

ผลของ เหล็ก เสริมทางขวางต่อพฤติกรรมของ เสาคอนกรีต เสริม เหล็กทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมาก
ที่รับน้ำหนักตามแนวแกน



นายฉัตร ฉัตรทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-461-6

010521

I 15552978

Effects of Lateral Reinforcement on Behaviour of Axially Loaded
Reinforced Concrete Columns Made of Very-High Strength Concrete



Mr. Thiti Chatrthong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering

Graduate School
Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของ เหล็ก เสริมทางขวางต่อพฤติกรรมของ เสาคอนกรีต เสริม เหล็ก
 ทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมาก ที่รับน้ำหนักตามแนวแกน

โดย นายฐิติ ฉัตรทอง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีมสุวรรณ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตปริญญาโทบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. ปิณฑาน ลักภูณะประสิทธิ์)

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์วิวัฒน์)

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจ จันทรางศู)

..... กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีมสุวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของ เหล็ก เสริมทางขวางคือพฤติกรรมของ เสาคอนกรีต เสริม เหล็ก ทำด้วยคอนกรีตกำลังสูงมากที่รับน้ำหนักตามแนวแกน
ชื่อนิสิต	นายฐิติ ฉัตรทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีสมบูรณ์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2525



บทคัดย่อ

คอนกรีตกำลังสูงมากที่ผลิตได้โดยการ เติมน้ำยาผสมคอนกรีต เพื่อการลดน้ำสามารถ นำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับโครงสร้างประเภทรับแรงอัด เช่น เสาและชิ้นส่วนอัด แรง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษามลของ เหล็ก เสริมทางขวางที่มีคือ เสาคอนกรีต เสริม เหล็กที่หล่อด้วย คอนกรีตกำลังสูงมาก โดยให้น้ำหนักตามแนวแกน เหล็กเสริมทางขวางมี 2 แบบคือ เหล็ก ปลอกเดี่ยว (ties) และ เหล็กปลอกเกลียวรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular spirals) ได้ทดสอบ เสาตัวอย่างหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 15 ซม. สูง 1 ม. มีปริมาณเหล็กเสริมยึดคงที่ประ มານ 3.58 % ของพื้นที่หน้าตัดรวม คอนกรีตที่ใช้หล่อมีกำลังสูงถึง 906 กก/ซม² โดยเฉลี่ย ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดมี 14 ต้น แบ่งตัวอย่างทดสอบออกเป็น 3 ชุด คือชุดแรกไม่มีเหล็ก เสริม ทางขวาง จำนวน 2 ตัวอย่าง เป็น เสาคอนกรีตล้วน และเสาคอนกรีตที่มี เหล็ก เสริมยึดแต่ไม่มี เหล็กเสริมทางขวาง สำหรับชุดที่สอง เสริมเหล็กปลอกเดี่ยวมีจำนวน 5 ต้น ใช้ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลาง 6 มม. ทั้งหมด อัตราส่วนของเหล็กปลอกเดี่ยวแปรจาก 0.36 % ถึง 4.31 % โดยปริมาตรของแกนคอนกรีต และมีอัตราส่วนระยะห่างคือความกว้างของเสาแปรจาก 0.17 ถึง 2.0 ส่วนในชุดสุดท้ายจำนวน 7 ต้น เสริมเหล็กปลอกเกลียวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ถึง 12 มม. มีอัตราส่วนของเหล็กปลอกเกลียวแปรจาก 0.36 % ถึง 13.6 % โดย ปริมาตรของแกนคอนกรีตและมีอัตราส่วนของระยะห่างคือขนาดความกว้างของเสาแปรจาก 0.17 ถึง 2.0 ในการทดสอบจะบันทึกน้ำหนักบรรทุก ความเครียดของ เหล็กและคอนกรีต ตามแนวแกน ความเครียดในเหล็กเสริมทางขวางและลักษณะการแตกร้าวตั้งแต่ เริ่มบรรทุก น้ำหนักจนกระทั่ง เสาวิบัติ

ผลการทดสอบและวิเคราะห์พบว่า ระยะห่างของ เหล็ก เสริมทางขวางที่จะไม่เกิดการโก่งเคาะของ เหล็ก เสริมขึ้นก่อนถึงจุดลากอาจคำนวณได้จากสมการของ Euler โดยไม่คิดผลของคอนกรีตที่หุ้ม เหล็ก เสริมขึ้น สำหรับพฤติกรรมการโอบ (Confinement) ของ เหล็ก เสริมทางขวางจะขึ้นกับปริมาณของ เหล็ก เสริมทางขวางซึ่งกำลังที่เพิ่มขึ้นของแกนคอนกรีตจะมีค่าน้อยในช่วงแรกเมื่อคอนกรีตยังไม่เกิดการแตกร้าวภายใน แต่จะมีความมากขึ้นภายหลังจากคอนกรีตเกิดการแตกร้าวภายใน ทั้งนี้เมื่ออัตราส่วนของปริมาตร เหล็ก เสริมทางขวางคือปริมาตรแกนคอนกรีตอยู่ระหว่าง 4.3 % - 13.7 % และกำลังที่เพิ่มขึ้นของแกนคอนกรีตจากการ เสริม เหล็ก ปลูก เกือบจะสูงกว่า เมื่อ เสริม เหล็ก ปลูก เดี่ยวประมาณ 21 % โดยเฉลี่ย เมื่อเสานั้นมีปริมาณ เหล็ก เสริมทางขวาง เท่ากัน สำหรับการคาดคะเนกำลังของ เสาคอนกรีต เสริม เหล็ก ที่ทำด้วยคอนกรีตกำลัง สูงมากนี้สามารถคำนวณตามมาตรฐานการออกแบบที่ใช้ เสาที่ทำด้วยคอนกรีตธรรมดาได้ปลอดภัย ส่วนการคาดคะเนกำลังของ เสา โดยพิจารณาอิทธิพลการโอบของ เหล็ก เสริมทางขวางจากการวิจัยนี้ได้ เสนอแนะในรูปสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต่าง ๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2

Thesis Title Effects of Lateral Reinforcement on Behaviour of
Axially Loaded Reinforced Concrete Columns Made
of Very-High Strength Concrete

Name Mr. Thiti Chatrthong

Thesis Advisor Associate Professor Ekasit Limsuwan, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1982

ABSTRACT

Very-High strength concrete produced by means of minimizing water to cement ratio and using superplasticizer to increase workability can be efficiently utilized in structural members where compressive strength is dominated, such as columns or prestressed concrete members. The research was carried out to study the effects of lateral reinforcement on axially loaded behaviour of reinforced concrete column made of such a very-high strength concrete. Fourteen columns of 15x15 cm. square section 1 m. high and 3.58 % longitudinal reinforcement were cast to obtain an average concrete strength of 906 ksc. Both ties and rectangular spirals were used for lateral reinforcement. Test programs were categorized in to three series; First series are columns without lateral reinforcement; Second series consist five columns having 6 mm. stirrups with spacing varied from 0.17-2.0 of column width and the percentages of lateral steel were 0.36% - 4.31 % by volume of core; Seven columns in the last series were in different sizes of lateral reinforcement with spacing varied similar to the second series but the percentages of lateral reinforcement were 0.36 % - 13.7 % by volume of core. Load on the specimens were applied gradually in intervals upto failure. Loads,

longitudinal strain, lateral strain and crack patterns were monitored and recorded during the test.

From test and analysis, it can be concluded such that the buckling of longitudinal reinforcement can be predicted accurately by Euler formula without considering concrete covering. Confinement effect will be dominated when the percentage of lateral reinforcement is between 4.3 % and 13.7 % by volume of concrete core. Spirals are considered to be more efficiently than ties by 21 % at the same amount. The prediction by means of codes of practice for regular concrete columns are applicable for very-high strength concrete as well. Prediction of column strength considering confinement effect was suggested.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลีมสุวรรณ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากขณะทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้กรุณาแก้ไขและตรวจวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย ผู้เขียนยังใคร่ขอกราบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.มานะ วงศ์พิวัฒน์และรองศาสตราจารย์ ดร. กาญจ จันทรางศู ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาตรวจและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ อันจะทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบพระคุณมูลนิธิอิสิต เก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้กรุณามอบทุนการศึกษาแก่ผู้เขียน 2 ปีเต็มในระหว่างการศึกษาชั้นปริญญาโทมาบัดนี้ นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้เงินอุดหนุนงานวิจัยนี้และขอขอบพระคุณ บริษัท ริชมอนด์ ที่ช่วยเหลือทางด้านน้ำยาผสมคอนกรีตตลอดจนขอขอบพระคุณญาติ ๆ ของผู้เขียนและเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือจนกระทั่งงานวิจัยนี้ เสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ ความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายอันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบให้แก่ บิดา มารดา และ ครู อาจารย์ ทุกท่าน เพื่อน้อมรำลึกถึงพระคุณที่ได้ให้การอบรมศึกษาแก่ผู้เขียน

ฐิติ ฉัตรทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ฅ
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ค
สัญลักษณ์	ด
นิยามคำต่าง ๆ ที่ใช้ในภาษาเทคนิค	ท
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 คอนกรีตกำลังสูงมาก	1
1.2 เหล็กเสริมทางขวางใน เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	5
1.3 วัตถุประสงค์และขอบข่ายการวิจัย	8
2. การเตรียมตัวอย่างทดสอบและวัสดุที่ใช้	10
2.1 ตัวอย่างทดสอบ	10
2.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	10
2.3 การเตรียมตัวอย่าง	13
3. การทดสอบและผลการทดสอบ	15
3.1 การเตรียม เครื่องมือและตัวอย่างทดสอบ	15
3.2 การทดสอบ	16
3.3 ผลการทดสอบ	16
4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์	
4.1 ผลของเหล็กเสริมทางขวางที่มีผลต่อการโค้งเดาะของเหล็กเสริมยื่น ...	23
4.2 ผลของเหล็กเสริมทางขวางที่มีผลกำลังรับน้ำหนักของ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	28
5. การวิเคราะห์	34
5.1 การโค้ง เดาะของเหล็กเสริมยื่น	34

บทที่	หน้า
5.2 กำลังบรรทุกในแนวแกน	37
5.3 กำลังคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจากการโอบของ เหล็ก เสริมทางขวาง	39
5.4 การคาดคะเนการโอบของ เหล็ก เสริมทางขวาง	42
5.5 เปรียบ เทียบพฤติกรรมกรรมการโอบ เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงจุดคานง	45
5.6 เปรียบ เทียบกำลังบรรทุกรวม	45
5.7 ลักษณะการวิบัติ	47
6. สรุปผลการวิจัย	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	120
ประวัติผู้เขียน	134

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบ	59
2.2 ผลการทดสอบกำลังดึงของ เหล็ก	59
2.3 ส่วนผสมคอนกรีตใน 1 ลูกบาศก์เมตร	60
2.4 ผลการตรวจสอบกำลังคอนกรีต	60
5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ระยะห่าง เหล็ก เสริมทางขวางที่มีผลต่อการโค้ง เคาะของ เหล็ก เสริมยื่น	87
5.2 แสดงผลการหาความ เกรียดด้านข้างที่สอดคล้องกับกำลังดึงแยกตัวและ ไมอูลัสแคร์ราว	88
5.3 แสดงการรับน้ำหนักของ เส้า	89
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดของลูกปูนทรงกระบอกกับหน่วยแรง อัดคอนกรีตของ เส้า C000 (เส้าคอนกรีตล้วน)	90
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดของลูกปูนทรงกระบอกกับหน่วยแรง อัดของ เส้า C00 (เส้าคอนกรีตล้วนของนายมานิต สีวกุล)	91
5.6 เปรียบ เทียบพฤติกรรมการโอบที่ เหล็ก เสริมยื่นถึงจุดคานงระหว่าง เหล็ก ปลอก เดี่ยวกับ เหล็กปลอก เกี้ยว	92
5.7 หน่วยแรงของ เหล็ก เสริมทางขวาง เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงจุดคานง	93
5.8 เปรียบ เทียบน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นจากการโอบของ เหล็กปลอก เดี่ยว เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงกำลังคานง	94
5.9 เปรียบ เทียบน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นจากการโอบของ เหล็กปลอก เกี้ยว เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงกำลังคานง	95
5.10 เปรียบ เทียบกำลังของ เส้าคอนกรีต เสริม เหล็ก	96
5.11 เปรียบ เทียบ P_{test} กับ $P_{splitting}$	97
A1 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ C001 (คำนวณจากความ เกรียด)กก/ซม ²	121
A2 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT300 (คำนวณจากความ เกรียด)กก/ซม ²	122
A3 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT150 (คำนวณจากความ เกรียด)กก/ซม ²	123

ตารางที่	หน้า
A4 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT75 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	124
A5 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT50 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	125
A6 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CT25 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	126
A7 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS300 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	127
A8 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS150 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	128
A9 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS75 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	129
A10 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS50 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	130
A11 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CS25 (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	131
A12 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CA (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	132
A13 แสดงผลการโอบของตัวอย่างทดสอบ CB (คำนวณจากความเครียด) กก/ซม ²	133



 ศูนย์วิทยพัธรพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงอัดกับความเครียดที่กำลังอัดต่างกัน ⁽²¹⁾	58
2.1 แสดงขนาดและหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ	61
2.2 แสดงตำแหน่งติดตั้งเกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้า	62
2.3 แสดงปริมาณคละของหิน	63
2.4 แสดงปริมาณคละของทราย	64
2.5 โครงเหล็กและแบบในสภาพพร้อมที่จะหล่อ	65
2.6 หลังจากหล่อเรียบร้อยแล้วจะปิดคลุมด้วยกระสอบป่าน เปียกทิ้งไว้ในแบบหนึ่งคืนก่อนนำไปบ่มด้วยการแช่น้ำ	65
2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตทรงกระบอกควบคุมตัวอย่างทดสอบ C000, CT300, CT150	66
2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตทรงกระบอกควบคุมตัวอย่างทดสอบ CT25, CS25, C001	67
2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตทรงกระบอกควบคุมตัวอย่างทดสอบ CS300, CS150, CS75	68
2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตทรงกระบอกควบคุมตัวอย่างทดสอบ CT75, CT50, CS50	69
2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดและความเครียดของคอนกรีตทรงกระบอกควบคุมตัวอย่างทดสอบ CA, CB	70
3.1 แสดงเครื่อง Amsler ที่ใช้ทดสอบเสา	71
3.2 แสดงตัวอย่างที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะทดสอบ	71
3.3 แสดงลักษณะการวิบัติโดยละเอียดของตัวอย่างทดสอบชุดที่ไม่มีเหล็กเสริมทางขวาง	72
3.4 แสดงลักษณะการวิบัติโดยละเอียดของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริมเหล็กปลอกเดี่ยว	73
3.5 แสดงลักษณะการวิบัติโดยละเอียดของตัวอย่างทดสอบชุดที่เสริมเหล็กปลอกเกลียว	74
3.6 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกกับความเครียดของเหล็กเสริมยื่น, เหล็กที่ฝังในคอนกรีต, และของคอนกรีตผิวนอกของเสา CS150	75

รูปที่	หน้า
3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบ ชุดที่ไม่มี เหล็ก เสริมทางขวาง	76
3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบ ชุดที่ เสริม เหล็กปลอก เตี้ยว	77
3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบ ชุดที่ เสริม เหล็กปลอก เกลียว	78
3.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบ หลังจาก เสาร์รับน้ำหนักบรทุกสูงสุดของ เส่า CA, CB	79
3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เหล็กปลอก เตี้ยวของ ตัวอย่างชุดที่ เสริม เหล็กปลอก เตี้ยว	80
3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เหล็กปลอก เกลียว	81
3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรทุกกับความ เกรียด เหล็กปลอก เกลียวของ ตัวอย่างทดสอบ CA, CB หลังจาก เสาร์รับน้ำหนักบรทุกสูงสุด	82
4.1 ลักษณะการ โกง เคาะของ เหล็ก เสริมยีน เชียงตุงญี	83
4.2 ลักษณะการ โกง เคาะสมมติสำหรับหาค่าสถิติ เนสของ เหล็กปลอก	84
4.3 แสดงการ โอบของ เหล็กปลอก เกลียว	84
4.4 แสดงค่า k	85
4.5 ค่า m ของ เหล็กปลอก	85
4.6 แสดง ผลการทดสอบ เหล็ก เสริมยีน ⁽²⁴⁾	86
5.1 แสดงหน้าตัดที่วิ เคาระห์ โดยถือว่าคอนกรีต ที่หุ้มมีผลต่อหน้าตัด	98
5.2 ลักษณะการ โอบของ เหล็กปลอกค่อแกนคอนกรีต	98
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดคอนกรีตทรงกร ะมอกกับหน่วยแรงอัดคอนกรีต ในเส่า	99
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความ เกรียดของ เหล็ก เสริมยีน ϕ 16 มม .	100
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความ เกรียดของ เหล็ก เสริมยีน ϕ 16 มม . แบบอุคมคคิ	100
5.6 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยีน เทียบกับน้ำหนักบรทุก จากการทดสอบของ เส่า C001	101

รูปที่	หน้า
5.7 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CT300	102
5.8 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CT150	103
5.9 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CT75	104
5.10 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CT50	105
5.11 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CT25	106
5.12 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CS300	107
5.13 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CS150	108
5.14 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CS75	109
5.15 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CS50	110
5.16 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CS25	111
5.17 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CA	112
5.18 แสดงผลการคำนวณน้ำหนักที่รับ โดยคอนกรีตและ เหล็ก เสริมยื่น เทียบกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบของ เสา CB	113
5.19 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงอัดที่ เพิ่มขึ้นของแกนคอนกรีต เทียบกับความ เเคียว ของ เหล็กปลอก เดี่ยว	114
5.20 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงอัดที่ เพิ่มขึ้นของแกนคอนกรีต เทียบกับความ เเคียว ของ เหล็กปลอก เกลียว	115

รูปที่	หน้า
5.21 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ เหล็ก เสริมทางขวางกับกำลังของแกนคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น เมื่อ เหล็ก เสริมยื่นถึงจุดคานง 116	116
5.22 อิทธิพลการโอบของ เหล็กปลอกเดี่ยว 117	117
5.23 อิทธิพลการโอบของ เหล็กปลอกเคลียว 118	118
5.24 แสดงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในหน้าตัดคานยาวของเสา 119	119
5.25 แสดงการเขียน Mohr Circle เพื่อหามุมวิบัติของคอนกรีต 119	119



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์



a_1, a_2	=	ขนาดสูงสุดของลักษณะของการโค้งเคาะ
A'	=	หน้าตัดประสิทธิภาพของ เหล็กปลอก
A_c	=	พื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต
A_{cc}	=	พื้นที่หน้าตัดคอนกรีตนอก เหล็กปลอก
A_g	=	พื้นที่หน้าตัดของ เส้า
A_s	=	พื้นที่หน้าตัด เหล็ก เสริมยื่น
A_{st}	=	พื้นที่หน้าตัด เหล็ก เสริมทางขวาง
A_t	=	พื้นที่หน้าตัดจริงของ เหล็กปลอก
b'	=	ขนาดของแกนคอนกรีต, ความยาวประสิทธิภาพของ เหล็กปลอก
c	=	ขนาดของแกนคอนกรีต
d	=	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ เหล็กปลอก
D	=	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของ เหล็ก เสริมยื่น
D_c	=	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของแกนคอนกรีตใน เส้ากลม
L	=	ความยาวของ เส้า
m	=	ค่าคงที่ของ เหล็กปลอกแบบต่าง ๆ
P_s	=	อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของ เหล็ก เทียบกับปริมาตรของแกนคอนกรีตวัดที่ขอบนอกของ เหล็กปลอก เทียบ
P	=	น้ำหนักบรรทุกทุกตามแนวแกน
ΔP	=	กำลังบรรจุที่เพิ่มขึ้นจากอิทธิพลการโยน
P_c	=	น้ำหนักบรรทุกทุกส่วนที่รับ โดยคอนกรีต
P_{core}	=	น้ำหนักบรรทุกทุกประลัยในแกนคอนกรีต
P_{cu}	=	น้ำหนักบรรทุกทุกประลัยรับ โดยคอนกรีต
P_{max}	=	น้ำหนักบรรทุกทุกสูงสุดของ เส้า
$P_{splitting}$	=	น้ำหนักบรรทุกทุกที่ทำให้ เส้า เกิดการวิบัติแบบแตกกระจาย (splitting) ของคอนกรีตที่หุ้ม (covering)
P_{su}	=	น้ำหนักประลัยใน เหล็ก เสริมยื่น

P_{test}	=	น้ำหนักบรรทุกจากการทดสอบ
P_{ul}	=	น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย ใน เหล็ก เสริมยีนหรือน้ำหนักบรรทุกทุกประลัยของ เส่า
Q_1	=	ตัวคูณลดกำลังของ เส่าที่ไม่มีคอนกรีตนอก เหล็กปลอก
Q_2	=	ตัวคูณลดกำลังของ เส่าที่มีคอนกรีตนอก เหล็กปลอก
r	=	รัศมีใจ เร็วขึ้นของ เส่า, รัศมีใจ เร็วขึ้นของ เหล็ก เสริมยีน
S	=	ระยะห่างของ เหล็ก เสริมทางขวาง
t	=	ความหนาของคอนกรีตที่หุ้ม เหล็ก เสริมยีน
E'	=	โมดูลัสยืดหยุ่นประลัยของ เหล็กปลอก
E_c	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต
E_s	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของ เหล็ก เสริมยีน
E_{st}	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของ เหล็ก เสริมทางขวาง
E_t	=	แทน เจนที่โมดูลัส
f_c	=	หน่วยแรงในคอนกรีต
f_{ctest}	=	หน่วยแรงของคอนกรีตใน เส่าจากการทดสอบ
$f_{cylinder}$	=	หน่วยแรงในคอนกรีตทรงกระบอก
f'_c	=	หน่วยแรงอัดของคอนกรีตทรงกระบอก
Δf_c	=	หน่วยแรงอัดที่ เพิ่มขึ้นของ แกนคอนกรีตจากอิทธิพลการ โอบ
f''_c	=	หน่วยแรงอัดประลัยของ แกนคอนกรีตทรงกระบอกที่มีผลจากอิทธิพลการ โอบ
f_{cr}	=	หน่วยแรงวิกฤติ
f_{lx}, f_{ly}	=	หน่วยแรงอัดด้านข้าง, หน่วยแรงคลากของ เหล็ก เสริมทางขวาง
f_s	=	หน่วยแรงใน เหล็ก เสริมยีน
f_t	=	หน่วยแรงดึงของคอนกรีต, กำลังดึงแยกตัวของคอนกรีต
f_y	=	หน่วยแรงคลากของ เหล็ก เสริมยีนหรือหน่วยแรงคลากของ เหล็ก เสริมทางขวาง
I	=	ค่าโมเมนต์อินเนอร์เซียของ เหล็ก เสริมยีน
k	=	ตัวคูณค่าความยาวประลัยของ เส่าหรือ เหล็ก เสริมยีน, ค่าคงที่สปริงของ เหล็กปลอก
K	=	สตีฟ เนสของ เหล็กปลอก, shape factor ระหว่างหน่วยแรงอัดของคอนกรีต ทรงกระบอกกับหน่วยแรงอัดของคอนกรีตใน เส่า

l	= ระยะห่างของ เหล็กปลอก
x	= ระยะทางตามแกน
y	= ระยะทางตามแกน , ลักษณะการโค้งตัวของ เหล็กเสริมยื่นที่เกิดการโก่งเดาะ
y_1, y_2	= ลักษณะการโก่งเดาะสมมติให้รูปฟังก์ชันทางตรีโกณ
E_{av}	= ความเครียดเฉลี่ย
E_c	= ความเครียดคอนกรีต
E_r	= ความเครียดที่คอนกรีตเกิดการแตกร้าว
E_s	= ความเครียดใน เหล็กเสริมยื่น
E_{st}	= ความเครียดใน เหล็กปลอก
E_u	= ความเครียดประลัย
T	= หน่วยแรงเฉือน



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิยามของคำต่าง ๆ ในภาษาเทคนิค



การคืบและการหดตัว	Creep and Shrinkage
การโก่งตัว	Deflection
การแตกร้าว	Crack
การวิบัติ	Failure
การคงตัว	Soundness
การบ่ม	Curing
การ เบี่ยงเบน	Deviation
การหล่อ	Casting
กำลังคลาก	Yield Strength
กำลังดึง	Tensile Strength
กำลังอัด	Compression Strength
ความละเอียด	Fineness
ความสามารถเทได้	Workability
ความเครียด	Strain
คอนกรีตที่หุ้ม	Covering
โครงยึด	Stiffener
จุดคลาก	Yield Point
ตัวลดกำลัง เพื่อความปลอดภัย	Factor of Safety
น้ำหนักบรรทุก	Load
น้ำยาผสมคอนกรีต	Admixture
เนื้อปูนทราย	Cement Paste
มวลรวม	Aggregate
มวลรวมหยาบ	Course Aggregate
มวลรวมละเอียด	Fine Aggregate
โมดูลัสความละเอียด	Fineness Modulus
โมดูลัสแตกร้าว	Modulus of Rupture

โมดูลัสยืดหยุ่น	Modulus of Elasticity
ร่วมศูนย์	Concentric
แรงเฉือน	Shear
แรงประลัย	Ultimate Load
ล่อน	Spalling
ลักษณะผิว	Surface Texture
เสาปลอกเกลียว	Spiral Column
เสาปลอกเดี่ยว	Tied Column
เสาสั้น	Short Column
ส่วนขนาดคละ	Gradation
สติฟเนส	Stiffness
เหล็กเสริมทางขวาง	Lateral Reinforcement
หน่วยแรง	Stress
หน่วยแรงวิกฤติ	Critical Stress
หน่วยแรงยึดหน่วง	Bond Stress
หล่อสำเร็จ	Precast
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	Water Cement Ratio
อีพ็อกซี่	Epoxy
อิทธิพลการโอบ	Confinement
อุดมคติ	Idealize

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย