

บทที่ 3

ตัวอย่างการคำนวณออกแบบและเปรียบเทียบ

กล่าวนำ

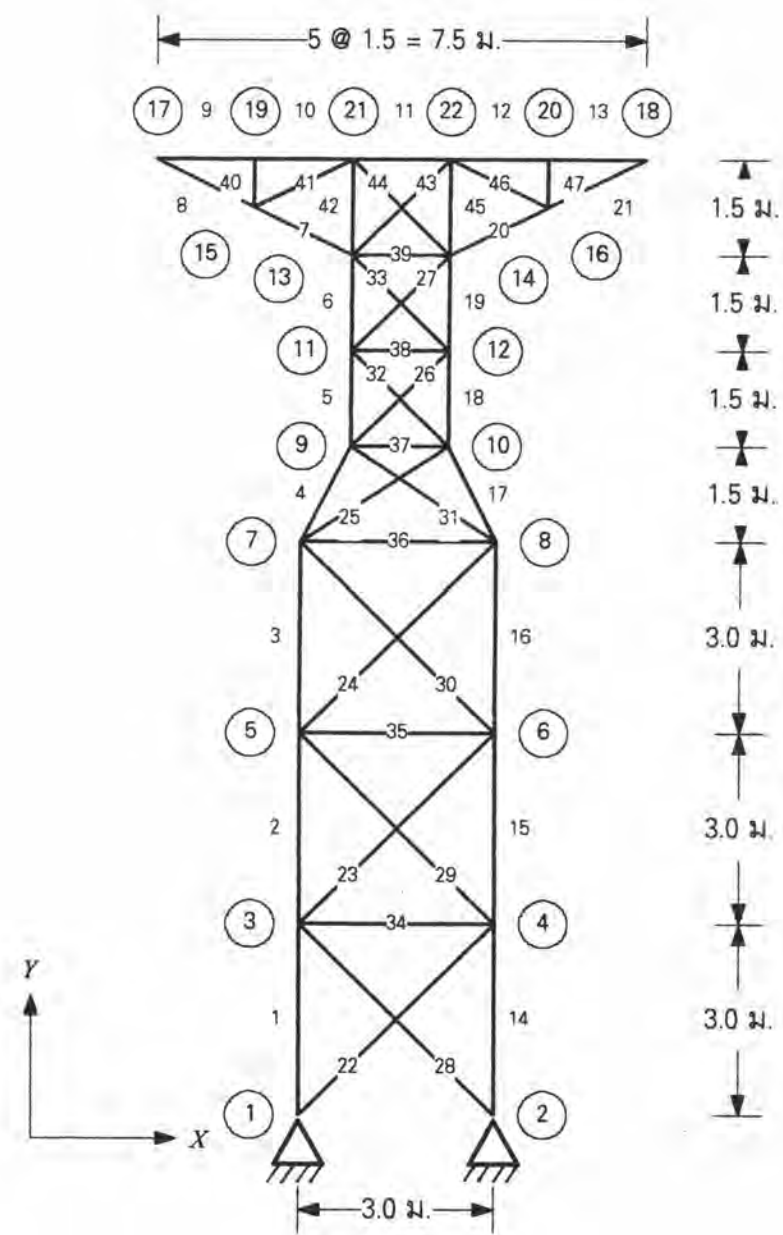
ในบทนี้จะแสดงถึงตัวอย่างการคำนวณออกแบบชิ้นส่วนที่ประกอบเป็นโครงถักระนาบ 4 ตัวอย่าง และทำการเปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรม D-TRUSS (สุรฤทธิ คำดี, กรรฤทธิ ดันเนียม และทักษิณ เทพชาตรี, 2531) และเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา (วรพรรณ วงศ์สรรคกร, 2539) รวมทั้งทำการเปรียบเทียบผลการออกแบบด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 80486 DX ในการคำนวณออกแบบ

ตัวอย่างการคำนวณออกแบบและผลลัพธ์

ในตัวอย่างที่ใช้ในการคำนวณออกแบบได้ใช้คุณสมบัติของวัสดุดังต่อไปนี้

- วัสดุที่ใช้ทำองค์อาคารโครงถักระนาบเป็นเหล็กรูปพรรณ
- มีหน่วยแรงดึงและแรงอัดที่จุดกลาง 2,520 กก./ตร.ซม
- มีค่ากำลังดึงที่น้อยที่สุด 4,000 กก./ตร.ซม.
- โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก 2,100,000 กก./ตร.ซม
- ค่าสัมประสิทธิ์ลดกำลัง $U = 0.9$

ตัวอย่างที่ 1 เป็นตัวอย่างโครงถักเสาไฟฟ้าแรงสูงสี่สิบเจ็ดชิ้นส่วน มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ถึง 3.3 ตรวจสอบเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม SAP90 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของ การทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างโครงถักสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเบื้องต้น

จำนวนจุดต่อ	จำนวนชิ้นส่วน	จำนวนชุดหน้าตัด
22	47	1

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลแรงกระทำ (ตัน)

จุดต่อ	แรงในแนวราบ	แรงในแนวตั้ง
17	3	-7

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	ชุดหน้าตัด	ขนาด (ซม. ²)
1-47	1	3.25

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งของโครงสร้างจากการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นและการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นโปรแกรม SAP90

จุดต่อ	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น (ซม.)		การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (ซม.)		การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (SAP90) (ซม.)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0.3658	0.0874	0.3611	0.0822	0.3613	0.0824
4	0.4248	-0.330	0.4200	-0.325	0.4201	-0.325

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) เปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งของโครงสร้างจากการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นและการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นโปรแกรม SAP90

จุดต่อ	การวิเคราะห์แบบ เชิงเส้น (ขม.)		การวิเคราะห์แบบไม่ เชิงเส้น (ขม.)		การวิเคราะห์แบบไม่ เชิงเส้น (SAP90) (ขม.)	
	X	Y	X	Y	X	Y
5	1.0533	0.0370	1.0332	0.0262	1.0338	0.0264
6	1.0993	-0.534	1.0792	-0.523	1.0796	-0.524
7	1.723	-0.152	1.6757	-0.169	1.6763	-0.169
8	1.8355	-0.614	1.7883	-0.596	1.7894	-0.597
9	2.1124	-0.616	2.0499	-0.633	2.0513	-0.633
10	2.1051	-0.403	2.0419	-0.386	2.0434	-0.386
11	1.7460	-0.898	1.6422	-0.921	1.6443	-0.921
12	1.7914	-0.245	1.6871	-0.221	1.6895	-0.222
13	0.9848	-1.230	0.8284	-1.259	0.8314	-1.259
14	0.8615	-0.006	0.7016	0.0240	0.7051	0.0237
15	0.2649	-3.530	0.0754	-3.638	0.0779	-3.635
16	0.0487	1.6201	-0.146	1.7183	-0.142	1.7170
17	-1.308	-7.536	-1.548	-7.759	-1.547	-7.753
18	-0.704	3.1246	-0.932	3.2885	-0.926	3.2861
19	-1.066	-3.530	-1.302	-3.640	-1.299	-3.636
20	-0.704	1.6201	-0.932	1.7180	-0.926	1.7170
21	-0.825	-1.351	-1.055	-1.384	-1.050	-1.383
22	-0.704	0.1157	-0.931	0.1475	-0.921	0.1478

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบแรงภายในที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นและการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม SAP90

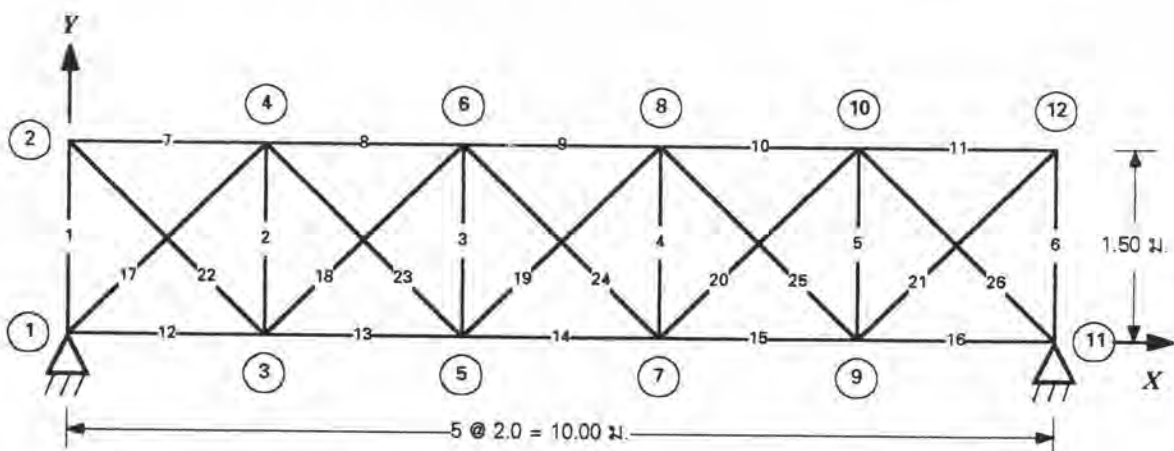
ชิ้นส่วน	การวิเคราะห์แบบ เชิงเส้น (กก.)	การวิเคราะห์แบบ ไม่เชิงเส้น (กก.)	การวิเคราะห์แบบไม่ เชิงเส้น (SAP90) (กก.)
1	1989.02	1870.38	1871.69
2	-1147.56	-1274.69	-1274.41
3	-4306.70	-4447.52	-4448.60
4	-9792.14	-10057.00	-10058.00
5	-12812.50	-13119.00	-13111.40
6	-15122.80	-15401.80	-15384.70
7	-15652.50	-15863.90	-15817.10
8	-15652.50	-15930.20	-15800.70
9	11000.00	11179.60	11316.79
10	11000.00	11266.70	11316.79
11	5512.71	5618.09	5646.66
12	0.00	-29.14	0.00
13	0.00	-30.53	0.00
14	-7510.98	-7389.86	-7391.29
15	-4647.56	-4514.18	-4515.90
16	-1806.70	-1660.71	-1663.55
17	2785.75	3051.48	3048.73
18	7187.54	7487.06	7490.07
19	10877.23	11152.80	11163.36
20	0.00	-35.53	0.00
21	0.00	-28.86	0.00
22	1076.19	1083.07	1082.60
23	1269.34	1280.59	1279.76
24	1494.40	1509.01	1507.40

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) เปรียบเทียบแรงภายในที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นและ
การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม SAP90

ชิ้นส่วน	การวิเคราะห์แบบ เชิงเส้น (กก.)	การวิเคราะห์แบบ ไม่เชิงเส้น (กก.)	การวิเคราะห์แบบไม่ เชิงเส้น (SAP90) (กก.)
25	4522.00	4673.00	4671.00
26	1148.99	1117.78	1124.21
27	173.62	107.62	123.30
28	-3166.45	-3172.49	-3172.53
29	-2973.30	-2982.26	-2982.94
30	-2748.25	-2753.84	-2755.25
31	-5843.97	-6005.80	-6004.88
32	-3093.65	-3091.61	-3086.65
33	-4069.02	-4094.83	-4079.73
34	1341.46	1340.64	1339.73
35	1045.74	1044.88	1044.21
36	2559.95	2573.68	2572.27
37	-329.16	-361.02	-359.05
38	2064.77	2045.34	2055.71
39	-5610.05	-5770.80	-5747.25
40	0.00	-221.96	-136.70
41	0.00	-124.38	-74.58
42	-5487.29	-5670.81	-5632.27
43	-7796.15	-8014.01	-7983.04
44	7760.20	7909.88	7940.00
45	5512.71	5615.31	5646.76
46	0.00	-29.97	0.00
47	0.00	-22.14	0.00

ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงในตารางที่ 3.4 และ 3.5 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นพร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้นกับผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม SAP90 โดยตารางที่ 3.4 แสดงผลเปรียบเทียบการเปลี่ยนตำแหน่งของโครงสร้าง ตารางที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบแรงภายในของโครงสร้าง จะเห็นว่าการเปลี่ยนตำแหน่งและแรงภายในมีค่าใกล้เคียงกันกับผลที่ได้จากโปรแกรม SAP90

ตัวอย่างที่ 2 เป็นตัวอย่างโครงถักระนาบยี่สิบหกชิ้นส่วน มีลักษณะดังรูปที่ 3.2 มีน้ำหนักกระทำเป็นน้ำหนักคงที่ และน้ำหนักบรรทุกจร มีจำนวนชุดของหน้าตัด 4 ชุด ข้อมูลของโครงสร้างแสดงในตารางที่ 3.6 ถึง 3.8 ตรวจสอบเปรียบเทียบผลการออกแบบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา และเปรียบเทียบผลการออกแบบด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยข้อกำหนดมาตรฐาน AISC/ASD 1989 และ AISC/LRFD 1994 รวมทั้งเปรียบเทียบผลการออกแบบด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 กับโปรแกรม D-TRUSS



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโครงถักยี่สิบหกชิ้นส่วน

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลเบื้องต้น

จำนวนจุดต่อ	จำนวนชิ้นส่วน	จำนวนชุดหน้าตัด
12	26	4

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลแรงกระทำ (ตัน)

จุดต่อ	น้ำหนักบรรทุกคงที่		น้ำหนักบรรทุกจร	
	แนวราบ	แนวตั้ง	แนวราบ	แนวตั้ง
2	0	-0.5	0	-4.5
3	0	0.0	0	-4.0
4	0	-2.0	0	-8.0
5	0	0.0	0	-4.0
6	0	-2.0	0	-8.0
7	0	0.0	0	-4.0
8	0	-2.0	0	-8.0
9	0	0.0	0	-4.0
10	0	-2.0	0	-8.0
12	0	-0.5	0	-4.5

ตารางที่ 3.8 ข้อมูลชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	ชุดหน้าตัด	ชนิดของหน้าตัด
1-7, 11-16	1	ท่อกลมกลวง
8-10	2	ท่อกลมกลวง
18-25	3	ท่อกลมกลวง
17, 26	4	ท่อกลมกลวง

ตารางที่ 3.9 เปรียบเทียบผลการคำนวณในแต่ละรอบของโครงถักกระนาบสามสิบสองชิ้นส่วน
ด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นตามข้อกำหนด AISC/ASD 1989

กรณีที่ 1 DL+LL

รอบที่ 1

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	16	15.52	1114.93	1281.27	12	15.52	1208.55	1281.27
2	9	35.38	1367.48	1397.86	9	40.17	1303.45	1414.81
3	25	17.05	1234.62	1277.18	18	21.19	1088.77	1273.81
4	17	29.64	1204.49	1360.60	17	29.64	1293.83	1360.60

รอบที่ 2

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	16	12.52	1033.84	1283.66	12	12.52	1055.00	1283.66
2	9	40.17	1352.22	1414.82	9	40.17	1367.61	1414.81
3	25	12.52	1197.48	1201.88	18	12.52	1195.55	1201.87
4	17	29.64	1318.64	1360.60	17	29.64	1304.88	1360.60

รอบที่ 3

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด หน้าตัด	หน่วยแรง ที่เกิดขึ้น	หน่วยแรง ที่ยอมให้	ชิ้น ส่วน	ขนาด หน้าตัด	หน่วยแรง ที่เกิดขึ้น	หน่วยแรง ที่ยอมให้
1	12	12.52	913.36	1283.66	14	12.52	1105.81	1512.00
2	9	40.17	1378.66	1414.82	9	40.17	1385.55	1414.82
3	25	12.52	1084.39	1201.88	18	12.52	1092.31	1201.88
4	26	33.63	1211.39	1383.56	17	33.63	1215.45	1383.55

รอบที่ 4

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	14	12.52	1081.76	1512.00	14	12.52	1088.19	1512.00
2	9	40.17	1377.71	1414.82	9	40.17	1384.59	1414.82
3	25	12.52	1084.01	1201.88	25	12.52	1092.07	1201.88
4	26	33.63	1234.60	1383.56	17	33.63	1238.72	1383.56

ตารางที่ 3.10 เปรียบเทียบผลการคำนวณในแต่ละรอบของโครงถักกระนาบสามสิบสองชั้นส่วน
ด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นตามข้อกำหนด AISC/LRFD 1994

กรณีที่ 2 1.2DL+1.6LL

รอบที่ 1

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	12	15.52	1715.25	1872.59	12	21.19	1624.62	1957.35
2	9	40.17	1853.60	2066.72	9	44.96	2056.94	2081.56
3	18	21.19	1539.39	1860.57	18	22.70	1877.76	1941.05
4	17	29.64	1867.16	1994.32	17	35.38	1971.27	1993.03

รอบที่ 2

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	12	12.52	1614.13	1876.44	12	12.52	1677.43	1876.44
2	9	44.96	1871.96	2081.56	9	44.96	1870.05	2081.56
3	18	15.52	1471.27	1736.23	18	15.52	1525.42	1736.23
4	17	33.63	1762.77	2026.44	17	29.64	1992.42	1994.32

รูปที่ 3

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	14	12.52	1668.38	2268.00	12	12.52	1438.10	1876.44
2	9	44.96	1904.45	2081.56	9	44.96	1920.04	2081.56
3	18	12.52	1653.06	1741.80	18	12.52	1670.62	1741.80
4	17	33.63	1880.45	2026.44	17	33.63	1851.54	2026.44

รูปที่ 4

กลุ่ม ที่	การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น				การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	14	12.52	1649.13	2268.00	12	12.52	1352.23	1876.44
2	9	44.96	1906.50	2081.56	9	44.96	1921.00	2081.56
3	18	12.52	1625.32	1741.80	18	12.52	1643.08	1741.80
4	17	33.63	1899.83	2026.44	17	33.63	1909.22	2026.44

ตารางที่ 3.11 สรุปเปรียบเทียบผลการออกแบบด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และ
AISC/LRFD 1994 กับโปรแกรมผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ข้อกำหนด AISC/ASD 1989

กลุ่มที่	งานวิจัยนี้ (ซม. ²)		งานวิจัยที่ ผ่านมา (ซม. ²)	D-TRUSS (ซม. ²)	เปลี่ยนแปลง ¹ (%)	เปลี่ยนแปลง ² (%)	เปลี่ยนแปลง ³ (%)
	ภาค +๑ าระห์เชิงเส้น	การวิเคราะห์ ไม่เชิงเส้น					
1	12.52	12.52	12.52	15.52	0.00	0.00	23.96
2	40.17	40.17	40.17	40.17	0.00	0.00	0.00
3	12.52	12.52	15.52	17.05	0.00	23.96	36.18
4	33.63	33.63	35.38	29.64	0.00	5.20	-11.86
ปริมาตร(ซม. ³)	94.753	94.753	101,628	108,718	0.00	7.26	14.74

ข้อกำหนด AISC/LRFD 1994

กลุ่มที่	งานวิจัยนี้ (ชม. ²)		งานวิจัยที่ ผ่านมา (ชม. ²)	เปลี่ยนแปลง ¹ (%)	เปลี่ยนแปลง ² (%)
	การวิเคราะห์ เชิงเส้น	การวิเคราะห์ ไม่เชิงเส้น			
1	12.52	12.52	12.52	0.00	0.00
2	44.96	44.96	44.96	0.00	0.00
3	12.52	12.52	17.05	0.00	36.18
4	33.63	33.63	40.17	0.00	19.45
ปริมาตร(ชม ³)	97,627	97,627	109,957	0.00	12.63

- 1 เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น
- 2 เปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา นางสาวพรพรรณ วงศ์สรรรคกร (2539)
- 3 เปรียบเทียบกับผลจากโปรแกรม D-TRUSS

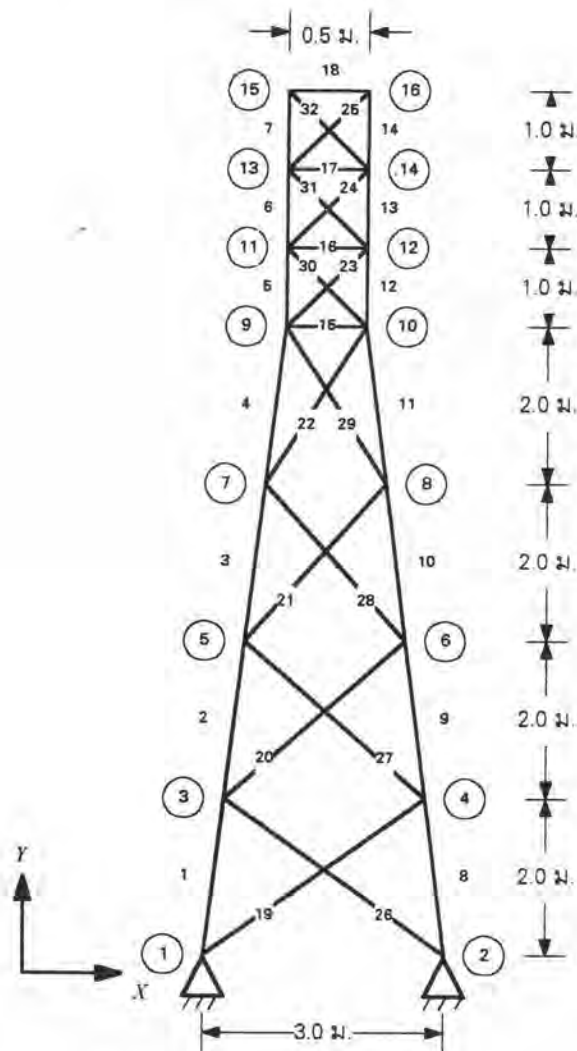
ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงในตารางที่ 3.11 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการออกแบบระหว่างผลงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยที่ผ่านมา นางสาวพรพรรณ วงศ์สรรรคกร (2539) และโปรแกรม D-TRUSS ตารางที่ 3.9 และ 3.10 แสดงผลการคำนวณในแต่ละรอบด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นตามข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และ AISC/LRFD 1994 ตามลำดับ โดยแสดงในกรณีนี้ว่านักรวมที่วิกฤต คือ กรณีที่ 1 ในข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และกรณีที่ 2 ในข้อกำหนด AISC/LRFD 1994 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ

- ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบโดยการวิเคราะห์เชิงเส้นและไม่เชิงเส้น ได้ปริมาตรรวมเท่ากันทั้งในกรณีนี้ออกแบบด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และ AISC/LRFD 1994

- ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบโดยการวิเคราะห์เชิงเส้นกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา โดยผลงานวิจัยนี้ให้ปริมาตรรวมของโครงถัก 94,753 ชม³ สำหรับข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และ 97,627 ชม³ สำหรับข้อกำหนด AISC/LRFD 1994 เมื่อเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา 101,628 ชม³ สำหรับข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และ 109,957 ชม³ สำหรับข้อกำหนด AISC/LRFD 1994 หรือปริมาตรรวมของโครงถักลดลง 7.26% และ 12.63% ตามลำดับ

- ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลการออกแบบโดยการวิเคราะห์เชิงเส้นด้วยข้อกำหนดมาตรฐาน AISC/ASD 1989 กับโปรแกรม D-TRUSS โดยงานวิจัยนี้ให้ปริมาตรรวมของโครงถักเท่ากับ 94,753 ชม³ และสำหรับโปรแกรม D-TRUSS ให้ปริมาตรรวมเท่ากับ 108,718 ชม³ หรือปริมาตรเพิ่มขึ้น 14.74%

ตัวอย่างที่ 3 เป็นตัวอย่างโครงถักกระนาบสามสิบสองชั้นส่วนมีลักษณะดังรูปที่ 3.3 เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแบบยื่น มีน้ำหนักกระทำ 1 ชุด โดยแบ่งกลุ่มของชั้นส่วนเป็นจำนวนชุดของหน้าตัด 11 ชุด เพื่อให้มีความอิสระในการเลือกขนาดหน้าตัดมากขึ้น ข้อมูลของโครงสร้างแสดงในตารางที่ 3.12 ถึง 3.14 เปรียบเทียบผลการออกแบบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 รวมทั้ง โปรแกรม D-TRUSS โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนตำแหน่งมากที่สุดไม่เกิน 6.11 ซม หรือ $L/180$.



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างโครงถักสามสิบสองชั้นส่วน

ตารางที่ 3.12 ข้อมูลเบื้องต้น

จำนวน จุดต่อ	จำนวน ชิ้นส่วน	จำนวนชุด หน้าตัด
16	32	11

ตารางที่ 3.13 ข้อมูลแรงกระทำ (กิโลกรัม)

จุดต่อ	น้ำหนักบรรทุก	
	แนวราบ	แนวตั้ง
3	480	-365
4	0	-365
5	1090	-315
6	0	-315
7	630	-315
8	0	-400
9	560	-400
10	0	-400
11	590	-400
12	0	-500
13	590	-500
14	0	-500
15	670	-505
16	0	-505

ตารางที่ 3.14 ข้อมูลชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	ชุดหน้าตัด	ชนิดของหน้าตัด
1, 8	1	ท่อกลมกลวง
2, 9	2	ท่อกลมกลวง
3, 10	3	ท่อกลมกลวง
4, 11	4	ท่อกลมกลวง
5-7, 12-14	5	ท่อกลมกลวง
15-18	6	ท่อกลมกลวง
19, 26	7	ท่อกลมกลวง
20, 27	8	ท่อกลมกลวง
21, 28	9	ท่อกลมกลวง
22, 29	10	ท่อกลมกลวง
23-25, 30-32	11	ท่อกลมกลวง

ตารางที่ 3.15 เปรียบเทียบผลการคำนวณในแต่ละรอบของโครงถักสะพานสามลีสองชิ้นส่วน
ด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นตามข้อกำหนด AISC/ASD 1989

การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น

กลุ่ม ที่	รอบที่ 1				รอบที่ 2			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	8	12.52	1070.62	1279.89	8	12.52	1074.95	1279.89
2	9	12.52	911.45	1279.89	9	12.52	919.20	1279.89
3	10	12.52	817.78	1279.89	10	12.52	813.60	1279.89
4	11	8.62	1031.48	1181.16	11	8.62	1069.14	1181.16
5	12	5.23	1263.70	1294.25	12	5.23	1293.06	1294.25
6	18	1.21	185.25	1141.25	18	1.21	193.23	1141.25
7	26	5.23	159.74	397.06	26	5.23	167.80	397.06
8	27	5.23	283.16	539.88	27	5.23	272.39	539.88
9	28	3.25	225.60	354.38	28	3.25	259.07	354.38
10	29	3.25	257.38	461.32	29	2.54	202.10	280.77
11	30	3.25	846.82	1090.89	30	3.25	798.34	1090.89

กลุ่ม ที่	รอบที่ 3				รอบที่ 4			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	8	12.52	1074.40	1279.89	8	12.52	1073.73	1279.89
2	9	12.52	919.79	1279.89	9	12.52	919.65	1279.89
3	10	8.62	1179.34	1181.16	10	8.62	1178.06	1181.16
4	11	8.62	1076.71	1181.16	11	8.62	1080.29	1181.16
5	12	5.23	1291.99	1294.25	12	5.23	1291.59	1294.25
6	18	1.21	193.21	1141.25	18	1.21	193.20	1141.25
7	26	5.23	169.44	397.06	26	5.23	170.23	397.06
8	27	5.23	269.98	539.88	27	4.14	339.59	339.59
9	28	3.25	266.12	354.38	28	3.25	269.17	354.38
10	29	2.54	174.30	280.77	29	2.54	161.47	280.77
11	30	3.25	800.12	1090.89	30	3.25	800.98	1090.89

กลุ่ม ที่	รอบที่ 5			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	8	12.52	1073.45	1279.89
2	9	12.52	919.65	1279.89
3	10	8.62	1177.71	1181.16
4	11	8.62	1081.37	1181.16
5	12	5.23	1291.38	1294.25
6	18	1.21	193.20	1141.25
7	26	5.23	170.47	397.06
8	27	4.14	339.09	339.59
9	28	3.25	270.21	354.38
10	29	2.54	157.42	280.77
11	30	3.25	801.22	1090.89

การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น

กลุ่ม ที่	รอบที่ 1				รอบที่ 2			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	8	12.52	1087.40	1279.89	8	12.52	1077.86	1279.89
2	9	12.52	932.78	1279.89	9	12.52	922.93	1279.89
3	10	12.52	839.77	1279.89	10	12.52	817.57	1279.89
4	11	8.62	1086.47	1181.16	11	8.62	1076.55	1181.16
5	12	7.33	978.12	1353.79	12	7.33	942.07	1353.79
6	18	1.21	403.56	1141.25	18	1.21	201.85	1141.25
7	26	5.23	160.48	397.06	26	5.23	167.66	397.06
8	27	5.23	278.56	539.88	27	5.23	271.41	539.88
9	28	3.25	246.06	354.38	28	3.25	259.93	354.38
10	22	3.25	290.01	461.32	29	2.54	199.80	280.77
11	30	3.25	929.35	1090.89	30	3.25	777.62	1090.89

กลุ่ม ที่	รอบที่ 3			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	8	12.52	1077.48	1279.89
2	9	12.52	923.21	1279.89
3	10	12.52	815.96	1279.89
4	11	8.62	1084.75	1181.16
5	12	7.33	940.79	1353.79
6	18	1.21	202.49	1141.25
7	26	5.23	169.35	397.06
8	27	5.23	268.89	539.88
9	28	3.25	267.13	354.38
10	29	2.54	171.48	280.77
11	30	3.25	778.84	1090.89

ตารางที่ 3.16 สรุปเปรียบเทียบผลการออกแบบด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น
ด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989

กลุ่มที่	การวิเคราะห์ แบบเชิงเส้น (ชม. ²)	การวิเคราะห์ แบบไม่เชิงเส้น (ชม. ²)	D-TRUSS (ชม. ²)	เปลี่ยนแปลง ¹ (%)	เปลี่ยนแปลง ² (%)
1	12.52	12.52	12.52	0.00	0.00
2	12.52	12.52	12.52	0.00	0.00
3	8.62	12.52	8.62	45.24	0.00
4	8.62	8.62	8.62	0.00	0.00
5	5.23	7.33	5.23	40.15	0.00
6	1.21	1.21	1.21	0.00	0.00
7	5.23	5.23	5.23	0.00	0.00
8	4.14	5.23	5.23	26.33	26.33
9	3.25	3.25	5.23	0.00	60.92
10	2.54	2.54	2.54	0.00	0.00
11	3.25	3.25	3.25	0.00	0.00
ปริมาตร (ชม. ³)	31,258	34,723	32,859	11.09	5.12

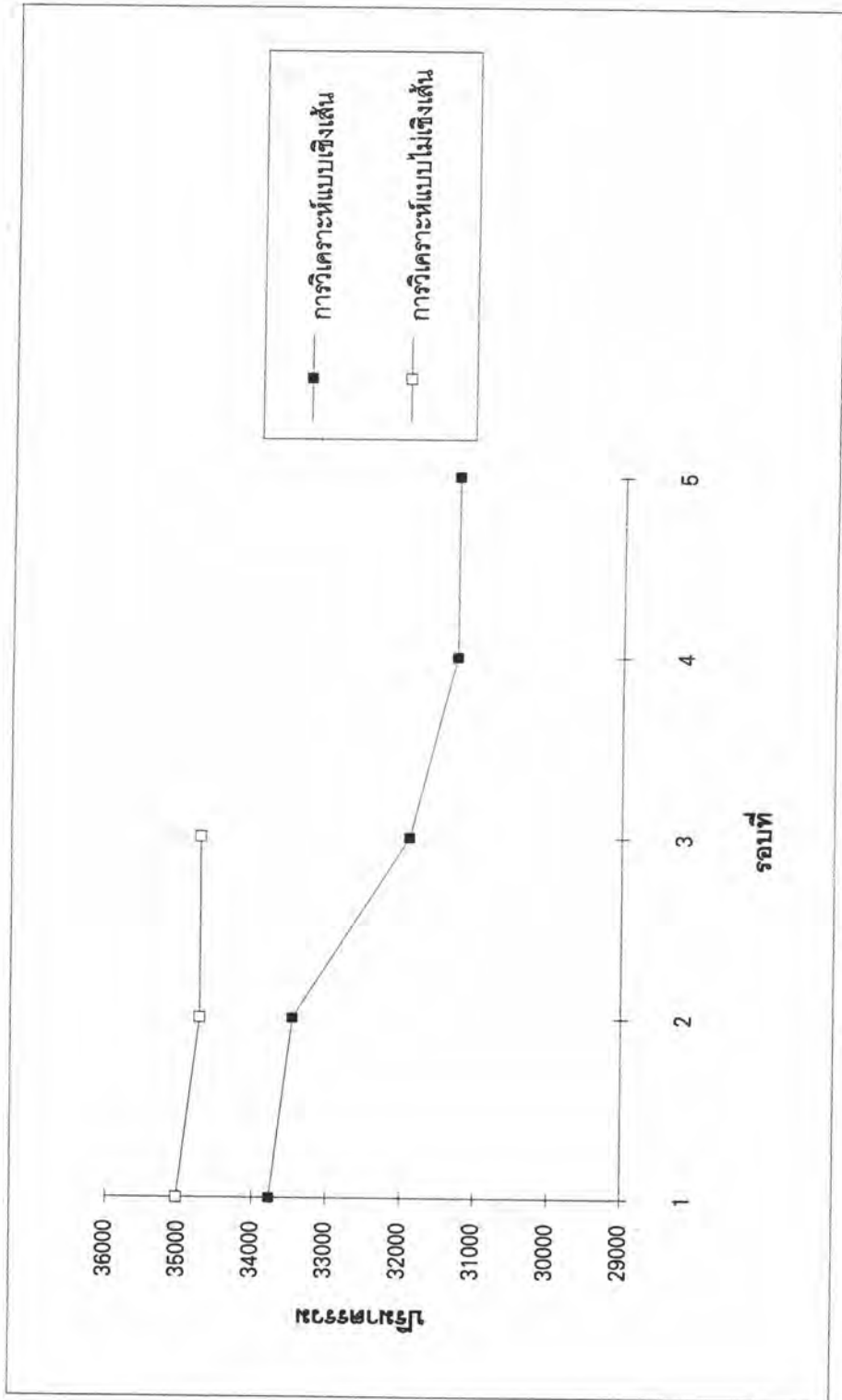
¹ เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น

² เปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและโปรแกรม D-TRUSS

ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงในตารางที่ 3.16 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการออกแบบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 และโปรแกรม D-TRUSS โดยในตารางที่ 3.15 แสดงผลการคำนวณในแต่ละรอบ

- ผลการเปรียบเทียบระหว่างการออกแบบโดยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 การวิเคราะห์แบบเชิงเส้นให้ปริมาตรรวมของโครงถัก 31,258 ชม.³ สำหรับการวิเคราะห์ไม่เชิงเส้นให้ปริมาตรรวม 34,723 ชม.³ หรือปริมาตรรวมของโครงถักเพิ่มขึ้น 11.09%

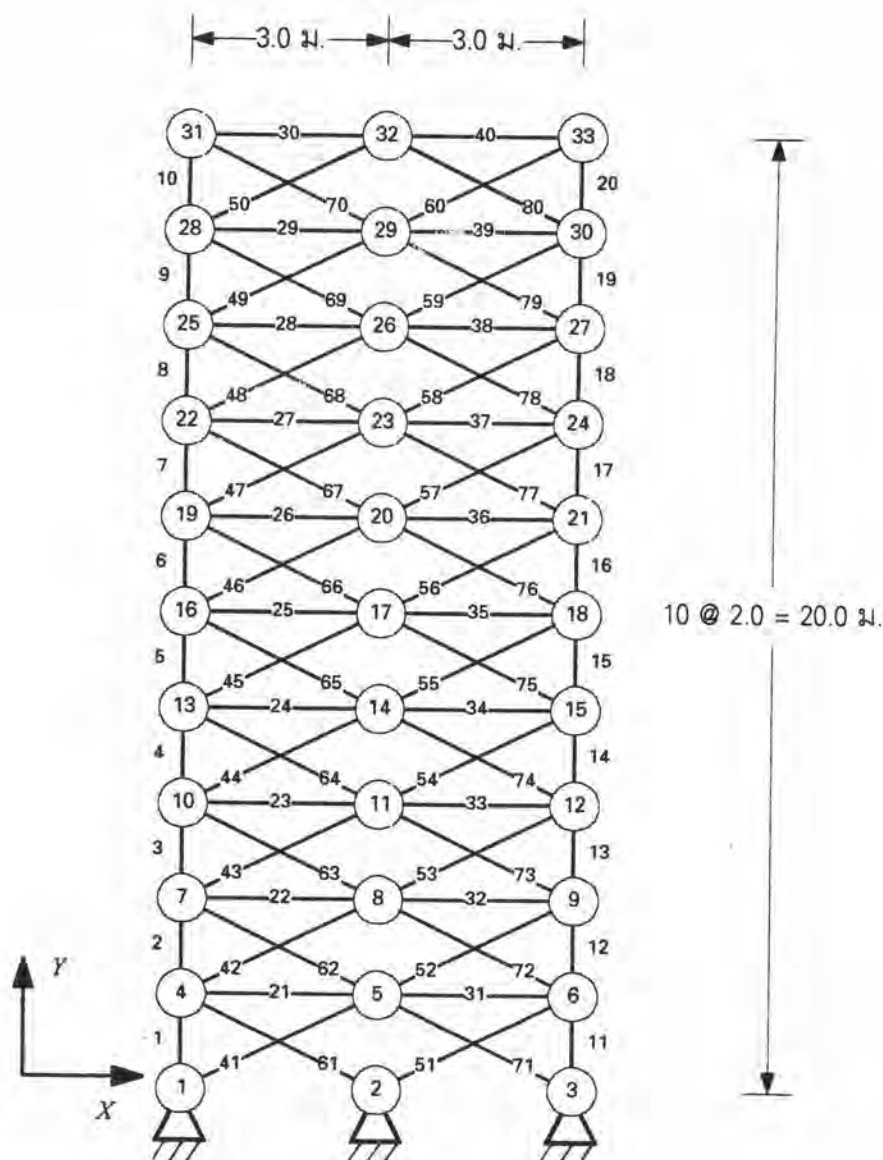
- ผลการเปรียบเทียบระหว่างการออกแบบด้วยการวิเคราะห์เชิงเส้นกับโปรแกรม D-TRUSS โดยผลการออกแบบจากโปรแกรม D-TRUSS ได้ปริมาตร 32,859 ชม.³ หรือปริมาตรรวมเพิ่มขึ้น 5.12%



รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบผลการออกแบบด้วยการวิเคราะห์แบบแข็งเส้นและไม่แข็งเส้นด้วย

ข้อกำหนด AISC/ASD 1989

ตัวอย่างที่ 4 เป็นตัวอย่างโครงถักกระนาบแปดสิบชั้นส่วน มีลักษณะดังรูปที่ 3.5 เป็นโครงสร้างลักษณะแบบยื่น มีน้ำหนักกระทำเป็นน้ำหนักคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และ แรงลม โดยแบ่งกลุ่มของชั้นส่วนพิจารณาจากการต่อของโครงสร้างและการนำไปปฏิบัติงานได้เป็นหลัก จำนวนชุดของหน้าตัด 6 ชุด ข้อมูลของโครงสร้างแสดงไว้ในตารางที่ 3.17 ถึง 3.19 เปรียบเทียบการออกแบบระหว่าง การวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนตำแหน่งมากที่สุดไม่เกิน 5.56 ซม. หรือ $L/360$



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างโครงถักแปดสิบชั้นส่วน

ตารางที่ 3.17 ข้อมูลเบื้องต้น

จำนวน จุดต่อ	จำนวน ชิ้นส่วน	จำนวนชุด หน้าตัด
33	80	6

ตารางที่ 3.18 ข้อมูลแรงกระทำ (กิโลกรัม)

จุดต่อ	น้ำหนักบรรทุกคงที่		น้ำหนักบรรทุกจร		แรงลม	
	แนวราบ	แนวตั้ง	แนวราบ	แนวตั้ง	แนวราบ	แนวตั้ง
4	0	0	0	-30	70	0
6	0	0	0	-30	0	0
7	0	0	0	-30	70	0
9	0	0	0	-30	0	0
10	0	0	0	-30	70	0
12	0	0	0	-30	0	0
13	0	0	0	-30	70	0
15	0	0	0	-30	0	0
16	0	-600	0	-345	295	0
18	0	-600	0	-345	0	0
19	0	-600	0	-345	645	0
21	0	-600	0	-345	0	0
22	0	-600	0	-345	645	0
24	0	-600	0	-345	0	0
25	0	-600	0	-345	645	0
27	0	-600	0	-345	0	0
28	0	-600	0	-345	645	0
30	0	-600	0	-345	0	0
31	0	-600	0	-345	670	0
33	0	-600	0	-345	0	0

ตารางที่ 3.19 ข้อมูลชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	ชุดหน้าตัด	ชนิดของหน้าตัด
1-5, 11-15	1	ขาจากเดี่ยว
6-10, 16-20	2	ขาจากเดี่ยว
21-25, 31-35	3	ขาจากเดี่ยว
26-30, 36-40	4	ขาจากเดี่ยว
41-45, 51-55, 61-65	5	ขาจากเดี่ยว
46-50, 56-60	6	ขาจากเดี่ยว

ตารางที่ 3.20 ผลการตรวจสอบในแต่ละกรณีของน้ำหนักกระทำรวม กรณีการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	1	11.670	543.02	901.34	11	11.670	900.59	901.34
2	6	8.727	497.09	592.15	16	8.727	591.33	592.15
3	21	10.550	205.11	1512.00	31	10.550	279.82	1512.00
4	26	10.550	178.49	1512.00	36	10.550	95.85	1512.00
5	41	11.670	102.74	316.29	71	11.670	206.62	316.29
6	46	11.670	68.33	316.29	76	11.670	131.77	316.29

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชิ้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	11	11.670	782.03	901.34	1	11.670	783.35	901.34
2	16	8.727	467.86	592.15	6	8.727	479.08	592.15
3	31	10.550	139.32	1512.00	21	10.550	141.99	1512.00
4	30	10.550	19.20	380.68	26	10.550	161.70	1512.00
5	71	11.670	182.65	316.29	41	11.670	181.71	316.29
6	76	11.670	115.66	316.29	46	11.670	107.30	316.29

ตารางที่ 3.21 ผลการตรวจสอบในแต่ละกรณีของน้ำหนักกระทำรวม กรณีการวิเคราะห์แบบไม่
เชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989

รอบที่ 1

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	3	11.670	491.54	901.34	11	15.500	678.77	801.09
2	6	8.727	497.95	592.15	16	10.550	189.83	813.00
3	22	10.550	145.21	1512.00	31	10.550	169.18	1512.00
4	26	10.550	107.73	1512.00	36	10.550	95.91	1512.00
5	41	11.670	102.73	316.29	71	11.670	206.80	316.29
6	46	11.670	68.42	316.29	76	11.670	131.57	316.29

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	11	15.500	589.26	801.09	1	15.500	590.11	801.09
2	16	10.550	386.99	813.00	6	10.550	396.00	813.00
3	31	10.550	139.28	1512.00	21	10.550	141.94	1512.00
4	36	10.550	69.00	1512.00	26	10.550	97.61	1512.00
5	71	11.670	182.84	316.29	41	11.670	181.90	316.29
6	76	11.670	115.50	316.29	46	11.670	107.41	316.29

รอบที่ 2

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ซม. ²)	หน่วยแรง (กก./ซม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	1	15.500	386.01	801.09	11	15.50	696.94	801.09
2	6	10.550	425.53	813.00	16	10.550	501.15	813.00
3	22	10.550	113.58	1512.00	31	10.550	131.37	1512.00
4	26	10.550	90.29	1512.00	36	10.550	79.46	1512.00
5	41	11.670	81.98	316.29	71	11.670	178.11	316.29
6	46	11.670	60.25	316.29	76	11.670	123.44	316.29

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	11	15.500	589.26	801.09	1	15.500	590.11	801.09
2	16	10.550	386.99	813.00	6	10.550	396.00	813.00
3	31	10.550	139.28	1512.00	21	10.550	141.94	1512.00
4	36	10.550	69.00	1512.00	26	10.550	97.61	1512.00
5	71	11.670	82.84	316.29	41	11.670	181.90	316.29
6	76	11.670	115.50	316.29	46	11.670	107.41	316.29

รอบที่ 3

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 1				กรณีที่ 2			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	1	15.500	386.76	801.09	11	15.500	696.94	801.09
2	6	10.550	425.53	813.00	16	10.550	501.15	813.00
3	22	10.550	113.58	1512.00	31	10.550	131.37	1512.00
4	26	10.550	90.29	1512.00	36	10.550	79.46	1512.00
5	41	11.670	81.98	316.29	71	11.670	178.11	316.29
6	46	11.670	60.25	316.29	76	11.670	123.44	316.29

กลุ่ม ที่	กรณีที่ 3				กรณีที่ 4			
	ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)		ชั้น ส่วน	ขนาด (ชม. ²)	หน่วยแรง (กก./ชม. ²)	
			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้			ที่เกิดขึ้น	ที่ยอมให้
1	11	15.500	604.01	801.09	1	15.500	604.82	801.09
2	16	10.550	395.41	813.00	6	10.550	405.02	813.00
3	31	10.550	107.87	1512.00	21	10.550	110.64	1512.00
4	36	10.550	57.03	1512.00	26	10.550	84.91	1512.00
5	71	11.670	159.28	316.29	41	11.670	158.24	316.29
6	76	11.670	109.39	316.29	46	11.670	100.74	316.29

ตารางที่ 3.22 สรุปเปรียบเทียบการออกแบบด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นตามข้อกำหนดของ AISC/ASD 1994

กลุ่มที่	การวิเคราะห์แบบ เชิงเส้น (ชม. ²)	การวิเคราะห์แบบ ไม่เชิงเส้น (ชม. ²)	เปลี่ยนแปลง (%)
1	11.67	15.50	32.82
2	8.73	10.55	20.85
3	10.55	10.55	0.00
4	10.55	10.55	0.00
5	11.67	11.67	0.00
6	11.67	11.67	0.00
ปริมาตร (ชม. ³)	27,240	28,371	4.15

ผลลัพธ์จากการคำนวณของไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงในตารางที่ 3.22 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบผลการออกแบบระหว่างการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยข้อกำหนด AISC/ASD 1989 โดยในตารางที่ 3.20 และ 3.21 แสดงผลการคำนวณในแต่ละรอบของการตรวจสอบโดยมีกรณี ที่ 3 เป็นกรณีวิกฤต ผลการออกแบบให้ปริมาตรรวมของโครงถัก 27,240 ชม.³ สำหรับการวิเคราะห์แบบเชิงเส้นและ 28,371 ชม.³ สำหรับการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น ปริมาตรรวมของโครงถักเพิ่มขึ้น 4.15%