

การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมสำหรับพื้นคอนกรีตไร้คานอัดแรงภายหลัง

นายวินัย สังกิตกุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974 - 635 -278 - 4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMUM DESIGN OF POST - TENSIONED FLAT PLATE

Mr. Winai Sanghitkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974 - 635 - 278 - 4



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งและคอยเป็นแรงผลักดันด้านกำลังใจตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม สุริยะมงคล และอาจารย์ ดร. ธีรพงศ์ เสนจันทร์มิไชย ซึ่งได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณอย่างยิ่งสำหรับเพื่อนและรุ่นน้องทุกท่านที่คอยช่วยเหลือด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งในส่วนการวิเคราะห์ออกแบบและการป้อนข้อมูลซึ่งทำให้โปรแกรมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้องในครอบครัว ซึ่งคอยให้กำลังใจ โดยเฉพาะน้องชายที่คอยให้ข้อมูลช่วยเหลือในส่วนของการคำนวณออกแบบตลอดการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

วินัย สंहิตกุล

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
สัญลักษณ์.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
ความนำ.....	1
ความเป็นมา.....	2
งานที่ทำในงานวิจัยนี้.....	3
วัตถุประสงค์.....	3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวคิด	
ความนำ.....	5
ทฤษฎีเบื้องต้น.....	5
สมดุลงานหนักบรรทุก.....	18
ทฤษฎีเฟรมเสมือน.....	20
สติฟเนสขององค์อาคาร.....	26
การรวมสติฟเนส.....	27
การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสม.....	30
การสร้างเส้นกราฟสมการเชื่อมข้อมูล.....	31

บทที่ 3	ขั้นตอน และวิธีการวิจัย	
	ความนำ.....	33
	องค์ประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	33
	ขั้นตอนการก่อนการประมวลผล.....	34
	ขั้นตอนการประมวลผล.....	34
	ขั้นตอนหลังการประมวลผล.....	35
บทที่ 4	รายงานการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผล	
	ความนำ.....	38
	รายงานการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลตัวอย่างที่ 1	39
	รายงานการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลตัวอย่างที่ 2	43
	รายงานการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลตัวอย่างที่ 3	50
บทที่ 5	สรุปผล และข้อเสนอแนะ	
	สรุปผล.....	55
	ข้อเสนอแนะ.....	56
	รายการอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก ตัวอย่างผลลัพธ์ตามตัวอย่างที่ 1.....	60
	ภาคผนวก ข ตัวอย่างผลลัพธ์ตามตัวอย่างที่ 2.....	72
	ภาคผนวก ค ตัวอย่างผลลัพธ์ตามตัวอย่างที่ 3.....	84
ประวัติผู้เขียน.....		96

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของลวดอัดแรง.....	13
ตารางที่ 2.2	ค่าสัมประสิทธิ์การหดตัวของคอนกรีต K_{sh}	15
ตารางที่ 2.3	ค่าคงที่ของหน่วยแรงการคลายแรงดึงของลวดอัดแรง K_{rc} และ J	16
ตารางที่ 2.4	ค่าคงที่หน่วยแรงการหย่อนตัว C	17
ตารางที่ 4.1ก	เปรียบเทียบผลของโมเมนต์ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างในตัวอย่างที่ 1.....	40
ตารางที่ 4.1ข	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างในตัวอย่างที่ 1.....	41

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	หน้าตัดวิกฤตและค่าหน่วยแรงเฉือนที่เสา.....	10
รูปที่ 2.2	แสดงอีลีเมนต์ของลวดอัดแรง.....	18
รูปที่ 2.3	ลวดอัดแรงในรูปฟังก์ชันพาราโบลา.....	19
รูปที่ 2.4	แสดงแบบแถบเสริมด้านในและด้านนอก.....	20
รูปที่ 2.5	คุณสมบัติของหน้าตัดพื้นที่ใช้คำนวณหาค่าสติฟเนส.....	21
รูปที่ 2.6	คุณสมบัติของหน้าตัดเสาที่ใช้คำนวณหาค่าสติฟเนส.....	23
รูปที่ 2.7	แสดงการหาสติฟเนสของเสาเสริม.....	24
รูปที่ 2.8	องค์อาคารภายใต้แรงกระทำและการเปลี่ยนตำแหน่ง.....	26
รูปที่ 2.9	องค์อาคารวางในระนาบโคออร์ดิเนตไกลบอล.....	27
รูปที่ 3.1	แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิจัย.....	37
รูปที่ 4.1	แสดงรูปแปลนและรูปตัดของพื้นคอนกรีตอัดแรงไร้คานของตัวอย่างที่ 1.....	39
รูปที่ 4.2ก	แสดงรูปแปลนของพื้นคอนกรีตอัดแรงไร้คานของตัวอย่างที่ 2.....	43
รูปที่ 4.2ข	แสดงรูปตัดของพื้นคอนกรีตอัดแรงไร้คานของตัวอย่างที่ 2.....	44
รูปที่ 4.2ค	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาของโครงสร้างที่พิจารณากับแรงประสิทธิภาพ ของลวดอัดแรง(พิจารณาให้แรงประสิทธิภาพไม่เท่ากันทุกช่วงความยาวเสา).....	45
รูปที่ 4.2ง	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาของโครงสร้างที่พิจารณากับแรงดึงประสิทธิภาพ ของลวดอัดแรง(พิจารณาให้แรงประสิทธิภาพเท่ากันทุกช่วงความยาวเสา).....	46
รูปที่ 4.2จ	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาต่อหน่วยพื้นที่ของแต่ละวัสดุโครงสร้างพื้นที่ ความหนาของพื้นคอนกรีตอัดแรงในทิศทางของโครงสร้างที่พิจารณา.....	47
รูปที่ 4.2ฉ	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคารวมต่อหน่วยพื้นที่ของโครงสร้างพื้นที่ทั้งหมดกับ ความหนาของพื้นคอนกรีตอัดแรงในทิศทางของโครงสร้างที่พิจารณา.....	47
รูปที่ 4.3ก	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาของโครงสร้างที่พิจารณากับแรงดึงประสิทธิภาพ ของลวดอัดแรง(พิจารณาให้แรงประสิทธิภาพไม่เท่ากันทุกช่วงความยาวเสา).....	50
รูปที่ 4.3ข	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาของโครงสร้างที่พิจารณากับแรงดึงประสิทธิภาพ ของลวดอัดแรง(พิจารณาให้แรงประสิทธิภาพเท่ากันทุกช่วงความยาวเสา).....	51
รูปที่ 4.3ค	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคาต่อหน่วยพื้นที่ของแต่ละวัสดุของโครงสร้างพื้นที่ กับความหนาของพื้นคอนกรีตอัดแรงในทิศทางของโครงสร้างที่พิจารณา.....	52
รูปที่ 4.3ง	แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างราคารวมต่อหน่วยพื้นที่ของโครงสร้างพื้นที่ทั้งหมดกับ ความหนาของพื้นคอนกรีตอัดแรงในทิศทางของโครงสร้างที่พิจารณา.....	52

สัญลักษณ์

a	ความลึกของบล็อกหน่วยแรงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
[a]	เมตริกซ์แปลง (Transformation Matrix)
A	พื้นที่หน้าตัดคอนกรีต
A _c	พื้นที่รับแรงเฉือน
A _{ps}	พื้นที่หน้าตัดของลวดอัดแรงในกลุ่มแรงดึง (Tension Zone)
A _s	พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม
b	ความกว้างของผิวหน้ารับแรงอัดเนื่องจากแรงดัด
b _o	เส้นรอบรูปของหน้าตัดรับแรงเฉือนที่ระยะ d/2 จากผิวหน้าเสา
C	ค่าคงที่สำหรับการหย่อนตัว
c ₁	ขนาดของเสาในทิศทางเดียวกับทิศทางของโครงสร้างที่พิจารณา
c ₂	ขนาดของเสาในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางของโครงสร้างที่พิจารณา
CR	ความคืบของคอนกรีต
d	ระยะจากผิวนอกซึ่งรับแรงอัดถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึง
d _c	ระยะจากผิวรับแรงดึงนอกสุดถึงจุดศูนย์กลางของเหล็กเสริม
d _p	ระยะจากผิวรับแรงอัดถึงจุดศูนย์กลางของลวดอัดแรง
E _c	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตอายุ 28 วัน
E _{ci}	โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อายุที่ทำการดัดลวดอัดแรง
ES	การหดตัวแบบอีลาสติกของคอนกรีต
E _s	โมดูลัสยืดหยุ่นของลวดอัดแรง
f	หน่วยแรงทั้งหมด
f _a	หน่วยแรงเนื่องจากแรงอัดเฉื่อย
f _b	หน่วยแรงเนื่องจากสมดุลน้ำหนักบรรทุก
f _c '	กำลังอัดประลัยของคอนกรีต รูปทรงกระบอกเมื่อ อายุ 28 วัน
f _{cds}	หน่วยแรงในคอนกรีตที่จุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดยกเว้นน้ำหนักบรรทุกคงที่ ซึ่งมีอยู่แล้วในขณะอัดแรง

f_{ci}	กำลังอัดประลัยของคอนกรีตขณะถ่ายแรง
f_{cir}	หน่วยแรงในคอนกรีตที่จุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงเนื่องจากการอัดแรง และน้ำหนักบรรทุกคงที่ของชิ้นส่วนทันทีภายหลังจากการอัดแรง
f_{cpa}	หน่วยแรงอัดเฉลี่ยในคอนกรีตหลังจากการอัดแรง
f_{cpi}	หน่วยแรงในคอนกรีตที่จุดศูนย์กลางของลวดอัดแรงเนื่องจากรวมทั้งในเหล็กเสริมอัดแรงทันทีหลังจากการอัดแรง
f_{cr}	โมดูลัสของการแตกร้าว
f_d	หน่วยแรงเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่
f_g	หน่วยแรงในคอนกรีตที่จุดศูนย์กลางของเหล็กเสริมอัดแรงเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ของโครงสร้างภายหลังจากการอัดแรง
f_l	หน่วยแรงเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร
f_{pc}	หน่วยแรงอัดในคอนกรีตเนื่องจากการอัดแรงหลังจากหักค่าการสูญเสียแรงอัด
f_{pi}	หน่วยแรงอัดในลวดอัดแรงเนื่องจากแรงดึงก่อนหักค่าการสูญเสียแรงอัดตามกาลเวลา
f_{ps}	หน่วยแรงดึงในลวดอัดแรง
f_{pu}	หน่วยแรงดึงประลัยในลวดอัดแรง
f_{py}	กำลังคลากในลวดอัดแรง
f_{se}	หน่วยแรงประสิทธิผลในลวดอัดแรง
f_y	กำลังดึงคลากของเหล็กเสริมธรรมดา
h	ความหนาของพื้นคอนกรีต
k	สัมประสิทธิ์วอบเบิล
$[K]$	เมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง
K_c	สติฟเนสของเสา
K_{cr}	ค่าคงที่สำหรับการคืบของคอนกรีต
K_{cir}	ค่าคงที่สำหรับการหดตัวแบบอิลาสติกของคอนกรีตของระบบอัดแรงแบบมีแรงยึดเหนี่ยว
K_{ec}	สติฟเนสของเสาเสมือน
$[K_g]^i$	เมตริกซ์สติฟเนสขององค์อาคาร i ในโคออร์ดิเนต
K_{re}	ค่าคงที่สำหรับการหย่อนตัว

K_{sh}	ค่าสัมประสิทธิ์การหดตัวของคอนกรีต
K_t	สติฟเนสยืดโยง (Torsional Stiffness of Attached Member)
I_c	โมเมนต์ความเฉื่อยของเสา
J	ค่าคงที่สำหรับการหย่อนตัว
l	ความยาวของช่วงระหว่างเสาในทิศทางเดียวกับทิศทางของการเสริมเหล็ก
M_b	โมเมนต์เนื่องจากสมดุลงานหน้าหน้าบรทุก
M_{cr}	โมเมนต์การแตกร้าว
M_d	โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรทุกตายตัว
M_l	โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรทุกจร
N_c	แรงดึงทั้งหมดที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของคอนกรีตบริเวณที่เกินหน่วยแรงดึง ทั้งนี้ให้คำนวณจากหน้าตัดไม่แตกร้าว
P	แรงประสิทธิผลในลวดอัดแรง
$\{ r \}$	เวกเตอร์ของการเปลี่ยนตำแหน่งในโคออร์ดิเนตโกลบอล
$\{ R \}$	เวกเตอร์ของแรงกระทำในโคออร์ดิเนตโกลบอล
RE	ค่าการเสื่อมลดเนื่องจากการคลายแรงดึงของลวดอัดแรง
RH	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตลอดปี
$\{ s \}$	เวกเตอร์ของแรงกระทำในโคออร์ดิเนตประจำตัว
SH	ค่าการเสื่อมลดเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต
T_o	แรงดึงในลวดอัดแรงที่สมอยึด
T_x	แรงดึงในลวดอัดแรงที่ระยะ x จากสมอยึด
V	แรงเฉือน
$\{ u \}$	เวกเตอร์ของการเปลี่ยนตำแหน่งในโคออร์ดิเนตประจำตัว
v_c	หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
v_d	หน่วยแรงเฉือนประลัยแบบทะลุ
V_p	แรงประสิทธิผลของเหล็กเสริมอัดแรงที่หน้าตัดที่พิจารณา
v_u	หน่วยแรงเฉือนประลัย
V_u	แรงเฉือนประลัยที่หน้าตัดวิกฤต
V/S	อัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิว