

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



190777



มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การประเมินความเสียหายภายใต้แรงแผ่นดินไหวของอาคารสูง
โดยวิธีการผลัดแบบวัฏจักร

SEISMIC DAMAGE EVALUATION OF TALL BUILDING
BY CYCLIC PUSHOVER ANALYSIS

ไพบุลย์ ปัญญาคะโป

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประจำปีการศึกษา 2554



มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การประเมินความเสียหายภายใต้แรงแผ่นดินไหวของอาคารสูง
โดยวิธีการผลัดแบบวัฏจักร

SEISMIC DAMAGE EVALUATION OF TALL BUILDING
BY CYCLIC PUSHOVER ANALYSIS



ไพบลีย์ ปัญญาคะโป

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประจำปีการศึกษา 2554

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม ประจำปีการศึกษา 2554 ในการสนับสนุนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลการวิเคราะห์โครงสร้าง ตลอดจนการสนับสนุนเวลาและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จผลไปด้วยดี ผู้เขียนขอขอบคุณคณะกรรมการพัฒนางานวิจัยที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนสำหรับงานวิจัยนี้

รองศาสตราจารย์ ดร. ไพบุลย์ ปัญญาคะโป

มกราคม 2555

หัวข้อวิจัย : การประเมินความเสียหายภายใต้แรงแผ่นดินไหวของอาคารสูง
โดยวิธีการผลักแบบวัฏจักร

ผู้วิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร. ไพบุลย์ ปัญญาคะโป

หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

190777

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่สูงสุดและค่าระดับความเสียหายของอาคารสูงเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีการผลักแบบวัฏจักร ซึ่งเป็นการจำลองพฤติกรรมแรงกระทำที่ใกล้เคียงกับสภาพเหตุการณ์แผ่นดินไหวให้มากที่สุด ในการศึกษาี้เลือกอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 9 ชั้น ซึ่งเป็นอาคารที่พักอาศัยประเภทหอพักมาเป็นกรณีศึกษา ในการพัฒนาวิธีการนี้ ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่สูงสุด ซึ่งใช้ในการผลักอาคารแบบวัฏจักร พร้อมทั้งกำหนดรูปแบบการกระจายของแรงผลักตลอดความสูงอาคาร และรูปแบบประวัติการเคลื่อนที่และรูปแบบประวัติการเคลื่อนที่สำหรับแรงกระทำแบบวัฏจักร ซึ่งในงานวิจัยนี้ ใช้รูปแบบของประวัติเวลาของแรงกระทำจำนวน 4 แบบ เพื่อศึกษาผลของรูปแบบแรงกระทำต่อการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง และนำผลตอบสนองไปเปรียบเทียบกับวิธีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้น ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการที่น่าเชื่อถือ โดยใช้ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวจำนวน 10 คู่ เป็นตัวแทนสำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย และเปรียบเทียบกับวิธีการผลักแบบรวมโหมด ผลการศึกษาพบว่า ค่าการเคลื่อนที่ทางด้านข้างสูงสุดบนยอดอาคาร ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ของชั้นอาคาร การเกิดข้อหมุนพลาสติกและค่าดัชนีความเสียหายซึ่งได้จากวิธีการผลักแบบวัฏจักร ให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้องมากกว่าวิธีการผลักแบบรวมโหมด เนื่องจากวิธีการผลักแบบวัฏจักรทำให้เกิดข้อหมุนพลาสติกที่โคนเสาชั้นล่างและปลายคานในบริเวณชั้นล่าง ส่งผลให้โครงสร้างมีค่าสติฟเนสที่ลดลง ทำให้ความสามารถในการต้านทานการเคลื่อนที่ลดลง ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว เป็นผลทำให้ ค่าผลตอบสนองเหล่านี้เข้าใกล้กับค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : การผลักแบบวัฏจักร การผลักแบบรวมโหมด วิธีพลศาสตร์ไม่เชิงเส้น
ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดบนยอดอาคาร ค่าดัชนีความเสียหาย

Research Title : Seismic Damage Evaluation of Tall Building
by Cyclic Pushover Analysis

Name of Researcher : Associate Professor Dr. Phaiboon Panyakapo

Name of Institution : Faculty of Engineering, Sripatum University

Year of Publication : B.E. 2555

ABSTRACT

190777

This research presents the peak lateral displacement and seismic damage of tall building by cyclic pushover analysis. The objective is to develop a pushover method that is close to an earthquake loading. A 9-storey reinforced concrete building that was not designed for earthquake resistant was selected. In this analysis, the peak roof displacement was determined for target Cyclic Pushover under the prescribed lateral force distribution and the cyclic displacement history. Four pattern of loading protocols were employed to study the effects of cyclic displacement history. The responses were compared with Nonlinear Dynamic Analysis and Modal Pushover Analysis. For Nonlinear Dynamic Analysis, ten pairs of ground motions that match the acceleration response spectra for the northern part of Thailand were used. It was found that the peak roof displacement, the peak floor displacement, the peak inter-story drift ratio, the plastic hinge formation, and the damage indices resulting from Cyclic Pushover Analysis were more reliable than those of Modal Pushover Analysis. This is due to the fact that degradation of stiffness under cyclic loading lead to a decrease in deformation capacity. This conforms to the structural behavior under earthquake loading, and this leads to the more reliable displacement responses than the conventional pushover method.

Keywords : Cyclic Pushover, Modal Pushover, Nonlinear Dynamic Analysis,
Peak Roof Displacement, Damage Index.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ <ul style="list-style-type: none"> 1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1.2 วัตถุประสงค์..... 1.3 คำถามการวิจัย..... 1.4 สมมุติฐานการวิจัย..... 1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของงานวิจัย..... 1.6 ขอบเขตของงานวิจัย..... 1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย..... 1.8 นิยามศัพท์..... 	1 1 2 2 3 3 4 4 4
2	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง <ul style="list-style-type: none"> 2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงสถิติไม่เชิงเส้นหรือการผลักอาคารแบบ ไม่เชิงเส้น..... 2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลักอาคารแบบวิฎจักร..... 2.3 แบบจำลองโครงสร้าง..... 2.4 การวิเคราะห์พลศาสตร์ไม่เชิงเส้น..... 2.5 ความคิดพื้นฐานของสเปคตรัมการออกแบบสำหรับ ความเสียหายคงที่..... 2.6 ความคิดพื้นฐานของตัวประกอบการลดกำลังสำหรับ ความเสียหายคงที่..... 2.7 ความคิดพื้นฐานของแผนผังความต้องการกำลังสำหรับค่า ความเสียหายคงที่..... 2.8 ความคิดพื้นฐานของวิธีการสเปคตรัมของความสามารถ..... 2.9 การตรวจสอบสมรรถนะของโครงสร้างอาคารโดยหลักการ 	5 5 9 12 13 15 16 17 20

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 การใช้รูปแบบประวัติเวลาของแรงกระทำหรือการเคลื่อนที่สำหรับการ ผลการล้าแบบวัฏจักร.....	40
	3.6 แบบจำลองพฤติกรรมโครงสร้าง.....	44
	3.7 การวิเคราะห์หาค่าการเคลื่อนที่สูงสุดในการล้าแบบวัฏจักร.....	45
	3.8 การวิเคราะห์ความเสียหายจากแรงแผ่นดินไหวด้วยวิธีการล้าแบบวัฏจักร	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	สารบัญ (ต่อ)	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	คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์พลศาสตร์ไม่เชิงเส้นสำหรับพื้นที่ ภาคเหนือของประเทศไทย.....	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	ค่าการผลักอาคารแบบวิถัจกรสำหรับรูปแบบ 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 สำหรับ ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดที่ยอดอาคาร.....	69
15	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับ ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดที่ยอดอาคาร.....	69
16	ค่าความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
17	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	73
18	ค่าความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าอัตราส่วน การเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	77
19	ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากวิธี NTHA สำหรับค่าอัตราส่วน การเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูงสุดของแต่ละชั้นอาคาร.....	77
20	ค่าประวัติการเคลื่อนที่สำหรับการผลึกแบบวัฏจักรเทียบกับ คลื่นแผ่นดินไหว IMP-1.....	78

สารบัญญภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แรงกระทำผลึกอาคารแบบวิภูจักรสำหรับโหมดที่ 1 และ 2.....	11
2	การเปลี่ยนจากกราฟการผลึกอาคารแบบวิภูจักรเป็นกราฟค่าอัตราเร่งเสมือน และค่าการเคลื่อนที่เสมือน	11
3	สเปกตรัมผลตอบสนองที่ใช้ออกแบบและผลจากคลื่นแผ่นดินไหวจริง.....	13
4	สเปกตรัมผลตอบสนองที่ใช้ออกแบบและผลจากคลื่นแผ่นดินไหวจำลอง.....	14
5	ค่าความต้องการกำลังระบบอิลาสติกและระบบความเสียหายคงที่.....	17
6ก	Strength Demand Spectrum	17
6ข	Strength Demand Diagram.....	17
7	แผนผังความต้องการกำลังสำหรับความเสียหายคงที่สำหรับชั้นดินอ่อน $\mu = 4$	20
8	การคำนวณหาแผนผังความสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคาร.....	21
9	วิธีการสเปกตรัมของความสามารถ	22
10	วิธีการสเปกตรัมของความสามารถปรับปรุงใหม่	23
11	การหาจุดสมรรถนะของวิธีการสเปกตรัมของความสามารถปรับปรุงใหม่ โดย FEMA-440	23
12	การหาสมรรถนะของโครงสร้างโดยหลักการความเสียหายคงที่	24
13	ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย.....	38
14	ค่าเฉลี่ยของความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมและกราฟการออกแบบ ตาม มยผ.1302-52.....	39
15	กราฟปรับค่าของความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมและกราฟการออกแบบ 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 กราฟการผลักอาคารแบบวิจจักร (LAB Type).....	57
29 กราฟการผลักอาคารแบบวิจจักร (ATC -24).....	58
30 กราฟการผลักอาคารแบบวิจจักร (ISO).....	58
31 กราฟการผลักอาคารแบบวิจจักร (SPD).....	59
32 กราฟความสามารถต้านทานแผ่นดินไหวจากการผลักอาคารแบบวิจจักร.....	60
33 กราฟ Bilinear ของ Capacity Spectrum จากการผลักอาคารแบบวิจจักร.....	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 สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (LAB Type).....	71
41 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (ATC-24).....	71
42 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (ISO).....	72
43 ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่สูงสุดของชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (SPD).....	72
44 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (LAB Type).....	75
45 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (ATC-24)	75
46 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก Cyclic Pushover (ISO).....	76
47 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้นภายใต้คลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด สำหรับการผลัก 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}	ค่าอัตราเร่งตอบสนองประสิทธิภาพที่สอดคล้องกับ 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	พลังงานที่ดูดซับและกระจายไปขององค์อาคารแต่ละชิ้นภายใต้พฤติกรรมแบบวิภูจักร
E_s	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของชั้นดิน
E_p	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของเสาเข็ม
$f_s(u, \dot{u})$	แรงภายในสำหรับระบบอินอีลาสติก
$\bar{f}_s(u, \dot{u})$	แรงภายใน (normalized) สำหรับระบบอินอีลาสติก
F_y	กำลังที่จุดครากของโครงสร้าง
\tilde{F}_y	ความต้องการกำลังที่จุดครากของโครงสร้าง
F_{xm}	ค่าแรงกระทำทางด้านข้างของแต่ละระดับชั้น x และแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
ΔF_i	แรงกระทำที่เพิ่มขึ้นของแต่ละระดับชั้น i
g	อัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงโลก

Hys	พฤติกรรมการรับแรงในลักษณะกลับไปมา
h_i	ความสูงของอาคารของแต่ละระดับชั้น i
$I(t)$	ฟังก์ชันของความเข้มแผ่นดินไหว
k, K	สติเฟนสของระบบโครงสร้าง
K_h	ค่าสติเฟนสทางด้านข้างของเสาเข็มเนื่องจากแรงดันดินต่อเสาเข็ม
K_e	ค่าสติเฟนสทางแนวตั้งของเสาเข็มเนื่องจากแรงด้านทานปลายเสาเข็ม
K_f	ค่าสติเฟนสตามความยาวของเสาเข็มเนื่องจากแรงเสียดทานของดินและเสาเข็ม
m	มวลของระบบโครงสร้าง
M_{yi}	โมเมนต์ที่จุดครากขององค์อาคารแต่ละชั้น
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}	คาบการสั่นธรรมชาติที่คำนวณจากสติเฟนสแบบ secant
T_o	คาบการสั่นธรรมชาติที่คำนวณจากสติเฟนสเริ่มต้น

$u(t), \dot{u}(t), \ddot{u}(t)$	การตอบสนองของการเคลื่อนที่, ความเร็ว และ อัตราเร่งสัมพัทธ์ของมวลของระบบโครงสร้างเมื่อเทียบกับพื้นดิน
u_g	การเคลื่อนที่ของพื้นดิน
$\ddot{u}_g(t)$	อัตราเร่งของพื้นดิน
\ddot{u}_i	อัตราเร่งสมบูรณ์ของมวลของระบบโครงสร้าง
u_y	การเคลื่อนที่ทางด้านข้างที่จุดครากของระบบโครงสร้าง
Δu	เวกเตอร์ของการเพิ่มค่าการเคลื่อนที่ด้านข้าง
$\frac{V_b}{W}$	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	น้ำหนักประสิทธิผลของแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่ m
W_x, W_i	น้ำหนักของอาคารของแต่ละระดับชั้น x, i
Z	ตัวประกอบซึ่งเป็นฟังก์ชันกับ DI และ T
$Z(t)$	คลื่นแผ่นดินไหวจำลองแสดงอยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร่งและเวลา
α_1	สัมประสิทธิ์ของ modal mass สำหรับรูปแบบการสั่นตอบสนองแบบแรก
α	ค่าคงที่ซึ่งชี้ลักษณะของการลดสติเฟเนส
β	ค่าคงที่ซึ่งชี้ลักษณะของความสัมพันธ์ของการตอบสนองกลับไปมาต่อความเสียหายและเป็นตัวชี้อัตราการลดกำลังของโครงสร้าง
δ_m	ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของระบบโครงสร้างภายใต้แรงแผ่นดินไหว
δ_u	ค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของระบบโครงสร้างภายใต้แรงกระทำ monotonic loading
δ_y	การเคลื่อนที่ ณ จุดคราก (global) ของโครงสร้าง

Δ_{roof}	การเคลื่อนตัวที่ระดับชั้นหลังคาของโครงสร้างเมื่อถูกแรงกระทำจากแผ่นดินไหว
$\phi_{1,roof}$	ค่าระดับการเคลื่อนตัวที่ระดับชั้นหลังคาของโครงสร้างสำหรับรูปแบบการสั่นตอบนองแบบแรก (1 st 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 สูงสุดขององค์อาคารแต่ละชั้น
θ_m	ค่า rotation สูงสุดขององค์อาคารแต่ละชั้น
θ_r	ค่าการหมุนคืนกลับ (recoverable rotation) ขององค์อาคารแต่ละชั้นเมื่อปล่อยแรงกระทำ
θ_u	ค่า rotation capacity ขององค์อาคารแต่ละชั้น
θ_{yi}	ค่า rotation ที่จุดครากขององค์อาคารแต่ละชั้น
ω	ความถี่เชิงมุมธรรมชาติของโครงสร้าง
ξ	อัตราส่วนของค่าความหน่วง (damping ratio) ของโครงสร้าง
ν_s	ค่าอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) ของชั้นดิน
Γ_1	ตัวประกอบการมีส่วนร่วมของโหมดที่หนึ่ง