การวิจัยและพัฒนาการผลิตไผ่อัดประสานเพื่องานประดิษฐกรรม

Research and Development of Bamboo Laminated for Wood–Working

วัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์ (VALLAYUTH FUEANGVIVAT)
ปิยะวดี บัวจงกล (PIYAWADE BAUCHONGKOL)
วีรญา ธรรมขันธ์ (WERAYA THAMMAKAN)
บวรวิชญ์ แพงวงค์ (BORVORNWIT PANGWONG)
พิทักษ์ หางาม (PITAK HANGAM)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้นำไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii*) ไผ่หมาจู๋ (*Dendrocalamus latiflorus*) ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) และไผ่หก (*Dendrocalamus hamiltonii*) มาทำเป็นไผ่อัดประสานโดยใช้กาว 3 ชนิด คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde: UF) กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol formaldehyde: PF) และกาวอีมัลชั่นโพลีเมอริคไซยาเนต (Emulsion polymer isocyanate: EPI) เป็นตัวประสาน แล้วทดสอบสมบัติเชิงกลและกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM D143 และมาตรฐาน ASTM D905 และนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ไผ่อัดประสานที่ใช้ไผ่บงใหญ่เป็นวัตถุดิบมีค่ากลสมบัติ คือ ค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน ค่าความแข็งแรงและความแข็งตึงในการดัดสถิต ค่าความแข็ง และสมบัติในด้านการติดกาว คือ ค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่อัดประสานที่ใช้ไผ่ซางหม่น ไผ่หก และไผ่หมาจู๋เป็นวัตถุดิบตามลำดับ

กาวทั้งสามชนิดสามารถใช้ทำไผ่อัดประสานได้ โดยมีค่าความยึดเหนี่ยวแนวกาวไม่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ถ้าต้องการใช้ภายในอาคารควรใช้กาว UF แต่ถ้าต้องการใช้ภายนอกอาคารควรใช้กาว PF หรือ EPI

คำหลัก

ไผ่อัดประสาน ไผ่บงใหญ่ ไผ่หม่าจู๋ ไผ่ซางหม่น ไผ่หก ปริมาณความชื้น ความหนาแน่น ความเค้นอัดขนานเสี้ยน ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน ความเค้นเฉือนขนานแนวกาว ความแข็งแรงและความแข็งตึงในการดัดสถิต ความแข็ง ความเหนียว

กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

Abstract

Research studied on bamboo laminated from 4 bamboo species 1) Pai Bong Yai (*Dendrocalamus brandisii*) 2) Pai Mahju (*Dendrocalamus latiflorus*) 3) Pai Sangmon (*Dendrocalamus sericeus*) and 4) Pai Hok (*Dendrocalamus hamiltonii*). Adhesive used of Urea formaldehyde (UF), Phenol formaldehyde (PF) and Emulsion polymer isocyanate (EPI) 200 g./sq.m./glue line. All experimental bamboos laminated were tested the results for properties according to ASTM D143 and ASTM D905.

The result of all experimental bamboo laminated indicated that Pai Bong Yai more highly mechanical properties; compressive stress perpendicular to grain, strength and stiffness in static bending, hardness and shearing stress parallel to glue line than Pai Sangmon and Pai Hok. Exceptly Pai Mahju not suitable for bamboo laminated.

UF and PF suitable for bamboo laminated because lower cost than EPI .

Key words

bamboo laminated, Pai Bong Yai (*Dendrocalamus brandisii*), Pai Mahju (*Dendrocalamus latiflorus*), Pai Sangmon (*Dendrocalamus sericeus*), Pai Hok (*Dendrocalamus hamiltonii*), moisture content and density, compressive stress parallel to grain, compressive stress perpendicular to grain, shearing stress parallel to glue line, strength and stiffness in static bending, hardness, and toughness

บทนำ

ไผ่เป็นพืชที่มีความผูกพันต่อการดำรงชีวิตประจำวันของคนไทยมาตั้งแต่โบราณกาล คนไทยในชนบทใช้ไผ่สร้างบ้านเรือนอยู่อาศัยและใช้ในการทำหัตถกรรมเครื่องจักสานเพื่อใช้สอย ลำไผ่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ตั้งแต่หน่อ ราก ลำต้นและใบ คุณสมบัติที่ดีของไผ่ คือ มีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ลำต้นสามารถจักตอกเป็นเส้นๆ ดัดโค้งขึ้นรูป สานเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ประเภทต่างๆ ไผ่สามารถรับแรงดึงและแรงกดได้ดีโดยไม่แตกหรือหักง่าย คุณสมบัติเช่นนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้นาน จึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำเครื่องจักสาน

ปัจจุบันการบริโภคไม้ภายในประเทศไม่เพียงพอจำเป็นต้องนำเข้าไม้และวัตถุดิบทดแทนไม้จากต่างประเทศปีละมากกว่า 50,000 ล้านบาท และแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี รัฐบาลจึงมีนโยบายรองรับความต้องการใช้ไม้ในอนาคตด้วยการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ ทั้งหมด 38 ชนิด โดยไผ่เป็นหนึ่งในไม้เศรษฐกิจที่รัฐบาลส่งเสริม ซึ่งคุณสมบัติเด่นของไผ่คือ โตเร็ว รอบการตัดฟันสั้น และการดูแลรักษาง่าย ไผ่ที่มีอายุประมาณ 2-3 ปี สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นในอนาคตไผ่น่าจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมไม้ของประเทศ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาไม้ไผ่มาผลิตเป็นไผ่อัดประสาน
2. ศึกษาชนิด และปริมาณกาวที่ใช้ในการผลิต เพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมในการผลิตไผ่อัดประสาน
3. เพื่อหาสมบัติของไผ่อัดประสานที่ปริมาณกาวระดับต่าง ๆ

วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ไม้ไผ่ จำนวน 4 ชนิด คือ ไผ่บงใหญ่(*Dendrocalamus brandisii*) และไผ่หมาจู๋ (*Dendrocalamus latiflorus*) จากท้องที่อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus sericeus*) จากท้องที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และไผ่หก (*Dendrocalamus hamiltonii*) จากท้องที่อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นวัตถุดิบในการผลิตไผ่อัดประสาน ใช้กาว 3 ชนิด คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (Urea formaldehyde: UF) กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenol formaldehyde: PF) และกาวอีมัลชั่นโพลีเมอริคไซยาเนต (Emulsion Polymer Isocyanate: EPI) เป็นตัวประสาน

1. <u>การเตรียมไม้ทดลอง</u>

นำไม้ไผ่มาผ่าซีกด้วยจำปา (Figure 1) ให้มีขนาดความกว้างประมาณ 2.5 นิ้ว จากนั้น นำไปแช่ในสารละลายทิมบอร์เพื่อป้องกันมอดและแมลง (Figure 2) ไม้ไผ่ที่แช่น้ำยาแล้วนำไปผึ่งกระแสอากาศให้แห้งเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 10–12

จากนั้น นำไม้ไผ่มาเข้าเครื่องไสไม้สี่หน้า (4–siding) (Figure 3) เพื่อปรับไม้ให้ได้ขนาดเท่ากันและมีพื้นที่ผิวเรียบสม่ำเสมอทั้งสี่ด้าน

2. <u>การทำไผ่อัดประสานเรียงขนานเสี้ยน</u>

นำไผ่ที่เตรียมไว้ในข้อ 1. มาทากาวและอัดร้อน (Figure 4) ตามสภาวะดังนี้

2.1 สภาวะในการทำไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF และกาว PF เป็นตัวประสาน

ความชื้นของไม้	10–12%
ปริมาณกาว	200 ก./ม.^{2} ต่อแนวกาว
ความดันในการอัด	14 กก./ซม.^{2}
อุณหภูมิในการอัด	120 องศาเซลเซียส
เวลาในการอัด	10 นาที

2.2 สภาวะในการทำไผ่อัดประสานที่ใช้กาว EPI เป็นตัวประสาน

ความชื้นของไม้	10–12%
ปริมาณกาว	200 ก./ม.^{2} ต่อแนวกาว
ความดันในการอัดเย็น	14 กก./ซม.^{2}
อุณหภูมิในการอัด	อุณหภูมิห้อง
เวลาในการอัดเย็น	24 ชั่วโมง

นำไผ่อัดประสานมาตัดเป็นชิ้นทดสอบขนาดต่างๆ ตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ASTM D143 และมาตรฐาน ASTM D905 กำหนด จากนั้น นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่า ผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

Figure 1 Bamboo splitting.

Figure 2 Bamboo preservative.

Figure 3 Bamboo 4–sliding.

Figure 4 Hot pressing.

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

จากการทดสอบสมบัติของไผ่อัดประสานที่ทำจากไม้ไผ่ 4 ชนิด ที่ใช้กาวต่างชนิดกันแสดงให้เห็นว่า (Table 1)

1. ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ความหนาแน่นเฉลี่ยไผ่อัดประสาน มีค่าอยู่ในช่วง 468.75 – 947.96 กก./ลบ.ม. ส่วนปริมาณความชื้นเฉลี่ยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 9.20 – 11.24

2. ความเค้นอัดขนานเสี้ยน

ความเค้นอัดขนานเสี้ยนของไผ่อัดประสาน มีค่าในช่วง 23.28 – 76.12 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสาน ที่ทำจากไผ่หกใช้กาว PF เป็นตัวประสานมีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 76.12 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่และไผ่หกที่ใช้กาว EPI มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว PF และ UF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อใช้กาว PF และ UF เป็นตัวประสานพบว่า ไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่หก ไผ่บงใหญ่ และไผ่หมาจู่มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน

3.1 แรงอัดขนานกับแนวกาว

ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 3.24 – 14.23 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่ซางหม่นที่ใช้กาว PF เป็นตัวประสานมีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.23 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

Table 1. Physical and mechanical properties of bamboo laminated.

Properties		Bamboo types											
		Pai Bong Yai (*Dendrocalamus brandisii*)			Pai Mahju (*Dendrocalamus latiflorus*)			Pai Sang Mon (*Dendrocalamus sericeus*)			Pai Hok (*Dendrocalamus hamiltonii*)		
Glue types		UF	PF	EPI	UF	PF	EPI	UF	PF	EPI	UF	PF	EPI
Density (kg./m^3.)		837.82	809.30	738.32	947.96	833.53	468.75	875.12	866.53	793.82	781.65	791.84	641.55
Moisture content (%)		11.24	10.94	10.04	10.28	10.10	10.75	10.59	10.10	9.20	10.05	9.60	10.53
Compressive stress // to grain (MPa)		64.13	64.64	42.84	30.31	25.40	23.28	62.84	73.79	14.23	74.48	76.12	31.90
Compressive stress ⊥ to grain (MPa)	//	12.26	13.44	10.92	4.10	3.88	3.24	11.87	14.23	12.03	8.36	8.39	5.22
	⊥	26.74	23.08	18.80	8.38	8.92	6.30	15.64	15.15	18.33	21.77	14.80	10.51
Shearing stress // (MPa)		10.21	9.68	12.20	5.05	5.14	3.33	7.99	10.06	7.86	8.06	7.85	6.71
Modulus of rupture (MPa)	//	186.18	158.91	150.18	60.35	64.87	53.18	147.18	156.72	134.73	154.98	148.89	131.98
	⊥	181.27	172.93	153.67	60.28	64.08	67.97	159.13	163.38	156.64	168.81	164.84	135.59
Modulus of elasticity (MPa)	//	15858	14205	13565	5953	6520	5444	13820	14557	14008	13916	13932	12855
	⊥	15866	15122	13743	6854	7230	8051	14912	15437	14944	15511	14687	15543
Hardness (N)	//	6.11	6.78	5.57	1.58	1.36	5.53	5.16	5.36	1.45	4.67	4.42	4.00
	⊥	6.05	6.01	5.35	1.57	1.78	6.01	5.21	5.61	1.64	4.64	4.84	4.30
Toughness (kg.-m)		8.86	8.68	8.38	1.57	1.59	1.44	7.26	7.45	7.43	9.90	9.25	8.89

Remark: // Parallel to glue line

⊥ Perpendicular to glue line

เมื่อใช้กาว UF และ EPI เป็นตัวประสาน ไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ ไผ่หมาจู๋ และไผ่ซางหม่นแต่ละชนิดมีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ยกเว้นไผ่หกค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.2 แรงอัดตั้งฉากกับแนวกาว

ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 6.30 – 26.74 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 26.74 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

3.2.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ และไผ่หกที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยแตกต่างกัน ส่วนไผ่อัดประสานจากไผ่หมาจู๋มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่ซางหม่นที่ใช้กาว EPI มีค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันกับไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF แต่แตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4. ความเค้นเฉือนขนานแนวกาว

ความเค้นเฉือนขนานแนวกาวของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 3.33 – 12.20 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว EPI เป็นตัวประสานมีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 12.20 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของชนิดกาวที่ใช้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

4.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว EPI มีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF และ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่ซางหม่นที่ใช้กาว PF มีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว EPI และ UF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 ไผ่อัดประสานจากไผ่หกที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.4 ไผ่อัดประสานจากไผ่หมาจู๋ที่ใช้กาว EPI มีค่าความเค้นเฉือนขนานตามแนวกาวเฉลี่ยไม่แตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF แต่แตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5. ความต้านแรงดัด

5.1 แรงกดขนานกับแนวกาว

ความต้านแรงดัดของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 53.18 – 186.18 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 186.18 เมกกะพาสคัล

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

5.1.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว UF มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว PF และ EPI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.1.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่หมาจู๋ที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.1.3 ไผ่อัดประสานจากไผ่ซางหม่น และไผ่หกที่ใช้กาว EPI มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF และ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.2 แรงกดตั้งฉากกับแนวกาว

ความต้านแรงดัดของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 60.28 – 181.27 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 181.27 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

5.2.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่และไผ่หกที่ใช้กาว EPI มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF และ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.2.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่หมาจู๋ และไผ่ซางหม่นที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6. มอดุลัสยืดหยุ่น

6.1 แรงกดขนานกับแนวกาว

มอดุลัสยืดหยุ่นของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 5,444 – 15,858 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 15,858 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

6.1.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว UF มีค่ามอดุลัสยืดยุ่นเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว PF และ EPI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.1.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่หมาจู๋ที่ใช้กาว EPI มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างจากการใช้กาว UF อย่างมีนัยสำคัญ (p.0.05) แต่แตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.1.3 ไผ่อัดประสานจากไผ่ซางหม่นที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.1.4 ไผ่อัดประสานจากไผ่หกที่ใช้กาว UF และ PF มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว EPI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.2 แรงกดตั้งฉากกับแนวกาว

มอดุลัสยืดหยุ่นของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 6,854 – 15,866 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 15,866 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของชนิดกาวที่ใช้ไม่มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

6.2.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ และไผ่หมาจู๋ที่ใช้กาว EPI มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF และ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6.2.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่ซางหม่น และไผ่หกที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

7. ความแข็ง

7.1 แรงกดขนานกับแนวกาว

ความแข็งของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 1.36 – 6.78 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว PF เป็นตัวประสานมีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.78 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของชนิดกาวที่ใช้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

7.1.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่หมาจู๋ และไผ่ซางหม่น ที่ใช้กาว UF และ PF มีค่าความแข็งเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว EPI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

7.1.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่หกที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่าความแข็งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>p0.05$)

7.1.3 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ที่ใช้กาว PF มีค่าความแข็งเฉลี่ยไม่แตกต่างจากการใช้กาว UF แต่แตกต่างจากการใช้กาว EOI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

7.2 แรงกดตั้งฉากกับแนวกาว

ความแข็งของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 1.57 – 6.05 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.05 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองพบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของชนิดกาวที่ใช้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า

7.2.1 ไผ่อัดประสานจากไผ่บงใหญ่ ไผ่หมาจู๋ และไผ่ซางหม่นที่ใช้กาว EPI มีค่าความแข็งเฉลี่ยแตกต่างจากไผ่อัดประสานที่ใช้กาว UF และ PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

7.2.2 ไผ่อัดประสานจากไผ่หกที่ใช้กาวทั้งสามชนิดมีค่าความแข็งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

8. ความเหนียว

ความเหนียวของไผ่อัดประสานมีค่าในช่วง 1.44 – 9.90 เมกกะพาสคัล โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่หกที่ใช้กาว UF เป็นตัวประสานมีค่าความเหนียวเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 9.90 เมกกะพาสคัล

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดี่ยวของชนิดไผ่ที่มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดี่ยวของชนิดกาวที่ใช้และปัจจัยร่วมของชนิดไผ่และชนิดกาวที่ใช้ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเหนียวเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพบว่า เมื่อใช้ไผ่ต่างชนิดกันทำเป็นไผ่อัดประสานจะให้ค่าความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่หกมีค่าความเหนียวสูงสุด รองลงมาคือไผ่อัดประสานที่ทำจากไผ่บงใหญ่ ไผ่ซางหม่น และไผ่หมาจู๋ ตามลำดับ

สรุปผล

สมบัติของไผ่อัดประสานจากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาสมบัติในด้านความแข็งแรงพบว่า ไผ่อัดประสานที่ใช้ไผ่บงเป็นวัตถุดิบมีค่ากลสมบัติ คือ ค่าความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน ค่าความแข็งแรงและความแข็งตึงในการดัดสถิต ค่าความแข็ง และสมบัติในด้านการติดกาว คือ ค่าความเค้นเฉือนขนานแนวกาวสูงที่สุด รองลงมาคือไผ่อัดประสานที่ใช้ไผ่ซางหม่น และไผ่หกเป็นวัตถุดิบ ส่วนไผ่อัดประสานที่ใช้ไผ่หมาจู๋เป็นวัตถุดิบมีค่ากลสมบัติต่ำสุด

กาว UF, PF และ EPI ที่ใช้ทำไผ่อัดประสานให้ค่าความยึดเหนี่ยวของแนวกาวไม่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดไม้ไผ่และลักษณะของการใช้งาน หากต้องการใช้งานภายในอาคารให้ใช้กาว UF แต่หากต้องการใช้งานภายนอกอาคารที่สามารถทนความชื้นและความร้อนได้สูงให้ใช้กาว PF ส่วนกาว EPI เป็นกาวที่ใช้งานภายนอกอาคารได้รองจากกาว PF และเป็นกาวที่ไม่มีสารระเหยประเภทฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นมิตรต่อผู้บริโภค

ดังนั้น การจะเลือกใช้ไผ่อัดประสานประเภทใดนั้นจะคำนึงถึงความต้องการในการใช้งานว่าเป็นงานภายในหรือภายนอกอาคาร ตลอดจนปริมาณวัตถุดิบไม้ไผ่ที่มีอยู่ในท้องถิ่น

บรรณานุกรม

จรัญ จันทลักขณา. 2534. **สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 468 น.

ฐิติกุล ภาคคีรี. 2540. **Physical and Mechanical Properties of Wood from Sweet–Bamboo culms (*Dendrocalamus asper* Backer).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรัท พรหมโชติกุล. 2541. **การทำไม้ประกับโครงสร้างจากไม้มะพร้าว**. เลขที่ ร.505. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 209 น.

วรัท พรหมโชติกุล. 2541. **ไม้ประกับโครงสร้างจากไม้ขนาดเล็ก**. เลขที่ ร. 520. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 118 น.

วิสุทธิพงษ์ หลอดคำ. 2542. **Study of an Electrical Process for Flattening Pai-hok culms. (*Dendrocalamus hamiltonii* Nees)** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนันตชัย เขื่อนธรรม. 2539. **หลักการวางแผนการทดลอง.** ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 395 น.

อิทธิพงษ์ อินพล. 2540. **Flexural Properties of Glue-Laminated Bamboo.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ASTM Standard. 1994. **American Society for Testing and Materials Standard : Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.** No. D143-1994 (2007).

British Standard. 1957. **British Standard : Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber.** No. BS EN 373-1957.

Chugg, W.A., 1994. Glulam : **The Theory and Practice of the Manufacture of Glued Laminated Timber Structure**, 1st Edition, London: Ernest Benn, 423 P.

Houwink, R. and G. Salomon. 1965. **Adhesion and Adhesives**. Vol.1 New York : Elsevier Publishing Company.

Hse, C – Y. 1971. **Properties of Phenolic Adhesion on Related to Bond Quality in Southern Pine Plywood.** Forest Products Journal. 21(1) : 44 – 52.

Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. **Principles of wood Science and Technology.** Vol. II. Springer-Verlag, Berlin. 703 p.

Royal Forest Department. 2004. **Sustainable Management and Utilization from Bamboo *in* Final Technical Report Project: PD 56/99 Rev.1(I)** Promotion of the Utilization of Bamboo from Sustainable Sources in Thailand.