การวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงสร้างข้อแข็งรูปกล่องรับแรงด้านข้าง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย สุชรรม วัฒนวงศ์

COLLEGE OF ENGINEERING
29316
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. ๒๕๒๑

APPROXIMATE ANALYSIS OF FRAME - TUBE STRUCTURES SUBJECT TO LATERAL LOADS

Mr. Suthum Watanavong

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Approximate Analysis of Frame-Tube Structures Subject to Lateral Loads

By Mr.Suthum Watanavong

Department Civil Engineering

Thesis Advisor Assistant Professor Dr.Panitan Lukkunaprasit

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

S. Bunnag .....Acting Dean

(Assistant Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

Thesis Committee

Niwat Daranandana .....Chairman

(Professor Niwat Daranandana, Ph.D.)

Arun Chaiseri .....Member

(Professor Arun Chaiseri)

P. Lukkunaprasit .....Member

(Assistant Professor Panitan Lukkunaprasit,Ph.D.)

Thaksin Thepchatri .....Member

(Assistant Professor Thaksin Thepchatri, Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงสร้างข้อแข็งรูปกล่องรับแรงด้านข้าง

ชื่อนิสิต นาย สุธรรม วัฒนวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์

แผนกวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา ๒๕๒๑

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์โดยประมาณสำหรับโครงสร้างข้อแข็งสมมาตรรูปกล่องรับแรงสมมาตรทางด้านข้าง โดยที่การกระจายของแรงทางด้านข้างตามความสูงอาจเป็นการกระจายสม่ำเสมอ หรือเป็นรูปสามเหลี่ยม หรือเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ในการวิจัยได้คำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นโดยประมาณของ "shear lag" ด้วยการสมมุติการกระจายของหน่วยยืดหดในเสาโดยอาศัยผลที่ได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และได้ตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว จากการใช้ทฤษฎีของการสมดุลย์และสมมุติฐานของการเคลื่อนที่ของหน่วยเล็ก ๆ แต่ละหน่วย เราจะสามารถหาพลังงานภายในที่เกิดจากการโก่งสำหรับโครงสร้างด้านขนานกับแรงด้านข้าง และพลังงานจากการยืดหรือหดของเสาในเทอมของความสูงได้ ในการวิเคราะห์นี้จะมีการแก้ค่าของพลังงานภายในที่เกิดจากการยืดหรือหดของเสา อันเป็นผลมาจากสมมุติฐานที่ตั้งขึ้น และเพื่อให้การวิเคราะห์สะดวกขึ้น จึงใช้วิธีการของริทซ์ (Ritz) ในการแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีนี้กับโครงสร้าง ๓๙ ชนิด ปรากฏว่าค่าแรงดึงหรือแรงอัดที่มากที่สุดในเสา ค่ามากที่สุดของแรงเฉือนในคาน และค่าของการเคลื่อนที่ตามแนวราบดีพอที่จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเบื้องต้นสำหรับโครงสร้างข้อแข็งได้

Thesis Title Approximate Analysis of Frame-Tube Structures Subject to Lateral Loads

Name Mr.Suthum Watanavong

Thesis Advisor Assistant Professor Panitan Lukkunaprasit, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1978

ABSTRACT

An approximate method is proposed for the analysis of symmetrical rectangular frame-tubes subjected to symmetrical lateral loads of uniform, triangular or trapezoidal distribution. In this method, the shear lag effect is approximately accounted for by assuming the axial deformation distribution based on the published computer solutions. Using statics and certain kinematic assumptions of a typical unit the strain energy due to bending of the side panels and axial deformation in all the columns of the tube can be expressed in terms of the unknown lateral displacement function. A correction factor for the axial strain energy is introduced to partially account for the excessive axial strains in the columns arising from the approximation inherent in the

analysis. An approximate solution is obtained by means of the Ritz method. Results from the analyses of 39 frame-tubes using the proposed method reveal that the maximum column axial forces, the maximum spandrel beam shears and the lateral displacement are reasonably good for preliminary design.

ACKNOWLEDGEMENTS

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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.

He also wishes to express his gratitude to Prof.Dr.Niwat Daranandana, Prof. Arun Chaiseri and Asst. Prof. Dr. Thaksin Thepchatri for serving as members of the thesis committee.

Finally, this work is partially financed by the Graduate School, Chulalongkorn University and the National Research Council of Thailand. Their support is gratefully acknowledged.

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	3
II METHOD OF ANALYSIS	5
2.1 Introduction	5
2.2 Assumption	5
2.3 Formulation of the Method	6
2.3.1 Determination of column Axial Forces Assuming Axial Deformation Distribution	6
2.3.2 Lateral Displacement due to Bending and Shearing Deformations	12

Page

2.3.3 Total Potential Energy and Approximate Solution by Ritz Method 15

2.3.4 Shear Forces in Spandrel Beams and Columns 18

III NUMERICAL EXAMPLES 19

3.1 Multistory Multibay Plane Frame 19

3.2 Frame-Tubes of SCHWAIGHOFER and AST 20

3.3 Frame-Tube of KHAN and AMIN 22

IV CONCLUSIONS 23

REFERENCES 25

FIGURES 27

TABLES 41

APPENDIX 49

VITA 52

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure	Title	Page
1	Typical Frame - Tube Structure	27
2	Column Forces at Points of Contraflexure	27
3	Deflected Shape of a Typical Unit	28
4	Axial Deformation of a Typical Unit	28
5	Multistory Multibay Plane Frame; Dimensions and Cross Sections	29
6	Lateral Displacement of Frame in Fig. 5	29
7	Variation of Axial Forces of Exterior Column of Frame in Fig. 5	30
8	Variation of Shear Forces in Column 5 of Frame in Fig. 5	30
9	Dimensions and Member Cross Sections	31
10	Column Axial Forces in Side Panel (Kips) and Lateral Displacement (Ft.) of Frame - Tube in Fig. 9	32
11	Column Axial Forces in Normal Panel (Kips) for Frame - Tube in Fig. 9	33
12	Shear Forces in Columns and Spandrel Beams in Side Panel (Kips) for Frame - Tube in Fig. 9	34
13	Plan View of Frame - Tube Investigated by Khan and Amin (1)	35

Figure	Title	Page
14	Coefficient m_1, m_2 and m_3 when Aspect Ratio = 0.5	36
15	Coefficient m_1, m_2 and m_3 when Aspect Ratio = 0.666	37
16	Coefficient m_1, m_2 and m_3 when Aspect Ratio = 1.0	38
17	Coefficient m_1, m_2 and m_3 when Aspect Ratio = 1.5	39
18	Coefficient m_1, m_2 and m_3 when Aspect Ratio = 2.0	40

LIST OF TABLES

Table	Title	Page
1	Variation of Axial Strain in Side Panel Columns from the Results of SCHWAIGHOFER and AST (bay width = story height) and the Average Value of m_1	41
2	Comparison between Results of SCHWAIGHOFER and AST and the Proposed Method when Bay width = Story height	42
3	Comparison between Results of SCHWAIGHOFER and AST and the Proposed Method when Bay width/Story height = 0.8	43
4	Comparison between Results of SCHWAIGHOFER and AST and the Proposed Method when Bay width/Story height = 1.2	44
5	Distribution of Percentage Error of Tables 2,3 and 4	45
6	Column and Spandrel Beam Sectional Properties for Frame-Tube in Fig. 13	46
7	Comparison between Results of KHAN and AMIN and the Proposed Method with the 'Actual' Solution	47

LIST OF SYMBOLS

$A_{b(j-1)}$, A_{bj} = cross-sectional area of the $(j-1)^{th}$ and j^{th} spandrel beams, respectively

A_{cc}, A_{ci}, A_{cj} = cross-sectional area of the corner, i^{th} and j^{th} columns, respectively

$a_{(j-1)}$, a_j = width of bay (j-1) and j, respectively

C = length of normal panels

$c_{(j-1)}$, c_j = clear lengths of the $(j-1)^{th}$ and j^{th} spandrel beams, respectively

D = length of side panels

d_b = depth of spandrel beam

E = modulus of elasticity

G = modulus of shear

H = total height of the structure

h = story height

$I_{b(j-1)}$, I_{bj}, I_{cj} = second moment of area of the $(j-1)^{th}$, j^{th} spandrel beams and the column, respectively

i, j = position of the spandrel beams and columns along x and y axes, respectively

M, N = number of column in side and normal panels, respectively

m_1, m_2, m_3 = coefficient of axial deformation function

P_{cc}, P_{ci}, P_{cj} = axial forces in the corner, $i^{\underline{th}}$ and $j^{\underline{th}}$ columns, respectively

P_o = the lateral load intensities (per column) at the base of frame-tube

P_H = difference in lateral load intensities (per column) at the top and the base

$Q_{(j-1)}$, Q_j = shear forces at points of contraflexure in the $(j-1)^{\underline{th}}$ and $j^{\underline{th}}$ spandrel beams of the typical unit, respectively

u_{cc}, u_{ci}, u_{cj} = axial displacement of the corner, $i^{\underline{th}}$ and $(j-1)^{\underline{th}}$ columns, respectively

V_j = shear forces at points of contraflexure in the column of the typical unit

x,y,z = cartesian coordinates

$\triangle_{Aj}$, $\triangle_{Sj}$ = lateral displacement due to axial deformation and shearing action of the typical unit

$\triangle U_{sj}$ = strain energy due to bending and shear deformations in each typical unit

$\triangle(z)$ = total lateral displacement of each floor

θ = angle of rotation of a typical unit due to axial deformation

Π = total potential energy

β = a correction factor

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย