6

โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้วิธีฟรอนทัล ในการวิเคราะห์โครงสร้างชนิดโครงระนาบ

นาย ภาณุวัฒน์ คุรุรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-924-9

009755

I16842637

A FRONTAL SOLVER MICROCOMPUTER PROGRAMME

FOR ANALYSIS OF PLANE FRAME STRUCTURES

Mr. Parnuwat Gururatana

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้วิธีฟรอนทัลในการวิเคราะห์โครง-สร้างชนิดโครงระนาบ
โดย	นาย ภาณุวัฒน์ คุรุวัฒน์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดช รัชตโพธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน สักคุณะประสิทธิ์)

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดช รัชตโพธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้วิธีฟรอนทัลในการวิเคราะห์โครงสร้างชนิดโครงระนาบ

ชื่อนิสิต นาย ภาณุวัฒน์ คุรุรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดช รัชตโพธิ์

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2527

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์โครงสร้างชนิดโครงระนาบ (Plane Frame) ด้วยวิธีฟรอนทัล (Frontal Method) ซึ่งเป็นการรวม (Assemble) สัมประสิทธิ์ของสติฟเนสเมทริกซ์ และเวคเตอร์ของแรง (Load Vector) เข้าด้วยกันทีละชิ้นส่วนย่อย และในขณะเดียวกันก็ทำการกำจัด (Reduce) ค่าดีกรีของความอิสระของข้อที่ไม่ได้ต่อกับชิ้นส่วนต่อไปด้วย ทั้งนี้โดยใช้วิธีกำจัดของเกาซ์ (Gauss Elimination) งานวิจัยนี้เขียนโปรแกรมขึ้นเพื่อใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer) เป็นภาษาเบสิค (Applesoft BASIC) ในวิธีฟรอนทัลข้อมูลส่วนใหญ่ถูกเก็บไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก (Diskette) ทำให้เสียเนื้อที่ความจำหลักของเครื่องน้อยมาก จึงทำให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีจุดต่อมาก ๆ ได้ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจากการวิเคราะห์ เป็นค่าการเคลื่อนที่ที่ข้อ อันได้แก่ ค่าการเคลื่อนที่ในทิศทาง X ค่าการเคลื่อนที่ในทิศทางY และค่าการหมุนรอบแกน Z นอกจากนี้ยังคำนวณหาค่าแรงภายในที่ปลายของชิ้นส่วนย่อย อันได้แก่ แรงตามแนวแกน (Axial Force) แรงเฉือน (Shear Force) และแรงดัด (Moment) ได้ด้วย

จากตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษา 4 ตัวอย่าง ซึ่งมีทั้งโครงสร้างขนาดเล็กและใหญ่ ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากเครื่อง เมนเฟรม และผลจากวิธีอื่น ค่าความผิดพลาด (Solution Error) ที่คำนวณได้มีค่าน้อยมาก จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อโครงสร้างมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ก็อยู่ในพิสัยที่ยอมรับได้ วิธีฟรอนทัลนี้เมื่อนำมาประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์โครงสร้างขนาดเล็ก มีข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก เมื่อเทียบกับวิธีวิเคราะห์เชิงเมทริกซ์ชนิดที่สามารถเก็บข้อมูลสัมประสิทธิ์ของสติฟเนสเมทริกซ์และเวคเตอร์ของแรงทั้งหมดไว้ในหน่วยความจำหลักได้ ทั้งนี้เพราะวิธีฟรอนทัลมีการอ่านและบันทึก

ข้อมูลส่วนใหญ่ลงบนแผ่นจานแม่เหล็ก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งไม่สามารถเก็บข้อมูลสัมประสิทธิ์ของสติฟเนสเมทริกซ์และเวคเตอร์ของแรงไว้ในหน่วยความจำหลักได้ทั้งหมด โดยที่การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าความผิดพลาดของผลลัพธ์จากการใช้วิธีฟรอนทัลมีค่าน้อยมาก และสามารถนำเอาวิธีการไปใช้วิเคราะห์โครงสร้างขนาดใหญ่ได้ จึงพอสรุปได้ว่าโปรแกรมและวิธีการดังกล่าวน่าจะเหมาะสมที่จะใช้ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างชนิดโครงระนาบโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	A Frontal Solver Microcomputer Programme for Analysis of Plane Frame Structures
Name	Mr. Parnuwat Gururatana
Thesis Advisor	Assistant Professor Roengdeja Rajatabhothi
Department	Civil Engineering
Academic Year	1984

ABSTRACT

This research presents a frontal solver microcomputer programme for analysis of plane frame structures. The programme is written in BASIC (Applesoft BASIC). The frontal process assembles coefficients of member stiffness matrices and load vectors, and simultaneously reduces those degrees of freedom of nodes which are unconnected with nodes of members not yet assembled by Gauss elimination. The frontal method requires minimum RAM storage because most of the data are saved on diskette. Therefore the method can be used to analyse structures that have many nodes. The results obtained are displacements at nodes (ie. translation in X and Y directions and rotation about Z axis) and member forces (ie. axial force, shear force and moment).

From four studied examples which consist of small and large structures, the results showed good agreement with the results using a mainframe computer and other results. The computed solution error was small, increasing as the size of the structure becomes larger but remains within acceptable limits. The frontal method has the disadvantage that when used on a microcomputer to analyse small structures, it requires large solution time compared with matrix methods

that store stiffness coefficients and load vectors in the high-speed memory because the frontal method demands relatively large amount of data transfer to and from diskette. The method is therefore suited to analysis of large structures, for which the global stiffness matrix and load vectors cannot be contained in the high-speed memory. This study has indicated that negligible solution error results from use of the frontal method and that the method could advantageously be used to analyse large structures. It can therefore be concluded that the technique and the developed computer programme may effectively be used for designing plane frame structures by the microcomputer.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เรืองเดชา รัชตโพธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี และ รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ ..... ฏ

สัญญลักษณ์ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความนำ 1

1.2 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.3 ภูมิหลังงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 4

2. วิธีฟรอนทัล (Frontal Method) 5

2.1 ความนำ 5

2.2 วิธีการฟรอนทัลในการวิเคราะห์โครงสร้าง 6

2.3 วิธีการฟรอนทัลในการประยุกต์กับไมโครคอมพิวเตอร์ 11

3. การวิเคราะห์ความผิดพลาด 18

3.1 ความนำ 18

3.2 ความผิดพลาดเนื่องจากการวิเคราะห์ 18

3.3 การวิเคราะห์ความผิดพลาดในวิธีฟรอนทัล 20

4. โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ 21

4.1 ความนำ 21

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ 21

4.3 การทำงานของโปรแกรม 24

หน้า

5. ตัวอย่างการวิเคราะห์ 28
5.1 ความนำ 28
5.2 ตัวอย่างที่ 1 28
5.3 ตัวอย่างที่ 2 31
5.4 ตัวอย่างที่ 3 33
5.5 ตัวอย่างที่ 4 35
6. วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย 38
6.1 เกี่ยวกับความถูกต้องของผลลัพธ์..... 38
6.2 เกี่ยวกับความต้องการเนื้อที่ความจำ..... 39
6.3 เกี่ยวกับเวลา..... 39
6.4 เกี่ยวกับการบันทึกลงแผ่นจานแม่เหล็ก..... 40
6.5 สรุป..... 41
เอกสารอ้างอิง 43
ภาคผนวก ก..... 45
ภาคผนวก ข. 48
ภาคผนวก ค. 85
ประวัติ 106

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างโครงสร้าง	6
2.2	แผนภูมิแสดงขั้นตอนของวิธีฟรอนทัล	12
2.3	ตัวอย่างวิธีการฟรอนทัล	14
2.4	ตัวอย่างวิธีการฟรอนทัล	15
2.5	แสดงการรวมชิ้นส่วนย่อย	16
2.6	แสดงชิ้วที่อยู่ในฟรอนท์	17
2.7	แสดงการจัดตำแหน่งชิ้วระหว่าง 2 ฟรอนท์	17
4.1-ก	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์โดยสังเขป	22
4.1-ข	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์โดยสังเขป (ต่อ)	23
4.2	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	26
4.3	แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย ANALYZE	27
5.1	โครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 1)	29
5.2	โครงข้อหมุน (ตัวอย่างที่ 2)	31
5.3	โครงข้อแข็ง (ตัวอย่างที่ 3)	34
5.4	โครงข้อหมุน (ตัวอย่างที่ 4)	36
5.5	แสดงหมายเลขชิ้นส่วน (ตัวอย่างที่ 4)	37
ก-1	ชิ้นส่วนคาน (Beam Element)	46
ก-2	ทิศทางการเคลื่อนที่ในพิกัดชิ้นส่วนย่อย	46
ก-3	ทิศทางการเคลื่อนที่ในพิกัดของโครงสร้าง	47

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1.1	เปรียบเทียบชนิดและคุณสมบัติของไมโครคอมพิวเตอร์	2
5.1	เปรียบเทียบผลกับเครื่อง IBM 3031-004 (ตัวอย่างที่ 1)	30
5.2	เปรียบเทียบผลกับเครื่อง IBM 3031-004 (ตัวอย่างที่ 2)	32
5.3	เปรียบเทียบผลกับเครื่อง IBM 3031-004 (ตัวอย่างที่ 3)	33
5.4	เปรียบเทียบผลกับเครื่อง IBM 3031-004 (ตัวอย่างที่ 4)	35
ค.1	เปรียบเทียบค่าแรงตามแนวแกนและแรงเฉือน (ตัวอย่างที่ 3)	104
ค.2	เปรียบเทียบค่าแรงตามแนวแกน (ตัวอย่างที่ 4)	105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์

$\underline{\underline{A}}$ = ทรานฟอร์เมชั่นเมทริกซ์

$\underset{\sim}{D}$ = เวคเตอร์ของค่าการเคลื่อนที่ในพิกัดของโครงสร้าง

$\underset{\sim}{D}_{\ell}$ = เวคเตอร์ของค่าการเคลื่อนที่ในพิกัดของชิ้นส่วนย่อย

F = ค่าของแรง

$\underset{\sim}{F}$ = เวคเตอร์ของแรงรวม

$\underset{\sim}{F}_{g}$ = เวคเตอร์ของแรงกระทำที่ปลายเนื่องจากแรงภายนอกรวมกับแรงกระทำที่ยึว

$\underset{\sim}{F}_{n}$ = เวคเตอร์ของแรงกระทำที่ปลายเนื่องจากแรงภายนอกในพิกัดของโครงสร้าง

$\underset{\sim}{F}_{\ell}$ = เวคเตอร์ของแรงกระทำที่ปลายเนื่องจากแรงภายนอกในพิกัดของชิ้นส่วนย่อย

$\underset{\sim}{F}_{a}$ = เวคเตอร์ของแรงที่ได้ปรับปรุงสภาพเยียนไยที่ยึว

$\underset{\sim}{F}_{m}$ = เวคเตอร์ของแรงภายในของชิ้นส่วนย่อย

K = ค่าสติฟเนส

$\underline{\underline{K}}$ = สติฟเนสเมทริกซ์รวม

$\underline{\underline{K}}_{a}$ = สติฟเนสเมทริกซ์ ที่ได้ปรับปรุงสภาพเรื่อนไยที่ยึว

$\underline{\underline{K}}_{g}$ = สติฟเนสเมทริกซ์ของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของของโครงสร้าง

$\underline{\underline{K}}_{\ell}$ = สติฟเนสเมทริกซ์ของชิ้นส่วนย่อยในพิกัดของชิ้นส่วนย่อย

MQ = จำนวนของดีกรีของความอิสระที่ถูกกำจัดออกจากฟรอนท์

NM = จำนวนของชิ้นส่วนย่อย

r = ค่าความผิดพลาด

ΔR = residual error

U = ค่าการเคลื่อนที่ที่แท้จริง

$\underset{\sim}{\bar{U}}$ = เวคเตอร์ของการเคลื่อนที่ที่คำนวณได้

$\underset{\sim}{U}$ = เวคเตอร์ของการเคลื่อนที่รวม

x,y,z = ระบบพิกัดของชิ้นส่วนย่อย

X,Y,Z = ระบบพิกัดของโครงสร้าง

ε = ค่าความผิดพลาดในการคำนวณ (solution error)