

รายการอ้างอิง

1. Wang, C.K., "General Computer Program for Limit Analysis," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 89, No. ST6, Proc. Paper 3719, Dec., 1963, pp. 101-117.
2. Harrison, H.B., Computer Methods in Structural Analysis, Prentice-Hall, New Jersey, 1965.
3. Korn, A., and Galambos, T.V., "Behavior of Elastic-Plastic Frames", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 94, No. ST5, May, 1968, pp. 1119-1142.
4. Kassimali, A., "Large Deformation Analysis of Elastic-Plastic Frames," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 109, No. 8, August, 1983, pp. 1869-1886.
5. 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, January, 1989, pp. 47-59.
6. ศิริวุฒ ศศิบุตร, "การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอีลาสติก-พลาสติก สำหรับโครงเหล็กข้อแฉ่ง, " วิทยานพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
7. ประมวล หาดขุนทด, "การวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแฉ่งด้วยวิธี อีลาสติก-พลาสติก สำหรับน้ำหนักบรรทุกเป็นจุด และ แบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ, " วิทยานพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
8. วิริยะ สารพา , "การวิเคราะห์ และการออกแบบ โครงเหล็กข้อแฉ่งด้วยวิธี อีลาสติก-พลาสติก, " วิทยานพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

9. Meek, J.L., Matrix Structural Analysis, McGraw-Hill, 1971.
10. Gaylord, E.H., and Gaylord, C.N., Design of Steel Structures 2nd Edition, 1972.
11. American Institute of Steel construction, "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building," Part II, AISC, New York, 1978.
12. Ghali, A., and Neville, A.M., Structural Analysis - a Unified Classical and Matrix Approach. 2nd ed., Chapman & Hall, London, 1978.
13. Salmon, C.G., and Johnson, J.E., Steel Structural Design & Behavior, Harper and Row Co.Ltd., New York, 2nd ed., 1980.
14. Rutenberg, A., "A Direct P-Delta Analysis Using Standard Plane Frame Computer Programmes," Journal of Computers & Structures, Vol.14, No.1-2, 1981, pp. 97-102.
15. Holzer, S.M., Computer Analysis of Structures, Elsevier Science, New York, 1985.
16. Gaiotti, R., and Smith, B.S., "P-Delta Analysis of Building Structures," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.115, No.4, April, 1989, pp. 755-770.
17. ทักษิณ เทพชาตรี, พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2529.
18. วิโรจน์ เตரியมเจริญพร, "การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดโดยวิธีพลาสติกสำหรับโครงเหล็กข้อแฉ่ง," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

ภาคผนวก ก.

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของชิ้นส่วนของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1

ขนาด	A (in ²)	I _x (in ⁴)	M _p (k-ft)	กลุ่มชิ้นส่วน
8 WF 40	11.75	144	160	ทุกชิ้นส่วน

ตารางที่ 3.2 ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิบัติของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1

		ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุก ที่จุดวิบัติของ โครงสร้าง	เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่าง
การวิเคราะห์อันดับแรก โดยไม่ คำนึงถึงผลกระทบของแรงในแนวแกน ร่วมกับแรงดัดและความไม่เสถียรภาพ ของ Wang (1)		2.067	+61.1
การวิเคราะห์อันดับสอง ของ Korn & Galambos (3)		1.283*	—
การวิเคราะห์อันดับแรก โดย คำนึงถึงผลกระทบของแรงในแนวแกน ร่วมกับแรงดัดและความไม่เสถียรภาพ ของ วิริยะ (8)		1.148	-10.5
งานวิจัยนี้	วิธีทำซ้ำ	1.279	-0.3
	วิธีคุณสมบัติของ ชิ้นส่วนมีค่าเป็นลบ	1.270	-0.5

* เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้การวิเคราะห์อันดับสองของ Korn & Galambos (3) เป็นเกณฑ์

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของชิ้นส่วนเสาของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2

ขนาด	A (in ²)	I _x (in ⁴)	M _p (t-ft)	ชั้น
6 WF 15.5	4.56	30.1	14.1	1
8 WF 31	9.12	110	38.6	2,3
8 WF 35	10.3	126	44.1	4
10 WF 49	14.4	273	76.6	5
12 WF 79	23.2	663	151.2	6
14 WF 87	25.6	967	191.9	7
14 WF 95	27.9	1060	211.0	8

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของชิ้นส่วนคานของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2

ขนาด	A (in ²)	Ix (in ⁴)	Mp (t-ft)	ชั้น
8 WF 17	5.01	56.6	20.2	1
8 WF 20	5.89	69.4	24.3	2
10 WF 21	6.20	107	30.6	3
12 WF 27	7.95	204	48.3	4
14 WF 30	8.83	290	60.0	5
14 WF 34	10.0	340	69.4	6,7
14 WF 38	11.2	386	78.3	8

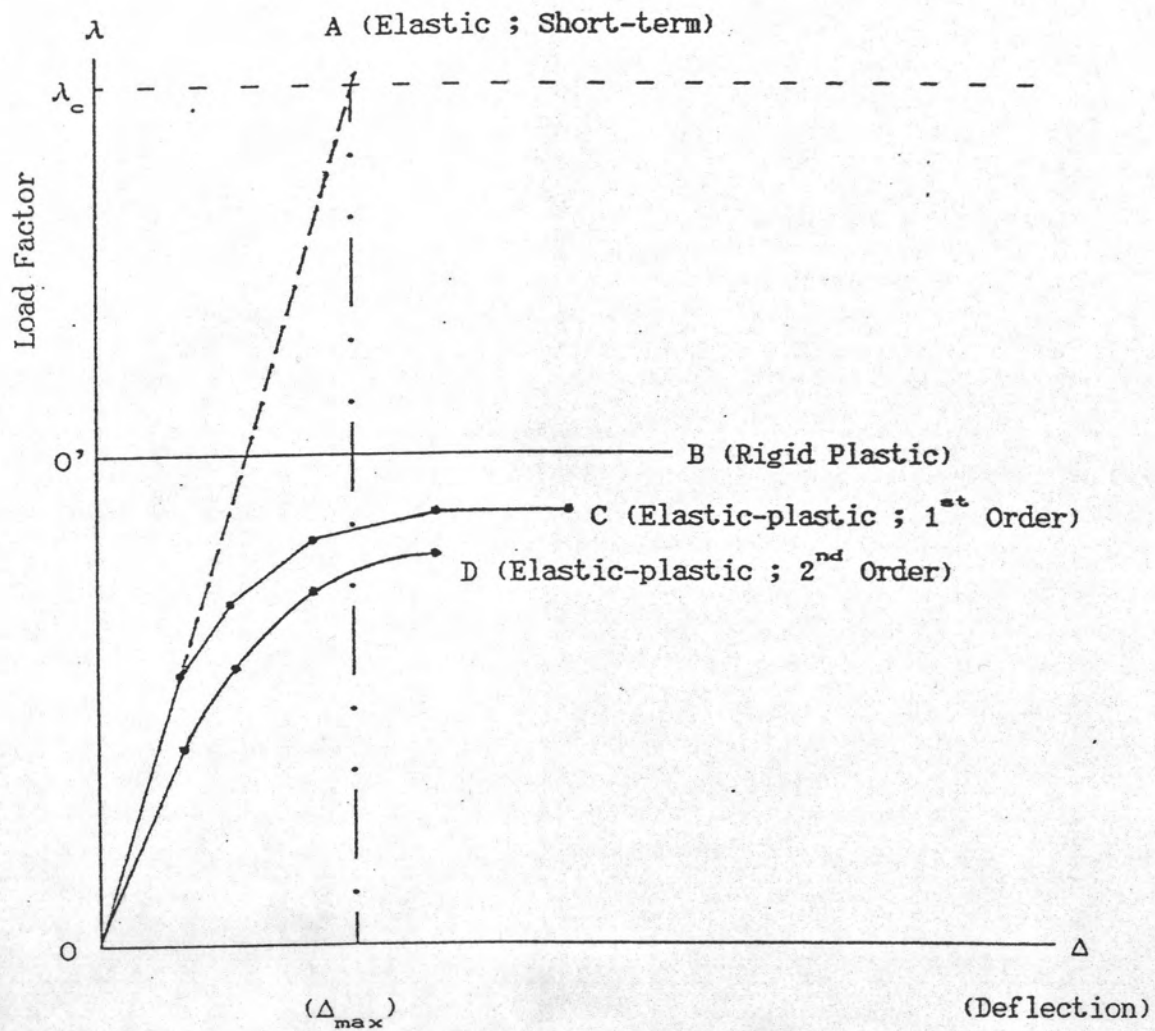
ตารางที่ 3.5 ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกที่จุดวิกฤติของ โครงสร้างในตัวอย่างที่ 2

		ค่าตัวประกอบน้ำหนักบรรทุก ที่จุดวิกฤติของ โครงสร้าง	เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่าง
การวิเคราะห์อันดับแรก โดยไม่ คำนึงถึงผลกระทบของแรงในแนวแกน ร่วมกับแรงดัดและความไม่เสถียรภาพ ของ Wang (1)		1.649	+16.9
การวิเคราะห์อันดับสอง ของ Korn & Galambos (3)		1.411*	—
การวิเคราะห์อันดับแรก โดย คำนึงถึงผลกระทบของแรงในแนวแกน ร่วมกับแรงดัดและความไม่เสถียรภาพ ของ วิริยะ (8)		1.267	-10.2
งานวิจัยนี้	วิธีทำซ้ำ	1.230	-12.8
	วิธีคุณสมบัติของ ชิ้นส่วนมีค่าเป็นลบ	1.229	-12.9

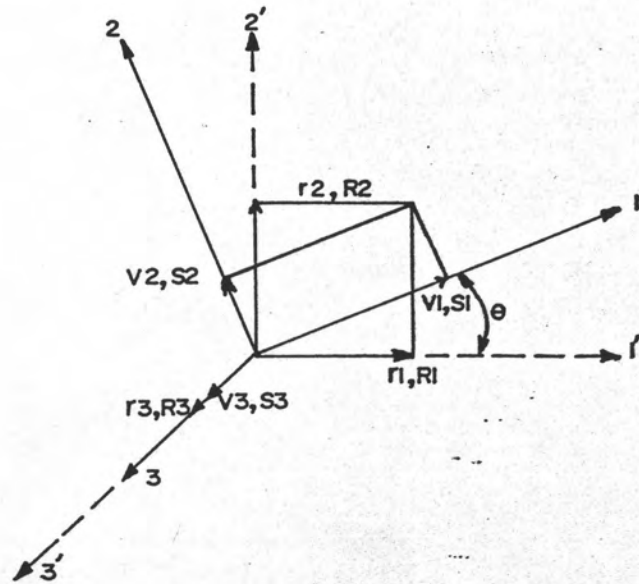
* เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้การวิเคราะห์อันดับสองของ Korn & Galambos (3) เป็นเกณฑ์

ภาคผนวก ข.

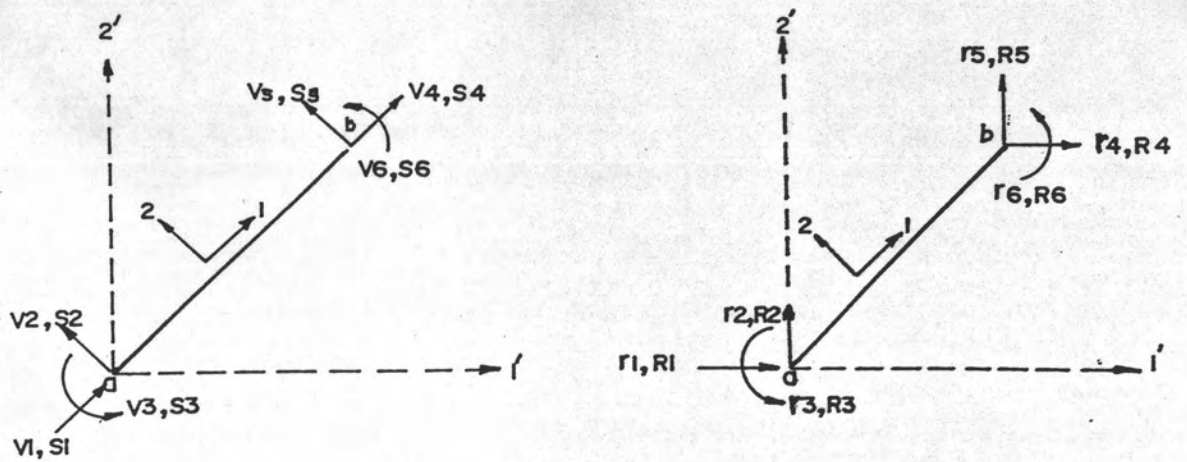
รายการรูปประกอบ



รูปที่ 1.1 กราฟสมมติฐานแบบจำลองพฤติกรรมของโครงสร้าง



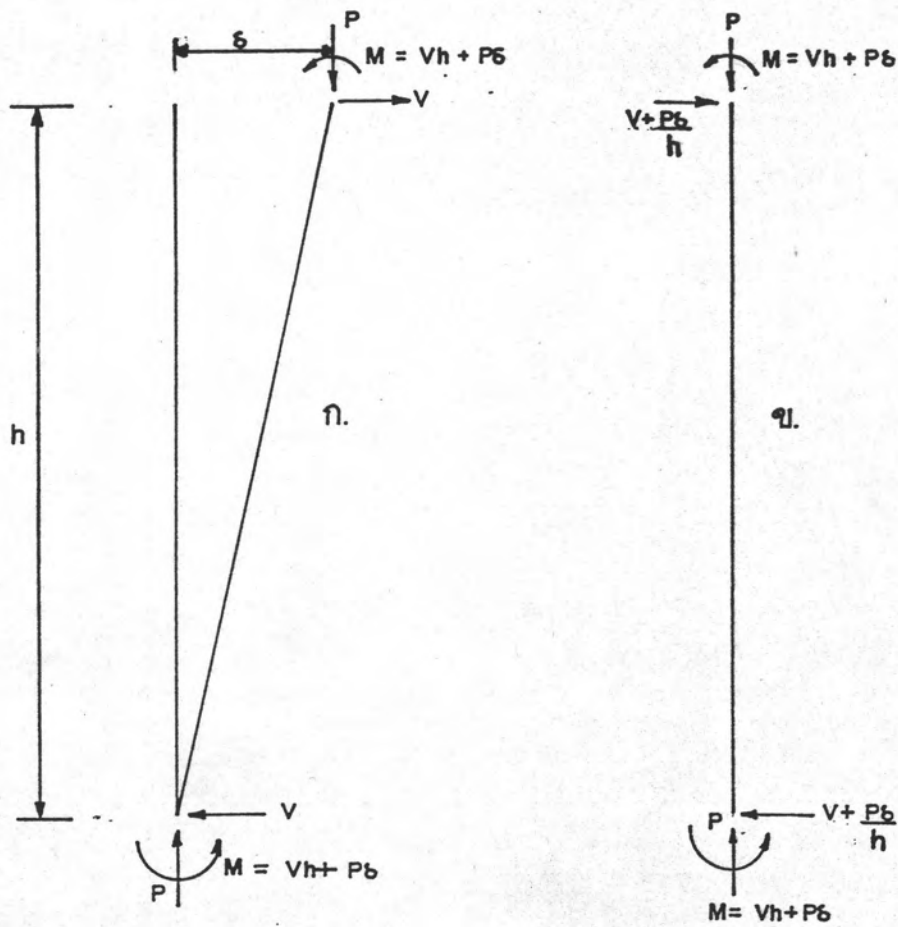
รูปที่ 2.1 ระบบพิกัดเฉพาะที่และระบบพิกัดในวงกว้าง



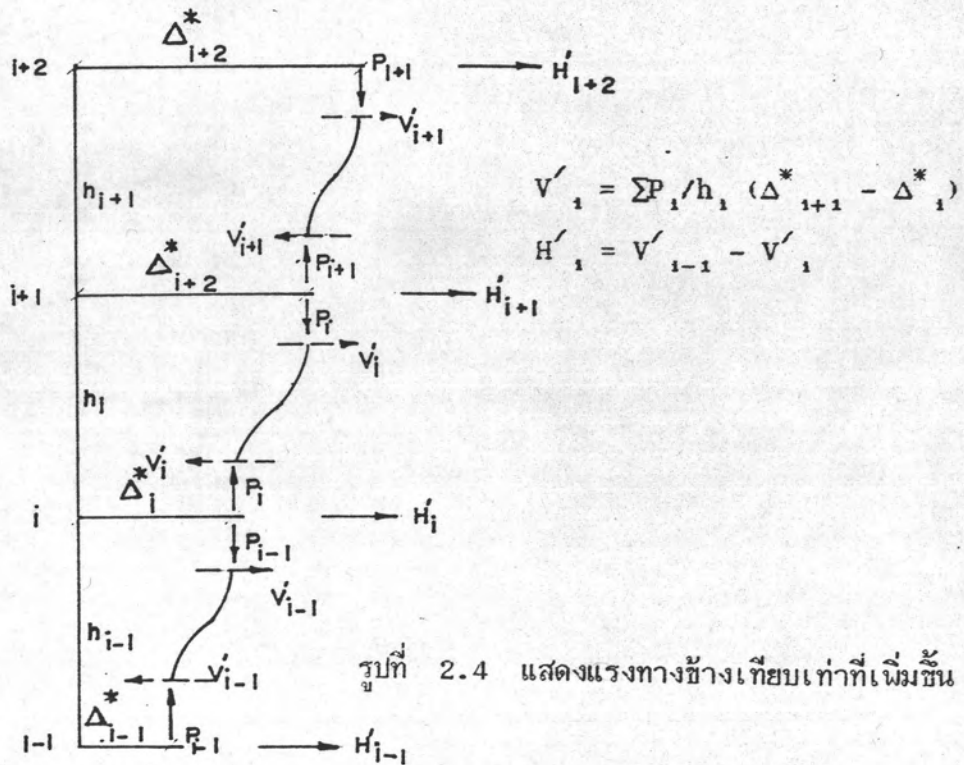
ก. ในระบบพิกัดเฉพาะที่

ข. ในระบบพิกัดในวงกว้าง

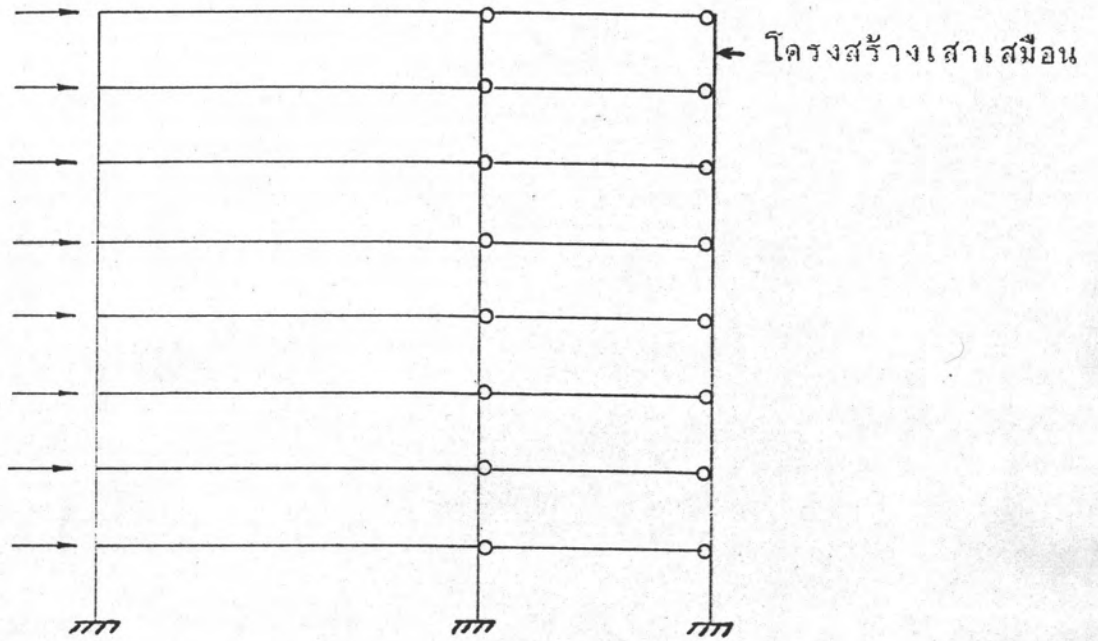
รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนตำแหน่งและแรงภายในของชิ้นส่วน โครงข้อแข็ง



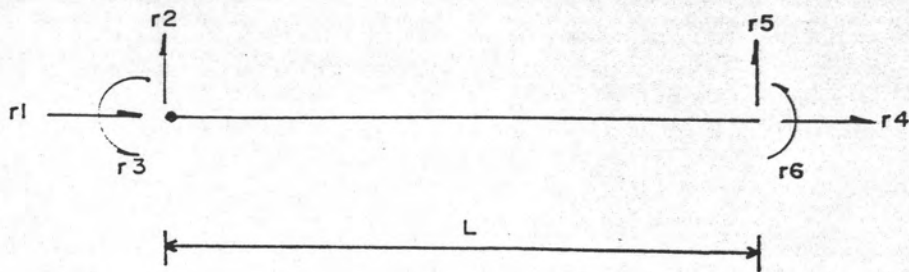
รูปที่ 2.3 แสดงการพิจารณา แรงเฉือนเทียบเท่า



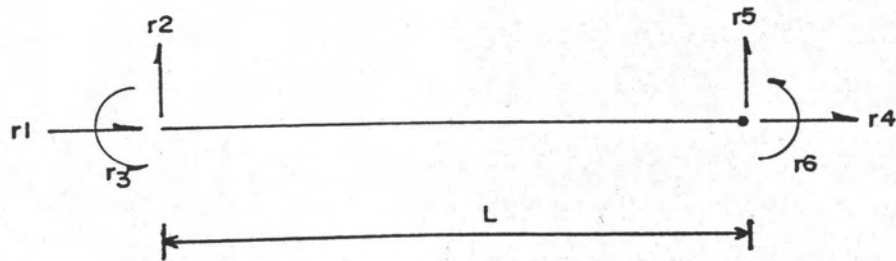
รูปที่ 2.4 แสดงแรงทางข้างเทียบเท่าที่เพิ่มขึ้น



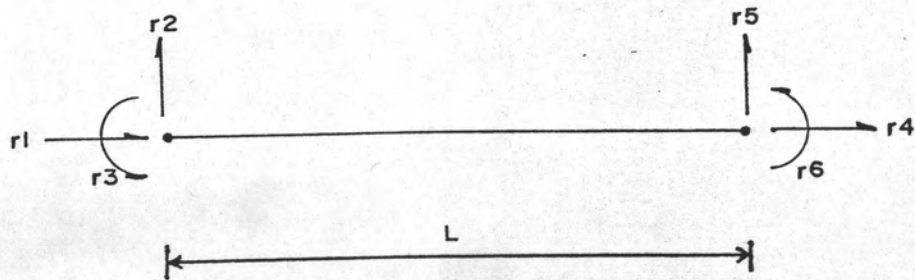
รูปที่ 2.5 แสดงแบบจำลองโครงสร้างเสาเสมือน



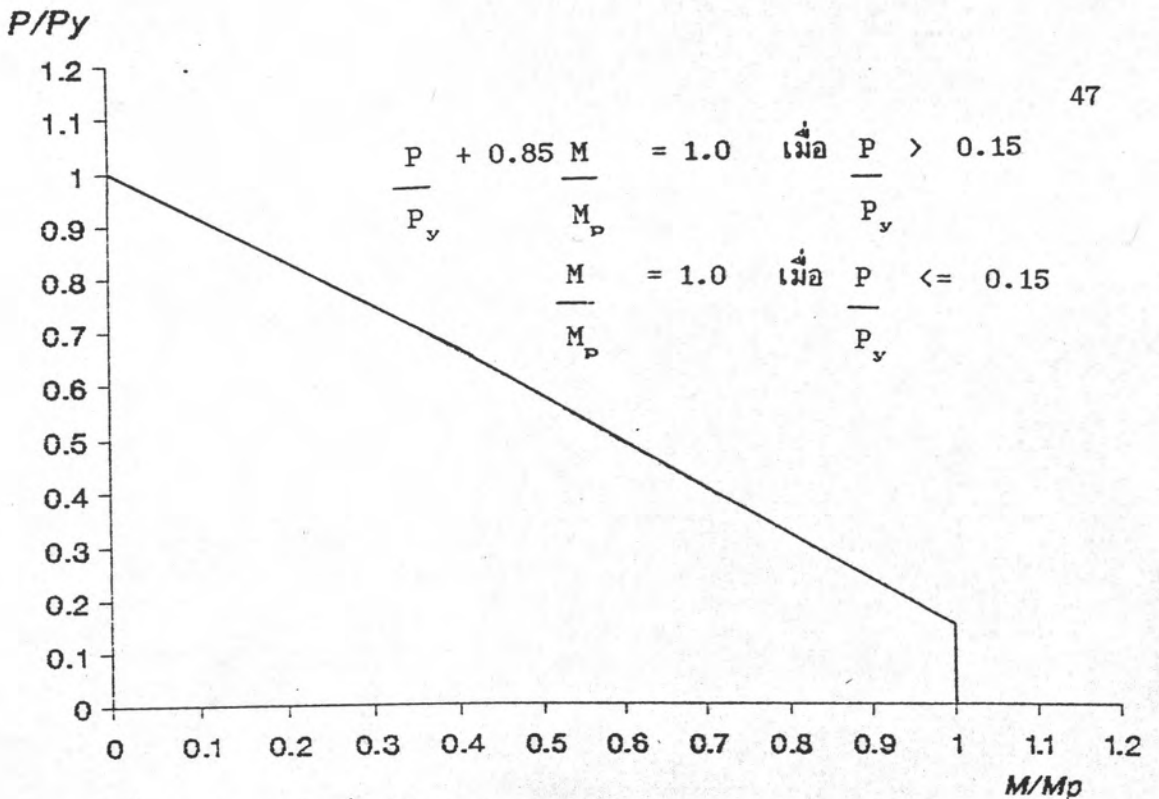
รูปที่ 2.6 ชิ้นส่วนที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ข้อต่อทางซ้ายมือ



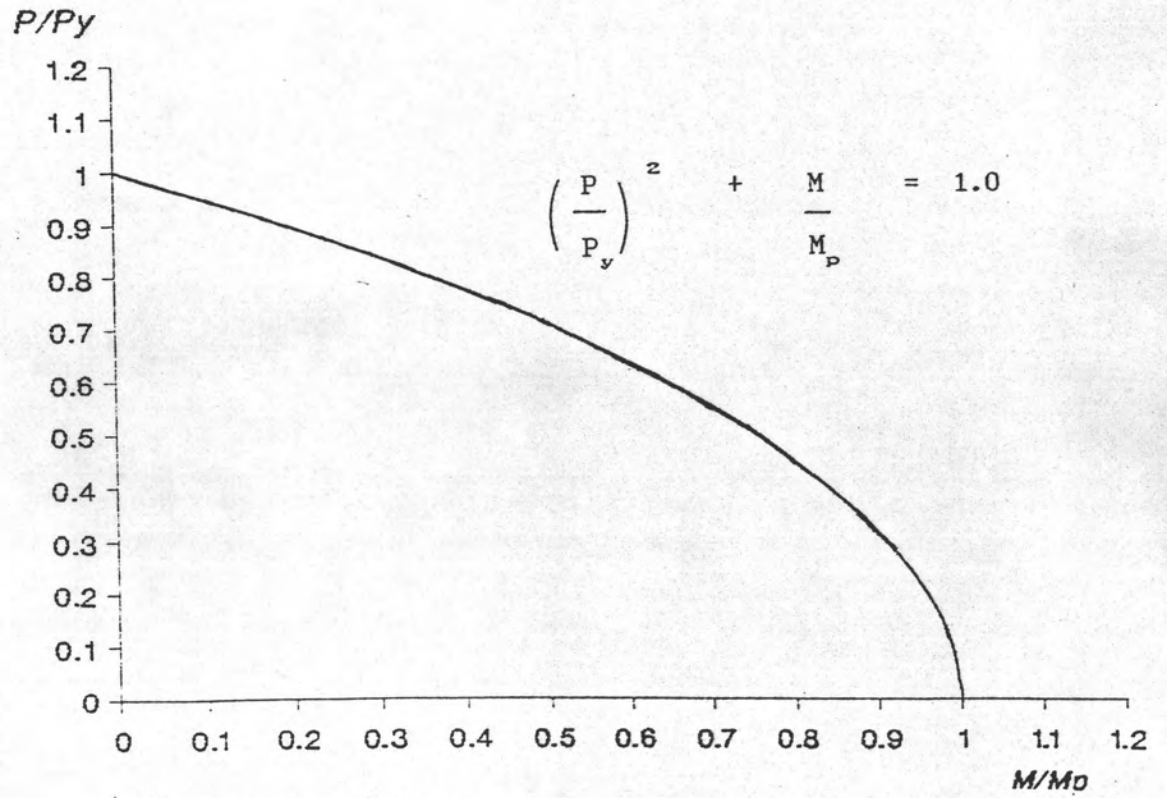
รูปที่ 2.7 ชิ้นส่วนที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ข้อต่อทางขวามือ



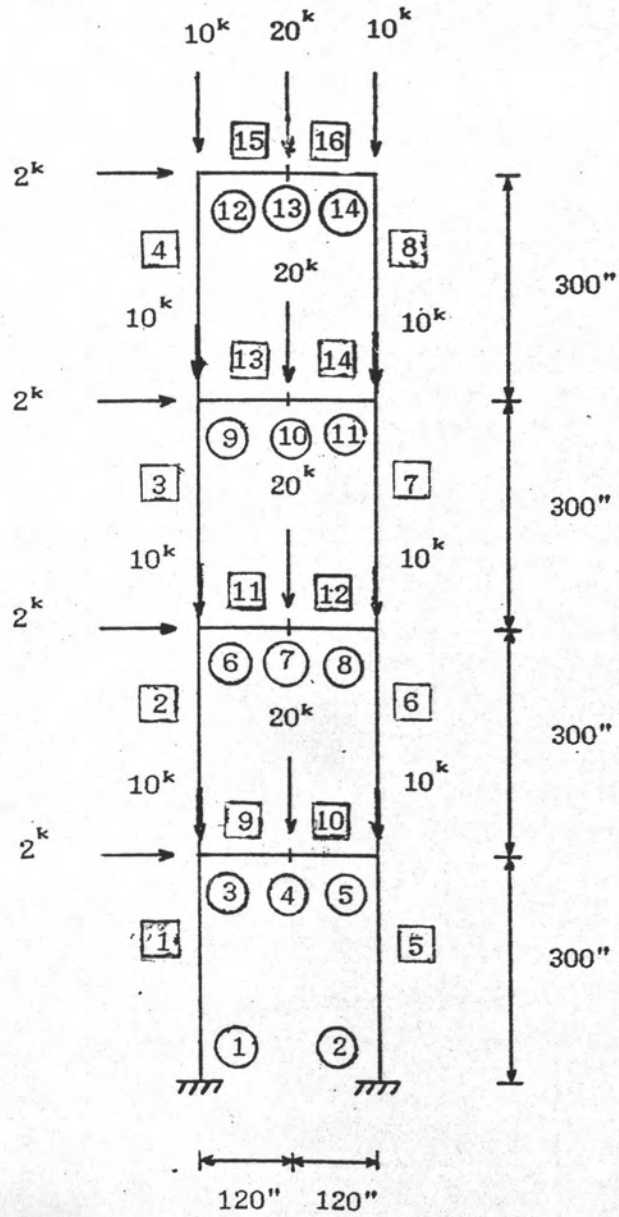
รูปที่ 2.8 ชิ้นส่วนที่มีจุดหมุนพลาสติกที่จุดข้อต่อทั้งทางซ้ายมือและทางขวามือ



รูปที่ 2.9 กราฟเงื่อนไขของการเกิดจุดหมุนพลาสติก สำหรับเหล็กหน้าตัด WF

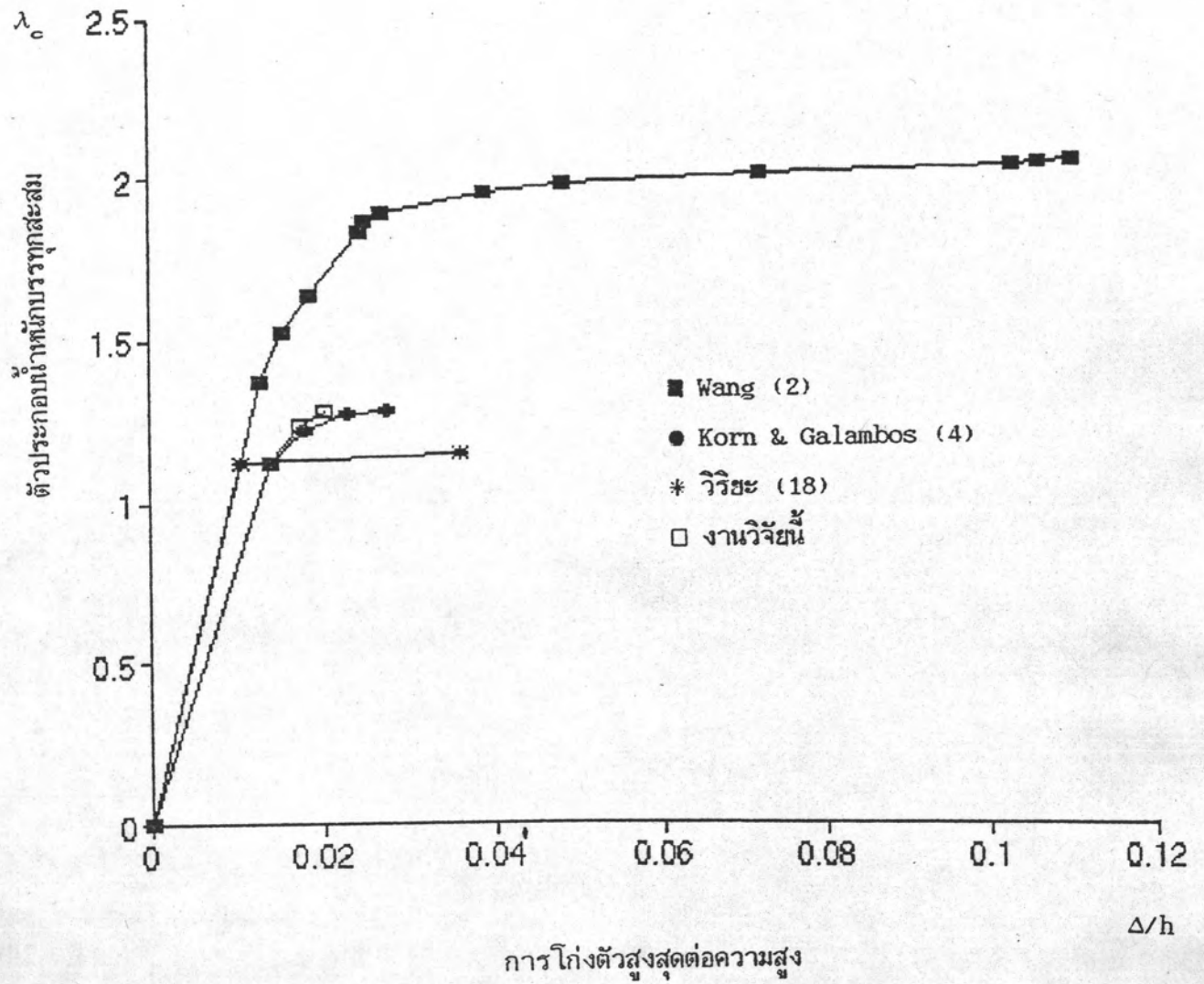


รูปที่ 2.10 กราฟเงื่อนไขของการเกิดจุดหมุนพลาสติก สำหรับเหล็กหน้าตัด สี่เหลี่ยมผืนผ้า

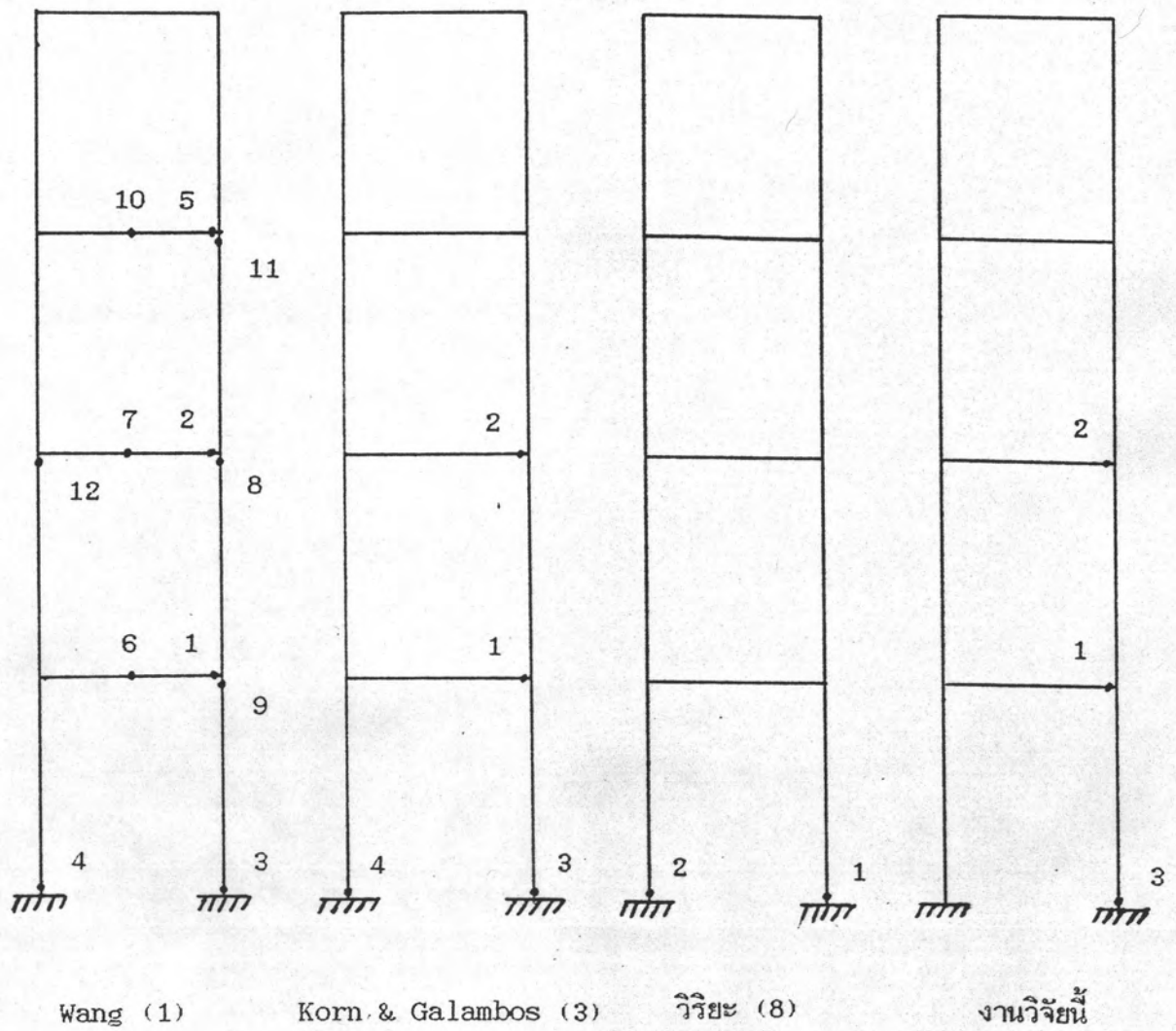


- = ข้อต่อ
- = ชิ้นส่วน

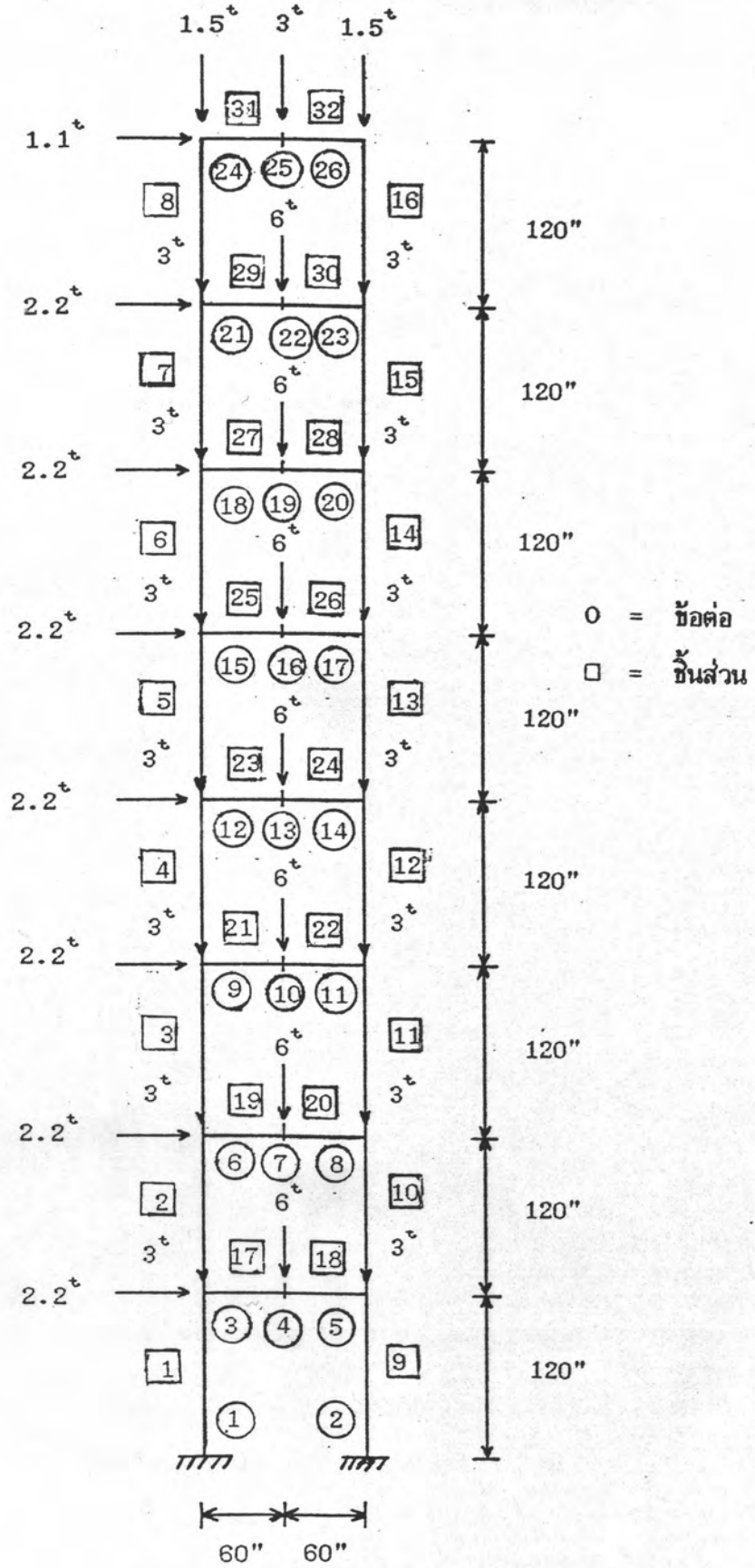
รูปที่ 3.1 ลักษณะของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1



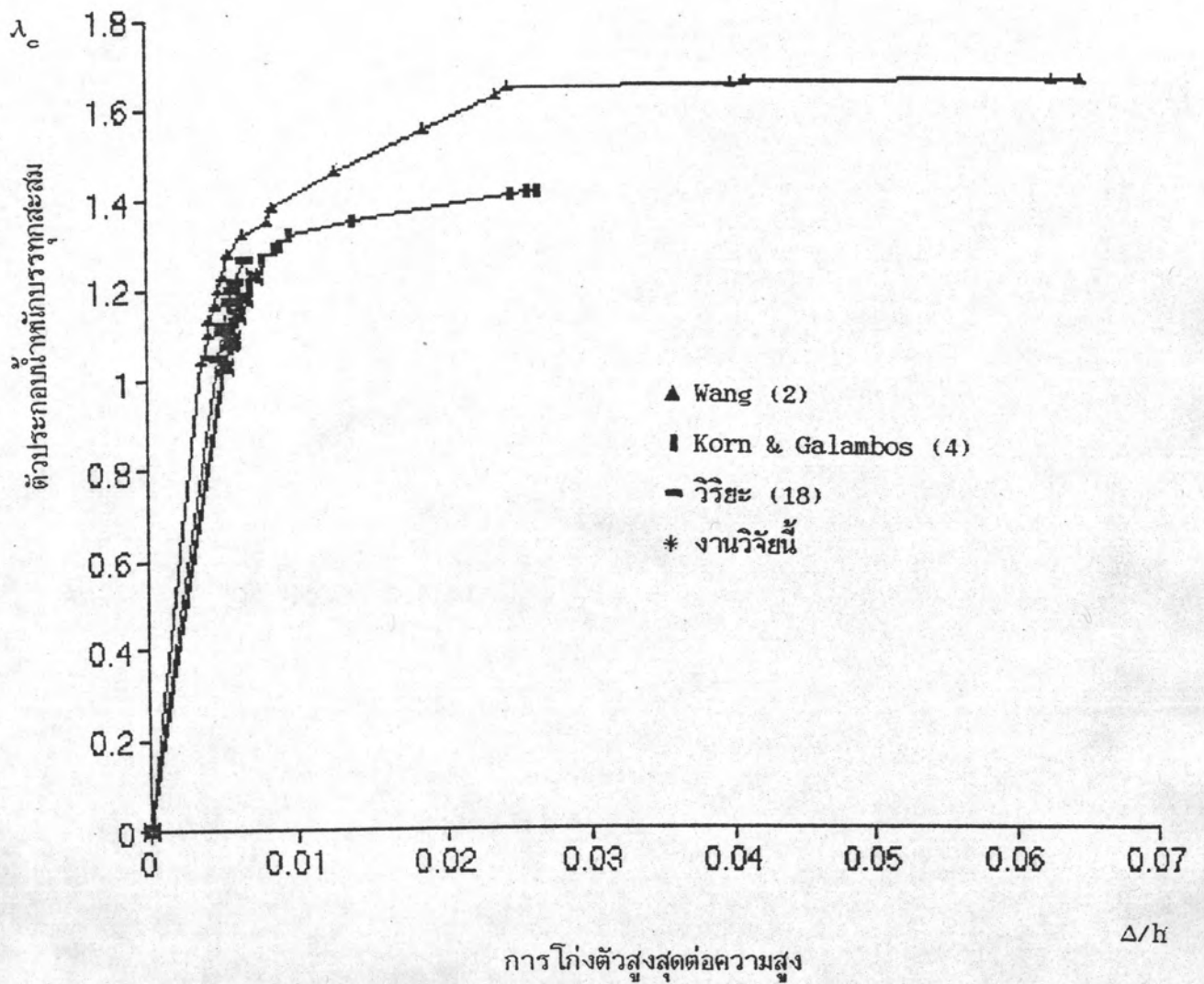
รูปที่ 3.2 กราฟการโค้งตัวสูงสุดต่อความสูงกับค่าของตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกทุกสะสมของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1



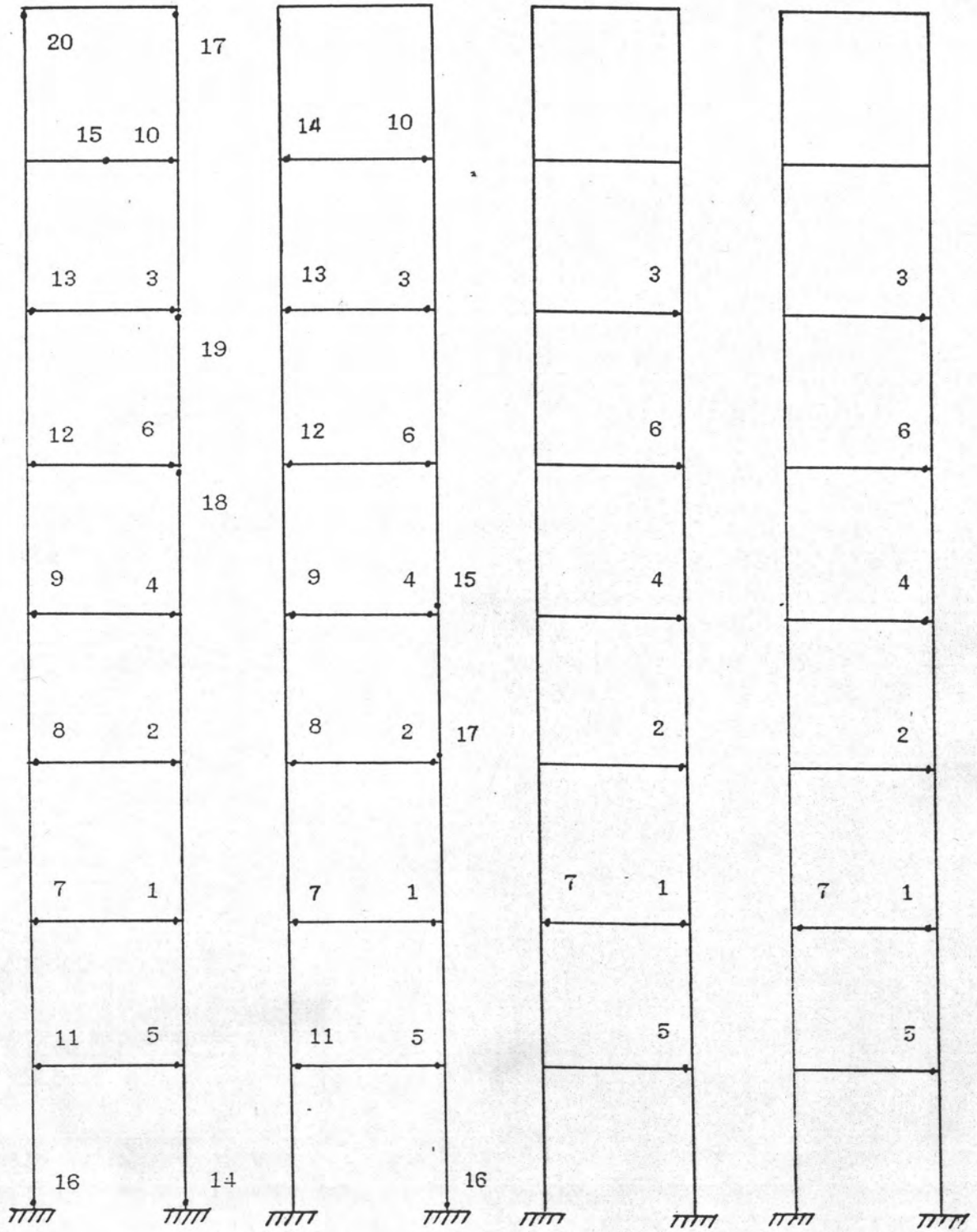
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติก ของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 3.4 ลักษณะของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 3.5 กราฟการโก่งตัวสูงสุดต่อความสูงกับค่าของตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกทุกสถานะของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2



Wang (1)

Korn & Galambos (3)

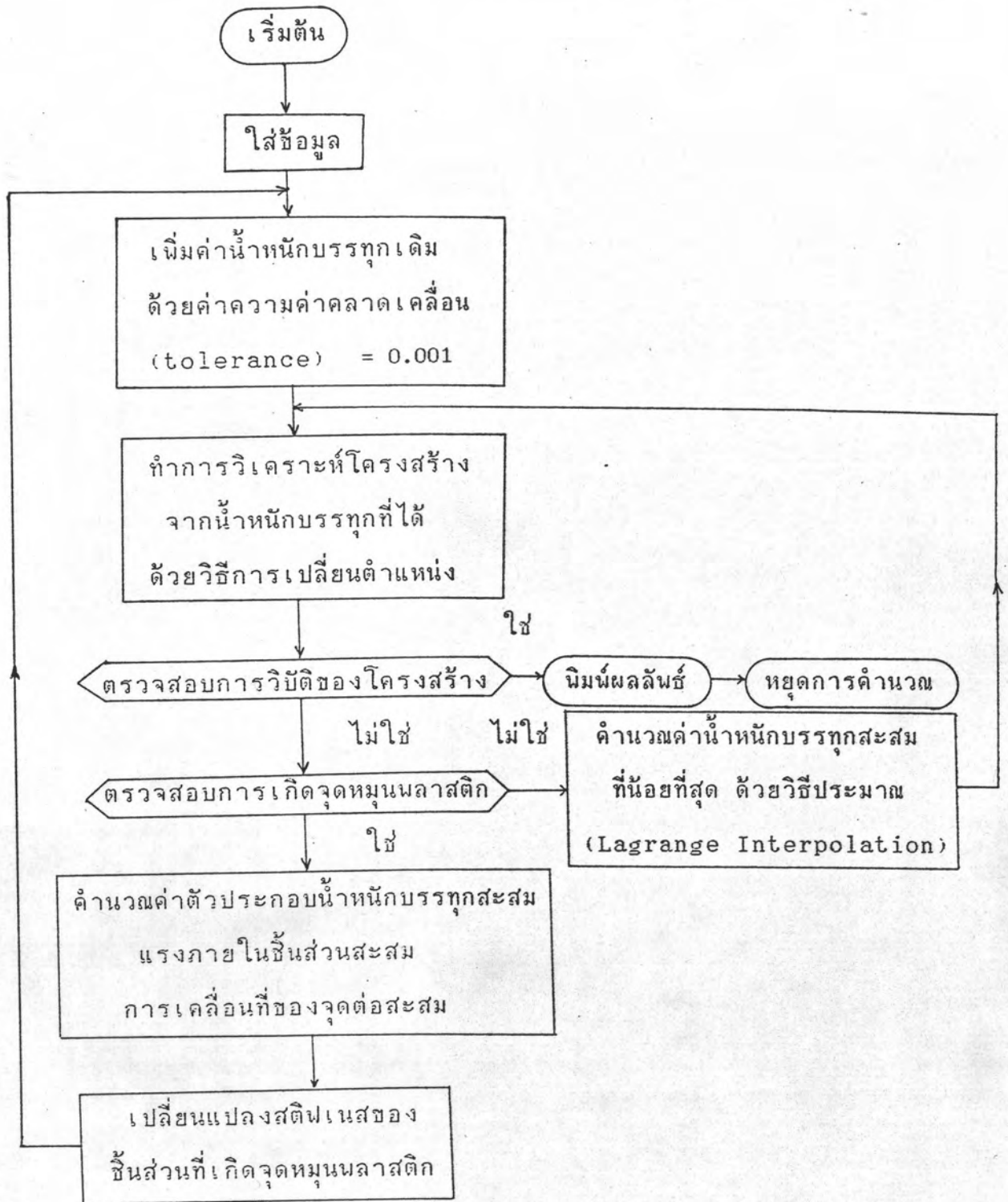
วิริยะ (8)

งานวิจัยนี้

รูปที่ 3.6 ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติก ของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2

ภาคผนวก ค.

แผนภาพขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม



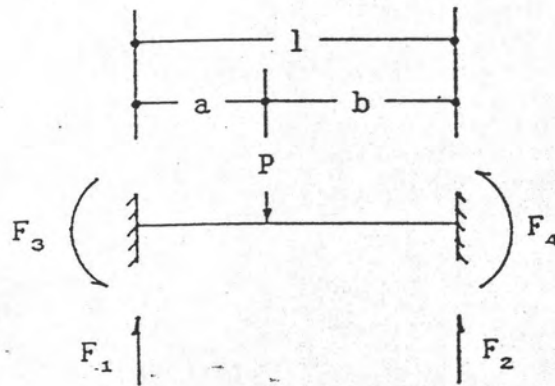
ภาคผนวก ง.

ระบบของแรงยึดแน่น

แสดงการหาค่าของแรงยึดแน่น (Fixed End Forces) เนื่องจากแรงภายนอกที่กระทำของชิ้นส่วนที่มีรูปแบบของแรงและสภาพของจุดรองรับแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

ก. แรงกระทำภายนอกแบบเป็นจุด และมีสภาพของจุดรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้งสองข้าง

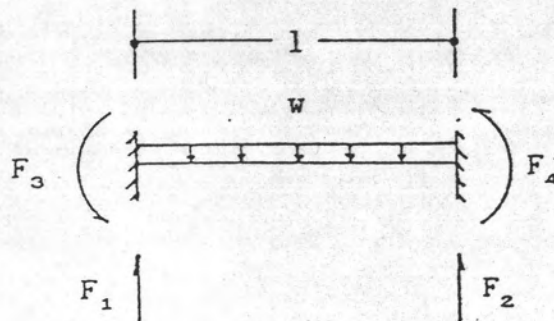
สองข้าง



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

$$\begin{aligned}
 F_1 &= Pb^2(3a + b)/l^3 \\
 F_2 &= Pa^2(a + 3b)/l^3 \\
 F_3 &= Pab^2/l^2 \\
 F_4 &= -Pa^2b/l^2
 \end{aligned}$$

ข. แรงกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และมีสภาพของจุดรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้งสองด้าน



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

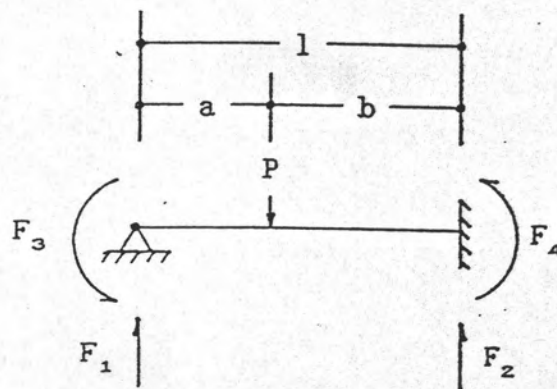
$$F_1 = wl/2$$

$$F_2 = wl/2$$

$$F_3 = wl^2/12$$

$$F_4 = -wl^2/12$$

ค. แรงกระทำภายนอกแบบเป็นจุด และมีสภาพของจุดรองรับด้านหนึ่งเป็นแบบจุดหมุน และอีกด้านหนึ่งเป็นแบบยึดแน่น



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

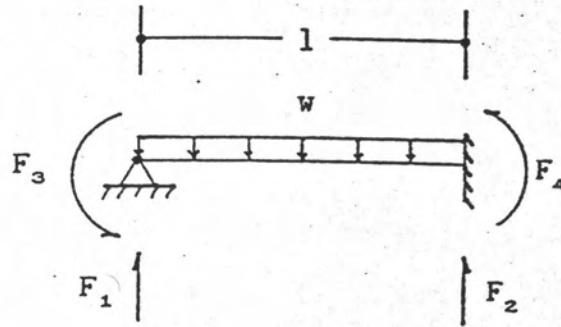
$$F_1 = 0.5Pb^2(a + 2l)/l^3$$

$$F_2 = 0.5Pa(3l^2 - a^2)/l^3$$

$$F_3 = 0.0$$

$$F_4 = -0.5Pab(a + l)/l^2$$

ง. แรงกระทำภายนอกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และมีสภาพของจุดรองรับด้านหนึ่งเป็นแบบจุดหมุน และอีกด้านหนึ่งเป็นแบบยึดแน่น



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

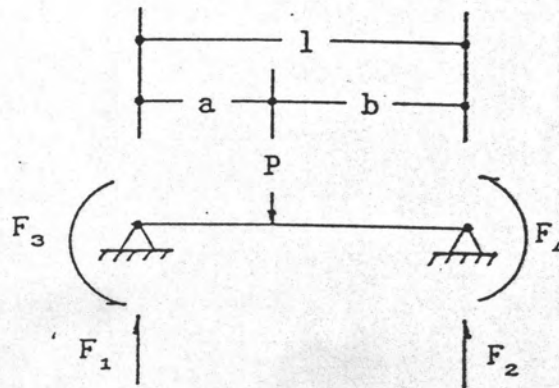
$$F_1 = 3wl/8$$

$$F_2 = 5wl/8$$

$$F_3 = 0.0$$

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

จ. แรงกระทำภายนอกแบบเป็นจุด และมีสภาพของจุดรองรับเป็นจุดหมุนทั้งสองข้าง



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

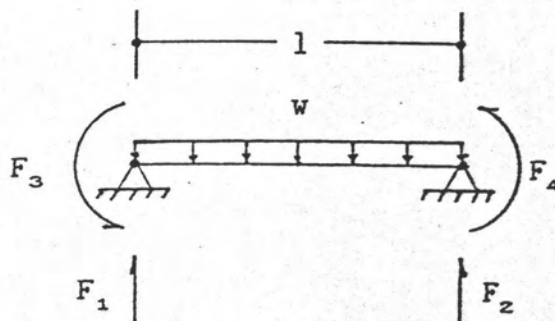
$$F_1 = Pb/l$$

$$F_2 = Pa/l$$

$$F_3 = 0.0$$

$$F_4 = 0.0$$

ฉ. แรงกระทำภายนอกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และมีสภาพของจุดรองรับเป็น
จุดหมุนทั้งสองข้าง



ตามรูปข้างบนจะได้ค่าของแรงยึดแน่น ดังนี้

$$F_1 = wl/2$$

$$F_2 = wl/2$$

$$F_3 = 0.0$$

$$F_4 = 0.0$$

ภาคผนวก จ.

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของตัวอย่างที่ 1

แสดงผลลัพธ์จากโปรแกรม โดยการพิจารณาผลของ P- Δ จากวิธีทำซ้ำ

Hinge no.	Load factor	Left top sway, in.	member	Node
1	1.122975	1.706371e+01	10	5
2	1.237833	2.102824e+01	12	8
3	1.278827	2.446948e+01	5	2

แสดงผลลัพธ์จากโปรแกรม โดยการพิจารณาผลของ P- Δ จากวิธีคุณสมบัติของชิ้นส่วนมีค่าเป็นลบ

Hinge no.	Load factor	Left top sway, in.	member	Node
1	1.122987	1.706376e+01	10	5
2	1.238886	2.106857e+01	12	8
3	1.269682	2.395920e+01	5	2

ภาคผนวก จ.

ผลลัพธ์จากโปรแกรมของตัวอย่างที่ 2

แสดงผลลัพธ์จากโปรแกรม โดยการพิจารณาผลของ P- Δ จากวิธีทำซ้ำ

Hinge no.	Load factor	Left top sway, in.	member	Node
1	1.027994	5.267720e+00	20	8
2	1.083487	5.586050e+00	22	11
3	1.090045	5.631572e+00	28	20
4	1.142151	6.059173e+00	24	14
5	1.179008	6.427818e+00	18	5
6	1.181188	6.451809e+00	26	17
7	1.229918	7.123641e+00	19	6

แสดงผลลัพธ์จากโปรแกรม โดยการพิจารณาผลของ P- Δ จากวิธีคุณสมบัติของชิ้นส่วนมีค่าเป็นลบ

Hinge no.	Load factor	Left top sway, in.	member	Node
1	1.028010	5.267528e+00	20	8
2	1.083485	5.585734e+00	22	11
3	1.090115	5.631739e+00	28	20
4	1.142078	6.058085e+00	24	14
5	1.179213	6.429246e+00	18	5
6	1.180285	6.441033e+00	26	17
7	1.228933	7.112920e+00	19	6

ประวัติผู้เขียน

นายสัญญา เพชรเนียม เกิดเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2506 ที่อำเภอ
วัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรม
โยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2528 เข้าศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2531

