

บทที่ 5

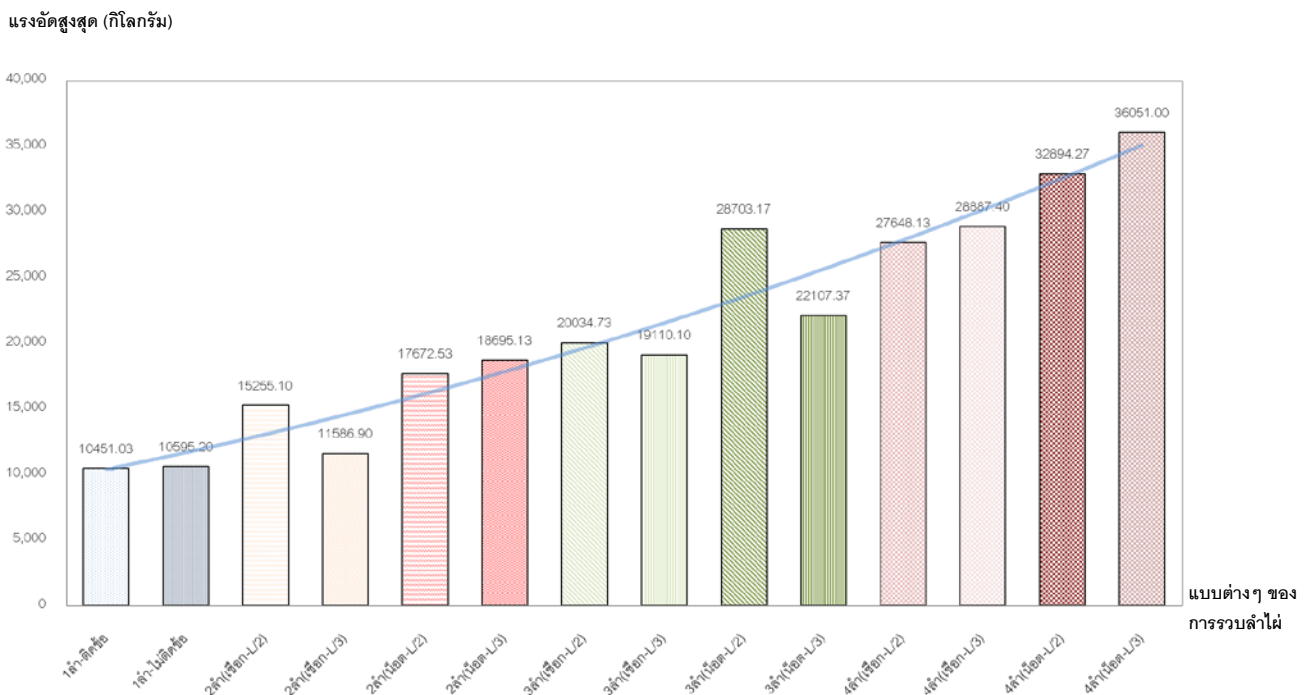
สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของการรวบลำไ้

ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของการรวบลำไ้จากตารางที่ 4.2 – ตารางที่ 4.14 การเพิ่มลำไ้ส่งผลให้ความสามารถในการรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น และการรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเชื่อมด้วย นอตเกลียวสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าวิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกในลอน นอกจากนี้การรวบลำไ้ โดยใช้วิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกในลอนที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา แต่การรวบลำไ้ โดยใช้วิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียวที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา แต่ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าการรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบต่างๆ ทำให้เนื้อวัสดุที่อยู่ในช่วงของจุดเชื่อมต่อเกิดความเสียหายทำให้มีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักลดลงได้

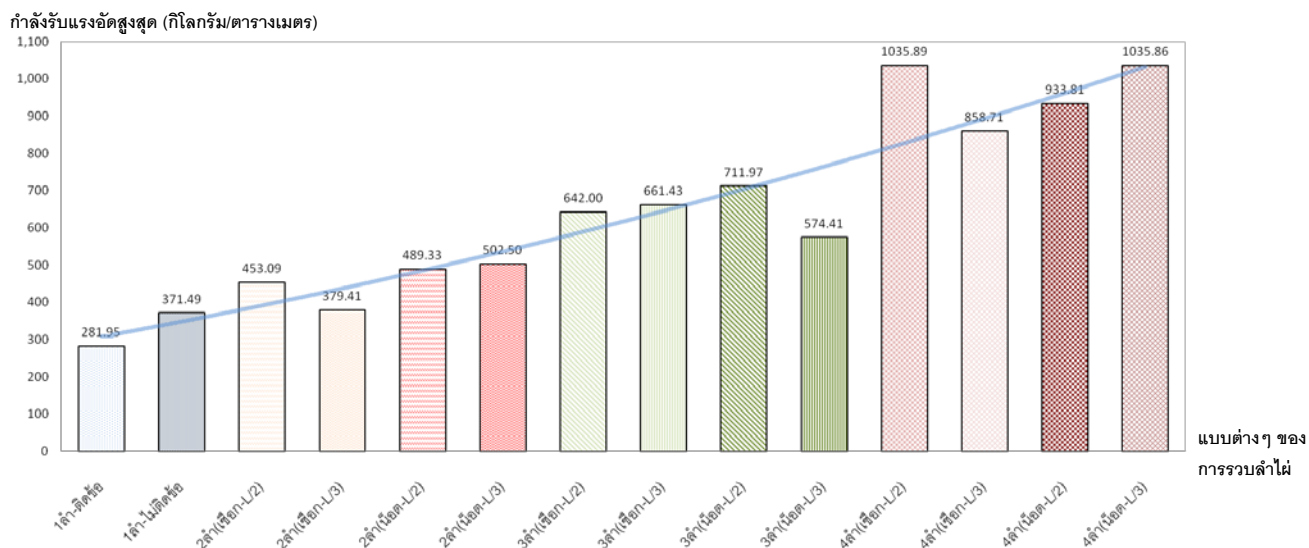
ภาพที่ 5.1

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไ้



ภาพที่ 5.2

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไ้



5.2 สรุปผลการศึกษาผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการรวบลำไ้

ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการรวบลำไ้จากตารางที่ 4.15 – ตารางที่ 4.27 การเพิ่มลำไ้มีผลให้ความสามารถในการรับแรงดัดเพิ่มมากขึ้นแต่กำลังรับแรงดัดลดลง แสดงให้เห็นว่าขนาดหน้าตัดของคานมีผลต่อการรับแรงดัด คือหน้าตัดคานที่มีขนาดเล็กมีความแข็งแรงมากกว่าหน้าตัดขนาดใหญ่

การรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียวสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าวิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน เนื่องจากนอตเกลียวมีหัวนอตปิดปลายทั้งสองด้านช่วยรัดลำไ้ที่รวบไว้ให้แน่นยิ่งขึ้นทำให้การทำงานเป็นระบบมากยิ่งขึ้น และระยะห่างของการเชื่อมต่อระยะ 1/3 ของความยาวคานมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคานอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไ้ ดังภาพที่ 5.4 การรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอนที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคานมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคานอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอนจึงไม่ได้ช่วยคานรับแรงอย่างเป็นระบบ และการรวบลำไ้ที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน บริเวณจุดที่ถ่าน้ำหนักไม่ลงตรงจุดเชื่อมต่อของลำไ้ทำให้ไม่เกิดแรงเฉือนขึ้น ณ บริเวณนั้นจึงทำให้สามารถรับแรงดัดได้มากยิ่งขึ้น แต่การรวบลำไ้ที่

มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน บริเวณจุดที่ถ่ายน้ำหนักลงตรงจุดเชื่อมต่อของลำไผ่พอดี ดังภาพที่ 5.3 ทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นในบริเวณนั้นจนทำให้วัสดุและจุดเชื่อมต่อเกิดการวิบัติก่อนส่วนอื่นๆ

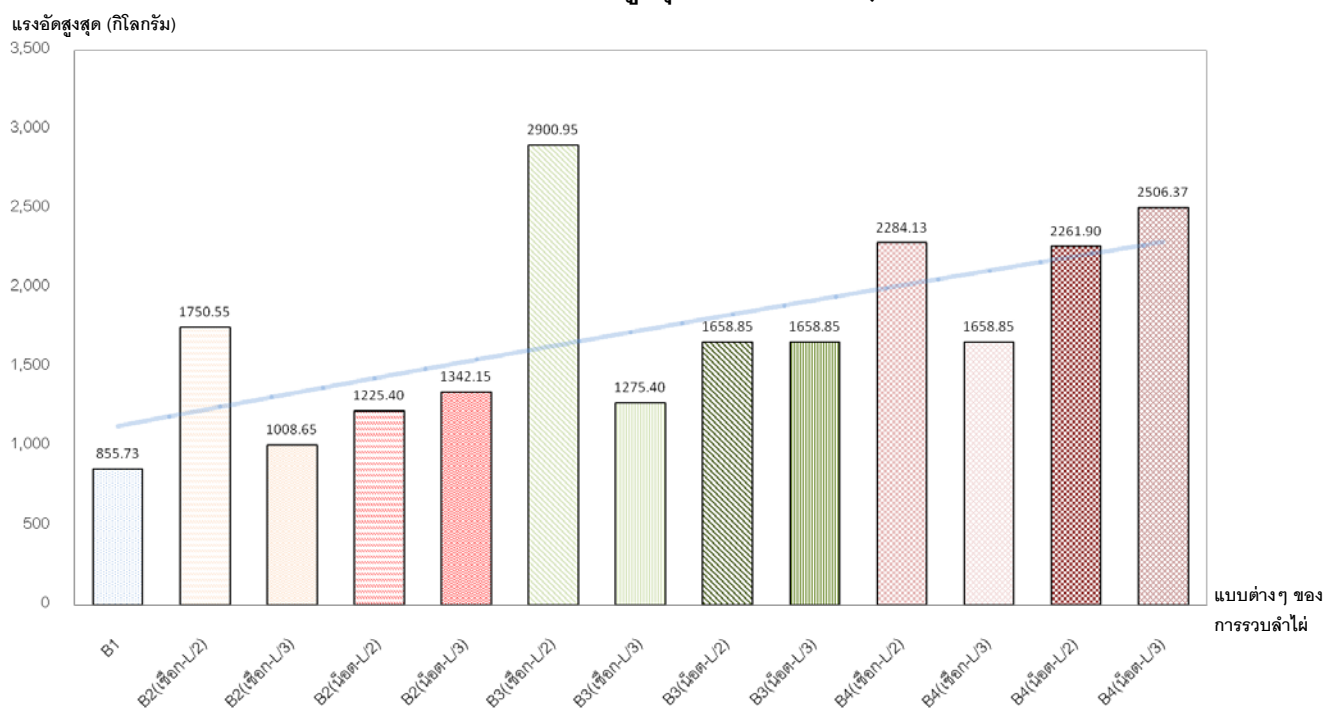
ภาพที่ 5.3

การรวบลำไผ่ที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน
บริเวณจุดที่ถ่ายน้ำหนักลงตรงจุดเชื่อมต่อของลำไผ่



ภาพที่ 5.4

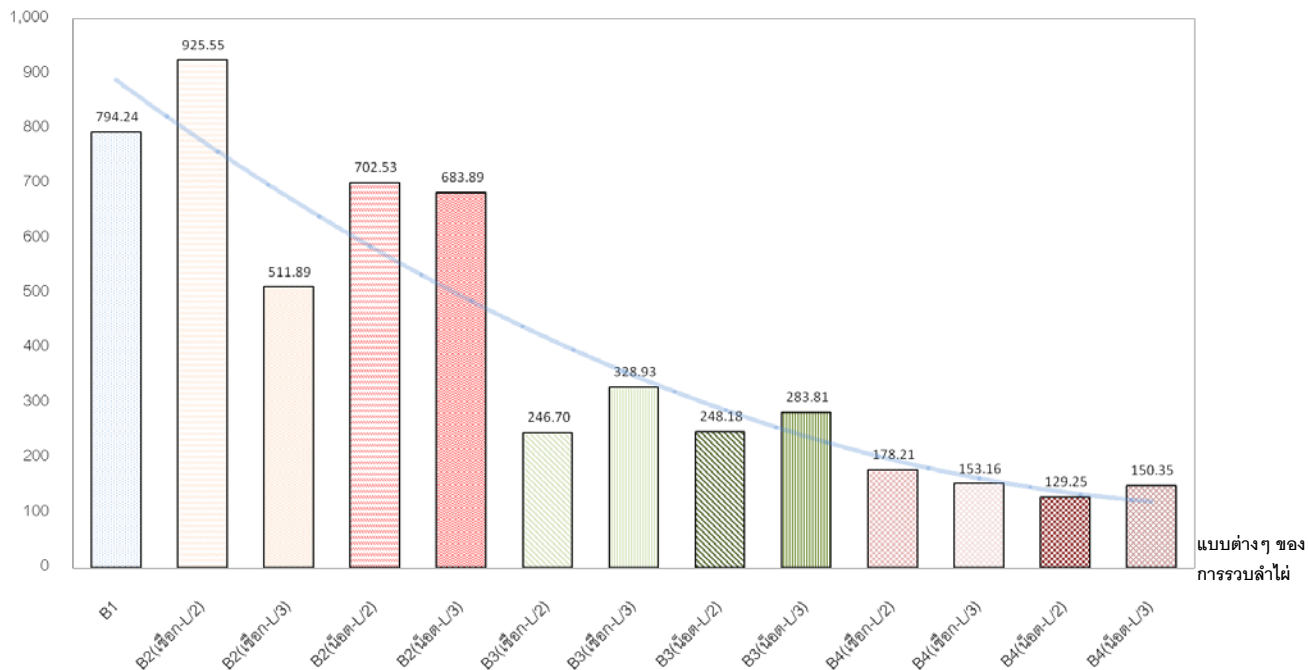
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไผ่



ภาพที่ 5.5

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไ้

กำลังรับแรงดัดสูงสุด (กิโลกรัม/ตารางเมตร)



จากผลการทดสอบการเลือกใช้ลำไ้ควรเลือกใช้ลำไ้ที่มีเนื้อหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่ ช่วยให้ลำไ้สามารถรับน้ำหนักได้ดียิ่งขึ้น

การรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเชื่อมลำไ้ทั้ง 2 แบบ คือวิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และวิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียว การเชื่อมลำไ้ (connection) ไม่ช่วยให้การรวบลำไ้สามารถรับน้ำหนักอย่างเป็นระบบ

การใช้งานควรตรวจสอบการหดตัวของลำไ้เนื่องจากส่งผลให้เชือกไนลอนและนอตเกลียวเกิดการคลายตัว ดังนั้นจึงต้องมัดเชือกและขันนอตเกลียวให้แน่นอยู่เสมอ และวัสดุที่ใช้รวบลำไ้ควรใช้วัสดุที่สามารถปรับขนาดได้และมีค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นสูงจะช่วยให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น

5.3 ความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์การรับแรงอัดและดัดของการรวบลำไผ่

ค่าความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าการรับแรงอัดและดัดของการเพิ่มจำนวนลำไผ่ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนของลำไผ่ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากจำนวนและวิธีการรวบลำไผ่ ดังนั้นการนำค่าคุณสมบัติของไผ่ไปใช้ในการคำนวณจึงต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ (factor) เพื่อช่วยให้ผลการคำนวณแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.1

ความสัมพันธ์ของการรับแรงอัดและค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่

จำนวน ระยะเชื่อมต่อ และวิธีการรวบลำไผ่ของเสา	ความสัมพันธ์ของการรับแรงอัด	ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่
1ลำ	X 1.00	1
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	X 1.46	0.73
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	X 1.11	0.55
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 1.69	0.85
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 1.79	0.89
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	X 1.92	0.64
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	X 1.83	0.61
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 2.75	0.92
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)	X 2.12	0.71
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	X 2.65	0.66
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	X 2.76	0.69
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 3.15	0.79
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)	X 3.45	0.86

ค่าความสัมพันธ์การรับแรงดัดของการศึกษาส่วนประกอบของคานาไม้ไผ่โดยใช้วิธีการรวบลำไผ่ 2-3 ลำ โดยใช้วิธีการเชื่อมต่อที่แตกต่างกัน (Sjoerd, 2012) มีความแตกต่างกับค่าความสัมพันธ์การรับแรงดัดของงานวิจัยเป็นอย่างมากเนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำไผ่ที่ใช้ในการวิจัยมีขนาดใหญ่กว่า 2 เท้า จึงทำให้ค่าโมเมนต์อินเนอร์เซีย (moment of inertia) เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ของกำลังการรับแรงดัดลดลง

ตารางที่ 5.2

ความสัมพันธ์ของแรงดัดและค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่

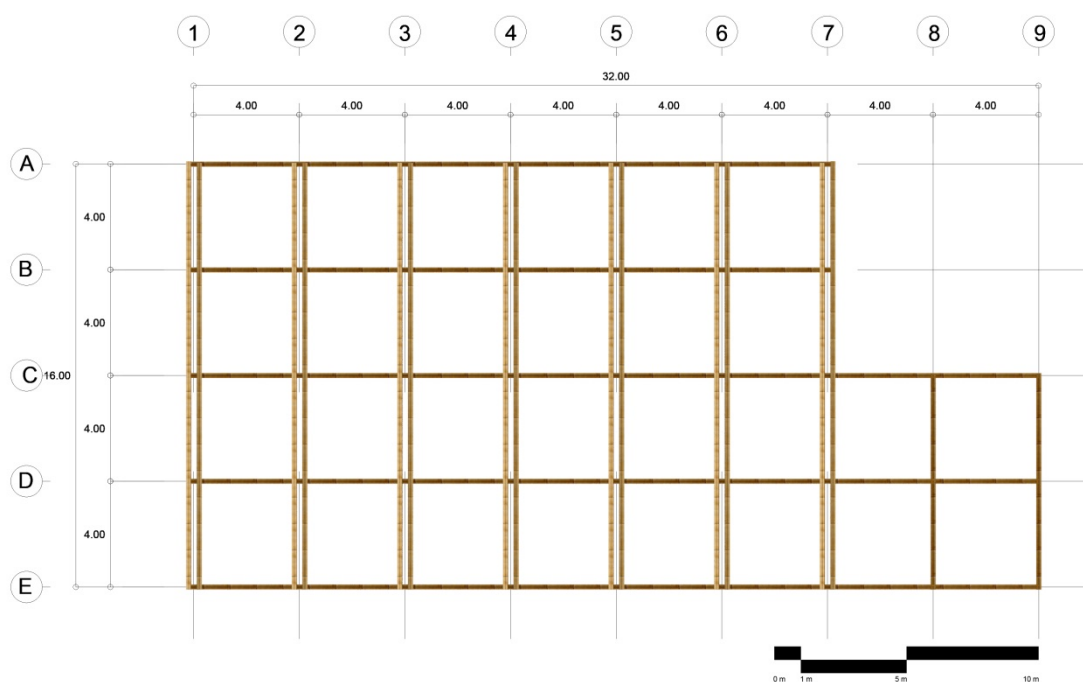
จำนวน ระยะเชื่อมต่อ และ วิธีการรวบลำไผ่ของคาน	ความสัมพันธ์ของการรับแรงดัด	ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่
1ลำ	X 1.00	1.00
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	X 2.05	1.02
2ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	X 1.18	0.59
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 1.43	0.72
2ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 1.57	0.78
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	X 3.39	1.13
3ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	X 1.49	0.50
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 1.94	0.65
3ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)	X 1.94	0.65
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/2)	X 2.67	0.67
4ลำ(ลิ้มมัดเชือก-ระยะL/3)	X 1.94	0.48
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/2)	X 1.29	0.32
4ลำ(นอตเกลียว-ระยะL/3)	X 2.93	0.73

5.4 สรุปผลการจำลองอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้การรวบลำไ้ เป็นโครงสร้างในการออกแบบ

การออกแบบโครงสร้างอาคารโดยใช้วิธีการรวบลำไ้ใช้วิธีการคำนวณและการจำลองโครงสร้างเพื่อวิเคราะห์หาจำนวนลำไ้และรูปแบบของการรวบลำไ้ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของของวัสดุที่นำมาใช้ในการรวบลำไ้และระยะการเชื่อมต่อของความยาว อาทิ การรวบลำไ้โดยใช้เชือกถ้ำไ้เกิดการหดตัวทำให้เชือกที่มัดไว้ไม่แน่นเหมือนเดิมต้องมีการมัดให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการใช้มัดด้วยเชือกควรจะเป็นส่วนของโครงสร้างที่อยู่ในสามารถแก้ไขได้ง่าย และระยะการเชื่อมต่อที่มากขึ้นทำให้สามารถรับน้ำหนักได้ดียิ่งขึ้น แต่ในกรณีของการรวบลำไ้โดยวิธีการเข้าลิ้มไม้แฉะนำไปใช้กับโครงสร้างคานเนื่องจากลิ้มสามารถคลายตัวได้ง่ายไม่เหมาะสมกับการรับน้ำหนักบริเวณที่เกิดถ่ายน้ำหนักโดยตรง รายละเอียดจำนวนและวิธีการรวบลำไ้ที่นำไปใช้งานโครงสร้างได้ระบุไว้ในภาพที่ 4.11

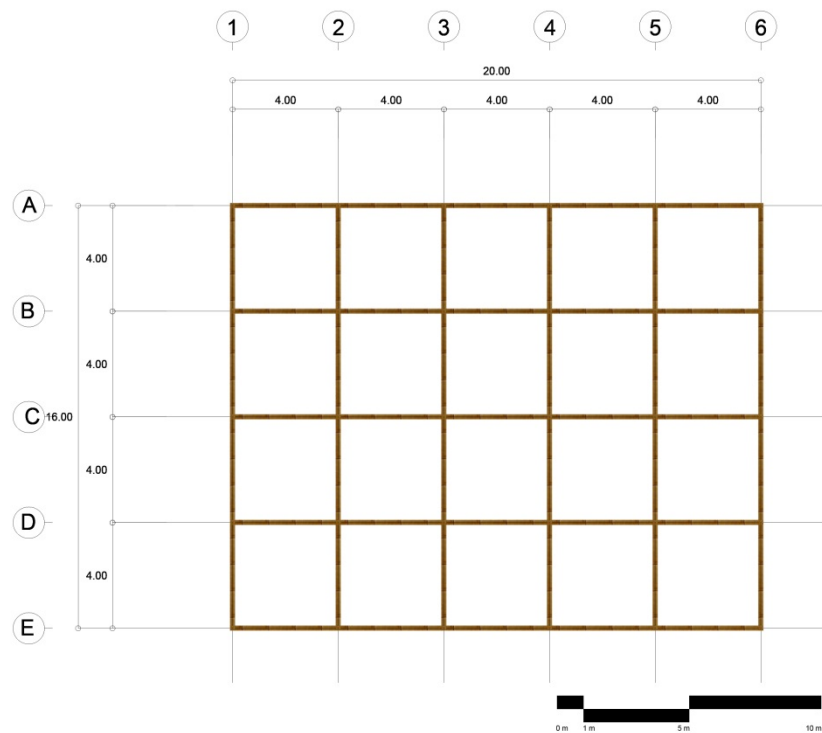
ภาพที่ 5.6

แบบผังคานชั้น 1 และ 2 อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไ้



ภาพที่ 5.7

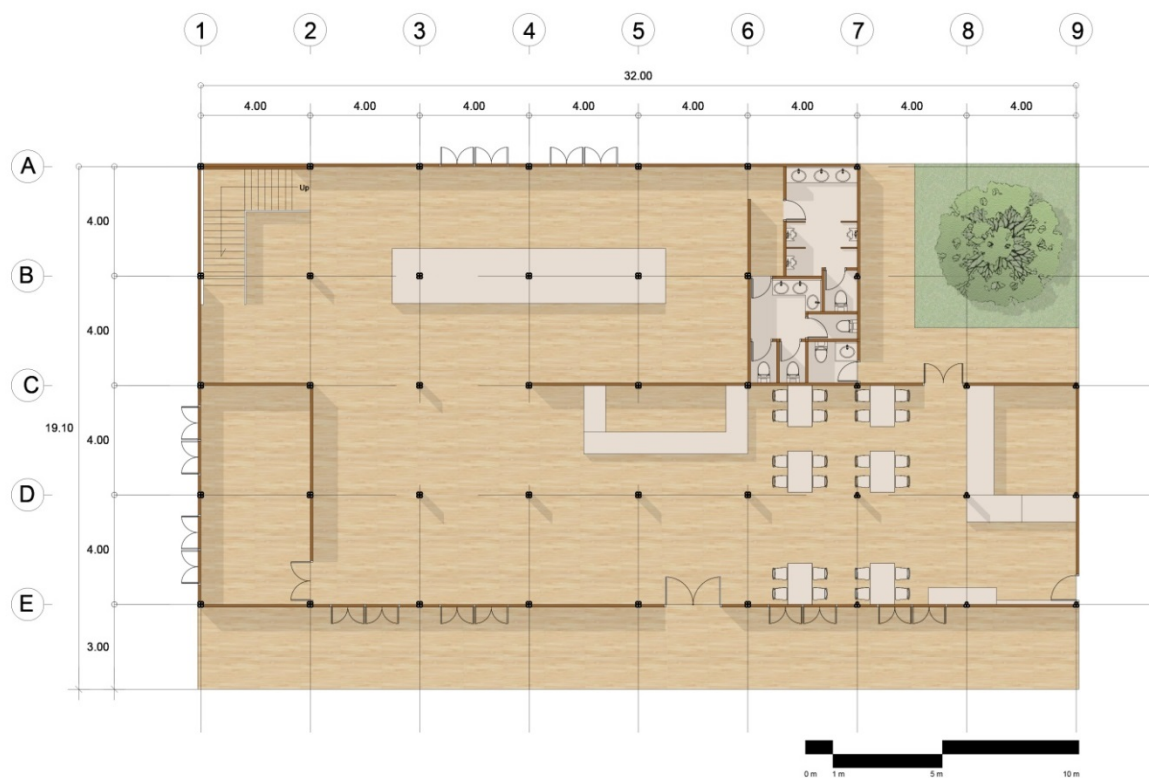
แบบผังคานชั้นหลังคา อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่



ภาพที่ 5.8

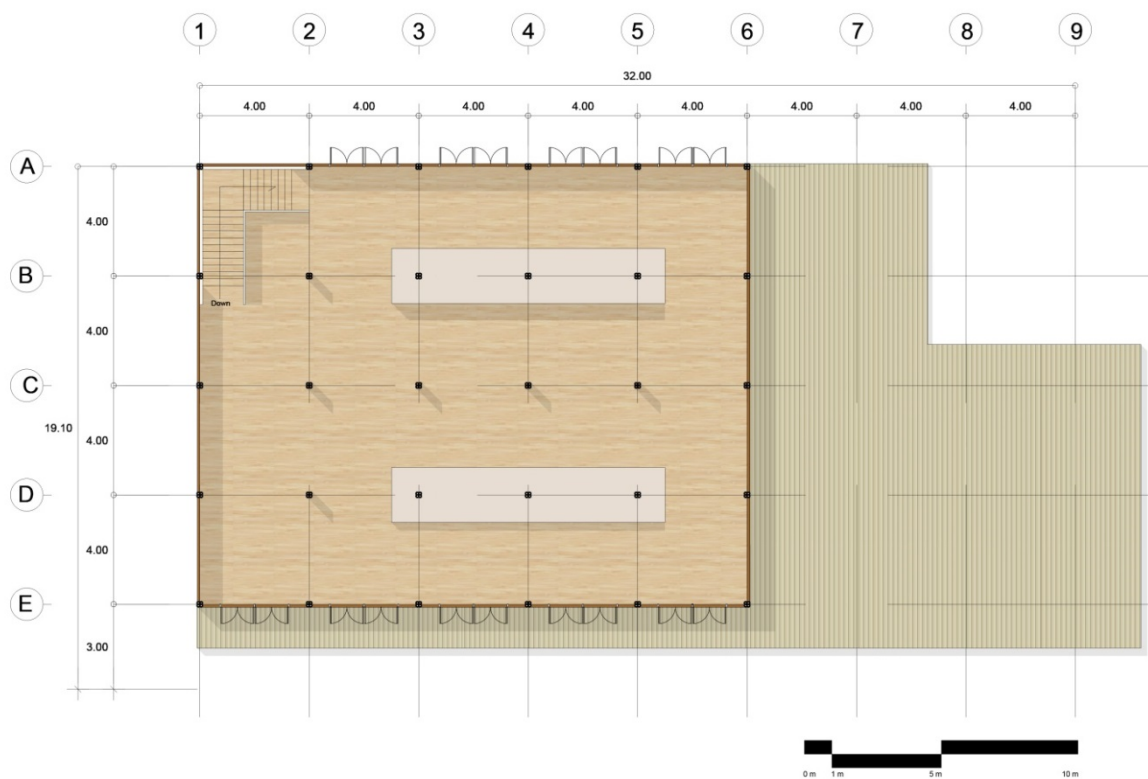
แบบพื้นชั้น 1 อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่

มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง



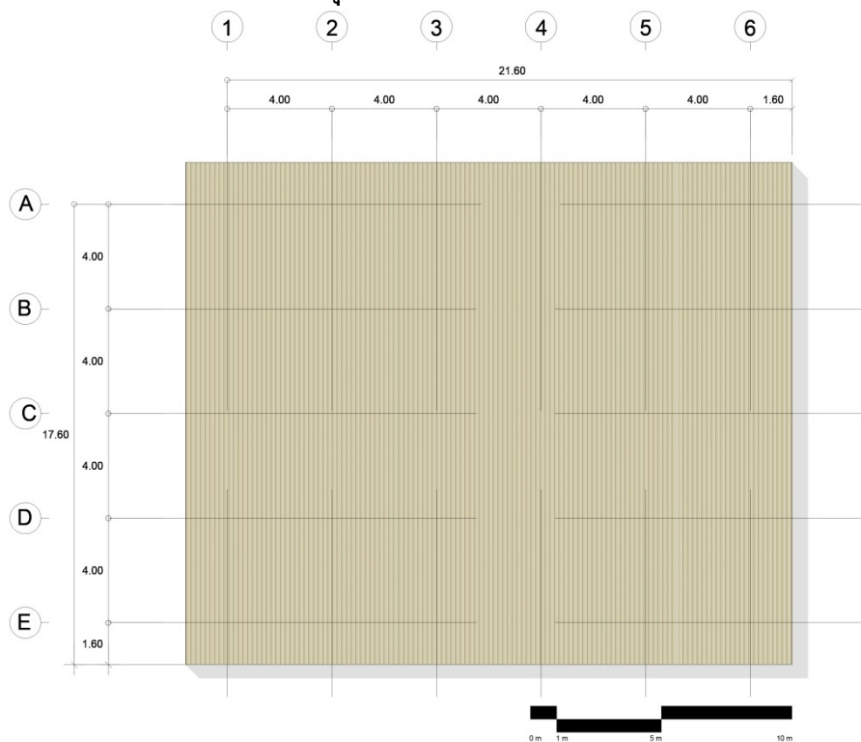
ภาพที่ 5.9

แบบพื้นชั้น 2 อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบไล่
มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง

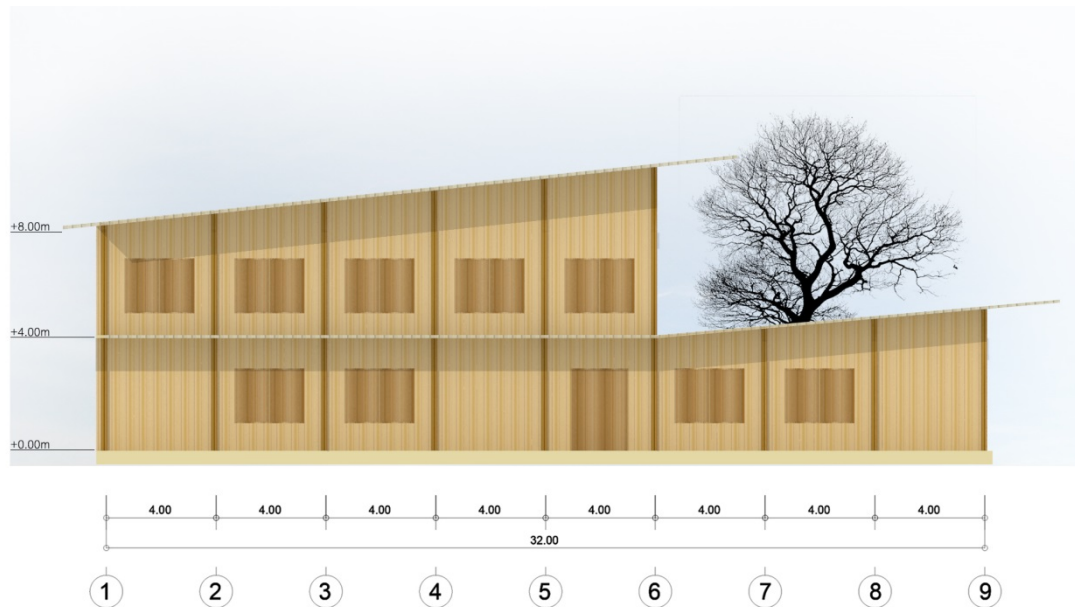


ภาพที่ 5.10

แบบชั้นหลังคาอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบไล่
มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง



ภาพที่ 5.11
 รูปด้านอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่
 มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง



ภาพที่ 5.12
 รูปทัศนียภาพอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่
 มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง

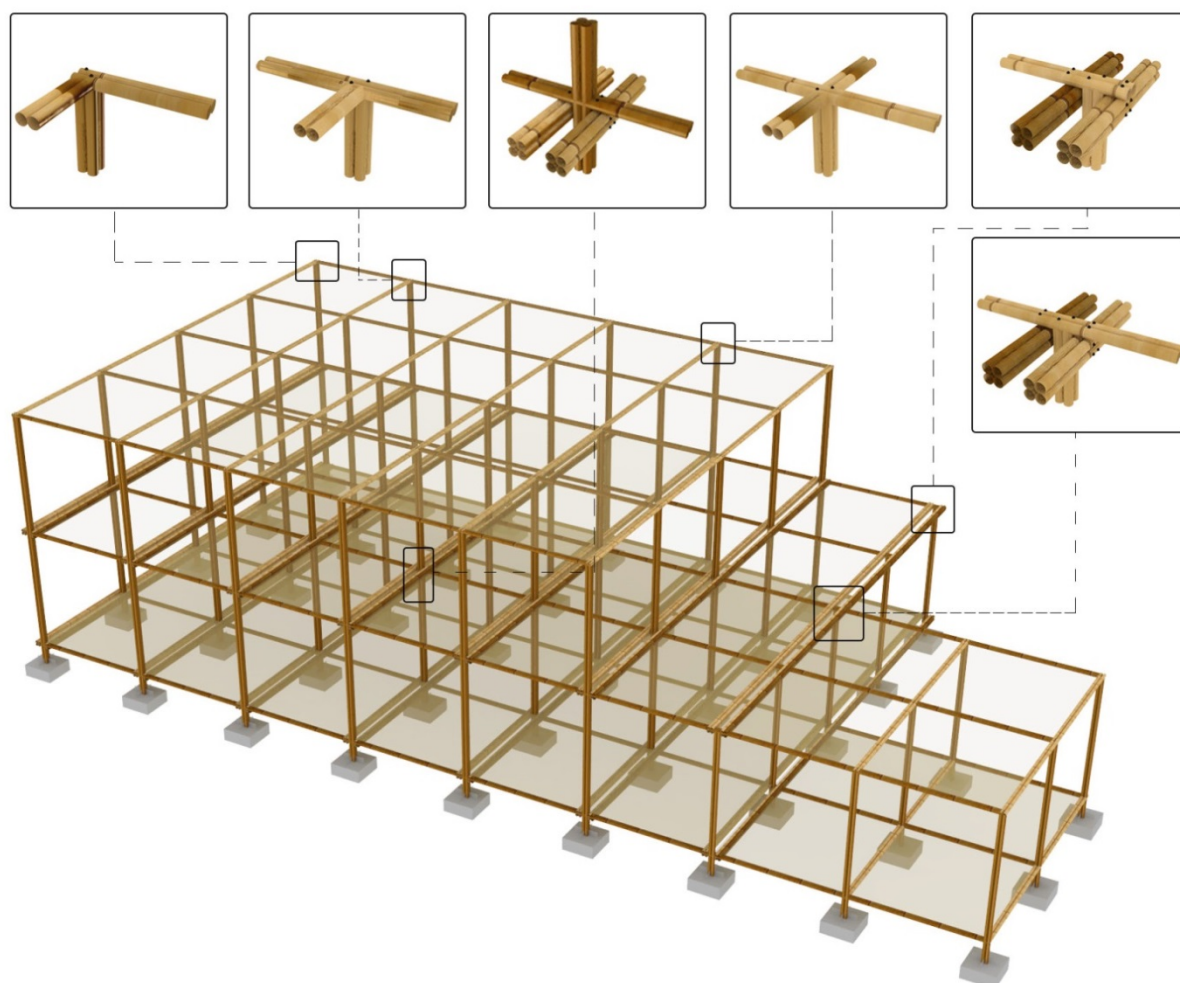


5.5 วิธีการเชื่อมต่อลำไผ่ในงานโครงสร้างสถาปัตยกรรมไม้ไผ่

การเชื่อมต่อที่นิยมใช้ในการก่อสร้างประเภทนี้คือการเชื่อมต่อแบบปากปลา การมัด การใช้ลิ้ม และการสอด การมัดถือเป็นหนึ่งในการเชื่อมต่อที่ง่ายและเก่าแก่ที่สุดแบบหนึ่งของโครงสร้างไผ่ โดยอาศัยแรงฝืดระหว่างเชือกกับผิวไม้ไผ่โดยการพันรอบไม้ไผ่ และอาจมีการใช้ลิ้มหรือทำให้เป็นรูปปากปลา เพื่อให้การเชื่อมต่อนั้นแข็งแรงขึ้น และเมื่อมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างมากยิ่งขึ้น ทำให้มีการนำการนอตเกลียวมาใช้ในการเชื่อมต่อลำไผ่ เนื่องจากสามารถเชื่อมต่อลำไผ่ได้หลายลำในครั้งเดียว จึงทำให้การเข้าลิ้มไม้ไผ่หรือไม้แบบในอดีตทำได้เพียงการเชื่อมลำไผ่ 2 ลำเข้าด้วยกัน จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในงานโครงสร้างที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

การใช้นอตเกลียวในการเชื่อมต่อลำไผ่สามารถทำงานได้ง่าย มีความคงทน และสามารถเชื่อมต่อไผ่หลายลำเข้าด้วยกัน และทำให้สามารถก่อสร้างอาคารที่มีโครงสร้างมากกว่า 2 ระนาบได้ ดังนั้นในการออกแบบการเชื่อมต่อลำไผ่จึงเลือกใช้การเชื่อมต่อโดยใช้นอตเกลียวโดยมีวิธีการเชื่อมต่อลำไผ่แบบต่างๆ ดังภาพที่ 5.13

ภาพที่ 5.13
วิธีการเชื่อมต่อลำไผ่



5.6 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

5.6.1 ข้อเสนอแนะการวิจัยในการนำไปใช้

1. ในการทดสอบพบว่าลำไผ่ที่ใช้ในการทดสอบเป็นไผ่สดจึงมีความชื้นสูงทำให้เกิดการหดตัวมากดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปหรือการนำไปใช้ควรใช้ลำไผ่ที่ผ่านการอบแห้งก่อนการนำไปใช้งาน
2. การเชื่อมต่อลำไผ่ส่งผลให้เนื้อวัสดุเกิดความเสียหายทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักลดลง ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาวิธีการเชื่อมต่อที่ทำลายเนื้อไม้ให้น้อยที่สุดหรือรวบลำไผ่โดยไม่มีการเจาะลำไผ่
3. โปรแกรม SAP 2000 ที่ใช้ในการจำลองโครงสร้างไม่สามารถใส่ค่าวัสดุของไผ่เพื่อใช้ในการช่วยออกแบบโครงสร้างได้ โปรแกรมทำได้เพียงการคำนวณความสามารถในการรับแรงที่กระทำต่อโครงสร้างได้เท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปอาจต้องใช้โปรแกรมอื่นในการช่วยออกแบบโครงสร้าง

5.6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. วัสดุที่นำมาใช้ในการรวบลำไผ่ส่งผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักเป็นอย่างมาก การทดสอบพบว่าวัสดุที่มีค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นสูงจะช่วยให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรใช้วัสดุที่มีค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นที่สูงขึ้นเพื่อนำมาศึกษาเปรียบเทียบต่อไป
2. การเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของลำไผ่ให้มากขึ้นโดยใช้วิธีการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ลำไผ่โดยการเพิ่มวัสดุ ได้แก่ คอนกรีต เหล็กเส้น (steel bar) เป็นต้น