

อิทธิพลของข้อปล้อง ขนาดหน้าตัด และปริมาณความชื้นต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่

มงคล นามลักษณ์* และ พิเชษฐ เมฆแสน

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษาค่าอิทธิพลของข้อปล้อง ขนาดหน้าตัด และปริมาณความชื้นต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ในประเทศไทย 2 ชนิด ได้แก่ ไผ่ตงและไผ่สีสุก ตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในการศึกษานี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นตัวอย่างทดสอบที่ได้จากเนื้อไม้บริเวณกลางปล้อง และกลุ่มที่ 2 เป็นตัวอย่างทดสอบที่ได้จากเนื้อไม้บริเวณข้อปล้อง ตัวอย่างทดสอบทั้งหมดมีรูปหน้าตัดกลมและมีเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 2 mm 4 mm และ 6 mm ผลการศึกษพบว่า กำลังรับแรงดึงบริเวณข้อปล้องของไผ่ตงและไผ่สีสุกมีค่าแปรผันอยู่ในช่วง 178 – 367 N/mm² และ 134 – 242 N/mm² ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากำลังรับแรงดึงบริเวณกลางปล้องประมาณ 1.1 – 2.0 เท่า สำหรับไม้ไผ่ทั้งสองชนิด ในกรณีการศึกษผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าตัวอย่างทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (2 mm) ให้ค่ากำลังรับแรงดึงบริเวณกลางปล้องของไผ่ตงเท่ากับ 734 N/mm² และไผ่สีสุกเท่ากับ 490 N/mm² ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาดใหญ่ (6 mm) 3.65 และ 3.14 เท่า ตามลำดับ ส่วนอิทธิพลของความชื้นในไม้ไผ่แสดงให้เห็นว่า ไม้ไผ่ที่มีความชื้นต่ำจะให้กำลังรับแรงดึงสูงกว่าไม้ไผ่ที่มีความชื้นสูง ร้อยละ 9.4 – 31.7

คำสำคัญ : ไม้ไผ่, กำลังรับแรงดึง, ปริมาณความชื้น, ไผ่ตง, ไผ่สีสุก

ภาควิชาครุศาสตร์โยธา, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: mongkhon.nar@kmutt.ac.th รับเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2555 ตอบรับเมื่อ 14 พฤษภาคม 2556

Influence of Node, Cross-sectional size, and Moisture Content on Tensile Strength of Bamboo

Mongkhon Narmluk* and Pichet Makesan

Abstract

The influences of the presence of node, cross-sectional size, and moisture content of test specimen on the tensile strength of bamboos were investigated in this research. Two types of Thai's bamboo, Tong bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer) and Seesuk bamboo (*Bambusa blumeana* Schult), were chosen for this study. Test specimens were cut from both nodal and inter-nodal zones of a bamboo culm. They were then shaped into small circular cross-sections with diameters of 2, 4, and 6 mm. The test specimens were tested under a direct tensile loading until failure. The results indicated that the presence of a node in the test specimen diminished the bamboo tensile strength. The tensile strength of the nodal zone of Tong bamboo and Seesuk bamboo varied from 178 – 367 N/mm² and 134 – 242 N/mm², respectively, which were lower than that of the inter-nodal zone about 1.1 – 2.0 times for both bamboos and these discrepancies reduced with increasing specimen diameter. For the effect of cross-sectional size, a reduced diameter of the test specimen resulted in an increase in tensile strength of bamboo. The test specimen with small diameter (2 mm) showed the inter-nodal tensile strength of 734 N/mm² and 490 N/mm² for Tong bamboo and Seesuk bamboo, respectively, which were 3.65 and 3.14 times higher than the tensile strength of the test specimen with large diameter (6 mm). In addition, the bamboo specimen with lower moisture content exhibited higher tensile strength than that with higher moisture content about 9.4 – 31.7 percent.

Keywords : Bamboo, Tensile strength, Moisture content, *Dendrocalamus asper* Backer, *Bambusa blumeana* Schult

Department of Civil Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi

* Corresponding author, E-mail: mongkhon.nar@kmutt.ac.th, mnarmluk@yahoo.com Received 22 November 2012, Accepted 14 May 2013

1. บทนำ

ไผ่เป็นพืชตระกูลหญ้าขนาดใหญ่ที่มีอยู่มากในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นและเขตอบอุ่นของโลก ในโลกนี้มีไผ่ประมาณ 47 สกุล จำนวน 1,250 ชนิด สำหรับประเทศไทยมีรายงานว่า มีไผ่เพียง 12 สกุล 41 ชนิด [1] จากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ตามแนวยาวของลำต้นไผ่ทั่วไปพบว่า โครงสร้างลำต้นไผ่ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ข้อ (Node) และปล้อง (Inter-node) ดังรูปที่ 1 ในบริเวณข้อซึ่งเป็นจุดต่อระหว่างปล้องจะมีแผ่นบางปิดกั้น ทำให้ช่องโพรงภายในแต่ละปล้องแยกจากกัน จากภาพขยายโครงสร้างจุลภาคของผนังลำต้นไผ่โดย Grosser และ Liese [2] (รูปที่ 2) แสดงให้เห็นว่าเนื้อไม้ไผ่เป็นวัสดุเชิงประกอบ กล่าวคือเนื้อไม้ไผ่ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสเรียงตัวตามแนวยาวของลำต้น โดยมีเนื้อเยื่อลิกนินเป็นตัวแทรกผสานระหว่างเส้นใย การกระจายตัวของเส้นใยเซลลูโลสจะมีความหนาแน่นมากในบริเวณใกล้ผิวนอกของผนังลำต้นและจะเบาบางลงในบริเวณใกล้ผิวใน

จากสมบัติทางกลที่โดดเด่นหลายประการ ไม้ไผ่จึงถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในยุคโบราณไม้ไผ่ถูกใช้ในงานหัตถกรรมเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันและงานก่อสร้างที่พสกาศัย ปัจจุบันไม้ไผ่ถูกใช้งานในฐานะวัสดุทางวิศวกรรม เช่น การใช้ไม้ไผ่ผ่าซีกเป็นวัสดุเสริมแรงในโครงสร้างคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างคันทันต่ำ [3, 4] ต่อมา มีการนำเส้นไม้ไผ่ขนาดเล็กมาสานเป็นตะแกรงเพื่อใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในวัสดุผสมซีเมนต์ ตัวอย่างเช่น Mansur และ Aziz [5] ได้นำตะแกรงไม้ไผ่มาเสริมแรงในแผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์ในลักษณะที่คล้ายกับแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าการเสริมตะแกรงไม้ไผ่ทำให้แผ่นซีเมนต์มอร์ตาร์มีกำลังรับแรงดึง (Tensile strength) และความเหนียว (Toughness) เพิ่มขึ้น Ngao-Ngam [6] ได้ศึกษาพฤติกรรมการรับโมเมนต์ดัดของแผ่นเฟอร์โรซีเมนต์ที่เสริมด้วยตะแกรงไม้ไผ่ที่มีหน้าตัดหลายรูปแบบ ผลการศึกษาพบว่าเส้นไม้ไผ่ที่มีหน้าตัดกลม

และปริมาณการใช้ไม้ไผ่ที่มากขึ้นส่งผลให้พฤติกรรมในการรับโมเมนต์ดัดดีขึ้น

ข้อมูลจากงานวิจัยในอดีตชี้ให้เห็นว่าสมบัติทางกลของไม้ไผ่ได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย อาทิ ชนิดของไม้ [1, 4, 7-10] อายุของต้นไม้ [11] ความชื้น [1] ตำแหน่งตามความสูงของลำต้น [1, 11] และการมีข้อปล้องภายในตัวอย่างทดสอบ [8, 9]

กำลังรับแรงดึงขนานเส้นใย (Tensile strength) เป็นสมบัติทางกลที่สำคัญอย่างหนึ่งของไม้ไผ่และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบในทางวิศวกรรม Ahmad และ Kamke [8] รายงานค่ากำลังรับแรงดึงบริเวณข้อปล้องและบริเวณกลางปล้องของไม้ไผ่คัลคัตตา (*Dendrocalamus strictus*) ในประเทศอินเดีย เท่ากับ 106.2 และ 185.4 N/mm² ตามลำดับ Amada และ Untao [12] รายงานว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่มูซู (*Phyllostachys edulis* Riv.) ในประเทศญี่ปุ่น มีค่าอยู่ระหว่าง 140 – 230 N/mm² ในขณะที่ Widjaja และ Risyad [7] รายงานค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ตง (*Dendrocalamus asper* Backer) ในทวีปเอเชีย เท่ากับ 208.68 N/mm² สำหรับประเทศไทย ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับสมบัติทางกลของไม้ไผ่มีอยู่ค่อนข้างน้อยและกระจาย Parkkeeree [1] ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของไม้ไผ่ตง (*D. asper* Backer.) และได้รายงานว่า กำลังรับแรงดึงของไม้ตง (ซึ่งได้จากชิ้นตัวอย่างทดสอบที่เก็บมาจากบริเวณกลางปล้องไม่รวมข้อ) มีค่าแปรผันตามระดับความสูงของลำต้น ไม้ไผ่ตงในสภาพสดซึ่งมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 39 - 60 มีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 230.31 – 284.60 N/mm² ซึ่งต่ำกว่าไม้ไผ่ตงในสภาพแห้ง (ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 11) ที่มีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 247.94 – 313.98 N/mm² Makum [4] รายงานค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่สีสุก (*Bambusa blumeana* Schult.f.) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 315.91 N/mm² Yordiyam และ Weeraphoprasit [9] ได้รายงาน กำลังรับแรงดึงเฉลี่ยของไม้ไผ่ป่า (*Bambusa Arundinacea* Willd) บริเวณกลางปล้อง และ

ข้อปด็องมีค่าเท่ากับ 231.8 N/mm^2 และ 262.81 N/mm^2 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากงานวิจัยในอดีตพบว่าการหาค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ที่รายงานทั้งหมดได้จากตัวอย่างทดสอบขนาดใหญ่ที่มีขนาดครอบคลุมความหนาทั้งหมดของผนังลำต้นไม้ไผ่และมีเพียงงานวิจัยส่วนน้อยที่รายงานผลกระทบของความชื้นและการมีข้อปด็องภายในตัวอย่างทดสอบต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ ประเด็นที่เป็นจุดสนใจของงานวิจัยนี้ คือ การใช้ไม้ไผ่ในลักษณะที่เป็นเส้นขนาดเล็กรูปทรงเช่นกรณี [5, 6] อาจส่งผลให้ชิ้นไม้ไผ่มีกำลังรับแรงดึงทั้งในบริเวณข้อปด็องและบริเวณกลางปล้องแตกต่างกันไปจากการใช้ไม้ไผ่เต็มความหนาตามธรรมชาติ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดตัวอย่างทดสอบ และการมีข้อปด็องภายในตัวอย่างทดสอบต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ รวมถึงผลกระทบของความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ที่เกิดจากการนำไม้ไผ่แห้งแช่น้ำเพื่อให้อยู่ในสภาพเปียกก่อนการทดสอบ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง

ไม้ไผ่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ไม้ตงและไม้สีสุก ที่มีอายุประมาณ 3 ปี ซึ่งได้มาจากอำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี จากการตรวจสอบพบว่า ไม้ตงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ณ จุดกึ่งกลางความยาวของลำต้น (ซึ่งเป็นส่วนที่นำมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้) เท่ากับ 108.2 mm และมีความหนาของผนังกระบอก เท่ากับ 11.5 mm สำหรับไม้สีสุกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ณ จุดกึ่งกลางความยาวของลำต้นเท่ากับ 152.1 mm และความหนาของผนังกระบอก เท่ากับ 13.5 mm จากการเก็บชิ้นตัวอย่างบริเวณกึ่งกลางลำต้นไปตรวจสอบปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ ในเนื้อไม้ พบว่าไม้ไผ่ตงและไม้สีสุกในสภาพสดมีความชื้นตามธรรมชาติร้อยละ 51.47 และ 50.43 ตามลำดับ ไม้ไผ่เหล่านี้ถูกทำแห้งเพื่อให้มีความชื้นภายในประมาณ

ร้อยละ 12 ก่อนนำไปใช้ในการทดสอบ ในกรณีของการศึกษาผลกระทบของความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ต่อกำลังรับแรงดึงนั้น ไม้ไผ่แห้งที่ความชื้นร้อยละ 12 จะถูกนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้อยู่ในสภาพเปียกก่อนการทดสอบ ซึ่งกรณีดังกล่าวจะศึกษาเฉพาะไม้ตง

2.2 การเก็บตัวอย่างทดสอบ

การเก็บตัวอย่างทดสอบตามแนวยาวของลำต้นแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 เก็บตัวอย่างครอบคลุมบริเวณข้อปด็อง (Node) โดยให้ข้อปด็องอยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของชิ้นตัวอย่างทดสอบ และกลุ่มที่ 2 เก็บตัวอย่างทดสอบบริเวณกลางปล้อง (Inter-node) ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับตำแหน่งการเก็บตัวอย่างตามแนวภาคตัดขวางของลำต้นจะเก็บชนิดผิวนอกของผนังกระบอกไม้ไผ่ ดังแสดงในรูปที่ 3 ตัวอย่างทดสอบมีพื้นที่หน้าตัดกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ขนาด คือ 2, 4, และ 6 mm การเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะขยายเข้าสู่ด้านในของผนังกระบอก

2.3 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบถูกเตรียมขึ้นโดยการเหลากลิ้งให้เป็นเส้นกลมด้วยแผ่นโลหะที่มีรูเจาะปากคม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2, 4 และ 6 mm ขนาดละ 5 ชิ้นตัวอย่าง ทั้งชนิดที่มีข้อปด็องและไม่มีข้อปด็องอยู่บริเวณกึ่งกลาง จากนั้นได้นำมาหล่อเคลือบด้วยสารเคลือบแข็งที่ปลายทั้งสองข้าง โดยเว้นระยะความยาวของการทดสอบ 50 mm ดังรูปที่ 4 เหตุผลที่ต้องทำการหล่อเคลือบปลายของตัวอย่างทดสอบเนื่องจากตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในการวิจัยนี้มีขนาดเล็ก จึงทำให้ปากจับของเครื่องมือทดสอบบีบจับชิ้นตัวอย่างได้ยาก นอกจากนี้แรงบีบอาจทำให้เกิดการแตกปริตามแนวเส้นของชิ้นตัวอย่าง ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ส่วนปลายทั้งสองข้างของชิ้นตัวอย่างทดสอบจึงได้ถูกหล่อเคลือบเพื่อเพิ่มขนาดและความแข็งในบริเวณที่ถูกบีบจับด้วยปากจับของเครื่องทดสอบ

2.4 วิธีการทดสอบ

เนื่องจากไม้ไผ่เป็นวัสดุที่ไม่มีมาตรฐานการทดสอบเป็นการเฉพาะ ในการวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการทดสอบกำลังรับแรงดึงของโลหะตามมาตรฐาน ASTM E8/E8M-11 [13] โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine เพื่อทำการให้แรงดึงโดยตรงต่อชิ้นตัวอย่างด้วยอัตราเร็วในการยืดตัวเท่ากับ 0.75 mm/min จนกระทั่งเกิดการขาดออกจากกันหรือมีการแตกปริของเส้นใยไม้ไผ่จนไม่สามารถรับแรงต่อไปได้นั้นจึงอ่านค่าแรงดึงสูงสุดที่สามารถรับได้ เพื่อนำไปคำนวณค่ากำลังรับแรงดึง ดังสมการที่ (1)

$$f_t = \frac{4P_{\max}}{\pi \times d^2} \quad (1)$$

โดยที่ P_{\max} คือค่าแรงดึงสูงสุดที่รับได้ (N) และ d คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลกระทบของขนาดตัวอย่างทดสอบและการมีข้อปล้องภายในชิ้นตัวอย่าง

รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไผ่แดงและไผ่สีสุก โดยภาพรวมจะเห็นว่าการแปรผันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจากขนาดโต (6 mm) ไปสู่ขนาดที่เล็กลง (2 mm) ทำให้ได้ค่ากำลังรับแรงดึงสูงขึ้นอย่างมาก รูป 5 (ก) แสดงผลการทดลองสำหรับไผ่แดง หากพิจารณาเฉพาะกลุ่มของตัวอย่างทดสอบบริเวณกลางปล้อง จะเห็นว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่แดงขนาด 6 mm 4 mm และ 2 mm มีค่าเท่ากับ 201 N/mm² 403 N/mm² และ 734 N/mm² ตามลำดับ จะเห็นว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 2 mm มีค่ากำลังรับแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 6 mm ประมาณ 3.65 เท่า ในทำนองเดียวกัน สำหรับกลุ่มของตัวอย่างทดสอบบริเวณข้อปล้อง ตัวอย่างทดสอบขนาด 6 mm 4 mm และ 2 mm มีค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 178 N/mm² 268 N/mm² และ 367

N/mm² ตามลำดับ จะเห็นว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 2 mm มีค่ากำลังรับแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 6 mm ประมาณ 2.06 เท่า

รูปที่ 5 (ข) แสดงผลการทดลองสำหรับไผ่สีสุก โดยภาพรวมกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่สีสุกมีค่าต่ำกว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่แดงทั้งในบริเวณกลางปล้องและบริเวณข้อปล้อง ซึ่งผลการทดลองเชิงเปรียบเทียบกำลังของไม้ไผ่ทั้งสองชนิดนี้ยังไม่ปรากฏในรายงานวิจัยในอดีต เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มของตัวอย่างทดสอบบริเวณกลางปล้อง จะเห็นว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่สีสุกขนาด 6 mm 4 mm และ 2 mm มีค่าเท่ากับ 156 N/mm² 326 N/mm² และ 490 N/mm² ตามลำดับ จะเห็นว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 2 mm มีค่ากำลังรับแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 6 mm ประมาณ 3.14 เท่า สำหรับกลุ่มของตัวอย่างทดสอบบริเวณข้อปล้อง ตัวอย่างทดสอบขนาด 6 mm 4 mm และ 2 mm มีค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 134 N/mm² 179 N/mm² และ 242 N/mm² ตามลำดับ จะเห็นว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 2 mm มีค่ากำลังรับแรงดึงสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 6 mm ประมาณ 1.80 เท่า

นอกจากนี้รูปที่ 5 ยังชี้ว่าเนื้อไม้ไผ่ที่มีข้อปล้อง (Node) อยู่ภายใน จะมีกำลังรับแรงดึงลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อไม้บริเวณกลางปล้อง (Inter-node) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับชิ้นตัวอย่างทดสอบขนาดเล็ก ตัวอย่างเช่น กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่แดงขนาด 2 mm. ในบริเวณกลางปล้อง (734 N/mm²) มีค่ามากกว่าบริเวณข้อปล้อง (367 N/mm²) ถึง 2 เท่า อย่างไรก็ตาม เมื่อตัวอย่างทดสอบมีขนาดโตขึ้น ผลกระทบของข้อปล้องจะน้อยลงทั้งในกรณีของไม้ไผ่แดงและไม้ไผ่สีสุก

3.2 ผลกระทบความชื้นภายในชิ้นตัวอย่าง

รูปที่ 6 (ก) และ (ข) แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่แดง จากรูปจะเห็นว่าเมื่อความชื้นในเนื้อไม้ไผ่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12.25 เป็น

ร้อยละ 18.59 จะทำให้ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ลดลง ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Parkkeeree [1] ในบริเวณกลางปล้องไม้ไผ่ที่มีความชื้นต่ำจะทำให้กำลังรับแรงดึงสูงกว่าไม้ไผ่ที่มีความชื้นสูง ร้อยละ 9.4 – 31.7 ส่วนบริเวณข้อปล้องความชื้นมีอิทธิพลต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เพียงเล็กน้อย

3.3 ลักษณะของการวิบัติ

จากการสังเกตลักษณะการวิบัติของชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบแรงดึง พบว่ากลุ่มของชิ้นตัวอย่างที่ตัดมาจากบริเวณข้อปล้องของไม้ไผ่ โดยส่วนใหญ่จะเกิดการวิบัติ ณ จุดที่เป็นข้อปล้อง ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนว่ารอยวิบัติมีลักษณะเป็นจุดเดี่ยว (รูปที่ 7 (ก)) นอกจากนี้การขาดของข้อปล้องไม้ไผ่ยังเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดและไม่มีร่องรอยการขาดของเส้นใย แสดงว่าในบริเวณดังกล่าวมีปริมาณเส้นใยน้อยและไม่มีความต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากการวิบัติของชิ้นตัวอย่างที่ตัดมาจากบริเวณกลางปล้องที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ด้วยการขาดของเส้นใยทีละเส้นในจุดที่แตกต่างกัน ดังนั้นรอยการวิบัติของชิ้นตัวอย่างทดสอบในกลุ่มนี้จึงครอบคลุมบริเวณกว้าง (รูปที่ 7 (ข))

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบและกำลังรับแรงดึง

รูปที่ 8 แสดงเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบและกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ดงในสภาพแห้ง (ความชื้นร้อยละ 12.25) จะเห็นว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยที่ x คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบ ($x = d$) และ y คือกำลังรับแรงดึง ($y = f_t$) สำหรับกรณีตัวอย่างทดสอบที่ได้มาจากบริเวณกลางปล้อง สมการความสัมพันธ์มีรูปเป็น $y = 1424.3e^{-0.324x}$ และ $R^2 = 0.9982$ สำหรับกรณีที่ตัวอย่างทดสอบที่ได้มาจากบริเวณข้อปล้อง สมการความสัมพันธ์มีรูปเป็น

$y = 535.3e^{-0.181x}$ และ $R^2 = 0.9941$ ซึ่งสมการข้างต้นใช้ได้ในช่วง $2 \leq x \leq 6$

4. อภิปรายผล

4.1 การประเมินความน่าเชื่อถือของค่ากำลังรับแรงดึงที่ได้จากการทดสอบ

ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ดงจากงานวิจัยนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับค่าที่รายงานไว้โดยงานวิจัยในอดีต กล่าวคือ Parkkeeree [1] รายงานว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ดงที่ทดสอบโดยใช้ชิ้นตัวอย่างเต็มความหนาของผนังลำต้นและมีความชื้นประมาณร้อยละ 11 มีค่าอยู่ระหว่าง 247.94 – 313.98 N/mm² Widjaja และ Risyard [7] รายงานค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ดง ในทวีปเอเชีย เท่ากับ 208.68 N/mm² ซึ่งมีความมากกว่ากำลังรับแรงดึงของชิ้นทดสอบขนาด 6 mm บริเวณกลางปล้องในงานวิจัยนี้ (201 N/mm²) เพียงเล็กน้อย สำหรับกรณีของไม้ไผ่สีสุก Makum [4] รายงานว่าไม้ไผ่สีสุกมีค่ากำลังรับแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 315.91 N/mm² ซึ่งมีความมากกว่าค่าที่ได้จากตัวอย่างทดสอบของไม้ไผ่สีสุกขนาด 6 mm ในการวิจัยนี้ที่มีค่าเท่ากับ 156 N/mm² ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น อายุของไม้ไผ่ ความชื้นภายใน และตำแหน่งการเก็บตัวอย่างตามแนวความสูงของลำต้นที่แตกต่างกัน

4.2 สาเหตุที่ทำให้กำลังรับแรงดึงของชิ้นทดสอบขนาดเล็กสูงกว่ากำลังรับแรงดึงของชิ้นทดสอบขนาดใหญ่

จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้ สาเหตุที่ทำให้ชิ้นไม้ไผ่ที่มีขนาดเล็กมีค่ากำลังรับแรงดึงสูงกว่าชิ้นไม้ไผ่ที่มีขนาดใหญ่ สามารถอธิบายได้จากรูปที่ 9 (ก) และ (ข) จากรูปจะเห็นว่า เส้นใยเซลล์ลูโลสของไม้ไผ่ (สีเขียว) มีขนาดเล็กและเรียงตัวอย่างหนาแน่นในบริเวณชิดผิวนอกของผนังลำต้นไม้ไผ่ สำหรับบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปจากผิวนอก เส้นใยเซลล์ลูโลสจะมีขนาดโตและกระจายเบาบางลง แต่จะมีเนื้อเยื่อลิกนิน (สีอ่อน) เป็นตัวแทรกประสานมากขึ้น

โดยทั่วไปเส้นใยเซลลูโลสมีความแข็งแรงมากกว่าเนื้อเยื่อลิกนิน ในการวิจัยนี้ชิ้นทดสอบขนาดเล็กถูกเก็บมาจากบริเวณที่อยู่ชิดผิวนอกของผนังลำต้นซึ่งมีปริมาณเส้นใยเซลลูโลสหนาแน่นมาก สำหรับชิ้นทดสอบขนาดใหญ่จะครอบคลุมเนื้อไม้ส่วนลึกเข้ามาด้านในผนังซึ่งมีเส้นใยเบาบาง ดังนั้นชิ้นไม้ไผ่ที่มีขนาดเล็กจึงมีค่ากำลังรับแรงดึงสูงกว่าชิ้นไม้ไผ่ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tan และคณะ [14] ที่กล่าวว่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่จะลดลงตามความหนาแน่นของปริมาณเส้นใย โดยกำลังรับแรงดึงจะมีค่าสูงสุดในบริเวณใกล้ผิวนอกของผนังกระบอกซึ่งเป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นของปริมาณเส้นใยมากที่สุด กำลังรับแรงดึงจะลดลงสำหรับเนื้อไม้ส่วนที่อยู่ลึกเข้าไปจากผิวนอก และมีค่าต่ำสุดที่ผิวในของผนังกระบอกซึ่งมีความหนาแน่นของปริมาณเส้นใยต่ำสุด โดยมีค่ากำลังรับแรงดึงของเนื้อไม้ไผ่ ณ ตำแหน่ง 0.1, 0.5, และ 0.9 ของความหนา (วัดจากผิวนอก) เท่ากับ 695, 295, และ 230 N/mm² ตามลำดับ

4.3 สาเหตุที่ทำให้กำลังรับแรงดึงบริเวณกลางปล้องสูงกว่าบริเวณข้อปล้อง

กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของปริมาณเส้นใยเซลลูโลสในเนื้อไม้ รูปที่ 9 (ก) และ (ข) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเนื้อไม้ไผ่บริเวณข้อปล้องมีปริมาณเส้นใยเซลลูโลสเบาบางกว่าเนื้อไม้ไผ่บริเวณกลางปล้อง ดังนั้นชิ้นตัวอย่างทดสอบที่เก็บมาจากบริเวณข้อปล้องจึงมีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่า

นอกจากนี้กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่อาจมีความเกี่ยวข้องกับความต่อเนื่องและแนวการวางตัวของเส้นใย จากรูปที่ 10 สังเกตว่าเนื้อไม้ไผ่บริเวณข้อปล้องมีความแตกต่างไปจากเนื้อไม้ไผ่บริเวณกลางปล้อง กล่าวคือ เส้นใยในเนื้อไม้ไผ่บริเวณข้อปล้องมีการวางตัวที่สับสนไม่เป็นระเบียบและมีความไม่ต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับเนื้อไม้ไผ่บริเวณกลางปล้องซึ่งมีเส้นใยเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและ

ต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากปรากฏแนวรอยต่อของเนื้อไม้บริเวณข้อปล้องและกลางปล้องในรูปที่ 10 หลักฐานเชิงประจักษ์ที่กล่าวมาข้างต้นทั้งสองประการน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้กำลังรับแรงดึงบริเวณกลางปล้องสูงกว่าบริเวณข้อปล้อง

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่บริเวณข้อปล้องและบริเวณกลางปล้อง โดยใช้ขนาดตัวอย่างทดสอบที่แปรผันครอบคลุมความหนาของผนังลำต้นไม้ไผ่ในระดับที่แตกต่างกัน ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

การศึกษาผลกระทบของข้อปล้อง พบว่าการมีข้อปล้องอยู่ในตัวอย่างทดสอบทำให้กำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ลดลงต่ำลง กำลังรับแรงดึงบริเวณข้อปล้องของไม้ไผ่ตงและไม้ไผ่สีสุกมีค่าแปรผันอยู่ในช่วง 178 – 367 N/mm² และ 134 – 242 N/mm² ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากำลังรับแรงดึงบริเวณกลางปล้องประมาณ 1.1 เท่า สำหรับตัวอย่างทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm และประมาณ 2.0 เท่า สำหรับตัวอย่างทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm สำหรับไม้ไผ่ทั้งสองชนิด

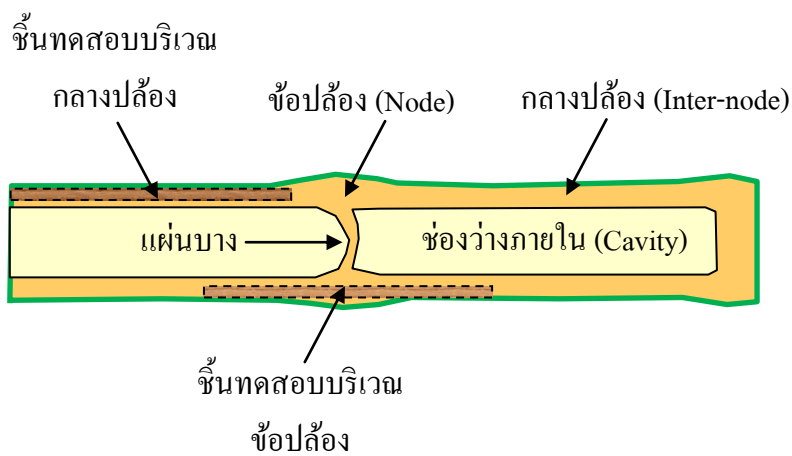
ผลกระทบของขนาดหน้าตัด พบว่าตัวอย่างทดสอบที่มีหน้าตัดขนาดเล็กซึ่งได้จากเนื้อไม้ส่วนที่อยู่ชิดกับผิวนอกของผนังกระบอกจะมีกำลังรับแรงดึงสูงกว่าชิ้นไม้ไผ่หน้าตัดขนาดใหญ่ที่ได้จากการขยายเส้นผ่านศูนย์กลางให้ครอบคลุมเนื้อไม้ส่วนที่อยู่ลึกเข้าไปด้านในผนังกระบอก ตัวอย่างทดสอบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (2 mm) ให้ค่ากำลังรับแรงดึงบริเวณกลางปล้องของไม้ไผ่ตงเท่ากับ 734 N/mm² และ ไม้ไผ่สีสุกเท่ากับ 490 N/mm² ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างทดสอบขนาดใหญ่ (6 mm) 3.65 และ 3.14 เท่า ตามลำดับ

ผลของความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ พบว่าความชื้นในเนื้อไม้ไผ่ที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่ากำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ลดลง ในบริเวณกลางปล้องไม้ไผ่ที่มีความชื้นต่ำจะให้กำลังรับแรงดึงสูงกว่าไม้ไผ่ที่มีความชื้นสูง ร้อยละ 9.4 – 31.7 ส่วนบริเวณ

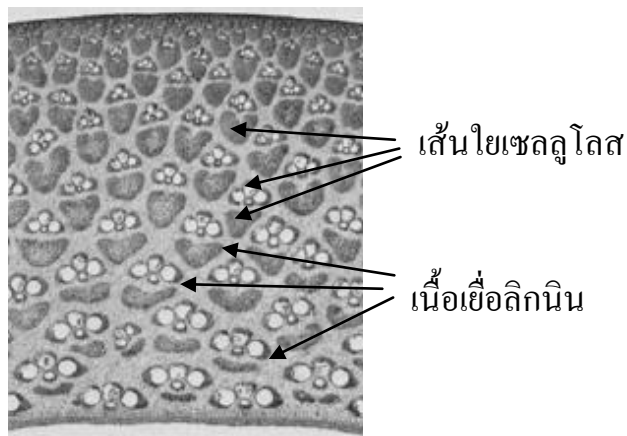
ข้อปล้องความชื้นมีอิทธิพลต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่เพียงเล็กน้อย

6. เอกสารอ้างอิง

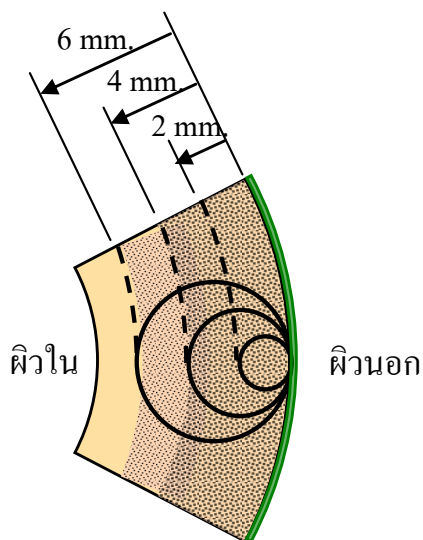
- [1] T. Parkkeeree, “Physical and Mechanical Properties of Wood from Sweet-bamboo Culms (*Dendrocalamus asper* Backer)”, Master Thesis, Faculty of Forestry, Kasertsart University, Thailand. 1997. (in Thai)
- [2] D. Grosser and W. Liese, “On The Anatomy of Asian Bamboos with Special Reference to Their Vascular Bundles”, Wood Science and Technology 5, 1971, pp. 290-312.
- [3] K. Ghavami, “Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements”, Cement and Concrete Composites 27, 2005, pp. 637-649.
- [4] K. Makum, “A Study of Bending Performance of Bamboo Reinforced Concrete Beam with Improving Bond of Bamboo”, Master Thesis, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand, 2006. (in Thai)
- [5] M. A. Mansur and M.A. Aziz, “Study of Bamboo-mesh Reinforced Cement Composites”, International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete 5, 1983, pp. 165-171.
- [6] P. Ngao-Ngam, “Development of Ferrocement Plate using Bamboo as Reinforcement”, Master Thesis, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand, 2005. (in Thai)
- [7] A. A. Widjaja and S. Risyad, “Anatomical Properties of Some Bamboos Utilized in Indonesia”, Anatomy and Properties of Bamboo, 1985.
- [8] M. Ahmad and F. Kamke, “Analysis of Calcutta Bamboo for Structural Composite Materials: Physical and Mechanical Properties”, Wood Science and Technology 39, 2005, pp. 448-459.
- [9] I. Yordyam and N. Weeraphoprasit, “Study of Behavior of Reinforced Concrete Slab Subjected to Flexural Load”, Undergraduate Engineering Project, Faculty of Engineering, Burapha University, Thailand, 2007. (in Thai)
- [10] N. K. Naik, “Mechanical and Physico-Chemical Properties of Bamboos”, Available: <http://www.bambootech.org/files/mechanicaltesting%20report.pdf>, 13 November 2012.
- [11] Li Xiaobo, “Physical, Chemical, and Mechanical Properties of Bamboo and Its Utilization Potential for Fiberboard Manufacturing”, Master Thesis, School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University, USA, 2004.
- [12] S. Amada, and S. Untao, “Fracture Properties of Bamboo”, Composites Part B: Engineering 32, 2001, pp. 451-459.
- [13] ASTM E8/E8M-11, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials.
- [14] T. Tan, N. Rahbar, S. M. Allameh, S. Kwofie, D. Dissmore, K. Ghavami, and W. O. Soboyejo, “Mechanical Properties of Functionally Graded Hierarchical Bamboo Structures”, Acta Biomaterialia 7, 2011, pp. 3796-3803.



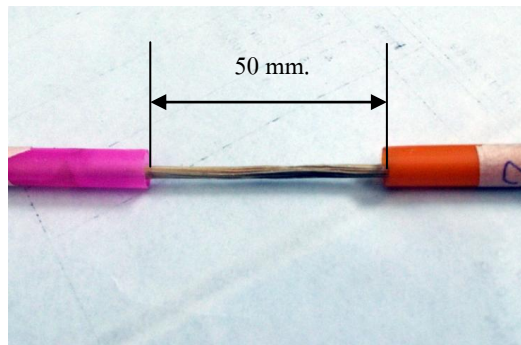
รูปที่ 1 ส่วนประกอบของโครงสร้างลำต้นไม้และตำแหน่งการเก็บตัวอย่างทดสอบในงานวิจัยนี้



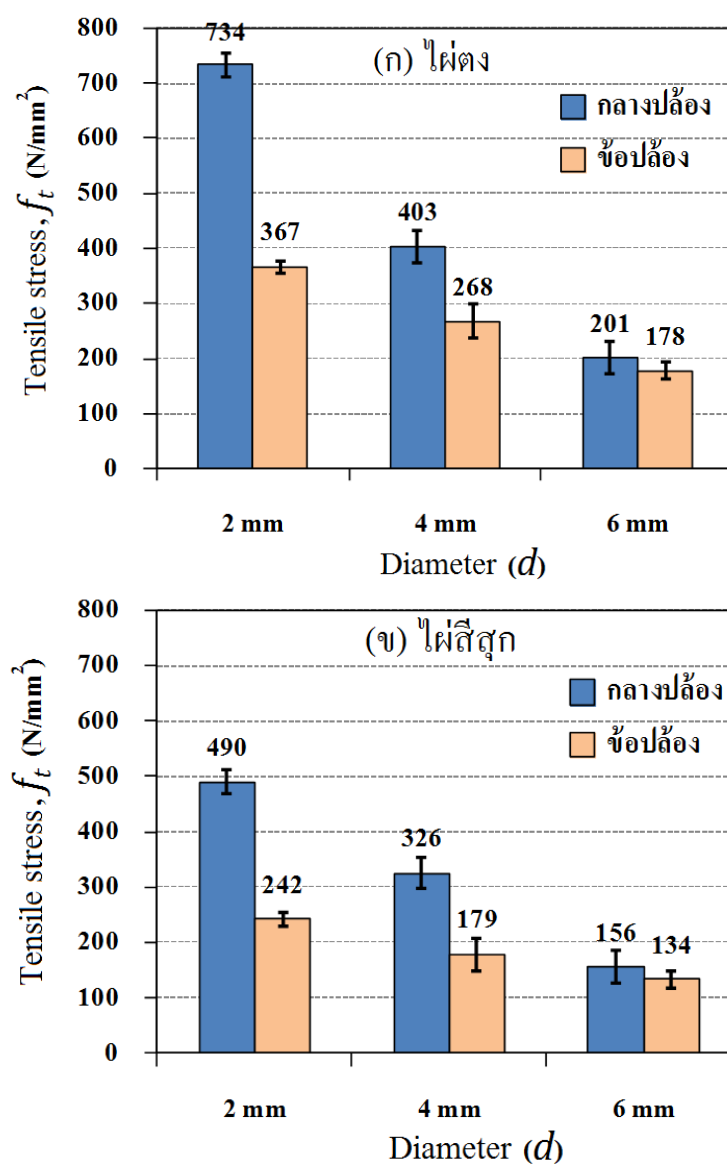
รูปที่ 2 รูปแบบทั่วไปของโครงสร้างจุลภาคของผนังลำต้นไม้ [2]



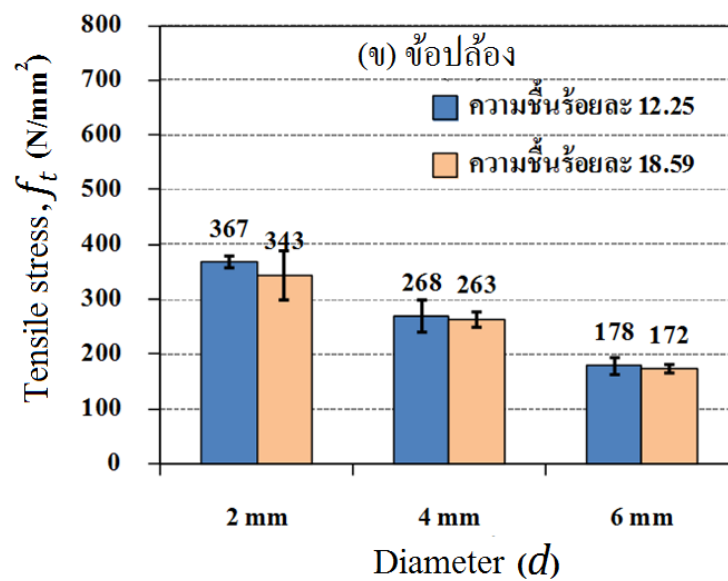
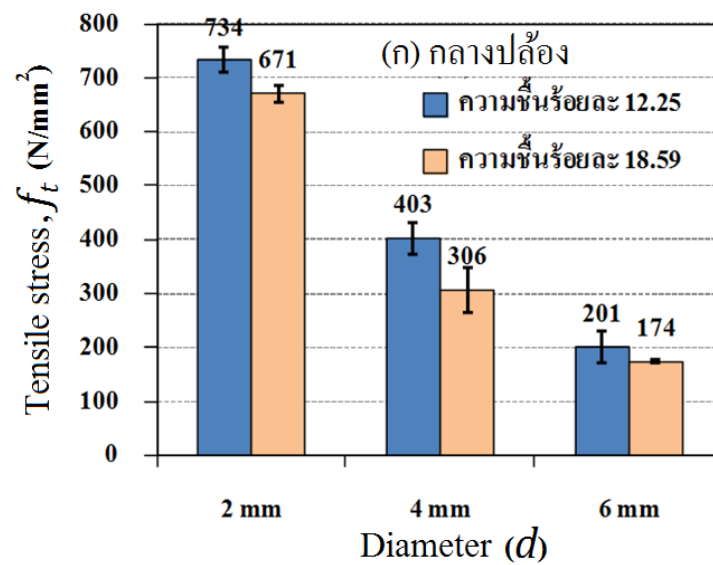
รูปที่ 3 ตำแหน่งการเก็บชิ้นตัวอย่างทดสอบขนาดต่างๆ จากผนังลำต้นไม้



รูปที่ 4 ลักษณะของชิ้นตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ในงานวิจัยนี้

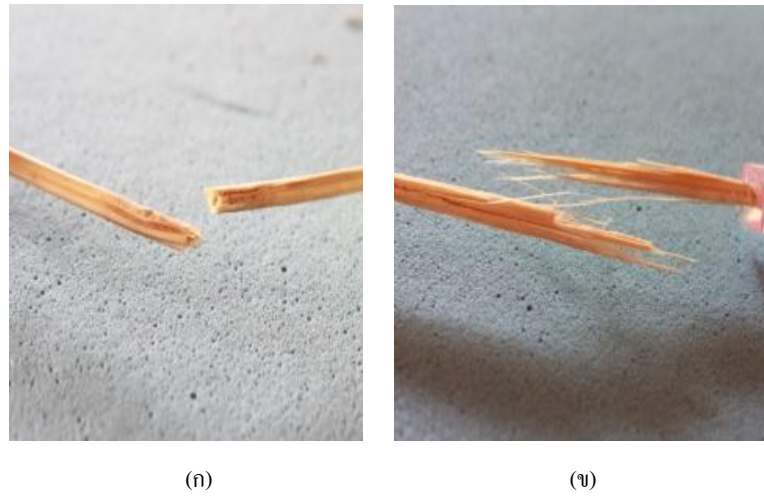


รูปที่ 5 ผลกระทบของขนาดและตำแหน่งการเก็บตัวอย่างต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ (ระบุเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, N = 5) (ก) ไม้ต่งความชื้นร้อยละ 12.25 (ข) ไม้สีสุกความชื้นร้อยละ 11.99

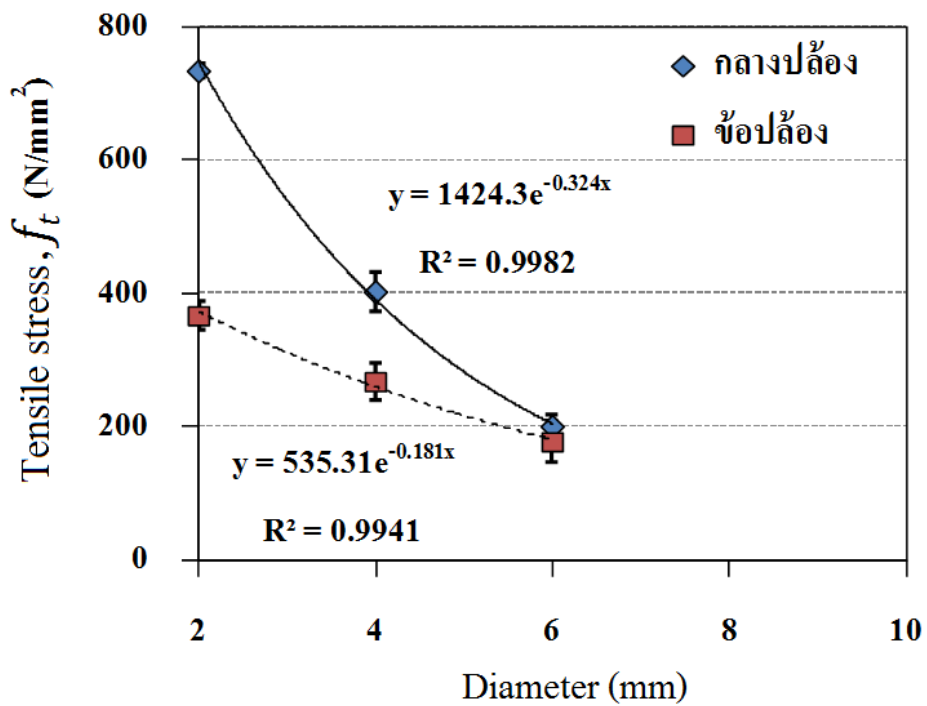


รูปที่ 6 ผลกระทบของความชื้นต่อกำลังรับแรงดึงของไม้ไผ่ตง (ระบุเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, N = 5)

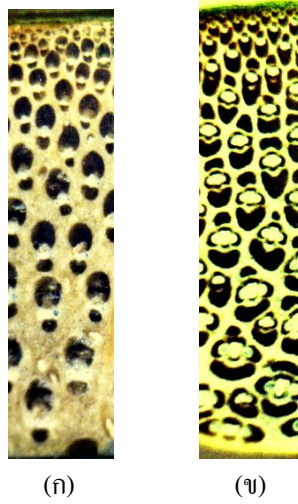
(ก) กลางปล้อง (ข) ขั้วปล้อง



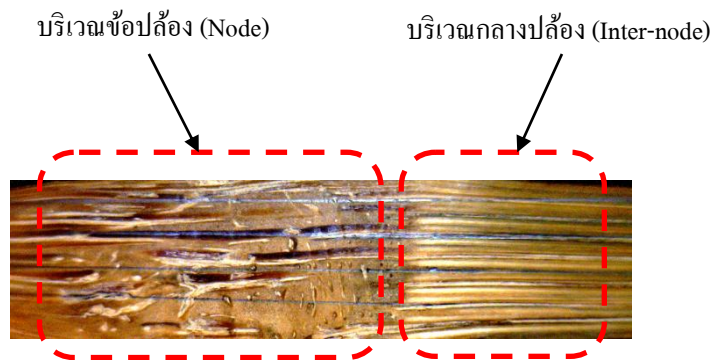
รูปที่ 7 ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบ (ก) บริเวณข้อปล้อง (ข) บริเวณกลางปล้อง



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและกำลังรับแรงดึง (ระบุเป็นค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, N = 5) ของไผ่ตงซึ่งมีความชื้นร้อยละ 12.25



รูปที่ 9 การกระจายตัวของเส้นใยไม้ไผ่ (ก) บริเวณข้อปล้อง (ข) บริเวณกลางปล้อง



รูปที่ 10 การเรียงตัวและความต่อเนื่องของเส้นใยบริเวณกลางปล้องและบริเวณข้อปล้อง