

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

การเลือกใช้ไม้เป็นวัสดุในการออกแบบมีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกล ได้แก่ ขนาด ความหนา และส่วนที่นำมาใช้งาน อาทิ ส่วนปลาย กลาง และโคน เป็นต้น จากการทดสอบปรากฏว่าส่วนโคนของลำไม้และความหนาของเนื้อไม้ที่มีความหนา มีผลทำให้คุณสมบัติเชิงกลสูงมากขึ้น รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวกตารางที่ ก-1 - ตารางที่ ก-5 และภาพลักษณะการวิบัติแสดงไว้ในภาคผนวกภาพที่ ก-1- ภาพที่ ก-4

ตารางที่ 4.1

คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

คุณสมบัติทางกายภาพ		
1. ปริมาณความชื้น	12.30	เปอร์เซ็นต์
2. ค่าความหนาแน่น	711.76	กก./ลบ.ม.
3. ค่าความถ่วงจำเพาะ	69.83	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติเชิงกล		
4. กำลังรับแรงดึงเฉลี่ย	1,521.27	กก./ตร.ซม.
5. กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย	267.84	กก./ตร.ซม.
6. กำลังรับแรงเฉือนเฉลี่ย	263.62	กก./ตร.ซม.
7. กำลังรับแรงดัดเฉลี่ย	794.24	กก./ตร.ซม.
8. ค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่น	27,436.62	กก./ตร.ซม.

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของการรวบลำไผ่

จากการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของการรวบลำไผ่ปรากฏว่าลักษณะการวิบัติของวัสดุไผ่ 1 ลำ ที่ส่วนปลายของลำไผ่ทั้ง 2 ด้าน ติดกับส่วนข้อ (node) มีลักษณะการวิบัติแบบ Buckling ดังภาพที่ 4.1 ส่วนไผ่ 1 ลำ ที่ส่วนปลายของลำไผ่ทั้ง 2 ด้าน ไม่ติดกับส่วนข้อ (node) และการรวบลำไผ่ตั้งแต่ 2-4 ลำ มีลักษณะการวิบัติของวัสดุแบบ Bearing และ Splits ดังภาพที่ 4.2 โดยบริเวณที่เกิดการวิบัติส่วนใหญ่มักอยู่บริเวณจุดเชื่อมต่อ เนื่องจากการการเข้าลิ้มหรือนอตเกลียวทำให้วัสดุได้รับความเสียหาย (micro-crack) คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดการรวบลำไผ่ 2-4 ลำรายละเอียดดังตารางที่ 4.2 – ตารางที่ 4.14 และความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของลำไผ่ 1-4 ลำ แสดงไว้ในภาคผนวกภาพที่ ข-1 - ภาพที่ ข-13

ภาพที่ 4.1

ลักษณะการวิบัติจากการโก่งงอ (buckling)



ภาพที่ 4.2

ลักษณะการวิบัติจากเนื้อวัสดุ



ลักษณะการวิบัติแบบ Bearing (1)



ลักษณะการวิบัติแบบ Splits (2)

ตารางที่ 4.2
คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของไม้ 1 ลำ

รายละเอียด		ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3	ตัวอย่าง ที่ 4	ตัวอย่าง ที่ 5
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	9.30	8.42	8.55	9.52	9.91
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	1.42	2.01	1.66	1.10	1.00
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	6.47	4.40	5.23	7.32	7.91
ความสูง (L)	ซม.	146.00	157.20	130.00	156.00	153.00
พื้นที่ (A)	ซม.	35.05	40.48	35.93	29.10	27.98
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	11,150	11,050	9,153	10,504	10,687
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ซม.	318.10	273.00	254.74	360.98	382.00
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	41.67	55.11	54.72	50.35	35.39
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		buckling	buckling	buckling	bearing & splits	bearing
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	281.95			371.49	

หมายเหตุ

- ตัวอย่างที่ 1-3 ส่วนปลายของลำไม้ทั้ง 2 ด้าน ติดกับส่วนข้อ (node)
- ตัวอย่างที่ 4-5 ส่วนปลายของลำไม้ทั้ง 2 ด้าน ไม่ติดกับส่วนข้อ (node)

ตารางที่ 4.3

คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดการรวบไล่ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบไล่โดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกไนลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	8.99	9.27	9.56	9.14	8.71	8.91
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	1.84	1.30	1.34	1.16	1.88	1.02
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	5.31	6.68	6.88	6.82	4.96	6.87
ความสูง (L)	ซม.	149.50	149.60	150.00	150.40	150.50	150.40
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	41.30	32.42	34.58	29.08	40.23	25.28
Aเฉลี่ย	ตร.ซม.	36.86		31.83		32.76	
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	14,421.50		12,620.90		18,722.90	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σult)	กก./ตร.ซม.	391.21		396.48		571.56	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	18.99	18.47	15.46	22.63	22.39	55.76
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splits		bearing & splits		splits	
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	453.09					

ตารางที่ 4.4

คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดการรวบลำไผ่ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกไนลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	9.04	9.21	9.12	8.71	8.95	9.19
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.91	2.02	1.33	1.02	1.28	1.10
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	7.23	5.17	6.47	6.68	6.39	7.00
ความสูง (L)	ซม.	149.80	150.00	150.30	150.40	150.00	149.80
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	23.13	45.63	32.45	24.52	30.82	27.83
Aเฉลี่ย	ตร.ซม.	34.38		28.48		29.33	
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	11,753.00		11,720.60		11,287.10	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σult)	กก./ตร.ซม.	341.87		411.47		384.88	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	26.71	43.25	31.99	16.13	16.56	19.28
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splits		bearing & splits		bearing & splits	
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	379.41					

ตารางที่ 4.5

คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดการรบลำไผ่ 2 ลำโดยใช้วิธีการรบลำไผ่โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ชม.	9.34	9.16	8.67	9.45	9.31	9.19
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	2.71	1.36	0.93	1.13	1.49	2.03
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ชม.	3.92	6.44	6.82	7.20	6.33	5.13
ความสูง (L)	ชม.	149.80	149.80	149.20	149.50	148.80	149.00
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	56.45	33.33	22.49	29.41	36.58	45.63
Aเฉลี่ย	ตร.ชม.	44.89		25.95		41.11	
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	16,972.30		14,988.30		21,057.00	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σult)	กก./ตร.ชม.	378.12		577.61		512.26	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	52	30	16	22	15	33
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		bearing		bearing		bearing	
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	489.33					

ตารางที่ 4.6

คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดการรวบลำไผ่ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	9.00	8.96	9.50	9.40	9.44	9.86
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	1.88	2.48	0.96	1.57	1.21	1.48
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	5.25	4.00	7.59	6.27	7.02	6.90
ความสูง (L)	ซม.	149.30	149.20	149.80	149.70	148.60	148.50
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	41.97	50.45	25.64	38.52	31.28	38.94
Aเฉลี่ย	ตร.ซม.	46.21		32.08		35.11	
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	20,090.00		17,672.60		18,322.80	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σult)	กก./ตร.ซม.	434.77		550.91		521.83	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	39	37	14	15	62	14
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		bearing & splits		bearing & splits		buckling	
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	502.50					

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	8.56	8.81	8.94	9.39	9.12	8.30	9.40	9.15	8.94	8.85	8.97	8.69
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	1.03	0.90	0.84	0.93	1.07	0.75	1.20	1.98	1.10	1.73	1.45	1.30
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	6.51	7.01	7.27	7.54	6.98	6.81	7.00	5.19	6.74	5.39	6.08	6.09
ความสูง (L)	ชม.	149.5	149.6	149.6	149.6	150.0	149.9	149.8	149.8	149.8	149.7	149.9	149.7
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	24.25	22.35	21.25	24.60	27.04	17.67	30.91	44.57	27.09	38.70	34.16	30.18
Aเฉลี่ย	ตร.ชม.	23.11				30.05				32.53			
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	23,224.40				29,860.00				29,860.00			
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σult)	กก./ตร.ชม.	1,026.92				1,184.49				896.24			
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	14.33	24.16	13.33	12.54	37.57	13.25	12.83	34.29	14.99	25.30	35.34	14.45
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		bearing & splits				bearing & splits				bearing			
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	1035.89											

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ชม.	10.06	9.79	10.03	10.17	8.87	9.07	8.69	8.78	9.82	9.17	8.98	9.12
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ชม.	1.18	1.26	1.73	1.27	0.90	0.97	1.42	1.45	2.00	1.63	2.03	2.00
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ชม.	7.71	7.28	6.57	7.63	7.07	7.14	5.85	5.88	5.82	5.92	4.93	5.12
ความสูง (L)	ชม.	149.4	149.4	149.3	149.5	149.6	149.6	149.6	149.0	149.0	149.0	149.0	149.0
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	32.80	33.65	45.11	35.51	22.53	24.57	32.41	33.39	49.10	38.52	44.25	44.70
Aเฉลี่ย	ตร.ชม.	36.77				28.23				44.14			
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	35,211.70				27,409.10				36,062.00			
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σult)	กก./ตร.ชม.	946.90				1,034.10				820.42			
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	12.79	17.25	19.61	18.16	25.96	12.84	16.67	53.52	44.75	42.51	55.10	11.63
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		bearing				bearing				bearing			
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	933.81											

ตารางที่ 4.14

คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดการรวบลำไ้ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไ้โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	8.88	8.70	9.67	9.22	10.03	10.00	10.30	10.60	9.30	9.17	9.79	10.35
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	1.10	1.75	1.32	2.10	2.07	0.99	1.83	1.52	1.33	0.97	1.15	1.99
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	6.68	5.21	7.04	5.02	5.89	8.02	6.65	7.57	6.64	7.23	7.49	6.38
ความสูง (L)	ซม.	148.0	148.1	148.2	148.1	149.2	149.4	149.5	149.2	147.5	147.5	147.5	147.5
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	26.87	38.10	34.50	46.94	51.73	28.02	48.59	43.22	33.30	24.97	31.20	52.13
Aเฉลี่ย	ตร.ซม.	36.60				42.89				35.40			
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	22,074.00				43,764.60				42,314.40			
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σult)	กก./ตร.ซม.	665.79				1,022.97				1,418.82			
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	25.31	19.66	22.27	56.06	13.69	14.12	39.44	15.26	23.57	30.77	8.22	37.60
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		bearing & splits				splits				bearing & splits			
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	1035.86											

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการรวบลำไ้

จากการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการรวบลำไ้มีลักษณะการวิบัติของ
วัสดุมี 2 แบบ คือ การวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) และการวิบัติที่มีรอยแตกตามความ
ยาว (splitting) ดังภาพที่ 4.3 จากการทดสอบสังเกตได้ว่าถ้าลำไ้ที่ติดอยู่กับบริเวณที่มีการถ่าย
น้ำหนัก (ด้านบน) เกิดการวิบัติก่อนลำไ้อื่นส่งผลให้ลำไ้อื่นไม่สามารถรับน้ำหนักต่อไปได้อีก แต่ถ้า
การวิบัติเกิดขึ้นบริเวณลำไ้ที่อยู่ด้านล่างเกิดการวิบัติก่อนลำไ้ที่อยู่ด้านบนจะทำหน้าที่ในการ
ช่วยรับแรงต่อไปได้ และการทดสอบการรวบลำไ้ 2 ลำ และ 3 ลำ ปรากฏว่าการวางลำไ้ 2 ลำไว้
ติดอยู่กับบริเวณที่มีการถ่ายน้ำหนัก (ด้านบน) สามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่าการวางลำไ้ 1 ลำไว้
ด้านบน แสดงว่าการรวบลำไ้ไม่ทำให้หน้าตัดของคานทำงานเป็นระบบเดียวกัน คุณสมบัติกำลัง

รับแรงดัดการรวบลำไผ่ 2-4 ลำ รายละเอียดดังตารางที่ 4.16 – ตารางที่ 4.23 และความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของลำไผ่ 2-4 ลำ แสดงไว้ในภาคผนวกภาพที่ ค-1 - ภาพที่ ค-13

ภาพที่ 4.3

ลักษณะการวิบัติของวัสดุจากแรงดัด



การวิบัติแบบ Local crushing (1)



การวิบัติแบบ Splitting (2)

ตารางที่ 4.15

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไผ่ 1 ลำ

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	9.53	8.49	9.12
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	1.54	1.39	1.17
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	6.45	5.72	6.78
ความสูง (L)	ซม.	304.00	298.00	305.00
พื้นที่ (A)	ซม.	38.66	30.91	29.20
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	850.00	900.30	816.90
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ซม.	641.42	937.41	803.89
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ซม.	6.08	7.63	5.54
ค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่น (E)	กก./ตร.ซม.	22,216.53	27,921.75	32,171.60
โมเมนต์อินเนอร์เซีย (I)	ซม. ⁴	319.94	202.49	235.42
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	7.02	8.55	8.56
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		local crushing	local crushing & splitting	splitting
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	794.24		
E เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	27,436.62		

ตารางที่ 4.16

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไผ่ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกไนลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	9.43	9.03	8.54	9.17	8.67	8.90
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	1.47	1.16	1.01	0.94	1.02	2.07
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	6.49	6.71	6.52	7.29	6.64	4.76
ความสูง (L)	ซม.	300.40	300.10	299.70	299.90	300.00	300.10
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	36.74	28.66	23.88	24.30	24.39	44.38
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,217.10		2,317.40		1,183.70	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σ_{ult})	ตร.ซม.	150.22		1,298.22		552.88	
ค่าการโก่งตัวที่ กลางคาน (δ)	ซม.	5.79		12.54		13.14	
โมเมนต์อินเนอร์ เซีย (I)	ซม. ⁴	1,911.55		380.51		463.79	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	10.23	10.46	2.74%	3.31	3.51	2.67
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting		Local crushing		Local crushing	
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	925.55					

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางลำไผ่ในแนวตั้ง 8 2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางลำไผ่ในแนวนอน ∞

ตารางที่ 4.17

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไผ่ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกไนลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	8.63	8.10	9.51	9.17	8.60	8.73
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	1.19	1.81	0.96	1.09	1.10	1.60
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	6.26	4.48	7.60	7.00	6.41	5.53
ความสูง (L)	ซม.	300.20	300.00	299.90	300.10	300.00	300.10
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	27.72	35.74	25.67	27.56	25.80	35.84
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	750.30		950.30		1,067.00	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ซม.	92.77		483.66		540.11	
ค่าการโก่งตัวที่ กลางคาน (δ)	ซม.	7.81		7.75		6.42	
โมเมนต์อินเนอร์ เซีย (I)	ซม. ⁴	1,746.03		466.98		424.49	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	10.70	31.09	2.69	3.76	3.68	5.92
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		Local crushing		Local crushing		splitting	
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	511.89					

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางลำไผ่ในแนวตั้ง 8 2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางลำไผ่ในแนวนอน ∞

ตารางที่ 4.18

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไ้ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไ้โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	8.58	9.65	9.04	8.00	8.66	9.50
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	0.72	1.70	1.30	0.82	0.88	0.83
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	7.25	6.03	6.28	7.11	7.12	7.73
ความสูง (L)	ซม.	300.00	300.00	299.70	300.50	299.80	299.50
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	18.03	41.11	30.94	20.43	21.96	22.31
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	917.00		1,033.70		1,417.10	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ซม.	114.14		586.40		818.67	
ค่าการโก่งตัวที่ กลางคาน (δ)	ซม.	9.60		7.41		10.92	
โมเมนต์อินเนอร์ เซีย (I)	ซม. ⁴	1,745.35		390.73		383.37	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	6.84	5.77	9.63	6.50	12.79	12.12
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting		Local crushing		splitting	
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	702.53					

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางลำไ้ในแนวตั้ง 8 2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางลำไ้ในแนวนอน ∞

ตารางที่ 4.19

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไ้ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไ้โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	8.83	9.16	9.31	8.76	8.46	9.64
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	0.92	1.60	1.18	0.82	0.94	1.11
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	7.17	5.98	7.07	7.57	6.73	7.24
ความสูง (L)	ซม.	300.00	299.60	299.80	300.00	299.50	299.70
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	23.24	37.93	30.56	21.47	22.65	29.10
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,367.10		1,217.10		1,467.20	
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ซม.	171.68		629.16		738.62	
ค่าการโก่งตัวที่ กลางคาน (δ)	ซม.	6.11		6.12		7.64	
โมเมนต์อินเนอร์ เซีย (I)	ซม. ⁴	1,791.73		455.51		426.86	
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	4.21%	3.12%	7.81%	4.17%	4.58%	4.00%
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting		splitting		splitting	
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	683.89					

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางลำไ้ในแนวตั้ง 8 2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางลำไ้ในแนวนอน ∞

ตารางที่ 4.20

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไผ่ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกไนลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก (D)	ซม.	8.55	8.66	8.65	9.53	9.54	8.97	9.51	9.09	9.62
ความหนาของเนื้อ ไม้ (t)	ซม.	1.02	0.78	1.38	1.02	0.78	1.38	0.99	1.55	2.05
เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน (d)	ซม.	6.52	7.10	5.89	7.50	7.98	6.21	7.54	6.00	5.52
ความสูง (L)	ซม.	300.0	299.9	299.8	300.1	300.0	300.2	300.00	299.8	299.9
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	24.03	19.31	31.52	27.14	21.45	32.88	26.38	36.62	48.72
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,400.50			2,284.10			2,550.90		
กำลังรับแรงอัด สูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ซม.	206.25			277.23			216.18		
ค่าการโก่งตัวที่ กลางคาน (δ)	ซม.	6.28			9.88			13.47		
โมเมนต์อิน เนอร์เชีย (I)	ซม. ⁴	1,451.43			1,962.60			2,805.36		
ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	9.04	10.80	10.27	6.32	6.94	6.46	7.25	5.42	3.37
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		local crushing & splitting			Local crushing			Local crushing		
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	246.70								

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางไผ่ 1 ลำอยู่ด้านบน 

2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางไผ่ 2 ลำอยู่ด้านบน 

ตารางที่ 4.21

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไ้ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไ้โดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกไนลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	8.71	9.08	8.66	8.84	8.49	8.75	9.48	9.22	9.25
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	1.03	1.66	1.55	1.26	0.83	1.25	1.65	1.44	1.45
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	6.65	5.77	5.57	6.32	6.84	6.25	6.18	6.34	6.36
ความสูง (L)	ซม.	300.0	299.9	299.8	299.7	299.9	300.0	300.4	300.2	300.3
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	24.85	38.58	34.51	30.00	19.87	29.45	40.56	35.20	35.41
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,817.30			2,684.20			3,117.70		
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σult)	กก./ตร.ซม.	217.23			356.88			300.97		
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ซม.	9.03			7.74			10.63		
โมเมนต์อินเนอร์เฉีย (I)	ซม. ⁴	1,821.66			1,660.56			2,456.98		
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	10.12	10.87	10.12	6.21	6.31	6.65	4.36	6.40	6.01
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		local crushing & splitting			Local crushing			Local crushing		
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ซม.	246.70								

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางไ้ 1 ลำอยู่ด้านบน



2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางไ้ 2 ลำอยู่ด้านบน



ตารางที่ 4.22

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไผ่ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	8.83	9.18	9.40	9.14	8.64	9.11	9.76	8.54	8.99
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.89	1.10	1.41	1.50	1.69	0.83	1.72	0.87	1.52
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	7.05	6.99	6.58	6.15	5.26	7.46	6.33	6.81	5.96
ความสูง (L)	ชม.	299.8	299.9	299.9	300.0	299.8	299.9	300.2	300.0	300.1
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	22.19	27.80	35.39	35.88	36.87	21.47	43.35	20.84	35.55
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,533.80			1,250.40			1,300.40		
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σult)	กก./ตร.ชม.	206.93			146.31			143.12		
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ชม.	6.83			4.62			4.68		
โมเมนต์อินเนอร์เฉีย (I)	ชม. ⁴	1,634.23			1,951.72			2,218.44		
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	9.62	10.31	9.64	3.27	2.62	4.67	3.49	3.45	4.12
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting			splitting			splitting		
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	248.18								

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางไผ่ 1 ลำอยู่ด้านบน 

2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางไผ่ 2 ลำอยู่ด้านบน 

ตารางที่ 4.23

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวบลำไผ่ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวบลำไผ่โดยการใช้นอตเกลียว
และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2			ตัวอย่างที่ 3		
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	8.56	9.31	8.86	8.82	9.00	9.18	9.17	9.20	9.61
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.78	0.82	1.72	1.21	1.36	0.90	1.37	2.10	0.88
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	7.00	7.68	5.43	6.41	6.29	7.39	6.44	5.01	7.85
ความสูง (L)	ชม.	300.0	299.9	299.8	299.8	300.2	300.1	299.9	300.1	300.0
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	19.05	21.75	38.50	28.81	32.54	23.28	33.45	46.76	24.13
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,150.40			1,800.50			1,517.20		
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σult)	กก./ตร.ชม.	170.74			230.11			166.77		
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ชม.	3.80			11.65			6.26		
โมเมนต์อินเนอร์เฉีย (I)	ชม. ⁴	1,440.99			1,723.17			2,083.83		
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	9.62	10.31	9.64	5.85	6.14	4.61	4.48	6.03	6.27
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting			local crushing & splitting			splitting		
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	283.81								

หมายเหตุ

1. ตัวอย่างที่ 1 วางไผ่ 1 ลำอยู่ด้านบน 

2. ตัวอย่างที่ 2-3 วางไผ่ 2 ลำอยู่ด้านบน 

ตารางที่ 4.24

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวมลำไผ่ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวมลำไผ่โดยการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกในลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	9.03	9.70	9.80	9.64	9.52	8.99	9.22	9.59	9.14	9.56	9.60	8.87
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	1.60	1.07	0.89	0.98	1.01	0.99	1.05	0.83	1.15	1.08	1.00	0.92
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.38	6.12	6.77	6.86	7.51	7.09	7.39	7.66	6.47	6.83	6.92	7.12
ความสูง (L)	ชม.	299.5	300.0	300.0	300.0	300.0	300.5	300.0	300.5	299.8	300.0	299.9	300.0
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	35.06	24.04	21.27	24.12	27.03	24.97	27.82	21.99	27.53	26.70	24.87	23.08
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	2,250.80				2,300.80				2,300.80			
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ชม.	182.62				173.12				178.89			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ชม.	8.31				7.81				7.90			
โมเมนต์อินเนอร์เซีย (I)	ชม. ⁴	2,637.83				3,166.42				2,818.03			
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	8.73	7.76	6.01	7.19	8.37	7.84	7.49	8.41	6.89	6.85	6.73	8.41
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting				splitting				local crushing & splitting			
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	178.21											

ตารางที่ 4.25

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรบกวน 4 ลำโดยใช้วิธีการรบกวน 4 ลำโดยการเข้าลิ้มแล้ว
มัดด้วยเชือกในลอน และเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	8.46	8.27	9.31	8.80	9.16	8.69	8.74	8.71	8.46	9.21	9.99	9.42
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	1.24	0.70	1.06	1.15	0.86	1.17	1.35	0.90	0.85	0.72	1.04	1.57
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	6.16	7.07	6.76	6.66	7.66	7.06	6.66	7.56	7.44	8.05	6.71	6.57
ความสูง (L)	ชม.	300.4	299.8	300.0	299.8	299.9	300.2	300.0	299.8	300.0	299.9	300.1	300.0
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	28.69	17.09	25.90	28.06	23.02	30.10	33.97	23.92	21.99	19.83	25.17	40.12
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	1,733.90				1,984.00				2,600.90			
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σ_{ult})	กก./ตร.ชม.	140.79				136.54				182.15			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ชม.	6.51				5.03				7.56			
โมเมนต์อินเนอร์เซีย (I)	ชม. ⁴	2,660.54				3,406.24				3,259.21			
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	7.29	5.79	4.73	5.46	6.24	2.96	6.35	8.65	7.76	5.15	5.96	6.19
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting				local crushing & splitting				splitting			
σ_{ult} เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	153.16											

ตารางที่ 4.27

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดการรวมลำไผ่ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวมลำไผ่โดยการใช้นอตเกลียว และวันระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	8.46	8.27	9.31	8.80	9.16	8.69	8.74	8.71	8.46	9.21	9.99	9.42
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	1.62	1.00	2.27	1.47	2.30	1.37	0.81	1.02	0.80	0.69	1.88	1.64
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.22	6.27	4.77	5.86	4.57	5.96	7.13	6.68	6.86	7.84	6.24	6.14
ความสูง (L)	ชม.	300.0	300.0	300.4	300.3	300.2	300.0	300.1	300.1	299.8	299.8	300.0	299.9
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	34.79	22.82	50.17	33.85	49.46	31.41	20.07	24.52	19.25	18.35	47.77	40.08
แรงอัดสูงสุด (Fult)	กก.	2,517.50				2,734.20				2,267.40			
กำลังรับแรงอัดสูงสุด (σult)	กก./ตร.ชม.	145.88				184.82				120.34			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน (δ)	ชม.	6.43				6.83				8.27			
โมเมนต์อินเนอร์เซีย (I)	ชม. ⁴	3,647.88				3,388.11				3,982.40			
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (MC)	เปอร์เซ็นต์	13.64 %	9.76 %	11.94 %	32.00 %	4.17 %	5.38 %	5.39 %	4.58 %	4.00 %	4.92 %	3.87 %	4.32 %
ลักษณะการวิบัติ (Mode of Failure)		splitting				local crushing & splitting				local crushing & splitting			
σult เฉลี่ย	กก./ตร.ชม.	150.35											

4.4 ผลการเปรียบเทียบขนาดและความสามารถของลำไผ่กับวัสดุอื่นๆ

ผลการเปรียบเทียบขนาดและความสามารถของลำไผ่กับวัสดุอื่นๆ ประกอบด้วย
ไม้เนื้อแข็ง คอนกรีต และเหล็ก

การคำนวณกำหนดให้

1. ความยาวประสิทธิผล (K) เท่ากับ 1
2. ความยาวของเสาและคาน (L) เท่ากับ 4 เมตร
3. ค่าความปลอดภัยของไม้เนื้อแข็งและไม้ไผ่เท่ากับ 0.3
4. กำหนดค่าหน่วยแรงของเหล็ก
 - 4.1. หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (allowable bending stress, fb) เท่ากับ 1500 ksc.
 - 4.2. หน่วยแรงดึงที่จุดคาน (yield stress, fy) เท่ากับ 2500 ksc.
5. กำหนดค่าหน่วยแรงของคอนกรีต
 - 5.1. หน่วยแรงอัดประลัย (ultimate compressive strength, fc')
เท่ากับ 210 ksc.
 - 5.2. หน่วยแรงดึงที่จุดคานของเหล็กปลอกเกลียว (yield stress, fy)
เท่ากับ 3000 ksc.
6. เสาและคานคอนกรีต กำหนดให้ใช้เหล็กปลอกเดียวโดยเว้นระยะจากภายนอก
เท่ากับ 5 เซนติเมตร และเหล็กยื่นกำหนดให้ใช้เหล็ก 4DB12

สูตรคำนวณเสาของลำไผ่ใช้สูตรของเสาไม้ประกอบกลวงรูปตัดคล้ายกล่อง (box column) แต่ให้ตัดค่าสัมประสิทธิ์ของการเชื่อมต่อเสาประกอบ (U) ออกเนื่องจากลำไผ่มีลักษณะกลวงแต่เป็นเนื้อวัสดุชิ้นเดียวกันโดยไม่มีรอยเชื่อมต่อ

$$\text{หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ } F_a = \frac{0.3E}{\left(\frac{L_e}{d}\right)^2}$$

เมื่อ E = โมดูลัสของการยืดหยุ่น, kg/cm²

L_e = ความยาวเสา, m.

$$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$$

โดย d_1 เป็นความกว้างด้านนอกของเสา

d_2 เป็นความกว้างด้านในของแกนกลางของเสา

การเรียงลำดับของแรงอัดและดัดในตารางเป็นการเรียงลำดับจากน้อย – มาก เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ง่ายขึ้น

ตารางที่ 4.28

การเปรียบเทียบขนาดและความสามารถของลำไผ่กับวัสดุอื่นๆ ของเสา

จำนวน ระยะเชื่อมต่อ และ วิธีการรวบลำไผ่ของเสา	ขนาดเสาไม้เนื้อแข็ง (นิ้ว x นิ้ว)	ขนาดเสาคอนกรีต (ซม. x ซม.)	ขนาดเสาเหล็ก (ขนาด x น้ำหนัก)
1ลำ	3" x 3"	10 x 10	W100 x 17.2
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)			
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)			
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)			
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)			
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)			
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)			
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)			
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)			
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะ-L/2)			
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)			
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	4" x 4"		
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)			

ตารางที่ 4.29

การเปรียบเทียบขนาดและความสามารถของลำไผ่กับวัสดุอื่นๆ ของคาน

จำนวน ระยะเชื่อมต่อ และ วิธีการรวบลำไผ่ของคาน	ขนาดคานไม้เนื้อแข็ง (นิ้ว x นิ้ว)	ขนาดคานคอนกรีต (ซม. x ซม.)	ขนาดคานเหล็ก (ขนาด x น้ำหนัก)
1ลำ	2" x 10"	15 x 25	W125 x 13.2 W100 x 17.2
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	2" x 12"	15 x 30	
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)		20 x 30	
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)		15 x 40	
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)		20 x 40	
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)	2" x 14"	15 x 50 20 x 50	W150 x 14.0
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)			
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)			
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)			
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)			
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	2" x 16"	20 x 60 20 x 70	W150 x 21.1
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)	2" x 18"		W125 x 23.5
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)			

4.5 ผลการจำลองอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้การรวบลำไผ่ เป็นโครงสร้างในการออกแบบ

ผลการจำลองอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้การรวบลำไผ่เป็นโครงสร้างในการ
ออกแบบ

ข้อกำหนดในการออกแบบการจำลองอาคาร

1. ประเภทอาคารเป็นอาคารสาธารณะขนาดเล็ก มีลักษณะการใช้งานประกอบด้วย
พื้นที่จัดแสดงนิทรรศการและร้านอาหาร
2. ระยะช่วงพาด 4X4 เมตร
3. อาคารสูงชั้นละ 4 เมตร

4. น้ำหนักบรรทุกจร เท่ากับ 300 kg/m^2 ดังตารางที่ 2.16

5. น้ำหนักบรรทุกคงที่ ดังตารางที่ 2.15

5.1 หลังคาเมทัลชีต (สังกะสี) เท่ากับ 5 kg/m^2

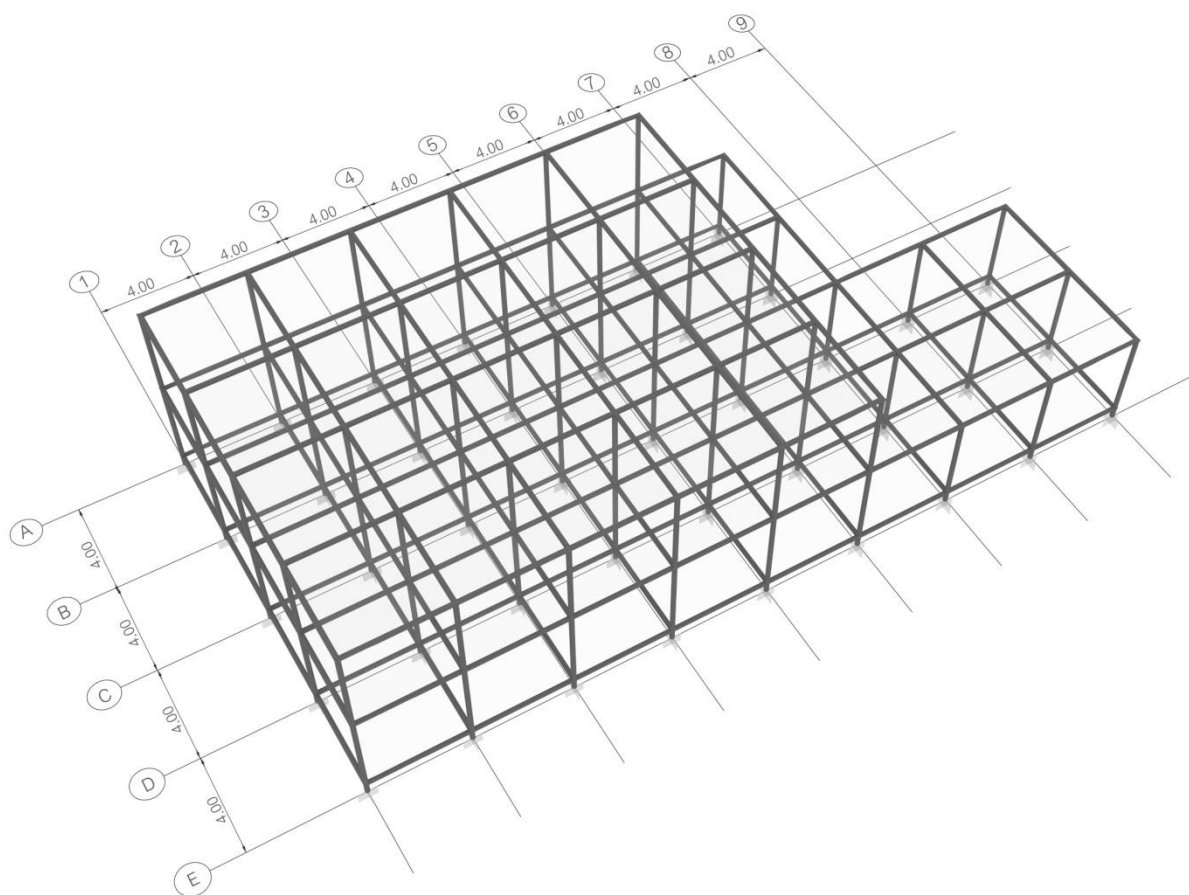
5.2 ฝ้าไม้ $\frac{1}{2}$ " รวมคร่าว เท่ากับ 20 kg/m^2

5.3 พื้นไม้ 1" รวมตง เท่ากับ 30 kg/m^2

6. ค่าส่วนความปลอดภัยของไม้ไผ่ เท่ากับ 3

โดยพิจารณาจากส่วนความปลอดภัยสำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 1 และ 2 งานในร่ม
เท่ากับ 2.5 - 6.5 ดังตารางที่ 2.12 - ตารางที่ 2.13

ภาพที่ 4.4
รูปทรงการจำลองโครงสร้างอาคาร



การออกแบบโครงสร้างเสาใช้วิธีการคำนวณในการช่วยออกแบบ รายละเอียดแบบ
แปลนทางสถาปัตยกรรมดังภาพที่ 5.7 - ภาพที่ 5.9

ตัวอย่างที่ 1 การออกแบบขนาดเสา 3D

การคำนวณน้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักบรรทุกคงที่ ประกอบด้วย

$$\text{น้ำหนักหลังคา} = 5 \times (4 \times 4) = 80 \text{ kg.}$$

$$\text{น้ำหนักพื้นไม้ชั้น 1-2} = 30 \times (4 \times 4) \times 2 = 960 \text{ kg.}$$

$$\text{น้ำหนักบรรทุกจร} = 300 \times (4 \times 4) \times 2 = 9,600 \text{ kg.}$$

$$\text{รวมน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร} = 10,640 \text{ kg.}$$

หาขนาดหน้าตัดของเสาไม้ไผ่

$$\begin{aligned} \text{ขนาดหน้าตัดเสาที่ต้องใช้} &= \text{น้ำหนักบรรทุก} / (0.3 \times \text{กำลังรับแรงอัด}) \\ &= 10,640 / (0.3 \times 263.62) \\ &= 134.54 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนเสาไม้ที่ต้องใช้} &= \text{ขนาดหน้าตัดเสา} / \text{พื้นที่หน้าตัดไม้ 1 ลำ} \\ &= 134.54 / 40 \\ &= 3.36 \text{ ลำ} \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ไม้ 4 ลำ

การเลือกประเภทการรวบลำไม้ของเสา

วิธีการเลือกประเภทการรวบลำไม้ = จำนวนลำไม้ที่ต้องใช้ $\times$ ค่าสัมประสิทธิ์ของ

การรวบลำไม้ของเสา

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไม้ของเสา จากตารางที่ 5.1

เลือกประเภทการรวบลำไม้ของเสา 4 ลำ

ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไม้ของเสา จากตารางที่ 5.1

$$4 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/2) = 0.66$$

$$4 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/3) = 0.69$$

$$4 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 0.79$$

$$4 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 0.86$$

ประเภทของการรวบลำไ้ที่สามารถนำไปใช้ได้

4ลำ (ลิมมัดเชือก-ระยะL/2)	= 4x0.66	= 2.65 ลำ
4ลำ (ลิมมัดเชือก-ระยะL/3)	= 4x0.69	= 2.76 ลำ
4ลำ (นอตเกลียว-ระยะL/2)	= 4x0.79	= 3.15 ลำ
4ลำ (นอตเกลียว-ระยะL/3)	= 4x0.86	= 3.45 ลำ

ดังนั้น การออกแบบต้องใช้เสาไ้ 4 ลำ โดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา

ตัวอย่างที่ 2 การออกแบบขนาดเสา 7E

การคำนวณน้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักบรรทุกคงที่ ประกอบด้วย

น้ำหนักหลังคา	= 5x(3.5x4)	= 70 kg.
น้ำหนักผนัง	= 20x(4x4)	= 320 kg.
น้ำหนักพื้นไม้ชั้น 1	= 30x(5x4)	= 600 kg.
น้ำหนักบรรทุกจร	= 300x(5x4)	= 6,000 kg.
รวมน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร		= 6,990 kg.

หาขนาดหน้าตัดของเสาไม้ไ้

ขนาดหน้าตัดเสาที่ต้องใช้	= 6,990/(0.3 x 263.62)
	= 88.38 cm ² .
จำนวนเสาไ้ที่ต้องใช้	= ขนาดหน้าตัดเสา/พื้นที่หน้าตัดไ้ 1 ลำ
	= 88.38/40
	= 2.21 ลำ

ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ไ้ 3 ลำ

เลือกประเภทการรวบลำไ้ของเสา 3 ลำ

ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไ้ของเสา จากตารางที่ 5.1

3ลำ (ลิมมัดเชือก-ระยะL/2)	= 0.64
3ลำ (ลิมมัดเชือก-ระยะL/3)	= 0.61
3ลำ (นอตเกลียว-ระยะL/2)	= 0.92
3ลำ (นอตเกลียว-ระยะL/3)	= 0.71

ประเภทของการรวบรวมไม้ที่สามารถนำไปใช้ได้

$$3 \text{ ลำ (ลิมมัตเขือก-ระยะ } L/2) = 3 \times 0.64 = 1.92 \text{ ลำ}$$

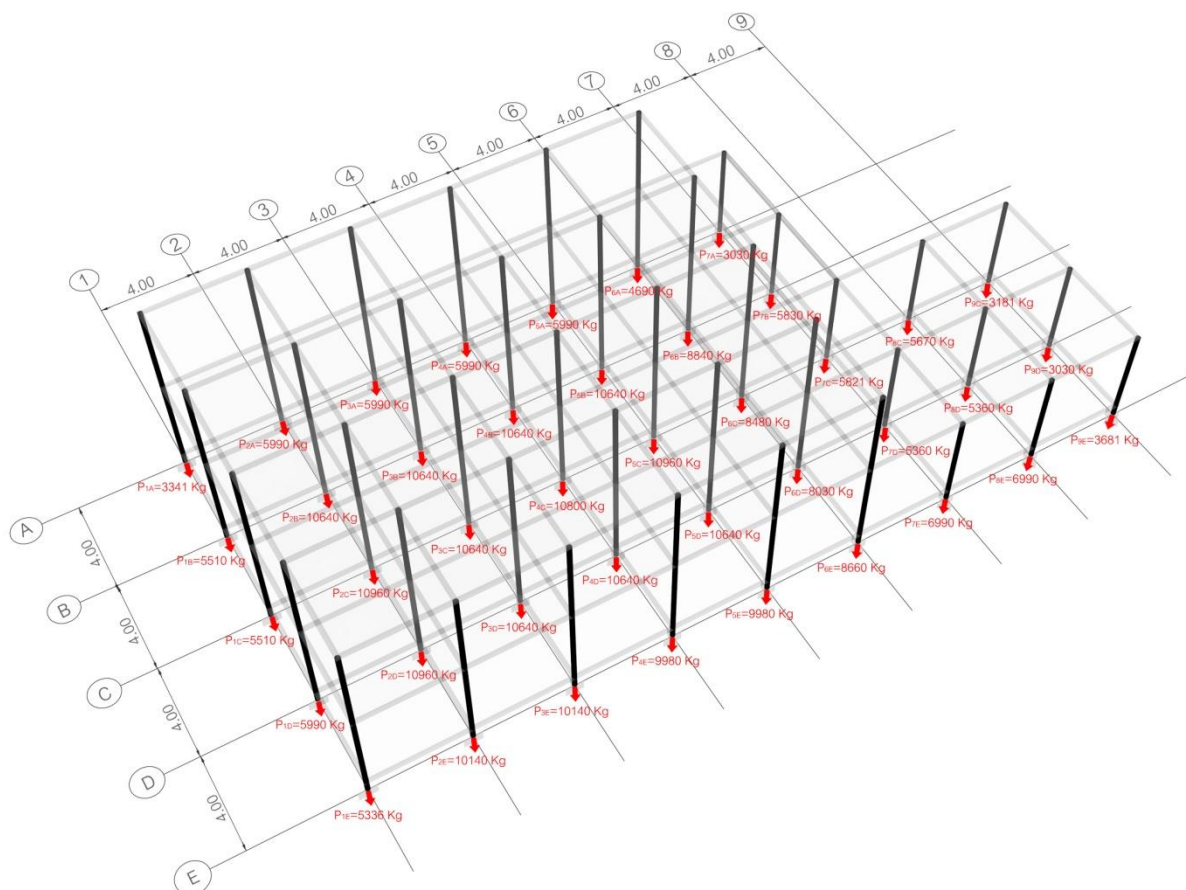
$$3 \text{ ลํ้า (ลิมิตัดเขือก-ระยะ } L/3) = 3 \times 0.61 = 1.83 \text{ ลํ้า}$$

$$3 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 3 \times 0.92 = 2.75 \text{ ลำ}$$

$$3 \text{ ล้ำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 3 \times 0.71 = 2.12 \text{ ล้ำ}$$

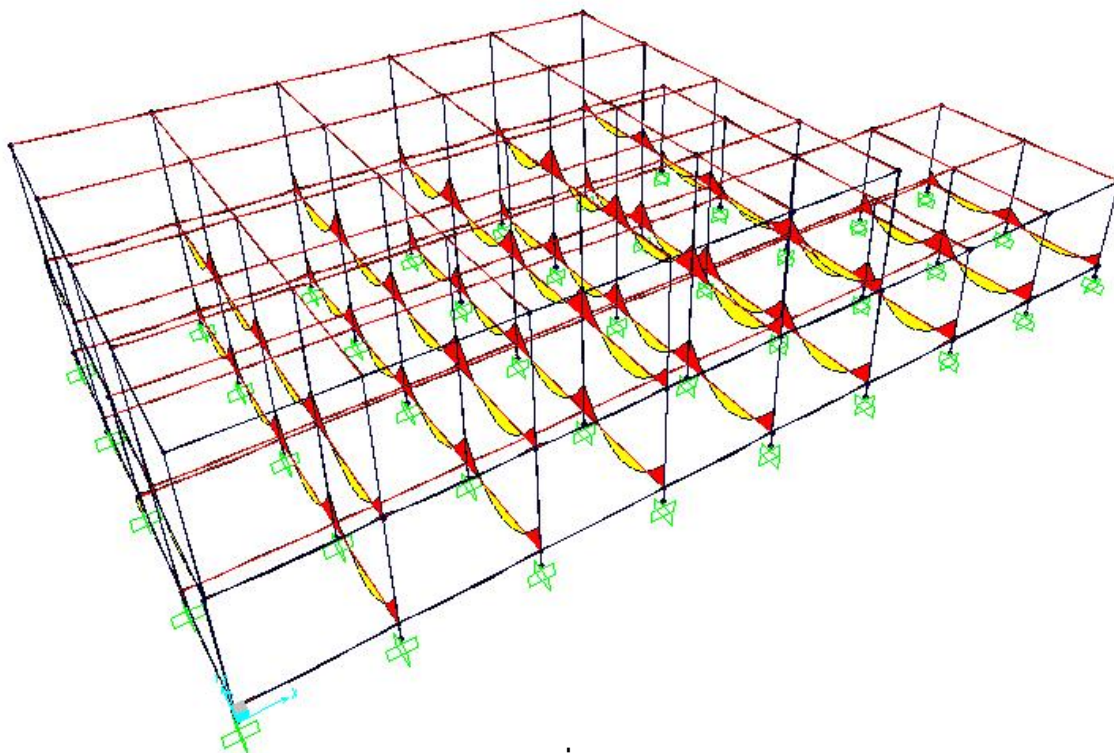
ดังนั้น การออกแบบต้องใช้เวลาไป 3 ลำ โดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา

ภาพที่ 4.5
น้ำหนักบรรทุกของเสา

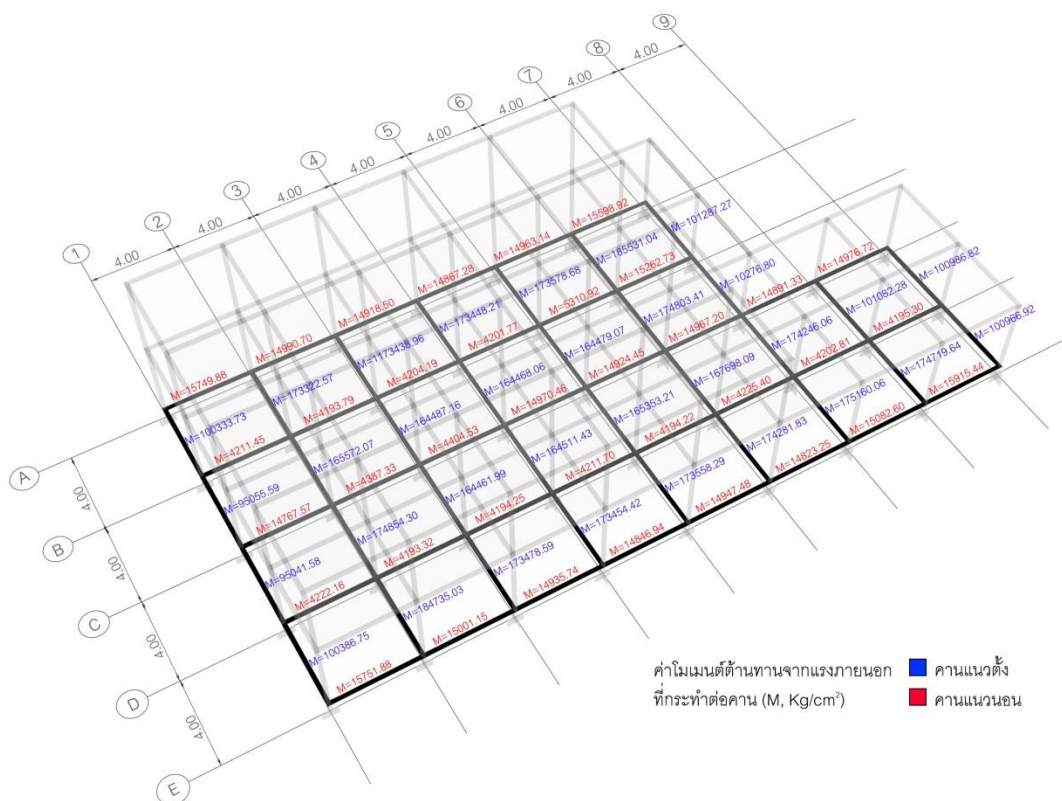


การออกแบบโครงสร้างคานออกแบบโดยใช้โปรแกรม SAP 2000 ในการช่วยคำนวณ
ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด(M) นำค่าที่ได้มาคำนวณออกแบบขนาดหน้าตัดของคาน ดังภาพที่ 4.6

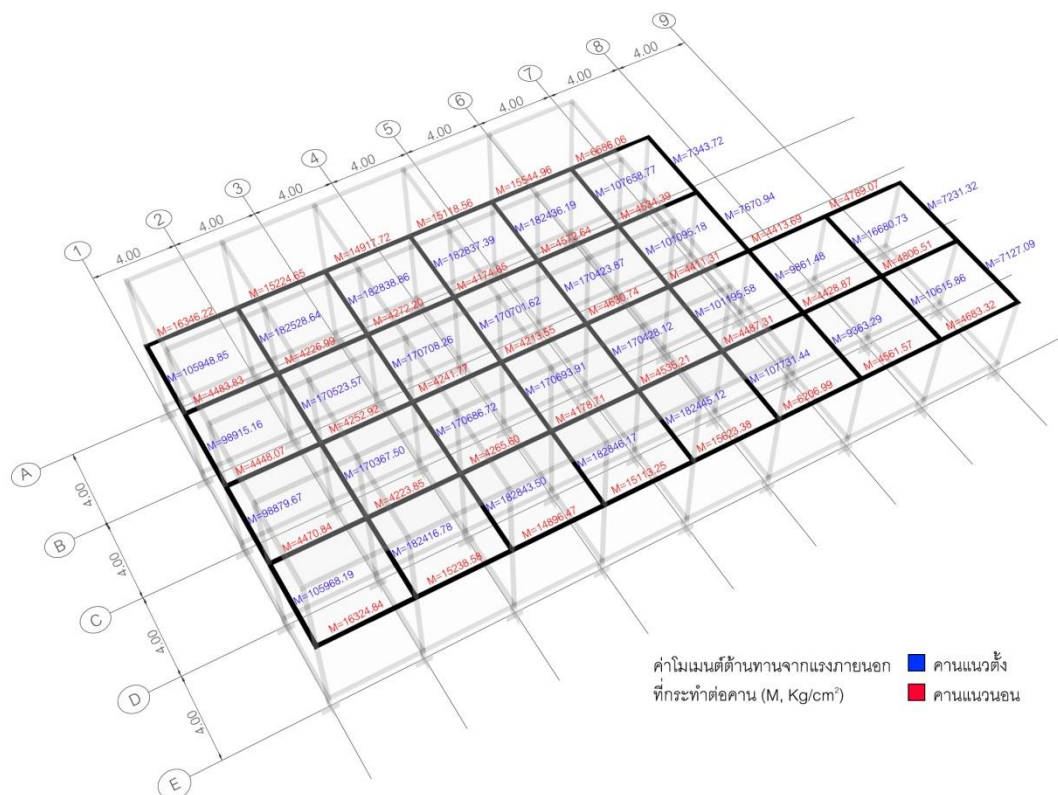
ภาพที่ 4.6
การจำลองโครงสร้างเพื่อหาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดโดยการใช้โปรแกรม



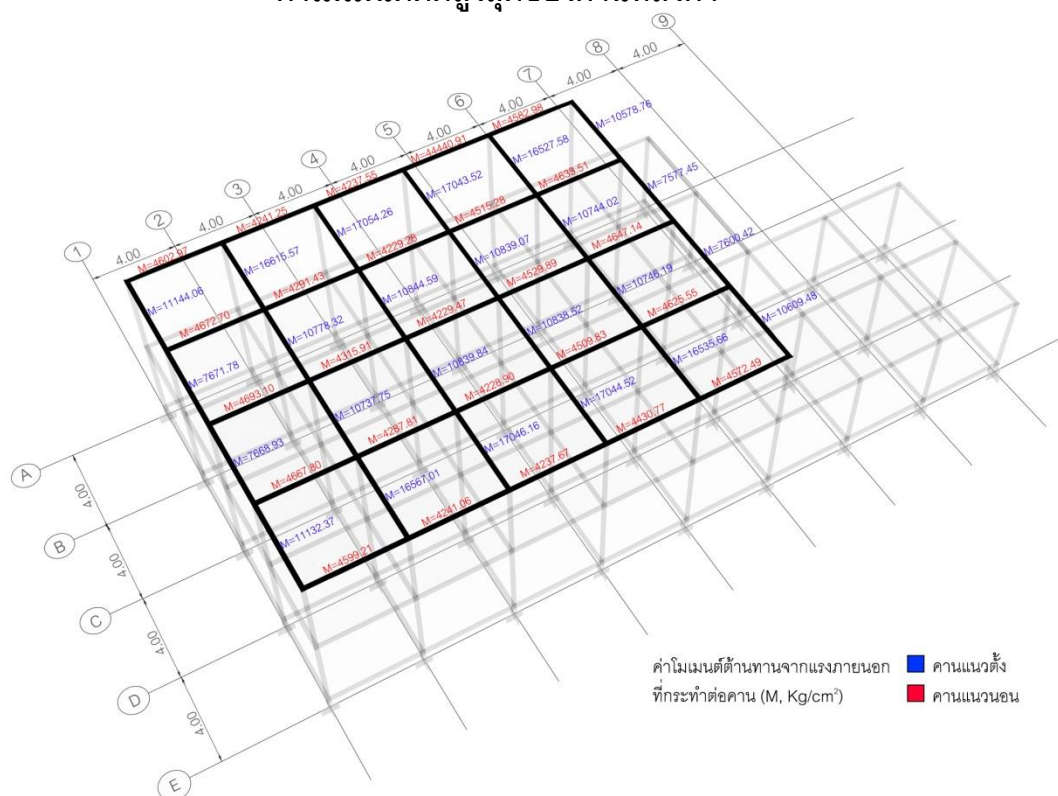
ภาพที่ 4.7
ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดของคานชั้น 1



ภาพที่ 4.8
ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดของคานชั้น 2



ภาพที่ 4.9
ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดของคานหลังคา



การคำนวณหาจำนวนลำไผ่ที่ต้องใช้ในการออกแบบคาน
สูตรการคำนวณ

$$0.3Fb > \frac{Mc}{I}$$

โดย Fb = กำลังรับแรงดัด, kg/cm^2

M = โมเมนต์รับแรงดัดสูงสุด, kg/cm^2

c = ระยะที่วัดห่างจากแรงสะเทิน, cm .

I = โมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปตัดรอบแกนที่รับโมเมนต์ดัด, cm^4

หมายเหตุ:

ค่าโมเมนต์อินเนอร์เซียของลำไผ่ (I)

$$1 \text{ ลำ} = 373.02 \text{ cm}^4$$

$$2 \text{ ลำ} = 746.03 \text{ cm}^4$$

$$3 \text{ ลำ} = 3,117.15 \text{ cm}^4$$

$$4 \text{ ลำ} = 5,497.59 \text{ cm}^4$$

ระยะที่วัดห่างจากแรงสะเทิน

$$1-2 \text{ ลำ} = 5 \text{ cm.}$$

$$3-4 \text{ ลำ} = 10 \text{ cm.}$$

ตัวอย่างที่ 1 ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด เท่ากับ $17,054.26 \text{ kg/cm}^2$

การคำนวณออกแบบขนาดคาน โดยสมมติให้ใช้คานไผ่ 2 ลำ

$$0.3 \times 794.24 > (17,054.26 \times 5) / 746.03$$

$$238.272 > 114.30 \text{ ใช้ได้}$$

การเลือกประเภทการรวบลำไผ่ของคาน

วิธีการเลือกประเภทการรวบลำไผ่ = ค่า Fb ที่สามารถใช้ได้ / ค่าสัมประสิทธิ์ของการ
รวบลำไผ่ของคาน

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่ของคาน จากตารางที่ 5.2

ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไยของคาน จากตารางที่ 5.2

$$2 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/2) = 1.02$$

$$2 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/3) = 0.59$$

$$2 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 0.72$$

$$2 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 0.78$$

ประเภทของการรวบลำไยที่สามารถนำไปใช้ได้

$$2 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/2) = 114.30 \times 1.02 = 111.75$$

$$2 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/3) = 114.30 \times 0.59 = 193.94$$

$$2 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 114.30 \times 0.72 = 159.64$$

$$2 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 114.30 \times 0.78 = 145.75$$

ดังนั้น การออกแบบต้องใช้เสาไม้ 2 ลำ โดยใช้วิธีการรวบได้ทุกรูปแบบ

ตัวอย่างที่ 2 ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด เท่ากับ $105,948.85 \text{ kg/cm}^2$

การคำนวณออกแบบขนาดคาน โดยสมมติให้ใช้คานไม้ 4 ลำ

$$0.3 \times 794.24 > (105,948.85 \times 5) / 5,497.59$$

$$238.272 > 192.72 \text{ ใช้ได้}$$

เลือกประเภทการรวบลำไยของคาน

ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไยของคาน จากตารางที่ 5.2

$$4 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/2) = 0.67$$

$$4 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/3) = 0.48$$

$$4 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 0.32$$

$$4 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 0.73$$

ประเภทของการรวบลำไยที่สามารถนำไปใช้ได้

$$4 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/2) = 192.72 \times 0.67 = 288.80$$

$$4 \text{ ลำ (ลิ้มมัดเหือก-ระยะ } L/3) = 192.72 \times 0.48 = 397.66$$

$$4 \text{ ลำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 192.72 \times 0.32 = 596.60$$

$$4 \text{ ล้ำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 192.72 \times 0.73 = 263.20$$

ดังนั้น การออกแบบโดยใช้คานไม้ 4 ล้ำ ไม่สามารถใช้ได้ทุกรูปแบบ

เลือกใช้คานคู่

$$\text{ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อคาน} = 105,948.85/2 = 52,974.43 \text{ kg/cm}^2$$

การคำนวณออกแบบขนาดคาน โดยสมมติให้ใช้คานไม้ 4 ล้ำ

$$0.3 \times 794.24 > (52,974.43 \times 5)/5,497.59$$

$$238.272 > 96.36 \text{ ใช้ได้}$$

เลือกประเภทการรวบลำไม้ของคาน

ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไม้ของคาน จากตารางที่ 5.2

$$4 \text{ ล้ำ (ลิ้มมัดเชือก-ระยะ } L/2) = 0.67$$

$$4 \text{ ล้ำ (ลิ้มมัดเชือก-ระยะ } L/3) = 0.48$$

$$4 \text{ ล้ำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 0.32$$

$$4 \text{ ล้ำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 0.73$$

ประเภทของการรวบลำไม้ที่สามารถนำไปใช้ได้

$$4 \text{ ล้ำ (ลิ้มมัดเชือก-ระยะ } L/2) = 96.36 \times 0.67 = 144.40$$

$$4 \text{ ล้ำ (ลิ้มมัดเชือก-ระยะ } L/3) = 96.36 \times 0.48 = 198.83$$

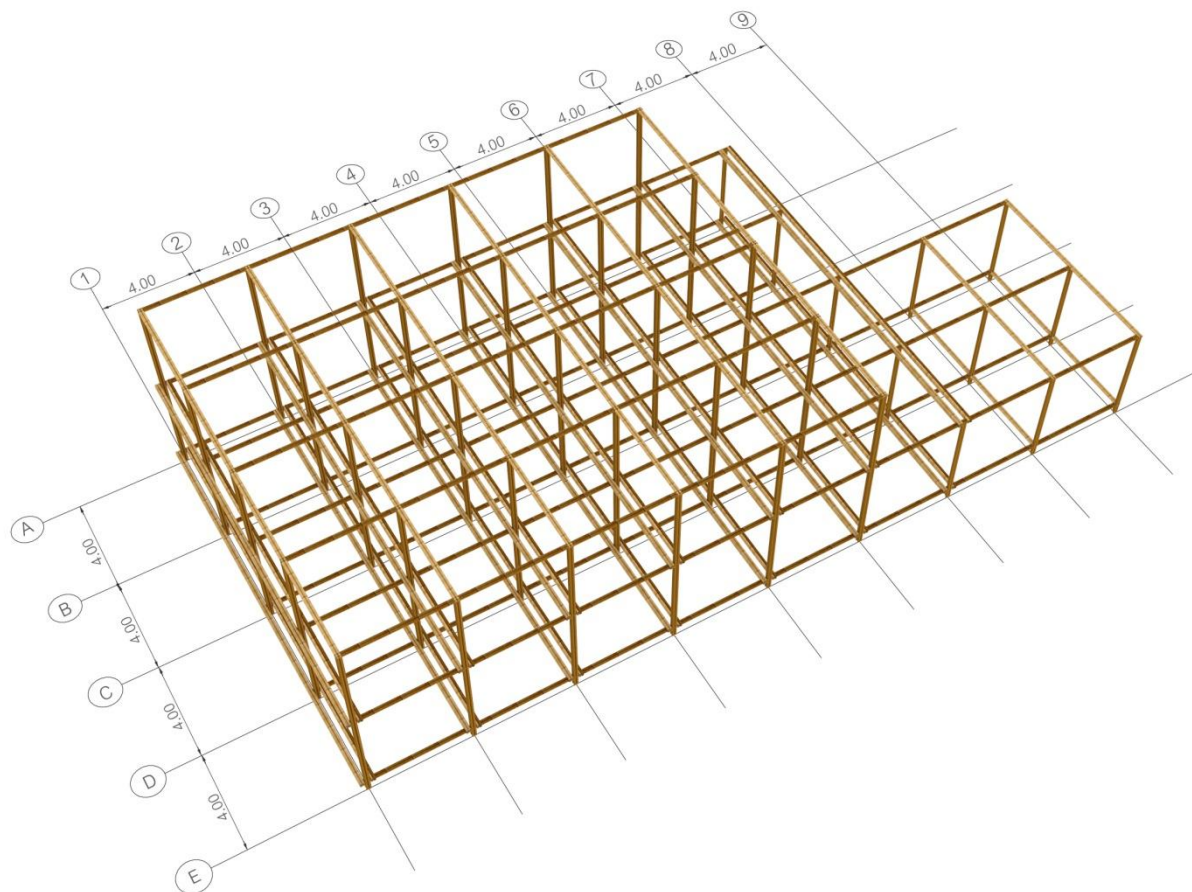
$$4 \text{ ล้ำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/2) = 96.36 \times 0.32 = 298.30$$

$$4 \text{ ล้ำ (นอตเกลียว-ระยะ } L/3) = 96.36 \times 0.73 = 131.60$$

ดังนั้น การออกแบบโดยใช้คานไม้ 4 ล้ำ สามารถใช้ได้ทุกแบบยกเว้นวิธีการ

รวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา

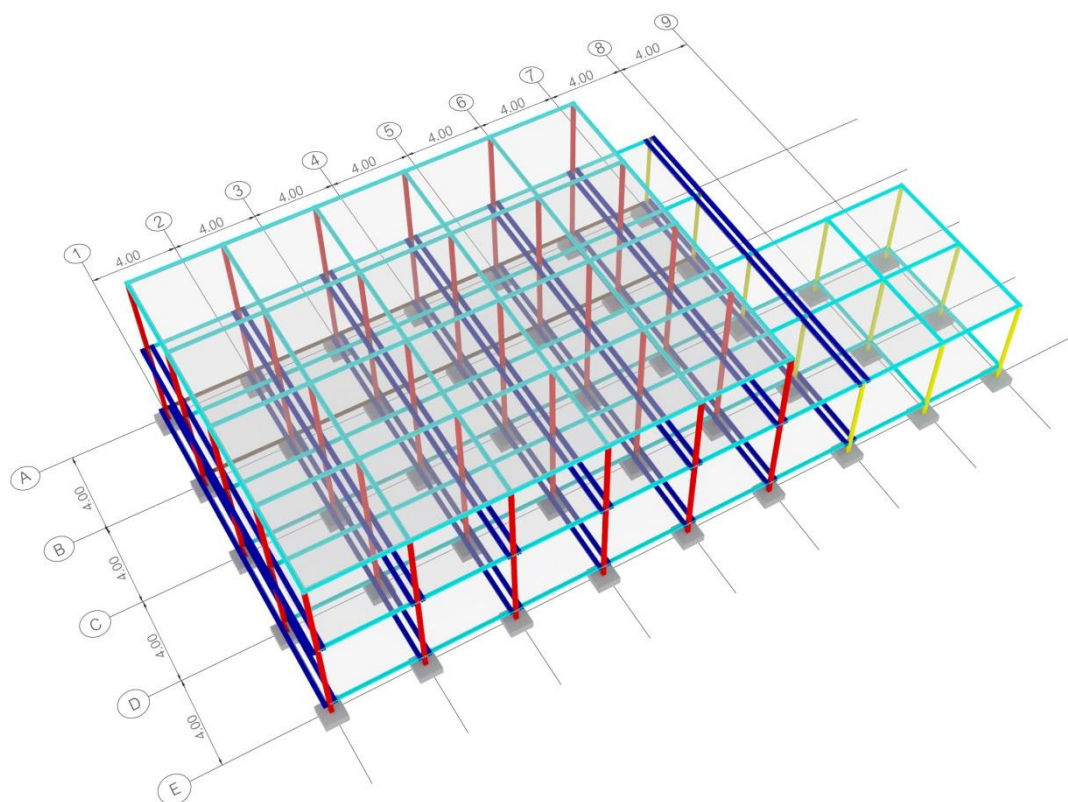
ภาพที่ 4.10
ผลการออกแบบโครงสร้างอาคารจากการคำนวณ



จากผลการคำนวณการออกแบบโครงสร้างเสาและคาน การออกแบบโครงสร้างเสา กำหนดให้เสาที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วนของอาคารที่มี 2 ชั้น ใช้เสาไม้ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบ นอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวเสา และเสาที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วนของ อาคารที่มี 1 ชั้น ใช้เสาไม้ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/2$ ของความยาวเสา การออกแบบโครงสร้างคานกำหนดให้คานชั้นหลังคาและคานชั้น 1 และ 2 ใน แนวนอน ใช้คานไม้ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของ ความยาวคาน และคานชั้น 1 และ 2 ในแนวตั้งใช้คานคู่ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียว และเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน ดังรูปที่ 4.11

ภาพที่ 4.11

ขนาดของเสาและคานของผลการออกแบบจำลองโครงสร้างอาคาร



- เสาไม้ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา
- เสาไม้ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา
- คานไม้คู่ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน
- คานไม้ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวบแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน