

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. Kom, 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. American Institute of Steel construction, "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Building," Part II, AISC, New York, 1978.
5. Ghali, A., and Neville, A.M., Structural Analysis - a Unified Classical and Matrix Approach, 2nd ed., Chapman & Hall, London, 1978.
6. Salmon, C.G., and Johnson, J.E., Steel Structural Design & Behavior, Harper and Row Co.Ltd., New York, 2nd ed., 1980.
7. Rutenberg, A. "A Direct P-Delta Analysis Using Standard Plane Frame Computer Programes," Journal of Computers & Structures, Vol.14, No. 1-2, 1981, pp.97-102.
8. Kassimali, A., "Large Deformation Analysis of Elastic-Plastic Frames", Journal of Structral Engineering, ASCE, Vol.109, No.8, August, 1983, pp.1869-1886.
9. Holzer, S.M., Computer Analysis of Structures, Elsevier Science, New York, 1985.
10. Kato,B.,Chen,W.F.,and Nakao,M., "Effects of Joint-panel Shear Deformation on Frames", Journal of Constructional Steel Research, 10; 1988, pp. 82-91.
11. 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.
12. Gaiotti, R.,and Smith, B.S., "P-Delta Analysis of Building Structures," Journal of theStructral Division, ASCE, Vol.115, No.4, April, 1989, pp.755-770.

13. Ram Chantra, Prem Khrishna, and D.N. Trikha, "Elastic-Plastic Analysis of Steel Space Structures", Journal of the Structural Engineering, ASCE., Vol.116, No.4, April 1990, pp. 939-955.
14. Chen W.F., Lui E.M., Stability Design of Steel Frames, CRC Press Inc., Florida, 1991
15. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, "การวิเคราะห์โครงสร้าง", วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2527.
16. ทักษิณ เทพชาตรี, "พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก", วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2529.
17. ศิริวุฒิ ศศิบุตร, "การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอีลาสติก-พลาสติกสำหรับโครงเหล็กข้อแฉ่ง", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
18. ประมวล หาดขุนทด, " การวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแฉ่งด้วยวิธีอีลาสติก-พลาสติกสำหรับน้ำหนักบรรทุกเป็นจุด และแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ " , วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
19. วิริยะ สารพา, " การวิเคราะห์และการออกแบบ โครงเหล็กข้อแฉ่งด้วยวิธีอีลาสติก-พลาสติก", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
20. สัจญา เพชรเนียม, "การวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแฉ่งด้วยวิธีอีลาสติก-พลาสติกโดยการคำนึงผลจาก P- Δ ", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
21. บุญแสง ลีรัตน์ชูวงศ์, "การวิเคราะห์โครงเหล็กข้อแฉ่งด้วยวิธีอีลาสติก-พลาสติกโดยการคำนึงผลจาก P- Δ และการย้อนกลับของโมเมนต์ ณ จุดหมุนพลาสติก", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.



ภาคผนวก ก.

รายการตารางประกอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของชิ้นส่วนคานและเสา ในตัวอย่างที่ 1

ขนาด	$A(\text{in}^2)$	$I_x(\text{in}^4)$	$M_p(\text{k-in})$	กลุ่มชิ้นส่วน
8W40	11.75	144	1920	ทุกชิ้นส่วน

$$F_y = 36.00 \text{ ksi}$$

$$E = 30,000 \text{ ksi}$$

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของชิ้นส่วนข้อต่อ ในตัวอย่างที่ 1

ชิ้นส่วน ข้อต่อที่	w (in)	h (in)	tp (in)	f_y (ksi)	E (ksi)	v	bcf (in)	tcf (in)
3	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
5	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
6	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
8	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
9	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
11	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
12	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558
14	8.25	8.25	0.365	36	30,000	0.30	8.077	0.558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 1

ความหนา ของชั้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชั้นส่วน	ชั้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชั้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
0.365	1	5	Panel Yield	0.391148	5.422891
0.400	1	5	Panel Yield	0.424067	5.846737
0.500	1	5	Panel Yield	0.516336	7.070718
0.600	1	5	Panel Yield	0.604908	8.296549
0.700	1	5	Panel Yield	0.690732	9.536815
0.800	1	5	Panel Yield	0.773996	10.79126
0.900	1	5	Panel Yield	0.854396	12.05363
1.000	1	5	Panel Yield	0.932110	13.32392
1.100	1	5	Panel Yield	1.007292	14.60332
1.200	1	5	Panel Yield	1.079942	15.88931
1.300	1	5	Panel Yield	1.150332	17.18504
1.310	1	5	Panel Yield	1.157265	17.31544
1.320	1	5	Panel Yield	1.318077	30.47430
1.400	1 2 3 4	10 12 5 1	End End Start Start	1.318794	30.44923
2.000	1 2 3 4	10 12 5 1	End End Start Start	1.321776	30.22902

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของชิ้นส่วนคาน ในตัวอย่างที่ 2

ขนาด	$A(\text{in}^2)$	$I_x(\text{in}^4)$	$M_p(\text{t-in})$	ชั้น
14W38	11.2	386	937.88	1
14W34	10.0	340	832.8	2
14W30	8.83	290	720.0	3
12W27	7.95	204	579.6	4
10W21	6.20	107	367.2	5
8W20	5.89	69.4	291.6	6,7
8W17	5.01	56.6	242.4	8

ตารางที่ 3.5 คุณสมบัติของชิ้นส่วนเสา ในตัวอย่างที่ 2

ขนาด	$A(\text{in}^2)$	$I_x(\text{in}^4)$	$M_p(\text{t-in})$	ชั้น
14W95	4.56	30.1	169.2	1
14W87	9.12	110	463.2	2,3
12W79	10.3	126	529.2	4
10W49	14.4	273	919.2	5
8W35	23.2	663	1814.4	6
8W31	25.6	967	2302.8	7
6W15.5	27.9	1060	2532.0	8

$F_y = 15.25 \text{ tsi}$
 $E = 13,000 \text{ tsi}$

ตารางที่ 3.6 คุณสมบัติของชิ้นส่วนข้อต่อ ในตัวอย่างที่ 2

ชิ้นส่วน ข้อต่อที่	w (in)	h (in)	tp (in)	fy (ksi)	E (ksi)	v	bcf (in)	tcf (in)
3	14.12	14.12	0.465	15.25	13,000	0.30	14.545	0.748
5	14.12	14.12	0.465	15.25	13,000	0.30	14.545	0.748
6	14.00	14.00	0.420	15.25	13,000	0.30	14.500	0.688
8	14.00	14.00	0.420	15.25	13,000	0.30	14.500	0.688
9	12.38	14.00	0.470	15.25	13,000	0.30	12.080	0.736
11	12.38	14.00	0.470	15.25	13,000	0.30	12.080	0.736
12	10.00	13.86	0.340	15.25	13,000	0.30	10.000	0.558
14	10.00	13.86	0.340	15.25	13,000	0.30	10.000	0.558
15	8.12	11.96	0.315	15.25	13,000	0.30	8.027	0.493
17	8.12	11.96	0.315	15.25	13,000	0.30	8.027	0.493
18	8.00	9.90	0.288	15.25	13,000	0.30	8.000	0.433
20	8.00	9.90	0.288	15.25	13,000	0.30	8.000	0.433
21	8.00	8.14	0.288	15.25	13,000	0.30	8.000	0.433
23	8.00	8.14	0.288	15.25	13,000	0.30	8.000	0.433
24	6.00	8.00	0.240	15.25	13,000	0.30	6.000	0.269
26	6.00	8.00	0.240	15.25	13,000	0.30	6.000	0.269

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 2

ความหนา ของชิ้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชิ้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
0.200	1	17	Panel Yield	0.461123	2.759899
0.300	1	17	Panel Yield	0.674641	3.668616
0.400	1	17	Panel Yield	0.884923	4.576846
0.500	1	17	Panel Yield	1.092330	5.484583
0.600	1	20	End	1.277535	6.546795
	2	28	End		
	3	22	End		
	4	24	End		
	5	17	Panel Yield		
0.610	1	20	End	1.277535	6.546795
	2	28	End		
	3	22	End		
	4	24	End		
	5	26	End		
	6	18	End		
	7	19	Start		
	8	21	Start		
	9	23	Start		
	10	30	End		
	11	25	Start		
	12	17	Start		
	13	27	Start		

ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

ความหนา ของชิ้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชิ้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
0.610	14	9	Start	1.512956	20.62743
	15	13	Start		
	16	29	Start		
0.700	1	20	End	1.512774	20.54492
	2	28	End		
	3	22	End		
	4	24	End		
	5	26	End		
	6	18	End		
	7	19	Start		
	8	21	Start		
	9	23	Start		
	10	30	End		
	11	25	Start		
	12	17	Start		
	13	27	Start		
	14	9	Start		
	15	13	Start		
	16	29	Start		
1.000	1	20	End	1.512774	20.54492
	2	28	End		
	3	22	End		
	4	24	End		

ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

ความหนา ของชิ้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชิ้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)			
1.000	5	26	End					
	6	18	End					
	7	19	Start					
	8	21	Start					
	9	30	End					
	10	23	Start					
	11	17	Start					
	12	25	Start					
	13	27	Start					
	14	9	Start					
	15	13	Start					
	16	29	Start			1.512516	20.39688	
	2.000	1	20			End		
		2	28			End		
		3	22			End		
		4	24	End				
5		26	End					
6		18	End					
7		19	Start					
8		21	Start					
9		30	End					
10		23	Start					
11		17	Start					

ตารางที่ 3.7 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 2 (ต่อ)

ความหนา ของชิ้นส่วน • ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชิ้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
2.000	12	25	Start	1.512510	20.22807
	13	27	Start		
	14	9	Start		
	15	13	Start		
	16	29	Start		

ตารางที่ 3.8 คุณสมบัติของชิ้นส่วนคาน ในตัวอย่างที่ 3

ขนาด	$A(\text{in}^2)$	$I_x(\text{in}^4)$	$M_p(\text{t-in})$	ชั้น
8W20	5.89	69.3	687.6	1
10W25	7.36	113.6	1062.6	2
12W27	7.95	204.4	1368.0	3
12W36	10.6	281.1	1850.4	4,5
12W45	13.2	350.0	2336.4	6
14W53	15.6	543.0	3135.6	7
14W61	17.9	640.0	3686.4	8,9
14W74	21.8	798.0	4521.6	10
14W78	22.9	849.0	4824.0	11
14W84	24.7	928.0	5234.4	12
16W88	25.9	1222.0	6084.0	13
16W96	28.2	1354.0	6696.0	14
18W96	28.2	1672.0	7416.0	15

$$F_y = 36.00 \text{ ksi}$$

$$E = 30,000 \text{ ksi}$$

ตารางที่ 3.9 คุณสมบัติของชิ้นส่วนเสา ในตัวอย่างที่ 3

ขนาด	A(in ²)	I _x (in ⁴)	M _p (t-in)	ชั้น
8W17	5.01	56.56	568.8	1
8W28	8.23	98.0	975.6	2
10W39	11.5	210.0	1692.0	3,4
12W40	11.8	310.0	2073.6	5
12W50	14.7	394.0	2613.6	6
12W58	17.1	477.0	3114.0	7
14W61	17.9	640.0	3686.4	8
14W74	21.8	798.0	4521.6	9
14W84	24.7	923.0	5234.4	10
14W111	32.7	1269.0	7056.0	11,12,13
14W127	37.3	1476.0	8132.4	14
14W136	40.0	1593.0	8737.2	15

$$F_y = 36.00 \text{ ksi}$$

$$E = 30,000 \text{ ksi}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.10 คุณสมบัติของชิ้นส่วนข้อต่อ ในตัวอย่างที่ 3

ชิ้นส่วน ข้อต่อที่	w (in)	h (in)	tp (in)	fy (ksi)	E (ksi)	v	bcf (in)	tcf (in)
3	14.75	18.16	0.660	36	30,000	0.30	14.740	1.063
5	14.75	18.16	0.660	36	30,000	0.30	14.740	1.063
6	14.62	16.32	0.610	36	30,000	0.30	14.690	0.998
8	14.62	16.32	0.610	36	30,000	0.30	14.690	0.998
9	14.37	16.16	0.540	36	30,000	0.30	14.620	0.873
11	14.37	16.16	0.540	36	30,000	0.30	14.620	0.873
12	14.37	14.18	0.540	36	30,000	0.30	14.620	0.873
14	14.37	14.18	0.540	36	30,000	0.30	14.620	0.873
15	14.37	14.06	0.540	36	30,000	0.30	14.620	0.873
17	14.37	14.06	0.540	36	30,000	0.30	14.620	0.873
18	14.18	14.19	0.451	36	30,000	0.30	12.023	0.778
20	14.18	14.19	0.451	36	30,000	0.30	12.023	0.778
21	14.19	13.91	0.450	36	30,000	0.30	10.072	0.783
23	14.19	13.91	0.450	36	30,000	0.30	10.072	0.783
24	13.91	13.91	0.378	36	30,000	0.30	10.000	0.643
26	13.91	13.91	0.378	36	30,000	0.30	10.000	0.643
27	12.19	13.94	0.359	36	30,000	0.30	10.014	0.641
29	12.19	13.94	0.359	36	30,000	0.30	10.014	0.641
30	12.19	12.06	0.371	36	30,000	0.30	8.077	0.641
32	12.19	12.06	0.371	36	30,000	0.30	8.077	0.641
33	11.94	12.24	0.294	36	30,000	0.30	8.000	0.516
35	11.94	12.24	0.294	36	30,000	0.30	8.000	0.516
36	9.94	12.24	0.318	36	30,000	0.30	7.990	0.528
38	9.94	12.24	0.318	36	30,000	0.30	7.990	0.528
39	9.94	11.96	0.318	36	30,000	0.30	7.990	0.528

ตารางที่ 3.10 คุณสมบัติของชิ้นส่วนข้อต่อ ในตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

ชิ้นส่วน ข้อต่อที่	w (in)	h (in)	tp (in)	fy (ksi)	E (ksi)	v	bcf (in)	tcf (in)
41	9.94	11.96	0.318	36	30,000	0.30	7.990	0.528
42	8.06	10.08	0.285	36	30,000	0.30	6.540	0.463
44	8.06	10.08	0.285	36	30,000	0.30	6.540	0.463
45	8.00	8.14	0.230	36	30,000	0.30	5.250	0.308
47	8.00	8.14	0.230	36	30,000	0.30	5.250	0.308

ตารางที่ 3.11 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 3

ความหนา ของชิ้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาจที่ ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาจ	การคลาจใน ชิ้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
0.300	1	14	Panel Yield	0.415273	8.888301
0.400	1	14	Panel Yield	0.543335	11.02187
0.500	1	14	Panel Yield	0.669135	13.17179
0.600	1	14	Panel Yield	0.792771	15.33622
0.700	1	14	Panel Yield	0.914314	17.51440
0.800	1	14	Panel Yield	1.033723	19.70386
0.900	1	52	End	1.152514	22.12779
	2	14	Panel Yield		
1.000	1	52	End	1.267560	25.99693
	2	50	End		
	3	56	End		
	4	54	End		
	5	48	End		
	6	14	Panel Yield		



ตารางที่ 3.11 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

ความหนา ของชั้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชั้นส่วน	ชั้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชั้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
1.100	1	52	End		
	2	50	End		
	3	56	End		
	4	54	End		
	5	48	End		
	6	44	End		
	7	58	End		
	8	46	End		
	9	42	End		
	10	40	End		
	11	57	End		
			58	Start	
	12	14	Panel Yield	1.371410	32.49549
1.130	1	52	End		
	2	50	End		
	3	56	End		
	4	54	End		
	5	48	End		
	6	44	End		
	7	58	End		
	8	46	End		
	9	42	End		
	10	40	End		

ตารางที่ 3.11 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

ความหนา ของชั้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชั้นส่วน	ชั้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชั้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
1.130	11 12 13	16 38 30 55 56 11	Start End End End Start Panel Yeild	1.426355	38.50670
1.150	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	52 50 56 54 48 44 58 46 42 40 58 57 16 38 30 55 56 25 36	End End End End End End End End End End Start End Start End End End Start Start End		

ตารางที่ 3.11 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

ความหนา ของชิ้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชิ้นส่วน	ชิ้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชิ้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)
1.150	18	51	Start		
	19	49	Start	1.437241	42.30274
1.200	1	52	End		
	2	50	End		
	3	56	End		
	4	54	End		
	5	48	End		
	6	44	End		
	7	58	End		
	8	46	End		
	9	42	End		
	10	40	End		
	11	57	End		
	12	58	Start		
	13	16	Start		
	14	38	End		
	15	30	End		
	16	56	Start		
	17	55	End		
	18	25	Start		
	19	36	End		
	18	51	Start		
	19	49	Start	1.437539	42.24288

ตารางที่ 3.11 ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 3 (ต่อ)

ความหนา ของชั้นส่วน ข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ ชั้นส่วน	ชั้นส่วนที่เกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลาก	การคลากใน ชั้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัวประกอบ น้ำหนัก บรรทุกสะสม สูงสุด	การเปลี่ยน ตำแหน่งตาม แนวราบสูง สุด (นิ้ว)	
1.300	1	52	End			
	2	50	End			
	3	56	End			
	4	54	End			
	5	48	End			
	6	44	End			
	7	58	End			
	8	46	End			
	9	42	End			
	10	40	End			
	11	57	End			
			58	Start		
	12	16	Start			
	13	38	End			
	14	30	End			
	15	56	Start			
			55	End		
	16	25	Start			
	17	36	End			
18	51	Start				
19	49	Start		1.438056	42.09986	

ตารางที่ 3.12 ศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้าง เมื่อเพิ่มความหนาของชั้นส่วนข้อต่อเท่าที่จำเป็น

ความหนาของชั้น ส่วนข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ชั้น ส่วน	ชั้นส่วนที่ เกิดจุดหมุน พลาสติก หรือการ คลาก	การคลากใน ชั้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัว ประกอบ น้ำหนัก บรรทุก สะสม	การเปลี่ยน ตำแหน่ง ตามแนว ราบสูงสุด (นิ้ว)
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว	1	5	Panel Yield	0.391188	5.422891
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว ยกเว้น ข้อต่อที่ 5 หนา 1.32 นิ้ว	1	8	Panel Yield	0.440331	5.967833
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว ยกเว้น ข้อต่อที่ 5,8 หนา 1.32 นิ้ว	1	11	Panel Yield	0.575624	7.796797
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว ยกเว้น ข้อต่อที่ 5,8,11 หนา 1.32 นิ้ว	1	3	Panel Yield	0.849154	12.08513
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว ยกเว้น ข้อต่อที่ 5,8,11,3 หนา 1.32 นิ้ว	1	14	Panel Yield	0.969697	14.02818
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว ยกเว้น ข้อต่อที่ 5,8,11,14 หนา 1.32 นิ้ว	1	6	Panel Yield	1.133602	17.06778

ตารางที่ 3.12 ศึกษาพฤติกรรมของโครงสร้าง เมื่อเพิ่มความหนาของชั้นส่วนข้อต่อเท่าที่จำเป็น(ต่อ)

ความหนาของชั้น ส่วนข้อต่อ (นิ้ว)	ลำดับการเกิด จุดหมุน พลาสติกหรือ การคลากที่ชั้น ส่วน	ชั้นส่วนที่ เกิดจุดหมุน พลาสติก หรือการ คลาก	การคลากใน ชั้นส่วนข้อต่อ หรือตำแหน่ง จุดหมุน พลาสติก	ตัว ประกอบ น้ำหนัก บรรทุก สะสม	การเปลี่ยน ตำแหน่ง ตามแนว ราบสูงสุด (นิ้ว)
ทุกข้อต่อหนา 0.365 นิ้ว ยกเว้น ข้อต่อที่ 5,8,11,14,6 หนา 1.32 นิ้ว	1	10	End	1.317587	30.58126
	2	12	End		
	3	5	Start		
	4	1	Start		

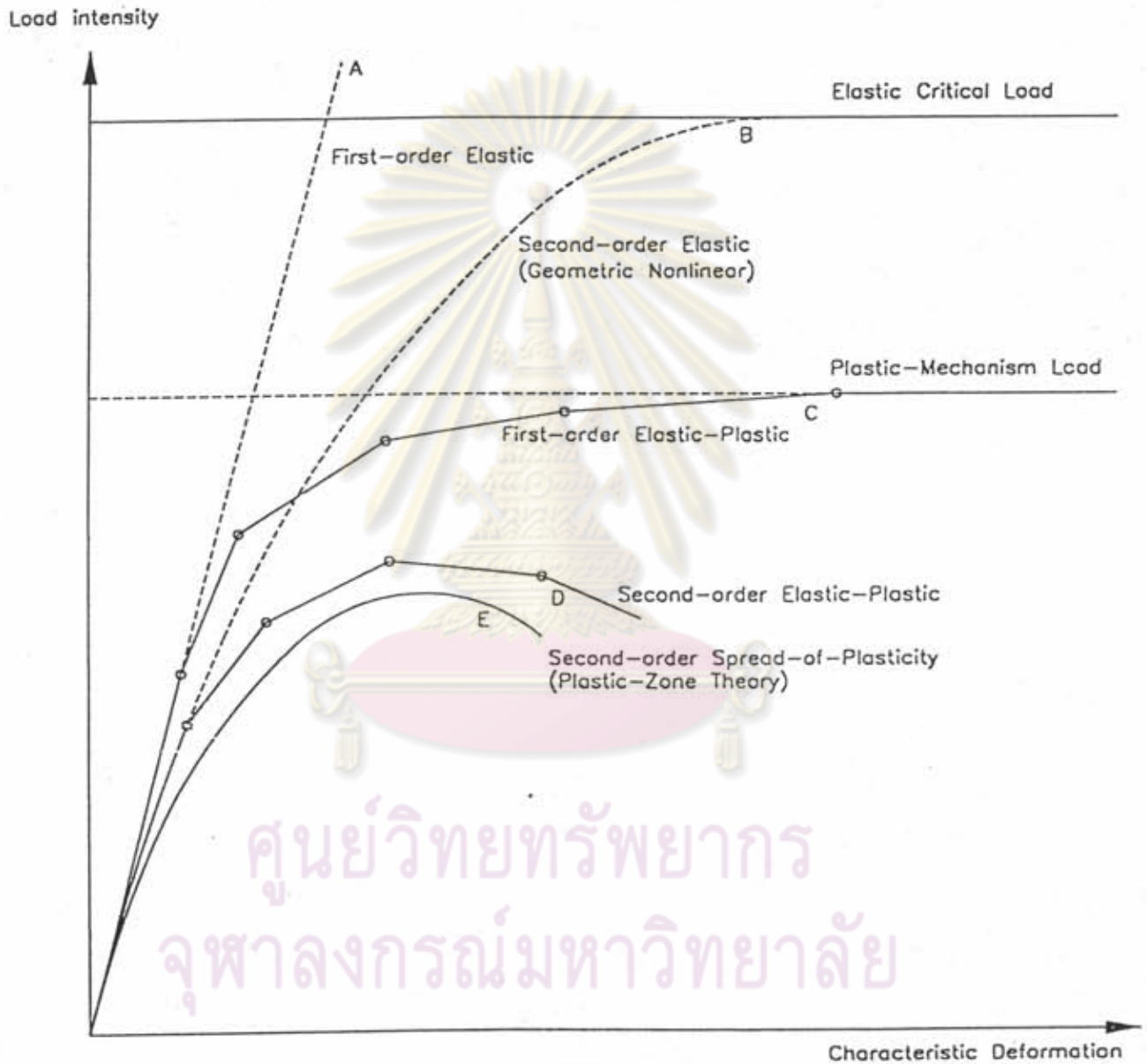
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



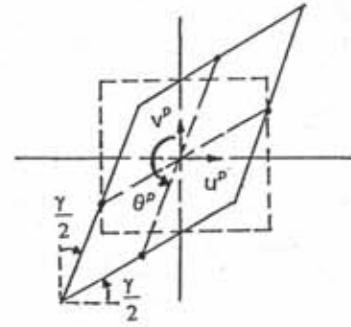
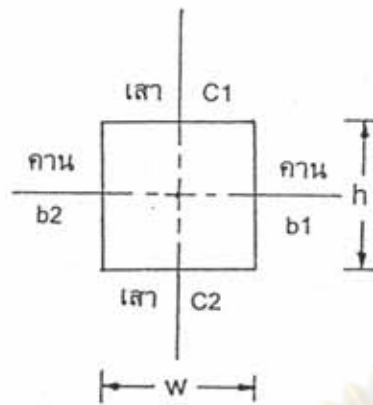
ภาคผนวก ข.

รายการรูปประกอบ

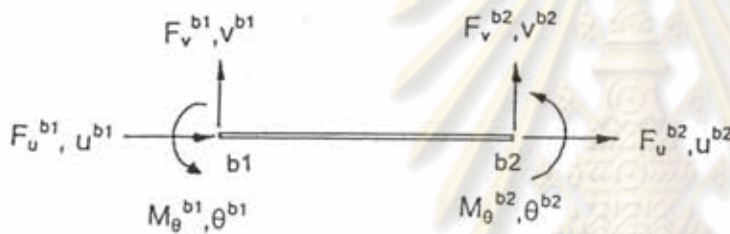
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 กราฟสมมติฐานแบบจำลองพฤติกรรมของโครงสร้าง

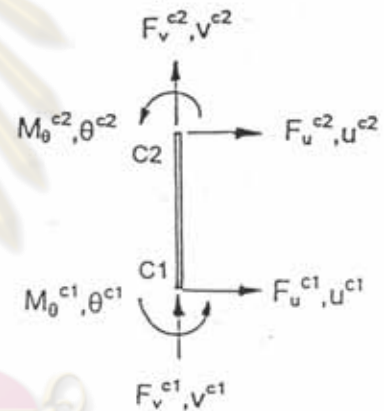


ก. ชั้นส่วนข้อต่อเมื่อยังไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง



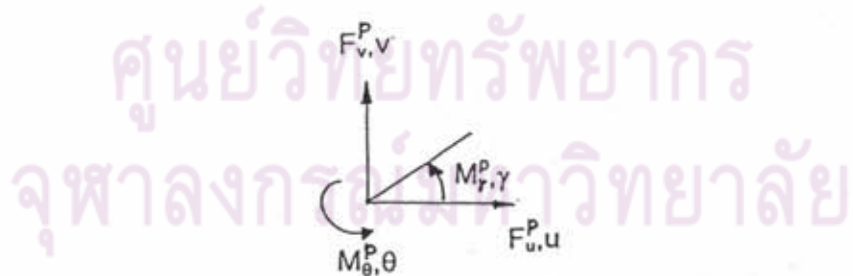
ข. การเปลี่ยนตำแหน่ง (u^p, v^p, θ^p)

และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยการเฉือน (γ) ของชั้นส่วนข้อต่อ



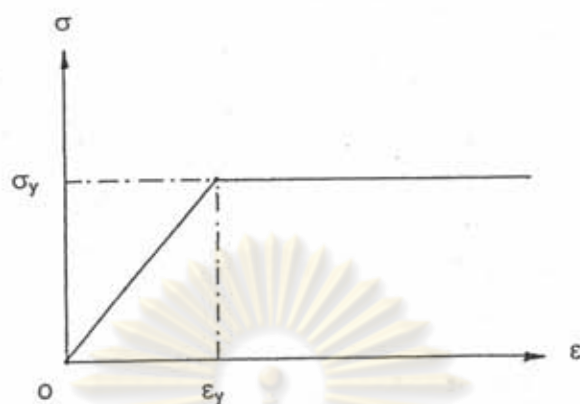
ค. การเปลี่ยนตำแหน่งและแรงภายในของชั้นส่วนคาน

ง. การเปลี่ยนตำแหน่งและแรงภายในของชั้นส่วนเสา

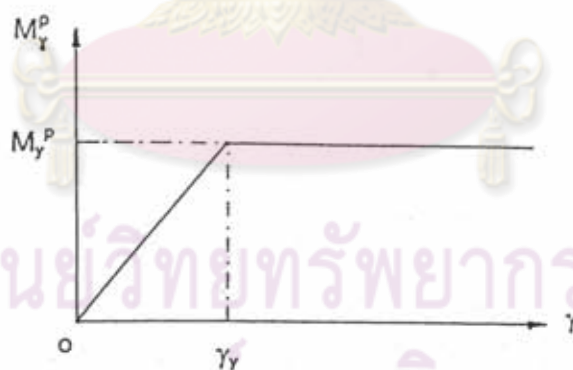


จ. ทิศทางของการเปลี่ยนตำแหน่ง และแรงของชั้นส่วนข้อต่อที่เป็นบวก

รูปที่ 2.1 แสดงถึงการเปลี่ยนตำแหน่งและแรงภายในที่ปลายชั้นส่วนและชั้นส่วนข้อต่อของโครงข้อแข็ง



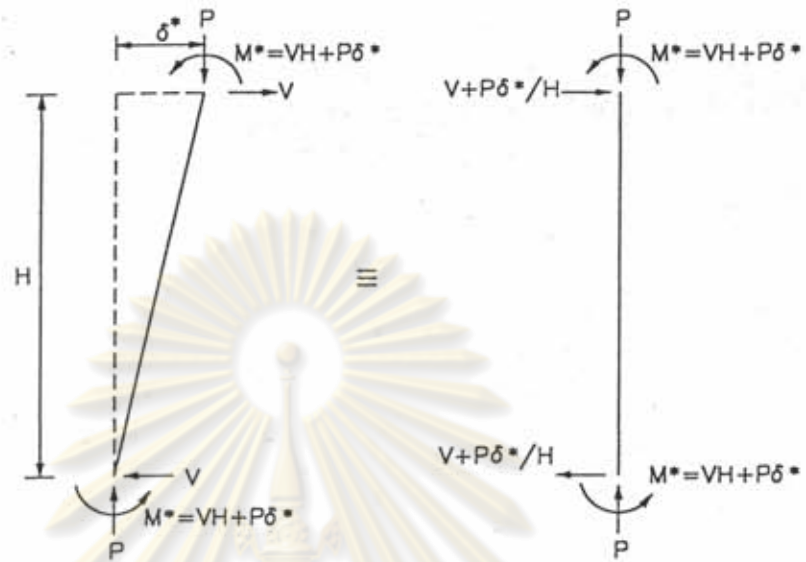
ก. กราฟแสดงคุณสมบัติของวัสดุระหว่างความเค้น (Stress) σ และ ความเครียด (Strain) ϵ



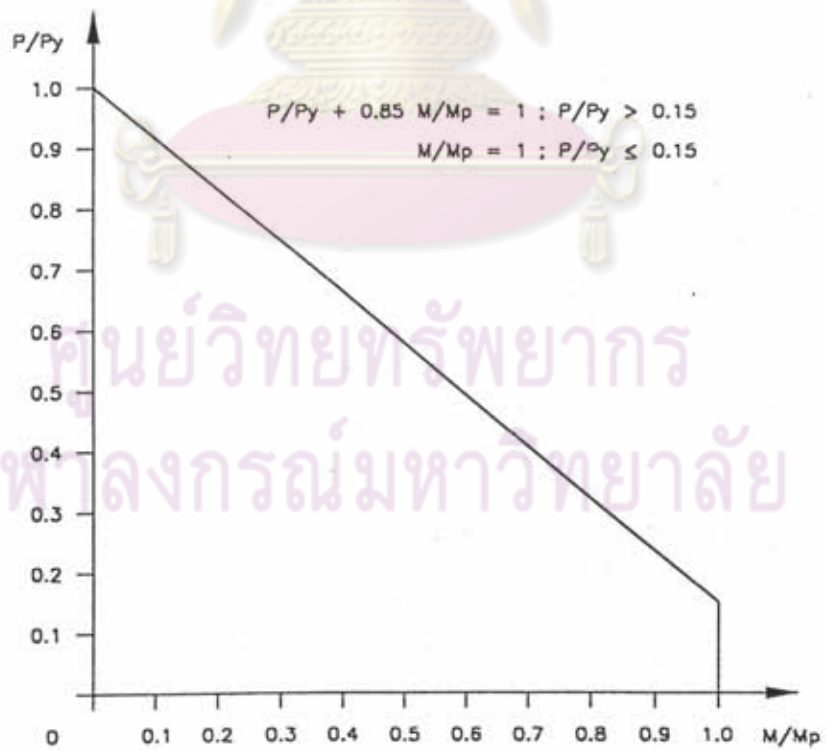
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัด M_y^p และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยการเฉือน γ ของชิ้นส่วนข้อต่อ

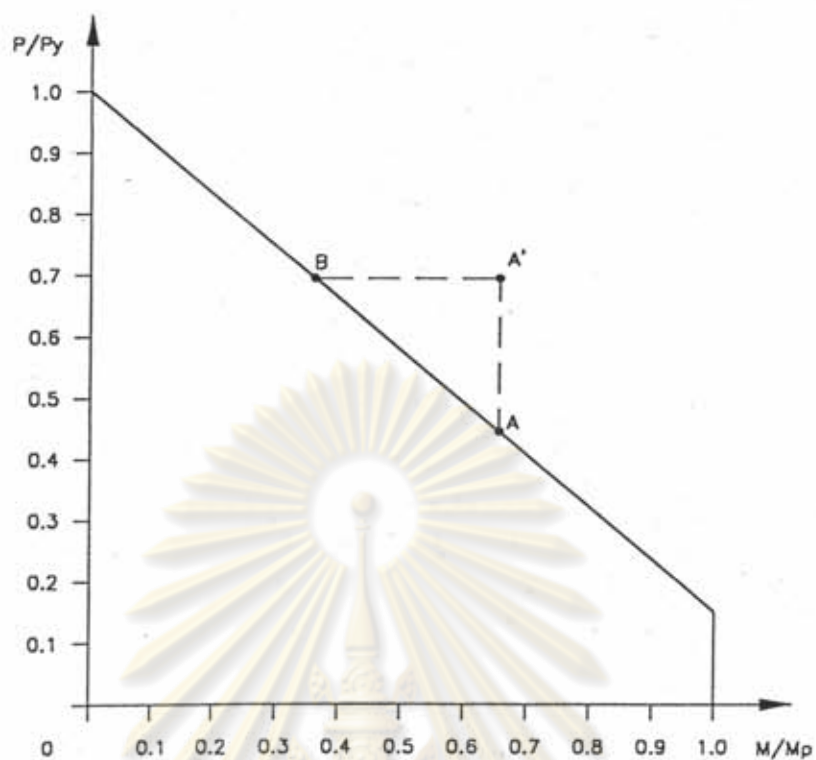
รูปที่ 2.2 แสดงถึงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง σ & ϵ และ M_y^p & γ



รูปที่ 2.3 แสดงการพิจารณา แรงเฉือนเทียบเท่า



รูปที่ 2.4 กราฟเงื่อนไขของการเกิดจุดหมุนพลาสติก สำหรับเหล็กหน้าตัด W



รูปที่ 2.5 แสดงการพิจารณา แรงดัดย้อนกลับ ณ จุดหมุนพลาสติก



รูปที่ 2.6 ชิ้นส่วนคานที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านซ้ายมือ



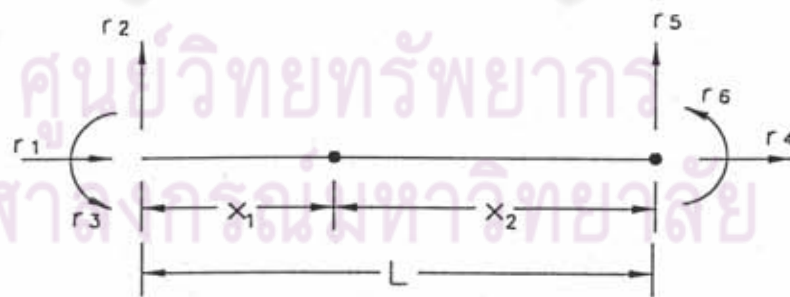
รูปที่ 2.7 ชิ้นส่วนคานที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านขวามือ



รูปที่ 2.8 ชิ้นส่วนคานที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดภายในชิ้นส่วน



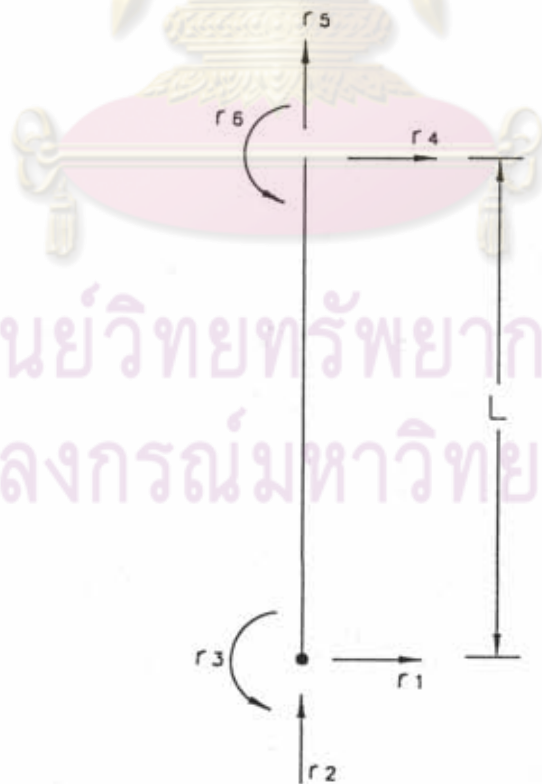
รูปที่ 2.9 ชั้นส่วนคานที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านซ้ายมือ และภายในชั้นส่วน



รูปที่ 2.10 ชั้นส่วนคานที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านขวามือ และภายในชั้นส่วน



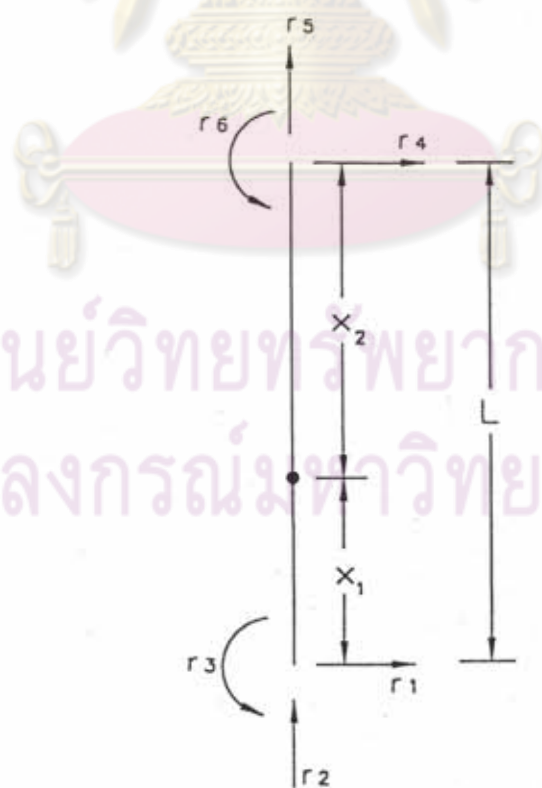
รูปที่ 2.11 ชั้นส่วนคานที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านซ้ายมือ และขวามือ



รูปที่ 2.12 ชั้นส่วนเสาที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านล่าง

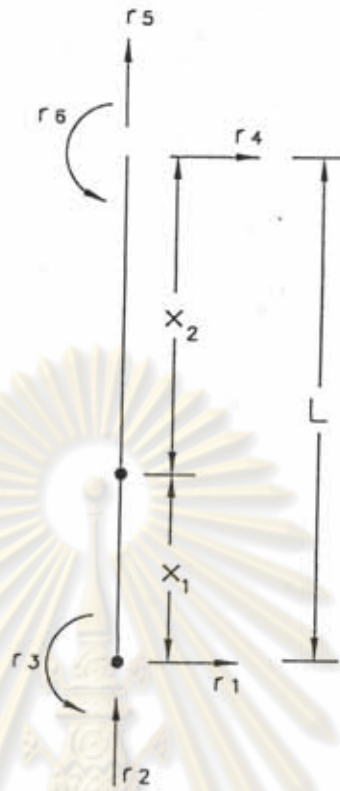


รูปที่ 2.13 ชั้นส่วนเสาที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านบน

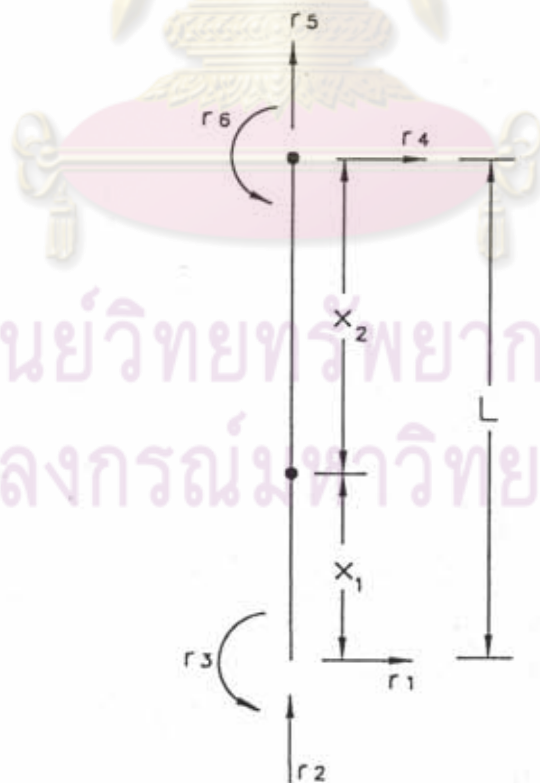


ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.14 ชั้นส่วนเสาที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดภายในชั้นส่วน



รูปที่ 2.15 ชิ้นส่วนเสาที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านล่าง และภายในชิ้นส่วน

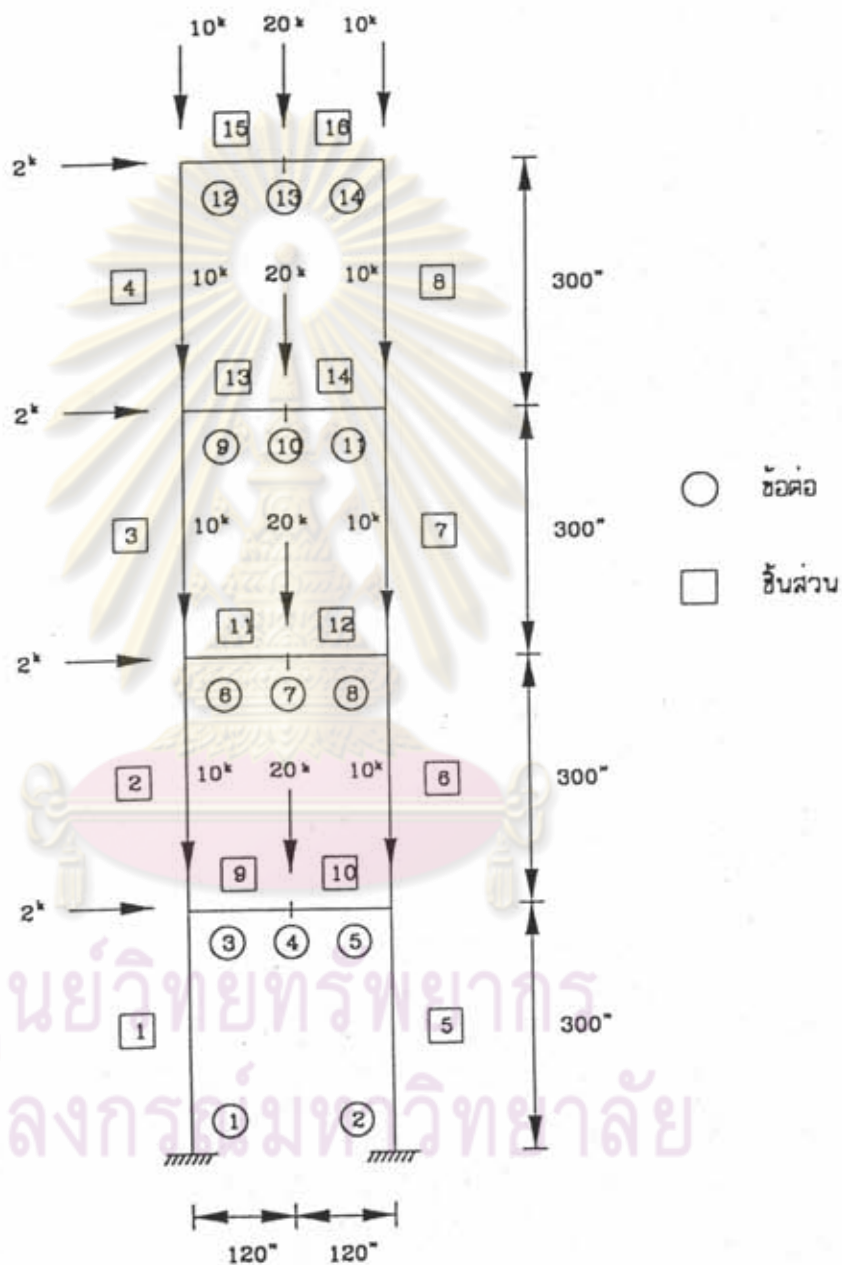


รูปที่ 2.16 ชิ้นส่วนเสาที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านบน และภายในชิ้นส่วน



รูปที่ 2.17 ชิ้นส่วนเสาที่มีจุดหมุนพลาสติกเกิดที่ปลายด้านบน และด้านล่าง

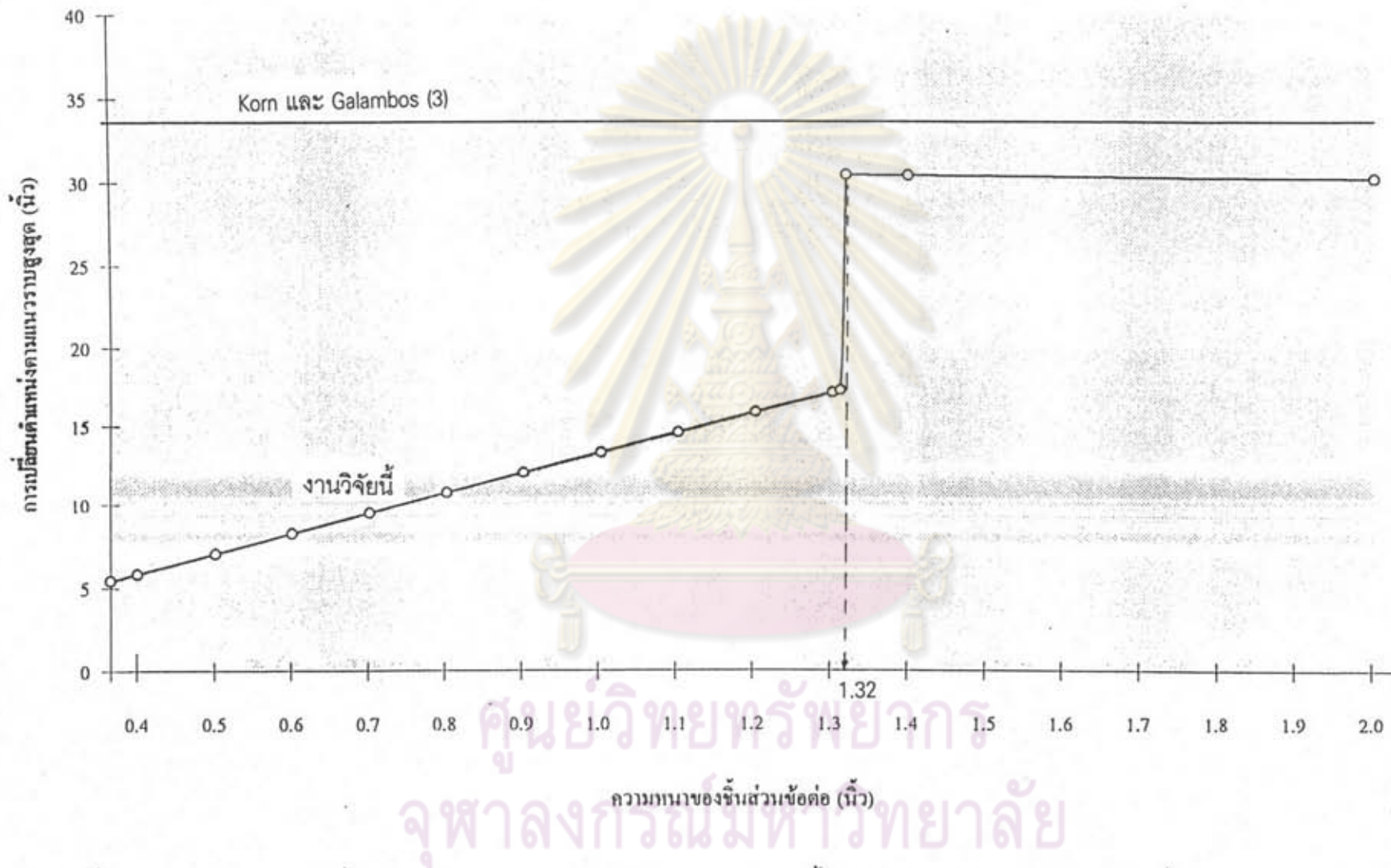
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ลักษณะโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าของตัวประกอบน้ำหนักบรรทุกทุกชั้นกับความหนาของทุกชั้นส่วนข้อต่อของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนตำแหน่งตามแนวราบสูงสุดกับความหนาของทุกชิ้นส่วนข้อต่อของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 1

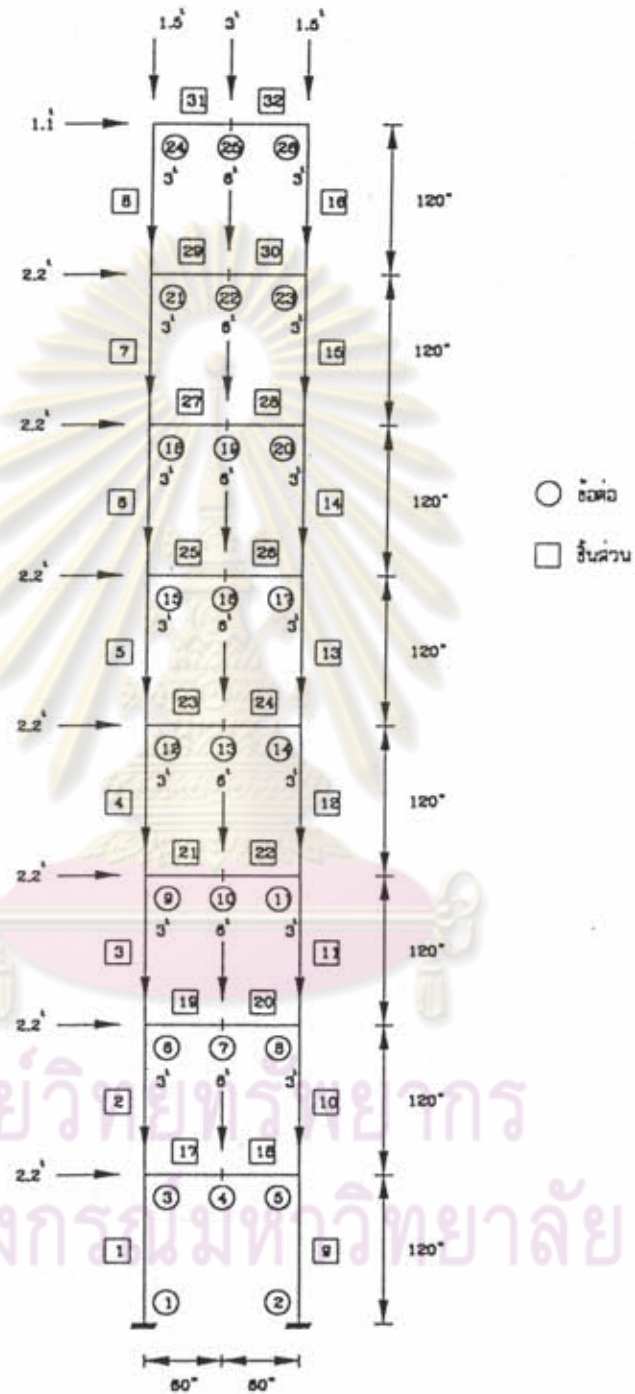


Korn & Galambos (3)

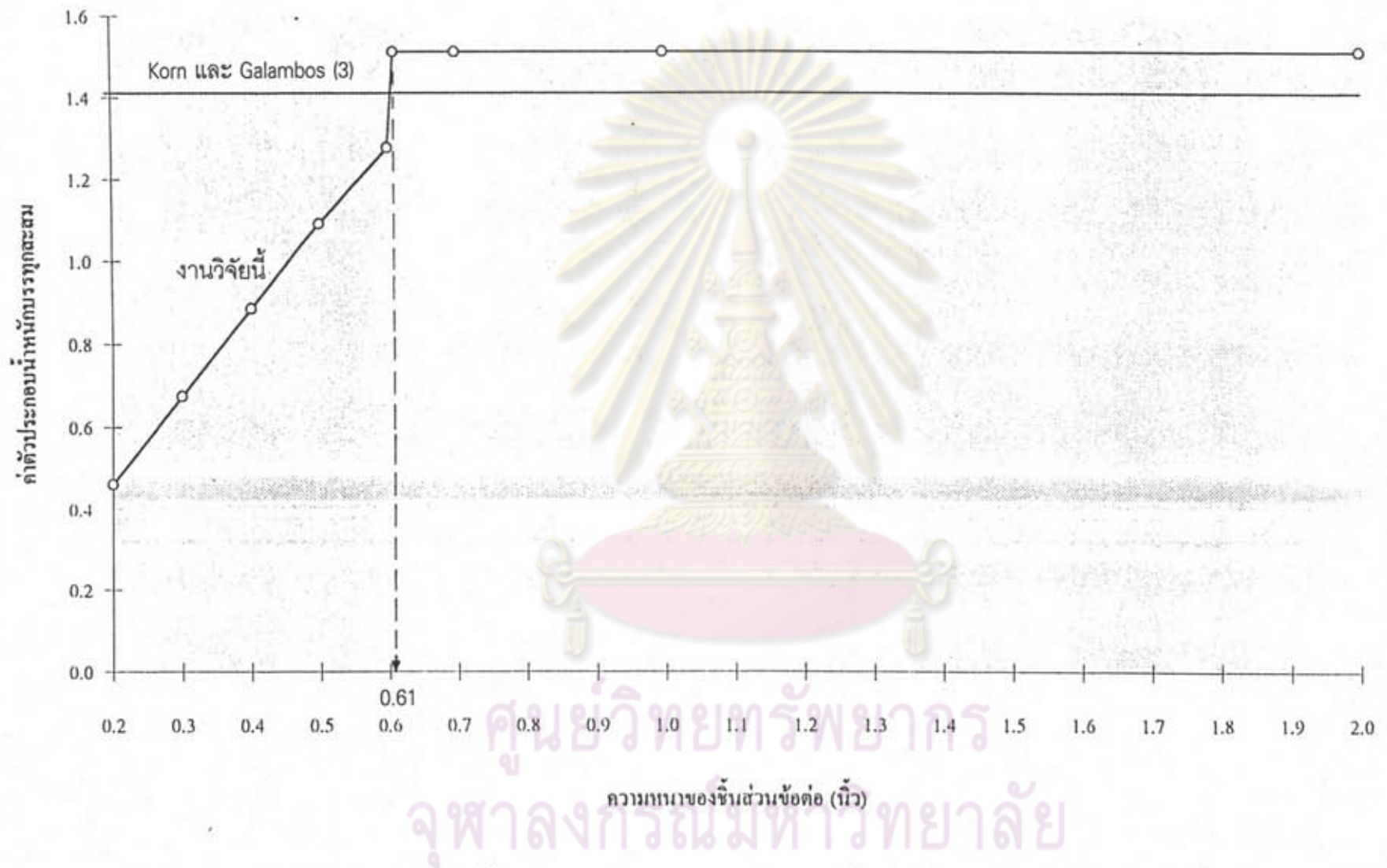
งานวิจัยนี้

($t_p = 1.32$ inch)

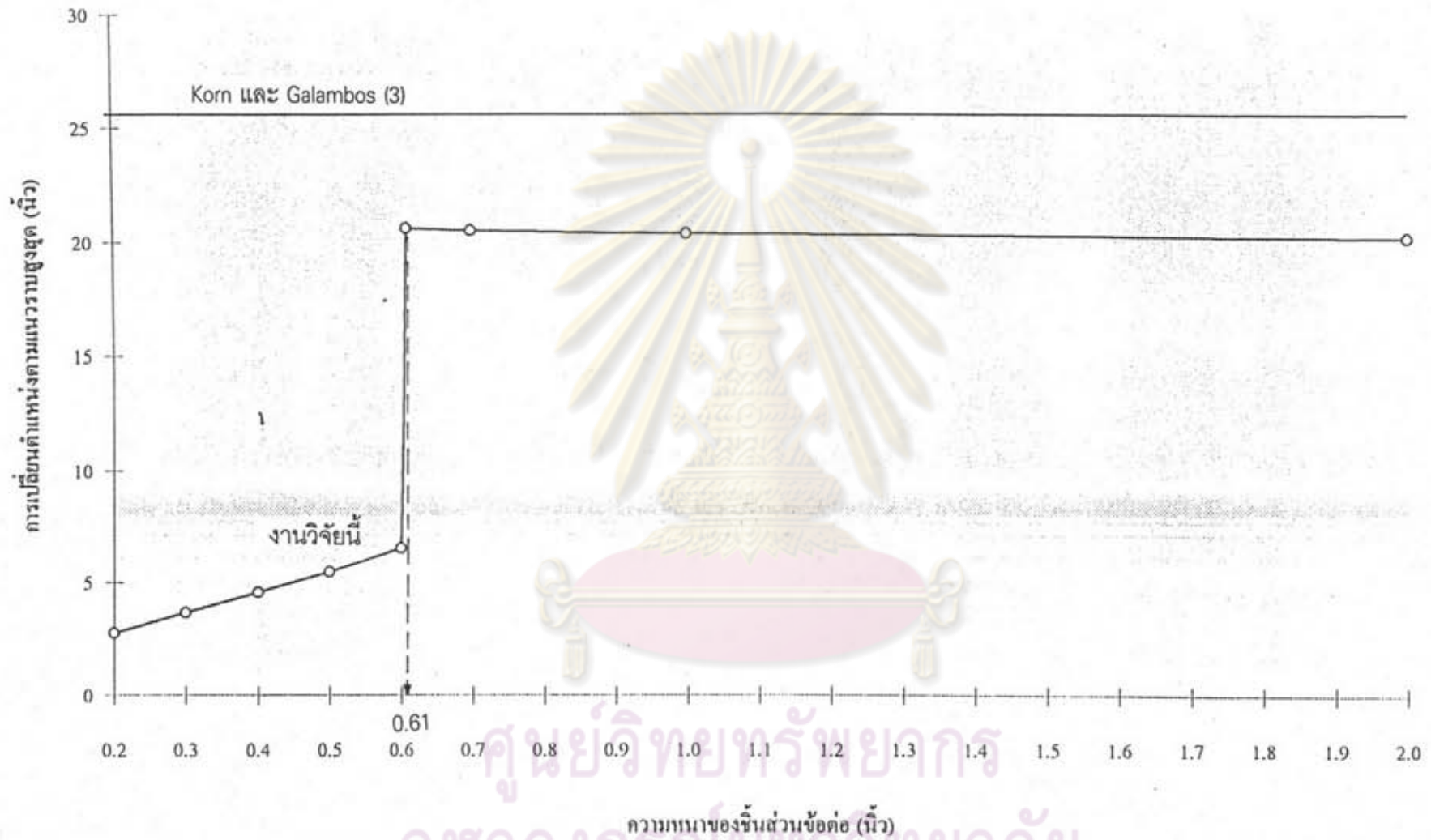
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติกในตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 3.5 ลักษณะโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2



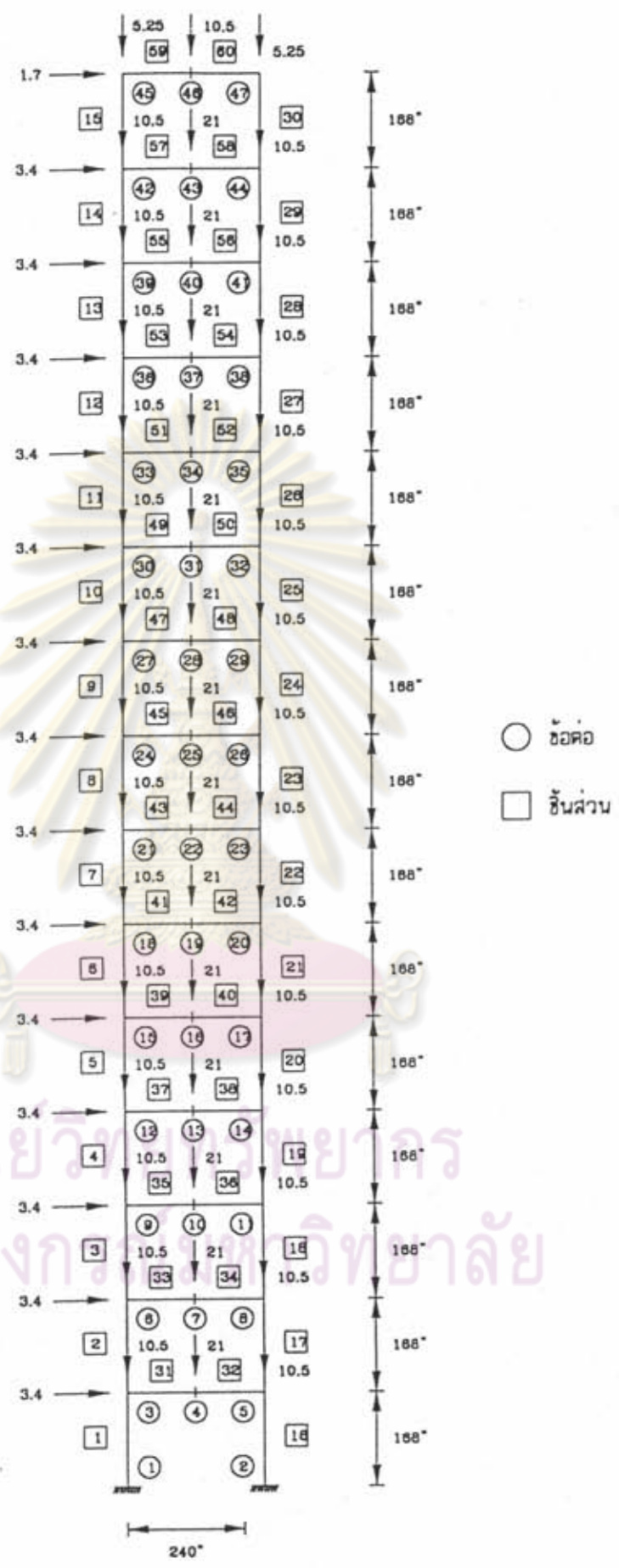
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงค่าของตัวประกอบน้ำหนักรวมกับความหนาของทุกชิ้นส่วนข้อต่อของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2



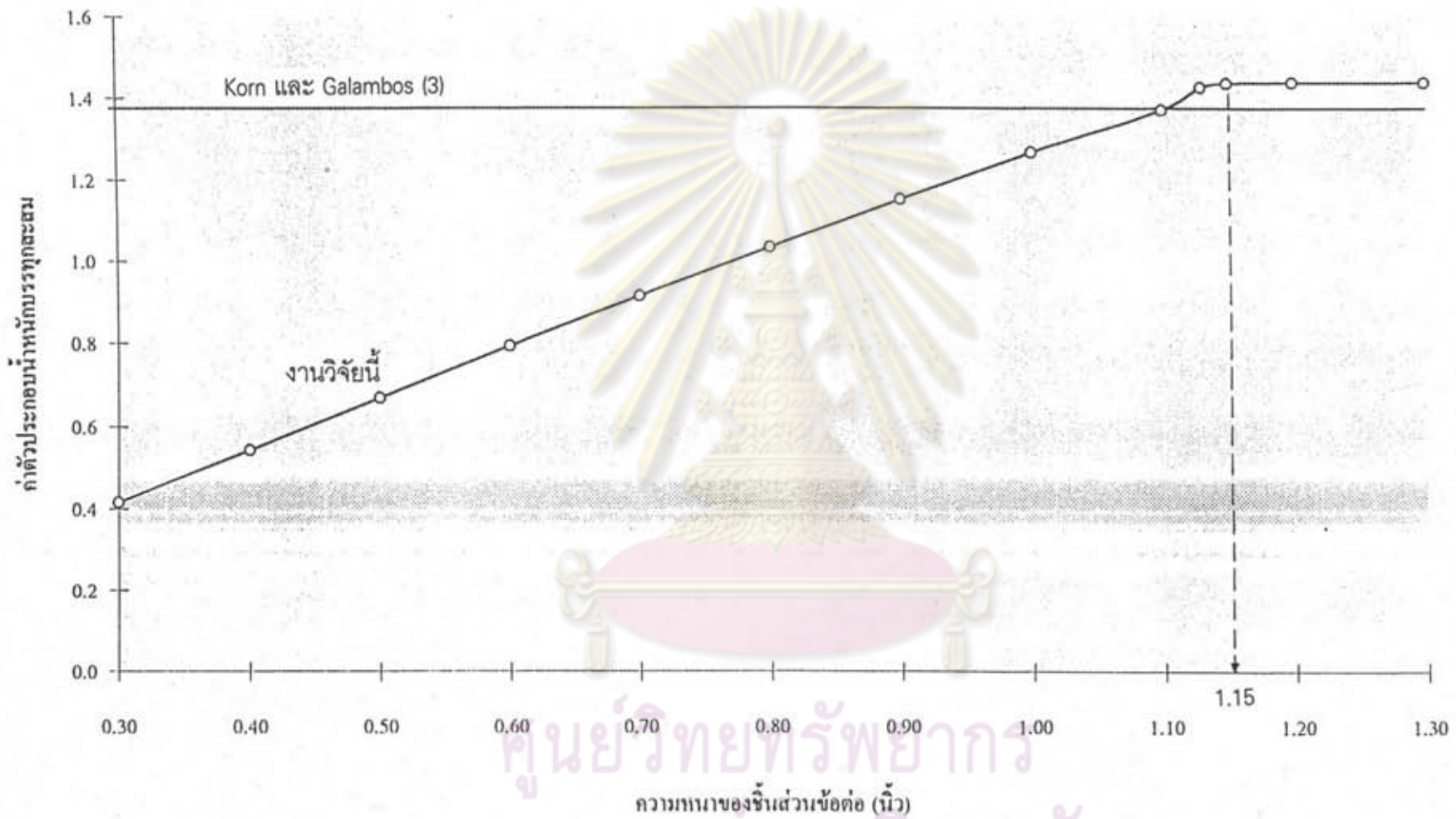
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงการเปลี่ยนตำแหน่งตามแนวราบสูงสุดกับความหนาของทุกชั้นส่วนข้อต่อของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 2



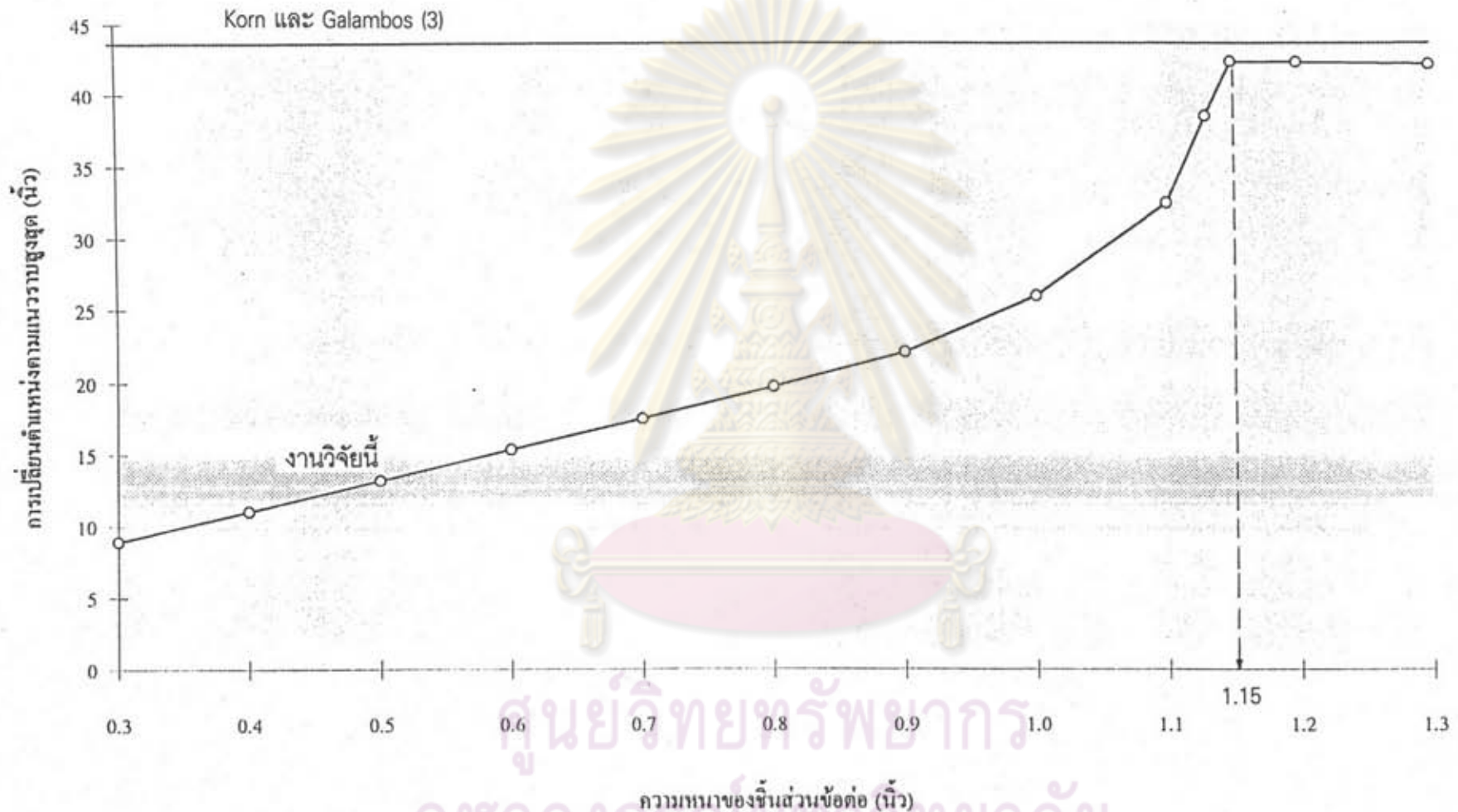
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติกในตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 3.9 ลักษณะโครงสร้างในตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงค่าของตัวประกอบนำหน้าทุกกระดุมกับความหนาของทุกชั้นส่วนข้อต่อของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 3



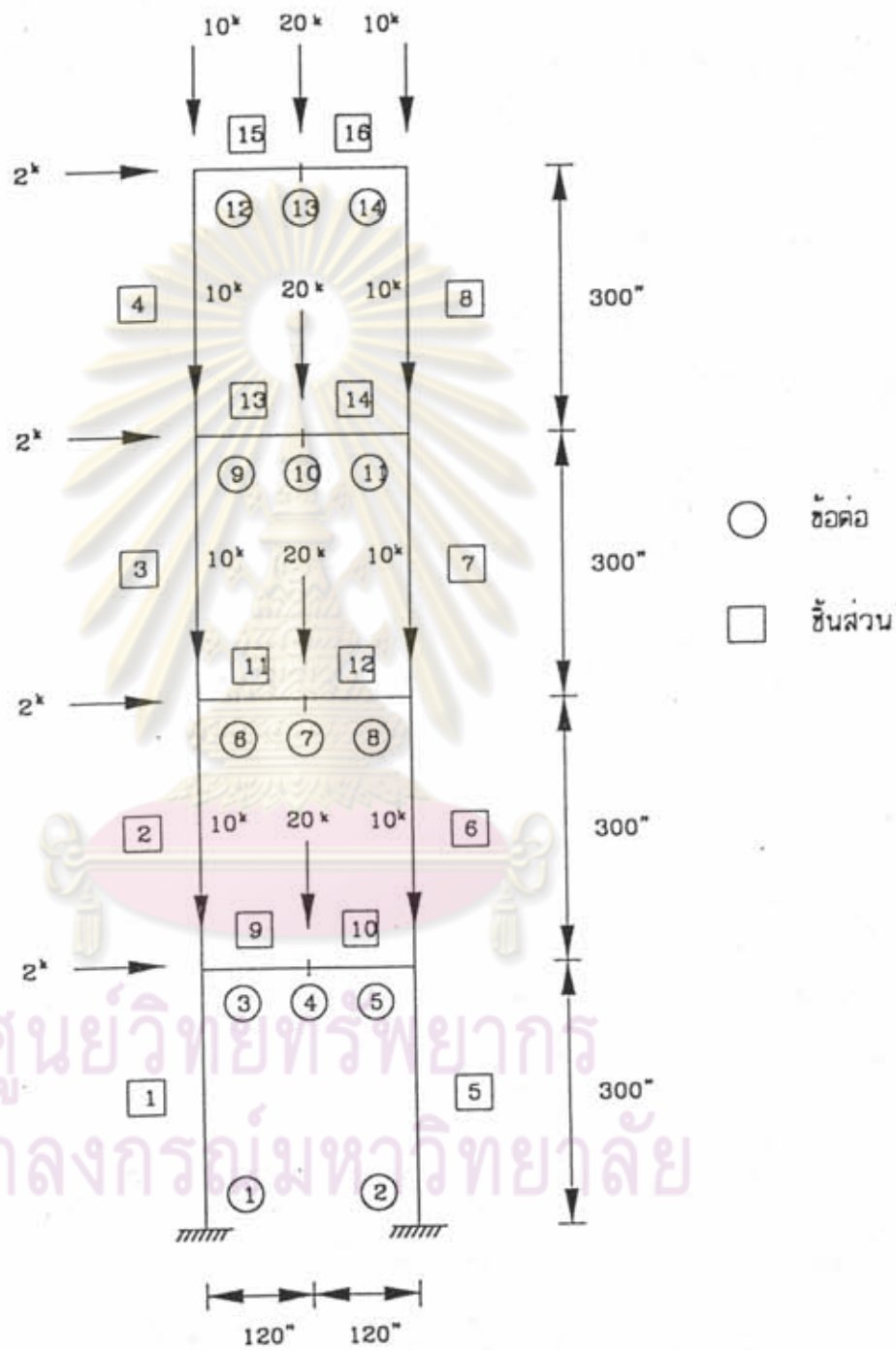
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงการเปลี่ยนตำแหน่งตามแนวราบสูงสุดกับความหนาของทุกชิ้นส่วนข้อต่อของโครงสร้างในตัวอย่างที่ 3



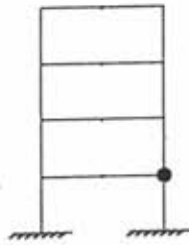
Korn & Galambos (3)

งานวิจัยนี้
(tp = 1.15 inch)

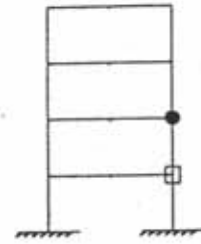
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งและลำดับของการเกิดจุดหมุนพลาสติกในตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 3.13 ลักษณะโครงสร้างในตัวอย่างที่ 4



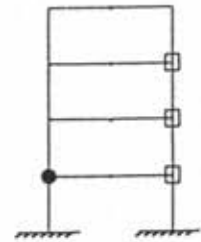
(ก) ความหนาของชิ้นส่วนของข้อต่อ
เท่ากันหมด ($t_p = 0.385''$)



(ข) เสริมความหนาที่ชิ้นส่วน
ข้อต่อที่ 5 ($t_p = 1.32''$)



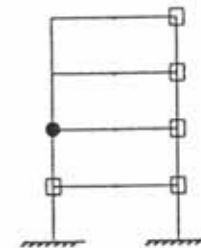
(ค) เสริมความหนาที่ชิ้นส่วนข้อต่อ
ที่ 5 และ 8 ($t_p = 1.32''$)



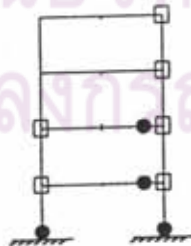
(ง) เสริมความหนาที่ชิ้นส่วนข้อต่อ
ที่ 5, 8 และ 11 ($t_p = 1.32''$)



(จ) เสริมความหนาที่ชิ้นส่วนข้อต่อ
ที่ 5, 8, 11 และ 3 ($t_p = 1.32''$)



(ฉ) เสริมความหนาที่ชิ้นส่วนข้อต่อ
ที่ 5, 8, 11, 3 และ 14 ($t_p = 1.32''$)



(ช) เสริมความหนาที่ชิ้นส่วนข้อต่อ
ที่ 5, 8, 11, 3 และ 14
($t_p = 1.32''$)

- เสริมความหนาที่ชิ้นส่วนข้อต่อ
- เกิดการครากในชิ้นส่วนข้อต่อหรือ
เกิดจุดหมุนพลาสติกที่ปลายคานหรือเสา

รูปที่ 3.14 ตำแหน่งของการเกิดจุดหมุนพลาสติกเมื่อมีการเสริมความหนา ของชิ้นส่วนข้อต่อ



ภาคผนวก ค.

รายการแสดงผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RESULT REPORT OF DATA FILE : F4-1.EPF
 NUMBER OF NODES : 14
 NUMBER OF ELEMENTS : 16
 NUMBER OF MATERIAL TYPES : 1

<< OPTION >>

Maximum duplications of Lagrange prediction : 20
 Maximum iterations of P-Delta effect : 50
 >> Frame instability : Yes
 Axial stiffness for hinge elements : Yes
 P-Delta effect : Yes
 Moment reversal : Yes
 Elastic-Plastic analysis : Yes
 Shear distortion (beam,column) : Yes

HINGE NO.	LOAD FACTOR	ELEM/NODE	HINGE CODE
1	1.160621	10	END
2	1.261150	12	END
3	1.277013	5	START
4	1.318077	1	START

<< LOAD FACTOR = 1.00 >>

NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
1	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3	4.294521e+00	-4.686431e-02	-1.414681e-02	-6.583692e-04
4	4.294513e+00	-6.026815e-01	5.288612e-03	0.000000e+00
5	4.294505e+00	-8.743356e-02	-7.235254e-03	-1.490024e-03
6	9.269350e+00	-8.474647e-02	-1.154651e-02	-4.250960e-04

NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
7	9.268963e+00	-6.183934e-01	4.077792e-03	0.000000e+00
8	9.268577e+00	-1.488705e-01	-5.744154e-03	-1.291855e-03
9	1.261418e+01	-1.126229e-01	-7.483155e-03	-4.330329e-05
10	1.261415e+01	-6.182661e-01	2.185762e-03	0.000000e+00
11	1.261413e+01	-1.872068e-01	-2.766659e-03	-9.444053e-04
12	1.430012e+01	-1.277082e-01	-7.828283e-03	1.471864e-04
13	1.429901e+01	-8.346976e-01	6.511571e-04	0.000000e+00
14	1.429791e+01	-2.052279e-01	3.424403e-03	-5.348005e-04

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
1	1	-5.583327e+01	4.174171e+00	-8.288771e+02
	3	-5.583327e+01	4.174171e+00	4.061559e+02
2	3	-4.577022e+01	2.168356e+00	-2.760787e+02
	6	-4.577022e+01	2.168356e+00	3.565392e+02
3	6	-3.368108e+01	9.495118e-01	-7.551644e+01
	9	-3.368108e+01	9.495118e-01	2.015036e+02
4	9	-1.822645e+01	-1.253223e+00	1.791139e+02
	12	-1.822645e+01	-1.253223e+00	-1.865140e+02
5	2	-1.041667e+02	6.148103e+00	-1.026053e+03
	5	-1.041667e+02	6.148103e+00	7.930171e+02
6	5	-7.422978e+01	5.877594e+00	-8.338479e+02
	8	-7.422978e+01	5.877594e+00	8.809403e+02
7	8	-4.631892e+01	3.967761e+00	-5.321364e+02
	11	-4.631892e+01	3.967761e+00	6.254579e+02
8	11	-2.177355e+01	3.484208e+00	-4.135541e+02
	14	-2.177355e+01	3.484208e+00	6.029637e+02
9	3	-2.412927e-02	6.304788e-02	7.086575e+02
	4	-2.412927e-02	6.304788e-02	7.159632e+02

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
10	4	-2.412927e-02	-1.993695e+01	7.159632e+02
	5	-2.412927e-02	-1.993695e+01	-1.594231e+03
11	6	-1.175460e+00	2.089143e+00	4.535345e+02
	7	-1.175460e+00	2.089143e+00	6.956140e+02
12	7	-1.175460e+00	-1.791086e+01	6.956140e+02
	8	-1.175460e+00	-1.791086e+01	-1.379806e+03
13	9	-7.807763e-02	5.454632e+00	4.363730e+01
	10	-7.807763e-02	5.454632e+00	6.756928e+02
14	10	-7.807763e-02	-1.454537e+01	6.756928e+02
	11	-7.807763e-02	-1.454537e+01	-1.009752e+03
15	12	-3.358548e+00	8.226448e+00	-1.577495e+02
	13	-3.358548e+00	8.226448e+00	7.954902e+02
16	13	-3.358548e+00	-1.177355e+01	7.954902e+02
	14	-3.358548e+00	-1.177355e+01	-5.687702e+02

<< PLASTIC HINGE #1 >>

NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
1	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3	5.235522e+00	-5.330392e-02	-1.706518e-02	-8.291426e-04
4	5.235524e+00	-6.994823e-01	6.459450e-03	0.000000e+00
5	5.235526e+00	-1.025650e-01	-9.043554e-03	-1.794381e-03
6	1.131552e+01	-9.669610e-02	-1.389501e-02	-5.425459e-04
7	1.131509e+01	-7.177209e-01	4.967865e-03	0.000000e+00
8	1.131466e+01	-1.744446e-01	-7.160652e-03	-1.548524e-03
9	1.536291e+01	-1.288506e-01	-8.901377e-03	-7.089314e-05
10	1.536288e+01	-7.175743e-01	2.625409e-03	0.000000e+00
11	1.536286e+01	-2.191380e-01	-3.427254e-03	-1.116729e-03
12	1.737709e+01	-1.463163e-01	-9.156155e-03	1.651705e-04



NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
13	1.737581e+01	-9.687677e-01	7.681832e-04	0.000000e+00
14	1.737453e+01	-2.400963e-01	3.903957e-03	-6.263571e-04

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
1	1	-6.350530e+01	5.139949e+00	-1.015609e+03
	3	-6.350530e+01	5.139949e+00	5.051736e+02
2	3	-5.242757e+01	2.780431e+00	-3.565323e+02
	6	-5.242757e+01	2.780431e+00	4.546585e+02
3	6	-3.884992e+01	1.213847e+00	-9.963631e+01
	9	-3.884992e+01	1.213847e+00	2.545037e+02
4	9	-2.110246e+01	-1.428416e+00	2.063454e+02
	12	-2.110246e+01	-1.428416e+00	-2.103951e+02
5	2	-1.221940e+02	7.430958e+00	-1.244460e+03
	5	-1.221940e+02	7.430958e+00	9.541750e+02
6	5	-8.684691e+01	7.085463e+00	-1.003891e+03
	8	-8.684691e+01	7.085463e+00	1.063293e+03
7	8	-5.399973e+01	4.716866e+00	-6.295948e+02
	11	-5.399973e+01	4.716866e+00	7.465508e+02
8	11	-2.532237e+01	4.069946e+00	-4.815182e+02
	14	-2.532237e+01	4.069946e+00	7.058886e+02
9	3	7.123010e-03	-5.284757e-01	8.921975e+02
	4	7.123010e-03	-5.284757e-01	8.309603e+02
10	4	7.123010e-03	-2.374089e+01	8.309603e+02
	5	7.123010e-03	-2.374089e+01	-1.920015e+03
11	6	-1.308274e+00	1.971443e+00	5.789035e+02
	7	-1.308274e+00	1.971443e+00	8.073444e+02
12	7	-1.308274e+00	-2.124097e+01	8.073444e+02
	8	-1.308274e+00	-2.124097e+01	-1.653953e+03

ศูนย์วิทยพัชร์พชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
13	9	-7.224622e-02	6.141258e+00	7.260587e+01
	10	-7.224622e-02	6.141258e+00	7.842241e+02
14	10	-7.224622e-02	-1.707116e+01	7.842241e+02
	11	-7.224622e-02	-1.707116e+01	-1.193896e+03
15	12	-3.895344e+00	9.496249e+00	-1.771153e+02
	13	-3.895344e+00	9.496249e+00	9.232626e+02
16	13	-3.895344e+00	-1.371616e+01	9.232626e+02
	14	-3.895344e+00	-1.371616e+01	-6.660980e+02

<< PLASTIC HINGE #2 >>

NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
1	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3	6.854872e+00	-8.452665e-02	-2.288285e-02	-1.054799e-03
4	6.853384e+00	-1.040313e+00	7.217665e-03	0.000000e+00
5	6.851761e+00	-1.402971e-01	-1.718819e-02	-1.790027e-03
6	1.475838e+01	-1.667124e-01	-1.663663e-02	-7.261743e-04
7	1.475777e+01	-8.618278e-01	6.013202e-03	0.000000e+00
8	1.475717e+01	-2.558194e-01	-8.729236e-03	-1.800959e-03
9	1.945068e+01	-2.098941e-01	-9.903096e-03	-1.033607e-04
10	1.945041e+01	-8.484053e-01	2.971742e-03	0.000000e+00
11	1.945020e+01	-3.132234e-01	-4.079927e-03	-1.243883e-03
12	2.170760e+01	-2.304067e-01	-1.005018e-02	1.729509e-04
13	2.170573e+01	-1.128203e+00	8.416240e-04	0.000000e+00
14	2.170397e+01	-3.376550e-01	4.185878e-03	-6.858999e-04

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
1	1	-6.751735e+01	6.571556e+00	-1.313984e+03
	3	-6.751735e+01	6.571556e+00	6.303645e+02
2	3	-5.548390e+01	3.841418e+00	-4.654574e+02
	6	-5.548390e+01	3.841418e+00	6.552956e+02
3	6	-4.190400e+01	1.355486e+00	-9.341488e+01
	9	-4.190400e+01	1.355486e+00	3.020476e+02
4	9	-2.287770e+01	-1.518439e+00	2.213697e+02
	12	-2.287770e+01	-1.518439e+00	-2.216339e+02
5	2	-1.342310e+02	8.185585e+00	-1.474985e+03
	5	-1.342310e+02	8.185585e+00	9.468821e+02
6	5	-9.582030e+01	7.817199e+00	-1.015154e+03
	8	-9.582030e+01	7.817199e+00	1.265506e+03
7	8	-5.897887e+01	5.308602e+00	-7.014187e+02
	11	-5.897887e+01	5.308602e+00	8.473556e+02
8	11	-2.756660e+01	4.429896e+00	-5.196833e+02
	14	-2.756660e+01	4.429896e+00	7.727337e+02
9	3	1.456063e-01	-5.752945e-01	1.135859e+03
	4	1.456063e-01	-5.752945e-01	1.069197e+03
10	4	1.560857e-01	-2.579684e+01	1.069197e+03
	5	1.560857e-01	-2.579684e+01	-1.920000e+03
11	6	-8.698124e-01	9.853478e-01	7.737952e+02
	7	-8.698124e-01	9.853478e-01	8.879713e+02
12	7	-8.511623e-01	-2.423334e+01	8.879713e+02
	8	-8.511623e-01	-2.423334e+01	-1.920069e+03
13	9	-1.431104e-01	6.417424e+00	1.062569e+02
	10	-1.431104e-01	6.417424e+00	8.498764e+02
14	10	-1.372581e-01	-1.880622e+01	8.498764e+02
	11	-1.372581e-01	-1.880622e+01	-1.329296e+03

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
15	12	-4.212109e+00	1.026774e+01	-1.856012e+02
	13	-4.212109e+00	1.026774e+01	1.004175e+03
16	13	-4.209841e+00	-1.495939e+01	1.004175e+03
	14	-4.209841e+00	-1.495939e+01	-7.292454e+02

<< PLASTIC HINGE #3 >>

NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
1	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3	7.267224e+00	-9.401948e-02	-2.452626e-02	-1.128523e-03
4	7.265122e+00	-1.130447e+00	7.454101e-03	0.000000e+00
5	1.262811e+00	-1.513853e-01	-1.938035e-02	1.789402e-03
6	1.583752e+01	-1.936817e-01	-1.809361e-02	-7.902469e-04
7	1.583658e+01	-9.615701e-01	6.214152e-03	0.000000e+00
8	1.583563e+01	-2.853822e-01	-1.068055e-02	-1.800561e-03
9	2.088948e+01	-2.425947e-01	-1.032782e-02	-1.309532e-04
10	2.088918e+01	-8.936313e-01	3.122550e-03	0.000000e+00
11	2.088896e+01	-3.491079e-01	-4.314885e-03	-1.282133e-03
12	2.322291e+01	-2.638758e-01	-1.020202e-02	1.719900e-04
13	2.322094e+01	-1.172813e+00	8.627093e-04	0.000000e+00
14	2.321911e+01	-3.744211e-01	4.175855e-03	-6.989319e-04

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
1	1	-6.777888e+01	6.884775e+00	-1.384853e+03
	3	-6.777888e+01	6.884775e+00	6.521666e+02
2	3	-5.576708e+01	4.240445e+00	-5.208382e+02
	6	-5.576708e+01	4.240445e+00	7.163397e+02
3	6	-4.217415e+01	1.502866e+00	-9.935815e+01
	9	-4.217415e+01	1.502866e+00	3.391014e+02

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
4	9	-2.313172e+01	-1.543356e+00	2.292423e+02
	12	-2.313172e+01	-1.543356e+00	-2.210306e+02
5	2	-1.364974e+02	8.340952e+00	-1.529974e+03
	5	-1.364974e+02	8.340952e+00	9.378526e+02
6	5	-9.742821e+01	7.913257e+00	-1.025601e+03
	8	-9.742821e+01	7.913257e+00	1.283083e+03
7	8	-5.997459e+01	5.370418e+00	-6.853054e+02
	11	-5.997459e+01	5.370418e+00	8.815024e+02
8	11	-2.794672e+01	4.504676e+00	-5.270737e+02
	14	-2.794672e+01	4.504676e+00	7.871592e+02
9	3	6.109140e-02	-7.582370e-01	1.215166e+03
	4	6.109140e-02	-7.582370e-01	1.127305e+03
10	4	7.678935e-02	-2.629831e+01	1.127305e+03
	5	7.678935e-02	-2.629831e+01	-1.920000e+03
11	6	-7.294048e-01	8.470883e-01	8.424208e+02
	7	-7.294048e-01	8.470883e-01	9.405758e+02
12	7	-7.076583e-01	-2.468731e+01	9.405758e+02
	8	-7.076583e-01	-2.468731e+01	-1.920000e+03
13	9	-5.148879e-02	6.276907e+00	1.353403e+02
	10	-5.148879e-02	6.276907e+00	8.626771e+02
14	10	-4.285164e-02	-1.926308e+01	8.626771e+02
	11	-4.285164e-02	-1.926308e+01	-1.369435e+03
15	12	-4.276011e+00	1.036342e+01	-1.847159e+02
	13	-4.276011e+00	1.036342e+01	1.016147e+03
16	13	-4.272991e+00	-1.518186e+01	1.016147e+03
	14	-4.272991e+00	-1.518186e+01	-7.430517e+02

<< PLASTIC HINGE #4 >>

NODE	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT	Z-ROTATION	GAMMA
1	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
2	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
3	9.921970e+00	-1.564270e-01	-3.306934e-02	-1.543114e-03
4	9.917092e+00	-1.590472e+00	8.733407e-03	0.000000e+00
5	9.911628e+00	-2.211298e-01	-2.906768e-02	-1.789321e-03
6	2.139459e+01	-3.372466e-01	-2.384188e-02	-1.060823e-03
7	2.139218e+01	-1.380123e+00	7.050746e-03	0.000000e+00
8	2.138972e+01	-4.402554e-01	-1.882596e-02	-1.798916e-03
9	2.786925e+01	-4.098649e-01	-1.193481e-02	-2.449806e-04
10	2.786890e+01	-1.102735e+00	3.685098e-03	0.000000e+00
11	2.786867e+01	-5.298451e-01	-5.207616e-03	-1.416662e-03
12	3.047854e+01	-4.337301e-01	-1.063531e-02	1.650069e-04
13	3.047629e+01	-1.371954e+00	9.232855e-04	0.000000e+00
14	3.047430e+01	-5.581246e-01	4.037235e-03	-7.395614e-04

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
1	1	-6.648271e+01	9.526916e+00	-1.903482e+03
	3	-6.648271e+01	9.526916e+00	9.152656e+02
2	3	-5.559999e+01	5.716868e+00	-6.937817e+02
	6	-5.559999e+01	5.716868e+00	9.741761e+02
3	6	-4.246506e+01	2.110160e+00	-1.254641e+02
	9	-4.246506e+01	2.110160e+00	4.901695e+02
4	9	-2.373824e+01	-1.623831e+00	2.591535e+02
	12	-2.373824e+01	-1.623831e+00	-2.145969e+02
5	2	-1.443049e+02	8.213023e+00	-1.529974e+03
	5	-1.443049e+02	8.213023e+00	9.000096e+02
6	5	-1.024691e+02	8.394856e+00	-1.073008e+03
	8	-1.024691e+02	8.394856e+00	1.376177e+03

ELEM	NODE	AXIAL	SHEAR	BENDING
7	8	-6.295694e+01	5.496772e+00	-5.973444e+02
	11	-6.295694e+01	5.496772e+00	1.006324e+03
8	11	-2.898170e+01	4.729804e+00	-5.480502e+02
	14	-2.898170e+01	4.729804e+00	8.318600e+02
9	3	1.114608e+00	-2.284966e+00	1.662082e+03
	4	1.114608e+00	-2.284966e+00	1.397307e+03
10	4	1.162498e+00	-2.862839e+01	1.397307e+03
	5	1.162498e+00	-2.862839e+01	-1.920000e+03
11	6	-2.841662e-01	7.634344e-03	1.131504e+03
	7	-2.841662e-01	7.634344e-03	1.132386e+03
12	7	-2.477213e-01	-2.634262e+01	1.132386e+03
	8	-2.477213e-01	-2.634262e+01	-1.920000e+03
13	9	3.655701e-01	5.559213e+00	2.556793e+02
	10	3.655701e-01	5.559213e+00	8.998523e+02
14	10	3.850632e-01	-2.079786e+01	8.998523e+02
	11	3.850632e-01	-2.079786e+01	-1.510104e+03
15	12	-4.464277e+00	1.056008e+01	-1.778283e+02
	13	-4.464277e+00	1.056008e+01	1.045823e+03
16	13	-4.458567e+00	-1.580916e+01	1.045823e+03
	14	-4.458567e+00	-1.580916e+01	-7.860654e+02

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน



นายทรงพล วงศ์สกุลวิวัฒน์ เกิดเมื่อ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2508 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมโยธาจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2529 เข้าศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2536



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย