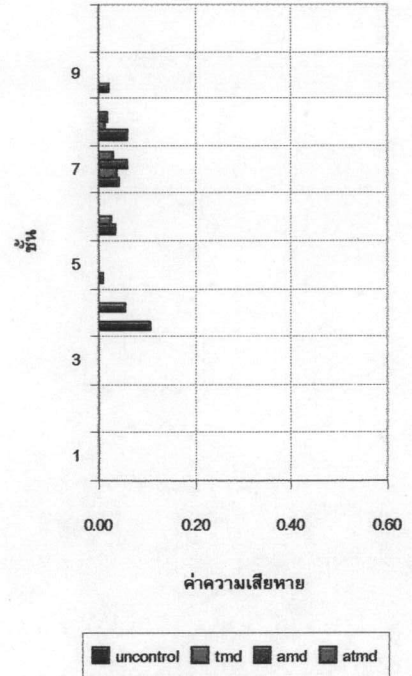


(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

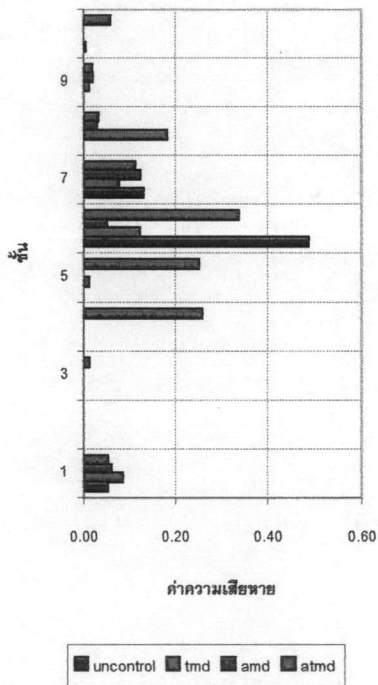
รูปที่ 7.14 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว Northridge ขนาด 0.85g



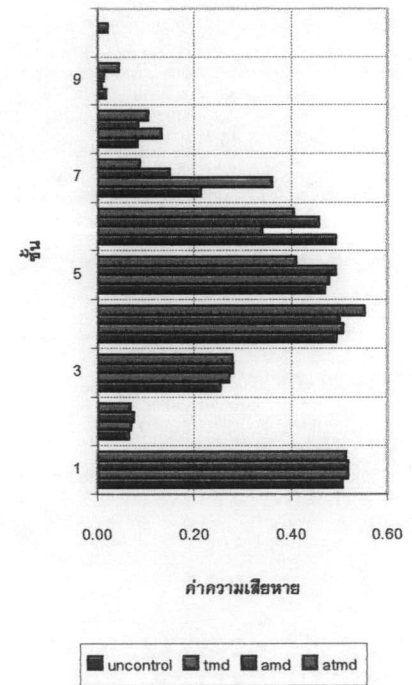
(ก) 0.10g



(ข) 0.25g



(ค) 0.40g



(ง) 0.85g

รูปที่ 7.15 ค่าความเสียหายในเสาในแนว A ของอาคารตัวอย่างภายใต้
คลื่นแผ่นดินไหว Northridge

7.4 อาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว SCT(1985)

การวิเคราะห์อาคารตัวอย่างที่มีและไม่มี การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวแบบต่างๆ ภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว El Centro นี้ ได้ปรับค่าความเร่งสูงสุดที่ฐาน 4 ค่า ได้แก่ 0.05, 0.08, 0.11, 0.15 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อวิเคราะห์อาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวขนาดต่างๆได้ การเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารซึ่งแสดงดังในรูปที่ 7.16 การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารแสดงดังในรูปที่ 7.17 รูปแบบความเสียหายดังแสดงในรูปที่ 7.18 – 7.21 และค่าความเสียหายของเสาแนวตัวอย่างแสดงดังในรูปที่ 7.22

7.4.1 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.05 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

อาคารตัวอย่างยังมีพฤติกรรมใกล้เคียงพฤติกรรมในช่วงอีลาสติกกล่าวคืออาคารตัวอย่างมีรอยร้าวเกิดขึ้นแต่ยังไม่มีการครากเกิดขึ้นในเสา พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่า โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มี การติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 224.0 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ได้ 13.7 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 24.9 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 20.6 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 3 – 10 ยกเว้นการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟที่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 8 และการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 1 และ 2

สำหรับรูปแบบการเสียหายของอาคารตัวอย่างพบว่า เมื่อมีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 5 - 7 แต่พบรอยร้าวเกิดเพิ่มขึ้นในเสาชั้นที่ 1, 2 และ 9 ส่วนในคานลตรอยร้าวในชั้นที่ 8 แต่เพิ่มการครากในชั้นที่ 1 - 5 ในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2, 8 และ 9 ลดการครากในเสาชั้นที่ 6 และ 7 แต่เพิ่มรอยร้าวในเสาชั้นที่ 1 และเพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 4 ส่วนในคานพบว่า ลตรอย

ร้าวในคานชั้นที่ 8 ลดการครากในคานชั้นที่ 5 – 7 แต่เพิ่มการครากในคานชั้นที่ 1 – 3 ส่วนอาคารที่ติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดรอยร้าวได้ในเสาชั้นที่ 3, 8 และ 9 ลดการครากในเสาชั้นที่ 6 และ 7 ส่วนคานพบว่าลดการครากในคานชั้นที่ 6 และ 7 แต่เพิ่มการครากในชั้นที่ 1 - 5

สำหรับค่าความเสียหายในเสาแนว A พบว่าอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีความเสียหายเกิดขึ้นในชั้นที่ 5 – 7 เมื่อติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าลดค่าความเสียหายได้โดยเกิดความเสียหายเฉพาะชั้นที่ 6 และมีค่าความเสียหายลดลง ส่วนการติดตั้งมวลห้วงแบบแอกทีฟและมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับอาคารภายใต้แรงแผ่นดินไหวดังกล่าว

7.4.2 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.08 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่า โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 362.03 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลห้วงปรับค่าสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ได้ 11.7 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลห้วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 23.4 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 17.9 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าการติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 5 – 8 ส่วนชั้นที่ 1 – 4 และ 9 – 10 พบว่าการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการติดตั้งมวลห้วงแบบแอกทีฟลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ยกเว้นในชั้นที่ 6 ที่มีการเพิ่มขึ้นของการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น สำหรับการติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 6 และ 7 ส่วนชั้นอื่นๆพบว่าการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นมีค่าใกล้เคียงกับโครงสร้างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหว

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าอาคารที่มีการติดตั้งมวลห้วงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 และลดการครากของเสาชั้นที่ 5 และ 6 แต่เพิ่มรอยร้าว

ในเสาชั้นที่ 10 และเพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 1, 8 และ 9 ในคานพบลดยรั่วในคานชั้นที่ 3 และ 7 แต่เพิ่มรอยรั่วในคานชั้นที่ 9 และเพิ่มการครากในคานชั้นที่ 4 และ 8 เมื่อมีการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดยรั่วที่เสานอกที่เสาชั้นที่ 5 และลดการครากในเสาชั้นที่ 1 และ 8 แต่เพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 4 ส่วนในคานพบว่าลดยรั่วในคานชั้นที่ 9 และลดการครากในคานชั้นที่ 7 และ 8 แต่เพิ่มการครากในคานชั้นที่ 4 และ 5 ส่วนอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดการครากในเสาชั้นที่ 5, 7 และ 8 แต่เพิ่มรอยรั่วในเสาชั้นที่ 9 และ 10 และเพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 1, 2 และ 4 ส่วนในคานพบว่าลดยรั่วในคานชั้นที่ 9 ลดการครากในคานชั้นที่ 7 และ 8 แต่เพิ่มการครากในคานชั้นที่ 4 และ 5

สำหรับค่าความเสียหายของเสาแนว A พบว่าการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าลดค่าความเสียหายในเสาชั้นที่ 6 – 7 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในเสาชั้นที่ 1, 3 – 5 และ 8 - 9 เมื่อติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าลดค่าความเสียหายในเสาชั้น 5, 7 และ 8 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 4 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดค่าความเสียหายในเสาชั้น 5 – 8 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 1

7.4.3 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.11 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวบางระบบสามารถลดการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 438.41 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 เท่ากับ 4.23 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 7.93 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 5.51 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าเมื่อติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1 – 2 และ 5 – 8 แต่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 3 – 4 ส่วนเมื่อติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นได้ในชั้นที่ 1 – 5 และ 7 – 8 แต่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 6 สำหรับการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 1 – 5 และ 7 – 8 แต่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 6

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟสามารถลดรอยร้าวของเสาชั้นที่ 2, 3 และ 10 และลดการครากในชั้นที่ 1, 4 - 6 และชั้น 8 - 9 ส่วนคานพบว่าลดการครากที่ชั้นที่ 7 แต่มีการครากเพิ่มขึ้นในชั้นที่ 8 การติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดการครากของเสาชั้นที่ 1 และ 4 - 9 แต่เพิ่มการครากในชั้นที่ 10 ส่วนในคานพบว่าสามารถลดการครากในชั้นที่ 4 - 6 แต่เพิ่มรอยร้าวในคานชั้นที่ 9 และเพิ่มการครากในคานชั้นที่ 7 และ 8 การติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 และ 3 และลดการครากของเสาชั้นที่ 1, 4, 6 และ 7 แต่มีการเพิ่มรอยร้าวในเสาชั้นที่ 10 และมีการเพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 9 ส่วนในคานพบว่าลดการครากในคานชั้นที่ 4 และ 6 แต่เพิ่มการครากในคานชั้นที่ 7 และ 9

สำหรับค่าความเสียหายของเสาแนว A พบว่าการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟพบว่าลดค่าความเสียหายในเสาชั้นที่ 6 - 8 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในเสาชั้นที่ 5 เมื่อติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าลดค่าความเสียหายในเสาได้ทุกชั้น ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าสามารถลดค่าความเสียหายในเสาชั้นที่ 7 - 8 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในเสาชั้นที่ 5 - 6

7.4.4 อาคารตัวอย่างภายใต้แผ่นดินไหวขนาด 0.15 เท่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

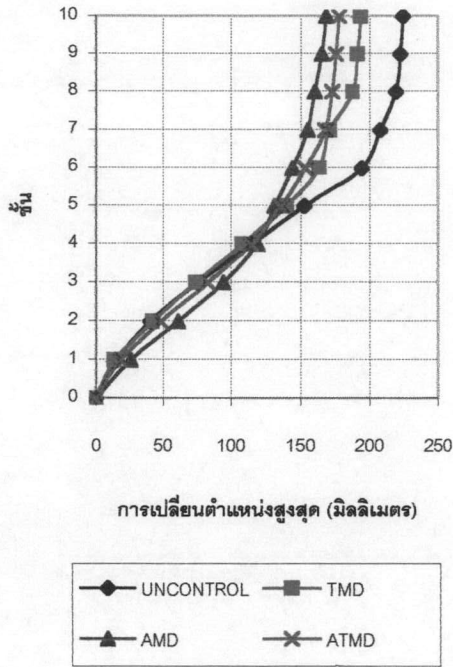
ภายใต้แผ่นดินไหวนี้พบว่าอาคารที่ติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวบางระบบไม่ได้ลดการเปลี่ยนตำแหน่ง โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 ของอาคารตัวอย่างที่ไม่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวมีค่า 655.10 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารตัวอย่างที่มีการติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหวพบว่า อาคารที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นที่ 20 เท่ากับ 4.3 เปอร์เซ็นต์ อาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 15.2 เปอร์เซ็นต์ และในอาคารที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟสามารถลดได้ 1.3 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดพบว่าเมื่อติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟเพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 1 - 4 และ 8 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าลดการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 4 - 5 และ 7 - 8 แต่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 1 - 3 สำหรับการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าลด

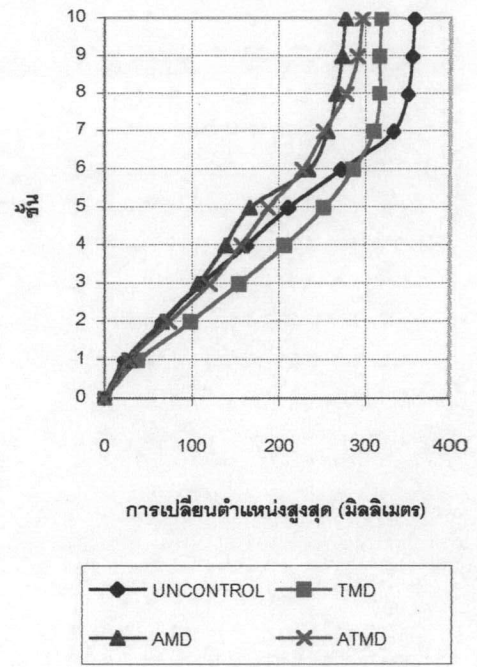
การเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 1 – 4 และ 7 แต่เพิ่มการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นในชั้นที่ 9 – 10

สำหรับรูปแบบความเสียหายพบว่าความเสียหายโดยรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อติดตั้งระบบควบคุมการสั่นไหว โดยการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟจะลดการรอยร้าวในเสาชั้นที่ 5 และลดการครากในเสาชั้นที่ 9 แต่มีการเพิ่มขึ้นของรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 และ 10 และมีการครากเพิ่มขึ้นในเสาชั้นที่ 1, 3 และ 6 ส่วนในคานพบว่ามีการรอยร้าวเพิ่มขึ้นในคานชั้นที่ 10 และมีการครากเพิ่มขึ้นในคานชั้นที่ 8 และ 9 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟลดการครากในเสาชั้นที่ 2 และ 7 แต่เพิ่มการรอยร้าวในเสาชั้นที่ 1 และเพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 3, 4, 6 และ 9 สำหรับการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟลดการครากในเสาชั้นที่ 5 แต่เพิ่มการรอยร้าวในเสาชั้นที่ 2 และเพิ่มการครากในเสาชั้นที่ 1, 3, 4, 6 และ 10

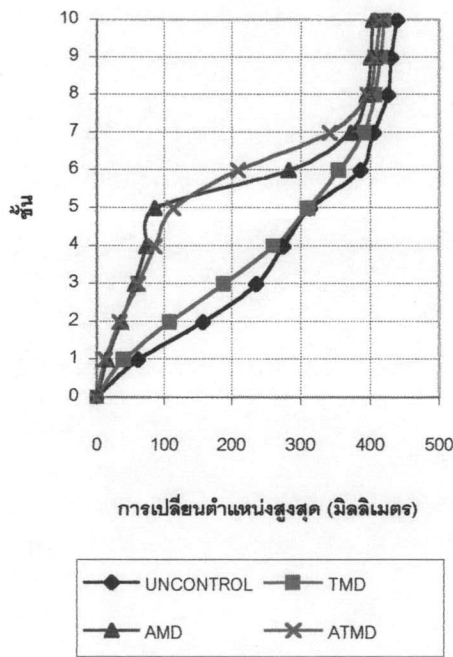
สำหรับค่าความเสียหายในเสาแนว A พบว่าเมื่อติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 5, 6 และ 9 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 1 – 2 และ 7 – 8 ส่วนการติดตั้งมวลหน่วงแบบแอกทีฟพบว่าลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 2, 5 และ 9 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 1, 3 และ 5 สำหรับการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟพบว่าลดค่าความเสียหายได้ในชั้นที่ 1, 6 และ 7 แต่เพิ่มค่าความเสียหายในชั้นที่ 2, 5 และ 8 – 10



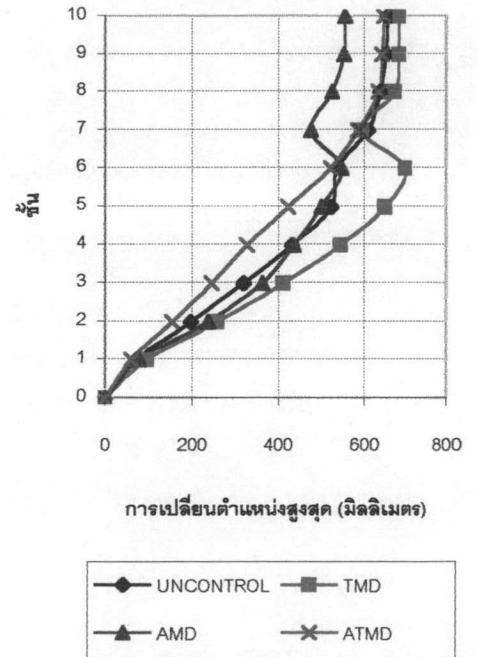
(ก) 0.05g



(ข) 0.08g

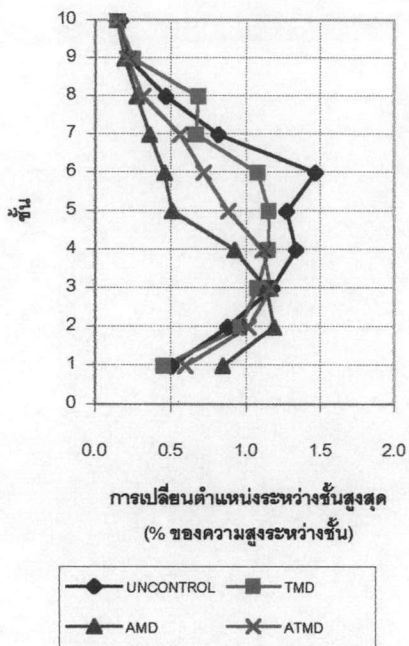


(ค) 0.11g

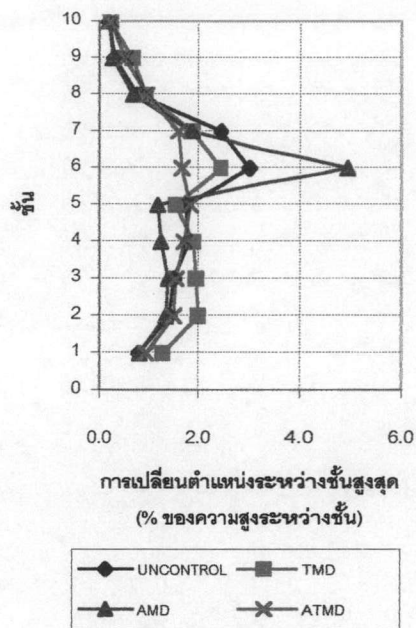


(ง) 0.15g

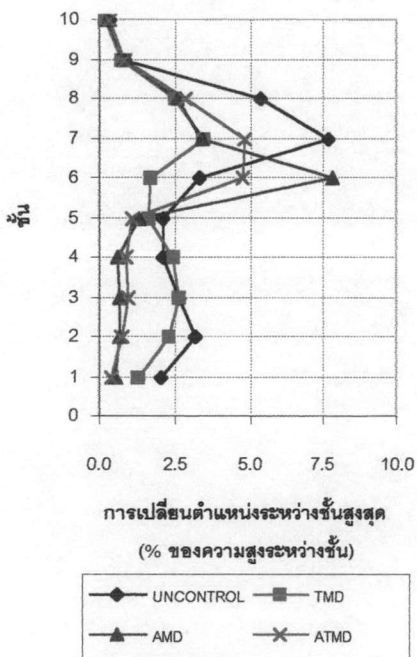
รูปที่ 7.16 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว SCT-85



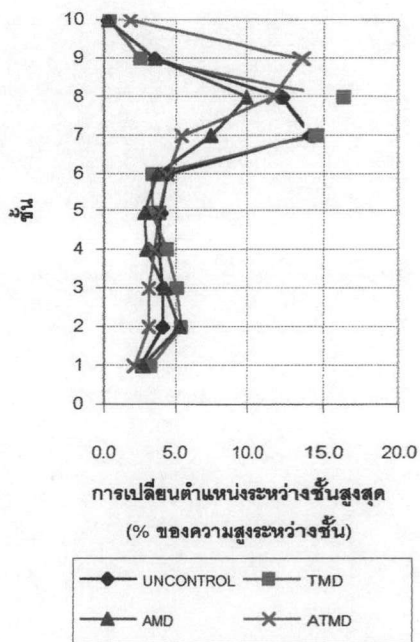
(ก) 0.05g



(ข) 0.08g

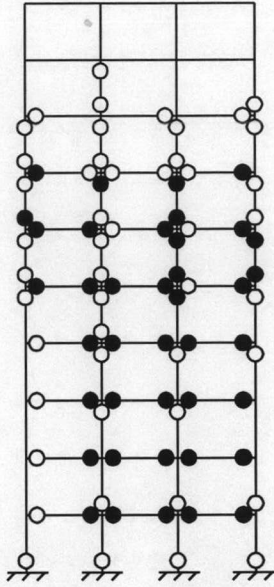


(ค) 0.11g

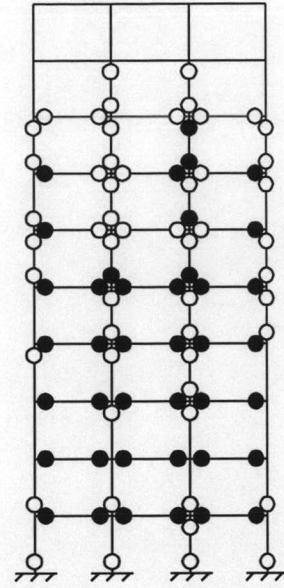


(ง) 0.15g

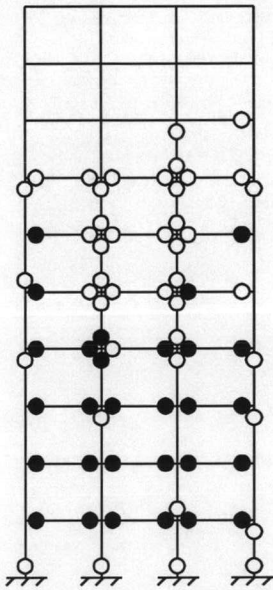
รูปที่ 7.17 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งระหว่างชั้นสูงสุดที่ชั้นต่างๆของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว



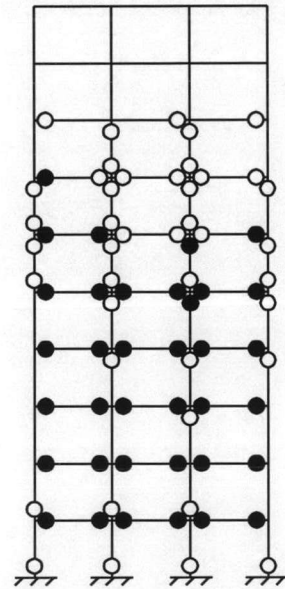
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ



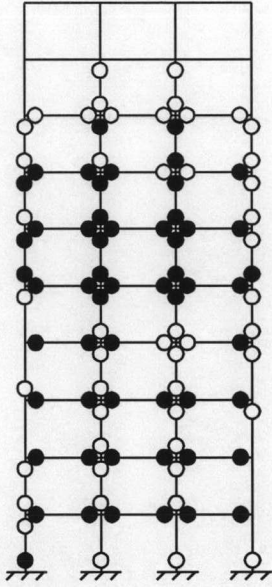
(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ



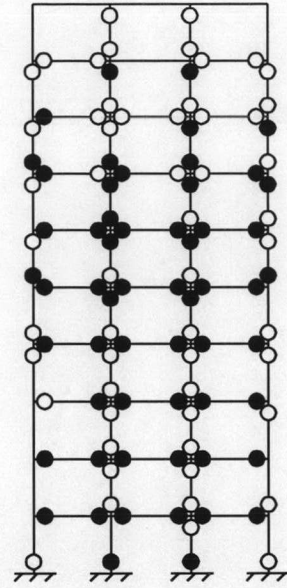
(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.18 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว SCT-85

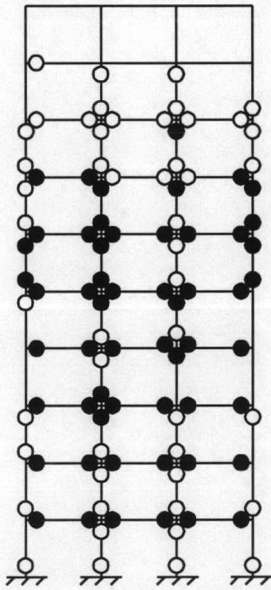
ขนาด 0.05g



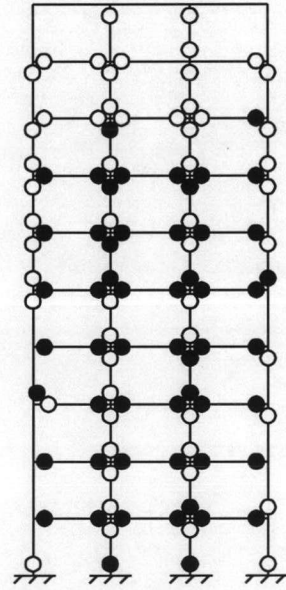
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลห้่วงปรับค่าแบบแพสซีฟ



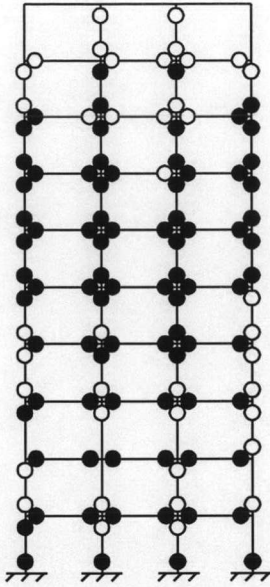
(ค) มวลห้่วงแบบแอกทีฟ



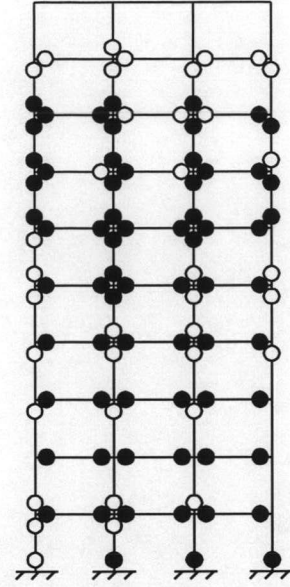
(ง) มวลห้่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.19 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว SCT-85

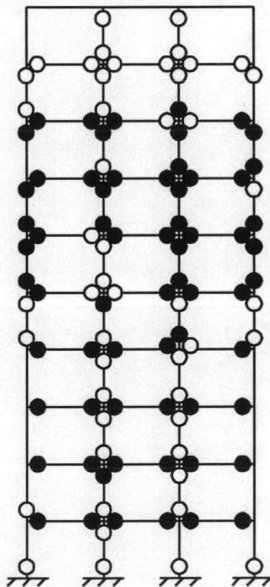
ขนาด 0.08g



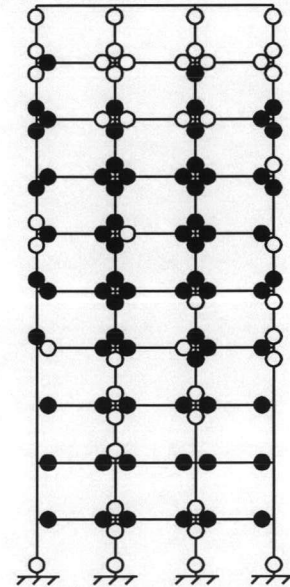
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วยปรับค่าแบบแพสตีฟ



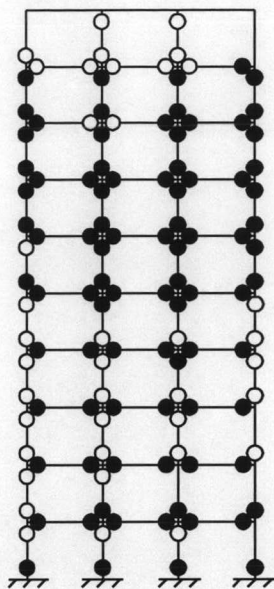
(ค) มวลหน่วยแบบแอกทีฟ



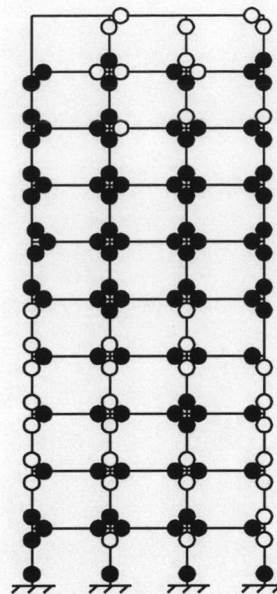
(ง) มวลหน่วยปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.20 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว SCT-85

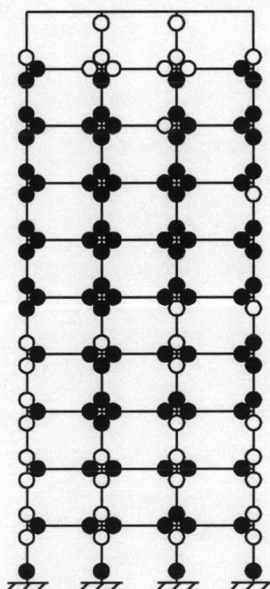
ขนาด 0.11g



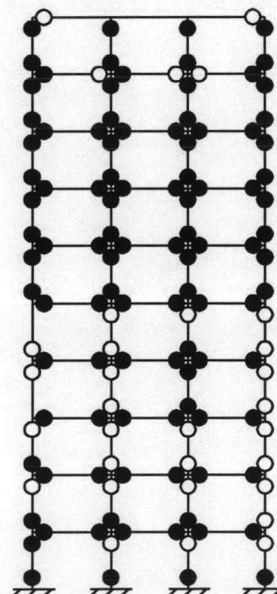
(ก) ไม่มีระบบควบคุมการสั่นไหว



(ข) มวลหน่วงปรับค่าแบบแพสตีฟ



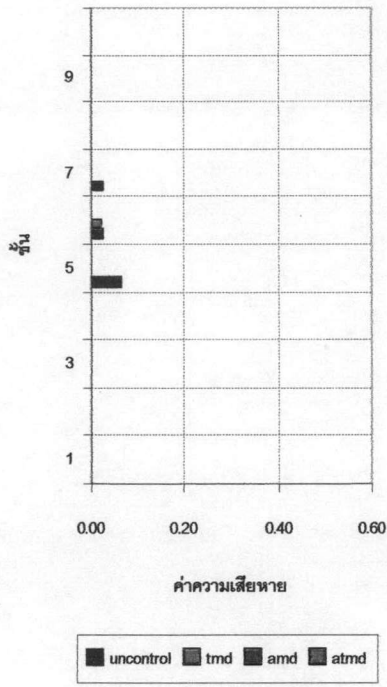
(ค) มวลหน่วงแบบแอกทีฟ



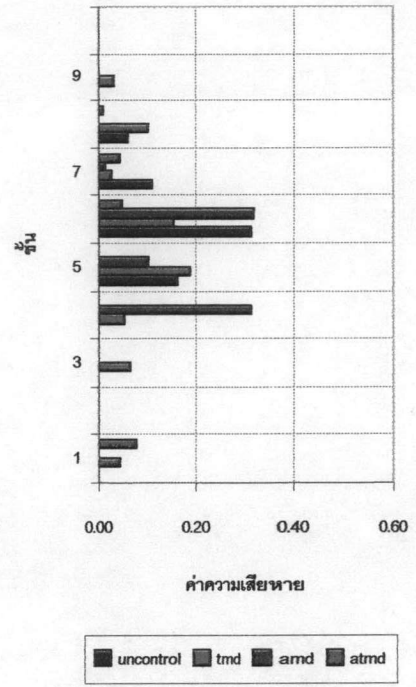
(ง) มวลหน่วงปรับค่าแบบแอกทีฟ

รูปที่ 7.21 แสดงรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว SCT-85

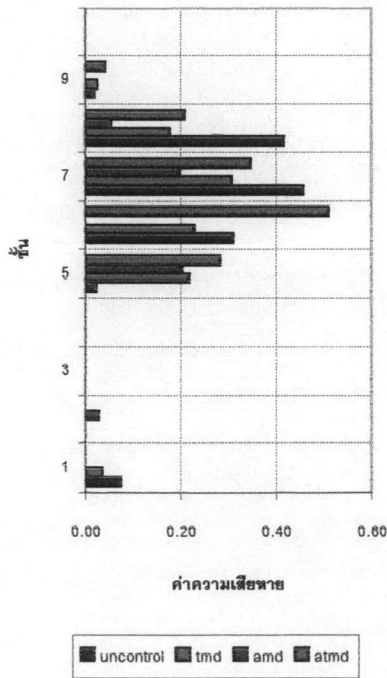
ขนาด 0.15g



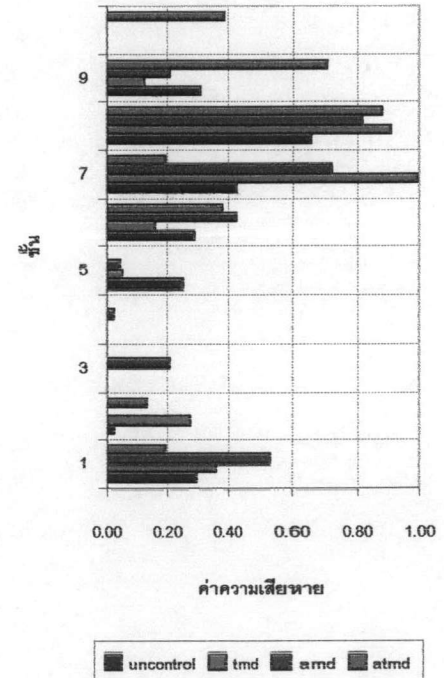
(ก) 0.10g



(ข) 0.25g



(ค) 0.40g



(ง) 0.85g

รูปที่ 7.22 ค่าความเสียหายในเสาในแนว A ของอาคารตัวอย่างภายใต้
คลื่นแผ่นดินไหว SCT-85