

บทที่ 4

อาคารตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาพฤติกรรมและรูปแบบความเสียหายของอาคารที่ไม่ได้ออกแบบเพื่อรับแรงแผ่นดินไหว ดังนั้น อาคารตัวอย่างที่ใช้จึงออกแบบโดยใช้ข้อกำหนดของสถาบันคอนกรีตแห่งอเมริกา ปี 1995 (American Concrete Institute, ACI 318-95) และไม่ได้คิดผลของแรงแผ่นดินไหว ซึ่งอาคารลักษณะดังกล่าวเป็นอาคารส่วนมากที่ก่อสร้างในประเทศไทย

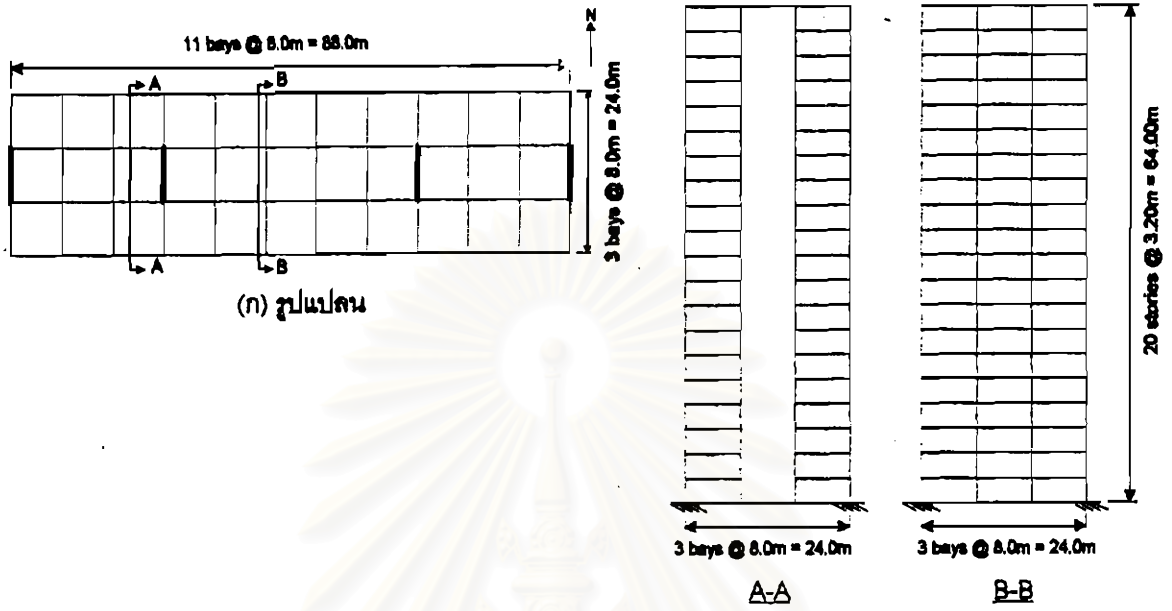
สำหรับบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับรูปร่างของอาคารตัวอย่าง การจำลองโครงสร้างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ตัวแปรต่างๆ และคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษา

4.1 อาคารตัวอย่าง

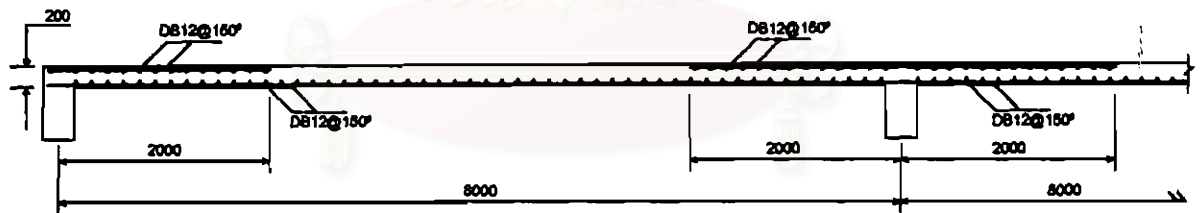
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในการศึกษาที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมของอาคารที่ก่อสร้างส่วนใหญ่ของประเทศ ซึ่งไม่ได้ออกแบบเพื่อรับแรงแผ่นดินไหว อาคารตัวอย่างที่ใช้จึงได้ออกแบบตามข้อกำหนดของสถาบันคอนกรีตแห่งอเมริกา ปี 1995 และไม่ได้คำนึงถึงแรงแผ่นดินไหว รูปแปลนและรูปด้านหน้าของอาคารตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.1 มีความสูง 20 ชั้น การออกแบบใช้น้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 250 กก. / ม.^2 คำนวณแรงลมตามวิธีของ ASCE 7-95 และมีผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นรอบอาคาร คิดเป็นน้ำหนัก 220 กก. / ม.^2 คอนกรีตที่ใช้มีกำลังอัด (f_c') 300 กก. / ซม.^2 ใช้เหล็กที่มีกำลังคราก (f_y) เท่ากับ 4000 กก. / ซม.^2 (SD40) สำหรับรายละเอียดของหน้าตัด แสดงดังรูปที่ 4.2

สำหรับการคำนวณแรงลมตามวิธี ASCE 7-95 ใช้ความเร็วลมเฉลี่ยในเวลานึงชั่วโมงที่ความสูง 10 เมตร สภาพภูมิประเทศแบบที่โล่ง คาบเวลากลับ 50 ปี เป็นค่าสำหรับประเทศไทยตอนกลาง มีความเร็วเท่ากับ 26.5 เมตร/วินาที จากการศึกษาของ P. Lukkunaprasit, P. Phiensusom, and N. Euasiriwan (1995) คิดเป็นความเร็วลมกระโชก 3 วินาที เท่ากับ 40.5 เมตร/วินาที (90.7 ไมล์/ชั่วโมง) สภาพภูมิประเทศที่ใช้เป็นแบบเมืองเล็ก (Exposure B) ใช้ค่าตัวประกอบความสำคัญเท่ากับ 1

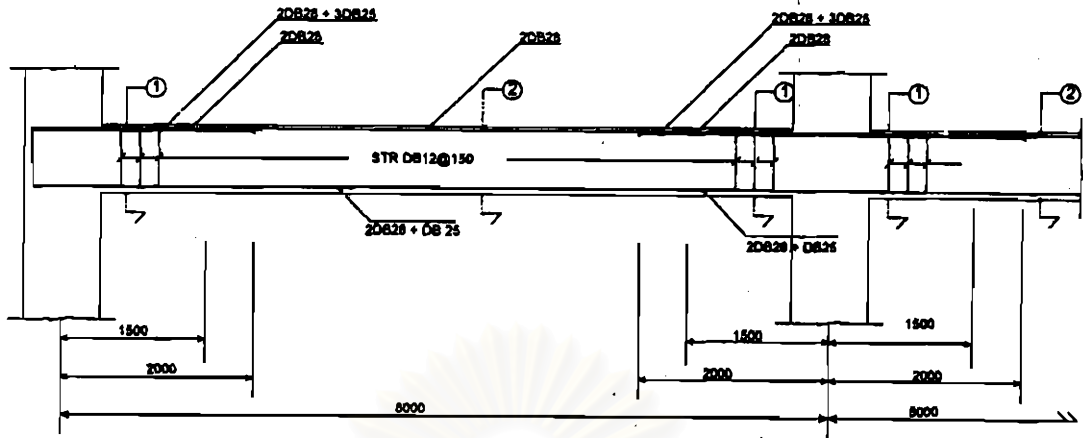
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



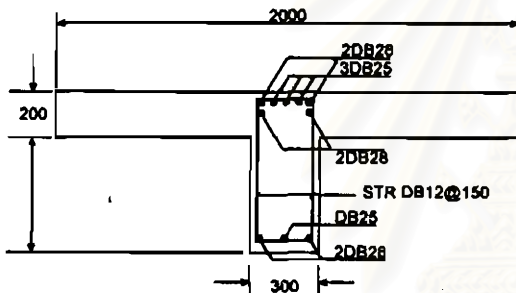
รูปที่ 4.1 รูปแปลนและรูปด้านหน้าของอาคารตัวอย่าง



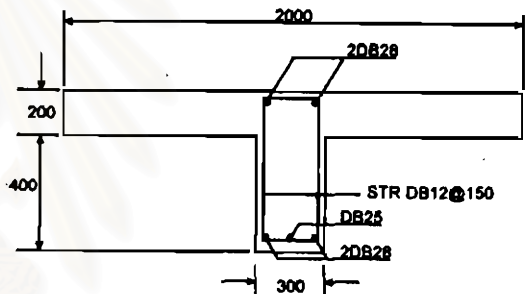
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ข) การเสริมเหล็กในคาน

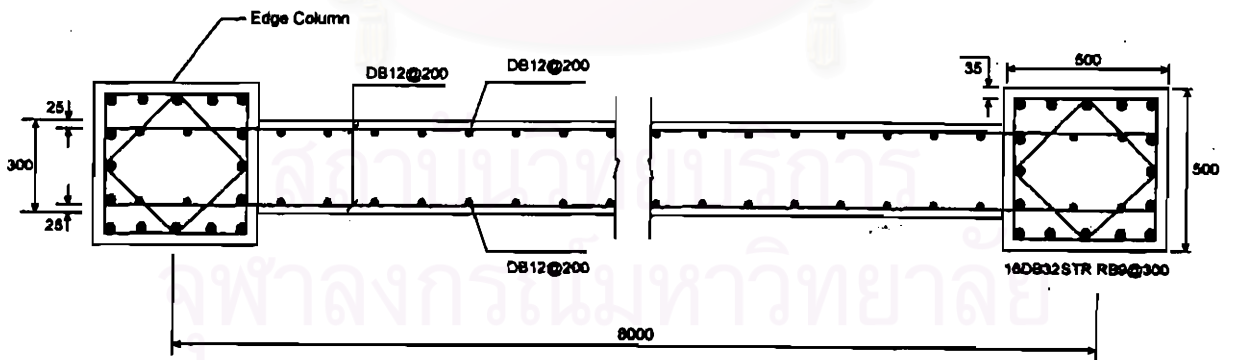


หน้าตัด 1-1

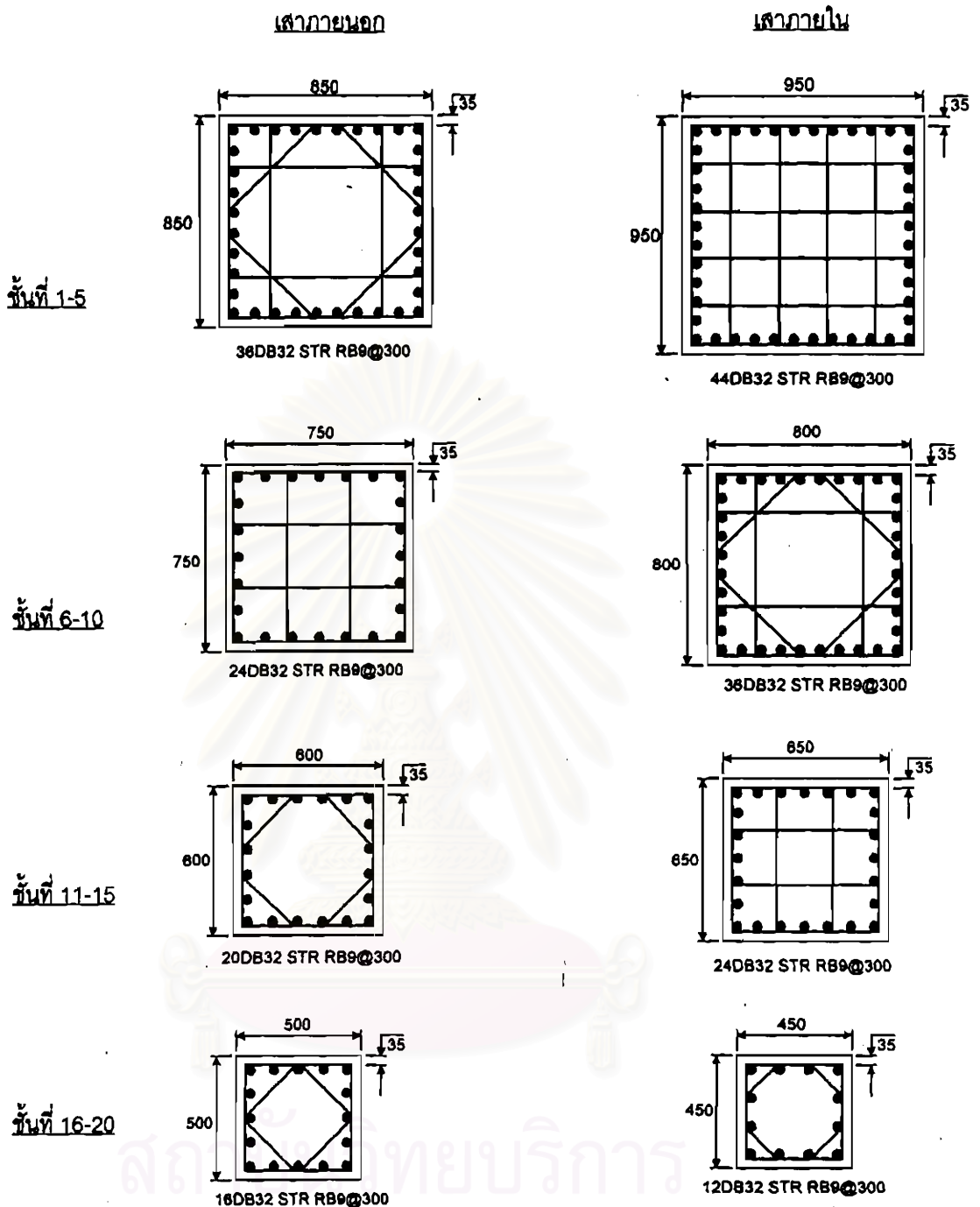


หน้าตัด 2-2

(ค) การเสริมเหล็กในหน้าตัดคาน



(ง) การเสริมเหล็กในหน้าตัดผนังรับแรงเฉือน



(จ) การเสริมเหล็กในหน้าตัดเสา
รูปที่ 4.2 รายละเอียดเหล็กเสริมในชั้นส่วนของอาคารตัวอย่าง

4.2 การจำลองอาคารตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

4.2.1 การจำลองอาคารตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม IDARC ในการวิเคราะห์ ซึ่งวิเคราะห์โครงสร้างแบบ 2 มิติเท่านั้น ดังนั้นจากอาคารตัวอย่างที่ได้ ต้องจำลองให้เป็นโครงสร้าง 2 มิติ โดยในงานวิจัยได้กำหนดให้แผ่นดินไหวกระทำตั้งฉาก

กับด้านยาวของอาคารตัวอย่าง นั่นก็คือหากพิจารณาตามรูป 4.1(ก) แผ่นดินไหวจะกระทำในทิศใดไปเหนือนั่นเอง จากรูปแปลนของอาคารตัวอย่าง จะเห็นได้ว่ามีโครงข้อแข็ง 3 โครงที่มีลักษณะแตกต่างกัน (รูปที่ 4.1) โดยโครง 1 เป็นโครงข้อแข็งที่มีผนังรับแรงเฉือนและเป็นโครงที่อยู่ด้านนอกของอาคาร โครงลักษณะเดียวกันนี้มี 2 โครง ส่วนโครง 2 เป็นโครงข้อแข็งธรรมดาไม่มีผนังเป็นโครงภายใน ซึ่งมีจำนวน 8 โครง และสุดท้ายโครง 3 มีลักษณะเดียวกันกับโครง 1 คือเป็นโครงข้อแข็งที่มีผนัง แต่เป็นโครงที่อยู่ภายใน มีจำนวน 2 โครง ในการคิดค่ามวลของโครงสร้างใช้วิธีการรวมน้ำหนักครึ่งชั้นบนและล่างไว้ที่ชั้น ดังนั้นสำหรับอาคารตัวอย่างนี้จะมีจำนวนตึกหรือความอิสระเท่ากับ 20 สำหรับค่าอัตราส่วนความหน่วงของโครงสร้างเท่ากับ 2% ของความหน่วงวิกฤติ ในทุกๆ โหมดของการสั่น

4.2.2 แบบจำลองฮิสเทอเรติก (Hysteretic model)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า โครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว และมีพฤติกรรมเป็นแบบไม่ยืดหยุ่น จะมีการลดลงของกำลังและสติเฟนส และจากโปรแกรม IDARC ได้สร้างแบบจำลองดังกล่าวขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายพฤติกรรม เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้จากการทำการทดลอง ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงมากและในประเทศไทยยังไม่มียานวิจัยทางด้านนี้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้อ้างอิงค่าดังกล่าวจากงานวิจัยในต่างประเทศ โดยพิจารณาเงื่อนไขของชิ้นส่วนให้ใกล้เคียงกัน ค่าตัวแปรดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.1

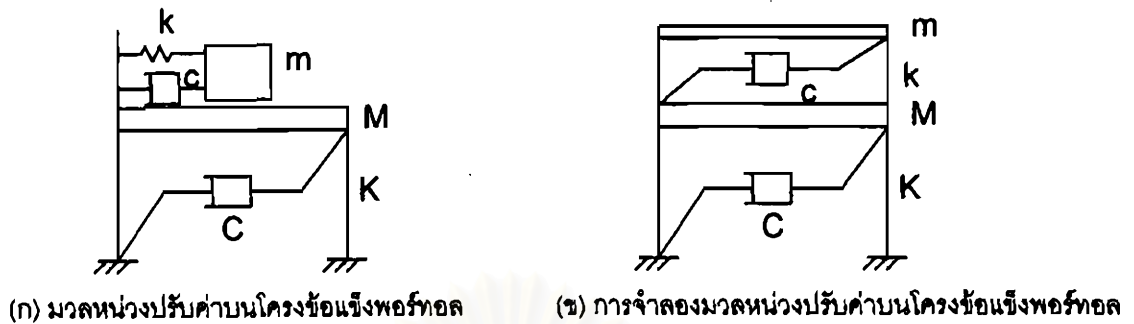
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของฮิสเทอเรติกที่ใช้ในการวิเคราะห์

ชิ้นส่วน	HC	HBD	HBE	HS	หมายเหตุ
คาน (ภายนอก)	1.5	0.0	0.150	0.3	REAL: Kunnath และคณะ (1995)
คาน (ภายใน)	1.5	0.0	0.150	0.5	CPR: Kunnath และคณะ (1995)
เสา	0.5	0.0	0.040	0.7	Bracci และคณะ (1995)
ผนัง (การตัด-หน้าตัดล่าง)	2.0	0.0	0.100	1.0	Reinhorn และคณะ (1988)
ผนัง (การตัด-หน้าตัดบน)	2.0	0.0	0.100	1.0	Reinhorn และคณะ (1988)
ผนัง (การเฉือน)	0.0	0.0	0.000	1.0	Reinhorn และคณะ (1988)

4.3 การจำลองมวลหน่วงปรับค่าติดตั้งไว้ที่ชั้นบนของอาคารตัวอย่าง

จากรูปที่ 4.3(ก) เป็นรูปแสดงการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าไว้บนโครงข้อแข็งพอร์ทัล (Portal frame) โดยที่โครงข้อแข็งมีสติเฟนส K , มวล M และความหน่วง C และมวลหน่วงปรับค่ามีสติเฟนส k , มวล m และความหน่วง c

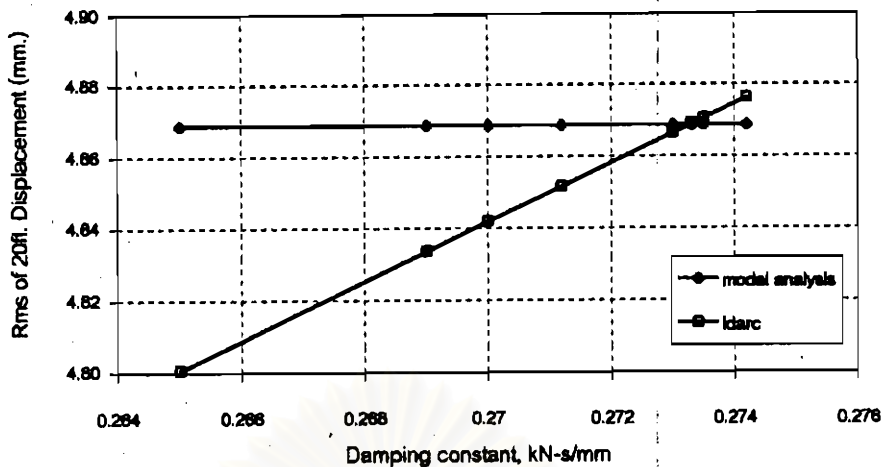
ตามลำดับ ในการจำลองมวลหน่วงปรับค่าเพื่อใช้โปรแกรม IDARC วิเคราะห์จะเป็นดังรูปที่ 4.3(ข) คือจำลองเป็นโครงสร้างอีก 1 ชั้นติดตั้งบนโครงสร้างเดิม และใช้ตัวหน่วงแบบ Visco-elastic ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหนึ่งของ IDARC



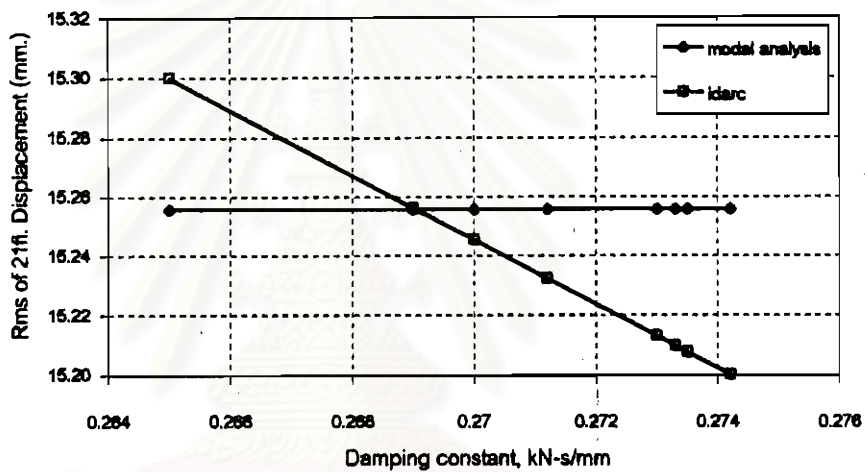
รูปที่ 4.3 การติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าบนโครงข้อแข็งพอร์ทอล

เนื่องจากในงานวิจัยใช้โปรแกรม IDARC ในการวิเคราะห์ ปัญหาที่พบในการจำลองมวลหน่วงปรับค่าเป็นชั้นบนสุดในโครงสร้างคือ ค่าความหน่วง เนื่องจากการกำหนดค่าความหน่วงของโปรแกรม IDARC จะกำหนดในรูปแบบของอัตราส่วนความหน่วงของทั้งโครงสร้าง ทำให้ค่าความหน่วงในส่วนนี้ไปรวมอยู่ในส่วนของมวลหน่วงปรับค่าด้วย ทำให้ได้ค่าความหน่วงที่มากกว่าค่าเหมาะสมที่ได้จากการคำนวณ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าความหน่วงดังกล่าวให้เป็นค่าเท่ากับค่าที่เหมาะสม

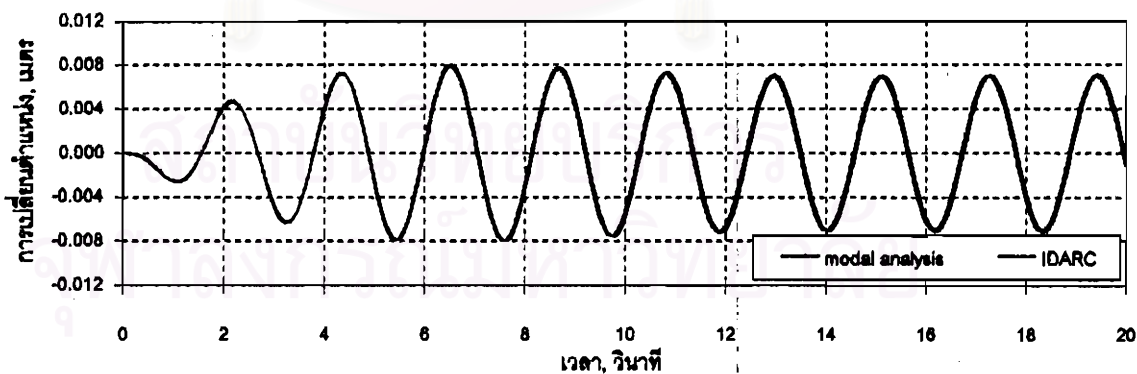
วิธีการปรับแก้ค่าความหน่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ค่อนข้างจะเป็นวิธีที่ตรงไปตรงมา โดยการจำลองอาคารตัวอย่างให้เป็นระบบที่มีดีกรีของความเป็นอิสระเท่ากับ 1 แล้วคำนวณค่าเหมาะสมสำหรับมวลหน่วงปรับค่า และทำการวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์แยกโหมด (Modal analysis) เนื่องจากอาคารตัวอย่างมีพฤติกรรมของโหมด 1 เป็นหลัก ดังนั้นจึงวิเคราะห์เฉพาะโหมดที่ 1 เท่านั้น โดยให้แรงกระทำที่ฐานเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine curve) และทำการวิเคราะห์หาการตอบสนองของระบบดังกล่าว (โครงสร้างโหมดที่ 1 ที่ติดตั้งมวลหน่วงปรับค่า) นำค่าการตอบสนองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าจากการวิเคราะห์อาคารตัวอย่างความสูง 20 ชั้น ที่ได้จากโปรแกรม IDARC ภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวที่ฐานเดียวกัน แล้วปรับค่าคงที่ความหน่วง (Damping constant) ของตัวยึด (Visco-elastic brace) ในชั้นของมวลหน่วงปรับค่า จนกระทั่งได้ค่าการตอบสนองที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แยกโหมด ซึ่งอาจพิจารณาจากค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการเปลี่ยนตำแหน่ง (Root-mean-square of displacement) ที่ชั้นบนสุดของโครงสร้างและชั้นของมวลหน่วงปรับค่า



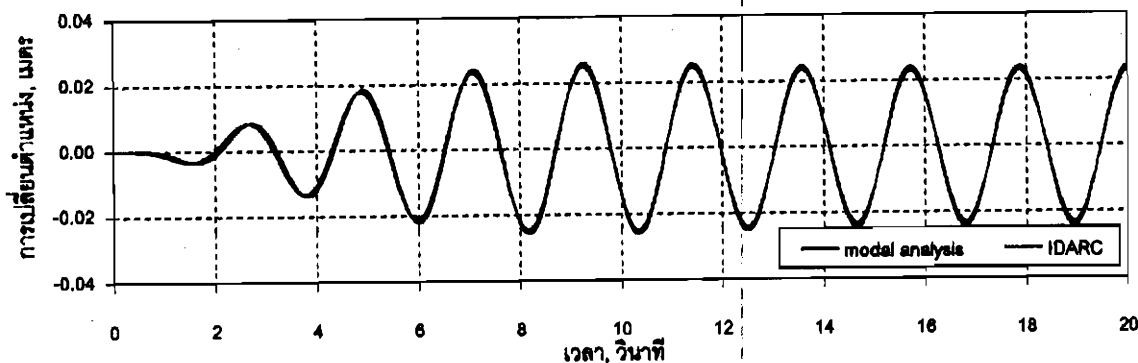
รูปที่ 4.4 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการเปลี่ยนตำแหน่งชั้น 20 กับค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง



รูปที่ 4.5 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการเปลี่ยนตำแหน่งชั้น 21 กับค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วง



รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนตำแหน่งที่ชั้น 20 ภายใต้แรงกระทำที่ฐานรูปโหนด

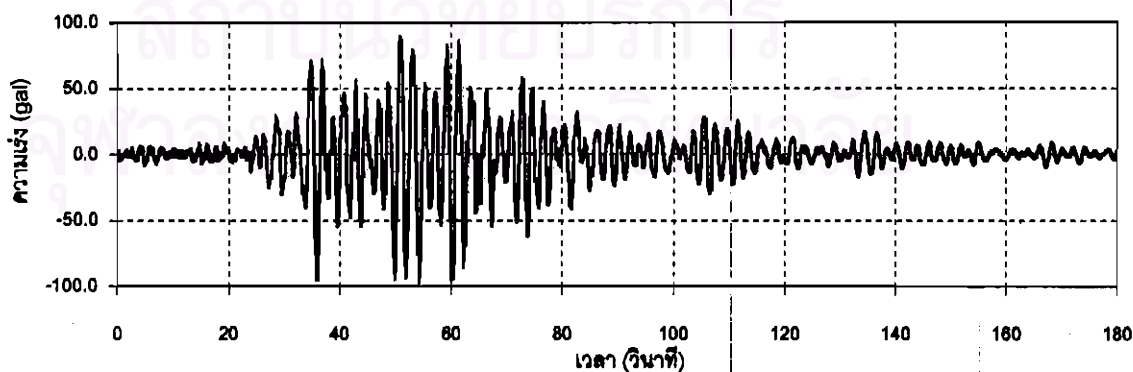


รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของมวลหน่วงปรับค่าเทียบกับโครงสร้างภายใต้แรงกระทำที่ฐานรูปไซน์

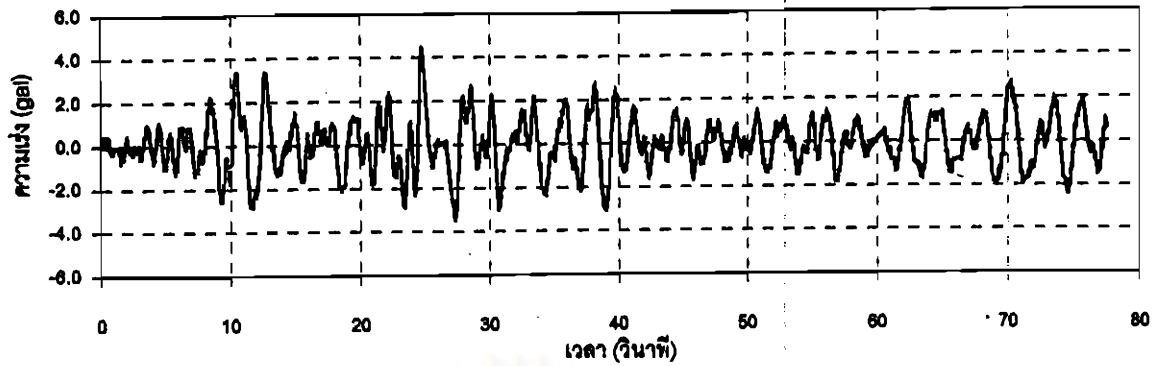
รูปที่ 4.4 และ 4.5 เป็นกราฟที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ขึ้น 20 และการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของมวลหน่วงปรับค่า ตามลำดับ จุดที่เส้นกราฟที่ได้จากโปรแกรม IDARC ตัดกับเส้นที่ได้จากการวิเคราะห์แยกใหม่ จะเป็นจุดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โดยโปรแกรม IDARC ซึ่งจากรูปทั้งสองพบว่าได้ค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยของค่าทั้งสอง ได้เท่ากับ 0.2712 กิโลนิวตัน-วินาที/มม. และเมื่อนำไปวิเคราะห์แล้วเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งกับเวลา ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7 พบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม IDARC ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แยกใหม่ ดังนั้นจึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความหน่วงดังกล่าว

4.4 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นการศึกษาอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีในประเทศไทย ดังนั้นคลื่นแผ่นดินไหวที่นำมาทำการวิจัย ต้องเป็นคลื่นที่มีโอกาสเกิดขึ้นในประเทศไทยและจากการที่มุ่งศึกษาที่กรุงเทพมหานครซึ่งมีลักษณะของชั้นดินอ่อน คล้ายกับกรุงเม็กซิโก ซึ่งเกิดแผ่นดินไหวเมื่อปี 1985 ดังนั้นจึงนำคลื่นที่วัดได้ในขณะนั้นมาใช้ในการวิจัยนี้ คือ คลื่น SCT-85 S00E และที่สำคัญได้นำคลื่นที่วัดได้ที่ฐานอาคารโยนหยก 1 คือ BYK-95 มาใช้ในการวิจัยด้วย รูปที่ 4.8 และ 4.9 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว SCT-85 และ BYK-95 ตามลำดับ



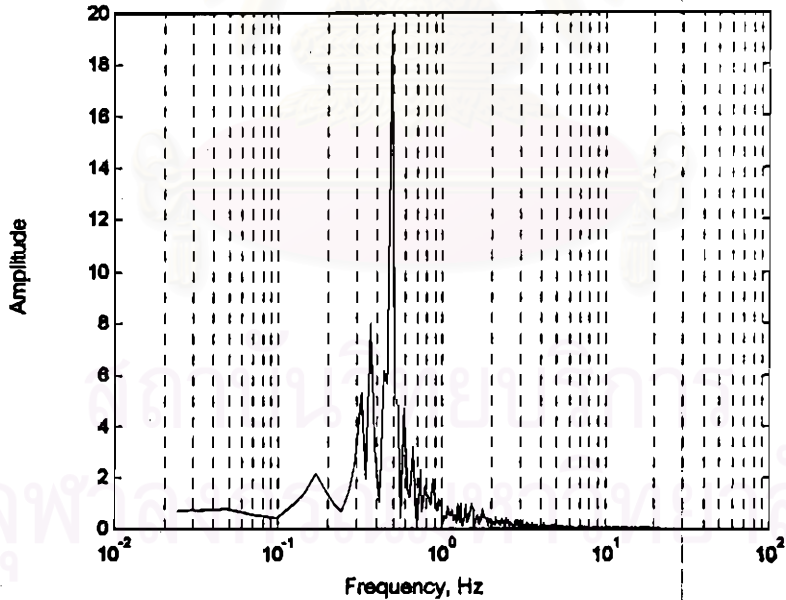
รูปที่ 4.8 คลื่นแผ่นดินไหวที่วัดได้ที่กรุงเม็กซิโก ปี 1985 (SCT-85 S00E)



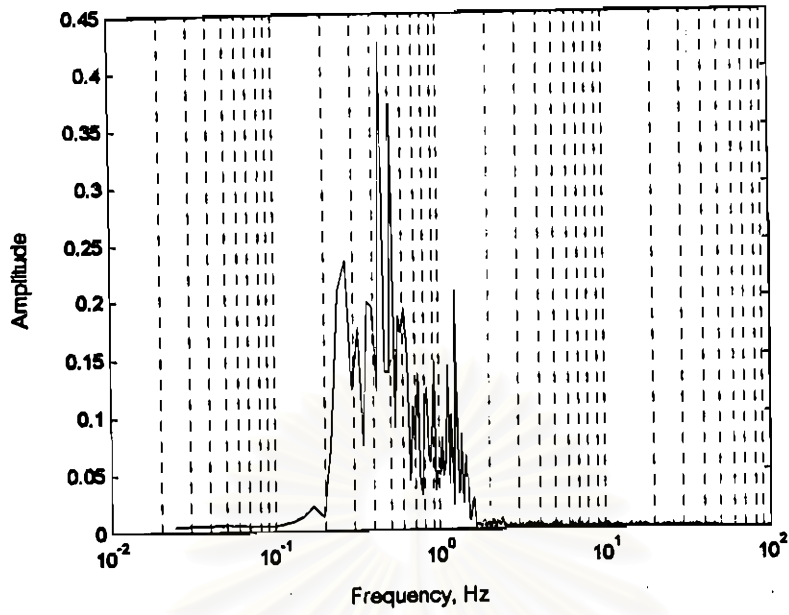
รูปที่ 4.9 คลื่นแผ่นดินไหวที่วัดได้ที่ฐานอาคารโบสถ์ 1 ปี 1995 (BYK-95)

จากรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นคลื่น SCT-85 จะเห็นว่าเป็นคลื่นที่เกิดรึ้นนานมาก แต่มีขนาดความเร่งมากเพียงช่วงเวลาสั้นๆ นั่นก็คือช่วงวินาทีที่ 20 ถึง 100 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำคลื่นในช่วงนั้นมาวิเคราะห์ เนื่องจากหากใช้เวลาดังกล่าวทั้งหมดจะทำให้เวลาในการคำนวณค่อนข้างนาน และขนาดความเร่งแผ่นดินไหวก็ไม่ใหญ่มาก สำหรับคลื่น BYK-95 ใช้ทั้งหมดในการคำนวณ เนื่องจากเป็นคลื่นที่ค่อนข้างมีขนาดสม่ำเสมอ และเวลาที่เกิดไม่นานประมาณ 80 วินาที

จากการวิเคราะห์หาค่าความถี่เด่นชัดของคลื่นแผ่นดินไหวทั้งสองด้วยวิธีการ FFT พบว่าคลื่น SCT-85 มีความถี่เด่นชัดประมาณ 0.49 เฮิรตซ์ และ BYK-95 มีค่าประมาณ 0.44 เฮิรตซ์ แสดงดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.10 ความถี่ของคลื่น SCT-85 S00E



รูปที่ 4.11 ความถี่ของคลื่น BYK-95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย