

พฤติกรรมคืบของไม้ไผ่หก (*Dendrocalamus Hamiltonil*) Creep Behavior of the Bamboo (*Dendrocalamus Hamiltonil*)

ธวัชชัย อุ่นใจจอม^{1*}, เวชยันต์ รังศรี²

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

*E-mail: tounjaijom@gmail.com¹, w.rangsri@gmail.com², โทรศัพท์: 0-5394-4144 ต่อ 938, โทรสาร: 0-5394-4145

Thawatchai Ounjaijom^{1*}, Wetchayan Rangsri²

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Rd., Muang District, Chiang Mai, Thailand 50200

*E-mail: tounjaijom@gmail.com¹, w.rangsri@gmail.com², Tel.: 0-5394-4144 ext 938, Fax: 0-5394-4145

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาพฤติกรรมคืบของไม้ไผ่หก (*Dendrocalamus Hamiltonil*) ภายใต้สภาวะความชื้นและอุณหภูมิคงที่ การทดสอบหาพฤติกรรมคืบของไม้ไผ่ทำโดยวิธีการคานปลายยื่น โดยให้ภาระกระทำกับชิ้นทดสอบไม้ไผ่แตกต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ ภาระขนาด 20% 30% และ 40% ของภาระสูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้ โดยมีการให้ภาระแต่ละขนาดแก่ชิ้นทดสอบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำภาระออกเพื่อหาค่าการคงอยู่หลังจากการโก่งที่ปลายชิ้นทดสอบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าชิ้นทดสอบจะเกิดการโก่งอย่างฉับพลันเมื่อเริ่มมีภาระกระทำ จากนั้นจะเกิดการโก่งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนมีค่าสูงสุดเมื่อเวลาครบ 4 ชั่วโมง เมื่อนำภาระที่กระทำออกจากชิ้นทดสอบ การโก่งจะลดลงอย่างฉับพลัน และเมื่อเวลาผ่านไปการโก่งของชิ้นทดสอบจะยังคงอยู่และไม่สามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหยุ่นคืบของไม้ไผ่ มีค่าอยู่ในช่วง 11×10^{-5} mm/N² ถึง 15×10^{-5} mm/N² และจะมีค่าแปรผกผันกับขนาดของภาระที่กระทำ

คำหลัก: ไม้ไผ่ การโก่ง การคืบ

Abstract

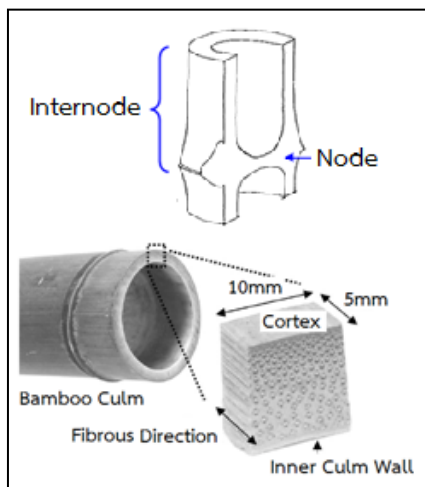
The aim of this research is to study the creep behavior of the bamboo culm (*Dendrocalamus Hamiltonil*) with constant temperature and humidity condition. Creep tests were performed by the cantilever beam method with the three difference load levels which are 20%, 30% and 40% of the ultimate rupture load. The specimens were taken a load for 4 hours. After that, the load was taken out and the specimens were examined to determine the free-end deflection and the permanent deformation of the bamboo specimens. The results of creep tests show that an instantaneous deformation increases immediately. With removal of applied load, the elastic deformation is instantaneously recovered. As time elapses additional deformation will be recovered, but recovery is not complete and a residual deformation remains. It also found that the creep compliance is 11×10^{-5} mm/N² to 15×10^{-5} mm/N² and it varies inversely as the value of the applied load.

Keywords: Bamboo, Deflection, Creep.

1. บทนำ

ไม้ไผ่จัดเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีความแข็งแรงและความเหนียวสูง [1] เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (*Monocotyledons*) อยู่ในวงศ์หญ้า (*Poaceae*) วงศ์ย่อย *Bambusoideae* ในเผ่า *Bambuseae* นิยมนำมาใช้ในงานโครงสร้างหรืองานเฟอร์นิเจอร์ ชนิดไม้ที่พบมากในภาคเหนือมี 27 ชนิด เช่น ไม้ตง ไม้หก ไม้สีสุก ไม้ซาง และไม้บง เป็นต้น [2]

ลำไม้ไผ่ (*Culm*) มีลักษณะเป็นทอกลมกลวง ประกอบด้วยส่วนปล้อง (*Internode*) และส่วนข้อ (*Node*) ตลอดความยาวของลำต้น ดังรูปที่ 1 โครงสร้างของเนื้อไม้ไผ่มีลักษณะเป็นวัสดุเชิงประกอบ (*Composite Materials*) โดยมีกลุ่มเซลล์ท่อลำเลียง (*Vascular Bundles*) เป็นเส้นใย (*Fibers*) ในเมทริกซ์ของเซลล์พา-เรนไคมา (*Parenchyma Cells*) กลุ่มเซลล์ท่อลำเลียงประกอบด้วยท่อน้ำและท่ออาหารที่ถูกเสริมความแข็งแรงรอบๆ ท่อด้วยเส้นใย ซึ่งเป็นส่วนที่ให้ความแข็งแรงกับไม้ไผ่ ส่วนเซลล์พา-เรนไคมาเป็นส่วนที่ให้ความยืดหยุ่นและสามารถรับแรงกระแทกได้ดี [3]



รูปที่ 1 ส่วนปล้อง ส่วนข้อของลำไม้ไผ่ และการเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ในเนื้อไม้ไผ่ [4]

เนื้อไม้ไผ่ไม่มีพฤติกรรมทางกลเป็นแบบวิสโคอีลาสติก (*Viscoelastic*) หรือมีคุณลักษณะยืดหยุ่น (*Elastic*) และหนืด (*Viscous*) พฤติกรรมนี้จะประกอบไปด้วยพฤติกรรมที่ขึ้นอยู่กับเวลาและการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรหลังจากที่นำเอาภาระที่กระทำกับวัสดุออก ตัวอย่างของพฤติกรรมที่ขึ้นกับเวลา เช่น พฤติกรรมการคืบ (*Creep*) และพฤติกรรมการคลาย (*Relaxation*) พฤติกรรมการคืบคือ พฤติกรรมการเสียรูปของวัสดุที่ขึ้นอยู่กับเวลาเมื่อวัสดุนั้นอยู่ภายใต้สภาวะภาระคงที่ ส่วนพฤติกรรมการคลาย

คือ พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความต้านทานแรงในวัสดุเมื่อวัสดุนั้นอยู่ภายใต้สภาวะที่การเสียรูปคงที่ [5,6]

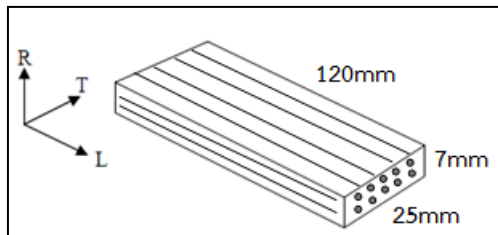
มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาพฤติกรรมวิสโคอีลาสติกของไม้และไม้ไผ่ เช่น งานวิจัยของ Moutee และคณะ [7] ได้ศึกษาพฤติกรรมคืบของเนื้อไม้สนขาว (*Picea Glauca (Moench.) Voss.*) เมื่ออยู่ในสภาวะอบแห้งโดยใช้วิธีการคานปลายยื่น พบว่าการโก่ง ความเครียดคืบ และการคงอยู่ของการเสียรูปของเนื้อไม้สนขาวที่อยู่ในสภาวะอบแห้งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของภาระที่มากระทำ ถ้าภาระที่มากระทำมีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้การโก่ง ความเครียดคืบ และการคงอยู่ของการเสียรูปมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในงานวิจัยของ Zhou และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมคืบของไม้สนญี่ปุ่น (*Sugi (Cryptomeria Japonica D. Don)*) ที่ถูกตัดในสภาวะที่มีความร้อนภายใต้เงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เป็นวัฏจักร เพื่อทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มีต่อค่าความหยุ่น (*Compliance*) พบว่าผลรวมของค่าความหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการให้ความชื้น และมีค่าลดลงในระหว่างกระบวนการลดความชื้น นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมที่แตกต่างจากขั้นตอนทดสอบที่อยู่ในสภาวะปกติ เนื่องจากขั้นตอนทดสอบที่อยู่ในสภาวะปกติเมื่อได้รับภาระมากระทำแล้วจะทำให้ค่าความหยุ่นเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดในช่วงแรก จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนเกือบจะมีค่าคงที่เมื่อเวลาผ่านไป

