



## รายงานการวิจัย

### เรื่อง

การพัฒนาการใช้ไม้ไผ่ทดแทนเหล็กในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป  
The development of steels replacement by using bamboo  
in reinforced concrete ready-made columns



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปิยะพล สีหาบุตร  
เพ็ญชาย เวียงใต้  
เจษฎ์ศิริ เกื้อนมูลละ  
ภาคพล ช่างยนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

## บทที่ 5

### สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ได้กล่าวถึง สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ ซึ่งได้ลำดับดังต่อไปนี้

1. สรุปผล
2. ข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการพัฒนารูปแบบการใช้ไม้ไผ่ทดแทนเหล็กในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

1. กำลังดึงของไม้ไผ่มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีขนาดหน้าตัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ค่าความเค้นมีค่าลดลง และไม้ไผ่ตงมีค่ากำลังดึงและค่าความเค้นสูงกว่าไม้ไผ่สีสุกทุกขนาด

2. กำลังอัดของคอนกรีตขนาด 10x20 มีค่าเท่ากับ 275 กก./ตร.ซม. และมีค่ายุบตัวเท่ากับ 10.50 เซนติเมตร

3. กำลังอัดในแนวแกน (Axial load) ของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจากการทดสอบ มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดหน้าตัดเสาเพิ่มขึ้น และเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ มีค่า มากกว่าร้อยละ 60 ของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และมีค่าใกล้เคียงมากที่สุดที่ร้อยละ 79.18 ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 90.61 ตัน

4. รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสริมไม้ไผ่ มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ การวิบัติจากคอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งมีเนื้อคอนกรีตหลุดออกจากเสาจนสามารถมองเห็นเหล็กเสริมและเหล็กเสริมหรือไม้ไผ่ยังคงสภาพเดิม ไม่คดงอ หรือเสียรูป

5. การใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริมที่ขนาดเล็กที่สุดคือ 10x10 เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักบรรทุกในแนวแกน หรือกำลังอัดในแนวแกนได้ สูงสุด 19 ตัน และเพิ่มมากขึ้น โดยมากถึง 90 ตัน ที่ขนาดหน้าตัดเสา 20x20 เซนติเมตร

#### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยนี้ สามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในเสาสำเร็จรูปได้เนื่องจาก สามารถรับน้ำหนักบรรทุกในแนวแกนได้ ตั้งแต่ 19 ตัน จนถึง 90 ตัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เสาคอนกรีตสำเร็จรูปนั้นจะใช้ในอาคารขนาดเล็กรับน้ำหนักบรรทุกไม่มาก เช่น โรงจอดรถขนาดเล็ก เสาบ้านชั้นเดียว เสารั้ว เป็นต้น ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้เนื่องจากไม้ไผ่เป็นพืชที่หาได้ง่ายทั่วไป และราคาถูก

#### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เพื่อให้การใช้ไม้ไผ่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ควรมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนนำมาใช้ และเพื่อให้การทดสอบเสาคอนกรีตรอบด้านมากยิ่งขึ้น ควรวิจัยเพิ่มในการรับน้ำหนักเยื้องศูนย์กลางต่อไป



บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

### บรรณานุกรม

ศุภกฤษณ์ สดใส และอดิศักดิ์ ช่องบุญ.(2556) “พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซีที่รับการตัด”, วิทยานิพนธ์;มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี

ASTM C78-78m, 2011. **Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)** ASTM Book of Standards Vol. 04.05.

ASTM D1143. **Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load** ASTM Book of Standards Vol. 15.02.

ASTM C188, 2014. **Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement**, ASTM Book of Standards Vol. 15.02.

ASTM C773-88, 2011. **Standard Test Method for Compressive (Crushing) Strength of Fired Whiteware Materials**, ASTM Book of Standards Vol. 15.02.

ASTM C177-97 **Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates**. In: Annual Book of ASTM standard 04.06, West Conshohocken, Pennsylvania : ASTM (2000)

Atul Agarwal et al (2014) , “**experimental investigation on chemically treated bamboo reinforce concrete beam and columns**”, *construction and building materials*,71, 610-617.

Masakazu Terata and Koichi (2011), “**Fracture Behavior and Mechanical Properties of Bamboo Reinforced Concrete Members**”, *Engineering procedia*, 10, 2967–2972.

Yushun Li et al. (2015), “**Bending resistance of I-section bamboo–steel composite beams utilizing adhesive bonding**”, *thin-wall structure*, 89, 17-24.

Hai tao li et al. (2015), “**Mechanical performance of laminate bamboo column under axial compression**”, *composites part B*,79, 374-382.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ขนาดของทรายด้วยตะแกรงมาตรฐาน

ขนาด ตะแกรง	น้ำหนัก ตะแกรง (กรัม)	น้ำหนัก ตะแกรง+ น้ำหนักค้ำ (กรัม)	น้ำหนักค้ำ บนตะแกรง	ร้อยละที่ ค้ำบน ตะแกรง	ร้อยละค้ำ สะสมบน ตะแกรง	ร้อยละผ่าน สะสม
4	528.26	532.52	4.26	0.85	0.85	99.15
8	467.93	493.29	25.36	5.07	5.92	94.08
16	447.20	540.33	93.13	18.63	24.55	75.45
30	410.01	598.19	188.18	37.64	62.19	37.81
50	400.22	496.69	96.47	19.29	81.48	18.52
100	394.31	476.48	82.17	16.43	97.91	2.09
ถาดรอง	378.89	389.32	10.43	2.086	100.00	0.00
รวม			500	โมดูลัสความละเอียด = 2.73		

ตารางที่ 9 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์

ชนิดตัวอย่าง	ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ก่อน) กรัม	ปริมาตร (หลัง) กรัม	น้ำหนัก (ก่อน) กรัม	น้ำหนัก (หลัง)	ถ.พ.
ปูนซีเมนต์ปอร์ต	1	0.60	20.20	321.99	384.07	3.14
แลนต์ Type I	2	0.80	21.20	318.45	382.78	3.15

ตารางที่ 10 การหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวมละเอียด (ทราย)

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
น้ำหนักขวด (กรัม)	162.89	160.49
น้ำหนักขวด + น้ำหนักน้ำ (กรัม)	655.25	657.53
น้ำหนักตัวอย่างอิ่มตัวผิวแห้ง (กรัม)	500.00	500.00
น้ำหนักน้ำ+น้ำหนักตัวอย่าง+น้ำหนักขวด (กรัม)	965.74	967.11
น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)	493.58	492.98
ความถ่วงจำเพาะ(อบแห้ง)	2.61	2.60
ความถ่วงจำเพาะ(อิ่มตัวผิวแห้ง)	2.63	2.62
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.70	2.69
ร้อยละการดูดซึ่ม	1.30	1.42
ความถ่วงจำเพาะ(อบแห้ง) เฉลี่ย	2.61	
ความถ่วงจำเพาะ(อิ่มตัวผิวแห้ง) เฉลี่ย	2.62	
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ เฉลี่ย	2.69	
ร้อยละการดูดซึ่ม เฉลี่ย	1.37	

ภาคผนวก ข  
ภาพถ่ายขั้นตอนการทดสอบ



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏนครพนม  
RAJABHAT NAKHON PHANOM UNIVERSITY  
ภาพประกอบที่ 29 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่



ภาพประกอบที่ 30 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่



ภาพประกอบที่ 31 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่



ภาพประกอบที่ 32 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่



ภาพประกอบที่ 33 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต





ภาพประกอบที่ 34 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต



ภาพประกอบที่ 35 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต



ภาพประกอบที่ 36 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต



ภาพประกอบที่ 37 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต





ภาพประกอบที่ 38 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต

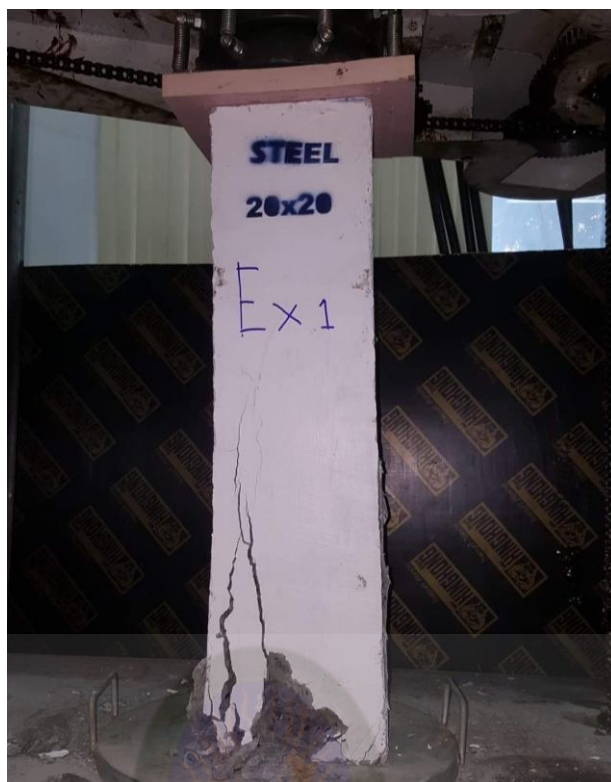


ภาพประกอบที่ 39 เสาคอนกรีต

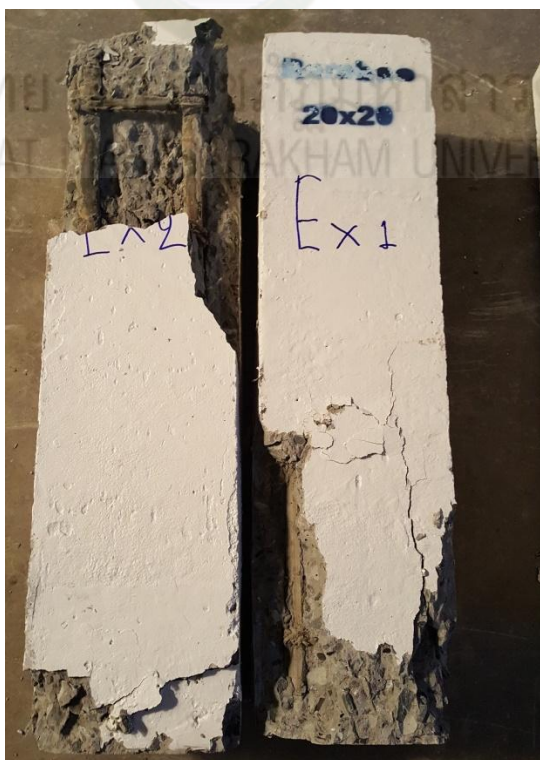


ภาพประกอบที่ 40 การทดสอบเสาคอนกรีต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพประกอบที่ 41 การทดสอบเสาคอนกรีต



ภาพประกอบที่ 42 การวิบัติของเสาคอนกรีต





ภาพประกอบที่ 43 การวิบัติของเสาคอนกรีต



ภาพประกอบที่ 44 การวิบัติของเสาคอนกรีต

## ประวัติผู้วิจัย

## หัวหน้าโครงการ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ปิยะพล สีหาบุตร

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Piyaphol Srihabutra

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่ติดต่อ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตำบล ตลาด อำเภอ เมือง จังหวัดมหาสารคาม  
44000 โทรศัพท์/โทรสาร – โทรศัพท์มือถือ 09-0991-6359, 043-742620 E-mail Address :

[piyapholgl@gmail.com](mailto:piyapholgl@gmail.com)

ประวัติการศึกษา

2549	ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมโยธา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2552	ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมโยธา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

Tuntisukrarom, K, Choksawangnetr, Srihabutra, P. and Cheerarot, R. , “Utilization of ground bottom ash in high performance concrete” Research and Development Journal of The Engineering Institute of Thailand., 1(2012): 40-47

ปิยะพล สีหาบุตร และเรืองรุชดี ชีระโรจน์, 2550, “การศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้า  
ก้นเตา” การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, มหาสารคาม.

ปิยะพล สีหาบุตร และเรืองรุชดี ชีระโรจน์, 2552, “การศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีต  
สมรรถนะสูงที่ผสมเถ้าก้นเตาบดละเอียด”, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 5  
นครราชสีมา

ปิยะพล สีหาบุตร วันชัย สะตะ และเรืองรุชดี ชีระโรจน์, 2552, “การศึกษาสมบัติของคอนกรีต  
สดสมรรถนะสูงที่ผสมเถ้าก้นเตาบดละเอียด”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ  
ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา

## ผู้ร่วมวิจัย

นามสกุล (ภาษาไทย) นาย เพ็ญชาย เวียงใต้

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Penchai Weingtai

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตำบล ตลาด อำเภอ เมือง  
จังหวัดมหาสารคาม 44000 โทรศัพท์/โทรสาร – โทรศัพท์มือถือ 08-6646-9595, 043-742620  
E-mail Address : [w\\_penchai@hotmail.com](mailto:w_penchai@hotmail.com)

ประวัติการศึกษา

2549	ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมโยธา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2552	ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมโยธา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

เพ็ญชาย เวียงใต้ และเรืองรุชดี ชีระโรจน์, 2550, “การศึกษากำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมหินปูน  
บดละเอียด”, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, มหาสารคาม.

เพ็ญชาย เวียงใต้ สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดี ชีระโรจน์, 2551, “ความสามารถการซึมผ่านของน้ำ  
ในคอนกรีตที่ผสมเถ้าขี้เตาบดละเอียด”, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 4,  
อุบลราชธานี, หน้า 198, MAT 33.

เพ็ญชาย เวียงใต้ สมชาย อินทะตา และเรืองรุชดี ชีระโรจน์, 2552, “การศึกษาการแทรกซึมของคลอ  
ไรต์ในคอนกรีตผสมเถ้าขี้เตา”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, หน้า 1871, MAT 50337



## ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเจษฎ์ศิริ เกื่อนมุลละ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. JETSIRI THUANMUNLA

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตำบล ตลาด อำเภอ เมือง จังหวัด  
มหาสารคาม 44000 โทรศัพท์/โทรสาร 08-6240-2654 E-mail : [Jetsiri.t@hotmail.com](mailto:Jetsiri.t@hotmail.com)

## ประวัติการศึกษา

2553	ปริญญาโท	ภ.สจ.ม.	ภูมิสถาปัตย กรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัย ศิลปากร
2549	ปริญญาตรี	สศ.บ.	สถาปัตยกรรม	มหาวิทยาลัย มหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายภคพล ช่างยันต์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Phakapol Changyant

ตำแหน่งปัจจุบัน ข้าราชการ ตำแหน่ง อาจารย์

หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ  
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตำบล ตลาด อำเภอ เมือง จังหวัดมหาสารคาม  
44000 โทรศัพท์/โทรสาร 08-6240-2654 E-mail : 08-1075-4856 E-mail :

[phakapol\\_rmu@hotmail.com](mailto:phakapol_rmu@hotmail.com)

## ประวัติการศึกษา

2536

ปริญญาตรี

วศ.บ

วิศวกรรมโยธา

สถาบันเทคโนโลยี

ไทย

ราชมงคล วิทยาเขต

เทเวศร์



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



## รายงานการวิจัย

### เรื่อง

การพัฒนาการใช้ไม้ไผ่ทดแทนเหล็กในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป  
The development of steels replacement by using bamboo  
in reinforced concrete ready-made columns



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปิยะพล สีหาบุตร  
เพ็ญชาย เวียงใต้  
เจษฎ์ศิริ เกื้อนมูลละ  
ภาคพล ช่างยนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)



## รายงานการวิจัย

### เรื่อง

การพัฒนาการใช้ไม้ไผ่ทดแทนเหล็กในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป  
The development of steels replacement by using bamboo  
in reinforced concrete ready-made columns



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ปิยะพล สีหาบุตร

เพ็ญชาย เวียงใต้

เจษฎ์ศิริ เกื่อนมูลละ

ภคพล ช่างยนต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.สมชาย อินทะตา และคุณมีศักดิ์ธนา พัวพิทยธร ที่กรุณาสละเวลา และให้คำแนะนำอัน เป็นประโยชน์ยิ่ง ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคามและ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้สถานที่และ เครื่องมือในการทดลองทดสอบในครั้งนี้



คณะผู้วิจัย

2561

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย	การพัฒนาการใช้ไม้ไผ่ทดแทนเหล็กในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป
ผู้ดำเนินการวิจัย	นายปิยะพล สีหาบุตร และคณะ
หน่วยงานที่สังกัด	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ.	2561

### บทคัดย่อ

ความมุ่งหมายของงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการศึกษาการพัฒนาการใช้ไม้ไผ่ทดแทนเหล็กในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ทำการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต และการรับกำลังอัด ในแนวแกน และรูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีตที่เสริมด้วยเหล็กและไม้ไผ่ ที่อายุ 28 วัน

ผลการศึกษาพบว่า กำลังดึงของไม้ไผ่มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อขนาดหน้าตัดของไม้ไผ่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ ค่าความเค้นลดลง ไม้ไผ่ตงมีค่ากำลังดึงและค่าความเค้นมากกว่าไผ่สีสุกทุกขนาดการทดสอบ กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 275 กก./ตร.ซม และมีค่ายุบตัว เท่ากับ 10.50 เซนติเมตร กำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่าตั้งแต่ 29 ถึง 114 ตัน ส่วนเสา คอนกรีตเสริมไม้ไผ่ มีค่าน้อยกว่าคอนกรีตเสริมเหล็กทุกขนาดการทดสอบ โดยอยู่ระหว่างร้อยละ 66 ถึง ร้อยละ 79 ซึ่งมีค่ากำลังอัดในแนวแกนอยู่ระหว่าง 19 ถึง 90 ตัน

<b>Research Title</b>	The development of steels replacement by using bamboo in reinforced concrete ready-made columns.
<b>Researcher</b>	Mr.Piyaphol Srihabutra and etc.
<b>Organization</b>	Faculty of Engineering Rajabhat Maha Sarakham University
<b>Year</b>	2018

### ABSTRACT

The objective of this research was to study of the development of steels replacement by using bamboo in reinforced concrete ready-made columns. Tensile testing of bamboo, compressive strength test of concrete, axial compressive strength and failure pattern of concrete column reinforced with steel and bamboo at 28 days.

The study indicated that the tensile strength of bamboo increased when the cross section of bamboo increased. While the stress decreases. *Dendrocalamus* bamboo were higher tensile strength and stress more than *Bambusa blumeana* bamboo all of specimens testing. The compressive strength of concrete was 275 ksc. and the slump was 10.50 cm. Axial compressive strength of reinforced concrete columns were from 29 to 114 tons. Bamboo reinforced concrete column Less than reinforced concrete of all sizes tested. Between 66% and 79%, the axial compression is between 19 and 90 tons.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ .....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ค
สารบัญ .....	ง
สารบัญตาราง .....	ฉ
สารบัญภาพ .....	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
ความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	3
ขอบเขตของการวิจัย .....	4
สมมติฐานงานวิจัย .....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
เสาสำเร็จรูป .....	6
ไม้ไผ่ .....	6
ทฤษฎีของ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก .....	8
ทฤษฎีการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก .....	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	14
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง .....	15
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ .....	15
ขั้นตอนการทดสอบ .....	15



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์</b>	
คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ .....	21
ผลการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ .....	23
ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต .....	26
รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต .....	28
<b>บทที่ 5 สรุปอภิปราย และข้อเสนอแนะ</b>	
สรุปผลการทดลอง .....	32
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ .....	32
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป .....	32
<b>บรรณานุกรม</b> .....	33
<b>ภาคผนวก</b> .....	35
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ .....	36
ภาคผนวก ข ภาพถ่ายขั้นตอนการทดสอบ .....	39
<b>ประวัติผู้วิจัย</b> .....	49

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ส่วนผสมคอนกรีต .....	16
2 ขนาดตัวอย่างเสา .....	16
3 การคำนวณกำลังอัดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก.....	18
4 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ .....	22
5 ผลการทดสอบกำลังดึงของไม้ไฟ .....	24
6 กำลังอัดคอนกรีต .....	26
7 กำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีต .....	27
8 การวิเคราะห์ขนาดของทรายด้วยตะแกรงมาตรฐาน .....	37
9 ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ .....	37
10 การหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด (ทราย).....	38

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1 เสาสสำเร็จรูป .....	1
2 ไม้ไผ่ .....	3
3 การใช้เสาสสำเร็จรูปในงานรั้ว .....	6
4 ไม้ตง .....	7
5 นั่งร้านไม้ไผ่ .....	8
6 ลักษณะของหน้าตัดเสาสี่เหลี่ยมและวงกลม .....	9
7 พฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกี้ยว .....	10
8 สภาพเสาหลังเกิดการวิบัติ .....	11
9 รายละเอียดการใส่ปลอกเดี่ยว .....	11
10 หน่วยแรงในเสาปลอกเกลียว .....	12
11 หน่วยแรงในปลอกเกลียวที่เกิดจากแรงอัดในแกนกลาง .....	13
12 ไม้ไผ่เสริม .....	16
13 การหล่อเสาคอนกรีต .....	17
14 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่ .....	19
15 การทดสอบเสาคอนกรีต .....	20
16 การกระจายขนาดคละของทราย .....	21
17 ภาพถ่ายขยายอนุภาคปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กำลังขยาย 1,000 และ 2,000 เท่า .....	23
18 ภาพการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่ .....	23
19 ภาพการวิบัติของไม้ไผ่หลังการทดสอบ .....	24
20 ความสัมพันธ์ของขนาดและกำลังดึงไม้ไผ่ .....	25
21 ความสัมพันธ์ของขนาดและความเค้นของไม้ไผ่ .....	26
22 กำลังอัดในแนวแกนของเสาจากรายการคำนวณเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสริมไม้ไผ่....	27
23 ร้อยละกำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและไม้ไผ่ .....	28
24 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 10x10 เซนติเมตร .....	28
25 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 12.5x12.5 เซนติเมตร .....	29
26 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 15x15 เซนติเมตร .....	29
27 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 20x20 เซนติเมตร .....	30
28 การหลุดร่อนของเนื้อคอนกรีตหลังการวิบัติ .....	30

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
29 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่ .....	40
30 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่ .....	41
31 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่ .....	41
32 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่ .....	42
33 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต .....	42
34 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต .....	43
35 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต .....	43
36 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต .....	44
37 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต .....	44
38 การหล่อตัวอย่างเสาคอนกรีต .....	45
39 เสาคอนกรีต .....	45
40 การทดสอบเสาคอนกรีต .....	46
41 การทดสอบเสาคอนกรีต .....	47
42 การวิบัติของเสาคอนกรีต .....	47
43 การวิบัติของเสาคอนกรีต .....	48
44 การวิบัติของเสาคอนกรีต .....	48

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กได้มีการก่อสร้างอย่างต่อเนื่องและขยายเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไม้หรือวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ เช่น ไม้เนื้อแข็งต่างๆหายากและลดจำนวนลงอย่างมาก จึงส่งผลให้พฤติกรรมการก่อสร้างอาคารเปลี่ยนไปและขยายเข้าสู่ชนบท โดยสังเกตได้จากร้านวัสดุก่อสร้างที่มีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว โครงสร้างบ้านหรืออาคารจะใช้ เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กวัสดุหลัก เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน รับน้ำหนักบรรทุกได้มาก และเมื่ออาคารสูงหรือใหญ่ขึ้น จำนวนวัสดุจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณและขนาดที่ก่อสร้าง นอกจากการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่แล้ว ยังมีอาคารขนาดเล็กและงานก่อสร้างอื่น ๆ ที่ยังใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น รั้ว พื้น ถนน คอนกรีต เป็นต้น และถ้าสังเกตบ้านเรือน ตามชนบทแล้ว จะพบว่า บ้านส่วนใหญ่จะเป็นบ้าน กึ่งไม้ กึ่งคอนกรีต คือ ชั้นบนเป็นบ้านไม้ ชั้นล่างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ซึ่งมีหลายแบบหลายขนาด ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค เช่น ขนาด 10x10x150 ซม. 15x15x300 ซม. เป็นต้น ดังแสดงในภาพประกอบที่ 1 โดยเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปจะมีรอยบากเพื่อไว้สำหรับเชื่อมกับองค์อาคารอื่นตรงบริเวณปลายเสา และมีฐานรากเล็ก ๆ ไว้ตรงกันเสาเพื่อตั้งเสาและเชื่อมกับฐานราก



ภาพประกอบที่ 1 เสาสำเร็จรูป

และเนื่องจากส่วนใหญ่ใช้เป็นเสารั้ว และเสาบ้านเดี่ยวชั้นเดียว มีน้ำหนักบรรทุกกลางเสาไม่มาก การใช้วัสดุทดแทนจึงมีความเป็นไปได้ และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าได้มีการนำเอาไม้ไผ่มาใช้งานคอนกรีต ในองค์อาคารต่าง ๆ เช่น คาน เสา เป็นต้น

ไม้ไผ่เป็นพืชยืนต้นที่พบทั่วไปมีลำต้นกลมและกลวงตรงกลาง มีข้อกระจายอยู่ทั่วไปเพื่อเสริมให้ลำต้นเหนียวขึ้น ทำให้สามารถผ่าทางยาวให้มีขนาดเล็กได้เท่าที่ต้องการเปลือกหรือผิวของลำไม้ไผ่แข็งและเรียบเป็นมัน โดยปราศจากการตกแต่ง ไม้ไผ่บางชนิดมีสีดําหรือมีสีส้มต่าง ๆ กันรวมทั้งเป็นจุด ๆ ทำให้ดูสวยงามยิ่งขึ้น มีกาบหุ้มลำตามข้อซึ่งกาบนี้จะหลุดไปเมื่อลำไม้ไผ่เริ่มมีอายุ ลักษณะที่ปรากฏภายนอกที่เห็นชัดเหล่านี้จะแตกต่างกันไปไม้ไผ่แต่ละชนิด ดังแสดงในภาพประกอบ 2 จึงสามารถนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์ไม้ไผ่ได้ชนิดของไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างที่ควรทราบ ไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้าง นั้นมีดังต่อไปนี้ 1). ไผ่ตง นิยมปลูกกันในภาคกลางโดยเฉพาะที่จังหวัดปราจีนบุรี ปลูกกันมาก เป็นไม้ขนาดใหญ่ ลำต้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6-12 เซนติเมตร ไม่มีหนามปล้องยาวประมาณ 20 เซนติเมตร โคนต้นมีลายขาวสลับเทา มีขนเล็กๆ อยู่ทั่วไปของลำ มีหลายพันธุ์ เช่น ไผ่ตงหม้อ ไผ่ตง ดํา ไผ่ตงเขียว ไผ่ตงหนู เป็นต้น หน่อใช้รับประทานได้ ลำต้นใช้สร้างอาคาร เช่น เป็นเสาโครง หลังคา เพราะแข็งแรงดี ไผ่ตงมีต้นกำเนิดจากประเทศจีนชาวจีนนำมาปลูกในประเทศไทย ประมาณ ปี พ.ศ. 2450 ปลูกครั้งแรกที่ตำบลพระราม จังหวัดปราจีนบุรี 2). ไผ่สีสุก ไผ่ชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปและมีมากในภาคกลางและภาคใต้ลำต้นเขียวสดเป็นไผ่ ขนาดสูงใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นประมาณ 7-10 เซนติเมตร ปล้องยาวประมาณ 4-10 เซนติเมตร บริเวณข้อมีกิ่งเหมือนหนาม ลำต้นเนื้อหนา ทนทานดี ใช้ทำนํ้ารั้วในการก่อสร้าง เช่น นํ้ารั้วทาสี นํ้ารั้วฉาบปูน 3). ไผ่ลํามะลอก มีทั่วทุกภาคแต่ในภาคใต้จะมีน้อยมาก ลำต้นสีเขียวแก่ไม่มีหนาม ข้อเรียบ จะแตกใบสูงจากพื้นดินประมาณ 6-7 เมตร ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-10 เซนติเมตร ลำต้น สูงประมาณ 10-15 เมตร ลำต้นใช้ทำนํ้ารั้วในงานก่อสร้างได้ดี 4). ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม มีทั่วทุกภาคของประเทศต้นแก่มีสีเขียวเหลือง เป็นไม้ขนาดใหญ่ มีหนามและแขนง ปล้องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 -15 เซนติเมตร ใช้ทำโครงบ้าน ใช้ทำนํ้ารั้ว 5). ไผ่ดําหรือไผ่ตาดํา มีในป่าที่แถบจังหวัดกาญจนบุรีและจันทบุรี ลำต้นสีเขียวแก่ ค่อนข้างดํา ไม่มีหนาม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปล้องประมาณ 7-10 เซนติเมตร ปล้องยาว 30-40 เซนติเมตร เนื้อหนา ลำต้นสูง 10-12 เมตร เหมาะจะใช้ในการก่อสร้าง จักสาน 6). ไผ่เหี้ยะ มีทางภาคเหนือ ลำต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-10 เซนติเมตร ปล้องยาวขนาด 50-70 เซนติเมตร ข้อเรียบ มีกิ่งก้านเล็กน้อย เนื้อหนา 1-2 เซนติเมตร ลำต้นสูงประมาณ 10-18 เมตร ลำต้นใช้ทำโครงสร้างอาคาร เช่น เสา โครงคลังคาน คาน 7). ไผ่รวก มีมากทางจังหวัดกาญจนบุรี ลำต้นเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.7 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เมตร ลักษณะเป็นกอ ลำต้นใช้ทำรั้ว ทำเยื่อกระดาษ 8). ไผ่บวบ มีทางภาคเหนือ สูง 10-25 เมตร เกิดลำห่างๆ เส้นผ่าศูนย์กลาง

ยาว 5-12 ซม. ปล้อง ยาว 20-40 เซนติเมตร ลำหนา 0.5-1 เซนติเมตร ลำอ่อนมีไขสีขาวปกคลุมตลอดลำ แต่ละข้อมี 3-7 กิ่ง กิ่งเด่น 1 กิ่ง ข้อล่างๆ ของลำโดยทั่วไปไม่มีรากอากาศ แผ่นใบ รูปแถบแกมรูปใบหอก กว้าง 0.82 เซนติเมตร ยาว 5-20 เซนติเมตร กาบหุ้มลำสีเหลืองอมส้มหรือสีส้ม มีไขและขนปกคลุมใบยอด กาบรูปใบหอกแคบสีน้ำตาลอมม่วง กางออกถึงพับลง ลิ้นกาบเป็นแถบ ขอบจักซี่ฟัน หูกาบ จีบพับ เป็นคลื่น มีขนยาวปกคลุม ลำต้นใช้ทำเฟอร์นิเจอร์, เครื่องจักรสาน, ไม้ระแนง, ทำโรงเรือนเป็นวัสดุหลักใช้ผลิตกำนธูป, ไม้จิ้มฟัน, ตะเกียบ, ไม้เสียบลูกชิ้น เป็นต้น



ภาพประกอบที่ 2 ไม้ไผ่

จากพฤติกรรมการรับแรงของเสาสำเร็จและประโยชน์และการใช้งานง่าย หาได้ง่ายของไม้ไผ่แล้ว ผู้วิจัยจึงเห็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุท้องถิ่นในการทำโครงสร้างอาคารเสาคอนกรีตสำเร็จรูปเพื่อลดต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการผลิตเสาสำเร็จรูป อีกทั้งยังลดการใช้ การนำเข้าเหล็ก ลดพลังงาน ลดภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมจากการถลุงเหล็ก และพลังงานในการขนส่งเหล็กเส้น นอกจากนี้ยังสามารถให้อุตสาหกรรมชุมชนสามารถผลิตเสาสำเร็จรูปได้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเสริมในเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป
2. ศึกษาผลของคุณสมบัติทางกายภาพ, เชิงกล ความทนทาน ของเสาคอนกรีตที่มีไม้ไผ่เป็นส่วนผสม
3. เพื่อให้ทราบปริมาณที่เหมาะสมของไม้ไผ่ในการใช้แทนเหล็กเสริม



### ขอบเขตการวิจัย

1. ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต (Compressive strength) ตามมาตรฐาน ASTM C773-88 ที่อายุ 28 วัน
2. ศึกษาคุณสมบัติของเหล็กและไม้ไผ่ ได้แก่ ความสามารถในการรับแรงดึง
3. ศึกษาความสามารถรับแรงในแนวแกน (axial load) ของเสา ตามมาตรฐาน ASTM D 1143 ที่อายุ 28 วัน
4. ศึกษารูปแบบการวิบัติ ของเสา ที่อายุ 28 วัน
5. เปรียบเทียบคุณสมบัติของเสาระหว่างการใช้เหล็กเสริมกับการใช้ไม้ไผ่

### สมมติฐานงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำวัสดุจากธรรมชาติที่หาได้ง่ายอย่างต้นไผ่ มาใช้ในงานก่อสร้างที่เป็นโครงสร้างขนาดเล็กเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยการนำเอาไม้ไผ่มาแทนเหล็กเสริม ในเสาสำเร็จรูป จากนั้นนำเสาสำเร็จรูปที่ได้มาทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบเสาด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการใช้ไม้ไผ่แทนเหล็กเส้น

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไม้ไผ่ หมายถึง ไม้ไผ่ ตง และ สีสุก ผ่าเป็นขนาดต่างๆเพื่อใช้ทดสอบ
2. เสา หมายถึง เสาขนาด ต่าง ๆ เสริมด้วยเหล็กเส้นและไม้ไผ่
3. กำลังอัด หมายถึง กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุการทดสอบต่าง ๆ
4. ความสามารถรับแรงในแนวแกน (axial load) หมายถึง การทดสอบเสาตามมาตรฐาน ASTM D 1143 ที่อายุ 28 วัน
5. รูปแบบการวิบัติ หมายถึง ลักษณะการแตกร้าวตามผิวคอนกรีตของเสา

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการส่งเสริมนำวัสดุในท้องถิ่นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมในระยะยาวให้ดีขึ้น
2. เป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ และสามารถทำได้จริงนำไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้



3. เป็นการส่งเสริมให้เกิดการวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำวัสดุใช้ในท้องถิ่นหรือชุมชนเอามาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งเป็นการถ่ายทอดความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงกับอุตสาหกรรมการผลิตเสาสำเร็จรูป และสอดคล้องกับโครงการวิจัยและนโยบายรวมถึงยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ

4. เป็นการสร้างฐานวิจัยภายในประเทศ และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปเผยแพร่ในเวทีระดับชาติและ/หรือนานาชาติ ทั้งในรูปแบบของการเข้าร่วมประชุมวิชาการและการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและ/หรือนานาชาติ เพื่อสร้างชื่อเสียงให้กับหน่วยงานหรือองค์กรที่นักวิจัยสังกัด



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ประกอบด้วย เสาสำเร็จ ไม้ไผ่ การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เสาสำเร็จรูป

เสาสำเร็จรูป คือ เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่หล่อสำเร็จพร้อมใช้งาน โดยทั่วไปแล้วจะเป็นเสาสั้น ขนาดเล็ก เพื่อใช้ในงานโครงสร้างขนาดเล็กและรับน้ำหนักบรรทุกไม่มาก เช่น เสาบ้านชั้นเดียว เสารั้ว เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีขนาดหน้าตัดตั้งแต่ 10x10 15x15 และไม่เกิน 20x20 เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากการใช้งานที่ไม่ใช้งานโครงสร้างใหญ่ และง่ายต่อการขนถ่าย ดังแสดงในภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ 3 การใช้เสาสำเร็จรูปในงานรั้ว

#### 2.2 ไม้ไผ่ (Bamboo)

ไผ่ เป็นไม้พุ่มหลายชนิดและหลายสกุลใน วงศ์หญ้า (วงศ์ Poaceae; เดิมคือวงศ์ Gramineae) วงศ์ย่อย *Bambusoideae* เป็นไม้ไม่ผลัดใบใน ชั้นเป็นกอ ลำต้นเป็นปล้องๆ เช่น ไผ่จันทน์ (*Arundinaria suberecta* Munro) ไผ่ป่า (*Bambusa arundinacea* Willd.) ไผ่สีสุก (*B. flexuosa* Munro และ *B. blumeana* Schult.) ไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* Munro) ไผ่ดำ (*Phyllostachys nigra* Munro)

**ไผ่ตง** (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Dendrocalamus*) เป็นไผ่สกุลหนึ่งในวงศ์หญ้า (Poaceae) ชื่อสกุลมีที่มาจากภาษากรีกว่า แปลว่า "ต้นไม้" และ พืชจำพวกกกหรืออ้อย" รวมหมายถึง "อ้อยที่เป็นกอกคล้ายต้นไม้" จึงสื่อถึงลักษณะของไผ่สกุลนี้ที่มีขนาดใหญ่และนิยมปลูกเพื่อการบริโภค หน่อ ไผ่สกุลนี้มีประมาณ 50 ชนิด ในจำนวนนี้พบในไทย 4 ชนิด กระจายพันธุ์ในเขตร้อนและกึ่งร้อนของทวีปเอเชีย โดยเฉพาะในเขตอินเดีย จีนอินโดนีเซีย พม่า ไทย มาเลเซีย และฟิลิปปินส์



ภาพประกอบที่ 4 ไผ่ตง

**ไผ่สีสุก** (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Bambusa blumeana*) เป็นพืชในวงศ์หญ้า (Poaceae) กระจายพันธุ์ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไผ่ลำต้นสูง 10-18 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 8-12 ซม. ลำแข็ง ผิวเรียบเป็นมัน ข้อมิพองออก มีกิ่งมากแตกตั้งฉากกับลำต้น หนามโคนอกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 อัน อันกลางยาวกว่า ลำมีรูเล็กเนื้อหนา ใบมีจำนวน 5-6 ใบ ที่ปลายกิ่ง ปลายใบเรียวแหลม โคนเป็นรูปปลีมหากว้าง หรือตัดตรง แผ่นใบกว้าง 0.8-2 ซม. ยาว 10-20 ซม. ใต้ใบมีสีเขียวอมเหลือง เส้นลายใบมี 5-9 คู่ ก้านใบสั้น ขอบใบสาก ครีบใบเล็กมีขน ดอกเป็นช่อ ส่วนมากอายุราว 30 ปีจะออกดอกหนึ่งครั้ง หน่อมีขนาดใหญ่ มีกาบสีเหลืองห่อหุ้ม ขนที่หน่อเป็นสีน้ำตาล

#### 2.2.1 การใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่

ผลผลิตจากไม้ที่สำคัญคือ หน่อไม้ ซึ่งเป็นอาหารสำคัญของคนไทย นิยมทานกันมากในเกือบทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคเหนือและอีสาน นอกจากนี้ไม้ไผ่ยังมีคุณสมบัติพิเศษทั้งด้านความแข็งแรงและยืดหยุ่นที่เหนือกว่าวัสดุสังเคราะห์หลายชนิด ดังนั้นจึงยังได้รับความนิยมในการทำเครื่องมือเครื่องใช้หลายประเภท ใช้ชะลอน้ำที่เข้าป่าชายเลน เครื่องจักรสานต่างๆ ส่วนในงานก่อสร้างนั้น นิยมนำไม้ไผ่มาทำนั้งร้าน ในการก่อสร้างเนื่องจากมีน้ำหนักที่เบา ราคาถูก หาได้ง่าย ดังภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 นั่งร้านไม้ไผ่

### 2.3 ทฤษฎีของ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาคือองค์อาคารที่ทำหน้าที่รับแรงอัดเป็นหลัก โดยจะรับน้ำหนักที่ถ่ายเทจากระบบพื้นในแต่ละชั้น สะสมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เริ่มจากชั้นบนสุดลงสู่ชั้นต่ำลงมาจนถึงชั้นตอม่อเพื่อถ่ายน้ำหนักลงฐานรากต่อไป เสาจึงนับเป็นโครงสร้างที่มีความสำคัญมากเพราะหากเสาดันหนึ่งต้นใดเกิดการวิบัติ อาจทำให้เสถียรภาพโดยรวมของอาคารเสียไปและจะนำมาซึ่งความวิบัติของโครงสร้างทั้งหมดได้ เนื่องจากพื้น, คาน, และเสา ถูกหล่อเป็นเนื้อเดียวกันจึงทำให้เกิดโมเมนต์ในเสาขึ้นจากการยัดรั้งที่ปลายคาน

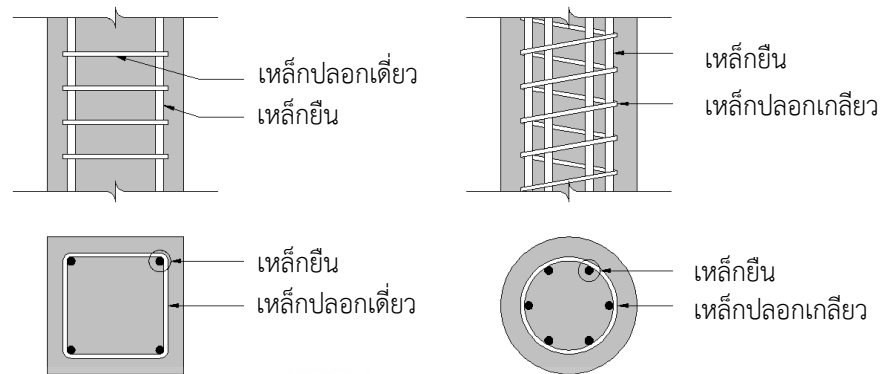
นอกจากนั้นในอาคารหลายชั้นการวางตำแหน่งศูนย์กลางเสาให้ตรงกันในแนวหนึ่งจะเกิดการเยื้องศูนย์กลาง (Eccentricity,  $e$ ) ขึ้นเสมอ ซึ่งก็จะทำให้เกิดโมเมนต์ขึ้นในเสา ดังนั้นเสาที่รับแรงอัดตามแนวแกนโดยสมบูรณ์จึงไม่เกิดขึ้นในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ตามเราอาจสมมุติให้การเยื้องศูนย์กลางที่เกิด  $e$  ซึ่งมีค่าน้อยประมาณ  $0.1h$  เมื่อ  $h$  คือความลึกของหน้าตัดเสาสมการที่ใช้ยังเป็นสำหรับเสารับแรงตามแนวแกนแต่มีการลดกำลังลงบ้าง

แต่ในบางกรณีเสาก็รับทั้งแรงอัดตามแนวแกนและโมเมนต์ดัดเนื่องจากลักษณะโครงสร้างเองหรือจากแรงภายนอกที่มากระทำทางด้านข้างเช่นแรงลมหรือแผ่นดินไหว ในกรณีนี้จะต้องพิจารณาผลรวมกระทำของทั้งแรงอัดตามแนวแกนและโมเมนต์ดัด

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่จะมีรูปแบบของหน้าตัดด้วยกันสองรูปแบบคือ หน้าตัดวงกลมและหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมี



การเสริมเหล็กไว้ในภายในโดยมีคอนกรีตหุ้มโดยรอบ เสริมเหล็กในเสาคอนกรีตประกอบด้วยกันสองแบบคือ เหล็กยื่นและเหล็กเสริมด้านข้าง โดยที่เหล็กยื่นมีหน้าที่รับแรงอัดและแรงดัดส่วนเหล็กเสริมด้านข้าง มีหน้าที่รับแรงเฉือนและป้องกันการแตกร้าวของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กดังภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบที่ 6 ลักษณะของหน้าตัดเสาสี่เหลี่ยมและวงกลม

## 2.4 ทฤษฎีการออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

### 2.4.1 การออกแบบเสารับน้ำหนักตามแนวแกน

เมื่อหน้าตัดเสาคอนกรีตเสริมเหล็กน้ำหนักบรรทุก  $P_0$  เสาจะหดสั้นลงเล็กน้อยเท่ากับ อัตราการการหดสั้นในเหล็กและคอนกรีตมีค่าเท่ากัน การวิบัติจะเกิดขึ้นเมื่อหน่วยการยืดหด (Strain) มีค่าประมาณ 0.002 ดังในภาพประกอบ 7 หน่วยแรงในเหล็กจะเท่ากับ  $f_y$  และในคอนกรีตจะเท่ากับ  $f_c$  จากสมมูลในแนวตั้งของภาพประกอบ 8 แรงกระทำ  $P_0$  จะเท่ากับผลรวมของแรงต้านทานรวมของคอนกรีตและเหล็กเสริม

$$P_0 = f_y A_{st} + f_c (A_g - A_{st}) \quad (1)$$

เมื่อ  $A_g$  คือพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และ  $A_{st}$  คือพื้นที่เหล็กเสริม

เมื่อคอนกรีตและเหล็กได้รับแรงอัดพร้อมกันสัดส่วนของการรับน้ำหนักของคอนกรีตและเหล็ก จะเปลี่ยนไปตามเวลาในช่วงต้นหน่วยแรงในเหล็กจะมีค่าเป็น  $E_s/E_c$  เท่าของหน่วยแรงในคอนกรีตซึ่ง เป็นไปตามทฤษฎีอิลาสติก ต่อมาเมื่อผลของความคืบ (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) มีมาก ขึ้นเหล็กจะค่อย ๆ รับน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น

จากผลการทดสอบพบว่ากำลังประลัยของเสามีค่าน้อยกว่าที่คำนวณได้จากสมการ (1) เพื่อให้กำลังที่ใกล้เคียงกับการทดสอบจึงลดค่า ลง 15%

$$P_0 = f_y A_{st} + 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) \quad (2)$$

กำลังที่ได้จากสมการ (2) ถูกใช้เป็นพื้นฐานในมาตรฐาน ACI ประกอบกับตัวคูณลดกำลัง ซึ่งในกรณีของเสาจะมีค่าต่ำกว่าของคานเนื่องจากเสาเป็นองค์อาคารมีความสำคัญมากกว่านั่นเอง การวิบัติของคานโดยทั่วไปจะมีผลเฉพาะที่ในขณะที่การวิบัติของเสาอาจทำให้เกิดการพังทลายของ ทั้งโครงสร้างได้ นอกจากนี้ตัวคูณลดกำลังสำหรับเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียวก็แตกต่างกันอันเนื่องมาจากพฤติกรรมการรับน้ำหนักซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป นั่นคือน้ำหนักบรรทุกประลัยต้องมีค่าไม่เกิน  $P_u \leq \phi P_n$  เมื่อ  $\phi$  คือตัวคูณลดกำลังมีค่าเท่ากับ 0.75 สำหรับเสาปลอกเกลียว และเท่ากับ 0.70 สำหรับเสาปลอกเดี่ยว

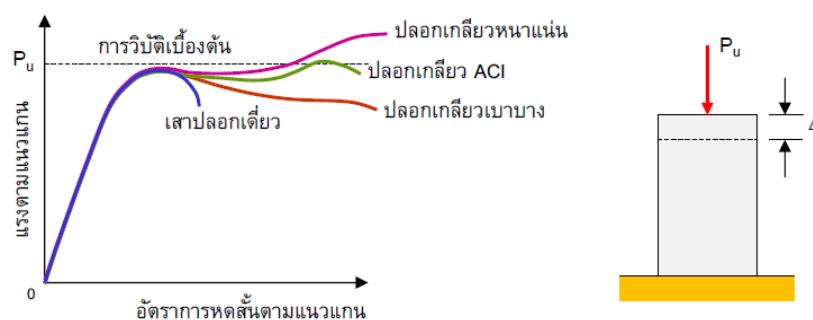
$$\text{เสาปลอกเกลียว } P_n = 0.85 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (3)$$

$$\text{เสาปลอกเดี่ยว } P_n = 0.80 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (4)$$

เมื่อ  $P_n$  = กำลังระบุ (Nominal strength) ในการแรงอัดตามแนวแกน กำลังของเสาสั้นที่ได้จากสมการ (3) และ (4) นี้ คือกำลังที่ใช้ในการออกแบบเสาสั้นคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงตามแนวแกนโดยวิธีกำลังตามมาตรฐาน ACI

#### 2.4.2 ปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียว

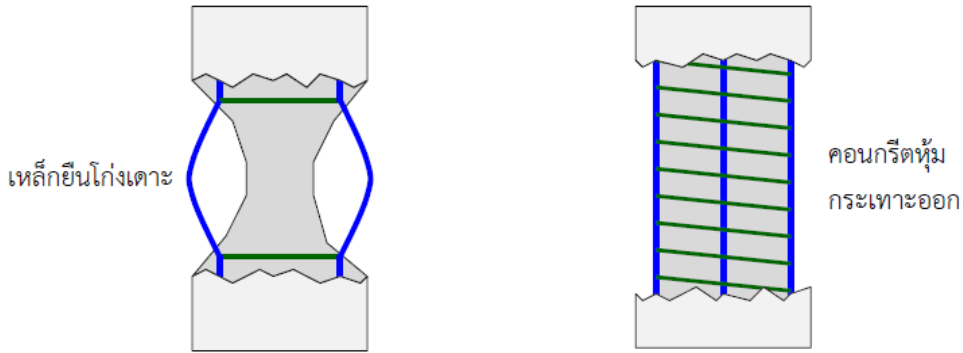
การใช้เหล็กปลอกทั้งที่เป็นแบบปลอกเดี่ยวแยกกันหรือแบบปลอกเกลียวนั้นก็เพื่อยึดเหล็กยื่นให้อยู่ ในตำแหน่งที่ต้องการ และเพื่อป้องกันเหล็กยื่นจากการโก่งเดาะ แสดงให้เห็นพฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาปลอกเดี่ยวและปลอกเกลียวซึ่งจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน การวิบัติของเสา ปลอกเดี่ยวจะเกิดขึ้นจากการโก่งเดาะของเหล็กยื่นดังในภาพประกอบที่ 7



ภาพประกอบที่ 7 พฤติกรรมการรับน้ำหนักของเสาปลอกเดี่ยวและเสาปลอกเกลียว

ส่วนในเสาปลอกเกลียวนั้นคอนกรีตหุ้มจะกระเทาะออกแล้วปลอกเกลียวจะเริ่มโอบอัดคอนกรีตภายในแกนกลางดังในภาพประกอบที่ 8 ทำให้ได้กำลังเพิ่มขึ้นมาชดเชยที่เสียไปจากการกระเทาะของคอนกรีตหุ้ม ดังนั้นแม้เสาทั้งสองประเภทจะมีกำลังรับแรงอัดเท่ากัน แต่ในการ

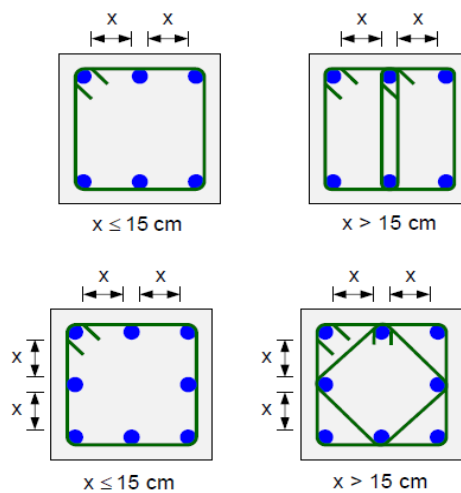
ออกแบบเสาปลอกเดี่ยวจะต้องเผื่อส่วนปลอดภัยมากกว่าเสาปลอกเกลียวเนื่องจากการพังทลายอย่างกะทันหัน และการขาดความเหนียว



ภาพประกอบที่ 8 สภาพเสาหลังเกิดการวิบัติ

2.4.3 การออกแบบปลอกเดี่ยว

เหล็กปลอกถูกใช้เพื่อยึดเหล็กยื่นให้อยู่ในตำแหน่งทำให้เกิดการรองรับด้านข้างเพื่อว่าเหล็กยื่นแต่ละเส้นจะโค้งเดาะได้เฉพาะระหว่างปลอกเท่านั้น ผลของปลอกต่อพฤติกรรมของเสานั้นค่อนข้างจะซับซ้อน เมื่อเสาปลอกเดี่ยวรับน้ำหนักบรรทุกจนเกิดการวิบัติ เปลือกหุ้มด้านนอกจะกระเทาะ ออกเป็นอย่างแรกซึ่งทำให้มีการถ่ายเทน้ำหนักไปสู่แกนกลางของเสาและเหล็กยาว การสูญเสียสติฟเนสของเหล็กยื่นซึ่งเริ่มครากหรือโค้งเดาะออกมาทำให้แกนกลางคอนกรีตรับน้ำหนักมากขึ้น และเมื่อแกนกลางรับน้ำหนักจนถึงค่ากำลังแตกหัก (Crushing strength) เสาจะเกิดการวิบัติอย่างรวดเร็ว การจัดวางปลอกที่ใกล้กันอย่างไร้พียงพอจะช่วยให้เกิดการบีบรัดและเพิ่มหน่วยการยึดหดที่จะเกิดการแตกหักให้สูงกว่าค่ามากที่สุด 0.003 ได้มาก



ภาพประกอบที่ 9 รายละเอียดการใส่ปลอกเดี่ยว

ข้อกำหนดในการใช้เหล็กปลอกเดี่ยวโดย ACI :

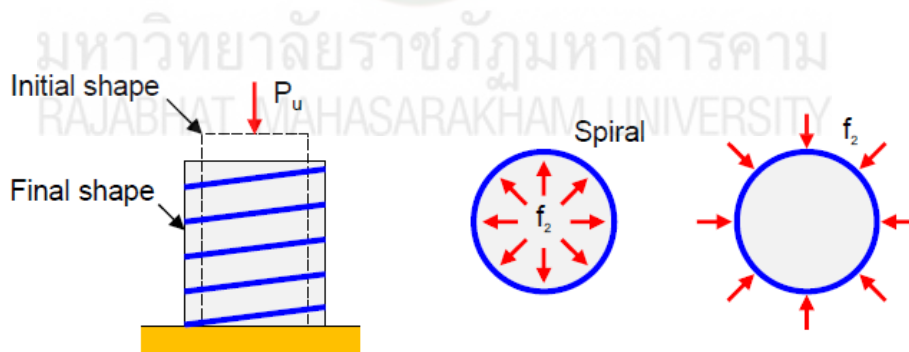
1. เหล็กยื่นทุกเส้นจะต้องถูกห่อหุ้มโดยปลอกเดี่ยว
2. ใช้เหล็กปลอก 9 ม.ม. สำหรับเหล็กยื่นขนาด DB32 และใช้เหล็กปลอก 12 ม.ม. สำหรับเหล็กยื่นขนาด DB36 และ DB40
3. ระยะห่างระหว่างปลอกต้องไม่เกิน 16 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กยื่น 48 เท่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอก หรือความกว้างหน้าเสาที่เล็กที่สุด
4. ทุกมุมของปลอกและที่เหล็กยื่นถูกรองรับต้องไม่เกิน  $135^\circ$  และไม่มีเหล็กยื่นกลางด้านมีระยะห่างเกิน 15 ซม.

#### 2.4.4 การออกแบบปลอกเกลียว

ความสามารถในการรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของคอนกรีตที่ถูกโอบรัดโดยปลอกเกลียวนั้น มาจากแรงดัน ด้านข้างที่กระทำกับแกนกลางจากปลอกเกลียว จากการทดสอบพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่อทรงกระบอกทดสอบถูกแรงดันกระทำด้านข้างเท่ากับ

$$f_f = f_c + 4.1f_2 \quad (5)$$

เมื่อ  $f_f$  คือกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ถูกแรงกระทำด้านข้างและ  $f_2$  คือแรงดันด้านข้าง



ภาพประกอบที่ 10 หน่วยแรงในเสาปลอกเกลียว

ในการออกแบบปลอกเกลียวจะพยายามให้กำลังอัดสูญเสียไปจากการกระแทะของเปลือกหุ้มถูก ชดเชยด้วยกำลังที่จะได้เพิ่มเติมจากแรงดันด้านข้างที่มาจากปลอกเกลียวถูกดึงจนคราก

$$0.85f_c(A_g - A_{core}) = 4.1f_2A_{core} \quad (6)$$

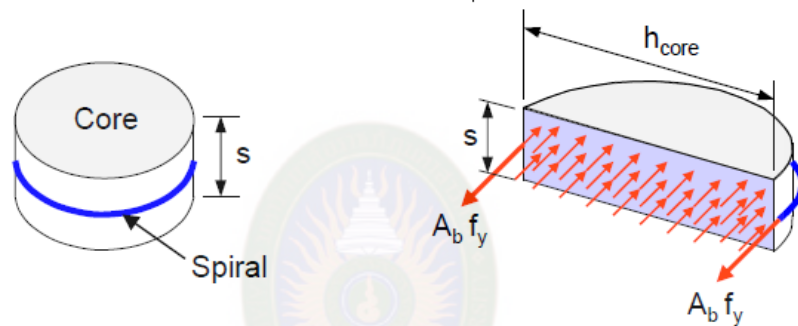


เมื่อ  $A_{core}$  คือพื้นที่แกนกลาง เพื่อที่จะหา  $f_2$  ในเทอมของพื้นที่และกำลังครากของปลอกเกลียว ให้ ลองพิจารณาทรงกระบอกคอนกรีตหนาเท่ากับระยะเกลียว จากนั้นตัดแบ่งครึ่งทรงกระบอกตาม เส้นผ่าศูนย์กลางจะได้แผนภูมิสมดุล เมื่อรวมแรงในแนวราบจะได้ว่า

$$h_{core} = Sf_2 = 2A_b f_y \quad (7)$$

$$f_2 = \frac{2A_b f_y}{h_{core} S} \quad (8)$$

เมื่อ  $S$  คือระยะเกลียวและ  $A_b$  คือพื้นที่ของปลอกเกลียว



ภาพประกอบที่ 11 หน่วยแรงในปลอกเกลียวที่เกิดจากแรงอัดในแกนกลาง

แทนค่าสมการ (7) ลงในสมการ (8) แล้วหารทั้งสองข้างของสมการด้วย  $A_{core}$  จะได้

$$0.85f'_c \left( \frac{A_g}{A_{core}} - 1 \right) = \frac{4.1(2A_b f_y)}{h_{core} S} \quad (9)$$

กำหนดให้  $\rho_s$  เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของปลอกเกลียวต่อปริมาตรทั้งหมดของแกนเสา

$$\rho_s = \frac{A_b \pi h_{core}}{(\pi h_{core}^2 / 4) S} = \frac{4A_b}{h_{core} S} \quad (10)$$

แทนค่า  $A_b$  จากสมการ (9) ลงในสมการ (10) จะได้

$$\rho_s = \frac{0.42 f'_c}{f_y} \left( \frac{A_g}{A_{core}} - 1 \right) \quad (11)$$

ปัดค่าตัวเลขจาก 0.42 เป็น 0.45 จะได้

$$\rho_s = \frac{0.45 f_c'}{f_y} \left( \frac{A_g}{A_{core}} - 1 \right) \quad (12)$$

ซึ่งก็คือข้อกำหนดของ ACI สำหรับ  $f_y$  ไม่เกิน 4,000 กก./ชม.2

ACI ยังได้กำหนดรายละเอียดในการออกแบบเสากลมปลอกเกลียวดังนี้คือ

1. หน้ากว้างเสาน้อยที่สุด :  $h_{min}$  20 ซม.
2. ปริมาณเหล็กยื่น : ใช้เหล็กอย่างน้อย 6 เส้น
3. ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า 2.5 ซม. และไม่เกิน 8 ซม.
4. เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า 9 มม.

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Masakazu Teral and Koichi (2011) ศึกษาการนำไม้ไผ่มาทดแทนเหล็กในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก พบว่า หน้าตัดคานขนาด 200 มม. และ 500 มม. สามารถต้านทานแรงดัดได้ใกล้เคียงกับการใช้เหล็กเสริมในคอนกรีต

Yushun Li et al. (2015) ได้ศึกษาการต้านทานแรงดัดของคานไม้ไผ่รูปตัวไอ จากการศึกษพบว่า คานไม้ไผ่รูปตัวไอสามารถต้านทานแรงดัดได้ดี และสามารถกำจัดขีดจำกัดของเหล็กได้ในกรณีเหล็กไม่สามารถทำได้

Hai tao li et al. (2015) ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของเสาไม้ไผ่บนแรงในแนวแกนจากการศึกษา พบว่า คุณสมบัติเชิงกลของเสาไม้ไผ่สั้นดีกว่าเสาไม้ไผ่ยาวทุกผลการทดลอง

Atul Agarwal et al (2014) ได้ศึกษาการใช้ไม้ไผ่ในโครงสร้างเสา การศึกษาพบว่าการต้านทานแรงในแนวแกน ของเสาไม้ไผ่มีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตเสริมเหล็กคิดเป็นร้อยละ 89 และเมื่อพิจารณาแรงดัดพบว่ามีค่าลดลงร้อยละ 29.41 เมื่อเทียบกับคอนกรีตเสริมเหล็ก

ศุภกฤษฎี สดใส และอดิศักดิ์ ช่องบุญ.(2556) ได้ศึกษา พื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซีที่รับการดัด พบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังยึดเหนี่ยว เฉลี่ยของไม้ไผ่เคลือบอีพ็อกซีพันทรายให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 16.26 กก./ชม.<sup>2</sup> ส่วนการทดสอบ กำลังดัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ซึ่งใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีตเท่ากับ 240 กก./ชม.<sup>2</sup> ให้ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 775.27 กก.-ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณตาม ทฤษฎีร้อยละ 16.49 ส่วนผลการทดสอบของแผ่นพื้นกรณีใช้กำลังอัดประลัยของคอนกรีต 180 กก./ชม.<sup>2</sup> ให้ค่าเฉลี่ยของโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ 628.07 กก.-ม. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จาก การคำนวณตามทฤษฎีร้อยละ 8.03

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก. 15-2547 ซึ่งเก็บและบรรจุไว้โดยไม่มี ความชื้น

2. ทราย ใช้ทรายแม่น้ำโดยมีการกระจายขนาดคละของทรายตามมาตรฐาน ASTM C 136
3. หิน ใช้หินแกรนิตขนาดโตสุด 3/4 นิ้ว
4. น้ำ ใช้น้ำประปาสะอาดในการผสม
5. ไม้ไผ่ ใช้ไม้ไผ่ตง และไม้ไผ่สีสุก
6. เหล็ก ใช้เหล็กเส้นกลมขนาด 6 และ 9 มิลลิเมตร และ เหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มิลลิเมตร

#### อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1. แบบหล่อเสา
2. เครื่องผสมปูน
3. เครื่องทดสอบกำลังอัดและกำลังดึง (Universal test machine)

#### ขั้นตอนการทดสอบ

1. การทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของวัสดุ

1.1. ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยใช้ขวดมาตรฐาน เลอชาเตอลิเอร์ (Le Chatelier Flask) ตามมาตรฐาน ASTM C 188

1.2. การกระจายและขนาดคละของทรายและหิน เป็นการวิเคราะห์หาขนาดคละของมวลรวมโดยใช้ตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C 136-01 และหาค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus, F.M)

2. การเตรียมตัวอย่างเสาคอนกรีต

2.1 การออกแบบส่วนผสมและการเตรียมตัวอย่างเสาคอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยออกแบบกำลังอัดของคอนกรีตควบคุมโดยใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียวที่อายุ 28 วัน  $240 \text{ กก./ชม.}^2$  โดยสัดส่วนผสมแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นนำไปหล่อเสาขนาดต่าง ๆ สูง 0.80 เมตร ตรวจสอบการติดตั้งของแบบหล่อ นำเหล็กที่เตรียมไว้ใส่ในแบบหล่อ จัดเหล็กให้อยู่ในตำแหน่ง จากนั้นเทคอนกรีตลงในแบบหล่อให้เต็ม ปรับแต่งผิวน้ำให้มี

ความเรียบโดยใช้เกรียงเหล็ก ถอดแบบหล่อที่อายุ 1 วัน ทาด้วยน้ำยาบ่มคอนกรีต รักษาอุณหภูมิควบคุมและป้องกันการระเหยของน้ำโดยใช้กระสอบเพื่อควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีต ดังแสดงในภาพประกอบที่ 12 และ 13 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ส่วนผสมคอนกรีต

กำลังอัดคอนกรีต (ksc.)	อัตราส่วนผสม (กก./ลบ.ม)			
	ปูนซีเมนต์	น้ำ	ทราย	หิน
240	250	200	876	1018

ตารางที่ 2 ขนาดตัวอย่างเสา

ตัวอย่างเสา คอนกรีต	ขนาดของตัวอย่าง (กxยxส ซม.)	เหล็กยื่น/ไม้ไผ่	เหล็กปลอก/ไม้ไผ่
1	10x10x80	4 RB6	RB6@0.10 m.
2	12.5x12.5x80	4 RB6	RB6@0.10m.
3	15x15x80	4 RB9	RB6@0.15 m.
4	20x20x80	4 DB20	RB6@0.20 m.
5	10x10x80	ไม้ไผ่ขนาด 1x1.5cm	ไม้ไผ่ขนาด 0.5x0.5 cm@0.10 m.
6	12.5x12.5x80	ไม้ไผ่ขนาด 1.2x1.5cm	ไม้ไผ่ขนาด 0.5x0.5 cm@0.10 m.
7	15x15x80	ไม้ไผ่ขนาด 1.5x1.5cm	ไม้ไผ่ขนาด 1x0.5 cm@0.15 m.
8	20x20x80	ไม้ไผ่ขนาด 2x1.52cm	ไม้ไผ่ขนาด 1x0.5 cm@0.20 m.



ภาพประกอบที่ 12 ไม้ไผ่เสริม



ภาพประกอบที่ 13 การหล่อเสาคอนกรีต

## 2.2 การออกแบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ข้อกำหนด เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก เสาภายใน ปลายเดี่ยวน กำหนดค่า  $f_y = 3,000$  กก./ $\text{ซม.}^2$   $f'_c = 240$  กก./ $\text{ซม.}^2$  กำลังรับน้ำหนักน้อยสุดของเสา ออกแบบเสาขนาด  $0.20 \times 0.20$  เมตร โดยวิธีกำลัง

ข้อกำหนดที่ใช้ออกแบบ

$$f'_c = 240 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$f_y = 3,000 \text{ กก./ซม.}^2$$

ขนาดหน้าตัดของเสา  $0.20 \times 0.20$  เมตร

ระยะ Covering = 2.50 ซม.

ใช้เหล็กข้ออ้อย 4-DB12

Sol<sup>n</sup>

จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } P_0 \text{ จากสูตร } P_0 &= f_y A_{st} + f'_c (A_g - A_{st}) \\ &= [(3 \times 4 \times 1.13) + ((0.24) \times (20^2 - 4.52))] = 108.47 \text{ ตัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หาค่า } P_n \text{ จากสูตร } P_n &= 0.80 [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0.80 \times [(0.85 \times 0.24 \times (20^2 - (4 \times 1.13))) + (3 \times 4 \times 1.13)] = \text{ตัน} \end{aligned}$$

$$P_u = \phi P_n = 0.7 \times 62.32 = 43.63 \text{ ตัน}$$

ตัวอย่างการออกแบบเหล็กปลอก

$$\begin{aligned} \text{ระยะเรียงเหล็กลูกตั้ง 16 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กยื่น} \\ = 16 \times 1.2 = 19.2 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเรียงเหล็กลูกตั้ง 48 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กลูกตั้ง} \\ = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

$$\text{ด้านแคบสุดของเสา} = 20 \text{ ซม.}$$

ดังนั้นระยะเหล็กปลอกน้อยที่สุด 1-RB6 @ 19.2 ซม. เลือกใช้เหล็กปลอก 1-RB6 @ 20 ซม. ซึ่งรายการคำนวณเสาขนาดอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การคำนวณกำลังอัดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ขนาดเสาคอนกรีต	กำลังอัดของเสาคอนกรีต (ตัน)		
	$P_0$	$P_n$	$P_u$
10x10x80	26.45	18.30	12.80
12.5x12.5x80	39.95	27.48	19.24
15x15x80	59.50	41.18	28.82
20x20x80	108.47	75.39	52.77

### 3. การทดสอบคอนกรีต

#### 3.1. การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต (Slump test)

การทดสอบหาค่ายุบตัวของคอนกรีต ตามมาตรฐาน American society of Testing and Materials C 143-90a โดยควบคุมให้มีค่ายุบตัวไม่น้อยกว่า  $10 \pm 2$  ซม. ซึ่งใช้แบบกรวยเส้นผ่านศูนย์กลางตอนบน 102 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางตอนล่าง 203 มม. สูง 305 มม. โดยบรรจุคอนกรีตลงในแบบ 3 ชั้น ในปริมาณชั้นละเท่าๆกันแต่ละชั้นกระทุ้งด้วยเหล็กปลายกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 600 มม. ชั้นละ 25 ครั้ง จากนั้นยกแบบออกแล้ววัดค่ายุบตัว

#### 3.2. การทดสอบกำลังอัด (Compressive strength)

หลังจากถอดแบบคอนกรีตที่มีอายุ 1 วัน แล้วนำตัวอย่างไปบ่มในน้ำที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ  $23 \pm 2$  องศาเซลเซียส โดยทำตามมาตรฐาน American society of Testing and materials C 192 เมื่อครบอายุการทดสอบ ทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ที่อายุ 90 วัน



ตามมาตรฐาน American society of Testing and materials C 39 โดยหล่อผิวหน้าให้สม่ำเสมอด้วยกำมะถัน ตามมาตรฐาน American society of Testing and materials C 617 ก่อนการทดสอบ

### 3.3. การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่

ทำการทดสอบแรงดึงไม้ไผ่ตามมาตรฐาน ASTM โดยใช้ไม้ไผ่ขนาดต่าง ๆ ในตารางที่ 2 และใช้ไม้ไผ่ในการทดสอบ 2 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบผล



ภาพประกอบที่ 14 การทดสอบแรงดึงของไม้ไผ่

### 3.4. การทดสอบกำลังอัดในแนวแกน (Axial load)

หลังจากหล่อ เสา และบ่มในน้ำ เป็นเวลา 28 วันแล้ว จากนั้นนำเสาขึ้นมาผึ่ง ให้แห้ง 24 ชั่วโมง และนำไปทดสอบ ทดสอบความสามารถรับแรงใน (axial load)



ภาพประกอบที่ 15 การทดสอบเสาคอนกรีต



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



## บทที่ 4

### ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

ในบทนี้ได้กล่าวถึงคุณสมบัติพื้นฐานทั้งทางกายภาพและเคมีผลการทดสอบและการวิเคราะห์ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ
2. ผลการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่
3. ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต
4. ผลการทดสอบกำลังดัดตามแนวแกนของเสาคอนกรีต
5. รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต

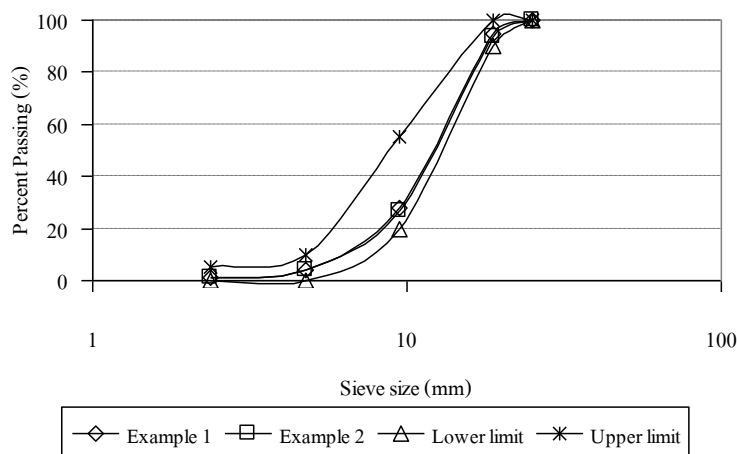
#### คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

1. ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

จากผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials (1997G:149-150) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการใช้ตัวอย่างจำนวน 2 ตัวอย่าง โดยค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.14 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (มอก.15-2547)

2. การกระจายขนาดคละของทราย

จากผลการวิเคราะห์หาขนาดคละของมวลรวมละเอียดโดยใช้ตะแกรงซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจาก 2 ตัวอย่าง พบว่าค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายมีค่าเท่ากับ 2.76 เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพล็อตกราฟเพื่อหาการกระจายขนาดคละของทราย ดังภาพประกอบที่ 16 พบว่าการกระจายตัวของทรายอยู่ในขอบเขตบนและล่างเป็นไปตามมาตรฐาน American Society for Testing Materials (1997E:84-87)



ภาพประกอบที่ 16 การกระจายขนาดคละของทราย

### 3. ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของทราย

ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของทราย ซึ่งประกอบด้วยค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้คือค่าความถ่วงจำเพาะสภาพแห้งเท่ากับ 2.61 ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.62 ความถ่วงจำเพาะปรากฏเท่ากับ 2.68 และร้อยละการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของทรายเท่ากับร้อยละ 1.37

### 4. ความละเอียดของอนุภาคปูนซีเมนต์

โดยการใช้ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ที่มีขนาดช่องเปิด 45 ไมโครเมตร ในการหาความละเอียดของตัวอย่างจากการทดสอบพบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีปริมาณค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 เท่ากับร้อยละ 10.8 โดยน้ำหนัก

### 5. ภาพขยายกำลังสูงของปูนซีเมนต์

ทำการถ่ายภาพโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีรูปร่างลักษณะโดยส่วนมากเป็นเหลี่ยมเป็นมุมพื้นผิวค่อนข้างเรียบเนื้อแน่นไม่มีรูพรุน ดังภาพประกอบที่ 17

### 6. วิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคของปูนซีเมนต์

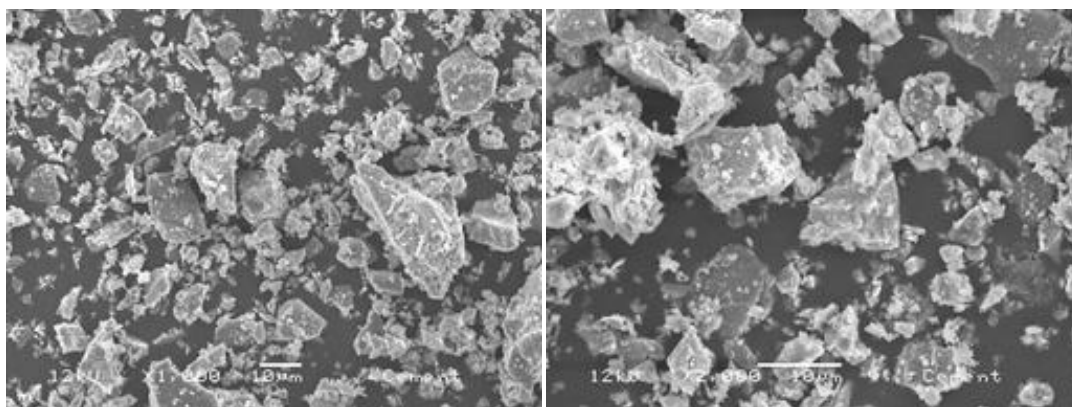
โดยใช้เครื่อง Laser Particle Size Analyzer หาค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง ซึ่งขนาดอนุภาคเฉลี่ยของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับ 13.0 ไมครอน

### 7. องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

จากตารางที่ 4 Jaturapitakkul and Cheerarot (2003:49-56) แสดงให้เห็นว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีแคลเซียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักคือมีค่าสูงถึงร้อยละ 64.99 และมีองค์ประกอบรองคือออกไซด์ของซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) อลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) และเหล็ก ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) อยู่ปริมาณร้อยละ 20.62, 5.22 และ 3.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

Sample	Chemical Composition (%)									
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	Na <sub>2</sub> O	$\text{Mn}_2\text{O}_3$	$\text{SO}_3$	LOI
Ordinary Portland Cement (OPC)	20.62	5.22	3.10	64.99	0.91	0.07	0.50	0.76	2.70	1.13



ภาพประกอบที่ 17 ภาพถ่ายขยายอนุภาคปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์กำลังขยาย 1,000 และ 2,000 เท่า

### ผลการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่

การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติการรับแรงดึงของไม้ไผ่ โดยใช้ไม้ไผ่ 2 ชนิด คือ ไม้ไผ่ตง และ ไม้ไผ่สีสุก เพื่อเปรียบเทียบ โดยการทดสอบ ใช้ ไม้ไผ่ 10 ขนาด เริ่มต้นที่ขนาดความหนา 2.5 มิลลิเมตร ถึง 35 มิลลิเมตร โดยใช้ความกว้างที่ 15 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพประกอบที่ 18



ภาพประกอบที่ 18 ภาพการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่

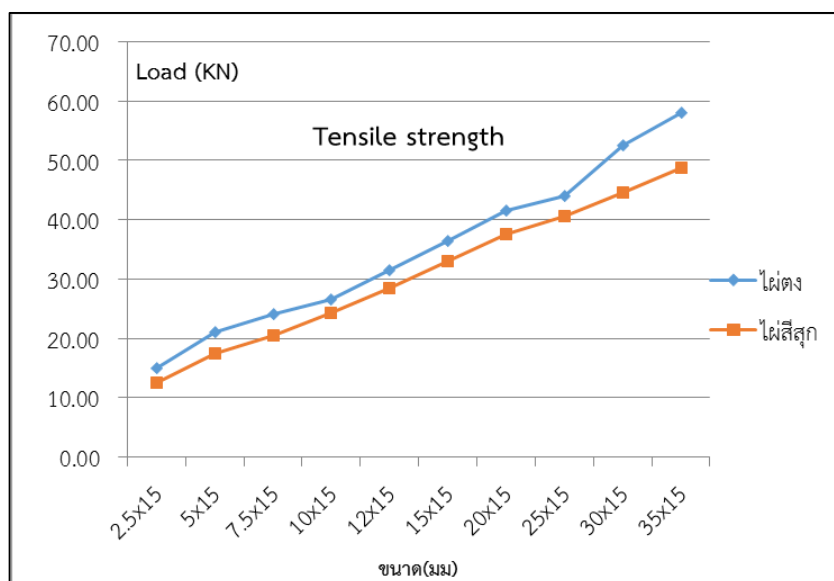


ภาพประกอบที่ 19 ภาพการวิบัติของไม้ไผ่หลังการทดสอบ

จากผลการทดลองพบว่า ไม้ไผ่ตง ขนาด 2.5x15 มิลลิเมตร มีค่ากำลังดึงเท่ากับ 15 กิโลนิวตัน หรือประมาณ 4,460 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> ในขณะที่ ไม้ไผ่สีสุกมีกำลังดึงเท่ากับ 12.50 กิโลนิวตัน หรือประมาณ 3,397 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> การเพิ่มความหนาของขนาดตัวอย่างส่งผลให้กำลังดึงของไม้ไผ่เพิ่มขึ้น เช่น ไม้ตง ขนาด 10x15 มิลลิเมตร มีค่ากำลังดึงเท่ากับ 26.50 กิโลนิวตัน ขนาด 12x15 15x15 20x15 มิลลิเมตร มีค่ากำลังดึงเท่ากับ 31.50 36.50 และ 41.50 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ค่ากำลังดึงของไม้ตงและไม้สีสุก พบว่า ค่ากำลังดึงของไม้ตงมีค่ามากกว่าไม้สีสุกทุกขนาด ดังแสดงใน ภาพประกอบที่ 20

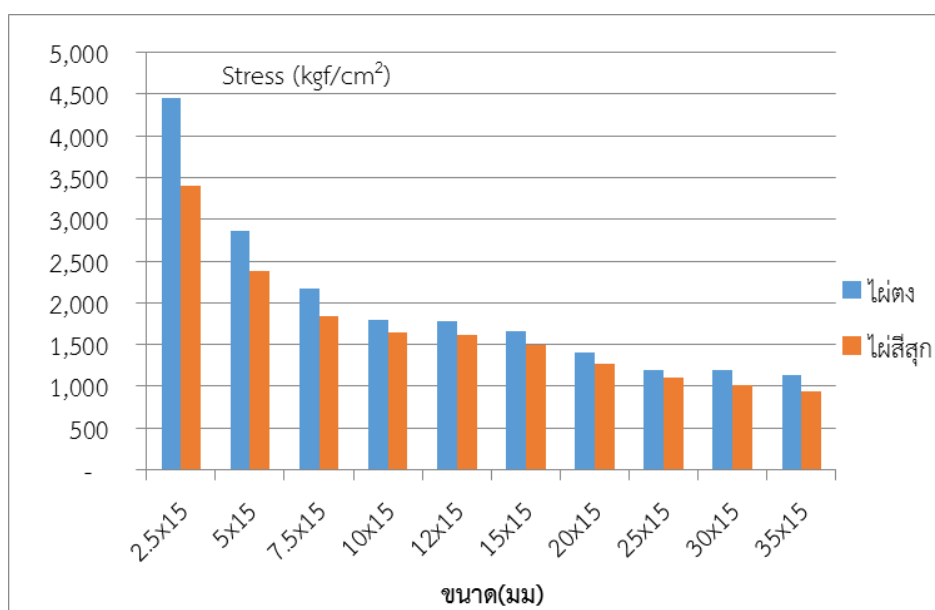
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบกำลังดึงของไม้ไผ่

ผลการทดสอบไม้ไผ่					
ลำดับ ที่	ขนาด(mm)	ไม้ตง		ไม้สีสุก	
		Load(kN)	Stress(kgf/cm <sup>2</sup> )	Load(kN)	Stress(kgf/cm <sup>2</sup> )
1	2.5x15	15.00	4,460	12.50	3,397
2	5x15	21.00	2,854	17.50	2,378
3	7.5x15	24.00	2,174	20.40	1,843
4	10x15	26.50	1,800	24.20	1,644
5	12x15	31.50	1,783	28.50	1,614
6	15x15	36.50	1,653	33.00	1,495
7	20x15	41.50	1,410	37.50	1,274
8	25x15	44.00	1,196	40.60	1,103
9	30x15	52.50	1,189	44.50	1,008
10	35x15	58.00	1,126	48.70	945



ภาพประกอบที่ 20 ความสัมพันธ์ของขนาดและกำลังดึงไม้ไฟ

เมื่อพิจารณาค่าความเค้น (Stress) พบว่า ขนาดไม้ไฟตง 2.5x15 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 4,460 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> ขนาด 5x15 10x15 และ 20x15 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 2,854 1,800 และ 1,410 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อขนาดหน้าตัดไม้ไฟเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเค้นของไม้ไฟตงและไม้สีสุกแล้ว พบว่า ไม้ไฟตงมีค่าความเค้นมากกว่าไม้สีสุก ทุกขนาดการทดสอบดังแสดงในภาพประกอบที่ 21 ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไม้ไฟตง ขนาด 10x15 12x15 15x15 20x15 มิลลิเมตร ในการหล่อเสาเพื่อทดสอบกำลังอัดในแนวแกนของเสาต่อไป เนื่องจาก เพื่อไม่ให้ปริมาณเหล็กเสริม หรือวัสดุแทนเหล็กเสริมน้อยกว่า ร้อยละ 1 และไม่เกินร้อยละ 8 ตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และมีขนาดใกล้เคียงกับเหล็กเส้นในท้องตลาดทั่วไป คือ ขนาด 10 12 16 และ 20 มิลลิเมตร



ภาพประกอบที่ 21 ความสัมพันธ์ของขนาดและความเค้นของไม้ไผ่

#### ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

จากผลการทดสอบพบว่า กำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 10x20 เซนติเมตร ที่อายุการทดสอบ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 275 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> มีค่ายุบตัวที่ 10.50 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กำลังอัดคอนกรีต

กำลังอัดจากการออกแบบ	กำลังอัดจากการทดสอบ	ค่ายุบตัวของคอนกรีต
กก/ตร.ซม.	กก/ตร.ซม.	ซม.
240	275	10.5

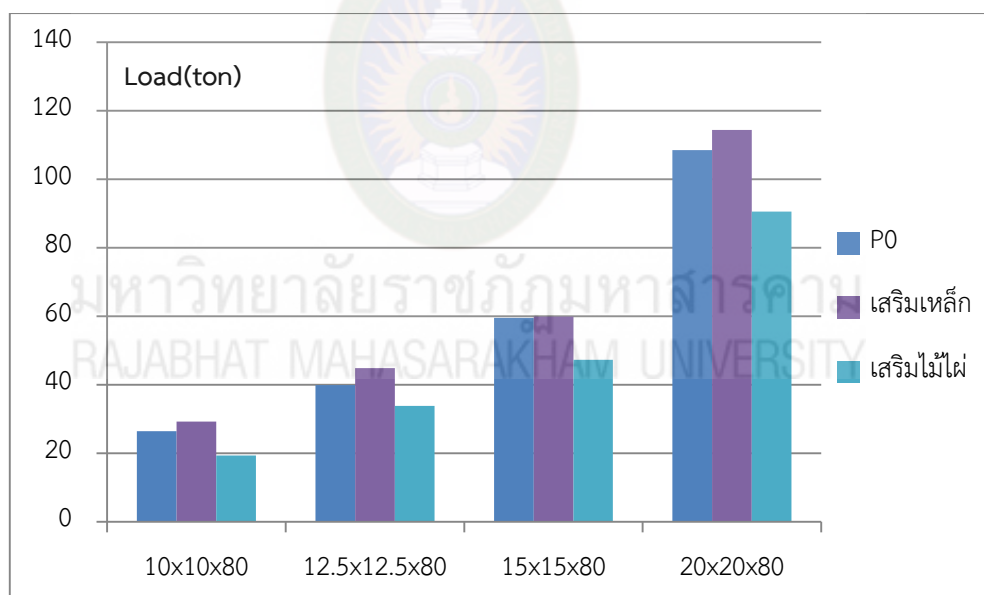
#### ผลการทดสอบกำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Axial Load)

จากผลการทดสอบ พบว่า กำลังอัดในแนวแกนของ เสาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 10x10 เซนติเมตร มีค่ากำลังอัดในแนวแกนเท่ากับ 29.22 ตัน ขนาด 12.5x12.5 ขนาด 15x15 และ 20x20 มีค่าเท่ากับ 44.85 59.92 และ 114.43 ตัน ตามลำดับ ซึ่งผลจากการทดลองของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กทุกขนาดมีค่ามากกว่ากำลังอัดในแนวแกนของเสาที่ได้จากการคำนวณทั้งนี้เนื่องจากการคำนวณใช้ค่า  $f'c$  เท่ากับ 240 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> ในขณะที่กำลังของคอนกรีตที่ได้จากการทดลอง มีค่าเท่ากับ 275 กก/ตร.ซม<sup>2</sup> และเมื่อพิจารณากำลังของเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่ พบว่า 10x10 เซนติเมตร มีค่ากำลังอัดในแนวแกนเท่ากับ 19.3 ตัน ขนาด 12.5x12.5 ขนาด 15x15 และ 20x20 มีค่าเท่ากับ 33.87 47.29 และ 90.61 ตัน ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา Atul Agarwal et al (2014) ดังแสดงในตารางที่ 7 และภาพประกอบที่ 22



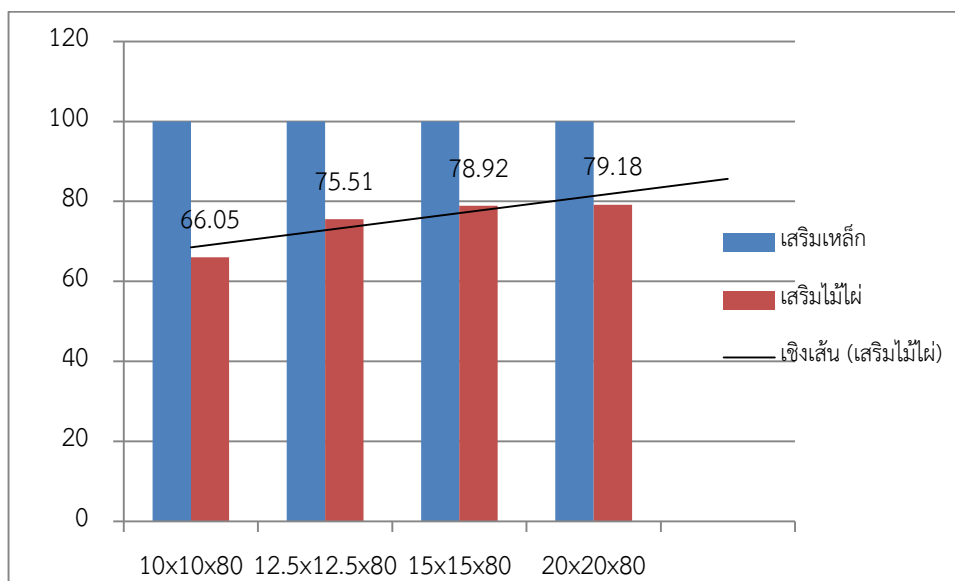
ตารางที่ 7 กำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีต

กำลังรับน้ำหนักเสาคอนกรีต (ตัน)					
ขนาดตัวอย่างเสา	การคำนวณ			ผลการทดลอง (ร้อยละ)	
	$P_0$	$P_n$	$P_u$	เสริมเหล็ก	เสริมไม้ไผ่
10x10x80	26.45	18.3	12.8	29.22 (100)	19.3 (66.05)
12.5x12.5x80	39.95	27.48	19.24	44.85 (100)	33.87 (75.51)
15x15x80	59.5	41.18	28.82	59.92 (100)	47.29 (78.92)
20x20x80	108.47	75.39	52.77	114.43 (100)	90.61 (79.18)



ภาพประกอบที่ 22 กำลังอัดในแนวแกนของเสาจากรายการคำนวณ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก และเสริมไม้ไผ่

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสาคอนกรีตที่เสริมด้วยไม้ไผ่ที่ขนาดต่างๆ แล้วพบว่า เสาคอนกรีตที่เสริมด้วยไม้ไผ่มีกำลังอัดในแนวแกนที่ขนาด 10x10 12.5x12.5 ขนาด 15x15 และ 20x20 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับร้อยละ 66.05 75.51 78.92 และ 79.18 ของเสา คอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดหน้าตัดเสาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา Masakazu Terala and Koichi (2011) ดังแสดงในภาพประกอบที่ 23



ภาพประกอบที่ 23 ร้อยละกำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและไม้ไผ่

### รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต

จากผลการทดสอบพบว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กและเสริมไม้ไผ่ทุกต้นมีรูปแบบการวิบัติเหมือนกันคือ การวิบัติจากคอนกรีต ซึ่งมีรอยแตก จากเสาด้านล่างขึ้นด้านบน และเนื้อคอนกรีตมีการหลุดร่อนออกจากเสา จนเห็นเหล็กเสริมและไม้ไผ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา Hai tao li et al. (2015)



ภาพประกอบที่ 24 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 10x10 เซนติเมตร





ภาพประกอบที่ 25 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 12.5x12.5 เซนติเมตร



ภาพประกอบที่ 26 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 15x15 เซนติเมตร



ภาพประกอบที่ 27 รูปแบบการวิบัติของเสาคอนกรีต ขนาด 20x20 เซนติเมตร



ภาพประกอบที่ 28 การหลุดร่อนของเนื้อคอนกรีตหลังการวิบัติ

จากผลการทดลองกำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีต พบว่าเสาคอนกรีตเสริมเหล็กทุกขนาดมีค่ากำลังอัดจากการทดสอบมากกว่าการคำนวณ และ เสาคอนกรีตที่เสริมด้วยไม้ไผ่มีค่ามากกว่าร้อยละ 60 ของเสาคอนกรีตที่เสริมเหล็ก และรูปแบบการวิบัติมีลักษณะใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่าค่ากำลังอัดในแนวแกนของเสาคอนกรีตที่เสริมไม้ไผ่จะมีค่าน้อยกว่าเสาคอนกรีตที่เสริมด้วย

เหล็กทุกตัน แต่ค่าการรับน้ำหนักของเสาคอนกรีตเสริมไม้ไผ่นั้นมีค่าตั้งแต่ 19 ถึง 90 ตัน ซึ่งหากจะมองในด้านการนำไปใช้ประโยชน์แล้ว การรับน้ำหนักของเสาสำเร็จ ที่ส่วนใหญ่ ใช้กับบ้านชั้นเดียว เสารั้ว ซึ่งมีค่าการแบกรับน้ำหนัก ไม่เกิน 10 ตัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ ซึ่งการใช้ไม้ไผ่เป็นเหล็กเสริม เป็นการใช้วัสดุท้องถิ่นที่มีอยู่มากและราคาถูก สามารถลดต้นทุนการก่อสร้างได้



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY