

บทที่ 4

คู่มือการใช้โปรแกรม

4.1 การเขียนหมายเลขกำกับจุดต่อและชิ้นส่วน (Numbering of joints and members)

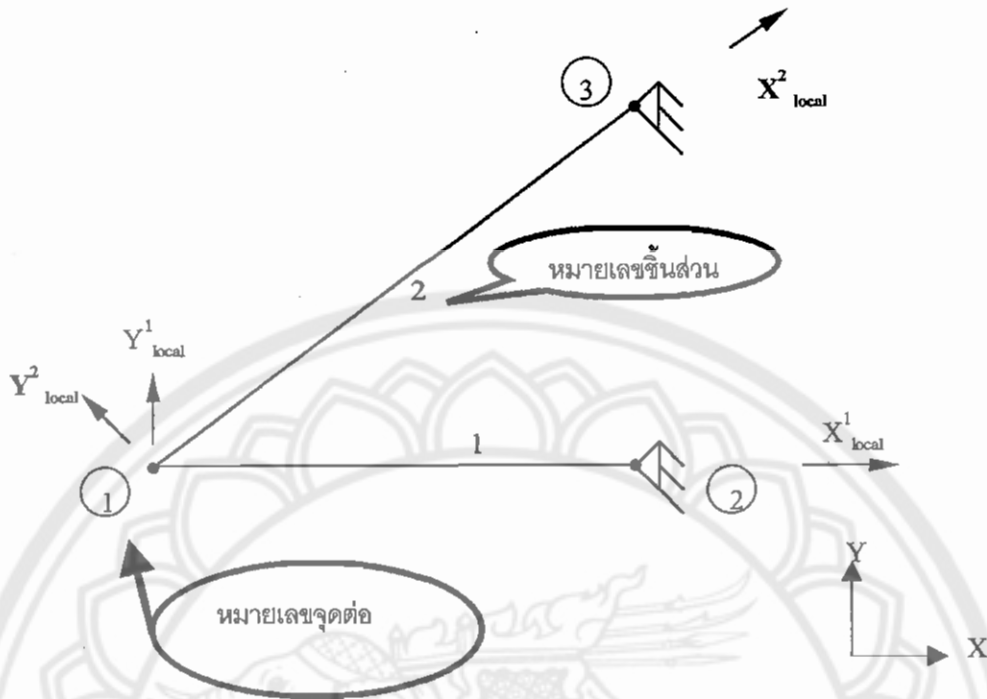
การเขียนหมายเลขกำกับจุดต่อและชิ้นส่วนควรเขียนอย่างมีระเบียบและเป็นระบบไม่วกไปวอกมา ในการเขียนหมายเลขกำกับจุดต่อข้อหนึ่ง คือ พยายามเขียนหมายเลขกำกับจุดต่อเพื่อให้ผลต่างระหว่างจุดต่อที่หัวและที่ปลายของชิ้นส่วนมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยให้ความกว้างครึ่งแบนด์ของสติฟเฟอสมตริกซ์ของ โครงสร้างมีค่าน้อยที่สุดด้วย ทำให้ประหยัดหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องจะทำการคำนวณได้เร็วขึ้นอีกด้วย แนวทางปฏิบัติหนึ่งคือ ให้เขียนหมายเลขกำกับจุดต่อโดยเรียงหมายเลขตามลำดับ

4.2 ระบบแกนโคออร์ดิเนต (Coordinate Systems)

ระบบแกนโคออร์ดิเนตที่ใช้ใน โปรแกรมเป็นแบบชนิดพิกัดฉากฉาก (cartesian coordinates) โดยจำแนกออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน คือ

1. ระบบโคออร์ดิเนตของโครงสร้าง (Global coordinate system) ซึ่งเป็นระบบแกนโคออร์ดิเนตที่อยู่คงที่ซึ่งจะบอกทิศทางของแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งที่ข้อต่อของโครงสร้างและลักษณะรูปร่างของโครงสร้าง
2. ระบบแกนโคออร์ดิเนตของชิ้นส่วน (Local coordinate system) ซึ่งเป็นระบบพิกัดฉากที่มีแกนใดแกนหนึ่ง ชี้ไปตามแนว เซนตริทรอย ของชิ้นส่วน

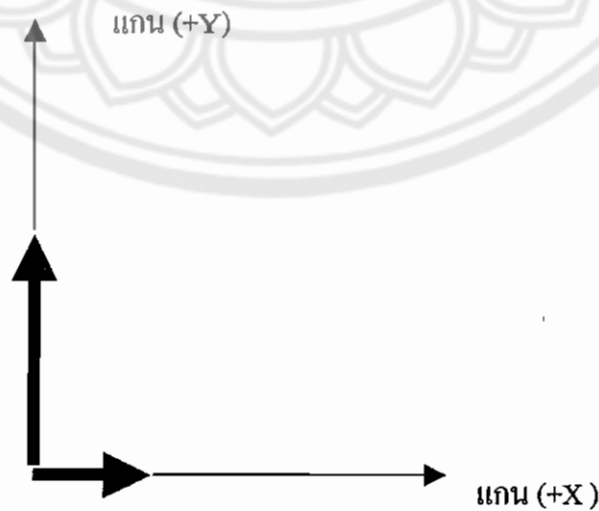
โคออร์ดิเนตของจุดต่อ	}	อ้างอิงถึงแกนของโครงสร้าง XYZ
แรงภายนอกซึ่งกระทำที่จุดต่อ		
การเคลื่อนที่ของจุดต่อ		
แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ		
แรงที่ปลายของชิ้นส่วน	}	อ้างอิงถึงแกนของชิ้น



รูปที่ 4.1 แสดงระบบโคออร์ดิเนตของโครงสร้าง(X ,Y) และระบบโคออร์ดิเนตของชิ้นส่วน(X_{local} , Y_{local})

4.3 กติกาเครื่องหมาย (Sign convention)

กติกาเครื่องหมายที่ใช้ในโปรแกรม สำหรับการกำหนดลำดับและทิศทางที่เป็นบวกของแรงภายนอก น้ำหนักบรรทุก แรงที่ปลายของชิ้นส่วน การเคลื่อนที่ของจุดต่อ แรงปฏิกิริยา ฯลฯ ในทุกระบบแกนโคออร์ดิเนต (XYZ หรือ X_{local} Y_{local} Z_{local}) ใช้ตามกติกาของกฎมือขวา (Right-Hand Rule) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงลำดับที่และทิศทางที่เป็นบวก

4.4 หน่วย (Units)

เนื่องจากโปรแกรม ทุกโปรแกรมในหนังสือเล่มนี้สามารถทำการคำนวณได้ในหน่วยทุกระบบ (เมตริกซ์, SI หรือ ฟุต - ปอนด์ ฯลฯ) ดังนั้นเมื่อเลือกใช้หน่วยของระบบใดระบบหนึ่งจะต้องใช้หน่วยในระบบนั้นให้สอดคล้องกันเสมอ เช่น ถ้าใช้หน่วยของแรงเป็น กิโลกรัม และหน่วยของความยาวเป็น เซนติเมตร ก็ต้องใช้หน่วยของ กิโลกรัม และ เซนติเมตร สำหรับปริมาณอื่น ๆ ในโครงสร้างเดียวกันนั้นอย่างสอดคล้องกันโดยตลอดด้วย เช่นพื้นที่หน้าตัดจะต้องมีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร (ซ.ม.²) หรือค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะต้องมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (กก./ซ.ม.²) เป็นต้น

4.5 ข้อมูลเข้า (Input data)

ข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรมแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ ได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ข้อมูลของโครงสร้างทั้งอัน (Structural Data) ได้แก่

- จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด (total number of members) ใช้สัญลักษณ์ คือ M
- จำนวนจุดต่อทั้งหมด (total number of joints) ใช้สัญลักษณ์ NJ
- จำนวนตัวยึดรั้งทั้งหมด (total number of restraints) หรือจำนวนตัวแรงปฏิกิริยาทั้งหมด ใช้สัญลักษณ์คือ NR
- จำนวนจุดรองรับหรือจุดยึดรั้งทั้งหมด (total number of restrained joints) ใช้สัญลักษณ์คือ NRJ
- ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (young's modulus of elasticity) ใช้สัญลักษณ์คือ E

กลุ่มที่ 2 ข้อมูลตำแหน่งของจุดต่อ (Joints coordinate Data) ได้แก่

- หมายเลขกำกับจุดต่อ (joint index) ใช้สัญลักษณ์ คือ I
- ตำแหน่งในแนวแกนนอน (X(I) coordinate) ใช้สัญลักษณ์คือ X(I)
- ตำแหน่งในแนวแกนตั้ง (Y(I) coordinate) ใช้สัญลักษณ์คือ Y(I)

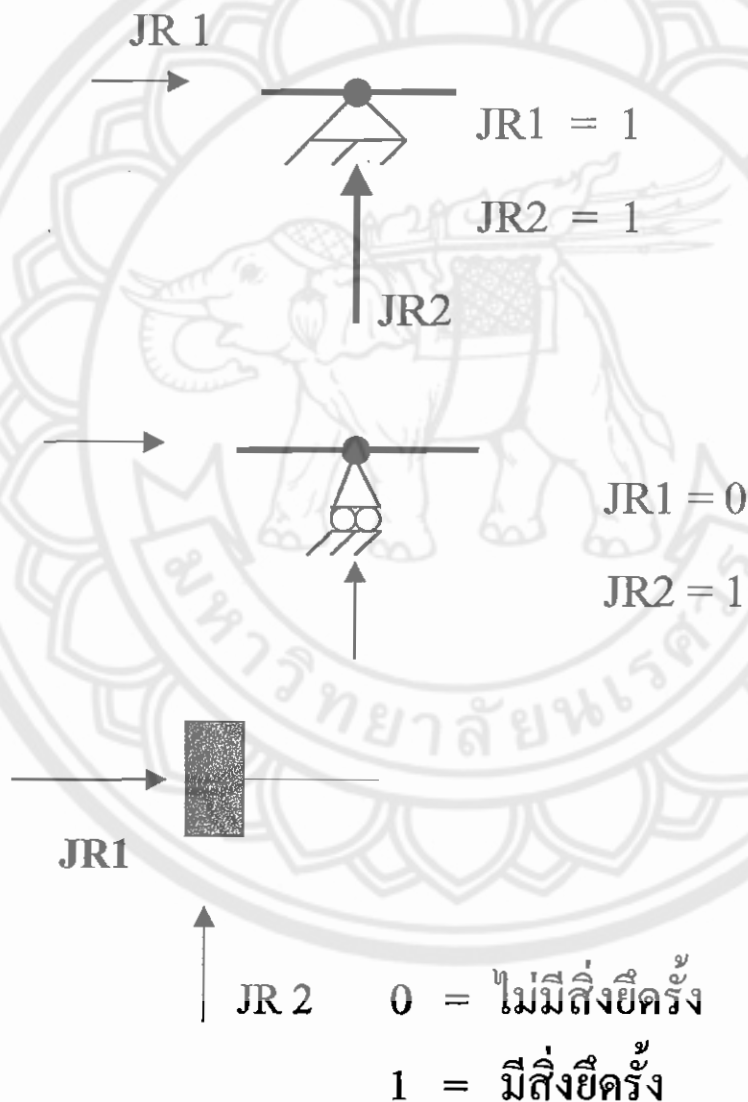
กลุ่มที่ 3 ข้อมูลของชิ้นส่วน (Member Information) ได้แก่

- หมายเลขกำกับชิ้นส่วน (member number) ใช้สัญลักษณ์ คือ MEMBER
- จุดต่อเริ่มต้น (from joint) ใช้สัญลักษณ์ คือ JJ

- จุดต่อสุดท้าย (to joint) ใช้สัญลักษณ์ คือ JK
- พื้นที่หน้าตัด (cross-sectional area) ใช้สัญลักษณ์ คือ AX

กลุ่มที่ 4 ข้อมูลของจุดต่อ (joint Data) ได้แก่

- หมายเลขกับจุดต่อ (joint index) ใช้สัญลักษณ์ คือ JOINT
- Joint Restraints หมายถึง รหัสบอกสภาพยึดรั้งที่จุดรองรับ ต่าง ๆ ว่าเป็นจุดรองรับประเภทใด หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ รหัสบอกให้ทราบว่าที่จุดรองรับนั้นมีแรงปฏิกิริยาในแนวใดบ้าง ดังรูปที่ 4.3



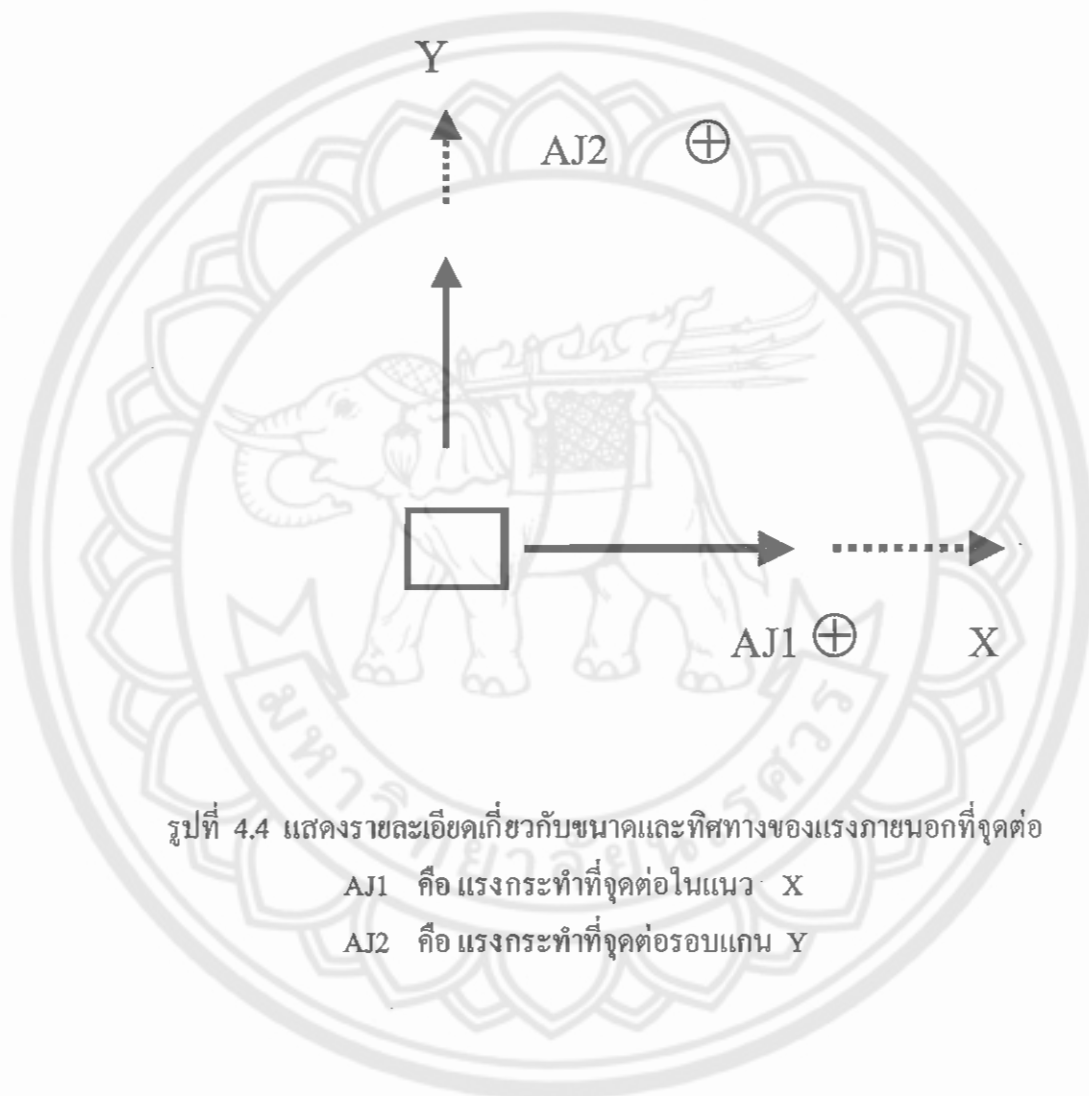
รูปที่ 4.3 แสดงสภาพยึดรั้งที่จุดรองรับโดยที่

JR1 คือ สิ่งยึดรั้งต้านการเคลื่อนที่ในแนว X

JR2 คือ สิ่งยึดรั้งต้านการเคลื่อนที่ในแนว Y

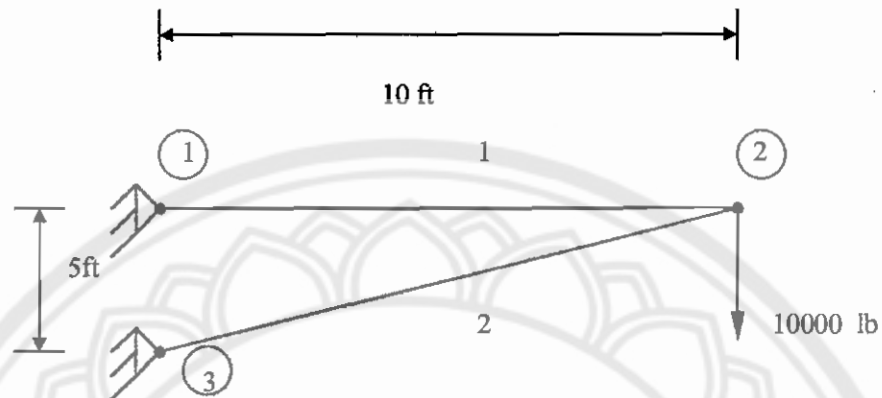
กลุ่มที่ 5 ข้อมูลของน้ำหนักบรรทุก (load data) ได้แก่

- จำนวนจุดต่อที่มีแรงภายนอกกระทำที่จุดต่อโดยตรง (number of loaded joints)
ใช้สัญลักษณ์ คือ NLJ
- หมายเลขจุดต่อที่มีแรงภายนอกกระทำและรายละเอียดเกี่ยวกับขนาดและทิศทางของแรงภายนอกที่จุดต่อนั้น ดังรูปที่ 4.4



4.6 ตัวอย่างการเตรียมข้อมูลเข้า

จงวิเคราะห์โครงสร้างข้อหมุดดังรูป $E = 29 \times 10^6$ psi , $A_1 = 1$ in² , $A_2 = 2$ in²



Structural Data

Number of member, M = 2
 Number of joint , NJ = 3
 Number of support restraints , NR = 4
 Number of restrain joints , NRJ = 2
 Yang's modulus of elasticity , E = 2×10^{10} psi

Coordinate Data

Joint	X	Y
1	0	0
2	120	0
3	120	60

Member information

Member	from joint	to joint	area
1	1	2	1
2	2	3	2

Joint restraint

Joint	JR1	JR2
1	1	1
3	1	1

Load Data

Number of loaded joints, NLJ = 1

Action at Joint

Joint	AJ1	AJ2
2	0	-10000

4.7 ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม

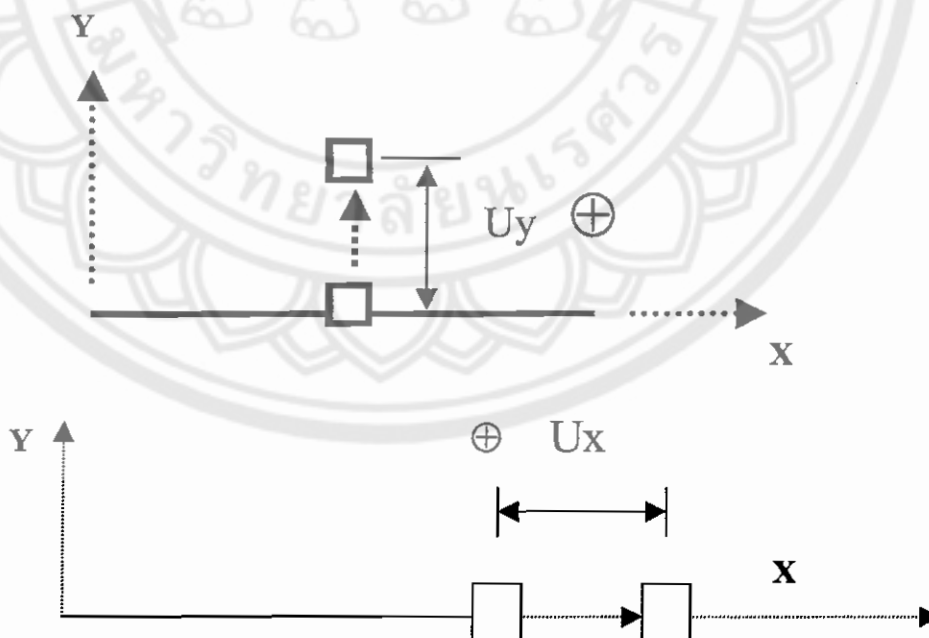
คำตอบที่ได้จากโปรแกรมสำหรับการกระทำของน้ำหนักบรรทุกแต่ละจุดประกอบด้วย

(ก) การเคลื่อนที่ของจุดต่อทุกจุด (joint displacement)

DJ1 = การเคลื่อนที่ของจุดต่อในแนว X

DJ2 = การหมุนตัวของจุดต่อรอบแกน Y

} (ดูรูปที่ 4.5)

Displacement**At Joint**

รูปที่ 4.5 แสดงทิศทางการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดต่อ

(ข) แรงภายในที่ปลายของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น (member end - action)

AM1 = แรง (เฉือน) ในแนว Y_m
 AM2 = โมเมนต์ค้ำครอบแกน Z_m } ที่ปลาย j

(ดูรูปที่ 4.6)

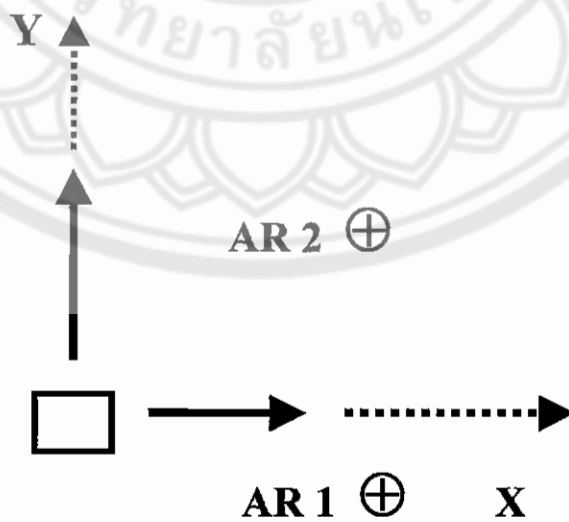
AM3 = แรง (เฉือน) ในแนว Y_m
 AM4 = โมเมนต์ค้ำครอบแกน Z_m } ที่ปลาย k



รูปที่ 4.6 แสดงแรงภายในที่ปลายของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น

(ค) แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับทุกจุด (support reactions)

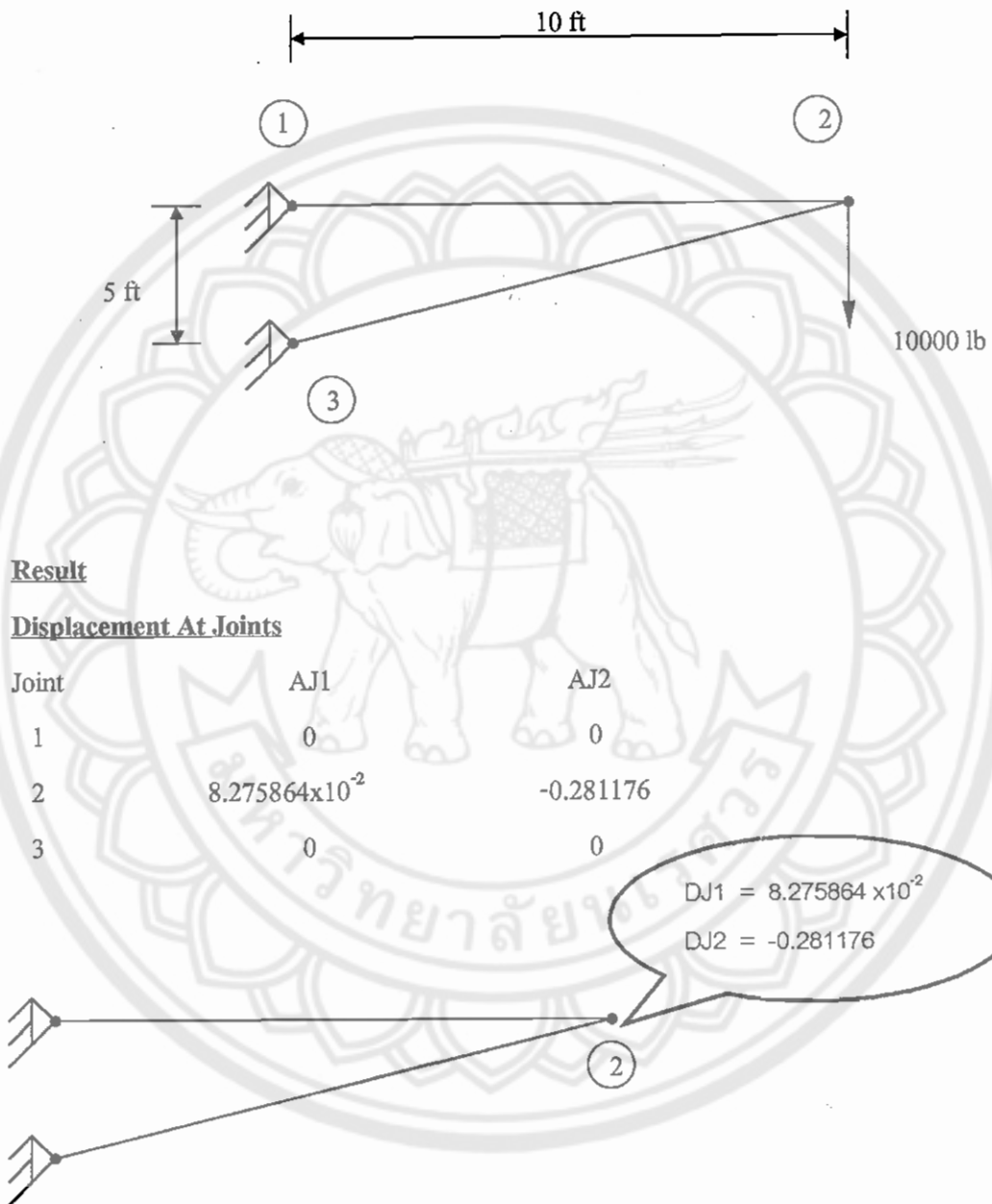
AR1 = แรง ปฏิกิริยาในแนว Y
 AR2 = โมเมนต์ปฏิกิริยาครอบแกน Z } (ดูรูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.7 แสดงแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ

4.8 ตัวอย่างคำตอบที่ได้จากโปรแกรม

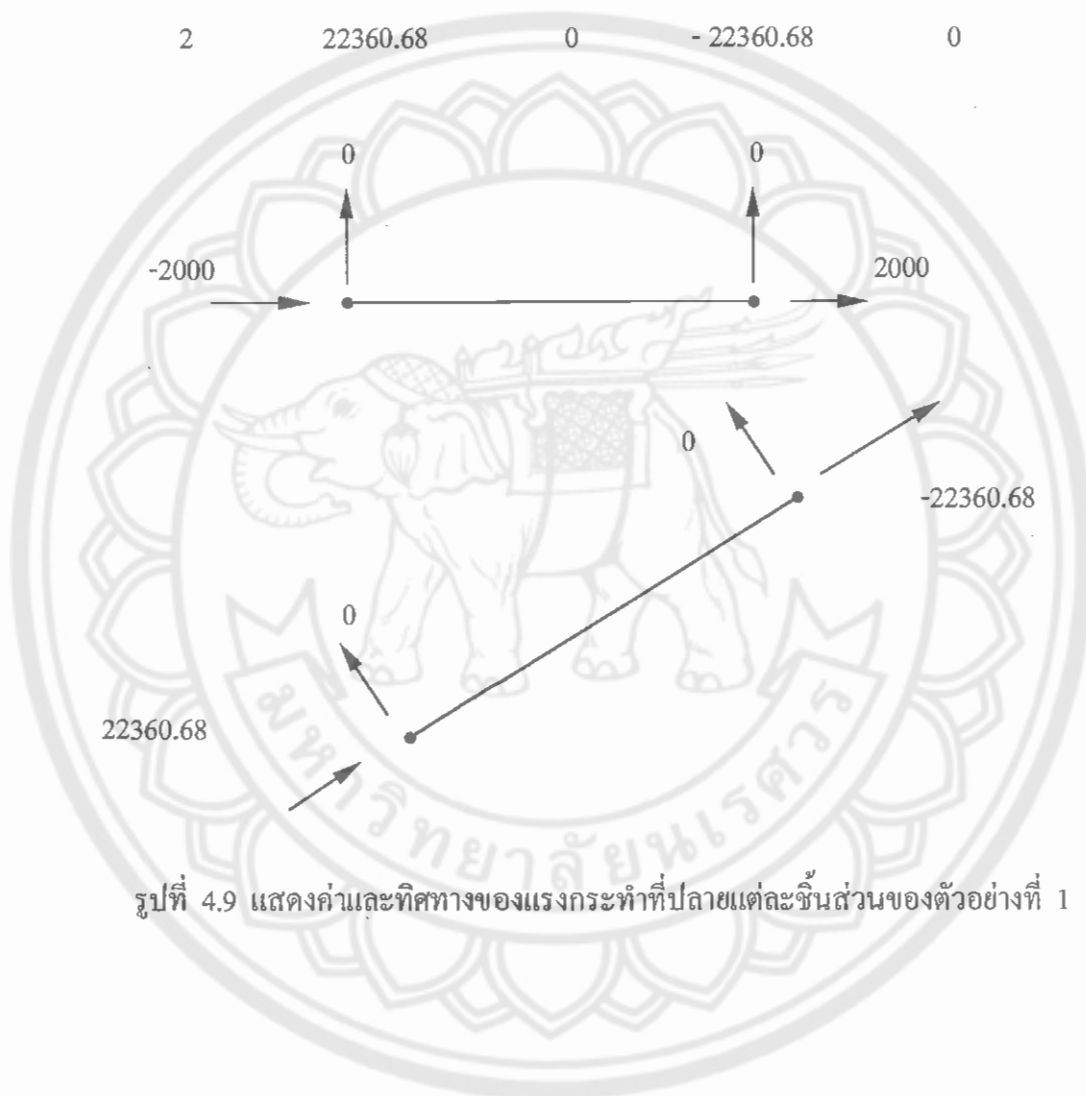
ตัวอย่างที่ 2 แสดงคำตอบที่ได้จากโปรแกรมของตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.8 แสดงค่าการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดต่อในตัวอย่างที่ 1

Member End – Action

Member	AM1	AM2	AM3	AM 4
1	-20000	0	20000	0
2	22360.68	0	- 22360.68	0



รูปที่ 4.9 แสดงค่าและทิศทางของแรงกระทำที่ปลายแต่ละชั้นส่วนของตัวอย่างที่ 1

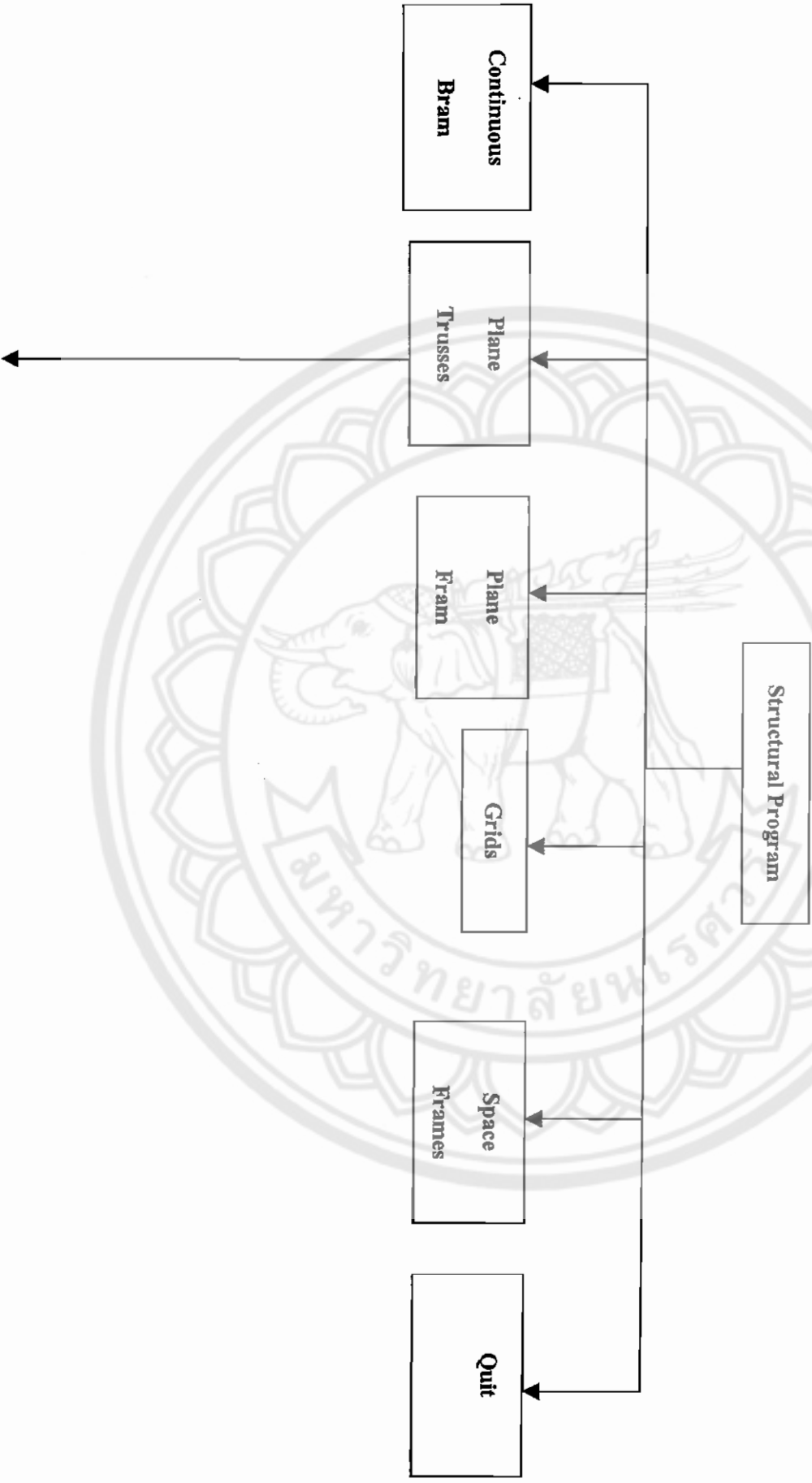
4.9 รวบรวมศัพท์และสัญลักษณ์ในโปรแกรม

ศัพท์และสัญลักษณ์	ความหมาย
<u>Structural Data</u>	
Structural No.	หมายเลขหรือชื่อประจำโครงสร้างนั้น ๆ
Number of member, M	จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดในโครงสร้าง
Number of restraints, NR	จำนวนตัวแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับทั้งหมดของโครงสร้าง (ในคานต่อเนื่องมีแรงใน แนว Y และ แนว ZX
Number of restraints joints, NRJ	จำนวนจุดรองรับทั้งหมด (support joints)
Number of joints, NJ	จำนวนจุดต่อทั้งหมดในโครงสร้าง (จุดต่ออิสระรวมกับจุดรองรับทั้งหมด)
Number of degrees of freedom, N	ดีกรีอิสระของโครงสร้าง
<u>Member Information</u>	
Member	หมายเลขชิ้นส่วน
From joint , JJ	จุดต่อเริ่มต้น
To joint , JK	จุดต่อสิ้นสุด
Cross-section area , AX	พื้นที่หน้าตัด
<u>Joint Restraint</u>	
Joint	หมายเลขจุดต่อ
JR1 , JR2	รหัสบอกสภาพข้อต่อ (joint restraints) ที่จุดรองรับแบบต่าง ๆ (ดูรูป 4.3)
<u>Load Data</u>	
Number of loaded joints, NLJ	จำนวนจุดต่อที่มีแรงภายนอกกระทำที่จุดต่อ โดยตรง
Action At Joints	ข้อมูลของแรงกระทำที่จุดต่อโดยตรง
AJ1,A12	ค่าของแรงภายนอกซึ่งกระทำที่จุดต่อ โดยตรง ในแนว
<u>Result</u>	คำตอบที่ได้จากการคำนวณ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์
<u>Joint Displacements</u>	
DJ1, DJ2	การเปลี่ยนตำแหน่งของจุดต่อในแนวต่างๆ (ดูรูป 4.5)
<u>Member End-Actions</u>	
AM1, AM2 , AM3 , AM4	ค่าของแรงที่ปลายของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น (ดูรูปที่ 4.6)

ศัพท์และสัญลักษณ์	ความหมาย
Support Reactions AR1, AR2	ค่าของแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับในแนวต่าง ๆ (ดูรูป 4.7)



4.10 ส่วนประกอบของโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างข้อมุม 2 มิติ



(4.10 ต่อ)

