



การศึกษาความสามารถในการรับแรงของพื้นสำเร็จรูปที่ทำจาก
ไผ่ลำที่มีการเสริมแรงในงานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม

โดย

นาย สุทฤษฎ จันทร์ถนอมสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การศึกษาความสามารถในการรับแรงของพื้นสำเร็จรูปที่ทำจาก
ไผ่ลำที่มีการเสริมแรงในงานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม

โดย

นาย สุทธสุข จันทรธนอมสุข



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

STUDY OF PREFABRICATED FLOOR USING REINFORCED BAMBOO
CULMS IN ARCHITECTURAL APPLICATIONS

BY

MR. SUTTHASUK CHANTANOMSUK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ARCHITECTURE

ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2016

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ


นาย สุทธสุข จันทร์ถนอมสุข

เรื่อง

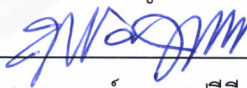
การศึกษาความสามารถในการรับแรงของพื้นสำเร็จรูปที่ทำจาก
ใฝ่ลำที่มีการเสริมแรงในงานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม
ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2560


ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(รองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์)

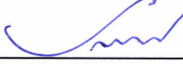
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีย์ ฤทธิรงค์)


กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(รองศาสตราจารย์ ดร. สายันต์ ศิริมนตรี)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์


(อาจารย์ ดร. ปารเมศ กำแหงฤทธิรงค์)

คณบดี


(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดี)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความสามารถในการรับแรงของพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงในงานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม
ชื่อผู้เขียน	นาย สุทศสุข จันทร์ถนอมสุข
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีย์ ฤทธิรงค์
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นผลนำมาสู่การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติมากยิ่งขึ้น เช่น ภาวะโลกร้อน เป็นต้น ทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมหรือการออกแบบสถาปัตยกรรมที่คำนึงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ไผ่สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนได้ดี เนื่องจากไผ่เป็นพืชที่เติบโตได้อย่างรวดเร็ว ลำต้นไผ่สามารถนำมาใช้งานด้านสถาปัตยกรรมได้ ปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาไผ่กลับมาประยุกต์ใช้งานโครงสร้างเช่น เสาและคานเพิ่มมากขึ้น แต่ในการออกแบบโครงสร้างอาคาร โครงสร้างของพื้นนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง เพราะพื้นเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของสิ่งต่าง ๆ ทุกชนิดที่อยู่ในอาคาร แต่องค์ความรู้ทางด้านโครงสร้างพื้นยังมีอยู่อย่างจำกัด งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของโครงสร้างพื้นที่ทำจากไผ่ นำมาพัฒนาเพื่อให้สามารถนำพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงไปใช้ในงานออกแบบ และก่อสร้างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และการนำไผ่ซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติ ที่มีความสามารถในการรับแรงมาพัฒนาเพื่อทำเป็นพื้นสำเร็จรูปจะเป็นทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างอาคารหรือที่พักอาศัยสำหรับบุคคลทั่วไป

การทดสอบพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรง กำหนดให้ใช้ไผ่ขางหม่นเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด โดยทดสอบตามมาตรฐาน ISO 22157 ปรากฏว่าการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด ทำให้กำลังรับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ยของพื้นสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น 84.87 เปอร์เซ็นต์ การเสริมแรงลำไผ่ด้วยวัสดุเหล็กเกลียวตลอดส่งผลให้กำลังรับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ยลดลงเล็กน้อยเนื่องจากเกิดการวิบัติระหว่างหัวนอตเนื่องจากแรงอัดก่อนส่วนอื่น และการเสริมแรงโดยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ทำให้พื้นสำเร็จรูป

สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดที่ 312 กก./ตร.ม. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมตลอดสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่พักอาศัยเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.5 เมตร เมื่อพิจารณาค่าความปลอดภัย (safety factor) ที่ใช้ในการออกแบบ แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมคอนกรีตทับที่ความหนา 5 ซม.สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่พักอาศัยเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.75 เมตร เหล็กเกลียวตลอดช่วยให้ประสิทธิภาพกำลังรับแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่คอนกรีตทับที่ความหนา 5 ซม.เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากหัวน็อตสามารถช่วยยึดคอนกรีตกับลำไผ่เข้าไว้ด้วยกันจากการทำหน้าที่ในการต้านทานแรงเฉือน งานวิจัยนี้สามารถส่งเสริมการใช้วัสดุทางธรรมชาติสำหรับทำเป็นแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรง เพื่อเป็นวัสดุทางเลือกและประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรมสำหรับบุคคลทั่วไป

คำสำคัญ: พื้นสำเร็จรูป, ประสิทธิภาพการรับแรง, พื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไผ่ลำ, มอร์ตาร์

Thesis Title	STUDY OF PREFABRICATED FLOOR USING REINFORCED BAMBOO CULMS IN ARCHITECTURAL APPLICATIONS
Author	Mr. Sutthasuk Chantanomsuk
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Supreedee Rittironk, Ph.D.
Academic Years	2016

ABSTRACT

The global climate and environment have changed dramatically in current days. Sustainable design in Architecture has raised awareness due to global changes. The use of natural materials is increasingly promoted in design and construction. Bamboo has become the alternative structural materials to be used because it can grow quickly. Bamboo has been seen as the renewable material. Many have seen that bamboo is used in structural application for both in columns and beams. It is important to utilize in many application, especially flooring because it can cover so many areas. However, knowledge of structural floors made of bamboo has been limited. This research would like to explore and recognize the importance of structural floors made of bamboo to apply to new development for the design applications in architecture and construction. It will be interesting that bamboo, as a natural material, can be made into prefabricated floor with great strength, in simple way, and economical. It can be used as an alternative construction material for local people and villagers.

The specie of bamboo is selected to be Pai Sang Mon (*Dendrocalamus Munro*) with diameter of 3-inch. Reinforcing methods are selected to be three types; using mortar, rebars, and cross threaded rod (for stiffening). The testing method in finding load capacity of prefabricated floor made of reinforced bamboo is the ISO

22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo. Test results of the efficacy of loading capacity show that reinforced bamboo culms using mortar, rebars (for compression) has the loading efficacy increasing 84.87%. Cross threaded rod, on other hand, reduces the capacity in few percent due to the cross penetration making vulnerable to cracking. Reinforced bamboo using rebars can greatly increase the loading capacity and has the highest efficacy to loading at 312 kg/m². After analysis, it is resulted that reinforced bamboo is beneficial to the development for the design applications in flooring. Reinforced bamboo flooring using mortar, and rebars (for compression) can be used in housing application (live load of 150 kg/m²) at span of 2.5 meters. When considering safety factor used in design, it is found bamboo reinforced by using mortar, rebars (for compression), cross treaded rod, and 5 cm concrete topping can be used for housing (150 kg/m²) at span of 2.75 meters. Treaded rod is helping with concrete topping because the head of rod can assist the lateral shear resistance. This research is hoping to promote more uses of reinforced bamboo culms in prefabricate flooring application. It is a natural material, renewable, and simple for local people to work with. It may not replace conventional way, but surely the alternative.

Keywords: Prefabricated flooring, loading efficacy, Reinforced bamboo culm, Mortar

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุปรีย์ ฤทธิรงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาทั้งด้านวิชาการและการดำเนินการวิจัย ช่วยแนะแนวทางการแก้ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน รวมไปถึงการประสานงานเข้าร่วมการประชุมวิชาการ AILCD International Workshop and Conference 2017 ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สายันต์ ศิริมนตรี และอาจารย์ ดร. ปารเมศ กำแหงฤทธิรงค์ ที่กรุณาเสียสละเวลาคอยให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และให้คำปรึกษาด้านทฤษฎีและการทดสอบวัสดุให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2560 และทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ประเภททุนวิจัยทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2560

ขอขอบคุณความอนุเคราะห์ในการจัดหาผ้าใ้ใช้ในการวิจัย จากคุณธนา ทิพย์เจริญ กรรมการผู้จัดการบริษัทพิมธา จำกัด ขอขอบคุณ นายละเมียด ธรรมทันตา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทดสอบ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน และขอบคุณบุคคลอื่น ๆ ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จครั้งนี้

สุดท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัวจันทร์ถนอมสุข ที่ให้ความสนับสนุนช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านเสมอมา รวมถึงขอขอบคุณรุ่นพี่ และเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

หากผลการศึกษานี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุง แก้ไข การศึกษาครั้งต่อไป

นายสุทธสุข จันทร์ถนอมสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 กรอบระเบียบวิธีวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	6
1.6 นิยามศัพท์	6
บทที่ 2 ทฤษฎี ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไฟ	8
2.1.1 โครงสร้างจุลภาคของหน้าตัดไฟ	9
2.1.2 ไฟในประเทศไทย	9
2.1.3 การแบ่งกลุ่มของสายพันธุ์ไฟไทยตามการใช้ประโยชน์	12
2.1.4 สายพันธุ์ไฟในไทย สำหรับใช้ลำต้นทำโครงสร้าง	12
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไฟ	15

2.3 การถนอมรักษาไม้	15
2.3.1 การถนอมรักษาลำไม้ด้วยวิธีธรรมชาติ	15
2.3.2 การถนอมรักษาลำไม้ด้วยวิธีเคมี	16
2.3.3 การถนอมรักษาลำไม้ด้วยวิธีเคลือบผิวไม้	16
2.4 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของไม้	16
2.4.1 ความชื้น (Moisture Content, MC)	17
2.4.2 ความถ่วงจำเพาะ	18
2.4.3 การรับแรงดัด	19
2.4.4 การรับแรงอัด	20
2.4.5 การรับแรงดึงขนานเสี้ยน	20
2.4.6 แรงแยัดเหนียว (Bond Strength)	23
2.5 คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้ช่างหม่น	26
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง : ตัวแปรที่ส่งผลต่อการรับกำลังของไม้โครงสร้าง	27
2.7 ไม้กับการประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมสมัยใหม่	28
2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้	28
2.9 ศึกษาอาคารสถาปัตยกรรมไม้ที่ใช้ไม้ลำเป็นโครงสร้างพื้นของอาคาร	31
2.10 ศึกษาแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	32
2.11 หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับไม้ก่อสร้าง (Allowable Stress)	34
2.12 น้ำหนักบรรทุกทุกในโครงอาคาร	36
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	39
3.1 ประเภทของการวิจัย	39
3.2 ขั้นตอนการวิจัย	39
3.3 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย	40
3.4 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	43
3.5 วิธีการต่าง ๆ ของการเสริมแรงไม้	44
3.6 วิธีการวิจัย	46
3.7 การเตรียมการทดลอง	47
3.8 การทดสอบ	57

	(8)
3.9 วัสดุและเครื่องมือในการวิจัย	60
3.10 สถานที่ทดสอบ	64
3.11 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล	64
3.12 การวิเคราะห์ข้อมูล	65
บทที่ 4 ผลการวิจัย	66
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ 1 ลำ	66
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ 3 ลำ	74
4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์	84
4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของวัสดุเสริมแรง	85
4.4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	88
4.4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้เหล็กเส้นกลมในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	89
4.4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้เหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	91
4.4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	93
4.4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	95
4.4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	97
4.4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	100
4.4.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไฟที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	101

4.5 ประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นสำเร็จรูป	102
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	120
5.1 สรุปผลการศึกษาคุนสมบัติการรับแรงดัดของลำไม้เสริมแรง	120
5.2 ค่า Flexural Rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงเสริมแรง	123
5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของวัสดุเสริมแรง	124
5.3.1 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยมอร์ตาร์	127
5.3.2 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเส้นกลม	127
5.3.3 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเกลียวตลอด	127
5.3.4 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	127
5.3.5 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar)	128
5.3.6 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	128
5.3.7 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) เหมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	129
5.3.8 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไม้ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด. (Compression Rebar)และเหล็กเกลียวตลอดเหมอร์ตาร์ทับ ที่ความหนา 5 ซม.	129
5.4 ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น	130
5.4.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไม้ลำ	130
5.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไม้ลำ ที่มีการเสริมแรงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	132
5.6 แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไม้ลำที่มีการเสริมแรงใน งานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม	134
5.6.1 การเตรียมวัสดุก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง	140
5.6.2 แนวทางการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม	141
5.7 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	148
5.7.1 ข้อเสนอแนะการวิจัยในการนำไปใช้	148

	(10)
5.7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต	148
รายการอ้างอิง	149
ภาคผนวก	151
ภาคผนวก ก	152
ประวัติผู้เขียน	160



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สายพันธุ์ไฟในประเทศไทย	10
2.2 ไฟสำคัญ 10 ชนิด ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย	11
2.3 ความถ่วงจำเพาะของไฟ	18
2.4 ความถ่วงจำเพาะ (SG) และคุณสมบัติในการรับแรงดัดของไฟ	19
2.5 คุณสมบัติในการรับแรงดัด (MPa) ของไฟที่มีการเหลาส่วนเปลือกนอกหรือเปลือกในออกบางส่วน	20
2.6 กำลังรับแรงอัดของไฟ	21
2.7 คุณสมบัติทางกายภาพของไฟ	24
2.8 คุณสมบัติเชิงกลของไฟ	25
2.9 คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไฟช่างหม่น	26
2.10 การรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น	32
2.11 การรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 5 เส้น	33
2.12 การรับน้ำหนักบรรทุกทุกจรของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 6 เส้น	33
2.13 ส่วนปลอดภัยของไม้ชั้น 1	34
2.14 ส่วนปลอดภัยของไม้ชั้น 2	35
2.15 ส่วนปลอดภัยของไม้ชั้น 3	35
2.16 หน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้	36
2.17 ตารางน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่	37
2.18 น้ำหนักบรรทุกทุกจร	38
3.1 วิธีการเสริมแรงไฟลำ	41
3.2 วิธีการเสริมแรงไฟตัวอย่าง	44
4.1 คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟลำเปล่า	67
4.2 คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	68
4.3 คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	69

4.4	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	70
4.5	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกม และเหล็กเกลียวตลอด	71
4.6	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกม รับแรงอัด (Compression Rebar)	72
4.7	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกม รับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	73
4.8	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำ	75
4.9	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	76
4.10	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกม	77
4.11	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	78
4.12	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกม และเหล็กเกลียวตลอด	79
4.13	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกม รับแรงอัด (Compression Rebar)	80
4.14	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกม รับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	81
4.15	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกม รับแรงอัด (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	82
4.16	คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกม รับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	83
4.17	คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์	84
4.18	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไฟ 1 ล้ำที่มีการเสริมแรง	85
4.19	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่มีการเสริมแรง	87
4.20	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไฟลำเดียวที่ใ้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	88
4.21	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไฟ 3 ล้ำที่ใ้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	88
4.22	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไฟลำเดียวที่ใ้มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกมในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	89

4.23 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	90
4.24 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ลำเดียวที่ใช้มอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	91
4.25 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	92
4.26 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ลำเดียวที่ใช้มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอดกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	93
4.27 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	94
4.28 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ลำเดียวที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	95
4.29 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar)ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่น ที่ใช้ในการเสริมแรง	96
4.30 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ลำเดียวที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอดกับวัสดุอื่น ที่ใช้ในการเสริมแรง	97
4.31 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้มอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรง กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	98
4.32 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	100
4.33 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง	101
5.1 flexural Rigidity (EI)	123
5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านทานแรงดัดของไม้ลำเดียวที่มีการเสริมแรง ต่อสัดส่วนกำลังรับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ย (%)	125

5.3	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านทานแรงดัดของไม้ 3 ลำที่มีการเสริมแรงต่อสัดส่วนกำลังรับแรงดัดสูงสุด (%)	126
5.4	น้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไม้ลำที่มีการเสริมแรงบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)	131
5.5	การเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไม้ลำที่มีการเสริมแรงเปรียบเทียบกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)	133
5.6	แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับที่พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก./ตร.ม.)	136
5.7	แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับห้องแถวหรือตึกแถวที่ใช้พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 200 กก./ตร.ม.)	137
5.8	แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับสำนักงานหรือธนาคาร (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 250 กก./ตร.ม.)	138
5.9	แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับโรงเรียน โรงพยาบาล (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 300 กก./ตร.ม.)	139
5.10	ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไม้ลำที่มีการเสริมแรง	140
5.11	ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการรับแรงดัด ความยาก-ง่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้าง และต้นทุนค่าใช้จ่าย	142

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เนื้อไม้ (Cellular tissue of bamboo)	8
2.2 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเนื้อไม้	9
2.3 ไม้ตง	12
2.4 ไม้ซางหม่น	13
2.5 ไม้เลี้ยง	13
2.6 ไม้สีสุก	14
2.7 ไม้รวก	14
2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนา และความยาวปล้อง กับตำแหน่งของปล้อง (Culm Number: n) จากโคนถึงปลายของลำไม้	17
2.9 การแปรผันของปริมาณความชื้นของไม้อายุ 3 ปี ตามตำแหน่งต่างของปล้อง	18
2.10 กำลังรับแรงอัดสูงสุดชานานกับเสี้ยนของไม้	21
2.11 โมดูลัสยืดหยุ่นในการรับแรงอัดชานานกับเสี้ยนของไม้	22
2.12 กำลังรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้	22
2.13 โมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปวงแหวน	29
2.14 โมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	30
2.15 อาคาร Tipu Sultan Merkez The Earthen School	31
2.16 อาคาร Eco Bamboo Home	31
3.1 จำนวนไม้ที่ใช้ในการทดสอบตัวอย่าง	40
3.2 ระยะห่างของการรวบลำไม้ 3 ลำ ที่ใช้ทำการทดสอบ	42
3.3 ไม้ซางหม่นที่ผ่านกระบวนการ Treat	43
3.4 มอร์ตาร์สำเร็จรูปตราเสือ	43
3.5 ไม้ลำเปล่า	47
3.6 ไม้ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	48
3.7 ไม้ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	48
3.8 ไม้ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	49
3.9 ไม้ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	49

3.10	ไม้ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar)	50
3.11	ไม้ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	50
3.12	การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดของ ไม้เสริมแรงลำเดี่ยว	51
3.13	ไม้ 3 ลำเปล่า	51
3.14	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	51
3.15	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	52
3.16	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	52
3.17	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	53
3.18	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar)	53
3.19	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	54
3.20	การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดของ ไม้ 3 ลำเสริมแรง	54
3.21	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	55
3.22	ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	56
3.23	การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดไม้ 3 ลำเสริมแรง รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	57
3.24	ลักษณะการใช้งานพื้นไม้สำเร็จรูป	57
3.25	การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์	57
3.26	การทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์	58
3.27	การทดสอบกำลังรับแรงอัดมาตรฐาน ISO 22157	59
3.28	การทดสอบกำลังรับแรงอัด	59
3.29	เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)	60
3.30	เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล (Digital Scale)	61
3.31	ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ	61
3.32	เครื่องแปลงข้อมูล (Data Logger)	61
3.33	เครื่องวัดการโก่งตัว (Dial Gauge)	62
3.34	เครื่องเลื่อยตัด	62

3.35 เครื่องเจาะ	62
3.36 เครื่องUTM (Universal Testing Machine)	63
3.37 เครื่องผสมปูน	63
3.38 เครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ISO 22157	63
3.39 อาคารปฏิบัติการและทดสอบ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	64
4.1 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของไม้เสริมแรงลำเดียว	66
4.2 การวิบัติแบบรอยแตกตามความยาวบริเวณหัวนอตของเหล็กเกลียวตลอด	66
4.3 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของไม้เสริมแรง 3 ลำ	74
4.4 การวิบัติแบบแรงเฉือน (Local Crushing) และการวิบัติจากแรงอัดบริเวณส่วนบนของหน้าตัดลำไม้	74
4.5 ขึ้นตัวอย่างทดสอบความต้านทานแรงอัด	84
4.6 Simple Beam – Uniformly Distributed Load คานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ	102
4.7 Simple Beam – Two Equal Concentrated Loads Symmetrically Placed คานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล	103
5.1 การทดสอบแผ่นพื้นสำเร็จเทห์บด้วยมอร์ตาร์ที่ (1/3)L ของความยาวลำไม้	121
5.2 ความสามารถในการต้านทานแรงดัดสูงสุดจากวิธีต่าง ๆ ของการเสริมแรงไม้	121
5.3 ความสามารถในการต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุดจากวิธีต่าง ๆ ของการเสริมแรงไม้	122
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการรับแรงดัด ความยาก-ง่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้าง และต้นทุนค่าใช้จ่าย	143
5.5 แนวทางการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม	144
5.6 วิธีการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไม้ลำบนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	146
5.7 วิธีการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไม้ลำบนคานเหล็ก	147

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นผลนำมาสู่การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติมากยิ่งขึ้น เช่น ภาวะโลกร้อนเป็นต้น ทำให้เกิดแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อสิ่งแวดล้อมหรือการออกแบบสถาปัตยกรรมที่คำนึงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เช่น สถาปัตยกรรมสีเขียว สถาปัตยกรรมเชิงนิเวศ เป็นต้น ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางทรัพยากรธรรมชาติ มีความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ด้านการก่อสร้างอาคารสถาปัตยกรรมได้มีการนำวัสดุทางธรรมชาติที่มีความหลากหลายมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ถึงกระนั้นในปัจจุบันองค์ความรู้ทางการนำวัสดุทางธรรมชาติมาใช้ร่วมกับวัสดุก่อสร้างของงานสถาปัตยกรรม ยังมีข้อจำกัด ทั้งด้านการนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนและการพัฒนาความสามารถของวัสดุ

ไม้สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนได้ดี เนื่องจากไม้เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ภายในระยะเวลาอันสั้นเพียง 1-4 ปี ไม้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน เช่น การใช้รอกนำมาสกัดเป็นรักษาโรค การใช้หน่อในการประกอบอาหาร การใช้ใบหมักปุ๋ย กิ่งหรือลำต้นสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เครื่องจักรสาน เครื่องดนตรี โดยเฉพาะลำต้นไม้ สามารถนำมาใช้งานด้านสถาปัตยกรรมได้ ทั้งส่วนที่ไม่เป็นโครงสร้างรับแรง หรือโครงสร้างรับแรง เนื่องจากคุณสมบัติทางวัสดุของไม้ที่มีความแข็งแรง สามารถโค้งงอได้ดี ยึดหดตัวได้มาก เป็นต้น

พันธุ์ไม้ของประเทศไทยมีความหลากหลายเป็นอย่างมาก ไม้เป็นทรัพยากรที่มีบทบาทในการดำรงชีวิตของไทยมาเป็นเวลานาน(สำนักวิชาการป่าไม้, 2544) ตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน ได้มีการนำไม้ ซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ ให้เข้ากับการดำรงชีวิต โดยเฉพาะได้มีการนำไม้มาใช้เป็นวัสดุใน การก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมแต่เนื่องด้วยปัจจุบัน เทคโนโลยีการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ ได้เข้ามามีบทบาทในด้านวัสดุ และการก่อสร้างเป็นอย่างมาก ทำให้การพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวัสดุทางธรรมชาติจากไม้ขาดหายไป รวมถึงมูลค่าและการรับรู้ถึงความสำคัญของไม้ที่ลดลง จากการขาดการพัฒนาภูมิปัญญาที่ต่อเนื่องงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญของไม้ เพื่อนำมาพัฒนา และทดสอบโดยการนำเอาภูมิปัญญา และเทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่มาประยุกต์เพื่อให้สามารถนำไม้ไปใช้ในงานออกแบบ และก่อสร้างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ปัจจุบันไม้เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อ ทั้งเศรษฐกิจชุมชน และเศรษฐกิจของประเทศ ไม้ในประเทศไทยมีมูลค่าการค้าของผลิตภัณฑ์ทั้งภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศประมาณปีละไม่ต่ำกว่า 2,400 ล้านบาท และในปัจจุบันได้มีการเพิ่มมูลค่าของไม้ โดยใช้เป็นวัสดุทางด้านงานสถาปัตยกรรมและอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนการใช้ไม้ ลดการนำเข้าไม้ และเป็นสินค้าส่งออก (สำนักวิชาการป่าไม้, 2544) ดังนั้น ปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาไม้กลับมาประยุกต์ทั้งในการใช้งานออกแบบโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม และมีองค์ความรู้ทางด้านโครงสร้างงานสถาปัตยกรรมไม้เพิ่มมากขึ้น แต่องค์ความรู้ในการประยุกต์ วัสดุทางธรรมชาติเข้ากับวัสดุการก่อสร้างสถาปัตยกรรมสมัยปัจจุบันยังมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ไม่สามารถนำเอาไม้ซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างในปัจจุบันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และไม่สามารถเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้ ทำให้มีความสนใจในการศึกษา การนำเอาไม้มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่

การก่อสร้างสถาปัตยกรรมไม้ในปัจจุบัน ถูกพัฒนาโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยใช้ลำไม้มาเจาะทะลวงปล้องด้านในลำไม้ออก และนำเหล็กเส้นเสริมเข้าไป และเทมอร์ตาร์หรือคอนกรีต โดยใช้ไม้เป็นแบบหล่อไปในตัว การใช้งานไม้ทั้งลำในปัจจุบัน ได้ถูกพัฒนาในส่วนขององค์ความรู้และเทคโนโลยีการก่อสร้างทางด้านโครงสร้างเสา และคานให้สามารถรับแรงได้ดีขึ้น แต่ในการออกแบบโครงสร้างอาคาร โครงสร้างของพื้นนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง เพราะพื้นเป็นส่วนที่ต้องรับน้ำหนักของสิ่งต่าง ๆ ทุกชนิดที่อยู่ในอาคาร ในปัจจุบันองค์ความรู้ทางด้านโครงสร้างพื้นที่ทำจากไม้ทั้งลำยังมีอยู่อย่างจำกัด องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารสมัยใหม่ สามารถนำองค์ความรู้ทางด้าน การนำวัสดุทางธรรมชาติมาประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างในปัจจุบันไปเผยแพร่ให้ประชาชนทั่วไปเกิดองค์ความรู้สามารถนำไปสร้างที่อยู่อาศัยได้ และสามารถลดงบประมาณการก่อสร้างลงได้ งานวิจัยนี้จึงนำทฤษฎีในการออกแบบพื้นโครงสร้าง มาใช้ในการทดสอบการรับน้ำหนัก

การนำไม้ซึ่งเป็นวัสดุทางธรรมชาติ ที่มีความสามารถในการรับแรงมาพัฒนาเพื่อทำพื้นสำเร็จรูปจะเป็นทางเลือกใหม่ในการก่อสร้างอาคาร และประชาชนทั่วไปได้องค์ความรู้สามารถนำไปสร้างที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กทั้งโครงสร้างไม้ โครงสร้างเหล็ก หรือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถช่วยในการประหยัดงบประมาณ สวยงามตามธรรมชาติ และเป็นการส่งเสริมให้ใช้วัสดุจากธรรมชาติมากยิ่งขึ้นได้ อีกทั้งยังสามารถนำผลผลิตจากงานวิจัยที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีโดยการนำไปเผยแพร่ให้กับประชาชนทั่วไปนำไปสร้างบ้านพักอาศัยที่มีค่าใช้จ่ายที่ชาวบ้านยอมรับได้ แต่แข็งแรงเทียบเท่าไม้เนื้อแข็งทั่วไป เป็นการนำวัสดุทางธรรมชาติมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการก่อสร้างในปัจจุบันได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของไม้ทั้งลำ ที่เสริมแรงด้วยเหล็กและมอร์ตาร์ สำหรับนำมาเป็นพื้นสำเร็จรูป
2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักโครงสร้างพื้นสำเร็จรูปของวัสดุต่าง ๆ
3. นำเสนอแนวทางในการออกแบบพื้นสำเร็จรูปโดยใช้รูปแบบและวิธีการเสริมแรงในลำไม้ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำพื้นไม้เสริมแรงสำเร็จรูป มาทำการทดสอบเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารพักอาศัยขนาดเล็ก

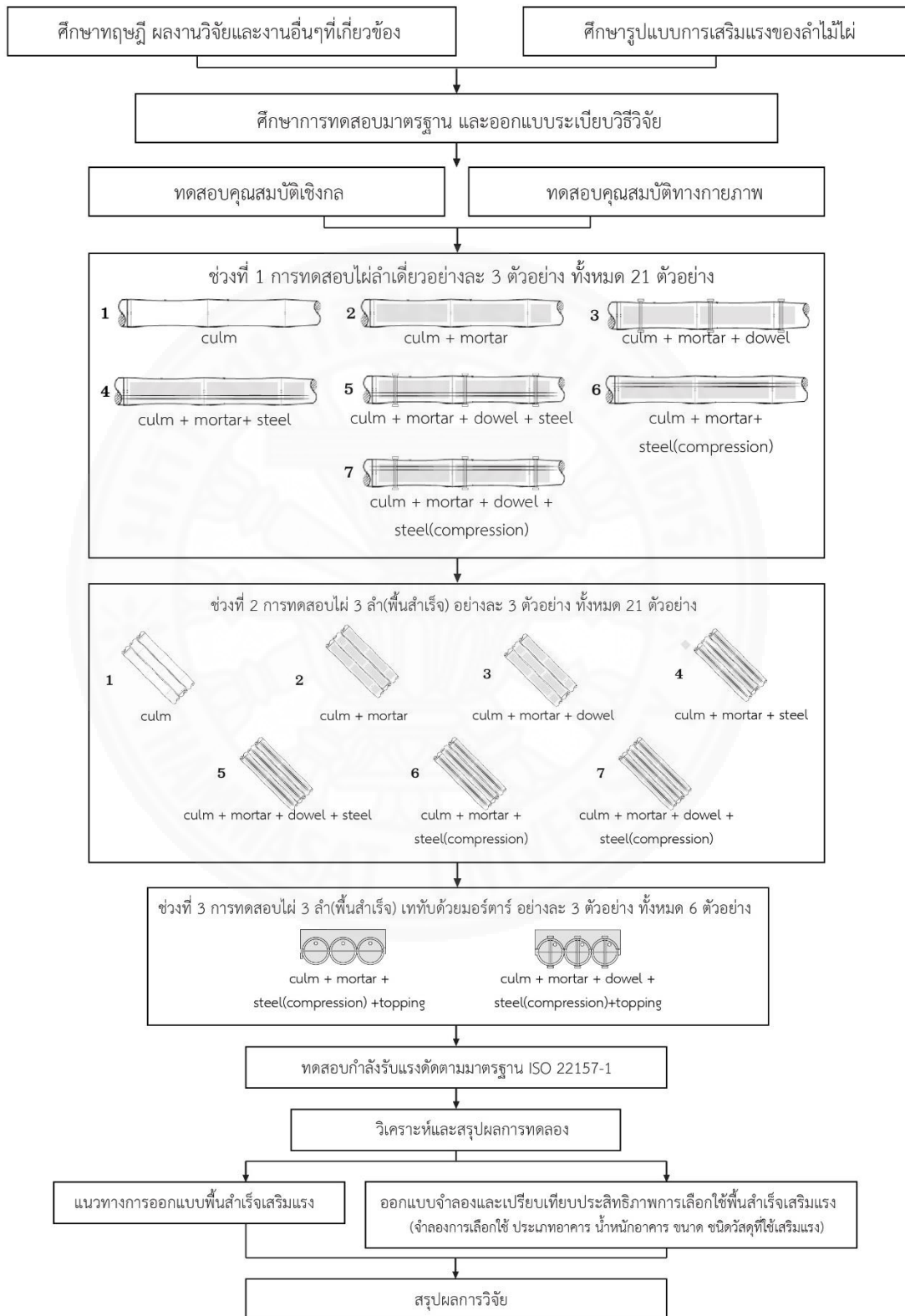
1. พันธุ์ไม้ คือ ไม้ชางหม่น (*Dendrocalamus sericeus Munro*) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีความแข็งแรง สามารถพบได้ง่ายในประเทศไทย ลำตรงไม่คดงอ และเป็นที่ยอมรับในการนำมาใช้เป็นโครงสร้างทาง สถาปัตยกรรม
2. ใช้ไม้ที่มีอายุ 3-5 ปี เนื่องจากเป็นช่วงอายุที่เนื้อไม้มีความแข็งแรงมากที่สุด และเป็นช่วงที่ไม้โตเต็มไวจะหดตัว ความชื้นน้อย แต่กร้านน้อยมากเมื่อแห้ง และมีปริมาณแป้งและน้ำตาลน้อย ทำให้แมลงและเชื้อราลดน้อยลง ซึ่งทำให้อายุการใช้งานไม้ยาวนานขึ้น
3. วิธีการเสริมแรงในลำไม้ ใช้วิธีการเสริมด้วยเหล็กเส้น หรือเทมอร์ดำ ในลำไม้
4. วิธีการทดสอบวัสดุใช้มาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo
5. ความยาวลำไม้ที่ใช้ในการทดสอบยาว 3 เมตร เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือทดสอบ Load Test ขนาด 50 ตัน และเพื่อความปลอดภัยในการทดสอบ

1.4 กรอบระเบียบวิธีวิจัย

แสดงระเบียบวิธีวิจัยในงานที่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยเริ่มจากการศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นจาก เอกสาร บทความ งานวิจัย และหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเชิงกล พฤติกรรม การรับแรงอัดและดัดของไฟ และศึกษาคุณสมบัติระหว่างมอร์ตาร์และไฟ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการทดสอบคุณสมบัติในการรับน้ำหนัก และเป็นแนวทางในการนำไปเลือกใช้ในงานออกแบบและการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ



กรอบระเบียบวิธีวิจัย



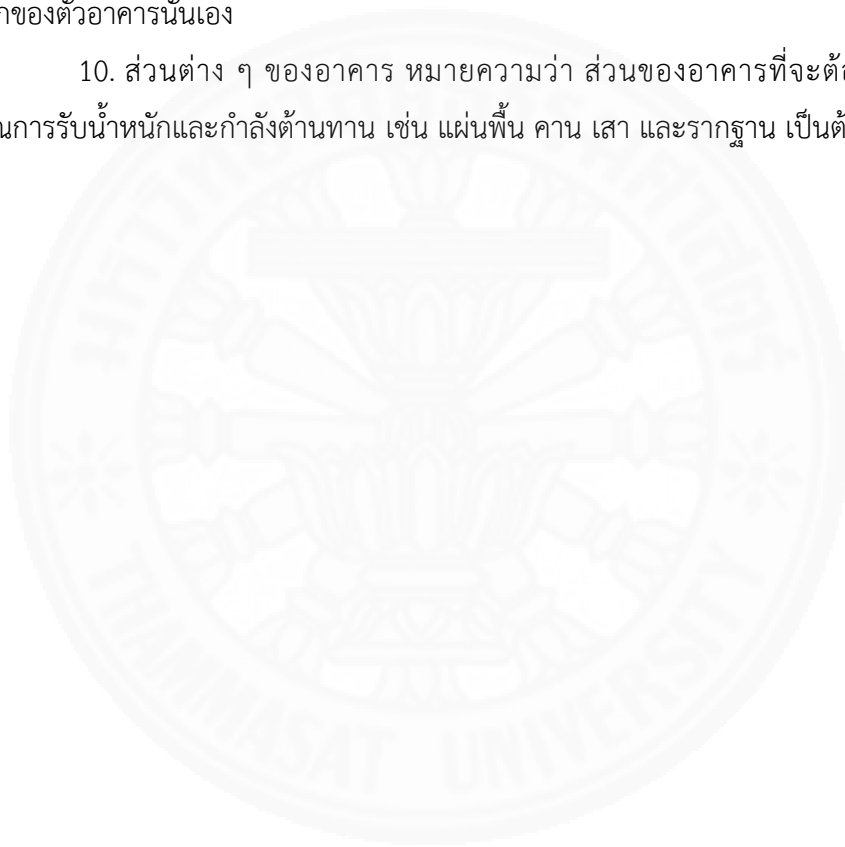
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. เพื่อให้ทราบความสามารถในการรับน้ำหนักของลำไผ่ที่เสริมด้วยเหล็กและมอร์ตาร์สำหรับนำมาเป็นโครงสร้างพื้นสำเร็จรูป
2. แนวทางในการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบพื้นสำเร็จรูปให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักและการออกแบบอาคารแต่ละประเภท
3. ได้องค์ความรู้ในการคำนวณความสามารถในการรับน้ำหนักของไผ่ลำที่ผ่านการเสริมกำลัง
4. ผลการวิจัยสามารถนำไปในการออกแบบโครงสร้างพื้นสำเร็จรูปได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
5. ส่งเสริมการใช้วัสดุทางธรรมชาติเพื่อเป็นวัสดุทางเลือกและประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

1.6 นิยามศัพท์

1. ไผ่เสริมแรง (reinforced bamboo) คือ ไผ่ทั้งลำ นำมาเจาะทะลวงปล้องด้านในลำไผ่ออก และนำเหล็กเส้นเสริมเข้าไป และเทมอร์ตาร์หรือคอนกรีต โดยใช้ไผ่เป็นแบบหล่อไปในตัว
2. มอร์ตาร์ (mortar) หรือเรียกได้อีกชื่อว่า “ปูนทราย” มีส่วนผสมคือ ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ (ต่างจากคอนกรีตคือ ไม่มีหินเป็นส่วนผสม) ปูนมอร์ตาร์ใช้สำหรับงานก่ออิฐ งานฉาบปูน งานเทพื้นระดับพื้น รวมถึงงานซ่อมแซมพื้นผิวปูนต่าง ๆ
3. เหล็กสตัด (stud Bolt) คือ เหล็กเส้นที่นำมารัดเกลียวตลอดเส้น สามารถใช้งานคู่กับหัวน็อต (nut) ใช้กับงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น แขนงท่อ แขนงผ้า เป็นต้น
4. ความแข็งแรงในการรับแรงดัด (bending strength) คือ กำลังรับแรงดัดสูงสุดซึ่งวัสดุจะสามารถคงรูปอยู่ได้ในแนวขวางที่ตั้งฉากกับแนวแกน ทำให้เกิดการแอ่นหรือโก่งตัว ทดสอบโดยการออกแรงกระทำเป็นจุด
5. อาคารสาธารณะขนาดเล็ก หมายถึง อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการชุมนุมคนได้โดยทั่วไปเพื่อกิจกรรมทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ หรือการพาณิชย์กรรม (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 55, 2543) โดยอาคารมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นใดชั้นหนึ่งในหลังเดียวกันไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงไม่เกิน 15 เมตร

6. หน่วยแรง หมายความว่า แรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงนั้น
7. แรงประลัย หมายความว่า แรงขนาดที่จะทำให้วัตถุนั้นแตกแยกออกจากกันเป็นส่วนหรือหลายเข้าหากัน
8. ส่วนปลอดภัย หมายความว่า ตัวเลขที่ใช้หารหน่วยแรงประลัยลงให้ถึงขนาดที่จะใช้ได้ปลอดภัยสำหรับวัสดุที่มีกำลังครากหรือหน่วยแรงพิสูจน์ ให้ใช้ค่ากำลังครากหรือหน่วยแรงพิสูจน์นั้นแทนหน่วยแรงประลัย
9. น้ำหนักบรรทุกจร หมายความว่า น้ำหนักที่กำหนดว่าจะเพิ่มขึ้นบนอาคารนอกจากน้ำหนักของตัวอาคารนั่นเอง
10. ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร หมายความว่า ส่วนของอาคารที่จะต้องแสดงรายการคำนวณการรับน้ำหนักและกำลังต้านทาน เช่น แผ่นพื้น คาน เสา และรากฐาน เป็นต้น

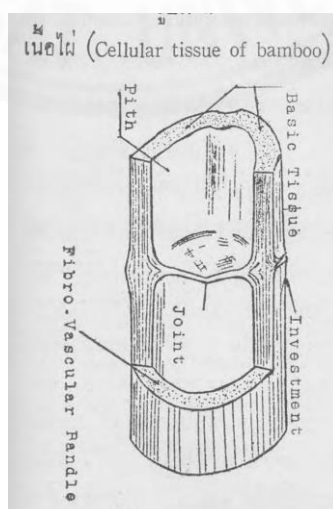


บทที่ 2

ทฤษฎี ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไผ่

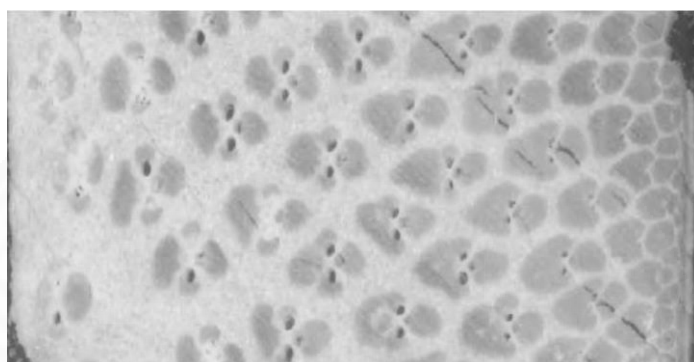
ไผ่เป็นพืชเป็นพืชเมืองร้อน ใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์ *Gramineae* เป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้าแต่ที่สูงที่สุดในโลก และไผ่เป็นพืชสารพัดประโยชน์ที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่าง เช่น ปลูกได้ง่าย ระยะเวลาเติบโตเร็ว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในระยะอันสั้น สามารถขยายพันธุ์ได้จากหลายส่วนของลำต้น เช่น เหง้า ลำต้น หรือเมล็ด สามารถปลูกขึ้นได้ในดินทั่วไป ลำไผ่มีลักษณะเป็นกระบอก กลวงตลอดลำ มีข้อและปล้องสลับกัน ความยาวของปล้องขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ไผ่ โดยการเจริญเติบโตโดยทั่วไปแล้ว ตอนกลางลำต้นจะมีปล้องที่ยาวกว่า ส่วนตอนปลายและโคนของลำต้น ด้านในของลำไผ่ประกอบด้วยผิวนอกบาง ๆ (thin pith) มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ หรือเรียกว่าเยื่อข้าวหลาม ถัดเข้าเป็นรูกลวงของไม้ นอกจากนี้ไผ่ยังมีคุณสมบัติประโยชน์ทางอ้อมอีกมาก และไผ่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ใช้ในการก่อสร้างไม้นั่งร้านสำหรับงานก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม ทำเครื่องจักสานหรือภาชนะต่างๆ ใช้ทำเป็นเครื่องดนตรี ใช้เยื่อในลำไผ่เป็นกระดาษในอุตสาหกรรม ทำกระดาษ เครื่องกีฬา ใช้ทำเป็นอาวุธ เช่น คันทนู หลาว หอก ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการประมง เช่น เสาโป๊ะเรือ ทำเครื่องมือเครื่องใช้ทางการเกษตร นอกจากนี้ไผ่ยังสามารถใช้ห่อขนม หน่อไผ่สามารถนำมาทำเป็นอาหาร และกอไผ่ยังสามารถใช้ประดับสวนได้ ไผ่ทั่วโลกมีประมาณ 75 ตระกูล ในเมืองไทยที่สำรวจพบได้มีประมาณ 17 ตระกูล (Rungnapa Pattanavibod, 2009)



ภาพที่ 2.1 เนื้อไผ่ (Cellular tissue of bamboo). โดย Rungnapa, 2009.

2.1.1 โครงสร้างจุลภาคของหน้าตัดไม้

รอบนอกของผนังลำไม้จะมีลักษณะเส้นใยที่หนาแน่น เส้นใยส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงดึงของไม้ ทำให้ไม้สามารถรับกำลังการรับแรงดึงได้สูง โครงสร้างจุลภาคของหน้าตัดลำไม้เนื้อเซลจะเรียงตัวกันไปตามทางยาวลำไม้ สังเกตได้ว่าเยื่อส่งอาหารจะกระจายอยู่ในเนื้อไม้ เรียกว่า โพรเอม คือท่อส่งอาหารที่จะส่งอาหารเลี้ยงลำต้นประกอบด้วยท่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 2 ท่อ และท่อรูปเกลียวหอยโข่ง 1 ท่อ ส่วนที่เป็นเนื้อไม้ มีเซลที่มีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมาก (Li, 2004)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเนื้อไม้

2.1.2 ไม้ในประเทศไทย

สายพันธุ์ไม้ที่สำรวจพบทั่วโลกมีประมาณ 1,500 สายพันธุ์ พบมากในทวีปเอเชีย ทวีปแอฟริกา และทวีปอเมริกา สายพันธุ์ไม้ที่สำรวจพบในประเทศไทยประกอบไปด้วยไม้ 17 ตระกูล 72 สายพันธุ์ พันธุ์ไม้ที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่ 5 สายพันธุ์ คือ *Dendrocalamus*, *Cephalostachyum*, *Bambusa*, *Thyrsostachys* และ *Gigantochloa* พื้นที่ที่นิยมปลูกไม้ในประเทศไทย ได้แก่จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดเพชรบูรณ์ (Rungnapa Pattanavibod, 2009)

ตารางที่ 2.1

สายพันธุ์ไม้ในประเทศไทย

ตระกูล	จำนวนสายพันธุ์
Bambusa	15
Chimonocalamus	1
Dendrocalamus	10
Dinochloa	3
Gigantochloa (Include species formerly placed under Pseudoxytenanthera)	15
Indosasa	1
Melocalamus	1
Melocanna	2
Neohouzeoua	4
Phuphanochloa	1
Phyllostachys	1
Pseudostachyum	1
Schizostachyum (Including species formerly placed under Cephalostachyum)	10
Teinostachyum	2
Temochloa	1
Thyrsostachys	2
Vietnamosasa	2
17ตระกูล	72

หมายเหตุ. จาก *Bamboo research and development in Thailand*, Rungnapa Pattanavibool, 2009, Bangkok: Royal forest department.

ตารางที่ 2.2

ไผ่สำคัญ 10 ชนิด ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย

ที่	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์
1	ไผ่ตง	Dendrocalamus asper
2	ไผ่รวก	Thyrsostachys siamensis
3	ไผ่สีสุก	Bambusa bluemeana
4	ไผ่เลี้ยง	Bambusa nana (syn. Bambusa multiplex)
5	ไผ่รวกดำ	Thyrsostachys oliveri
6	ไผ่ป่า	Bambusa bambos
7	ไผ่ชางนวล	Dendrocalamus membranaceus
8	ไผ่ชาง	Dendrocalamus strictus
9	ไผ่หวาน	Bambusa burmanica
10	ไผ่ข้าวหลาม	Cephalostachyum pergracile
อื่น ๆ	ไผ่ไร่	Gigantochloa albociliata
	ไผ่บงใหญ่	Dendrocalamus brandisilkurz
	ไผ่ผาก	Gigantochloa hasskarliana
	ไผ่เกรียบ	Schizostachyum humilis
	ไผ่เสี้ยะ	Cephalostachyum vigatum

หมายเหตุ. จาก *Bamboo research and development in Thailand*, Rungnapa Pattanavibool, 2009, Bangkok: Royal forest department.

2.1.3 การแบ่งกลุ่มของสายพันธุ์ไผ่ไทยตามการใช้ประโยชน์

ไผ่สำคัญของประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามการใช้ประโยชน์ ได้ดังนี้

1. ไผ่สำหรับใช้ลำต้นทำเป็นโครงสร้าง เช่น ไผ่ป่า (*B. bambus*) ไผ่ตง (*D. asper*) ไผ่สีสุก (*D. blumeana*) ไผ่ชางนวล (*D. membranaceus*) ไผ่ผาก (*G. Hasskariana*) ไผ่เลี้ยง (*B. ana*) ไผ่รวกดำ (*T. oliverii*) และไผ่ชาง (*D. strictus*)
2. ไผ่สำหรับใช้ลำต้นในการทำงานหัตถกรรม เช่น ไผ่สีสุก (*D. blumeana*) ไผ่เลี้ยง (*B. ana*) ไผ่รวกดำ (*T. oliverii*) ไผ่รวก (*T. siamensis*) ไผ่ผาก (*G. Hasskariana*) ไผ่เกรียบ (*S. humilis*) และไผ่เหี้ยยะ (*C. vigatum*)
3. ไผ่สำหรับใช้หน่อเป็นอาหาร เช่น ไผ่ตง (*D. asper*) ไผ่สีสุก (*D. blumeana*) ไผ่บงใหญ่ (*D. brandisilkurz*) ไผ่ชาง (*D. strictus*) ไผ่รวก (*T. siamensis*) ไผ่รวกดำ (*T. oliverii*) และไผ่ไร่ (*G. albociliata*)

2.1.4 สายพันธุ์ไผ่ในไทย สำหรับใช้ลำต้นทำโครงสร้าง

1. ไผ่ตง



ภาพที่ 2.3 ไผ่ตง

ไผ่ตง (*D. Asper*) จัดเป็นไผ่ประเภทเหง้าที่มีขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ กอมีลักษณะค่อนข้างแน่น สูงประมาณ 20 ถึง 30 เมตร มีขนาดปล้องยาวประมาณ 20 ถึง 50 เซนติเมตร ลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 ถึง 20 เซนติเมตร ขนาดของเนื้อไม้หนาประมาณ 1 ถึง 3.5 เซนติเมตร ลำอ่อนบริเวณปล้องด้านล่างมีขนสีน้ำตาลปกคลุม ปล้องด้านบนมีขนสีขาวหรือสีเทาปกคลุม ลำแก่จะมีสีเขียวเข้มหรือสีเขียวอมเทา ปล้องด้านล่างมีขนปกคลุมและมักมีรากอากาศจำนวนมากออกตามข้อใบมีลักษณะคล้ายรูปหอกปลายเรียวแหลมมีขนาดกลางถึงใหญ่ กว้างประมาณ 1.5 ถึง 4.5 เซนติเมตร ยาว 15 ถึง 30 เซนติเมตร กาบหุ้มลำมีสีน้ำตาลอมม่วงหรือสีน้ำตาลจนถึงสีเขียวอ่อน

2. ไผ่ซางหม่น



ภาพที่ 2.4 ไผ่ซางหม่น

ไผ่ซางหม่น (*D. sericeus*) เป็นไผ่พันธุ์พื้นเมืองที่พบมากในพื้นที่ภาคเหนือเป็นไผ่ที่มีลำขนาดใหญ่ลำต้นมีสีเขียวอ่อนผิวเป็นมันไม่มีหนาม ลำต้นมีความยาวประมาณ 6 ถึง 20 เมตรมีขนาดความยาวของปล้องประมาณ 15 ถึง 50 เซนติเมตร ลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5 ถึง 12.5 เซนติเมตรและมีเนื้อไม้หนาประมาณ 5 ถึง 8 มิลลิเมตร มีกาบหุ้ม ลำต้นสีเขียวอมเหลืองครีบกาบเล็ก ใบมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมแคบ บริเวณปลายใบมีลักษณะเรียวแหลมและโคนใบเป็นมุมป้าน มีขนาดยาวประมาณ 12 ถึง 30 เซนติเมตรกว้างประมาณ 1 ถึง 2 เซนติเมตร

3. ไผ่เลี้ยง



ภาพที่ 2.5 ไผ่เลี้ยง

ไผ่เลี้ยง (*B. nana*) จะขึ้นเป็นกอในลักษณะที่ไม่แน่นที่บันทึก จัดว่าเป็นพุ่มขนาดกลางที่สามารถสูงได้ถึง 15 เมตร ปล้องมีความยาวประมาณ 20 ถึง 30 เซนติเมตร ลำต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 4.5 เซนติเมตร ลำมีสีเขียวออกเหลือง บริเวณลำต้นไม่มีหนาม ใบเล็กมี

ลักษณะเรียวคล้ายรูปหอก มีความยาวประมาณ 2.5 ถึง 15 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 0.5 ถึง 1.5 เซนติเมตร บริเวณลำต้นมีกาบบาง ๆ คลุมลำสีน้ำตาลอ่อน มีลักษณะหนาและแข็งสามารถหลุดออกได้ง่ายเป็นไผ่ที่ออกหน่อดกมาก และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลังปลูก 6 เดือน

4. ไผ่สีสุก



ภาพที่ 2.6 ไผ่สีสุก

ไผ่สีสุก (*B. blumeana*) เป็นไผ่ประเภทมีหนาม กอมีลักษณะหนาแน่นลำต้นมีความยาวประมาณ 10 ถึง 18 เมตร ปล้องยาวประมาณ 30 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 8 ถึง 12 เซนติเมตร ลำต้นมีสีเขียวสด ผิวเรียบเป็นมัน บริเวณข้อมีกิ่งคล้ายหนาม โดยกิ่งแตกตั้งฉากกับลำต้น และมีหนามโค้งออกเป็นกลุ่ม ใบมีลักษณะเรียวแหลมบริเวณ โคนใบเป็นรูปปลีมหากว้าง ๆ หรือตัดตรง ใบมีขนาดกว้างประมาณ 0.8 ถึง 2 เซนติเมตรยาวประมาณ 10 ถึง 20 เซนติเมตร

5. ไผ่รวก



ภาพที่ 2.7 ไผ่รวก

ไผ่รวก (*T. siamensis*) กอมีลักษณะค่อนข้างแน่น ลำต้นมีขนาดเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ถึง 7 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 15 ถึง 30 เซนติเมตร สูงประมาณ 7 ถึง 15 เมตรบริเวณส่วน โคนมีเนื้อหนาจนเกือบตัน แต่บริเวณส่วนปลายจะมีเนื้อบาง ลำต้นมีสีเขียวอมเทา ใบบริเวณโคนใบมีลักษณะป้านหรือเกือบกลม และบริเวณปลายใบมีลักษณะเรียวแหลม ใบมีขนาดกว้างประมาณ 0.5 ถึง 1.5 เซนติเมตรยาวประมาณ 7 ถึง 22 เซนติเมตร

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของไฟ

การนำไฟมาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะประสบปัญหาด้านแมลงหรือเชื้อราทำลายไม้ เนื่องจากภายในลำไฟมีปริมาณแป้งและน้ำตาลค่อนข้างสูง ปริมาณแป้งในลำไฟที่มีสูงจะเป็นอาหารของแมลงที่สามารถทำลายเนื้อไม้ วิธีการป้องกันรักษาลำไฟที่จะนำไปใช้งานจึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัจจุบันได้มีการคิดค้นหาวิธีป้องกันรักษาลำไฟให้สามารถมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน วิธีป้องกันแมลงโดยการใช้สารเคมีแต่อาจยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลง หรือเห็ดราที่ทำลายลำไฟ ดังนั้นการนำไฟมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการป้องกันแมลงทำลายเนื้อไม้หรือการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงและเชื้อราที่ทำลายไฟ โดยจะช่วยยืดอายุการใช้งานลำไฟให้นานขึ้น ไม้ที่มีการดูแลรักษาที่ถูกต้องและผ่านกรรมวิธีป้องกันรักษาเนื้อไม้สามารถช่วยให้ไม้มีความทนทานต่อความเสียหายในลำไฟเพิ่มขึ้นและช่วยให้สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานลำไฟให้นานขึ้น

2.3 การถนอมรักษาลำไฟ

ไฟที่นำมาใช้สำหรับการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมนั้น สามารถตัดลำไฟนำมาใช้งานได้เมื่อไฟอายุ 3-5 ปี แต่ถ้าไม่ได้รับการถนอมรักษาลำไฟป้องกันแมลงและเชื้อราแล้ว ลำไฟที่อยู่ติดดินในงานสถาปัตยกรรมอาจมีอายุใช้งานเพียงประมาณ 1-2 ปีเท่านั้น ไม้อาจถูกสร้างความเสียหายหรือทำลายโดยแมลงเพราะในลำไฟมีแป้งและน้ำตาลอยู่มาก หรือนอกจากนั้นอาจถูกทำลายโดยเชื้อราและถ้านำไปใช้โดยมีส่วนใดส่วนหนึ่งของปล้องสัมผัสน้ำทะเลก็อาจถูกสร้างความเสียหายทำลายโดยเพรียงได้ วิธีการถนอมรักษาลำไฟให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานนั้นทำได้โดยมีวิธีการต่าง ๆ กันดังนี้

2.3.1 การถนอมรักษาลำไฟด้วยวิธีธรรมชาติ

วิธีการถนอมรักษาลำไฟด้วยวิธีทางธรรมชาติสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การนำลำไฟไปแช่น้ำและการใช้ความร้อน ทั้งนี้เพื่อทำลายสารต่าง ๆ ในเนื้อไม้ที่อาจเป็นอาหารของแมลงต่าง ๆ เช่น แป้งและน้ำตาลให้หมดไป แต่วิธีดังกล่าวเป็นเพียงการถนอมรักษาเนื้อไม้เพียงชั่วคราวเท่านั้น ไม่สามารถทำให้ลำไฟมีอายุการใช้งานที่ยาวนานได้เนื่องจากสารอาหารต่าง ๆ ในเนื้อไม้ไม่ได้ถูกกำจัดออกไปจนหมด เมื่อระยะเวลาผ่านไปจึงอาจถูกทำลายจากแมลงต่าง ๆ ได้อีก

2.3.2 การถนอมรักษาลำไฟด้วยวิธีเคมี

วิธีการถนอมรักษาลำไฟด้วยวิธีการใช้สารเคมีคือการใช้สารเคมีอบ หรืออัดให้เข้าไปในเนื้อไม้ เป็นวิธีที่สามารถรักษาน้ำเนื้อไม้ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าวิธีธรรมชาติ โดยวิธีอัดน้ำยาเป็นวิธีการรักษาเนื้อไม้ที่ดีที่สุด เนื่องจากตัวยาสสามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดีกว่าวิธีอื่น

2.3.3 การถนอมรักษาลำไผ่ด้วยวิธีเคลือบผิวไผ่

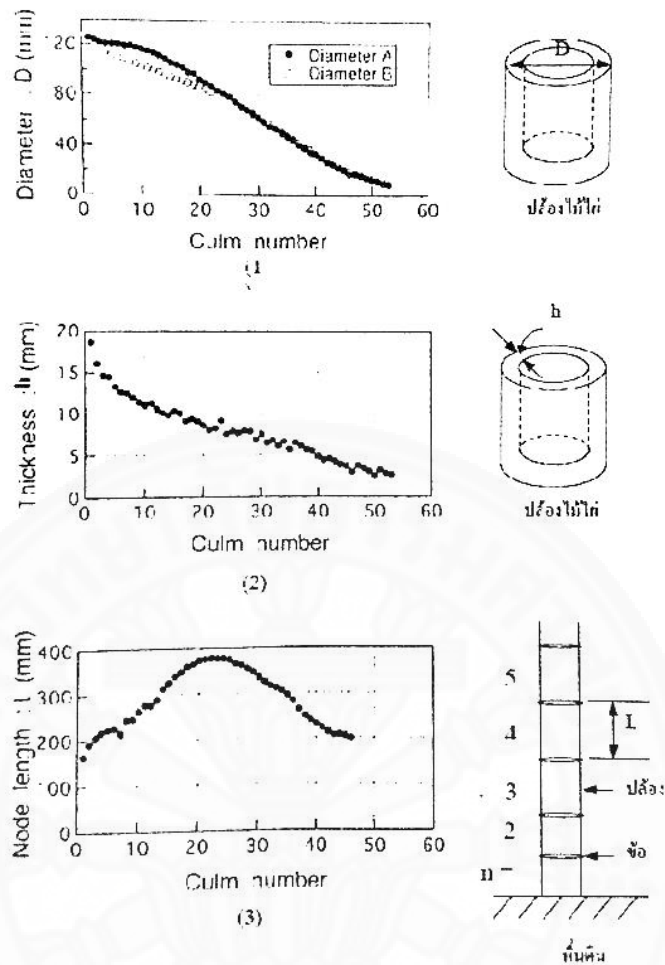
วิธีการถนอมรักษาลำไผ่ไปโดยการเคลือบผิวไผ่เป็นวิธีการการป้องกันความชื้นและแมลง โดยการใช้วัสดุที่สามารถกันน้ำหรือกันความชื้นได้ เช่น ยางรัก สีเคลือบ ชัน แล็กเกอร์ น้ำมันวานิช เซลแล็ก เป็นต้น โดยใช้วัสดุเคลือบผิวไผ่ทาลงบนผิวของไผ่ การเคลือบไผ่นอกจากจะช่วยป้องกันความชื้นและแมลงแล้วยังช่วยป้องกันการดูดซึมหรือการสูญเสียน้ำของลำไผ่จะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไผ่ได้

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของไผ่

คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลเป็นตัวแสดงถึงความแข็งแรงและประสิทธิภาพในการรับแรงของวัสดุ ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไผ่ไทย 5 สายพันธุ์ จากการศึกษาพบว่าส่วนปลายของไผ่มีค่าความถ่วงจำเพาะและประสิทธิภาพในการรับแรงสูงกว่าส่วนโคน จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไผ่ทั้ง 5 สายพันธุ์ ไผ่บางมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลโดยรวมดีที่สุด สามารถนำไปใช้งานโครงสร้างสถาปัตยกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพในการรับแรงดึง แรงอัด และแรงดัด มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.50-0.80 โมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 11,850-19,300 เมกะพาสคัล โมดูลัสการแตกหักเท่ากับ 105-200 เมกะพาสคัล ความต้านทานแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนเท่ากับ 1.50-11.26 เมกะพาส ความต้านทานแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนเท่ากับ 41-87 เมกะพาสคัล และมีความต้านทานแรงเฉือนเท่ากับ 5.25-14.75 เมกะพาสคัล (การศึกษาคุณสมบัติทางกลของพันธุ์ไผ่ไทยในงานโครงสร้างเรียบง่าย สุทธิษา บรรจงรัตน์, 2556)

ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงดัดของไผ่ และอิทธิพลของปล้องลำไผ่ขางนวล อายุ 3-4 ปี โดยพบว่ากำลังดัดของไผ่จะลดลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่ามากขึ้น ค่าความแข็งแรงของลำไผ่ขางนวลที่บริเวณปล้องอยู่ในระดับไม้เนื้ออ่อนทั่วไป คือมีค่าต่ำกว่า 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่ค่าความแข็งแรงในการดัดที่บริเวณข้ออยู่ในระดับไม้เนื้อแข็ง คืออยู่ระหว่าง 600-1000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าข้อของไผ่มีอิทธิพลมากในการเพิ่มความแข็งแรงของแรงดัดลำไผ่ (ความแข็งแรงดัดของไผ่ มนตรี และ ศักดิ์พิชิต, 2528)

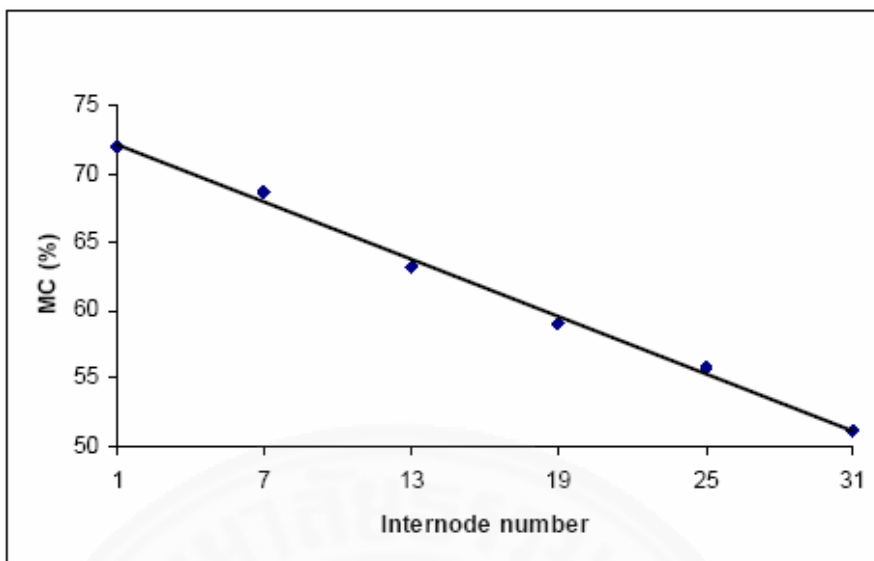
การศึกษาคุณสมบัติทางกลตามมาตรฐาน ASTM ของไผ่อายุ 1, 3 และ 5 ปี พบว่าความถ่วงจำเพาะ โมดูลัสการแตกหัก โมดูลัสการยืดหยุ่นของไผ่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อไผ่มีอายุมากขึ้น และจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากด้านในลำไผ่ไปผิวด้านนอก และจากด้านล่างขึ้นบนตามความยาวของไผ่ (The mechanical properties of bamboo and vascular bundles Li, 2556)



ภาพที่ 2.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง (1) เส้นผ่านศูนย์กลาง (2) ความหนา และ (3) ความยาวปล้อง กับตำแหน่งของปล้อง (Culm Number: n) จากโคนถึงปลายของลำไผ่ *Phyllostachys edulis* Riv. จาก Amada et al., 1995

2.4.1 ความชื้น (Moisture content, MC)

การแปรผันของความชื้นในลำไผ่จะสัมพันธ์กับกำลังการรับแรงดัดและแรงอัดของลำไผ่ โดยมีความเปลี่ยนแปลงเมื่อไผ่อยู่สภาวะสดและแห้งในอากาศ ไผ่สดมีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นจะมีมากในส่วนล่างของลำต้น และจะมีค่าลดลงในส่วนปลายลำต้น (Li, 2004)



ภาพที่ 2.9 การแปรผันของปริมาณความชื้นของใผ่อายุ 3 ปี ตามตำแหน่งต่างของปล้อง. โดย Li, 2004.

2.4.2 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะของใผ่สัมพันธ์กับอายุของลำใผ่ จะเห็นได้ว่าใผ่ที่อายุมากขึ้นจะมีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นและจะมีผลต่อกำลังรับแรงตัดและแรงอัดของลำใผ่ โดยมีความเปลี่ยนแปลงเมื่อใผ่อยู่ในสภาวะสดและแห้งในอากาศ ความชื้นจะมีมากในส่วนล่างของลำต้น และจะมีค่าลดลงในส่วนปลายลำต้น (Li, 2004)

ตารางที่ 2.3

ความถ่วงจำเพาะของใผ่

Year	Height	Outer	Middle	Inner
One	Bottom	0.61 (0.05)	0.32 (0.03)	0.29 (0.06)
	Middle	0.63 (0.08)	0.33 (0.05)	0.29 (0.04)
	Top	0.63 (0.06)	0.34 (0.02)	0.32 (.004)
Three	Bottom	0.81 (0.06)	0.60 (0.02)	0.56 (0.02)
	Middle	0.82 (0.04)	0.61 (0.06)	0.55 (0.07)
	Top	0.84 (0.02)	0.60 (0.04)	0.55 (0.04)
Five	Bottom	0.81 (0.03)	0.66 (0.02)	0.58 (0.04)
	Middle	0.82 (0.04)	0.66 (0.01)	0.59 (0.03)
	Top	0.84 (0.03)	0.63 (0.02)	0.58 (0.02)

หมายเหตุ. โดย Li, 2004.

2.4.3 การรับแรงดัด

คุณสมบัติในการรับแรงดัดสามารถพิจารณาจากความสัมพันธ์ของโมดูลัสการแตกหัก (modulus of rupture) และโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) โดยนำชิ้นไม้มาทดสอบการรับแรงดัดโดยการเหลาเอาส่วนเปลือกนอกและส่วนเปลือกในออกบางส่วนแล้วทำการทดสอบ พบว่าเมื่อนำไม้ที่ใช้ในการทดสอบมาเหลาเอาส่วนเปลือกนอกออก พบว่าค่าโมดูลัสของการแตกหัก (modulus of rupture) และโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) จะลดลงตามลำดับ แต่ถ้าเหลาเอาส่วนเปลือกในออกจะพบว่าค่า โมดูลัสของการแตกหัก (modulus of rupture) และโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่วนเปลือกนอกที่มีเส้นใยหนาแน่นกว่าส่วนเปลือกในจะรับแรงดัด (bending strength) ได้ดีกว่าความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะ (SG) กับคุณสมบัติในการรับแรงดัดของไม้ไฟ (Li, 2004)

ตารางที่ 2.4

ความถ่วงจำเพาะ (SG) และคุณสมบัติในการรับแรงดัดของไม้

Year	Height	SG	MOR (Mpa)	MOE (Mpa)
One	Bottom	0.49	110.3	7770
	Middle	0.53	119.3	8680
	Top	0.54	117.2	8929
Three	Bottom	0.70	151.0	10039
	Middle	0.71	151.7	10122
	Top	0.72	160.6	10397
Five	Bottom	0.75	186.2	13162
	Middle	0.78	184.8	13410
	Top	0.76	183.4	13307

หมายเหตุ. MOR และ MOE กำหนดให้ใช้หน่วย MPa. โดย Li, 2004.

ตารางที่ 2.5

คุณสมบัติในการรับแรงดัด (MPa) ของไม้ที่มีการเหลาสวนเปลือกนอกหรือเปลือกในออกบางส่วน

Sand treatment	One year old			three year old			Five year old		
	SG	MOR	MOE	SG	MOR	MOE	SG	MOR	MOE
Control	0.52	115.6	8460	0.72	154.4	10057	0.76	184.8	13293
10% outer	0.49	95.1	8173	0.70	146.2	9892	0.75	173.5	13050
25% outer	0.45	82.1	7177	0.66	118.1	9184	0.71	157.0	12397
50% outer	0.41	63.7	5674	0.62	110.6	8347	0.66	121.8	10115
25% inner	0.62	139.5	12031	0.72	210.1	16337	0.84	237.4	19567
10% inner	0.59	121.6	9313	0.73	182.7	12813	0.79	197.6	14831

หมายเหตุ. MOR และ MOE กำหนดให้ใช้หน่วย MPa. โดย Li, 2004.

2.4.4 การรับแรงอัด

คุณสมบัติในการรับแรงอัด สามารถพิจารณาจาก ส่วนบน กลาง ล่างของลำ โดยการนำชิ้นไม้มาทดสอบกำลังการรับแรงอัด ซึ่งประสิทธิภาพในการรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นตามอายุของไม้ โดยที่ กำลังรับแรงอัดสูงสุดขนานเส้นของลำไม้ และโมดูลัสยืดหยุ่นในการรับแรงอัดขนานกับเส้นของลำไม้จะเพิ่มขึ้นตามอายุของไม้ และจะเห็นได้ว่าส่วนเปลือกนอกที่มีเส้นใยหนาแน่นกว่าส่วนเปลือกในจะรับแรงอัด (bending strength) ได้ดีกว่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดขนานกับเส้นของไม้ (Li, 2004)

2.4.5 การรับแรงดิ่งขนานเส้น

คุณสมบัติในการรับแรงดิ่งขนานเส้นเป็นขึ้นตัวอย่างทดสอบจากส่วนกลางของปล้อง (Internode) ที่นำมาตัดแต่งให้มีรูปร่างชิ้นงานคล้ายกับกระดูกสุนัข และดำเนินการทดสอบด้วยวิธีการทดสอบเดียวกันกับการทดสอบของไม้อื่น ๆ ทั่วไป อย่างไรก็ตามกำลังรับแรงดิ่งของไม้อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ และโมดูลัสยืดหยุ่นของลำไม้เมื่อทำการเก็บตัวอย่างทดสอบแล้วนำไปรับแรงดิ่งจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ 2 จะรับแรงดิ่งได้ดีกว่าบริเวณที่ 1 (Mansur Ahmad, 2012)

ตารางที่ 2.6

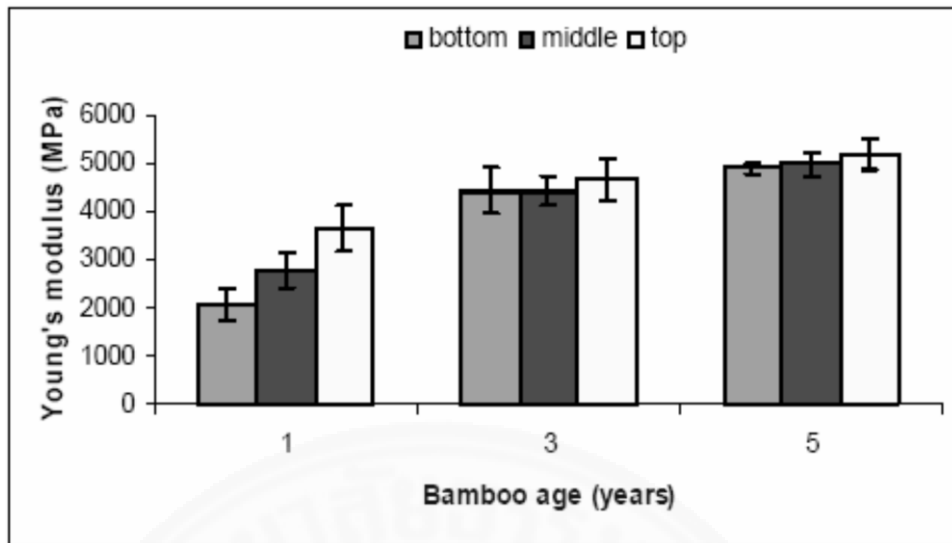
กำลังรับแรงอัดของไม้

Year	Height	SG	Longitudinal		Tangential	
			fc (MPa)	Ec (MPa)	fc (MPa)	Ec (MPa)
One	Bottom	0.49	47.0 (2.4)	2067 (339)	14.8 (1.1)	277 (61)
	Middle	0.53	50.9 (3.1)	2776 (362)	16.0 (1.2)	254 (71)
	Top	0.54	55.7 (3.8)	3658 (464)	17.4 (0.5)	359 (75)
Three	Bottom	0.70	86.8 (1.8)	4426 (491)	33.0 (1.5)	535 (101)
	Middle	0.71	83.9 (2.8)	4428 (305)	29.8 (3.2)	456 (98)
	Top	0.72	84.0 (3.3)	4660 (451)	33.8 (1.2)	606 (80)
Five	Bottom	0.75	93.6 (3.6)	4896 (116)	34.1 (2.0)	533 (98)
	Middle	0.78	86.6 (3.5)	4980 (262)	33.6 (3.0)	527 (55)
	Top	0.76	85.8 (5.3)	5182 (330)	35.3 (2.1)	552 (81)

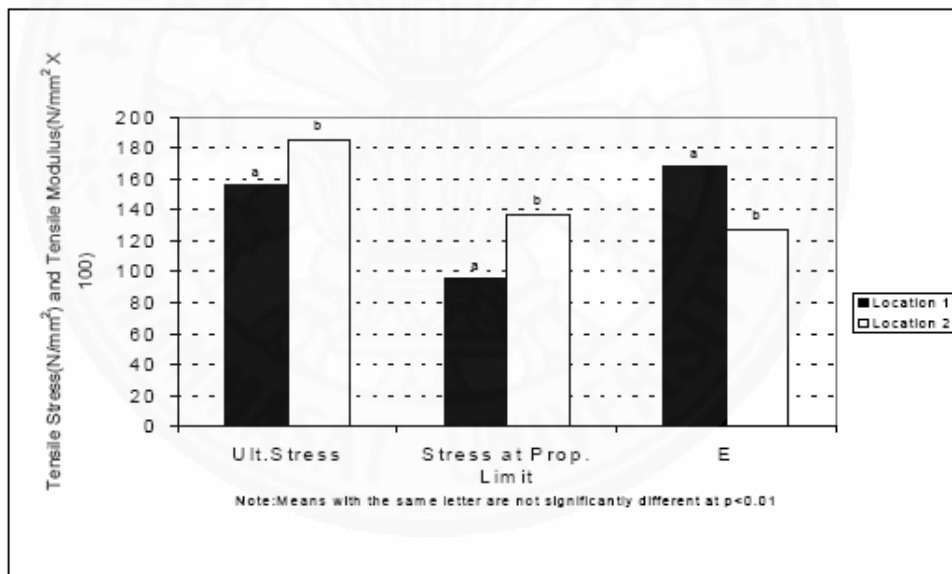
หมายเหตุ. โดย Li, 2004.



ภาพที่ 2.10 กำลังรับแรงอัดสูงสุดขนานกับเสี้ยนของไม้. โดย Li, 2004.



ภาพที่ 2.11 โมดูลัสยืดหยุ่นในการรับแรงอัดขนานกับเส้นของไผ่. โดย Li, 2004.



ภาพที่ 2.12 กำลังรับแรงดึงและโมดูลัสยืดหยุ่นของไผ่. โดย Mansur Ahmad, 2012.

2.4.6 แรงยึดเหนี่ยว (Bond Strength)

ความสำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กให้รับแรงดัด ก็คือ ความต้านทานต่อการลื่นไถลของเหล็กเสริมที่หล่ออยู่ภายในเนื้อคอนกรีต แรงต้านทานนี้เกิดจากการยึดติดกันกับซีเมนต์เพสต์ที่แข็งตัวแล้ว จากความเสียดทานระหว่างผิวเหล็กกับคอนกรีต และจากแรงกดที่ข้อในเหล็กข้ออ้อยงานก่อสร้างสมัยใหม่นี้ มักนิยมใช้เหล็กเสริมข้ออ้อยกันมาก ขนาดและระยะของข้อต้องเพียงพอที่จะเกิดกำลังยึดเหนี่ยวกับเนื้อคอนกรีต มาตรฐานการออกแบบมักกำหนดค่าแรงยึดเหนี่ยวเป็นเปอร์เซ็นต์ของกำลังอัดของคอนกรีต และขนาดของเหล็กเสริมที่ใช้แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตยังขึ้นอยู่กับชนิดของซีเมนต์ สารผสมเพิ่ม และอัตราส่วนระหว่างน้ำกับซีเมนต์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเพสต์ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของซีเมนต์มากจะมีแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มมากขึ้น แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตในสถานะที่แห้งจะมากกว่าในสถานะที่ชื้น และแรงยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมในแนวอนจะน้อยกว่าในแนวตั้ง เพราะน้ำที่เกิดจากการเยิ้มอาจไปเกาะอยู่ที่เหล็กเสริมตามแนวอนได้เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจึงเกิดเป็นรูโพรงใต้เหล็กเสริมนั้นทำให้ลดกำลังยึดเหนี่ยวลง

การศึกษาสมรรถนะในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไฟที่มีการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวของไฟ นายชินิชฐ์ มาคุ้ม, 2549 ศึกษาเกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและไฟ มีตัวแปรคือ ไฟตง คอนกรีต และสารเคมีและวัสดุผสม ผลการวิจัยพบว่า ไฟที่มีการเคลือบด้วยกาวอีพ็อกซีจะให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด รองลงมาคือแลกเกอร์ และสีย้อมไม้ ตามลำดับ

ศึกษาคุณสมบัติของไฟและคานคอนกรีตเสริมไฟ Ghavami, 1995 จากการศึกษาสรุปได้ว่า คานคอนกรีตเสริมไฟสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าคานคอนกรีตที่ไม่เสริมเหล็กถึง 4 เท่า ไฟมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นน้อยกว่าเหล็กประมาณ 5 เท่า ไฟรับแรงดัดได้มากกว่าแรงอัดมาก แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไฟกับคอนกรีตมีค่าน้อยกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับคอนกรีต

ตารางที่ 2.7

คุณสมบัติทางกายภาพของไม้

สายพันธุ์ & ตำแหน่ง	ผลการทดสอบ		
	ความหนาแน่นสถานะสด (กรัม/ลูกบาศก์ เซนติเมตร)	ความหนาแน่นสถานะแห้ง (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความชื้น (%)
ไม้ตง			
โคน	0.701	0.586	25.971
กลาง	0.696	0.628	11.032
ปลาย	0.722	0.669	8.018
ไม้ซาง			
โคน	0.625	0.572	9.222
กลาง	0.754	0.686	9.826
ปลาย	0.793	0.731	8.595
ไม้สีสุก			
โคน	0.741	0.630	17.498
กลาง	0.739	0.681	9.711
ปลาย	0.686	0.639	10.458
ไม้เลียง			
โคน	0.786	0.672	17.498
กลาง	0.752	0.685	9.711
ปลาย	0.801	0.726	10.458
ไม้รวก			
โคน	0.682	0.561	11.832
กลาง	0.554	0.487	11.735
ปลาย	0.523	0.472	11.081

หมายเหตุ. จาก การพัฒนาคุณสมบัติทางกลของพันธุ์ไม้ไทยในงานโครงสร้างเรียบง่าย, โดย สุทธิชา บรรจงรัตน์, 2556.

ตารางที่ 2.8

คุณสมบัติเชิงกลของไม้

สายพันธุ์ & ตำแหน่ง	ผลการทดสอบ						
	ความถ่วงจำเพาะ	โมดูลัสการแตกร้าว (กก./ตร.ซม.)	โมดูลัสความยืดหยุ่น (กก./ตร.ซม.)	ความต้านทานแรงอัดขนานเสี้ยน (กก./ตร.ซม.)	ความต้านทานแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (กก./ตร.ซม.)	ความต้านทานแรงเฉือน (กก./ตร.ซม.)	ความต้านทานแรงดึง (กก./ตร.ซม.)
ไม้ตง							
โคน	0.701	1,301.99	118,958.05	404.12	74.29	97.96	2,493.99
กลาง	0.696	1,658.87	146,595.99	563.36	83.61	120.65	1473.66
ปลาย	0.722	1,746.08	147,412.53	730.59	112.07	136.47	-
ไม้ซาง							
โคน	0.620	1630.07	139,507.75	616.29	67.26	140.03	1,598.66
กลาง	0.754	1,984.63	174,781.46	741.40	43.22	130.25	1,828.40
ปลาย	0.793	1894.30	162,858.35	866.39	33.03	146.34	-
ไม้สีสุก							
โคน	0.741	1,741.45	184,641.06	516.44	50.74	130.30	1,895.53
กลาง	0.739	1,950.36	182,870.33	692.25	48.91	140.91	-
ปลาย	0.686	1,593.36	142,164.35	627.51	40.15	111.79	-
ไม้เลียง							
โคน	0.786	1,842.77	184,473.77	418.60	64.66	114.55	1,038.02
กลาง	0.752	1,722.46	172,936.77	747.08	59.41	125.08	-
ปลาย	0.801	1,758.21	192,732.42	725.31	37.66	99.17	-
ไม้รวก							
โคน	0.682	1,098.88	126,205.93	481.64	24.07	113.31	-
กลาง	0.554	1,126.78	120,916.28	410.79	18.38	88.35	-
ปลาย	0.523	1,062.07	118,329.92	416.06	15.99	53.14	-

หมายเหตุ. จาก การพัฒนาคุณสมบัติทางกลของพันธุ์ไม้ไทยในงานโครงสร้างเรียบง่าย, โดย สุทธิชา บรรจงรัตน์, 2556.

2.5 คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไผ่ชางหม่น

ไผ่ชางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro) พบได้มากในภาคเหนือของประเทศไทย ลักษณะทั่วไปขึ้นเป็นกอแน่น ลำสีเขียวหม่น สูงประมาณ 8-20 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-16 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 25-40 เซนติเมตร เนื้อหนาประมาณ 5-8 มิลลิเมตร ลำต้นสามารถใช้ในการก่อสร้าง เครื่องเรือน และเครื่องจักรสาน (สำนักวิชาการป่าไม้, 2544)

การทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ ความหนาแน่น กำลังอัด กำลังดึง กำลังเฉือน และโมดูลัสยืดหยุ่น ของลำไผ่ชางหม่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว 4 นิ้ว และ 5 นิ้ว ค่ากำลังอัดสูงสุดเฉลี่ยของไผ่ชางหม่น มีค่าเท่ากับ 544 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 652 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 687 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และค่ากำลังเฉือนสูงสุดเฉลี่ยของไผ่ชางหม่น มีค่าเท่ากับ 92 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 137 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (นพพล, พิชญุต์ม์, วรุฑ และพอหทัย, 2555)

ตารางที่ 2.9

คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไผ่ชางหม่น

คุณสมบัติทางกายภาพ		
1. ปริมาณความชื้น	12.30	เปอร์เซ็นต์
2. ค่าความหนาแน่น	711.76	กก./ลบ.ม.
3. ค่าความถ่วงจำเพาะ	69.83	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางเชิงกล		
4. กำลังรับแรงดึงเฉลี่ย	1,521.27	กก./ตร.ซม.
5. กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย	267.84	กก./ตร.ซม.
6. กำลังรับแรงเฉือนเฉลี่ย	263.27	กก./ตร.ซม.
7. กำลังรับแรงตัดเฉลี่ย	794.24	กก./ตร.ซม.
8. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น	27,436.62	กก./ตร.ซม.

หมายเหตุ. จาก การศึกษาความสามารถการรับน้ำหนักของโครงสร้างไผ่โดยวิธีการรวบลำเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรม, ภัทฐิตา พงศ์ธนา, 2557.

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง : ตัวแปรที่ส่งผลต่อการรับกำลังของไฟโครงสร้าง

Fracture Properties of Bamboo Amada, S. and Untao, 2001 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไฟ มีตัวแปรคือความยาวและอายุของไฟ ผลการวิจัยพบว่า กำลังสูงสุดเมื่อไฟมีอายุ 2.5-4 ปี ปล้องของไฟจะช่วยป้องกันการโก่งเดาะของลำต้น แต่จะเป็นจุดที่เกิดการเสียหายเมื่อไฟรับแรงในแนวแกน

The Effect of Fiber Density on Strength Capacity of Bamboo Lo, Cuo, Leung , 2004 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไฟ มีตัวแปรคือ ไฟสายพันธุ์ต่าง ๆ ผลการวิจัยพบว่า คุณสมบัติเชิงกลของไฟขึ้นอยู่กับขนาด อายุ สายพันธุ์ ตำแหน่งของปล้อง และความชื้นในไฟ

Influence of moisture absorption on the interfacial strength of bamboo Hongyan Chen, 2009 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและการขยายตัวเนื่องจากความชื้นของไฟ มีตัวแปรคือ ไฟสายพันธุ์ต่าง ๆ และความชื้นในลำไฟ ผลการวิจัยพบว่า การขยายตัวของไฟด้านเส้นผ่าศูนย์กลางมีค่า 5% และด้านยาวมีค่า 0.05% อาจทำให้เกิดช่องโหว่ระหว่างลำไฟและคอนกรีต ซึ่งสัมพันธ์กับการรับกำลังของลำไฟ

สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไฟตง ฐิติกุล ภาคศิริ, 2540 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไฟ มีตัวแปรคือ ไฟตง ผลการวิจัยพบว่า ไฟตงมีความชื้นค่อนข้างต่ำ การหดตัวค่อนข้างน้อยมีสมบัติเชิงกลสูง ใช้ประโยชน์ได้ทั้งลำ

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไฟตงเพื่อสร้างค่ามาตรฐานกลางของวัสดุและการประยุกต์ใช้งานโครงสร้างสำหรับอาคารสาธารณะ สุภิญญาลักษณ์ จันทรวงศ์ ,2557 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไฟ มีตัวแปรคือ ไมไฟตงในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ไฟตงสามารถนำไปใช้สำหรับโครงสร้างได้ โดยใช้วิธีการรวมลำจำนวน 2-4 ลำต่อชิ้นส่วนโครงสร้าง ซึ่งคานมีความยาวตั้งแต่ 3.5-6 เมตรขึ้นไป และเสามีความยาวตั้งแต่ 2.3-4.2 เมตรขึ้นไป

การพัฒนาข้อต่อโครงถักไฟสำหรับโครงสร้างสถาปัตยกรรม รุ่งพรรณษา น้อยจันทร์, 2557 ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการรับแรงเชิงกลของโครงถักไฟ มีตัวแปรคือ ไฟช่างหม่น ผลการศึกษาพบว่า การใส่อีพ็อกซีกับทรายหยาบเข้าไปในข้อต่อ จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับแรงดึง

การศึกษาความสามารถการรับน้ำหนักของโครงสร้างไฟโดยวิธีการรวบลำ ภัทริตา พงศ์ธนา, 2557 ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการรับแรงเชิงกลของโครงสร้างเสาและคานโดยวิธีการรวบลำ มีตัวแปรคือ จำนวนไฟที่ใช้ในการรับลำ และวิธีการรวบลำไฟ ผลการศึกษาพบว่าการรวบลำไฟโดยใช้วิธีการเชื่อมด้วยนอตเกลียวสามารถรับน้ำหนักได้ดี

2.7 ใฝ่กับการประยุกต์ใฝ่ในงานโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมสมัยใหม่

ใฝ่มีค่าความต้านทานแรงดึงที่สูงมาก ถึง 370 เมกะพาสคัล ทำให้ใฝ่มีความเหมาะสม ในการนำไปประยุกต์ใฝ่ในงานก่อสร้างสถาปัตยกรรมสำหรับการรับแรงดึงในลักษณะเดียวกับเหล็ก ในการทดลองนำใฝ่ไปประยุกต์ใฝ่เป็นคอนกรีตเสริมใฝ่ ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำใฝ่ไปประยุกต์ใฝ่ร่วมกับคอนกรีตคือเรื่องคุณสมบัติการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตและใฝ่ เนื่องจากเมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะเกิดการระเหยของน้ำออกมา ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผิวคอนกรีตกับผิวใฝ่ จากผลการทดลอง ใฝ่สามารถใช้แทนเหล็กใฝ่ได้ดี และเป็นที่น่าพอใจ (Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. Ghavami, K.2004)

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของใฝ่ เพื่อวิเคราะห์หากำลังรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตที่เสริมแรงด้วยใฝ่รวม การทดสอบหาความต้านทานแรงอัดและแรงดึงของใฝ่ จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความต้านทานต่อแรงอัดของใฝ่อยู่ที่ 530.84 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ค่าเฉลี่ยโมดูลัสยืดหยุ่นในด้านรับแรงดึงอยู่ที่ 233,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร และ ค่าเฉลี่ยโมดูลัสยืดหยุ่นในด้านรับแรงอัดอยู่ที่ 228,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (การออกแบบโครงสร้างไม้ วินิต ช่อวิเชียร, 2545)

การหดตัวของใฝ่มีผลต่อแรงยึดเหนี่ยวปัญหาสำคัญในการใฝ่เสริมใฝ่ไม่ได้ใฝ่ที่กำลังและการเปลี่ยนรูปของใฝ่เมื่อรับแรงดึง แต่อยู่ที่การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและแรงยึดเหนี่ยวใฝ่สามารถเปลี่ยนแปลงทางด้านรัศมีได้ถึง 5 % และทางด้านความยาวสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถึง 0.05 % เมื่อความชื้นของใฝ่เปลี่ยนแปลง การใฝ่ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเปลี่ยนแปลงได้ถึงขนาดนี้ จะมีผลทำให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตที่หุ้ม จากการขยายตัวของใฝ่ และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับใฝ่จากการหดตัวของใฝ่ นอกจากนี้การสัมผัสการขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิของใฝ่ทางด้านยาวมีค่าต่ำประมาณ 1/3 เท่าของคอนกรีต และทางด้านรัศมีสูงประมาณ 10 เท่า ของคอนกรีต ความแตกต่างนี้จะมีผลทำให้เกิดรอยแตกในคอนกรีตหุ้ม และจะทำให้สูญเสียแรงยึดเหนี่ยว (Cox and Geymayer, 1969)

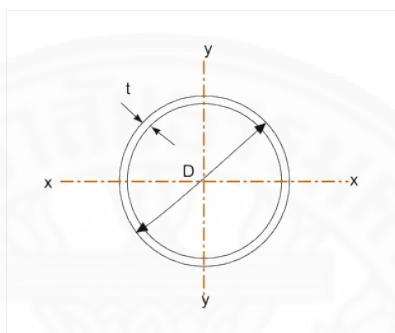
2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของใฝ่

คุณสมบัติเชิงกลประกอบด้วย หน่วยแรงอัด (bending stress) โมดูลัสของการยืดหยุ่น (modulus of elastic) โมดูลัสการแตกหัก (modulus of rupture) หน่วยแรงอัดขนานใฝ่ (compressive stress parallel to grain) หน่วยแรงอัดตั้งฉากใฝ่ (tensile stress parallel to grain) ความแข็งแรง (hardness) และหน่วยแรงเฉือนขนานใฝ่ (shearing stress parallel to

grain) มีความสำคัญต่อการคำนวณและการออกแบบโครงสร้างให้มั่นคงแข็งแรงเพียงพอ ต่อแรงที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด

โมเมนต์อินเนอร์เซีย (moment of inertia) ของรูปวงแหวน

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



ภาพที่ 2.13 โมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปวงแหวน

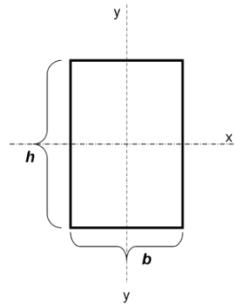
โมเมนต์อินเนอร์เซีย (moment of inertia) ของรูปวงกลม

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

โมเมนต์อินเนอร์เซีย (moment of inertia) ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$I = bh^3/12$$

- เมื่อ
- D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก , ซม.
 - T = ความหนาของเนื้อไม้ , ซม.
 - b = ความกว้างหรือความหนา
 - h = ความลึก



ภาพที่ 2.14 โมเมนต์อินเนอร์เซียของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

หน่วยแรงดัด (flexural stress)

$$fb = Mc/I$$

fb = หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง (Actual Bending Stress, fb) กก./ซม.²

M = โมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้นในคาน กก.ซม.

I = โมเมนต์อินเนอร์เซียรอบแกนสะเทิน ซม.⁴

c = ระยะจากขอบตามแนวตั้งถึงแกนสะเทิน ซม.

กำลังอัดของคอนกรีต

$$fc' = Pu / A$$

เมื่อ fc = ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก./ซม.²

Pu = น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้, กก.

A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ซม.²

ค่าน้ำหนักของชิ้นตัวอย่าง

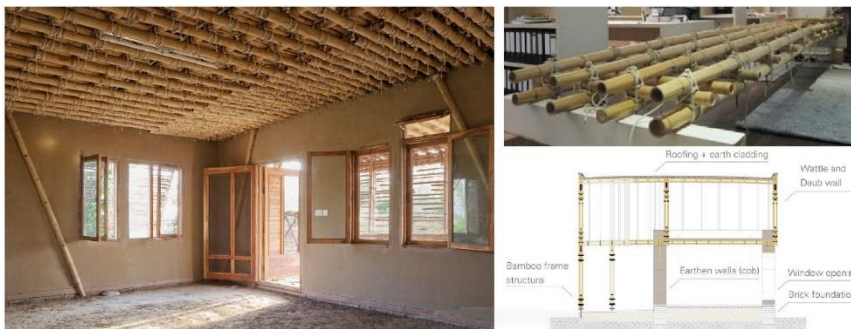
$$WC = W / V$$

เมื่อ WC = ความแน่นของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก./ม.³

W = น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก.

V = ปริมาตรของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ม.³

2.9 ศึกษาอาคารสถาปัตยกรรมไม้ที่ใช้ไผ่ลำเป็นโครงสร้างพื้นของอาคาร



ภาพที่ 2.15 อาคาร *Tipu sultan merkez the earthen school*. จาก

<http://www.designaddict.com/blog/2011/12/01/Earthen-School-Tipu-Sultan-Merkez-Pakistan>

อาคาร *Tipu sultan merkez the earthen school* ออกแบบโดย Ziegert Roswag Seiler Architekten สถานที่ Jar Maulwi, Pakistan เป็นอาคารเรียน 2 ชั้น ใช้ผนังดินรับน้ำหนักที่ชั้น 1 และพื้นชั้น 2 ทำจากไม้ไผ่ล่าวางซ้อนกันในลักษณะ 2-way slab แล้วเท topping ด้วยดินเหนียว จากภาพเห็นได้ว่า มีคานไม้แฉนวนอง ขวางด้วยแนวคานไม้ทับอีกชั้น เพื่อทำหน้าที่เป็นตงที่รับแผ่นพื้นอีกทีหนึ่ง



ภาพที่ 2.16 อาคาร *Eco Bamboo Home*. จาก <http://www.airbnb.com>

อาคาร *Eco Bamboo Home* สถานที่ Bali Indonesia บ้านพักรีสอร์ทชั้นครึ่ง โครงสร้างบ้านทำจากไม้ทั้งหลัง ตัวบ้านแบ่งออกเป็นชั้นครึ่ง ชั้นบนเป็นห้องนอนใต้หลังคา จากรูปจะเห็นไม้ทั้งลำเป็นโครงสร้างพื้น วางเรียงติดกัน และสามารถมองเห็นท้องฟ้าไม้ไผ่จากชั้น 1 ได้

2.10 ศึกษาแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

การศึกษาแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรง การคัดเลือกแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์หนังสือทำเนียบวัสดุก่อสร้าง. แผ่นพื้นสำเร็จรูป. สืบค้นจาก <http://www.thaibuild.com> กำหนดให้

ความยาวของแผ่นพื้น อยู่ที่ระหว่าง 2-4 เมตร

กำลังอัดมอร์ตาร์หรือคอนกรีตทับหน้าไม่น้อยกว่า 160 กิโลกรัม/เซนติเมตร

แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเสริมแรงด้วยลวดอัดแรงขนาด 4 มิลลิเมตร จำนวน 4-6 เส้น

เทคอนกรีตทับหน้า 5 เซนติเมตร เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ระยะห่าง 20-25 เซนติเมตร

มีค้ำยันชั่วคราวไม่น้อยกว่า 7 วัน

ตารางที่ 2.10

การรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น

แผ่นพื้น สำเร็จรูป	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)								
	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
1.CPAC	1979	1502	1166	921	711	516	362	239	
2.ASIA	1010		515		400				
3.PCC				681	539	429	342	230	
4.POUND	1060	800	670	520	430	360	315	260	
5.ECC			652	524	420	338			

หมายเหตุ.

1. The Concrete Products & Aggregate Co., Ltd. (CPAC). แผ่นพื้นตันซีแพค (CPAC Plank)
2. Asia Group (1999) Co., Ltd. แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง (Concrete Slab).
3. Pound Concrete Products Co., Ltd. (POUND). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ (Plank Slab).
4. Pi boon Concrete Co., Ltd. (PCC). แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (PCC Solid Plank Slab).
5. Esan Concrete Co., Ltd. (ECC). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ (Plank Slab).

ตารางที่ 2.11

การรับน้ำหนักบรรทุกจรของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 5 เส้น

แผ่นพื้นสำเร็จรูป	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)								
	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
1.CPAC	2413	1841	1438	1144	921	694	515	371	255
2.ASIA	1350		740		532		400		
3.PCC				862	692	559	454	363	250
4.POUND	1440	970	770	620	515	430	360	310	260
5.ECC			822	656	530	432	355	292	240

หมายเหตุ.

- 1.The Concrete Products & Aggregate Co.,Ltd.(CPAC). แผ่นพื้นต้นซีแพค(CPAC Plank)
2. Asia Group(1999) Co.,Ltd. แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง(Concrete Slab).
3. Pound Concrete Products Co.,Ltd.(POUND). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab).
4. Piboon Concrete Co.,Ltd.(PCC). แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป(PCC Solid Plank Slab).
5. Esan Concrete Co.,Ltd.(ECC). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab).

ตารางที่ 2.12

การรับน้ำหนักบรรทุกจรของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 6 เส้น

แผ่นพื้นสำเร็จรูป	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)								
	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4
1.CPAC	2807	2149	1686	1347	1092	871	667	504	371
2.ASIA	1600		960		649		492		400
3.PCC				1029	832	767	557	459	367
4.POUND	1550	1200	880	720	595	500	425	360	310
5.ECC			968	778	632	519	430	357	298

หมายเหตุ.

- 1.The Concrete Products & Aggregate Co.,Ltd.(CPAC). แผ่นพื้นต้นซีแพค(CPAC Plank)
2. Asia Group(1999) Co.,Ltd. แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง(Concrete Slab).
3. Pound Concrete Products Co.,Ltd.(POUND). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab).
4. Piboon Concrete Co.,Ltd.(PCC). แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป(PCC Solid Plank Slab).
5. Esan Concrete Co.,Ltd.(ECC). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab).

2.11 หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับไม้ก่อสร้าง (Allowble Stress)

ค่าหน่วยแรงดัดที่ยอมให้สำหรับใช้ในงานออกแบบโครงสร้างไม้ หาได้จากการหารค่าของหน่วยแรง(ประลัย) สูงสุดนั้น ๆ ที่ได้มาจากการทดสอบหากลสมบัติของไม้ด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) ที่เหมาะสม กรมป่าไม้เสนอค่าของส่วนความปลอดภัยตามสภาพของการใช้งาน และตามชนิดของหน่วยแรงสำหรับไม้ก่อสร้าง ดังที่แสดงในตารางที่ 2.16 - ตารางที่ 2.18

ตารางที่ 2.13

ส่วนปลอดภัยของไม้ชั้น 1

ชนิดหน่วยแรงที่ยอมให้	ส่วนปลอดภัยสำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 1		
	งานในร่ม	งานกลางแจ้ง	งานในที่เปียกชื้น
แรงดัดในคาน แรงดึง ขนานเสี้ยน	7.60	9.36	10.53
แรงเฉือนตามเสี้ยน	10.53	10.53	10.53
แรงเฉือนตามแนวนอน ในคาน	15.21	15.21	15.21
แรงอัดขนานเสี้ยน	6.72	7.60	9.08
แรงดัดตั้งฉากเสี้ยน	2.93	4.09	4.39

หมายเหตุ. ไม้ก่อสร้างชั้น 1 ได้แก่ ไม้ที่ใช้สำหรับโครงสร้างของอาคารพิเศษตาม พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร เช่น โรงมหรสพ อิมจันทร์. การออกแบบโครงสร้างไม้ (น.42), วินิตช่อวิเชียร, 2542, กรุงเทพฯ.

ตารางที่ 2.14

ส่วนปลอดภัยของไม้ชั้น 2

ชนิดหน่วยแรงที่ยอม ให้	ส่วนปลอดภัยสำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2		
	งานในร่ม	งานกลางแจ้ง	งานในที่เปียกชื้น
แรงดัดในคาน แรงดึง ขนานเสี้ยน	6.50	8	9
แรงเฉือนตามเสี้ยน	9	9	9
แรงเฉือนตาม แนวนอนในคาน	13	13	13
แรงอัดขนานเสี้ยน	5.75	6.5	7.76
แรงดัดตั้งฉากเสี้ยน	2.5	3.5	3.75

หมายเหตุ. ไม้ก่อสร้างชั้น 2 ได้แก่ ไม้ที่ใช้สำหรับโครงสร้างของอาคารสาธารณะตาม พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร เช่น โรงเรียน โรงแรม ภัตตาคาร โรงพยาบาล. การออกแบบโครงสร้างไม้ (น.42), วินิตช่อวิเชียร, 2542, กรุงเทพฯ.

ตารางที่ 2.15

ส่วนปลอดภัยของไม้ชั้น 3

ชนิดหน่วยแรงที่ยอม ให้	ส่วนปลอดภัยสำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 3		
	งานในร่ม	งานกลางแจ้ง	งานในที่เปียกชื้น
แรงดัดในคาน แรงดึง ขนานเสี้ยน	5.39	6.64	7.4710.53
แรงเฉือนตามเสี้ยน	7.47	7.47	7.47
แรงเฉือนตาม แนวนอนในคาน	10.79	10.79	10.79
แรงอัดขนานเสี้ยน	4.77	5.39	6.44
แรงดัดตั้งฉากเสี้ยน	2.08	2.90	3.11

หมายเหตุ. ไม้ก่อสร้างชั้น 3 ได้แก่ ไม้ที่ใช้สำหรับโครงสร้างของบ้านพักอาศัยตาม พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร เช่น ตึก บ้านเรือน. การออกแบบโครงสร้างไม้ (น.42), วินิตช่อวิเชียร, 2542, กรุงเทพฯ.

ข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานครและมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดค่าของหน่วยแรงที่ยอมให้ตามชนิดต่าง ๆ ของเนื้อไม้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกตามปกติ (ระยะเวลารับน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 10 ปี) ดังที่แสดงในตารางที่ 2.19

ตารางที่ 2.16

หน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้

ชนิดไม้	โมดูลัสความยืดหยุ่น (กก./ตร.ซม.)	หน่วยแรงดัด หน่วยแรงดึง (กก./ตร.ซม.)	หน่วยแรงอัด (กก./ตร.ซม.)		หน่วยแรงเฉือน (กก./ตร.ซม.)
			ขนานเสี้ยน	ขวางเสี้ยน	
ไม้เนื้ออ่อน มาก	78,800	60	45	12	6
ไม้เนื้ออ่อน	94,100	80	60	16	8
ไม้เนื้อแข็ง ปานกลาง	112,300	100	75	22	10
ไม้เนื้อแข็ง	136,300	120	90	30	12
ไม้เนื้อแข็ง มาก	189,000	150	110	40	15

หมายเหตุ. จาก มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.)

2.12 น้ำหนักบรรทุกในโครงอาคาร

การออกแบบโครงอาคาร ต้องพิจารณาการออกแบบให้ส่วนต่าง ๆ ของโครงอาคาร มีกำลังความแข็งแรงและทนทาน สามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย ทั้งน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) ของชิ้นส่วนอาคาร และน้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ดังที่แสดงในตารางที่ 2.20 และ ตารางที่ 2.21

ตารางที่ 2.17

ตารางน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ (Kg/m ²)
1. วัสดุทั่วไป	
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2400
คอนกรีตล้วน	2320
ไม้สัก	630
ไม้เนื้ออ่อน	500-1000
ไม้เนื้อแข็ง	700-1200
เหล็ก	7850
2. วัสดุผนังหลังคา	
กระเบื้องลอนคู่	14
กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก	12
กระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่	50
กระเบื้องราง	12
กระเบื้องซีแพ็คโมเนีย	50
สังกะสี	5
3. โครงหลังคา	10-30
4. แป้ไม้	5
5. พื้นไม้ 1" รวมตง	30-50
6. ฝ้า ฝ้า กำแพง	
คร่าวไม้ 1 1/2" @ 0.40	15
คร่าวไม้ 1 1/2" @ 0.60	10
กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 มม.	7
กระเบื้องแผ่นเรียบหนา 8 มม.	14
แผ่นแอสเบสโตล็กส์	4
ไม้อัดหนา 4 มม.	4
ฝ้าไม้ 1/2" รวมคร่าว	20
อิฐมอญหนา 10 ซม.	180
อิฐบล็อกหนา 10 ซม.	360
คอนกรีตบล็อกหนา 10 ซม.	100-150
คอนกรีตบล็อกหนา 15 ซม.	170-180
คอนกรีตบล็อกหนา 20 ซม.	220-240

หมายเหตุ. จาก กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522.

ตารางที่ 2.18

น้ำหนักบรรทุกจร

ประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร
1. หลังคา	30
2. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล หอน้ำ ห้องส้วม	150
4. หองแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรมและห้องคน ไขพิเศษของโรงพยาบาล	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล	300
(ข) หองโถง บันได ซองทางเดินของอาคารชุด ห้องพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
7. (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร หอง ประชุม หองอ่านหนังสือในหองสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถ ยนต์ หรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) หองโถง บันได ซองทางเดินของอาคาร พาณิชยมหาวิทยาลัย วิทยาลัยและโรงเรียน	400
8. (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์อัครจินทรโรงงานอุตสาหกรรม โรง พิมพ์ หองเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข) หองโถง บันได ซองทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า หอง ประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร หองสมุดและหอสมุด	500
9. หองเก็บหนังสือของหองสมุดหรือหอสมุด	600
10. ที่จอดหรือเก็บรถยนต์บรรทุกทุกเปล	800

หมายเหตุ. จาก กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522.

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ประเภทของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษารูปแบบไม้เสริมแรงที่เหมาะสม โดยเลือกทดสอบไม้เสริมแรง 9 รูปแบบ คือ 1. ไม้ลำเปล่า 2. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้า 3. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้าและเหล็กสตัด 4. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้าและเหล็กเส้นกลม 5. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้า เหล็กเส้นกลม และเหล็กสตัด 6. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้าและเหล็กเส้นกลม (compression rebar) 7. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้า เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กสตัด 8. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้า เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเทมอร์ตาร์ทับ 9. ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ต้า เหล็กเส้นกลม (compression rebar) เหล็กสตัด และเทมอร์ตาร์ทับ พันธุ์ไม้ที่ใช้ในการศึกษาคือ ไม้ซางหม่น อายุ 3-4 ปี ที่ได้รับการถนอมเนื้อไม้แล้ว เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเชิงกลโดยรวมดีที่สุด และลำตรงสามารถวางเรียงชิดกันได้ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo และ เพื่อพิสูจน์ผลการทดสอบว่าสามารถนำมาใช้ในอาคารที่พักอาศัยขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ รูปแบบการเสริมแรงในลำไม้

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

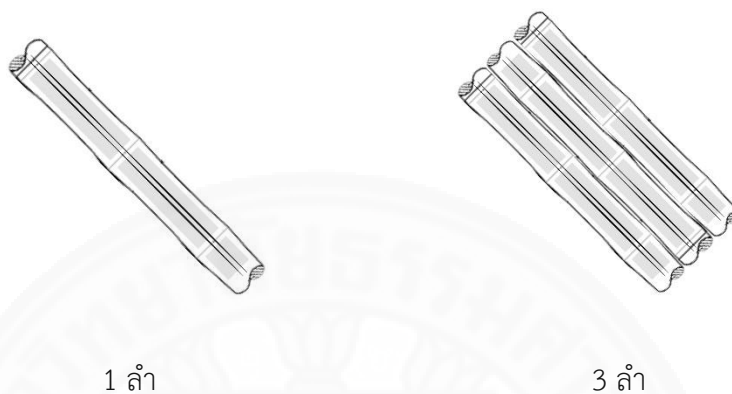
จากการศึกษาสามารถแบ่งขั้นตอนการวิจัยได้เป็นส่วน ดังนี้

1. ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ประกอบด้วยการศึกษาที่มา แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของพันธุ์ไม้ที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ
2. ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ลำที่ผ่านการเสริมแรง และประสิทธิภาพในการรับกำลัง
3. ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไม้เสริมแรงที่ผ่านการรวบลำเป็นแผ่นพื้นสำเร็จรูป
4. เปรียบเทียบคุณสมบัติของไม้เสริมแรงแต่ละประเภทที่ได้ทำการทดสอบ สรุปวิเคราะห์ อภิปรายผลการทดลอง และเสนอแนะแนวทางการนำไปใช้ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

3.3 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

1. ตัวแปรต้น

1.1 จำนวนไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 1 ลำ และ 3 ลำ



ภาพที่ 3.1 จำนวนไม้ที่ใช้ในการทดสอบตัวอย่าง

1.2 วิธีการเสริมแรงไม้ลำ (มอร์ตาร์ เหล็กกลม และเหล็กเกลียว)

1.2.1 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

1.2.2 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม

1.2.3 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด

1.2.4 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด

1.2.5 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)








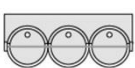
1.2.6 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด

1.2.7 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

1.2.8 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

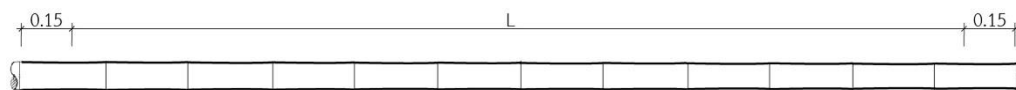
ตารางที่ 3.1

วิธีการเสริมแรงใปลำ

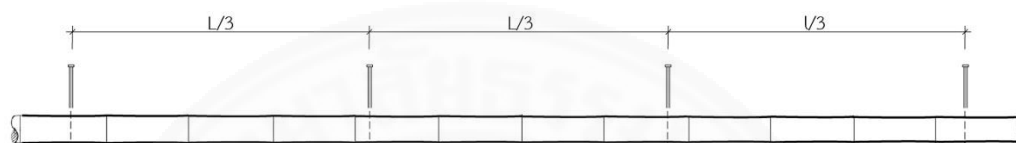
	วิธีการเสริมแรงใปลำ
	ใปลำเปลำ
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.
	เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

1.3 ระยะห่างของการรวบลำไ้ 3 ลำ ที่ใช้ทำการทดสอบ

เว้นระยะห่างปลายทั้งสองข้าง ข้างละ 0.15 เมตร



สัดส่วนการเว้นระยะการเชื่อมต่อ $1/3$ ของความยาว



ภาพที่ 3.2 ระยะห่างของการรวบลำไ้ 3 ลำ ที่ใช้ทำการทดสอบ

2. ตัวแปรตาม

- 2.1 ประสิทธิภาพในการรับแรงดัดของพื้นสำเร็จรูปเสริมแรง
- 2.2 พฤติกรรมของไ้ล้

3. ตัวแปรควบคุม

- 3.1 พื้นไ้ล้ที่ใช้คือ ไ้ล้ขางหม่น จากจังหวัด ปราจีนบุรี
- 3.2 ไ้ล้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว อายุ 3-4 ปี
- 3.3 ใช้ส่วนกลางถึงปลายในการทดสอบพื้นสำเร็จรูปเสริมแรง
- 3.4 ความยาวไ้ล้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร
- 3.5 เว้นระยะปลายทั้งสองข้าง ข้างละ 0.15 เมตร
- 3.6 ไ้ล้ไม่มีคุณภาพดี ไม่มีรอยแตก

3.4 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. ไม้ซางหม่น (มีลักษณะลำตรง และข้อไม้ไม่ปูด สามารถนำมาวางเรียงชิดกันได้) ที่ผ่านกระบวนการ treat (แช่น้ำเพื่อทำลายแบงก์และน้ำตาลในเนื้อไม้ ซึ่งเป็นอาหารของแมลงจำพวกมอด แล้วนำไปผึ่งไว้กลางแจ้งเพื่อลดความชื้น และลำไม้ทะลวงปล้องแล้ว อายุ 3-4 ปี ขนาดหน้าตัด 3 นิ้ว ความยาวลำละ 3 เมตร แบบละ 3 ตัวอย่าง จำนวนทั้งหมด 60 ลำ



ภาพที่ 3.3 ไม้ซางหม่นที่ผ่านกระบวนการ treat, สืบค้นจาก <http://www.thailandbamboo.com/>

2. มอร์ตาร์สำเร็จรูปตราเสือ กำลังอัด 210 ksc (สำหรับเทพื้น มีสารผสมเพิ่มทำให้ไหลตัวได้ดี และสามารถหาซื้อได้ง่าย)



ภาพที่ 3.4 มอร์ตาร์สำเร็จรูปตราเสือ, สืบค้นจาก <http://www.tigerbrandth.com>

3. เหล็กกลมขนาด 9 มิลลิเมตร

4. เหล็กเกลียวตลอด (เหล็กสตัด) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{3}{8}$ นิ้ว นำวัสดุที่เตรียมไว้มาประกอบเป็นตัวอย่างทดสอบดังนี้

3.5 วิธีการต่าง ๆ ของการเสริมแรงไฟ

ตารางที่ 3.2

วิธีการเสริมแรงไฟตัวอย่าง

วิธีการเสริมแรงไฟ		ไฟล่ำ	มอร์ ตาร์	เหล็ก กลม	เหล็ก เกลียว	เทมอร์ ตาร์ทับ
1.ไฟล่ำเปล่า		/	-	-	-	-
2.ไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์		/	/	-	-	-
3.ไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม		/	/	/	-	-
4.ไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด		/	/	-	/	-
5.ไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็ก เกลียวตลอด		/	/	/	/	-
6.ไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)		/	/	/	-	-
7.ไฟที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และ เหล็กเกลียวตลอด		/	/	/	/	-
8.ไฟ 3 ล่ำเปล่า		/	-	-	-	-
9.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์		/	/	-	-	-
10.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม		/	/	/	-	-

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

วิธีการเสริมแรงไฟตัวอย่าง

วิธีการเสริมแรงไฟ	ไฟล่ำ	มอร์ ตาร์	เหล็ก กลม	เหล็ก เกลียว	เทมอร์ ตาร์ทับ	
11.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์และเหล็กเกลียว ตลอด		/	/	-	/	-
12.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และ เหล็กเกลียวตลอด		/	/	/	/	-
13.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับ แรงอัด (compression rebar)		/	/	/	-	-
14.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับ แรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด		/	/	/	/	-
15.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับ แรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ ความหนา 5 ซม.		/	/	/	-	/
16.ไฟ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วย มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับ แรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม.		/	/	/	/	/

3.5 วิธีกรวิจัย

1. ศึกษาวิธีการต่าง ๆ ของการเสริมแรงไฟ

2. ศึกษาเชิงปฏิบัติการในรูปแบบการทดสอบ

2.1 เตรียมลำไฟ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไฟที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร ใช้จำนวนไฟที่ใช้ในการทดสอบ 1 ลำ และ 3 ลำ เว้นระยะห่างปลายทั้งสองข้าง ข้างละ 0.15 เมตร สัดส่วนการเว้นระยะการเชื่อมต่อ 1/3 ของความยาว

2.2 การทดสอบพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงโดยวิธีการเสริมแรงไฟลำ

2.2.1 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

2.2.2 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม

2.2.3 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด

2.2.4 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด

2.2.5 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด

(compression rebar)

2.2.6 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด

(compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด

2.2.7 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด

(compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

2.2.8 เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด

(compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

2.3 ทดสอบพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงโดยใช้ค่ามาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงของวัสดุ

3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

นำค่าที่ได้จากการทดสอบพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงมาใช้ในการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงของวัสดุ เปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงและขนาดกับวัสดุอื่น

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม

3.7 การเตรียมการทดลอง

1.การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบงานวิจัย มีรายการดังนี้

1.1 เตรียมลวด 3 นิ้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวลวดที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร จำนวนทั้งหมด 60 ลวด

1.2 มอเตอร์สำเร็จรูปตราเสือ กำลังอัด 210 ksc

1.3 เตรียมเหล็กกลมขนาด 9 มิลลิเมตร

1.4 เตรียมน็อตเกลียว (เหล็กสตัด) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{3}{8}$ นิ้ว ยาว 10 เซนติเมตร

156 เตรียมน็อตเกลียว (เหล็กสตัด) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{3}{8}$ นิ้ว ยาว 24 เซนติเมตร

2.นำวัสดุที่เตรียมไว้มาจัดเป็นชุดสำหรับประกอบชุดเป็นชุดทดสอบ ดังนี้

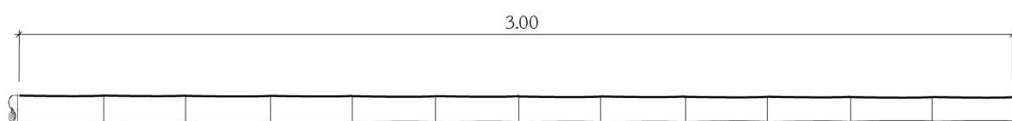
2.1 ชุดการทดสอบแบบที่ 1 ทดสอบไฟ 1 ลวด เตรียมลวด 3 นิ้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวลวดที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร ได้ชุดทดสอบทั้งหมดจำนวน 7 ชุด จำนวนไฟทั้งหมด 21 ลวด

2.2 ชุดการทดสอบแบบที่ 2 ทดสอบไฟ 3 ลวด เตรียมลวด 3 นิ้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวลวดที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะห่างการเชื่อมต่อของการรวบลวด 3 ลวด โดยใช้ น็อตเกลียว (เหล็กสตัด) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{4}$ นิ้ว ยาว 24 เซนติเมตร เชื่อมต่อ ที่ $\frac{1}{3}$ ของความยาว และปลายทั้งสองข้าง ข้างละ 0.15 เมตร ได้ชุดทดสอบทั้งหมดจำนวน 9 ชุด จำนวนทั้งหมด 81 ลวด

3.นำชุดการทดสอบที่เตรียมไว้แต่ละแบบมาเสริมแรง โดยวิธีการดังต่อไปนี้

3.1 ไฟลวดเปล่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวลวดที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไฟลวดเปล่าขนาดความยาวลวดที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



หน้าตัดใผ่ลำเปล่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

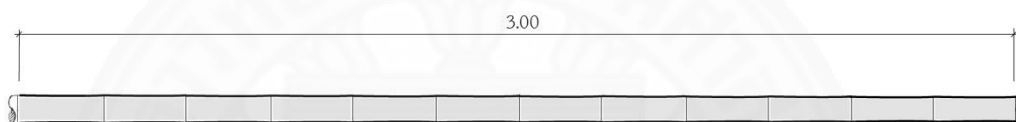


ภาพที่ 3.5 ใผ่ลำเปล่า

3.2 นำชุดการทดสอบที่ 1 มาเสริมแรงโดยวิธีการดังนี้

3.2.1 ใผ่ลำเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวใผ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ใผ่ลำเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ขนาดความยาวใผ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



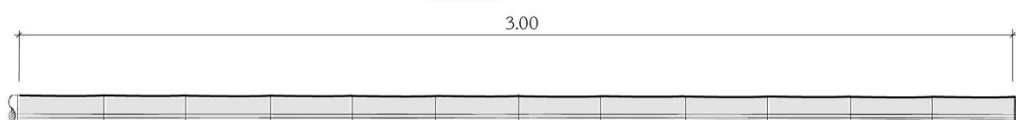
หน้าตัดใผ่ลำเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.6 ใผ่ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

3.2.2 ใผ่ลำเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวใผ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ใผ่ลำเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ขนาดความยาวใผ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



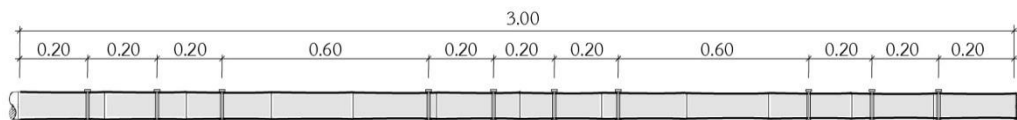
หน้าตัดใผ่ลำเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.7 ใผ่ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม

3.2.3 ใฝ่ล่ำเสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρและเหล็กล่เกลิยวตลอด หนดเส้นผ่นศูนย์กล่ง 3 นิ้ว
ควมยวใฝ่ที่ใ้ในการทดสอบ 3 เมตร

ใฝ่ล่ำเสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρและเหล็กล่เกลิยวตลอด หนดควมยวใฝ่ที่ใ้ในการทดสอบ 3 เมตร



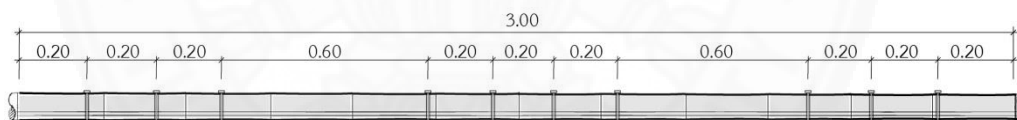
หน้าตใฝ่ล่ำเสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρและเหล็กล่เกลิยวตลอด หนดเส้นผ่นศูนย์กล่ง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.8 ใฝ่ล่ำที่เสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρและเหล็กล่เกลิยวตลอด

3.2.4 ใฝ่ล่ำเสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρ เหล็กล่เส้นกลมและเหล็กล่เกลิยวตลอด หนดเส้นผ่น
ศูนย์กล่ง 3 นิ้ว ควมยวใฝ่ที่ใ้ในการทดสอบ 3 เมตร

**ใฝ่ล่ำเสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρ เหล็กล่เส้นกลมและเหล็กล่เกลิยวตลอด หนดควมยวใฝ่ที่ใ้ในการ
ทดสอบ 3 เมตร**



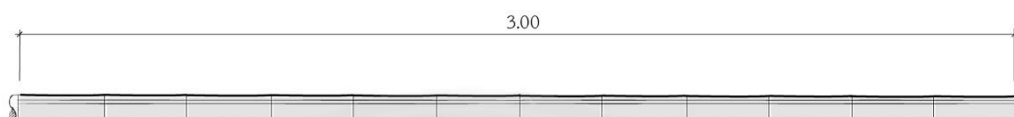
**หน้าตใฝ่ล่ำเสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρ เหล็กล่เส้นกลมและเหล็กล่เกลิยวตลอด หนดเส้นผ่นศูนย์กล่ง
3 นิ้ว**



ภาพที่ 3.9 ใฝ่ล่ำที่เสริมแรงด่ำยมอรร่ตάρ เหล็กล่เส้นกลมและเหล็กล่เกลิยวตลอด

3.2.5 ใฝ่ล่ำเสริมร่งด่วมอ์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ใฝ่ล่ำเสริมร่งด่วมอ์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับร่งอัด (compression rebar) ขนาดความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



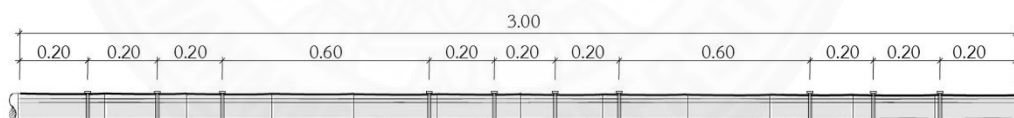
หน้าตัดใฝ่ล่ำเสริมร่งด่วมอ์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับร่งอัด (compression rebar) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.10 ใฝ่ล่ำที่เสริมร่งด่วมอ์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเส้นกลม (compression rebar)

3.2.6 ใฝ่ล่ำเสริมร่งด่วมอ์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ใฝ่ล่ำเสริมร่งด่วมอ์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับร่งอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



หน้าตัดใฝ่ล่ำเสริมร่งด่วมอ์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับร่งอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



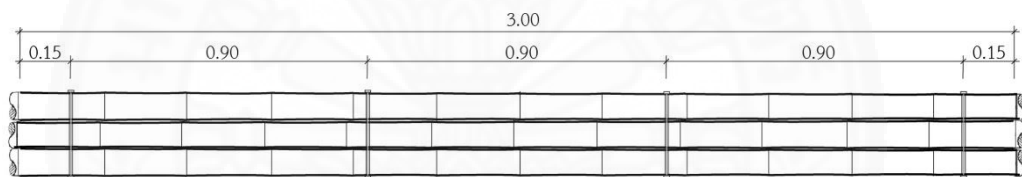
ภาพที่ 3.11 ใฝ่ล่ำที่เสริมร่งด่วมอ์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด



ภาพที่ 3.12 การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงดัดของ ไม้เสริมแรงลำเดี่ยว

3.3 ไม้ 3 ลำเปล่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำเปล่าขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ L/3 (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



หน้าตัดไม้ 3 ลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

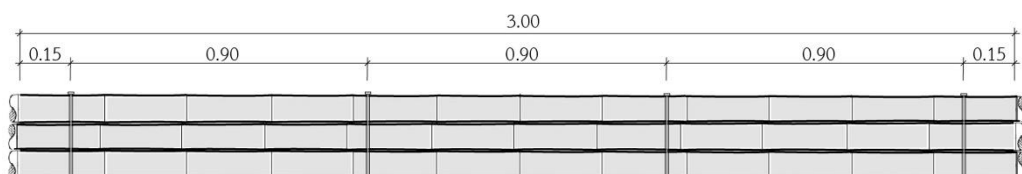


ภาพที่ 3.13 ไม้ 3 ลำเปล่า

3.4 นำชุดการทดสอบที่ 2 มาเสริมแรงโดยวิธีการดังนี้

3.4.1 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ L/3 (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



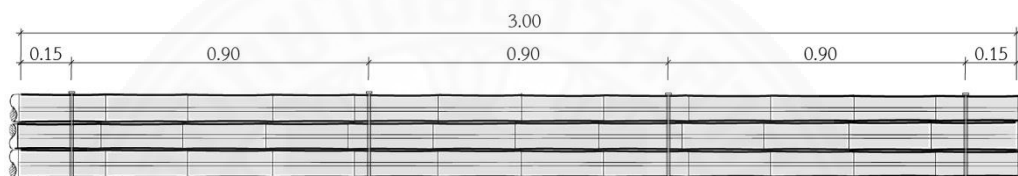
หน้าตัดไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.14 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

3.4.2 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม ขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร
เว้นระยะการเชื่อมต่อ $L/3$ (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



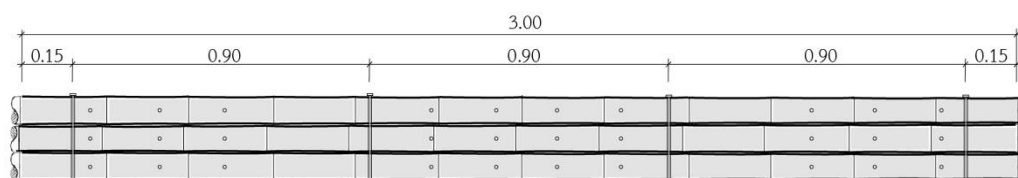
หน้าตัดไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.15 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม

3.4.3 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร
เว้นระยะการเชื่อมต่อ $L/3$ (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



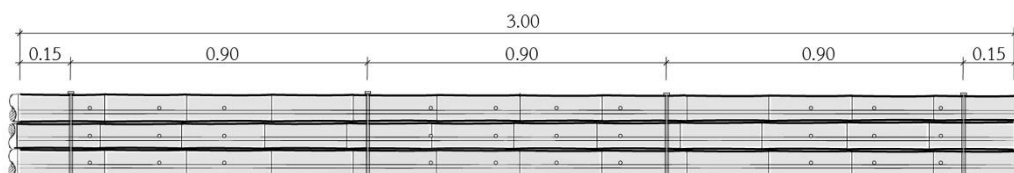
หน้าตัดไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.16 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด

3.4.4 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ L/3 (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



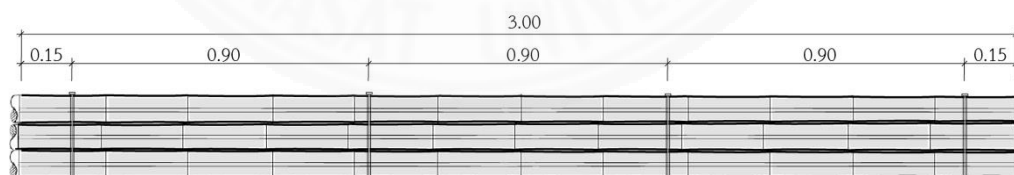
หน้าตัดไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.17 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด

3.4.5 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ L/3 (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



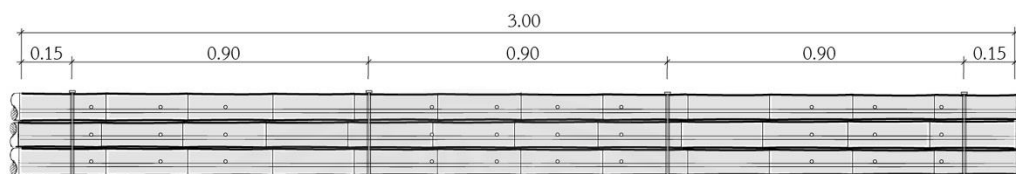
หน้าตัดไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.18 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)

3.4.6 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดความยาวไม้ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ $L/3$ (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



หน้าตัดไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.19 ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด

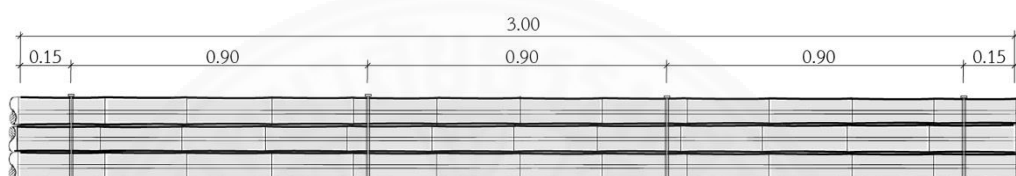


ภาพที่ 3.20 การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงดัดของ ไม้ 3 ลำเสริมแรง

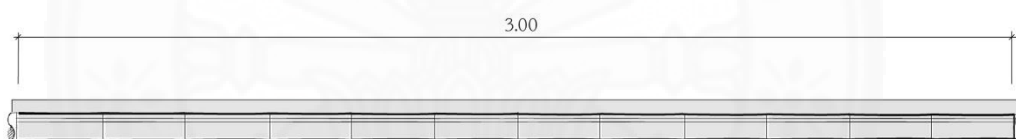
3.5 นำชุดการทดสอบที่ 2 มาเสริมแรงโดยวิธีการดังนี้

3.5.1 ใฝ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

ใฝ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม.ขนาดความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ L/3 (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



รูปตัด ใฝ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม. ขนาดความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



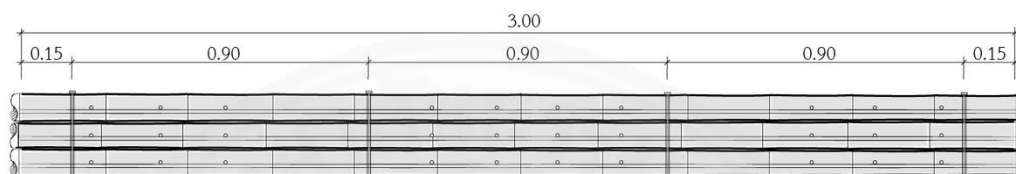
หน้าตัดใฝ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



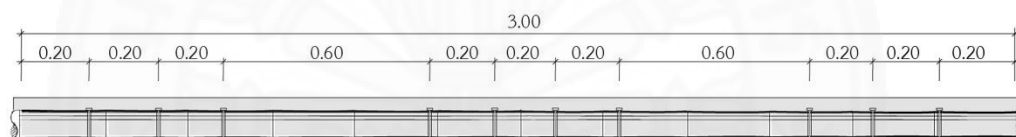
ภาพที่ 3.21 ใฝ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม.

3.5.1 ใฝ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร

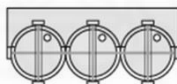
ใฝ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ขนาดความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร เว้นระยะการเชื่อมต่อ $L/3$ (90 เซนติเมตร) ด้วยเหล็กเกลียวตลอด



รูปตัด ใฝ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ขนาดความยาวใฝ่ที่ใช้ในการทดสอบ 3 เมตร



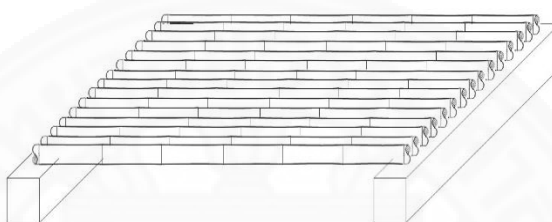
หน้าตัดใฝ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว



ภาพที่ 3.22 ใฝ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.



ภาพที่ 3.23 การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงดัดไฟ 3 ลำเสริมแรงรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม



ภาพที่ 3.24 ลักษณะการใช้งานพื้นไม้สำเร็จรูป

3.6 ชุดทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ โดยวิธีการดังนี้

3.6.1 เตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ ทรงลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร จำนวน 12

ตัวอย่าง



ภาพที่ 3.25 การเตรียมตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

3.8 การทดสอบ

1.การทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์

1.1 นำชิ้นตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร ทดสอบที่ระยะเวลา 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน สามารถคำนวณได้จาก

กำลังอัดของคอนกรีต

$$f_c' = P_u / A$$

- เมื่อ f_c = ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก./ซม.²
 P_u = น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้, กก.
 A = พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ซม.²

ค่าหน่วยน้ำหนักของชิ้นตัวอย่าง

$$WC = W / V$$

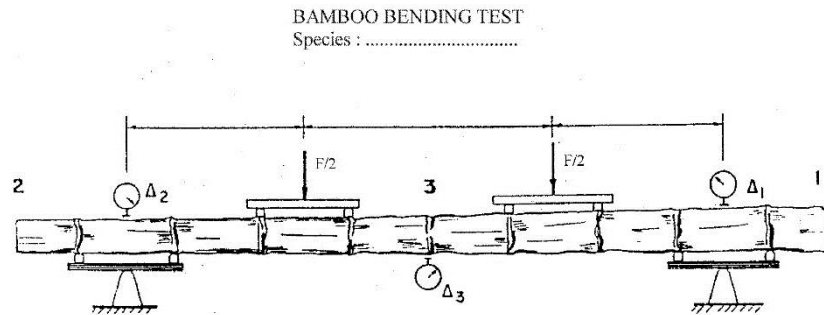
- เมื่อ WC = ความแน่นของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก./ม.³
 W = น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก.
 V = ปริมาตรของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ม.³



ภาพที่ 3.26 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

2. การทดสอบชิ้นตัวอย่างแบบที่ 1 และ ชิ้นตัวอย่างแบบที่ 2 ขึ้นตอนการทดสอบ แบ่งเป็นการทดสอบเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- 2.1. ทดสอบประสิทธิภาพในการรับแรงของไม้เสริมแรง
- 2.2. ทดสอบประสิทธิภาพในการรับแรงของพื้นไม้เสริมแรงสำเร็จรูป



ภาพที่ 3.27 การทดสอบกำลังรับแรงดัดมาตรฐาน ISO 22157

โดยใช้ค่ามาตรฐาน ISO 22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและความสามารถในการรับแรงของวัสดุ มีรายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไผ่ดังนี้



ภาพที่ 3.28 การทดสอบกำลังรับแรงดัด

โมเมนต์อินเนอร์เซีย (Moment of inertia)

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

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก, มิลลิเมตร
T = ความหนาของเนื้อไม้, มิลลิเมตร

หน่วยแรงดัด (Flexural Stress)

$$f_b = Mc/I = M/s$$

f_b = หน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง (Actual Bending Stress, f_b) กก./ซม.²

M = โมเมนต์สูงสุดที่เกิดขึ้นในคาน กก.-ซม.

I = โมเมนต์อินเนอร์เซียรอบแกนสะเทิน ซม.⁴

c = ระยะจากขอบตามแนวตั้งถึงแกนสะเทิน ซม.

3.9 วัสดุและเครื่องมือในการวิจัย

1. วัสดุ

1.1 ไม้ฉากหม่น

1.2 มอร์ต้า

1.3 เหล็กกลม

1.4 เหล็กสตัด

2. อุปกรณ์

2.1 เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)



ภาพที่ 3.29 เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Digital Scale)



ภาพที่ 3.30 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Digital Scale)

2.3 เครื่อง Load cell ขนาด 50 ตัน

2.4 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ



ภาพที่ 3.31 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

2.5 เครื่องแปลงข้อมูล (Data Logger)



ภาพที่ 3.32 เครื่องแปลงข้อมูล (Data Logger)

2.6 เครื่องวัดการโก่งตัว (Dial Gauge)



ภาพที่ 3.33 เครื่องวัดการโก่งตัว (Dial Gauge)

2.7 ตลับเมตร

2.8 เครื่องเลื่อยตัด



ภาพที่ 3.34 เครื่องเลื่อยตัด

2.9 เครื่องเจาะ



ภาพที่ 3.35 เครื่องเจาะ

2.10 เครื่องUTM (Universal Testing Machine)



ภาพที่ 3.36 เครื่องUTM (Universal Testing Machine)

2.11 เครื่องผสมปูน



ภาพที่ 3.37 เครื่องผสมปูน

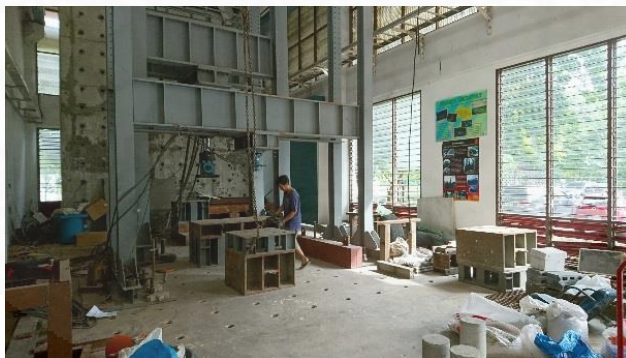
2.9 เครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ISO 22157



ภาพที่ 3.38 เครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ISO 22157

3.10 สถานที่ทดสอบ

อาคารปฏิบัติการและทดสอบ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



ภาพที่ 3.39 อาคารปฏิบัติการและทดสอบ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

3.11 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. เก็บข้อมูลในส่วนของการทดสอบไม้เสริมแรงทั้งหมด แบบละ 3 ครั้ง แล้วนำค่ามาหาค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ

2. นำค่าที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลทั้งหมด มาคำนวณค่าการรับน้ำหนักตามมาตรฐาน ISO22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo เพื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบและกำหนดค่าการทดลอง

3. บันทึกผลการทดสอบ ค่าการรับน้ำหนักของการตัดโค้ง และลักษณะการวิบัติของลำไม้

3.12 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.12.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการรับแรง

นำผลที่ได้จากการคำนวณประสิทธิภาพการรับแรงของพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงไปวิเคราะห์ตามรูปแบบหรือลักษณะการรับแรงของโครงสร้างพื้น

3.12.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของการพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงที่ทดสอบและนำค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้ไปใช้เปรียบเทียบคุณสมบัตกับวัสดุอื่น ๆ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ 1 ลำ

วัสดุที่ใช้ในการเสริมแรงไฟ จากมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม. เหล็กเกลียวตลอด มีผลต่อคุณสมบัติกำลังรับรับแรงดัดที่แตกต่างกัน จากการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ ลักษณะการวิบัติของวัสดุมี 2 แบบ คือ การวิบัติแบบรอยแตกตามความยาว (splitting) และการวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) ดังภาพที่ 4.2 และ 4.4 จากการทดสอบสังเกตได้ว่าวัสดุเสริมแรงที่มีคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดได้ดี สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำลังรับแรงดัดของลำไฟมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงมากขึ้น โดยด้านบนของหน้าตัดลำไฟบริเวณกลางลำจะเกิดลักษณะการวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) เนื่องมาจากพื้นที่รับแรงของลำไฟด้านบนจะงอตัวและเกิดแรงอัดบริเวณส่วนบนของหน้าตัดลำไฟ วัสดุเสริมแรงที่สามารถเสริมกำลังรับแรงอัดบริเวณด้านบนของหน้าตัดลำไฟจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกำลังรับแรงดัดได้ คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟเสริมแรง 1 ลำ รายละเอียดดังตารางที่ 4.1- ตารางที่ 4.7 และความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของลำไฟเสริมแรง 1 ลำ แสดงไว้ในภาคผนวกภาพที่ ก-1 - ภาพที่ ก-7



ภาพที่ 4.1 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของไฟเสริมแรงลำเดี่ยว



ภาพที่ 4.2 การวิบัติแบบรอยแตกตามความยาว (splitting) บริเวณหัวนอตของเหล็กเกลียวตลอด

ตารางที่ 4.1

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ลำเปล่า

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.52	7.54	7.55	7.54
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.935	0.84	0.83	0.87
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.65	5.86	5.89	5.80
ความสูง (L)	ซม.	299.8	299.7	300	299.83
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	19.33	17.67	17.51	18.18
แรงดัดสูงสุด	กก.	350	400	400	383.33
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	157.50	180.00	180.00	172.50
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	5.80	5.24	5.27	5.44
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ซม. ⁴	106.90	100.72	100.37	102.66
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.51	4.6	2.93	3.68
ลักษณะการวิบัติ		local crushing & splitting	splitting	splitting	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	383.33			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	172.50			

ตารางที่ 4.2

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.45	7.23	7.67	7.45
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.99	0.865	1.01	0.96
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.47	5.5	5.65	5.54
ความสูง (L)	ซม.	300.1	300	299.7	299.93
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	20.08	17.29	21.12	19.48
แรงดัดสูงสุด	กก.	500	450	550	500.00
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	225.00	202.50	247.50	225.00
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	6.99	6.40	7.76	7.05
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ซม. ⁴	151.14	134.06	169.80	151.67
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.67	4.8	2.65	3.71
ลักษณะการวิบัติ		local crushing	local crushing & splitting	local crushing	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	500.00			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	225.00			

ตารางที่ 4.3

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.42	7.54	7.23	7.40
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.875	1.095	0.915	0.96
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.67	5.35	5.4	5.47
ความสูง (L)	ซม.	299.7	299.9	300.1	299.90
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	17.98	22.16	18.14	19.43
แรงดัดสูงสุด	กก.	550	583	450	527.67
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	247.50	262.35	202.50	237.45
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	7.56	7.86	7.40	7.61
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ซม. ⁴	148.72	158.58	134.06	147.12
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.6	5.05	2.76	3.80
ลักษณะการวิบัติ		local crushing	local crushing	splitting	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	527.67			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	237.45			

ตารางที่ 4.4

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.24	7.65	7.38	7.42
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.84	0.995	0.99	0.94
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.56	5.66	5.4	5.54
ความสูง (L)	ซม.	299.8	300.2	300	300.00
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	16.88	20.79	19.86	19.17
แรงดัดสูงสุด	กก.	450	530	500	493.33
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	202.50	238.50	225.00	222.00
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	5.81	6.30	8.91	7.01
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ซม. ⁴	134.80	168.03	145.54	149.46
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.61	4.9	3.05	3.85
ลักษณะการวิบัติ		local crushing & splitting	local crushing & splitting	local crushing	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	493.33			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	222.00			

ตารางที่ 4.5

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.48	7.26	7.58	7.44
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	1.005	0.8825	0.88	0.92
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.47	5.495	5.82	5.60
ความสูง (L)	ซม.	299.7	299.7	299.9	299.77
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	20.43	17.67	18.51	18.88
แรงดัดสูงสุด	กก.	550	467	567	528.00
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	247.50	210.15	255.15	237.60
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	8.00	9.31	8.50	8.60
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ซม. ⁴	153.59	136.30	161.97	150.62
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	4.04	4.87	3.53	4.15
ลักษณะการวิบัติ		local crushing & splitting	splitting	local crushing	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	528.00			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	237.60			

ตารางที่ 4.6

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar)

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.58	7.28	7.51	7.46
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.945	0.915	0.875	0.91
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.69	5.45	5.76	5.63
ความสูง (L)	ซม.	299.8	300	300.1	299.97
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	19.69	18.29	18.23	18.74
แรงดัดสูงสุด	กก.	650	617	500	589.00
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	292.50	277.65	225.00	265.05
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	6.71	7.09	9.38	7.73
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ซม. ⁴	161.97	137.81	156.07	151.95
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.55	4.65	3.05	3.75
ลักษณะการวิบัติ		local crushing & splitting	local crushing	local crushing	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	589.00			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	265.05			

ตารางที่ 4.7

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.6	7.28	7.41	7.43
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	1	0.92	0.85	0.92
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.6	5.44	5.71	5.58
ความสูง (L)	ชม.	300.1	300.1	300.1	300.10
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	20.72	18.37	17.51	18.86
แรงดัดสูงสุด	กก.	650	600	533	594.33
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	292.50	270.00	239.85	267.45
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	8.32	8.49	9.97	8.93
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	163.68	137.81	147.92	149.80
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.35	5.3	3.85	4.17
ลักษณะการวิบัติ		local crushing	local crushing	local crushing & splitting	
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	594.33			
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	267.45			

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ 3 ลำ

จากการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ 3 ลำ ลักษณะการวิบัติของวัสดุมี 2 แบบ คือ การวิบัติแบบรอยแตกตามความยาว (splitting) และการวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) ดังภาพที่ 4.4 จากการทดสอบสังเกตได้ว่า โมเมนต์ดัดของการเสริมแรงไฟ 3 ลำ ไม่ได้เพิ่มขึ้นจากตามจำนวนของลำไฟเสริมแรงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากลำไฟไม่เชื่อมต่อกันอย่างเป็นระบบส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ของ โมเมนต์ดัดของการเสริมแรงไฟ 3 ลำลดลง

จากการทดสอบสังเกตได้ว่า คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ 3 ลำ เมื่อเทมอร์ตาร์ทับด้านบนที่มีความหนา 5 ซม. กำลังรับแรงดัดของไฟเสริมแรงจะสูงขึ้น โดยด้านบนของหน้าตัดลำไฟบริเวณกลางลำจะเกิดลักษณะการวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) เนื่องจากพื้นที่รับแรงของลำไฟด้านบนจะงอตัวและเกิดแรงอัดบริเวณส่วนบนของหน้าตัดลำไฟ เมอร์ตาร์มีคุณสมบัติในกำลังการรับแรงอัดได้ดี ซึ่งสามารถช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำลังรับแรงดัดของลำไฟมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงมากขึ้นรายละเอียดดังตารางที่ 4.8- ตารางที่ 4.16 และความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของลำไฟเสริมแรง 3 ลำ แสดงไว้ในแสดงไว้ในภาคผนวกภาพที่ ก-8 - ภาพที่ ก-16



ภาพที่ 4.3 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของไฟเสริมแรง 3 ลำ



ภาพที่ 4.4 การวิบัติแบบแรงเฉือน (local crushing) และการวิบัติจากแรงอัดบริเวณส่วนบนของหน้าตัดลำไฟ

ตารางที่ 4.8

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.36	7.54	7.59	7.50	7.42	7.71	7.56	7.53	7.6	7.8	7.55	7.65
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.97	1.02	1.05	1.01	0.92	0.83	1.18	1.00	0.85	0.975	1.1	0.975
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.42	5.5	5.49	5.47	5.58	6.05	5.2	5.53	5.9	5.85	5.35	5.7
ความสูง (L)	ชม.	299.8	300.1	299.7	299.87	299.8	299.8	300	299.87	300.1	299.7	299.8	299.87
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	19.46	20.88	21.56	20.64	18.78	17.93	23.64	20.12	18.02	20.89	22.28	20.40
แรงดัดสูงสุด	กก.	900				1000				850			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	405.00				450.00				382.50			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	6.21				6.01				7.67			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	6.63											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	101.63	113.68	118.25	333.56	101.15	107.64	124.39	333.18	104.23	124.14	119.22	347.60
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.45	4.5	4.67	4.87	6	5.23	5.3	5.51	4.5	4.74	3.23	4.16
ลักษณะการวิบัติ		splitting				splitting				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	916.67											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	412.50											

ตารางที่ 4.9

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไฟ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.15	7.53	7.54	7.41	7.87	7.3	7.52	7.56	7.84	7.39	7.63	7.62
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.875	0.94	0.87	0.90	1.04	0.86	1.04	0.98	1.07	0.965	0.99	1.01
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.4	5.65	5.8	5.62	5.79	5.58	5.44	5.60	5.7	5.46	5.65	5.60
ความสูง (L)	ชม.	300.1	300	300.1	300.07	300	299.8	300.2	300	299.9	300.2	299.7	299.93
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	17.24	19.45	18.22	18.30	22.30	17.39	21.16	20.29	22.75	19.47	20.64	20.95
แรงดัดสูงสุด	กก.	1150				1000				1350			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	517.50				450.00				607.50			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	6.38				5.41				6.62			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	6.14											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	128.23	157.74	158.58	444.54	188.21	139.33	156.90	484.44	185.36	146.33	166.28	497.97
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	3.5	4.23	4.54	4.09	5	3.75	3.21	3.99	4.63	3.85	3.1	3.86
ลักษณะการวิบัติ		local crushing				local crushing & splitting				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1166.67											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	525.00											

ตารางที่ 4.10

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	6.98	7.34	7.44	7.25	7.39	7.6	7.77	7.59	7.72	7.17	7.11	7.33
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.89	0.945	0.835	0.89	0.92	1.13	0.97	1.01	1.1	0.895	0.855	0.95
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.2	5.45	5.77	5.47	5.55	5.34	5.83	5.57	5.52	5.38	5.4	5.43
ความสูง (L)	ชม.	299.7	299.7	300.2	299.87	299.9	300.1	300.2	300.07	300.2	299.8	299.8	299.93
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	17.02	18.98	17.32	17.77	18.69	22.96	20.71	20.79	22.87	17.63	16.79	19.10
แรงดัดสูงสุด	กก.	1300				1317				1083			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	585.00				592.65				487.35			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	6.81				5.04				6.24			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	6.03											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	116.46	142.41	150.33	409.19	146.33	163.68	178.83	488.84	174.27	129.67	125.38	429.31
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.12	4.34	2.9	4.12	5.1	3.68	3.15	3.98	5.61	3.74	3	4.12
ลักษณะการวิบัติ		local crushing				local crushing				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1233.33											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	555.00											

ตารางที่ 4.11

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.32	7.51	7.14	7.32	7.71	7.15	7.19	7.35	7.84	7.54	7.2	7.53
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.84	0.955	0.98	0.925	0.96	0.785	0.68	0.81	1.22	0.935	0.795	0.983
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.64	5.6	5.18	5.47	5.79	5.58	5.83	5.73	5.4	5.67	5.61	5.56
ความสูง (L)	ชม.	299.8	300.1	300.1	300	300.1	300.2	300	300.1	300.3	299.7	300	300
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	17.09	19.66	18.96	18.57	20.35	15.69	13.90	16.65	25.36	19.39	15.99	20.25
แรงดัดสูงสุด	กก.	1250				1050				1150			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	562.50				472.50				517.50			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	6.90				4.21				5.94			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	5.68											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	140.86	156.07	127.51	424.44	173.37	128.23	131.12	432.71	185.36	158.58	131.85	475.78
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.63	3.35	3.86	4.28	4.8	4.05	4.37	4.41	5.06	4.4	4.75	4.74
ลักษณะการวิบัติ		local crushing & splitting				local crushing				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1150.00											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	517.50											

ตารางที่ 4.12

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.71	7.54	7.58	7.61	7.46	7.33	7.3	7.36	7.41	7.43	7.73	7.52
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.955	1	1.075	1.01	0.805	0.77	0.71	0.76	0.9	0.855	1.09	0.95
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.8	5.54	5.43	5.59	5.85	5.79	5.88	5.84	5.61	5.72	5.55	5.63
ความสูง (L)	ชม.	299.8	299.7	300.2	299.9	300.3	299.9	300.1	300.1	300.3	299.7	300	300
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	20.26	20.54	21.96	20.92	16.82	15.86	14.69	15.79	18.40	17.65	22.73	19.59
แรงดัดสูงสุด	กก.	1400				1300				1083			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	630.00				585.00				487.35			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	6.25				5.86				6.05			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	6.05											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	173.37	158.58	161.97	493.91	151.95	141.63	139.33	432.91	147.92	149.52	175.17	472.61
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.04	6.1	4.55	5.23	5.09	4.36	3.79	4.41	5.2	5.41	3.99	4.87
ลักษณะการวิบัติ		local crushing				local crushing & splitting				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1261.00											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	567.45											

ตารางที่ 4.13

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar)

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.86	7.17	7.41	7.48	7.15	7.64	7.31	7.37	7.54	7.86	7.16	7.52
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	1.025	0.9	0.935	0.95	0.86	1.02	1.005	0.96	0.95	1.03	0.835	0.94
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.81	5.37	5.54	5.57	5.43	5.6	5.3	5.44	5.64	5.8	5.49	5.64
ความสูง (L)	ชม.	300.3	299.8	300.1	300.07	299.8	299.7	299.9	299.8	300.2	300.2	300	300.13
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	22.00	17.72	19.01	19.58	16.99	21.20	19.90	19.36	19.66	22.09	16.58	19.44
แรงดัดสูงสุด	กก.	1400				1250				1467			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	630.00				562.50				660.15			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	5.70				7.11				5.67			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	6.16											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	187.26	129.67	147.92	464.84	128.23	167.16	140.09	435.48	158.58	187.26	128.94	474.78
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.07	4.26	3.82	4.38	5.88	4.82	3.37	4.69	5.53	4.41	3.41	4.45
ลักษณะการวิบัติ		local crushing				local crushing & splitting				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1372.33											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	617.55											

ตารางที่ 4.14

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ชม.	7.61	7.8	7.34	7.58	7.16	7.53	7.36	7.35	7.49	7.7	7.25	7.48
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ชม.	0.975	0.945	0.99	0.97	0.88	0.97	0.96	0.94	0.96	1.06	0.845	0.96
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ชม.	5.66	5.91	5.36	5.64	5.4	5.59	5.44	5.48	5.57	5.58	5.56	5.57
ความสูง (L)	ชม.	300	300.1	300.1	300.07	300.1	299.7	299.7	299.83	299.9	299.7	300.1	299.90
พื้นที่ (A)	ตร.ชม.	20.31	20.34	19.74	20.13	17.35	19.98	19.29	18.88	19.68	22.10	16.99	19.59
แรงดัดสูงสุด	กก.	1414				1150				1500			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	636.30				517.50				675.00			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ชม.	6.02				6.12				6.25			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ชม.	6.13											
โมเมนต์อินเนอร์เซีย	ชม. ⁴	164.55	181.61	142.41	488.56	128.94	157.74	143.97	430.65	154.41	172.47	135.55	462.43
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.9	5.08	3.67	4.88	5.19	4.42	3.4	4.34	5.05	4.47	3.97	4.50
ลักษณะการวิบัติ		local crushing				local crushing & splitting				local crushing & splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1354.67											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	609.60											

ตารางที่ 4.15

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ท เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.27	7.87	7.26	7.467	7.19	7.68	7.6	7.49	7.32	7.3	7.48	7.37
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.985	1.035	0.885	0.97	0.825	0.885	0.975	0.90	0.785	0.885	1.02	0.90
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	5.3	5.8	5.49	5.53	5.54	5.91	5.65	5.70	5.75	5.53	5.44	5.57
ความสูง (L)	ซม.	300.1	300	300.2	300.10	299.9	300.3	299.7	299.97	299.7	300.3	299.8	299.93
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	19.44	22.21	17.72	19.79	16.49	18.88	20.28	18.55	16.11	17.83	20.69	18.21
แรงดัดสูงสุด	กก.	1750				1400				1667			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	787.50				630.00				750.15			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	9.39				8.43				8.51			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ซม.	8.77											
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	5.93	4.76	3.37	4.69	5.81	5.53	3.94	5.09	5.45	4.56	3.78	4.60
ลักษณะการวิบัติ		splitting				splitting				splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.	1605.67											
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.	722.55											

ตารางที่ 4.16

คุณสมบัติกำลังรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

รายละเอียด		ตัวอย่างที่ 1				ตัวอย่างที่ 2				ตัวอย่างที่ 3			
		A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย	A1	A2	A3	เฉลี่ย
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (D)	ซม.	7.69	7.37	7.35	7.47	7.25	7.36	7.89	7.50	7.4	7.28	7.43	7.37
ความหนาของเนื้อไม้ (t)	ซม.	0.83	0.91	0.635	0.79	0.96	0.84	0.97	0.92	0.975	0.69	0.645	0.77
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d)	ซม.	6.03	5.55	6.08	5.89	5.33	5.68	5.95	5.65	5.45	5.9	6.14	5.83
ความสูง (L)	ซม.	299.9	299.7	300.3	299.97	300.3	299.7	299.9	299.97	299.9	299.9	299.7	299.83
พื้นที่ (A)	ตร.ซม.	17.88	18.46	13.39	16.58	18.96	17.20	21.08	19.08	19.67	14.28	13.74	15.90
แรงดัดสูงสุด	กก.	1717				1800				1567			
โมเมนต์ดัดสูงสุด	กก.ม.	772.65				810.00				705.15			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคาน	ซม.	9.40				10.08				9.35			
ค่าการโก่งตัวที่กลางคานเฉลี่ย	ซม.					9.61							
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์	เปอร์เซ็นต์	4.92	4.78	3.73	4.48	5.64	4.17	4.87	4.89	4.42	4.72	4.22	4.45
ลักษณะการวิบัติ		splitting				splitting				splitting			
แรงดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.					1694.67							
โมเมนต์ดัดสูงสุด เฉลี่ย	กก.ม.					762.60							

4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

จากการทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ ขนาดชิ้นตัวอย่างทดสอบเท่ากับ 5x5x5 เซนติเมตร ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบที่ระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ เฉลี่ยเท่ากับ 127.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 166.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 188.53 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 200.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่างทดสอบที่ระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ เฉลี่ยเท่ากับ 2344 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 2312 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 2308 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 2285 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยการเตรียมตัวอย่างทดสอบใช้มอร์ตาร์ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์ มีความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 166.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร รายละเอียดดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17

คุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์

ตัวอย่างทดสอบ	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.) เฉลี่ย	ความหนาแน่น (กก./ม. ³)เฉลี่ย	ความต้านทาน แรงอัด (กก./ซม. ²) เฉลี่ย
ชิ้นตัวอย่างทดสอบ ระยะเวลา 1 สัปดาห์	25.75	2344	127.73
ชิ้นตัวอย่างทดสอบ ระยะเวลา 2 สัปดาห์	25.85	2312	166.8
ชิ้นตัวอย่างทดสอบ ระยะเวลา 3 สัปดาห์	25.60	2308	188.53
ชิ้นตัวอย่างทดสอบ ระยะเวลา 4 สัปดาห์	25.45	2285	200.10








ภาพที่ 4.5 ชิ้นตัวอย่างทดสอบความต้านทานแรงอัด

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของวัสดุเสริมแรง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของวัสดุเสริมแรงที่ทำจากไผ่ลำ โดยเปรียบเทียบไผ่ลำเปล่าที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.50 กิโลกรัมเมตร กับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30.43% ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.45 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.65% ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 222 กิโลกรัมต่อเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 28.70% ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.60 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.74% ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 265.05 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 53.65% ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 267.45 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุด ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 55.04% รายละเอียดดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ 1 ลำที่มีการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไผ่		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไผ่ลำเปล่า	172.50	-
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	225	30.43
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	237.45	37.65
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	222	28.70
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	237.60	37.74

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 1 ลำที่มีการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้	โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	265.05	53.65
ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	267.45	55.04

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของวัสดุเสริมแรงที่ทำจากไม้ 3 ลำ โดยเปรียบเทียบไม้ลำเปล่าที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร กับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 525 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 27.27% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 555 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 34.55% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 517.50 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 25.45% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 567.45 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.56% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 617.55 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 49.71% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 609.60 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 47.78% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 722.55 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 75.16% ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 762.60 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 84.87% รายละเอียดดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่มีการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้	โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัด สูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
 ไม้ลำเปล่า	412.50	-
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	525	27.27
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และ เหล็กเส้นกลม	555	34.55
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และ เหล็กเกลียวตลอด	517.50	25.45
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียว ตลอด	567.45	37.56
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และ เหล็กเส้นกลม (compression rebar)	617.55	49.71
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	609.60	47.78
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความ หนา 5 ซม.	722.55	75.16
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซ.ม.	762.60	84.87

4.4.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่ใช้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.20



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ลำเดี่ยวที่ใช้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไผ่		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	225	-	30.43
	ไผ่ลำเปล่า	172.50	52.50	

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่ใช้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 52.50 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30.43% รายละเอียดดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.21

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไผ่		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	525	-	27.27
	ไผ่ลำเปล่า	412.50	112.50	

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 525 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 112.50 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 27.27% รายละเอียดดังตารางที่ 4.21

4.4.2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไม้ที่ใช้เหล็กเส้นกลมในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.22

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ลำเดียวที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	237.45	-	-
	ไม้ลำเปล่า	172.50	64.95	37.65
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	225	12.45	5.53

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไม้ที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.45 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 64.95 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.65% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 12.45 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.53% รายละเอียดดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.23

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้		โมเมนต์ดัด สูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัด สูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ ดัดสูงสุดที่ เพิ่มขึ้น (%)
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	555	-	-
	ไม้ลำเปล่า	412	142.50	34.55
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	525	30	5.71

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 555 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าหน่วยแรงดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 142.50 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 34.55% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 525 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.71% รายละเอียดดังตารางที่ 4.23

4.4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่ใช้เหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.24



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ลำเดี่ยวที่ไข่มอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไผ่		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	222	-	-
	ไผ่ลำเปล่า	172.50	49.50	28.70
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	225	-3	-1.33

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่ไข่มอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 222 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 49.50 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 28.70% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -3 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -1.33% รายละเอียดดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.25

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้		โมเมนต์ดัด สูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัด สูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ ดัดสูงสุดที่ เพิ่มขึ้น (%)
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	517.50	-	-
	ไม้ลำเปล่า	412.50	105	25.45
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	525	-7.50	-1.43

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 517.50 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 105 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 25.45% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 525 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -7.50 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -1.43% รายละเอียดดังตารางที่ 4.25

4.4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่ใช้ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.26

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ลำเดี่ยวที่ไข่มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอดกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไผ่		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	237.60	-	-
	ไผ่ลำเปล่า	172.50	65.10	37.74
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	237.45	0.15	0.06
	ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	222	15.60	7.03

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่ไข่มอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.60 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 65.10 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.74% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ค่าหน่วยแรงดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.45 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.15 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.06% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 222 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 15.60 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.03% รายละเอียดดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.27

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้	โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	567.45	-	-
 ไม้ลำเปล่า	412.50	154.95	37.56
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	555	12.45	2.24
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	517.50	49.95	9.65

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 567.45 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร หน่วยแรงดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 154.95 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 37.56% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 555 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 12.45 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.24% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 517.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 49.95 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 9.65% รายละเอียดดังตารางที่ 4.27

4.4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลวดที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.28

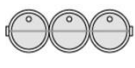
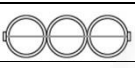
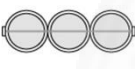
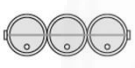
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลวดเดี่ยวที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงลวด		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ลวดที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	265.05	-	-
	ลวดเปล่า	172.50	92.55	53.65
	ลวดที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	225	40.05	17.80
	ลวดที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม	237.45	27.6	11.62

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลวดที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 265.05 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับลวดเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 92.55 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 53.65% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับลวดที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 225 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 40.05 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.80% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับลวดที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.45 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 27.6 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 11.62% รายละเอียดดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.29

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม
(Compression Rebar) ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้		โมเมนต์ดัด สูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุด ที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ ดัดสูงสุดที่ เพิ่มขึ้น (%)
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	617.55	-	-
	ไม้ลำเปล่า	412.50	205.05	49.71
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	525	92.55	17.63
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	555	62.55	11.27

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 617.55 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.5 กิโลกรัมต่อเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 205.05 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 49.71% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 525 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 92.55 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.63% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 555 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 62.55 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 11.27% รายละเอียดดังตารางที่ 4.29

4.4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลําไผ่ที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.30

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลําไผ่เดี่ยวที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอดกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

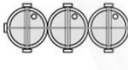
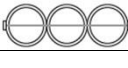
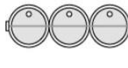
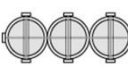
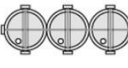
วิธีการเสริมแรงไผ่	โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
 ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	267.45	-	-
 ไผ่ลําเปล่า	172.50	94.950	55.04
 ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	265.05	2.40	0.91
 ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด	222	45.45	20.47
 ไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด	237.60	29.85	12.56

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลําไผ่ที่ใช้มอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 267.45 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ลําเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 172.5 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 94.95 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 55.04% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ

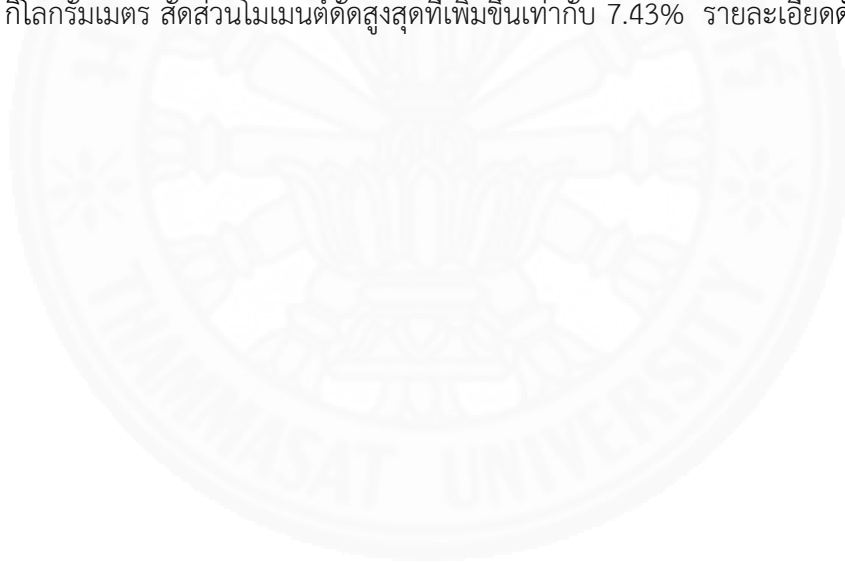
265.05 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.4 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.91% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 222 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 45.45 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 20.47% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 237.60 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 29.85 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 12.56% รายละเอียดดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.31

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้มอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้		โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	609.6	-	-
	ไม้ลำเปล่า	412.50	197.10	47.78
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	617.55	-7.95	-1.29
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	517.5	92.10	17.80
	ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด	567.45	42.15	7.43

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 609.60 กิโลกรัมต่อเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 197.10 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 47.78% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 617.55 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -7.95 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -1.29% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 517.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 92.10 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.80% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 567.45 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 42.15 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 7.43% รายละเอียดดังตารางที่ 4.31



4.4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลําไม้ที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.32

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลํา ที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ท เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้	โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ท และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	722.55	-	-
 ไม้ลําเปล่า	412.50	310.05	75.16
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ทและเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	617.55	105	17.00

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลําที่ใช้มอร์ตาร์ทและเหล็กเส้นกลม (compression rebar) เททับด้วยมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 722.55 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลําเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 310.05 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 75.16% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ทและเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 617.55 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 105 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.00% รายละเอียดดังตารางที่ 4.32

4.4.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไม้ที่ใช้ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ในการเสริมแรงกับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

ตารางที่ 4.33

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำ ที่ใช้ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. กับวัสดุอื่นที่ใช้ในการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไม้	โมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ย (กก.ม.)	โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (กก.ม.)	สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (%)
 ไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม(Compression) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	762.60	-	-
 ไม้ลำเปล่า	412.50	350.10	84.87
 เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	609.60	153	25.10

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้ 3 ลำที่ใช้มอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด เททับด้วยมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ในการเสริมแรงมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 762.60 กิโลกรัมเมตร เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ลำเปล่า ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 412.50 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 350.10 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 84.87% เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 609.60 กิโลกรัมเมตร โมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 153 กิโลกรัมเมตร สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 25.10% รายละเอียดดังตารางที่ 4.33

4.5 ประสิทธิภาพและค่าความปลอดภัยในการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรง

การคำนวณหาประสิทธิภาพการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงสามารถรับน้ำหนักได้ตามค่าส่วนปลอดภัยของไม้ก่อสร้าง จากกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

4.5.1 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรง

สามารถคำนวณจากสูตร

โมเมนต์ดัดสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ

$$M_{\max} \text{ (at center)} = WL^2/8$$

โดย

M_{\max} คือ โมเมนต์รับแรงดัดสูงสุด, กก.

W คือ น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจาย, กก.

L คือ ความยาวคาน, ซม.

M_{\max} หาได้จากสูตรการคำนวณ $M_{\max} \text{ (between Loads)} = Pa$

ค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ

$$\Delta_{\max} \text{ (at center)} = 5wl^4/384EI$$

โดย

Δ_{\max} คือ ค่าการโก่งตัวสูงสุด, ซม.

W คือ น้ำหนักบรรทุกแผ่กระจาย, กก./ม.

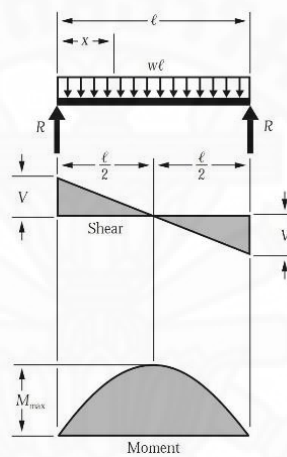
L คือ ความยาวคาน, ซม.

EI คือ Flexural rigidity, กก.ซม.²

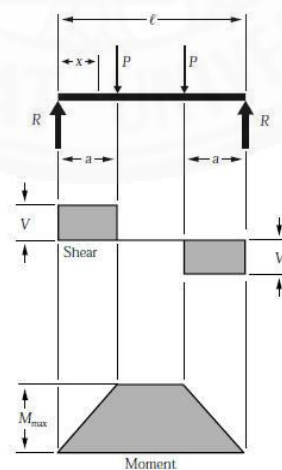
ค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\Delta_{\max} \text{ (at center)} = Pa(3l^2 - 4a^2)/24EI$$

- โดย Δ_{\max} คือ ค่าการโก่งตัวสูงสุด, ซม.
 W คือ น้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย, กก./ม.
 L คือ ความยาวคาน, ซม.
 EI คือ Flexural rigidity, กก.ซม.²



ภาพที่ 4.6 Simple Beam – Uniformly Distributed Load คานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 4.7 Simple Beam – Two Equal Concentrated Loads Symmetrically Placed คานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

4.5.2 การคำนวณประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรง

ตัวอย่างที่ 1 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม

ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 6.5 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์จากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.0065) \\ &= 5374.04 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 5374 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1166.67 กิโลกรัม

$$M_{\max} Pa = 525 \text{ กิโลกรัมเมตร}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (525 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 646 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 511 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ 414 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	342 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	287 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	245 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	211 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ	184 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ	162 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(5374.04)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 215 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 2 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม

ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 6.18 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity(EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมจากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.00618) \\ &= 5652.31 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 5652 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1233.33 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 555 \text{ กิโลกรัม}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (555 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 683 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 540 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ 437 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ 361 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ 304 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ 259 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ 223 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ 194 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ 171 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้น
 กลมบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดียว
 น้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่
 ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(5652.31)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
 และเหล็กเส้นกลมคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 226 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 159 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 3 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม

ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 6.34 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดจากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.00634) \\ &= 5509.66 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 5509 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1150 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 517.5 \text{ กิโลกรัม}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (517.5 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 637 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 503 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ 408 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ 337 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ 283 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ 241 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ 208 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ 181 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ 159 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดียว น้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(5509.66)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอดคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 221 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
 ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 155 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 4 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม

ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 6.26 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดจากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวนำหน้าหน้ากระทำ สองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.00626) \\ &= 5580.07 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 5580 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรง ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1261 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 567.45 \text{ กิโลกรัม}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (567.45 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 698 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 552 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	447	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	369	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	310	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	264	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	228	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ	199	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ	175	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดียว น้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5^4/384(5580.07)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอดคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	223	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	157	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 5 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 5.89 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) จากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.00589) \\ &= 5930.60 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 5930 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1372.33 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 617.55 \text{ กิโลกรัม}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (617.55 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ 760 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ 601 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	486	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	402	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	338	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	288	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	248	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ	216	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ	190	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(5930.60)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	237	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	167	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 6 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม
ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 5.95 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดจากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดียน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.00595) \\ &= 5870.80 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 5870.80 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1354.67 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 609.6 \text{ กิโลกรัม}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (609.6 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	750	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	593	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	480	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	397	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	333	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	284	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	245	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ	213	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ	188	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตร ถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(5870.80)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดคือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	235	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	165	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 7 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เท่ากับ 100 กิโลกรัม

ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 1.9067 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. จากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.0019067) \\ &= 18320.27 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 18320 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1605.67 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 722.55 \text{ กิโลกรัม}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (722.55 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	889	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	703	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	569	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	470	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	395	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	337	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	290	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ	253	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ	222	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยว น้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(18320.27)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	733	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	515	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	375	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	282	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	217	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	171	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 8 ประสิทธิภาพของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

การหาค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 3 เมตร

กำหนดให้ใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 100 กิโลกรัม
ค่าการโก่งตัวที่ช่วงเส้นตรง (Linear elastic) เฉลี่ยเท่ากับ 1.6734 มิลลิเมตร

คำนวณหา Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. จากสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุล

$$\begin{aligned} EI &= ((100/2) \times 0.9) \times ((3 \times 2.7^2) - (4 \times 0.9^2)) / (24 \times 0.0016734) \\ &= 20874.42 \text{ กิโลกรัมเมตร}^2 \text{ หรือ } 20874 \times 10^4 \text{ กิโลกรัมเซนติเมตร}^2 \end{aligned}$$

คำนวณหาประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตร

แรงดัดสูงสุด เฉลี่ยเท่ากับ 1694.67 กิโลกรัม

$$M_{\max} \text{ Pa} = 762.60 \text{ กิโลกรัมเมตร}$$

คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจาย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$W = (762.60 \times 8) / L^2$$

นำค่าที่ได้ไปหารความกว้างของพื้นที่รับแรง เท่ากับ 0.25 เมตร และ หารด้วยค่าส่วนปลอดภัย (factor of safety) งานในร่ม สำหรับไม้ก่อสร้างชั้น 2 เท่ากับ 6.5

ดังนั้น ความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	939	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	742	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	601	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	496	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	417	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	355	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	306	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.75 เมตร เท่ากับ	267	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 4.00 เมตร เท่ากับ	235	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตรวจสอบการโก่งตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น เท่ากับ 2 เมตรถึง 4 เมตรจากสมการ

$$\Delta_{\text{allow}} (\text{Limit deflection}) = L/240$$

นำค่า Limit deflection ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร

$$1/w = 5l^4/384(20874.42)(L/240)$$

ดังนั้น น้ำหนักบรรทุกทุกปอดภัยใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. คือ

ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.00 เมตร เท่ากับ	836	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.25 เมตร เท่ากับ	586	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.50 เมตร เท่ากับ	428	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 2.75 เมตร เท่ากับ	321	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.00 เมตร เท่ากับ	247	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.25 เมตร เท่ากับ	195	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
ช่วงความยาวของแผ่นพื้น 3.50 เมตร เท่ากับ	156	กิโลกรัมต่อตารางเมตร

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาคุนสมบัติการรับแรงดัดของลำไผ่เสริมแรง

การทดสอบคุนสมบัติการรับแรงดัดของลำไผ่ที่มีการเสริมแรงจากตารางที่ 4.1 - ตารางที่ 4.16 พบว่าวัสดุเสริมแรงที่มีคุนสมบัติกำลังรับแรงอัดได้ดี สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำลังรับแรงดัดของลำไผ่มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงมากขึ้น โดยด้านบนของหน้าตัดลำไผ่บริเวณกลางลำ จะเกิดลักษณะการวิบัติจากแรงอัด เนื่องมาจากพื้นที่รับแรงของลำไผ่ด้านบนจะงอตัวและเกิดแรงอัดบริเวณกลางลำ วัสดุเสริมแรงที่สามารถเสริมกำลังรับแรงอัดบริเวณด้านบนของหน้าตัดลำไผ่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกำลังรับแรงดัดสูงสุดได้ และจากการทดสอบสังเกตได้ว่าโมเมนต์ดัดของการเสริมแรงไผ่ 3 ลำ ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนของลำไผ่เสริมแรงที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากลำไผ่ไม่ผสานเป็นชิ้นเดียวกันโดยสมบูรณ์แบบ ส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ของโมเมนต์ดัดสูงสุดของการเสริมแรงไผ่ 3 ลำ ลดลง

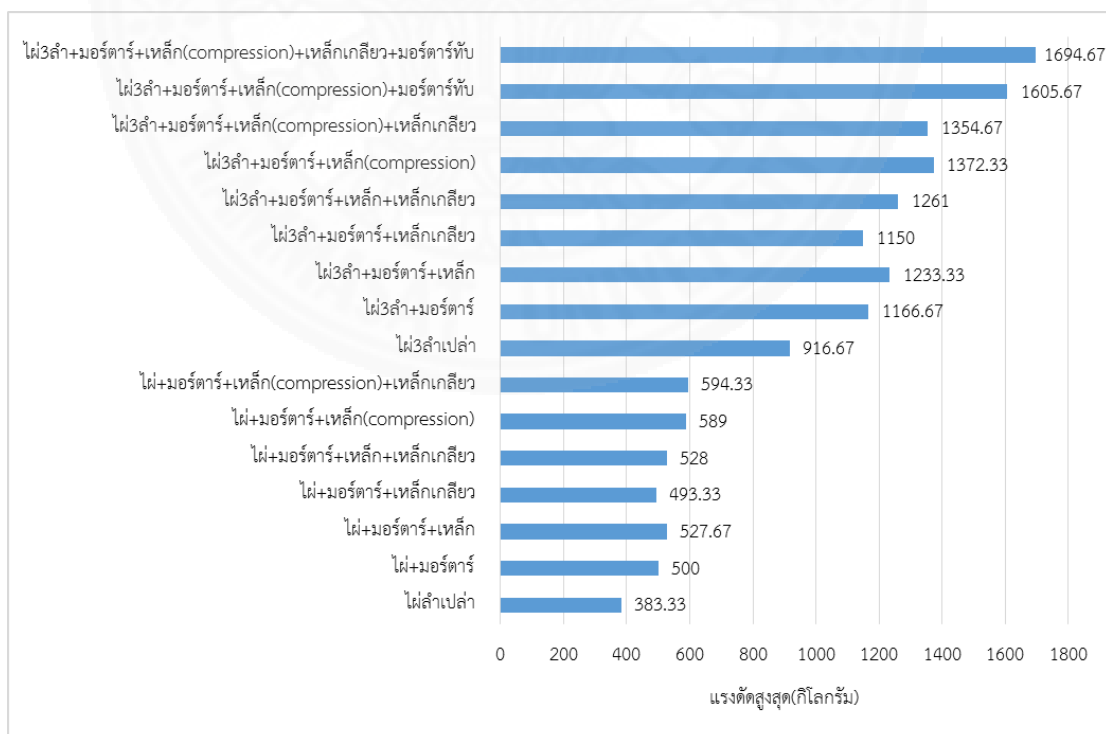
การทดสอบคุนสมบัติการรับแรงดัดของลำไผ่ที่มีการเสริมแรงจากตารางที่ 4.1 - ตารางที่ 4.7 พบว่าประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ลำเปล่ามีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 383.33 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 702.38 กิโลกรัมต่อเมตร ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้มากที่สุด เท่ากับ 594.33 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 1084.35 กิโลกรัมเมตร ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้น้อยที่สุดเท่ากับ 500 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 887.36 กิโลกรัมเมตร

การทดสอบคุนสมบัติการรับแรงดัดของไผ่ 3 ลำที่มีการเสริมแรงจากตารางที่ 4.8 - ตารางที่ 4.16 พบว่าประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไผ่ลำเปล่ามีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 916.67 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 512.44 กิโลกรัมเมตร ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้มากที่สุด เท่ากับ 1354.67 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 792.14 กิโลกรัมเมตร ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้น้อยที่สุดเท่ากับ 1166.67 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 667.94 กิโลกรัมเมตร

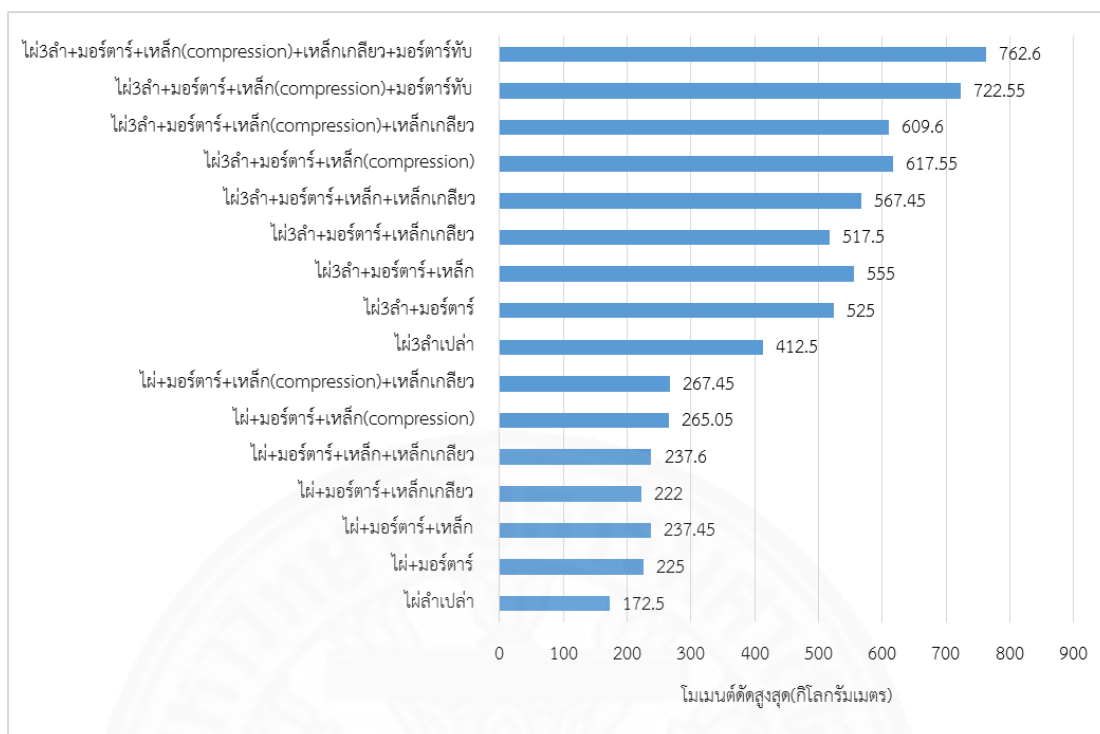
การทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของใผ่ 3 ลำที่มีการเสริมแรงทับด้วยมอร์ตาร์ที่ความหนา 5 เซนติเมตร จากตารางที่ 4.15 - ตารางที่ 4.16 พบว่าประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) มีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 1605.67 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 971.09 กิโลกรัมเมตร ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 1694.67 กิโลกรัม หรือโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 1101.70 กิโลกรัมเมตร



ภาพที่ 5.1 การทดสอบแผ่นพื้นสำเร็จทับด้วยมอร์ตาร์ที่ (1/3)L ของความยาวลำใผ่



ภาพที่ 5.2 ความสามารถในการต้านทานแรงดัดสูงสุดจากวิธีต่าง ๆ ของการเสริมแรงใผ่



ภาพที่ 5.3 ความสามารถในการต้านทานโมเมนต์ดัดสูงสุดจากวิธีต่าง ๆ ของการเสริมแรงไม้

จากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดัดสูงสุดแบบต่าง ๆ ในการเสริมแรงไม้ดังภาพที่ 5.2 และภาพที่ 5.3 วัสดุเสริมแรงที่สามารถเสริมกำลังรับแรงอัดบริเวณด้านบนของหน้าตัดลำไม้และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกำลังรับแรงดัดได้ดีที่สุดคือวิธีการเสริมแรงลำไม้โดยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) เนื่องจากลำไม้จะเกิดการวิบัติจากแรงอัดด้านบนของหน้าตัดลำไม้ที่บริเวณส่วนบนของหน้าตัดลำไม้ และการเสริมแรงโดยวิธีใช้เหล็กเกลียวตลอดจะทำให้เกิดการวิบัติแบบรอยแตกตามความยาวบริเวณหัวนอตก่อนส่วนอื่น ส่งผลให้กำลังรับแรงดัดของไม้ลำที่มีการเสริมแรงไม่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม แต่เหล็กเกลียวตลอดช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของไม้เสริมแรงที่เทมอร์ตาร์ทับเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากบริเวณหัวนอตของเหล็กเกลียวตลอดมีส่วนช่วยให้ลักษณะการยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ตาร์ที่เททับด้านบนกับลำไม้เสริมแรงเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ช่วยลดการแยกตัวระหว่างมอร์ตาร์และลำไม้เมื่อเกิดการวิบัติออกจากกัน

จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดสูงสุดในแบบต่าง ๆ ของการเสริมแรงไม้ การเสริมแรงไม้ 3 ลำจะมีค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดน้อยกว่าการเสริมแรงไม้ลำเดียว เนื่องจากไม้ทั้ง 3 ลำไม่ผสานเป็นชิ้นเดียวกันโดยสมบูรณ์แบบ และไม่ช่วยให้ลำไม้ที่มีการเสริมแรงรับน้ำหนักบรรทุกทุกอย่างเป็นระบบ

5.2 ค่า Flexural rigidity (EI) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรงเสริมแรง

Flexural rigidity (EI) หรือความแข็งเชิงดัด (ผลคูณของโมดูลัสความยืดหยุ่นกับโมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัด) เป็นค่าที่สำคัญในการหาคุณสมบัติของโครงสร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีการเสริมแรง เพราะเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการโก่งตัว ระยะโก่งตัวสูงสุดที่ยอมให้ของโครงสร้างไม้เท่ากับ $L/240$ (การออกแบบโครงสร้างไม้, วินิต ช่อวิเชียร, 2542) จึงใช้สมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักกระทำสองจุดอย่างสมดุลในการหาค่า EI แบบย้อนกลับ

$$\Delta_{\max} \text{ (at center)} = Pa(3L^2 - 4a^2) / 24EI$$

$$EI = Pa(3L^2 - 4a^2) / 24(L/240)$$

ตารางที่ 5.1

Flexural Rigidity (EI) (kg.m^2)

วิธีการเสริมแรงไม้	Flexural Rigidity (EI) (kg.m^2)
1. ไม้ 3 ลำเปล้า	4357.33
2. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	5374.04
3. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	5652.31
4. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	5509.66
5. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด	5580.07
6. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	5930.60
7. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	5870.80
8. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	18320.27
9. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	20874.42

จากตารางที่ 5.1 ค่า Flexural Rigidity (EI) ที่ได้ของวิธีการเสริมแรงไม้ในแบบต่าง ๆ พบว่ายิ่งเสริมแรงด้วยวัสดุแบบต่าง ๆ ตามลำดับทำให้มีค่าความแข็งเชิงดัดค่อย ๆ สูงขึ้น ต่อมาเมื่อมีการเสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ทับด้านบนลำไม้ค่าความแข็งเชิงดัดเพิ่มสูงขึ้นมากถึง 3.3 – 4.5 เท่า เห็นได้

ว่ามอร์ตาร์บนลำไผ่มีส่วนช่วยในการเพิ่มค่าความแข็งแรงของแผ่นพื้นเนื่องจากประสิทธิภาพในการรับแรงดัดที่เพิ่มสูงขึ้นจากความสามารถในการต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์บนลำไผ่

5.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดของวัสดุเสริมแรง

การเสริมแรงลำไผ่สามารถแบ่งวัสดุที่ใช้เสริมแรงออกทั้งหมดเป็น 4 ชนิด คือ

1. การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ความต้านทานแรงอัด 166.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
2. การเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร
3. การเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเกลียวตลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว
4. การเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร






รูปแบบการเสริมแรงที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด – น้อยที่สุดคือ การเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) การเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลม การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ และการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเกลียวตลอด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามรูปแบบของวิธีการเสริมแรงในลำไผ่โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า วัสดุเสริมแรงที่เพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงดัดน้อยที่สุดคือไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 26.34% และวัสดุเสริมแรงที่เพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงดัดเพิ่มขึ้นสูงที่สุดคือไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 54.38% ดังตารางที่ 5.2

เมื่อพิจารณาตามรูปแบบของวิธีการเสริมแรงในไผ่ 3 ลำโดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า วัสดุเสริมแรงที่เพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงดัดน้อยที่สุดคือไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30.35% และวัสดุเสริมแรงที่เพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงดัดเพิ่มขึ้นสูงที่สุดคือไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 57.06% ดังตารางที่ 5.3

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยการเททับด้วยมอร์ตาร์ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ความต้านทานแรงอัด 166.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ความหนา 5 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ 3 ลำเปล่า พบว่าไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับแรงดัดเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเท่ากับ 84.87% ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.2

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านทานแรงดัดของเปล้าเดี่ยวที่มีการเสริมแรงต่อสัดส่วนกำลังรับแรงดัดสูงสุดเฉลี่ย (%)

วิธีการเสริมแรงเปล้า		1	2	3	4	5	6	7
								
1. เปล้าเปล่า		0.00	-23.33	-27.35	-22.30	-27.40	-34.92	-35.50
2. เปล้าที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์		+30.43	0.00	-5.24	+1.35	-5.30	-15.11	-15.87
3. เปล้าที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม		+37.65	+5.53	0.00	+6.96	-0.06	-10.41	-11.22
4. เปล้าที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด		+28.70	-1.33	-6.51	0.00	-6.57	-16.24	-16.99
5. เปล้าที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด		+37.74	+5.60	+0.06	+7.03	0.00	-10.36	-11.16
6. เปล้าที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)		+53.65	+17.80	+11.62	+19.39	+11.55	0.00	-0.90
7. เปล้าที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด		+55.04	+18.87	+12.63	+20.47	+12.56	+0.91	0.00

ตารางที่ 5.3

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านทานแรงดัดของไม้ 3 ลำที่มีการเสริมแรงต่อสัดส่วนกำลังรับแรงดัดสูงสุด (%)

วิธีการเสริมแรงไม้	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. ไม้ 3 ลำเปล่า	0.00	-21.43	-25.68	-20.29	-27.31	-33.20	-32.33	-42.91	-45.91
2. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์	+27.27	0.00	-5.41	+1.45	-7.48	-14.99	-13.88	-27.34	-31.16
3. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม	+34.55	+5.71	0.00	+7.25	-2.19	-10.13	-8.96	-23.19	-27.22
4. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด	+25.45	-1.43	-6.76	0.00	-8.80	-16.20	-15.11	-28.38	-32.14
5. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด	+37.56	+17.63	+2.24	+9.65	0.00	-8.11	-6.91	-21.47	-25.59
6. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)	+49.71	+17.63	+11.27	+19.33	+8.83	0.00	+1.30	-14.53	-19.02
7. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด	+47.78	+16.11	+9.84	+17.80	+7.43	-1.29	0.00	-15.63	-20.06
8. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	+75.16	+37.63	+30.19	+39.62	+27.33	+17.00	+18.53	0.00	-5.25
9. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.	+84.87	+45.26	+37.41	+47.36	+34.39	+23.49	+25.10	+5.54	0.00

5.3.1 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากมอร์ตาร์มีความสามารถในการต้านทานแรงอัดได้ดี มอร์ตาร์ในลำไผ่ทำหน้าที่ช่วยรับแรงอัดที่เกิดขึ้นบริเวณด้านบนของหน้าตัดลำไผ่จากการโก่งงอ เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 30.43% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 27.27% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.2 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลม (Tension Rebar)

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเหล็กเส้นกลมมีความสามารถในการต้านทานแรงดึงได้ดี เหล็กเส้นกลมในลำไผ่ทำหน้าที่ช่วยรับแรงดึงบริเวณส่วนล่างของหน้าตัดลำไผ่จากการโก่งงอ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 37.65% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 34.55% เนื่องจากมอร์ตาร์ในลำไผ่นอกจากสามารถเสริมกำลังรับแรงอัดได้ดี เหล็กเส้นกลมยังมีคุณสมบัติที่สามารถรับแรงดึงได้ดีส่งผลให้ลำไผ่สามารถรับแรงดัดได้เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.3 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเกลียวตลอด

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเกลียวตลอด การเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเกลียวตลอดจะเกิดลักษณะการวิบัติแบบรอยแตกตามความยาวบริเวณไผ่ที่ถูกเจาะรูก่อนส่วนอื่น เนื่องจากการเจาะรูในลำไผ่ที่มากเกินไปส่งผลให้กำลังรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ โดยสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ลดลงของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ -1.33% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ลดลงของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ -1.43% ดังตารางที่ 5.3 และ ตารางที่ 5.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 28.70% และ สัดส่วนหน่วยแรงดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 25.45% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.4 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด เหล็กเส้นกลมช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเพิ่มสูงขึ้นจากความสามารถในการต้านทานแรงดึง และ ทำหน้าที่ช่วยรับแรงดึงบริเวณส่วนล่างของหน้าตัดลำไผ่จากการโก่งตัว แต่เหล็กเกลียวตลอดไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเจาะรูในลำไผ่ทำให้ลำไผ่แข็งแรงน้อยลงส่งผลให้เกิดการวิบัติแบบรอยแตกตามความยาวบริเวณไผ่ที่ถูกเจาะรูก่อนส่วนอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับ

วิธีการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม โดยสัดส่วนหน่วยแรงดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 0.06% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 2.24% ดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 37.74% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 37.56% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.5 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar)

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) วิธีการนำเหล็กเส้นกลมมาเสริมแรงบริเวณด้านบนของหน้าตัดลำไผ่ ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากด้านบนของหน้าตัดลำไผ่บริเวณกลางลำจะเกิดลักษณะการวิบัติจากแรงอัด เหล็กเส้นกลมจะช่วยในการรับแรงอัดบริเวณด้านบนของลำไผ่จากการโก่งงอ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม โดยสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 11.62% และ สัดส่วนหน่วยแรงดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 11.27% ดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 53.65% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 49.71% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.6 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากช่วยในการรับแรงอัดบริเวณด้านบนของหน้าตัดลำไผ่จากการโก่งงอ แต่เหล็กเกลียวตลอดไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเจาะรูในลำไผ่ทำให้ลำไผ่แข็งแรงน้อยลงส่งผลให้เกิดการวิบัติแบบรอยแตกตามความยาวบริเวณหัวนอตก่อนส่วนอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) โดยสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 0.91% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่ลดลงของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ -1.29% ดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของไผ่ลำเปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ลำเดี่ยวเท่ากับ 55.04% และ สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 47.78% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.7 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) เอมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ทับเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. การเทมอร์ตาร์ทับด้านบนลำไผ่ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมอร์ตาร์ทับด้านบนลำไผ่สามารถรับแรงอัดบริเวณด้านบนของลำไผ่ได้ ช่วยให้ลำไผ่ไม่เกิดการวิบัติจากโก่งงอก่อนส่วนอื่น ๆ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) ช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของลำไผ่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากด้านบนของหน้าตัดลำไผ่บริเวณกลางลำไผ่จะเกิดลักษณะการวิบัติจากแรงอัด เหล็กเส้นกลมจะช่วยในการรับแรงอัดบริเวณด้านบนของลำไผ่จากการโก่งงอ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ทับ และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) โดยสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของลำไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 17.00% ดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของลำไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 75.16% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.3.8 ประสิทธิภาพของการเสริมแรงลำไผ่ด้วยเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (Compression Rebar) และเหล็กเกลียวตลอด เอมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ทับเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.เหล็กเกลียวตลอดสามารถช่วยให้ประสิทธิภาพการรับแรงดัดเพิ่มสูงขึ้นได้ เนื่องจากบริเวณหัวนอตของเหล็กเกลียวตลอดมีส่วนช่วยในการยึดเหนี่ยวระหว่างมอร์ตาร์ทับที่เททับด้านบนกับลำไผ่เข้าไว้ด้วยกันจากการทำหน้าที่ในการต้านทานแรงเฉือน ส่งผลให้ช่วยลดการแยกตัวระหว่างมอร์ตาร์ทับและลำไผ่เมื่อเกิดการวิบัติออกจากกัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ทับ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด โดยสัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของลำไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 25.10% ดังตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4 และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของลำไผ่เปล่า สัดส่วนโมเมนต์ดัดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของลำไผ่ 3 ลำเท่ากับเท่ากับ 84.87% ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

5.4 ประสิทธิภาพการต้านทานแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น

ประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากใผ่ลำที่มีการเสริมแรงโดยกำหนดให้ความยาวของแผ่นพื้น อยู่ที่ระหว่าง 2-4 เมตร สามารถรับน้ำหนักได้ตามค่าส่วนปลอดภัยของไม้ก่อสร้างกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 จากตารางที่ 2.20 และตารางที่ 2.21

เมื่อพิจารณาตามรูปแบบของวิธีการเสริมแรงในใผ่ ลำ จากค่า Flexural rigidity (EI) ที่ได้ไปแทนในสมการค่าการโก่งตัวสูงสุดของคานช่วงเดี่ยวน้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (w) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ระยะ 2 เมตรถึง 4 เมตร โดยเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดของใผ่ ลำเปล่า น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดที่ 2 เมตร เท่ากับ 174 กิโลกรัมเมตร² วัสดุเสริมแรงที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้น้อยที่สุดคือใผ่ ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ที่ความยาวของแผ่นพื้น 2 เมตร เท่ากับ 215 กิโลกรัมเมตร² วัสดุเสริมแรงที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้สูงที่สุดคือใผ่ ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. ที่ความยาวของแผ่นพื้น 2 เมตร เท่ากับ 836 กิโลกรัมเมตร² และน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดที่ 3.5 เมตร เท่ากับ 156 กิโลกรัมเมตร² ดังตารางที่ 5.4

5.4.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการต้านทานแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากใผ่ ลำ

จากการทดสอบพบว่าเมื่อนำวัสดุเสริมแรงที่มีคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดได้ดี สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำลังรับแรงดัดของใผ่ ลำให้มีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงมากขึ้น โดยด้านบนของหน้าตัดใผ่ ลำบริเวณกลางลำจะเกิดลักษณะการวิบัติจากแรงอัดเนื่องมาจากพื้นที่รับแรงของใผ่ ลำด้านบนจะงอตัวและเกิดแรงอัดบริเวณกลางลำ วัสดุเสริมแรงที่สามารถเสริมกำลังรับแรงอัดบริเวณด้านบนของหน้าตัดใผ่ ลำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกำลังรับแรงดัดสูงสุดได้ แต่เนื่องจากใผ่ ลำสามารถโค้งงอได้ง่ายทำให้วัสดุที่ใช้เสริมแรงในการรับแรงอัดวิบัติก่อนส่วนอื่น ๆ ส่งผลให้ค่าความโก่งตัวจึงเพิ่มมากขึ้นค่า maximum deflection ที่ระยะ $L/240$ (การออกแบบโครงสร้างไม้, วินิต ช่อวิเชียร, 2542) ในการนำไปใช้งานตามการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของแผ่นพื้นสำเร็จรูป สัมพันธ์กับแรงดัดของใผ่ ลำและค่า Flexural rigidity (EI) ที่ได้จากการทดสอบ

ตารางที่ 5.4

น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากใผ่ล่ำที่มีการเสริมแรงบนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)

วิธีการเสริมแรงใผ่		น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น(เมตร)						
		2 เมตร	2.25 เมตร	2.5 เมตร	2.75 เมตร	3 เมตร	3.25 เมตร	3.5 เมตร
1.ใผ่ 3 ล่ำเปล่ำ		173	-	-	-	-	-	-
2.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์		215	-	-	-	-	-	-
3.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม		226	159	-	-	-	-	-
4.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด		221	155	-	-	-	-	-
5.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด		223	157	-	-	-	-	-
6.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)		237	167	-	-	-	-	-
7.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด		235	165	-	-	-	-	-
8.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.		733	515	375	282	217	171	-
9.ใผ่ 3 ล่ำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.		836	586	428	321	247	195	156

5.5 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

จากการสรุปผลการวิจัยตารางที่ 5.5 การเสริมแรงลำไผ่ด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) กับมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด ที่เพิ่มมอร์ตาร์ทับความหนา 5 ซม. พบว่าน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงใกล้เคียงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปในช่วงความยาวแผ่นพื้นเท่ากันสามารถนำผลน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่ได้ไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปดังตารางที่ 5.5 ประกอบด้วย

1. แผ่นพื้นต้นซีแพค (CPAC Plank). CPAC
2. แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง (Concrete Slab). Asia Group
3. แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ (Plank Slab). POUND
4. แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป (PCC Solid Plank Slab). PCC
5. แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ (Plank Slab). ECC
6. ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)

รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.



7. ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปกำหนดให้

1. ความยาวของแผ่นพื้น อยู่ที่ระหว่าง 2-4 เมตร
2. กำลังอัดมอร์ตาร์หรือคอนกรีตทับหน้าไม่น้อยกว่า 160 กิโลกรัม/เซนติเมตร
3. แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเสริมแรงด้วยลวดอัดแรงขนาด 4 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น
4. เทคอนกรีตทับหน้า 5 เซนติเมตร เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ระยะห่าง 20-25 เซนติเมตร
5. มีค้ำยันชั่วคราวไม่น้อยกว่า 7 วัน

ตารางที่ 5.5

การเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) ของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไม้ลำที่มีการเสริมแรงเปรียบเทียบกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)

วิธีการเสริมแรงแผ่นพื้นสำเร็จรูป		น้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) บนช่วงความยาวของแผ่นพื้น (เมตร)								
		2 เมตร	2.25 เมตร	2.5 เมตร	2.75 เมตร	3 เมตร	3.25 เมตร	3.5 เมตร	3.75 เมตร	4 เมตร
1.CPAC	เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น	1979	1502	1166	921	711	516	362	239	-
2.ASIA	เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น	1010	-	515	-	400	-	-	-	-
3.PCC	เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น	-	-	-	681	539	429	342	230	-
4.POUND	เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น	1060	800	670	520	430	360	315	260	-
5.ECC	เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น	-	-	652	524	420	338	-	-	-
6.ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา 5 ซม.		733	515	375	282	217	171	-	-	-
7.ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา 5 ซม.		836	586	428	321	247	195	156	-	-

หมายเหตุ. สีสี่เหลี่ยมทอสี

- 1.The Concrete Products & Aggregate Co.,Ltd.(CPAC) . แผ่นพื้นต้นซีแพค(CPAC Plank)
2. Asia Group(1999) Co.,Ltd. แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง(Concrete Slab).
3. Pound Concrete Products Co.,Ltd.(POUND). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab)

4. Piboon Concrete Co.,Ltd.(PCC). แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป(PCC Solid Plank Slab).
5. Esan Concrete Co.,Ltd.(ECC) . แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab).

เมื่อพิจารณาตามรูปแบบของวิธีการเสริมแรงแผ่นพื้นสำเร็จรูปโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงสุดแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เสริมลวดอัดแรงขนาด 4 มม. จำนวน 4 เส้น จะเห็นได้ว่าแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมีน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยในช่วงความยาวของแผ่นพื้นแตกต่างกันหรือสามารถสรุปได้ว่าแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงมีความประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้น้อยกว่าแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป 1 – 2 เท่า ดังตารางที่ 5.5 เป็นผลมาจากการพิจารณาค่าการโก่งตัวที่ยอมให้ เนื่องจากไผ่สามารถโค้งงอได้ง่าย ในการนำไปใช้งานตามการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้เมื่อค่าความโก่งตัวเกิน limit deflection ที่ระยะ $L/240$ (การออกแบบโครงสร้างไม้, วินิต ช่อวิเชียร, 2542) แต่ลำไผ่ที่ผ่านการเสริมแรงสำหรับใช้เป็นพื้นสำเร็จรูป สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกสำหรับที่พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก./ตร.ม.) ไปจนถึงผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับ โรงเรียน โรงพยาบาล (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 300 กก./ตร.ม.) และยังเป็นทางเลือกวัสดุทางธรรมชาติเพื่อเป็นวัสดุทางเลือกและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางสถาปัตยกรรม

5.6 แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงในงานออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรม

การออกแบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงใช้วิธีการทดสอบ และการคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการรับแรงดัดและการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานสถาปัตยกรรมคุณสมบัติของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำขนาด 3 นิ้วที่มีการเสริมแรงเหมาะกับงานโครงสร้างที่พักอาศัย ที่ระยะพาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงไม่เกินกว่า 3.5 เมตร หรือ สามารถนำไปใช้ได้กับอาคารสำนักงาน ระยะพาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงไม่เกินกว่า 3 เมตร เมื่อพิจารณาค่าความปลอดภัย (safety factor) จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไผ่เสริมแรง ที่หาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุด (P_{max}) ทหารด้วยแรงกด (P_w) ของค่าการโก่งตัวที่ยอมให้ (Δ_{allow}) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่พักอาศัยเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2 เมตร

2. แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์

และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่พักอาศัยเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.25 เมตร

3. แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. และแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่พักอาศัยเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 3.5 เมตร และรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่อาคารสำนักงานเท่ากับ 250 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.75 เมตร

4. เมื่อพิจารณาค่าความปลอดภัย (safety factor) จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของใ้เสริมแรง เท่ากับ 2.2 แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. และแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐานของที่พักอาศัยเท่ากับ 150 กก./ตร.ม. ที่ช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.5 เมตร

โดยที่

ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย และค่าความปลอดภัย (safety factor)

หมายถึง แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย และค่าความปลอดภัยที่เผื่อไว้สำหรับการออกแบบเท่ากับ 2.2 กรณีแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงที่เทมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.

ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

หมายถึง แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย

ไม่ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

หมายถึง แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เสริมแรงไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย

ตารางที่ 5.6

แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับที่
พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก./ตร.ม.)

ที่พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก./ตร.ม.)								
ความยาว ของแผ่น พื้น(เมตร)	1	2	3	4	5	6	7	8
2	○	○	○	○	○	○	●	●
2.25	×	○	○	○	○	○	●	●
2.5	×	×	×	×	×	×	●	●
2.75	×	×	×	×	×	×	○	○
3	×	×	×	×	×	×	○	○
3.25	×	×	×	×	×	×	○	○
3.5	×	×	×	×	×	×	×	○

● = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย และค่าความปลอดภัย (factor of safety)

○ = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

×

หมายเหตุ.

1. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
 2. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม
 3. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด
 4. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด
 5. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)
 6. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด
 7. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.
 8. ใม่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม(compression rebar)และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา5ซ.ม.
- จากตารางที่ 2.18 น้ำหนักบรรทุกจร ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล หองน้ำ ห้องส้วม กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ตารางที่ 5.7

แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับห้องแถวหรือตึกแถวที่ใช้พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 200 กก./ตร.ม.)

ห้องแถวหรือตึกแถวที่ใช้พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 200 กก./ตร.ม.)								
ความยาวของแผ่นพื้น(เมตร)	1	2	3	4	5	6	7	8
2	○	○	○	○	○	○	●	●
2.25	×	×	×	×	×	×	●	●
2.5	×	×	×	×	×	×	○	○
2.75	×	×	×	×	×	×	○	○
3	×	×	×	×	×	×	○	○
3.25	×	×	×	×	×	×	×	×
3.5	×	×	×	×	×	×	×	×

● = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย และค่าความปลอดภัย(factor of safety)

○ = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

× = ไม่ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

หมายเหตุ.

1. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
 2. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม
 3. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด
 4. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด
 5. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)
 6. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด
 7. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา 5 ซม.
 8. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม(compression rebar)และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา5ซ.ม.
- จากตารางที่ 2.18 น้ำหนักบรรทุกจร ที่ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรมและห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ตารางที่ 5.8

แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับสำนักงานหรือธนาคาร (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 250 กก./ตร.ม.)

สำนักงาน ธนาคาร (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 250 กก./ตร.ม.)								
ความยาว ของแผ่น พื้น(เมตร)	1	2	3	4	5	6	7	8
2	×	×	×	×	×	×	●	●
2.25	×	×	×	×	×	×	○	●
2.5	×	×	×	×	×	×	○	○
2.75	×	×	×	×	×	×	○	○
3	×	×	×	×	×	×	×	×
3.25	×	×	×	×	×	×	×	×
3.5	×	×	×	×	×	×	×	×

● = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย และค่าความปลอดภัย(factor of safety)

○ = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

× = ไม่ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

หมายเหตุ.

1. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
 2. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม
 3. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด
 4. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด
 5. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)
 6. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด
 7. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา 5 ซม.
 8. ใผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม(compression rebar)และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา5ซม.
- จากตารางที่ 2.18 น้ำหนักบรรทุกจร ที่สำนักงาน ธนาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ตารางที่ 5.9

แนวทางการเลือกใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่พิจารณาจากความยาวของแผ่นพื้น (เมตร) สำหรับ
โรงเรียน โรงพยาบาล (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 300 กก./ตร.ม.)

โรงเรียน โรงพยาบาล (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 300 กก./ตร.ม.)								
ความยาว ของแผ่น พื้น(เมตร)	1	2	3	4	5	6	7	8
2	×	×	×	×	×	×	●	●
2.25	×	×	×	×	×	×	○	○
2.5	×	×	×	×	×	×	○	○
2.75	×	×	×	×	×	×	×	○
3	×	×	×	×	×	×	×	×
3.25	×	×	×	×	×	×	×	×
3.5	×	×	×	×	×	×	×	×

● = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย และค่าความปลอดภัย(factor of safety)

○ = ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

× = ไม่ผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัย

หมายเหตุ.





1. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
 2. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม
 3. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด
 4. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมและเหล็กเกลียวตลอด
 5. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)
 6. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด
 7. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา 5 ซม.
 8. ใ้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม(compression rebar)และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่มีความหนา5ซ.ม.
- จากตารางที่ 2.18 น้ำหนักบรรทุกจร อาคารพาณิชย์ โรงเรียน โรงพยาบาล โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร กฎกระทรวง
ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

5.6.1 การเตรียมวัสดุก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

การเตรียมวัสดุก่อสร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรง ลำไผ่ที่ถูกทะลวงปล้องแล้วในการทดสอบการเสริมแรงมีขนาดเล็กเพียง 3 นิ้ว เมื่อเวลาเทมอร์ตาร์อาจทำให้มอร์ตาร์ไหลไม่สะดวกติดอยู่ตามบริเวณขอบปล้องที่ทะลวงไม่กว้างพอ หรือเนื่องจากมีวัสดุเสริมแรงขวางการไหลของมอร์ตาร์ การนำเหล็กเส้นช่วยดันมอร์ตาร์สามารถช่วยให้มอร์ตาร์ไหลตัวได้ดีขึ้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรง ประกอบด้วยลำไผ่ที่ผ่านกระบวนการถนอมรักษาลำไผ่หนึ่งลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 3 เมตร ราคาลำละ 60 บาท มอร์ตาร์สำเร็จรูปหนึ่งถุง ราคาถุงละ 60 บาท และเหล็กเส้นกลมขนาด 9 มิลลิเมตรหนึ่งเส้น ราคาเส้นละ 100 บาท เหล็กเกลียวตลอดรวมหนึ่งเส้น ราคาเส้นละ 15 บาท ค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้างต่อหนึ่งแผ่นเท่ากับ 80-225 บาทต่อตารางเมตรกรณีไม่รวมค่าใช้จ่ายของไผ่ลำเปล่า โดยที่ค่าใช้จ่ายของไผ่ลำเปล่าเฉลี่ยตารางเมตรละ 230 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายทั่วไปมีราคาเฉลี่ยประมาณ 230-250 บาทต่อตารางเมตร ดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ทำจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรง

วิธีการเสริมแรงไผ่		ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ (บาท/ตร.ม.)
1.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์		84
2.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม		210
3.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด		105
4.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด		225
5.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)		210
6.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด		225
7.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.		420
8.ไผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.		435

5.6.2 แนวทางการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม

การออกแบบและนำไปแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรงไปใช้งานควรพิจารณาถึงความสามารถในการรับแรงของแผ่นพื้นสำเร็จรูปประกอบกับระยะเวลาในการก่อสร้างและค่าใช้จ่าย

โดยที่

เกณฑ์การประเมินน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยสามารถประเมินได้จากประสิทธิภาพการรับแรงดัดของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไผ่ลำที่มีการเสริมแรง สำหรับที่พักอาศัย (หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 150 กก./ตร.ม.) ดังตารางที่ 5.4 และตารางที่ 5.6

- 1 หมายถึง ประสิทธิภาพการรับแรงดัดต่ำที่สุด
- 2 หมายถึง ประสิทธิภาพการรับแรงดัดต่ำ
- 3 หมายถึง ประสิทธิภาพการรับแรงดัดปานกลาง
- 4 หมายถึง ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูง
- 5 หมายถึง ประสิทธิภาพการรับแรงดัดสูงที่สุด

เกณฑ์การประเมินความยาก-ง่ายและระยะเวลาเตรียมวัสดุก่อสร้างสามารถประเมินได้จากขั้นตอนในการเตรียมวัสดุที่ใช้ในการเสริมแรง ดังตารางที่ 3.2

- 1 หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมวัสดุและก่อสร้างยากมาก
- 2 หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมวัสดุและก่อสร้างยาก
- 3 หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมวัสดุและก่อสร้างยากปานกลาง
- 4 หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมวัสดุและก่อสร้างง่าย
- 5 หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมวัสดุและก่อสร้างง่ายมาก

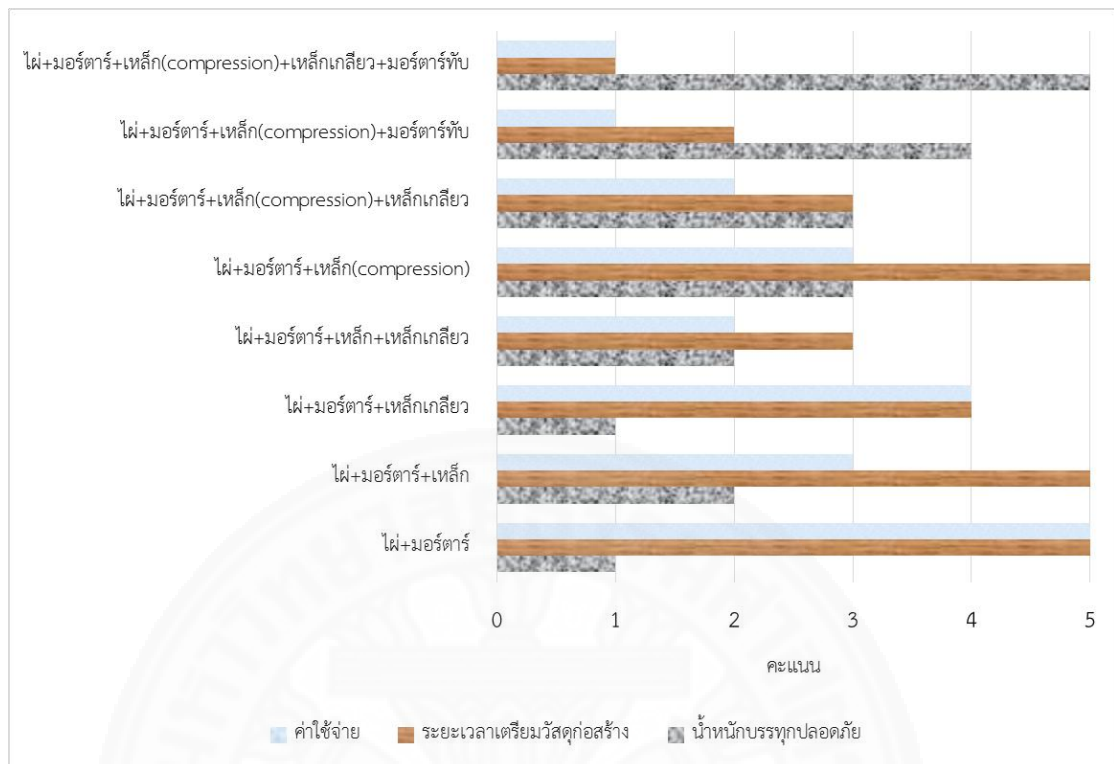
เกณฑ์การประเมินค่าใช้จ่ายสามารถประเมินได้จากต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้างต่อหนึ่งแผ่น ดังตารางที่ 5.10

- 1 หมายถึง ต้นทุนในการเตรียมวัสดุก่อสร้างสูงที่สุด เท่ากับ 420-435 บาท/ตร.ม.
- 2 หมายถึง ต้นทุนในการเตรียมวัสดุก่อสร้างสูง เท่ากับ 225 บาท/ตร.ม.
- 3 หมายถึง ต้นทุนในการเตรียมวัสดุก่อสร้างปานกลาง เท่ากับ 210 บาท/ตร.ม.
- 4 หมายถึง ต้นทุนในการเตรียมวัสดุก่อสร้างต่ำ เท่ากับ 105 บาท/ตร.ม.
- 5 หมายถึง ต้นทุนในการเตรียมวัสดุก่อสร้างต่ำที่สุด เท่ากับ 84 บาท/ตร.ม.

ตารางที่ 5.11

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการรับแรงดัด ความยาก-ง่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้าง และ ต้นทุนค่าใช้จ่าย

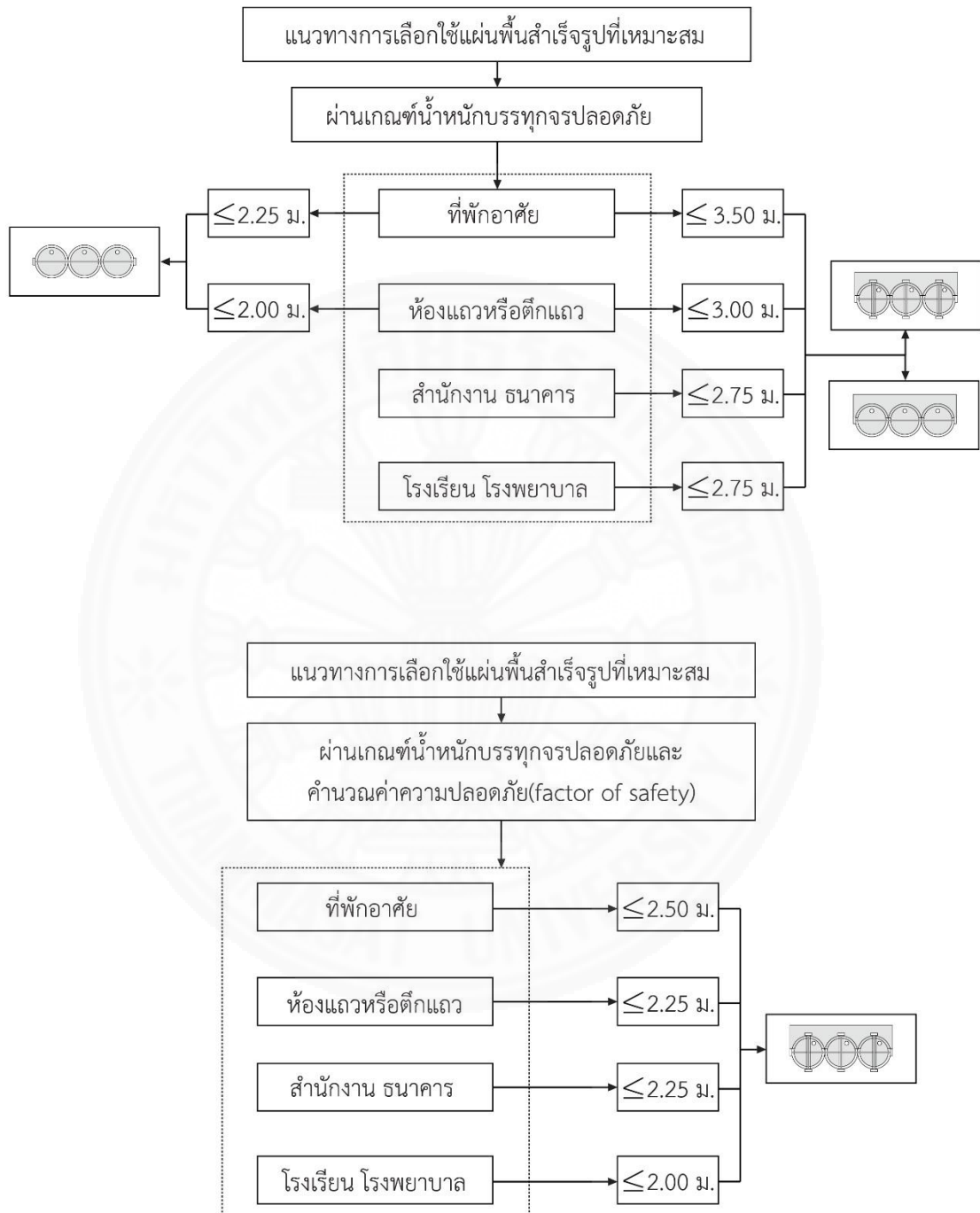
วิธีการเสริมแรงไฟ		ประสิทธิภาพการรับแรงดัด	ความยาก-ง่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้าง	ต้นทุนค่าใช้จ่าย	รวม
1. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์		1	5	5	11
2. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม		2	5	3	10
3. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด		1	4	4	9
4. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด		2	3	2	7
5. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar)		3	5	3	11
6. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด		3	3	2	8
7. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.		4	2	1	7
8. ไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.		5	1	1	7



ภาพที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการรับแรงดัด ความยาก-ง่ายในการเตรียมวัสดุก่อสร้าง และต้นทุนค่าใช้จ่ย

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรับน้ำหน้กบรทุก ระยะเวลาก่อสร้าง และค่าใช้จ่ยในการก่อสร้างพบว่า ไฟ 3 ล้าที่เสริมแรงด้วยมอ์ตารและเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานมากที่สุดเนื่องจากมีขั้นตอนในการเตรียมวัสดุที่ง่ายใช้ระยเวลาน้อยรวมไปถึงค่าใช้จ่ยในการก่อสร้างไม่สูงมากเมื่อเทียบกับไฟล้าที่มีการเสริมแรงอื่น ๆ ในขณะที่ไฟ 3 ล้าที่เสริมแรงด้วยมอ์ตาร เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) รวมมอ์ตารทับที่ความหนา 5 ซม. และไฟ 3 ล้าที่เสริมแรงด้วยมอ์ตาร เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอ์ตารทับที่ความหนา 5 ซม. มีความสามารถในการรับน้ำหน้กบรทุกได้ดี แต่มีขั้นตอนในการเตรียมวัสดุที่ยากใช้ระยเวลามากอีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ยในการก่อสร้างที่สูงมากอีกด้วย ดังตารางที่ 5.11 และภาพที่ 5.4

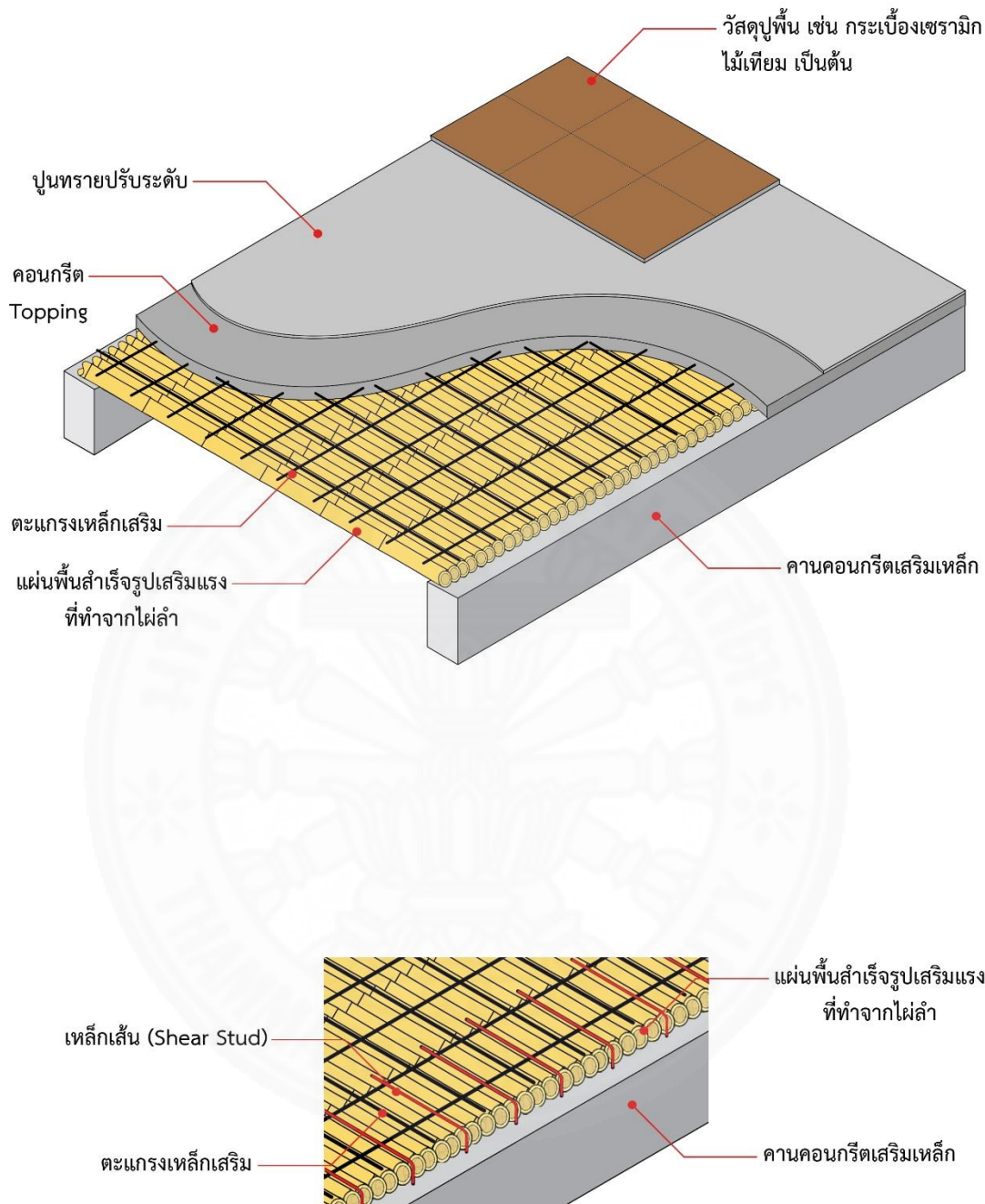
แนวทางการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม



ภาพที่ 5.5 แนวทางการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม

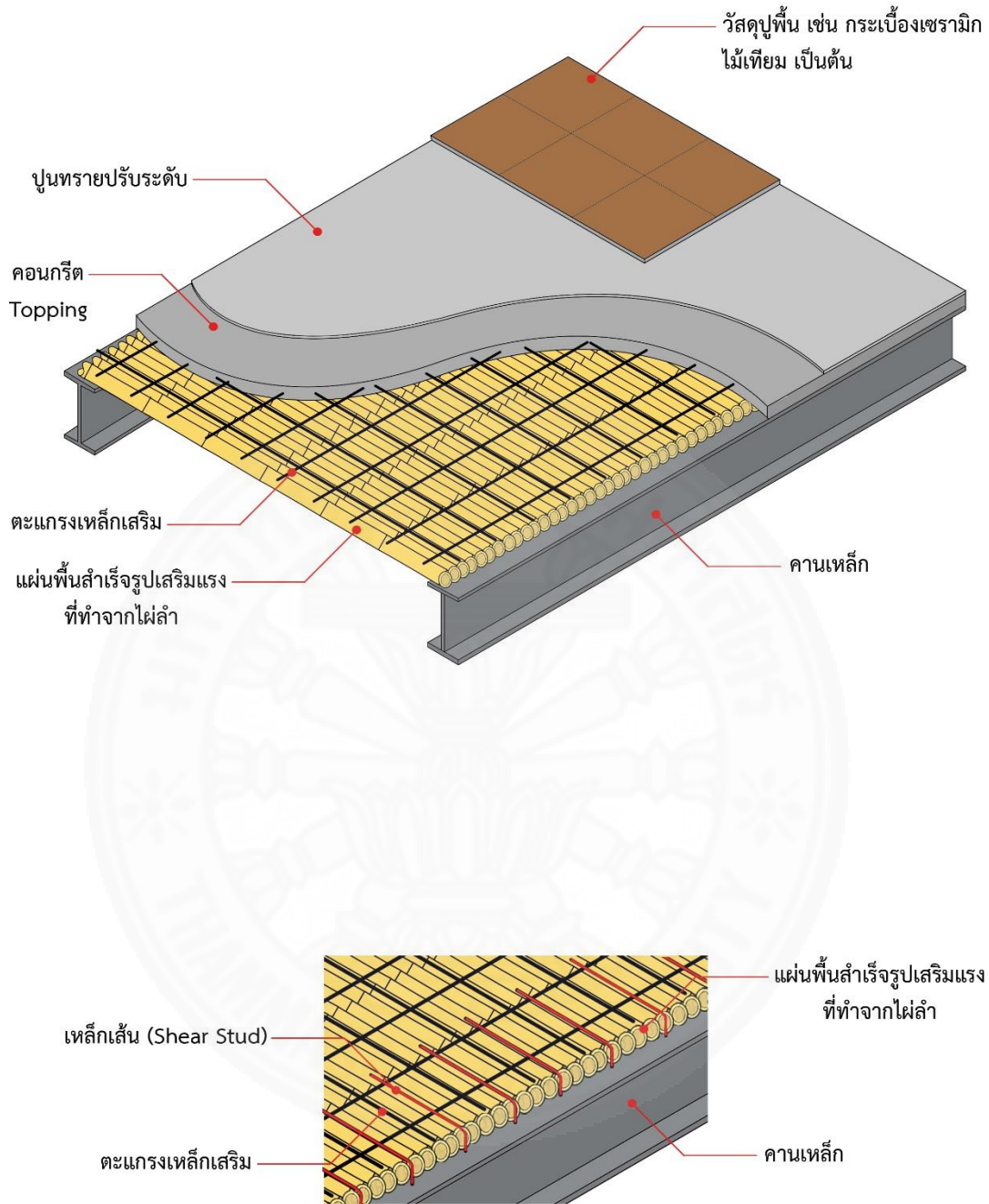
จากภาพที่ 5.5 แนวทางการนำไปใช้งานทางสถาปัตยกรรม การเลือกใช้แผ่นพื้นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไผ่ลำที่เหมาะสมกรณีผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยสำหรับที่พักอาศัยไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.25 เมตร และไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) กับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 3.5 เมตร สำหรับห้องแถวหรือตึกแถวไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.00 เมตร และไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) กับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 3.00 เมตร สำหรับสำนักงาน ธนาคารไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) กับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.75 เมตร สำหรับโรงเรียน โรงพยาบาลไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) กับไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.75 เมตร

การเลือกใช้แผ่นพื้นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไผ่ลำที่เหมาะสมกรณีผ่านเกณฑ์น้ำหนักบรรทุกจรปลอดภัยและคำนวณค่าความปลอดภัย (safety factor) สำหรับที่พักอาศัยไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.50 เมตร สำหรับห้องแถวหรือตึกแถวไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.25 เมตร สำหรับสำนักงาน ธนาคารไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.25 เมตร สำหรับโรงเรียน โรงพยาบาลไผ่ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์เหล็กเส้นกลมรับแรงอัด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอดรวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม. สามารถวางบนคานบนช่วงความยาวของแผ่นพื้นสูงสุดไม่เกิน 2.00 เมตร



ภาพที่ 5.6 วิธีการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไผ่ลำบนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากภาพที่ 5.6 การติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไผ่ลำบนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก เตรียมเหล็กเส้นและค้ำยันแผ่นพื้นโดยให้ยึดเหล็กเส้น (shear stud) ขนาด 6 มม. ยาว 50 ซม. ทุกระยะ 20 ซม.หรือระยะเท่ากับแผ่นพื้น แล้วพับเหล็กเส้นรัดขอบแผ่นพื้นสำเร็จรูป แล้วนำไปผูกติดกับเหล็กเสริมพร้อมกับเสริมค้ำยันกลางแผ่นพื้นที่ด้านล่างก่อนเทคอนกรีตทับหน้า เพื่อรองรับน้ำหนักคอนกรีตทับหน้า



ภาพที่ 5.7 วิธีการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไฟล้าบนคานเหล็ก

จากภาพที่ 5.7 การติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปเสริมแรงที่ทำจากไฟล้าบนคานเหล็ก เตรียมเหล็กเส้นและค้ำยันแผ่นพื้นโดยให้เชื่อมเหล็กเส้น (shear stud) ขนาด 6 มม. ยาว 50 ซม. เข้ากับคานเหล็ก ทุกระยะ 20 ซม. หรือระยะเท่ากับแผ่นพื้น แล้วพับเหล็กเส้นรัดขอบแผ่นพื้นสำเร็จรูป แล้วนำไปผูกติดกับเหล็กเสริมพร้อมกับเสริมค้ำยันกลางแผ่นพื้นที่ด้านล่างก่อนเทคอนกรีตทับหน้า เพื่อรองรับน้ำหนักคอนกรีตทับหน้า

5.7 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

5.7.1 ข้อเสนอแนะการวิจัยในการนำไปใช้

1. จากการทดสอบพบว่าลำไฟที่ถูกทะลวงปล้องแล้วในการทดสอบการเสริมแรงมีขนาดเล็กเพียง 3 นิ้ว เมื่อเวลาเทมอร์ตาร์ทำให้มอร์ตาร์ไหลไม่สะดวกติดอยู่ตามบริเวณขอบปล้องที่ทะลวงไม่กว้างพอส่งผลให้เกิดรูกลวงระหว่างมอร์ตาร์กับลำไฟอาจส่งผลให้ผลการทดสอบไม่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องใช้เหล็กเส้นกลมช่วยดันให้มอร์ตาร์ไหลรวมตัวกันแน่นในลำไฟ ดังนั้นในการนำไปใช้งานลำไฟที่ถูกทะลวงปล้องที่ใช้ในการเสริมแรงควรมีขนาดใหญ่กว่า 3 นิ้ว หรือ หรือควรเลือกชนิดของมอร์ตาร์สำเร็จรูปที่มีคุณสมบัติที่สามารถไหลตัวได้ดี

2. การเตรียมลำไฟที่ผ่านการเสริมแรงไว้แล้วเพื่อรอการเทมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 เซนติเมตร การเชื่อมต่อลำไฟ 3 ลำด้วยวิธีการใช้นอตเกลียว ไม่สามารถยึดวัสดุเข้าไว้ด้วยกันได้แบบสนิทเนื่องจากธรรมชาติของลำไฟช่างหม่นที่มีลักษณะของข้อที่ปูดออกมาเล็กน้อยจากลำบริเวณลำไฟ ทำให้เวลาเทมอร์ตาร์ทับจำเป็นต้องใช้ทราบบายาอุดูระหว่างลำไฟก่อนเทมอร์ตาร์ ดังนั้นในการนำไปใช้งานควรศึกษาวิธีการเชื่อมต่อลำไฟที่สามารถเชื่อมระหว่างลำไฟได้แบบสนิทหรือศึกษาวิธีการปิดผิวหน้าแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไฟลำที่มีการเสริมแรงด้วยวิธีอื่น ๆ

5.7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. วัสดุที่นำมาใช้ในการเสริมแรงไฟส่งผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไฟลำที่มีการเสริมแรงเป็นอย่างมากจากการทดสอบพบว่าค่าความต้านทานแรงอัดและความต้านทานแรงดึงของวัสดุที่สูงจะช่วยให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้นดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาวัสดุอื่น ๆ เช่น ดินซีเมนต์ เป็นต้น นำมาใช้ในการเสริมแรงที่สามารถช่วยให้พื้นสำเร็จรูปจากไฟลำที่มีการเสริมแรงสามารถรับแรงคัตได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ขนาดของลำไฟ 3 นิ้วที่นำมาใช้ในการเสริมแรงมีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกและค่าการโก่งตัวของลำไฟ จากการคำนวณพบว่า การเพิ่มขนาดของลำไฟที่ใช้ในการทดลองสามารถเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกและช่วงความยาวใช้งานของแผ่นพื้นสำเร็จรูปจากไฟลำที่มีการเสริมแรงได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาลำไฟที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 3 นิ้ว มีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกและค่าการโก่งตัวของลำไฟที่สามารถนำไปใช้งานได้บนช่วงความยาวที่เพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

วิทยานิพนธ์

- สุภิญญาลักษณ์ จันทรวงศ์. (2557). *การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไผ่ตงเพื่อสร้างค่ามาตรฐานกลางของวัสดุและประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างสำหรับอาคารสาธารณะ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- ชนิษฐ์ มาคุ้ม. (2549). *การศึกษาสมรรถนะในการรับโมเมนต์ดัดของคานคอนกรีตเสริมไผ่ที่มีการปรับปรุงแรงยึดเหนี่ยวของไผ่*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, สาขาวิศวกรรมโยธา.
- ภักฐิตา พงศ์ธนา. (2556). *การศึกษาความสามารถการรับน้ำหนักของโครงสร้างไผ่โดยวิธีการรวบลำเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.
- ทรงเกียรติ เทียธิทรัพย์. (2544). *เทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารด้วยไผ่*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.
- รุ่งพรธนา น้อยจันทร์. (2557). *การพัฒนาข้อต่อโครงถักไผ่สำหรับโครงสร้างสถาปัตยกรรม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม.

Articles

- Khosrow Ghavami. (2004). *Bamboo as reinforcement in structural concrete elements*. Department of Civil Engineering, Pontificia Universidade Catolica.
- K.A. Solomao-Ayeh. (2005). *Used of bamboo for building – a sustainable, strong, versatile and economic option for the preservation of timber in Ghana*. Building and Road Research Institute (BRRI)
- Fan H. and C. Fan (n.d). *Test Method for Determination of Mechanical Properties of Bamboo*. Harbin; Civil Engineering and Architecture Harbin University

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

The Concrete Products & Aggregate Co.,Ltd. (CPAC). The Siam Cement Public Co.,Ltd.(SCG). แผ่นพื้นตันซีแพค(CPAC Plank). สืบค้นจากhttp://cpac-inspireware.co.th/product02_show.php?ids=TVRnNQ==&Page=1#cover

Asia Group(1999) Co.,Ltd. แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง(Concrete Slab). สืบค้นจาก <http://www.asiagroup1999.com/products.php?catid=7>

Pound Concrete Products Co.,Ltd. (POUND). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab). สืบค้นจาก <http://www.poundconcrete.co.th/products/plank-slab.php>

Piboon Concrete Co.,Ltd. (PCC). แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป(PCC Solid Plank Slab). สืบค้นจาก <http://www.pcc-concrete.co.th/products/pcc-solid-plank-slab>

Esan Concrete Co.,Ltd. (ECC). แผ่นพื้นสำเร็จรูปท้องเรียบ(Plank Slab). สืบค้นจาก <http://www.esanconcrete.com/product/8/พื้นสำเร็จ>

หนังสือ

ISO. (2004). *bamboo-Determination of physical and mechanical properties. ISO22157-1:2004(E)*. Switzerland: International Organization for Standardization.

Supreedee Rittironk. (2011). *Thai Bamboo: Material Explored*. Bangkok: G7 Published.

Jules J.A. Janssen. (2000). *Designing and Building with Bamboo*. Technical University of Eindhoven, Eindhoven, The Netherlands.

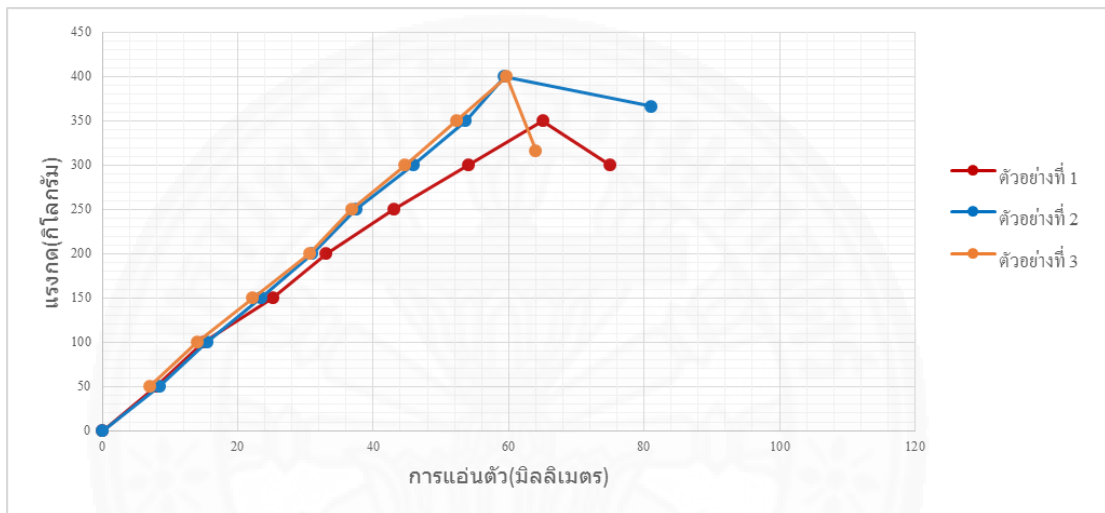


ภาคผนวก ก

การทดสอบคุณสมบัติการรับแรงดัดของการเสริมแรงไฟ

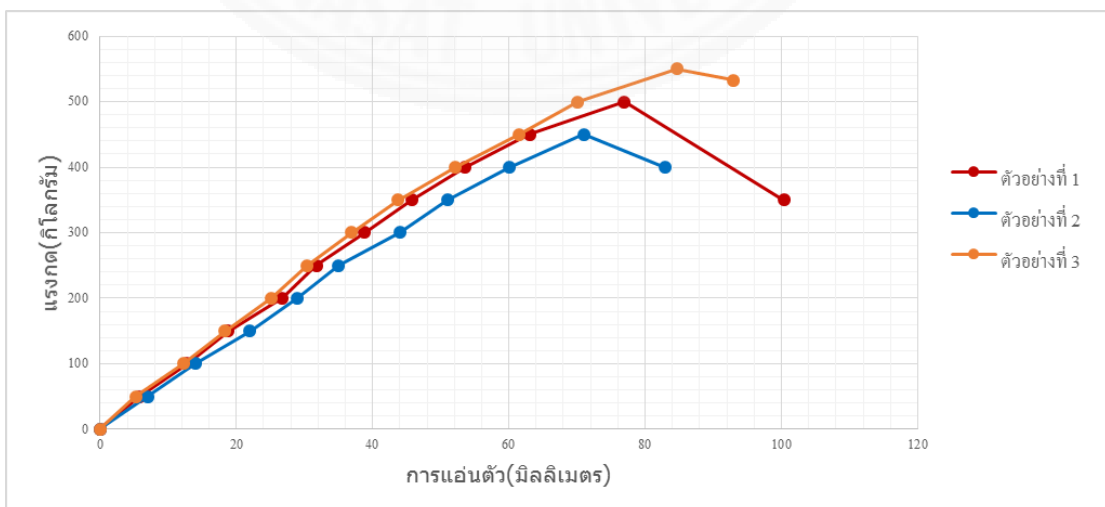
ภาพที่ ก-1

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของลำไม้ 1 ลำ



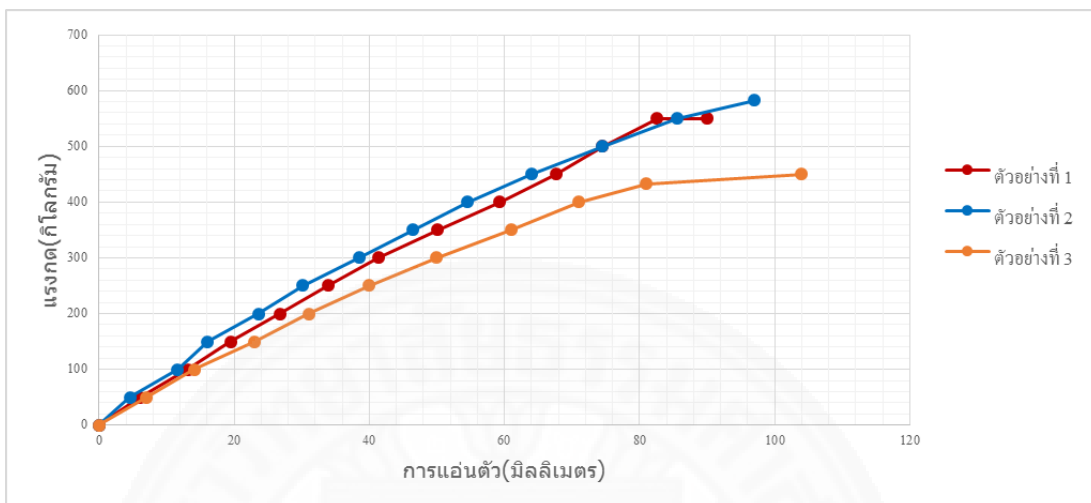
ภาพที่ ก-2

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์



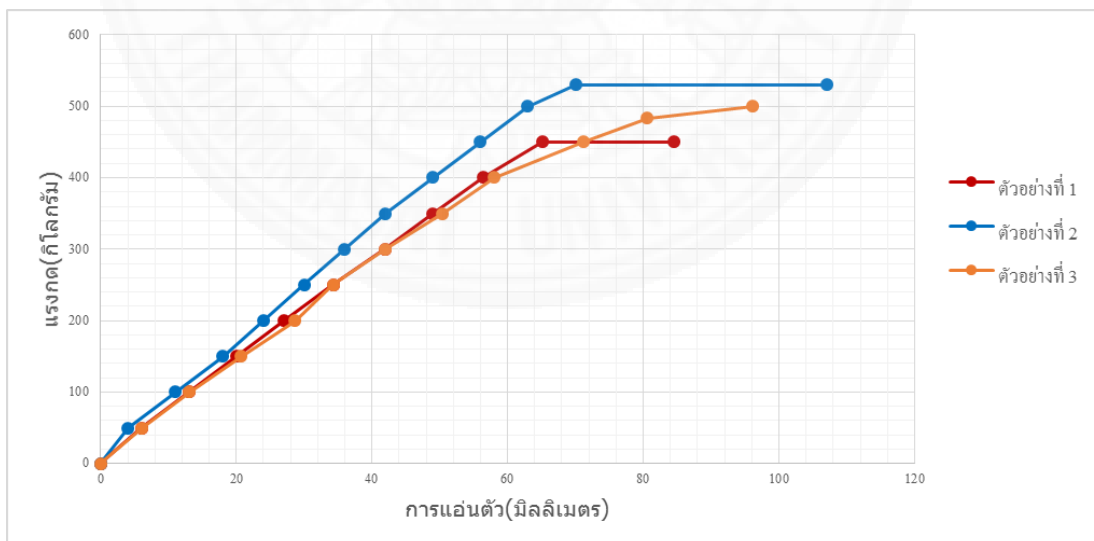
ภาพที่ ก-3

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแ่นตัวของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเส้นกลม



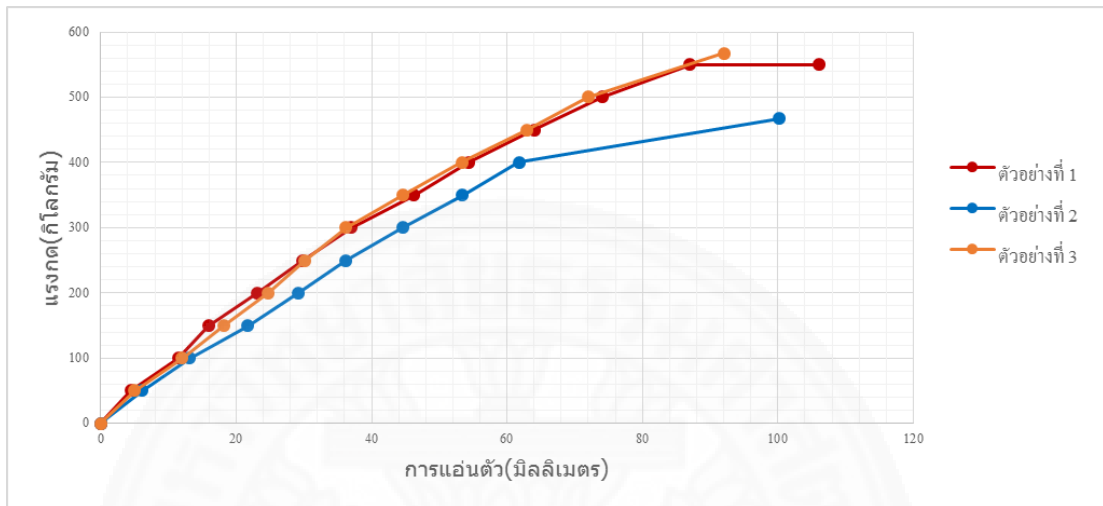
ภาพที่ ก-4

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแ่นตัวของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์และเหล็กเกลียวตลอด



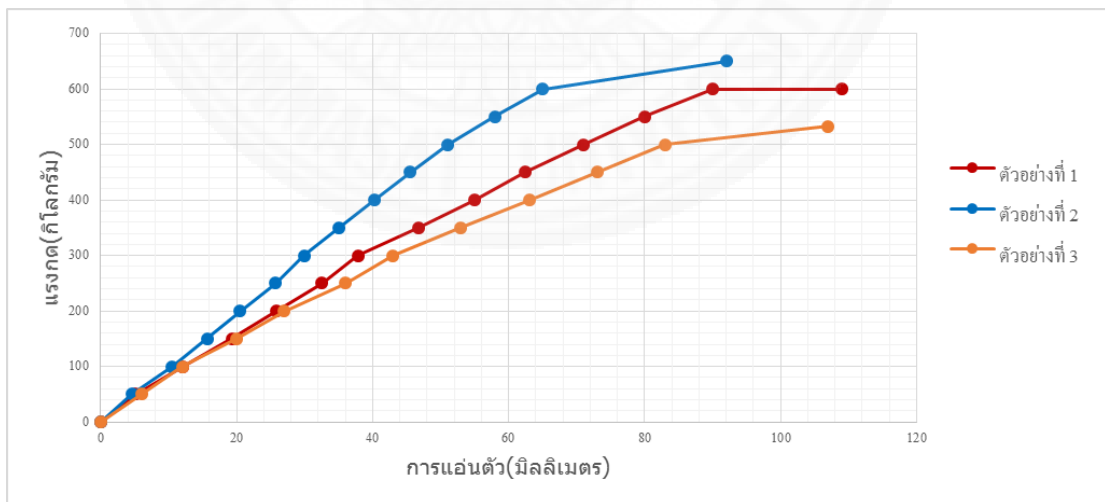
ภาพที่ ก-5

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด



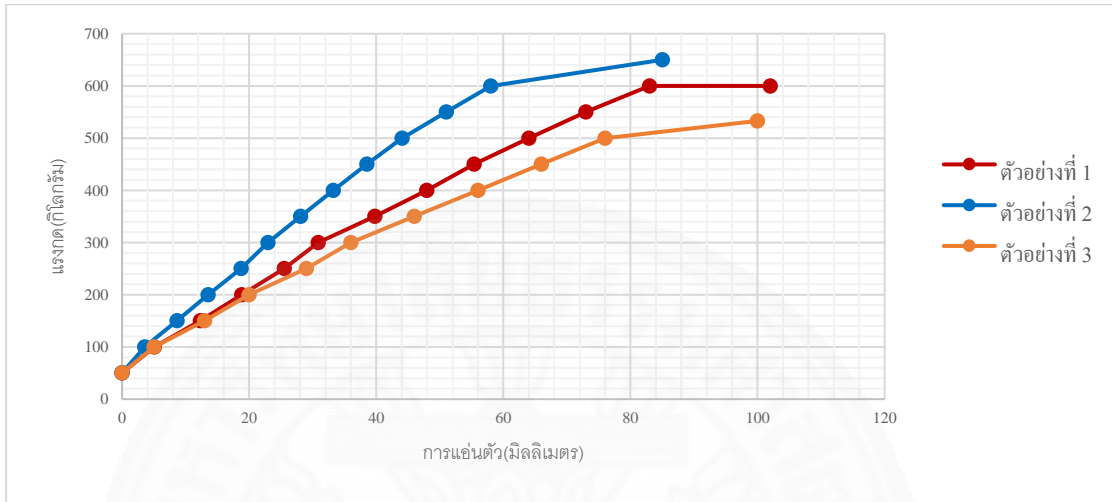
ภาพที่ ก-6

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)



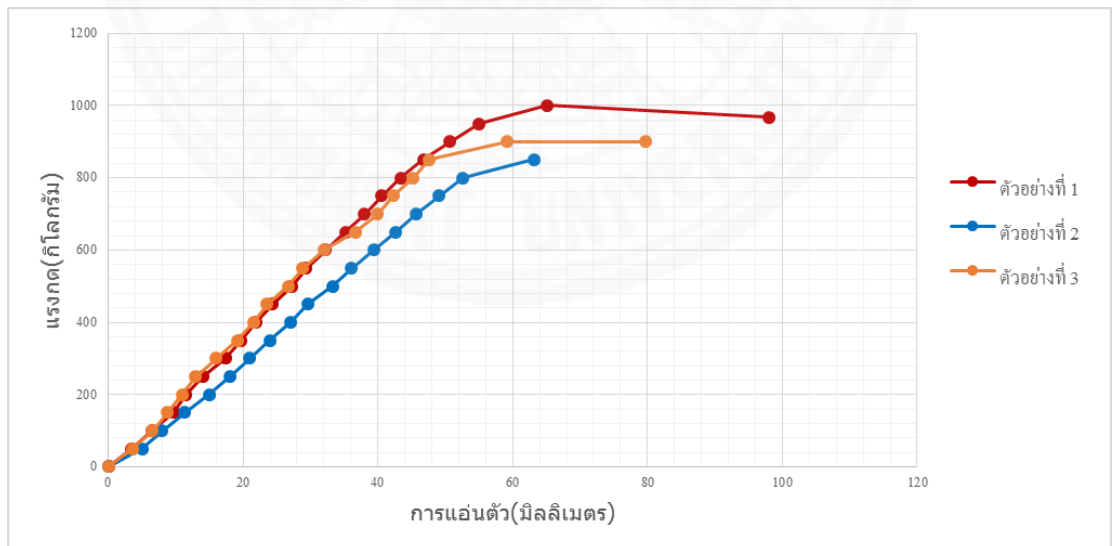
ภาพที่ ก-7

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด



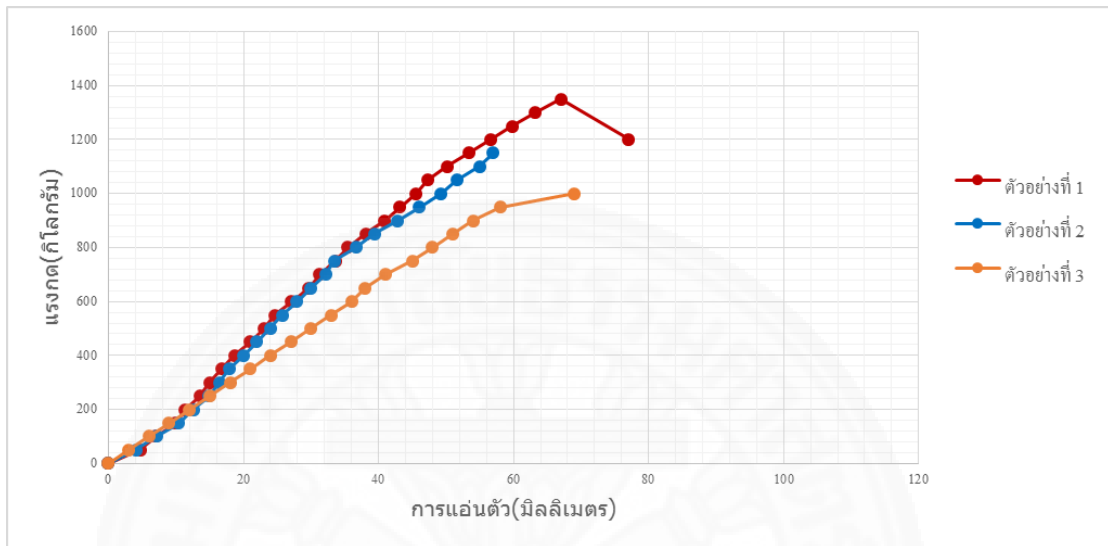
ภาพที่ ก-8

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ 3 ลำเปลา่



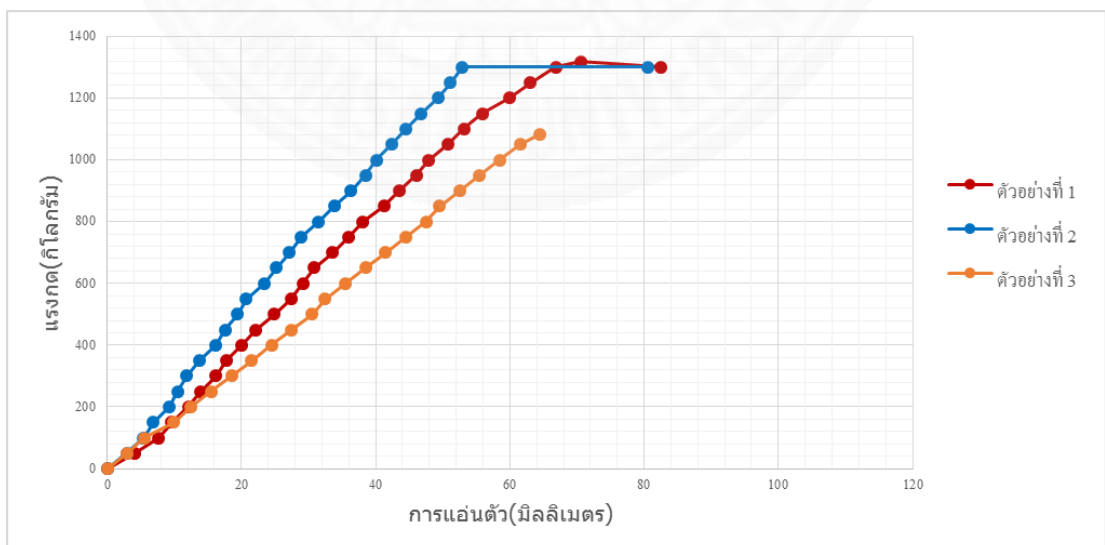
ภาพที่ ก-9

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์



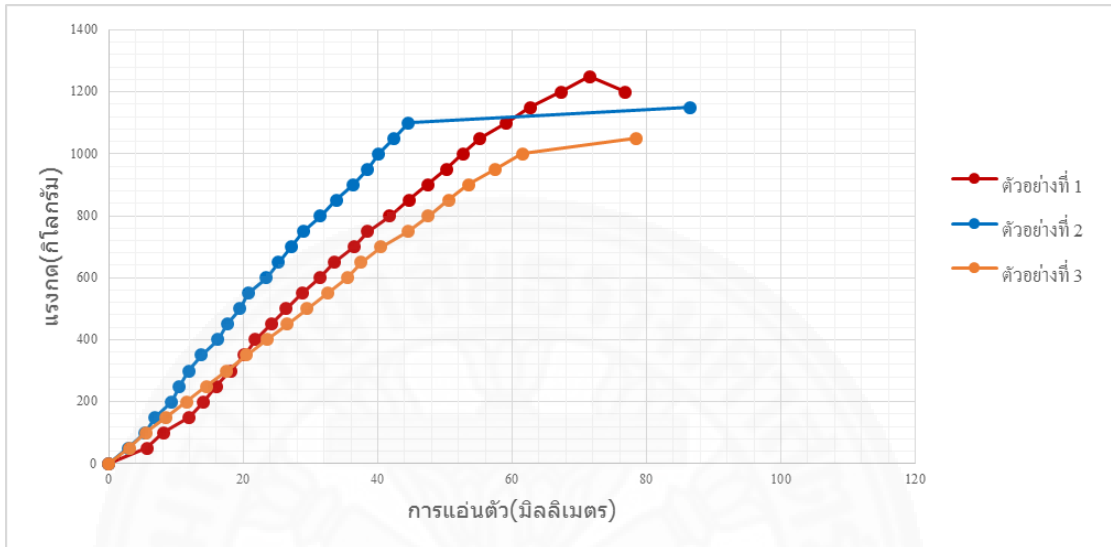
ภาพที่ ก-10

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม



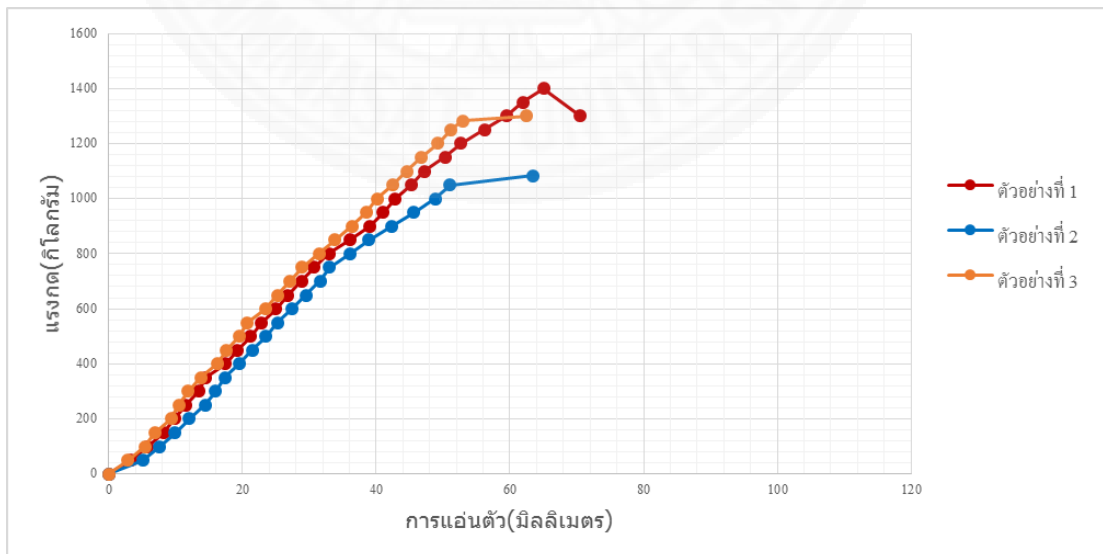
ภาพที่ ก-11

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์
และเหล็กเกลียวตลอด



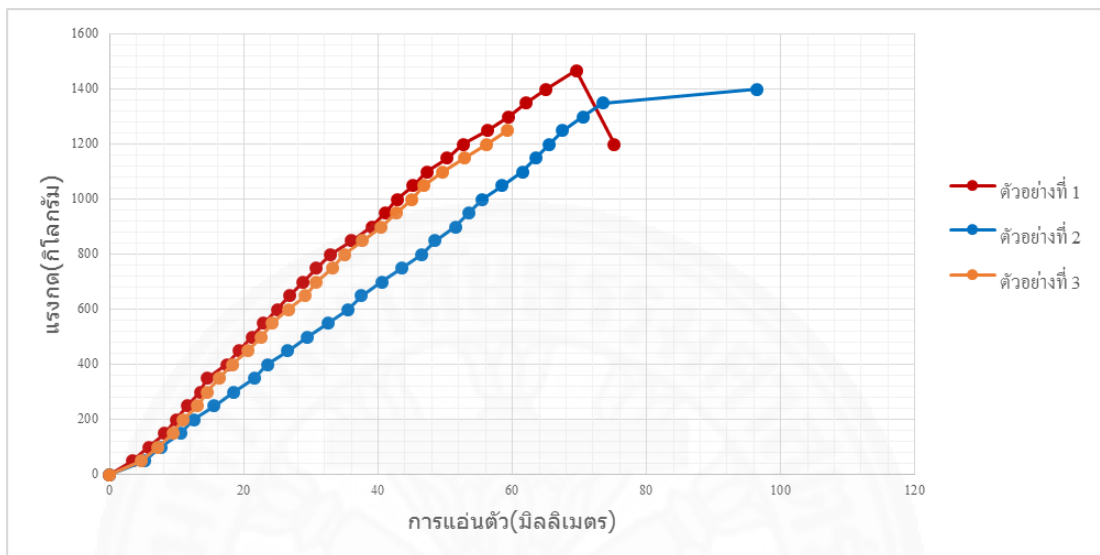
ภาพที่ ก-12

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของไม้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม
และเหล็กเกลียวตลอด



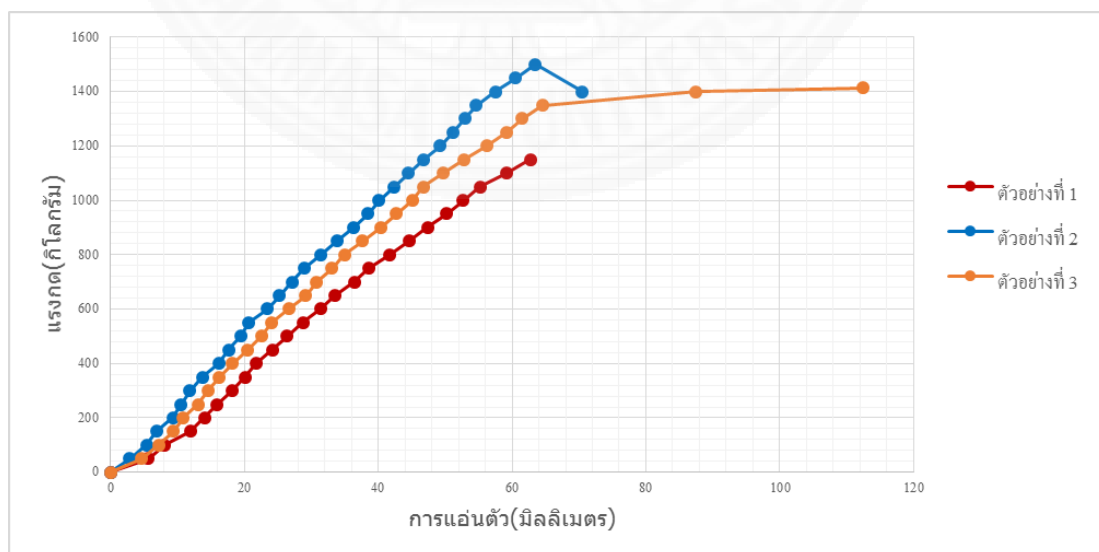
ภาพที่ ก-13

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของใผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ และเหล็กเส้นกลม (compression rebar)



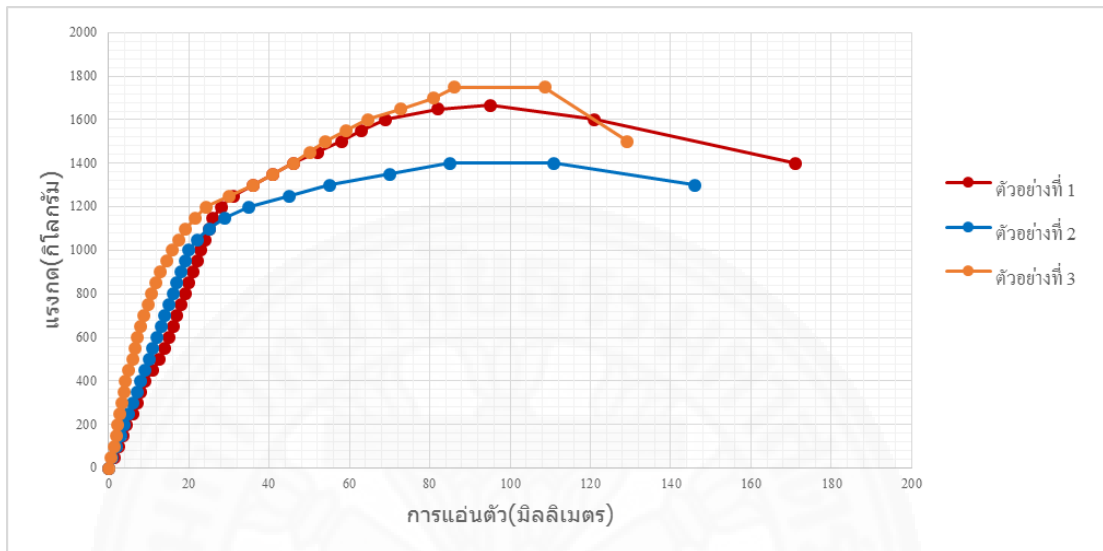
ภาพที่ ก-14

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของใผ่ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม และเหล็กเกลียวตลอด (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด



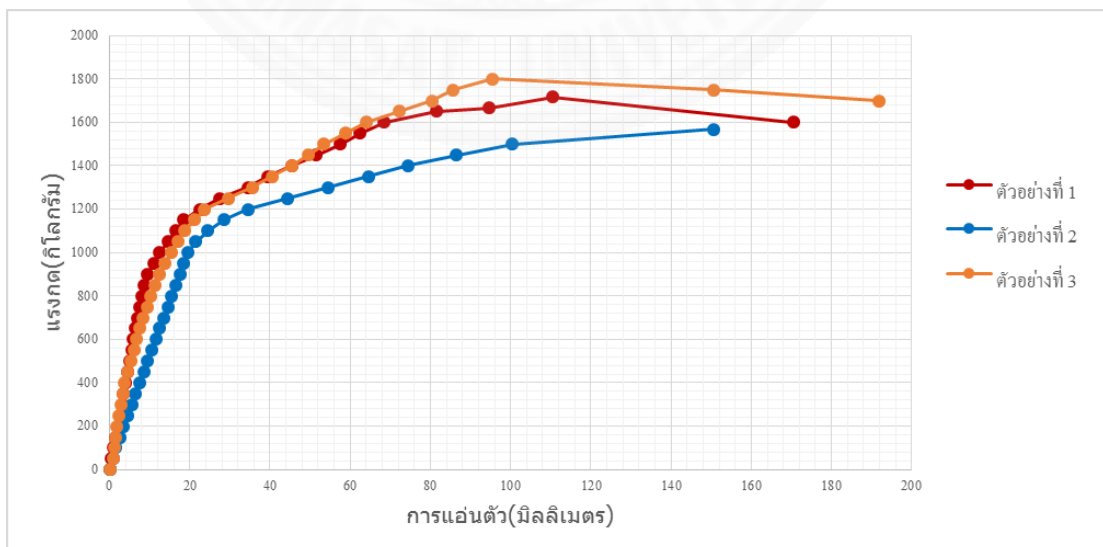
ภาพที่ ก-15

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของใ้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.



ภาพที่ ก-16

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและการแอ่นตัวของใ้ 3 ลำที่เสริมแรงด้วยมอร์ตาร์ เหล็กเส้นกลม (compression rebar) และเหล็กเกลียวตลอด รวมมอร์ตาร์ทับที่ความหนา 5 ซม.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย สุทธสุข จันทร์ถนอมสุข
วันเดือนปีเกิด	9 เมษายน พ.ศ. 2536
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
การนำเสนอบทความ	เข้าร่วมประชุมและนำเสนอบทความ 1. Built Environment Research Associates Conference (BERAC 8), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 2. AILCD International Workshop and Conference 2017, Kitakyushu, Japan
ทุนอุดหนุนการวิจัย	1. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประเภทบัณฑิตศึกษาประจำปีงบประมาณ 2560 2. ทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ประเภททุนวิจัยทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2560 3. ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์เพื่อนำไปสู่การตีพิมพ์ เผยแพร่ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี 2559