

พฤติกรรมการณ์ของคานคองกริตอัดแรงทำด้วยคองกริตกำลังสูงมาก



นายสกุล พจนารถ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-560-885-8

007501

Flexural Behaviour of Prestressed Concrete Beams

made of Very High Strength Concrete

Mr. Sakul Pochanart

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

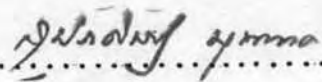
Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์ พฤติกรรมการตัดของคานคอนกรีตอัดแรงทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมาก
โดย นายสกุล พจนารณ
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ สัมสุวรรณ

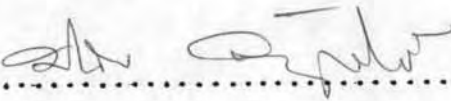


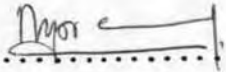
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

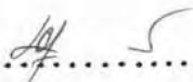
.....  คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ นุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักซิณ เทพชาตรี)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักขณะประสิทธิ์)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กาญญ์ จันทรางศุ)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ สัมสุวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ พฤติกรรมการค้ำของคานคอนกรีตอัดแรงทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมาก
ชื่อนิสิต นายสกุล พจนารถ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2524



บทคัดย่อ

คอนกรีตกำลังสูงมากจะให้ประโยชน์มากในงานคอนกรีตอัดแรง เพราะจะทำให้โครงสร้างมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาและให้ประสิทธิภาพในการใช้งานได้สูง แต่พฤติกรรมของโครงสร้างที่หล่อด้วยคอนกรีตกำลังสูงมากนี้จะแตกต่างไปจากคอนกรีตธรรมดา จึงทำให้การคำนวณออกแบบตามมาตรฐานการออกแบบทั่ว ๆ ไป คลาดเคลื่อนไปมาก การวิจัยนี้ได้พัฒนาหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่เหมาะสมกับงานคอนกรีตอัดแรงซึ่งมีกำลังอัดสูงถึง 900 กก./ซม². โดยเฉลี่ย และนำมาใช้หล่อคานคอนกรีตอัดแรงรูปตัว I ปีกคานกว้าง 10 ซม. ลึก 20 ซม. และมีช่วงคานยาว 2.70 ม. ทั้งหมด 6 ตัวอย่างโดยมีปริมาณการอัดแรง (ρ) เป็นตัวแปรระหว่าง 0.0022 ถึง 0.0128 และได้ทำการทดสอบรับน้ำหนักบรรทุกแบบก้นน้ำหนักลง 2 จุด โดยได้ทำการบันทึกน้ำหนักบรรทุก ความเครียด การโก่งตัวและลักษณะการแตกร้าวจากจุดเริ่มแรกจนกระทั่งถึงจุดวิบัติ นอกจากนี้ ยังได้วัดการคืบตัวของคอนกรีตและการล้าในลวดอัดแรงที่เกิดขึ้นในช่วงแรกและผลการวิเคราะห์ถูกนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กทั่ว ๆ ไป เพื่อหาการคำนวณออกแบบที่เหมาะสม

ผลการทดสอบและวิเคราะห์พบว่า การเสื่อมสูญของการอัดแรงที่เกิดขึ้นในคานประเภทนี้จะน้อยกว่าคานคอนกรีตธรรมดาเนื่องจากการหดตัวอีลาสติกและการล้าของคอนกรีตที่เกิดขึ้นน้อยกว่า การหดตัวอีลาสติกของคอนกรีตและการโก่งตัวของคานสามารถคาดคะเนโดยทฤษฎีอีลาสติกได้อย่างแม่นยำ ในการคาดคะเนโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตโดย ACI (318-77) จะให้ค่าที่แตกต่างไปจากการทดสอบเล็กน้อย การคาดคะเนกำลังค้ำประลัยของคานด้วย Parabolic Stress Distribution และ Triangular Stress Distribution จะให้ผลที่ใกล้เคียงกว่าการใช้

Rectangular Stress Block ความเหนียวของคานจะมีค่าแปรตามอัตราแรงอัด (ω) และ
ถ้ากำหนดพิกัดความเหนียวที่ 4.00 จะสามารถใช้ปริมาณลวดอัดแรง (ρ) ได้ในอัตราที่สูงกว่า
คานคอนกรีตอัดแรงธรรมดาถึง 2 เท่า

Thesis Title Flexural Behaviour of Prestressed Concrete Beams
 made of Very High Strength Concrete

Name Mr. Sakul Pachanart

Thesis Advisor Assistant Professor Ekasit Limsuwan, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1981

ABSTRACT

Very high strength concrete can be efficiently utilized in prestressed concrete members due to its strength which can lead to reduction in section and weight. However the structural behaviour would be somewhat different from the ordinary prestressed concrete structures; therefore, design based on general standard code of practice could not give accurate results. The research study was carried out to seek for a proper mix utilizing local materials to use in prestressed concrete work with sufficient workability . The average cylinder compressive strength of this concrete mix achieved was about 900 ksc. Six I-shaped prestressed concrete beams with 10 cm flange width, 20 cm depth and 2.70 m length, were cast and tested to failure. The span length was kept constant at 2.50 m. and the percentage of prestressing, ρ , was varied from 0.0022 to 0.0128. Loads, strains, deflections and crack patterns had been observed and recorded just after transfer and during the test from zero loading to collapse. Measurements on creep in concrete as well as relaxation in steel were also monitored in the early stages. Results of analysis

were compared using different theories to determine a proper method of design.

The test results and analyses have shown that prestressing loss in very high strength prestressed concrete beam is less than in ordinary prestressed concrete beam because of smaller elastic shortening and creep of very high strength concrete. Elastic shortening and deflection can be very accurately predicted by elastic theory due to the long range of linear relationship of stress and strain. The modulus of rupture can be predicted by ACI (318-77) with small discrepancy. The ultimate strength can be more accurately predicted by the parabolic or triangular stress distribution than the rectangular stress block distribution. Ductility of beams vary with the prestressing index, ω , and if the ductility index is limited at 4.00, the percentage of prestressing, ρ , can be used twice the value for ordinary prestressed concrete beam.

กิตติกรรมประกาศ



ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีมสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากขณะทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้กรุณาตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จเรียบร้อย ผู้เขียนยังใคร่ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาติศรี รองศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาตรวจและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้ ได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคุณชินวัฒน์ ลีสมบูรณ์ และห้างหุ้นส่วนจำกัด ก่าจรงกิจ ผู้เขียนจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดาของผู้เขียนที่ส่งเสริมสนับสนุนผู้เขียนในการศึกษามาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

สกุล พจนารถ

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
รายการตารางประกอบ	ญ
รายการรูปประกอบ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีว่าด้วยการวิเคราะห์คานคอนกรีตอัดแรง	6
3. คอนกรีตกำลังสูงมาก	31
4. การทดสอบคานคอนกรีตอัดแรง	54
5. การวิเคราะห์พฤติกรรมของคาน	74
6. สรุปผลการวิจัย	96
เอกสารอ้างอิง	98
ภาคผนวก	104
ประวัติผู้เขียน	108

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1. เปรียบเทียบวิธีการคาดคะเนกำลังตัดประลัย	25
2. แสดงข้อมูลผลการทดลองผสมคอนกรีตด้วยหินขนาดต่าง ๆ กัน	34
3. แสดงข้อมูลผลการทดลองผสมคอนกรีตโดยสารผสมคอนกรีตต่างชนิดกัน ...	39
4. แสดงข้อมูลผลการทดลองผสมคอนกรีตโดยสัดส่วนผสมแตกต่างกัน	41
5. แสดงข้อมูลผลการทดลองผสมคอนกรีตโดยสัดส่วนผสมแตกต่างกัน	42
6. แสดงเปรียบเทียบอัตราส่วนของวัสดุผสมในคอนกรีต	44
7. เปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่แตกต่างกันเนื่องจากกรรมวิธีการบ่ม	47
8. แสดงอัตราส่วนผสมคอนกรีตในการหล่อคานตัวอย่าง	60
9. แสดงรายละเอียดการทดสอบแท่งคอนกรีตตัวอย่าง	60
10. แสดงข้อมูลผลการทดลองแท่งคอนกรีตทรงกระบอกซึ่งหล่อพร้อมคานที่ ทำการทดสอบ	61
11. แสดงการเสื่อมสูญของการอัดแรงเนื่องจากการหดตัวอีลาสติกของคอนกรีต	74
12. แสดงข้อมูลการเสื่อมสูญของการอัดแรงของคานจากการทดลอง	76
13. แสดงค่าอัตราส่วนระหว่างการคืบตัวของคอนกรีตต่อหน่วยแรงอัดในคาน ..	77
14. แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างการโก่งตัวขึ้นและการโก่งตัวที่จุด แตกร้าวของคานจากการทดลองกับการคำนวณ	79
15. แสดงผลการเปรียบเทียบการโก่งตัวที่จุดประลัยของคานกับการคาดคะเน ..	82
16. แสดงปริมาณลาวดอัดแรงและความเหนียวของคาน	85
17. แสดงค่าโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตกำลังสูงมาก	85
18. เปรียบเทียบผลการคาดคะเนกำลังตัดประลัยของคานกับผลการทดลอง ...	90
19. เปรียบเทียบผลการคาดคะเนกำลังตัดประลัยของคานกับผลการทดลอง ..	91

รายการรูปประกอบ



รูปที่

หน้า

1.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของการคืบตัวและการหดตัวของคอนกรีตที่เกิดขึ้น เทียบกับเวลาจากการทดลองของ Davis, Davis และ Hamilton ²³	9
2.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการคืบตัวและการหดตัวของคอนกรีตเทียบกับ เวลาจากการทดลองของ Troxell, Raphael และ Davis ²²	11
3.	แสดงความสัมพันธ์อุดมคติของความเครียดในคอนกรีตกับเหล็กเสริมอัดแรง ...	16
4.	แสดงสภาพความเครียดของคานแบบ Bonded ที่จุดประลัย	16
5.	แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงในเหล็กเสริมอัดแรงกับน้ำหนักบรรทุกของคาน	21
6.	แสดงการกระจายหน่วยแรงอัดตลอดความลึกของหน้าตัดคานที่จุดแตกร้าว	23
7.	แสดงการสมมุติการกระจายหน่วยแรงอัดในคานที่จุดประลัยด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ของ Whitney ³⁷	23
8.	แสดงแผนภูมิส่วนคละของหินและทรายที่ใช้ในการทดลอง	36
9.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเครียดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง หล่อพร้อมคาน B1	48
10.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเครียดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง พร้อมคาน B2	49
11.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเครียดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง หล่อพร้อมคาน B3	50
12.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเครียดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง หล่อพร้อมคาน B4	51
13.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเครียดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง หล่อพร้อมคาน B5	52
14.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับความเครียดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง หล่อพร้อมคาน B6	53

รูปที่	หน้า
15. แสดงรูปร่างหน้าตัด ลักษณะคานและการจัดลวดอัดแรง	55
16. แสดงการจัดเหล็กเสริมตามยาวและเหล็กปลอก	55
17. แสดงโครงเหล็กเสริมของคาน	57
18. แสดงแบบหล่อคานคอนกรีตอัดแรง	57
19. แสดงการวัดแบบหล่อคานเสริมความแข็งแรง	59
20. แสดงการบ่มคานในระยะแรกโดยแผ่นพลาสติก	59
21. แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบคาน	63
22. แสดงคานตัวอย่างขณะทำการทดสอบ	64
23. แสดงการวัดค่าความเครียดก่อนการหัดลวดอัดแรง	64
24. แสดงรอยแตกร้าวและลักษณะการวิบัติของคาน B1	69
25. แสดงรอยแตกร้าวและลักษณะการวิบัติของคาน B2	69
26. แสดงรอยแตกร้าวและลักษณะการวิบัติของคาน B3	70
27. แสดงรอยแตกร้าวและลักษณะการวิบัติของคาน B4	70
28. แสดงรอยแตกร้าวก่อนการวิบัติของคาน B5	71
29. แสดงรอยแตกร้าวก่อนการวิบัติของคาน B6	71
30. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งตัวกับน้ำหนักบรรทุกของคานตัวอย่าง .	72
31. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการโก่งตัวต่อการโก่งตัวสูงสุดต่ออัตราส่วน น้ำหนักบรรทุกต่อน้ำหนักบรรทุกที่จุดประลัย	73
32. แสดงความสัมพันธ์ของกำลังอัดกับโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตจากการทดลอง เปรียบเทียบกับเส้นกราฟที่ได้จากการคาดคะเน	88
33. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตกับค่าความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้น ในคาน	90