การหาขนาดที่เหมาะสมของโครงถักเหล็กในระนาบแบบไม่เชิงเส้น

โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

นายดัค เทียน ทราน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1844-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SIZING OPTIMIZATION OF NONLINEAR PLANAR STEEL TRUSSES USING GENETIC ALGORITHM

Mr. Tien-Dac TRAN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN : 974-53-1844-2

Thesis Title	Sizing Optimization of Nonlinear Planar Steel Trusses Using Genetic Algorithm
By	Tien-Dac TRAN
Field of study	Civil Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Thanyawat Pothisiri, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of Requirements for the Master's Degree

..... Dean of Faculty of Engineering
(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Professor Thaksin Thepchatri, Ph.D.)

..... Thesis Advisor
(Assistant Professor Thanyawat Pothisiri, Ph.D.)

..... Member
(Associate Professor Teerapong Senjuntichai, Ph.D.)

..... Member
(Naret Limsamphancharoen, Ph.D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายดัค เทียน ทราน : การหาขนาดที่เหมาะสมของโครงถักเหล็กในระนาบแบบไม่เชิงเส้น โดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม. (SIZING OPTIMIZATION OF NONLINEAR PLANAR STEEL TRUSSES USING GENETIC ALGORITHM) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญวัฒน์ โพธิศิริ, 90 หน้า. ISBN : 974-53-1844-2.

วิธีการออกแบบโครงถักในปัจจุบันอาศัยการวิเคราะห์โครงถักก่อนการกำหนดขนาดหน้าตัดของชิ้นส่วนโครงถัก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการตรวจสอบกำลังและเสถียรภาพของโครงสร้างในภาพรวมภายหลังจากขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้าง นอกจากนี้วิธีการออกแบบในปัจจุบันยังขาดการพิจารณาพฤติกรรมของโครงสร้างในบางประเด็น ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ค่าหน่วยแรงและความเครียดใช้การวิเคราะห์แบบยืดหยุ่น ในขณะที่การวิเคราะห์กำลังและเสถียรภาพของโครงสร้างอาศัยการวิเคราะห์แบบไม่ยืดหยุ่น ส่งผลให้พฤติกรรมบางประการถูกละเลยไปจากการใช้สมมติฐานดังกล่าว

การศึกษานี้ คำนึงถึงพฤติกรรมแบบไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิตและทางวัสดุในการวิเคราะห์โครงถัก ซึ่งส่งผลให้สามารถทำนายกำลังของชิ้นส่วน รวมทั้งกำลังที่สภาวะขีดสุดและเสถียรภาพของโครงสร้างโดยรวมได้ จึงสามารถลดขั้นตอนการตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของแต่ละชิ้นส่วน และช่วยให้ขั้นตอนการออกแบบสะดวกขึ้นอย่างมาก มีความเหมาะสมสำหรับการออกแบบโดยอัตโนมัติ

ในวิธีการที่นำเสนอนี้ ขั้นตอนการออกแบบถูกกำหนดในรูปของปัญหาการหาขนาดที่เหมาะสม โดยเซตของขนาดหน้าตัดที่เหมาะสมสำหรับแต่ละชิ้นส่วนของโครงถักถูกเลือกโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นเครื่องมือ และการกำหนดค่าขอบเขตและฟังก์ชันปรับขนาดเพื่อการลู่เข้าของคำตอบ ซึ่งจากกรณีศึกษาโครงถักขนาด 10 ชิ้นส่วน พบว่าวิธีการที่เสนอมีประสิทธิภาพในการออกแบบให้ประหยัดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการออกแบบทั่วไปในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต_____

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ปีการศึกษา 2547

4670626021 MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEYWORDS: PLANAR STEEL TRUSSES / FINITE ELEMENT METHOD / GEOMETRICAL NONLINEARITY / INELASTIC ANALYSIS / GENETIC ALGORITHM / SIZING OPTIMIZATION

TIEN-DAC TRAN : SIZING OPTIMIZATION OF NONLINEAR PLANAR STEEL TRUSSES USING GENETIC ALGORITHM. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR THANYAWAT POTHISIRI, PH.D., 90 pp. ISBN : 974-53-1844-2

In the current steel truss design procedures, a whole truss would be analyzed prior to the determination of the member cross-sections. It is therefore necessary to check for the strength and the stability of the whole structure after the analysis process. The current design methods also lack certain considerations on the structural behaviors. That is, the stresses and displacements are determined by elastic analysis, while the strength and stability are determined separately by inelastic analysis. As a result, some effects are overlooked by this assumption.

For the present study, the geometry and material nonlinearities are accounted for in the process of truss analysis. Consequently, not only the individual member strength can be predicted but also the limit state strength and the stability of the whole truss. The capacity check for individual truss members is no longer required, which simplifies the design process considerably, and is more convenient for automatic design.

The current design procedure is cast as a sizing optimization problem. In the proposed method,. an optimal set of cross sections is selected for the members of the truss by using genetic algorithm (GA) as the search engine. Certain constraints and penalty functions are adopted to ensure the convergence of the solution. Through the case study of a ten-bar truss, it is found that the method is effective in obtaining a more economical design compared with the conventional procedures.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department CIVIL ENGINEERING Student's signature _____

Field of study CIVIL ENGINEERING Advisor's signature _____

Academic year 2004

ACKNOWLEDGEMENTS

First and foremost, the author wishes to express his sincere gratitude and heartfelt thanks to his advisor, Assistant Professor Thanyawat Pothisiri, who has always given him guidance, assistance and support since he first came to Chulalongkorn University. Grateful acknowledgements are due to his committee members, Professor Thaksin Thepchatri, Associate Professor Teerapong Senjuntichai, and Dr. Naret Limsamphancharoen for their encouragement and comment. Naturally, this work has been influenced by many other researchers – the author especially thanks to Wai Fah Chen, Richard Liew, Seung Eock Kim and David Goldberg for their insights. Special thanks are also due to everyone who has helped directly and indirectly in the preparation of the thesis.

It is worth noting that this work would not have been completed without the funding support from AUN/SEED-Net and JICA, who offer the author an invaluable opportunity to enroll in a high quality program abroad. He greatly appreciates this precious sponsorship.

Finally, the author wishes to thank his Mom and Dad, his junior brother and his fiancée for their constant love and encouragement.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

May 2005
Bangkok.

TABLE OF CONTENTS

Page

Abstract (Thai) iv

Abstract (English) v

Acknowledgements vi

Table of Contents vii

List of Tables ix

List of Figures x

CHAPTER I INTRODUCTION 1

I.1 Literature Review 3

I.2 Research Objectives 5

I.3 Scope of Research 6

CHAPTER II ANALYSIS OF PLANAR STEEL TRUSS STRUCTURES 7

II.1 Practical advanced analysis of planar steel trusses 10

II.2 The LRFD Specifications 14

II.3 The tangent modulus 16

II.4 The algorithms 18

CHAPTER III SIZING OPTIMIZATION OF PLANAR STEEL TRUSSES 23

III.1 Genetic algorithms 23

III.2 Sizing optimization of planar steel trusses 31

CHAPTER IV CASE STUDY – A TEN-BAR TRUSS PROBLEM 36

IV.1 Nonlinear analysis 37

IV.2 Sizing optimization using genetic algorithm 43

Page

CHAPTER V CONCLUSIONS 48

REFERENCES 49

APPENDIX 51

VITA 90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table 2.1 The possibilities of the truss passing or failing the check at each analysis step..... 19

Table 4.1 The displacement and axial stress results from the linear elastic analysis. 38

Table 4.2 The displacement and axial stress results from the nonlinear analysis. 39

Table 4.3 The displacement and axial stress results from the ultimate analysis. 40

Table 4.4 The displacement and axial stress results from the ultimate analysis with $\Delta\lambda = 0.01$..... 42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure 2.1	Interaction between a structural system and its component members (Chen 2000).	7
Figure 2.2	Analysis and design methods (Chen 2000)	8
Figure 2.3	General analysis types for framed structures (Chan 2001)	8
Figure 2.4	The planar truss element in the global coordinates	11
Figure 2.5	The tangent modulus in various models	17
Figure 2.6	The nonlinear structural analysis flowchart	20
Figure 3.1	The genetic algorithm (Pohlheim 1997)	24
Figure 3.2	The roulette wheel	26
Figure 3.3	An example of crossover.	27
Figure 3.4	Possible positions after discrete recombination (Pohlheim 1997)	28
Figure 3.5	Area for variable value of offspring (Pohlheim 1997)	29
Figure 3.6	An example of mutation	29
Figure 3.7	Effect of mutation (Pohlheim 1997)	30
Figure 3.8	Typical penalty functions (Pezeshk and Camp 2003)	31
Figure 3.9	The main flowchart of the genetic algorithm	33
Figure 3.10	The penalty function	35
Figure 4.1	The geometry of the ten bar truss	36
Figure 4.2	The constant load ratio of the ten-bar truss in linear elastic analysis.	37
Figure 4.3	The graphical representation of the truss displacements from the linear elastic analysis.	38
Figure 4.4	The load ratio history of the ten-bar truss in the nonlinear analysis.	39
Figure 4.5	The graphical representation of the truss displacements from the nonlinear analysis.	40
Figure 4.6	The load ratio history of the ten-bar truss in the ultimate analysis	40
Figure 4.7	The graphical representation of the truss displacements from the ultimate analysis.	41
Figure 4.8	The load ratio history of the ten-bar truss in the ultimate analysis with $\Delta\lambda = 0.01$	42

Figure 4.9 The graphical representation of the truss displacements from the ultimate analysis with $\Delta\lambda = 0.01$. 43
Figure 4.10 Convergence of the single-section optimization problem..... 44
Figure 4.11 The section obtained for the single-section optimization problem... 44
Figure 4.12 Convergence of the 8-section optimization problem..... 45
Figure 4.13 The sections obtained for the 8-section optimization problem.... ... 46
Figure 4.14 Convergence of the 20-section optimization problem..... 46
Figure 4.15 The section obtained for the 20-section optimization problem..... 47

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย