

การวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยสำหรับไม้ไผ่ใช้ในงานก่อสร้าง

The Analysis of Safety Factor for Bamboo Used in Construction

สุรพงษ์ ดาราม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง
คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
จังหวัดปราจีนบุรี 25000
Email: surapong.d@fitm.kmutnb.ac.th

Surapong Daram

Assistant Professor, Department of Construction Design and Management,
Faculty of Technology and Industrial Management, King Mongkut's University
of Technology North
Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri Province, Thailand, 25000
Email: surapong.d@fitm.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ลักษณะและคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ใช้ในงานก่อสร้างขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ และสภาพไม้ไผ่ที่ใช้ทดสอบ จากผลการทดสอบค่ากำลังดัดสามารถจัดให้ไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง ไม้ไผ่สำหรับส่วนประกอบของอาคารควรผ่านขั้นตอนการถนอมไม้ไผ่ ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้ไผ่ตามชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลางเหมาะสมสำหรับการออกแบบ โดยมีค่าความปลอดภัยเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.9 การปรับปรุงค่าอัตราส่วน เพื่อคำนวณหาหน่วยแรงระยะยาวสำหรับไม้ไผ่ทั่วไปตามมาตรฐาน BNBC ทำให้มีค่าความปลอดภัยเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.8

คำสำคัญ: ไม้ไผ่, ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้, ค่าความปลอดภัย

Abstract

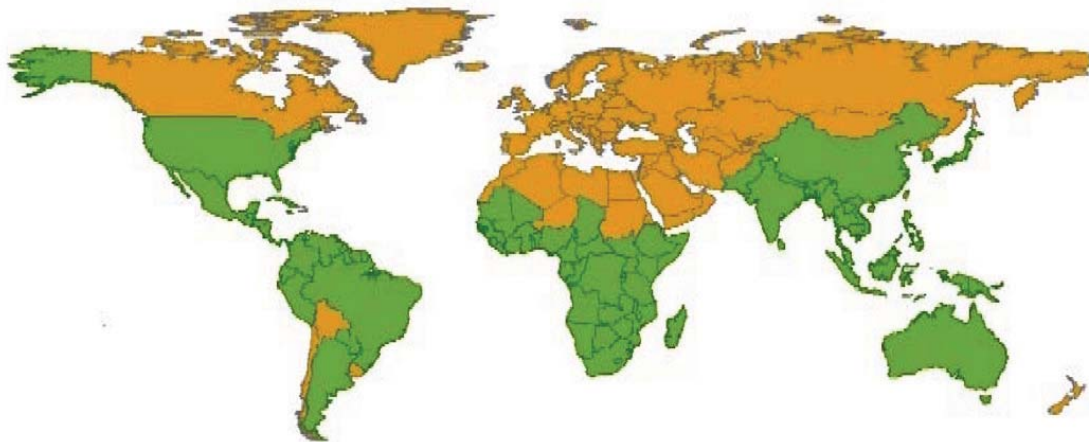
The characteristics and mechanical properties of bamboo used in construction depend on the species and condition of bamboo. From the results of bending strength test, most bamboo can be classified as medium hardwood. Bamboo for building components should be treated by the bamboo preservation process. The allowable strength of bamboo according to type of medium hardwood is suitable for use for design with the lowest average safety value of 7.9. The adjustment of ratio using to calculate long-term stress for general bamboo according to BNBC, results the lowest average safety value of 7.8.

Keywords: Bamboo, Allowable Stress, Safety Factor

Received: November 9, 2019; **Revised:** December 19, 2019; **Accepted:** December 27, 2019

1. บทนำ

ไม้เป็นพืชยืนต้นตระกูลหญ้าพบได้ทั่วไปโดยเฉพาะในภูมิภาคเขตร้อน ภาพที่ 1 ส่วนสีเขียวแสดงพื้นที่ที่สามารถพบต้นไม้ ลักษณะทั่วไปของไม้ไม่มีลำต้นกลมและกลวงตรงกลาง มีข้อกระจายอยู่ทั่วไป เส้นใยของลำไม้ไผ่จะประสานกันแน่น มีความเหนียวและมีแรงหยุ่นตัว ทำให้สามารถโค้งงอหรือตัดได้ตามต้องการ เปลือกหรือผิวของลำไม้ไผ่จะแข็ง และเรียบเป็นมัน ไม้ไผ่ถูกใช้ในการก่อสร้างอาคารชั่วคราวและอาคารขนาดเล็กเนื่องจากไม้ไผ่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างแบบอื่น ในปัจจุบันงานสถาปัตยกรรมที่ใช้ไม้ไผ่มาเป็นส่วนประกอบหลักของอาคารได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น (ทศพล เมืองพรม, 2559; ธนา อุทัยภัตรากูร, 2559) เนื่องจากอาคารสร้างจากไม้ไผ่ให้ความเป็นธรรมชาติ อีกทั้งไม้ไผ่เป็นพืชที่โตไวและมีความแข็งแรงที่เพียงพอกับการใช้งานหลายรูปแบบ ทำให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างแบบยั่งยืน (Escamilla E. Zea, 2015; Rashmi et al, 2019) จากการเปรียบเทียบข้อมูลของประเทศไทยกับต่างประเทศ งานวิจัยเกี่ยวกับไม้ไผ่เพื่องานก่อสร้างก็มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในประเทศและต่างประเทศ งานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุไม้ไผ่เพื่องานก่อสร้างของประเทศไทยได้มีการดำเนินการในหลายมหาวิทยาลัย ข้อมูลในประเทศที่เกี่ยวกับข้อกำหนดและมาตรฐานการก่อสร้างอาคารไม้ไผ่โดยเฉพาะยังไม่มีการกำหนดขึ้น ทำให้การพัฒนาไม้ไผ่ให้ใช้ในงานก่อสร้างที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นยังไม่มีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับวิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้าง บทความฉบับนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลบางส่วนเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความปลอดภัยของหน่วยแรงสำหรับการออกแบบอาคารไม้ไผ่ เป้าหมายของบทความเพื่อให้ผู้อ่านได้รับข้อมูลที่จำเป็นที่จะใช้ในการเลือกใช้ไม้ไผ่ในงานก่อสร้าง และสามารถออกแบบโครงสร้างไม้ไผ่ให้เหมาะสมและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของไม้ไผ่ทั่วโลก

ที่มา: Escamilla E. Zea, (2015)

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการวิเคราะห์ผล

2.1 พันธุ์ไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการก่อสร้าง

ชนิดของไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการก่อสร้างตามเอกสารของหน่วยงาน INBAR (International Network for Bamboo and Rattan) ได้รายงานไว้มีจำนวน 65 ชนิด (Jayanetti D. L. and Follet P. R., 1998) ไม้ไผ่ที่ใช้ในการก่อสร้างของประเทศไทยส่วนใหญ่จะมาจากการปลูก โดยอาจจะเป็นการปลูกเพื่อตัดหน่อหรือเพื่อตัดใช้ลำไม้ไผ่อย่างเดียว การเลือกใช้ไม้ไผ่ที่สามารถจัดหาได้เป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาในลำดับต้นๆ ของการก่อสร้างด้วยไม้ไผ่ งานวิจัยของธนา (ธนา อุทัยภัตรากูร, 2559) ได้แนะนำพันธุ์ไม้ไผ่ที่สามารถจัดหาได้เพื่องานก่อสร้าง 7 ชนิดประกอบด้วย ไผ่ตง ไผ่สุก

ไผ่ชางนวล ไผ่ชาง ไผ่รวก ไผ่รวกดำ และไผ่เลี้ยง จากข้อมูลไม้ไผ่ในป่าของประเทศไทยแสดงไว้ในตารางที่ 1 พบว่า สกกุลไผ่ที่เหมาะสมในการก่อสร้างของประเทศไทยมี 5 สกกุลคือ สกกุลไผ่ตง (*Dendrocalamus*) สกกุลไผ่ไร่ (*Gigantochloa*) สกกุลไผ่รวก (*Thyrsostachys*) สกกุลไผ่ป่า (*Bambusa*) สกกุลไผ่สีทอง (*Schizostachyum*) โดยสกกุลที่มีชนิดพันธุ์ที่เหมาะสมมากที่สุดคือ สกกุลไผ่ตงและสกกุลไผ่ป่า ชนิดพันธุ์ไม้ไผ่ที่มีปริมาณสูงสุด 5 อันดับแรกประกอบด้วยไผ่ชางนวล ไผ่ไร่ ไผ่รวก ไผ่ตงและไผ่ข้าวหลามตามลำดับ พันธุ์ไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการก่อสร้างส่วนใหญ่จะพบได้ในภาคเหนือ

ตารางที่ 1 ร้อยละของปริมาณไผ่สำหรับงานก่อสร้างที่พบในป่าของประเทศไทย

ลำดับที่	พันธุ์ไม้ไผ่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ปริมาณแยกตามภาค (ร้อยละ)					รวม (ร้อยละ)
			N	NE	C&W	E	S	
1	ไผ่ชางนวล	<i>D. Membranaceus</i>	18.86	2.05	7.14	0.05	0.08	28.18
2	ไผ่ไร่	<i>G. Albociliata</i>	15.47	3.23	0.33	0.23	0.00	19.27
3	ไผ่รวก	<i>T. Siamensis</i>	3.43	5.22	8.14	0.07	0.00	16.85
4	ไผ่ตง	<i>B. Nutans</i>	7.32	0.47	0.61	0.50	0.00	8.89
5	ไผ่ข้าวหลาม	<i>S. Pergracile</i>	4.76	0.12	0.00	0.08	0.00	4.96
6	ไผ่ป่า	<i>B. Bambos</i>	1.35	0.83	0.82	0.63	0.04	3.67
7	ไผ่หก	<i>D. Hamiltonii</i>	1.63	0.04	0.45	0.00	0.00	2.12
8	ไผ่หอม	<i>B. Polymorpha</i>	0.72	0.02	0.00	0.00	0.00	0.74
9	ไผ่ตงดำ	<i>B. Tulda</i>	0.41	0.00	0.07	0.00	0.00	0.48
10	ไผ่เมี่ยงไฟ	<i>S. Zollingeri</i>	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47
11	ไผ่เลี้ยง	<i>B. Multiplex</i>	0.02	0.04	0.19	0.18	0.00	0.43
12	ไผ่ตง	<i>D. Asper</i>	0.12	0.01	0.06	0.01	0.00	0.19
13	ไผ่หกกล้า	<i>G. Macrostachya</i>	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
14	ไผ่ล้ามะลอก	<i>D. Longispathus</i>	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
15	ไผ่เปื้อะ	<i>D. Giganteus</i>	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16	ไผ่ตงใหญ่	<i>D. Brandsii</i>	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04
17	ไผ่ชางคำ	<i>D. Latiflous</i>	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01

หมายเหตุ: N คือภาคเหนือ NE คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ C&W คือภาคกลางและภาคตะวันตก

E คือภาคตะวันออก S คือภาคใต้

ที่มา: Jayanetti D. L. and Follet P. R. (1998), สำนักพิมพ์และพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ (2555)

2.2 ลักษณะไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการก่อสร้าง

ไม้ไผ่แต่ละชนิดมีลักษณะภายนอกแตกต่างกันไป ไม้ไผ่ชนิดเดียวกันขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิศาสตร์ และปริมาณน้ำฝนแตกต่างกัน อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันไป การนำไม้ไผ่มาเป็นวัสดุในการก่อสร้างหรือส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างต้องมีการพิจารณาลักษณะทางกายภาพของไม้ได้แก่ ความยาวของลำขนาดของลำต้น ขนาดความหนาของปล้องและความยาวของข้อ รายละเอียดของลักษณะทางกายภาพของไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้างแสดงไว้ในตารางที่ 2 โดย

ข้อมูลในตารางจะเรียงตามชนิดสกุลไม้ประกอบด้วย สกุลไม้ป่า (Bambusa) สกุลไม้ตง (Dendrocalamus) สกุลไม้ไร่ (Gigantochloa) สกุลไม้รวก (Thyrsostachys) สกุลไม้สีทอง (Schizostachyum) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้าง

พันธุ์ไม้ไผ่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ความสูง (m.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm.)	ขนาดความหนาปล้อง (mm.)	ความยาวระหว่างข้อ (mm.)
ไม้ป่า	B. Bambos	10-25	50-180	6-50	150-450
ไม้สีสุก	B. Blumeana	9-18	50-150	6-30	400-600
ไม้หวาน	B. Burmanica	5-8	30-100	20-30	250-350
ไม้เลี้ยง	B. Multiplex	7-12	30-60	5-30	150-400
ไม้บง	B. Nutans	5-17	40-80	10-30	350-600
ไม้หอม	B. Polymorpha	15-24	75-150	12-20	400-600
ไม้บงดำ	B. Tulda	6-21	50-100	10-50	200-300
ไม้ตง	D. Asper	20-30	70-200	7-35	200-500
ไม้บงใหญ่	D. Brandsii	15-30	100-200	10-30	300-600
ไม้เป้ายะ	D. Giganteus	24-40	100-300	10-30	250-550
ไม้หก	D. Hamiltonii	15-25	90-225	6-35	300-650
ไม้ชางคำ	D. Latiflorus	10-16	40-120	10-20	200-700
ไม้ล้ามะลอก	D. Longispathus	10-12	40-100	8-20	250-500
ไม้ชางนวล	D. Membranaceus	10-25	50-120	6-15	200-450
ไม้ชาง	D. Strictus	7-10	30-120	5-8	250-400
ไม้ไร่	G. Albociliata	7-10	15-40	5-10	150-400
ไม้หกกล้า	G. Macrostachya	9-16	65-100	10-30	400-800
ไม้ข้าวหลาม	S. Pergracile	9-12	50-75	3-10	300-500
ไม้เมี่ยงไฟ	S. Zollingeri	15	20-100	3-5	200-700
ไม้รวกดำ	T. Oliveri	10-18	45-100	10-40	300-600
ไม้รวก	T. Siamensis	3-10	20-75	8-30	100-300

ที่มา: รวบรวมจาก Jayanetti D. L. and Follet P. R. (1998), รุ่งนภา และคณะ (2544), บุญส่ง และคณะ (2556) สุทัศน์ และคณะ (2557), ทศพล เมืองพรม (2559)

ไม้ไผ่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ก่อสร้างบ้านไม้ไผ่ควรมีลักษณะ ดังนี้ อายุของต้นไผ่อยู่ในช่วง 3-6 ปี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารเช่นเสาและงานหลังคาควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 70 มม. ความยาวระหว่างข้ออยู่ในช่วง 300 -600 มม. และความหนาของปล้องอย่างน้อย 8 มม. ลักษณะรูปทรงและผิวภายนอกที่ควรตรวจสอบ คือ ความเรียวยของลำไม้ไผ่ (Taper) ไม่เกินร้อยละ 0.58 ความโค้ง (Curvature) ไม่ควรเกิน 75 มม. ต่อความยาวลำไผ่ 6 เมตร สภาพผิวภายนอกที่เสียหาย รุ้แมลง ควรมีความลึกจากผิวนอกไม่เกิน 3 มม. (Janssen J.A. Jules, 2000; BNBC, 2012; INBC, 2016) การใช้ประโยชน์ของพันธุ์ไม้ไผ่ในงานก่อสร้างอาคาร แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ในงานก่อสร้างอาคาร

พันธุ์ไม้ไผ่	ชื่อวิทยาศาสตร์	โครงสร้าง	ฝ้าเพดาน	หลังคา	กำแพงแบบสถาน	กำแพงแบบ ครึ่ง และทั้งลำ	วัสดุปูพื้น	ค้ำยัน	นั่งร้าน
ไผ่ป่า	B. Bambos	X	X		X	X			
ไผ่สีสุก	B. Blumeana	X	X	X		X		X	X
ไผ่หวาน	B. Burmanica	X	X			X			
ไผ่เลี้ยง	B. Multiplex		X			X			
ไผ่บง	B. Nutans	X	X		X	X	X	X	X
ไผ่หอม	B. Polymorpha	X	X	X	X	X	X	X	X
ไผ่บงดำ	B. Tulda	X	X		X	X	X	X	X
ไผ่ตง	D. Asper	X	X	X	X	X			X
ไผ่บงใหญ่	D. Brandsii	X	X	X	X	X	X	X	X
ไผ่เปี๊ยะ	D. Giganteus	X	X	X	X	X	X	X	X
ไผ่หก	D. Hamiltonii		X	X	X	X	X	X	X
ไผ่ชางคำ	D. Latiflorus	X	X			X			
ไผ่ล่ำมะลอก	D. Longispathus	X	X	X	X	X	X	X	X
ไผ่ชางนวล	D. Membranaceus	X	X	X	X	X	X		
ไผ่ชาง	D. Strictus	X	X			X		X	X
ไผ่ไร่	G. Albociliata		X			X		X	X
ไผ่หกกล้า	G. Macrostachya	X	X	X	X	X	X	X	X
ไผ่ข้าวหลาม	S. Pergracile		X			X			
ไผ่เมี่ยงไฟ	S. Zollingeri		X			X			

ตารางที่ 3 ลักษณะการใช้ประโยชน์ไม้ไฟในงานก่อสร้างอาคาร (ต่อ)

พันธุ์ไม้ไฟ	ชื่อวิทยาศาสตร์	โครงการ	ฝ้าเพดาน	หลังคา	กำแพงแบบสถาน	กำแพงแบบ ครึ่ง และท่งลำ	วัสดุปูพื้น	ค้ำยัน	นั่งร้าน
ไม้รวกดำ	T. Oliveri	X	X		X	X		X	X
ไม้รวก	T. Siamensis		X		X	X		X	X

ที่มา: ปรับปรุงจาก McClure F.A. (1953)

2.3 การถนอมไม้ไฟ

ไม้ไฟที่จะใช้งานได้ยาวนานต้องมีสภาพความชื้นที่เหมาะสมและผ่านขั้นตอนการเพิ่มความทนทาน การเลือกช่วงเวลาตัดไม้มีผลต่อความทนทาน โดยช่วงที่เหมาะสมสำหรับการตัดไม้คือช่วงฤดูหนาว เนื่องจากในฤดูหนาวมีแมลงทำลาย ไม้่น้อยและเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำในลำไม้มีน้อยที่สุด การลดความชื้นในลำไม้ให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ ทำได้โดยหลัง การตัดลำไม้ไม่ต้องริดกิ่งและใบ วิธีการนี้จะช่วยเร่งการระเหยน้ำในลำไม้ให้แห้งเร็วขึ้นและทำให้ปริมาณน้ำในลำไม้ลดลง จากนั้นจึงริดกิ่งและนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม อากาศปลอดโปร่งถ่ายเทได้ดีประมาณ 3-4 เดือน ส่วนการถนอมไม้ไฟ (Preservation) เพื่อเพิ่มความทนทานและยืดอายุการใช้งานไม้ไฟ หลักการคือลดปริมาณน้ำในลำไม้ไฟ ลดความชื้นและ การใช้สารเคมีที่มีพิษต่อแมลงถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อไม้ จากข้อมูลของกรมป่าไม้ (กลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้, 2562) แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิธีการถนอมไม้ไฟ

วิธีการ	รายละเอียด
การแช่น้ำ	การแช่ลำไม้ในน้ำเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้ปริมาณน้ำในไม้ลดลง เนื่องจาก น้ำที่ชะล้างออกไปและแบคทีเรียสลายแบ่ง การแช่น้ำไหลจะช่วยทำให้ ไม้ไฟไม่เน่า วิธีนี้เหมาะสำหรับทั้งไม้ไฟสดและแห้ง
การต้ม	การต้มลำไม้ ควรใช้เวลาต้มนานประมาณ 4-6 ชม. ถ้าผสมโซดาไฟ (โซเดียม ไฮดรอกไซด์) ร้อยละ 0.5-1 จะใช้เวลาการต้ม 30 นาที วิธีนี้เหมาะสำหรับ ทั้งไม้ไฟสดและไม้ไฟแห้ง
การย่างด้วยไฟ	การย่างลำไม้ด้วยไฟที่อุณหภูมิ 120°C – 130°C ประมาณ 20 นาที วิธีนี้ เหมาะกับไม้ไฟลำเล็กต้นหรือไม้ไฟเนื้อหนา การย่างด้วยไฟอาจทำให้ลำไม้มี สีดำเป็นรอยไหม้ได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับไม้ไฟสด
การอบหรือรม ด้วยควันไฟ โดยใช้ ความร้อนต่ำ	ลำไม้ไฟก่อนอบควรผึ่งให้เหลือความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 50 จากนั้นจึงนำไป อบจนความชื้นของไม้ไฟเหลืออยู่ในช่วงร้อยละ 12-15 โดยใช้เวลาอบ ประมาณ 12-20 วัน วิธีนี้เหมาะสำหรับไม้ไฟแห้ง
สารประกอบโบรอน ความเข้มข้น ร้อยละ 10	ใช้ร่วมกับวิธีการแช่น้ำในแนวตั้ง โดยแช่ให้โคนลำไม้ในน้ำยาเคมีอย่างน้อย 30 ซม. ระยะเวลา 10 วัน วิธีนี้เหมาะสำหรับไม้ไฟสด

ตารางที่ 4 วิธีการนอมไม้ไผ่ (ต่อ)

วิธีการ	รายละเอียด
การแช่น้ำ	การแช่สารเคมีคอปเปอร์โครมโบรอน ความเข้มข้นร้อยละ 10 วิธีนี้จะทำการแช่ลำไม้ไผ่ในสารน้ำยาเคมีเป็นระยะเวลา 10 วัน วิธีนี้เหมาะสำหรับไม้ไผ่แห้ง ความชื้นของไม้ไผ่ประมาณร้อยละ 20 ไม้ที่แห้งจะดูดซึมน้ำยาเคมีได้ดีกว่าไม้ไผ่สดในน้ำเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้ปริมาณแป้งในไม้ลดลง เนื่องจากถูกน้ำชะล้างออกไปและแบคทีเรียสลายแป้ง การแช่น้ำไหลจะช่วยทำให้ไม้ไผ่ไม่เน่า วิธีนี้เหมาะสำหรับทั้งไม้ไผ่สดและแห้ง

ที่มา: กลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้ (2562), ประทักษ์ คุณทอง, (2562)

2.4 คุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่

จากการรวบรวมข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติทางกลไม้ไผ่ในประเทศไทยพบว่า มีงานวิจัยที่แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่อยู่พอสมควร ตารางที่ 5 เป็นรายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลที่เลือกมาเฉพาะไม้ไผ่ที่เหมาะสมกับการใช้ในการก่อสร้าง ผลการทดสอบที่แสดงเป็นการรวบรวมโดยไม่จำแนกมาตรฐานการทดสอบและสภาพของไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบ จากตารางจะพบว่า ไม้ไผ่มีค่ากำลังดึงและกำลังดัดที่สูง ไม้ไผ่หลายสายพันธุ์มีกำลังดึงใกล้เคียงกับเหล็กเส้น โดยทั่วไปไม้ไผ่ที่มีความหนาแน่นสูงขึ้นจะมีคุณสมบัติทางกลที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมูลจากตารางที่ 5 นี้สามารถใช้ในการเลือกใช้พันธุ์ไม้ไผ่ที่มีค่ากำลังที่เหมาะสมกับงานในเบื้องต้น โดยอาจจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่แสดงไว้ สำหรับงานที่สำคัญควรมีการสุ่มเก็บตัวอย่างและทำการทดสอบตัวอย่างไม้ไผ่ที่จะใช้ ซึ่งขั้นตอนทั้ง 2 นี้จะช่วยให้ออกแบบได้ค่าคุณสมบัติทางกลที่แม่นยำมากขึ้น โดยมาตรฐานการทดสอบการทดสอบไม้ไผ่อาจจะอ้างอิงตาม ISO 22157-2 (ISO, 2004) ซึ่งนิยมใช้อ้างอิงในงานวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ในประเทศไทย (บุญส่ง และคณะ, 2556; สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์, 2556; ธนา อุทัยภัตรากร, 2559)

ตารางที่ 5 ข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้างของประเทศไทย

พันธุ์ไม้ไผ่	ความหนาแน่น (kg/m ³)	กำลังดัด (MPa)	กำลังอัด (MPa)	กำลังดึง (MPa)	กำลังเฉือน (MPa)	โมดูลัสยืดหยุ่น (102.MPa)
ไผ่ป่า	710-856	156-175	39-57	98-196	8-10	19-370
ไผ่สีสุก	630-935	79-200	31-85	91-421	11-14	54-878
ไผ่หวาน	-	81	68	127	13	23
ไผ่เลี้ยง	670-848	71-265	38-92	104-271	11-14	122-257
ไผ่บง	-	181	35	103	-	147-300
ไผ่ตง	586-779	13-191	10-73	9-385	1-14	60-702
ไผ่บงใหญ่	520	69	35	-	20	66
ไผ่เปี๊ยะ	-	152	38	-	-	69
ไผ่ทก	560-961	100-125	31-61	76-96	5-9	86-223

ตารางที่ 5 ข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้างของประเทศไทย (ต่อ)

พันธุ์ไม้ไผ่	ความหนาแน่น (kg/m ³)	กำลังตัด (MPa)	กำลังอัดขนานเสี้ยน (MPa)	กำลังดึงขนานเสี้ยน (MPa)	กำลังเฉือนขนานเสี้ยน (MPa)	โมดูลัสยืดหยุ่น (102.MPa)
ไผ่ชางคำ	560	100	53	-	24	91
ไผ่ลำมะลอก	790-935	117	50-58	-	4-7	190
ไผ่ชางนวล	727-796	152-189	58-63	244-261	12-15	292-650
ไผ่ชาง	572-843	81-239	55-87	107-394	12-15	112-191
ไผ่ไร่	620-750	108-130	41-53	164-438	8-11	31-381
ไผ่รวกดำ	768-944	135-159	50-71	150-213	8-10	314-580
ไผ่รวก	472-845	106-208	41-83	118	5-11	78-177

ที่มา: รวบรวมจาก นิคม แผลมลัก และอัจฉริยะ โชติพันธ์ (2550), สุทธิษา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์ (2556), บุญสง และคณะ (2556), บุญสง และคณะ (2558), ธนา อุทัยภัตรากร (2559), ธวัชชัย และคณะ (2560)

จากการสืบค้นข้อมูลมาตรฐานเกี่ยวกับไม้ไผ่ในต่างประเทศพบว่า มีเพียง 2 ประเทศ คือ ประเทศบังคลาเทศ (BNBC, 2012) และประเทศอินเดีย (INBC, 2016) ที่มีข้อมูลการกำหนดคุณสมบัติทางกลของพันธุ์ไม้ไผ่ไว้ในมาตรฐาน เพื่อให้ใช้ค่าสำหรับการออกแบบในกรณีที่ไม่มีการทดสอบไม้ไผ่ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6 จากการศึกษาข้อมูลคุณสมบัติของไม้ไผ่ของทั้งสองมาตรฐานพบว่าสำหรับพันธุ์ไม้ไผ่ที่เหมือนกัน ค่าตัวเลขของทั้งประเทศจะใช้ค่าตัวเลขตรงกัน โดยมาตรฐานของประเทศบังคลาเทศจะมีจำนวนพันธุ์ไม้ไผ่ที่มากกว่า ค่าคุณสมบัติของไม้ไผ่ของทั้ง 2 ประเทศประกอบด้วยค่าของความหนาแน่น ค่ากำลังตัดหรือโมดูลัสแตกร้า ค่ากำลังอัดและค่าโมดูลัสยืดหยุ่นค่าทดสอบ โดยมีค่าคุณสมบัติในสภาพสด (Green Condition) และสภาพแห้งด้วยอากาศ (Air Dry Condition) โดยข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 6 จะเลือกมาเฉพาะพันธุ์ไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้างที่พบในประเทศไทยตามตารางที่ 2 จากการสังเกตค่าคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ในตารางที่ 6 พบว่า ส่วนใหญ่ค่าคุณสมบัติของไม้ไผ่ที่สภาพแห้งด้วยอากาศจะมีค่าที่สูงกว่าค่าของไม้ไผ่สภาพสด ยกเว้นไผ่บงและไผ่หอมที่มีค่าบางค่าไม่แตกต่างกัน ไผ่บางพันธุ์มีค่ากำลังอัดสูงกว่าค่ากำลังตัด เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลในตารางที่ 6 กับค่าคุณสมบัติไม้ไผ่ของประเทศไทยในตารางที่ 5 พบว่า ไผ่บางสายพันธุ์ยังไม่ได้มีการทดสอบคุณสมบัติทางกลในประเทศไทย เช่น ไผ่หอม ไผ่บงดำและไผ่ข้าวหลาม ค่าคุณสมบัติทางกลจากการทดสอบของประเทศไทยมีค่าที่สูงกว่าของต่างประเทศที่กำหนดไว้ ค่าที่ต่ำกว่าของต่างประเทศอาจจะเป็นผลจากการพิจารณาถึงความปลอดภัย ตารางที่ 6 นี้สามารถใช้ในการอ้างอิงร่วมกับตารางที่ 5 โดยเฉพาะพันธุ์ไม้ไผ่ที่ยังไม่มีผลการทดสอบของประเทศไทย

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของไม้ไผ่ตามมาตรฐาน BNBC และ INBC

พันธุ์ไม้ไผ่	ความหนาแน่น (kg/m ³)		กำลังดัด (MPa)		กำลังอัด (MPa)		โมดูลัสยืดหยุ่น (MPa)	
	G	D	G	D	G	D	G	D
ไผ่ป่า	559	663	58.3	80.1	35.3	53.4	59.5	86.6
ไผ่หวาน	570	672	59.7	105.0	39.9	65.2	110.1	178.1
ไผ่บง	603	673	52.9	52.4	45.6	47.9	66.2	107.2
ไผ่หอม	610	840	36.6	40.6	31.4	-	60.0	58.9
ไผ่บงดำ	610	830	53.2	65.8	39.5	68.0	103.3	111.8
ไผ่เปื้อน	597	-	17.2	-	35.2	-	6.1	-
ไผ่ทก	515	-	40.0	-	43.4	-	24.9	-
ไผ่ลำมะลอก	711	684	33.1	47.8	42.1	61.1	55.1	60.3
ไผ่ชางนวล	551	664	26.3	37.8	40.5	-	24.4	37.7
ไผ่ชาง	631	728	73.4	119.1	35.9	69.1	119.8	150.0
ไผ่ข้าวหลาม	601	640	52.6	71.3	36.7	49.4	111.6	192.2
ไผ่รวกดำ	733	758	61.9	90.0	46.9	58.0	97.2	121.5

หมายเหตุ: G คือค่าจากสภาพสด D คือค่าจากสภาพแห้งด้วยอากาศ

ที่มา: BNBC (2012), INBC (2016)

2.5 การกำหนดชนิดไม้จากคุณสมบัติของไม้ไผ่

การแบ่งชนิดของไม้มีประโยชน์ในการเลือกใช้ไม้ที่มีความแข็งแรงและความทนทานให้ตรงกับลักษณะงานที่ต้องการ ชนิดไม้ตามมาตรฐาน มยผ. 1104-2552 (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2552) แบ่งออกได้ 3 ชนิดคือไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อแข็งปานกลางและไม้เนื้ออ่อน คุณสมบัติที่ใช้ในการแบ่งชนิดไม้ประกอบด้วยค่ากำลังดัด และค่าความทนทานตามธรรมชาติ รายละเอียดของแต่ละชนิดไม้แสดงในตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการแบ่งชนิดไม้กับข้อมูลค่ากำลังดัดของไม้ไผ่จากตารางที่ 3 พบว่า ไม้ไผ่ส่วนใหญ่มีค่ากำลังดัดอยู่ในชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลางถึงไม้เนื้อแข็ง ส่วนความทนทานตามธรรมชาติของไม้ไผ่จะมีค่าอยู่ในช่วงชนิดไม้เนื้ออ่อนถึงไม้เนื้อแข็งปานกลางเท่านั้น โดยไม้ไผ่ที่ใช้งานในสภาพเปิดและสัมผัสดินจะมีอายุการใช้งาน 1-3 ปี ส่วนไม้ไผ่ที่ใช้งานในที่ร่มและไม่สัมผัสดินจะมีอายุการใช้งาน 4-6 ปี ส่วนไม้ไผ่ที่มีการดูแลอย่างดีจะสามารถอยู่ได้ 10-15 ปี (Janssen J.A. Jules, 2000) การถนอมไม้ไผ่เพื่อเพิ่มความทนทานจะทำให้ไม้ไผ่มีอายุการใช้งานมากกว่า 15 ปี (Satish et al, 1994) จากข้อมูลเหล่านี้อาจจะสรุปได้ว่า กรณีพิจารณาจากค่ากำลังดัด พันธุ์ไม้ไผ่ที่แสดงผลในตารางที่ 3 ส่วนใหญ่สามารถจัดอยู่ในชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลางขึ้นไป ส่วนการพิจารณาจากข้อกำหนดทางด้านความทนทานจะกำหนดได้ว่า ในกรณีที่ไม้ไผ่ที่ไม่ผ่านขั้นตอนการถนอมไม้ไผ่ ไม้ไผ่ที่ใช้งานในสภาพเปิดควรจัดให้อยู่ในชนิดไม้เนื้ออ่อน ส่วนไม้ไผ่ที่ใช้งานภายในที่ร่มควรจัดอยู่ในชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง กรณีไม้ไผ่ที่ผ่านขั้นตอนการถนอมไม้ไผ่อาจจะสามารถจัดอยู่ในชนิดไม้เนื้อแข็ง โดยควรพิจารณาพร้อมกับค่าผลการทดสอบกำลังดัดของไม้ไผ่ด้วย

ตารางที่ 7 การจำแนกประเภทของไม้ตามมาตรฐาน มยผ. 1104-2552

ประเภทไม้	กำลังตัด (MPa)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
ไม้เนื้ออ่อน	น้อยกว่า 59	น้อยกว่า 2
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	59 – 98	2 – 6
ไม้เนื้อแข็ง	มากกว่า 98	มากกว่า 6

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552)

2.6 การกำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับไม้

ประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับไม้โดยเฉพาะ ดังนั้น การออกแบบโครงสร้างไม้จึงต้องพิจารณาใช้ค่าหน่วยแรงเหมือนกับวัสดุไม้อื่นๆ ซึ่งกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (กระทรวงมหาดไทย, 2527) ได้กำหนดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของแต่ละชนิดไม้แสดงดังตารางที่ 8 ค่าที่แสดงในตารางใช้สำหรับในกรณีที่ไม้มีการทดสอบคุณสมบัติของไม้โดยในกรณีที่มีผลการทดสอบของไม้ให้สามารถใช้ส่วนปลอดภัยโดยใช้กำลังไม่เกิน 1 ใน 8 ของหน่วยแรงดัดประลัย หรือไม่เกิน 1 ใน 6 ของหน่วยแรงที่ขีดปฏิบัติการแล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า

จากข้อมูลมาตรฐานของประเทศบังคลาเทศและประเทศอินเดีย (BNBC, 2012; INBC, 2016) พบว่า มาตรฐานของทั้ง 2 ประเทศมีการกำหนดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของแต่ละพันธุ์ไม้ไว้ โดยคำนวณจากค่าคุณสมบัติทางกลของไม้ได้ในสภาพแสดงในตารางที่ 6 หาดด้วยค่าความปลอดภัย ซึ่งค่าความปลอดภัยที่ใช้ในการคำนวณสำหรับค่ากำลังตัด ค่ากำลังอัด ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าเท่ากับ 4, 3.5 และ 4.5 ตามลำดับ เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงผลของการกำหนดชนิดไม้ตามตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 การเปรียบเทียบค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้ไทยเทียบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของประเทศบังคลาเทศแสดงดังตารางที่ 9 โดยค่าของประเทศไทยจะกำหนดให้ไม้ที่อยู่ในชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง เนื่องจากไม้ส่วนใหญ่มีค่ากำลังตัดที่สูงผ่านเกณฑ์ค่ากำลังตัดและการใช้งานไม้สำหรับงานอาคารส่วนใหญ่เป็นการใช้งานในร่ม ดังรายละเอียดที่อภิปรายในหัวข้อ 2.5

ตารางที่ 8 หน่วยแรงที่ยอมให้ของอาคารที่ประกอบด้วยไม้ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6

ชนิดไม้	หน่วยแรงดัดและแรงดึง MPa (kg/cm ²)	หน่วยแรงอัดขนาน เสี้ยน MPa (kg/cm ²)	หน่วยแรงอัดขวาง เสี้ยน MPa (kg/cm ²)	หน่วยแรงเฉือน ขนานเสี้ยน MPa (kg/cm ²)
ไม้เนื้ออ่อน	8 (80)	6 (60)	1.6 (16)	0.8 (8)
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	10 (100)	7.5 (75)	2.2 (22)	1 (10)
ไม้เนื้อแข็ง	12 (120)	9 (90)	3 (30)	1.2 (12)

ที่มา: กระทรวงมหาดไทย (2527)

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าหน่วยแรงที่ยอมรับ

พันธุ์ไม้ไฟ	หน่วยแรงตัด (MPa)		หน่วยแรงอัด (MPa)		โมดูลัสยืดหยุ่น (MPa)	
	T	B	T	B	T	B
ไผ่ป่า	10	14.6	7.5	10.1	-	13.2
ไผ่หวาน	10	14.9	7.5	11.4	-	24.5
ไผ่บง	10	13.2	7.5	13.0	-	14.7
ไผ่หอม	10	9.2	7.5	9.0	-	13.3
ไผ่บงดำ	10	13.3	7.5	11.6	-	17.7
ไผ่ข้าวหลาม	10	13.2	7.5	10.5	-	24.8
ไผ่หก	10	10.0	7.5	12.4	-	5.5
ไผ่ลำมะลอก	10	8.3	7.5	12.0	-	12.2
ไผ่ชางนวล	10	6.6	7.5	11.6	-	5.4
ไผ่ชาง	10	18.4	7.5	10.3	-	26.6
ไผ่เปี๊ยะ	10	4.3	7.5	10.1	-	1.4
ไผ่รวกดำ	10	15.5	7.5	13.4	-	21.6

หมายเหตุ: T คือค่าหน่วยแรงของชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง B คือค่าหน่วยแรงตามมาตรฐาน BNBC

ที่มา: BNBC (2012), กระทรวงมหาดไทย (2527)

จากการเปรียบเทียบในตารางที่ 9 พบว่า ค่าหน่วยแรงที่ยอมรับให้จากการกำหนดด้วยชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง มีค่าที่ต่ำกว่าค่าหน่วยแรงที่ยอมรับของประเทศบังคลาเทศ ยกเว้นไผ่หอม ไผ่ลำมะลอก ไผ่ชางนวลและไผ่เปี๊ยะ ที่มีค่าหน่วยแรงตัดที่ต่ำกว่า ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 6 พบว่า ไผ่ทั้ง 4 สายพันธุ์นี้มีค่าผลการทดสอบที่ต่ำกว่า 40 MPa เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในตารางที่ 5 จะพบว่าผลการทดสอบไผ่ลำมะลอก ไผ่ชางนวลและไผ่เปี๊ยะของประเทศไทยมีค่าที่สูงกว่า 40 MPa ดังนั้น ถ้าใช้ค่าความปลอดภัยของกำลังตัดตามมาตรฐานของประเทศบังคลาเทศ (BNBC, 2012) ที่มีค่าเท่ากับ 4 ก็จะทำให้ได้ค่าหน่วยแรงที่ยอมรับให้ที่มีค่ามากกว่า 10 MPa ผลจากการเปรียบเทียบนี้ทำให้เกิดความมั่นใจได้ยิ่งขึ้นว่า การจัดไม้ไฟให้อยู่ในชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง มีผลทำให้ได้ค่าหน่วยแรงที่ยอมรับให้ที่มีค่าความปลอดภัยที่สูงกว่ามาตรฐานของต่างประเทศ

2.7 หน่วยแรงระยะยาวที่ยอมรับสำหรับไม้ไฟทั่วไป

มาตรฐานของประเทศบังคลาเทศ (BNBC, 2012) ยังได้กำหนดค่าหน่วยแรงระยะยาวสำหรับไม้ไฟที่ไม่มีมีการทดสอบคุณสมบัติทางกลและใช้สำหรับพันธุ์ไม้ไฟทั่วไปที่ไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน โดยในมาตรฐานได้กำหนดให้ค่าหน่วยแรงที่ยอมรับให้แรงนั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของไม้ไฟและสภาพของไม้ไฟที่ใช้ งาน ค่าหน่วยแรงที่คำนวณด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกไม่จำเป็นต้องทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะยุ่งยากสำหรับงานขนาดเล็ก การจำแนกสายพันธุ์ไม้ไฟในทางปฏิบัติต้องใช้บุคคลที่มีความรู้เฉพาะ การเรียกชื่อพันธุ์ไม้ไฟตามชื่อท้องถิ่นอาจจะทำให้สับสนในการอ้างอิงถึงชนิดพันธุ์ที่ถูกต้อง การวัดค่าความหนาแน่นของลำไม้ไฟสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดที่ทำได้ทั่วไป ทำให้วิธีการนี้สะดวกสำหรับการควบคุมคุณภาพของไม้ไฟในการทำงานจริง รายละเอียดค่าอัตราส่วนหน่วยแรงที่ยอมรับให้ในระยะยาวต่อความหนาแน่นแสดงไว้ในตารางที่ 10 ข้อที่ (1) และ (2) ซึ่งการเลือกสภาพของไม้ไฟในการคำนวณมี 2 สภาพ คือ สภาพสด จะใช้ในกรณีที่ใช้ไม้ไฟที่ตัดมาใหม่ ๆ ในงานระยะสั้น เช่น งานค้ำยัน ส่วนสภาพแห้งด้วยอากาศเหมาะสมสำหรับงานระยะยาวเช่นการใช้ไม้ไฟก่อสร้างเป็นบ้านไม้ไฟ รายละเอียดของผลการคำนวณค่าหน่วยแรงที่ยอมรับให้จากการคูณค่าอัตราส่วนในสภาพแห้งด้วยอากาศด้วยความหนาแน่นในช่วง 400-1,000 kg/m³ แสดงได้ดังตารางที่ 11

จากการสังเกตจะพบว่า ถ้าใช้ค่าอัตราส่วนในสภาพแห้งด้วยอากาศตามตารางที่ 10 ข้อที่ (2) ค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้จะมีค่าสูงกว่าค่าตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 ส่วนค่าหน่วยแรงดัดและค่าหน่วยแรงอัดจะมีค่าที่ยอมให้สูงกว่าค่าตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 ที่ตั้งแต่ 600 kg/m³ และ 700 kg/m³ ตามลำดับ จากข้อมูลนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ในระยะยาวคำนวณจากค่าอัตราส่วนในสภาพแห้งด้วยอากาศ ตามตารางที่ 10 ข้อที่ (2) ไม่เหมาะสมสำหรับการกำหนดค่าหน่วยแรงสำหรับอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เพื่อปรับปรุงค่าอัตราส่วนของไม้ไฟสภาพแห้งด้วยอากาศให้สอดคล้องกับค่าหน่วยแรงตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 ค่าการปรับปรุงค่าอัตราส่วนหน่วยแรงที่ยอมให้ในระยะยาวต่อความหนาแน่นแสดงไว้ในตารางที่ 10 ข้อที่ (3) ซึ่งผลการปรับปรุงแสดงในตารางที่ 11 ในส่วนของกำลังเฉือนเมื่อปรับลดค่าอัตราส่วนสำหรับแรงเฉือนลงจาก 0.003 เป็น 0.0013 จะทำให้มีค่าที่ยอมให้สำหรับหน่วยแรงเฉือนผ่านตามข้อกำหนดของกฎกระทรวงฉบับที่ 6 จนถึงความหนาแน่นที่ 900 kg/m³ ตามลำดับ ซึ่งเพื่อให้เกิดความเข้าใจในภาพรวมมากยิ่งขึ้น ในหัวข้อถัดไปจะทำการวิเคราะห์ทางด้านความปลอดภัยจากค่าหน่วยแรงเหล่านี้ โดยเปรียบเทียบจากผลการทดสอบไม้ไฟ

ตารางที่ 10 ค่าอัตราส่วนหน่วยแรงที่ยอมให้ในระยะยาวต่อความหนาแน่น

สภาพ	กำลังดัด	กำลังอัดตามแกน (ไม่มีการโก่งเตาะ)	กำลังเฉือน
(1) สภาพสด	0.015	0.011	-
(2) สภาพแห้งด้วยอากาศ	0.020	0.013	0.003
(3) สภาพแห้งด้วยอากาศ*	0.0135	0.010	0.0013

หมายเหตุ: * ค่าตัวเลขที่ปรับปรุง

ที่มา: BNBC (2012)

ตารางที่ 11 ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ในระยะยาวที่ความหนาแน่นของไม้ไฟช่วง 400-1,000 kg/m³

ความหนาแน่น (kg/m ³)	หน่วยแรงดัด (MPa)		หน่วยแรงอัด (MPa)		หน่วยแรงเฉือน (MPa)	
	0.020	0.0135*	0.013	0.010*	0.003	0.0013*
400	8.0	5.4	5.2	4.0	1.2	0.5
500	10.0	6.8	6.5	5.0	1.5	0.7
600	12.0	8.1	7.8	6.0	1.8	0.8
700	14.0	9.5	9.1	7.0	2.1	0.9
800	16.0	10.8	10.4	8.0	2.4	1.0
900	18.0	12.2	11.7	9.0	2.7	1.2
1,000	20.0	13.5	13.0	10.0	3.0	1.3

หมายเหตุ: * ค่าตัวเลขที่ปรับปรุง

ที่มา: BNBC (2012)

2.8 การวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยจากผลการทดสอบของไม้ไผ่

หัวข้อนี้เป็นกรณีวิเคราะห์ค่าความปลอดภัย ซึ่งจะเปรียบเทียบระหว่างค่าหน่วยแรงที่ยอมให้กำหนดด้วยชนิดไม้ ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 และค่าหน่วยแรงที่ยอมให้กำหนดด้วยความหนาแน่นสำหรับไม้ไผ่ทั่วไปตามตารางที่ 10 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ 2 งานวิจัย (สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์, 2556; บุญส่ง และคณะ, 2556) ได้ถูกเลือกมาเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความปลอดภัย พันธุ์ไม้ที่อยู่ในทั้ง 2 งานวิจัยมีอยู่ 10 สายพันธุ์ประกอบด้วยไผ่ป่า ไผ่สีสุก ไผ่เลี้ยง ไผ่ตง ไผ่หก ไผ่ซาง ไผ่ลำมะลอก ไผ่ไร่ ไผ่รวกดำ และไผ่รวก รายละเอียดของช่วงข้อมูลคุณสมบัติทางกลของแต่ละพันธุ์ไม้แสดงไว้ในตารางที่ 12 การวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยจะคำนวณจากค่ากำลังที่ได้จากการทดสอบหารด้วยค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ โดยค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ที่จะทำการวิเคราะห์ประกอบด้วย ค่าหน่วยแรงตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 โดยจะใช้ค่าตามชนิดไม้ทั้ง 3 ชนิด ค่าหน่วยแรงสำหรับไม้ไผ่ทั่วไปจะใช้ค่าอัตราส่วนจากตารางที่ 10 สภาพแห้งด้วยอากาศ ข้อที่ (2) และ (3) รายละเอียดผลการคำนวณค่าความปลอดภัยจะแสดงไว้ในตารางที่ 13 ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าคุณสมบัติทางกลกับค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่สามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 1 ถึง 3 ซึ่งจากภาพทั้ง 3 จะพบว่า ค่ากำลังดัดและค่ากำลังเฉือนมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่ที่ไม่ชัดเจน ส่วนค่ากำลังอัดมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่ ภาพทั้ง 3 ยังแสดงค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ในระยะยาวตามมาตรฐาน BNBC ที่ปรับปรุงให้สอดคล้องกับค่าหน่วยแรงตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 ซึ่งค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ที่แสดงนี้จะเป็นพื้นฐานเพื่อช่วยทำให้เข้าใจถึงช่วงค่าความปลอดภัยตามตารางที่ 13 ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตารางที่ 12 ช่วงข้อมูลคุณสมบัติทางกลของพันธุ์ไม้ไผ่สำหรับการวิเคราะห์ค่าความปลอดภัย

พันธุ์ไม้ไผ่	ความหนาแน่น (kg/m ³)	กำลังดัด (MPa)	กำลังอัดขนานเสี้ยน (MPa)	กำลังเฉือนขนานเสี้ยน (MPa)
ไผ่ป่า	799-856	156-175	49-57	8-10
ไผ่สีสุก	686-935	79-195	52-69	11-14
ไผ่เลี้ยง	744-848	71-184	41-75	10-14
ไผ่ตง	748-779	59-175	40-73	8-14
ไผ่หก	608-961	100-113	31-58	6-9
ไผ่ซาง	806-843	81-198	55-87	12-15
ไผ่ลำมะลอก	935	117	58	7
ไผ่ไร่	697-750	108-130	41-53	9-10
ไผ่รวกดำ	944	120	57	4
ไผ่รวก	523-845	106-131	41-54	5-11

ที่มา: สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์ (2556), บุญส่ง และคณะ (2556)

ผลการคำนวณค่าความปลอดภัยในตารางที่ 13 พบว่าการใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้กำหนดด้วยชนิดไม้ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 จะมีค่าความปลอดภัยต่ำที่สุดอยู่ที่ค่ากำลังอัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.9 7.9 และ 6.6 สำหรับไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อแข็งปานกลางและไม้เนื้อแข็งตามลำดับ ในกรณีกำลังดัดการใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของชนิดไม้เนื้ออ่อนมีค่าความปลอดภัยที่ต่ำสุด 7.4 ใกล้เคียงกับค่าเท่ากับ 8 ที่กำหนดให้เป็นส่วนปลอดภัยตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 โดยภาพรวมค่าหน่วยแรงที่ยอมให้กำหนดด้วยความหนาแน่นของไม้ไผ่ทั่วไปตามมาตรฐาน BNBC มีค่าความปลอดภัยใกล้เคียงกับค่าความปลอดภัยของชนิดไม้เนื้อแข็ง โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ค่ากำลังเฉือนเท่ากับ 1.5 ค่าความปลอดภัยเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.7 การใช้ตัวเลขค่าอัตราส่วนที่ปรับปรุง

พบว่า ทำให้มีค่าความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าปลอดภัยต่ำสุดที่ค่ากำลังเฉือนเท่ากับ 3.5 และค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 7.8 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความปลอดภัยที่กำหนดด้วยชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความปลอดภัยเฉลี่ยของค่ากำลังดัดและกำลังอัดจากตารางที่ 13 จะพบว่า ค่าความปลอดภัยที่คำนวณจากวิธีกำหนดด้วยชนิดไม้ และวิธีที่กำหนดด้วยความหนาแน่นของไม้ไม่มีค่าความปลอดภัยที่สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน INBC และ BNBC มากค่าความปลอดภัยที่สูงเกินไปมีผลทำให้ไม่ประหยัด การเลือกกล้าไม้เข้ามาใช้งานก็จะมีข้อจำกัดที่มากขึ้น

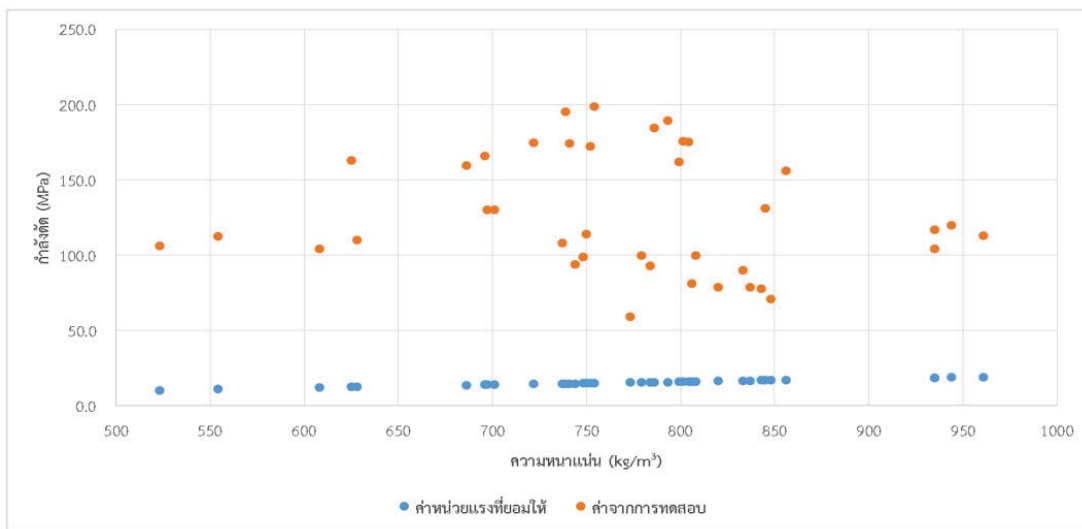
ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ในการออกแบบโครงสร้างไม้ไฟ ผู้ออกแบบสามารถใช้ค่าหน่วยแรงตามชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง โดยไม้ไฟควรผ่านขั้นตอนการถนอมไม้ไฟตามมาตรฐานของกรมป่าไม้ สำหรับการควบคุมคุณภาพไม้ไฟที่จะนำมาใช้งานสามารถทำได้โดยการตรวจสอบจากค่าความหนาแน่นของไม้ไฟที่จะใช้ ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้สามารถคำนวณจากค่าอัตราส่วนที่มีการปรับปรุงแสดงในตารางที่ 10 ข้อ (3) เพื่อให้การใช้งานไม้ไฟสำหรับงานอาคารเป็นไปได้มากยิ่งขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดมาตรฐานของประเทศไทยควรมีการทดสอบเพื่อกำหนดค่ามาตรฐานสำหรับคุณสมบัติทางกลของไม้ไฟ โดยอาจจะใช้มาตรฐานของประเทศอินเดียและบังคลาเทศ ดังที่อภิปรายไว้เป็นข้อมูลอ้างอิง

ตารางที่ 13 ค่าความปลอดภัยคำนวณจากผลการทดสอบ

ที่มา	ค่าความปลอดภัย					
	กำลังดัด		กำลังอัด		กำลังเฉือน	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
ไม้เนื้ออ่อน	7.4-24.8	15.9	5.2-14.4	9.9	5.4-18.9	13.3
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	5.9-19.8	12.7	4.1-11.6	7.9	4.3-15.1	10.6
ไม้เนื้อแข็ง	4.9-16.5	10.6	3.5-9.6	6.6	3.6-12.6	8.8
ไม้ไฟทั่วไป ตาม BNBC	3.8-13.2	8.5	3.9-9.7	6.0	1.5-7.5	4.7
ไม้ไฟทั่วไป ตาม BNBC**	8.4-26.4	16.9	5.1-12.6	7.8	3.5-17.2	10.8
ค่าตาม BNBC, INBC	4.5		3.5		-	

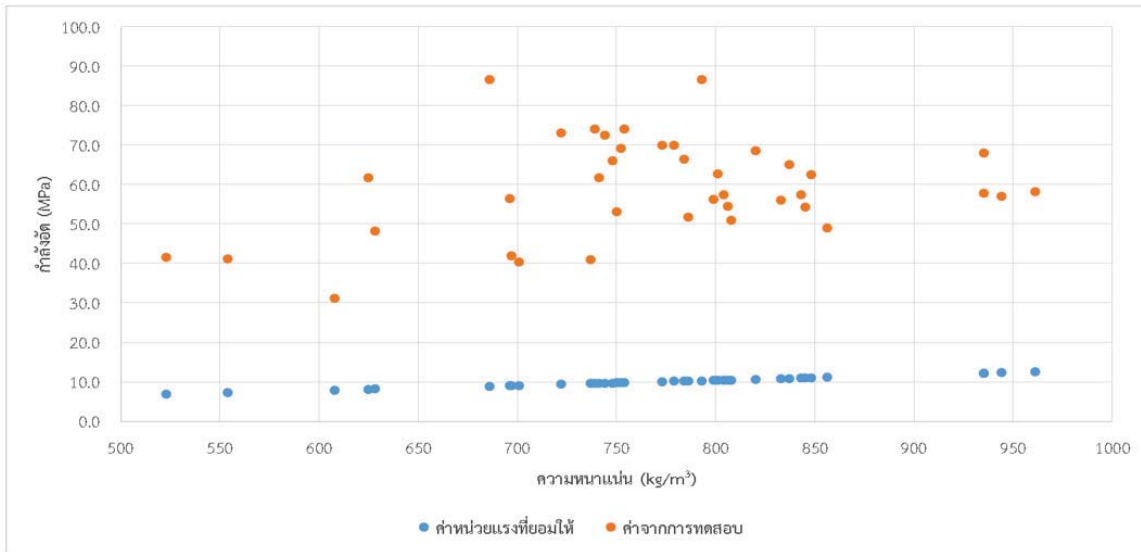
หมายเหตุ: ** คำนวณจากค่าตัวเลขที่ปรับปรุง

ที่มา: BNBC (2012), INBC (2016), สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์ (2556), บุญส่ง และคณะ (2556)

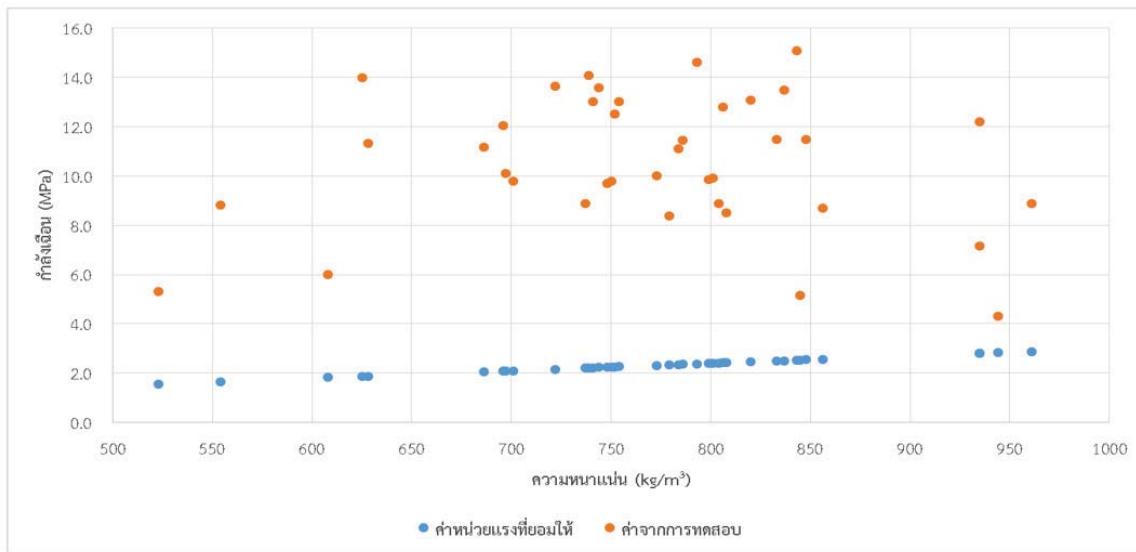


ภาพที่ 1 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดและค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ปรับปรุงจาก BNBC

ที่มา: BNBC (2012), บุญส่ง และคณะ (2556), สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์ (2556)



ภาพที่ 2 ผลการทดสอบค่ากำลังเฉือนและค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ปรับปรุงจาก BNBC
ที่มา: BNBC (2012), บุญส่ง และคณะ (2556), สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์ (2556)



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบค่ากำลังเฉือนและค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ปรับปรุงจาก BNBC
ที่มา: BNBC (2012), บุญส่ง และคณะ (2556), สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์ (2556)

3. สรุป

จากการรวบรวมข้อมูล อภิปรายและวิเคราะห์ผลในหัวข้อที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ ดังนี้

3.1 ลักษณะและคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ สภาพไม้ไผ่ที่ใช้ทดสอบ จากผลการทดสอบค่ากำลัง ดัดสามารถจัดให้ไม้ไผ่สำหรับงานก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลาง ไม้ไผ่ไม่มีความทนทานตามธรรมชาติ ดังนั้นไม้ไผ่ที่จะใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารควรผ่านการถนอมไม้ไผ่

3.2 ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ของไม้ไผ่ตามชนิดไม้เนื้อแข็งปานกลางเหมาะสำหรับการออกแบบ โดยมีค่าความปลอดภัยที่สูงกว่าเมื่อเทียบมาตรฐานของประเทศ ซึ่งเมื่อเทียบกับผลการทดลองจะมีค่าความปลอดภัยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.1 ค่าความปลอดภัยเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.9

3.3 การปรับปรุงค่าอัตราส่วนเพื่อกำหนดค่าหน่วยแรงระยะยาวสำหรับไม้ไผ่ทั่วไปตามมาตรฐาน BNBC จะทำให้ได้ค่าความปลอดภัยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.5 ค่าความปลอดภัยเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.8 ค่าหน่วยแรงที่ได้จากวิธีการนี้เหมาะสำหรับการควบคุมคุณภาพไม้ไผ่ในการทำงาน

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ให้ทุนวิจัย คณบดี รองคณบดีฝ่ายบริการวิชาการและวิจัย คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ที่ให้คอยความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยมาโดยตลอด

5. เอกสารอ้างอิง

- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2552). *มาตรฐานงานไม้ - มยผ.1104-52*. กระทรวงมหาดไทย. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_work/1101_0.pdf [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- กระทรวงมหาดไทย. (2527). *กฎกระทรวงฉบับที่ 6 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคารพ.ศ. 2522*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr27-06.pdf> [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- กลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้. (2562). *การป้องกันแมลงศัตรูทำลายไม้ไผ่*. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://forprod.forest.go.th/forprod/nana/PDF/Bamboo.pdf> [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- ทศพล เมืองพรหม. (2559). *ศูนย์ศึกษานวัตกรรมโครงสร้างไม้ไผ่*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีพระทุม.
- ธนา อุทัยภัทรากูร. (2559). *โครงการออกแบบและก่อสร้างหอคิลป์ไม้ไผ่*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สถาบันอาศรมศิลป์.
- ธวัชชัย อุ้นใจม, นฤมล มณีอินตา, และวรวัดณ์ ปัญญาคำ. (2060). สมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ 5 ชนิด ที่ผ่านการอบแห้ง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. 12(2), 15-25.
- นิคม แผลมสีก และอัจฉริยะ โชติพันธ์. (2550). *สมบัติของลำไผ่บางชนิดซึ่งปลูกที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://frc.forest.ku.ac.th/frcdatabase/bulletin/fforjournal/v26_special_8.pdf [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- บุญส่ง สมเพาะ, เขวลิตร์ วงศ์ศรีแก้ว, นพดล สมศรี, ภัทร์สินี วงศ์ศรีแก้ว, เทพประสิทธิ์ เทียวประสงค์, วรศิลป์ แอ้วสกุลทอง, และอรุณสิทธิ์ บุญรอด. (2558). *คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างไม้ไผ่บางชนิด*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://forprod.forest.go.th/forprod/Project_research58/รายงานการวิจัยปีงบประมาณ_2558/10.คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างไม้ไผ่บางชนิด.pdf [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- บุญส่ง สมเพาะ, วัลยุต เพ็ญวิวัฒน์, ปิยะวดี บัวจงกล, และวรัญญู ราชฤทธิ์เจริญ. (2556). *คุณสมบัติของไม้ไผ่บางชนิดเพื่อการก่อสร้าง*. [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://forprod.forest.go.th/forprod/techtransfer/document/คลังความรู้/2.ไม้เศรษฐกิจในประเทศไทย/1.ไผ่/5.คุณสมบัติของไม้ไผ่ \(Thai\).pdf](http://forprod.forest.go.th/forprod/techtransfer/document/คลังความรู้/2.ไม้เศรษฐกิจในประเทศไทย/1.ไผ่/5.คุณสมบัติของไม้ไผ่ (Thai).pdf) [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].

- รุ่งนภา พัฒนวิบูลย์, บุญฤทธิ ภูริยากร, และวลัยพร สถิตวิบูลย์. (2544). *ไม้ไผ่ในประเทศไทย*. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://app.dnp.go.th/opac/multimedia/ebook/48_995/48_995.pdf [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์. (2555). *การสำรวจไม้ไผ่ ของประเทศไทย Bamboo Inventory in Thailand พ.ศ. 2552. กลุ่มสำรวจทรัพยากรป่าไม้. ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้.กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช*. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.dnp.go.th/inventory/download/รายงานไม้ทั่วประเทศ.pdf> [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- สุทธิชา บรรจงรัตน์ และสุปรีย์ ฤทธิรงค์. (2556). *การศึกษาคูณสมบัติ ทางกลของพันธุ์ไม้ไทยในงานโครงสร้างเรียบง่าย. Built Environment Research Associates Conference - BERAC 4*. [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://www.berac.tds.tu.ac.th/BERAC/BERAC 4/01 Building Tech 1.pdf](http://www.berac.tds.tu.ac.th/BERAC/BERAC%204/01%20Building%20Tech%201.pdf) [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- สุทัศน์ เล้าสกุล, สกลท์ บุญเสริมสุข, และสรารุช สังข์แก้ว. (2557). *ไม้...ในสวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ ฯ*. [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://forprod.forest.go.th/forprod/techtransfer/ document/คลังความรู้/2. ไม้เศรษฐกิจในประเทศไทย/1. ไม้/3.ป่าเล็กในเมืองใหญ่.pdf](http://forprod.forest.go.th/forprod/techtransfer/document/คลังความรู้/2. ไม้เศรษฐกิจในประเทศไทย/1. ไม้/3.ป่าเล็กในเมืองใหญ่.pdf) [สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2562].
- BIS. (2006). *Preservation of bamboo for structural purposes – code of practice (IS 9096:2006)*. Bureau of Indian standards – BIS. New Delhi. India.
- BNBC (2012). *Part 6 Structural design, Chapter 4 Bamboo*. Bangladesh National Building Code (BNBC). [Online]. Retrieved from: <https://law.resource.org/pub/bd/bnbc.2012/gov.bd.bnbc.2012.06.04.pdf> [accessed 30 October 2019].
- Community Architects Network. (2013). *Bamboo Construction Source Book*. [Online]. Retrieved from: [http://www.communityarchitectsnetwork.info/upload/ opensources/public/file_14062013022345.pdf](http://www.communityarchitectsnetwork.info/upload/opensources/public/file_14062013022345.pdf) [accessed 30 October 2019].
- Escamilla, E. (2015). *Development of Simplified Life Cycle Assessment Methodology for Construction Materials and Buildings outside of the European Context Through the Use of Geographic Information Systems. Doctor of Sciences Thesis*. ETH. Zurich.
- INBC. (2005). *Part 6: Structural design, Section 3: Timber and Bamboo: 3B Bamboo*. National Building Code of India. Bureau of Indian standards - BIS, New Delhi, India.
- ISO. (2004). *Bamboo – Determination of Physical and Mechanical Properties – Part 2: ISO 22157-2: (E)*. Laboratory Manual. Geneva. Switzerland.
- Jayanetti, D.L., & Follet, P. R. (1998). *Bamboo in Construction: An introduction. INBAR Technical Report No. 15. TRADA and INBAR for DFID*. [Online]. Retrieved from: <http://naturalhomes.org/img/bamboo-in-construction.pdf> [accessed 30 October 2019].
- Janssen, J.A. (2000). *Designing and Building with Bamboo*. INBAR Technical Report No. 20. INBAR. [Online]. Retrieved from: [https://resource.inbar.int/ upload/file/1489455979.pdf](https://resource.inbar.int/upload/file/1489455979.pdf) [accessed 30 October 2019].
- McClure, F.A. (1953). *Bamboo as a Building Material*. USDA. [Online]. Retrieved from: http://library.uniteddiversity.coop/Ecological_Building/Bamboo_as_a_Building_Material.pdf [accessed 30 October 2019].
- Rashmi, M., Jin-Hee, K., & Jun-Tae, K. (2019). Environmental, social and economic sustainability of bamboo and bamboo-based construction materials in buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 12(2), 15-32.
- Satish, K.; Shukla, K.S., Tandra, D., & Dobriyal, P.B. (1994). *Bamboo Preservation Techniques: A Review*. INBAR Technical Report No. 3. INBAR. [Online]. Retrieved from: [https://resource.inbar.int/upload/ file/1489457614.pdf](https://resource.inbar.int/upload/file/1489457614.pdf) [accessed 30 October 2019].