

บทที่ 6

การเปรียบเทียบผลการตอบสนองของอาคารจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ และ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ

ในบทที่ 4 และ 5 ได้กล่าวถึงพฤติกรรมและรูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ กับ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ ดังนั้นในส่วนนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบผลการตอบสนองของอาคารที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ กับ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ โดยจะเปรียบเทียบผลตอบสนองของอาคารซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคาร, ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้ง, การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ, อัตราการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น, รูปแบบความเสียหายของอาคาร และแรงภายในขององค์อาคาร ดังนี้

6.1 สัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคาร

รูปที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารของวิธี TFPA, MFPA, MDPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว BYK, El Centro และ SCT พบว่า ค่าสติฟเนสในช่วงแรกของวิธี TFPA จะมีค่าน้อยกว่าวิธี MFPA และ MDPA เนื่องจากมีการกระจายของแรง (force distribution) ที่แตกต่างกัน โดยที่ตำแหน่งสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานเดียวกัน แรงที่เกิดขึ้นในชั้นบนสุดของวิธี TFPA จะมีค่ามากกว่าวิธี MFPA และ MDPA จึงทำให้มีการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารสูงกว่า และทำให้มีค่าสติฟเนสที่น้อยกว่า ซึ่งวิธี MFPA จะมีสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน และการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารที่ตำแหน่งสูงสุดมากกว่าวิธี TFPA สำหรับวิธี MDPA พบว่าจะมีแรงเฉือนที่ฐานอาคารสูงกว่าวิธี TFPA และ MFPA และเมื่อเปรียบเทียบกับวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี CDPA1 และ CDPA2 ดังแสดงได้ในรูปที่ 6.2 พบว่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารจะมีค่ามากกว่าการวิเคราะห์ผลทางด้านข้าง โดยเมื่อความเร่งที่กระทำที่ฐานมีค่าน้อย จะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารมีค่าใกล้เคียงกัน

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้ง (moment and curvature relationship)

รูปที่ 6.3 – 6.8 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งของเสาภายในชั้นที่ 5 และคานภายในชั้นที่ 2 ที่การเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารเดียวกัน ของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี CDPA2, MDPA และ MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่น

แผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g, คลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.15g และ คลื่นแผ่นดินไหว SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g พบว่า การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรจะมีการตกลงของกำลัง เมื่อให้การเคลื่อนที่ในจำนวนรอบที่มากขึ้น โดยมีเส้นโค้งโอบคลุม (envelope curve) ในเสาที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ เช่นเดียวกับวิธี MDPA และ MFPA แต่มีเส้นโค้งโอบคลุมในคานที่แตกต่างจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์มากกว่าการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างแบบควบคุมแรงกระทำวิธี MFPA โดยความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งจะมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

6.3 การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ และ อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นของอาคาร

ในการเปรียบเทียบได้กำหนดให้การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 6 ของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นเดียวกันของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ และใช้คลื่นแผ่นดินไหว BYK, El Centro และ SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ 0.10g ในการเปรียบเทียบ โดยไม่ใช้คลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.15g เนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 6 ของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นเดียวกันของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ ในกรณีของคลื่นแผ่นดินไหว BYK และ SCT ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ และ อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น แสดงได้ใน รูปที่ 6.9 - 6.12 ตารางที่ 6.1 และ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่ง และ อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น ในชั้นที่ 2, 4 และ 5 ซึ่งเกิดความเสียหายมากที่สุดของคลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ 0.10g พบว่า จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของวิธี CDPA1, CDPA2, MDPA และ MFPA ในแต่ละคลื่นแผ่นดินไหวแตกต่างกันไม่มาก โดยในกรณีคลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g วิธี CDP1, CDP2 และ MDPA จะให้ค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ และ อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น ใกล้เคียงกับคลื่นแผ่นดินไหว BYK มากกว่าคลื่นแผ่นดินไหว El Centro และ SCT โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่น้อยกว่า ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะความถี่เด่นชัดของคลื่นแผ่นดินไหว (Predominant frequency) มีค่าใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติ (Fundamental frequency) ของอาคารตัวอย่าง จึงทำให้การสั่นอิสระภายใต้แผ่นดินไหวของอาคารสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ในลักษณะโหมดที่ 1 ของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้าง ส่วนคลื่นแผ่นดินไหว El Centro และ SCT ที่มีความถี่เด่นชัดของคลื่นแผ่นดินไหวแตกต่างจากความถี่ธรรมชาติของอาคารตัวอย่าง จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่มากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี CDPA1, CDPA2

และ MDPA ในกรณีคลื่นแผ่นดินไหว BYK พบว่าวิธี MDPA จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยกว่าวิธี CDPA1 และ CDPA2 โดยที่วิธี CDPA1 และ CDPA2 จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่เท่ากัน แต่ในกรณีคลื่นแผ่นดินไหว El Centro และ SCT วิธี CDPA1 และ CDPA2 จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างน้อยกว่า วิธี MDPA และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธี TFPA และ MFPA พบว่าวิธี TFPA จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่มากกว่า เนื่องจากมีรูปแบบของแรงกระทำที่แตกต่างจากวิธี MFPA ที่ไม่พิจารณาการเคลื่อนที่ในโหมดที่ 1 และที่ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g จะเป็นเช่นเดียวกับกรณีคลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g โดยวิธี TFPA พบว่าจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 6 น้อยกว่าการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ วิธี MFPA จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเพิ่มมากขึ้นจากคลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g เนื่องจากอาคารตัวอย่างเกิดความเสียหายมากทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ และถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี CDPA1 และ CDPA2 ที่เสนอขึ้นมาในกรณีคลื่นแผ่นดินไหว BYK จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่มากกว่าวิธี MDPA แต่ก็มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และสามารถให้ผลการตอบสนองของอาคารที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ไม่ต่างจากการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีอื่นๆ

6.4 รูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่าง

เมื่อกำหนดให้การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 6 ของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นเดียวกันของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ ความเสียหายขององค์อาคารจะพิจารณาในสภาวะที่องค์อาคารเกิดการคราก โดยหลักเสริมตามยาวด้านรับแรงดึงมีค่าความเค้นถึงจุดคราก หรือ ณ จุดที่ผิวนอกสุดของคอนกรีตด้านรับแรงอัด มีค่าความเครียดเท่ากับ 0.002 และที่จุดประลัย โดยคอนกรีตที่ผิวริมออกสุดในเหล็กปลอกด้านรับแรงอัดมีค่าความเค้นเท่ากับ 20% ของกำลังรับแรงอัดสูงสุดของคอนกรีต การเปรียบเทียบรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ กับ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ โดยใช้คลื่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ คลื่นแผ่นดินไหว BYK, El Centro และ SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g แสดงได้ดังรูปที่ 6.5 - 6.8 โดยในกรณีของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างในทิศทางเดียวจะพิจารณาการให้แรงกระทำ 2 ด้าน แล้วนำผลมารวมกัน ทั้งนี้เนื่องจากผลของแรงเนื่องจากแผ่นดินจะเกิดขึ้นในสองทิศทาง ซึ่งถ้าพิจารณาการให้แรงกระทำในด้านเดียว จะทำให้มีรูปแบบความเสียหายของอาคารแตกต่างจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ ตารางที่ 6.3 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนองค์อาคารที่เกิดการครากที่เหมือนกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆพบว่า การวิเคราะห์วิธี CDPA1, CDPA2, MDPA และ MFPA จะมีจำนวนองค์อาคารที่เกิดการครากเหมือนกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ที่ใกล้เคียงกัน และแตกต่าง

จากวิธี TFPA ที่มีจำนวนขององค์อาคารที่เกิดการครากเหมือนกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ที่น้อยกว่า ซึ่งการที่วิธี CDPA1 และ CDPA2 มีรูปแบบความเสียหายที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ในระดับหนึ่ง ถึงแม้ว่าจะมีจำนวนขององค์อาคารที่เกิดความเสียหายไม่เท่ากับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ทั้งหมดก็ตาม เนื่องจากผลของแรงกระทำซ้ำกลับไปมา เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี MDPA และ MFPA ที่มีการพิจารณาการให้แรงกระทำ 2 ด้าน แล้วนำผลมารวมกัน สำหรับตำแหน่งของการเกิดการครากที่เหมือนกัน แสดงได้ในรูปที่ 6.13 - 6.16 ความเสียหายโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่เสาชั้นบนและคานชั้นล่างดังที่ได้เคยกล่าวไปแล้ว โดยมีลำดับการเกิดความเสียหายในองค์อาคารของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ กับ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้าง ที่แตกต่างกันไปบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากผลของแรงกระทำที่เกิดจากการสั่นของอาคารภายใต้แผ่นดินไหวกับการผลักอาคารทั้งการให้การเคลื่อนที่สลับกลับไปมา และการให้แรงใน 2 ด้านแล้วนำผลมารวมกัน จะทำให้มีการกระจายของแรงในอาคารที่แตกต่างกันบ้าง

6.5 พฤติกรรมขององค์อาคาร

ในส่วนพฤติกรรมขององค์อาคารได้พิจารณาเปรียบเทียบ โดยใช้คลื่นแผ่นดินไหว BYK, EI Centro และ SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g เมื่อกำหนดให้การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 6 ของอาคารตัวอย่างภายใต้การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดที่ชั้นเดียวกันภายใต้การวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ รูปที่ 6.17 - 6.36 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบพฤติกรรมขององค์อาคาร ของคลื่นแผ่นดินไหว BYK และ EI Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g โดยในกรณีของการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างในทิศทางเดียวจะพิจารณาการให้แรงกระทำ 2 ด้าน แล้วนำผลมารวมกัน และ ตารางที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแรงตามแนวแกน, โมเมนต์ดัด และความโค้ง ในเสาและคาน ขององค์อาคารที่เกิดความเสียหายมากที่สุด พบว่า วิธี CDPA1 และ CDPA2 จะมีพฤติกรรมขององค์อาคารที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ในระดับหนึ่ง เนื่องจากผลของแรงกระทำซ้ำกลับไปมา เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี MDPA, TFPA และ MFPA ที่พิจารณาการให้แรงกระทำ 2 ด้าน แล้วนำผลมารวมกัน โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของวิธี CDPA1, CDPA2 และ MDPA ไม่แตกต่างจากวิธี MFPA ของแรงตามแนวแกน, โมเมนต์ดัดและความโค้งในเสามากนัก เนื่องจากจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งของโครงสร้างที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ในลักษณะโหมดที่ 1 ซึ่งจะให้แรงทางด้านข้างที่ใกล้เคียงกับแรงที่ใช้ผลักอาคารของวิธี MFPA แต่ถ้าพิจารณาโมเมนต์ดัดและความโค้งในคานพบว่าจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่แตกต่างกันอยู่บ้าง เนื่องจากการวิเคราะห์ผลทางด้านข้าง วิธี MFPA จะมีโมเมนต์ดัดในคานที่น้อยกว่า วิธี CDPA1, CDPA2 และ MDPA ซึ่งแสดงได้ในรูปที่ 5.39 และ 5.40 ส่วนการวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธี CDPA1, CDPA2 และ MDPA พบว่าจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความ

แตกต่างของแรงตามแนวแกน, โมเมนต์ดัด และความโค้งที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์วิธี CDPA1 และ CDPA2 จะมีการตกลงของกำลังในเสาและคานที่ไม่มากนัก เมื่อให้การเคลื่อนที่ทางด้านข้างในจำนวนรอบที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี MDPA ดังแสดงได้ในรูปที่ 5.38 และ 5.39

6.6 สรุปผลการเปรียบเทียบ

จากการเปรียบเทียบผลตอบสนองของอาคารซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ, อัตราการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น, จำนวนขององค์อาคารที่เกิดการคราก และพฤติกรรมขององค์อาคารของการวิเคราะห์หลักด้านข้างแบบเป็นวัฏจักร กับ การวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ และการวิเคราะห์หลักด้านข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียวพบว่า วิเคราะห์หลักด้านข้างแบบเป็นวัฏจักรจะมีผลตอบสนองของอาคารที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ในระดับหนึ่ง เนื่องจากมีรูปแบบของแรงหลักด้านข้างที่พิจารณาการเคลื่อนที่ในลักษณะโหมดที่ 1 และผลของการเคลื่อนที่กระทำสลับไปมา โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ, อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น และพฤติกรรมขององค์อาคารประมาณ 5.0 - 26.0% และเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์หลักด้านข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียวพบว่า จะมีพฤติกรรมขององค์อาคารที่แตกต่างกัน โดยจะพบการตกลงของกำลังเมื่อให้การเคลื่อนที่กระทำสลับไปมา และมีเส้นโค้งโอบคลุม (envelope curve) ในเสาที่ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ แต่มีเส้นโค้งโอบคลุมในคานที่แตกต่างจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์มากกว่าการวิเคราะห์หลักด้านข้างโดยให้แรงในทิศทางเดียวแบบควบคุมแรงกระทำ ซึ่งในการวิเคราะห์หลักโดยให้แรงกระทำในทิศทางเดียว จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ, อัตราส่วนการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้น และพฤติกรรมขององค์อาคารเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ประมาณ 3.0 - 30.0%

ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ และ inter-story drift ของคลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g

Responses of structure	BYK (%error)					El Centro (%error)					SCT (%error)				
	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA
1. การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 2	4.6	4.6	2.8	14.0	1.2	10.2	10.2	11.3	0.1	10.5	17.4	17.4	17.0	25.5	16.8
2. การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 4	2.4	2.4	0.9	13.8	1.4	2.2	2.2	2.8	8.5	1.0	6.0	6.0	6.0	16.5	6.8
3. การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 5	1.1	1.1	0.2	10.4	0.7	0.7	0.7	1.7	7.2	0.4	1.3	1.3	1.0	9.7	2.2
4. inter-story drift ชั้น 2	4.8	4.8	2.9	15.7	3.2	13.4	13.4	14.4	0.6	11.4	14.9	14.9	14.7	24.7	15.8
5. inter-story drift ชั้น 4	1.3	1.3	1.1	12.7	0.8	3.7	3.7	2.2	14.0	5.4	4.7	4.7	5.6	6.8	3.4
6. inter-story drift ชั้น 5	2.6	2.6	3.2	0.9	1.3	3.0	3.0	1.3	3.7	4.2	13.6	13.6	14.9	12.4	12.7

ตารางที่ 6.2 การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆ และ inter-story drift ของคลื่นแผ่นดินไหวขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g

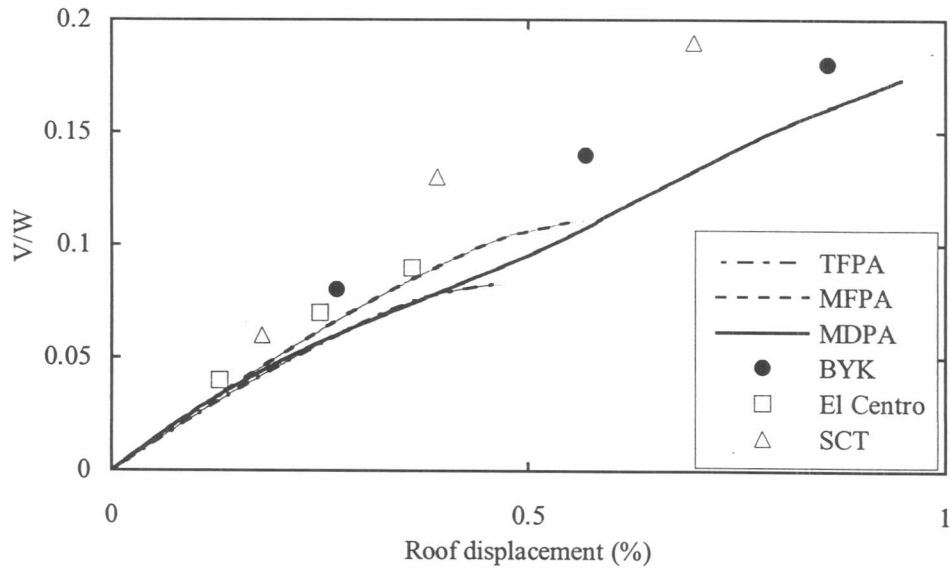
Responses of structure	BYK (%error)					El Centro (%error)					SCT (%error)				
	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA
1. การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 2	4.0	4.0	3.7	-	12.6	12.7	12.7	9.7	2.9	11.0	22.2	22.2	22.0	35.0	20.6
2. การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 4	2.2	2.2	2.2	-	10.0	9.5	9.5	6.3	7.9	5.5	7.3	7.3	7.5	25.0	8.8
3. การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 5	0.4	0.4	0.4	-	2.6	6.4	6.4	2.9	7.7	1.8	1.0	1.0	1.5	17.6	3.1
4. inter-story drift ชั้น 2	3.7	3.7	3.3	-	14.2	16.0	16.0	13.2	1.6	12.4	19.3	19.3	19.0	34.0	19.4
5. inter-story drift ชั้น 4	0.9	0.9	1.3	-	4.3	2.4	2.4	0.3	13.2	1.8	6.34	6.4	7.0	14.0	3.9
6. inter-story drift ชั้น 5	4.6	4.6	4.5	-	18.0	1.2	1.2	4.9	8.6	6.8	20.0	20.0	18.7	7.7	16.2

ตารางที่ 6.3 การเปรียบเทียบจำนวนองค์อาคารที่เกิดการครากของการวิเคราะห์ผลึกด้านข้างวิธีต่างๆ

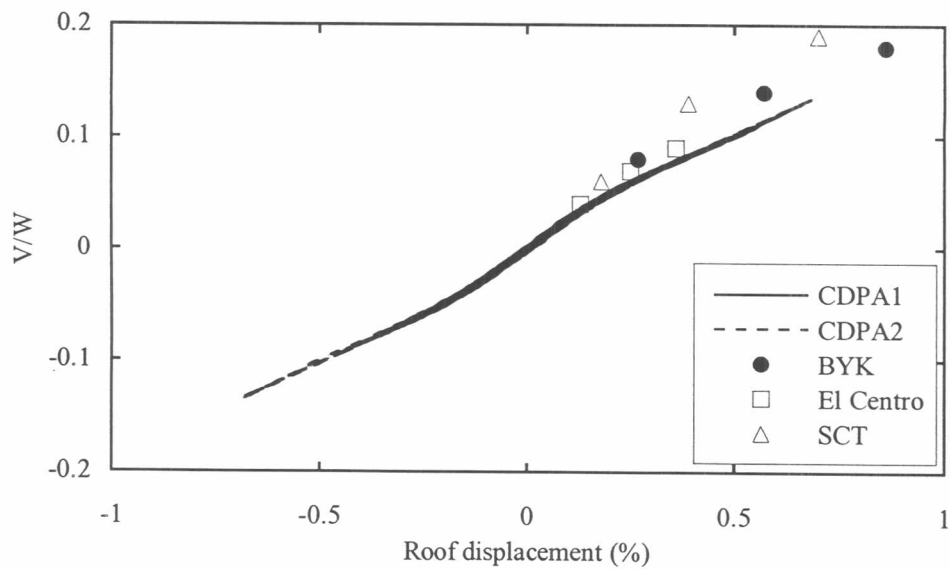
คลื่นแผ่นดินไหว	จำนวนองค์อาคารที่เกิดการคราก				
	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA
1. BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g	5	5	5	2	5
2. BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g	31	31	31	20	31
3. El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g	8	8	6	4	6
4. SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g	18	18	18	14	18

ตารางที่ 6.4 การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของพฤติกรรมขององค์อาคาร ของการวิเคราะห์หลักด้านข้างวิธีต่างๆ

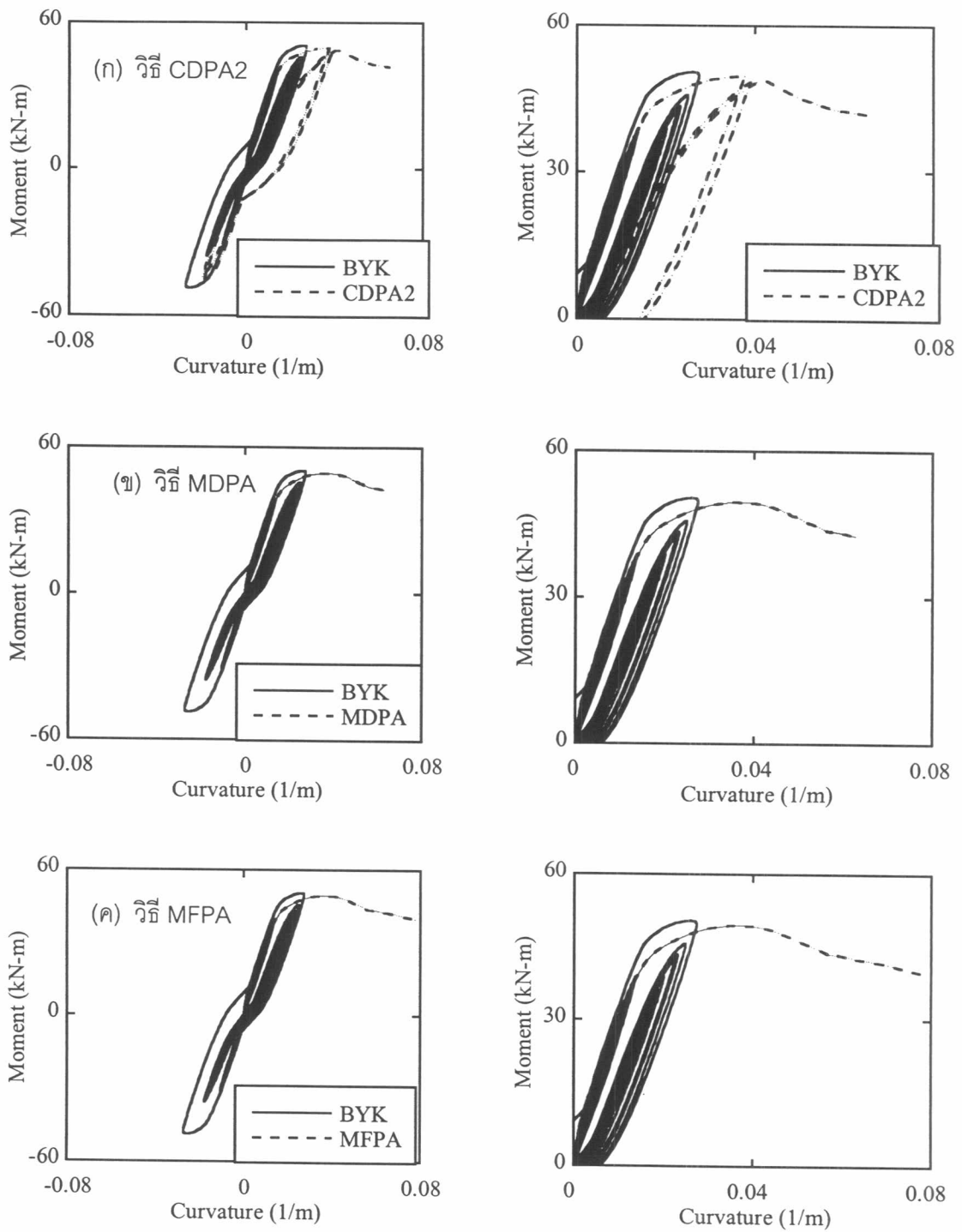
Responses of structure	BYK (%error)					El Centro (%error)					SCT (%error)				
	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA	CDPA1	CDPA2	MDPA	TFPA	MFPA
1. แรงตามแนวแกนเสา 1	2.4	2.4	2.3	1.1	2.2	0.9	0.9	0.8	0.3	0.7	0.5	0.5	0.6	1.3	0.7
2. โมเมนต์ดัดในเสาชั้น 5	15.2	15.2	13.9	12.0	12.8	6.7	6.7	6.4	7.6	8.0	10.5	10.5	10.4	9.2	9.2
3. ความโค้งในเสาชั้น 5	20.8	20.8	19.8	17.0	18.3	9.0	9.0	8.7	9.8	10.8	14.4	14.4	14.2	13.2	12.8
4. โมเมนต์ดัดในคานชั้น 2	19.4	19.4	15.2	3.3	7.2	25.6	25.6	20.0	2.2	12.0	3.5	3.5	8.2	21.8	14.0
5. ความโค้งในคานชั้น 2	5.2	5.2	1.4	3.2	12.4	8.8	8.8	3.8	1.5	11.0	16.8	16.8	21.0	23.4	15.2



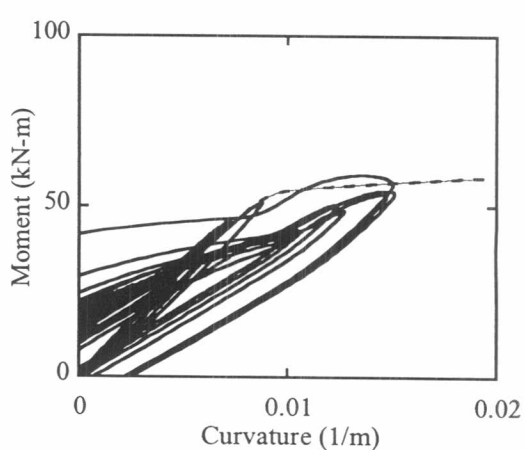
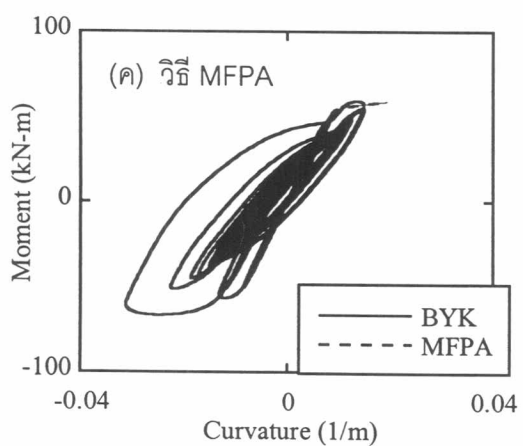
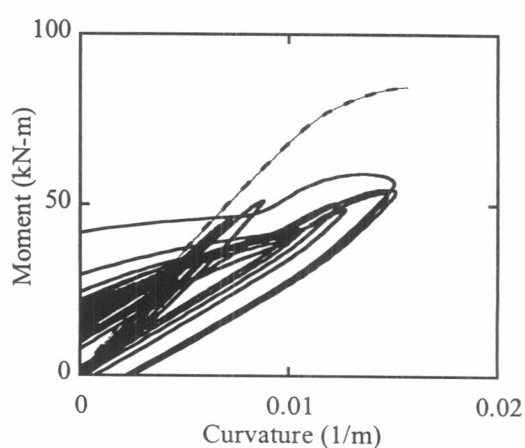
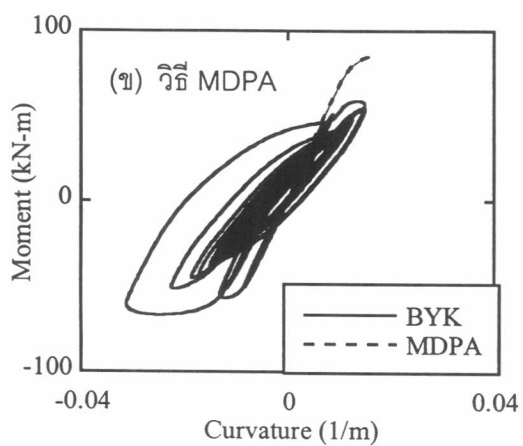
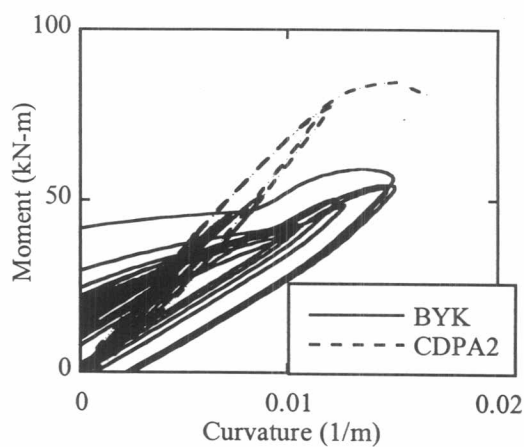
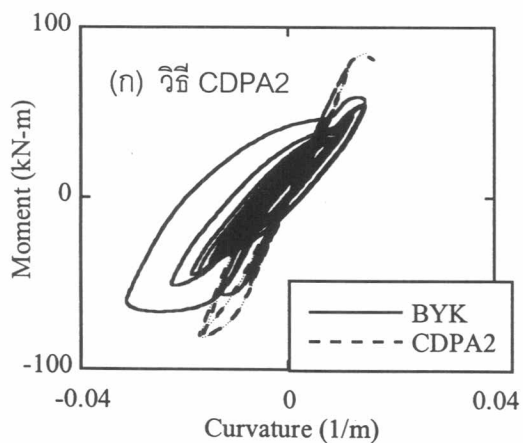
รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารของวิธี TFPA, MFPA, MDPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์



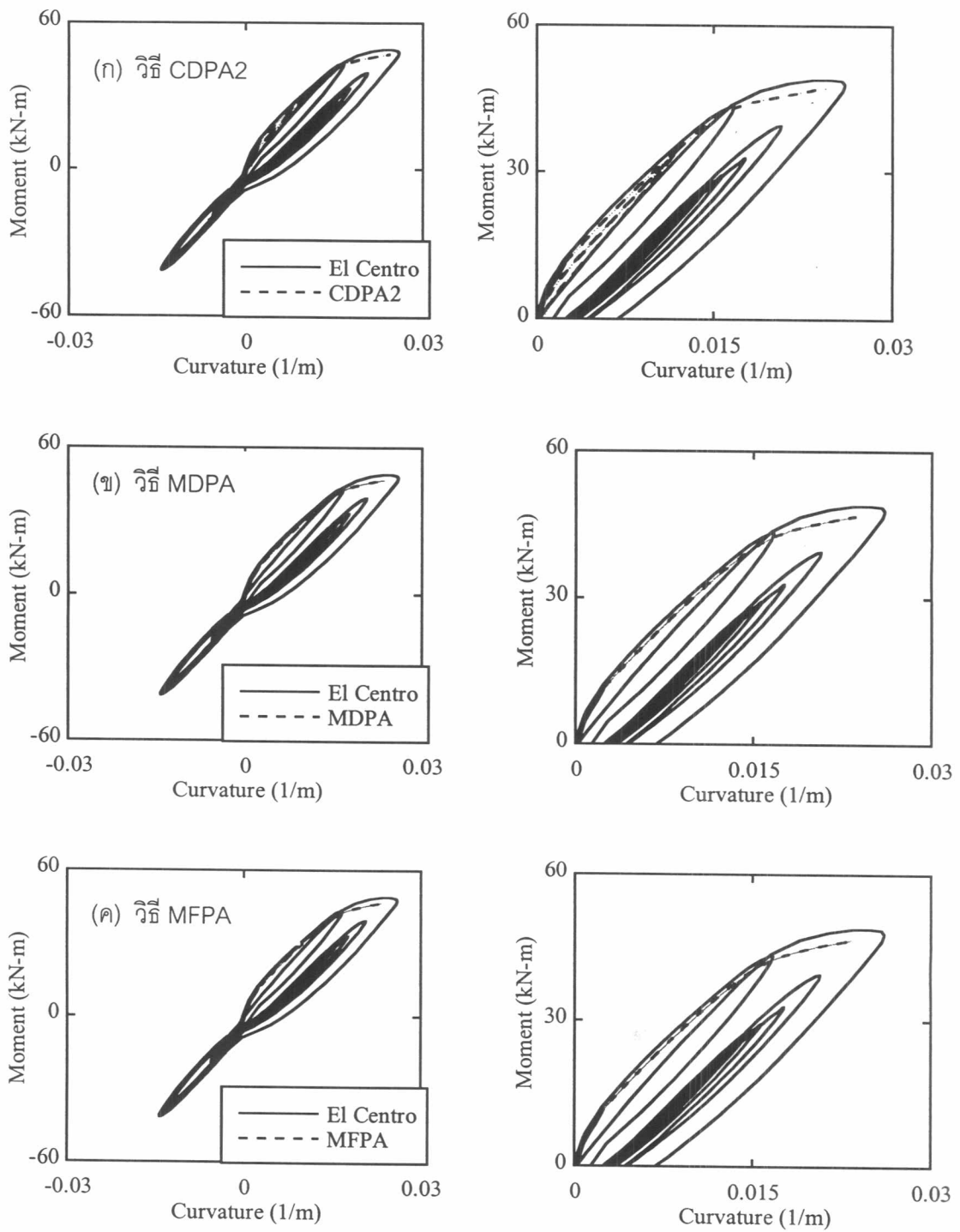
รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารกับการเปลี่ยนตำแหน่งที่ยอดอาคารของวิธี CDPA1, CDPA2 และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์



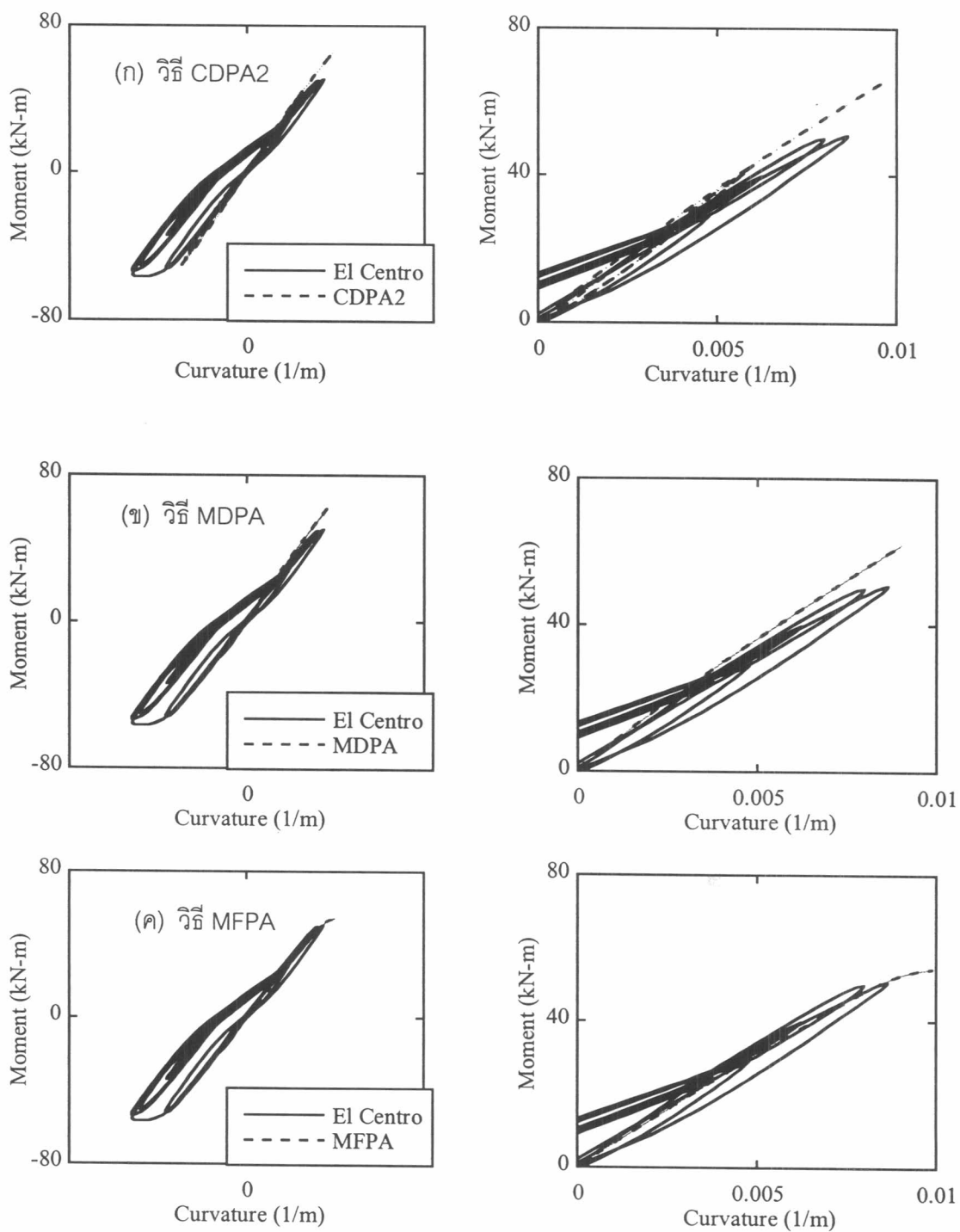
รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งในเสาของวิธี CDPA2, MDPA, MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g



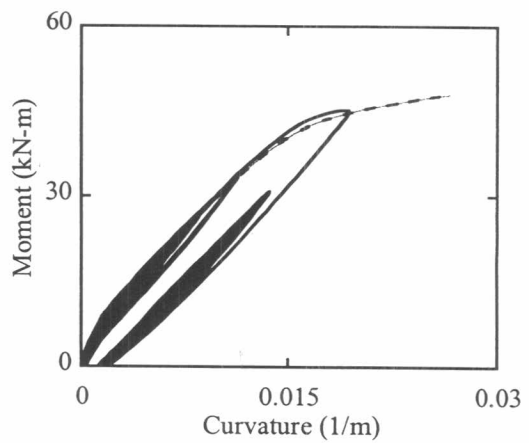
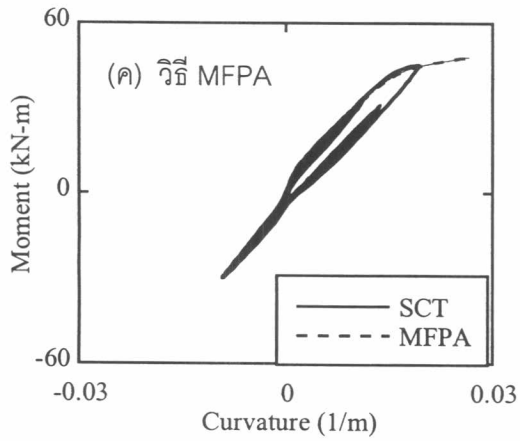
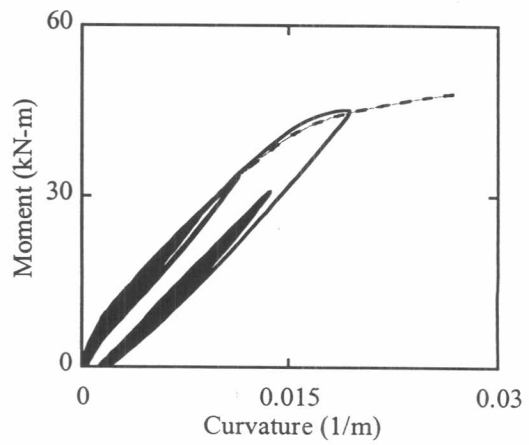
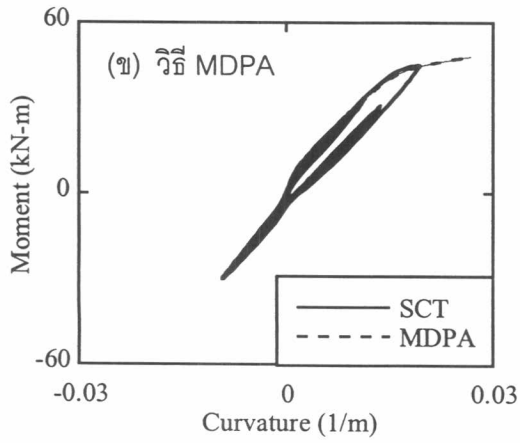
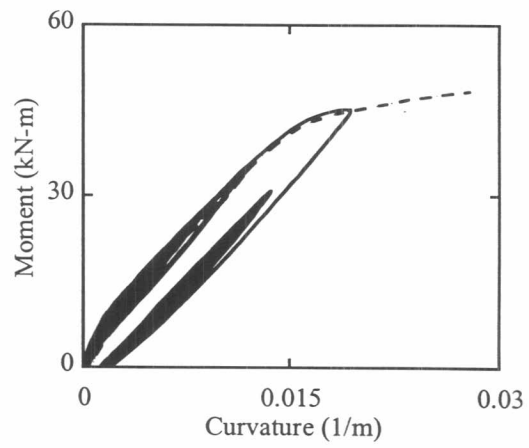
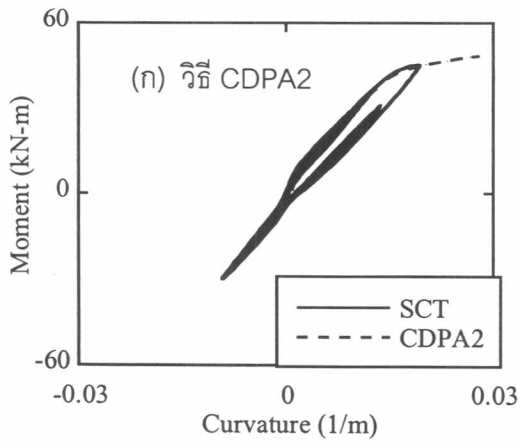
รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งในคานของวิธี CDPA2, MDPA, MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g



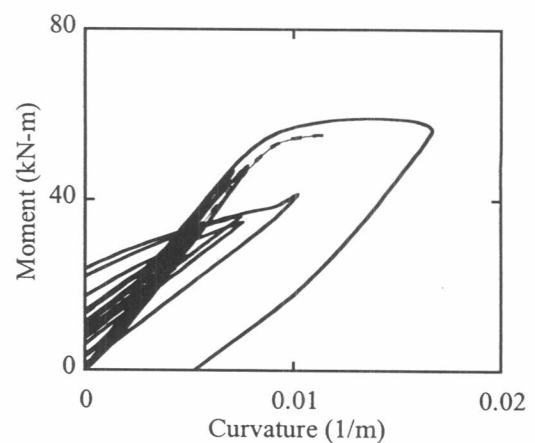
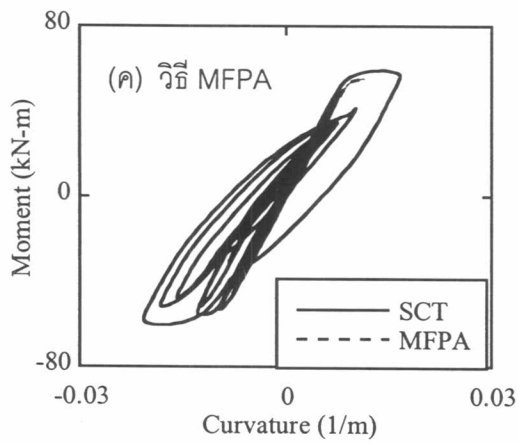
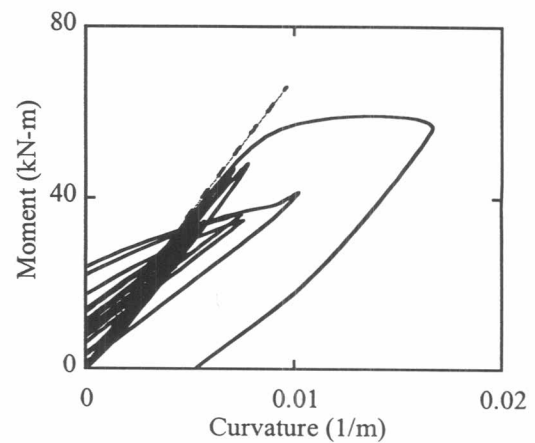
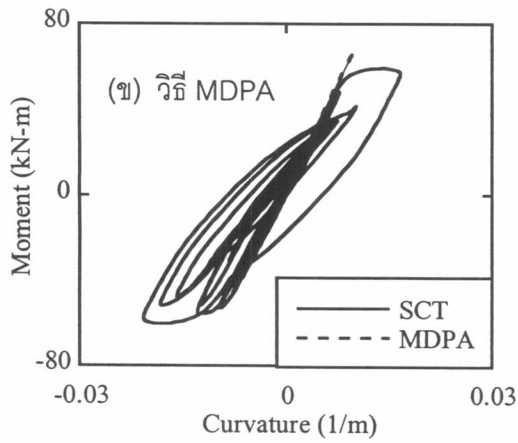
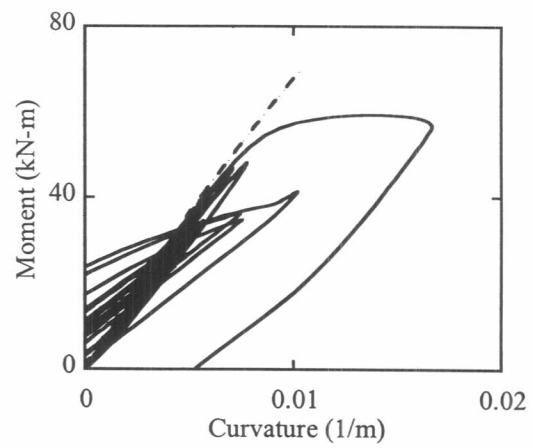
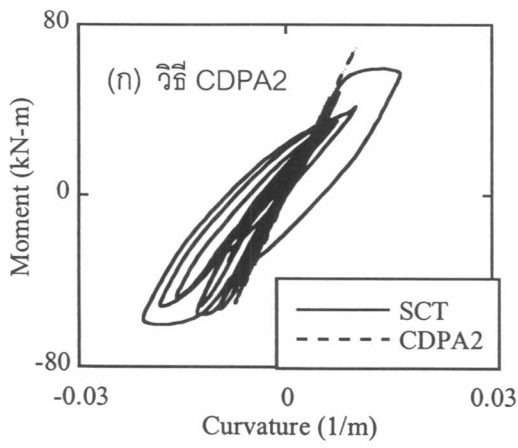
รูปที่ 6.5 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งในเสาของวิธี CDPA2, MDPA, MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.15g



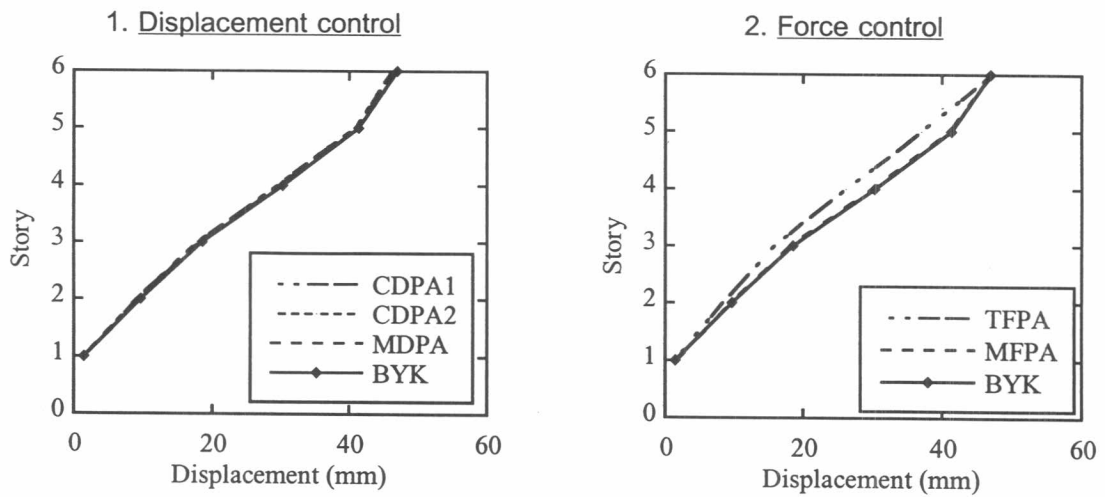
รูปที่ 6.6 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งในคานของวิธี CDPA2, MDPA, MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.15g



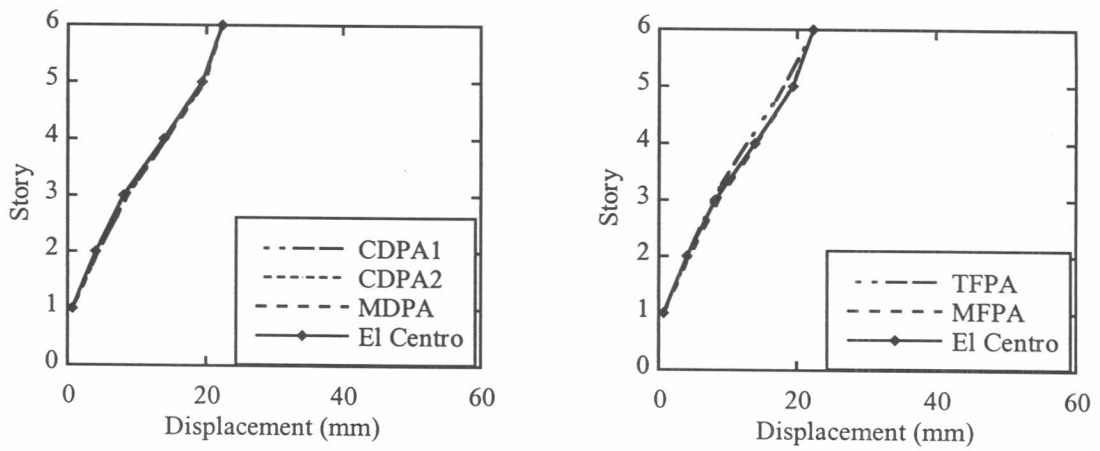
รูปที่ 6.7 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งในเสาของวิธี CDPA2, MDPA, MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g



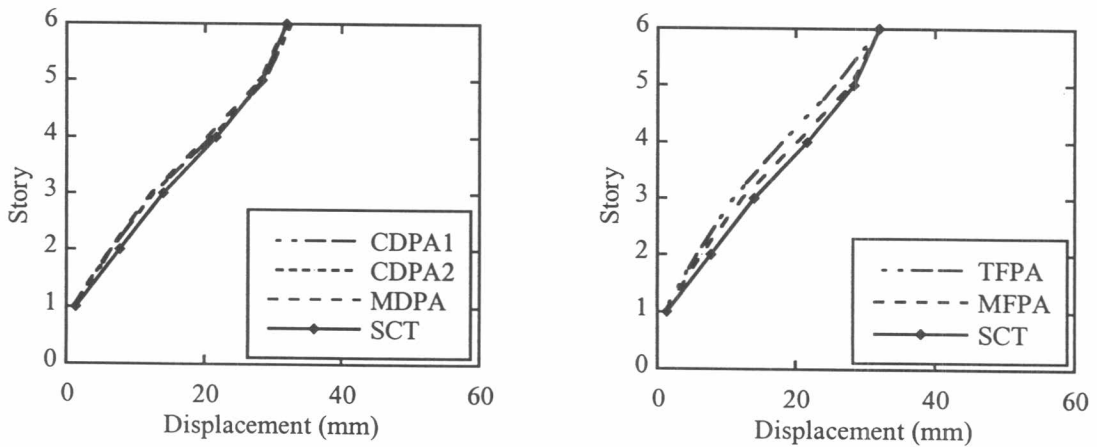
รูปที่ 6.8 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและความโค้งในคานของวิธี CDPA2, MDPA, MFPA และการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของคลื่นแผ่นดินไหว SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g



(ก) คลื่นแผ่นดินไหว BYK

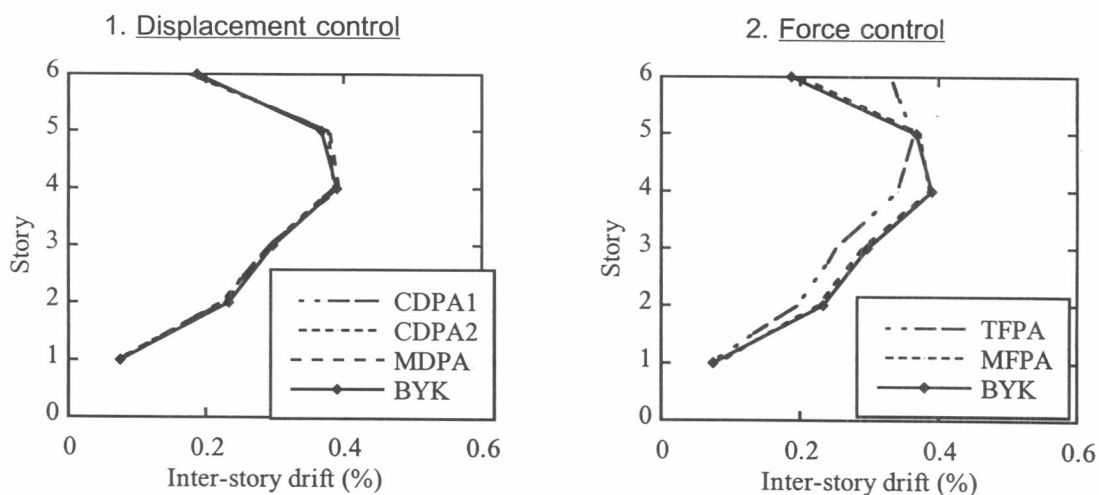


(ข) คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

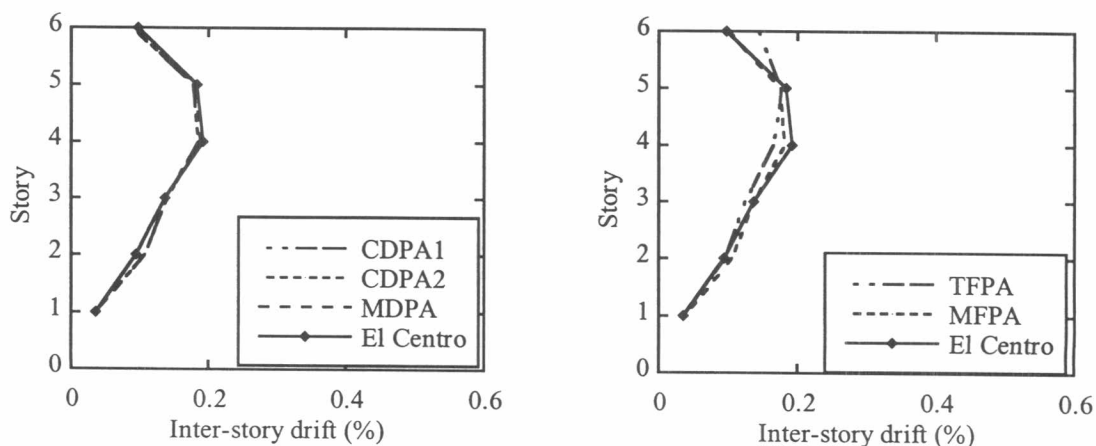


(ค) คลื่นแผ่นดินไหว SCT

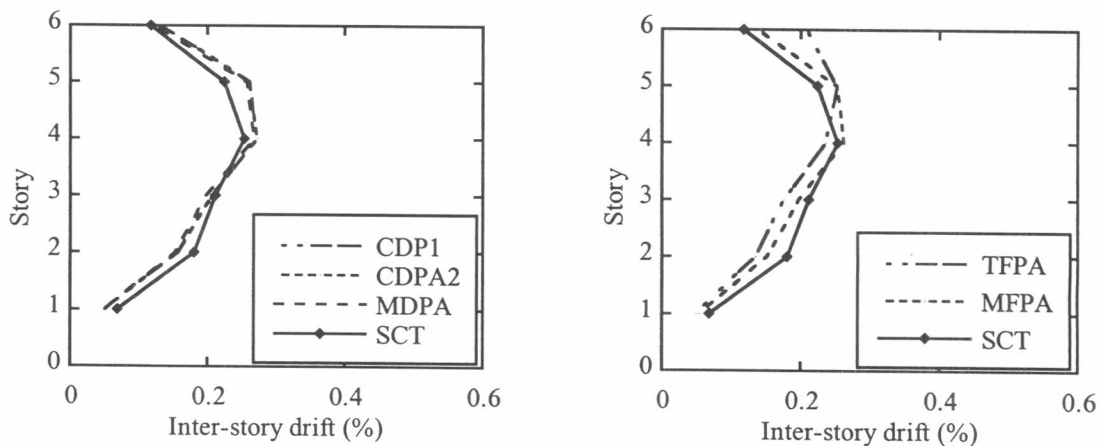
รูปที่ 6.9 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ ที่ขนาดความเร่งสูงสุดเท่ากับ 0.05g และ การวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



(ก) คลื่นแผ่นดินไหว BYK

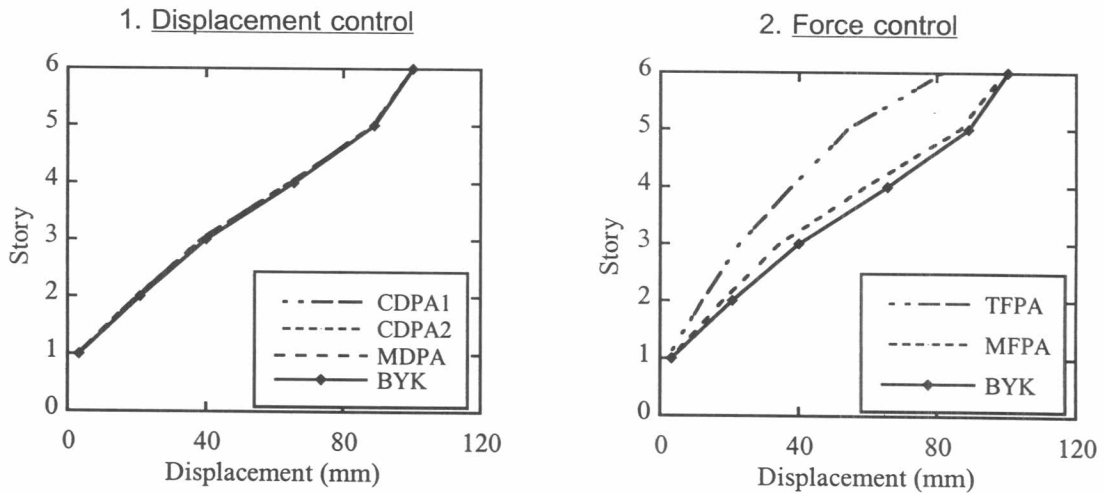


(ข) คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

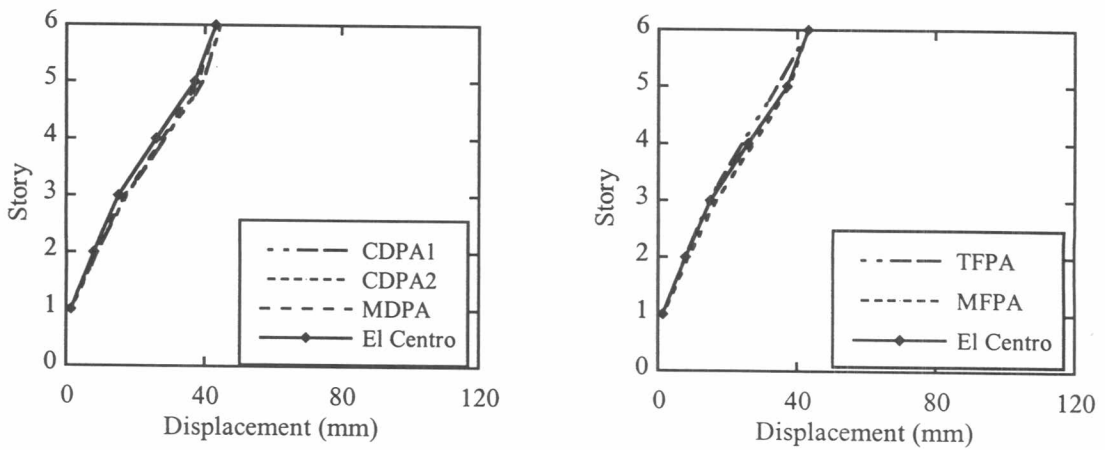


(ค) คลื่นแผ่นดินไหว SCT

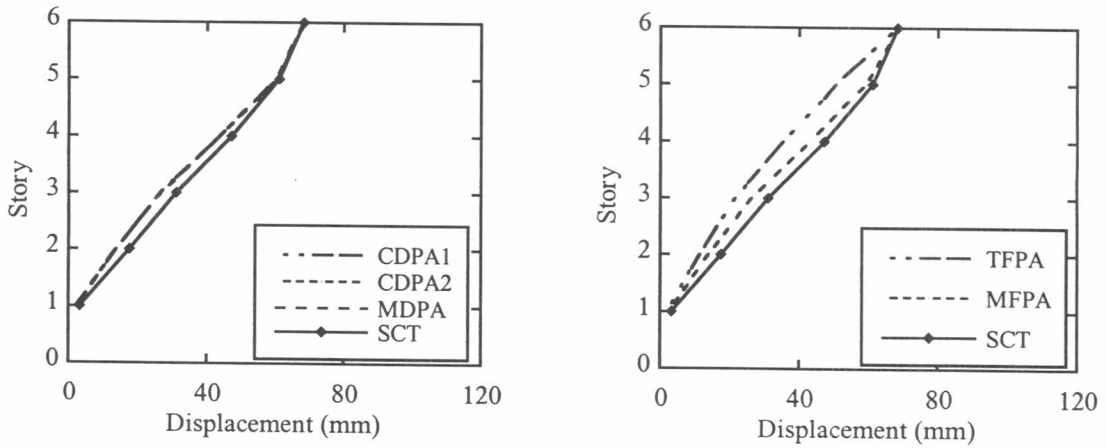
รูปที่ 6.10 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ ที่ขนาดความเร่งสูงสุดเท่ากับ 0.05g และ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ



(ก) คลื่นแผ่นดินไหว BYK

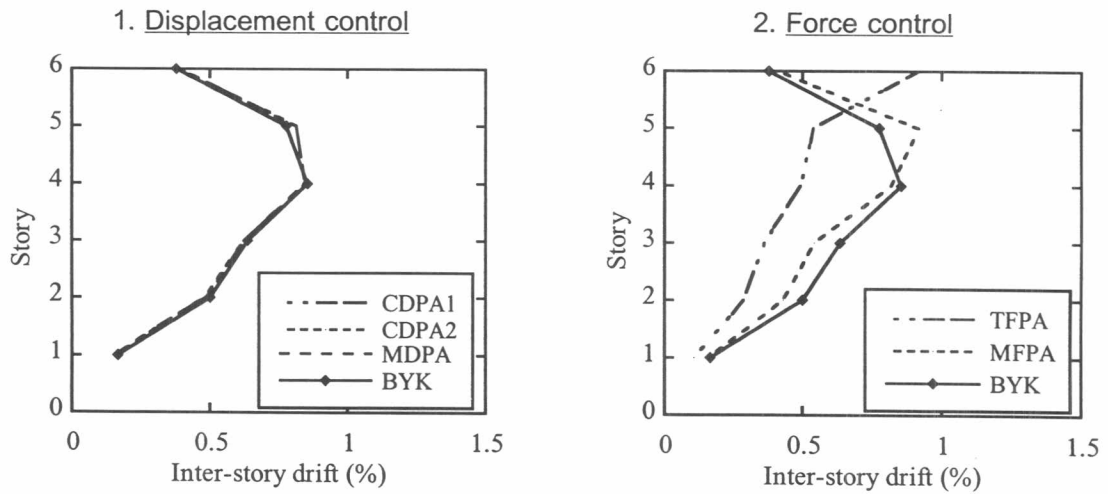


(ข) คลื่นแผ่นดินไหว El Centro

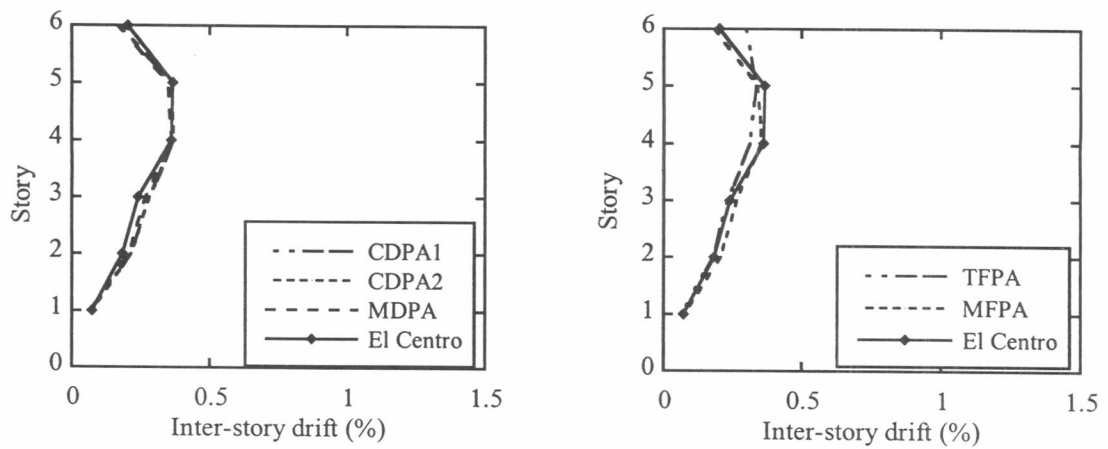


(ค) คลื่นแผ่นดินไหว SCT

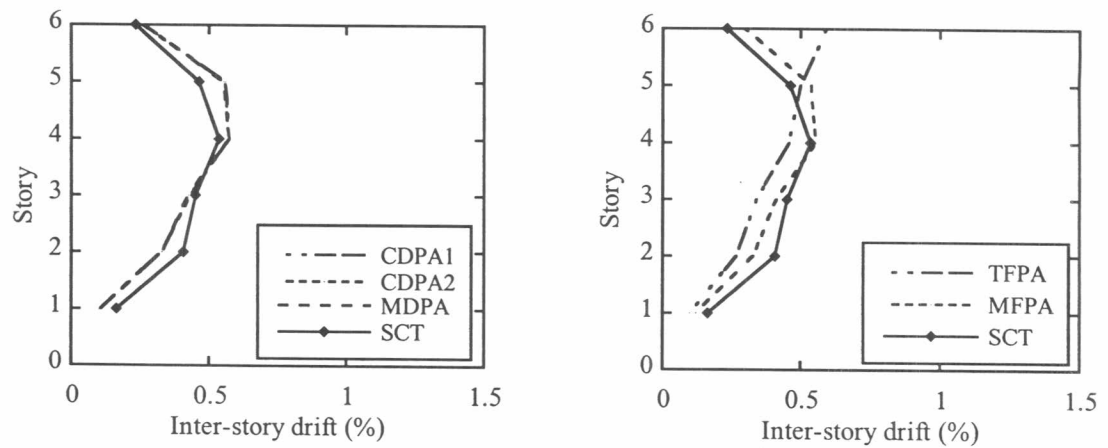
รูปที่ 6.11 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้นต่างๆของการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ ที่ขนาดความเร่งสูงสุดเท่ากับ 0.10g และ การวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



(ก) คลื่นแผ่นดินไหว BYK

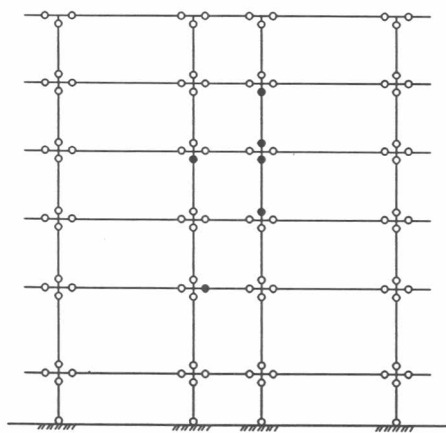


(ข) คลื่นแผ่นดินไหว El Centro



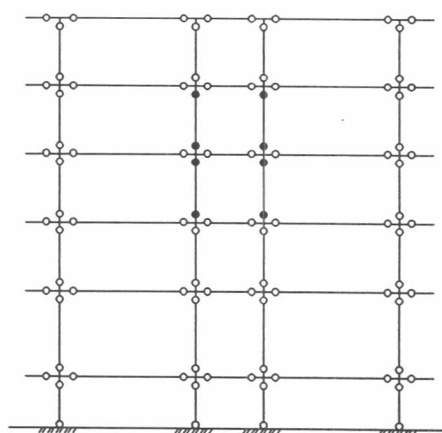
(ค) คลื่นแผ่นดินไหว SCT

รูปที่ 6.12 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างชั้นของกรวยโครงสร้างเชิงพลศาสตร์ ที่ขนาดความเร่งสูงสุดเท่ากับ 0.10g และ กรวยโครงสร้างหลักด้านข้างวิธีต่างๆ



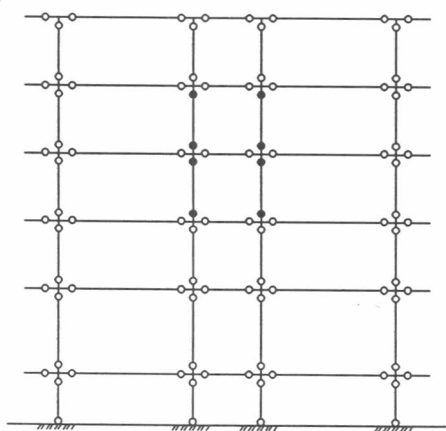
(ก) BYK, 0.05g, roof disp. = 0.27%H

Base shear = 7.56%W



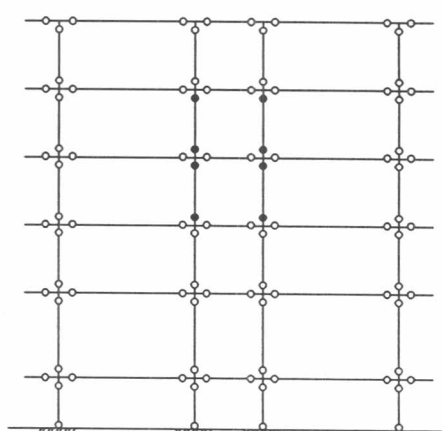
(ข) CDPA1, roof disp. = 0.26%H

Base shear = 6.36%W



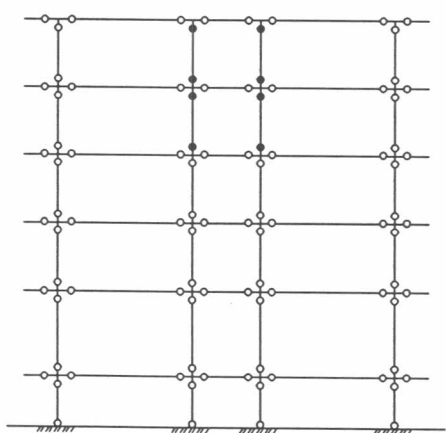
(ค) CDPA2, roof disp. = 0.27%H

Base shear = 6.30%W



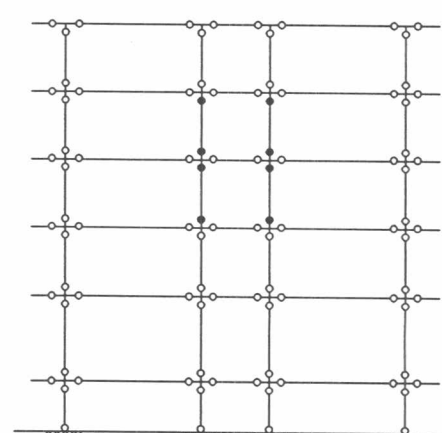
(ง) MDPA., roof disp. = 0.27%H

Base shear = 5.97%W



(จ) TFPA, roof disp. = 0.27%H

Base shear = 5.95%W



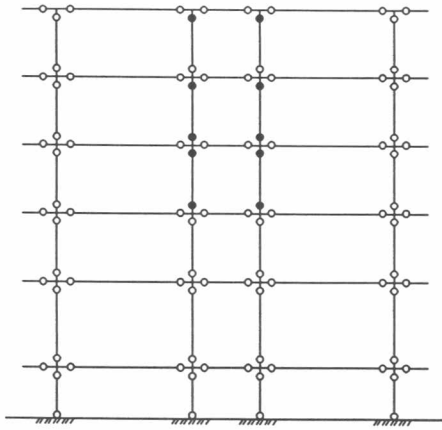
(ฉ) MFPA, roof disp. = 0.27%H

Base shear = 6.61%W

สัญลักษณ์รูปแบบความเสียหาย

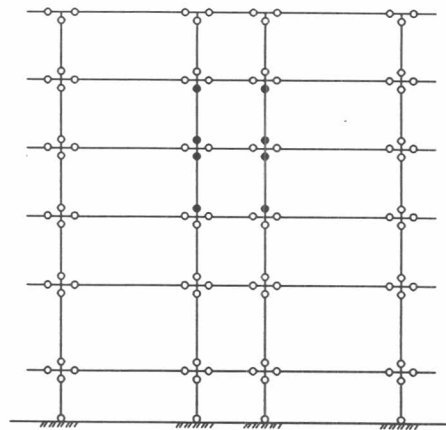
● เกิดการร้าวในเสาหรือคาน

รูปที่ 6.13 การเปรียบเทียบรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างของคลื่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ การวิเคราะห์ห้ผลหลักด้านข้างวิธีต่างๆ



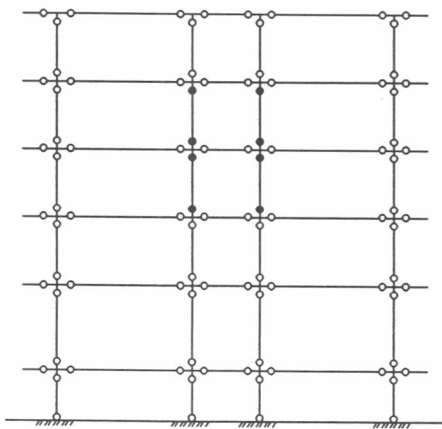
(น) El Centro, 0.10g, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%



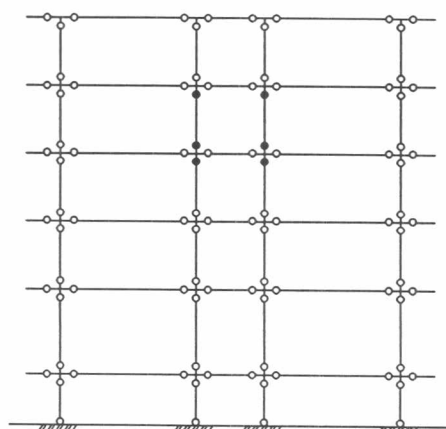
(ข) CDPA1, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



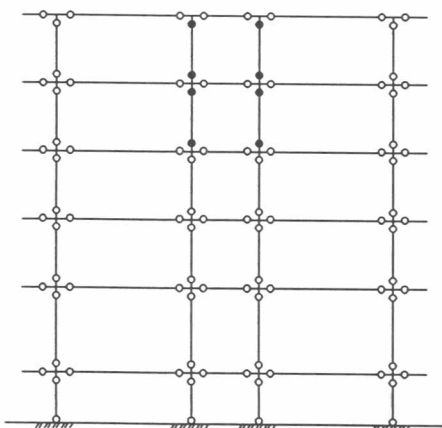
(ค) CDPA2, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



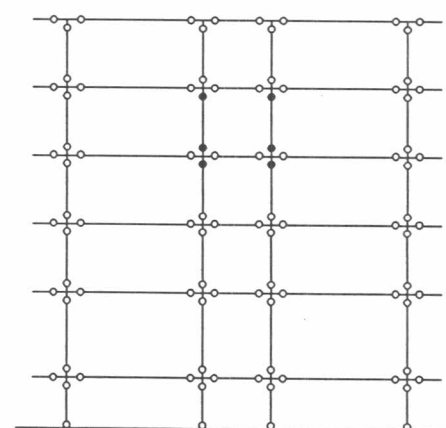
(ง) MDPa , roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



(จ) TFPA, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



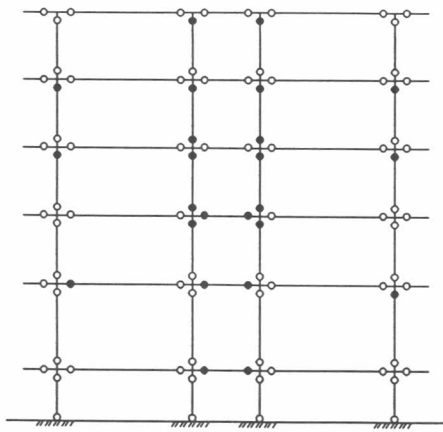
(ฉ) MFPA, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W

สัญลักษณ์รูปแบบความเสียหาย

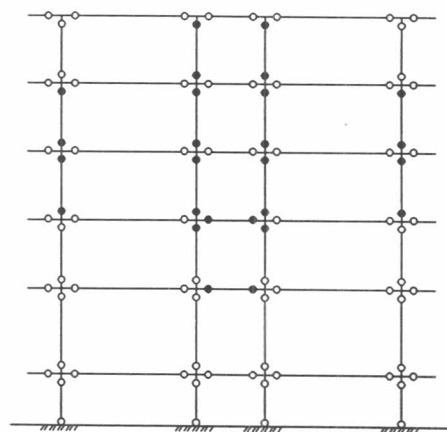
● เกิดการครากในเสาหรือคาน

รูปที่ 6.14 การเปรียบเทียบรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างของคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g และ การวิเคราะห์ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ



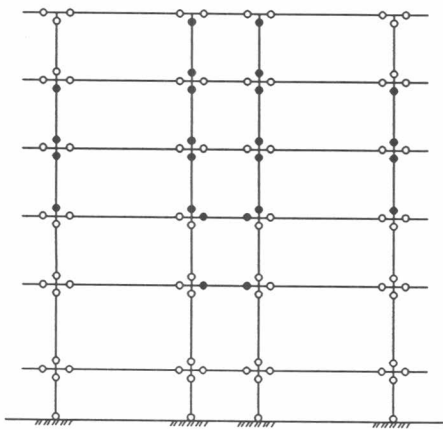
(ก) SCT, 0.10g, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%



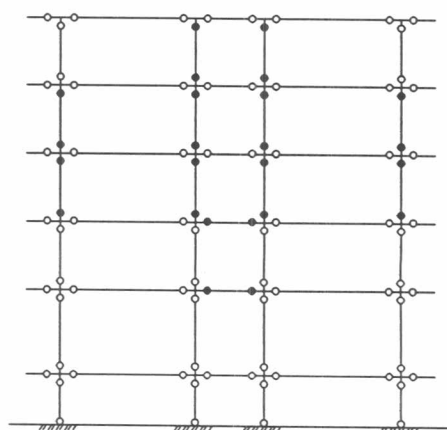
(ข) CDPA1, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



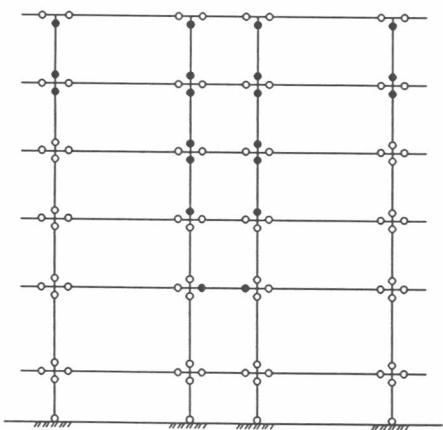
(ค) CDPA2, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



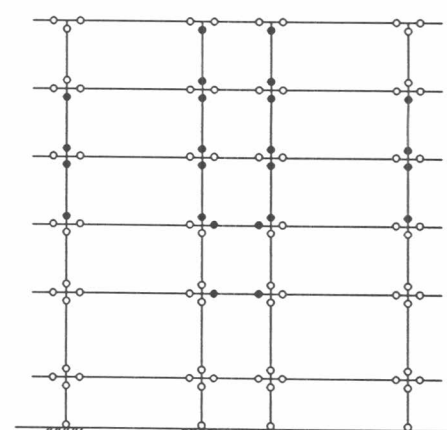
(ง) MDPA, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



(จ) TFPA, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W



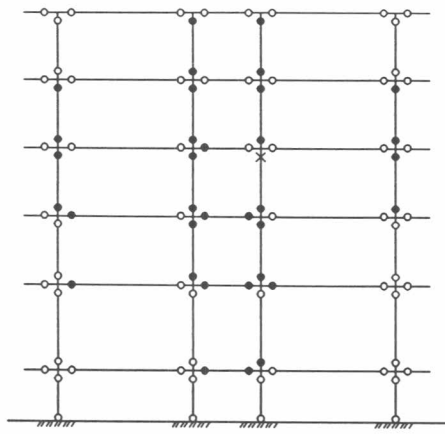
(ฉ) MFPA, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 14.15%W

สัญลักษณ์รูปแบบความเสียหาย

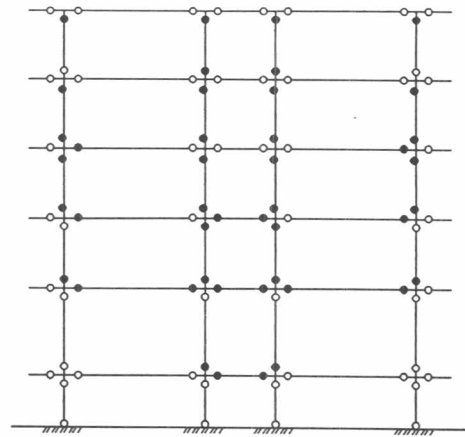
● เกิดการครากในเสาหรือคาน

รูปที่ 6.15 การเปรียบเทียบรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างของคลื่นแผ่นดินไหว SCT ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g และ การวิเคราะห์ห้ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ



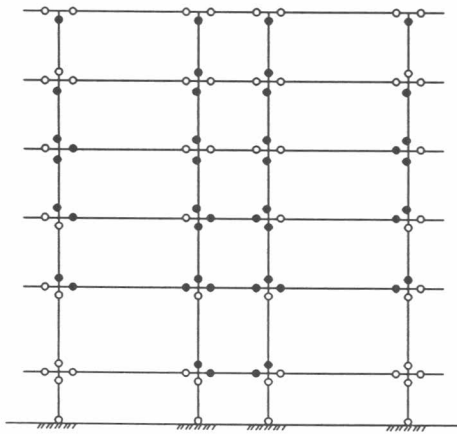
(ก) BYK, 0.10g, roof disp. = 0.57%H

Base shear = 14.15%



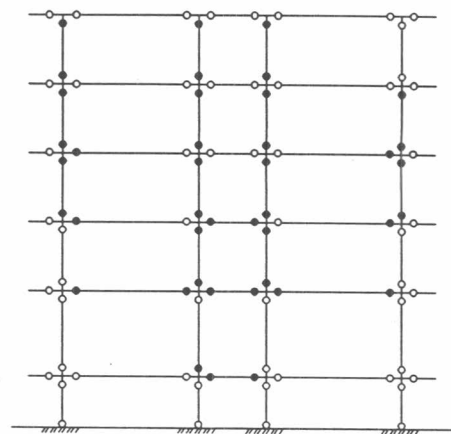
(ข) CDPA1, roof disp. = 0.57%H

Base shear = 11.42%W



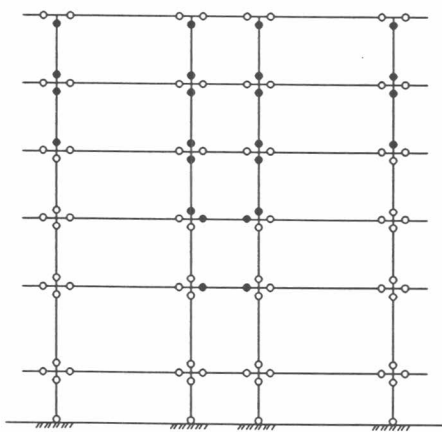
(ค) CDPA2, roof disp. = 0.57%H

Base shear = 11.42%W



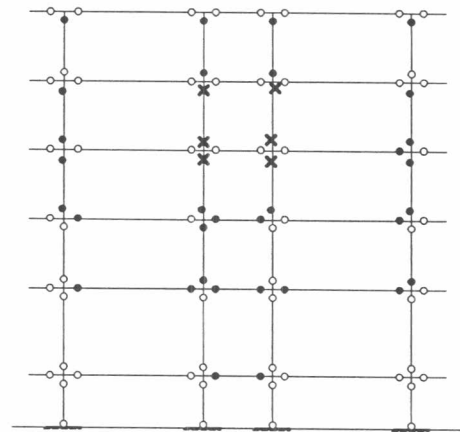
(ง) MDPA, roof disp. = 0.57%H

Base shear = 10.81%W



(จ) TFPA, roof disp. = 0.46%H

Base shear = 8.25%W



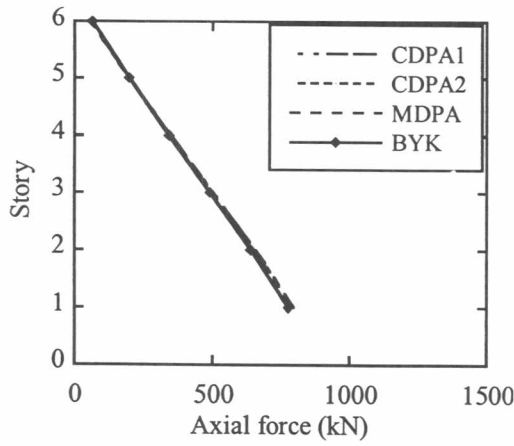
(ฉ) MFPA, roof disp. = 0.56%H

Base shear = 11.31%W

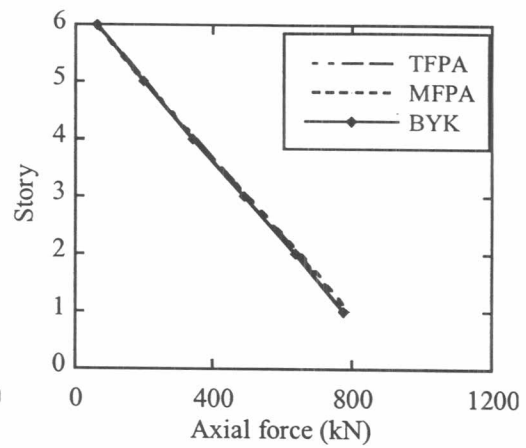
สัญลักษณ์รูปแบบความเสียหาย

● เกิดการครากในเสาหรือคาน

รูปที่ 6.16 การเปรียบเทียบรูปแบบความเสียหายของอาคารตัวอย่างของคลื่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.10g และ การวิเคราะห์ห้ผลทางด้านข้างวิธีต่างๆ

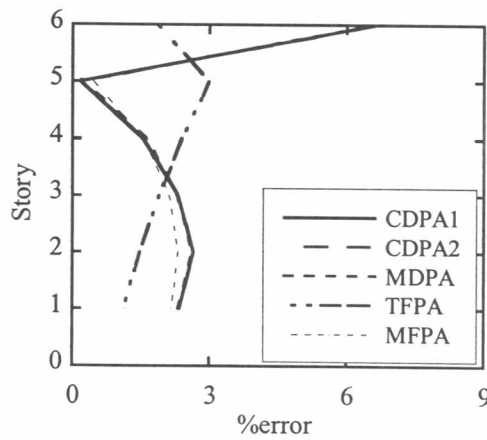


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

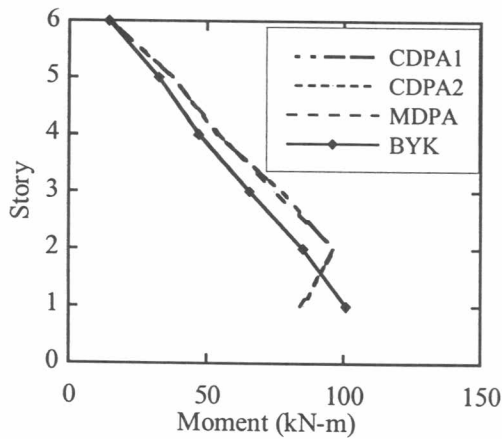


(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

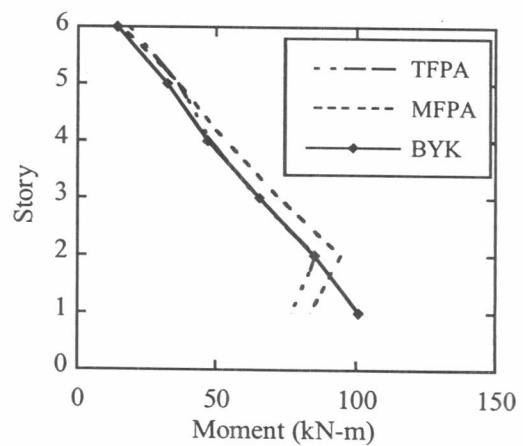
รูปที่ 6.17 การเปรียบเทียบแรงตามแนวแกนของเสาภายนอก ของคั่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.18 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแรงตามแนวแกนของเสาภายนอก เปรียบเทียบกับคั่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ

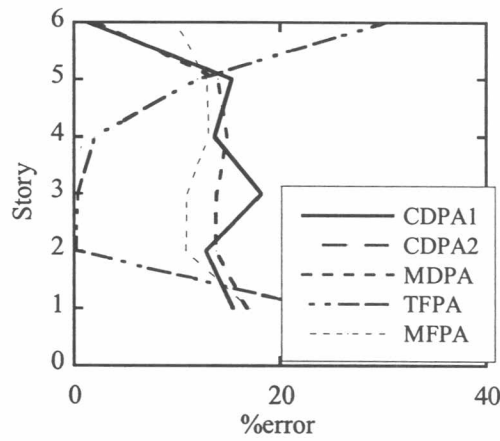


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

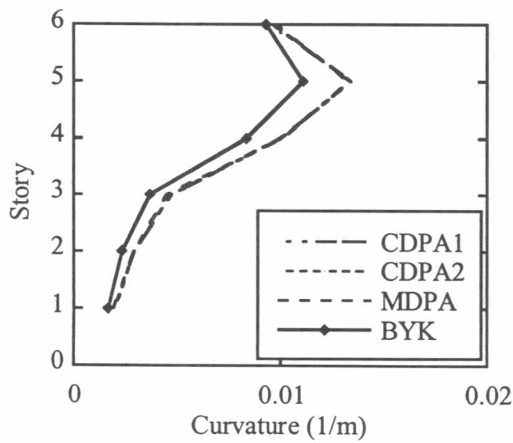


(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

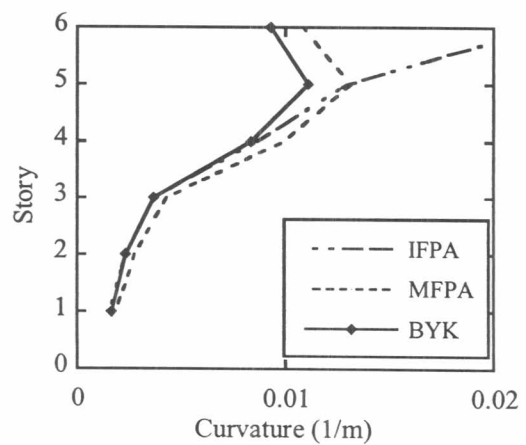
รูปที่ 6.19 การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดของเสาภายใน ของคั่นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.20 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของโมเมนต์ดัดของเสาภายใน เปรียบเทียบกับคาน แผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลัดด้านข้างวิธีต่างๆ

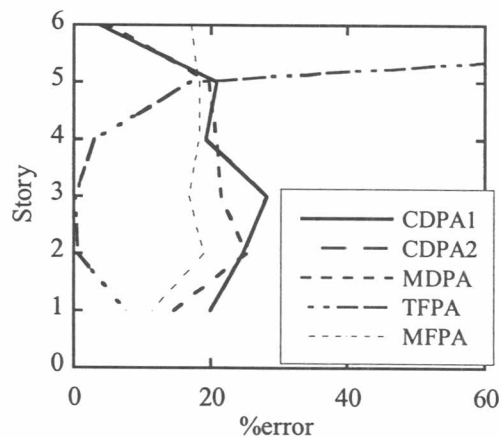


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

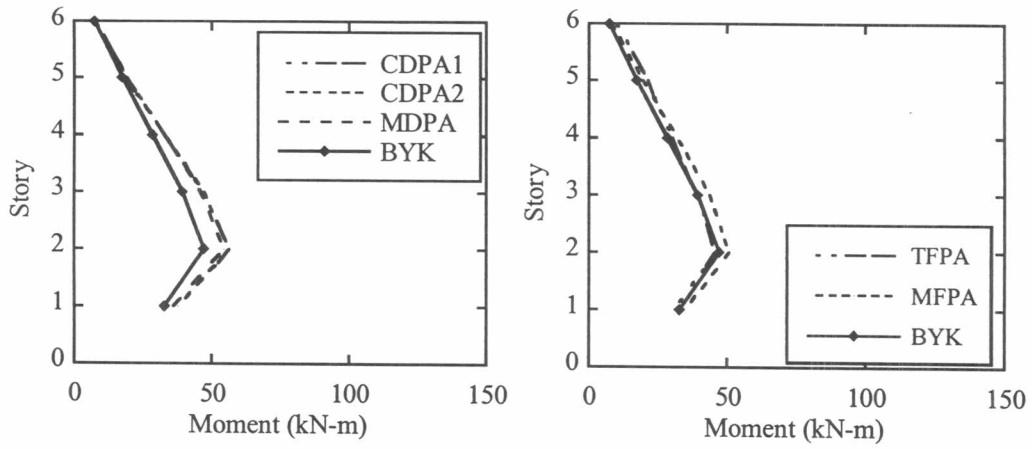


(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

รูปที่ 6.21 การเปรียบเทียบความโค้งของเสาภายในของคานแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g กับ การวิเคราะห์ผลัดด้านข้างวิธีต่างๆ



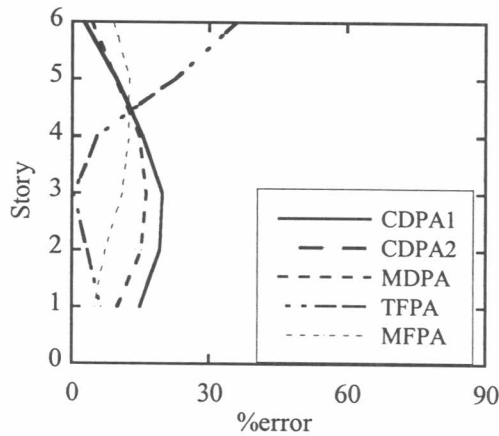
รูปที่ 6.22 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความโค้งของเสาภายในเปรียบเทียบกัน แผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลัดด้านข้างวิธีต่างๆ



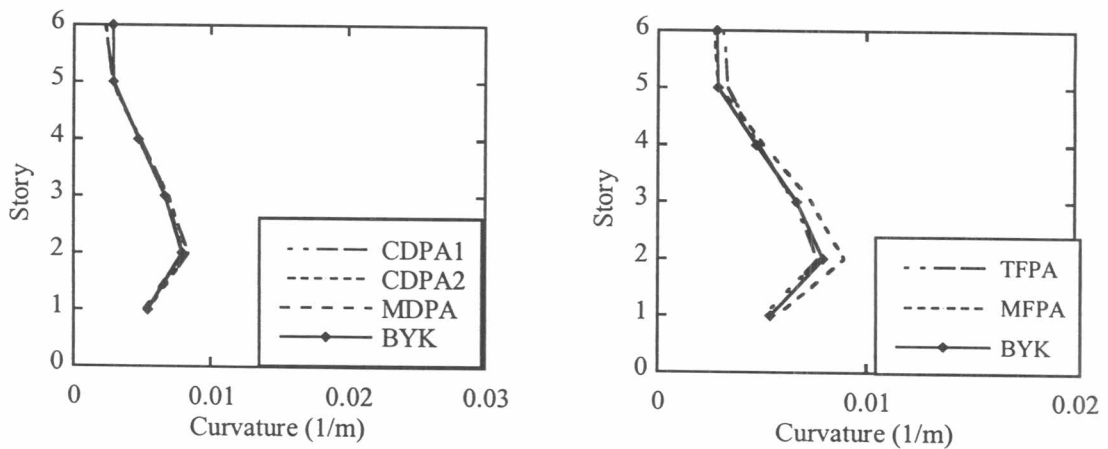
(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

รูปที่ 6.23 การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดของคานภายใน ของคี่้นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



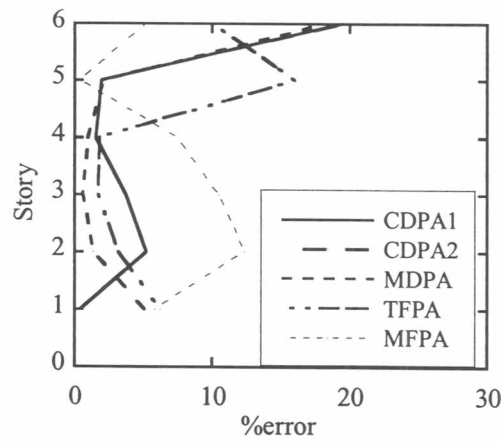
รูปที่ 6.24 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของโมเมนต์ดัดของคานภายในเปรียบเทียบกับคี่้นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



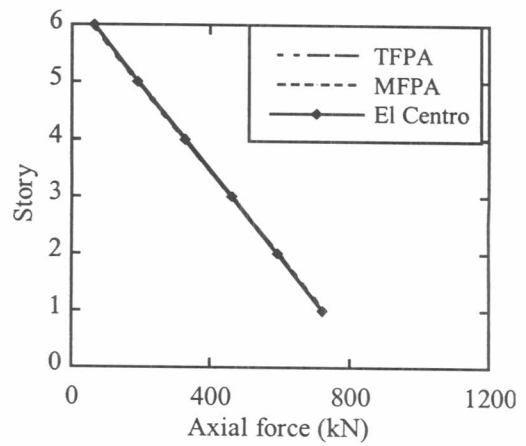
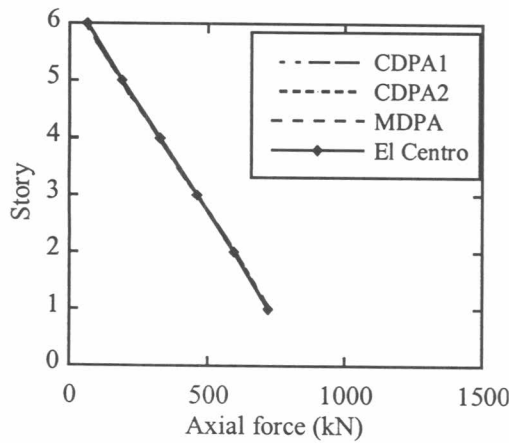
(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

รูปที่ 6.25 การเปรียบเทียบความโค้งของคานภายในของคี่้นแผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



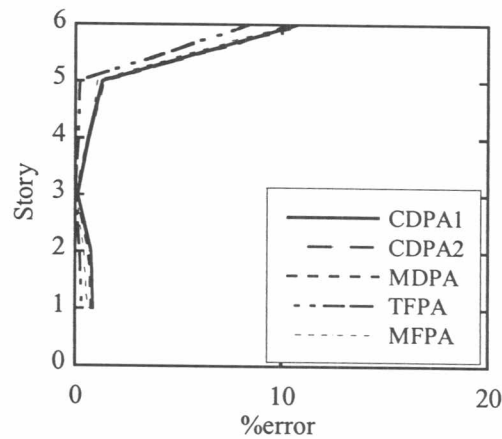
รูปที่ 6.26 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความโค้งของคานภายในเปรียบเทียบกับคาน
แผ่นดินไหว BYK ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



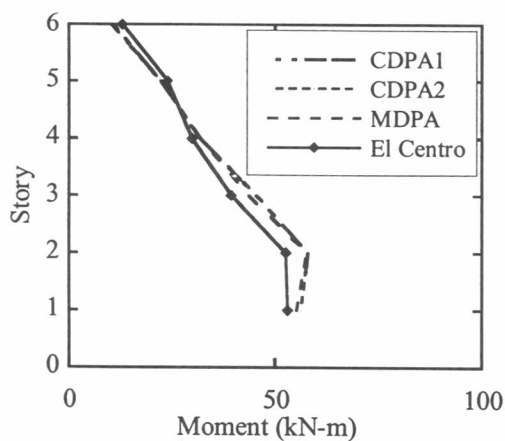
(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

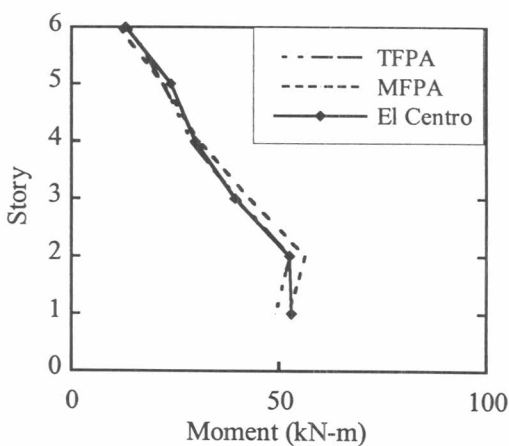
รูปที่ 6.27 การเปรียบเทียบแรงตามแนวแกนของเสาภายนอก ของคานแผ่นดินไหว El Centro
ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ การวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.28 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแรงตามแนวแกนของเสาภายนอกเปรียบเทียบกับคาน
แผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ

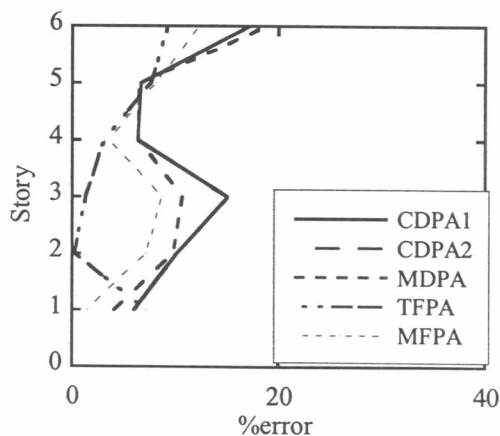


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

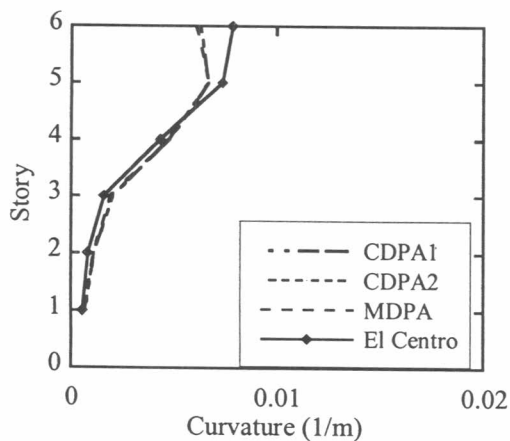


(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

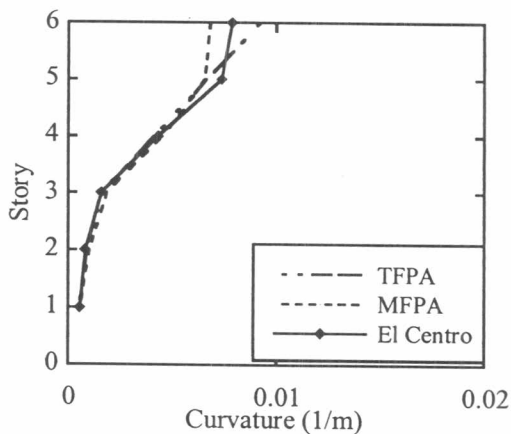
รูปที่ 6.29 การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดของเสาภายใน ของคั่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และการวิเคราะห์ผลลัดด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.30 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของโมเมนต์ดัดของเสาภายในเปรียบเทียบกับคั่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลลัดด้านข้างวิธีต่างๆ

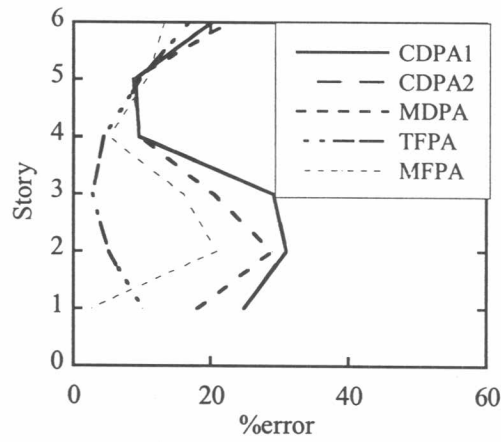


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

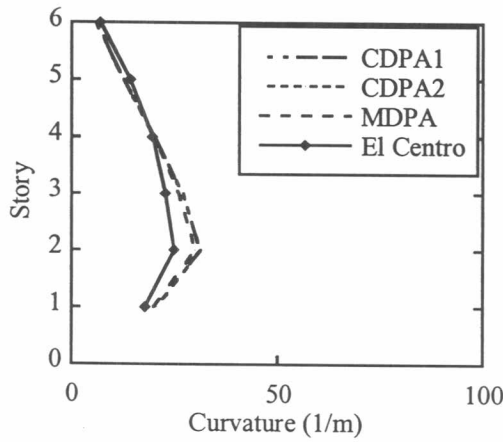


(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

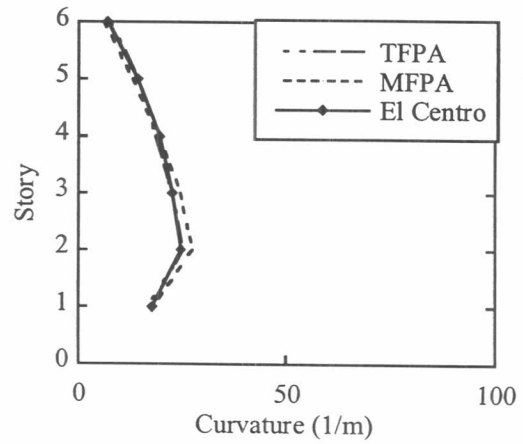
รูปที่ 6.31 การเปรียบเทียบความโค้งของเสาภายใน ของคั่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และการวิเคราะห์ผลลัดด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.32 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความโค้งของเสาภายใน เปรียบเทียบกับคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ

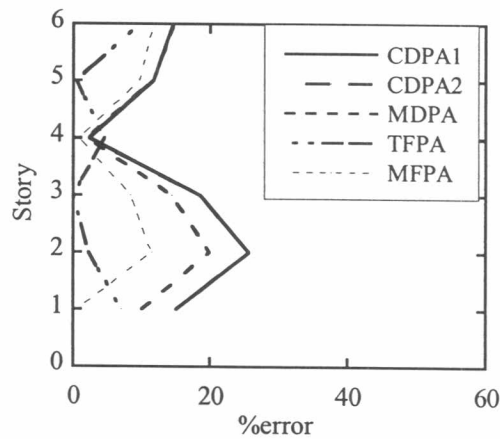


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่

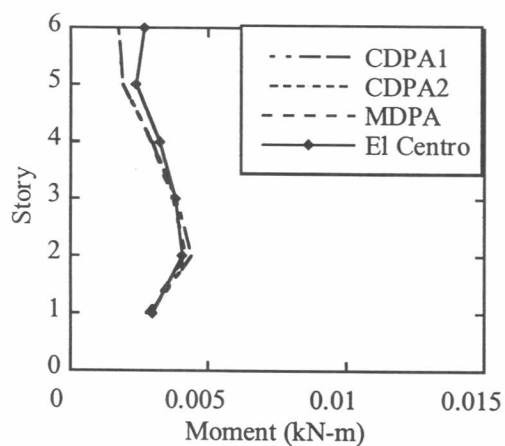


(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

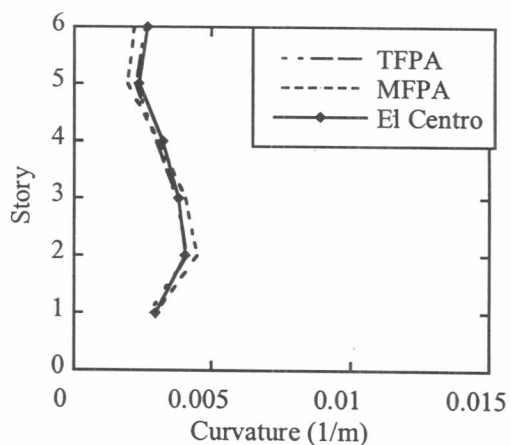
รูปที่ 6.33 การเปรียบเทียบโมเมนต์ของคานภายในด้านของคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ การวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.34 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของโมเมนต์ดัดของคานภายใน เปรียบเทียบกับคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์ผลักด้านข้างวิธีต่างๆ

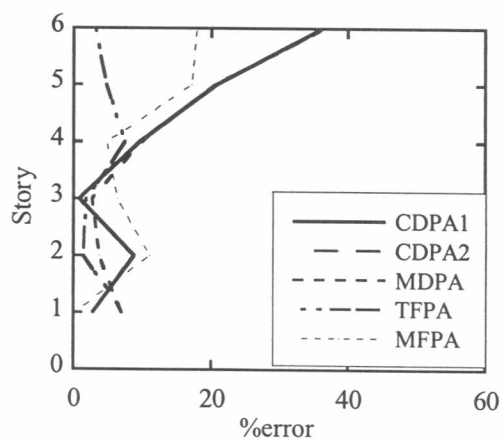


(ก) วิธีควบคุมการเคลื่อนที่



(ข) วิธีควบคุมแรงกระทำ

รูปที่ 6.35 การเปรียบเทียบความโค้งของคานภายใน ของคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g และ การวิเคราะห์หลักด้านข้างวิธีต่างๆ



รูปที่ 6.36 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความโค้งของคานภายใน เปรียบเทียบกับคลื่นแผ่นดินไหว El Centro ขนาดความเร่งสูงสุด 0.05g ของการวิเคราะห์หลักด้านข้างวิธีต่างๆ