แผนงานโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลสำหรับวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

นายนิวัฒน์ นิลสิทธานุเคราะห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-631-9

013489

I16983636

A FRONTAL SUBSTRUCTURING SCHEME FOR ANALYSIS OF SHEAR WALLS BY MICROCOMPUTER

Mr. Niwat Nillasithanukroh

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แผนงานโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลสำหรับวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนด้วยไมโครคอมพิวเตอร์
โดย	นายนิวัฒน์ นิลสิทธานุเคราะห์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดชา รัชตโพธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน สักคุณะประสิทธิ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. การุญ จันทรางศุ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดชา รัชตโพธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แผนงานโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลสำหรับวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือนด้วยไมโครคอมพิวเตอร์
ชื่อนิสิต	นายนิวัฒน์ นิลสิทธานุเคราะห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดชา รัชตโพธิ์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2528

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงการวิเคราะห์ผนังต้านแรงเฉือน (Shear Wall) โดยวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัล (Frontal Substructure Method) ซึ่งเป็นวิธีผสมระหว่างวิธีโครงสร้างย่อย (Substructure Method) และวิธีฟรอนทัล (Frontal Method) วิธีนี้เหมาะสำหรับผนังต้านแรงเฉือนที่มีลักษณะของชิ้นเหมือน ๆ กัน ทำให้ช่วยลดเวลาในการทำงานและลดหน่วยความจำสำรองในแผ่นจานแม่เหล็กลง แต่ใช้หน่วยความจำหลักของเครื่องเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีฟรอนทัล

วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลนั้น จะทำการรวม (Assemble) สัมประสิทธิ์ของสติฟเนสเมตริกซ์และเวกเตอร์ของแรง (Load Vector) เข้ามาทีละชิ้นส่วนย่อยและในขณะเดียวกันจะทำการกำจัด (Reduce) ค่าระดับขั้นความเสรี (Degree of Freedom) ของขั้วที่อยู่ภายในโครงสร้างย่อยโดยวิธีการกำจัดของเกาส์ (Gauss Elimination) สำหรับโครงสร้างย่อยที่ 1 และค่าระดับขั้นความเสรีของขั้วที่ไม่ได้ต่อกับชิ้นส่วนย่อยต่อไป สำหรับโครงสร้างย่อยระดับที่ 2 โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำเหมือนกับโครงสร้างย่อยระดับที่ 1 ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจากการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าการเคลื่อนที่ที่ขั้ว (Nodal Displacement) และค่าความเค้น (Stress) ภายในชิ้นส่วนย่อย

ในการวิจัยนี้ได้เลือกชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกเชิงเส้น (Linear Isoparametric Element, Q4) และชิ้นส่วนย่อยไอโซพาราเมตริกกำลังสอง (Quadratic Isoparametric Element, Q8) เป็นชิ้นส่วนย่อยที่ใช้แสดงพฤติกรรมของผนังต้านแรงเฉือน จากตัวอย่างที่ได้ทำการศึกษามาปรากฏว่า ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 ให้ผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงความจริงมากกว่าชิ้นส่วนย่อยชนิด

Q4 เมื่อมีจำนวนขั้วในโครงสร้างเท่า ๆ กัน อีกทั้งยังช่วยลดเวลาในการทำงานของเครื่องด้วย

งานวิจัยนี้ได้เขียนโปรแกรมขึ้นเพื่อใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer) เป็นภาษาแอปเปิลซอฟท์เบสิค (Applesoft BASIC)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Tittle A Frontal Substructuring Scheme for Analysis of Shear Walls by Microcomputer

Name Mr. Niwat Nilsithanukroh

Thesis Advisor Assistant Professor Roengdeja Rajatabhothi, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1985

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

This research presents a frontal substructuring scheme for analysis of shear walls. The frontal substructuring scheme, a hybrid of the frontal and substructure method, has proved to be suitable for shear walls with a large number of repeated substructures. This scheme has resulted in a significant saving in execution time and storage in the diskette but consumes more memory when compared to the conventional frontal method.

The frontal substructuring scheme assembles coefficients of member stiffness matrices and load vectors, reduces those degrees of freedom of internal nodes of substructures in level 1 and nodes which are unconnected to nodes of other elements in level 2 by Gauss elimination. The results obtained are nodal displacements and element stresses.

The linear isoparametric element (Q4) and quadratic isoparametric element (Q8) are selected as elements for shear wall behavior representation. The cases studied in this research show that the quadratic isoparametric element gives better results than the linear isoparametric element when the number of nodes in the structure considered is about the same. In addition, use of the Q8 element leads to saving in the execution time.

The computer programme in this research is written in Applesoft BASIC.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เริงเดชา รัชตโพธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ทักษิณ เทพชาตรี และรองศาสตราจารย์ ดร. การุณ จันทรางศุ ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

รายการ รูปประกอบ ..... ญ

รายการ ตารางประกอบ ..... ฏ

สัญญลักษณ์ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความนำ 1

1.2 ความเป็นมาของปัญหา 2

1.3 ภูมิหลังงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

1.4 สมมุติฐานในการวิจัย 4

1.5 วิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ 5

1.6 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 9

2. วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัล (Frontal Substructure Method) 11

2.1 ความนำ 11

2.2 วิธีโครงสร้างย่อย (Substructure Method) 11

2.3 วิธีฟรอนทัล (Frontal Method) 13

2.4 วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัล (Frontal Substructure Method) 15

3. โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ 22

3.1 ความนำ 22

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ 22

3.3 การทำงานของโปรแกรม 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

4. ตัวอย่างการวิเคราะห์ 31

4.1 ความนำ 31

4.2 ตัวอย่างที่ 1 31

4.3 ตัวอย่างที่ 2 47

4.4 ตัวอย่างที่ 3 61

5. วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย 71

5.1 เกี่ยวกับเวลา 71

5.2 เกี่ยวกับเนื้อที่หน่วยความจำหลักของเครื่องและหน่วยความจำสำรอง ในแผ่นจานแม่เหล็ก 72

5.3 เกี่ยวกับชนิดของชิ้นส่วนย่อย 73

5.4 สรุป 73

เอกสารอ้างอิง 74

ภาคผนวก ก. 77

ภาคผนวก ข. 144

ประวัติการศึกษา 183

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

1.1 แสดงรูปร่างชิ้นส่วนย่อย 10

2.1 ตัวอย่างวิธีโครงสร้างย่อย 17

2.2 ตัวอย่างวิธีฟรอนทัล 18

2.3 ตัวอย่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัล 21

3.1 ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 26

3.2 ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย EXECUTE 27

3.3 ก. ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมย่อย STIFFNESS ... 28

3.3 ข. ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรย่อย FRNTST ... 29

3.3 ค. ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมย่อย BACKSUB STRESS และ PRINT RESULT 30

4.1 ผนังด้านแรงเฉือน (ตัวอย่างที่ 1) 36

4.2 โครงสร้างย่อย (ตัวอย่างที่ 1) 37

4.3 ผนังด้านแรงเฉือน (วิธีฟรอนทัล, ตัวอย่างที่ 1) 38

4.4 การโก่งตัวของผนังด้านแรงเฉือน (ผนังด้านซ้ายมือ, ตัวอย่างที่ 1) .. 41

4.5 ความสมดุลย์ของแรงในคานเชื่อมตัวบนสุดสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 1) 42

4.6 ผนังด้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 2) 50

4.7 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 2) 51

4.8 ผนังด้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 32 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2) 52

4.9 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 32 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2) 53

4.10 ผนังด้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 58 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2) 54

4.11 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8, 58 ชิ้นส่วนย่อย (ตัวอย่างที่ 2) 55

4.12 ผนังด้านแรงเฉือน (วิธีฟรอนทัล, ตัวอย่างที่ 2) 56

4.13 การโก่งตัวของผนังด้านแรงเฉือน (ผนังด้านซ้ายมือ, ตัวอย่างที่ 2) .. 59

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.14 ความสมดุลย์ของแรงในคานเชื่อมตัวบนสุดสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 2) 60

4.15 ผนังต้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 3) 63

4.16 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 (ตัวอย่างที่ 3) 64

4.17 ผนังต้านแรงเฉือนใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 3) 65

4.18 โครงสร้างย่อยใช้ชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 3) 66

4.19 การโก่งตัวของผนังต้านแรงเฉือน (ผนังด้านซ้ายมือ, ตัวอย่างที่ 3) . 69

4.20 ความสมดุลย์ของแรงในคานเชื่อมตัวบนสุดสำหรับชิ้นส่วนย่อยชนิด Q8 (ตัวอย่างที่ 3) 70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

4.1 ก. เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัล (ตัวอย่างที่ 1) 39

4.1 ข. เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟอรทัลกับวิธีฟรอนทัล (ต่อ) 40

4.2 เปรียบเทียบผลที่ได้ในคานเชื่อมทั้งหมดระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ตัวอย่างที่ 1) 42

4.3 ก. เปรียบเทียบค่าการเคลื่อนที่ของขั้วในแนวแกน X 43

4.3 ข. เปรียบเทียบค่าความเค้นในแนวแกน Y ของผนังด้านแรงเฉือนระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องเมนเฟรม (ตัวอย่างที่ 1, Q4) 44

4.4 เปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรม MICRO-FEAP กับโปรแกรมที่ใช้วิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลและวิธีฟรอนทัล 45

4.5 เปรียบเทียบผลระหว่างการใช้โครงสร้างย่อยระดับที่ 2 กับระดับที่ 3 46

4.6 เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัล 57

4.7 เปรียบเทียบผลระหว่างวิธีโครงสร้างย่อยแบบฟรอนทัลกับวิธีฟรอนทัลเมื่อโปรแกรมแปลงเป็นภาษาเครื่อง 58

4.8 เปรียบเทียบผลที่ได้ในคานเชื่อมทั้งหมดระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ตัวอย่างที่ 2) 60

4.9 ก. เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 67

4.9 ข. เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ต่อ) 68

4.10 เปรียบเทียบผลที่ได้ในคานเชื่อมระหว่างชิ้นส่วนย่อยชนิด Q4 และ Q8 (ตัวอย่างที่ 3) 70

สัญญลักษณ์

$\underset{\sim}{B}$	=	เมตริกซ์ระหว่างความเครียดกับการเคลื่อนที่
$\underset{\sim}{D}$	=	อิลาสติกซิตี้ เมตริกซ์ (Elasticity Matrix)
E	=	โมดูลัสความยืดหยุ่น
$\underset{\sim}{F}_e$	=	เวกเตอร์ของแรงของชิ้นส่วนย่อย
$\underset{\sim}{K}$	=	สติฟเนสเมตริกซ์รวม
$\underset{\sim}{K}_e$	=	สติฟเนสเมตริกซ์ของชิ้นส่วนย่อย
$\underset{\sim}{N}$	=	เวกเตอร์ของฟังก์ชั่นสัณฐาน
p	=	น้ำหนักของวัตถุต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร
q	=	แรงกระทำที่ผิว (Surface Traction)
$\underset{\sim}{r}$	=	เวกเตอร์ของการเคลื่อนที่ที่ขั้ว
$\underset{\sim}{R}$	=	เวกเตอร์ของแรงรวม
u	=	การเคลื่อนที่ที่จุดใด ๆ ภายในชิ้นส่วนย่อย
$\underset{\sim}{u}$	=	เวกเตอร์ของการเคลื่อนที่ที่คำนวณได้
$\underset{\sim}{U}$	=	ค่าระดับขั้นความเสรี
$\underset{\sim}{U}_c$	=	ค่าระดับขั้นความเสรีที่ถูกกำจัดออกไป
$\underset{\sim}{U}_r$	=	ค่าระดับขั้นความเสรีที่คงอยู่
U_e	=	พลังงานศักย์รวมของชิ้นส่วนย่อย
s, t	=	พิกัดของชิ้นส่วนย่อย
X, Y	=	พิกัดของโครงสร้าง
$\underset{\sim}{\varepsilon}$	=	เวกเตอร์ของความเครียด ณ จุดใด ๆ ในชิ้นส่วนย่อย
$\underset{\sim}{\varepsilon}_o$	=	เวกเตอร์ของความเครียดเริ่มแรกอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ
$\underset{\sim}{\sigma}$	=	เวกเตอร์ของความเค้น ณ จุดใด ๆ ในชิ้นส่วนย่อย
ν	=	อัตราส่วนพอยซอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย