การวิเคราะห์โดยประมาณของโครงสร้างข้อแข็งรูปกล่องรับแรงบิด

นายพูลสวัสดิ์ เผ่าประพันธ์

002116

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. ๒๕๒๒

I16725189

APPROXIMATE ANALYSIS OF FRAMED-TUBE STRUCTURES SUBJECTED TO TORSIONAL LOADING

Mr. Poonsawat Phuaprapat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1979

Thesis Title	Approximate Analysis of Framed-Tube Structures Subjected to Torsional Loading
By	Mr. Poonsawat Phuaprapat
Department	Civil Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Panitan Lukkunaprasit , Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

S. Bunnag .....Dean of Graduate School

(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

Vinit Chovichien .....Chairman

(Associate Professor Vinit Chovichien, Ph.D.)

P. Lukkunprasit .....Member

(Assistant Professor Panitan Lukkunaprasit, Ph.D.)

Karoon Chandrangsu .....Member

(Assistant Professor Karoon Chandrangsu, Ph.D.)

Ekasit Limsuwan .....Member

(Assistant Professor Ekasit Limsuwan, Ph.D.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์โดยประมาณของโครงสร้างข้อแข็งรูปกล่องรับแรงบิด

ชื่อนิสิต นายพูลสวัสดิ์ เผ่าประพันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๒๒

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงสร้างข้อแข็งสมมาตรรูปกล่องรับแรงบิด โดยวิธีการของวัตถุต่อเนื่อง (Continuum approach) ได้ถูกนำมาใช้โดยการแทนโครงสร้างดีสครีต (Diccrete structure) ด้วยกล่องเทียบเคียงออร์โททรอปิค (Equivalent orthotropic tube) และอาศัยการสมมุติการเคลื่อนที่ที่สำคัญที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง ทำให้สามารถหาพลังงานภายในที่เกิดขึ้นในรูปของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง และมุมที่บิดไปของโครงสร้าง จากนั้นจึงใช้กฎของพลังงานศักย์รวมที่น้อยที่สุด (The principle of minimum total potential energy) และวิธีการของริซท์ (Ritz) ในการหากลุ่มของสมการเส้นตรงทางพีชคณิต เพื่อหาค่าคงที่ที่ติดอยู่ในฟังชั่นของการเคลื่อนที่ซึ่งสมมุติขึ้น จากการใช้วิธีการที่เสนอนี้วิเคราะห์โครงสร้างข้อแข็งรูปกล่องสูง ๓๐ ชั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง พบว่าผลที่ได้สอดคล้องกันดีกับการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้สำหรับโครงสร้าง ๓ มิติ นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นวิธีที่ง่ายและใช้ได้ทั่วไป แม้ว่าโครงสร้างประเภทนี้จะมีคุณสมบัติในแต่ละด้าน หรือแต่ละชั้นต่างกันก็สามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่องคิดเลขธรรมดา

Thesis Title	Approximate Analysis of Framed-Tube Structures Subjected to Torsional Loading
Name	Mr. Poonsawat Phuaprapat
Thesis Advisor	Assistant Professor Panitan Lukkunaprasit, Ph.D.
Department	Civil Engineering
Academic Year	1979

ABSTRACT

An approximate method is proposed for the analysis of symmetrical rectangular framed-tubes subjected to torsional loading. The continuum approach is adopted in which the discrete structure is first replaced by an equivalent orthotropic tube. By means of simplifying assumptions regarding the principal mode of deformations in the structure, the strain energy is expressed in terms of the warping displacement and the twisting angle. The principle of minimum total potential energy and the Ritz technique are then applied to yield a set of linear algebraic equations for determining the undetermined constants in the assumed displacement functions. The results of the analyses of several 30 - story framed-tubes using the proposed method are found to be in reasonable agreement with the solutions obtained by a standard three-dimensional building frame computer program. The proposed method is found to be

simple and general enough so that framed-tubes with different framework panel properties or any variation of the story properties along the height can be solved manually with the aid of electronic calculators.

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his deep appreciation to his advisor, Asst. Prof. Dr. Panitan Lukkunaprasit, for his helpful supervision and encouragement throughout this study. Thanks are also due to his Thesis Committee, Assoc. Prof. Dr. Vinit Chovichien, Asst. Prof. Dr. Karoon Chandrangsu and Asst. Prof. Dr. Ekasit Limsuwan.

Finally, this work is partially financed by the Graduate School, Chulalongkorn University.

TABLE OF CONTENTS

	Page
Title Page in Thai.....	i
Title Page in English.....	ii
Thesis Approval.....	iii
Abstract in Thai.....	iv
Abstract in English.....	v
Acknowledgement.....	vii
Table of Contents	viii
List of Figures.....	x
List of Tables.....	xii
List of Symbols.....	xiii
CHAPTER	
I INTRODUCTION.....	1
1.1 General and Statement of Problem	1
1.2 Literature Review.....	2
1.3 Objective and Scope of Study.....	4
II METHOD OF ANALYSIS	5
2.1 Introduction	5
2.2 Assumption	5
2.3 Formulation of the Method	6

Page

CHAPTER

2.3.1 Replacement of Framed Panels by Equivalent Orthotropic Plates..... 6

2.3.2 Total Potential Energy..... 10

2.3.3 Approximated Solutions by Ritz Method..... 14

2.3.4 Internal Forces in the Actual Structure..... 18

III NUMERICAL EXAMPLES AND RESULTS..... 21

3.1 Example 1 21

3.2 Example 2 22

3.3 Example 3 22

3.4 Example 4 24

IV CONCLUSIONS..... 25

REFERENCES 26

FIGURES 28

TABLES 42

APPENDIX 45

VITA 48

LIST OF FIGURES

Figure	Title	Page
1	Frame-Tube : Actual an Substitute Structures	28
2	Model for Determination of E_z	28
3	Model for Determination of G_{zs}	29
4	Sign Conventions	29
5	Thin-Walled Cantiliver Box-Section	29
6	Example 2 : Typical Floor Plan	30
7	Example 2 : Twisting Angle	30
8	Example 2 : Variation of Axial Force in Corner Column	31
9	Example 2 : Axial Forces in Columns (Kips)	32
10	Example 2 : Shear Forces in Columns and Spandrel Beams (Kips)	33
11	Example 3 : Typical Floor Plan	34
12	Example 3 : Twisting Angle	34
13	Example 3 : Variation of Axial Force in Corner Column	35
14	Example 3 : Axial Forces in Columns (Kips)	36
15	Example 3 : Shear Forces in Columns and Spandrel Beams (Kips)	37
16	Example 4 : Typical Floor Plan	38
17	Example 4 : Twisting Angle	38
18	Example 4 : Variation of Axial Force in Corner Column	39

Figure	Title	Page
19	Example 4 : Axial Forces in Columns (Kips)	40
20	Example 4 : Shear forces in Columns and Spandrel Beams (Kips)	41

LIST OF TABLES

Table	Title	Page
1	Properties of Member	42
2	Example 2: Bending Moment in Corner Column of Framed Panel 1	43
3	Example 3: Bending Moment in Corner Column of Framed Panel 1	43
4	Properties of Framed Panels in Example 4	44
5	Example 4: Bending Moment in Corner Column of Framed Panel 1	44

LIST OF SYMBOLS

A_c, A_{cc} = cross sectional area of column and corner column in the actual structure, respectively

A^*_{cc} = concentrated area at the corner of equivalent tube

A_{rb}, A_{rc} = effective shear area of the beam and column, respectively

2b, 2c = length of the longer panel (panel 2) and shorter panel (panel 1), respectively

d = bay width

d_b, d_c = depth of beam and width of column, respectively

d_1, d_2 = bay widths of panels 1 and 2, respectively

E, E_z = elastic modulus of the material of the actual structure and the equivalent orthotropic plate, respectively

E_1, E_2, E^*_c = equivalent elastic modulus in panel 1, panel 2 and the corner of equivalent tube, respectively

F_1, F_2 = functions as defined in Eq. (43)

G, G_{zs} = shear modulus of the material of the actual structure and the equivalent orthotropic plate, respectively

G_1, G_2 = equivalent shear modulus of the panels 1 and 2, respectively

H = total height of the structure

h = story height

I_b, I_c = moment of inertia of beam and column, respectively

P_c, P_1, P_2 = axial force in column at the corner, panel 1 and panel 2, respectively

Q_{c1}, Q_{c2} = shear force in corner column of panels 1 and 2, respectively

Q_1, Q_2 = shear force in interior column of panels 1 and 2, respectively

s = peripheral line along the equivalent tube

T = torque per unit length along the height

To = uniformly distributed torque

t = equivalent plate thickness

t_1, t_2 = equivalent plate thickness of panels 1 and 2, respectively

U = strain energy

U_1, U_2, U_c = strain energy stored in panel 1, panel 2 and the corner of equivalent tube, respectively

V = potential energy of external load

V_1, V_2 = shear forces in the spandrel beams in panel 1 and panel 2, respectively

u, v, w = displacements in the x, y and z directions, respectively

w_c = axial displacement at the corner of equivalent tube

x, y, z = Cartesian coordinates

ϵ_x, ϵ_y, ϵ_z = normal strain in x, y, z directions, respectively

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ = normal stress in x,y,z directions,respectively

γ_{xz}, γ_{yz} = shearing strain in panels 1 and 2,respectively

τ_{xz}, τ_{yz} = shearing stress in panels 1 and 2,respectively

ϵ_c, σ_c = axial strain and axial stress at the corner of equivalent tube, respectively

θ = angle of twist

ξ = height parameter = $\frac{z}{H}$

ρ = perpendicular distance from origin to tangential segment ds