

ระบบพันธึรโปรงอัครง



นายวุฒิปันธึ เคษณูวรารากูล

004906

วิทยานิพนธึนี้เป็นส่วนหนึงของการศึษาตามหลักรฐตรปรึญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จฬองครดมหาวทยาลัย

พ.ศ. 2519

POST-TENSIONED HOLLOW BRICK FLOOR SYSTEM

Mr. Vudhipun Tedhanyavarakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

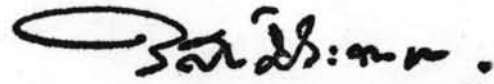
Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1976

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

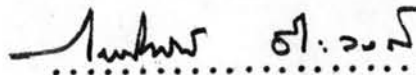


(ศ.ดร. วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

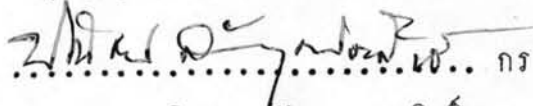
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ประธานกรรมการ


(ศ.ดร. นวัตกรรม คารานันท์)

 กรรมการ

(รศ.ดร. ไพโรจน์ ชีระวงศ์)

 กรรมการ

(อ.ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์)

 กรรมการ

(อ.ดร. ปราโมทย์ เคียวยรานนท์)

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ชีระวงศ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบฟื้นฟูโปร่งอัดแรง

โดย นายวุฒิพันธ์ เติษบุญวรากุล

แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบพื้นอิฐโปรงอัดแรง
ชื่อ นาย วุฒิพันธ์ เตชะญูวารากุล แผนกวิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2518



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาระบบพื้นของอาคารพักอาศัย ซึ่งมีช่วงกว้างของพื้นและน้ำหนักบรรทุกทุกไม้มากนัก ดังนั้นจึงนำระบบพื้นอิฐโปรงอัดแรงมาพิจารณา เพื่อศึกษาขอบข่ายการใช้งาน ทำการประมาณราคาและเปรียบเทียบราคาคาก่อสร้างของระบบพื้นนี้ กับระบบพื้นอื่นอีกสองระบบซึ่งใช้กันโดยทั่วไป

ระบบพื้นอิฐโปรงอัดแรงนี้เป็นระบบพื้นที่ประกอบด้วยคานอิฐโปรงอัดแรงวางเรียงต่อกัน คานอิฐโปรงอัดแรงสร้างโดยนำอิฐโปรงมาเรียงต่อกัน ก่อด้วยปูนสอแล้วอัดแรงแบบคิงที่หลังด้วยเหล็กเสริมอัดแรง ขนาด 4 มิลลิเมตร จำนวน 2 เส้น อิฐโปรงที่อุดรูด้วยปูนสอนำมาใช้เป็นอิฐก้อนปลายสุดของคาน คานอิฐนี้วางอยู่บนคานรองรับ และเทคอนกรีตทับหนาหนาประมาณ 3 เซนติเมตร การวิเคราะห์อาศัยทฤษฎีของคอนกรีตอัดแรง

ผลการทดลองการรับน้ำหนักของคานอิฐโปรงอัดแรงซึ่งระยะช่วงคานเท่ากับ 2.80 เมตร มีดังต่อไปนี้ แรงค้ำจรถึยยอมให้เท่ากับ 187 กิโลกรัม-เมตร น้ำหนักบรรทุกจรที่ยอมให้ เท่ากับ 638 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และระยะโงงเฉลี่ยเท่ากับ 2.57 มิลลิเมตร

การเปรียบเทียบราคาก่อสร้างระหว่างระบบพื้นอิฐโปรงอัดแรงกับระบบพื้นอื่น ๆ ปรากฏว่าราคาก่อสร้างของระบบพื้นอิฐโปรงอัดแรง เท่ากับ 196 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งประหยัดกว่าระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 13 % และระบบพื้นอิฐซี-เอ็ม 10 % ตามลำดับ นอกจากนี้ระบบพื้นที่ศึกษายังประหยัดเวลาในการผลิตกว่าระบบพื้นอื่น ๆ อีกด้วย

Thesis Title Post-tensioned hollow brick floor system
Name Mr. Vudhipun Tedhanyavarakul
Department Civil Engineering
Academic Year 1975

ABSTRACT

The floor system of residential buildings having small spans and loadings is studied. The post-tensioned hollow brick floor system is investigated for the range of application. The construction costs of this floor system is estimated and compared with two common types of floor system in use.

The post-tensioned hollow brick floor system studied consisted of post-tensioned hollow brick beams laid side by side. The post-tensioned hollow brick beams were made by laying the bricks as "soldiers" with mortar joints, and post-tensioning with two 4-millimeters-diameter prestressing wires. Hollow bricks infilled with mortar, were used as end blocks. The brick beams are supported by girders, and topped by a 3 centimeter concrete topping. Analyses were performed using the theory of prestressed concrete.

The results of loading tests of post-tensioned hollow brick beams whose span were 2.80 meters are as follow: the allowable live load moment is 187 kilograms-meter; the

allowable uniform live load is 638 kilograms per square meter; and the average deflection is 2.57 millimeters.

Comparision of construction costs between the post-tensioned hollow brick floor system and other systems shows that the construction cost of the post-tensioned hollow brick floor system is 196 bath per square meter which is 13 % and 10 % cheaper than those of the reinforced concrete and the C-M floor systems respectively. Besides, the construction time of the floor system studied will be less than those of the other floor systems.

กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ชีระวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา และวิชาความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ และได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ ผู้เขียนจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ให้ความอนุเคราะห์ตั้งแต่เริ่มเสนอโครงการ จนจบวิทยานิพนธ์

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. นวัตกรรม คารานันท์ อาจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ อาจารย์ ดร. ปราโมทย์ เทียวทรานนท์ ที่กรุณาตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไป และอาจารย์ ภรรณิกา วงศ์สารเสวีรัฐ ได้ช่วยตรวจภาษา

อนึ่ง ผู้เขียนยังได้รับความช่วยเหลือจากบริษัท อุปกรณ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด โดยให้วัสดุสำหรับทดลอง

ตลอดจนทางแผนกวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่เครื่องมือทดลอง และเจ้าหน้าที่ ในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ จนประสบความสำเร็จ มา ณ ที่นี้ด้วย.

วุฒิพันธ์ เชาว์ญวรากล

	หน้า
บทที่ 3 การสร้างคานอิฐโปร่งอัดแรงสำหรับทคลอง...	23
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทคลอง...	23
3.2 วิธีการสร้างคานอิฐโปร่งอัดแรง	25
3.2.1 การประกอบคานอิฐโปร่ง	25
3.2.2 การคั่งเหล็กเสริมอัดแรง	26
บทที่ 4 การทคลองการรับน้ำหนักของคานอิฐโปร่งอัดแรง	32
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทคลอง	32
4.2 การทคลองการรับน้ำหนักของคานอิฐโปร่งอัดแรง	33
บทที่ 5 ผลการวิจัย	38
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกจร (P) กับระยะโก่ง (Δ)	38
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงค้ำคั้งหมด (M) กับมุมเปลี่ยน (ϕ)	39
5.3 ลักษณะการแตกร้าวของคานอิฐโปร่งอัดแรง...	39
5.4 ค่าโมเมนต์ยึดคหุณ (E_m) ของคานอิฐโปร่งอัดแรงจาก ผลการทคลอง	41
บทที่ 6 การวิเคราะห์ผลการทคลอง	60
6.1 การวิเคราะห์การวิบัติในคานอิฐโปร่งอัดแรง	60
6.2 ความคานโมเมนต์ของหน้าค้ำคาน	61
6.3 น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ของระบบพื้นอิฐโปร่งอัดแรง...	64
6.3.1 น้ำหนักบรรทุกจรที่ยอมให้	64
6.3.2 ตัวอย่างการคำนวณออกแบบคานอิฐโปร่งอัดแรง	65
6.4 การเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐกิจของระบบพื้นอิฐโปร่งอัดแรง กับระบบพื้นอื่น ๆ	68

	หน้า
6.4.1 การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างและการวิเคราะห์ ค่าวัสดุของพื้นที่แต่ละระบบ	68
6.4.2 การวิเคราะห์ค่าแรงของพื้นที่แต่ละระบบ	73
บทที่ 7 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ... ..	79
7.1 สรุปการวิจัย	79
7.2 ข้อเสนอแนะและการวิจัยขั้นต่อไป	80
บรรณานุกรม... ..	82
ภาคผนวก	84
ประวัติการศึกษา	103

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
3.1 ความสัมพันธ์ของระยะยัด, แรงดึง และความคั่น	28
5.1 แสดงผลการทดลองของ นน. บรรทุกกับระยะโก่ง	38
5.2 แสดงผลการทดลองของแรงค้ำทั้งหมดกับมุมเปลี่ยน	39
5.3 ผลการทดลองของคานอิฐโปร่งอัดแรง คานที่ 1	43
5.4 " " " คานที่ 2	44
5.5 " " " คานที่ 4	45
6.1 นำหนักบรรทุกจรที่ยอมให้	65
6.2 การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างสำหรับระบบพื้น ก.	69
6.3 " " " ระบบพื้น ข.	71
6.4 " " " ระบบพื้น ค.	72
6.5 รายการเปรียบเทียบเกี่ยวกับค่าแรงของระบบพื้นต่าง ๆ	77
ตารางที่ ภาคผนวก ก.	
1 คุณสมบัติของเหล็กเสริมอัดแรง	86
2 กาลังอัดประลัยของคอนกรีตโปร่ง	87
3 คุณสมบัติการค้ำของอิฐโปร่ง	88
4-5 กาลังอัดของปูนสอดที่ใช้ในคานอิฐโปร่งอัดแรง	89-90
6-7 กาลังอัดของปูนสอด ชนิด 1:2.5 และ 1:1	91-92
ตารางที่ ภาคผนวก ข.	
1 กาลังอัดของวัสดุก่อ	95
2 หน่วยแรงที่ยอมให้ในวัสดุก่อคอนกรีตเสริมเหล็ก	97
3 รายละเอียดราคาวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการประมาณราคา	102

รายการรูปประกอบ



รูปที่	หน้า
2-1 การกระจายหน่วยแรงบนหน้าตัดคานอัดแรง	12
2-2 หน่วยแรงเนื่องจากการอัดแรงและน้ำหนักคาน	18
2-3 หน่วยแรงขณะรับน้ำหนักบรรทุกที่จุด P.L.	19
2-4 รายละเอียดของแผนเหล็กยึด	21
3-1 (ก), (ข) แสดงก่อนอิฐโปรง, อิฐก่อนปลาดายสุดของคานที่ 1, 2, 3 และ 4, แผนเหล็กสำหรับทำรูรอยเหล็กเสริม, หัวยึดและเหล็กเสริมอัดแรง	29
3-2 (ก) รูปหน้าตัดเฉลี่ยของอิฐโปรง	30
3-2 (ข), (ค) แสดงรายละเอียดของแผนเหล็กยึด	30
3-3 แสดงรายละเอียดการประกอบคานอิฐโปรงอัดแรง	31
4-1 (ก), (ข) เครื่องทดสอบ Amsler 20 ton และ 100 ton.	35
4-2 (ก) เครื่องดึงเหล็กเสริมอัดแรง	36
4-2 (ข) แสดงลักษณะที่รองรับคานของเครื่องทดสอบ	36
4-3 (ก) แสดงเครื่องมือต่าง ๆ พร้อมทั้งจะบรรทุกน้ำหนัก	37
4-3 (ข) แสดงการวัดระยะโก่งคาน Dial Gages	37
5-1 ถึง 5-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งของคานที่ 1, 2 และ 4	46-48
5-4 ถึง 5-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงค้ำทั้งหมดกับมุมเปลี่ยนของคานที่ 1, 2 และ 4	49-51
5-10 (ก), (ข) แสดงรอยแตกร้าวในคานที่ 1 (คานที่ 1)	52
5-11 (ก), (ข) แสดงรอยแตกร้าวในคานที่ 1 (คานที่ 2)	53
5-12 (ก), (ข) แสดงรอยแตกร้าวในคานที่ 2 (คานที่ 1)	54

รูปที่		หน้า
5-13	(ก), (ข) แสดงรอยแตกร้าวในคานที่ 2 (คานที่ 2)	55
5-14	(ก), (ข) แสดงรอยแตกร้าวในคานที่ 4 (คานที่ 1)	56
5-15	(ก), (ข) แสดงรอยแตกร้าวในคานที่ 4 (คานที่ 2)	57
5-16	(ก), (ข) แสดงการวิบัติของคานที่ 3 ทรงอิฐก่อนปลายสุดและก่อนถัดไป	58
5-17	(ก) แสดงลักษณะวิบัติของคานที่ 3 ลักษณะของคานอิฐโปร่งในการ ค้ำเหล็กเสริมอัดแรง และแบบไม้สำหรับเรียงคานอิฐโปร่ง	59
5-17	(ข) แสดงการวิบัติของอิฐโปร่งแต่ละก้อน จากอิฐก่อนปลายสุด และอิฐโปร่งก่อนถัดไป ในคานที่ 3	59
6-1	หน่วยการยึดคานค้ำและหน่วยแรงของคานอิฐโปร่ง	61
7-1	แสดงหน้าตัดค้ำใหม่ของคานอิฐโปร่งอัดแรง	81
รูปที่	ภาคผนวก ก.	
1	Power Diagram สำหรับการค้ำเหล็กเสริมอัดแรง	93
รูปที่	ภาคผนวก ข.	
1	แสดงคุณสมบัติหน้าตัดเกลี้ยงของอิฐโปร่ง	98
2	แสดงคานบรรจุทุกหน้าหนักแบบ Third Point Loading	101

สัญลักษณ์ที่ใช้ในสูตรต่าง ๆ

- a = ความลึกของบล็อกหน่วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเทียบเท่า, มีค่า = $k_1 c$
- $a = \frac{A_s f_{su}}{0.85 f'_c b}$
- A = เนื้อหน้าตัดของคาน
- $A_s =$ เนื้อที่ของเหล็กเสริมรับแรงอัด
- $\Delta d =$ เป็นระยะเลื่อนไถลของปลายยึด
- b = ความกว้างของผิวหน้าซึ่งรับแรงอัดของโครงอาคารรับแรงคด
- b' = ความกว้างของตัวคานในหน้าตัดรูป I และ T
- c = ระยะจากขอบผิวซึ่งเกิดแรงอัดสูงสุดไปยังแกนสะเทินที่กำลังประลัย
- C = แรงอัดในอิฐ
- d = ระยะจากผิวบนสุดซึ่งรับแรงอัดจนถึงศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึง
- $\Delta =$ ระยะโก่งที่จุดกึ่งกลางคาน โดยเทียบกับปลายสุดของช่วง
- e = ระยะเยื้องศูนย์กลาง โดยวัดจากแกนศูนย์กลาง
- $\epsilon_{bw} =$ หน่วยการหดตัว (Strain) ของอิฐ ณ จุดประลัย
- $\epsilon_{su} =$ หน่วยการยืดตัว (Strain) ที่ตำแหน่งของเหล็กเสริม ณ จุดประลัย
- $E_m =$ โมดูลัสยืดหยุ่นของคาน
- $E_s =$ โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม
- f = หน่วยแรงที่หน้าตัดคาน
- $f_s =$ หน่วยแรงดึงประลัยพิถีพิถัน
- $f_{si} =$ หน่วยแรงดึงเริ่มแรกในเหล็กเสริมอัดแรง
- $f'_b =$ กำลังอัดประลัยของอิฐ
- $f'_s =$ กำลังดึงประลัยของเหล็กเสริม
- $f_{su} =$ หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมที่จุดรับแรงประลัย

- f_y = กำลังคดากของเหล็กเสริม
 Δf_s = หน่วยแรงเสริมสูงสุด
 F = แรงอัดกระทำคอคาน
 F_i = แรงอัดเมื่อเวลาเริ่มอัดแรงก่อนการถ่ายแรง
 I = โมเมนต์อินเนอร์เซียของคาน
 k = ระยะจากแกนสะเทินถึงจุด kern point
 L = ช่วงความยาวของพื้นหรือคาน
 M = แรงคดที่หน้าตัดเนื่องจากแรงหรือน้ำหนักภายนอก
 M_d = แรงคดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่หรือน้ำหนักค้ำคาน
 M_1 = แรงคดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร และน้ำหนักคงที่ซึ่งเพิ่มเข้าไป
 M'_u = โมเมนต์คดประลัย หรือความต้านในโมเมนต์ของหน้าตัดคาน
 p = A_s / bd
 P = น้ำหนักบรรทุกจร
 q = $A_{su} f_{su} / bdf_b$
 r = รัศมีใจเวชันของเนื้อที่รูของหน้าตัดคาน
 S = Section Modulus
 t = ความหนาของปีกในหน้าตัดรูป I และ T
 T = แรงดึงในเหล็กเสริม
 u = หน่วยแรงยึดคาน
 v = หน่วยแรงเฉือน
 w = น้ำหนักต่อหน่วยความยาวของคานหรือต่อหน่วยเนื้อที่ของพื้น
 y = ระยะซึ่งห่างจากศูนย์กลางของคาน
 ϕ = มุมเปลี่ยนหรือมุมระหว่างเส้นสัมผัสจากจุดสองจุดบนเส้นโค้งอีลาสติก (Elastic Curve)