

การศึกษาความสามารถการรับน้ำหนักของโครงสร้างไม้โดยวิธีการรวบลำ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสาธารณะขนาดเล็ก

The Study of Load Bearing Capacity of Bamboo Culm Bundles for The Design Applications in Small Public Building

ภัทฐิตา พงศ์ธนา¹ และ สุปรีย์ดี ฤทธิรงค์²

Phattita Pongthana¹ and Supreedee Rittironk²

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

Faculty of Architecture, Rajamangala University of technology Srivijaya, Songkhla 90000, Thailand

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathumthani 12121, Thailand

E-mail: nan_phatita@hotmail.com¹ , dukenow@hotmail.com²

บทคัดย่อ

ไม้ไผ่เป็นวัสดุธรรมชาติ หาง่าย สวยงาม และมีความแข็งแรง เหมาะกับการนำมาใช้ในงานก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม เนื่องจากไม้เป็นพืชโตเร็วจึงทำให้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทางเลือกที่ติดต่อดังสิ่งแวดล้อม การนำไม้ไผ่มาใช้ในการออกแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมต้องมีการคำนึงถึงการรับน้ำหนักของอาคาร แต่ไม้มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของลำไม้ ทำให้ไม่สามารถรับแรงอาคารขนาดใหญ่ได้ จึงต้องมีการเพิ่มลำไม้โดยการใช้วิธีการรวบลำไม้ด้วยวิธีการต่างๆ ให้เหมาะสมกับน้ำหนักของอาคาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาและคานโดยวิธีการรวบลำไม้ เพื่อศึกษารูปแบบและวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการรวบลำไม้ให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักของประเภทอาคาร และเป็นแนวทางในการประยุกต์การเลือกใช้จำนวนลำไม้และวิธีการรวบลำไม้เพื่อใช้ในการออกแบบเสาและคานทางสถาปัตยกรรม

การทดสอบเพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนักกำหนดให้ใช้ไม้ช่างหม่น ขนาดความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร วิธีที่ใช้ในการรวบลำไม้ ประกอบด้วย ใช้ลิ่มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และนอตเกลียวจำนวนลำไม้ที่ใช้ในการรวบเสาและคานเพื่อทดสอบการรับน้ำหนักใช้จำนวน 1-4 ลำ โดยทดสอบตามมาตรฐาน ISO-22157 และนำผลการทดสอบไปเลือกใช้ในการออกแบบและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบการรับน้ำหนักของเสาและคานปรากฏว่าจำนวนการรวบลำไม้และระยะของการรวบลำไม้ที่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้น แต่วิธีการรวบไม้โดยใช้วิธีการใช้นอตเกลียวสามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่าการใช้ลิ่มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน จากนั้นนำไปออกแบบและจำลองโดยใช้โปรแกรม SAP2000 Educational Version การเลือกใช้เสาและคานจากวัสดุต่างๆ ให้เหมาะสมกับขนาดหน้าตัด ความยาว และอาคารสาธารณะขนาดเล็ก

Abstract

Bamboo is a natural material which is easy to find around the world. It is beautiful, strong, and suitable for using in construction. It can grow fast; it can be used as an alternative construction material that can become friendly to the environment. In bamboo construction, we know that bamboo has the limit of each culm to the loading carrying. Therefore, in order for the structure to carry more loads, quantity of bamboo culms should be increased. Most common method is to put culms together called "bundling". There are also many techniques to do bundles. This research is aimed to study the loading capacity of bamboo culm bundles with various bundling methods in both column and beam application. The bundles of columns and beams are very straight forward method, so it is chosen to be investigated. The research also will provides the design guideline in choosing the right amount of culms and the right bundling method to design columns and beams.

The research is the experimental research that does the finding by testing the loading capacity of setting specimens. The bamboo specie is selected to be Pai Sang Mon (*Dendrocalamus Munro*). The diameter is set to be the diameter of 8-10 centimeters. The variables in bundling methods are set to be 2 types. They are bamboo dowels with nylon rope and nuts and bolts. The amount of bamboo columns used in bundling in order to test the load carrying capacity is one to four culms. The method is to find load carrying capacity of bamboos by using ISO-22157 standards (Determination of physical and mechanical properties of bamboo). The load carrying capacity of bamboo columns and beams result appears to be highly increased if the amount of bamboo column increases. The load carrying from the bundling method with nuts and bolts appears to be higher than the bundling method with be bamboo dowels with nylon rope. The result of experimental research testing then are put to do modeling program, SAP2000 Educational Version. It is a tool to design and calculate the structural to finding sizing cross sectional, long culm and small public building.

คำสำคัญ (Keywords)

การรวบลำไผ่ (Bamboo Bundle)

วิธีการรวบลำไผ่ (Bamboo Bundling Method)

การทดสอบการรับน้ำหนักของลำไผ่ (The Load Carrying Capacity of Bamboo)

ลิ่มไผ่ (Bamboo Dowels)

นอตเกลียว (Nut and Bolt)

1. บทนำ

ในปัจจุบันสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมของโลกเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดภาวะโลกร้อนและภัยพิบัติธรรมชาติมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่คำนึงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น จึงทำให้การออกแบบต้องคำนึงถึงการออกแบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการอยู่ร่วมกับธรรมชาติอย่างยั่งยืนประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ทำให้มีวัสดุจากธรรมชาติหลากหลายให้ในด้านการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม แต่ในปัจจุบันยังไม่มีหรือนำวัสดุจากธรรมชาติมาใช้ในงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทั้งในด้านความสามารถของวัสดุและการนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทน

ไม้เป็นพืชที่ขึ้นง่ายในทุกสภาวะอากาศ และเติบโตเร็วจึงสามารถนำไม้ไปมาใช้ประโยชน์ได้ภายในเวลา 1-4 ปี ไม้ไม่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ความแข็งแรง ความเหนียว การยืดหดตัว ความโค้งงอ และการสปริงตัว เป็นต้น โดยประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการกระจายพันธุ์ไม้แห่งหนึ่งของโลก (Dransfield & Widjaja, 1995) จึงเป็นที่ยอมรับว่าทรัพยากรไม้ไม่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของคนไทยในชนบทมาเป็นเวลาช้านาน (Forest Bureau, 2001) จึงทำให้เกิดภูมิปัญญาในการประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการดำรงชีวิต ในอดีตจึงมักมีการนำไม้ไปมาใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม แต่เนื่องด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เข้ามาแทนที่ ทำให้การนำไม้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเริ่มลดน้อยลง ทำให้การพัฒนาภูมิปัญญา เทคนิค และองค์ความรู้ในการพัฒนาในการนำไม้ไปใช้ในในงานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถนำความสามารถของวัสดุมาใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงมีความสนใจในการศึกษาการนำเอาไม้ไปใช้ในในงานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมโดยเน้นด้านการออกแบบโครงสร้างเสาและคานที่ใช้ในการรับน้ำหนักในงานสถาปัตยกรรม

งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของไม้ไปเพื่อนำมาพัฒนาและทดสอบโดยการนำเอาภูมิปัญญาและเทคโนโลยีที่ใช้ในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมมาประยุกต์เพื่อให้นำไม้ไปใช้ในการออกแบบและงานก่อสร้างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากการก่อสร้างสถาปัตยกรรมกรรมไม้ในปัจจุบัน การออกแบบโครงสร้างเสาและคานยังไม่มีหรือทดสอบและการคำนวณการรับน้ำหนักของโครงสร้างอย่างมีมาตรฐาน ทำให้ในการออกแบบและการก่อสร้างมักจะมีการเผื่อไว้ก่อนทำให้

โครงสร้างที่ใช้เกินความจำเป็นทั้งในด้านการใช้วัสดุ การรับน้ำหนัก และงบประมาณการก่อสร้าง งานวิจัยนี้จึงนำทฤษฎีในการออกแบบโครงสร้างเสาและคานมาใช้ในการทดสอบการรับน้ำหนัก จากทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างเสาและคาน ขนาดของเสาและคานแปรผันตามขนาดของหน้าตัดและการรับน้ำหนักของอาคาร แต่ในการออกแบบอาคารโครงสร้างไม้ไปไม่มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของลำไม้ไปทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักอาคารขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นการที่จะเพิ่มขนาดของเสาและคานไม้จึงต้องนำลำไม้มารวบเพื่อให้ความสามารถในการรับแรงเพิ่มขึ้น โดยวิธีการรวมไม้ไปหลายวิธี เช่น ใช้ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และนอตเกลียว เป็นต้น และแต่ละวิธีมีผลต่อการรับน้ำหนักที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยจึงต้องการที่จะทดสอบว่าพันธุ์ไม้ไปจำนวน และวิธีการรวมลำไม้ไปให้เหมาะสม สอดคล้องกับการรับน้ำหนักและง่ายต่อการนำไปเลือกใช้ในการออกแบบและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการเลือกใช้ไม้ไปปริมาณที่เหมาะสมสามารถช่วยในการประหยัดงบประมาณ สวยงามตามธรรมชาติ และเป็นการส่งเสริมให้ใช้วัสดุจากธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการต่างๆ ของการรวมลำไม้ไปเพื่อนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนในงานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม
2. ศึกษาการรับน้ำหนักของเสาและคานโดยใช้วิธีการเพิ่มจำนวนลำไม้ไปและวิธีการรวมลำไม้ไปด้วยวิธีการใช้ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และนอตเกลียว
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักโครงสร้างเสาและคานของวัสดุต่างๆ
4. นำเสนอแนวทางในการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมไม้ไปสำหรับอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้รูปแบบและวิธีการรวมลำไม้ไปได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

3. วิธีการศึกษา

3.1 วิธีการต่างๆ ของการรวมลำไม้ไป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตารางที่ 1 ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการรวมลำไม้ไป 2 วิธี คือ วิธีการรวมลำไม้ไปโดยใช้การเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และวิธีการรวมลำไม้ไปด้วยนอตเกลียว เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นวิธีที่มีความนิยมใช้อย่างแพร่หลาย มีความแข็งแรง คงทน ราคาที่เหมาะสม และวัสดุหาได้ง่าย

ตารางที่ 1 วิธีการรวบลำไ้

วิธีการรวบลำไ้		ราคา	ความยาก-ง่ายในการรวบลำไ้	ความแข็งแรง ความคงทน	ความหาง่ายของวัสดุ	ความนิยม
1. เข้าลิ้ม		ถูกมาก	ง่ายมาก	แข็งแรง ไม่คงทน	หาได้ทั่วไป	ไม่นิยม
2. เข้าลิ้มแล้วมัดเชือกในลอน		ถูกมาก	ง่าย	แข็งแรงมาก คงทนมาก	หาได้ทั่วไป	นิยม
3. เข้าลิ้มแล้วมัดหวาย		แพง	ยาก	แข็งแรงมาก คงทนมาก	ค่อนข้างยาก	นิยม
4. เข้าลิ้มแล้วมัดเชือกมะนิลา		ปานกลาง	ง่าย	แข็งแรงมาก คงทนมาก	ค่อนข้างยาก	ไม่นิยม
5. เข้าลิ้มแล้วมัดลวดเหล็ก		ปานกลาง	ง่าย	แข็งแรง คงทน	หาได้ทั่วไป	ไม่นิยม
6. เข้าด้วยนอตเกลียว		ถูก	ง่ายมาก	แข็งแรง คงทน	หาได้ทั่วไป	นิยม
7. มัดด้วยเข็มขัดรัดท่อ		ค่อนข้างแพง	ง่ายมาก	แข็งแรง คงทน	หาได้ทั่วไป	ไม่นิยม

นอกจากนี้แล้วในทางสถาปัตยกรรมการรวบลำไ้โดยใช้ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกในลอน และการรวบลำไ้ด้วยนอตเกลียวสามารถทำให้มีผลต่อการออกแบบรูปด้านและความสวยงามที่แตกต่างกัน

3.2 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1. ไ้ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro) อายุ 3-4 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร
2. ความยาวไ้ที่ใช้ในการทดสอบเสายาว 1.5 เมตร และคานยาว 3 เมตร
3. จำนวนไ้ที่ใช้ในการรวบ (1 2 3 และ 4)



รูปที่ 1 จำนวนไ้ที่ใช้ในการรวบทดสอบตัวอย่าง

4. วิธีการรวบลำไ้

4.1 ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกในลอน



วิธีการรวบลำไ้โดยใช้การลิ้ม (1)



มัดด้วยเชือกในลอน (2)

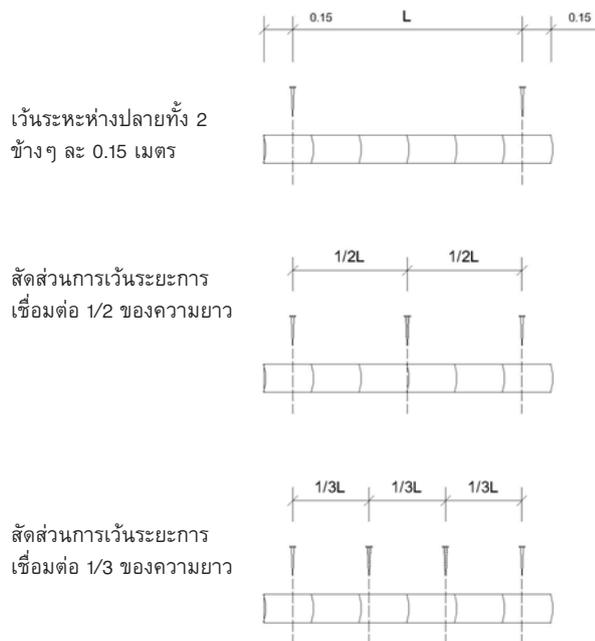
รูปที่ 2 วิธีการรวบลำไ้โดยใช้การเข้าลิ้ม (1) แล้วมัดด้วยเชือกในลอน (2)

4.2 นอตเกลียว



รูปที่ 3 วิธีการรวบลำไ้โดยใช้นอตเกลียว

4.3 ระยะห่างจากของการรวบลำไ้



รูปที่ 4 ระยะห่างจากของการรวบลำไ้

3.3 วิธีการทดสอบ

1. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย การทดสอบปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (moisture content) การทดสอบความหนาแน่น (density) และการทดสอบความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

1.2 คุณสมบัติเชิงกล ประกอบด้วย การทดสอบแรงดึง (tension test) การทดสอบแรงอัด (compression test) การทดสอบแรงดัด (bending test) และการทดสอบแรงเฉือน (shear test)

2. ทดสอบหาแรงอัดและดัดของลำไม้ไผ่ 1 ลำ โดยใช้ค่ามาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดัดของการรวบลำไผ่

3. ทดสอบการรวบลำไผ่โดยกำหนดจำนวนและวิธีการรวบลำไผ่ที่แตกต่างกัน โดยใช้ค่ามาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อหาค่าความสามารถในการรับแรงอัดของเสาและแรงดัดของคาน

4. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองโดยการนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาใช้ในการคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์กำหนดให้

4.1 การคำนวณแบบจำลองของเสา

ความยาวประสิทธิผล (K) เท่ากับ 1

ความยาวของเสาไม้ไผ่ (L) เท่ากับ 4 เมตร

4.2 การคำนวณแบบจำลองของคาน

ความยาวของเสาไม้ไผ่ (L) เท่ากับ 4 เมตร

5. ออกแบบและจำลองการเลือกใช้เสาและคานจากวัสดุต่างๆ ให้เหมาะสมกับการเลือกใช้ขนาดหน้าตัดความยาว สำหรับประเภทอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (SAP2000 Educational Version)

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล (ตารางที่ 2) การทดสอบปรากฏว่าส่วนโคนของลำไม้ไผ่และความหนาของเนื้อไม้ที่มีความหนามากมีผลทำให้คุณสมบัติเชิงกลสูงมากขึ้น

ตารางที่ 2 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

จากการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของการรวบลำไผ่ปรากฏว่าลักษณะการวิบัติของวัสดุไม้ 1 ลำ ที่ส่วนปลายของลำไม้ไผ่ทั้ง 2 ด้าน ติดกับส่วนข้อ (node) มีลักษณะการวิบัติแบบการโก่งเดาะ (Buckling) ดังรูปที่ 5 ส่วนไม้ 1 ลำ ที่ส่วนปลายของลำไม้ไผ่ทั้ง 2 ด้าน ไม่ติดกับส่วนข้อ (node) และการรวบลำไผ่ตั้งแต่ 2-4 ลำ

มีลักษณะการวิบัติของวัสดุแบบ Bearing และ Splits ดังรูปที่ 6 โดยบริเวณที่เกิดการวิบัติส่วนใหญ่มักอยู่บริเวณจุดเชื่อมต่อ เนื่องจากการการเข้าลิ้มหรือนอตเกลียวทำให้วัสดุได้รับความเสียหาย (micro-crack)

การเพิ่มลำไม้ส่งผลให้ความสามารถในการรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น และการรวบลำไผ่โดยใช้วิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียวสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าวิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน นอกจากนี้การรวบลำไผ่โดยใช้วิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอนที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสามีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา แต่การรวบลำไผ่โดยใช้วิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียวที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวเสา มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวเสา แต่ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าการรวบลำไผ่โดยใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบต่างๆ ทำให้เนื้อวัสดุที่อยู่ในช่วงของจุดเชื่อมต่อเกิดความเสียหายทำให้มีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักลดลงได้ ดังรูปที่ 7-8



รูปที่ 5 ลักษณะการวิบัติจากการโก่งงอ (buckling)



ลักษณะการวิบัติแบบ

Bearing (1)

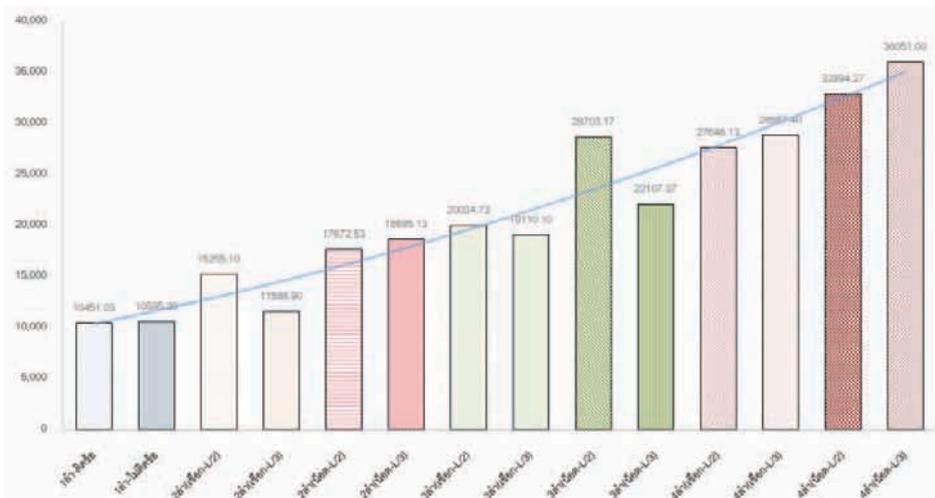


ลักษณะการวิบัติแบบ

Splits (2)

รูปที่ 6 ลักษณะการวิบัติจากเนื้อวัสดุ

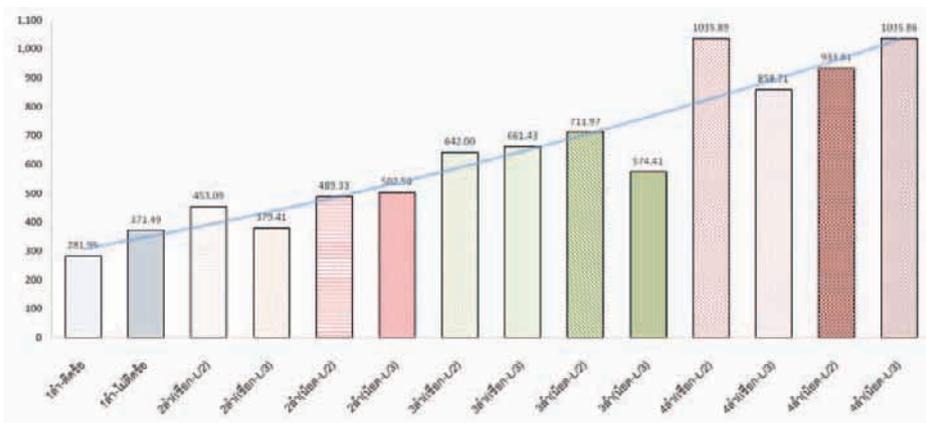
แรงอัดสูงสุด
(กิโลกรัม)



แบบต่างๆ
ของการรวมลำไผ่

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวมลำไผ่

แรงอัดสูงสุด
(กิโลกรัม)



แบบต่างๆ
ของการรวมลำไผ่

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวมลำไผ่

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัด ของการรวบลำไ้

จากการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการรวบลำไ้มีการลักษณะการวิบัติของวัสดุมี 2 แบบ คือ การวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) และการวิบัติที่มีรอยแตกตามความยาว (splitting) ดังรูปที่ 9 จากการทดสอบสังเกตได้ว่าการรวบลำไ้ไม่ทำให้หน้าตัดของคานทำงานเป็นระบบเดียวกัน



การวิบัติแบบ
Local crushing (1)

การวิบัติแบบ
Splitting (2)

รูปที่ 9 ลักษณะการวิบัติของวัสดุจากแรงดัด

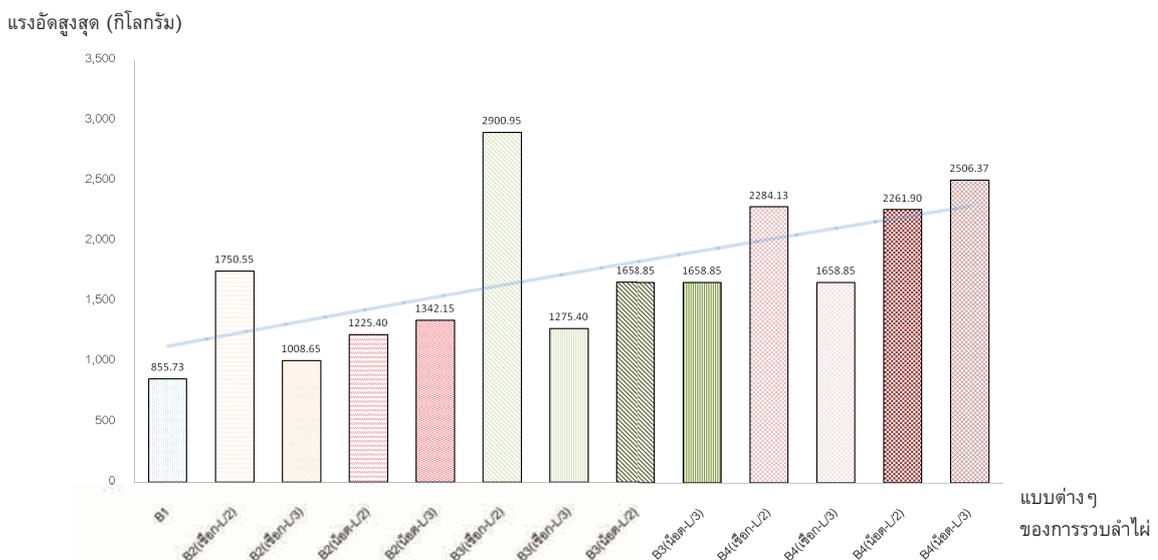
การเพิ่มลำไ้มีผลให้ความสามารถในการรับแรงดัดเพิ่มมากขึ้นแต่กำลังรับแรงดัดลดลง แสดงให้เห็นว่าขนาดหน้าตัดของคานมีผลต่อการรับแรงดัด คือหน้าตัดคานที่มีขนาดเล็กมีความแข็งแรงมากกว่าหน้าตัดขนาดใหญ่

การรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียวสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าวิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน เนื่องจากนอตเกลียวมีหัวนอตปิดปลายทั้งสองด้านช่วยรัดลำไ้ที่รวบไว้ให้แน่นยิ่งขึ้นทำให้การทำงานเป็นระบบมากยิ่งขึ้น และระยะห่างของการเชื่อมต่อ

ระยะ 1/3 ของความยาวคานมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคานอย่างไม่มีนัยสำคัญ จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไ้ ดังรูปที่ 10 การรวบลำไ้โดยใช้วิธีการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอนที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคานมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ดีกว่าระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคานอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอนจึงไม่ได้ช่วยคานรับแรงอย่างเป็นระบบ และการรวบลำไ้ที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/2 ของความยาวคาน บริเวณจุดที่ถ่ายน้ำหนักไม่ลงตรงจุดเชื่อมต่อของลำไ้ทำให้ไม่เกิดแรงเฉือนขึ้น ณ บริเวณนั้นจึงทำให้สามารถรับแรงดัดได้มากยิ่งขึ้น แต่การรวบลำไ้ที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน บริเวณจุดที่ถ่ายน้ำหนักลงตรงจุดเชื่อมต่อของลำไ้พอดี ดังรูปที่ 10 ทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นในบริเวณนั้นจนทำให้วัสดุและจุดเชื่อมต่อเกิดการวิบัติก่อนส่วนอื่นๆ

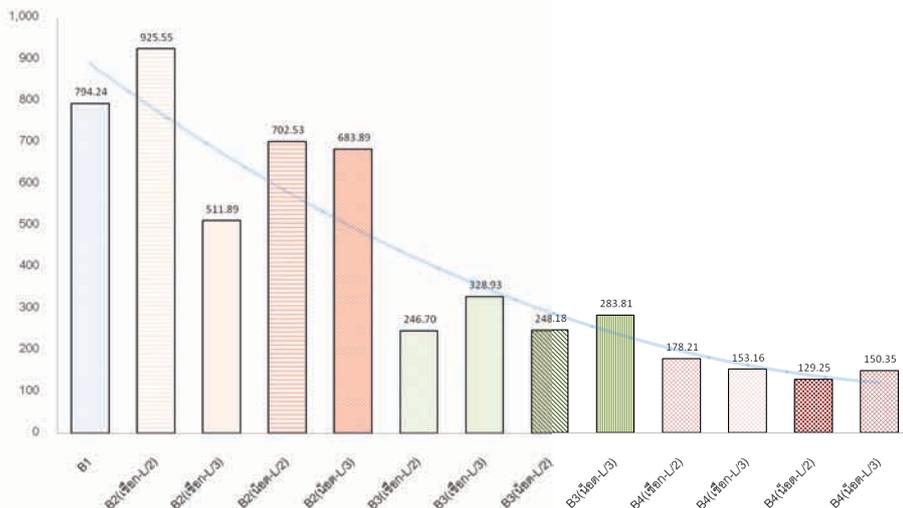


รูปที่ 10 การรวบลำไ้ที่มีระยะห่างของการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาวคาน บริเวณจุดที่ถ่ายน้ำหนักลงตรงจุดเชื่อมต่อของลำไ้



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรวบลำไ้

แรงอัดสูงสุด (กิโลกรัม)



แบบต่างๆ
ของการรบลำไม้

รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดและแบบต่างๆ ของการรบลำไม้

5. สรุปผลการศึกษา

5.1 ความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์การรับแรงอัดและดัดของการรบลำไม้

ค่าความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าการรับแรงอัดและดัดของการเพิ่มจำนวนลำไม้ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนของลำไม้ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากจำนวนและวิธีการรบลำไม้ ดังนั้นการนำค่าคุณสมบัติของไม้ไปใช้ในการคำนวณจึงต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ (factor) เพื่อช่วยให้ผลการคำนวณแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ของการรับแรงอัดและค่าสัมประสิทธิ์ของการรบลำไม้

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

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของการรับแรงดัดและค่าสัมประสิทธิ์ของการรบลำไม้

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

5.2 ผลการจำลองอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้การรบลำไม้เป็นโครงสร้างในการออกแบบ

ข้อกำหนดในการออกแบบการจำลองอาคาร

1. ประเภทอาคารเป็นอาคารสาธารณะขนาดเล็ก มีลักษณะการใช้งานประกอบด้วยพื้นที่จัดแสดงนิทรรศการ และร้านอาหาร ดังรูปที่ 13-15

2. ระยะช่วงพาด 4X4 เมตร

3. อาคารสูงชั้นละ 4 เมตร

4. น้ำหนักบรรทุกจร เท่ากับ 300 kg/m²

5. น้ำหนักบรรทุกคงที่ ดังตารางที่ 2.15

5.1 หลังคาเมทัลชีต (สังกะสี) เท่ากับ

$$5 \text{ kg/m}^2$$

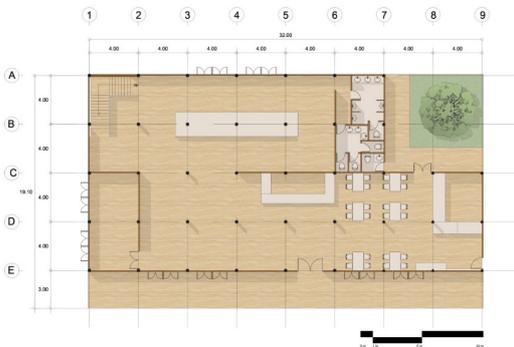
5.2 ฝ้าไม้ 1/2" รวมคร่าว เท่ากับ 20 kg/m²

5.3 พื้นไม้ 1" รวมตง เท่ากับ 30 kg/m²

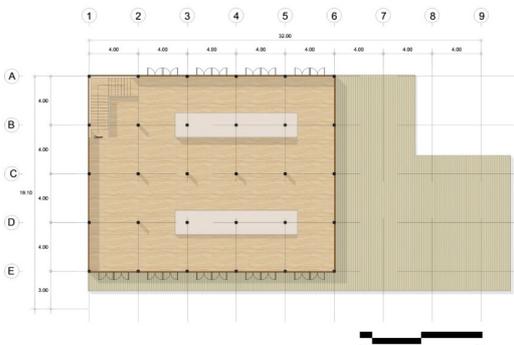
6. ค่าส่วนความปลอดภัยของไม้ไผ่ เท่ากับ 3

โดยพิจารณาจากส่วนความปลอดภัยสำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 1 และ 2 งานในร่ม เท่ากับ 2.5 - 6.5

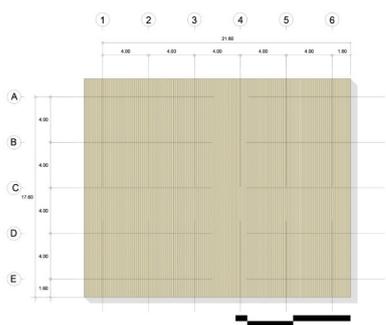
ในการออกแบบผังอาคารใช้แนวความคิดการจัดองค์ประกอบเพื่อความยืดหยุ่นในพื้นที่ใช้สอยเพื่อรองรับกิจกรรมที่หลากหลายเป็นเอกลักษณ์ของเรือนไทย โดยมีพื้นที่หนึ่งสามารถรองรับประโยชน์ใช้สอยที่หลากหลายในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (Prasertsuk, 2015, p. 38)



รูปที่ 13 แบบพื้นชั้น 1 อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง



รูปที่ 14 แบบพื้นชั้น 2 อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง



รูปที่ 15 แบบหลังคา อาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยการนำวิธีการรวบลำไผ่มาประยุกต์ในการออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างเสาใช้วิธีการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรแล้วนำค่าน้ำหนักบรรทุกที่ได้ นำไปหาขนาดหน้าตัดเสาที่ต้องใช้เพื่อนำมาหาจำนวนของลำไผ่ที่ต้องสำหรับโครงสร้างเสา ดังนี้

$$\text{จำนวนเสาไผ่ที่ต้องใช้} = \frac{\text{ขนาดหน้าตัดเสา}}{\text{พื้นที่หน้าตัดไผ่ 1 ลำ}}$$

วิธีการเลือกประเภทการรวบลำไผ่ของเสา ดังนี้

จำนวนลำไผ่ที่ต้องใช้

x ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่ของเสา

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่ของเสา (ตารางที่ 3)

การออกแบบโครงสร้างคานออกแบบโดยใช้โปรแกรม SAP 2000 for Educational ในการช่วยคำนวณค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด (M) นำค่าที่ได้มาคำนวณออกแบบขนาดหน้าตัดของคานเพื่อหาจำนวนลำไผ่ที่ต้องใช้ในการออกแบบคาน ดังนี้

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

โดย F_b = กำลังรับแรงดัด, kg/cm²

M = โมเมนต์รับแรงดัดสูงสุด, kg/cm²

c = ระยะที่วัดห่างจากแรงสะเทิน, cm.

I = โมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปตัดรอบแกนที่รับโมเมนต์ดัด, cm⁴

การเลือกประเภทการรวบลำไผ่ของคาน

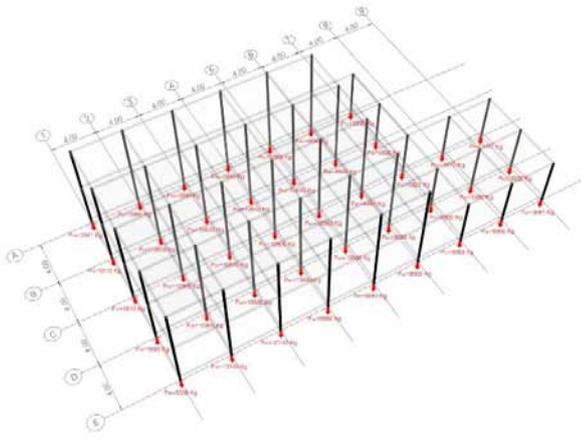
วิธีการเลือกประเภทการรวบลำไผ่ =

ค่า F_b ที่สามารถใช้ได้

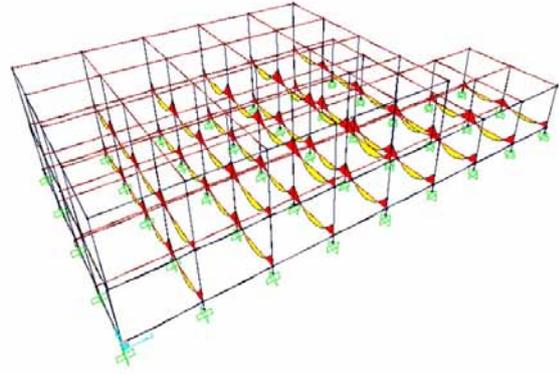
ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่ของคาน

หมายเหตุ: ค่าสัมประสิทธิ์ของการรวบลำไผ่ของคาน (ตารางที่ 4)

โดยผลการคำนวณโครงสร้างเสาและคาน ดังรูปที่ 16



น้ำหนักบรรทุกของเสา (1)

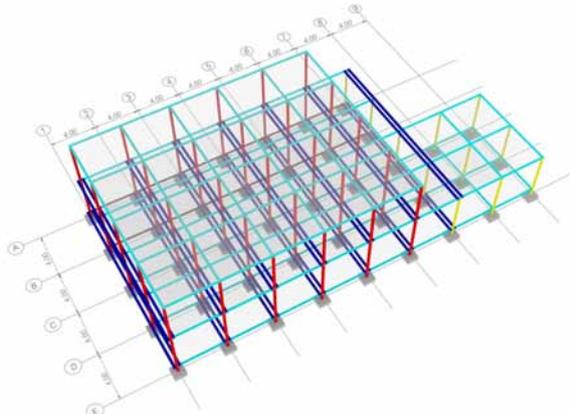


การจำลองโครงสร้างเพื่อหาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด
โดยการใช้โปรแกรม (2)

รูปที่ 16 น้ำหนักบรรทุกของเสา (1) และ การจำลองโครงสร้างเพื่อหาค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดโดยการใช้โปรแกรม (2)

จากผลการคำนวณการออกแบบโครงสร้างเสาและคาน การออกแบบโครงสร้างเสากำหนดให้เสาที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วนของอาคารที่มี 2 ชั้น ใช้เสาไม้ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวเสา และเสาที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วนของอาคารที่มี 1 ชั้น ใช้เสาไม้ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/2$ ของความยาวเสา การออกแบบโครงสร้างคานกำหนดให้คานชั้นหลังคาและคานชั้น 1 และ 2 ในแนวนอน ใช้คานไม้ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน และคานชั้น 1 และ 2 ในแนวตั้งใช้คานคู่ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน ดังรูปที่ 17

การออกแบบโครงสร้างอาคารโดยใช้วิธีการรวบลำไม้สามารถใช้วิธีการคำนวณและการจำลองโครงสร้างเพื่อวิเคราะห์หาจำนวนลำไม้และรูปแบบของการรวบลำไม้ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการออกแบบยังต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของวัสดุที่นำมาใช้ในการรวบลำไม้และระยะการเชื่อมต่อของความยาว อาทิ การรวบลำไม้โดยใช้เชือกถ้ำไม่เกิดการหดตัวทำให้เชือกที่มัดไว้ไม่แน่นเหมือนเดิมต้องมีการมัดให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการใช้มัดด้วยเชือกควรจะเป็นส่วนของโครงสร้างที่อยู่ในสามารถแก้ไขได้ง่าย และระยะการเชื่อมต่อที่มากขึ้นทำให้สามารถรับน้ำหนักได้ดียิ่งขึ้น แต่ในกรณีของการรวบลำไม้โดยวิธีการเข้าลิ้มไม่แนะนำให้นำมาใช้กับโครงสร้างคานเนื่องจากลิ้มสามารถคลายตัวได้ง่ายไม่เหมาะสมกับการรับน้ำหนักบริเวณที่เกิดถ่ายน้ำหนักโดยตรง



■ เสาไม้ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวเสา
■ เสาไม้ 3 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/2$ ของความยาวเสา
■ คานไม้คู่ 4 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน
■ คานไม้ 2 ลำโดยใช้วิธีการรวมแบบนอตเกลียวและเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาวคาน

รูปที่ 17 ขนาดของเสาและคานของผลการออกแบบจำลองโครงสร้างอาคาร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2557 ซึ่งให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

References

- Anusiri, M. (2002). *การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก* [Structural timber and steel design] (8th ed.). Bangkok: SE-ED Public Company Limited.
- Chovichien, V. (2002). *การออกแบบโครงสร้างไม้* [Structural timber design] (8th ed.). Bangkok: POR.SAMPHAN Printing.
- Chung, K. F. & Yu, W. K. (2002). Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings. *Journal of Engineering*, 6(4), 275-281.
- Computer & Structures INC. (2011). *Introductory tutorial for SAP2000 linear and nonlinear static and dynamic analysis and design of three-dimensional structures*. California: University Avenue Berkeley.
- Fan, H. & Fan, C. (n.d). *Test method for determination of mechanical properties of bamboo*. Harbin: Civil Engineering and Architecture Harbin University.
- International Organization for Standardization [ISO]. (2004). *Bamboo-determination of physical and mechanical properties*. ISO 22157-1: 2004(E)., Switzerland: Author.
- Khongyon, A. (2011). *พฤติกรรมการรับแรงดัดของลำไม้ไผ่ตง* [Bending behavior of Pai Tong (Dendrocalamus asper backer) bamboo culms]. Master of Engineering Thesis, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- Malanit, P. (2009). *The suitability of dendrocalamus asper basker for oriented strand lumber*. Doctor of Philosophy's Thesis, University of Hamburg, Hamburg.
- Nienhuys, S. (2012). *Thin bamboo culms for trusses-use of two and three culms in composite beams*. Retrieved November 17, 2012, from <http://www.nienhuys.info>
- Prasertsuk, S. (2015). การจัดองค์ประกอบเพื่อการใช้สอยและการเชื่อมต่อที่ว่างในสถาปัตยกรรมไทยสมัยใหม่ [Architectural composition for utilities and spatial connection in modern Thai architecture]. *Journal of Architecture/Planning Research and Studies*, 12(1), 38.
- Prasongpornsakul, P. (2011). *การศึกษาพฤติกรรมและกำลังรับน้ำหนักตามแนวแกนของเสาไม้ไผ่* [Behavior and load carrying capacity of bamboo columns]. Master of Engineering Thesis, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

