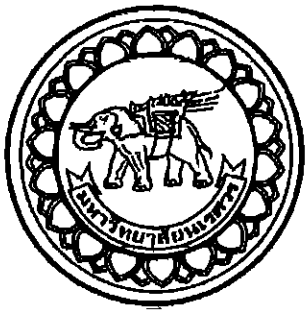


การวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ด้วยโปรแกรม SCILAB

STRUCTURAL ANALYSIS OF 2D TRUSS BY SCILAB PROGRAM

นายเจษฎา วิษณุคุณากร รหัส 51360103

นายพงศ์เทพ เครือคำอ้าย รหัส 51360417

นายนัฐพล โพธิ์แสง รหัส 51360325

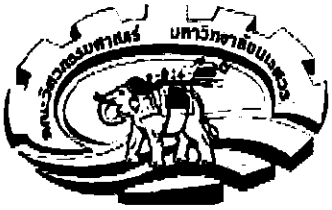
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 23 ม.ค. 2555
เลขทะเบียน 1031 16999812
เลขเรียกหนังสือ ป.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2555 1

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554



ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ด้วยโปรแกรม SCILAB	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเจษฎา วิษณุคุณากร	รหัส 51360103
	นายพงศ์เทพ เครือคำอ้าย	รหัส 51360417
	นายนัฐพล โพธิ์แสง	รหัส 51360325
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2554	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....กรรมการ

(อาจารย์วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น)

.....กรรมการ

(อาจารย์ภัคพงศ์ หอมเนียม)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ โปรแกรม SCILAB	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเจษฎา วิษณุคุณากร	รหัส 51360103
	นายพงศ์เทพ เครือคำอ้าย	รหัส 51360417
	นายนัฐพล โพธิ์แสง	รหัส 51360325
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.สสิกรณณ์ เหลืองวิชชเจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2554	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาโปรแกรม SCILAB ที่มีลักษณะคล้ายโปรแกรม MATLAB ซึ่งโปรแกรม SCILAB เป็นซอฟต์แวร์ฟรี จึงเป็นที่น่าสนใจของวิศวกร ที่จะหันมาใช้โปรแกรม SCILAB ดังนั้นผู้ดำเนินโครงงานจึงได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของโปรแกรม SCILAB เพื่อนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ด้วยวิธีรวมสติฟเนสโดยตรง จากการศึกษาโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นเมื่อนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับโปรแกรม Truss2d.nb และโปรแกรม Sutstructor มีค่าที่ถูกต้อง ดังนั้นโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้วิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติได้

Project title Structural Analysis of 2D Truss by Scilab Program

Name Mr. Jesada Witsanukunakorn ID. 51360103

Mr. Pongtep Kheakam-ai ID. 51360417

Mr. Nattapon posang ID. 51360325

Poject Advisor : Dr. Sasikorn Leungvichcharoen

Major : Civil Engineering

Department : Civil Engineering

Acadamic year : 2011

.....

Abstract

The objective of this study was to SCILAB program that like MATLAB program. SCILAB program is free software lead to interested for engineer, who use SCILAB program. So authors were study theoretical and principle of SCILAB program for applied Structural Analysis of 2D by direct sum method of Stiffness. From study SCILAB program that develope, when use result to compare with Truss2d.nb program and Sutstructor program that accurate. So SCILAB program that developed can use to Structural Analysis of 2D.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก อาจารย์สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและคณะกรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนข้อมูลต่างๆ รวมทั้งตรวจสอบแก้ไขจนรายงานโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำรู้สึกสำนึกในความกรุณาและขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความสนับสนุน และส่งเสริมในเรื่องการศึกษาตลอดมา อีกทั้งให้กำลังใจอย่างไม่ขาด

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆนิสิตและรุ่นน้อง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจที่มอบให้ในการดำเนินโครงงานฉบับนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายเจษฎา วิษณุคุณากร

นายพงศ์เทพ เครือคำอ้าย

นายนัฐพล โพธิ์แสง

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงาน.....ก

บทคัดย่อภาษาไทย.....ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค

กิตติกรรมประกาศ.....ง

สารบัญ.....จ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตโครงงาน.....2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....3

2.1 บทนำ.....3

2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง.....3

2.3 ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้วิธี Direct Stiffness Method.....7

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน.....9

3.1 การนำเข้าข้อมูล(Input).....10

3.2 การประมวลผล(Compute).....10

3.3 การแสดงผล(Output).....12

บทที่ 4 ผลของโครงงานและตัวอย่าง.....13

4.1 ตัวอย่างที่1.....13

4.2 ตัวอย่างที่2.....18

บทที่ 5 สรุปผลของโครงงาน.....21

บรรณานุกรม.....22

ภาคผนวก ก โค้ดโปรแกรม.....23

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานและคำอธิบาย.....33

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....35

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน

ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างมากขึ้น ทำให้การออกแบบมีความรวดเร็วมากขึ้น รวมถึงเกิดความผิดพลาดน้อยมาก ทำให้การออกแบบเป็นที่ต้องการของตลาดคือ ประหยัด ปลอดภัย และ รวดเร็ว มากขึ้น

ซึ่งการใส่ข้อมูลที่ถูกต้องนำมาซึ่งการคำนวณที่ถูกต้องเช่นกัน ในทางตรงกันข้ามการกรอกข้อมูลที่ผิดก็นำมาซึ่งการคำนวณที่ผิดพลาดเช่นกัน ดังนั้นการใส่ข้อมูลในการวิเคราะห์โครงสร้างจึงมีความสำคัญมาก

โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างที่ดี ควรป้อนข้อมูลได้สะดวกพอสมควร และสามารถแสดงผลออกมาทางกราฟฟิกได้จะดีมาก เพราะจะสามารถตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างที่ป้อนเข้าไปได้โดยดูจากรูปกราฟฟิกที่แสดง

ซึ่งโปรแกรม SCILAB เป็นโปรแกรมที่ใกล้เคียง MATLAB ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมมากสำหรับผู้ใช้งานทางด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ แต่ค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ของโปรแกรม MATLAB นั้นมีราคาแพงมาก ดังนั้นในปัจจุบันนี้หลายๆหน่วยงานทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษา ทั้งในและนอกประเทศได้เริ่มนำโปรแกรม SCILAB มาช่วยในการทำงานและช่วยในการเรียนการสอน ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรม SCILAB เป็นโปรแกรมที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ โดยทั่วไปข้อดีของโปรแกรม SCILAB สามารถสรุปได้ดังนี้ [1]

- ง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ
- ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมไม่ยุ่งยาก
- มีฟังก์ชั่นสำหรับคำนวณทางคณิตศาสตร์จำนวนมากพร้อมใช้งาน
- มีกล่องเครื่องมือจำนวนมากที่ประกอบด้วยฟังก์ชั่นต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหาทางด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์

- สามารถประมวลผลข้อมูลที่อยู่ในรูปเชิงสัญลักษณ์และข้อมูลที่อยู่ในรูปเชิงเมทริกซ์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
- สามารถใช้งานร่วมกับภาษา(C) และภาษา MATLAB ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่าโปรแกรม SCILAB สามารถทำงานได้มากมายหลายรูปแบบ จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะนำมาพัฒนาเพื่อมาช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออาชีพวิศวกร

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน

SCILAB เป็นโปรแกรมสารพัดประโยชน์ คณะผู้จัดทำมีความประสงค์ที่จะศึกษาในด้านทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม และการใช้งานของโปรแกรม SCILAB เพื่อมาช่วยวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ด้วยวิธีรวมสติฟเนสโดยตรง ซึ่งสามารถวิเคราะห์โครงสร้างประเภท ดีเทอร์มิเนต และอินดีเทอร์มิเนตได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถใช้โปรกรม SCI LAB เพื่อการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งได้รับความเข้าใจในทฤษฎีการวิเคราะห์โครงข้อหมุนอย่างชัดเจน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 เลือกเรื่องโครงการวิจัยที่น่าสนใจ

1.4.2 ศึกษาเนื้อหาขอบเขต และทฤษฎีที่ทำการวิจัย

1.4.3 ศึกษาการใช้งานของโปรแกรม SCILAB

1.4.4 เขียนโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างข้อหมุน 2 มิติ

1.4.5 จัดพิมพ์เอกสารเพื่อเข้ารูปเล่ม

1.4.6 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 บทนำ

การวิเคราะห์โครงสร้างที่ใหญ่หรือโครงสร้างที่ยุ่งยากส่วนมากจะมีค่าที่เราไม่ทราบหลายค่า (Redundant) ทำให้เป็นโครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนตที่ต้องอาศัยการแก้สมการหลายชั้นตาม ปรกติการวิเคราะห์โครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนตทำได้ 2 วิธี [2]

2.1.1 Force Method หรือ Flexibility Method หรือ Compatibility Method

ในวิธีนี้ทำได้โดยการพยายามทำโครงสร้างให้เป็นแบบดีเทอร์มิเนตเสียก่อน ซึ่งทำได้โดยการกำหนดทิศทางของแรงไม่ทราบค่าแล้วหาการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น ณ จุดที่แรงไม่ทราบค่านี้กระทำซึ่งการเคลื่อนที่ดังกล่าวจะมีพจน์ของแรงไม่ทราบค่าอยู่ด้วยจากนั้นจึงสร้างสมการโดยใช้เงื่อนไข ความต่อเนื่อง (Compatibility Condition) ซึ่งจำนวนสมการที่ได้จะเท่ากับจำนวนของแรงเมื่อแก้สมการ ก็จะได้คำตอบที่สมบูรณ์

2.1.2 Displacement Method หรือ Stiffness Method หรือ Equilibrium Method

ในวิธีนี้ค่าการเคลื่อนที่ของโครงสร้างจะใช้เป็นตัวไม่ทราบค่า ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของโครงสร้างกับการเคลื่อนที่ของส่วนโครงสร้าง หาได้จากลักษณะสัมพันธ์ของโครงสร้าง และอาศัยหลักการสมดุลของแรงกับการเคลื่อนที่ ทำให้คำนวณหาตัวไม่ทราบค่าได้ ค่าของแรงภายในส่วนโครงสร้างต่างๆ ได้จากการแทนค่าของตัวไม่รู้ค่าลงในสมการของความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ภายในโครงสร้าง

2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะกำหนดให้มีการเคลื่อนที่ขึ้นที่จุดต่อของโครงสร้างจะเป็นตัวไม่รู้ค่าหรือจุดที่แรงกระทำ และอาศัยการสมดุลของจุดต่างๆช่วยทำให้เขียนสมการซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของแรงหรือน้ำหนักบรรทุกและการเคลื่อนที่ได้ เมื่อคำนวณได้ค่าของการเคลื่อนที่แล้วค่าของแรงต่างๆในโครงสร้างก็จะหาได้ จำนวนของสมการขึ้นอยู่กับ Degree of Freedom ของโครงสร้างนั้นๆ ถ้าโครงสร้างมีดีกรีของอินดีเทอร์มิเนตสูงหรือมีแรงหรือน้ำหนักภายนอกกระทำหลายจุด การแก้สมการดังกล่าวจะยุ่งยากมากขึ้น เพื่อการแก้สมการง่ายจึงต้องสร้างสมการอย่างเป็นระบบจึงต้องอาศัยวิธีของเมตริกซ์

2.2.1 สติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยในระบบโคออร์ดิเนตประจำตัว (Local Coordinate System)

สำหรับชิ้นส่วนใดๆสติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยในระบบโคออร์ดิเนตประจำตัว (Local Coordinate System) ซึ่งผ่านแนวแกนของชิ้นนั้น (ตามรูปที่ 2.1) ความสัมพันธ์ของแรงที่ปลายชิ้นส่วน $\{S\}$ กับการเปลี่ยนตำแหน่งของปลายชิ้นส่วน $\{v\}$ เป็นตามสมการ

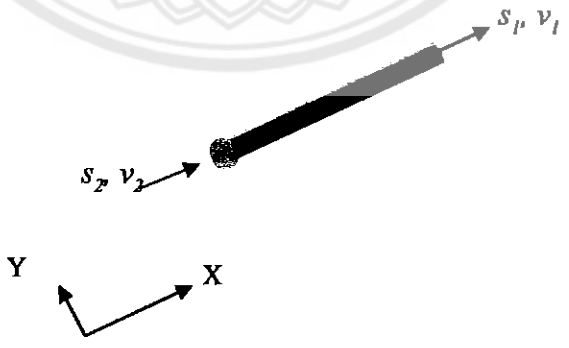
$$\{S\} = [k]\{v\} \qquad \text{---(1)}$$

เมื่อ $[k]$ หมายถึง สติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยในระบบโคออร์ดิเนตประจำตัว สำหรับชิ้นส่วนของโครงสร้างข้อหมุนใดๆ (ดังแสดงในรูปที่ 2.1) จะได้ว่า

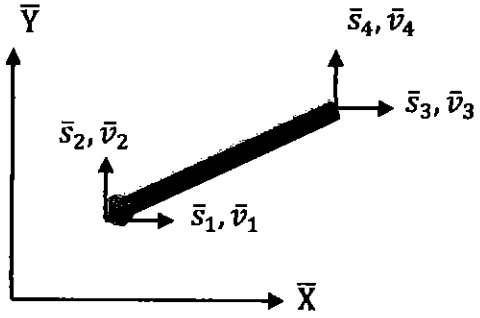
$$[k] = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{---(2)}$$

2.2.2 ระบบโคออร์ดิเนตโกลบัล (Global Coordinate System)

เนื่องจากระบบโคออร์ดิเนตประจำตัวของชิ้นส่วนแต่ละอันหันในทิศทางต่างๆกัน เวกเตอร์ของแรงที่ปลายชิ้นส่วนแต่ละอัน จึงไม่สามารถรวมกันได้โดยตรง ในการพิจารณาสภาวะสมดุลข้อต่อเพื่อให้สามารถทำการรวมเวกเตอร์ได้โดยตรง จำเป็นต้องนิยามแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งของแต่ละชิ้นส่วนในระบบโคออร์ดิเนตร่วมกัน ในที่นี้ใช้ระบบโคออร์ดิเนตโกลบัลแสดงในรูปที่2.1 และ รูปที่2.2 พึงระลึกว่า ชิ้นส่วนที่แสดงเป็นชิ้นส่วนเดียวกันแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งใดๆ จึงเป็นแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งเดียวกัน เพียงแต่เขียนแสดงในระบบโคออร์ดิเนตเป็นแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งเดียวกัน เพียงแต่เขียนแสดงในระบบโคออร์ดิเนตที่ต่างกันเท่านั้น



รูปที่ 2.1 แสดงค่าแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายชิ้นส่วนในระบบโคออร์ดิเนตประจำตัวชิ้นส่วนโครงข้อหมุนในระนาบ (X,Y)



รูปที่ 2.2 แสดงค่าแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายชิ้นส่วนในระบบโคออร์ดิเนตโกลบัล $(\bar{X}, \bar{Y})$ ของชิ้นส่วนโครงข้อหมุนในระนาบ

2.2.3 เมตริกซ์แปลงสำหรับชิ้นส่วนโครงข้อหมุน (Truss Element Transformation Matrix)

จากการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง แรง หรือการเปลี่ยนตำแหน่งในระบบโคออร์ดิเนตประจำตัวกับระบบโคออร์ดิเนตโกลบัลของชิ้นส่วนย่อยใดๆ ได้ดังนี้

$$\{v\} = [a]\{\bar{v}\} \qquad \text{---(3)}$$

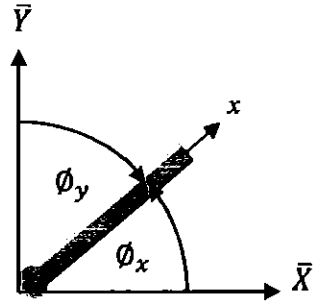
$$\{S\} = [a]\{\bar{S}\} \qquad \text{---(4)}$$

เมื่อ $\{\bar{S}\}$ และ $\{\bar{v}\}$ หมายถึง แรง และการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อ (Node) ของชิ้นส่วนย่อยในระบบโคออร์ดิเนตโกลบัล และ [a] หมายถึง เมตริกซ์แปลงของชิ้นส่วนย่อย (Element Transformation Matrix)

สำหรับชิ้นส่วนโครงข้อหมุนใน 2 มิติเฉพาะการจัดเรียงลำดับของแรงและการเคลื่อนที่ ณ จุดต่อเป็นเป็นดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 จะได้ว่า

$$[a] = \begin{bmatrix} cos\emptyset_x & cos\emptyset_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & cos\emptyset_x & cos\emptyset_y \end{bmatrix} \qquad \text{---(5)}$$

โดย $\emptyset_x$ และ $\emptyset_y$ หมายถึงมุมที่วัดจากทิศทางตามยาวของชิ้นส่วนไปยังแกน $\bar{x}$ และแกน $\bar{y}$ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงมุม $\emptyset_x$, $\emptyset_y$ ของชิ้นส่วนโครงข้อหมุนในระนาบ

2.2.4 สติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยในระบบโคออร์ดิเนตโกลบัล

เมื่อแทนสมการ (3) ลงใน (1) จะได้ว่า

$$\{S\} = [k]\ [a]\ [\bar{v}] \qquad \text{---(6)}$$

จากนั้นแทน *(4)* ลงในสมการ *(6)* แล้วใช้คุณสมบัติเชิงตั้งฉากในสมการ *(5)* ได้ความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ การเคลื่อนที่ที่ปลายในระบบโคออร์ดิเนตโกลบัล ดังนี้

$$\{\bar{S}\} = [a]^T\ [k]\ [a]\ [\bar{v}] \qquad \text{---(7a)}$$

หรือเขียนใหม่ได้เป็น

$$\{S\} = [\bar{k}]\ \{\bar{S}\} \qquad \text{---(7b)}$$

เมื่อ $[\bar{k}]$ หมายถึง สติฟเนตของชิ้นส่วนในระบบโคออร์ดิเนตโกลบัล

$$[\bar{k}] = [a]^T\ [k]\ [a] \qquad \text{---(8)}$$

สำหรับโครงข้อหมุนใน *2* มิติ จากสมการที่ *(5)* และ *(8)* จะได้ว่า

$$[\bar{k}] = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} cos\emptyset_x & 0 \\ cos\emptyset_y & 0 \\ 0 & cos\emptyset_x \\ 0 & cos\emptyset_y \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} cos\emptyset_x & cos\emptyset_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & cos\emptyset_x & cos\emptyset_y \end{bmatrix} \quad \text{---(9a)}$$

$$[\bar{k}] = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} cos^2\emptyset_x & cos\emptyset_x cos\emptyset_y & -cos^2\emptyset_x & -cos\emptyset_x cos\emptyset_y \\ cos\emptyset_x cos\emptyset_y & cos^2\emptyset_y & -cos\emptyset_x cos\emptyset_y & -cos^2\emptyset_y \\ -cos^2\emptyset_x & -cos\emptyset_x cos\emptyset_y & cos^2\emptyset_x & cos\emptyset_x cos\emptyset_y \\ -cos\emptyset_x cos\emptyset_y & -cos^2\emptyset_y & cos\emptyset_x cos\emptyset_y & cos^2\emptyset_y \end{bmatrix} \text{---(9b)}$$

2.3 ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้วิธี Direct Stiffness Method

1. กำหนด Matrix ของการเคลื่อนที่ที่จุดต่อซึ่งเป็นตัวไม่รู้ค่า $\{U^*\}$

2. จากสมการที่ *(2)* หาสติฟเนสในโคออร์ดิเนตประจำตัว $[k]$ ของแต่ละ Member

ดังนี้ $[k] = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$

3. จากสมการที่ *(5)* คำนวณหา Transformation Matrix ของแต่ละ Member

ถ้าเป็น **Plane Truss**

$$[a] = \begin{bmatrix} cos\emptyset_x & cos\emptyset_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & cos\emptyset_x & cos\emptyset_y \end{bmatrix}$$

4. หาสติฟเนสในโคออร์ดิเนตโกลบัล $[\bar{k}]$ของแต่ละ Member จากสมการที่ *(8)*

$$[\bar{k}] = [a]^T [k] [a]$$

5. คำนวณหา $[\bar{K}^*]$ ของโครงสร้าง

โดยที่ $[\bar{K}^*] = \sum_{nl=1}^{member} [\bar{K}^m]$

เมื่อ $[\bar{K}^m]$ หมายถึง สติฟเนสในโคออร์ดิเนตโกลบัลของชิ้นส่วนย่อย

6. หา $\{U^*\}$ จากสมการ $\{U^*\} = [K^*]^{-1} \{P^*\}$

เมื่อ $\{P^*\}$คือ แรงภายนอกกระทำ ณ ข้อต่อของโครงสร้างในทิศทางและตำแหน่งเดียวกับการเคลื่อนที่ $\{U^*\}$

7. คำนวณหาแรงภายในส่วนโครงสร้าง จากสมการ $\{S\} = [k]\ [a]\ [\bar{v}]$

เมื่อได้ $\{\bar{v}\}$ ได้จาก $\{U^*\}$ ในทิศทางและตำแหน่งที่ถูกต้องของชิ้นส่วนย่อย

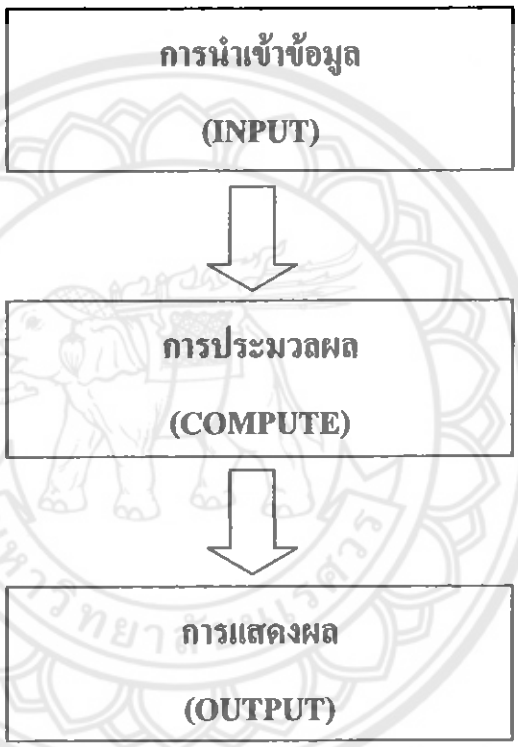
8. คำนวณหาแรงที่ฐานรองรับ (Support Reactions) และที่ปลายชิ้นส่วนในโครงสร้างจากสมการ

$\{\bar{S}\} = [a]^T \{S\}$

จากขั้นตอนดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติโดยโปรแกรม SCILAB

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเขียนโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ด้วยภาษา SCILAB ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.1 การนำเข้าข้อมูล (INPUT)

เป็นขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล โดยจะต้องป้อนข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้

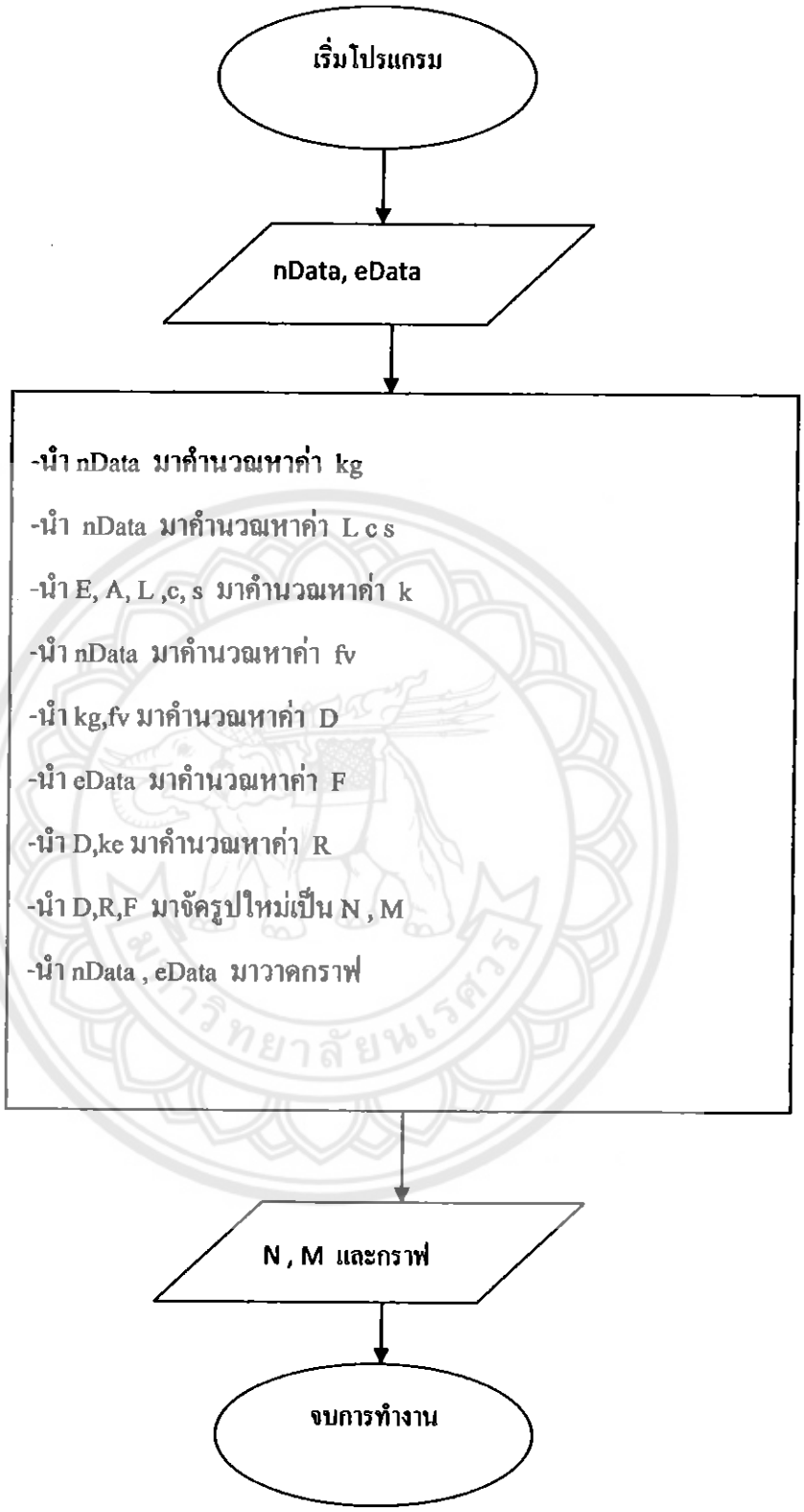
```
nData = [ X , Y , Fx , Fy , Rx , Ry;]
eData = [ Ni , Nj , E , A;]
```

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการ INPUT ข้อมูล

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
X	ตำแหน่งของ node ในแนวแกน X	m
Y	ตำแหน่งของ node ในแนวแกน Y	m
Fx	แรงกระทำที่ node ในแนวแกน X	KN
Fy	แรงกระทำที่ node ในแนวแกน Y	KN
Rx	ลักษณะของ node ที่รับแรงในแกน Xให้เป็น 1 ถ้าสามารถรับแรงได้ และเป็น 0 ถ้าไม่สามารถรับแรงในทิศทางดังกล่าว	-
Ry	ลักษณะของ node ที่รับแรงในแกน Yให้เป็น 1 ถ้าสามารถรับแรงได้ และเป็น 0 ถ้าไม่สามารถรับแรงในทิศทางดังกล่าว	-
Ni	node เริ่มต้นของชิ้นส่วน	-
Nj	node สิ้นสุดของชิ้นส่วน	-
E	ค่าอิลาสติกโมดูลัสของชิ้นส่วน	KN/m^2
A	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วน	m^2

3.2 การประมวลผล (COMPUTE)

เป็นขั้นตอนการคิดคำนวณ และการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ด้วยโปรแกรม SCILAB ด้วยวิธีรวมสติฟเนสโดยตรงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงผังการทำงานของโปรแกรม

3.3 การแสดงผล (OUTPUT)

การแสดงผลจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณออกมาซึ่งจะแสดงผลลัพธ์ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าตัวแปรที่ได้จากการ OUTPUT

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
X	ตำแหน่งของ node ในแนวแกน X	m
Y	ตำแหน่งของ node ในแนวแกน Y	m
Fx	แรงกระทำที่ node ในแนวแกน X	KN
Fy	แรงกระทำที่ node ในแนวแกน Y	KN
ux	การเคลื่อนที่ของ node ในแนวแกน X	m
uy	การเคลื่อนที่ของ node ในแนวแกน Y	m
Ni	node เริ่มต้นของชิ้นส่วน	-
Nj	node สิ้นสุดของชิ้นส่วน	-
E	ค่าอิลาสติกโมดูลัสของชิ้นส่วน	KN/m^2
A	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วน	m^2
F	แรงภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วน (ค่าที่เป็นบวกหมายถึงแรงดึง)	KN

-กราฟแสดงโครงสร้างและการทรุดตัวของโครงสร้าง

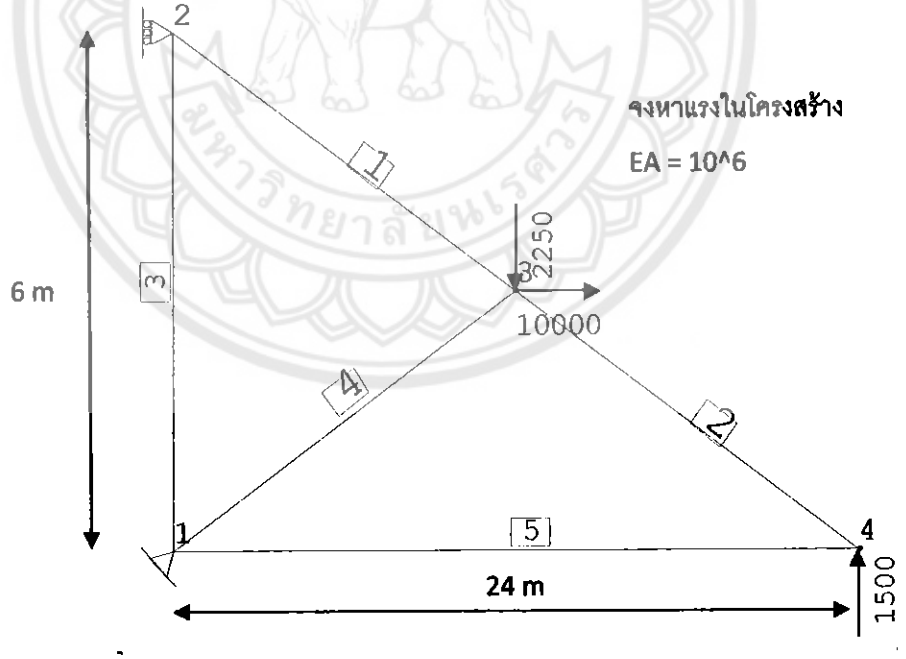
บทที่ 4

ผลของโครงงานและตัวอย่าง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการดำเนินงานซึ่งจะแสดงผลการวิเคราะห์โครงสร้างโครงข้อหมุน 2 มิติ จากโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นแล้วเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Truss2D.nb และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SUTSTRUCTOR เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าโครงสร้างที่เราวิเคราะห์นั้นได้รับการ นำเข้าข้อมูล และประมวลผลอย่างถูกต้อง เพื่อแสดงศักยภาพของโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นให้เห็นชัด

4.1 ตัวอย่างที่ 1 จะเป็นการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ โดยในตัวอย่างนี้จะวิเคราะห์โครงสร้างด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับ Truss2D.nb

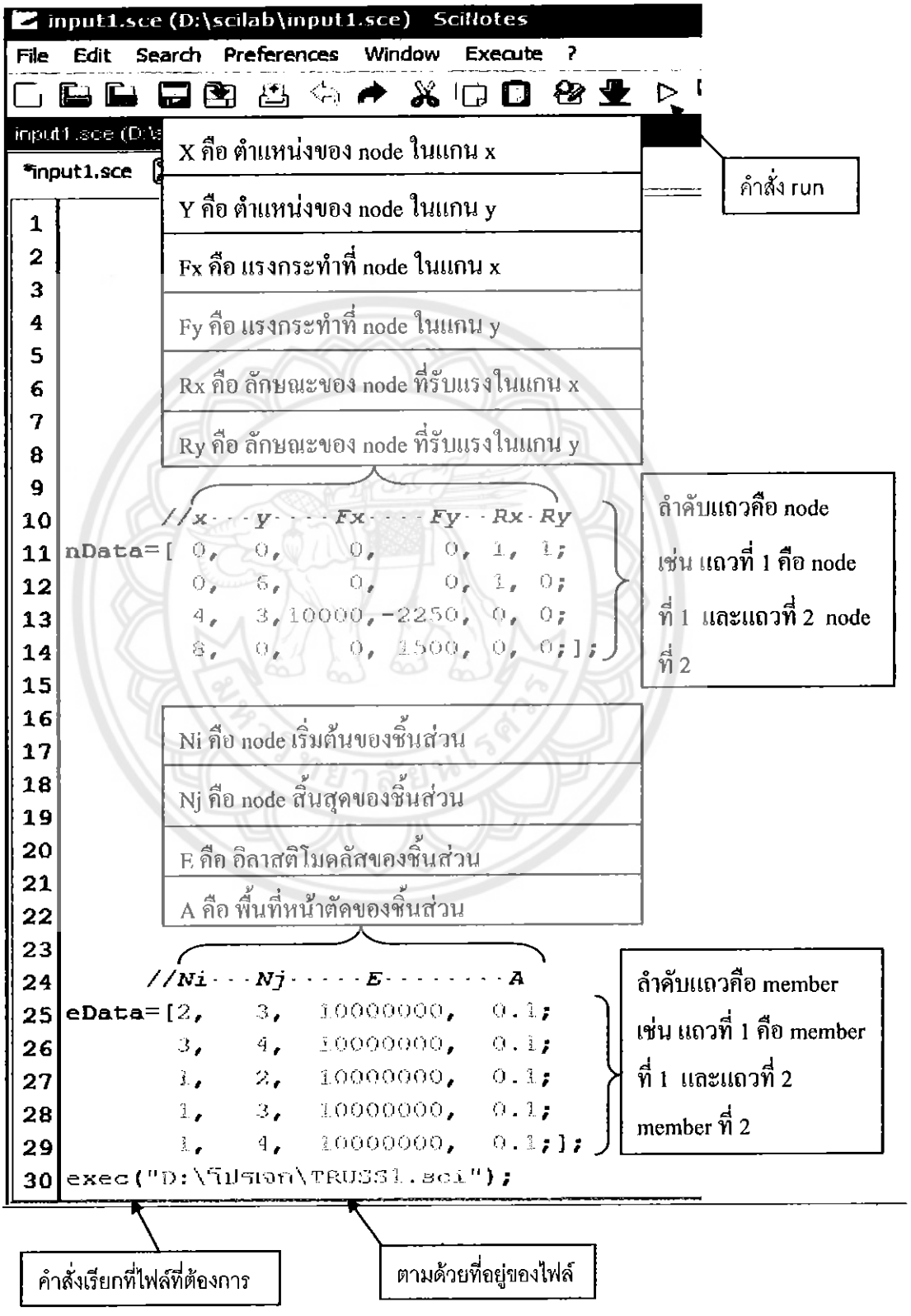
โครงข้อหมุน 2 มิติ มีสัดส่วน ขนาดและแรงกระทำต่างๆดังแสดงในรูปที่ 4.1ก



รูปที่ 4.1ก แสดงตัวอย่างที่ 1

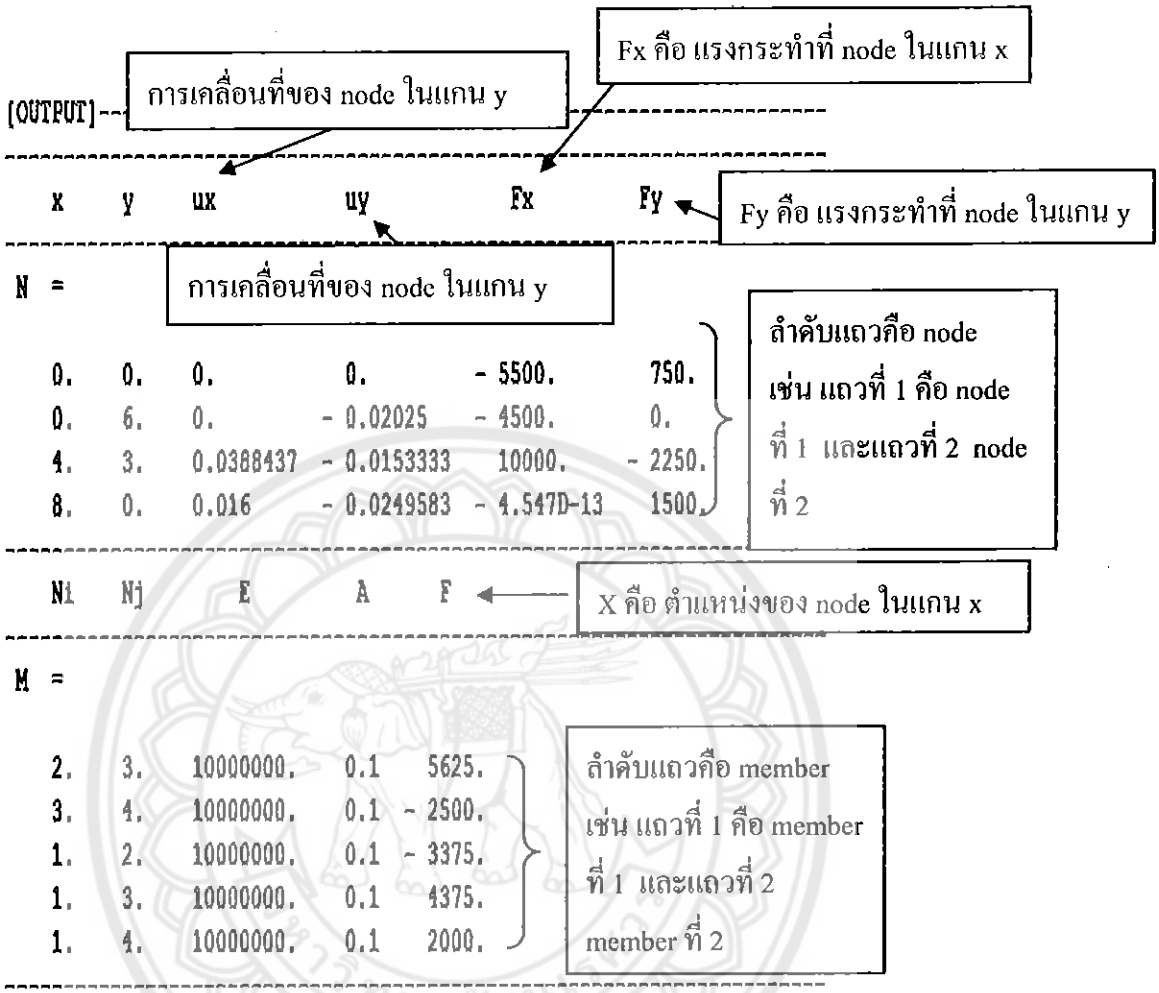
การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 4.1ก สามารถนำเข้าข้อมูลได้ดังต่อไปนี้



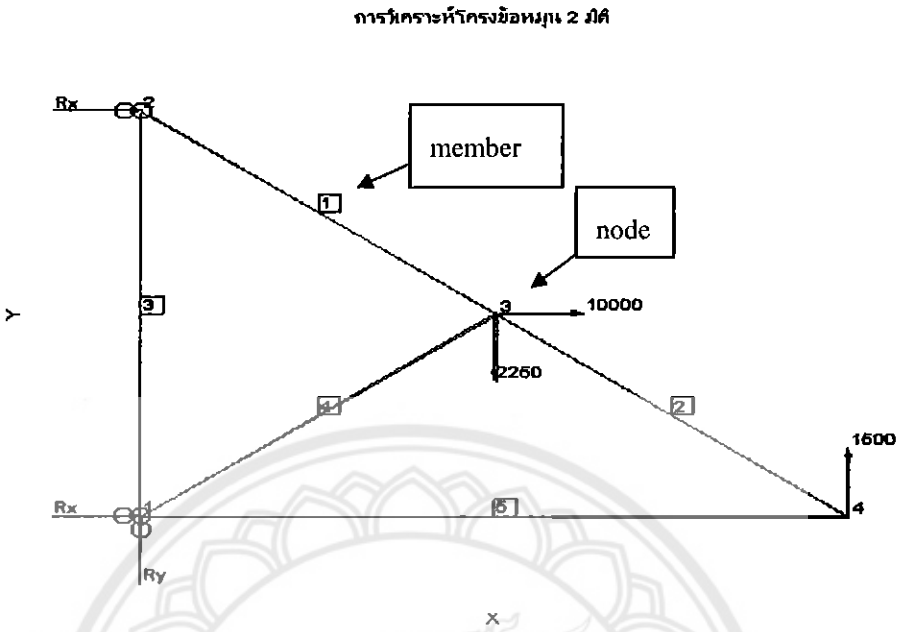
รูปที่ 4.1ข แสดงวิธีการนำข้อมูลเข้า

ผลลัพธ์ที่ได้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4.1ค แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น

กราฟของโครงสร้างและการทรุดตัว



รูปที่ 4.1ง แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น (รูปกราฟฟิก)

ผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม Truss2D.nb [3]

Tnode =

"node"	1	2	3	4
"x"	0	0	4	8
"y"	0	6	3	0
"ux"	0	0	□	□
"uy"	0	□	□	□
"Fx"	□	□	10000	□
"Fy"	□	□	-2250	1500

;

Tmember =

"member"	1	2	3	4	5
"node1"	2	3	1	1	1
"node2"	3	4	2	3	4
"EA"	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6

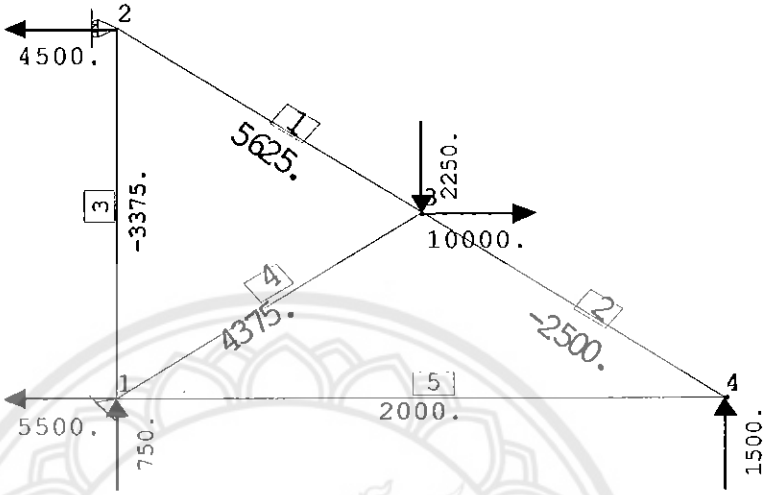
;

RunDirectStiffnessMethod;

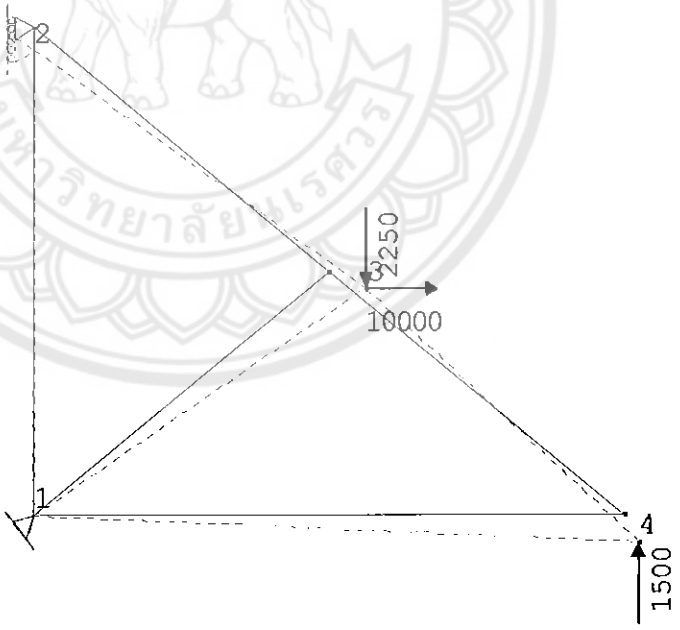
node	x	y	ux	uy	Fx	Fy
1	0	0	0.	0.	-5500.	750.
2	0	6	0.	-0.02025	-4500.	0.
3	4	3	0.0388438	-0.0153333	10000.	-2250.
4	8	0	0.016	-0.0249583	0.	1500.

member	n1	n2	EA	L	θ	F
1	2	3	1000000	5.	-36.8699	5625.
2	3	4	1000000	5.	-36.8699	-2500.
3	1	2	1000000	6.	90.	-3375.
4	1	3	1000000	5.	36.8699	4375.
5	1	4	1000000	8.	0.	2000.

GraphicsOutput;



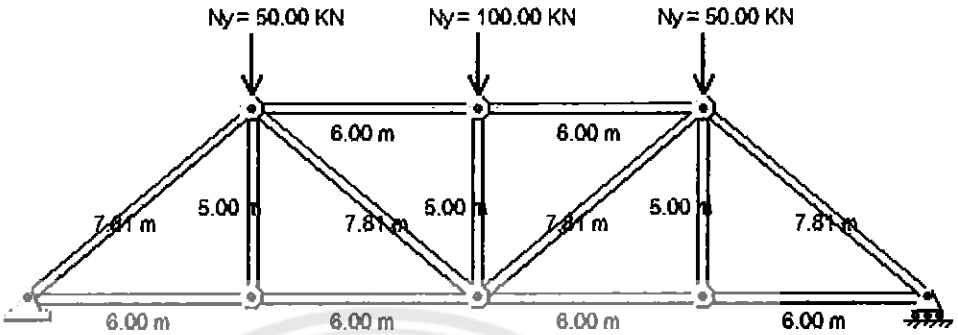
รูปที่ 4.1จ แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Truss2D.nb



รูปที่ 4.1ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Truss2D.nb

เมื่อเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้กับโปรแกรมที่ใช้ Tuss2D.nd ในการวิเคราะห์ ผลที่ออกมาถูกต้องตรงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรม ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้

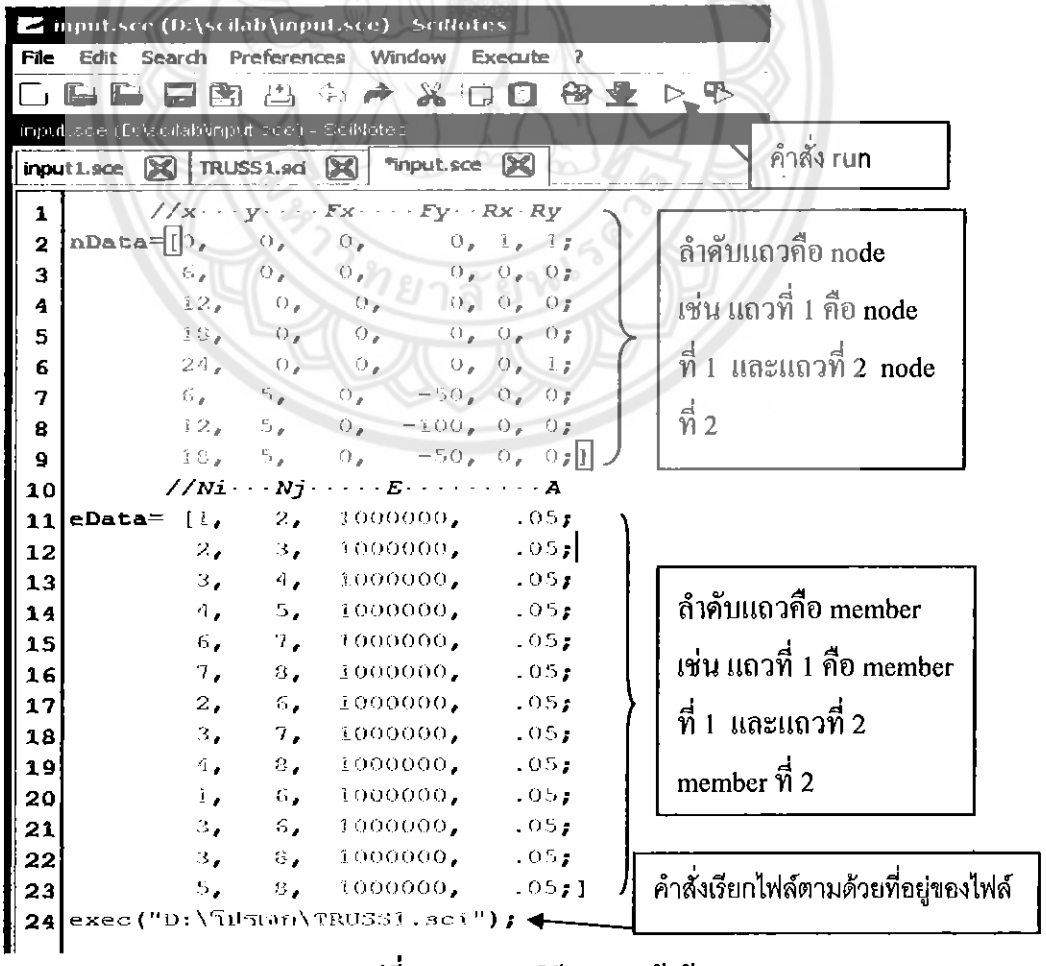
4.2 ตัวอย่างที่ 2 จะเป็นการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ โดยในตัวอย่างนี้จะตรวจสอบโครงสร้าง โดยการ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับ SUTSTRUCTOR โครงข้อหมุน 2 มิติ มีสัดส่วน ขนาดและแรงกระทำต่างๆดังแสดงในรูปที่ 4.2ก



รูปที่ 4.2ก แสดงตัวอย่างที่ 2

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 4.2ก สามารถนำข้อมูลดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.2ข แสดงวิธีการนำเข้าข้อมูล

ผลลัพธ์ที่ได้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น

[OUTPUT]

X คือ ตำแหน่งของ node ในแกน x

Fx คือ แรงกระทำที่ nodeในแกน x

Fy คือ แรงกระทำที่ nodeในแกน x

Y คือ ตำแหน่งของ node ในแกน y

```
    x       y       ux              uy              Fx              Fy
N =
    0.      0.      0.              0.              0.              100.
    6.      0.      0.0144    - 0.0985940           0.              0.
    12.     0.      0.0288    - 0.1435710           5.684D-14       4.547D-13
    18.     0.      0.0432    - 0.0985940           0.              0.
    24.     0.      0.0576      0.                - 5.684D-14       100.
    6.      5.      0.0504    - 0.0985940           2.842D-14     - 50.
    12.     5.      0.0288    - 0.1535710           4.974D-14     - 100.
    18.     5.      0.0072    - 0.0985940         - 8.527D-14     - 50.
```

ลำดับแถวคือ node เช่นแถวที่ 1 คือ node ที่ 1 และแถวที่ 2 node ที่ 2

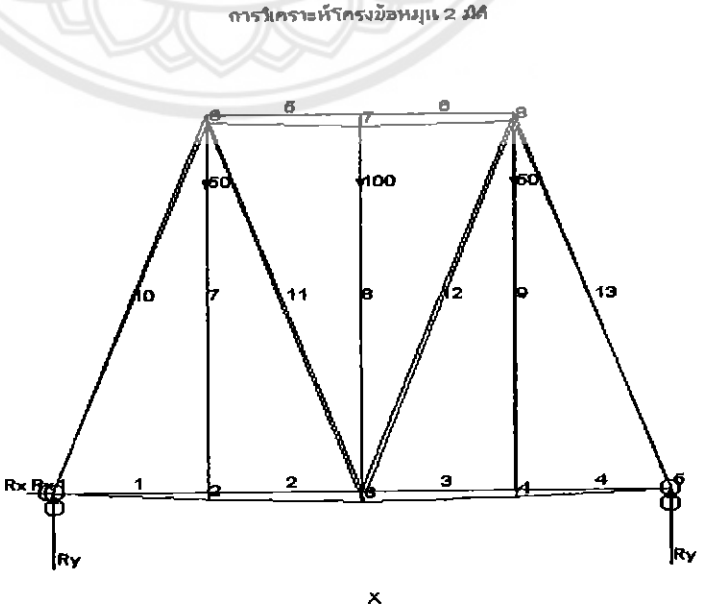
```
    Ni      Nj      E               A               F
M =
    1.      2.      1000000.        0.05            120.
    2.      3.      1000000.        0.05            120.
    3.      4.      1000000.        0.05            120.
    4.      5.      1000000.        0.05            120.
    6.      7.      1000000.        0.05          - 180.
    7.      8.      1000000.        0.05          - 180.
    2.      6.      1000000.        0.05            0.
    3.      7.      1000000.        0.05          - 100.
    4.      8.      1000000.        0.05            0.
    1.      6.      1000000.        0.05          - 156.20499
    3.      6.      1000000.        0.05            78.102497
    3.      8.      1000000.        0.05            78.102497
    5.      8.      1000000.        0.05          - 156.20499
```

X คือ ตำแหน่งของ node ในแกน x

ลำดับแถวคือ member เช่น แถวที่ 1 คือ member ที่ 1 และแถวที่ 2 member ที่ 2

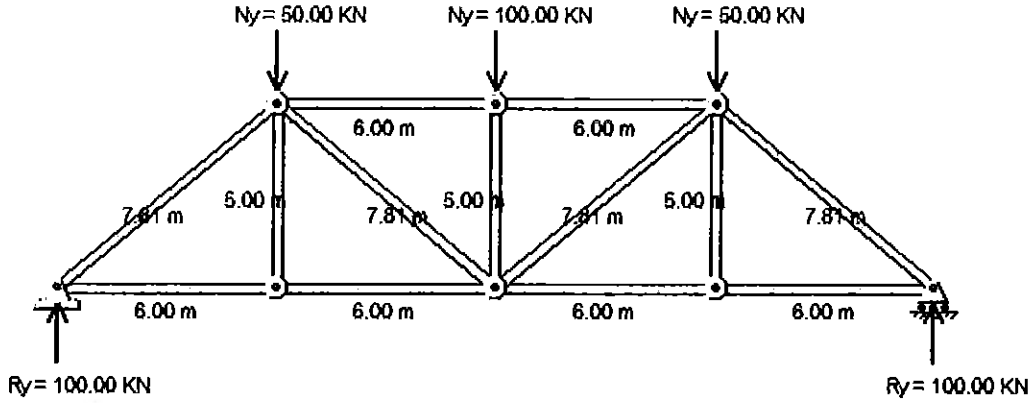
รูปที่ 4.1ค แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น

กราฟของโครงสร้างและการทรุดตัว



รูปที่ 4.2ง แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น (รูปกราฟฟิก)

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SUTSTRUCTOR



รูปที่ 4.2จ แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SUTSTRUCTOR

Member	Fx.i	Fy.i	Mz.i	Fx.j	Fy.j	Mz.j
1	-120.00	0.00	0.00	120.00	0.00	0.00
2	-120.00	0.00	0.00	120.00	0.00	0.00
3	-120.00	0.00	0.00	120.00	0.00	0.00
4	-120.00	0.00	0.00	120.00	0.00	0.00
5	180.00	0.00	0.00	-180.00	0.00	0.00
6	180.00	0.00	0.00	-180.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	100.00	0.00	0.00	-100.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	156.20	0.00	0.00	-156.20	0.00	0.00
11	-78.10	0.00	0.00	78.10	0.00	0.00
12	-78.10	0.00	0.00	78.10	0.00	0.00
13	156.20	0.00	0.00	-156.20	0.00	0.00

รูปที่ 4.2ฉ แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SUTSTRUCTOR

เมื่อเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นกับโปรแกรม SUTSTRUCTOR ผลที่ออกมาถูกต้องตรงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรม SCILAB สามารถใช้งานได้

บทที่ 5

สรุปผลของโครงงาน

คณะผู้จัดทำได้ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม SCILAB ช่วยในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ผลของการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้มีค่าตรงกับผลที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างอื่น เช่น SUTSTRUCTOR และ Truss2D.nb โดยสามารถดูได้จากตัวอย่างในบทที่ 4

ตัวอย่างที่ 1 และ 2 เป็นผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการนำ ทฤษฎีการรวมสติฟเนสโดยตรง (Direct Stiffness Method) และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับโปรแกรม SUTSTRUCTOR และโปรแกรม Tuss2D.nd ผลการวิเคราะห์ออกมาถูกต้อง และสามารถดูว่าข้อมูลโครงสร้างที่ป้อนเข้าไปนั้นถูกต้องหรือไม่ สามารถดูได้จากกราฟฟิกที่แสดง

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติได้จริง โดยข้อมูลที่ใส่ไปในโปรแกรมต้องตามข้อกำหนดของโปรแกรม ดังนั้นผู้ใช้โปรแกรมจึงควรทำความเข้าใจถึงวิธีการใช้การป้อนข้อมูล และการใช้คำสั่งต่างๆ ให้ดีก่อนใช้งาน

จากการประยุกต์ใช้โปรแกรม SCILAB เพื่อวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ทำให้ผู้จัดทำมีความรู้ความเข้าใจในการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ในลักษณะต่างๆ ได้และคิดว่าผู้อ่านโครงงานวิจัยฉบับนี้จะสามารถใช้โปรแกรมนี้วิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ ได้

บรรณานุกรม

1. ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์,คู่มือโปรแกรมภาษาSCILAB สำหรับผู้เริ่มต้น(พิมพ์ครั้งที่2),ศูนย์ผลิตตำราเรียน,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

2. ทวีศักดิ์ ภานุไพศาล, ปาลินี พงษ์เจริญ, แสงชัย ศรีวโรภาส.การวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ และ 3 มิติด้วยโปรแกรม STAAD-III. ปริญญานิพนธ์. ปีการศึกษา, 2541

3. สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ, ปฤษทัศว์ ศิตะปันย์ และ กำพล ทรัพย์สมบูรณ์ , การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างด้วยซอฟแวร์แมททิเมติก้า, วิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่11, ภูเก็ต, 20-22 เมษายน 2549

ภาคผนวก ก

โค้ดโปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้น

```
printf("=============================================================\n");
printf("          การวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ                    \n");
printf("=============================================================\n");
printf("[INPUT1----------------------------------------------------\n");
printf("nData=[x,  y ,  Fx,  Fy,  Rx,  Ry] \n");
nData
printf("[INPUT2]----------------------------------------\n");
printf("eData=[Node i,    Node j,   E,    A] \n");
eData
//-------------------------------------------------------------
//-------------------------------------------------------------
   D=[];
   F=[];
   R=[];
//-------------------------------------------------------------
  // AssembleTrussK
  //kg = AssembleTrussK(nData,eData);
 // Assemble global stiffness matrix

   kg=[];
   ne = size(double(eData));
   ne=ne(1); //**** Fix
   nn = size(double(nData));
   nn=nn(1); //**** Fix

  // Set up a blank global stiffness matrix
```

```
kg = zeros(2*nn,2*nn);
// For each element
for i = 1:ne
E = eData(i,3); // Get its E and A
A = eData(i,4);
//---------------------------------------------------------------------------
// TrussElementGeom
//[L,c,s] = TrussElementGeom(i,nData,eData); // Geometric Properties
iEle=i;
L=[];
c=[];
s=[];
// This function returns the element length
// What nodes does the element connect to?
iNode = eData(iEle,1);
jNode = eData(iEle,2);
// What are the coordinates of these nodes?
iNodeX = nData(iNode,1);
iNodeY = nData(iNode,2);
jNodeX = nData(jNode,1);
jNodeY = nData(jNode,2);
// Use Pythagoras to work out the member length
L = sqrt((double(jNodeX)-double(iNodeX))^2+(double(jNodeY)-double(iNodeY))^2);
// Cos is adjacent over hyp, sin is opp over hyp
c = (double(jNodeX)-double(iNodeX))/L;
Dc1=acos(c);
Dc2=Dc1*180/(%pi);
```

```
    s = (double(jNodeY)-double(iNodeY))/L;
    Ds1=asin(s);
    Ds2=Ds1*180/(%pi);
//---------------------------------------------------------------------------
   // TrussElementK
    //ke = TrussElementK(E,A,L,c,s);  // Stiffness matrix
    k=[];
    // This function returns the stiffness matrix for a truss element
    k11 = [double(c)^2,double(c)*double(s);
        double(c)*double(s),double(s)^2];
    k = ((double(E)*double(A))/double(L))*[k11,-k11;-k11,k11];
    ke=k;
//---------------------------------------------------------------------------
   // AddElement
   //kg = AddElement(i,eData,ke,kg);
   // Enter it into kg
    iNode = eData(iEle,1);
    jNode = eData(iEle,2);
    // The DOFs in kg to enter the properties into
    DOFs = [2*double(iNode)-1,2*double(iNode),2*double(jNode)-1,2*double(jNode)];
    // For each row of ke
    for i = 1:4
    // Add the row to the correct entries in kg
    kg(DOFs(i),DOFs) = double(kg(DOFs(i),DOFs))+double(ke(i,:));
    end;
```

เธ97781ว
ฟร.
ว7559
2554

```
kgX = kg;

end;
//-------------------------------------------------------------------------

//AssembleForceVector
//fv = AssembleForceVector(nData);// And the force vector
f=[];
// This function assembles the force vector
// How may nodes are there?
nn = size(double(nData));
nn = nn(1);
// Set up a blank force vector
f = zeros(1,2*nn);
// For each node
for i = 1:nn
f = mtlb_i(f,2*i-1,nData(i,3)); // x-load into x-DOF
f = mtlb_i(f,2*i,nData(i,4)); // y-load into y-DOF
end;
//-------------------------------------------------------------------------

//Restrict
//[kgr,fv] = Restrict(kg,fv,nData);// Impose restraints
nn = size(double(nData));
nn = nn(1);
// Store each restrained DOF in a vector
RestrainedDOFs = zeros(2*nn,1);
// For each node, store if there is a restraint
for i = 1:nn
// x-direction
```

```
    if double(nData(i,5))~=0 then // if there is a non-zero entry (i.e. supported)
     RestrainedDOFs = mtlb_i(RestrainedDOFs,2*i-1,1);

    end;
    // y-direction
    if double(nData(i,6))~=0 then // if there is a support
    RestrainedDOFs = mtlb_i(RestrainedDOFs,2*i,1);
     end;
     end;
    // for each DOF
     for i = 1:2*nn
     if RestrainedDOFs(i)==1 then // if it is restrained
     f = mtlb_i(f,i,0); // Ensure force zero at this DOF
     kg(i,:) = 0; // make entire row zero
     kg(:,i) = 0; // make entire column zero
     kg(i,i) = 1; // put 1 on the diagonal
     end;
     end;
//-------------------------------------------------------------------
      fv=f; //Fix
      kgr=kg; //Fix
//************************************************************
      D = double(fv)/double(kgr);// Solve for displacements
       d=D; //Fix
//************************************************************
//-------------------------------------------------------------------
     //ElementForces
     //F = ElementForces(nData,eData,D);// Get the element forces
```

```
F=[];
// This function returns a vector of the element forces
// How many elements are there?

ne = size(double(eData));
ne=ne(1);
// Set up a blank element force vector
F = zeros(ne,1);
// For each element
for i = 1:ne
F1=F; //Fix Store Old F
iEle=i; //Fix
// This function returns the element force for iEle given the global
// displacement vector, d, and the node and element data matrices.
// What nodes does the element connect to?
iNode = eData(iEle,1);
jNode = eData(iEle,2);
// Get the element properties
E = eData(iEle,3);// Get its E and A
A = eData(iEle,4);
//-----------------------------------------------------------------------

L=[];
c=[];
s=[];
// This function returns the element length
// What nodes does the element connect to?
iNode = eData(iEle,1);
jNode = eData(iEle,2);
```

```
// What are the coordinates of these nodes?
iNodeX = nData(iNode,1);
iNodeY = nData(iNode,2);
jNodeX = nData(jNode,1);
jNodeY = nData(jNode,2);
// Use Pythagoras to work out the member length
L = sqrt((double(jNodeX)-double(iNodeX))^2+(double(jNodeY)-double(iNodeY))^2);
// Cos is adjacent over hyp, sin is opp over hyp
c = (double(jNodeX)-double(iNodeX))/L;
//Find Degree!!!!!
v1=acos(c);
v2=v1*180/(%pi);
Zeta=v2;
s = (double(jNodeY)-double(iNodeY))/L;
dix = mtlb_e(d,2*double(iNode)-1);// x-displacement at node i
diy = mtlb_e(d,2*double(iNode));// y-displacement at node i
djx = mtlb_e(d,2*double(jNode)-1);// x-displacement at node j
djy = mtlb_e(d,2*double(jNode));// y-displacement at node j
F =
(( double(E)*double(A))/L)*mtlb_a(c*mtlb_s(double(djx),double(dix)),s*mtlb_s(double(djy),
double(diy)));
F=mtlb_i(F1,i,F); //Fix
end;
//---------------------------------------------------------------------
R = D*double(kgX);
//---------------------------------------------------------------------
dd=matrix(D,2,nn);
dx=dd.';
```

```
  rr=matrix(R,2,nn);
  rx=rr.';
  N=[nData(:,[1 2]) dx rx];
  M=[eData F];

 //OUTPUT
printf("[OUTPUT]----------\n");
printf("----------\n");
printf("  x   y   ux      uy      Fx      Fy    \n");
printf("----------\n");
 N
 printf("----------\n");
 printf("  Ni  Nj    E     A    F\n");
 printf("----------\n");
 M
 printf("----------\n");
 //----------
  for i = 1:ne
    vx=[nData(eData(i,1),1),nData(eData(i,2),1)];
    vy=[nData(eData(i,1),2),nData(eData(i,2),2)];
    plot2d(vx,vy,style=[2],axesflag=[0]);
  end
//----------
   for i = 1:ne
      vx=(nData(eData(i,1),1)+nData(eData(i,2),1))/2;
      vy=(nData(eData(i,1),2)+nData(eData(i,2),2))/2;
      xstring(vx,vy,string(i));
     xrect(vx,vy+0.25,0.25,0.25);
```

```
        stringbox(string(i),vx,vy);
    end
//-----------------------------------------------------------------
    for i = 1:nn
        vx = nData(i,1)+D(2*i-1);
        vy = nData(i,2)+D(2*i);
        xstring(vx,vy,string(i));
    end
//-----------------------------------------------------------------
    for i = 1:nn
        dx = 0.2;dy=0.2;
        if nData(i,3) ~= 0 then
        vx = [nData(i,1);nData(i,1)+sign(nData(i,3))];
        vy = [nData(i,2);nData(i,2)];
        xarrows(vx,vy);
        xstring(vx(2,1),vy(2,1),string(sign(nData(i,3))*nData(i,3)));
    end;
    if nData(i,4) ~= 0 then
        vx = [nData(i,1);nData(i,1)];
        vy = [nData(i,2);nData(i,2)+sign(nData(i,4))];
        xstring(vx(2,1),vy(2,1),string(sign(nData(i,4))*nData(i,4)));
        xarrows(vx,vy);
    end;

//-----------------------------------------------------------------
    for i = 1:nn
        dx = 0.2;dy=0.2;
        if nData(i,3) ~= 0 then
```

```
      xarrows(vx,vy,0,5);
      end;
      if nData(i,4) ~= 0 then
         vx = [nData(i,1)+D(2*i-1);nData(i,1)+D(2*i-1)];
         vy = [nData(i,2)+D(2*i);nData(i,2)+D(2*i)+sign(nData(i,4))];
         xarrows(vx,vy,0,5);
      end;
      if nData(i,5) == 1 then
         vx = [nData(i,1),nData(i,1)-dx];
         vy = [nData(i,2),nData(i,2)];
         plot2d(vx,vy,style=[-9],axesflag=[0]);
      end;
      if nData(i,6) == 1 then
         vx = [nData(i,1),nData(i,1)];
         vy = [nData(i,2),nData(i,2)-dy];
         plot2d(vx,vy,style=[-9],axesflag=[0]);
      end;
   end;
//-------------------------------------------------------------------
   for i = 1:ne
      vx=[nData(eData(i,1),1)+D(2*eData(i,1)-1),nData(eData(i,2),1)+D(2*eData(i,2)-1)];
      vy=[nData(eData(i,1),2)+D(2*eData(i,1)),nData(eData(i,2),2)+D(2*eData(i,2))];
      plot2d(vx,vy,style=[5],axesflag=[0]);
   end;
//-------------------------------------------------------------------
   for i = 1:nn
      dx = 0.2;dy=0.2;
```

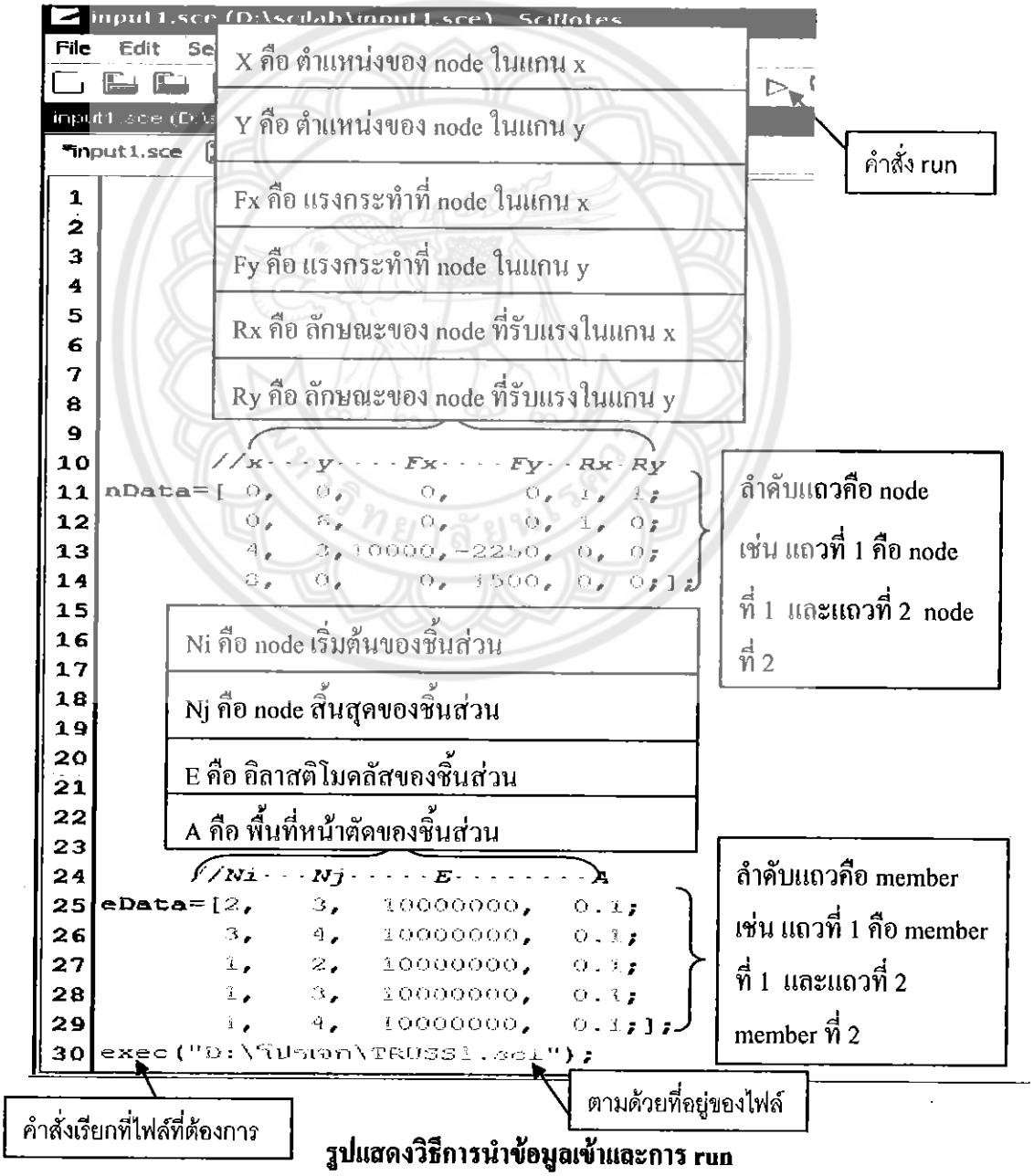
```
        if nData(i,5) ~= 0 then
           vx = [nData(i,1);nData(i,1)+sign(nData(i,5))];
           vy = [nData(i,2);nData(i,2)];
           xarrows(vx-1,vy);
           xstring(vx-2,vy,"Rx");
         end;

        if nData(i,6) ~= 0 then
           vx = [nData(i,1);nData(i,1)];
           vy = [nData(i,2);nData(i,2)+sign(nData(i,6))];
           xstring(vx,vy-2,"Ry");
           xarrows(vx,vy-1);
         end;
    end;
//---------------------------------------------------------------------
    for i = 1:nn
       vx = nData(i,1);
       vy = nData(i,2);
       plot2d(1.05*vx,1.05*vy,axesflag=[0]);
    end;
    xtitle( 'การวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ', 'X', 'Y', 'Z' ) ;
//---------------------------------------------------------------------
```

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานและคำอธิบาย

หมวดนี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้โปรแกรม SCILAB ที่พัฒนาขึ้นและตัวแปรที่จะนำเข้าด้วยมีวิธีการใช้งานดังนี้

1. นำไฟล์โปรแกรมเก็บไว้ใน C:\scilab\TRUSS1.sci
2. ดับเบิ้ลคลิ๊กเข้าโปรแกรม SCILABแล้วไปที่ file →open →input.sce
3. ทำการป้อนค่าตามตัวอย่างในรูปด้านล่างนี้และทำการ run ผลการวิเคราะห์จะแสดงออกมา



รูปแสดงวิธีการนำข้อมูลเข้าและการ run