เอกสารอ้างอิง

1. American Institute of Steel construction, "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building," Part II, AISC, New York, (1978).
2. Wang, C.K., "General Computer Program for Limit Analysis," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 89, No. ST6, Proc.Paper 3719, Dec., pp. 101-117., (1963).
3. Hauck, G.F., "Stability of Elasto - Plastic Wide-Flange Columns," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 89, No. ST6, Dec., pp. 297-324., (1963).
4. Korn, a., and Galambos, T.V., "Behavior of Elastic - Plastic Frames," Journal of Structural Division, ASCE, Vol.94, No.ST5, May., pp. 1119-1142., (1968).
5. Kassimali, A., "Large Deformation Analysis of Elastic - Plastic Frames," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.109, No.8, Aug., pp.1869-1886., (1983).
6. Scholz, H., "P-Delta Effect in Elastic Analysis of Sway Frames" Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 113, No. 3, Mar., pp. 534-545., (1987).
7. Gharpuray, V., and Aristizabal - Ochoa, J.D., "Simplified Second-Order Elastic-Plastic Analysis of Frames," Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol.3, No.1, Jan., pp. 47-59., (1989).
8. Ghali, A., and Neville, A.M., "Structural Analysis - a Unified Classical and Matrix Approach," 2nd ed., Chapman & Hall, London, (1978).

9. Horne, M.R., and Majid, K.I., "Elastic-plastic Design of Rigid jointed Sway Frames by Computer," First Report, Study of Analytical and Design Procedures for Elastic and Elastic-Plastic structure, England, Mar., (1966).

10. Beedle, L.S., "Plastic Design of Steel Frames," John wiley & sons, Inc., New York, N.Y., (1958).

11. Westergaard, H.M., "Theory of Elasticity and Plasticity," John Wiley & sons Inc., New York, Harvard University, (1952).

12. Harrison, H.B., "Computer Methods in Structural Analysis," Prentice-Hall, New Jersey, (1973).

13. Meek, J.L., "Matrix Structural Analysis," Mcgraw-Hill, (1971).

14. Rubinstein, M.F., "Matrix Computer Analysis of Structures," Prentice - Hall International, Inc., United Kingdom and Eire Prentice - Hall of Canada, Ltd., Canada, (1966).

15. Siegfried M. Holzer, "Computer Analysis of Structure, Matrix Structural Analysis, Structured Programming," ELSEVIER, New York. amsterdam. Oxford, (1985).

16. Gaylord, E.H., and Gaylord, "C.N., Design of Steel Structures 2nd Edition," (1972).

17. Salmon, C.G., and Johnson, J.E., "Steel Structural Design & Behavior," Harper and Row Co.Ltd., New York, 2nd ed., (1980).

18. American Institute of Steel Construction, "Manual of Steel Construction 7th Edition," New York: AISC, (1978).

19. ทักษิณ เทพชาตรี, "พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก," วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, (2529).

20. ทักษิณ เทพชาตรี, "การออกแบบโครงสร้างเหล็กโดยวิธีพลาสติก," ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

21. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, "การวิเคราะห์โครงสร้าง," วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, (2527).

22. วิโรจน์ เตรียมเจริญพร, "การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดโดยวิธีพลาสติกสำหรับโครงเหล็กข้อแข็ง," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2532).

23. ศิริวุฒิ ศศิบุตร, "การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอิลาสติก-พลาสติก สำหรับโครงเหล็กข้อแข็ง," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2533).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

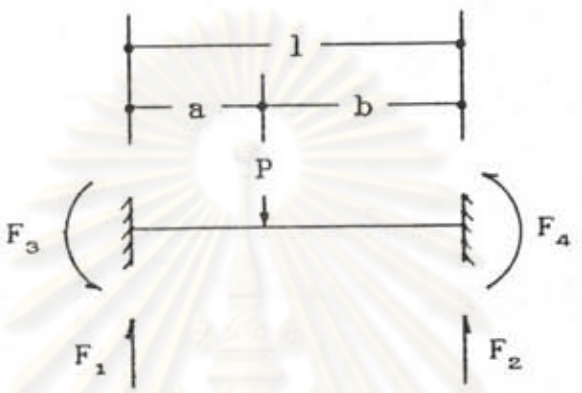
ภาคผนวก ก.

ระบบของแรงยึดแน่น (Fixed End Forces)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงการหาค่าของแรงยึดแน่น (Fixed End Forces) เนื่องจากแรงภายนอกที่กระทำของชิ้นส่วนที่มีรูปแบบของแรงและสภาพของจุดรองรับแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

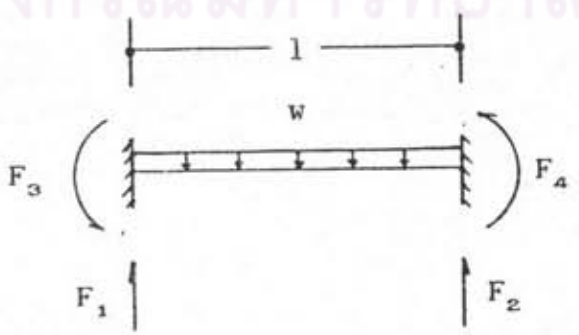
ก. แรงกระทำภายนอกแบบเป็นจุด และมีสภาพของจุดรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้งสองข้าง



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

$$F_1 = Pb^2(3a + b)/l^3$$
$$F_2 = Pa^2(a + 3b)/l^3$$
$$F_3 = Pab^2/l^2$$
$$F_4 = -Pa^2b/l^2$$

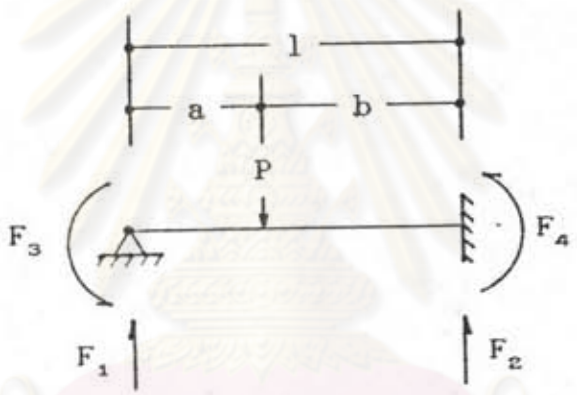
ข. แรงกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และมีสภาพของจุดรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้งสองด้าน



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

$$F_1 = wl/2$$
$$F_2 = wl/2$$
$$F_3 = wl^2/12$$
$$F_4 = -wl^2/12$$

ค. แรงกระทำภายนอกแบบเป็นจุด และมีสภาพของจุดรองรับด้านหนึ่งเป็นแบบจุดหมุน และอีกด้านหนึ่งเป็นแบบยึดแน่น

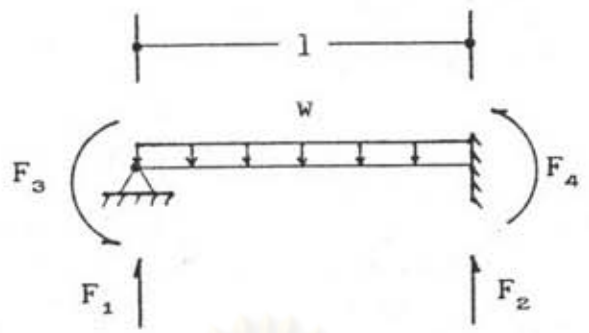


ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

$$F_1 = 0.5Pb^2(a + 2l)/l^3$$
$$F_2 = 0.5Pa(3l^2 - a^2)/l^3$$
$$F_3 = 0.0$$
$$F_4 = -0.5Pab(a + l)/l^2$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. แรงกระทำภายนอกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และมีสภาพของจุดรองรับด้านหนึ่งเป็นแบบจุดหมุน และอีกด้านหนึ่งเป็นแบบยึดแน่น



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

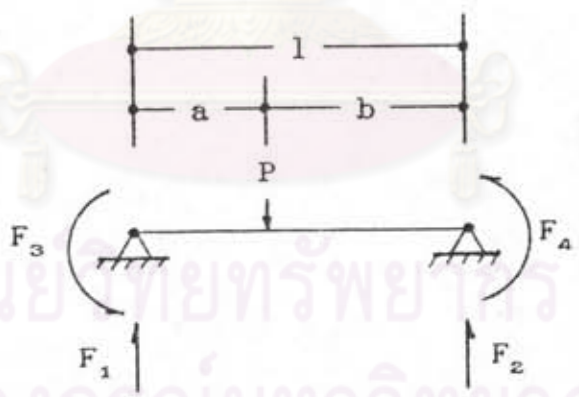
$$F_1 = 3wl/8$$

$$F_2 = 5wl/8$$

$$F_3 = 0.0$$

$$F_4 = -wl^2/8$$

จ. แรงกระทำภายนอกแบบเป็นจุด และมีสภาพของจุดรองรับเป็นจุดหมุนทั้งสองข้าง



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

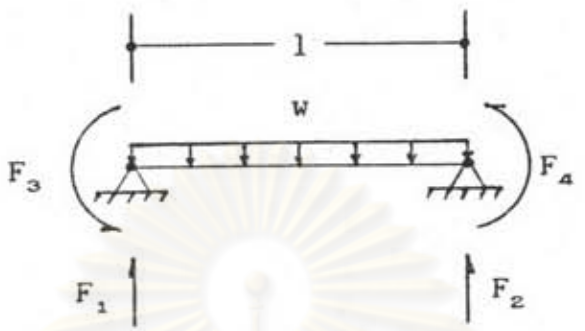
$$F_1 = Pb/l$$

$$F_2 = Pa/l$$

$$F_3 = 0.0$$

$$F_4 = 0.0$$

ฉ. แรงกระทำภายนอกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และมีสภาพของจุดรองรับเป็นจุดหมุนทั้งสองข้าง



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

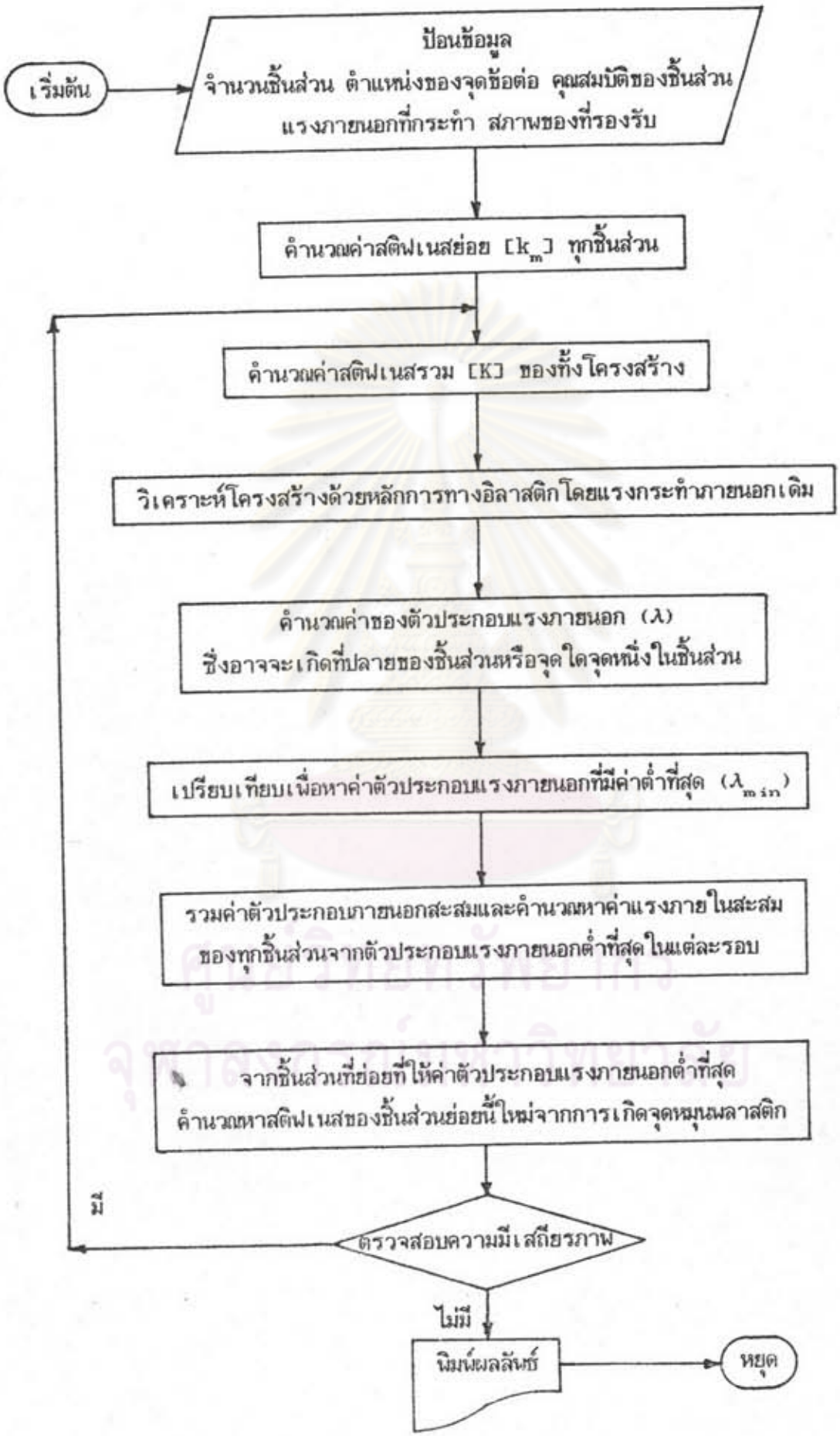
$$F_1 = wl/2$$
$$F_2 = wl/2$$
$$F_3 = 0.0$$
$$F_4 = 0.0$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

แผนภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flow Chart)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


เริ่มต้น
ป้อนข้อมูล
จำนวนชิ้นส่วน ตำแหน่งของจุดข้อต่อ คุณสมบัติของชิ้นส่วน
แรงภายนอกที่กระทำ สภาพของที่รองรับ
คำนวณค่าสติฟเนสย่อย [k_m] ทุกชิ้นส่วน
คำนวณค่าสติฟเนสรวม [K] ของทั้งโครงสร้าง
วิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักการทางอิลาสติกโดยแรงกระทำภายนอกเดิม
คำนวณค่าของตัวประกอบแรงภายนอก (λ)
ซึ่งอาจจะเกิดที่ปลายของชิ้นส่วนหรือจุดใดจุดหนึ่งในชิ้นส่วน
เปรียบเทียบเพื่อหาค่าตัวประกอบแรงภายนอกที่มีค่าต่ำที่สุด (λ_{min})
รวมค่าตัวประกอบภายนอกสะสมและคำนวณหาค่าแรงภายในสะสม
ของทุกชิ้นส่วนจากตัวประกอบแรงภายนอกต่ำที่สุดในแต่ละรอบ
จากชิ้นส่วนที่ย่อยที่ให้ค่าตัวประกอบแรงภายนอกต่ำที่สุด
คำนวณหาสติฟเนสของชิ้นส่วนย่อยนี้ใหม่จากการเกิดจุดหมุนพลาสติก
ตรวจสอบความมีเสถียรภาพ
มี
ไม่มี
พิมพ์ผลลัพธ์
หยุด

ภาคผนวก ค.

หลักการแก้สมการที่มีค่าสมบูรณ์ (Absolute Value)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงหลักการแก้สมการเส้นตรงที่มีค่าสมบูรณ์ (Absolute Value) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ในสมการซึ่งต้องพิจารณาเฉพาะเป็นกรณี ๆ ไปโดยพิจารณาค่าของ X ที่ได้ในกรณีที่น้อยที่สุดและต้องมากกว่าศูนย์ ดังต่อไปนี้

1) สมการที่ 2.24 ซึ่งมีรูปแบบของสมการคือ

$$|AX+B| + |CX+D| = E$$

1.1) เมื่อ $\frac{B}{A} \geq 0.0$ และ $\frac{D}{C} \geq 0.0$ จะได้

$$|A|X + |B| + |C|X + |D| = E$$

เพราะฉะนั้น $$X = \frac{E - |B| - |D|}{|A| + |C|}$$

1.2) เมื่อ $\frac{B}{A} \geq 0.0$ และ $\frac{D}{C} < 0.0$ จะได้

โดยที่ $X < \frac{|D|}{|C|}$ จะได้ $|A|X + |B| - |C|X + |D| = E$

เพราะฉะนั้น $$X = \frac{E - |B| - |D|}{|A| - |C|}$$

1.3) เมื่อ $\frac{B}{A} < 0.0$ และ $\frac{D}{C} \geq 0.0$ จะได้

โดยที่ $X < \frac{|B|}{|A|}$ จะได้ $-|A|X + |B| + |C|X + |D| = E$

เพราะฉะนั้น $$X = \frac{E - |B| - |D|}{-|A| + |C|}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4) เมื่อ $\frac{B}{A} < 0.0$ และ $\frac{D}{C} < 0.0$ จะได้

โดยที่ $X < \frac{|B|}{|A|}$ และ $X < \frac{|D|}{|C|}$ จะได้

$$-|A|X + |B| - |C|X + |D| = E$$

เพราะฉะนั้น $$X = \frac{E - |B| - |D|}{-|A| - |C|}$$

สรุปในรูปแบบทั่ว ๆ ไปได้ดังนี้ $$X = \frac{E - |B| - |D|}{K_1 + K_2}$$

เมื่อ $\frac{B}{A} \geq 0.0 \Longrightarrow K_1 = |A|$

$\frac{C}{D} \geq 0.0 \Longrightarrow K_2 = |C|$

$\frac{B}{A} < 0.0 \Longrightarrow K_1 = -|A|$

$\frac{C}{D} < 0.0 \Longrightarrow K_2 = -|C|$

2) สมการที่ 2.25 ซึ่งมีรูปแบบของสมการ คือ

$$|AX + B| = E$$

2.1) ค่าของ $\frac{B}{A} \geq 0.0$ จะได้

$$|A|X + |B| = E$$

เพราะฉะนั้น $$X = \frac{E - |B|}{|A|}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2) ค่าของ $\frac{B}{A} < 0.0$ จะได้

$$-|A|X + |B| = E$$

เพราะฉะนั้น $$X = \frac{E - |B|}{-|A|}$$

สรุปในรูปแบบทั่ว ๆ ไป ได้ดังนี้

$$X = \frac{E - |B|}{K_1}$$

เมื่อ $\frac{B}{A} \geq 0.0$ แล้ว $K_1 = |A|$

เมื่อ $\frac{B}{A} < 0.0$ แล้ว $K_1 = -|A|$

3) สมการที่ 2.26 ซึ่งมีรูปแบบของสมการคือ

$$E_1|AX+B| + \frac{E_2E_3|CX+D|}{E_3 - |AX+B|} = E$$

จัดรูปสมการใหม่ตามลำดับ จะได้ว่า

$$E_1E_3|AX+B| - E_1(AX+B)^2 + E_2E_3|CX+D| = EE_3 - E|AX+B|$$

$$E_1(AX+B)^2 - (E+E_1E_3)|AX+B| - E_2E_3|CX+D| + EE_3 = 0$$

และ $$E_1(A^2X^2+2ABX+B^2) - (E+E_1E_3)(K_1X+|B|) - E_2E_3(K_2X+|D|) + EE_3 = 0$$

3.1) เมื่อ $\frac{B}{A} \geq 0.0$ ====> $K_1 = |A|$

3.2) เมื่อ $\frac{C}{D} \geq 0.0$ ====> $K_2 = |C|$

3.3) เมื่อ $\frac{B}{A} < 0.0$ และ $X < \frac{|B|}{|A|}$ ====> $K_1 = -|A|$

3.4) เมื่อ $\frac{C}{D} < 0.0$ และ $X < \frac{|C|}{|D|}$ ====> $K_2 = -|C|$

จัดให้อยู่ในรูปแบบทั่ว ๆ ไป ได้ดังนี้ $aX^2 + bX + c = 0$

เมื่อ $a = E_1A^2$

$b = E_1(2AB) - (E+E_1E_3)K_1 - E_2E_3K_2$

$c = E_1B^2 - (E+E_1E_3)|B| - E_2E_3|D| + EE_3$

จะได้ $X1 = -b + (b^2 - 4ac)^{1/2}$

$X2 = -b - (b^2 - 4ac)^{1/2}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

พิมพ์ผลลัพธ์จากโปรแกรมของตัวอย่างที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของแรงรูปแบบที่ 1

(แรงแบบเป็นจุดเทียบเท่าแบ่งชิ้นส่วนออกเป็นสองส่วน)

OUTPUT PLASTIC LOAD FACTOR DATA

HINGE_NO	LOAD_FACTOR_COM	ELEMENT_NO	HINGE_DIST [m.]	DELTA_COM {HORIZONTAL}
1	1.206	5	0.000	1.167e-02
2	1.231	1	0.000	3.720e-02

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
1	-3.517e+01	-1.582e+01	1.800e+00
2	-2.723e+01	-1.765e+00	2.358e+00
3	-1.938e+01	-5.998e-01	1.707e+00
4	-1.030e+01	2.623e+00	-2.972e+00
5	-5.414e+01	-1.142e+01	4.988e+00
6	-3.976e+01	-1.110e+01	1.030e+01
7	-2.528e+01	-6.924e+00	7.784e+00
8	-1.203e+01	-5.876e+00	8.227e+00
9	6.554e-01	3.564e+00	-1.609e+01
10	-8.782e-01	2.958e+00	-1.722e+01
11	-7.936e-02	-9.159e-01	-1.366e+01
12	-1.851e+00	-2.972e+00	-8.227e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของแรงรูปแบบที่ 2

(แรงแบบเป็นจุดเทียบเท่าแบ่งชิ้นส่วนออกเป็นสามส่วน)

OUTPUT PLASTIC LOAD FACTOR DATA

HINGE_NO	LOAD_FACTOR_COM	ELEMENT_NO	HINGE_DIST [m.]	DELTA_COM {HORIZONTAL}
1	1.193	5	0.000	1.154e-02
2	1.219	1	0.000	3.855e-02

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
1	-3.491e+01	-1.589e+01	1.125e+00
2	-2.698e+01	-9.947e-01	1.608e+00
3	-1.919e+01	1.413e-03	1.124e+00
4	-1.020e+01	3.377e+00	-3.974e+00
5	-5.356e+01	-1.154e+01	5.148e+00
6	-3.937e+01	-1.180e+01	1.088e+01
7	-2.504e+01	-7.459e+00	8.272e+00
8	-1.191e+01	-6.599e+00	9.179e+00
9	7.855e-01	2.120e+00	-1.694e+01
10	-9.117e-01	1.606e+00	-1.834e+01
11	6.264e-03	-2.253e+00	-1.487e+01
12	-2.071e+00	-3.974e+00	-9.179e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของแรงรูปแบบที่ 3

(แรงแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ)

OUTPUT PLASTIC LOAD FACTOR DATA

HINGE_NO	LOAD_FACTOR_COM	ELEMENT_NO	HINGE_DIST [m.]	DELTA_COM {HORIZONTAL}
1	1.182	5	0.000	1.143e-02
2	1.209	1	0.000	3.959e-02

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
1	-3.475e+01	-1.593e+01	5.920e-01
2	-2.681e+01	-3.859e-01	1.014e+00
3	-1.907e+01	4.763e-01	6.628e-01
4	-1.014e+01	3.971e+00	-4.764e+00
5	-5.312e+01	-1.164e+01	5.272e+00
6	-3.909e+01	-1.234e+01	1.133e+01
7	-2.487e+01	-7.877e+00	8.653e+00
8	-1.183e+01	-7.167e+00	9.926e+00
9	8.877e-01	9.779e-01	-1.761e+01
10	-9.376e-01	5.380e-01	-1.921e+01
11	7.389e-02	-3.308e+00	-1.582e+01
12	-2.243e+00	-4.764e+00	-9.926e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

พิมพ์ผลลัพธ์จากโปรแกรมของตัวอย่างที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของแรงรูปแบบที่ 1

(แรงแบบเป็นจุดเทียบเท่าแบ่งชิ้นส่วนออกเป็นสองส่วน)

OUTPUT PLASTIC LOAD FACTOR DATA

HINGE_NO	LOAD_FACTOR_COM	ELEMENT_NO	HINGE_DIST [m.]	DELTA_COM {HORIZONTAL}
1	1.036	20	6.096	3.351e-03
2	1.056	19	6.096	3.432e-03
3	1.076	21	6.096	3.529e-03
4	1.267	22	6.096	4.672e-03
5	1.298	26	3.048	4.894e-03
6	1.300	10	3.658	4.914e-03
7	1.340	27	3.048	5.235e-03
8	1.340	28	3.048	5.243e-03
9	1.348	11	3.658	5.345e-03
10	1.426	29	3.048	7.546e-03
11	1.429	25	3.048	7.654e-03
12	1.448	8	0.000	8.208e-03
13	1.467	8	3.658	8.702e-03
14	1.477	14	0.000	2.171e-02
15	1.484	4	3.658	7.550e-03
16	1.488	13	0.000	4.224e-01

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
1	-8.722e+01	-9.308e+00	-6.165e+00
2	-7.267e+01	-5.384e+00	-7.882e+00
3	-5.676e+01	1.092e+00	-4.162e+00
4	-4.171e+01	-3.281e-01	-8.527e+00
5	-2.523e+01	3.956e+00	-3.565e+00
6	-8.572e+00	5.555e+00	-5.587e+00
7	-1.208e+02	-1.882e+01	6.964e+00
8	-9.924e+01	-1.347e+01	9.507e+00
9	-7.904e+01	-1.299e+01	1.005e+01
10	-5.649e+01	-9.777e+00	8.784e+00
11	-3.392e+01	-7.806e+00	4.863e+00
12	-1.048e+01	-3.961e+00	4.603e+00
13	-6.753e+01	-7.657e+00	3.526e+00
14	-5.349e+01	-7.293e+00	5.055e+00
15	-3.943e+01	-3.755e+00	3.984e+00
16	-2.684e+01	-2.981e+00	4.864e+00
17	-1.571e+01	-9.133e-01	4.873e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
18	-5.657e+00	-9.038e-01	5.322e+00
19	-4.041e-01	-7.810e-01	-1.397e+01
20	-1.198e+00	-8.985e+00	-1.397e+01
21	-1.147e+00	-3.834e+00	-1.397e+01
22	-2.157e+00	-1.248e+01	-1.397e+01
23	-1.003e+00	-9.120e+00	-9.480e+00
24	-4.043e+00	-5.587e+00	-4.293e+00
25	3.251e-01	6.459e+00	-1.082e+01
26	-1.244e+00	8.526e+00	-8.810e+00
27	4.894e-02	5.873e+00	-6.965e+00
28	-5.505e-01	2.680e+00	-5.777e+00
29	1.262e-01	-6.566e-01	-5.777e+00
30	-1.702e+00	3.109e-01	-5.322e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของแรงรูปแบบที่ 2

(แรงแบบเป็นจุดเทียบเท่าแบ่งชิ้นส่วนออกเป็นสามส่วน)

OUTPUT PLASTIC LOAD FACTOR DATA

HINGE_NO	LOAD_FACTOR_COM	ELEMENT_NO	HINGE_DIST [m.]	DELTA_COM {HORIZONTAL}
1	0.926	20	6.096	3.021e-03
2	0.943	19	6.096	3.093e-03
3	0.959	21	6.096	3.170e-03
4	1.115	22	6.096	4.155e-03
5	1.211	26	3.048	4.907e-03
6	1.211	11	3.658	4.914e-03
7	1.239	27	3.048	5.172e-03
8	1.245	28	3.048	5.239e-03
9	1.324	29	3.048	6.524e-03
10	1.385	10	3.658	7.881e-03
11	1.390	25	3.048	8.051e-03
12	1.453	6	0.000	9.976e-03
13	1.459	14	0.000	1.018e-02
14	1.461	8	0.000	1.044e-02
15	1.471	1	0.000	3.605e-02

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
1	-8.629e+01	-1.269e+01	-7.660e+00
2	-7.198e+01	-7.200e+00	-8.189e+00
3	-5.629e+01	6.303e-01	-3.386e+00
4	-4.137e+01	8.046e-01	-6.686e+00
5	-2.532e+01	4.378e+00	-2.912e+00
6	-8.507e+00	6.885e+00	-6.417e+00
7	-1.199e+02	-1.867e+01	6.435e+00
8	-9.845e+01	-1.357e+01	7.784e+00
9	-7.777e+01	-1.249e+01	9.162e+00
10	-5.506e+01	-9.121e+00	8.932e+00
11	-3.230e+01	-6.947e+00	5.005e+00
12	-1.036e+01	-5.096e+00	6.406e+00
13	-6.650e+01	-6.061e+00	3.446e+00
14	-5.271e+01	-7.374e+00	4.705e+00
15	-3.949e+01	-4.105e+00	3.486e+00
16	-2.753e+01	-3.479e+00	3.981e+00
17	-1.674e+01	-1.797e+00	4.354e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
18	-5.923e+00	-1.423e+00	3.981e+00
19	-2.714e-01	-4.599e-01	-1.397e+01
20	-1.089e+00	-8.813e+00	-1.397e+01
21	-9.696e-01	-4.191e+00	-1.397e+01
22	-1.990e+00	-1.105e+01	-1.397e+01
23	-3.269e-01	-9.797e+00	-8.096e+00
24	-4.621e+00	-6.417e+00	-4.929e+00
25	7.117e-01	6.028e+00	-1.082e+01
26	-1.201e+00	6.306e+00	-8.810e+00
27	-1.282e-02	4.311e+00	-6.965e+00
28	-3.351e-01	1.906e+00	-5.777e+00
29	-1.894e-01	2.005e+00	-5.777e+00
30	-1.477e+00	1.476e+00	-3.981e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของแรงรูปแบบที่ 3

(แรงแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ)

OUTPUT PLASTIC LOAD FACTOR DATA

HINGE_NO	LOAD_FACTOR_COM	ELEMENT_NO	HINGE_DIST [m.]	DELTA_COM {HORIZONTAL}
1	0.851	20	6.096	2.802e-03
2	0.863	19	6.096	2.856e-03
3	0.880	21	6.096	2.940e-03
4	1.014	22	6.096	3.830e-03
5	1.139	11	3.658	4.870e-03
6	1.145	26	3.048	4.916e-03
7	1.155	28	3.048	5.022e-03
8	1.158	27	3.048	5.058e-03
9	1.246	29	3.048	6.570e-03
10	1.337	25	3.048	8.716e-03
11	1.350	6	0.000	9.041e-03
12	1.372	6	3.658	9.575e-03
13	1.403	12	3.658	1.032e-02
14	1.407	14	0.000	1.073e-02
15	1.407	24	6.096	1.079e-02

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
1	-8.221e+01	-1.063e+01	-5.536e+00
2	-6.775e+01	-1.846e-01	-1.160e+00
3	-5.357e+01	2.546e+00	-1.455e+00
4	-3.909e+01	4.043e+00	-3.519e+00
5	-2.446e+01	2.879e+00	-4.541e+00
6	-7.838e+00	6.885e+00	-6.410e+00
7	-1.165e+02	-1.695e+01	6.510e+00
8	-9.629e+01	-1.198e+01	7.909e+00
9	-7.545e+01	-1.141e+01	8.918e+00
10	-5.358e+01	-8.212e+00	8.816e+00
11	-3.077e+01	-6.287e+00	5.140e+00
12	-1.049e+01	-4.287e+00	6.885e+00
13	-6.315e+01	-6.208e+00	3.182e+00
14	-5.018e+01	-7.636e+00	4.492e+00
15	-3.760e+01	-4.318e+00	3.499e+00
16	-2.635e+01	-3.466e+00	4.313e+00
17	-1.615e+01	-1.464e+00	4.876e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OUTPUT COMULATIVE FORCE

ELEMENT_NO	AXIAL_COM <t.>	LEFT_MO_COM <t.-m.>	RIGHT_MO_COM <t.-m.>
18	-5.473e+00	-9.017e-01	4.669e+00
19	-1.734e-01	-5.351e+00	-1.397e+01
20	-1.003e+00	-3.706e+00	-1.397e+01
21	-8.595e-01	-5.498e+00	-1.397e+01
22	-1.885e+00	-6.398e+00	-1.397e+01
23	-2.798e-01	-1.143e+01	-6.848e+00
24	-4.577e+00	-6.403e+00	-6.965e+00
25	7.555e-01	4.517e+00	-1.082e+01
26	-1.152e+00	5.347e+00	-8.810e+00
27	1.484e-02	3.156e+00	-6.965e+00
28	-3.683e-01	1.130e+00	-5.777e+00
29	-1.941e-01	2.579e+00	-5.777e+00
30	-1.523e+00	-8.000e-02	-4.669e+00

Press Any Key to Continue

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

ตัวคูณแปลงหน่วยจากระบบอังกฤษเป็นระบบเอสไอ

(Conversion From English To SI Units)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความยาว	1 Ft = 0.3048 m = 304.8 mm 1 in. = 25.40 mm
พื้นที่	1 ft^2 = 0.092903 m^2 = 92903 mm^2 1 $in.^2$ = 645.16 mm^2
ปริมาตร	1 ft^3 = 0.028316 m^3 = 28316000 mm^3 1 $in.^3$ = 16387 mm^3
โมเมนต์ความเฉื่อย	1 ft^4 = 0.008631 m^4 = 8631000000 mm^4 1 $in.^4$ = 416231 mm^4
มวล	1 lb = 0.45359 kg
น้ำหนัก	1 k = 4.44822 kN 1 lb = 4.44822 N
แรง	1 k = 4.44822 kN 1 lb = 4.44822 N
แรง/ความยาว	1 klf = 14.594 kN/m 1 plf = 14.594 N/m
แรง/พื้นที่	1 psf = 47.880 Pa 1 psi = 6.89476 kPa

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โมเมนต์	1 k-ft = 1.35582 kN.m 1 lb-ft = 1.35582 N.m 1 k-in. = 112.985 N.m 1 lb-in. = 0.112985 N.m
โมเมนต์/ความกว้าง	1 k-ft/ft = 4.48822 kN.m/m 1 lb-ft/ft = 4.44822 N.m/m
ความดัด	1 psf = 47.880 Pa 1 ksi = 6.89476 MPa 1 psi = 6.89476 kPa

หมายเหตุ

1 kg = 9.80665 N

1 t = 1000 kg

g = 9.80655 m/s^2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายประมวล หาดขุนทด เกิดวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2507 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2527 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2530

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย