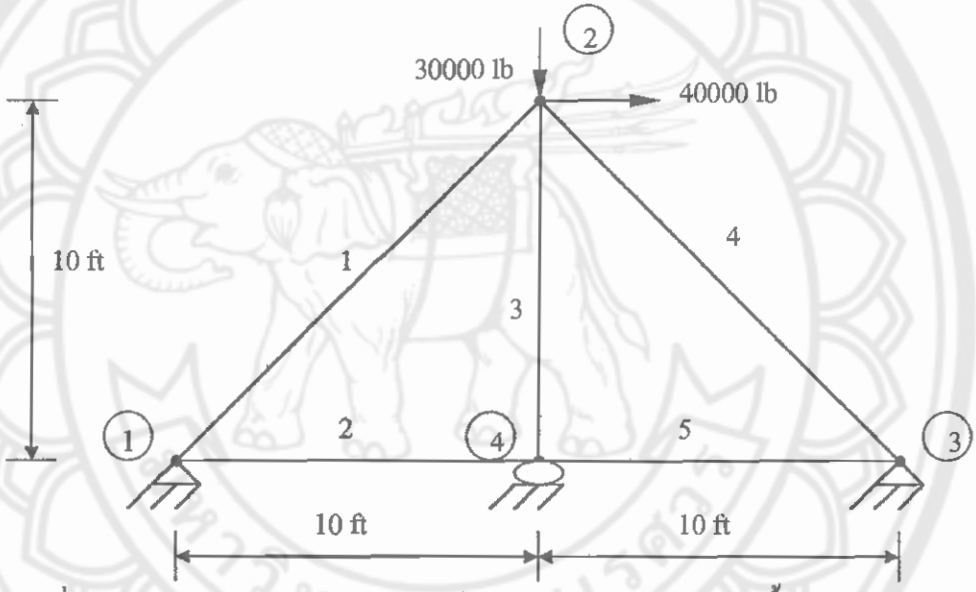
บทที่ 5

การทดสอบโปรแกรม

ในบทนี้จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม โดยในสองข้อแรกเป็นการ เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมกับผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง และผลจากโปรแกรมMicrofeap P1 สำหรับห้าข้อหลังเป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก โปรแกรมกับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมMicrofeap P1

ตัวอย่างที่ 1 จงวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่แสดงในรูป โดยกำหนดให้ $E = 29x10^6$ psi $A = 2$ in^2



ขั้นตอนที่ 1 คำนวนหาสติฟเนสเมตริกซ์ในแกน Global ของแต่ละชิ้นส่วนในโครงสร้าง โดยที่

$$K^i_{global} = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} C_x^2 & C_xC_y & -C_x^2 & -C_xC_y \\ C_xC_y & C_y^2 & -C_xC_y & -C_y^2 \\ -C_x^2 & -C_xC_y & C_x^2 & C_xC_y \\ -C_xC_y & -C_y^2 & C_xC_y & C_y^2 \end{bmatrix} \quad ; \quad \begin{aligned} C_x &= \cos\theta \\ C_y &= \sin\theta \end{aligned}$$

$$K^1_{global} = \frac{EA}{120\sqrt{2}} \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 170884.1388 & 170884.1388 \\ 0 & 0 & 170884.1388 & 170884.1388 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$K^{2}_{global} = \frac{EA}{120} \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 483333.3333 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$K^{3}_{global} = \frac{EA}{120} \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 483333.3333 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$K^{4}_{global} = \frac{EA}{120\sqrt{2}} \begin{array}{c} \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 170884.1388 & -170884.1388 \\ 8 & 0 & 0 & -170884.1388 & 170884.1388 \end{pmatrix} \end{array}$$

$$K^{5}_{global} = \frac{EA}{120} \begin{array}{c} \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 3 & 4 & 5 & 6 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 483333.3333 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{array}$$

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> ทำการแอสเซมบลี (assembly) เมตริกซ์สติฟเนสของทุกชิ้นส่วนย่อยแล้วหาค่าการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดต่อ

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 40000 \\ -30000 \end{pmatrix} + \begin{array}{c} \\ 3 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \end{array} = \begin{array}{c} \\ 3 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 3 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 483333.333+483333.333 & 0 & 0 \\ 0 & 170884.138+17884.138 & 170884.138-17884.138 \\ 0 & 170884.138-17884.13 & (170884.138x2)+483333.333 \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \\ 3 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} = \begin{array}{c} \\ 3 \\ 7 \\ 8 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 3 & 7 & 8 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 966666.666 & 0 & 0 \\ 0 & 341768.277 & 0 \\ 0 & 0 & 825101.691 \end{pmatrix} \end{array} \begin{pmatrix} 0 \\ 40000 \\ -30000 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{matrix} 3 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0.1170383638 \\ -0.0363591582 \end{pmatrix}$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> จากเงื่อนไขความต่อเนื่อง และ ความสมดุลย์ หาค่าแรงภายในของแต่ละชิ้นส่วนได้ดังนี้

$$V^1_{globle} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_7 \\ V_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ U_2 \\ U_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.1170 \\ -0.0364 \end{pmatrix}$$

$$V^2_{globle} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ U_1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$V^3_{globle} = \begin{pmatrix} V_3 \\ V_4 \\ V_7 \\ V_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 \\ 0 \\ U_2 \\ U_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.1170 \\ -0.0364 \end{pmatrix}$$

$$V^4_{globle} = \begin{pmatrix} V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ U_2 \\ U_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.1170 \\ -0.0364 \end{pmatrix}$$

$$V^5_{globle} = \begin{pmatrix} V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

จาก $S^{i}_{globle} = K^{i}_{globle} V^{i}_{globle}$; $S^{I}_{local} = R\, S^{i}_{globle}$

$$\frac{S^{i}_{local}}{R} = K^{I}_{globle} V^{I}_{globle} \quad ; \quad R = \begin{pmatrix} C_x & C_y & & \\ -C_y & C_x & & \\ & & C_x & C_y \\ & & -C_y & C_x \end{pmatrix}$$

$$S^{i}_{local} = R\, K^{I}_{global} V^{i}_{global}$$

$$S^{1}_{local} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 170884.138 & 170884.13 & -170884.138 & -170884.138 \\ 170884.138 & 170884.13 & -170884.138 & -170884.138 \\ -170884.13 & -170884.138 & 170884.138 & 170884.138 \\ -170884.13 & -170884.138 & 170884.138 & 170884.138 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.1170 \\ -0.036 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -19478.33 \\ 0 \\ 19478.33 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^{2}_{local} = 0 = S^{5}_{local}$$

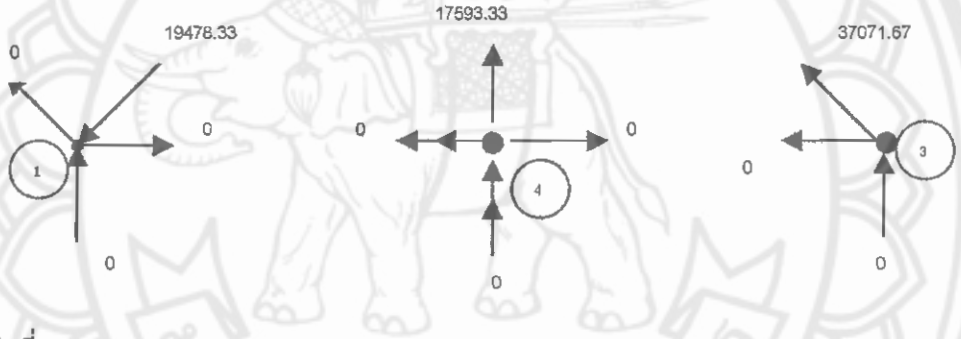
$$S^{3}_{local} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 483333.33 & 0 & -483333.33 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -483333.33 & 0 & 483333.33 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.117 \\ -0.0364 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 17593.33 \\ 0 \\ -17593.33 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^4_{local} = \begin{pmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 170884.1388 & -170884.1388 & -170884.1388 & 170884.1388 \\ -170884.1388 & 170884.1388 & 170884.1388 & -170884.1388 \\ -170884.1388 & 170884.1388 & 170884.1388 & -170884.1388 \\ 170884.1388 & -170884.1388 & -170884.1388 & 170884.1388 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.1170 \\ -0.0364 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 37071.67 \\ 0 \\ -37071.67 \\ 0 \end{pmatrix}$$

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าแรงปฏิกิริยา



ที่จุดต่อที่ 1

$$\sum F_x = o$$

R_1 = -19478.33 Cos 45

= -13773.2592 lb

$$\sum F_y = 0$$

R_2 = -19478.33 Sin 45

= -13773.2592 lb

ที่จุดต่อที่ 4

$$\sum F_y = 0$$

R_4 = 17593.33 lb

จุดต่อที่ 3

$$\sum F_x = o$$

R_5 = 37071.67 Cos 135

= -26213.6293 lb

$$\sum F_y = 0$$

R_6 = 37071.67 Sin 135

= 26213.6293 lb

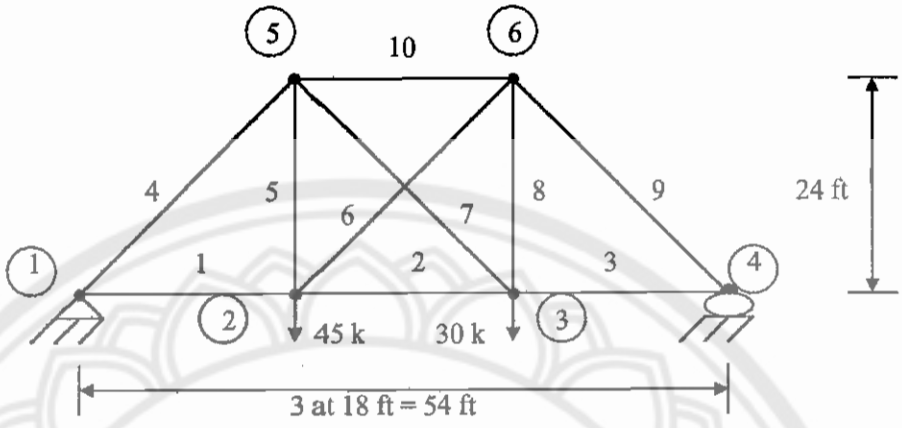
ตารางที่ 5.1 แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeap P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint Displacement			
Joint 1			
DJ1	0	0	0
DJ2	0	0	0
Joint 2			
DJ1	0.1170383638	0.11704	0.1170384
DJ2	-0.0363591582	-3.6359E-02	-3.635916E-02
Joint 3			
DJ1	0	0	0
DJ2	0	0	0
Joint 4			
DJ1	0	0	0
DJ2	0	0	0
Member End-Action			
Member 1			
AM 1	-19478.33	-1.9497E+04	-19497.47
AM 2	0	0	0
AM 3	19478.33	1.9497E+04	19497.47
AM 4	0	0	0
Member 2			
AM 1	0	0	0
AM 2	0	0	0
AM 3	0	0	0
AM 4	0	0	0
Member 3			
AM 1	17593.33	1.7574E+04	17573.59
AM 2	0	0	0
AM 3	-17593.33	-1.7574E+04	-17573.59
AM 4	0	0	0

(ตารางที่ 5.1 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeap P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 4			
AM 1	37071.67	3.7071E+04	37071.07
AM 2	0	0	0
AM 3	-37071.67	-3.7071E+04	-37071.07
AM 4	0	0	0
Member 5			
AM 1	0	0	0
AM 2	0	0	0
AM 3	0	0	0
AM 4	0	0	0
Support Reaction			
Joint 1			
AJ 1	-13773.2592	-1.3787E+04	-13786.8
AJ 2	-13773.2592	-1.3787E+04	-13786.8
Joint 2			
AJ 1	0	0	0
AJ 2	0	0	0
Joint 3			
AJ 1	-26213.6293	-2.6213E+04	-26213.2
AJ 2	26213.6293	2.6213E+04	26213.2
Joint 4			
AJ 1	0	0	0
AJ 2	17593.33	1.7574E+04	17573.59

<u>ตัวอย่างที่ 2</u> จงวิเคราะห์โครงข้อหมุนดังรูป , E = 1000 ksi , A = 10 in^2



<u>ขั้นตอนที่ 1</u> คำนวณหาสติฟเนสเมตริกซ์ในแกนGlobalของแต่ละชิ้นส่วนในโครงสร้าง

$$K^{1}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{1}{216} & 0 & -\frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{216} & 0 & \frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix}$$

$$K^{2}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{1}{216} & 0 & -\frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{216} & 0 & \frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix}$$

$$K^{3}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{1}{216} & 0 & -\frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{216} & 0 & \frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix}$$

$$K^{10}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 9 & 10 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} \frac{1}{216} & 0 & -\frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{216} & 0 & \frac{1}{216} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{matrix}$$

$$K^{4}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 1 & 2 & 9 & 10 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \frac{1}{1000} & \frac{1}{750} & -\frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} \\ \frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} & -\frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} \\ -\frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} & \frac{1}{1000} & \frac{1}{750} \\ -\frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} & \frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} \end{pmatrix} \end{array} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 9 \\ 10 \end{matrix}$$

$$K^{9}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 7 & 8 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} & -\frac{1}{1000} & \frac{1}{750} \\ -\frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} & \frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} \\ -\frac{1}{1000} & \frac{1}{750} & \frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} \\ \frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} & -\frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} \end{pmatrix} \end{array} \begin{matrix} 7 \\ 8 \\ 11 \\ 12 \end{matrix}$$

$$K^{6}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 3 & 4 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \frac{1}{1000} & \frac{1}{750} & -\frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} \\ \frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} & -\frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} \\ -\frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} & \frac{1}{1000} & \frac{1}{750} \\ -\frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} & \frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} \end{pmatrix} \end{array} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 11 \\ 12 \end{matrix}$$

$$K^{7}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 5 & 6 & 9 & 10 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} \frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} & -\frac{1}{1000} & \frac{1}{750} \\ -\frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} & \frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} \\ -\frac{1}{1000} & \frac{1}{750} & \frac{1}{1000} & -\frac{1}{750} \\ \frac{1}{750} & -\frac{1}{562.5} & -\frac{1}{750} & \frac{1}{562.5} \end{pmatrix} \end{array} \begin{matrix} 5 \\ 6 \\ 9 \\ 10 \end{matrix}$$

$$K^{5}_{global} = EA \begin{array}{c} \begin{matrix} 3 & 4 & 9 & 10 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{288} & 0 & -\frac{1}{288} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{288} & 0 & \frac{1}{288} \end{pmatrix} \end{array} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 9 \\ 10 \end{matrix}$$

$$K^{8}_{global} = EA \begin{array}{c} \\ 5 \\ 6 \\ 11 \\ 12 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 5 & 6 & 11 & 12 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{288} & 0 & -\frac{1}{288} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{288} & 0 & \frac{1}{288} \end{pmatrix} \end{array}$$

ขั้นตอนที่ 2 ทำการแอสเซมบลี (assembly) เมตริกซ์สติฟเนสของทุกชิ้นส่วนย่อย แล้วหาค่าการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดต่อ

$$\begin{pmatrix} 0 \\ -45 \\ 0 \\ -30 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$= EA \begin{array}{c} \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccccc} 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 9 & 10 & 11 & 12 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0.0103 & 0.0103 & -0.0046 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.001 & -0.0013 \\ 0.0013 & 0.0053 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.0035 & -0.0013 & -0.0018 \\ -0.0046 & 0 & 0.0103 & -0.0013 & -0.0046 & -0.001 & 0.0013 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.0013 & 0.0053 & 0 & 0.0013 & -0.0018 & 0 & -0.003 \\ 0 & 0 & -0.0046 & 0 & 0.0056 & 0 & 0 & -0.001 & 0.001 \\ 0 & 0 & -0.001 & 0.0013 & 0 & 0.0066 & 0 & -0.0046 & 0 \\ 0 & -0.0035 & 0.0013 & -0.0018 & 0 & 0 & 0.0070 & 0 & 0 \\ -0.001 & -0.0013 & 0 & 0 & -0.001 & -0.0046 & 0 & 0.0066 & 0 \\ -0.0013 & -0.0018 & 0 & -0.0035 & 0.0013 & 0 & 0 & 0 & 0.007(\end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \end{array} \begin{pmatrix} u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_9 \\ u_{10} \\ u_{11} \\ u_{12} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_9 \\ u_{10} \\ u_{11} \\ u12 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.6243 \\ -4.0775 \\ 1.0506 \\ -3.6965 \\ 1.6336 \\ 1.1006 \\ -3.1844 \\ 0.3060 \\ -3.0842 \end{pmatrix}$$

ขั้นตอนที่ 3 จากเงื่อนไขความต่อเนื่อง และความสมดุลย์ หาค่าแรงภายในของแต่ละชิ้นส่วนได้ดังนี้

$$V^1_{global} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ u_3 \\ u_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.6243 \\ -4.0775 \end{pmatrix}$$

$$V^2_{global} = \begin{pmatrix} V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ V_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.6243 \\ -4.0775 \\ 1.0506 \\ -3.6965 \end{pmatrix}$$

$$V^3_{global} = \begin{pmatrix} V_5 \\ V_6 \\ V_7 \\ V_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0506 \\ -3.6965 \\ 1.6336 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$V^4_{global} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_9 \\ V_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_9 \\ V_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1.1006 \\ -3.1844 \end{pmatrix}$$

$$V^{5}_{global} = \begin{pmatrix} V_3 \\ V_4 \\ V_9 \\ V_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_3 \\ u_4 \\ u_9 \\ u_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.6243 \\ -4.0775 \\ 1.1006 \\ -3.1844 \end{pmatrix}$$

$$V^{6}_{global} = \begin{pmatrix} V_3 \\ V_4 \\ V_{11} \\ V_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_3 \\ u_4 \\ u_{11} \\ u_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.6243 \\ -4.0775 \\ 0.3060 \\ -3.0842 \end{pmatrix}$$

$$V^{7}_{global} = \begin{pmatrix} V_5 \\ V_6 \\ V_9 \\ V_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_5 \\ u_6 \\ u_9 \\ u_{10} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0506 \\ -3.6965 \\ 1.1006 \\ -3.1844 \end{pmatrix}$$

$$V^{8}_{global} = \begin{pmatrix} V_5 \\ V_6 \\ V_{11} \\ V_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_5 \\ u_6 \\ u_{11} \\ u_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.0506 \\ -3.6965 \\ 0.3060 \\ -3.0842 \end{pmatrix}$$

$$V^{9}_{global} = \begin{pmatrix} V_7 \\ V_8 \\ V_{11} \\ V_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_7 \\ u_8 \\ u_{11} \\ u_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.6336 \\ 0 \\ 0.3060 \\ -3.0842 \end{pmatrix}$$

$$V^{10}_{global} = \begin{pmatrix} V_9 \\ V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_9 \\ u_{10} \\ u_{11} \\ u_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.1006 \\ -3.1844 \\ 0.3060 \\ -3.0842 \end{pmatrix}$$

จาก $S^{i}_{local} = R\,K^{i}_{global}\,V^{i}_{global}$

$$; R = \begin{pmatrix} C_x & C_y & & \\ -C_y & C_x & & \\ & & C_x & C_y \\ & & -C_y & C_x \end{pmatrix} \quad ; \; C_x = Cos\theta \, , C_y = Sin\theta$$

$$S^{1}_{local} = \begin{pmatrix} -28.7178 \\ 0 \\ 28.7178 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^{2}_{local} = \begin{pmatrix} -19.6098 \\ 0 \\ 19.6098 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^{3}_{local} = \begin{pmatrix} -26.818 \\ 0 \\ 26.818 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^{4}_{local} = \begin{pmatrix} 51.9034 \\ 8.9238 \\ -51.9034 \\ -8.9238 \end{pmatrix}$$

$$S^{5}_{local} = \begin{pmatrix} -31.2585 \\ 0 \\ 31.2585 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^{6}_{local} = \begin{pmatrix} -16.5998 \\ -2.3714 \\ 16.5998 \\ 2.3714 \end{pmatrix}$$

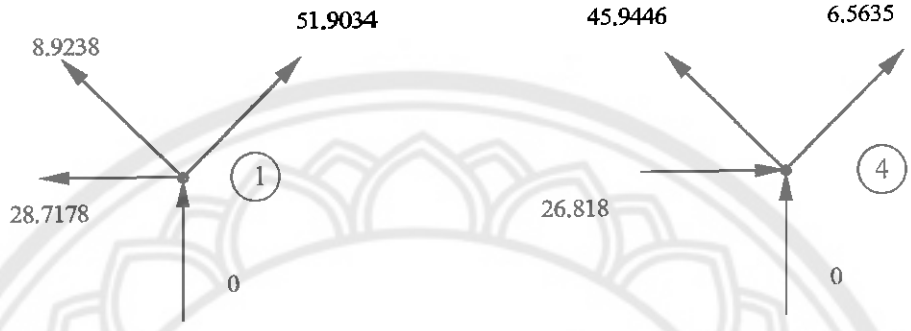
$$S^{7}_{local} = \begin{pmatrix} -10.4406 \\ 1.4915 \\ 10.4406 \\ 1.4915 \end{pmatrix}$$

$$S^{8}_{local} = \begin{pmatrix} -21.4305 \\ 0 \\ 21.4305 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S^{9}_{local} = \begin{pmatrix} 45.9446 \\ -6.5635 \\ -45.9446 \\ 6.5635 \end{pmatrix}$$

$$S^{10}_{local} = \begin{pmatrix} 36.5516 \\ 0 \\ -36.5516 \\ 0 \end{pmatrix}$$

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> หาค่าแรงปฏิกิริยา



ที่จุดต่อที่ 1

$$\sum F_x = 0$$

$$R_1 = 28.7178 + 8.9238\text{Cos}45^O - 51.9034\text{Cos}45^O$$

$$= 1.6733 \text{ lb} \leftarrow$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_2 = 8.9238\text{Sin}45^O + 51.9034\text{Sin}45^O$$

$$= 43.0113 \text{ lb} \uparrow$$

ที่จุดต่อที่ 4

$$\sum F_y = 0$$

$$R_3 = 45.9446\text{Sin}45^O + 6.5635\text{Sin}45^O$$

$$= 37.1288 \text{ lb} \uparrow$$

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeap P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint Displacement			
Joint 1			
DJ1	0	0	0
DJ2	0	0	0
Joint 2			
DJ1	0.6243	0.648	0.648
DJ2	-4.0775	-3.9805	-3.980499
Joint 3			
DJ1	1.0506	1.0755	1.0755
DJ2	-3.6965	-3.5808	-3.580748
Joint 4			
DJ1	1.6336	1.6425	1.642499
DJ2	0	0	0
Joint 5			
DJ1	1.1006	1.102	1.102
DJ2	-3.1844	-3.0765	-3.076499
Joint 6			
DJ1	0.306	0.3145	0.3144998
DJ2	-3.0842	-2.9648	-2.964748
Member End - Action			
Member 1			
AM1	-28.7178	-30	-30
AM2	0	0	0
AM3	28.7178	30	30
AM4	0	0	0
Member 2			
AM1	-19.6098	-19.792	-19.79166
AM2	0	0	0
AM3	19.6098	19.792	19.79166

(ตารางที่ 5.2 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeap P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
AM4	0	0	0
Member 3			
AM1	-26.818	-26.25	-26.24998
AM2	0	0	0
AM3	26.818	26.25	26.24998
AM4	0	0	0
Member 4			
AM1	51.9034	50	49.99998
AM2	8.9238	0	0
AM3	-51.9034	-50	-49.99998
AM4	-8.9238	0	0
Member 5			
AM1	-31.2585	-31.389	-31.38889
AM2	0	0	0
AM3	31.2585	31.389	31.38889
AM4	0	0	0
Member 6			
AM1	-16.5998	-17.014	-17.0139
AM2	-2.3714	0	0
AM3	16.5998	17.014	17.0139
AM4	2.3714	0	0
Member 7			
AM1	-10.4406	-10.764	-10.76388
AM2	1.4915	0	0
AM3	10.4406	10.764	10.76388
AM4	-1.4915	0	0
Member 8			
AM1	-21.4305	-21.389	-21.38888
AM2	0	0	0

(ตารางที่ 5.2 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeap P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
AM3	**21.4305**	21.389	21.38888
AM4	0	0	0
Member 9			
AM1	45.9446	43.75	43.74997
AM2	-6.5635	0	0
AM3	-45.9446	-43.75	-43.74997
AM4	6.5635	0	0
Member 10			
AM1	36.5516	36.458	36.45832
AM2	0	0	0
AM3	-36.5516	-36.458	-36.45832
AM4	0	0	0
Support Reaction			
Joint 1			
AR1	-1.6733	3.8624E-06	0
AR2	43.0113	40	40
Joint 2			
AR1	0	0	0
AR2	0	0	0
Joint 3			
AR1	0	0	0
AR2	0	0	0
Joint 4			
AR1	**0**	**0**	**0**
AR2	**37.1288**	**35**	**35**
Joint 5			
AR1	**0**	**0**	**0**
AR2	**0**	**0**	**0**

(ตารางที่ 5.2 ต่อ)

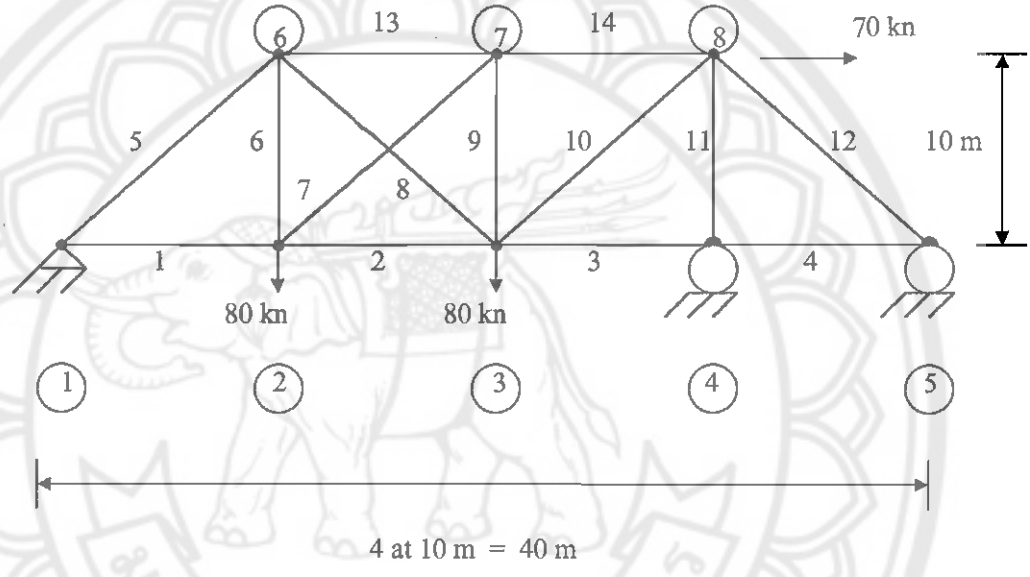
รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeap P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint 6			
AR1	0	0	0
AR2	0	0	0

ตัวอย่างที่ 3

จงวิเคราะห์โครงข้อหมุนดังรูป

E = 200 MPa

A = 4000 cm^2



ตารางแสดงการเปรียบเทียบอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint Displacement		
Joint 1		
DJ1	0	0
DJ2	0	0
Joint 2		
DJ1	1.6046E-08	1.604562E-07
DJ2	-5.9902E-08	-5.990204E-07
Joint 3		
DJ1	2.9077E-08	2.907746E-07
DJ2	-5.6994E-08	-5.699411E-07
Joint 4		
DJ1	2.9714E-08	2.971425E-07
DJ2	0	0
Joint 5		
DJ1	3.0351E-08	3.035104E-07
DJ2	0	0
Joint 6		
DJ1	3.2281E-08	3.22807E-07
DJ2	-5.2916E-08	-5.291582E-07
Joint 7		
DJ1	2.4676E-08	2.467572E-07
DJ2	-6.0008E-08	-6.000789E-07
Joint 8		
DJ1	2.0084E-08	2.008452E-07
DJ2	-1.2068E-08	-1.206763E-07

(ตารางที่ 5.3 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member End - Action		
Member 1		
AM1	-128.36	-128.3649
AM2	0	0
AM3	128.36	128.3649
AM4	0	0
Member 2		
AM1	-104.25	-104.2547
AM2	0	0
AM3	104.25	104.2547
AM4	0	0
Member 3		
AM1	-5.0943	-5.09433
AM2	0	0
AM3	5.0943	5.09433
AM4	0	0
Member 4		
AM1	-5.0943	-5.09433
AM2	0	0
AM3	5.0943	5.09433
AM4	0	0
Member 5		
AM1	82.54	82.54044
AM2	0	0
AM3	-82.54	-82.54044
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.3 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 6		
AM1	-55.89	-55.88981
AM2	0	0
AM3	55.89	55.88981
AM4	0	0
Member 7		
AM1	-34.097	-34.09703
AM2	0	0
AM3	34.097	34.09703
AM4	0	0
Member 8		
AM1	-3.5002	-3.500179
AM2	0	0
AM3	3.5002	3.500179
AM4	0	0
Member 9		
AM1	24.11	24.1102
AM2	0	0
AM3	-24.11	-24.1102
AM4	0	0
Member 10		
AM1	-143.73	-143.7341
AM2	0	0
AM3	143.73	143.7341
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.3 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จาก โปรแกรม
Member 11		
AM1	96.541	96.54107
AM2	0	0
AM3	-96.541	-96.54107
AM4	0	0
Member 12		
AM1	7.2045	7.204442
AM2	0	0
AM3	-7.2045	-7.204442
AM4	0	0
Member 13		
AM1	60.84	60.83987
AM2	0	0
AM3	-60.84	-60.83987
AM4	0	0
Member 14		
AM1	36.73	36.72964
AM2	0	0
AM3	-36.73	-36.72964
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.3 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Support Reaction		
Joint 1		
AR1	-70	-70
AR2	58.365	58.3649
Joint 2		
AR1	0.0000E+00	0.000000E+00
AR2	0.0000E+00	0.000000E+00
Joint 3		
AR1	0.0000E+00	0.000000E+00
AR2	0.0000E+00	0.000000E+00
Joint 4		
AR1	0.0000E+00	0.000000E+00
AR2	96.541	96.5411
Joint 5		
AR1	0.0000E+00	0.000000E+00
AR2	5.0943	5.0943
Joint 6		
AR1	0.0000E+00	0.00000E+00
AR2	0.0000E+00	0.000000E+00
Joint 7		
AR1	0.0000E+00	0.000000E+00
AR2	0.0000E+00	0.000000E+00
Joint 8		
AR1	0.0000E+00	0.000000E+00
AR2	0.0000E+00	0.000000E+00

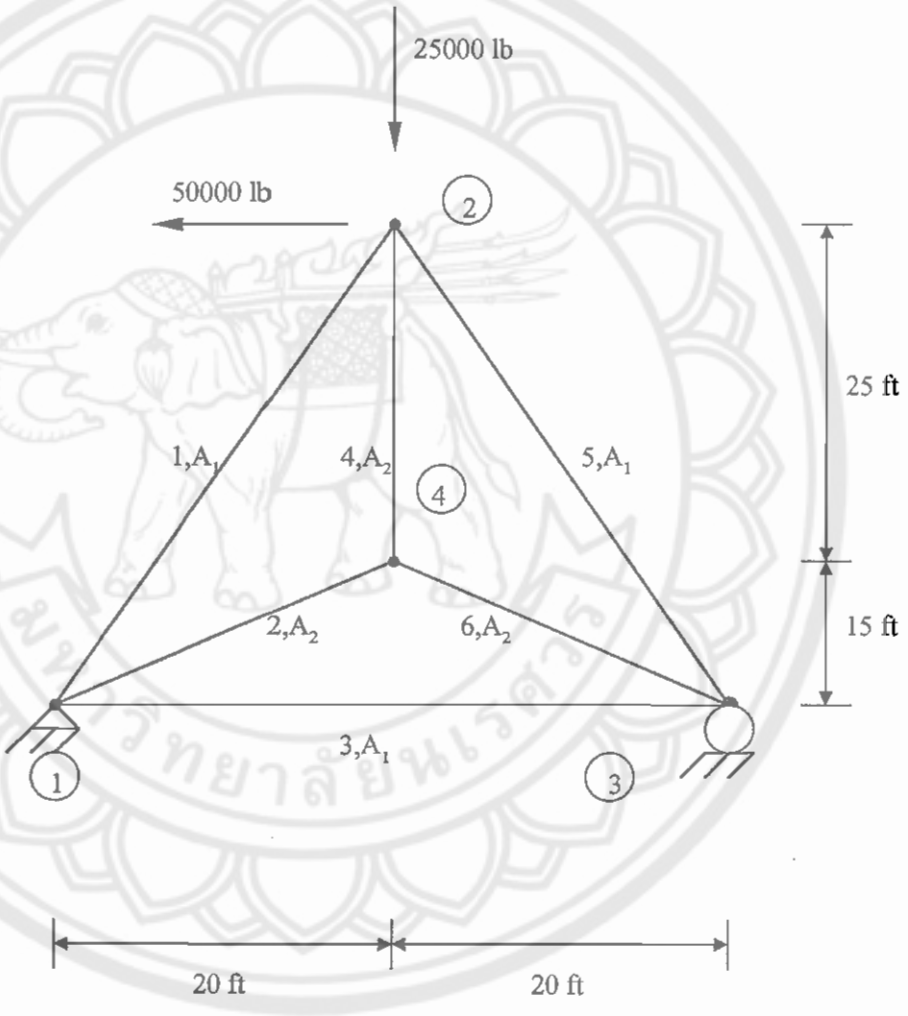
<u>ตัวอย่างที่ 4</u>

จงวิเคราะห์โครงข้อหมุนดังรูป

$E = 29 \times 10^6$ psi

$A_1 = 4$ in^2

$A_2 = 2$ in^2



ตารางแสดงการเปรียบเทียบอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint Displacement		
Joint 1		
DJ1	0	0
DJ2	0	0
Joint 2		
DJ1	-0.61144	-0.6114382
DJ2	-3.6769E-02	-3.676878E-02
Joint 3		
DJ1	-6.6289E-02	-6.628925E-02
DJ2	0	0
Joint 4		
DJ1	-3.3145E-02	-3.314462E-02
DJ2	-2.8779E-03	-2.877873E-03
Member End - Action		
Member 1		
AM1	66214	66214.32
AM2	0	0
AM3	-66214	-66214.32
AM4	0	0
Member 2		
AM1	5460.2	5460.202
AM2	0	0
AM3	-5460.2	-5460.202
AM4	0	0
Member 3		
AM1	16020	16019.9
AM2	0	0
AM3	-16020	-16019.9
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.4 ต่อ)

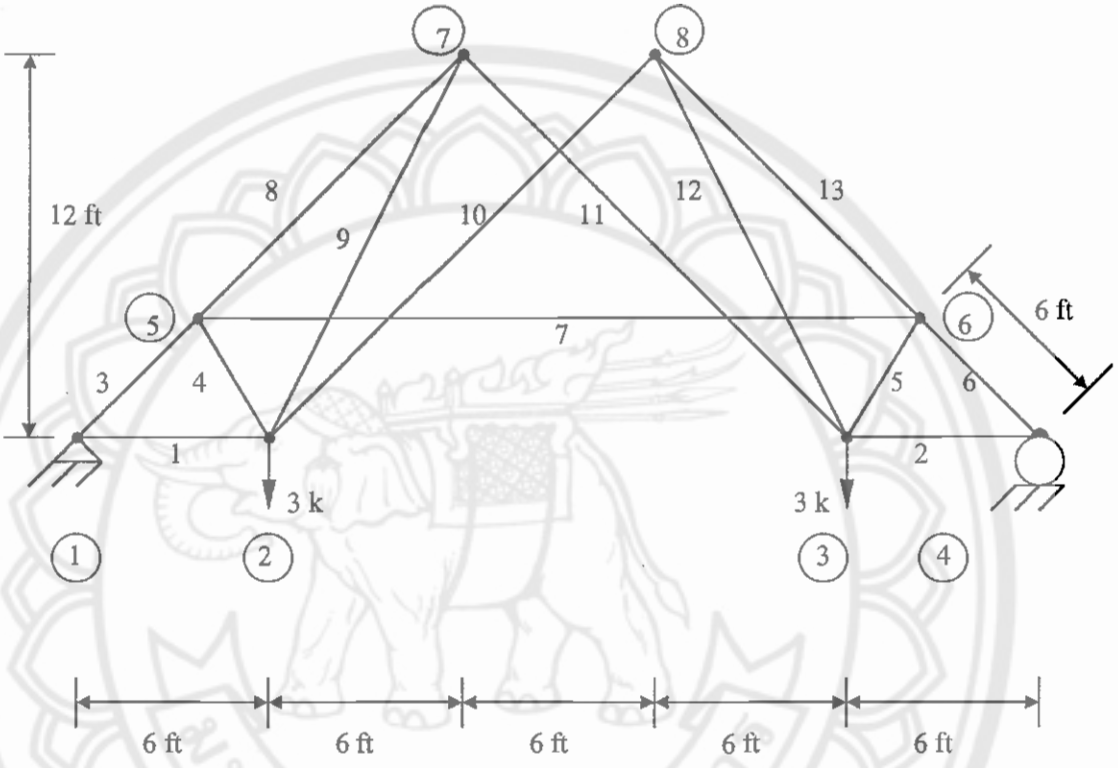
รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 4		
AM1	6552.2	6552.242
AM2	0	0
AM3	-6552.2	-6552.242
AM4	0	0
Member 5		
AM1	-45589	-45589.1
AM2	0	0
AM3	45589	45598.1
AM4	0	0
Member 6		
AM1	5460.2	5460.202
AM2	0	0
AM3	-5460.2	-5460.202
AM4	0	0
Support Reaction		
Joint 1		
AR1	50000	50000.01
AR2	62500	62500.01
Joint 2		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 3		
AR1	0	0
AR2	-37500	-37500.01
Joint 4		
AR1	0	0
AR2	0	0

<u>ตัวอย่างที่ 5</u>

จงคำนวณโครงข้อหมุนแบบประกอบดังรูป

E = 1000 ksi

A = 10 in^2



ตารางแสดงการเปรียบเทียบอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint Displacement		
Joint 1		
DJ1	0	0
DJ2	0	0
Joint 2		
DJ1	2.16E-02	2.160013E-02
DJ2	-0.85717	-0.8594815
Joint 3		
DJ1	1.2643	1.269591
DJ2	-0.85717	-0.8594821
Joint 4		
DJ1	1.2859	1.291191
DJ2	0	0
Joint 5		
DJ1	0.59409	0.596711
DJ2	-0.63729	-0.6399861
Joint 6		
DJ1	0.69177	0.6944801
DJ2	-0.63729	-0.6399865
Joint 7		
DJ1	1.0029	1.006725
DJ2	-1.1956	-1.19952
Joint 8		
Dj1	0.28293	0.284467
DJ2	-1.1956	-1.19952

(ตารางที่ 5.5 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member End - Actoin		
Member 1		
AM1	-3	-3.000017
AM2	0	0
AM3	3	3.000017
AM4	0	0
Member 2		
AM1	-3	-3.000018
AM2	0	0
AM3	3	3.000018
AM4	0	0
Member 3		
AM1	4.2426	4.242653
AM2	0	0
AM3	-4.2426	-4.242653
AM4	0	0
Member 4		
AM1	2.8957	2.902903
AM2	0	0
AM3	-2.8957	-2.902903
AM4	0	0
Member 5		
AM1	2.8957	2.902897
AM2	0	0
AM3	-2.8957	-2.902897
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.5 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 6		
AM1	4.2426	4.242659
AM2	0	0
AM3	-4.2426	-4.242659
AM4	0	0
Member 7		
AM1	-3.7835	-3.789497
AM2	0	0
AM3	3.7835	3.789497
AM4	0	0
Member 8		
AM1	8.026	8.038721
AM2	0	0
AM3	-8.026	-8.038721
AM4	0	0
Member 9		
AM1	-8.4602	-8.473546
AM2	0	0
AM3	8.4602	8.473546
AM4	0	0
Member 10		
AM1	2.6753	2.679574
AM2	0	0
AM3	-2.6753	-2.679574
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.5 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 11		
AM1	2.6753	2.679558
AM2	0	0
AM3	-2.6753	-2.679558
AM4	0	0
Member 12		
AM1	-8.4602	-8.473566
AM2	0	0
AM3	8.4602	8.473566
AM4	0	0
Member13		
AM1	8.026	8.038736
AM2	0	0
AM3	-8.026	-8.038736
AM4	0	0
Support Reaction		
Joint 1		
AR1	2.4695E-06	0
AR2	3	3
Joint 2		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 3		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 4		
AR1	0	0
AR2	3	3

(ตารางที่ 5.5 ต่อ)

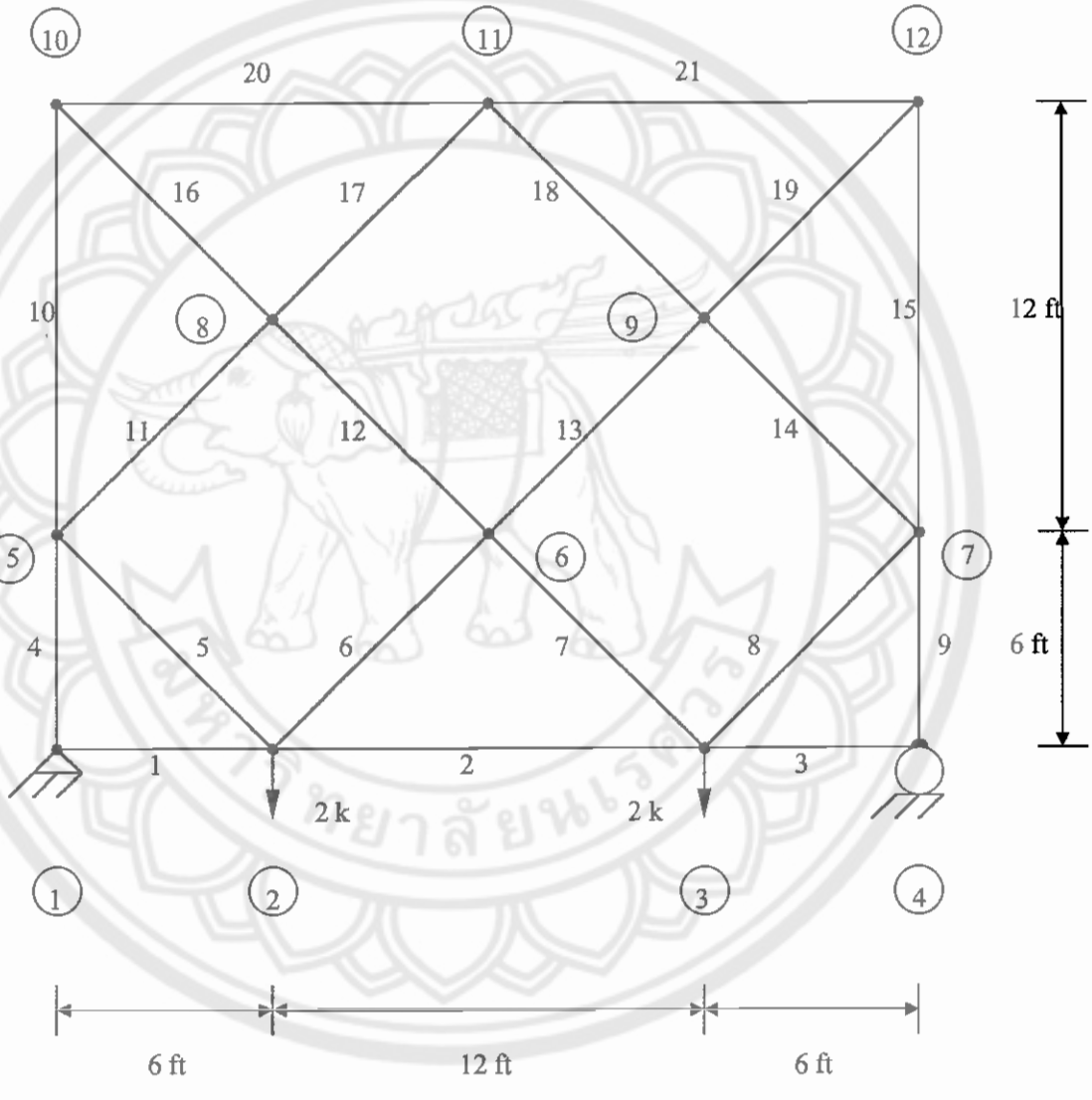
รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint 5		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 6		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 7		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 8		
AR1	0	0
AR2	0	0

<u>ตัวอย่างที่ 6</u>

จงคำนวณโครงข้อหมุนแบบซับซ้อนดังรูป

E = 1000 ksi

A = 10 in^2



ตารางแสดงการเปรียบเทียบอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint Displacement		
Joint 1		
DJ1	0	0
DJ2	0	0
Joint 2		
DJ1	-5.421E-19	-2.054522E-08
DJ2	-0.20859	-0.2085881
Joint 3		
DJ1	-2.88E-02	-2.880006E-02
DJ2	-0.20859	-0.2085881
Joint 4		
DJ1	-2.88E-02	-2.880006E-02
DJ2	0	0
Joint 5		
DJ1	0.19419	0.1941881
DJ2	-1.44E-02	-0.0144
Joint 6		
DJ1	-1.44E-02	-1.440004E-02
DJ2	-0.15346	-0.1534587
Joint 7		
DJ1	-0.22299	-0.2229882
DJ2	-1.44E-02	-1.439999E-02
Joint 8		
DJ1	0.13906	0.1390587
DJ2	4.0729E-02	4.072938E-02
Joint 9		
DJ1	-0.16786	-0.1678588
DJ2	4.0729E-02	0.0407294

(ตารางที่ 5.6 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint 10		
DJ1	1.44E-02	1.439993E-02
DJ2	-4.32E-02	-0.0432
Joint 11		
DJ1	-1.44E-02	-1.440008E-02
DJ2	0.19419	0.1941881
Joint 12		
DJ1	-4.32E-02	-4.320008E-02
DJ2	-4.32E-02	-4.319999E-02
Member End - Action		
Member 1		
AM1	7.53E-17	2.853503E-06
AM2	0	0
AM3	-7.53E-17	-2.853503E-06
AM4	0	0
Member 2		
AM1	2	2.000003
AM2	0	0
AM3	-2	-2.000003
AM4	0	0
Member 3		
AM1	2.88E-02	2.587007E-07
AM2	0	0
AM3	-0.20859	-2.587007E-07
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.6 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 4		
AM1	2	2
AM2	0	0
AM3	-2	-2
AM4	0	0
Member 5		
AM1	1.907E-06	2.625983E-07
AM2	0	0
AM3	-1.907E-06	-2.625983E-07
AM4	0	0
Member 6		
AM1	-2.8284	-2.828426
AM2	0	0
AM3	2.8284	2.828426
AM4	0	0
Member 7		
AM1	-2.8284	-2.828428
AM2	0	0
AM3	2.8284	2.828428
AM4	0	0
Member 8		
AM1	1.9073E-06	2.522332E-06
AM2	0	0
AM3	-1.9073E-06	-2.522332E-06
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.6 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 9		
AM1	2	1.999998
AM2	0	0
AM3	-2	-1.999998
AM4	0	0
Member 10		
AM1	2	2
AM2	0	0
AM3	-2	-2
AM4	0	0
Member 11		
AM1	2.3842E-07	6.467517E-07
AM2	0	0
AM3	-2.3842E-07	-6.467517E-07
AM4	0	0
Member 12		
AM1	-2.8284	-2.82843
AM2	0	0
AM3	2.8284	2.82843
AM4	0	0
Member 13		
AM1	-2.8284	-2.828427
AM2	0	0
AM3	2.8284	2.828427
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.6 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 14		
AM1	-2.3842E-07	1.940255E-07
AM2	0	0
AM3	2.3384E-07	-1.940255E-07
AM4	0	0
Member 15		
AM1	2	2
AM2	0	0
AM3	-2	-2
AM4	0	0
Member 16		
AM1	-2.8284	-2.828428
AM2	0	0
AM3	2.8284	2.828428
AM4	0	0
Member 17		
AM1	0	-7.761021E-07
AM2	0	0
AM3	0	7.761021E-07
AM4	0	0
Member 18		
AM1	-9.5367E-07	2.587007E-07
AM2	0	0
AM3	9.5367E-07	-2.587007E-07
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.6 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 19		
AM1	-2.8284	-2.828427
AM2	0	0
AM3	2.8284	2.828427
AM4	0	0
Member 20		
AM1	2	2
AM2	0	0
AM3	-2	-2
AM4	0	0
Member 21		
AM1	2	2
AM2	0	0
AM3	-2	-2
AM4	0	0
Support Reaction		
Joint 1		
AR1	7.5292E-17	0
AR2	2	2
Joint 2		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 3		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 4		
AR1	0	0
AR2	2	2

(ตารางที่ 5.6 ต่อ)

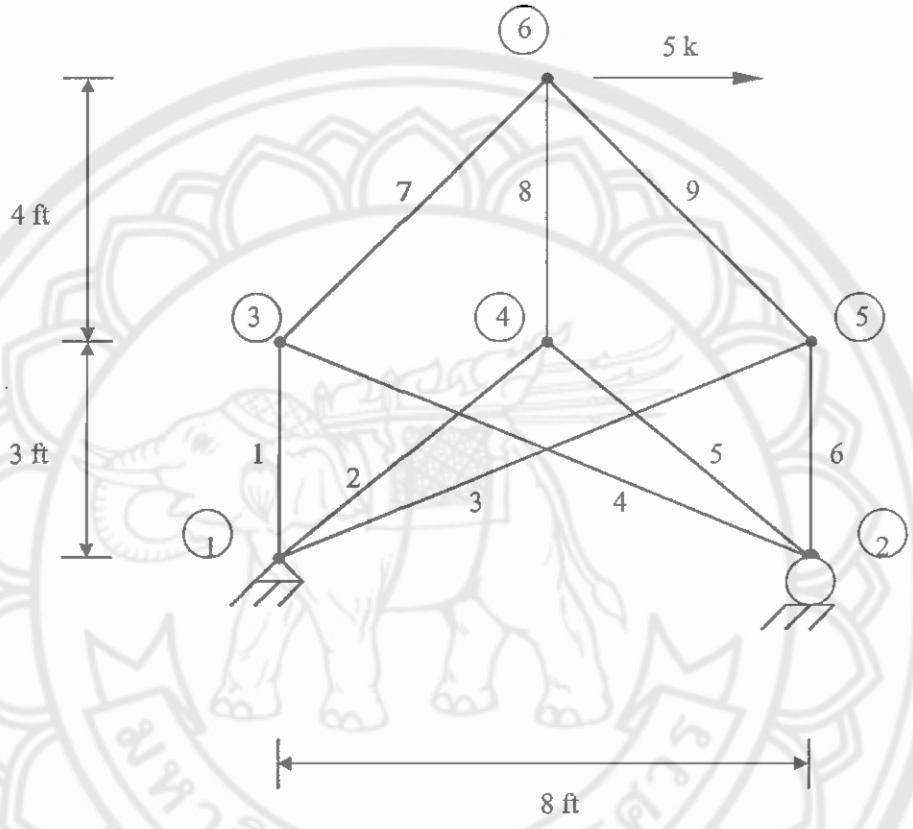
รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint 5		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 6		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 7		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 8		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 9		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 10		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 11		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 12		
AR1	0	0
AR2	0	0

ตัวอย่างที่ 7

จงคำนวณโครงข้อหมุนแบบซับซ้อนดังรูป

E = 1000 ksi

A = 10 in^2



ตารางแสดงการเปรียบเทียบอยู่ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จาก โปรแกรม
Joint Displacement		
Joint 1		
DJ1	0	0
DJ2	0	0
Joint 2		
DJ1	5.3581E-02	5.358122E-02
DJ2	0	0
Joint 3		
DJ1	7.2940E-02	7.293959E-02
DJ2	7.0714E-03	7.071427E-03
Joint 4		
DJ1	2.6791E-02	2.679061E-02
DJ2	-1.7864E-02	-1.786366E-02
Joint 5		
DJ1	4.8396E-02	4.839592E-02
DJ2	-1.7679E-02	-1.767857E-02
Joint 6		
DJ1	0.10698	0.1069839
DJ2	-7.5779E-03	-7.577937E-03
Member End - Action		
Member 1		
AM1	-1.9643	-1.964285
AM2	0	0
AM3	1.9643	1.964285
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.7 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 2		
AM1	-1.7857	-1.785716
AM2	0	0
AM3	1.7857	1.785716
AM4	0	0
Member 3		
AM1	-3.8143	-3.814288
AM2	0	0
AM3	3.8143	3.814288
AM4	0	0
Member 4		
AM1	1.5257	1.525716
AM2	0	0
AM3	-1.5257	-1.525716
AM4	0	0
Member 5		
AM1	-1.7857	-1.785716
AM2	0	0
AM3	1.7857	1.785716
AM4	0	0
Member 6		
AM1	4.9107	4.910714
AM2	0	0
AM3	-4.9107	-4.910714
AM4	0	0

(ตารางที่ 5.7 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Member 7		
AM1	-2.0203	-2.020304
AM2	0	0
AM3	2.0203	2.020304
AM4	0	0
Member 8		
AM1	-2.1429	-2.142858
AM2	0	0
AM3	2.1429	2.142858
AM4	0	0
Member 9		
AM1	5.0508	5.050763
AM2	0	0
AM3	-5.0508	-5.050763
AM4	0	0
Support Reaction		
Joint 1		
AR1	-5	-5
AR2	-4.375	-4.375
Joint 2		
AR1	0	0
AR2	4.375	4.375
Joint 3		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 4		
AR1	0	0
AR2	0	0

(ตารางที่ 5.7 ต่อ)

รายการคำตอบ	ค่าที่ได้จากโปรแกรม Microfeab P1	ค่าที่ได้จากโปรแกรม
Joint 5		
AR1	0	0
AR2	0	0
Joint 6		
AR1	0	0
AR2	0	0