ความแข็งแรงของผนังก่ออิฐต่อการรับแรงด้านข้าง

นายเอนก ชมวงษ์

007637

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974 - 561 - 067 - 4

i 18316601

STRENGTH OF BRICKWALL SUBJECTED TO LATERAL LOAD

Mr. Anake Chomvong

A Thesis Sumitted In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความแข็งแรงของผนังก่ออิฐต่อการรับแรงด้านข้าง

โดย นายเอนก ชมวงษ์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความแข็งแรงของผนังก่ออิฐต่อการรับแรงด้านข้าง

ชื่อนิสิต นายเอนก ชมวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ. ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2524

บทคัดย่อ

ผนังก่ออิฐสามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างรับแรงด้านข้างได้ แต่ยังขาดข้อมูลเพื่อการคำนวณออกแบบ จึงต้องมีการศึกษาพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในตลอดจนกำลังรับแรงด้านข้าง ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจมาก แรงด้านข้างซึ่งถ่ายจากโครงข้อแข็งไปยังผนังก่ออิฐในงานวิจัยนี้ สมมุติให้เป็นแรงรูปสามเหลี่ยม และถูกแทนค่าด้วยแรงเสมือนแบบจุด ผนังก่ออิฐมีทั้งหมด 5 แผง มีแนวก่ออิฐเป็นแบบก่ออิฐครึ่งแผ่น ก่อสร้างด้วยอิฐมอญและอิฐชลบุรี โดยมีความสูง 1.50 เมตร และใช้สัดส่วนความยาวต่อความสูงค่าต่าง ๆ กันตั้งแต่ 1 ถึง 2 ความหนาของผนังก่ออิฐมีค่าเป็น 6.7 เซนติเมตร เมื่อก่อด้วยอิฐมอญ และมีค่า 7.0 เซนติเมตร เมื่อก่อด้วยอิฐชลบุรี ผลการทดสอบผนังก่ออิฐพบว่า มีลักษณะแตกร้าวในแนวทะแยงเป็นแบบขั้นบันได เกิดขึ้นเนื่องมาจากหน่วยแรงดึงของอิฐก่อถึงจุดวิกฤติ จากการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบกำลังของผนังก่ออิฐ พบว่ากำลังของผนังก่ออิฐขึ้นอยู่กับกำลังดึงของอิฐก่อ การคาดคะเนกำลังของผนังก่ออิฐสามารถคำนวณได้ด้วยทฤษฎีกำลังของวัสดุ (Strength of Material) หรือการวิเคราะห์โดยประมาณด้วยวิธีไฟไนต์เอลลิเมนต์ (Finite Element Method)

กำลังรับแรงด้านข้างของผนังก่ออิฐนี้ขึ้นอยู่กับกำลังดึงของอิฐก่อ และสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังก่ออิฐด้วย ในการศึกษานี้ สมการที่สร้างขึ้นมาโดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลลิเมนต์ จะช่วยให้การคาดคะเนได้ถูกต้องเฉพาะในกรณีของอิฐมอญเท่านั้น

Thesis Title	Strength of Brickwalls Subjected to Lateral Load
Name	Mr. Anake Chomvong
Thesis Advisor	Assistant Professor Ekasit Limsuwan, Ph.D.
Department	Civil Engineering
Academic Year	1981

ABSTRACT

Brickwall can be utilized as a structural member to resist lateral load, however, no information is avialable for design, the behaviour and strength of brickwall subjected to lateral load are very interesting. This research study, the lateral load is assumed to transfer from frame into brick infill as triangular load which can be substituted by equivalent concentrated load. Five brickwalls were built in running bond with Mon brick and Cholburi brick, the wall height was kept constant at 1.50 m, when the ratio of length to height varied from 1 to 2, the walls thickness were 6.7 cm. for Mon brick and 7.0 cm. for Cholburi brick. The tests result shows that crack propagation was along stepwise diagonal line when tensile stress of brick masonry is critical. An analysis to check the strength of brickwall and it is found that the strength was limited by tensile strength of brick masonry. Such strength prediction can be calculated by ordinary strength of material or by approximately finite element method

The brickwall subjected to lateral load indicated to be effected by brick tensile strength and length to height ratio of the panel. The equation originated in this study by mean of finite element approach gives quite reasonable prediction for Mon brick.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ สิ้มสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในขณะทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้กรุณาแก้ไขและตรวจวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์ และรองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการใช้โปรแกรมไฟไนต์อีลีเมนต์

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้เงินอุดหนุนการวิจัยนี้จนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

เอนก ชมวงษ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

รายการตารางประกอบ ..... ฌ

รายการรูปประกอบ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำทั่วไป 1

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายของการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎี 7

2.1 ทฤษฎีผนังก่ออิฐรับแรงเฉือน 7

2.2 การวิเคราะห์ผนังก่ออิฐด้วยวิธีไฟไนต์เอลลิเมนต์ 12

2.3 การพิจารณาความมั่นคงของผนังก่ออิฐ 14

2.4 ความแข็งแรงของผนังก่ออิฐในการรับแรงด้านข้างที่พัฒนาในวิทยานิพนธ์นี้ 15

บทที่ 3 วัสดุและการทดสอบ 18

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ 18

3.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของผนังก่ออิฐ 19

3.3 การทดสอบผนังก่ออิฐรับแรงด้านข้าง 24

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ 28

4.1 กำลังของวัสดุ 28

4.2 การกระจายของหน่วยแรง 30

หน้า

4.3 สติฟเนสทางด้านข้าง 31
4.4 ความแข็งแรงของผนังก่ออิฐในการรับแรงด้านข้าง 33
4.5 การโก่งบิดตัวของผนังก่ออิฐ 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 36
สรุปผลการวิจัย 36

บรรณานุกรม 38

ภาคผนวก 96

ประวัติการศึกษา 101

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังก่ออิฐและค่าคงที่	42
3.1	คุณสมบัติการดูดซึมของอิฐ	48
3.2	คุณสมบัติเชิงกลของอิฐ	48
3.3	คุณสมบัติของปูนก่อ	49
3.4	คุณสมบัติเชิงกลของอิฐก่อ	49
4.1	คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุจากตัวอย่างที่ตัดออกมาจากผนังก่ออิฐ ...	64
4.2	การโก่งตัวที่ปลายบนของผนังก่ออิฐเปรียบเทียบผลการทดสอบและคำนวณ	65
4.3	สติฟเนสทางด้านข้างของผนังก่ออิฐ	66
4.4	แสดงการเปรียบเทียบการคำนวณแรงด้านข้าง	67
4.5	สัดส่วนของผนังก่ออิฐและการโก่งบิดตัว	68
4.6	แสดงจำนวนเอลลิเมนต์และจำนวนจุดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลลิเมนต์	69
4.7	ผลการคำนวณหน่วยแรงและการเคลื่อนที่ของจุดภายในผนังก่ออิฐด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์	70

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	ผนังก่ออิฐรับแรงด้านข้างซึ่งถ่ายมาจากโครงข้อแข็ง	43
2.2	การวิบัติเนื่องจากแรงดัดในผนังก่ออิฐ	44
2.3	หน่วยแรงที่จุดกึ่งกลางของผนังก่ออิฐ	44
2.4	ขั้นตอนการคำนวณสำหรับโปรแกรม PLSTR	45
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\sigma_x}{\tau_{xy}}$ และ $\frac{L}{H}$	46
2.6	แกนสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\sigma_x}{\sigma_y}$ และ $\frac{L}{H}$	47
3.1	สัดส่วนผสมของทราย	50
3.2	กำลังยึดเหนี่ยวของอิฐก่อ	51
3.3	การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐ	52
3.4	การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐก่อที่ก่อด้วยอิฐมอญ	54
3.5	การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐก่อที่ก่อด้วยอิฐชลบุรี	55
3.6	เฟรมสำหรับทดสอบการรับแรงด้านข้างของผนังก่ออิฐ	56
3.7	ตัวอย่างอิฐก่อสำหรับทดสอบคุณสมบัติเชิงกล	56
3.8	เฟรมสำหรับพยุงตัวอย่างอิฐก่อ ขณะดำเนินการก่ออิฐ	57
3.9	การทดสอบกำลังอัดของอิฐก่อ	57

รูปที่		หน้า
3.10	การทดสอบกำลังเฉือนของอิฐก่อ	58
3.11	แสดงตำแหน่งการติดตั้งไดอัลเกจของผนังก่ออิฐ	60
3.12	แสดงรอยแตกร้าวของผนังก่ออิฐภายหลังการวิบัติ	61
4.1	แสดงตำแหน่งของจุดและการแบ่งเอลลิเมนต์	80
4.2	การกระจายของหน่วยแรงหลัก	82
4.3	การกระจายของหน่วยแรงที่แถบกลางของผนังก่ออิฐ	85
4.4	ปฏิสัมพันธ์ของหน่วยแรงเฉือนและหน่วยแรงอัด	87
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงด้านข้างและค่าการโก่งตัวของผนังก่ออิฐ	88
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างสติฟเนสด้านข้างและสัดส่วนความยาวต่อความสูงของผนังก่ออิฐ	93
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P}{E\,t\Delta}$ และ $\frac{L}{H}$	94
4.8	สัดส่วนของผนังก่ออิฐและการโก่งบิดตัว	95