การวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงข้อหมุนสามมิติ

นายมนตรี จันทรกุลพงศา

007384

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-254-5

1697816X

AN APPROXIMATE ANALYSIS OF SPACE TRUSSES

Mr. Montree Chantharakulpongsa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงข้อหมุนสามมิติ
โดย	นายมนตรี จันทรกุลพงศา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงข้อหมุนสามมิติ

ชื่อนิสิต นายมนตรี จันทรกุลพงศา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2524

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดรองรับตรงมุมทั้งสี่รับน้ำหนักในแนวดิ่งโดยมีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิด เพื่อหาแรงสูงสุดในชิ้นส่วนกับระยะโก่งสูงสุด ซึ่งนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบเบื้องต้น

ในการวิเคราะห์ได้จำลองโครงข้อหมุนสามมิติ (Space trusses) เป็นโครงสร้างเปลือกบาง (plate) แล้วคำนวณหาแรงรวมทั้งหมดตรงหน้าตัดที่เกิดแรงสูงสุดโดยอาศัยสูตรของโครงสร้างเปลือกบาง จากนั้นแรงสูงสุดในชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนสามมิติ สามารถคำนวณหาค่าประมาณโดยคิดเป็นอัตราร้อยละของแรงรวมทั้งหมด โดยอาศัยผลลัพธ์ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากการศึกษาพบว่าอัตราร้อยละดังกล่าวขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความยาวของด้านกับจำนวนชิ้นส่วนในทิศทางแกน x และแกน y และการกระจายของอัตราร้อยละสามารถแทนได้ด้วยสมการทางพีชคณิต

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ ปรากฏว่า แรงสูงสุดในชิ้นส่วนและระยะโก่งสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์โดยประมาณ มีค่าใกล้เคียงกับการวิเคราะห์อย่างละเอียดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่วิธีโดยประมาณเป็นวิธีที่ง่ายกว่า ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์โครงข้อหมุนสามมิติชนิดที่มีจุดรองรับตรงมุมทั้งสี่ได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เครื่องคิดเลขธรรมดา

Thesis Title	An Approximate Analysis of Space Trusses
Name	Mr. Montree Chantharakulpongsa
Thesis Advisor	Associate Professor Thaksin Thepchatri, Ph.D.
Department	Civil Engineering
Academic Year	1981

ABSTRACT

An approximate method is proposed for the analysis of space trusses, of which the upper chord and lower chord are linked together in the form of tetrahedron, supported at four corners and subjected to vertical loadings. Maximum member forces and maximum deflection obtained from this analysis can be used for preliminary design.

The proposed method is made by simplifying a three dimensional space truss into a form of two dimensional plate. Total force at section of maximum member force is then calculated from the plate formula. Maximum member force in the space truss is determined from the percentage of this total force. Results obtained from analysis using space truss computer program showed that the percentage is functions of the plate aspect ratio and the number of members in the x and y-direction. Moreover the distribution of this percentage can be approximately represented by algebraic equation.

Studies in this research work have shown that maximum member forces and maximum deflection calculated from the proposed analysis are reasonably agreed to those obtained from the analysis using the space

truss computer program. However the presented method of analysis is considerably simple and can be solved manually by a pocket calculator.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี ซึ่งเป็นผู้ควบคุมการวิจัยที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนจบ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ มานะ วงศ์พิวัฒน์ รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ที่ได้กรุณาตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

นายมนตรี จันทรกุลพงศา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ญ

รายการรูปประกอบ ..... ฏ

สัญญลักษณ์ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 การสำรวจการวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 2

2. การวิเคราะห์ 3

2.1 เบื้องต้น 3

2.2 สมมุติฐานในการวิเคราะห์ 3

2.3 วิธีการวิเคราะห์ 4

2.3.1 การวิเคราะห์หาแรงสูงสุดของคอร์ดบนและคอร์ดล่าง 8

2.3.2 การวิเคราะห์หาแรงสูงสุดของคอร์ดทะแยง 11

2.3.3 การวิเคราะห์หาระยะโก่งสูงสุด 12

3. ผลการวิเคราะห์โดยวิธีประมาณที่เสนอแนะ 13

3.1 ทั่วไป 13

3.2 ผลการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่ 1-4 13

3.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่ 1-4 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ 18

4.1 สรุปผลการวิจัย 18

4.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 18

เอกสารอ้างอิง 19

ภาคผนวก ก. 38

ภาคผนวก ข. 40

ประวัติ 58

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

1. แสดงผลการวิเคราะห์แรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณจากตัวอย่างที่ 1-4 21

2. แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ตามตัวอย่างที่ 1 22

3. แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ตามตัวอย่างที่ 2 23

4. แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ตามตัวอย่างที่ 3 24

5. แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ตามตัวอย่างที่ 4 25

6. แสดงผลการเปรียบเทียบระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับระยะโก่งที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในโครงสร้างที่กำหนดให้ในมาตรฐาน ว.ส.ท. 26

รายการรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

1. โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ 27

2. โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปิรามิดหงาย 28

3.1 ทิศทางโมเมนต์และแรงเฉือนของโครงสร้างเปลือกบาง 29

3.2 โครงสร้างเปลือกบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแนวแกน 29

4.1 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ โดยมีค่า $n_{xu} = 3.0$, $n_{xL} = 3.5$ 30

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 4.1 30

5.1 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ โดยมีค่า $n_{xu} = 4.0$, $n_{xL} = 4.5$ 31

5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 5.1 31

6.1 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปิรามิดหงาย โดยมีค่า $n_{xu} = 3.5$, $n_{xL} = 3.0$ 32

6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 6.1 32

7.1 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปิรามิดหงาย โดยมีค่า $n_{xu} = 4.5$, $n_{xL} = 4.0$ 33

7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 7.1 33

รูปที่ หน้า

8.1 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำ มีค่า $\frac{b}{a} = 1$ 34

8.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $n_x = n_y$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 8.1 34

9.1 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดหงาย มีค่า $\frac{b}{a} = 1$ 35

9.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $n_x = n_y$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 9.1 35

10. โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำตามตัวอย่างที่ 1 36

11. โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำตามตัวอย่างที่ 2 36

12. โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดหงายตามตัวอย่างที่ 3 37

13. โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดหงายตามตัวอย่างที่ 4 37

สัญญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดของคอร์ดบนหรือคอร์ดล่าง
a, b	=	ความกว้างและความยาว
D	=	flexural rigidities = EI
d	=	ระยะศูนย์กลางของคอร์ดบนหรือคอร์ดล่างถึงแกนสะเทิน
E	=	โมดูลัสยืดหยุ่น
F_{xuT}, F_{xLT}	=	แรงรวมทั้งหมดในแนวแกน x ที่คอร์ดบนและคอร์ดล่าง
F_{yuT}, F_{yLT}	=	แรงรวมทั้งหมดในแนวแกน y ที่คอร์ดบนและคอร์ดล่าง
$\%F_{xu}$, $\%F_{xL}$	=	อัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมดในแนวแกน x ที่คอร์ดบนและคอร์ดล่าง
$\%F_{yu}$, $\%F_{yL}$	=	อัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมดในแนวแกน y ที่คอร์ดบนและคอร์ดล่าง
F_{xum}, F_{xLm}	=	แรงสูงสุดในแนวแกน x ที่คอร์ดบนและคอร์ดล่าง
F_{yum}, F_{yLm}	=	แรงสูงสุดในแนวแกน y ที่คอร์ดบนและคอร์ดล่าง
F_{xT}, F_{yT}	=	แรงรวมทั้งหมดในแนวแกน x และ y
F_{wm}	=	แรงสูงสุดของคอร์ดทะแยง
H	=	ความหนาของโครงสร้าง
h_1, h_2	=	ระยะห่างระหว่างคอร์ดของคอร์ดบนและคอร์ดล่างในแนวแกน x และ y
I	=	โมเมนต์อินเนอร์เชีย
M_x, M_y	=	โมเมนต์ดัดต่อความยาวหนึ่งหน่วยซึ่งตั้งฉากกับแนวแกน x และ y
M_{xy}, M_{yx}	=	โมเมนต์บิดต่อความยาวหนึ่งหน่วยซึ่งตั้งฉากกับแนวแกน x และ y
n_x, n_y	=	จำนวนคอร์ดบนหรือคอร์ดล่างในแนวแกน x และ y
n_{xu}, n_{yu}	=	จำนวนคอร์ดบนในแนวแกน x และ y
n_{xL}, n_{yL}	=	จำนวนคอร์ดล่างในแนวแกน x และ y
q	=	น้ำหนักสม่ำเสมอในแนวดิ่ง

R	=	แรงกระทำที่จุดรองรับ
V_x, V_y	=	แรงเฉือนต่อความยาวหนึ่งหน่วยซึ่งตั้งฉากกับแนวแกน x และ y
w, w_m	=	ระยะโก่ง, ระยะโก่งสูงสุด
W_{allow}	=	ค่าระยะโก่งที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในโครงสร้างที่กำหนดให้ในมาตราฐาน ว.ส.ท.
x, y, z	=	ระยะในแนวแกน x, y, z
μ	=	Poisson Ratio