

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
สัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	8
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	10
2.1 ทฤษฎีพลศาสตร์ของโครงสร้าง	10
2.1.1 พลศาสตร์ของระบบหนึ่งตัวแปรอิสระ	10
2.1.2 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของอาคารในสามมิติ	12
2.1.3 การสั่นสะเทือนแบบอิสระ	18
2.1.3.1 การสั่นสะเทือนแบบอิสระของโครงสร้างอาคารหลายชั้น	18
2.1.4 เงื่อนไข Orthogonality	20
2.1.5 การวิเคราะห์หาแรงต้านข้างในแต่ละชั้นของโครงสร้าง	22
บทที่ 3 สรุปลักษณะอาคารตัวอย่างวิจัย	26
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	49
4.1 คาบธรรมชาติ (Natural Period)	49
4.1.1 กลุ่มอาคารที่มีระบบโครงสร้างแนวตั้งปกติ	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 กลุ่มอาคารที่โครงสร้างมีระบบคานถ่ายแรง (Transfer beam)	50
4.2 โหมดรูปร่าง (Mode Shapes)	51
4.3 การประมาณค่าคาบธรรมชาติในโหมดแรกของอาคารระบบพื้นไร้คาน	69
4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับอัตราส่วน ความสูงอาคาร ต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว ($H/\sqrt{D}$)	69
4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารยกกำลัง สามส่วนสี่ ($H^{3/4}$)	70
4.4 การกระจายแรงด้านข้างในแต่ละชั้นของอาคารระบบพื้นไร้คาน	74
4.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ	83
4.5.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคาบธรรมชาติ	83
4.5.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐาน ต่อน้ำหนักของอาคาร	84
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม XETABS95	90
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานของอาคาร	148
ภาคผนวก ค กฎกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหวและ สรุปรายละเอียดที่สำคัญของข้อกำหนดการคำนวณแรงแผ่นดินไหว ของ UNIFORM BUILDING CODE 1994	155
ภาคผนวก ง ผลของค่าสถิติเฟสและความกว้างประสิทธิผลของแผ่นพื้นไร้คาน ที่มีต่อค่าคาบธรรมชาติ	169
ประวัติผู้เขียน	172

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ตัวอย่างภัยพิบัติรุนแรงที่เกิดจากแผ่นดินไหวขนาดกลาง	2
1.2 แผ่นดินไหวขนาดกลางที่เคยตรวจวัดได้ในประเทศไทย	2
4.1 ค่าคาบการสั่นสะเทือนธรรมชาติ 6 โหมดแรกของอาคารเรียนระบบพื้นไร้คาน	49
4.2 ค่าความถี่ธรรมชาติ 6 โหมดแรกของอาคารเรียนระบบพื้นไร้คาน	50
4.3 พลังงานการสั่นสะเทือนในแต่ละโหมดของอาคารตัวอย่างวิจัย	74
4.4 เปรียบเทียบคาบการสั่นสะเทือนธรรมชาติ	83
4.5 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานต่อมวลของโครงสร้าง	84
ง-1 ผลของค่าสถิติเอนสเภาที่มีต่อค่าคาบธรรมชาติ	170
ง-2 ผลของขนาดความกว้างประสิทธิผลของพื้นไร้คานที่มีต่อค่าคาบธรรมชาติ	170

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ระบบหนึ่งตัวแปรอิสระ	10
2.2 การเคลื่อนที่ของโครงสร้างเนื่องจากแผ่นดินไหว	11
2.3 ลักษณะแปลนของอาคารความสูง N ชั้น	13
2.4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของโครงสร้างอาคาร N ชั้น	14
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดอ้างอิงของโครงข้อแข็ง i ใดๆ กับพิกัดอ้างอิงของอาคาร	16
2.6 สเปกตรัมการตอบสนองของอัตราเร่งสำหรับประเทศไทย	24
3.1 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 1 ถึง ชั้นที่ 12 ของอาคารตัวอย่างที่ 1	27
3.2 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 13 ของอาคารตัวอย่างที่ 1	28
3.3 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 1 และ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	30
3.4 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 3 และ 5 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	31
3.5 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 4 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	32
3.6 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 6 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	33
3.7 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 7 ถึง ชั้น 10 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	34
3.8 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 11 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	35
3.9 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 1 ถึง ชั้นที่ 7 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	37
3.10 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 8 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	38
3.11 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 9 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	39
3.12 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 10 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	40
3.13 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 4	41
3.14 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 9 ของอาคารตัวอย่างที่ 4	42
3.15 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	44
3.16 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	45
3.17 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 3 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	46
3.18 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 4 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	47
3.19 ลักษณะผังอาคารชั้นที่ 5-9 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	48

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.1 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 1	54
4.2 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 1	55
4.3 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 3 ของอาคารตัวอย่างที่ 1	56
4.4 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	57
4.5 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	58
4.6 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 3 ของอาคารตัวอย่างที่ 2	59
4.7 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	60
4.8 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	61
4.9 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 3 ของอาคารตัวอย่างที่ 3	62
4.10 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 4	63
4.11 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 4	64
4.12 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 3 ของอาคารตัวอย่างที่ 4	65
4.13 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 1 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	66
4.14 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 2 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	67
4.15 โหมครูปร่างการสันสะเทือนในโหมคที่ 3 ของอาคารตัวอย่างที่ 5	68
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงของอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว (กรณีพิจารณาเฉพาะอาคารตัวอย่างวิจัย)	72
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงของอาคารต่อรากที่สองของความยาวด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว (กรณีนำผลการศึกษาของ ยิ่งยง (2540) มาพิจารณาร่วม)	72
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารยกกำลังสามส่วนสี่ (กรณีพิจารณาเฉพาะอาคารตัวอย่างวิจัย)	73
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบธรรมชาติกับความสูงอาคารยกกำลังสามส่วนสี่ (กรณีนำผลการศึกษาของ ยิ่งยง (2540) มาพิจารณาร่วม)	73
4.20 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 1	75

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.21 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 1	75
4.22 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 2	76
4.23 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 2	76
4.24 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 3	77
4.25 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 3	77
4.26 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 4	78
4.27 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 4	78
4.28 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านสั้นของอาคารตัวอย่างที่ 5	79
4.29 การกระจายแรงด้านข้างในทิศด้านยาวของอาคารตัวอย่างที่ 5	79
4.30 การกระจายแรงเฉือนแบบสะสมในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 1	80
4.31 การกระจายแรงเฉือนแบบสะสมในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 2	80
4.32 การกระจายแรงเฉือนแบบสะสมในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 3	81
4.33 การกระจายแรงเฉือนแบบสะสมในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 4	81
4.34 การกระจายแรงเฉือนแบบสะสมในแต่ละชั้นของอาคารตัวอย่างที่ 5	82
ง-1 ผลของค่าสถิติเฟนสเสที่มีต่อค่าคาบธรรมชาติ	171
ง-2 ผลของขนาดความกว้างประสิทธิผลของพื้นไร้คานที่มีต่อค่าคาบธรรมชาติ	171

อักษรย่อและสัญลักษณ์

c	= ค่าคงที่ของการหน่วง
C_n	= เจเนอรัลไลซ์การหน่วงของโหมดที่ n
D	= ความยาวอาคารด้านที่ขนานกับทิศทางแผ่นดินไหว
d_i	= ระยะทางแกน y จากโครงข้อแข็งที่ i ถึงจุดศูนย์กลางมวลแต่ละชั้น
e_i	= ระยะทางแกน x จากโครงข้อแข็งที่ i ถึงจุดศูนย์กลางมวลแต่ละชั้น
f	= ความถี่ในการสั่นสะเทือน
f_D	= แรงหน่วง
f_D	= แรงหน่วง
f_s	= แรงยึดหยุ่น
H	= ความสูงของอาคาร
I_o	= โมเมนต์เฉื่อยของมวล
k	= สติฟเนสของโครงสร้าง
K_n	= สติฟเนสที่เจเนอรัลไลซ์ของโหมดที่ n
m	= มวลของอาคาร
M_n	= มวลที่เจเนอรัลไลซ์ของโหมดที่ n
$P_{eff}(t)$	= แรงแผ่นดินไหวประสิทธิผล (Effective Earthquake Force)
$P(t)$	= แรงภายนอก
S_d	= สเปกตรัมการตอบสนองของการเคลื่อนที่
S_a	= สเปกตรัมการตอบสนองของอัตราเร่ง
T	= คาบเวลาของการสั่นสะเทือน
v	= การเคลื่อนที่ของระบบ
$\dot{v}$	= ความเร็วในการเคลื่อนที่
$\ddot{v}$	= ความเร่งในการเคลื่อนที่
$\ddot{v}_g$	= ความเร่งที่ผิวดิน

Y	= แอมพลิจูดของการเคลื่อนที่
v	= แรงเฉือนที่ฐานของอาคาร
μ	= อัตราส่วนความเหนียวของโครงสร้าง
ζ_n	= แฟกเตอร์ของการสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวในโหมดที่ n
ϕ	= รูปร่างของการสั่นสะเทือน (Vibration Shape) ของโครงสร้าง
ω_n	= ความถี่ธรรมชาติเชิงมุม (Circular Natural Frequency)