สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**.....	1
	1.1ความสำคัญของปัญหา.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์.....	2
	1.3 คำถามการวิจัย.....	2
	1.4 สมมุติฐานการจัย.....	3
	1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัย.....	3
	1.6 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
	1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	4
	1.8 นิยามศัพท์.....	4
2	**วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**.....	5
	2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงสถิตไม่เชิงเส้นหรือการผลักอาคารแบบไม่เชิงเส้น.....	5
	2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลักอาคารแบบวัฏจักร.....	9
	2.3 แบบจำลองโครงสร้าง.....	12
	2.4 การวิเคราะห์พลศาสตร์ไม่เชิงเส้น.....	13
	2.5 ความคิดพื้นฐานของสเปคตรัมการออกแบบสำหรับความเสียหายคงที่.....	15
	2.6 ความคิดพื้นฐานของตัวประกอบการลดกำลังสำหรับความสียหายคงที่.....	16
	2.7 ความคิดพื้นฐานของแผนผังความต้องการกำลังสำหรับค่าความเสียหายคงที่	17
	2.8 ความคิดพื้นฐานของวิธีการสเปคตรัมของความสามารถ.....	20
	2.9 การตรวจสอบสมรรถนะของโครงสร้างอาคารโดยหลักการ	

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ความเสียหายคงที่.....	24
	2.10 การประเมินความเสียหายของโครงสร้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว.....	25
	2.11 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
	2.12 สรุป.....	34
3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**.....	35
	3.1 รูปแบบการวิจัย.....	35
	3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	35
	3.3 เครื่องมือการวิจัย.....	36
	3.4 คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง.....	36
	3.5 การใช้รูปแบบประวัติเวลาของแรงกระทำหรือการเคลื่อนที่สำหรับการผลักแบบวัฏจักร.....	40
	3.6 แบบจำลองพฤติกรรมโครงสร้าง.....	44
	3.7 การวิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่สูงสุดในการผลักแบบวัฏจักร.....	45
	3.8 การวิเคราะห์ความเสียหายจากแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร.....	46
4	**ผลการวิเคราะห์**.....	49
	4.1 อาคารตัวอย่างในการศึกษา.....	49
	4.1.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Modal Pushover Analysis.....	54
	4.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Cyclic Pushover Analysis.....	57
	4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของยอดอาคาร.....	61
	4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	70

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	74
	4.5 ค่าดัชนีความเสียหาย.....	78
5	**สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ**.....	87
	5.1 สรุปการดำเนินงานวิจัย.....	87
	5.2 สรุปผลการวิจัย.....	88
	5.3 อภิปรายผล.....	90
	5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	90
	บรรณานุกรม.....	91
	ภาคผนวก.....	101
	ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	112

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แบบจำลองของค่าตัวประกอบการลดกำลัง.....	19
2	คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์พลศาสตร์ไม่เชิงเส้นสำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย.....	37
3	คลื่นแผ่นดินไหวที่ปรับค่าเทียบเท่ากับมาตรฐาน มยผ.1302.....	40
4	รูปแบบการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory type protocol).....	41
5	ค่าการผลักให้อาคารเคลื่อนที่ไปในแต่ละรอบรูปแบบ ATC-24.....	42
6	ค่าการผลักให้อาคารเคลื่อนที่ไปในแต่ละรอบแบบ ISO.....	42
7	ค่าการผลักให้อาคารเคลื่อนที่ไปในแต่ละรอบแบบ SPD.....	43
8	ค่าการผลักอาคารแบบวัฏจักรสำหรับรูปแบบ ISO.....	47
9ก	การวิเคราะห์แรงสำหรับการเคลื่อนที่ในโหมดที่ 1.....	53
9ข	การวิเคราะห์แรงสำหรับการเคลื่อนที่ในโหมดที่ 2.....	53
9ค	การวิเคราะห์แรงสำหรับการเคลื่อนที่ในโหมดที่ 3.....	54
10	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณด้วยโปรแกรม Bispec.....	61
11	ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดที่ยอดอาคาร.....	62
12	ค่า PDRD และความถี่ของข้อมูล.....	63
13	ช่วงของค่า PDRD และความถี่ของข้อมูล.....	64
14	ค่าความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าการเคลื่อนที่สูงสุดที่ยอดอาคาร.....	69
15	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าการเคลื่อนที่สูงสุดที่ยอดอาคาร.....	69
16	ค่าความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
17	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	73
18	ค่าความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	77
19	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	77
20	ค่าประวัติการเคลื่อนที่สำหรับการผลักแบบวัฏจักรเทียบกับคลื่นแผ่นดินไหว IMP-1.....	78

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แรงกระทำผลักอาคารแบบวัฏจักรสำหรับโหมดที่ 1 และ 2.....	11
2	การเปลี่ยนจากกราฟการผลักอาคารแบบวัฏจักรเป็นกราฟค่าอัตราเร่งเสมือน และค่าการเคลื่อนที่เสมือน	11
3	สเปคตรัมผลตอบสนองที่ใช้ออกแบบและผลจากคลื่นแผ่นดินไหวจริง.....	13
4	สเปคตรัมผลตอบสนองที่ใช้ออกแบบและผลจากคลื่นแผ่นดินไหวจำลอง.....	14
5	ค่าความต้องการกำลังระบบอิลาสติกและระบบความเสียหายคงที่.....	17
6ก	Strength Demand Spectrum	17
6ข	Strength Demand Diagram.....	17
7	แผนผังความต้องการกำลังสำหรับความเสียหายคงที่สำหรับชั้นดินอ่อน $\mu = 4$	20
8	การคำนวณหาแผนผังความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคาร.....	21
9	วิธีการสเปคตรัมของความสามารถ	22
10	วิธีการสเปคตรัมของความสามารถปรับปรุงใหม่	23
11	การหาจุดสมรรถนะของวิธีการสเปคตรัมของความสามารถปรับปรุงใหม่ โดย FEMA-440	23
12	การหาสมรรถนะของโครงสร้างโดยหลักการความเสียหายคงที่	24
13	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปคตรัมสำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไท.....	38
14	ค่าเฉลี่ยของความเร่งตอบสนองเชิงสเปคตรัมและกราฟการออกแบบ ตาม มยผ.1302-52.....	39
15	กราฟปรับค่าของความเร่งตอบสนองเชิงสเปคตรัมและกราฟการออกแบบ ตาม มยผ.1302-52.....	39

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
16	กราฟประวัติการเคลื่อนที่แบบการทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....	41
17	กราฟประวัติการเคลื่อนที่แบบ ATC-24.....	42
18	กราฟประวัติการเคลื่อนที่แบบ ISO.....	43
19	กราฟประวัติการเคลื่อนที่แบบ SPD.....	44
20	แบบจำลองพฤติกรรมโครงสร้าง.....	45
21	ผังอาคารที่พักอาศัยสูง 9 ชั้น	50
22	รูปตัดของอาคารเรียนสูง 5 ชั้น	51
23	รูปร่างการสั่นในแต่ละรูปแบบ (mode shape) ทั้ง 3 รูปแบบ.....	52
24	กราฟการผลักอาคาร (Pushover Curve) Mode 1.....	54
25	กราฟความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับการผลัก Mode 1.....	55
26	กราฟความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับการผลัก Mode 2.....	56
27	กราฟความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับการผลัก Mode 3.....	56
28	กราฟการผลักอาคารแบบวัฏจักร (LAB Type).....	57
29	กราฟการผลักอาคารแบบวัฏจักร (ATC -24).....	58
30	กราฟการผลักอาคารแบบวัฏจักร (ISO).....	58
31	กราฟการผลักอาคารแบบวัฏจักร (SPD).....	59
32	กราฟความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวจากการผลักอาคารแบบวัฏจักร.....	60
33	กราฟ Bilinear ของ Capacity Spectrum จากการผลักอาคารแบบวัฏจักร.....	61
34	กราฟแท่งสำหรับค่าอัตราส่วนการเคลื่อนที่บนยอดอาคารภายใต้แรงกระทำแบบต่างๆ	65
35	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเคลื่อนที่สูงสุดและค่าความเร็ว เทียบเท่า $V_I(\mu = 4)$	66
36	กราฟความคลาดเคลื่อนของค่าการเคลื่อนที่สูงสุดสำหรับการผลัก CPA (LAB Type)	

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
	.....	67
37	กราฟความคลาดเคลื่อนของค่าการเคลื่อนที่สูงสุดสำหรับการผลัก ATC-24.....	67
38	กราฟความคลาดเคลื่อนของค่าการเคลื่อนที่สูงสุดสำหรับการผลัก ISO.....	68
39	กราฟความคลาดเคลื่อนของค่าการเคลื่อนที่สูงสุดสำหรับการผลัก ISO.....	68
40	ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (LAB Type).....	71
41	ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (ATC-24).....	71
42	ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (ISO).....	72
43	ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (SPD).....	72
44	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (LAB Type).....	75
45	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (ATC-24)	75
46	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (ISO).....	76
47	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับ การผลัก Cyclic Pushover (SPD).....	76
48	การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายสำหรับการผลักแบบวัฏจักร (LAB-Type) และ Nonlinear Time History Analysis (IMP-1).....	79
49	การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายสำหรับการผลักแบบวัฏจักร ATC-24 และ Nonlinear Time History Analysis (IMP-1).....	80

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
50	การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายสำหรับการผลักแบบวัฏจักร ISO และ Nonlinear Time History Analysis (IMP-1).....	81
51	การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายสำหรับการผลักแบบวัฏจักร SPD และ Nonlinear Time History Analysis (IMP-1).....	82
52	การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายสำหรับการผลักแบบรวมโหมด (MPA-3modes) และ Nonlinear Time History Analysis (IMP-1).....	83

รายการสัญลักษณ์

A_n	ขนาดอัตราเร่งของคลื่นแผ่นดินไหว
$a_{\max}$	ค่าอัตราเร่งตอบสนองสูงสุดที่จุดสมรรถนะของโครงสร้าง
a_{eff}	ค่าอัตราเร่งตอบสนองประสิทธิผลที่สอดคล้องกับ T_{eff}
C	ความหน่วงของโครงสร้าง
C_{xm}	ค่าสัมประสิทธิ์แรงแผ่นดินไหวของแต่ละระดับชั้น x และแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
D	การเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างอาคาร
DI	ดัชนีความเสียหาย (Damage index)
$\overline{DI}$	ค่าระดับความเสียหายเป้าหมาย
$DI_{capacity}$	ค่าระดับความเสียหายของ Strength Capacity Diagram
DI_{demand}	ค่าระดับความเสียหายของ Strength Demand Diagram
E	พารามิเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพดินและพฤติกรรมของโครงสร้างแต่ละประเภท
E_h'	พลังงานที่ดูดซับภายใน (hysteretic energy) ของกราฟแรง-การเคลื่อนที่ครบ 4 รอบ
E_{hn}	พลังงานที่ดูดซับภายใน (normalized hysteretic energy) ของกราฟแรง-การเคลื่อนที่ครบ 4 รอบ
E_h, E_i	พลังงานที่ดูดซับและกระจายไปขององค์อาคารแต่ละชิ้นภายใต้พฤติกรรมแบบวัฏจักร
E_s	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของชั้นดิน
E_p	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของเสาเข็ม
$f_s(u,\dot{u})$	แรงภายในสำหรับระบบอินอิลาสติก
$\bar{f}_s(u,\dot{u})$	แรงภายใน (normalized) สำหรับระบบอินอิลาสติก
F_y	กำลังที่จุดครากของโครงสร้าง
$\widetilde{F}_y$	ความต้องการกำลังที่จุดครากของโครงสร้าง
F_{xm}	ค่าแรงกระทำทางด้านข้างของแต่ละระดับชั้น x และแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
ΔF_i	แรงกระทำที่เพิ่มขึ้นของแต่ละระดับชั้น i
g	อัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงโลก

Hys	พฤติกรรมการรับแรงในลักษณะกลับไปมา
h_i	ความสูงของอาคารของแต่ละระดับชั้น i
$I(t)$	ฟังก์ชั่นของความเข้มแผ่นดินไหว
$k,\ K$	สติฟเนสของระบบโครงสร้าง
K_h	ค่าสติฟเนสทางด้านข้างของเสาเข็มเนื่องจากแรงดันดินต่อเสาเข็ม
K_e	ค่าสติฟเนสทางแนวดิ่งของเสาเข็มเนื่องจากแรงต้านทานปลายเสาเข็ม
K_f	ค่าสติฟเนสตามความยาวของเสาเข็มเนื่องจากแรงเสียดทานของดินและเสาเข็ม
m	มวลของระบบโครงสร้าง
M_{yi}	โมเมนต์ที่จุดครากขององค์อาคารแต่ละชิ้น
N	จำนวนชั้นของอาคาร
n	พารามิเตอร์ที่ควบคุมรูปแบบของการกระจายแรงกระทำ
PF_1	Participation Factor สำหรับรูปแบบการสั่นตอบสนองแบบแรก (1^{st} mode)
PGA	ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน
R_D	ตัวประกอบของการลดกำลังสำหรับความเสียหายคงที่
S_a	อัตราเร่งของโครงสร้างเมื่อถูกแรงกระทำจากแผ่นดินไหว
S_{am}	อัตราเร่งตอบสนองของแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ (modal spectral acceleration)
S_d	การเคลื่อนตัวของโครงสร้างเมื่อถูกแรงกระทำจากแผ่นดินไหว
SC	สภาพชั้นดิน
SSI	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างดินและโครงสร้าง
s	วินาที
T	คาบเวลาการสั่นตามธรรมชาติของโครงสร้าง
T_d	ระยะเวลาการสั่นรุนแรงของพื้นดิน
T_g	คาบเวลาการสั่นสำคัญของพื้นดิน
T_{eff}	คาบการสั่นธรรมชาติประสิทธิผล
T_{sec}	คาบการสั่นธรรมชาติที่คำนวณจากสติฟเนสแบบ secant
T_o	คาบการสั่นธรรมชาติที่คำนวณจากสติฟเนสเริ่มต้น

$u(t),\dot{u}(t),\ddot{u}(t)$	การตอบสนองของการเคลื่อนที่, ความเร็ว และ อัตราเร่งสัมพัทธ์ของมวลของระบบโครงสร้างเมื่อเทียบกับพื้นดิน
u_g	การเคลื่อนที่ของพื้นดิน
$\ddot{u}_g(t)$	อัตราเร่งของพื้นดิน
$\ddot{u}_t$	อัตราเร่งสมบูรณ์ของมวลของระบบโครงสร้าง
u_y	การเคลื่อนที่ทางด้านข้างที่จุดครากของระบบโครงสร้าง
Δu	เวคเตอร์ของการเพิ่มค่าการเคลื่อนที่ด้านข้าง
$\frac{V_b}{W}$	กำลังการรับแรงทางด้านข้างในรูปของสัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานอาคารสำหรับพฤติกรรมโครงสร้างแบบไม่เชิงเส้นเทียบต่อน้ำหนักอาคาร
$\left(\frac{V_b}{W}\right)_{\mu=1}$	สัมประสิทธิ์แรงเฉือนที่ฐานของอาคาร เมื่อโครงสร้างเป็นระบบอิลาสติกเทียบเท่ากับกำลังของโครงสร้างอาคาร
$(V_b/W)_{envelop}$	คือ ค่าขอบนอกของแรงเฉือนที่ฐาน
ΔV_b	แรงเฉือนที่ฐานอาคารที่เพิ่มขึ้น
V_m	ค่าแรงเฉือนที่ฐานของแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
W_m	ค่าน้ำหนักประสิทธิผลของแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
W_x , W_i	น้ำหนักของอาคารของแต่ละระดับชั้น x, i
Z	ตัวประกอบซึ่งเป็นฟังก์ชั่นกับ DI และ T
$Z(t)$	คลื่นแผ่นดินไหวจำลองแสดงอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร่งและเวลา
α_1	สัมประสิทธิ์ของ modal mass สำหรับรูปแบบการสั่นตอบสนองแบบแรก
α	ค่าคงที่ซึ่งชี้ลักษณะของการลดสติฟเนส
β	ค่าคงที่ซึ่งชี้ลักษณะของความสำคัญของการตอบสนองกลับไปมาต่อความเสียหายและเป็นตัวชี้อัตราการลดกำลังของโครงสร้าง
δ_m	ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของระบบโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว
δ_u	ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของระบบโครงสร้างภายใต้แรงกระทำ monotonic loading
δ_y	การเคลื่อนที่ ณ จุดคราก (global) ของโครงสร้าง

Δ_{roof}	การเคลื่อนตัวที่ระดับชั้นหลังคาของโครงสร้างเมื่อถูกแรงกระทำจากแผ่นดินไหว
$\phi_{1,roof}$	ค่าระดับการเคลื่อนตัวที่ระดับชั้นหลังคาของโครงสร้างสำหรับรูปแบบการสั่นตอบสนองแบบแรก (1st mode)
ϕ_{xm}, ϕ_{im}	ค่าการเคลื่อนที่ของแต่ละระดับชั้น x, i และแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
ϕ_n	มุมเฟส (phase angle) ของคลื่นแผ่นดินไหว
Φ_{i1}	ค่ารูปแบบการสั่นในโหมดแรกสำหรับระดับชั้นที่ i
γ	ค่าคงที่ซึ่งชี้ลักษณะของ pinching
η	ค่าความต้องการกำลัง (normalized strength demand)
λ	ค่าคงที่สำหรับพลังงานที่ดูดซับภายใน (hysteretic energy)
λ_i	ตัวคูณตามน้ำหนักของค่าพลังงาน (energy weighting factor) ขององค์อาคาร
μ	อัตราส่วนความอ่อนเหนียว
$\tilde{\mu}$	อัตราส่วนความอ่อนเหนียวเป้าหมายของโครงสร้างทั้งระบบ
μ_u	ค่ากำลังความอ่อนเหนียวของโครงสร้าง
θ_i	ค่า rotation สูงสุดขององค์อาคารแต่ละชิ้น
θ_m	ค่า rotation สูงสุดขององค์อาคารแต่ละชิ้น
θ_r	ค่าการหมุนคืนกลับ (recoverable rotation)ขององค์อาคารแต่ละชิ้นเมื่อปล่อยแรงกระทำ
θ_u	ค่า rotation capacity ขององค์อาคารแต่ละชิ้น
θ_{yi}	ค่า rotation ที่จุดครากขององค์อาคารแต่ละชิ้น
ω	ความถี่เชิงมุมธรรมชาติของโครงสร้าง
ξ	อัตราส่วนของค่าความหน่วง (damping ratio) ของโครงสร้าง
v_s	ค่าอัตราส่วนป้วซอง (Poisson's ratio) ของชั้นดิน
Γ_1	ตัวประกอบการมีส่วนร่วมของโหมดที่หนึ่ง