ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250164

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผลกระทบที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวและแรงลมต่อแผ่นพื้นไร้คาน คอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย

THE EFFECT OF EARTHQUAKE AND WIND LOADS ON POST-TENSIONED CONCRTE FLAT SLABS IN THAILAND

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2554

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250164
b00256062

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผลกระทบที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวและแรงลมต่อแผ่นพื้นไร้คาน คอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย

THE EFFECT OF EARTHQUAKE AND WIND LOADS ON POST-TENSIONED CONCRTE FLAT SLABS IN THAILAND

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2554

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีมาจากความอนุเคราะห์และความร่วมมือทั้งจากองค์กร บุคคล และคณะบุคคลหลายฝ่าย กล่าวคือ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม เพื่ออำนวยประโยชน์ในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณคณะกรรมการพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนสำหรับงานวิจัยนี้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยเรื่อง "ผลกระทบที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวและแรงลมต่อแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย" นี้ จะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงการศึกษาและการปฏิบัติงานในด้านวิศวกรรมโครงสร้าง (Structural Engineering) และวิศวกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake Engineering) ทั้งนี้ หากงานวิจัยนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้วิจัยใคร่ขออภัยมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัย

กรกฎาคม 2555

หัวข้อวิจัย : ผลกระทบที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวและแรงลมต่อแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรงในประเทศไทย
ผู้วิจัย : นาย ฉัตร สุจินดา
หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

250164

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองวิเคราะห์และออกแบบระบบโครงสร้างแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง-เสา-กำแพงรับแรงเฉือน เพื่อใช้รับแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วง แรงลม (มยผ. 1311-50) และแรงแผ่นดินไหว (มยผ. 1302-52) โดยไม่ใช้ชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นคานเข้ามาเกี่ยวข้อง ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่าและสเปคตรัมการตอบสนอง และเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ออกแบบโดยเน้นเฉพาะผลกระทบของแรงด้านข้าง ที่มีต่อปริมาณเหล็กเสริมข้ออ้อยในส่วนของแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง

จากการศึกษาอาคารแปลนรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส มีจำนวน 6 ช่วงสแปนทั้งสองทิศทาง มีความสูง 7,14, 21 และ 28 ชั้นและมีความหนาของแผ่นพื้นคงที่พบว่าอาคารสูง 21 และ 28 ชั้นต้องใช้เหล็กเสริมปริมาณมากมายจนไม่คุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ อัตราส่วนปริมาณเหล็กเสริมที่พิจารณาแรงลมตาม มยผ. 1311-50 และแรงโน้มถ่วง ต่อที่พิจารณาแต่แรงโน้มถ่วงเพียงอย่างเดียวคือ 1.02, 1.72 และ 4.55 เท่าสำหรับอาคารสูง 7, 14 และ 21 ชั้นตามลำดับ อัตราส่วนปริมาณเหล็กเสริมที่พิจารณาทั้งแรงลมตาม มยผ. 1311-50, แรงแผ่นดินไหวตาม มยผ. 1302-52 ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบและแรงโน้มถ่วง ต่อที่พิจารณาแต่แรงโน้มถ่วงเพียงอย่างเดียว 2.65, 48.30 และ 140.00 เท่าสำหรับอาคารสูง 7, 14 และ 21 ชั้นตามลำดับ และสุดท้ายปริมาณเหล็กเสริมที่พิจารณาทั้งแรงลมตาม มยผ. 1311-50 และแรงแผ่นดินไหวตาม มยผ. 1302-52 ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีสเปคตรัมการตอบสนองและแรงโน้มถ่วง ต่อที่พิจารณาแต่แรงโน้มถ่วงเพียงอย่างเดียว 2.01, 30.27 และ 71.76 เท่าสำหรับอาคารสูง 7, 14 และ 21 ชั้นตามลำดับ

คำสำคัญ : ผลกระทบของแรงด้านข้าง แผ่นพื้นไร้คาน คอนกรีตอัดแรง

Research Title : The Effect of Earthquake and Wind Loads on Post-tensioned Concrete Flab Slabs in Thailand

Name of Researcher : Mr. Chatr Suchinda

Name of Institution : Faculty of Engineering, Sripatum University

Year of Publication : B.E. 2555

ABSTRACT

250164

This research is a study of trial analysis and design of post-tensioned concrete flat slab-column-shear wall system resisting wind (DPT. 1311-50), earthquake (DPT. 1302-52) and gravity loads without any beam structural members using equivalent static force and response spectrum methods. The comparison of the analysis and design results emphasizes on the effect total amount of mild reinforcing dues to the lateral load in part of the post-tensioned concrete flat slabs.

From the study of four buildings having square shape plan, shear-wall in the middle of the plan, 6 spans in both directions, 7, 14, 21 and 28 story heights and constant slab thickness, it was found that the 21 and 28 story buildings need tremendous amount of slab mild reinforcement and uneconomic. The ratios of total mild reinforcement amount in the flat slabs considering both wind load as per DPT. 1311-50 code and gravity load over considering gravity load alone are 1.02, 1.72 and 4.55 for 7, 14 and 21 story buildings respectively. The ratios considering wind load as per DPT. 1311-50 code, earthquake load as per DPT. 1302-50 (equivalent static force) and gravity load over considering gravity load alone are 2.65, 48.30 and 140.00 for 7, 14 and 21 story buildings respectively. Lastly, the ratios of total mild reinforcement amount considering wind load as per DPT. 1311-50 code, earthquake load as per DPT. 1302-50 (response spectrum) and gravity load over considering gravity load alone are 2.01, 30.27 and 71.76 for 7, 14 and 21 story buildings respectively.

Keywords: Effect of lateral loads, Thai building codes, Post-tensioned concrete flat slabs.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	1.3 คำถามการวิจัย	2
	1.4 สมมุติฐานการวิจัย	2
	1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
	1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2	**วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**	**4**
	2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่วิจัย	4
	2.2 ทฤษฎีที่รองรับ หรือกรอบความคิดทางทฤษฎี	11
	2.2.1 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ. 1302-52	11
	2.2.1.1 จำนวนของโหมดที่จำเป็นต้องพิจารณา	14
	2.2.1.2 การคำนวณค่าตอบสนองของแต่ละโหมด	14
	2.2.1.3 ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว	19
	2.2.1.4 การรวมค่าการตอบสนองจากหลายโหมด	19
	2.2.1.5 การปรับค่าการตอบสนองเพื่อใช้ในการออกแบบ	20
	2.2.1.6 การกระจายแรงเฉือนในแนวราบ	21
	2.2.1.7 ผลของ P-Delta	21
	2.2.2 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (ปรับปรุงครั้งที่ 1) มยผ. 1302-54	21
	2.2.3 มาตรฐานสำหรับออกแบบอาคารเพื่อต้านแรงลม (2550) มยผ. 1311-50	26
	2.3 ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
	2.4 สรุป	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	**36**
	3.1 รูปแบบการวิจัย หรือแบบแผนการวิจัย	36
	3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	38
	3.3 การรวบรวมข้อมูล	39
	3.4 เครื่องมือการวิจัย	39
	3.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	40
	3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	40
	3.6.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมด (มยผ. 1302-52)	40
	3.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างเนื่องจากแรงลมโดยวิธีอย่างละเอียด (มยผ. 1311-50)	49
4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**54**
	4.1 ผลการวิเคราะห์อาคารเมื่อพิจารณา แรงลม และแรงแผ่นดินไหว	54
	4.2 ผลการกำหนดขนาดเสา ความหนาของกำแพงและแผ่นพื้น จากการทดลองออกแบบ	61
	4.3 ผลการวิเคราะห์ออกแบบแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง	64
5	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**70**
	5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	70
	5.2 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	70
	5.3 ข้อเสนอแนะ	71
	บรรณานุกรม	**73**
	ประวัติย่อผู้วิจัย	**76**

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{DS} 14

2.2 การแบ่งประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาจากค่า S_{D1} 14

2.3 ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง R , ตัวกำลังส่วนเกิน Ω_0 และตัวประกอบขยาย ค่าการโก่งตัว C_d 15

2.4 การจำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชนและตัวประกอบ ความสำคัญของแรงแผ่นดินไหว I 18

2.5 การเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ระหว่างชั้นที่ยอมให้ (Δ_a) 22

3.1 คาบการสั่นในโหมดแรกที่ได้จากการวิเคราะห์ และค่า S_a ที่ได้จากกราฟสเปคตรัม.... 46

3.2 การคำนวณแรงที่กระทำตรงจุดศูนย์กลางของ Diaphragm..... 52

4.1 การกำหนดค่า S_{DS} และ S_{D1} เพื่อหลอกให้โปรแกรม ETAB 9.7.4 คำนวณ S_a ตามที่ ต้องการ..... 57

4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร F_a..... 58

4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับชั้นดิน ณ ที่ตั้งอาคาร F_v..... 58

4.4 การกำหนดค่า S_S และ S_1 เพื่อหลอกให้โปรแกรม ETAB 9.7.4 คำนวณ S_a ตามที่ ต้องการ..... 59

4.5 ขนาดของโครงสร้างที่ใช้..... 62

4.6 ปริมาณเหล็กเสริมในแผ่นพื้นสำหรับกรณี แยกเป็น 4 กรณี..... 66

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบที่ **หน้า**

2.1 การแบ่งโซนสำหรับการหาค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 12

2.2 การเร่งตอบสนองเชิงสเปคตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 13

2.3 แสดงความกว้างประสิทธิผล 24

2.4 รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบเสา 24

2.5 รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบกลาง 25

2.6 ค่าตัวประกอบไต้ฝุ่น (T_F) และความเร็วลมที่ 50 ปี (V_{50}) 26

2.7 สูตรสำหรับใช้คำนวณค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e) 27

2.8 แผนภูมิเพื่อหาค่า Background Turbulence Factor (B) 29

2.9 แผนภูมิเพื่อหาค่าตัวคูณลดเนื่องจากลักษณะของอาคาร (s) 29

2.10 แผนภูมิเพื่อคำนวณ Gust energy ratio at the natural frequency of the structure (F) 30

2.11 แผนภูมิเพื่อหาค่าประกอบเชิงสถิติเพื่อปรับค่ารากกำลังสองให้เป็นค่าสูงสุด (g_p) 30

2.12 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p) สำหรับอาคารที่มีความสูงมากกว่าความกว้าง และมีหลังคาอยู่ในแนวราบ 31

2.13 แปลนของอาคาร Mass-3 34

2.14 แปลนของแบบจำลองในโปรแกรม ETAB แสดงระยะเสา จำนวนช่วง และตำแหน่งของกำแพงรับแรงเฉือน 35

3.1 Load Combination ที่กำหนดไว้ใน ASCE7-10 38

3.2 สเปคตรัมตอบสนองออกแบบหน่วยเป็น g สำหรับอาคารนอกเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 41

3.3 สเปคตรัมตอบสนองออกแบบหน่วยเป็น g สำหรับอาคารในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (โซน 5) 42

3.4 สติฟเนสประสิทธิผลสำหรับเสา กำแพงรับแรงเฉือนและแผ่นพื้นไร้คาน 43

3.5 การกำหนดน้ำหนักประสิทธิผลของโครงสร้าง (Define Mass Source) 44

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่ **หน้า**

3.6 Modal participation mass ratios 44

3.7 ตัวคูณปรับค่าแรงด้วย I/R (และคูณ g ด้วยเพราะกราฟสเปคตรัมมีหน่วยเป็น g).. 45

3.8 ตัวคูณปรับผลของ P-Delta ด้วย 1 (ไม่ต้องปรับ) 46

3.9 ที่แรงเฉือนที่ได้จากการวิเคราะห์แบบสเปกตรัมการตอบสนอง (V_t) 47

3.10 แรงเฉือนที่ได้จากการวิเคราะห์แบบแรงสถิตเทียบเท่า (V) 48

3.11 การปรับตัวคูณเพื่อให้ได้แรงเฉือนไม่ต่ำกว่า 85% ของที่ได้จากการวิเคราะห์แบบแรงสถิตเทียบเท่า 48

3.12 หน้าจอที่แสดงชื่อของโปรแกรมหางนกยูง 2.1 50

3.13 ข้อมูลที่ใส่ในโปรแกรม หางนกยูง 2.1 51

3.14 ผลการคำนวณจากโปรแกรมหางนกยูง 2.1 51

3.15 แรงลมแบบ User Defined ที่ใส่ในโปรแกรม ETAB 9.7.4 53

4.1 แบบจำลองแบบรายละเอียดอาคารที่ใช้ในโปรแกรม ETAB 9.7.4 54

4.2 การหาค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปคตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า S_a ของพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพ (ใช้โซน 5) 55

4.3 การคำนวณหา S_a ด้วยโปรแกรม ETAB 9.7.4 ตามมาตรฐาน IBC2006 ซึ่งคล้ายกับ มยผ. 1301 กรณีที่ไม่ใช่แอ่งกรุงเทพ เมื่อกำหนด T=0.63 sec 56

4.4 การคำนวณหา S_a ด้วยโปรแกรม ETAB 9.7.4 ตามมาตรฐาน IBC2006 ซึ่งคล้ายกับ มยผ. 1301 กรณีที่ไม่ใช่แอ่งกรุงเทพ เมื่อกำหนด T=1.26 sec 57

4.5 การใส่ค่า IBC2006 Seismic Loading ในโปรแกรม ETAB 9.7.4 61

4.6 การตรวจสอบเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้นที่วิเคราะห์ได้กับค่าที่ยอมให้ตาม มยผ. 1302-52 64

4.7 การกำหนดขนาดเหล็กเสริมข้ออ้อยในแผ่นพื้น 65

4.8 ข้อกำหนดระยะการตัดเหล็ก (Curtailment) ซึ่งมาจากพื้นฐานของการกระจายของแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วง 65