การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะที่สุดโดยวิธีพลาสติก สำหรับโครงเหล็กหลายชั้น ชนิดไร้ยึดโยงทะแยง

นายก่อเกียรติ เชียรภักดิพัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-035-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015955

OPTIMUM PLASTIC DESIGN OF UNBRACED MULTISTORY STEEL FRAMES

Mr. Korkiat Tainpakdipat

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of The Requirements

for The degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-035-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสุดโดยวิธีพลาสติกสำหรับโครงเหล็กหลายชั้นชนิดไร้ยึดโยงทะแยง
โดย	นายก่อเกียรติ เธียรภักดิพัฒน์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.การุญ จันทรางศุ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เริงเดชา รัชตโพธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก่อเกียรติ เธียรภักดิพัฒน์ : การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะที่สุดโดยวิธีพลาสติกสำหรับโครงเหล็กหลายชั้น ชนิดไร้ยึดโยงทะแยง (OPTIMUM PLASTIC DESIGN OF UNBRACED MULTISTORY STEEL FRAMES.) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.พักษิณ เทพชาตรี, 63 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการวิเคราะห์และคำนวณออกแบบด้วยวิธีพลาสติก สำหรับโครงเหล็กหลายชั้น ชนิดไร้ยึดโยงทะแยง โดยอาศัยข้อสมมุติฐานความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าพลาสติกโมเมนต์ของชิ้นส่วนและน้ำหนักต่อหน่วยความยาวในการวิเคราะห์ ได้ใช้วิธีทางสถิตย์ของทฤษฎีพลาสติกร่วมกับกำหนดการเชิงเส้น เพื่อให้ได้น้ำหนักของโครงสร้างรวมน้อยที่สุด โดยสามารถพิจารณาจากแรงกระทำเพียงชุดเดียวหรือแรงกระทำหลายชุดพร้อมกันได้ ทั้งนี้ได้คำนึงถึงผลเนื่องจากแรงรองต่างๆ ในขณะการวิเคราะห์ด้วย

จากการศึกษากับโครงเหล็ก 2 ชั้น 1 ช่วงเสา ภายใต้น้ำหนักกระทำชุดเดียวพบว่าได้ผลลัพธ์สอดคล้องกับผลลัพธ์จากงานวิจัยที่ผ่านมา อนึ่งในการออกแบบโครงสร้างที่มีแรงกระทำหลายชุดพร้อมกันในงานวิจัยนี้จะเลือกโครงสร้างที่เหมาะสุดเพียงรูปเดียวเท่านั้น แต่จะให้กลไกการวิบัติที่ถูกต้องตามทฤษฎีพลาสติกที่แตกต่างกัน โดยสอดคล้องกันกับน้ำหนักพังทะลายที่กระทำแต่ละชุด ทำให้ได้โครงสร้างอย่างเหมาะสุดอย่างแท้จริง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

KORKIAT TAINPAKDIPAT : OPTIMUM PLASTIC DESIGN OF UNBRACED MULTISTORY STEEL FRAMES. THESIS ADVISOR : PROF. THAKSIN THEPCHATRI, Ph.D. 63 PP.

A procedure of optimum plastic design of unbraced multistory steel frames based on linear relationship between plastic moment and unit weight of member is presented. The static approach is employed and the linear programming is utilized in the design procedure to obtain the minimum weight of the structure under single or multiple loading condition. The secondary effects are also investigated.

A 2-story, single-bay frame subjected to single load system has been analyzed. Results are found to be in good agreement with those of other investigators. Under multiple loading condition, the method developed in this study will result in only one unique minimum weight of the structure. However, the method will give different correct collapse mechanisms due to different loading conditions.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ในระหว่างทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งความกรุณาตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ สำเร็จลุล่วงไปอย่างสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างมาก

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้บริการใช้คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำหนดการเชิงเส้นที่นำมาใช้ คุณไอภาส น้านิรัติศัย เจ้าหน้าที่ศูนย์ฯ คุณธีรชน มโนมัยพิบูลย์ ที่ให้คำแนะนำและกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ จนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ คุณประโยชน์อันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบให้บิดามารดาและครูบาอาจารย์ทุกท่าน เพื่อน้อมรำลึกพระคุณ ในการอบรมให้การศึกษาแก่ผู้เขียนตลอดมา

ก่อเกียรติ เธียรภักดิพัฒน์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สัญญาลักษณ์และคำแปล ฌ

รายการตารางประกอบและรูปประกอบ ญ

บทที่

1.บทนำ.....1

1.1 ความนำ.....1

1.2 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.3 ภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....2

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....4

2.การคำนวณออกแบบโครงสร้างแบบน้ำหนักน้อยที่สุด

2.1 ความนำ.....5

2.2 การวิเคราะห์แบบพลาสติก.....5

2.3 สมมุติฐาน.....9

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลาสติกโมเมนต์ (M_p) และ น้ำหนักของชิ้นส่วน.....11

3.กำหนดการเชิงเส้นและหลักของการคำนวณออกแบบโครงสร้างเหมาะที่สุด

3.1 ความนำ.....14

3.2 การใช้ขั้นตอนในการออกแบบเหมาะที่สุดของโครงข้อแข็ง...14

3.3 การคำนึงถึงผลของแรงแนวแกนของชิ้นส่วน.....16

3.4 การพิจารณาในกรณีผลของแรงหลายชุดกระทำพร้อมกัน.....17

สารบัญ(ต่อ)

4.การทดลองเชิงตัวเลข

4.1 ความนำ.....19

4.2 ตัวอย่างที่ 1.....19

4.3 ตัวอย่างที่ 2.....27

5.สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 สรุปและวิจารณ์.....37

5.2 ข้อเสนอแนะ.....38

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก ก. 42

ภาคผนวก ข. 57

ประวัติ 63

สัญญาลักษณ์และคำแปล

คำแปล

Unbrace	= ไร้ยึดโยงทะแยง
Linear Programming	= กำหนดการเชิงเส้น
Nonlinear Programming	= กำหนดการไร้เส้น
Objective Function	= ฟังก์ชันวัตถุประสงค์
Constrain	= ข้อจำกัด
Static	= วิธีสถิตย์
Kinematic	= วิธีคิเนมาติก
Secondary Effect	= ผลของแรงรอง

สัญญาลักษณ์

M = โมเมนต์ที่จุดใดๆ

Mp = พลาสติกโมเมนต์

U = พลังงานรวม

λ = ตัวคูณคิเนมาติก

θ = การหมุนของจุดหมุนพลาสติก

e = พลังงานภายนอก

C = เมตริกซ์สมการสมดุลย์

T = เมตริกซ์แปลงความสัมพันธ์ค่าโมเมนต์ที่จุดใดๆ และกลุ่ม

ρ = อัตราส่วนลดค่าพลาสติกโมเมนต์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบและรูปประกอบ

ตารางประกอบที่ หน้า

4.1 จำนวนตัวแปร สมการและอสมการในตัวอย่างที่ 1 21

4.2 โมเมนต์ ณ.จุดต่างๆในโครงสร้างตัวอย่างที่ 1 (ตัน-ม.) 22

4.3 ค่าพลาสติกโมเมนต์แต่ละกรณีของกลุ่มต่างๆ ในตัวอย่างที่ 1 22

4.4 ผลสรุปของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในตัวอย่างที่ 1 26

4.5 จำนวนตัวแปร สมการและอสมการในตัวอย่างที่ 2 27

4.6 โมเมนต์ ณ.จุดต่างๆในโครงสร้างตัวอย่างที่ 2 (ตัน-ม.) 29

4.7 ค่าพลาสติกโมเมนต์แต่ละกรณีของกลุ่มต่างๆ ในตัวอย่างที่ 2 30

4.8 ผลสรุปของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในตัวอย่างที่ 2 35

รูปประกอบที่

2.1 ไอดีลไลซ์ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียด 6

2.2 ไอดีลไลซ์ความสัมพันธ์ของโมเมนต์และความโค้ง 6

2.3 ความสัมพันธ์ของน้ำหนักต่อหน่วยความยาวของชิ้นส่วนและค่าพลาสติกโมเมนต์ 11

4.1 แสดงขนาดและรูปทรงทางเรขาคณิต ตำแหน่งโมเมนต์ 20

4.2 แสดงแรงกระทำต่อโครงสร้าง ทั้งแรงด้านข้างและแรงแนวดิ่งที่กระทำ ต่อโครงสร้าง ชนิดของวัสดุของชิ้นส่วน 20

4.3 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบ โดยไม่คำนึงถึงแรงรอง 23

4.4 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบ โดยคำนึงถึงแรงรอง 23

4.5 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่ง โดยไม่คำนึงถึงแรงรอง 24

รายการตารางประกอบและรูปประกอบ (ต่อ)

รูปประกอบที่	หน้า
4.6 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งโดยคำนึงถึงแรงรอง	24
4.7 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบหรือแนวดิ่งในกรณีใดกรณีหนึ่ง โดยไม่คำนึงถึงแรงรอง	25
4.8 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบหรือแนวดิ่งในกรณีใดกรณีหนึ่ง โดยคำนึงถึงแรงรอง	25
4.9 แสดงขนาดและรูปทรงทางเรขาคณิต ตำแหน่งโมเมนต์	28
4.10 แสดงแรงกระทำต่อโครงสร้าง ทั้งแรงด้านข้างและแรงแนวดิ่งที่กระทำต่อโครงสร้าง ชนิดของวัสดุของชิ้นส่วน	28
4.11 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบโดยไม่คำนึงถึงแรงรอง	32
4.12 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบโดยคำนึงถึงแรงรอง	32
4.13 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งโดยไม่คำนึงถึงแรงรอง	33
4.14 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งโดยคำนึงถึงแรงรอง	33
4.15 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบหรือแนวดิ่งในกรณีใดกรณีหนึ่ง โดยไม่คำนึงถึงแรงรอง	34
4.16 ชิ้นส่วนของโครงสร้างที่เหมาะสุด ในกรณีแรงกระทำทั้งแนวดิ่งและแนวราบหรือแนวดิ่งในกรณีใดกรณีหนึ่ง โดยคำนึงถึงแรงรอง	34
ข.1 แผนภูมิโปรแกรมหลัก	61
ข.2 แผนภูมิแรงรอง	61
ข.3 แผนภูมิไม่มีผลของแรงรอง	62