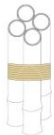


บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการต่างๆ ของการรวบลำไ้

ตารางที่ 3.1
วิธีการรวบลำไ้

วิธีการรวบลำไ้		ราคา	ความยาก-ง่าย ในการรวบลำไ้	ความแข็งแรง ความคงทน	ความหาง่าย ของวัสดุ	ความนิยม
1. เข้าลิ้ม		ถูกมาก	ง่ายมาก	แข็งแรง ไม่คงทน	หาได้ทั่วไป	ไม่นิยม
2. เข้าลิ้มแล้วมัด เชือกไนลอน		ถูกมาก	ง่าย	แข็งแรงมาก คงทนมาก	หาได้ทั่วไป	นิยม
3. เข้าลิ้มแล้ว มัดหวาย		แพง	ยาก	แข็งแรงมาก คงทนมาก	ค่อนข้างยาก	นิยม
4. เข้าลิ้มแล้วมัด เชือกมะนิลา		ปานกลาง	ง่าย	แข็งแรงมาก คงทนมาก	ค่อนข้างยาก	ไม่นิยม
5. เข้าลิ้มแล้วมัด ลวดเหล็ก		ปานกลาง	ง่าย	แข็งแรง คงทน	หาได้ทั่วไป	ไม่นิยม
6. เข้าด้วยนอต เกลียว		ถูก	ง่ายมาก	แข็งแรง คงทน	หาได้ทั่วไป	นิยม
7. มัดด้วยเข็ม ขัดรัดท่อ		ค่อนข้าง แพง	ง่ายมาก	แข็งแรง คงทน	หาได้ทั่วไป	ไม่นิยม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตารางที่ 3.1 ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการรวบลำไ้ 2 วิธี คือ วิธีการรวบลำไ้โดยใช้การเข้าลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และวิธีการรวบลำไ้ด้วยนอตเกลียว เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นวิธีที่มีความนิยมใช้อย่างแพร่หลาย มีความแข็งแรง คงทน ราคาที่เหมาะสม และวัสดุหาได้ง่ายทั่วไป นอกจากนี้แล้วในทางสถาปัตยกรรมการรวบลำไ้โดยใช้ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน และการรวบลำไ้ด้วยนอตเกลียวสามารถทำให้มีผลต่อการออกแบบรูปด้านและความสวยงามที่แตกต่างกัน

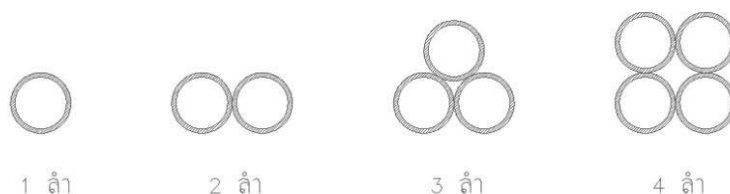
3.2 การกำหนดตัวแปร

1. ตัวแปรต้น

1.1 จำนวนไ้ที่ใช้ในการรวบ (1 2 3 และ 4)

ภาพที่ 3.1

จำนวนไ้ที่ใช้ในการรวบทดสอบตัวอย่าง



1.2 วิธีการรวบลำไฟ

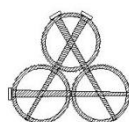
1.2.1 ล้อมแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน

ภาพที่ 3.2

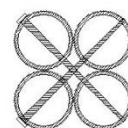
วิธีการรวบลำไฟโดยใช้การเข้าล้อม (1) แล้วมัดด้วยเชือกไนลอน (2)



2 ลำ

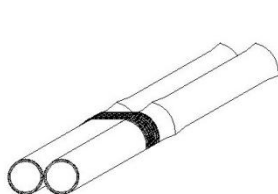


3 ลำ

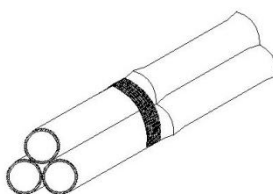


4 ลำ

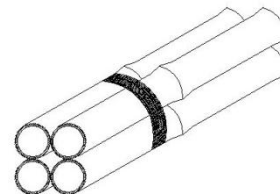
วิธีการรวบลำไฟโดยใช้การล้อม (1)



2 ลำ



3 ลำ



4 ลำ

มัดด้วยเชือกไนลอน (2)

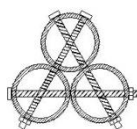
1.3.2 นอตเกลียว

ภาพที่ 3.3

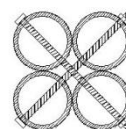
วิธีการรวบลำไฟโดยใช้ นอตเกลียว



2 ลำ



3 ลำ

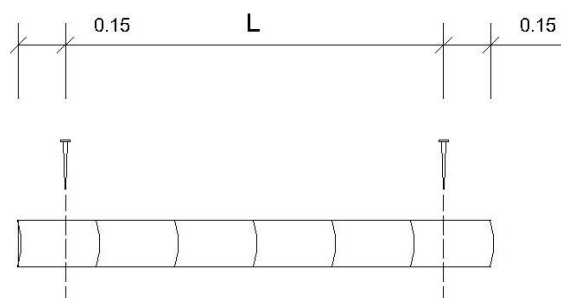


4 ลำ

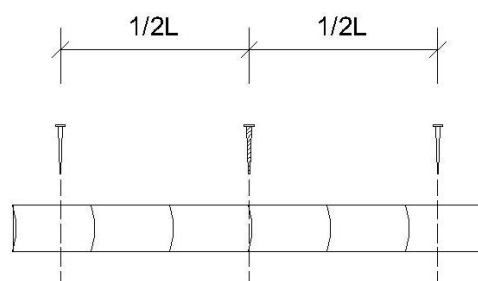
1.3 ระยะห่างจากการรวบไฟ

ภาพที่ 3.4
ระยะห่างจากการรวบไฟ

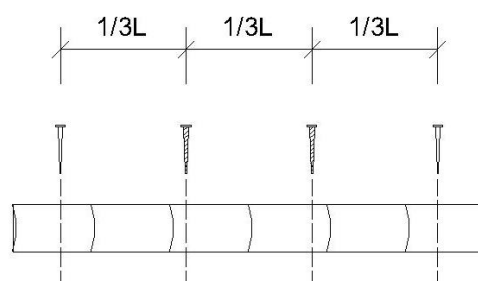
เว้นระยะห่างปลายทั้ง 2 ข้างๆ ละ
0.15 ม.



สัดส่วนการเว้นระยะการเชื่อมต่อ
1/2 ของความยาว



สัดส่วนการเว้นระยะการเชื่อมต่อ
1/3 ของความยาว



2. ตัวแปรตาม

2.1 ประสิทธิภาพของในการรับแรงอัดของเสา

2.2 ประสิทธิภาพของในการรับแรงดัดของคาน

3. ตัวแปรควบคุม

3.1 พันธุ์ไม้

ไผ่ชางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro)

3.2 ขนาด

3.2.1 ใช้ไม้ที่มีอายุ 3-4 ปี ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร

3.2.2 ใช้ส่วนโคนลำไม้ในการทดสอบเสา

3.2.3 ใช้ส่วนกลางถึงปลายลำไม้ในการทดสอบคาน

3.2.4 ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.4.1 การทดสอบเสายาว 1.5 เมตร

3.2.4.2 การทดสอบคานยาว 3 เมตร

3.2.5 เว้นระยะปลายทั้ง 2 ข้างๆ ละ 0.15 เมตร

3.3 คุณภาพ ไม้มีคุณภาพดีไม่มีรอยแตก

3.4 ไผ่ชางหม่นจากจังหวัดอุดรดิตถ์

3.2 วิธีการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการรวบลำไม้

2. ศึกษาเชิงปฏิบัติการในรูปแบบการทดสอบ

2.1 เตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ตามมาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo

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

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

2.2 เตรียมลำไผ่ จำนวน 1 ลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร ความยาว 1.50 เมตร และ 3 เมตร

2.3 ทดสอบหาแรงอัดและแรงดัดของลำไผ่ 1 ลำ จากข้อ 2.2 ตามลำดับ โดยใช้ค่ามาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดัดของการรวบลำไผ่

2.4 เตรียมลำไผ่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร ความยาวลำละ 1.50 เมตร และ 3 เมตร โดยใช้วิธีการใช้ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกในลอน และนอตเกลียว จำนวนในการรวบลำไผ่ 2 3 และ 4 ลำ กำหนดให้เว้นระยะจากปลายเสาทั้งสองข้างๆ ละ 15 เซนติเมตร กำหนดระยะห่างของการรวบไผ่มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ และ $1/3L$

หมายเหตุ: 1. L ความยาวของลำไผ่

2. การทดสอบเสา ความยาวไผ่ 1.5 เมตร กำหนดระยะห่างของการรวบไผ่มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร) และ $1/3L$ (40 เซนติเมตร)

3. การทดสอบคาน ความยาวไผ่ 3 เมตร กำหนดระยะห่างของการรวบไผ่มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (135 เซนติเมตร) และ $1/3L$ (90 เซนติเมตร)

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

3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาใช้ในการคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์กำหนดให้

3.1 การคำนวณแบบจำลองของเสา

3.1.1 ความยาวประสิทธิผล (K) เท่ากับ 1

3.1.2 ความยาวของเสาไผ่ (L) เท่ากับ 4 เมตร

3.2 การคำนวณแบบจำลองของคาน

ความยาวของเสาไผ่ (L) เท่ากับ 4 เมตร

4. เปรียบเทียบความสามารถและขนาดกับวัสดุอื่น ๆ ได้แก่ คอนกรีต เหล็ก และไม้

เนื้อแข็ง

5. ออกแบบและจำลองการเลือกใช้เสาและคานจากรวัสดุต่างๆให้เหมาะสมกับการเลือกใช้ขนาดหน้าตัด ความยาว สำหรับประเภทอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอรื (SAP 2000 Educational Version)
6. สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

3.3 การเตรียมการทดลอง

1. การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบงานวิจัย มีรายการดังนี้
 - 1.1 เตรียมไม้ขนาด 25 X 25 มม. ความหนาเท่ากับความหนาของชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น สำหรับการทดสอบปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (moisture content) การทดสอบความหนาแน่น (density) และการทดสอบความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

ภาพที่ 3.5

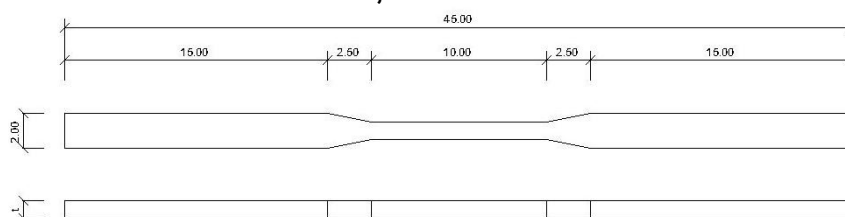
ชิ้นตัวอย่างทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ



- 1.2 เตรียมไม้ ดังภาพที่ 3.6 จำนวน 3 ชิ้น

ภาพที่ 3.6

ขนาดและมิติต่างๆ ของตัวอย่างการทดสอบแรงดึง



หน่วยเป็นเซนติเมตร

ภาพที่ 3.7
 ชี้นตัวอย่างทดสอบแรงดึง



1.3 เตรียมไม้ขนาดความสูงเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก จำนวน 6 ชี้น
 สำหรับทดสอบแรงอัดและแรงเฉือน

ภาพที่ 3.8
 ชี้นตัวอย่างทดสอบแรงอัดและแรงเฉือน



ชี้นตัวอย่างทดสอบแรงอัด (1)



ชี้นตัวอย่างทดสอบแรงเฉือน (2)

1.4 เตรียมไม้ อายุ 3-4 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8-10 เซนติเมตร ความยาวลำละ 1.50 เมตร และ 3 เมตร จำนวนอย่างละ 111 ลำ

1.5 เตรียมลิ่ม ใช้ไม้ขนาดความกว้าง 1.0 x 1.0 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร จำนวน 378 อัน

1.6 เตรียมเชือกไนลอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร

1.7 เตรียมนอตเกลียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร จำนวน 378 อัน

2. นำวัสดุที่เตรียมไว้มาจัดเป็นชุดสำหรับประกอบการชุดทดสอบ ดังนี้

2.1 การทดสอบแบบที่ 1 (ทดสอบไม้ 1 ลำ) นำลำไม้ที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบเสาและคาน ความยาว 1.5 เมตร และ 3 เมตร ตามลำดับ จำนวนอย่างละ 3 ลำ

2.2 การทดสอบแบบที่ 2 (ทดสอบไม้ 2 ลำ) นำลำไม้ที่เตรียมไว้ความยาว 1.5 เมตร และ 3 เมตร มาจำนวนอย่างละ 24 ลำ นำมาแยกเป็นชุดๆ ละ 2 ลำของความยาวเดียวกัน ได้ชุดทดสอบทั้งหมดจำนวน 24 ชุด และจำนวนลิ่มและนอตเกลียวอย่างละ 42 อัน

2.3 การทดสอบแบบที่ 3 (ทดสอบไม้ 3 ลำ) นำลำไม้ที่เตรียมไว้ความยาว 1.5 เมตร และ 3 เมตร มาจำนวนอย่างละ 36 ลำ สำหรับนำมาแยกเป็นชุดๆ ละ 3 ลำของความยาวเดียวกัน ได้ชุดทดสอบทั้งหมดจำนวน 24 ชุด และจำนวนลิ่มและนอตเกลียวอย่างละ 126 อัน

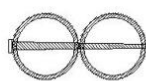
2.4 การทดสอบแบบที่ 4 (ทดสอบไม้ 4 ลำ) นำลำไม้ที่เตรียมไว้ความยาว 1.5 เมตร และ 3 เมตร มาจำนวนอย่างละ 48 ลำ สำหรับนำมาแยกเป็นชุดๆ ละ 4 ลำของความยาวเดียวกัน ได้ชุดทดสอบทั้งหมดจำนวน 24 ชุด และจำนวนลิ่มและนอตเกลียวอย่างละ 84 อัน

3. นำชุดการทดสอบแต่ละแบบที่เตรียมไว้มา โดยวิธีการดังต่อไปนี้

นำลิ่ม ขนาดความกว้าง 1.0 x 1.0 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร ที่เตรียมไว้มา ตอกเพื่อเชื่อมลำไม้เข้าด้วยกัน โดยลิ่มแต่ละอันมีระยะห่างจากกึ่งกลางลิ่มถึงกึ่งกลางลิ่ม 5 เซนติเมตร แล้วนำมัดด้วยเชือกไนลอน ในการมัดเชือกกำหนดให้มัดเพิ่มออกไปจากกึ่งกลางลิ่มอันสุดท้ายของทั้งสองข้างๆ ละ 5 เซนติเมตร เพื่อการยึดลำไม้ให้แข็งแรงมากยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

3.1 นำชุดการทดสอบแบบที่ 2 (ทดสอบไฟ 2 ลำ) มาประกอบโดยวิธีการดังนี้

ภาพที่ 3.9
วิธีการเข้าลิ้มไฟ 2 ลำ



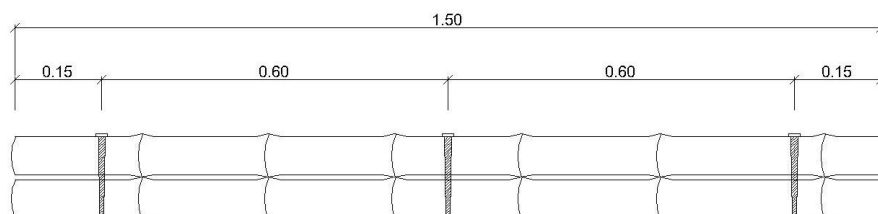
2 ลำ

3.1.1 การทดสอบเสถียรความยาว (L) 1.5 เมตร

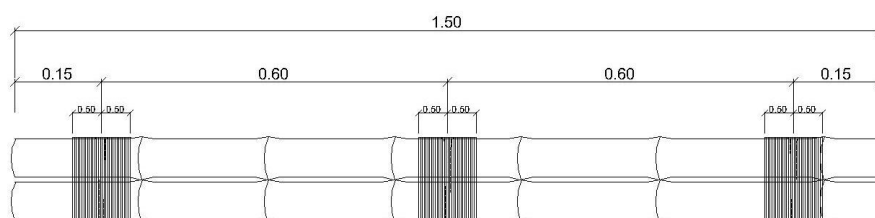
3.1.1.1 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/2L (60 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.10
การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (60 เซนติเมตร) ด้วยลิ้ม (เสา 2 ลำ)



ภาพที่ 3.11
การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (เสา 2 ลำ)

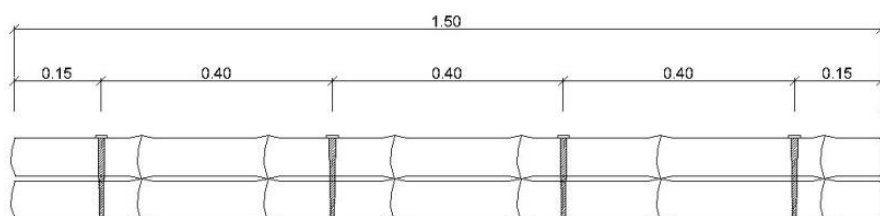


3.1.1.2 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/3L (40 เซนติเมตร)

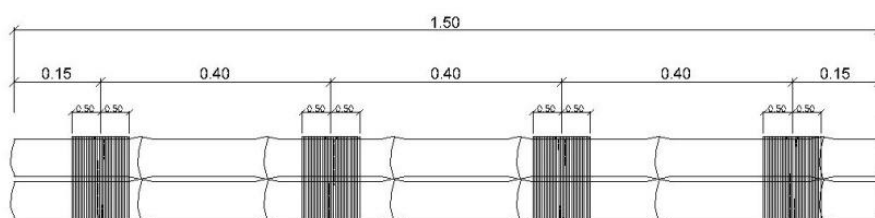
ภาพที่ 3.12

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (40 เซนติเมตร) ด้วยลิ้ม (เสา 2 ลำ)



ภาพที่ 3.13

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (เสา 2 ลำ)



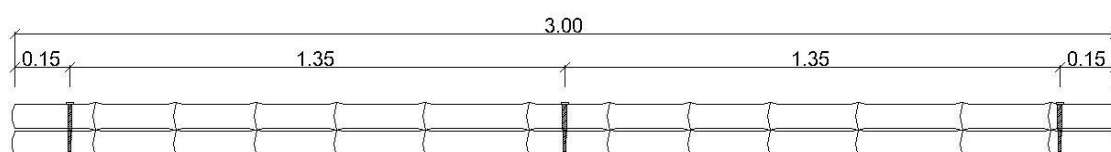
3.1.2 การทดสอบคานความยาว (L) 3 เมตร

3.1.2.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/2L (135 เซนติเมตร)

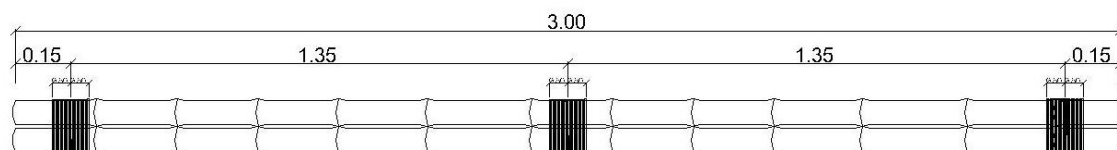
ภาพที่ 3.14

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร) ด้วยลิ้ม (คาน 2 ลำ)



ภาพที่ 3.15

การมัดเชือกไนลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (คาน 2 ลำ)

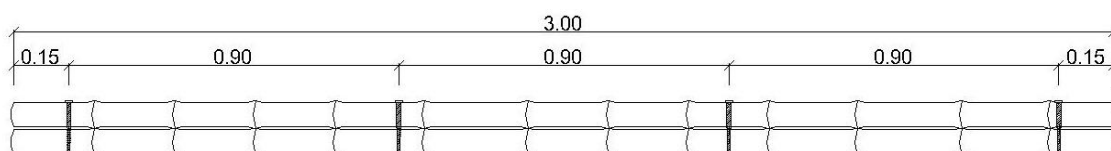


3.1.2.2 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

$1/3L$ (90 เซนติเมตร)

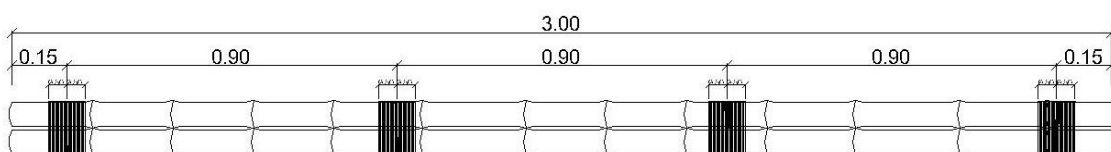
ภาพที่ 3.16

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/3L$ (90 เซนติเมตร) ด้วยลิ่ม (คาน 2 ลำ)



ภาพที่ 3.17

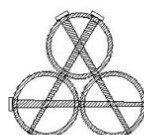
การมัดเชือกไนลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/3L$ (คาน 2 ลำ)



3.2 นำชุดการทดสอบแบบที่ 3 (ทดสอบไฟ 3 ลำ) มาประกอบโดยวิธีการดังนี้

ภาพที่ 3.18

วิธีการเข้าลิ่มไฟ 3 ลำ



3 ลำ

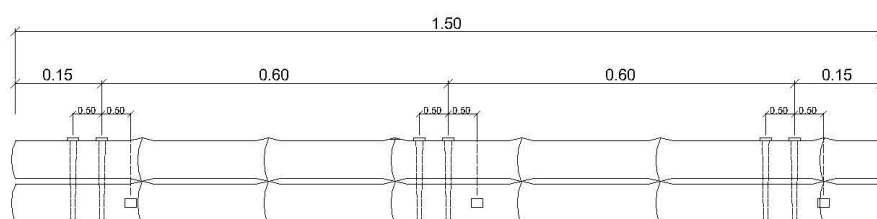
3.2.1 การทดสอบเสาคความยาว (L) 1.50 เมตร

3.2.1.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/2L (60 เซนติเมตร)

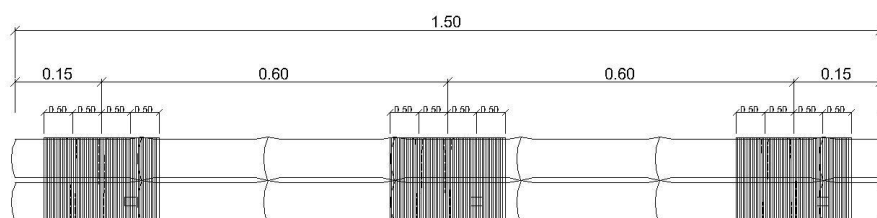
ภาพที่ 3.19

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (60 เซนติเมตร) ด้วยลิ่ม (เสา 3 ลำ)



ภาพที่ 3.20

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (เสา 3 ลำ)

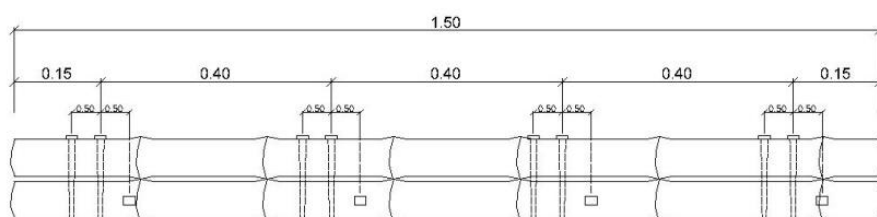


3.2.1.2 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L

(40 เซนติเมตร)

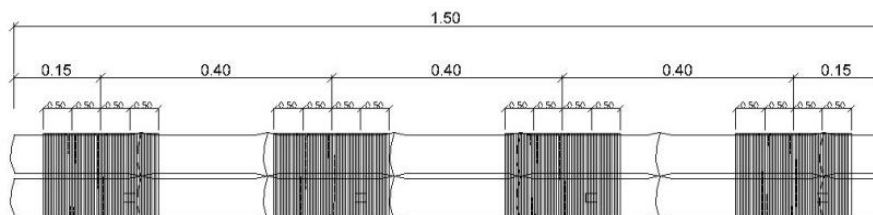
ภาพที่ 3.21

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (40 เซนติเมตร) ด้วยลิ่ม (เสา 3 ลำ)



ภาพที่ 3.22

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/3L$ (เสา 3 ลำ)



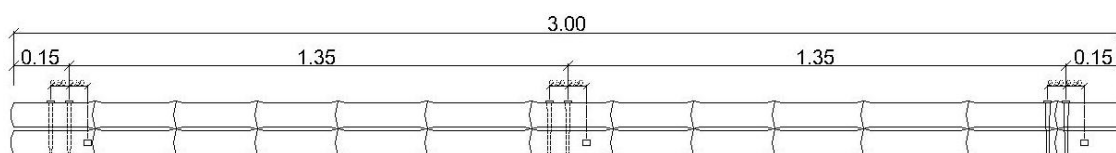
3.2.2 การทดสอบคานความยาว (L) 3 เมตร

3.2.2.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

$1/2L$ (135 เซนติเมตร)

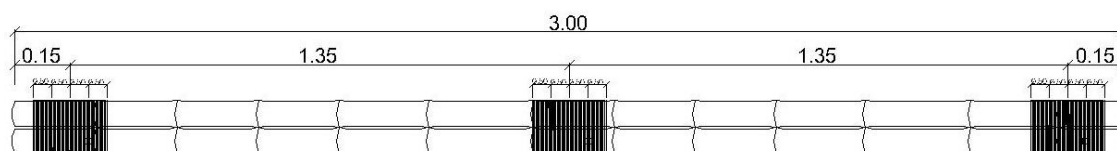
ภาพที่ 3.23

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (135 เซนติเมตร) ด้วยลิ้ม (คาน 3 ลำ)



ภาพที่ 3.24

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (คาน 3 ลำ)

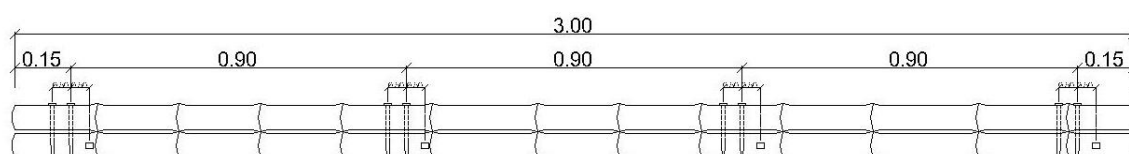


3.2.2.2 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/3L (90 เซนติเมตร)

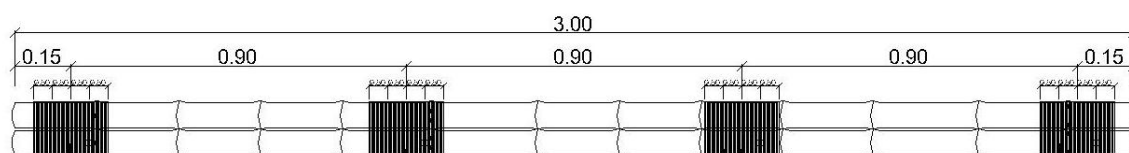
ภาพที่ 3.25

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร) ด้วยลิ่ม (คาน 3 ลำ)



ภาพที่ 3.26

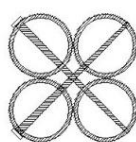
การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (คาน 3 ลำ)



3.3 นำชุดการทดสอบแบบที่ 4 (ทดสอบไฟ 4 ลำ) มาประกอบโดยวิธีการดังนี้

ภาพที่ 3.27

วิธีการเข้าลิ่มไฟ 4 ลำ



4 ลำ

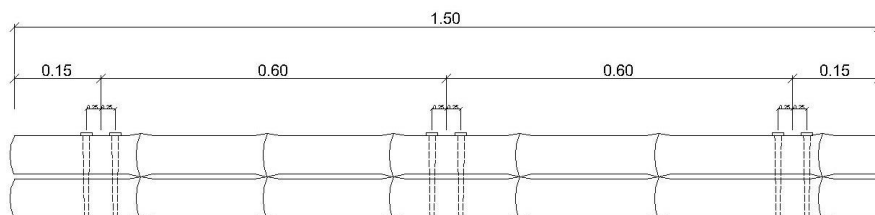
3.3.1 การทดสอบเสาคความยาว (L) 1.50 เมตร

3.3.1.1 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/2L (60 เซนติเมตร)

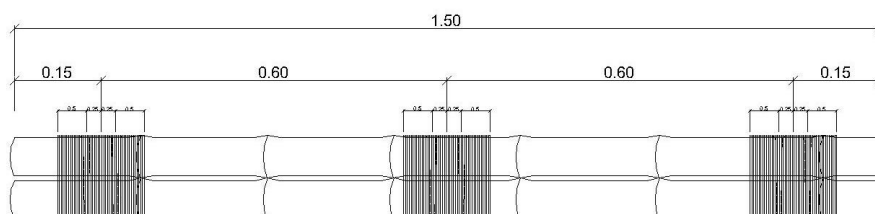
ภาพที่ 3.28

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (60 เซนติเมตร) ด้วยลิ้ม (เสา 4 ลำ)



ภาพที่ 3.29

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (เสา 4 ลำ)

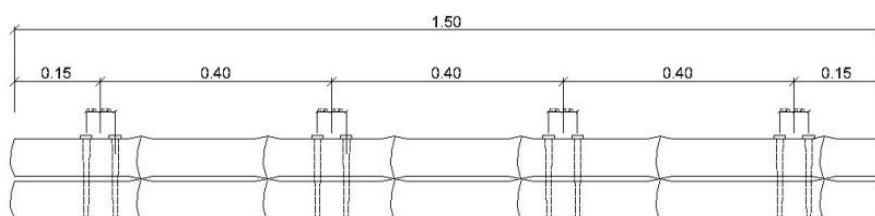


3.3.1.2 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/3L (40 เซนติเมตร)

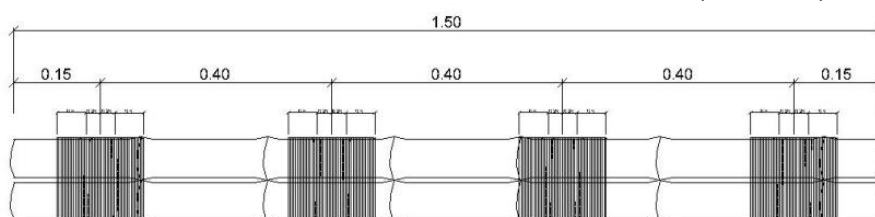
ภาพที่ 3.30

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (40 เซนติเมตร) ด้วยลิ้ม (เสา 4 ลำ)



ภาพที่ 3.31

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (เสา 4 ลำ)



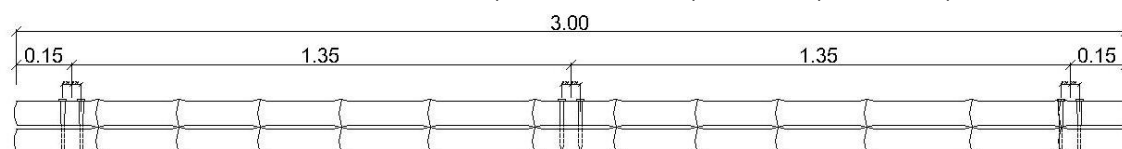
3.3.2 การทดสอบความยาว (L) 3 เมตร

3.3.2.1 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/2L (135 เซนติเมตร)

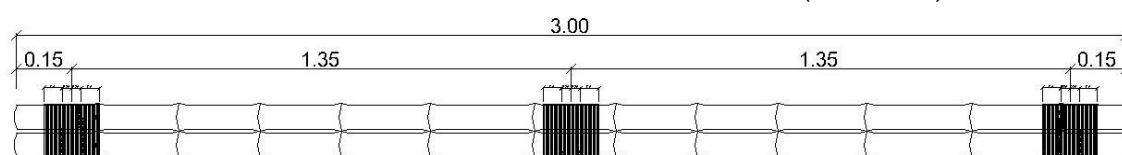
ภาพที่ 3.32

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร) ด้วยลิม (คาน 4 ลำ)



ภาพที่ 3.33

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (คาน 4 ลำ)

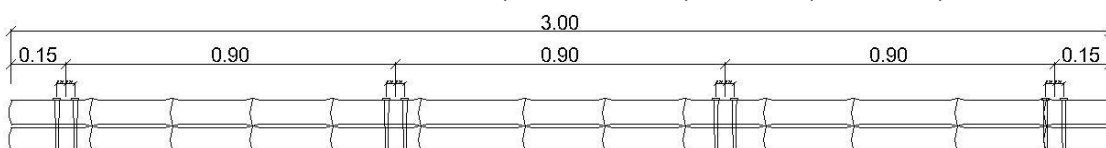


3.3.2.2 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะเชื่อมต่อ

1/3L (90 เซนติเมตร)

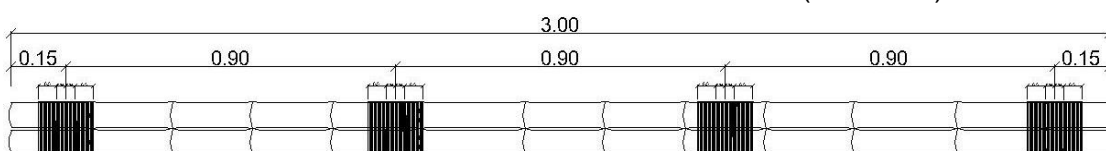
ภาพที่ 3.34

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร) ด้วยลิม (คาน 4 ลำ)



ภาพที่ 3.35

การมัดเชือกในลอนของการเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (คาน 4 ลำ)



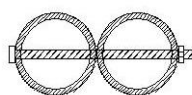
4. นำชุดการทดสอบแต่ละแบบที่เตรียมไว้มาเชื่อมกันด้วยนอตเกลียว

นำสว่านเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร มาเจาะลำไม้ตามจุดที่กำหนดไว้ แล้วนำนอตเกลียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร นำมาเชื่อมลำไม้เข้าด้วยกันโดยนอตเกลียวๆ แต่ละอันมีระยะห่างจากกึ่งกลางนอตเกลียวถึงกึ่งกลางนอตเกลียว 5 เซนติเมตร ดังนี้

4.1 นำชุดการทดสอบแบบที่ 2 (ทดสอบไม้ 2 ลำ) มาประกอบโดยวิธีการ ดังนี้

ภาพที่ 3.36

วิธีการเชื่อมไม้ 2 ลำ ด้วยนอตเกลียว



2 ลำ

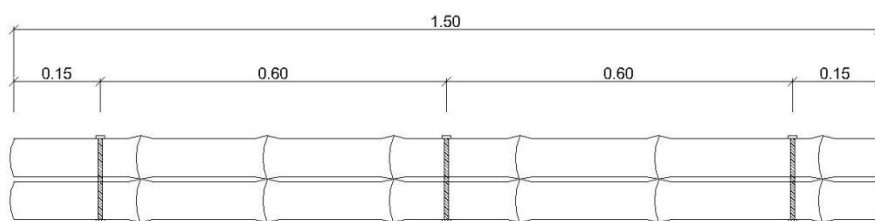
4.1.1 การทดสอบเสาความยาว (L) 1.50 เมตร

4.1.1.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.37

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (เสา 2 ลำ)

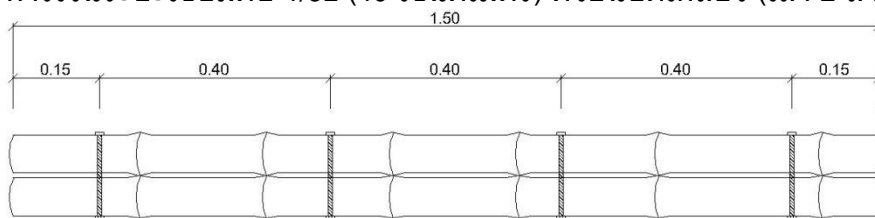


4.1.1.2 ระยะห่างของการรวบไผ่มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ 1/3L (40 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.38

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (40 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (เสา 2 ลำ)



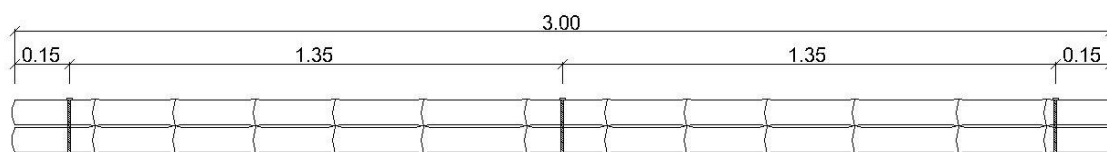
4.1.2 การทดสอบความยาว (L) 3 เมตร

4.1.2.1 ระยะห่างของการรวบไผ่มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.39

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (คาน 2 ลำ)

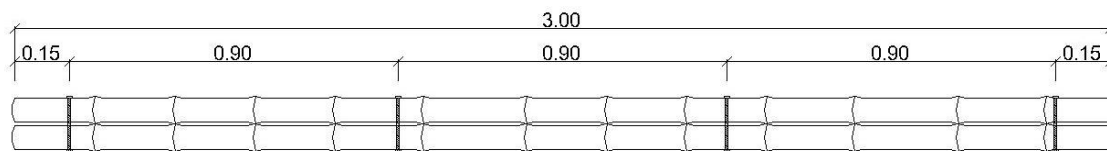


4.1.2.2 ระยะห่างของการรวบไผ่มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.40

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (คาน 2 ลำ)

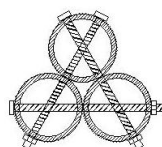


ดังนี้

4.2 นำชุดการทดสอบแบบที่ 2 (ทดสอบไฟ 2 ลำ) มาประกอบโดยวิธีการ

ภาพที่ 3.41

วิธีการเชื่อมไฟ 3 ลำ ด้วยนอตเกลียว



3 ลำ

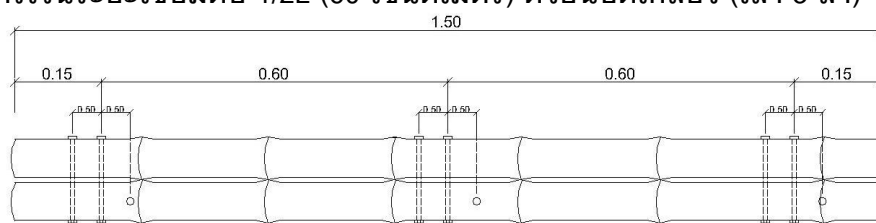
4.2.1 การทดสอบเสาความยาว (L) 1.50 เมตร

4.2.1.1 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.42

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (เสา 3 ลำ)

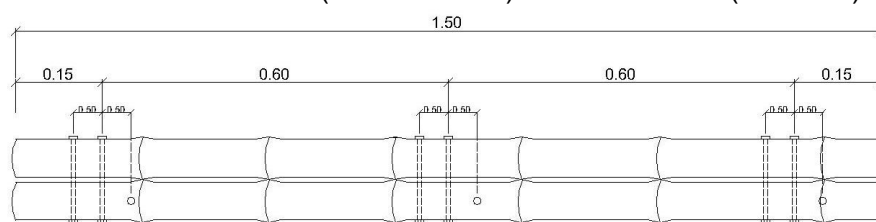


4.2.1.2 ระยะห่างของการรวบไฟมีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ $1/3L$ (40 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.43

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/3L$ (40 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (เสา 3 ลำ)



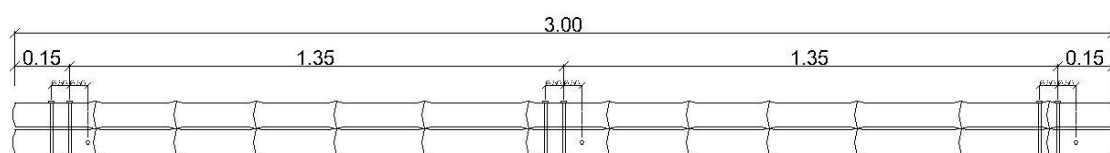
4.2.2 การทดสอบคานความยาว (L) 3 เมตร

4.2.2.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.44

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (คาน 3 ลำ)

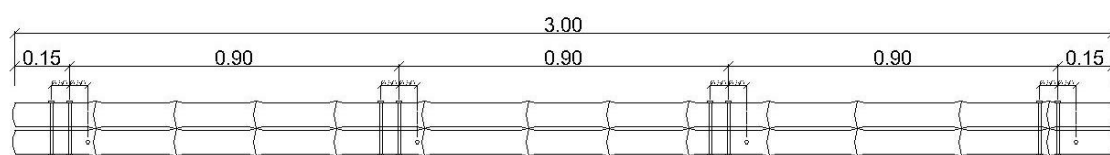


4.2.2.2 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.45

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (คาน 3 ลำ)

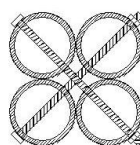


4.3 นำชุดการทดสอบแบบที่ 2 (ทดสอบไม้ 2 ลำ) มาประกอบโดยวิธีการ

ดังนี้

ภาพที่ 3.46

วิธีการเชื่อมต่อ 4 ลำ ด้วยนอตเกลียว



4 ลำ

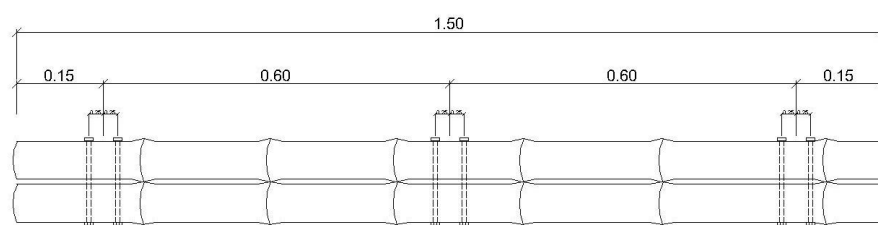
4.3.1 การทดสอบเสาความยาว (L) 1.50 เมตร

4.3.1.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.47

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/2L$ (60 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (เสา 4 ลำ)

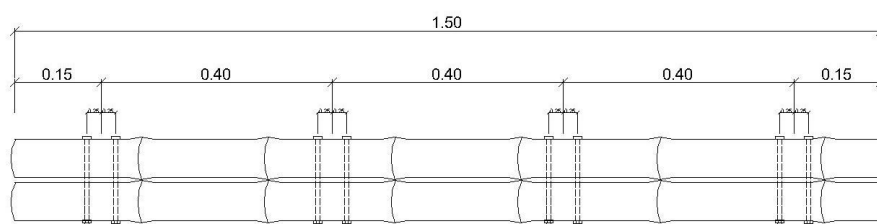


4.3.1.2 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ $1/3L$ (40 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.48

การเว้นระยะเชื่อมต่อ $1/3L$ (40 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (เสา 4 ลำ)



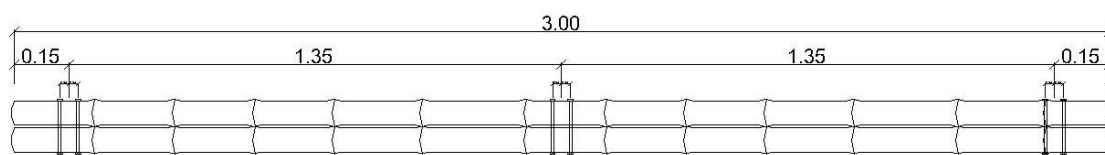
4.3.2 การทดสอบคานความยาว (L) 3 เมตร

4.3.2.1 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ $1/2L$ (135 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.49

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/2L (135 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (คาน 4 ลำ)

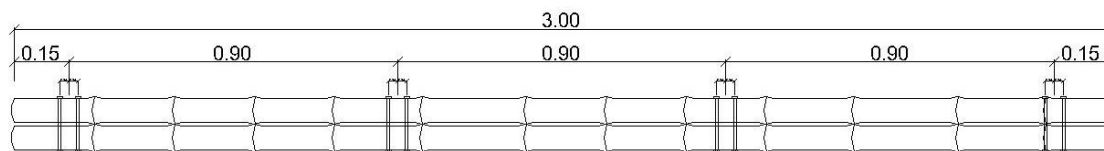


4.3.2.2 ระยะห่างของการรวบไม้มีสัดส่วนการเว้นระยะ

เชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร)

ภาพที่ 3.50

การเว้นระยะเชื่อมต่อ 1/3L (90 เซนติเมตร) ด้วยนอตเกลียว (คาน 4 ลำ)



3.4 การทดสอบ

1. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 การทดสอบปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (moisture content)

นำชิ้นตัวอย่างขนาด 25 X 25 มม. ความหนาเท่ากับความหนาของชิ้นทดสอบ ดังภาพที่ 3.5 นำไปชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการอบด้วยอุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวัดขนาดชิ้นตัวอย่างด้วย Vernier Caliper ก่อนการอบแห้งเพื่อคำนวณหาปริมาตรต่อไป

การคำนวณ

$$MC = \left(\frac{m - m_0}{m_0} \right) \times 100$$

เมื่อ MC = ความชื้นสัมพัทธ์, %

m = มวลก่อนการอบแห้ง, กรัม

m_0 = มวลหลังอบแห้ง, กรัม

1.2 การทดสอบความหนาแน่น (density)

นำชิ้นตัวอย่างจากข้อ 1.1 ดังภาพที่ 3.5 ที่ทำการอบแห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก แล้วเทียบกับปริมาตรก่อนการอบแห้ง

การคำนวณ

$$\rho = \left(\frac{m}{V} \right) \times 10^6$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น, กก./ลบ.ม.

m = มวลก่อนการอบแห้ง, กรัม

V = ปริมาตรของชิ้นทดสอบก่อนการอบแห้ง, ลบ.มม.

1.3 ค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

การคำนวณ

$$SG = \frac{m}{V}$$

เมื่อ m = มวลก่อนการอบแห้ง, กรัม

V = ปริมาตรของชิ้นทดสอบก่อนการอบแห้ง, ลบ.มม.

2. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

2.1 การทดสอบแรงดึง (tension test)

นำชิ้นตัวอย่างขนาดดังภาพที่ 3.7 หาค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile stress)

การคำนวณ

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

เมื่อ σ_{ult} = กำลังรับแรงดึงสูงสุด, กก./ตร.มม.

F_{ult} = แรงดึงสูงสุด, กก.

A = พื้นที่หน้าตัด, ตร.มม.

2.2 การทดสอบรับแรงอัด (compression test)

นำตัวอย่างการทดสอบที่มีขนาดความสูงเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ดังภาพที่ 3.8 ขึ้นตัวอย่างทดสอบแรงอัด (1) หาค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด (ultimate compression stress)

การคำนวณ

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

เมื่อ σ_{ult} = กำลังรับแรงอัดสูงสุด, กก./ตร.มม.

F_{ult} = แรงอัดสูงสุด, กก.

A = พื้นที่หน้าตัด, ตร.มม.

2.3 การทดสอบรับแรงเฉือน (shear test)

นำตัวอย่างการทดสอบเหมือนข้อที่ 2.2 ดังภาพที่ 3.8 ขึ้นตัวอย่างทดสอบแรงเฉือน (2) หากำลังรับแรงเฉือนสูงสุด (ultimate shear stress)

การคำนวณ

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t \times L)}$$

เมื่อ τ_{ult} = กำลังรับแรงเฉือนสูงสุด, กก./ตร.มม.

F_{ult} = แรงเฉือนสูงสุด, กก.

t = ความหนาของชิ้นทดสอบแต่ละระนาบ, มม.

L = ความสูงชิ้นส่วนทดสอบแต่ละระนาบ, มม.

3. การทดสอบชิ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไผ่ 1 ลำ)

3.1 นำชิ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไผ่ 1 ลำ) ความยาว 1.5 เมตร จำนวน 3 ชิ้น สำหรับทดสอบหาคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงอัด

ภาพที่ 3.51

ชิ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไผ่ 1 ลำ) สำหรับการทดสอบรับแรงอัด



3.2 นำชิ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไผ่ 1 ลำ) ความยาว 3 เมตร จำนวน 3 ชิ้น สำหรับทดสอบหาคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงดัด

ภาพที่ 3.52

ชิ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไผ่ 1 ลำ) สำหรับการทดสอบรับแรงดัด



การทดสอบขึ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไผ่ 1 ลำ) ใช้ค่ามาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงของวัสดุ

3.3 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเนื้อไม้ เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด โมเมนต์อินเนอร์เซีย และอัตราส่วนความสูงชะลูด

การหาพื้นที่หน้าตัด

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - (D - 2t)^2)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัด , ตร.มม.

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก , มม.

t = ความหนาของเนื้อไม้ , มม.

โมเมนต์อินเนอร์เซีย (Moment of inertia, มม.⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - (D - 2t)^4)$$

อัตราส่วนความสูงชะลูด

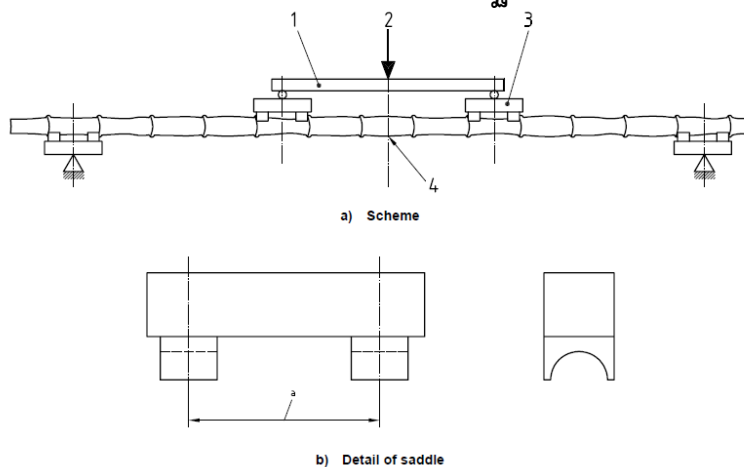
$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

เมื่อ $r = \sqrt{I/A}$

3.4 นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล (Universal Testing Machine, UTM) เพื่อทดสอบกำลังการรับแรงอัดในแนวแกนและการดัดโค้ง

ภาพที่ 3.53

การทดสอบกำลังรับแรงดัดตามมาตรฐาน ISO 22157-1



และหาค่าที่ได้หาค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)

การคำนวณ

$$E = \frac{23FL^3}{1296\delta I}$$

เมื่อ E = โมดูลัสของการยืดหยุ่น ,MPa.

F = แรงดัดสูงสุด ,นิวตัน

L = ความยาวคาน ,มม.

δ = ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน ,มม.

I = โมเมนต์อินเนอร์เทีย ,มม.⁴

หาค่าที่ได้หาค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุด (ultimate bending stress)

การคำนวณ

$$\sigma_{ult} = \frac{FLD}{12I}$$

เมื่อ σ_{ult} = กำลังรับแรงดัดสูงสุด, กก./ตร.มม.

F_{ult} = แรงดัดสูงสุด, กก.

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง, มม.

I = โมเมนต์อินเนอร์เทีย, มม.⁴

L = ความยาวคาน, มม.

4. การทดสอบชิ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 (ทดสอบไฟ 2-4 ลำ)

4.1 นำชิ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 (ทดสอบไฟ 2-4 ลำ) จำนวนแบบๆ ละ 12 ชุด
สำหรับทดสอบความสามารถในการรับแรงอัดในแนวแกน

ภาพที่ 3.54

ทดสอบชิ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 (ทดสอบไฟ 2-4 ลำ) สำหรับการทดสอบรับแรงอัด



ทดสอบชิ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 โดยใช้วิธีการใช้ลิ้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน (1)



ทดสอบขึ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 โดยใช้วิธีการไ้้นอตเกลียว (2)

4.2 นำขึ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 (ทดสอบไ้ 2-4 ลำ) จำนวนแบบๆ ละ 12 ชุด
สำหรับทดสอบหาความสามารถในการรับแรงดัดโค้ง

ภาพที่ 3.55

ทดสอบขึ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 (ทดสอบไ้ 2-4 ลำ) สำหรับการทดสอบรับแรงดัด



ทดสอบขึ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 โดยใช้วิธีการไ้้ล้มแล้วมัดด้วยเชือกไนลอน (1)



ทดสอบชิ้นตัวอย่างแบบที่ 2-4 โดยใช้วิธีการใช้นอตเกลียว (2)

4.3 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเนื้อไม้ เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด โมเมนต์อินเนอร์เซีย และอัตราส่วนความสูงชะลูด ดังสูตรข้อ 3.3

4.4 นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล (Universal Testing Machine, UTM) เพื่อทดสอบกำลังการรับแรงอัดในแนวแกนและการตัดโค้ง

4.5 สรุปและวิเคราะห์และวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.5 วัสดุและเครื่องมือ

1. ไม้ไผ่ขางหม่น
2. เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล (Digital Scale)
4. กระบอกตวง
5. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
6. เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)
7. เครื่องแปลงข้อมูล (Data Logger)
8. เครื่องโหลดเซลล์ (Load Cell)

9. เครื่องวัดการโก่งตัว (Dial Gauge)
10. เครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ISO-22157-1
11. ตลับเมตร
12. เครื่องเลื่อยตัด

ภาพที่ 3.56

เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)



ภาพที่ 3.57

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Digital Scale)



ภาพที่ 3.58

ตู้ควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.59

เครื่อง UTM (Universal Testing Machine)



ภาพที่ 3.60

เครื่องแปลงข้อมูล (Data Logger)



ภาพที่ 3.61

เครื่องโหลดเซลล์ (Load Cell)



ภาพที่ 3.62
เครื่องวัดการโก่งตัว (Dial Gauge)



ภาพที่ 3.63
เครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ISO-22157-1



อุปกรณ์ทดสอบรับแรงดัด (1)



อุปกรณ์ทดสอบรับแรงเฉือน (2)

3.6 สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการและทดสอบ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

3.7 การเก็บข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลในส่วนของการทดสอบได้มีการทดสอบขึ้นตัวอย่างทั้งหมด 26 แบบๆ ละ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าที่ได้ของค่าการทดสอบของแต่ละประเภทตัวอย่าง
2. นำค่าที่ได้จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเนื้อไม้ ก่อนการทดสอบ และค่าคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและการทดสอบขึ้นตัวอย่างแบบที่ 1 (ทดสอบไม้ 1 ลำ) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าการรับน้ำหนักของแรงอัดและแรงดัดโค้งของการรวบลำไม้โดยใช้ทฤษฎีและมาตรฐาน ISO 22157-1 เพื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบและกำหนดค่าการทดลอง
3. บันทึกผลการทดสอบ ค่าการรับน้ำหนักของการอัดในแนวแกนและการดัดโค้ง ลักษณะการวิบัติของลำไม้

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าที่ได้จากผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีและมาตรฐานของ ว.ส.ท. เพื่อนำไปออกแบบสถาปัตยกรรมโดยการนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาใช้ในการคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์กำหนดให้

1. คำนวณแบบจำลองของเสา
 - 1.1 ความยาวประสิทธิผล (K) เท่ากับ 1
 - 1.2 ความยาวของเสาไม้ไผ่ (L) เท่ากับ 4 เมตร
2. คำนวณแบบจำลองของคาน
 - 2.2 ความยาวของเสาไม้ไผ่ (L) เท่ากับ 4 เมตร
3. นำค่าที่ได้จากการคำนวณข้อ 1 และ 2 มาเปรียบเทียบความสามารถและขนาด กับวัสดุอื่นๆ ประกอบด้วย คอนกรีต เหล็ก และไม้เนื้อแข็ง
4. นำค่าที่ได้จากการคำนวณ ลักษณะรูปแบบอาคาร และการรับน้ำหนักอาคารแต่ประเภทที่ได้จากการรวบรวมเอกสารและการทดสอบ นำมาออกแบบและจำลองการเลือกใช้ขนาดหน้าตัด ความยาว และประเภทอาคาร ให้เหมาะสมกับการใช้โครงสร้างเสาและคานไม้ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (SAP 2000 Educational Version)

ภาพที่ 3.64

โปรแกรม SAP 2000 Educational Version



5. นำผลการวิเคราะห์การจำลองการรับแรงของอาคารในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (SAP 2000 Educational Version) มาออกแบบอาคารสาธารณะขนาดเล็กโดยใช้การรवल้าไฟเป็นโครงสร้างอาคาร