โปรแกรมรวมเพื่อการวิเคราะห์ และ ออกแบบ โครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตเสริมเหล็ก

นาย ชีรพงษ์ โชติวรรณพฤกษ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-512-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018120 1151911412

INTEGRATED PACKAGE FOR ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE PLANE FRAMES

Mr. Teerapong Chotiwannapruke

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1992

ISBN 974-581-512-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมรวมเพื่อการวิเคราะห์ และ ออกแบบโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตเสริมเหล็ก
โดย	นาย ธีรพงษ์ โชติวรรณพฤกษ์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีรพงษ์ ไชติวรรณพฤกษ์ : โปรแกรมรวมเพื่อการวิเคราะห์และออกแบบโครงข้อแข็งระนาบคอนกรีตเสริมเหล็ก (INTEGRATED PACKAGE FOR ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE PLANE FRAMES) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, 72 หน้า. ISBN 974-581-512-8.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์โครงสร้างกับโปรแกรมที่ทำการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยครอบคลุมถึงการคำนวณความเหนียวของคานและเสาที่ได้จากการออกแบบ ผลรวมของกำลังรับโมเมนต์ของหน้าตัดเสา และผลรวมของกำลังรับโมเมนต์ของคานที่จุดต่อต่าง ๆ ซึ่งผลเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาในกรณีที่โครงสร้างอยู่ในบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวค่อนข้างรุนแรง งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์อันดับที่ 1 และ ออกแบบโดยใช้วิธีกำลังประลัยตามมาตรฐาน ACI318-83 การออกแบบมีขอบเขตจำกัดสำหรับหน้าตัดสี่เหลี่ยมโดยไม่คำนึงถึงผลของแรงในแนวแกนสำหรับคาน และพิจารณาผลของโมเมนต์ดัดที่ปลายเสารวมทั้งความชะลูดของเสาด้วย การเชื่อมโยงโปรแกรมทั้ง 2 ส่วนให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องจำเป็นต้องมีการคำนึงถึงการจัดการกับข้อมูลเพื่อให้สามารถส่งถ่ายข้อมูลถึงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้ใช้วิธีการจัดกลุ่มของแรงที่จะไปทำการออกแบบคานโดยหน้าตัดที่มีแรงใกล้เคียงกันจะถูกจัดให้มีหมายเลขกลุ่มเดียวกัน ผลที่ได้รับจากการจัดกลุ่มก็คือทำให้ประหยัดเวลาคำนวณจากการออกแบบ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่แสดงในรูปของกลุ่มโมเมนต์หรือแรงเฉือนแทนที่จะแสดงเป็นปริมาณเหล็กเสริมยังง่ายแก่การนำไปใช้เขียนรายละเอียดอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ธีรพงษ์ ไชติวรรณพฤกษ์
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C115462 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEY WORD : PACKAGE FOR ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE
TEERAPONG CHOTIWANNAPRUKE : INTEGRATED PACKAGE FOR ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE PLANE FRAMES. THESIS ADVISOR : PROF. PANITAN LUKKUNAPRASIT, Ph.D. 72 PP. ISBN 974-581-512-8.

The objective of this thesis is to implement a computer program which integrates structural analysis program with that for reinforced concrete design and includes computation of ductility of members, as well as relative ultimate strengths of column and beam sections at joints, which are essential factors to consider for structures located in rather strong earthquake zones. The first order method of analysis is employed, and design is in accordance with the ACI 318-83 standard on Ultimate Strength Design method. Sections are limited to rectangular shapes and the effect of axial force is neglected in beams. End moments in columns as well as slenderness effects are taken into account. Linking the two parts of programs to run continuously requires careful treatment of data transfer so that uttermost efficiency could be attained in data management. To this end, sections with approximately the same moment (or shear) magnitude are assigned the same group number. As a result, considerable saving in computation time is achieved. In addition, the results which are presented in terms of mement or or shear group numbers rather than reinforcement areas are much more convenient to utilize in the detailing process.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต ธีรพงษ์ โชติวรรณพฤกษ์
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อย่างดียิ่งมาตลอดในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่านอันประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี และ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปอย่างสมบูรณ์

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ พี่ชาย ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และ ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ฎ

คำอธิบายสัญญลักษณ์ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

ความนำ 1

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา 2

วัตถุประสงค์ 3

ขอบข่ายของงานวิจัย 4

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย 5

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 7

การวิเคราะห์โครงสร้าง 7

ความเหนียวของโครงสร้าง 7

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของเหล็กเสริม 8

ความเหนียวของคานแบบไม่มีเหล็กปลอกรัดรอบ 9

ความเหนียวของเสาแบบมีเหล็กปลอกรัดรอบ 11

ความเหนียวของคานตามมาตรฐาน ACI 318-83 18

พิกัดขั้นต่ำในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ... 19

หน้า

ผลของความชะลูดในการออกแบบเสารับแรงอัด 20
3. โปรแกรมรวมเพื่อการวิเคราะห์และออกแบบ 23
ปัญหาเรื่องหน่วยความจำ 23
การจัดกลุ่มหน้าตัดของคานในการออกแบบ 26
แฟ้มที่ใช้งาน 27
การวิเคราะห์โครงสร้าง 28
การจัดระบบข้อมูลจากการวิเคราะห์สำหรับนำไปใช้ในการออกแบบ 29
การเรียงลำดับค่าโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนในคาน 31
การออกแบบกลุ่มคานรับโมเมนต์ดัด 31
การออกแบบกลุ่มคานรับแรงเฉือน 32
การออกแบบเสา 33
ข้อจำกัดของโปรแกรม 34
4. ตัวอย่างการวิเคราะห์ออกแบบ และ วิจารณ์ 35
ตัวอย่างที่ 1 35
ตัวอย่างที่ 2 36
5. สรุปการวิจัย 39
สรุป 39
ข้อเสนอแนะ 40
เอกสารอ้างอิง 41
ภาคผนวก ก. รายการรูปประกอบ 44
ประวัติผู้เขียน 72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของเหล็กเสริม 45

รูปที่ 2.2 การกระจายความเครียดและหน่วยแรงบนหน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็ก 45

รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น กับ ความเครียดของคอนกรีตที่มีเหล็กสี่เหลี่ยมรัดรอบที่อาจเป็นไปได้ 46

รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น กับ ความเครียดของคอนกรีตที่มีเหล็กสี่เหลี่ยมรัดรอบเสนอโดย Kent และ Park 47

รูปที่ 2.5 ลักษณะการกระจายของหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นได้บนหน้าตัดคอนกรีตในงานวิจัยนี้ 47

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการทำงานของโปรแกรม 48

รูปที่ 3.2 ผังของแฟ้มข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็นในการจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ 50

รูปที่ 3.3 โครงสร้างภายในของแฟ้มข้อมูลและตัวแปรที่จำเป็นในการจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบ 51

รูปที่ 3.4 ทิศทางของแรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 54

รูปที่ 4.1 รูปโครงสร้างจำลองสำหรับตัวอย่างที่ 1 54

รูปที่ 4.2 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 1 55

รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 1 57

รูปที่ 4.4 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 1 59

รูปที่ 4.5 รูปโครงสร้างจำลองสำหรับตัวอย่างที่ 2 60

รูปที่ 4.6 ข้อมูลของตัวอย่างที่ 2 61

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอย่างที่ 2 65

รูปที่ 4.8 ผลการออกแบบของตัวอย่างที่ 2 68

หน้า

รูปที่ 4.9 เวลาที่แตกต่างกันในการออกแบบคานโดยตรงเทียบกับการออกแบบตามแนวทางที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์

a = ความลึกของหน่วยแรงสมมติของคอนกรีตบนหน้าตัด (Stress block)

A_v = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กปลอก

A_s = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงดึง

A_s' = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงอัด

b = ความกว้างของหน้าตัด

b'' = ความกว้างของคอนกรีตในบริเวณที่มีการรัดรอบ (Confined core) วัดถึงผิวนอกสุดของเหล็กปลอก

b_1 = ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของรูปหน่วยแรงอัดสมมูลกับความลึกของแนวแกนสะเทิน

c = ระยะจากผิวด้านนอกสุดของด้านที่รับแรงอัดของหน้าตัดถึงแนวแกนสะเทิน

C_c = แรงอัดทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดคอนกรีต

d = ความลึกประสิทธิผลของเหล็กเสริมรับแรงดึง

d' = ความลึกประสิทธิผลของเหล็กเสริมรับแรงอัด

d_i = ความลึกของเหล็กเสริมชั้นที่ i วัดจากผิวของคอนกรีตด้านที่รับแรงอัด

DI = ค่าดรรชนีความเหนียว (Ductility index)

E_c = โมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต

E_s = โมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็กเสริม

f_c = หน่วยแรงอัดของคอนกรีตที่ความเครียดใด ๆ

f_c' = หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

f_s' = หน่วยแรงในเหล็กเสริมรับแรงอัด

f_y = กำลังของเหล็กเสริมที่จุดคลาก

f_{yh} = กำลังคลากของเหล็กปลอก

h = ความลึกของหน้าตัด

I = โมเมนต์ความเฉื่อย

I_g = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดที่ไม่แตกร้าว (Gross section)

jd = ระยะระหว่างแรงอัดของคอนกรีตกับแรงดึงของเหล็กเสริมบนหน้าตัด

k = สัมประสิทธิ์ความยาวของเสา

kd = ระยะจากผิวของคานด้านที่รับแรงอัดถึงแนวแกนสะเทิน

l = ความยาวของชิ้นส่วน

M = โมเมนต์ดัดรอบจุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัดเสา

M_u = โมเมนต์ดัดประลัย (Ultimate moment)

M_y = โมเมนต์ดัดที่จุดคลาก

n = อัตราส่วนระหว่างโมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็กเสริมต่อโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต

P = แรงอัดที่กระทำกับหน้าตัดเสา

P_{cr} = แรงอัดออยเลอร์

S = ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอก

Z = ความลาดของเส้นความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของคอนกรีตที่มีการรัดรอบหลังจากที่ความเครียดมีค่ามากกว่า 0.002

β_d = อัตราส่วนระหว่างแรงเนื่องจากน้ำหนักตายตัว (Dead load) ต่อน้ำหนักกระทำทั้งหมด

ϵ_c = ความเครียดของคอนกรีตที่ผิวด้านนอกสุดที่รับแรงอัด

ϵ_{max}, ϵ_{cm} = ความเครียดสูงสุดของคอนกรีตที่เกิดขึ้นบริเวณผิวด้านนอกสุดที่รับแรงอัด

ϵ_s' = ความเครียดของเหล็กเสริมรับแรงอัด

ϵ_{20c} = ความเครียดของคอนกรีต เมื่อ $f_c = 0.2\ f_c'$

ϵ_{soh} = ผลต่างระหว่างความเครียดของคอนกรีตที่มีการรัดรอบของเหล็กปลอกกับคอนกรีตที่ไม่มีการรัดรอบของเหล็กปลอก เมื่อ $f_c = 0.5\ f_c'$

ϵ_{sou} = ผลต่างระหว่างความเครียดของคอนกรีตที่ไม่คิดผลการรัดรอบของเหล็กปลอก เมื่อ $f_c = 0.5\ f_c'$

ϕ_y = ความโค้งที่จุดคลากเริ่มต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ϕ_u = ความโค้งที่จุดประลัย

ρ = ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง (A_s/bd)

ρ' = ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด (A_s'/bd)

ρ_{min} = ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงต่ำสุด

ρ_s = อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหล็กปลอกต่อปริมาตรของคอนกรีตในบริเวณที่มีการรัดรอบวัดถึงผิวนอกสุดของเหล็กปลอก

Ψ_a, Ψ_b = $\frac{\text{ผลรวม EI/L ของเสาที่จุดต่อด้านล่าง,ด้านบน}}{\text{ผลรวม EI/L ของคานที่จุดต่อด้านล่าง,ด้านบน}}$

Ψ_{av} = ค่าเฉลี่ยของ Ψ_a กับ Ψ_b

Ψ_{min} = ค่าน้อยระหว่าง Ψ_a กับ Ψ_b

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย