

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างอาคารเรียนระบบแผ่นพื้นไร้คานจำนวน 5 ตัวอย่าง สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

4.1 คาบธรรมชาติ (Natural Period)

การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนแบบอิสระของอาคารระบบแผ่นพื้นไร้คาน โดยโปรแกรม XETABS95 จะให้ผลการวิเคราะห์ในรูปของคาบธรรมชาติและโหมดรูปร่างของการสั่น ซึ่งจากการวิเคราะห์อาคารในสามมิติโดยใช้ค่าสถิติเอนสเสและผนังรับแรงเฉือนเท่ากับร้อยละ 70 ของค่าสถิติเอนสที่คิดจากหน้าตัดทั้งหมด และใช้ค่าสถิติเอนสของพื้นไร้คานที่คิดเป็นคานเทียบเท่า เท่ากับ $1/3$ ของพื้นที่หน้าตัดเต็มช่วง ผลการวิเคราะห์สามารถแสดงผลเป็นคาบธรรมชาติและค่าความถี่ธรรมชาติในตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตาราง 4.1 : ค่าคาบการสั่นสะเทือนธรรมชาติ 6 โหมดแรกของอาคารเรียนระบบพื้นไร้คาน

หน่วย : วินาที

โหมดที่	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
1	2.669	3.096	1.837	1.979	3.099
2	2.217	2.590	1.622	1.781	1.795
3	2.048	2.237	1.420	1.186	1.470
4	0.788	0.846	0.589	0.604	0.865
5	0.649	0.751	0.510	0.537	0.510
6	0.527	0.700	0.465	0.328	0.453

ตาราง 4.2 : ค่าความถี่ธรรมชาติ 6 โหมดแรกของอาคารเรียนระบบพื้นไร้คาน

หน่วย : เฮิรตซ์

โหมดที่	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
1	0.375	0.323	0.544	0.505	0.322
2	0.451	0.386	0.616	0.561	0.557
3	0.488	0.447	0.704	0.843	0.680
4	1.269	1.182	1.698	1.656	1.156
5	1.541	1.332	1.961	1.862	1.960
6	1.898	1.428	2.150	3.049	2.207

จากตาราง 4.1 และ 4.2 สามารถพิจารณาแบ่งกลุ่มอาคารได้เป็นสองกลุ่ม ดังนี้

4.1.1 กลุ่มอาคารที่มีระบบโครงสร้างแนวตั้งปกติ

กลุ่มอาคารที่มีระบบโครงสร้างในแนวตั้งปกตินี้ ได้แก่ อาคารตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 3 และ ตัวอย่างที่ 4 ซึ่งมีคาบการสั่นสะเทือนธรรมชาติในโหมดแรกอยู่ระหว่าง 1.84 ถึง 2.67 วินาที หรือ มีความถี่ธรรมชาติในโหมดแรก 0.375 ถึง 0.544 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นช่วงที่โครงสร้างอาคารมีผลต่อการตอบสนองต่อแรงแผ่นดินไหวขนาด 140 gal ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยพิจารณาได้จากกราฟในรูปที่ 2.5

4.1.2 กลุ่มอาคารที่โครงสร้างมีระบบคานถ่ายแรง (Transfer beam)

กลุ่มอาคารที่โครงสร้างมีระบบคานถ่ายแรง ได้แก่ อาคารตัวอย่างที่ 2 และ อาคารตัวอย่างที่ 5 อาคารดังกล่าวมีคาบการสั่นสะเทือนธรรมชาติในโหมดแรกประมาณ 3.1 วินาที มีความถี่ธรรมชาติในโหมดแรกประมาณ 0.322 เฮิรตซ์ ทั้งนี้การที่อาคารที่โครงสร้างมีระบบคานถ่ายแรงมีคาบธรรมชาติการสั่นสะเทือนสูงกว่าอาคารที่มีระบบโครงสร้างในแนวตั้งปกติเนื่องจาก ระบบคานถ่ายแรงซึ่งทำหน้าที่รองรับเสาในชั้นบนเพื่อถ่ายน้ำหนักจากเสาดังกล่าวไปยังเสาด้านล่างอื่น ทำให้ชั้นล่างของเสาที่ถูกรองรับด้วยคานถ่ายแรงขาดความต่อเนื่องในแนวตั้ง เป็นผลให้ค่าสติฟเนส ด้านข้างของอาคารมีค่าต่ำ เมื่ออาคารเกิดการสั่นสะเทือนจะมีการโยกตัวทางด้านข้างสูง ทำให้อาคารสั่นไหวด้วยคาบธรรมชาติที่ยาวขึ้น อย่างไรก็ตามจากลักษณะที่โครงสร้างขาดความต่อเนื่องในแนวตั้งของอาคารที่มีระบบคานถ่ายแรงดังกล่าว อาจทำให้ชั้นที่โครงสร้างในแนวตั้งขาดความต่อเนื่องกลายเป็นชั้นที่อ่อน (Soft Story) ซึ่งจะก่อให้เกิดการเกิดการวิบัติเมื่อรับแรงแผ่นดินไหวที่ชั้นดังกล่าวได้

4.2 โหมดรูปร่าง (Mode Shapes)

สำหรับรูปร่างการสั่นสะเทือนใน 3 โหมดแรกของอาคารตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยโปรแกรม XETABS95 แสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.15 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) อาคารตัวอย่างที่ 1

ลักษณะอาคารตัวอย่างที่ 1 เป็นอาคารเรียนความสูง 13 ชั้น มีด้าน X เป็นด้านยาวและด้าน Y เป็นด้านสั้นของอาคาร ผลการวิเคราะห์ได้ลักษณะรูปร่างการสั่นสะเทือนใน 3 โหมดแรก แสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.3 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โหมดที่หนึ่ง : มีการสั่นสะเทือนในทิศทาง Y เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นสะเทือนในทิศทาง X และการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย

โหมดที่สอง : มีการสั่นสะเทือนในทิศการบิดตัวของอาคารเป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง X เกิดร่วมในปริมาณสูง ส่วนการสั่นในทิศทาง Y เกิดขึ้นเล็กน้อย

โหมดที่สาม : มีการสั่นสะเทือนในทิศทาง X เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง Y เกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย และการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณสูง

2) อาคารตัวอย่างที่ 2

ลักษณะอาคารตัวอย่างที่ 2 เป็นอาคารเรียนความสูง 11 ชั้น มีด้าน X เป็นด้านยาวและด้าน Y เป็นด้านสั้นของอาคาร ผลการวิเคราะห์ได้ลักษณะรูปร่างการสั่นสะเทือนใน 3 โหมดแรกแสดงในรูปที่ 4.4 ถึง 4.6 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โหมดที่หนึ่ง : มีการสั่นสะเทือนในทิศทาง X เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง Y และการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย

โหมดที่สอง : มีการสั่นสะเทือนในทิศทาง Y เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง X เกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย ส่วนการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณสูง

โหมดที่สาม : มีการสั่นสะเทือนในทิศการบิดตัวของอาคารเป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง Y เกิดร่วมในปริมาณสูง ส่วนการสั่นในทิศทาง X เกิดขึ้นเล็กน้อย

3) อาคารตัวอย่างที่ 3

ลักษณะอาคารตัวอย่างที่ 3 เป็นอาคารเรียนความสูง 10 ชั้น มีด้าน X เป็นด้านยาวของอาคาร และด้าน Y เป็นด้านสั้นของอาคาร ผลการวิเคราะห์ได้ลักษณะรูปร่างการสั่นสะเทือนใน 3 โหมดแรก แสดงในรูปที่ 4.7 ถึง 4.9 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

โหมดที่หนึ่ง : มีการสั่นสะเทือนในทิศทาง Y เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง X และการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย

โหมดที่สอง : มีการสั่นในทิศทาง X เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง Y เกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อยและมีการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณสูง

โหมดที่สาม : มีการสั่นสะเทือนในทิศการบิดตัวของอาคารเป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง X เกิดร่วมในปริมาณสูง ส่วนการสั่นในทิศทาง Y เกิดขึ้นเล็กน้อย

4) อาคารตัวอย่างที่ 4

ลักษณะอาคารตัวอย่างที่ 4 เป็นอาคารเรียนความสูง 9 ชั้น โดยด้าน X และด้าน Y มีความยาวเท่ากัน ผลการวิเคราะห์ได้ลักษณะรูปร่างการสั่นสะเทือนใน 3 โหมดแรก แสดงในรูปที่ 4.10 ถึง 4.12 ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

โหมดที่หนึ่ง : มีการสั่นในทิศทาง X ร่วมกับการสั่นในทิศทาง Y และการบิดตัวของอาคารในปริมาณสูง

โหมดที่สอง : มีการสั่นในทิศทาง Y เกิดร่วมกับการสั่นในทิศทาง X ในปริมาณสูง ส่วนการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย

โหมดที่สาม : มีการสั่นสะเทือนในทิศการบิดตัวของอาคารร่วมกับการสั่นในทิศทางในปริมาณสูง ส่วนการสั่นในทิศทาง Y เกิดขึ้นเล็กน้อย

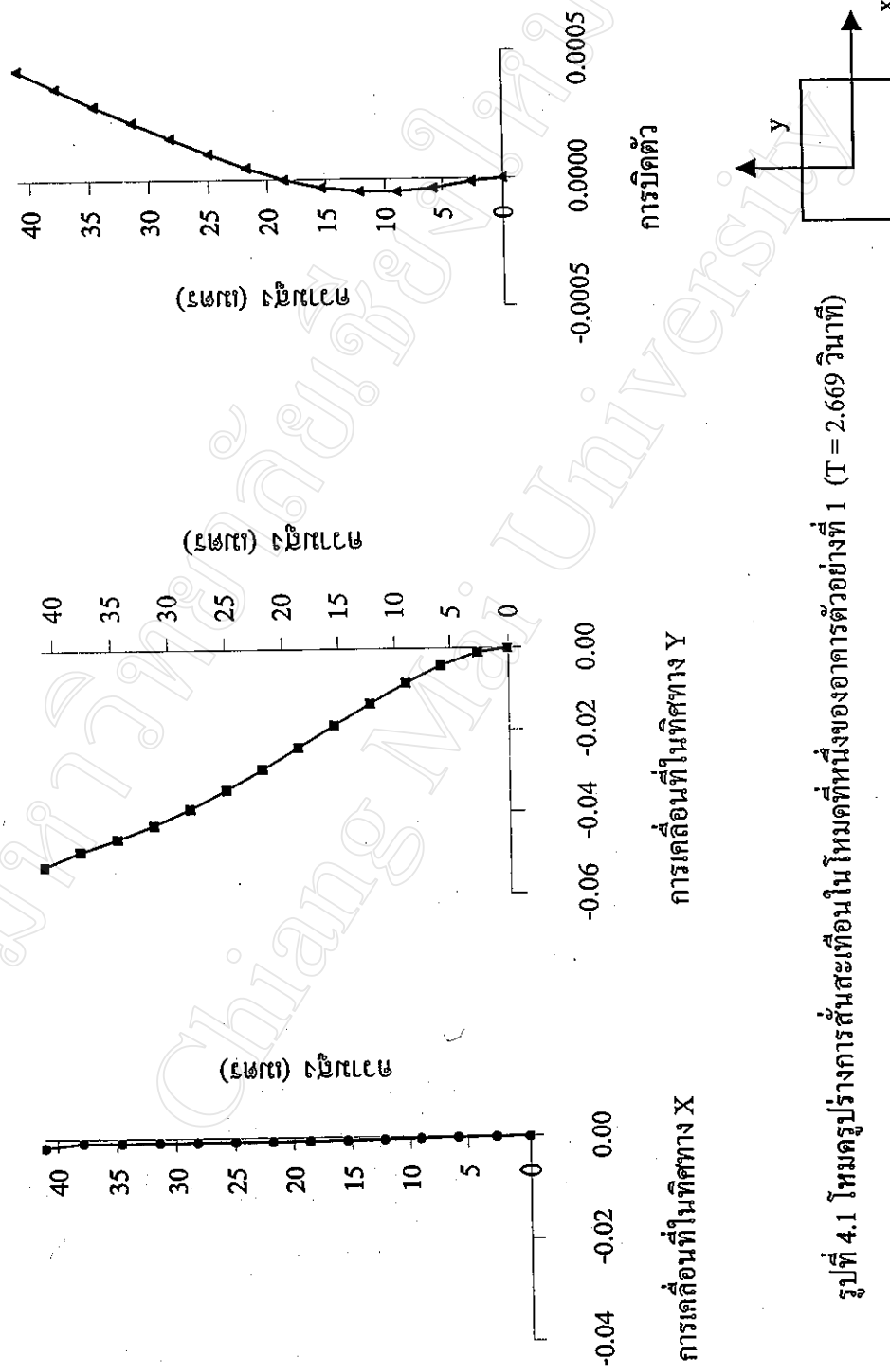
5) อาคารตัวอย่างที่ 5

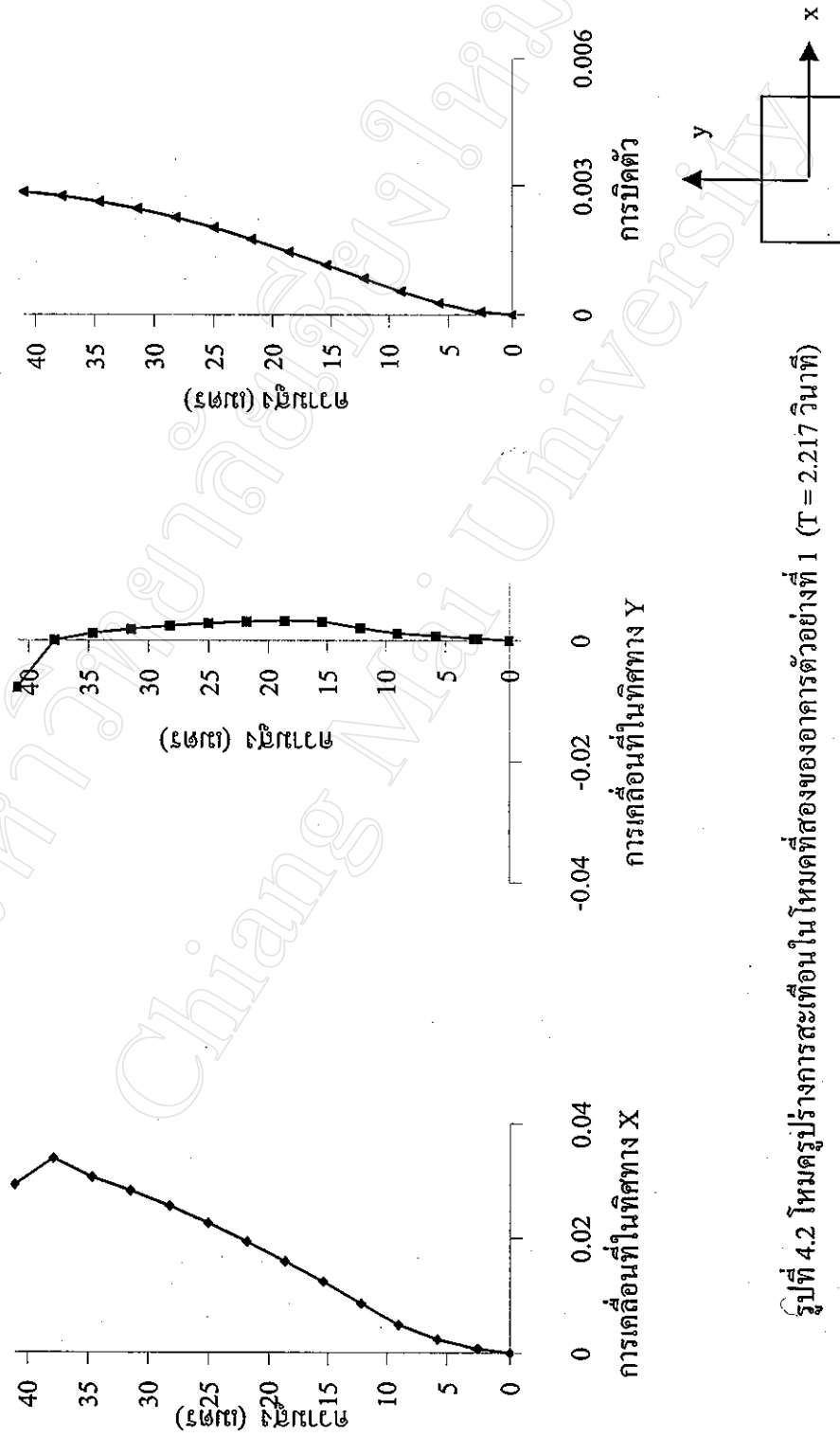
ลักษณะอาคารตัวอย่างที่ 5 เป็นอาคารเรียนความสูง 9 ชั้น มีด้าน X เป็นด้านยาวและด้าน Y เป็นด้านสั้นของอาคาร ผลการวิเคราะห์ได้ลักษณะรูปร่างการสันสะท้อนใน 3 โหมดแรกแสดงในรูปที่ 4.13 ถึง 4.15 ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

โหมดที่หนึ่ง : มีการสั่นในทิศทาง Y เป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง X เกิดร่วมเล็กน้อย ส่วนการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณค่อนข้างสูง

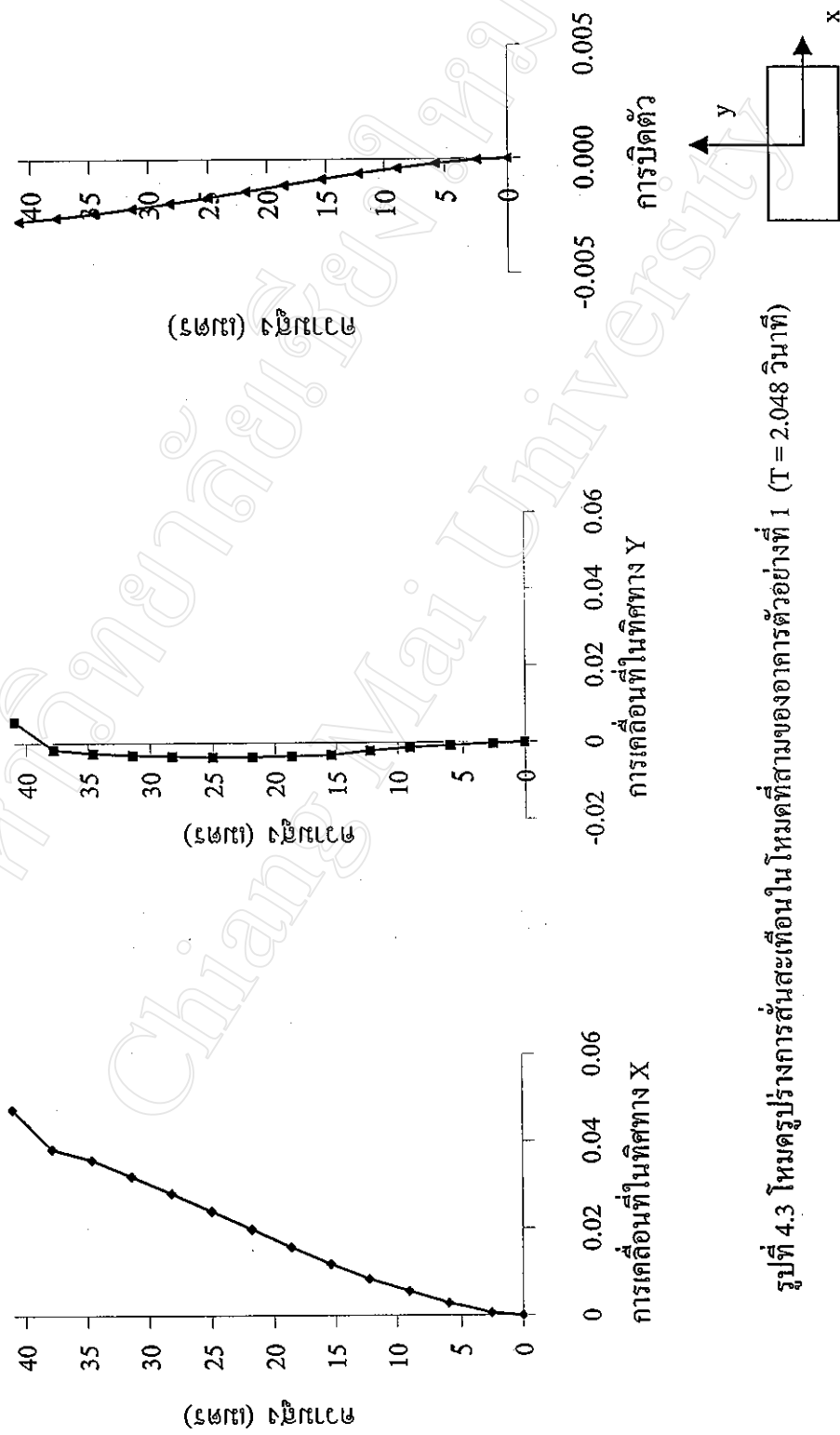
โหมดที่สอง : มีการสั่นสะท้อนในทิศการบิดตัวของอาคารเป็นโหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง X เกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อยและมีการสั่นในทิศทาง Y เกิดร่วมในปริมาณค่อนข้างสูง

โหมดที่สาม : มีการสั่นสะท้อนในทิศทาง X โหมดเด่น และมีการสั่นในทิศทาง Y และการบิดตัวของอาคารเกิดร่วมในปริมาณเล็กน้อย

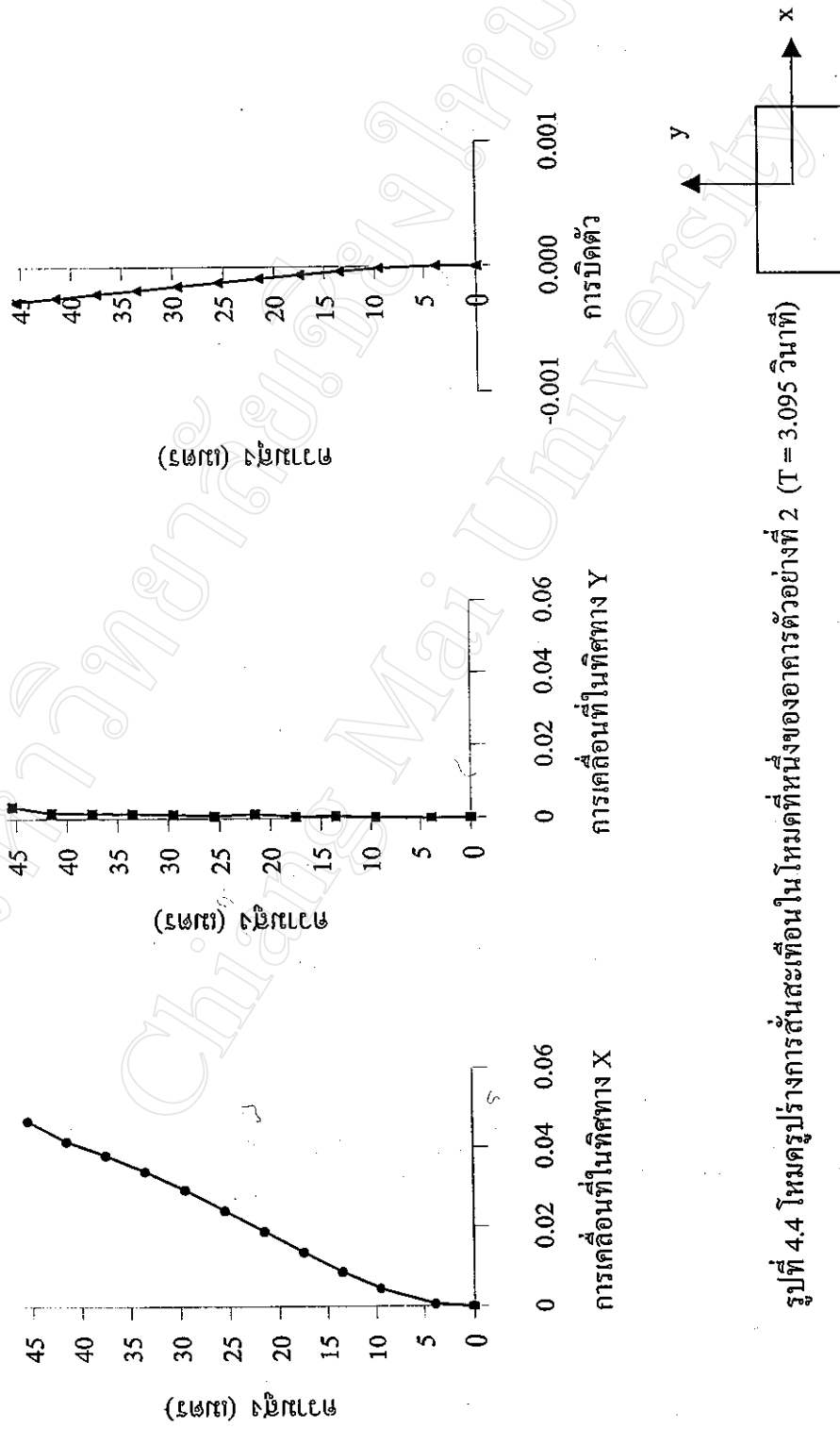




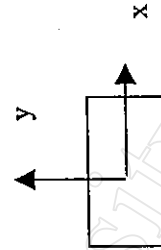
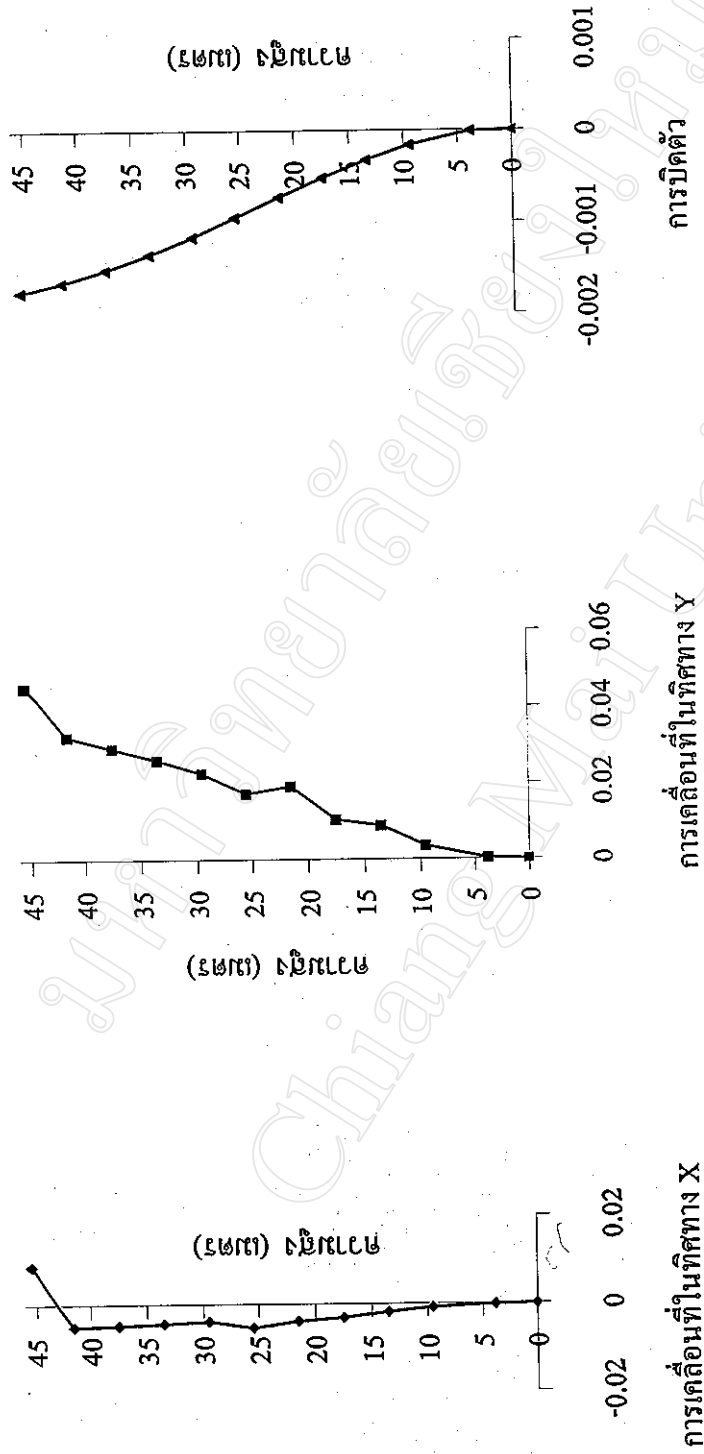
รูปที่ 4.2 โหมดรูปร่างการสะท้อนในโหมดที่สองของการตัวอย่างที่ 1 ($T = 2.217$ วินาที)



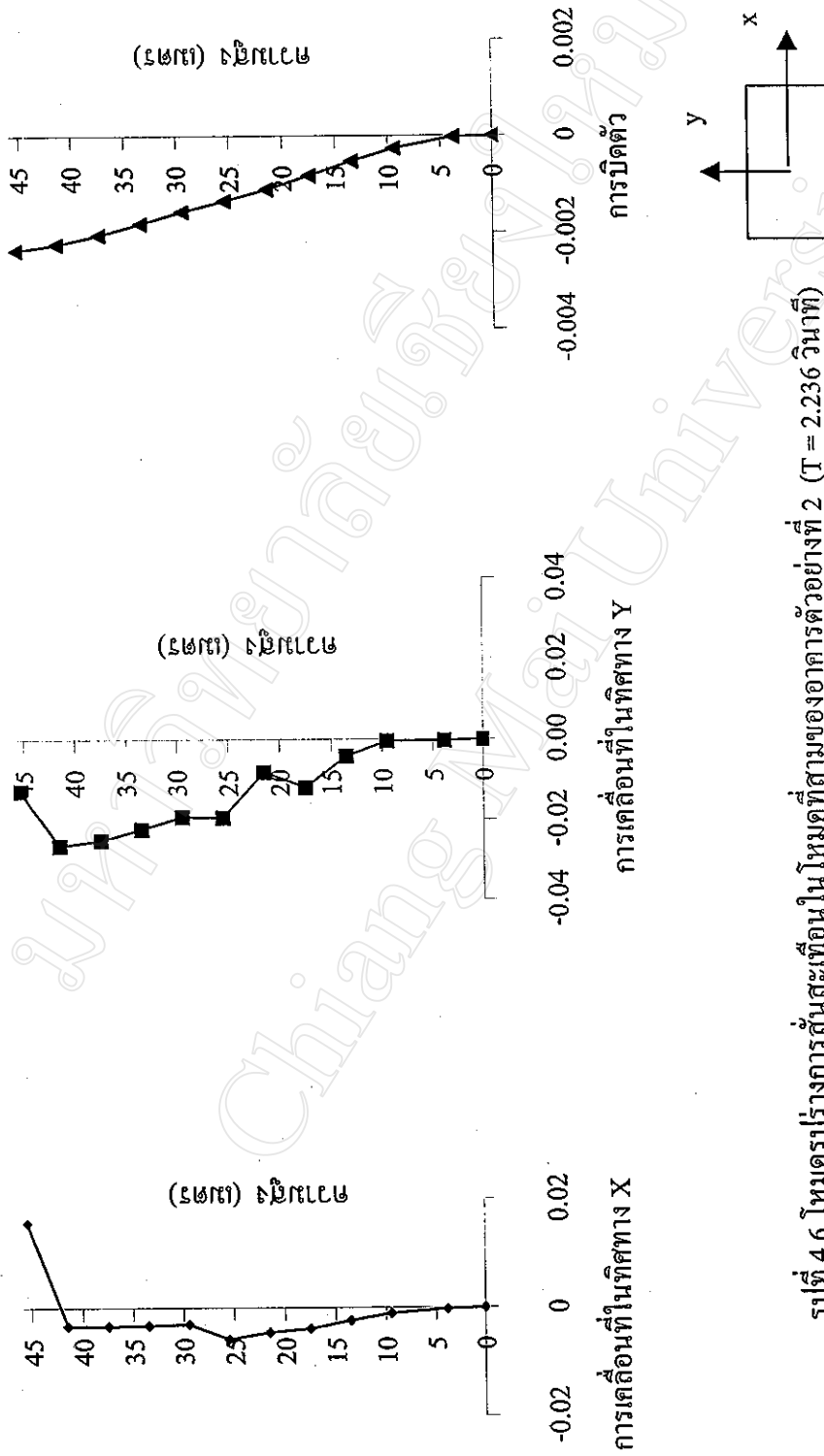
รูปที่ 4.3 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สามของการดัดอย่างถี่ 1 ($T = 2.048$ วินาที)



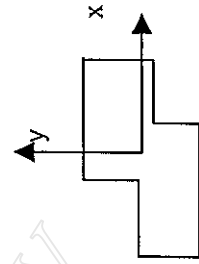
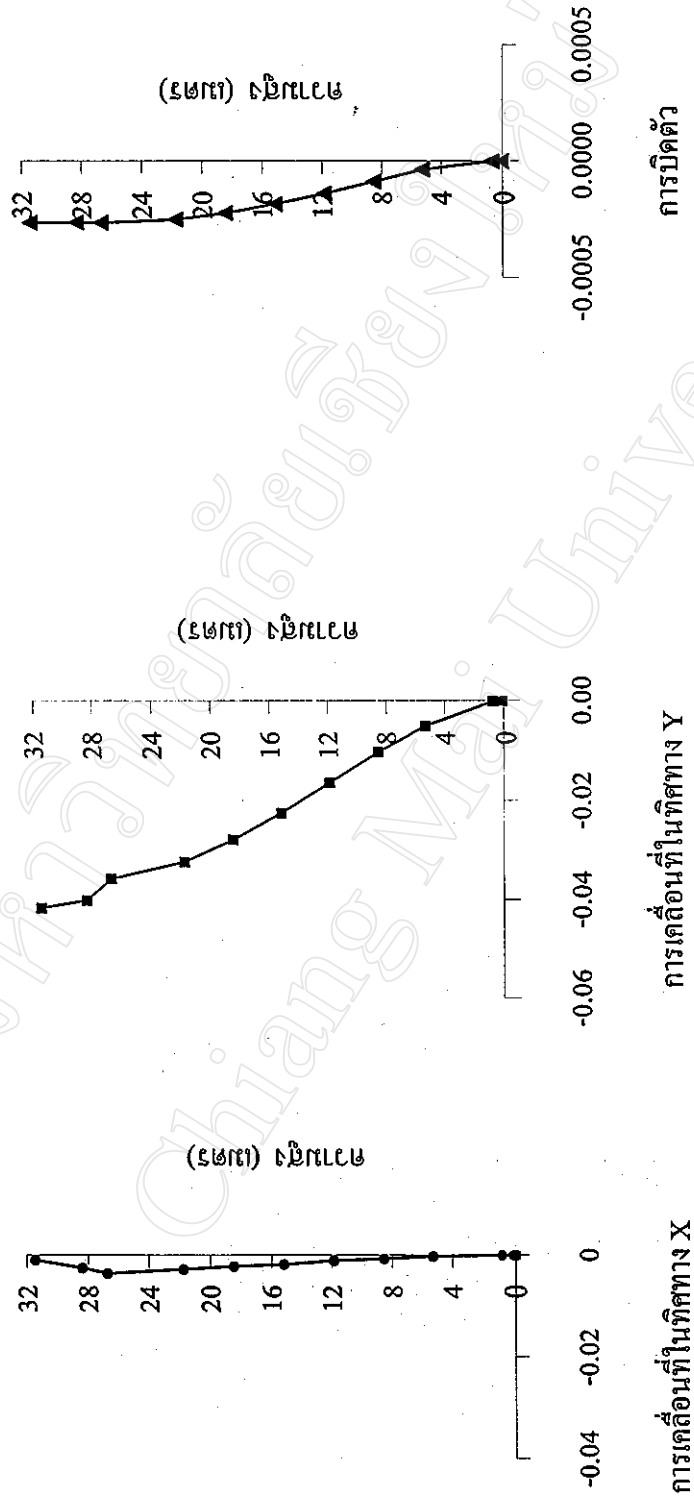
รูปที่ 4.4 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดหนึ่งของการดัดอย่างที่สอง ($T = 3.095$ วินาที)



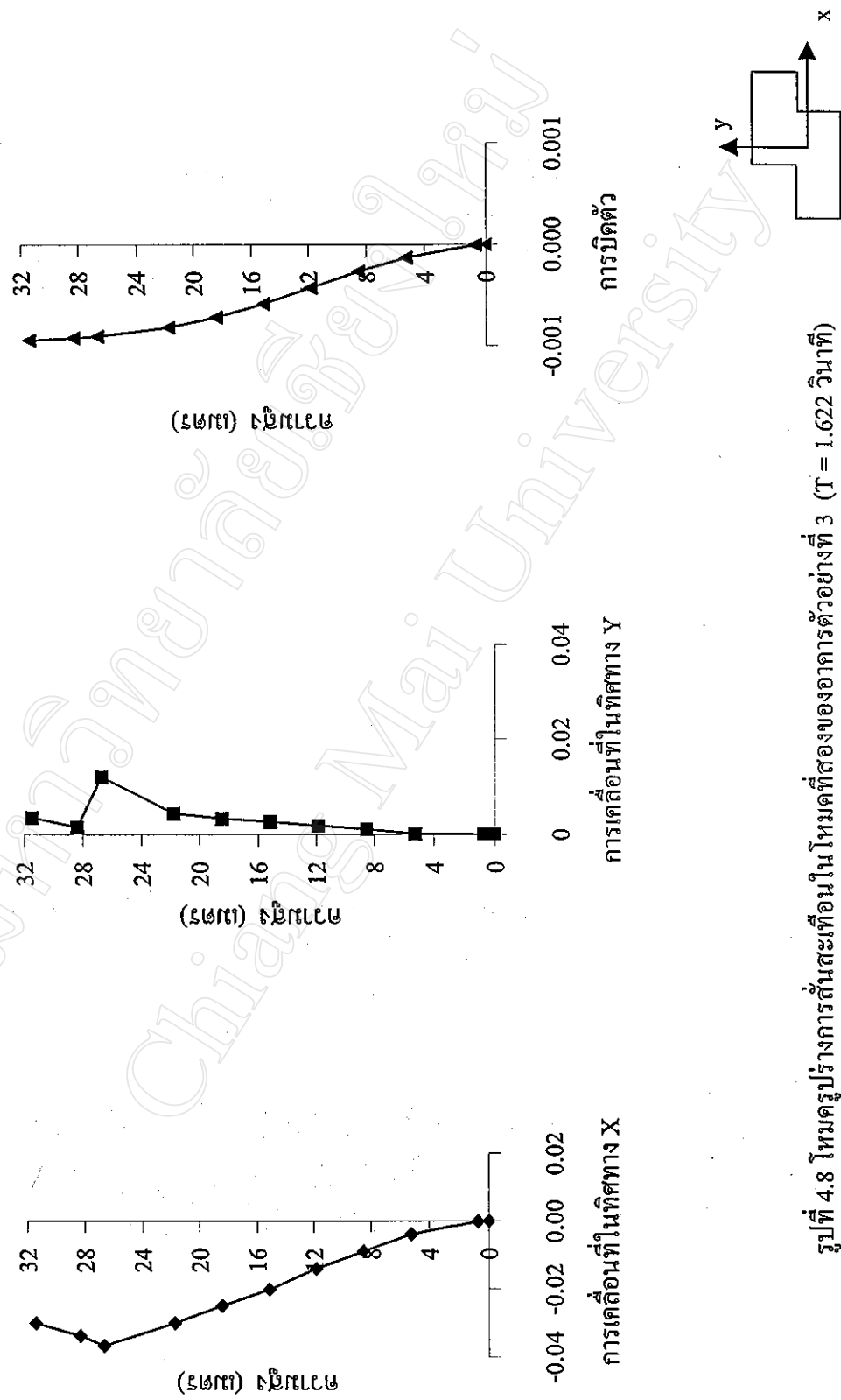
รูปที่ 4.5 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สองของอาคารตัวอย่างที่ 2 ($T = 2.590$ วินาที)



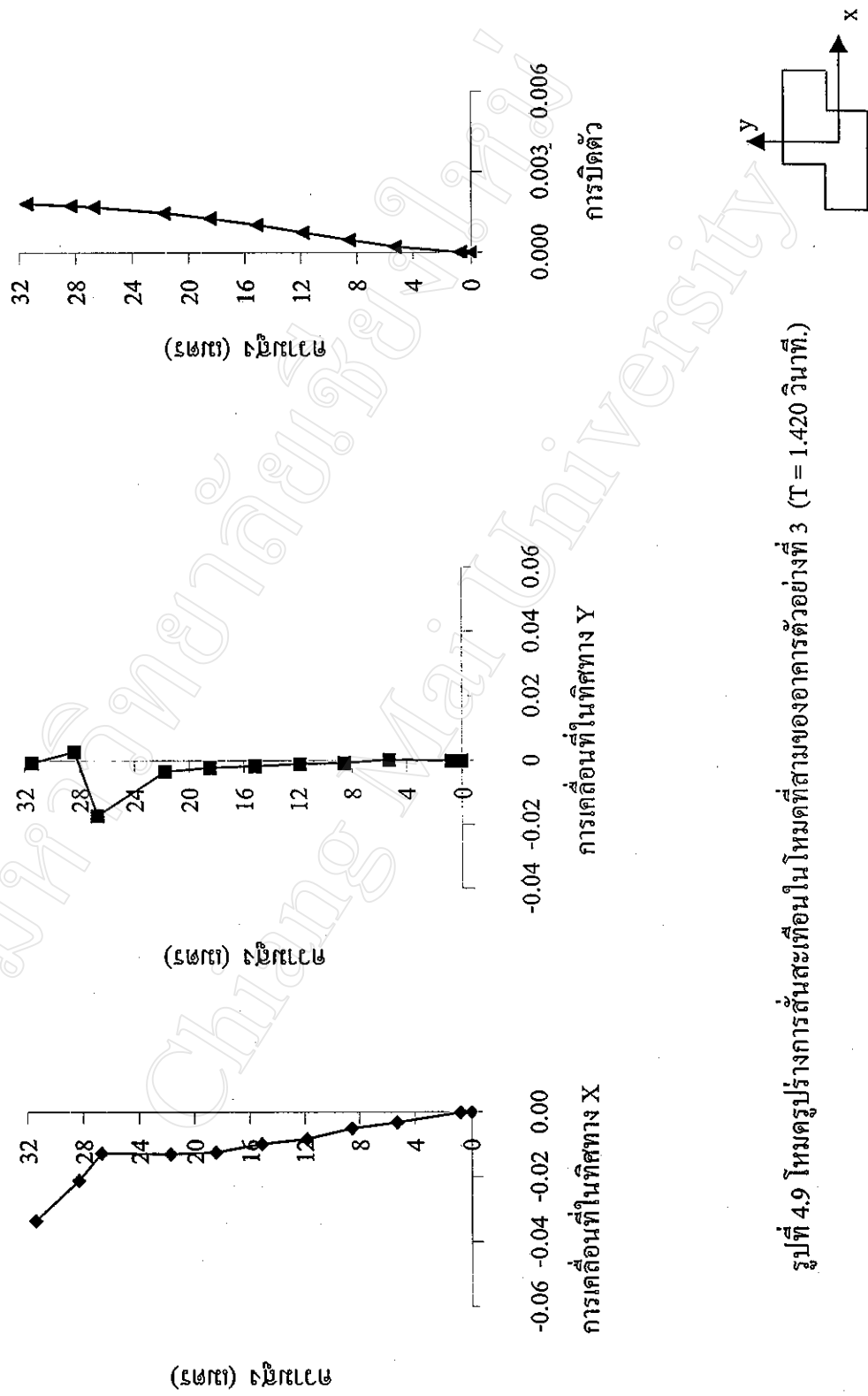
รูปที่ 4.6 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สามารถอาคารตัวอย่างที่ 2 ($T = 2.236$ วินาที)



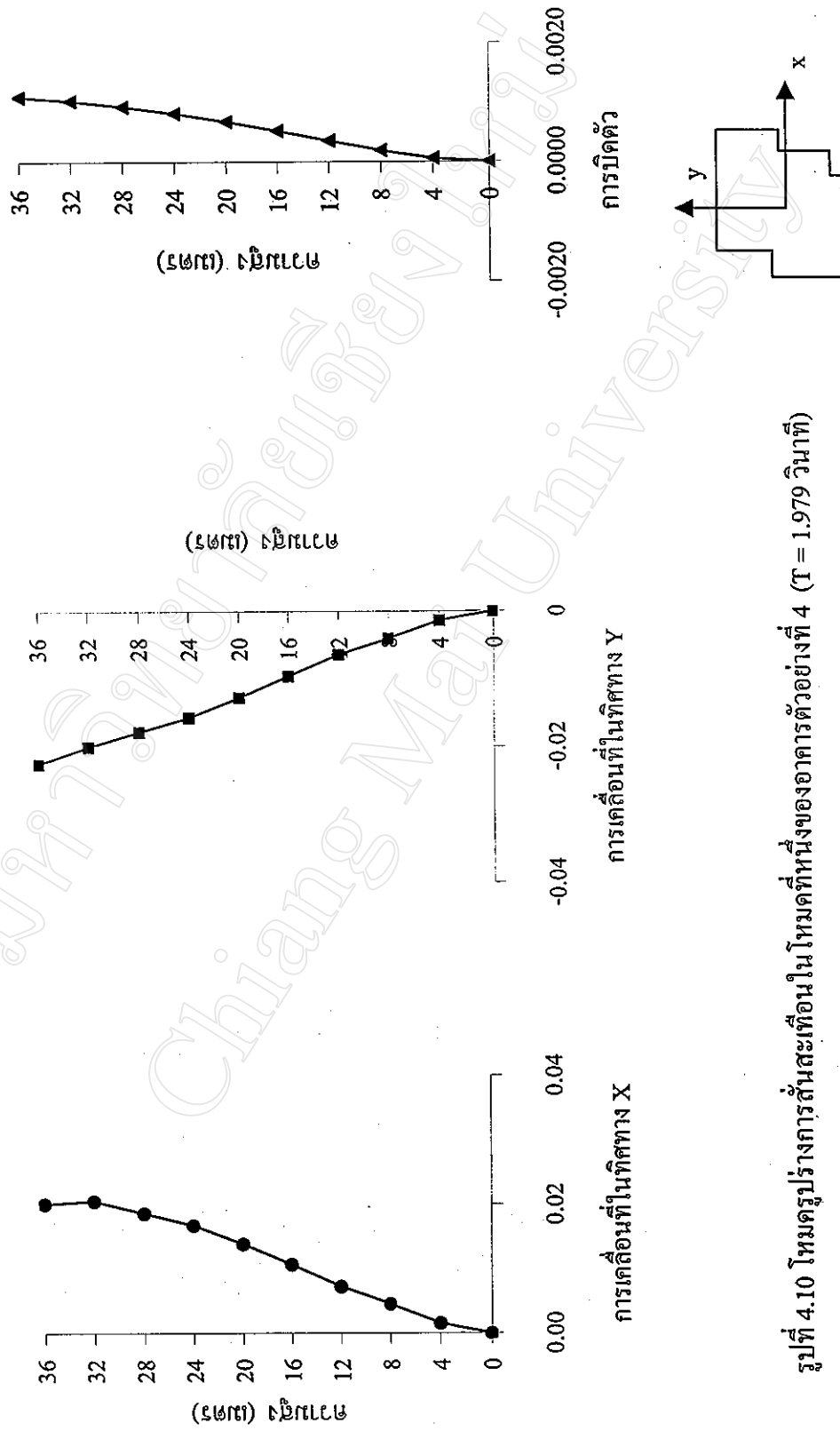
รูปที่ 4.7 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่หนึ่งของอาคารตัวอย่างที่ 3 ($T = 1.837$ วินาที)



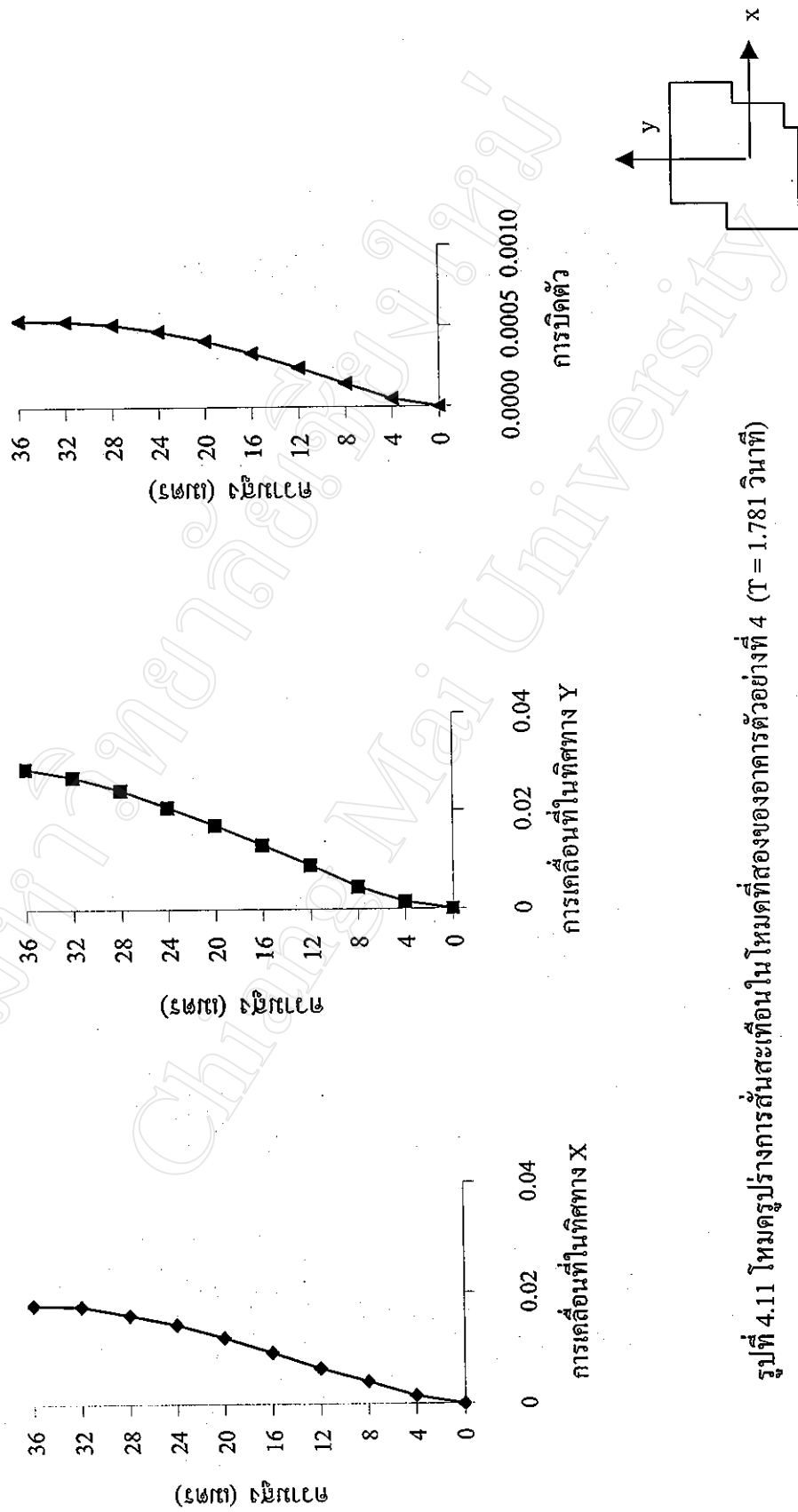
รูปที่ 4.8 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สองของอาคารตัวอย่างที่ 3 ($T = 1.622$ วินาที)



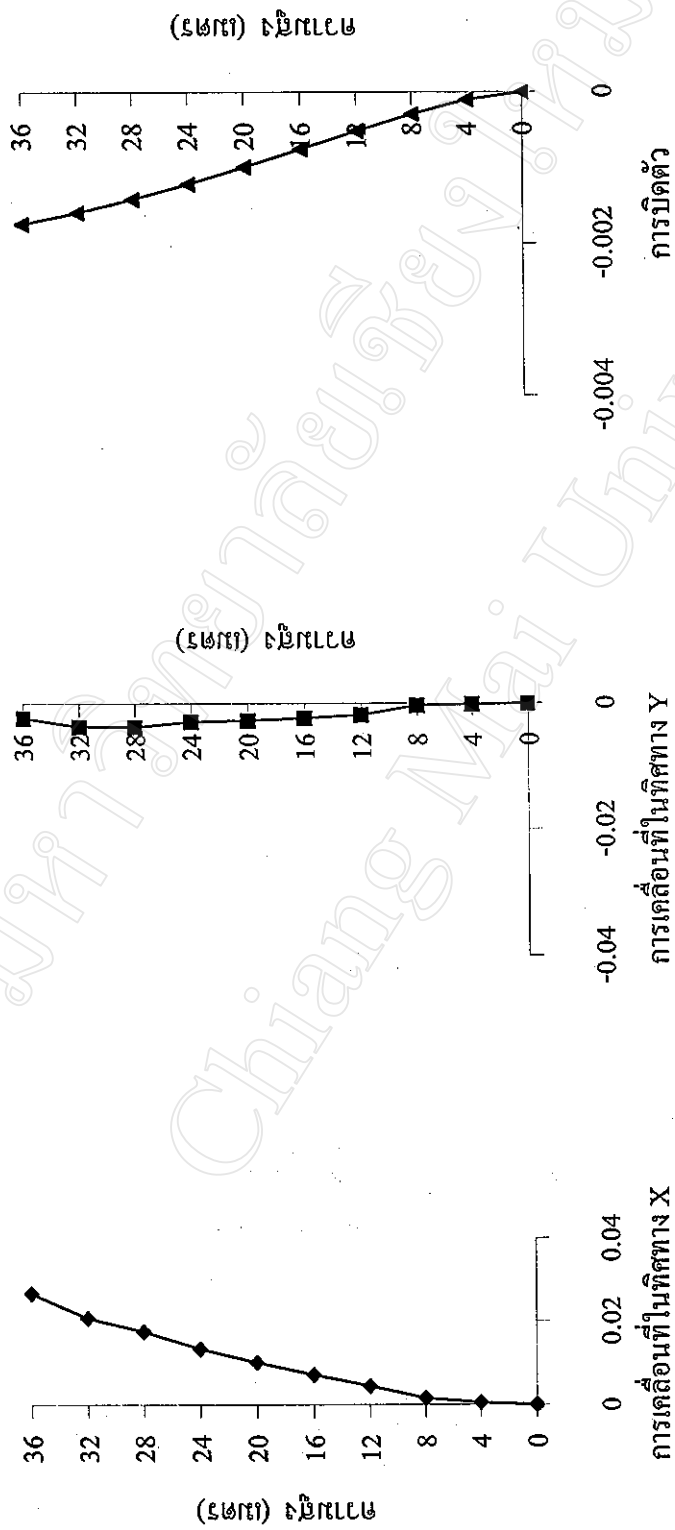
รูปที่ 4.9 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สามของการดัดอย่างที 3 ($T = 1.420$ วินาที.)



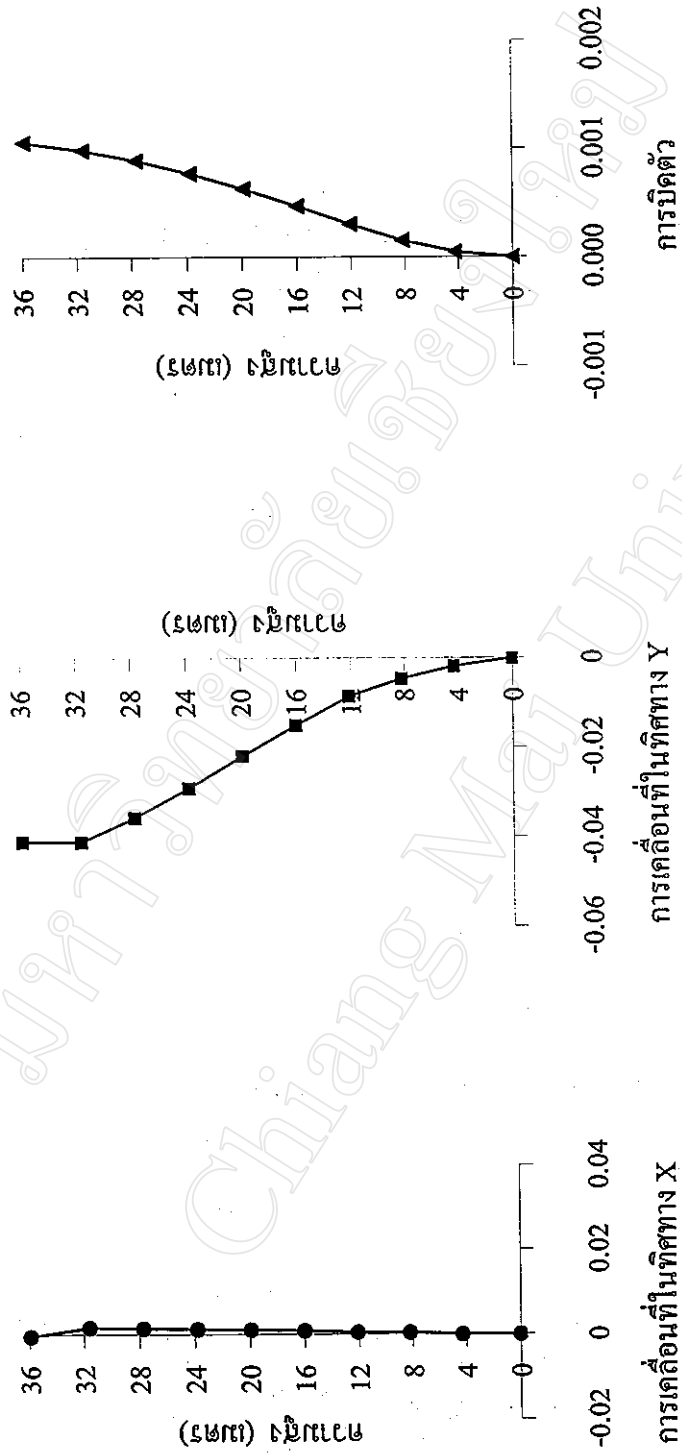
รูปที่ 4.10 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่หนึ่งของอาคารตัวอย่างที่ 4 ($T = 1.979$ วินาที)



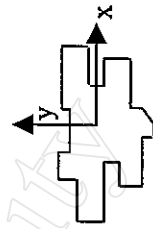
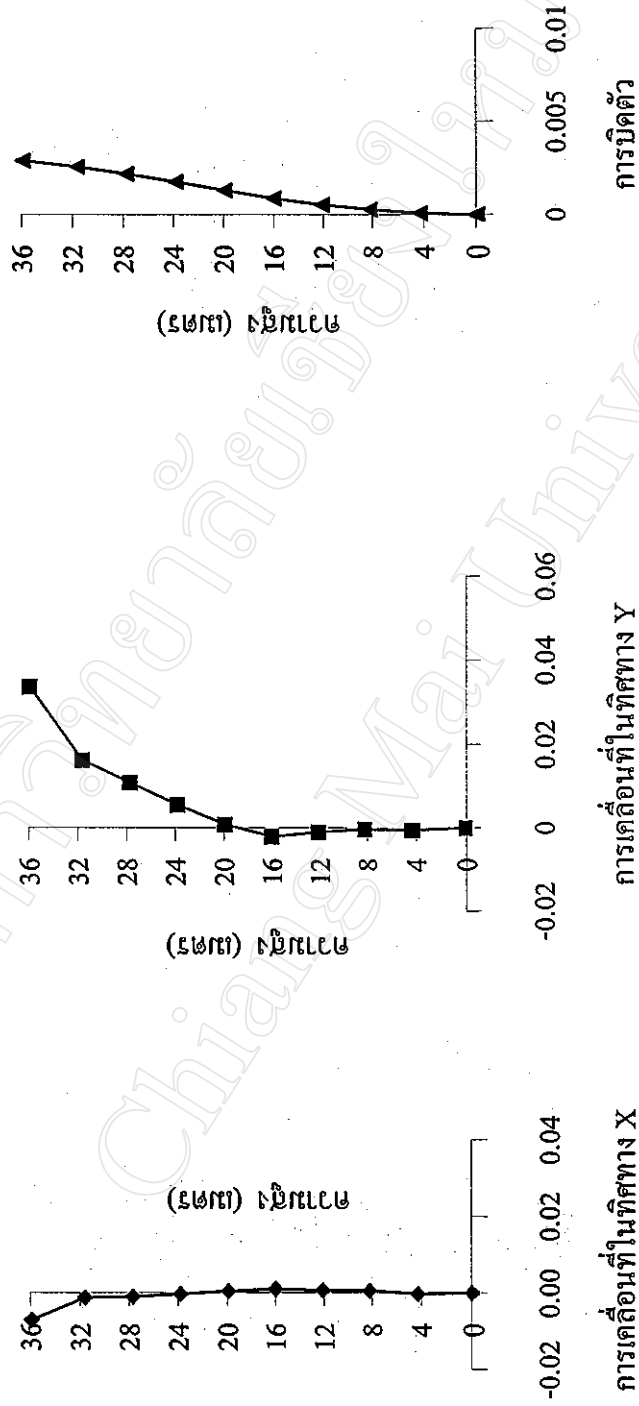
รูปที่ 4.11 โหมดรูปร่างการเคลื่อนที่ในโหมดที่สองของอาคารตัวอย่างที่ 4 ($T = 1.781$ วินาที)



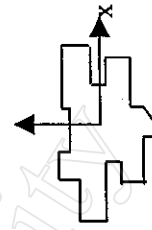
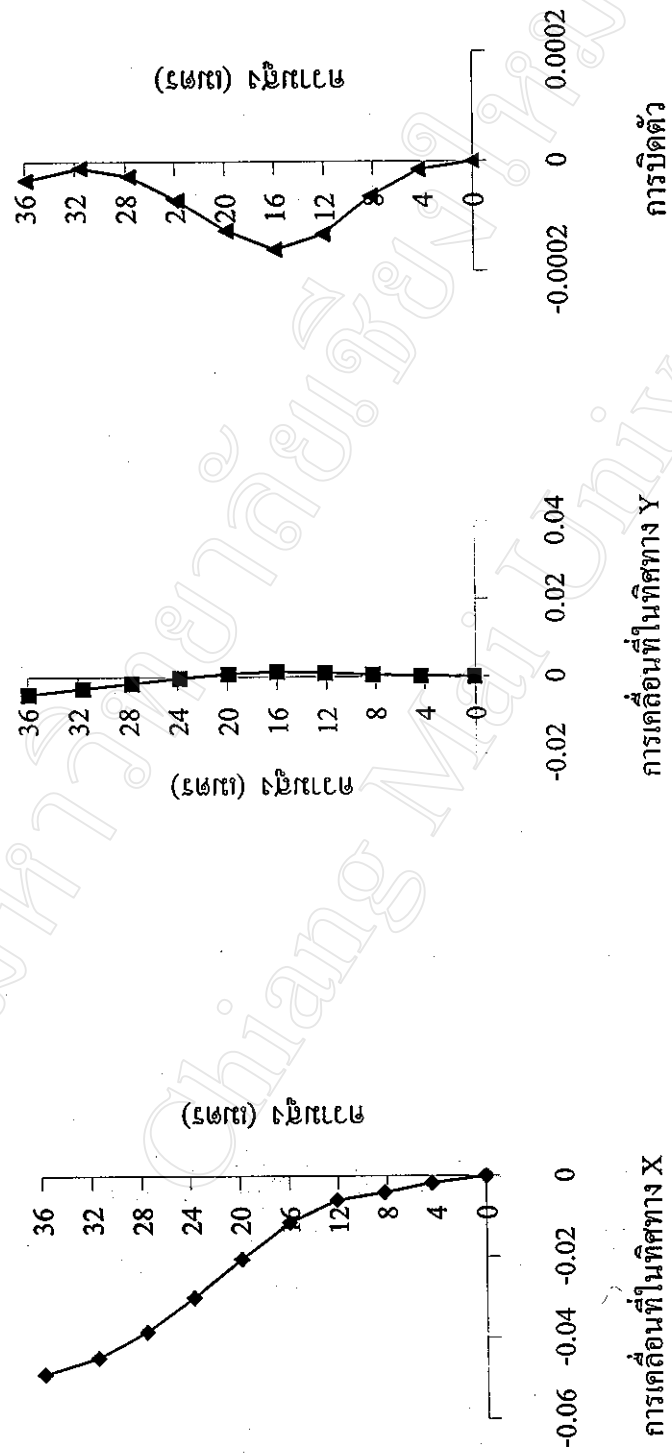
รูปที่ 4.12 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สามของอาคารตัวอย่างที่ 4 ($T = 1.186$ วินาที)



รูปที่ 4.13 โหมดรูปร่างการสั่นสะท้อนในโหมดที่หนึ่งของอาคารตัวอย่างที่ 5 ($T = 3.099$ วินาที)



รูปที่ 4.14 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สองของอาคารตัวอย่างที่ 5 ($T = 1.795$ วินาที)



รูปที่ 4.15 โหมดรูปร่างการสั่นสะเทือนในโหมดที่สามของอาคารตัวอย่างที่ 5 ($T = 1.470$ วินาที)

4.3 การประมาณค่าคาบธรรมชาติในโหมดแรกของอาคารระบบพื้นไร้คาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการประมาณค่าคาบธรรมชาติในโหมดแรกของอาคารระบบพื้นไร้คาน โดยนำผลการวิเคราะห์ค่าคาบธรรมชาติที่ได้จากโปรแกรม XETABS95 เฉพาะของอาคารตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ 2 ตัวอย่างที่ 3 และตัวอย่างที่ 4 มาทำการประมาณค่าคาบธรรมชาติของการสั่นสะเทือนในโหมดแรก ส่วนอาคารตัวอย่างที่ 5 จะไม่นำมาพิจารณาด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก ลักษณะโครงสร้างของอาคารตัวอย่างที่ 5 มีความแตกต่างจากอาคารตัวอย่างอื่นมาก ทำให้ค่าคาบธรรมชาติที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่าปกติ นอกจากนี้ยังได้นำผลการศึกษาของ ยิ่งยง (2540) มาศึกษาหาความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ด้วย สำหรับวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กระทำโดยใช้สมการถดถอย (Regression Equation) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) และได้ศึกษาความสัมพันธ์ 2 รูปแบบคือ รูปแบบที่หนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับอัตราส่วนความสูงอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว ($H/\sqrt{D}$) ซึ่งเป็นรูปแบบความสัมพันธ์ตามที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อด้านแรงจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย รูปแบบที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงของอาคารยกกำลังสามส่วนสี่ ($H^{3/4}$) ซึ่งเป็นรูปแบบความสัมพันธ์จาก UBC 1994 ผลการศึกษาแสดงได้ดังนี้

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับอัตราส่วนความสูงอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว ($H/\sqrt{D}$)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับอัตราส่วนความสูงอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว ($H/\sqrt{D}$) ในทิศทางด้านสั้นและด้านยาวของอาคารระบบพื้นไร้คานที่ทำการศึกษาค้นคว้านี้แสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17 ซึ่งสามารถสรุปเปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อด้านแรงจากแผ่นดินไหวของประเทศไทยได้ดังนี้

รูปแบบความสัมพันธ์ตามกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อด้านแรงจากแผ่นดินไหว

$$T = 0.09 H/\sqrt{D}$$

รูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีพิจารณาเฉพาะตัวอย่างอาคารระบบพื้นไร้คานที่ทำการวิจัยครั้งนี้

$$\text{ทิศทางด้านสั้น} \quad T = 0.332 H/\sqrt{D}$$

$$\text{ทิศทางด้านยาว} \quad T = 0.359 H/\sqrt{D}$$

รูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีนำผลการศึกษาของยังยง (2540) มาพิจารณาหาความสัมพันธ์ร่วม

$$\text{ทิศทางด้านสั้น} \quad T = 0.298 H / \sqrt{D}$$

$$\text{ทิศทางด้านยาว} \quad T = 0.355 H / \sqrt{D}$$

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของค่าคาบธรรมชาติกับอัตราส่วนความสูงอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหวที่ได้จากการวิเคราะห์กับค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในทิศทางด้านสั้นและด้านยาวของอาคารทั้งสองกรณีมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงมาก และค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในทิศด้านสั้นกรณีพิจารณาเฉพาะตัวอย่างอาคารระบบพื้นไร้คานจะมีค่าสูงกว่ากรณีนำผลการศึกษาของยังยง (2540) มาพิจารณาร่วม แต่ในทิศด้านยาวค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้ทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารยกกำลังสามส่วนสี่ ($H^{3/4}$)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติในโหมดที่ 1 กับอัตราส่วนความสูงอาคารยกกำลังสามส่วนสี่ ($H^{3/4}$) ของอาคารระบบพื้นไร้คานที่ทำการศึกษาค้างนี้ได้แสดงในรูปที่ 4.18 และ 4.19 ซึ่งสามารถสรุปเปรียบเทียบความสัมพันธ์ตามที่กำหนดใน UBC 1994 ได้ดังนี้

รูปแบบความสัมพันธ์ตาม UBC 1994

$$T = 0.0731 H^{3/4}$$

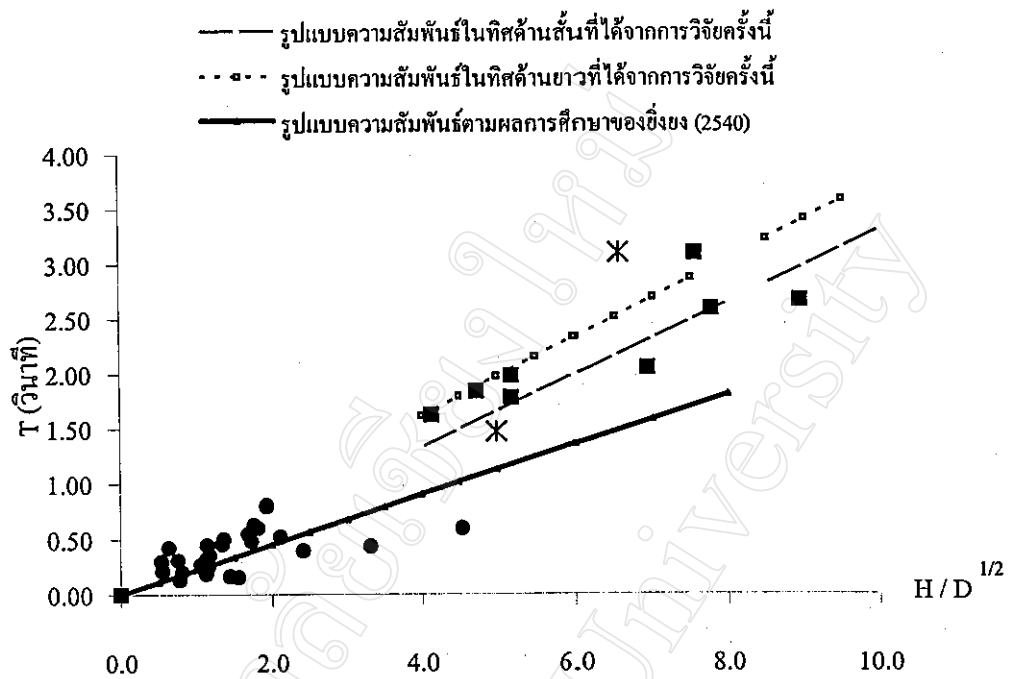
รูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีพิจารณาเฉพาะตัวอย่างอาคารระบบพื้นไร้คานที่ทำการวิจัยครั้งนี้

$$T = 0.1571 H^{3/4}$$

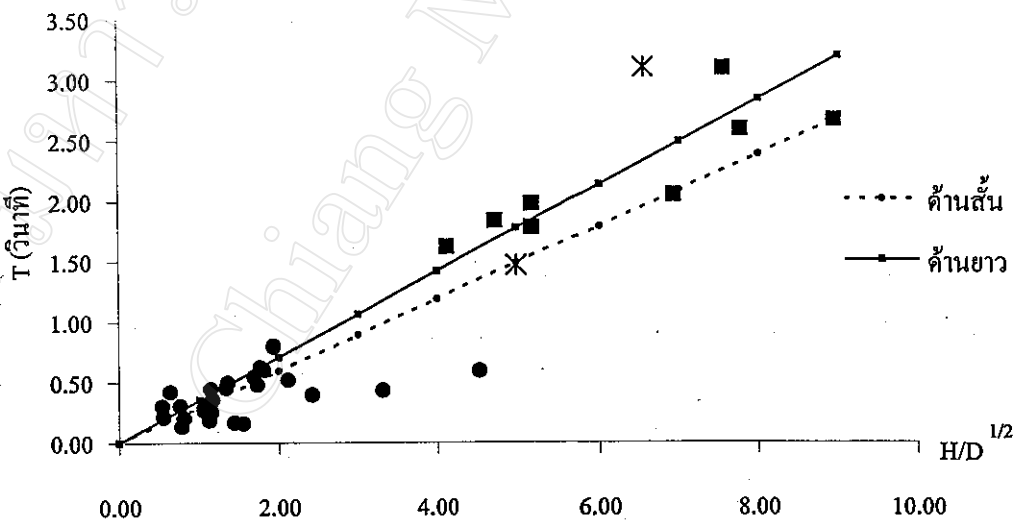
รูปแบบความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีนำผลการศึกษาของยังยง (2540) มาพิจารณาหาความสัมพันธ์ร่วม

$$T = 0.1476 H^{3/4}$$

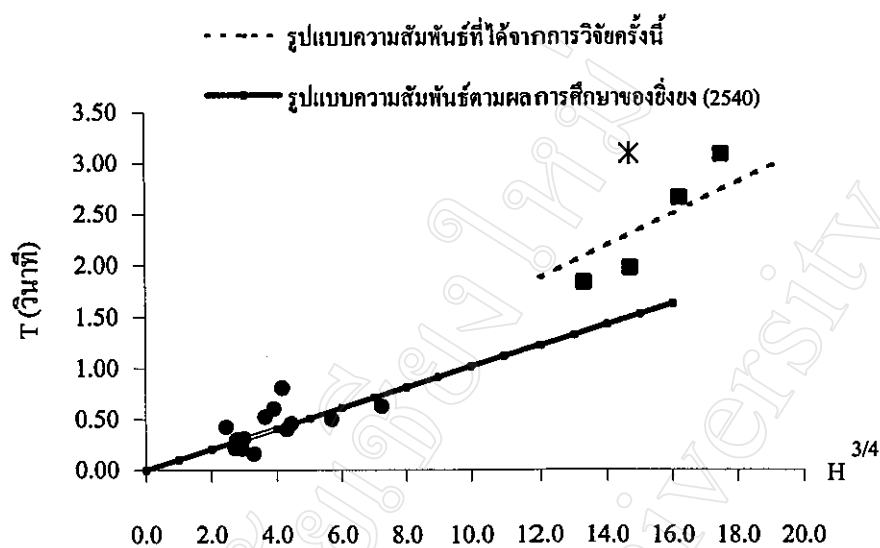
เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับค่าสัมประสิทธิ์ตามรูปแบบความสัมพันธ์ของ UBC 1994 จะเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ใน UBC 1994 ประมาณ 1 เท่า และมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของอาคารระบบพื้นที่รองรับด้วยคานที่ได้จากผลการศึกษาของยังยง (2540) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อาคารระบบพื้นที่คานมีค่าคาบธรรมชาติในการสั่นสะเทือนที่สูงกว่าอาคารระบบพื้นที่คานทั่วไปเมื่อพิจารณาที่ความสูงเดียวกัน



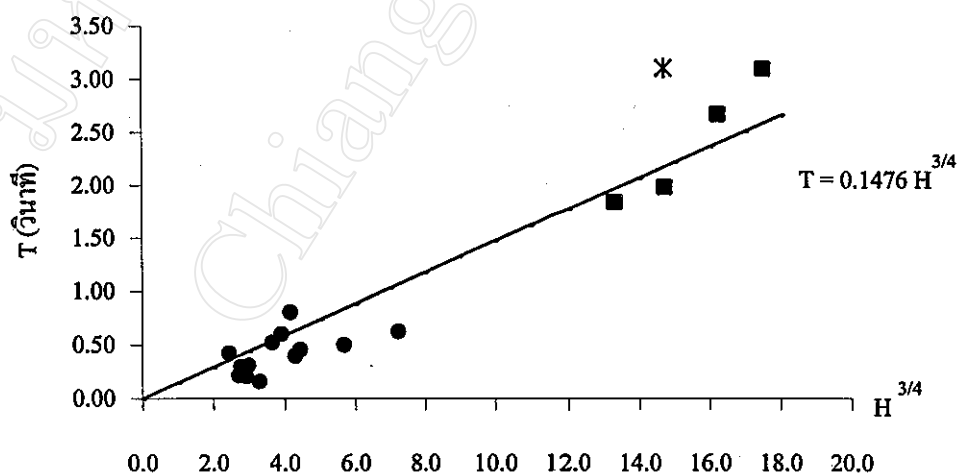
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงของอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว (กรณีพิจารณาเฉพาะอาคารตัวอย่างวิจัย)



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว (กรณีนำผลการศึกษาของชองยง (2540 มาพิจารณาพร้อม)



4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารยกกำลังสามส่วนสี่
(กรณีพิจารณาเฉพาะอาคารตัวอย่างวิจัย)



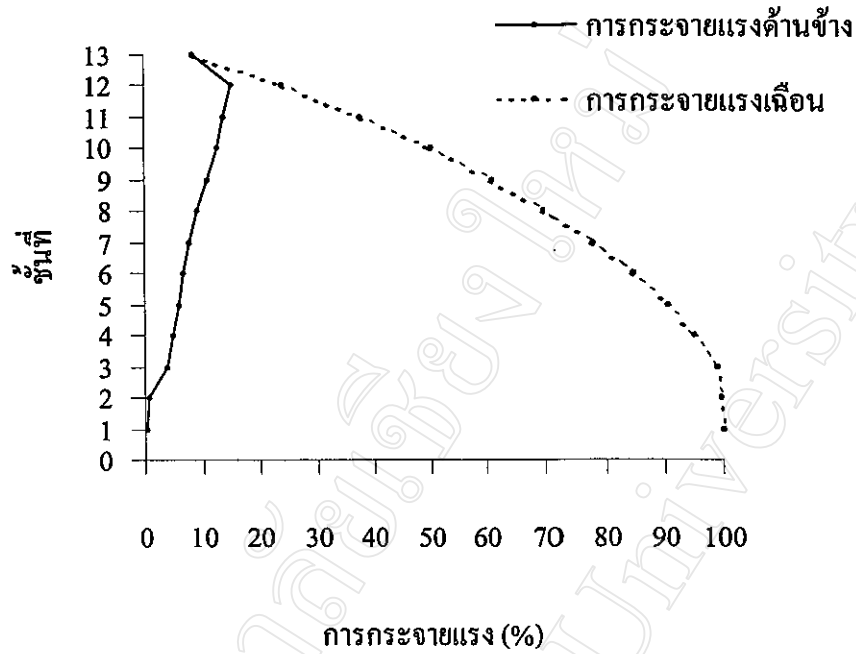
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารยกกำลังสามส่วนสี่
(กรณีนำผลการศึกษาของชียง (2540) มาพิจารณาร่วม)

4.4 การกระจายแรงต้านข้างจากแผ่นดินไหวในแต่ละชั้นของอาคารระบบพื้นไร้คาน

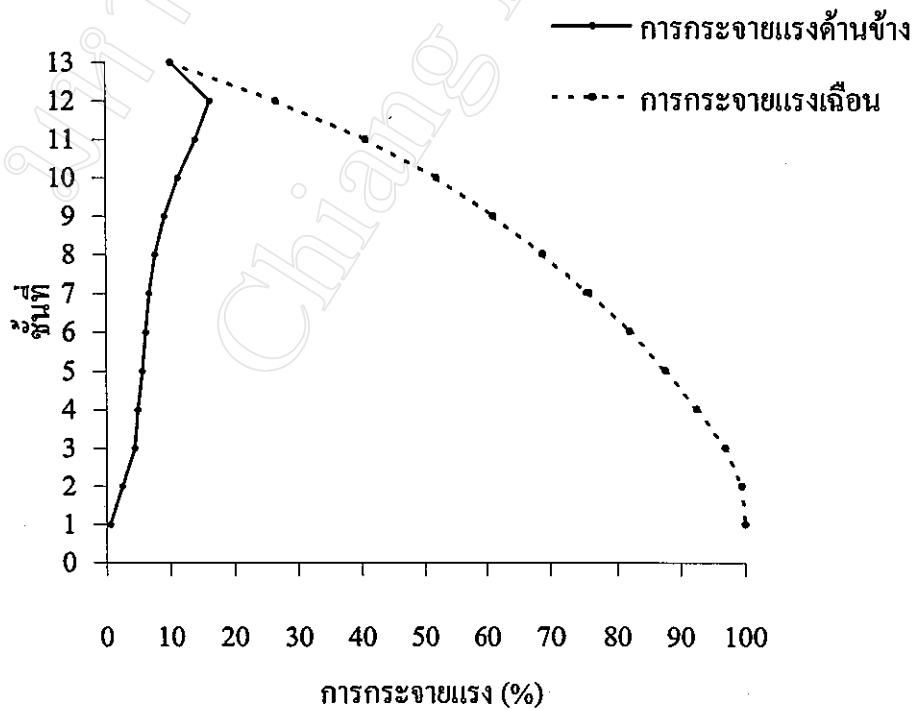
การวิเคราะห์การกระจายแรงเฉือนในแต่ละชั้นของอาคาร โดยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองโดยใช้สเปกตรัมการตอบสนองที่อัตราเร่ง 140 ซม./วินาที² ของนพคล (2539) ที่อัตราส่วนความหนึบเท่ากับ 2 จะพิจารณาหาค่าแรงเฉือนโดยอาศัยหลักการรวมโหมดของการสั่นสะเทือนที่มีพลังงานของการสั่นสะเทือนรวมมากกว่าร้อยละ 90 ของพลังงานการสั่นสะเทือนทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ได้แสดงในตาราง 4.3 ซึ่งเป็นค่าร้อยละของพลังงานการสั่นสะเทือนในแต่ละโหมด โดยหาได้จากร้อยละของแรงเฉือนในแต่ละโหมดเทียบกับผลรวมของค่าแรงเฉือนใน 3 โหมดแรก จะเห็นว่า พลังงานของการสั่นสะเทือนส่วนใหญ่ของอาคารจะอยู่ในโหมดแรก สำหรับลักษณะการกระจายแรงเฉือนด้านข้างของอาคารจากการรวมแรงในสองโหมดแรกได้แสดงในรูปค่าร้อยละของการกระจายแรงเฉือนด้านข้างในแต่ละชั้นของอาคารเทียบกับแรงเฉือนที่ฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ถึง 4.29 และค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนในแต่ละชั้นต่อน้ำหนักของอาคาร แสดงในรูปที่ 4.30 และ 4.34

ตาราง 4.3 พลังงานการสั่นสะเทือนในแต่ละโหมดของอาคารตัวอย่างวิจัย

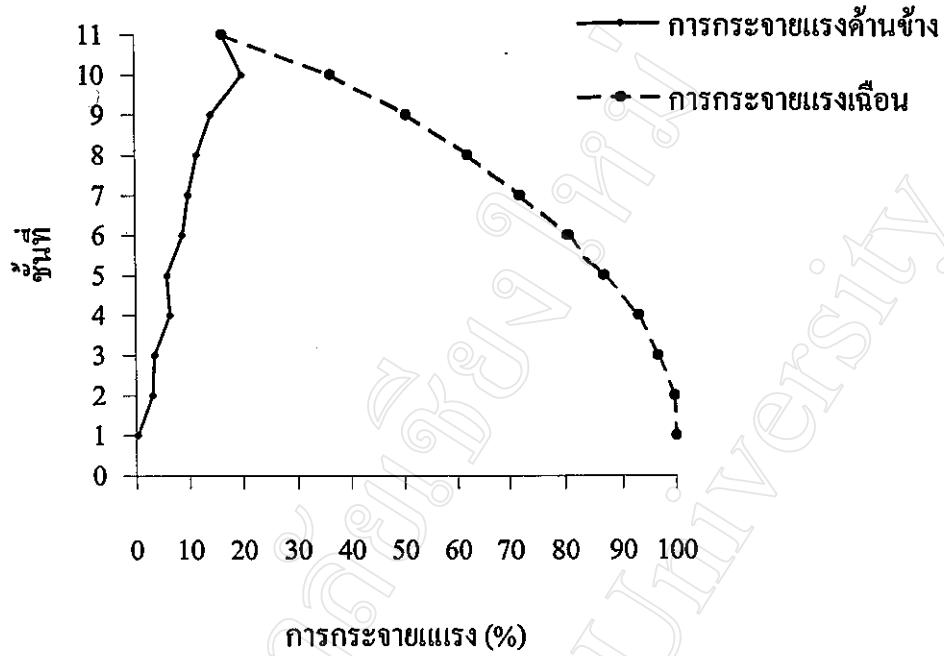
อาคาร ตัวอย่างที่	ร้อยละของพลังงานการสั่นสะเทือน					
	ด้านสั้น			ด้านยาว		
	โหมดที่ 1	โหมดที่ 2	รวม	โหมดที่ 1	โหมดที่ 2	รวม
1	98.5	1.4	99.9	93.4	6.5	99.9
2	96.8	2.5	99.3	94.4	4.5	98.9
3	97.6	2.0	99.6	97.7	1.9	99.6
4	97.7	2.0	99.7	97.1	2.8	99.9
5	83.2	14.3	97.5	87.9	10.4	98.3



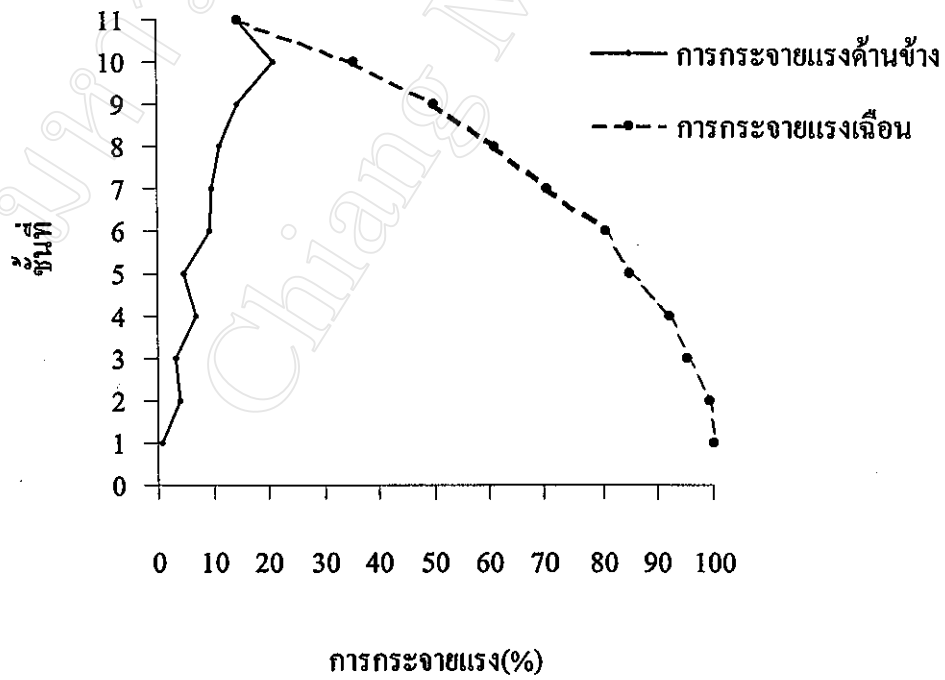
รูปที่ 4.20 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 1



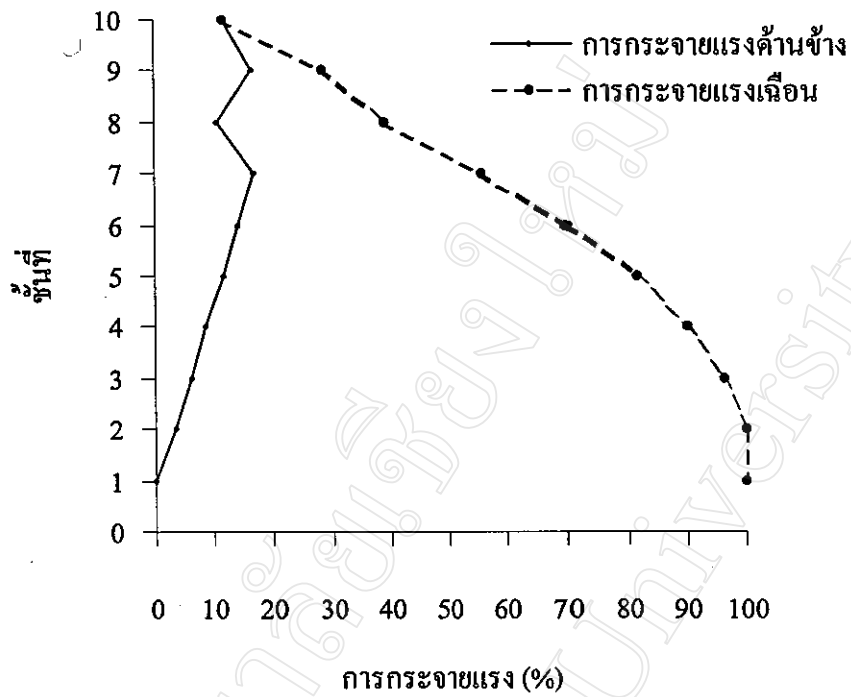
รูปที่ 4.21 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 1



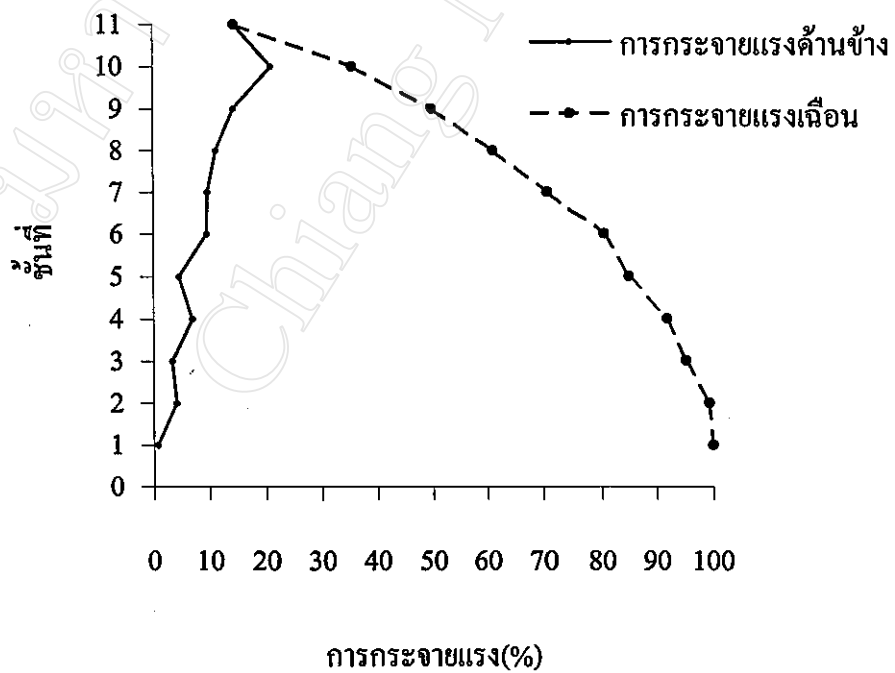
รูปที่ 4.22 การกระจายแรงดันข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 2



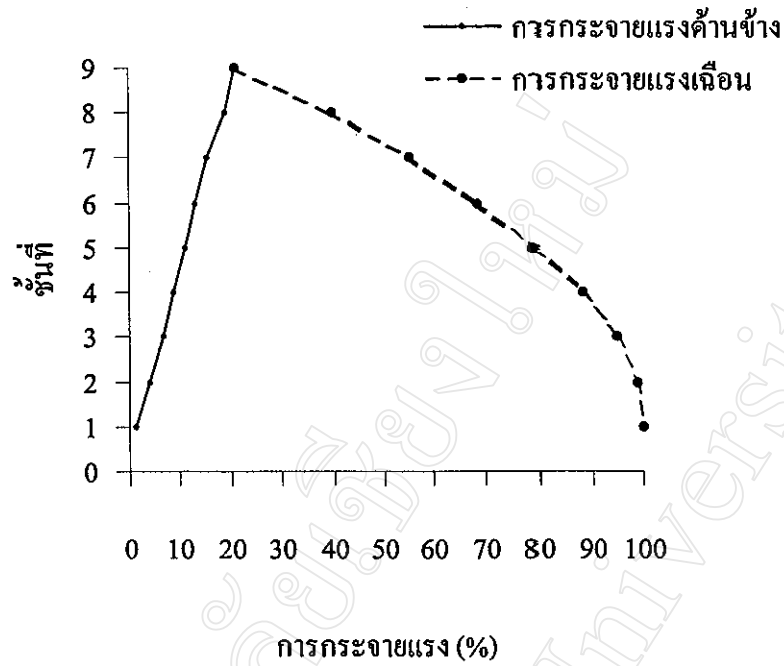
รูปที่ 4.23 การกระจายแรงดันข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 2



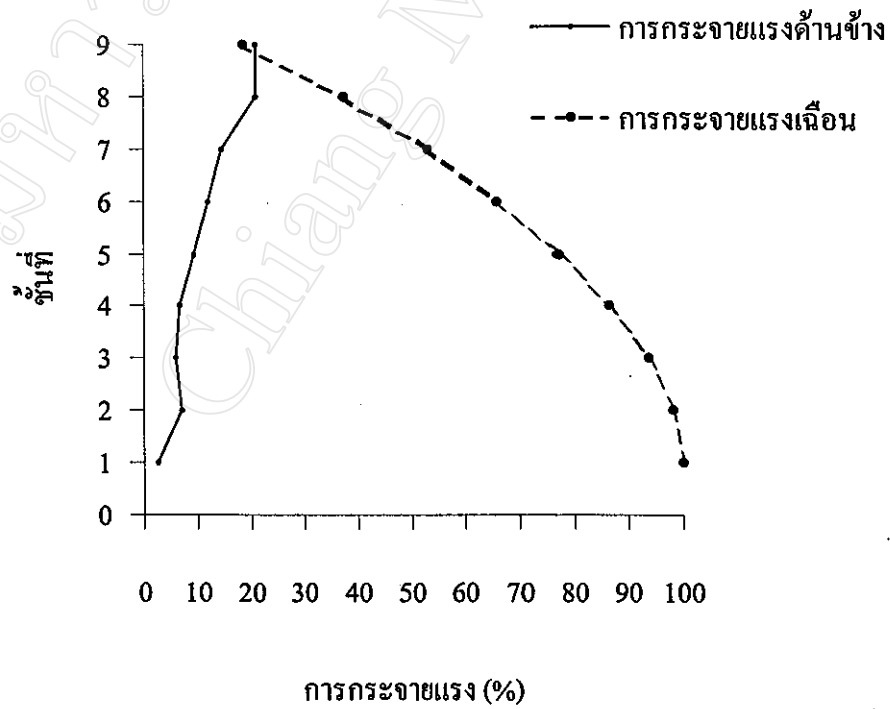
รูปที่ 4.24 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 3



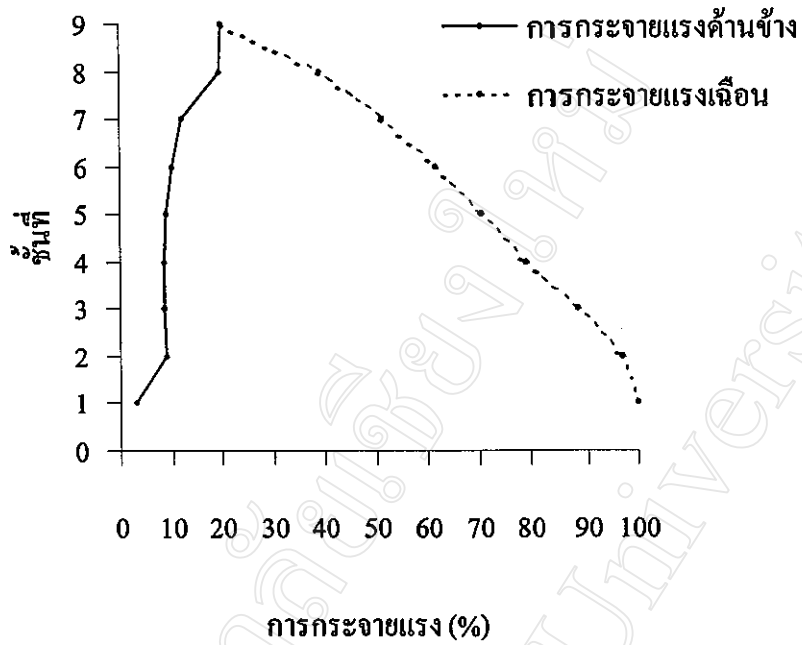
รูปที่ 4.25 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 3



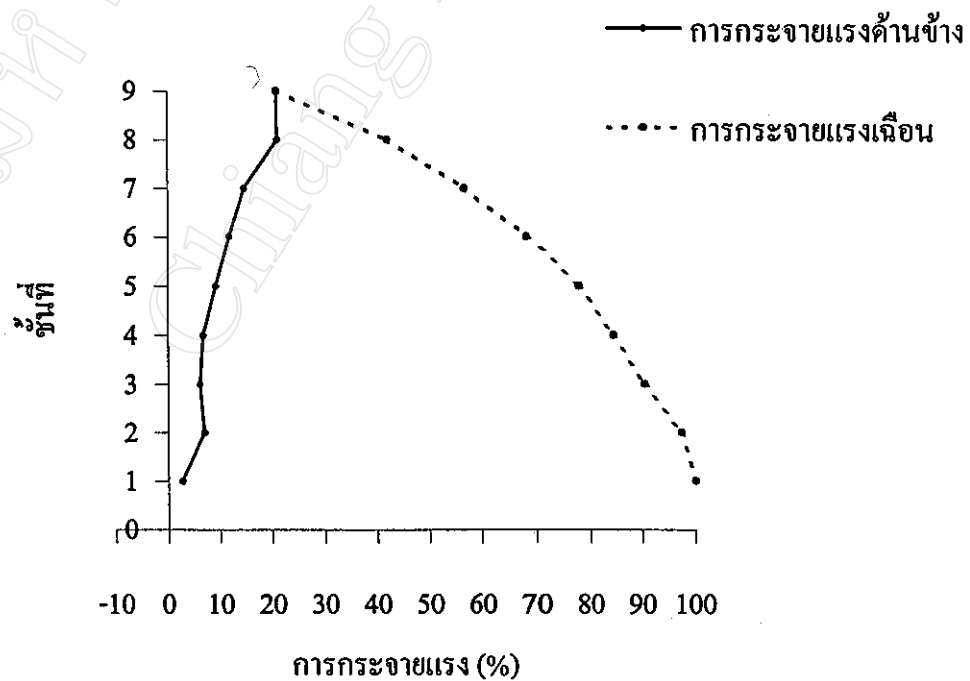
รูปที่ 4.26 การกระจายแรงด้านข้างในทิศทาง X ของอาคารตัวอย่างที่ 4



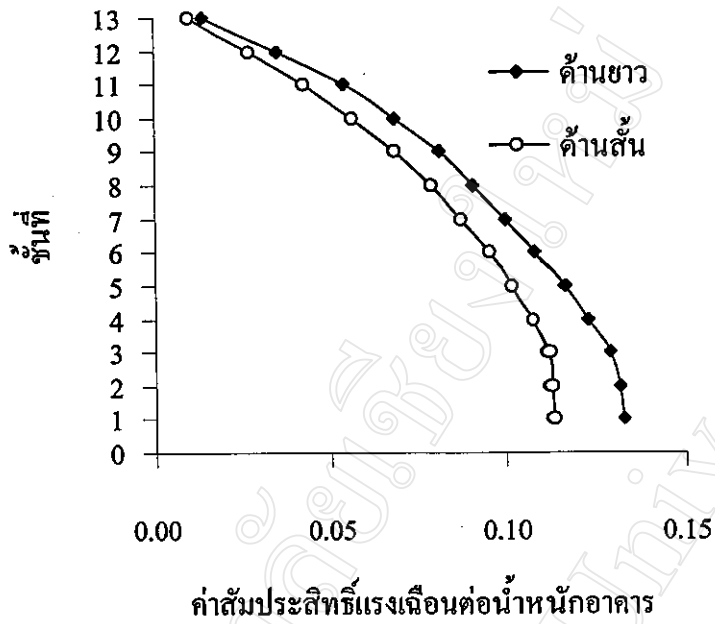
รูปที่ 4.27 การกระจายแรงด้านข้างในทิศทาง Y ของอาคารตัวอย่างที่ 4



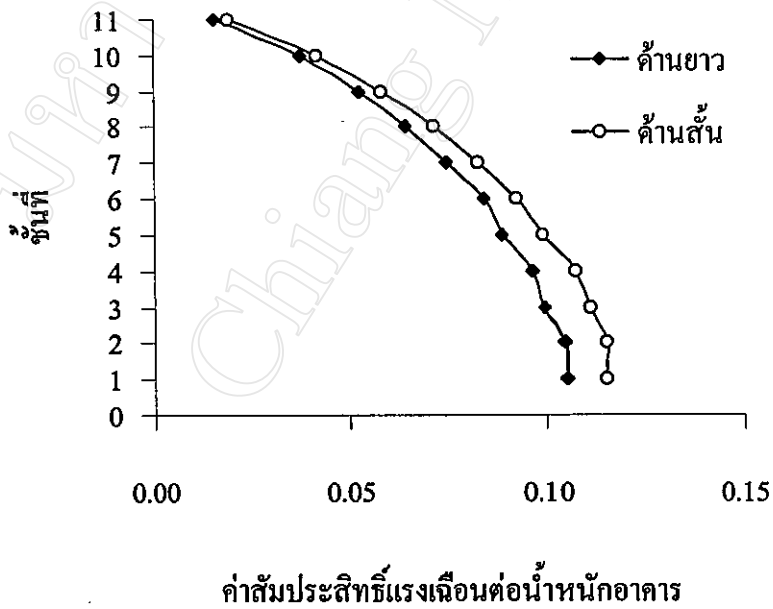
รูปที่ 4.28 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 5



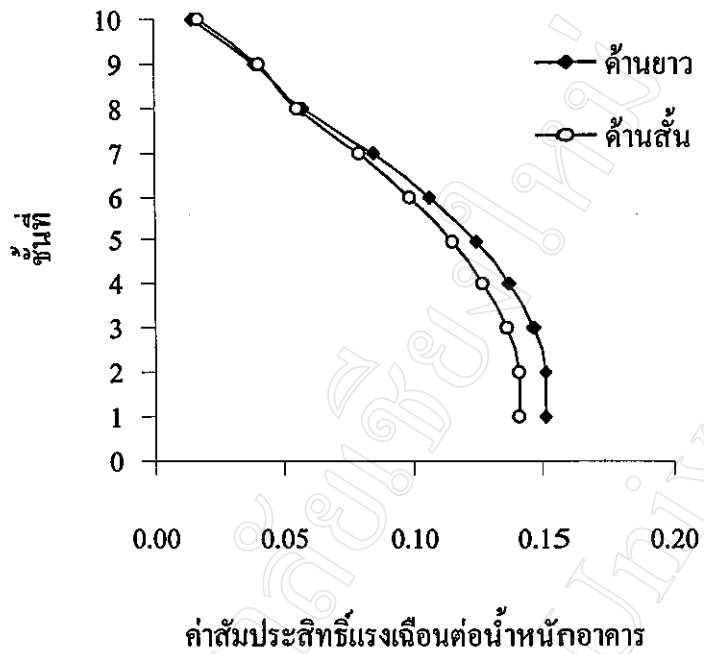
รูปที่ 4.29 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 5



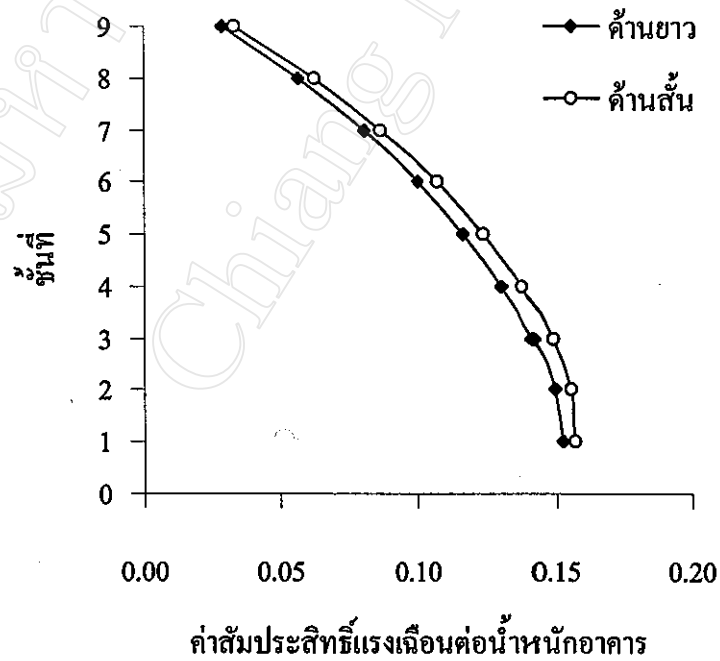
รูปที่ 4.30 การกระจายแรงเฉือนในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 1



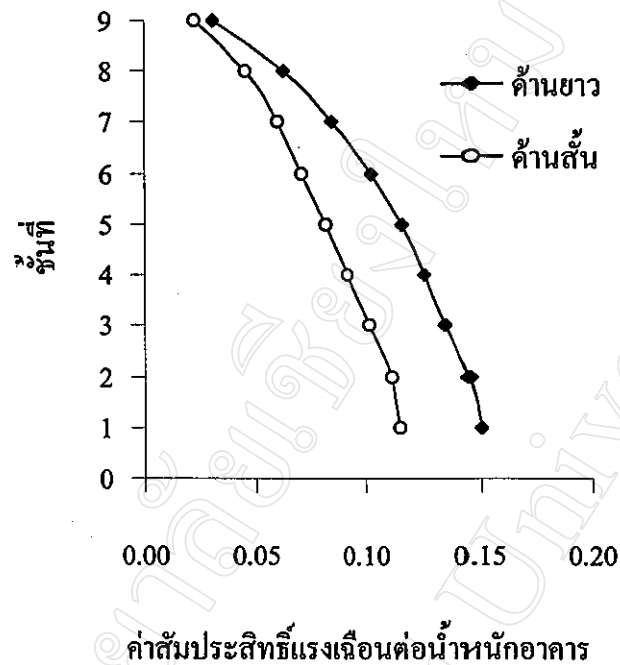
รูปที่ 4.31 การกระจายแรงเฉือนในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.32 การกระจายแรงเฉือนในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 4.33 การกระจายแรงเฉือนในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 4



รูปที่ 4.34 การกระจายแรงเฉือนในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 5

เมื่อพิจารณาจากลักษณะการกระจายแรงดัดข้างในแต่ละชั้นของอาคารเนื่องจากแผ่นดินไหว ที่แสดงในรูปที่ 4.20 ถึง 4.29 พบว่า การกระจายแรงดัดข้างในแต่ละชั้นของอาคารจะขึ้นกับรูปร่างของการสั่นสะเทือนและมวลในแต่ละชั้นของอาคาร โดยจะมีค่าสูงในชั้นบนและมีค่าต่ำในชั้นล่างของอาคาร และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนต่อน้ำหนักอาคารในรูปที่ 3.30 ถึง 3.34 พบว่า แรงเฉือนที่ฐานของอาคารระบบพื้นไร้คานที่ทำการวิจัยครั้งนี้จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 10% ถึง 16 % ของน้ำหนักอาคาร

4.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ

4.5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคาบธรรมชาติ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคาบธรรมชาติที่ได้จากการวิเคราะห์ในโหมดที่ 1 กับค่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงจากแผ่นดินไหวและ UBC 1994 แสดงในตาราง 4.4

ตาราง 4.4 : เปรียบเทียบคาบการสั่นสะเทือนธรรมชาติ

ตัวอย่างที่	คาบการสั่นสะเทือน (วินาที)				
	การวิเคราะห์โครงสร้าง		กฎกระทรวง		Uniform Building Code 1994
	ด้านสั้น	ด้านยาว	ด้านสั้น	ด้านยาว	
1	2.669	2.048	0.805	0.624	1.184
2	2.590	3.096	0.700	0.680	1.280
3	1.837	1.622	0.427	0.372	0.971
4	1.980	1.781	0.468	0.468	1.070
5	3.099	1.470	0.583	0.445	1.063

จากตาราง 4.4 จะเห็นว่าค่าคาบธรรมชาติที่ได้จากการวิเคราะห์ มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงและ UBC 1994 มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ประการแรก ค่าคาบธรรมชาติที่ได้จากการวิจัยเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้าง โดยไม่ได้นำผลของผนังก่อมาพิจารณาด้วย ในขณะที่ข้อกำหนดในกฎกระทรวงและ UBC 1994 เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดการสั่นสะเทือนของอาคาร ข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลที่ได้รวมผลของผนังก่อซึ่งจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มค่าสติฟเนสของอาคารและทำให้อาคารสั่นไหวด้วยค่าคาบธรรมชาติที่สั้นลง ประการที่สอง จากแบบจำลองในการวิเคราะห์โครงสร้างในสามมิติที่ได้คิดผลของการเกิดรอยแตกร้าวขององค์อาคาร โดยทำการลดค่าสติฟเนสเสาและผนังรับแรงเฉือนลงเหลือร้อยละ 70 ของค่าสติฟเนสของหน้าตัดเต็มและใช้ความกว้างประสิทธิภาพของพื้นไร้คานที่คิดเป็นคานเทียบเท่าเท่ากับ $1/3$ ของความกว้างช่วง ทำให้ค่าคาบธรรมชาติที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตามผลของการลดค่าสติฟเนสของโครงสร้างดังกล่าวมีผลต่อค่าคาบธรรมชาติของอาคารเพียงเล็กน้อย ซึ่งรายละเอียดได้แสดงในภาคผนวก ง และประการที่สาม เนื่องลักษณะโครงสร้างของอาคารระบบพื้นไร้คานที่มีสติฟเนสด้านข้างต่ำจึงทำให้อาคารระบบพื้นไร้คานมีค่าคาบธรรมชาติที่สูงกว่าอาคารทั่วไป

4.5.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานต่อน้ำหนักของอาคาร

จากการวิเคราะห์หาค่าแรงเฉือนที่ฐานจากวิธีสเปกตรัมการตอบสนองโดยใช้สเปกตรัมการตอบสนองที่อัตราเร่ง 140 ซม./วินาที² ของนพคล (2539) ที่อัตราส่วนความหนึ่ยเท่ากับ 2 ($\mu = 2$) ได้นำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานต่อน้ำหนักของอาคารเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณได้จากข้อกำหนดในกฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแรงจากแผ่นดินไหวของประเทศไทย และเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณได้จากข้อกำหนดใน UBC 1994 โดยใช้อัตราส่วนความหนึ่ยเท่ากับ 5 ($R_w = 5$) ตามข้อกำหนด และค่าที่คำนวณโดยใช้อัตราส่วนความหนึ่ยเท่ากับ 2 ($R_w = 2$) ซึ่งเท่ากับอัตราส่วนความหนึ่ยของวิธีสเปกตรัมการตอบสนองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบแสดงในตาราง 4.5

ตาราง 4.5 : เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานต่อน้ำหนักของโครงสร้าง

ตัวอย่างที่	วิธีสเปกตรัมการตอบสนอง ($\mu = 2$)		กฎกระทรวง		UBC 1994	
	ด้านสั้น	ด้านยาว	ด้านสั้น	ด้านยาว	$R_w = 2$	$R_w = 5$
1	0.113	0.132	0.042	0.048	0.101	0.040
2	0.115	0.105	0.045	0.046	0.119	0.048
3	0.152	0.142	0.058	0.062	0.143	0.057
4	0.157	0.152	0.056	0.056	0.134	0.054
5	0.116	0.150	0.050	0.057	0.135	0.054

เมื่อพิจารณาตาราง 4.5 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานต่อน้ำหนักของอาคารระบบพื้นไร้คานที่ได้จากวิธีสเปกตรัมการตอบสนองโดยใช้สเปกตรัมการตอบสนองที่อัตราเร่ง 140 ซม./วินาที² ของนพคล (2539) ที่อัตราส่วนความหนึ่ยเท่ากับ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.105 ถึง 0.157 สำหรับค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณได้จากข้อกำหนดในกฎกระทรวงจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากมาตรฐาน UBC 1994 ที่อัตราส่วนความหนึ่ยเท่ากับ 5 ซึ่งมีค่าประมาณ 0.040 ถึง 0.062 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณได้จากมาตรฐาน UBC 1994 ที่อัตราส่วนความหนึ่ยเท่ากับ 2 จะมีค่าประมาณ 0.101 ถึง 0.143 จากการผลการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้จากการวิจัยมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณได้จากข้อกำหนดในกฎกระทรวงและมาตรฐาน UBC 1994 เมื่อคำนวณด้วยอัตราส่วน

ความเหนียวเท่ากับ 5 มากประมาณ 1.3 ถึง 1.8 เท่า แต่มีค่าใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณจาก UBC 1994 ที่อัตราส่วนความเหนียวเท่ากับสอง ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ได้จากการวิจัยมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่คำนวณได้จากข้อกำหนดในกฎกระทรวงส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจาก วิธีการวิเคราะห์หาค่าแรงเฉือนในการวิจัยครั้งนี้เป็นการคำนวณโดยใช้วิธีทางอีลาสติก ซึ่งจะทำให้แรงเฉือนที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าค่าที่เกิดขึ้นจริงในช่วงที่อาคารมีพฤติกรรมสั่นไหวในช่วงอินอีลาสติก ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดในกฎกระทรวงและมาตรฐาน UBC 1994 เป็นค่าที่กำหนดไว้ขั้นต่ำสำหรับการใช้ในการออกแบบ ซึ่งได้คำนึงผลของพฤติกรรมของอาคารในช่วงอินอีลาสติกโดยกำหนดค่าอัตราส่วนความเหนียวที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนสำหรับอาคารประเภทต่างๆ และปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ได้แก่ ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาการตอบสนองของอาคารระบบพื้น ไร้คานต่อแรงแผ่นดินไหวที่มีค่าอัตราส่วนความเหนียวเท่ากับสอง ในขณะที่ในข้อกำหนดในกฎกระทรวงและมาตรฐาน UBC 1994 เป็นการพิจารณาค่าแรงเฉือนที่ฐานของอาคารที่ค่าอัตราส่วนความเหนียวมีค่าประมาณห้าทำให้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานต่อน้ำหนักอาคารที่ได้จากการวิจัยมีค่าสูงกว่า