

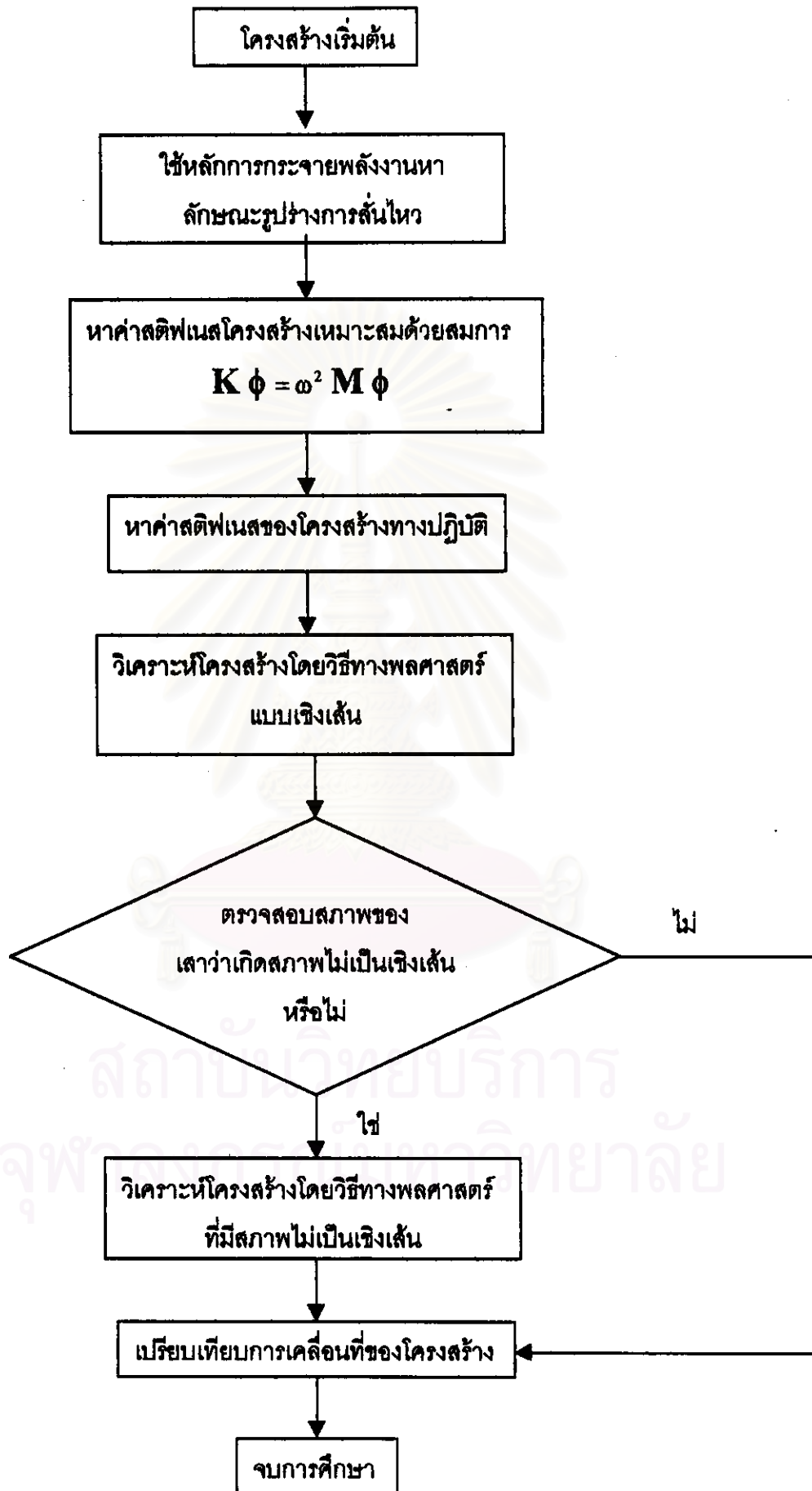
บทที่ 4  
ขั้นตอนการศึกษาและกรณีศึกษา



4.1 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาได้แสดงในรูปของแผนผังดังรูปที่ 4.1 ซึ่งประกอบไปด้วย

1. คำนวณขนาดของโครงสร้างเริ่มต้น หาได้จากการออกแบบเบื้องต้น โดยการรับน้ำหนักบรรทุกในแนวตั้ง
2. ใช้หลักการกระจายพลังงาน โดยการใช้การกระจายพลังงานแบบเชิงเส้น ในลักษณะต่าง ๆ หากลักษณะรูปร่างการสั่นไหวที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างที่มีค่าน้อยสุด เป็นลักษณะรูปร่างการสั่นไหวที่เหมาะสม
3. หาค่าสถิติเฟนสของโครงสร้างโดยการใช้วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Least squares method) ค่าสถิติเฟนสที่ได้เป็นของโครงสร้างเหมาะสม
4. หาค่าสถิติเฟนสของโครงสร้างทางปฏิบัติ โดยปรับค่าสถิติเฟนสของเสาของโครงสร้างเริ่มต้น แต่คงค่าสถิติเฟนสของคานไว้เท่าเดิม โดยปรับค่าสถิติเฟนสของโครงสร้างทางปฏิบัติให้ใกล้เคียงกับ ค่าสถิติเฟนสเหมาะสมมากที่สุด ค่าสถิติเฟนสที่ได้จะเป็น ค่าสถิติเฟนสของโครงสร้างทางปฏิบัติ
5. วิเคราะห์โครงสร้างทั้ง 3 แบบ ได้แก่ โครงสร้างเริ่มต้น โครงสร้างเหมาะสม และโครงสร้างทางปฏิบัติเมื่อรับแรงแผ่นดินไหวและแรงลม โดยวิธีการทางพลศาสตร์แบบเชิงเส้น และเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างทั้ง 3 แบบ
6. ตรวจสอบสภาพไม่เชิงเส้นของโครงสร้าง โดยใช้สมมติฐานว่าโครงสร้างจะเกิดสภาพไม่เชิงเส้น เกิดขึ้นเมื่อเสาของโครงสร้างเกิดสภาพวิบัติ เนื่องจากเสารับแรงอัดในแนวแกนและแรงดัดรวมกันจนหน้าตัดของเสาเกิดสภาพวิบัติ ซึ่งจุดที่เสาเกิดสภาพวิบัติถือว่าเป็นจุดคราก (Yield point) ในขณะที่โครงสร้างรับแรงกระทำจากภายนอก แล้วมีค่าการเคลื่อนที่มากกว่าค่าการเคลื่อนที่ที่จุดคราก ( $u_y$ ) เกิดขึ้น ถือว่าเกิดสภาพไม่เชิงเส้นขึ้นในโครงสร้างนั้น
7. เมื่อตรวจสอบพบว่าเกิดสภาพไม่เชิงเส้นขึ้นในโครงสร้าง ทำการวิเคราะห์โครงสร้างนั้นโดยวิธีทางพลศาสตร์แบบไม่เชิงเส้น ซึ่งรูปแบบของสภาพไม่เชิงเส้นแสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งรูปแบบสภาพไม่เชิงเส้นดังกล่าว เป็นรูปแบบโดยประมาณที่ประมาณเกินความเป็นจริง (Overestimate) โดยที่รูปแบบไม่เชิงเส้นที่แท้จริงจะมีความยุ่งยากในการคำนวณมากกว่า



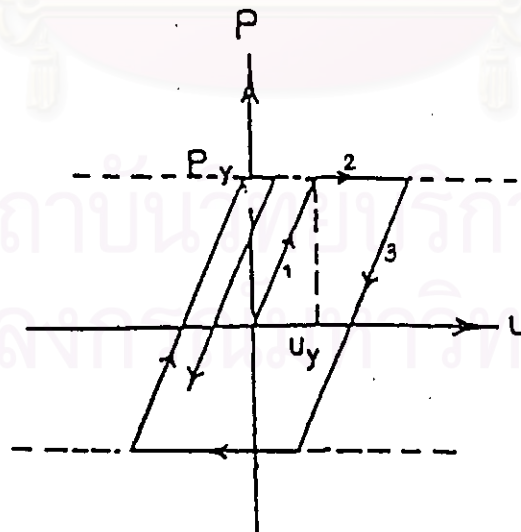
รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นดังรูปที่ 4.2 ประกอบไปด้วย

- 7.1 เมื่อโครงสร้างรับแรงกระทำ (Loading) หรือ สดแรงกระทำ (Unloading) โดยที่ค่าการเคลื่อนที่ของโครงสร้างน้อยกว่า ค่าการเคลื่อนที่ที่จุดคราก ( $|u(t)| < u_y$ ) แสดงว่าโครงสร้างอยู่ในสถานะเชิงเส้น (เช่นเส้นที่ 1)
- 7.2 การใส่แรงกระทำ แล้วทำให้โครงสร้างมีการเคลื่อนที่มากกว่า การเคลื่อนที่ที่จุดคราก ( $u(t) > u_y$ ) และความเร็วของโครงสร้าง ( $\dot{u}(t)$ ) ไม่เปลี่ยนเครื่องหมาย แสดงถึงโครงสร้างเปลี่ยนสภาพเข้าสู่ สภาพไม่เชิงเส้น โดยที่ค่าสตีเฟนสของโครงสร้างมีค่าเท่ากับศูนย์ ( $k = 0$ ) (เช่นเส้นที่ 2)
- 7.3 การลดแรงกระทำต่อโครงสร้าง ในขณะที่โครงสร้างอยู่ในสภาพไม่เชิงเส้น และความเร็วของโครงสร้างมีการเปลี่ยนเครื่องหมาย จะทำให้โครงสร้างกลับเข้าสู่สภาพเชิงเส้นอีกครั้ง (เช่นเส้นที่ 3)

ซึ่งรูปแบบไม่เชิงเส้นนี้ เป็นไปในลักษณะเดียวกันไม่ว่าโครงสร้างรับแรงดึงหรือแรงอัด

8. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเมื่อรับแรงกระทำภายนอก



รูปที่ 4.2 รูปแบบสภาพไม่เชิงเส้น (Nonlinear model)

## 4.2 กรณีศึกษา

แบบจำลองโครงสร้างที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ จะเป็นโครงสร้างอาคารสมมาตร คือ มีช่วงกว้าง 3 ช่วง ช่วงละ 6 ม. มีความลึก 3 ช่วง ช่วงละ 6 ม. โดยมีความสูง 4 ชั้น 10 ชั้น และ 20 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีความสูงเท่ากัน คือ 3.5 ม. ซึ่งโครงสร้างอาคารดังกล่าวเป็นโครงสร้างที่พบได้โดยทั่วไปในกรุงเทพมหานคร

ซึ่งคุณสมบัติของโครงสร้างเริ่มต้นของอาคารที่ใช้ในวิทยานิพนธ์แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติโครงสร้างเริ่มต้นของอาคาร 4 ชั้น 10 ชั้น และ 20 ชั้น

อาคาร (ชั้น)	ความสูงแต่ละชั้น (ม.)	ขนาดเสา (ม. x ม.)	ขนาดคาน (ม. x ม.)	คาบการเคลื่อนที่ (วินาที)	ความหนาของพื้น (ม.)
4	3.5	0.35 x 0.35	0.25 x 0.50	0.95	0.15
10	3.5	0.60 x 0.60	0.25 x 0.50	1.67	0.15
20	3.5	0.80 x 0.80	0.25 x 0.50	3.16	0.15

โครงสร้างในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็น โครงสร้าง 3 มิติ ซึ่งมีลักษณะสมมาตร ทำให้เราสามารถรวบรวมโครงสร้างให้เป็นโครงสร้าง 2 มิติได้ และจากนั้นเราสามารถรวบรวมโครงสร้างจากโครงสร้างหลายช่วงให้เป็นโครงสร้างช่วงเดียวได้ ซึ่งเรียกโครงสร้างนี้ว่า โครงสร้างทดแทน(Substitute frame) แต่อย่างไรก็ตามโครงสร้างทดแทนนี้ยังคงให้ค่าสติฟเนสของโครงสร้างมีขนาดใหญ่อยู่ ดังนั้นเราจึงทำการรวบรวมโครงสร้างทดแทนในแนวตั้ง (Vertical lumping) อีกครั้งเพื่อลดขนาดของสติฟเนสของโครงสร้างทดแทนให้เล็กลง เพื่อให้การวิเคราะห์สามารถทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งวิธีการรวบรวมโครงสร้างหลายช่วงให้เป็นโครงสร้างทดแทนและการรวบรวมโครงสร้างในแนวตั้ง ได้แสดงในภาคผนวก ค. แผนผังของโครงสร้างเริ่มต้นและรูปด้านของโครงสร้างที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้แสดงในรูปที่ 4.3 ถึง รูปที่ 4.5 ส่วนคุณสมบัติของโครงสร้างอาคาร 10 ชั้น และ 20 ชั้น ภายหลังจากรวบรวมในแนวตั้งได้แสดงดังตารางที่ 4.2

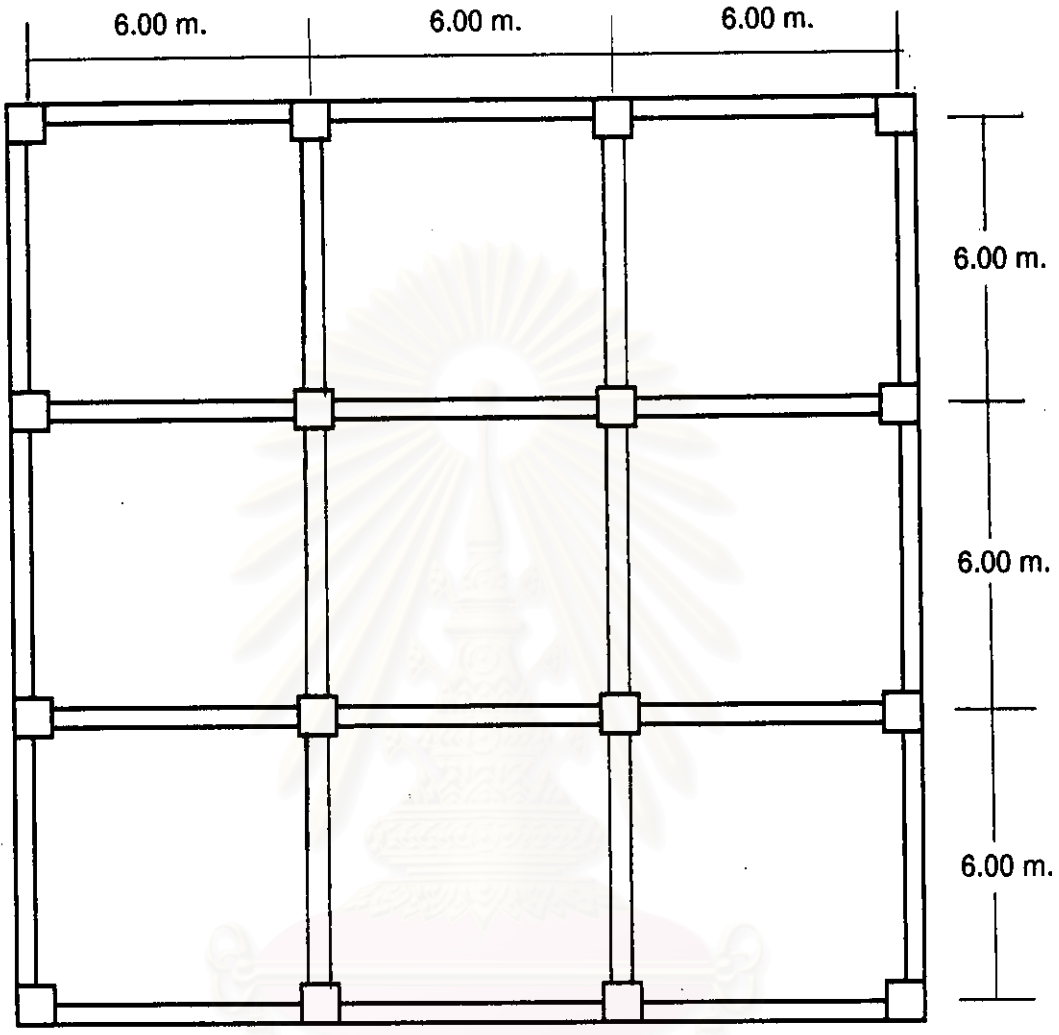
ในการให้หลักการพลังงาน โดยรูปร่างการกระจายพลังงานเข้าสู่โครงสร้างเนื่องจากแรงลมและแรงแผ่นดินไหว แสดงดัง รูปที่ 4.7 รูปที่ 4.8 รูปที่ 4.9 โดยการกระจายพลังงานเข้าสู่โครงสร้างทุกแบบจะมีพลังงานรวมกันทั้งหมดเท่ากับ 100 % ซึ่งรูปแบบการกระจายพลังงานนี้ นำมาจาก Ohno และ Nishioka (1985)

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของโครงสร้างอาคาร 10 และ 20 ชั้น หลังการรวมโครงสร้าง

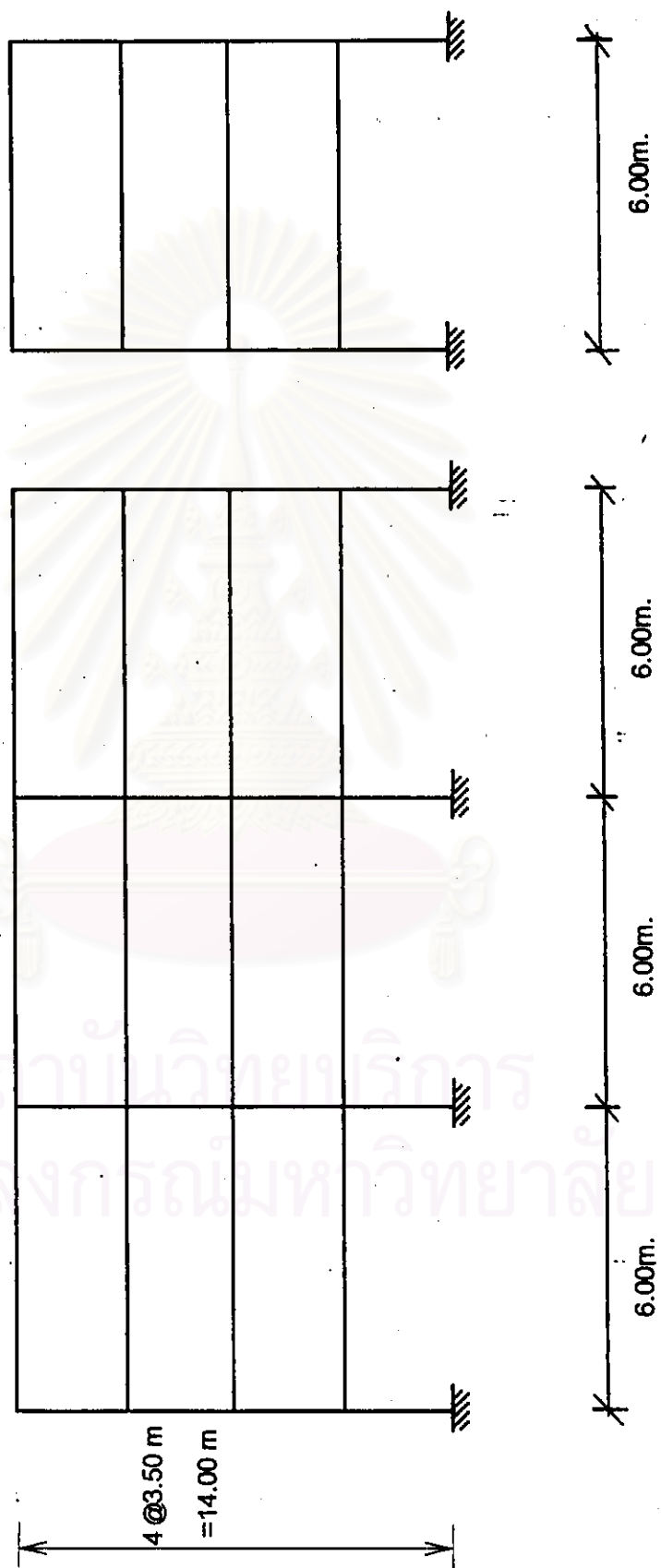
	โครงสร้างรวมของอาคาร 10 ชั้น ขนาดเสา, คาน และความสูง (ม.ม., ม.ม., ม.)	โครงสร้างรวมของอาคาร 20 ชั้น ขนาดเสา, คาน และความสูง (ม.ม., ม.ม., ม.)
จุดที่ 1	0.6 x 0.6 , 0.25 x 0.50 , 3.50	0.8 x 0.8 , 0.25 x 0.50 , 3.50
จุดที่ 2	0.6 x 0.6 , 0.25 x 0.50 , 3.50	1.13 x 1.13 , 0.75 x 0.50 , 7.00
จุดที่ 3	0.85 x 0.85, 0.75 x 0.50 , 7.00	1.38 x 1.38 , 0.75 x 0.50 , 10.50
จุดที่ 4	1.04 x 1.04 , 0.75 x 0.50 , 10.50	1.38 x 1.38 , 0.75 x 0.50 , 10.50
จุดที่ 5	0.85 x 0.85, 0.75 x 0.50 , 7.00	1.38 x 1.38 , 0.75 x 0.50 , 10.50
จุดที่ 6	0.6 x 0.6 , 0.25 x 0.50 , 3.50	1.38 x 1.38 , 0.75 x 0.50 , 10.50
จุดที่ 7	-	1.38 x 1.38 , 0.75 x 0.50 , 10.50
จุดที่ 8	-	1.13 x 1.13 , 0.75 x 0.50 , 7.00

แรงลมที่ใช้กระทำต่อโครงสร้างนั้นใช้ข้อมูลของนรินทร์ เอื้อศิริวรรณ (2538) ซึ่งได้ทำการรวบรวมข้อมูลแรงลมในประเทศไทย โดยแรงลมที่ใช้คือ แรงลมที่กรุงเทพฯ ซึ่งมีความเร็วลมเท่ากับ 37 ม./วินาที ที่ความสูงเกรเดียนท์ 366 ม. และใช้ลักษณะภูมิประเทศแบบชานเมือง (Sub-urban) หรือแบบ B ตาม National Building Code 1990

แรงแผ่นดินไหวที่ใช้ในการกระทำต่อโครงสร้าง ได้มาจากการจำลองคลื่นแผ่นดินไหว โดยโปรแกรม SIMQKE (1976) ซึ่งใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวของประเทศไทยที่ได้มีการบันทึกไว้ ซึ่งมีความเร่งสูงสุดที่พื้นผิว (Peak ground acceleration) เท่ากับ 0.14 เท่าของความโน้มถ่วงของโลก เป็นเวลา 30 วินาที



รูปที่ 4.3 รูปผังอาคาร 4 ชั้น 10 ชั้น และ 20 ชั้น  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



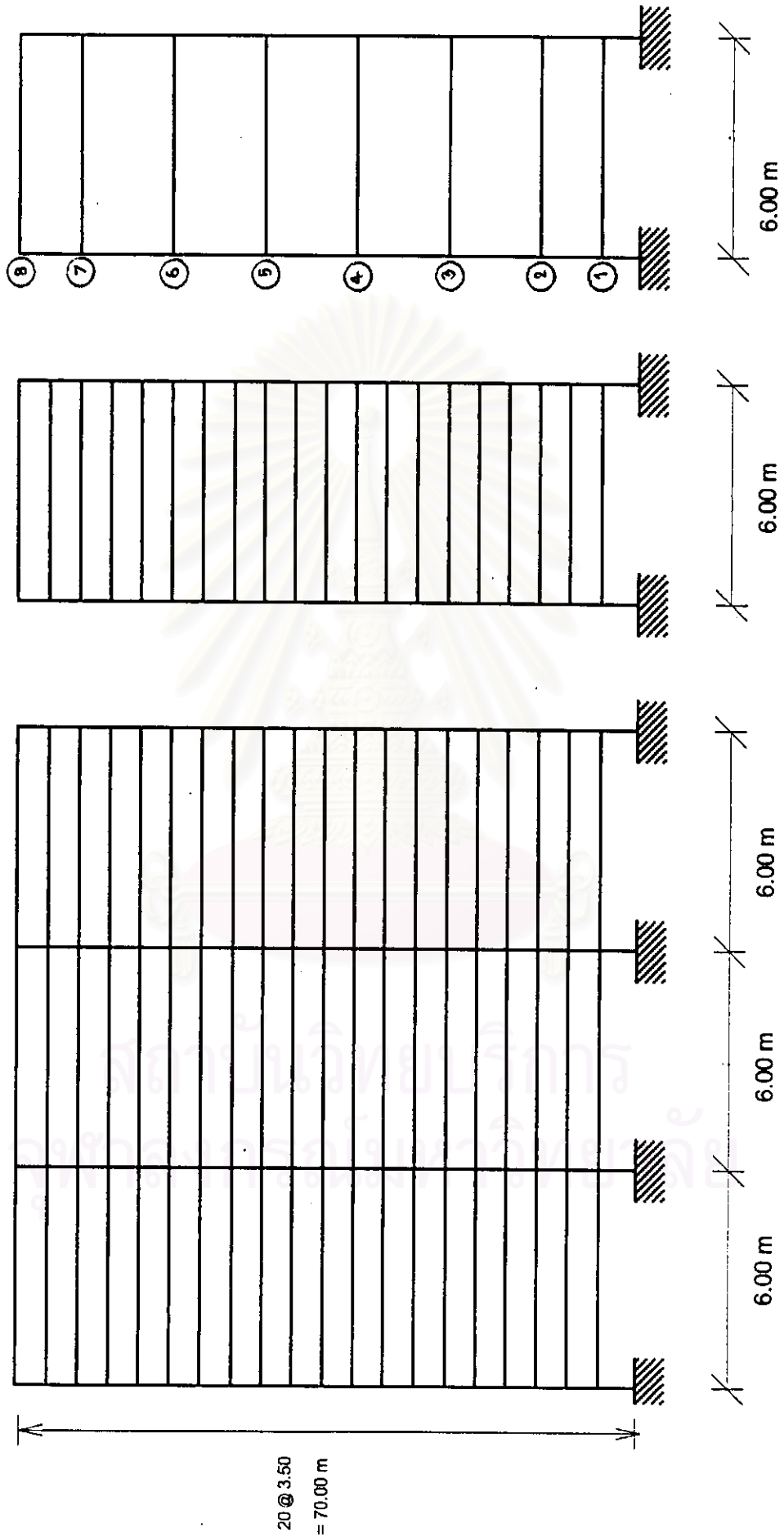
( ข. ) โครงสร้างทดแทน

( ก. ) โครงสร้างเริ่มต้น

รูปที่ 4.4 อาคาร 4 ชั้น





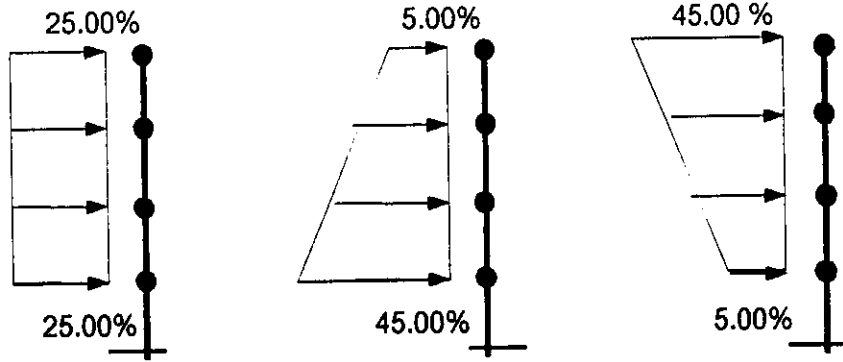


(ก.) โครงสร้างเริ่มต้น

(ข.) โครงสร้างทดแทน

(ค.) โครงสร้างรวมในแนวดิ่ง

รูปที่ 4.6 อาคาร 20 ชั้น

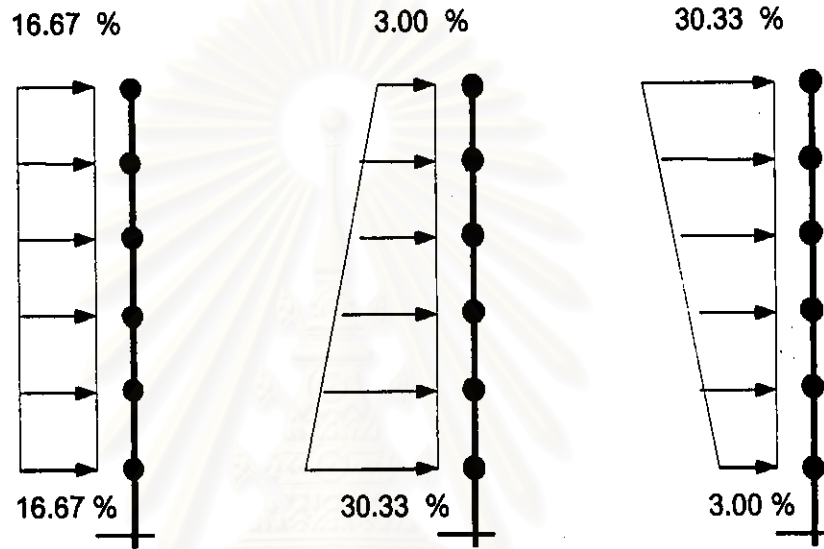


(ก.)

(ข.)

(ค.)

รูปที่ 4.7 การกระจายพลังงานสู่อาคาร 4 ชั้น

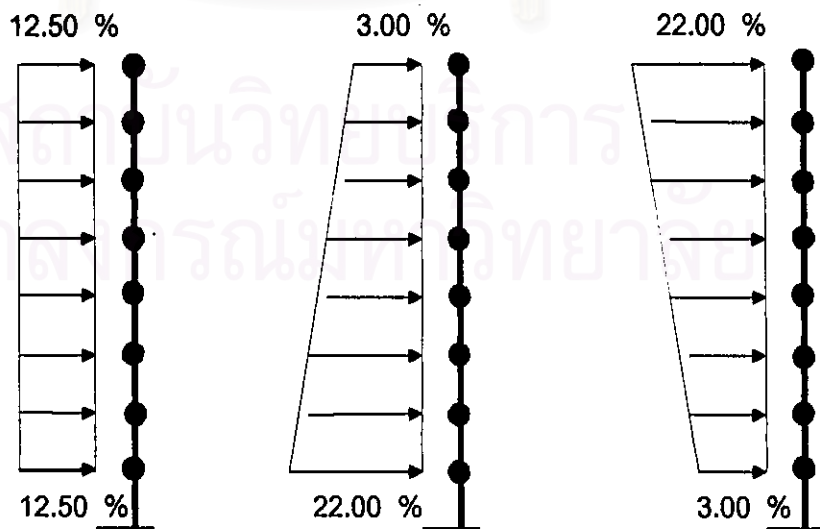


(ก.)

(ข.)

(ค.)

รูปที่ 4.8 การกระจายพลังงานสู่อาคาร 10 ชั้น



(ก.)

(ข.)

(ค.)

รูปที่ 4.9 การกระจายพลังงานสู่อาคาร 20 ชั้น