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหาค่ามอดุลัสการแตกร้าและมอดุลัสยืดหยุ่นของไม้ไผ่ด้วยวิธีการดัดแบบ 3 จุด (3 Points Bending) ตามวิธีการของ Janssen [9] ที่ได้เสนอวิธีการทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ จากนั้นใช้วิธีการทดสอบแบบคานปลายยื่นเพื่อหาพฤติกรรมคืบของขั้นตอนทดสอบ ขั้นตอนทดสอบไม้ไผ่ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกใช้ไม้ไผ่พันธุ์ไม้หก (*Dendrocalamus Hamiltonil*) ดังงานวิจัยของนิคม และ อัจฉริยะ [10] ที่ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของไม้ไผ่ซึ่งปลูกที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่าไม้หกเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการรับภาระเนื่องจากให้ค่าแรงอัด แรงเฉือนขนานเส้นใย ค่ามอดุลัสการแตกร้า และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมากกว่าไม้ไผ่ชนิดอื่นๆ จากผลของงานวิจัยดังกล่าว ผู้ทำการวิจัยจึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาพฤติกรรมคืบของไม้ไผ่หก เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายการเสียหายของไม้ไผ่เมื่อได้

รับภาระเป็นเวลานานและใช้เป็นพื้นฐานในงานวิจัยการ
พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ต่อไปในอนาคต

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

ใช้ไม้ไผ่หกอายูประมาณ 3 ปี ที่ถูกทำให้แห้งในสภาพ
อากาศปกติ จำนวน 1 ปล้อง ทำการลอกเยื่อด้านในและ
เปลือกด้านนอกออก จากนั้นนำมาตัดให้ได้ขนาด 120(L)
x 25(T) x 7(R) mm ดังรูปที่ 2 เป็นชิ้นทดสอบทั้งหมด
จำนวน 20 ชิ้น นำชิ้นทดสอบทั้งหมดเก็บไว้ใน
ห้องควบคุมที่มีอุณหภูมิ 25°C ความชื้น 60% RH



รูปที่ 2 ขนาดของชิ้นทดสอบ

2.1 การทดสอบการดัด

สุ่มชิ้นทดสอบมาจำนวน 5 ชิ้น เพื่อทำการทดสอบ
หาค่ามอดูลัสการแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นด้วยวิธีการ
ดัดแบบ 3 จุด ด้วยเครื่องทดสอบสากล Hounsfield
S-series H50KS/06 ดังรูปที่ 3 โดยใช้อัตราการกดขึ้น
ทดสอบ 2.5 mm/min ระยะห่างระหว่างจุดรองรับมี
ขนาด 100 mm ให้ภาระกระทำกับชิ้นทดสอบบริเวณ
กึ่งกลางคาน ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบถูกนำมาหาค่า
มอดูลัสการแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นหาได้จากสมการ
ที่ (1) และสมการที่ (2)

$$MOR = \frac{3P_u l}{2bh^2} \quad (1)$$

$$MOE = \frac{Pl^3}{4\delta bh^3} \quad (2)$$

โดยที่ MOR คือ มอดูลัสการแตกร้าว (Modulus of
Rupture) MOE คือ มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of
Elasticity) P_u คือ ภาระสูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้
 P คือ ภาระที่จุดขีดจำกัดยืดหยุ่นซึ่งได้จากการประมาณ
ค่าจากผลการทดสอบที่ได้ l คือ ระยะห่างระหว่างจุด

รองรับ b คือ ความกว้างของหน้าตัดชิ้นทดสอบ h คือ
ความสูงของหน้าตัดชิ้นทดสอบ และ δ คือ ระยะแอ่นตัว
สูงสุดของชิ้นทดสอบ



รูปที่ 3 การทดสอบการดัดด้วยเครื่องทดสอบสากล

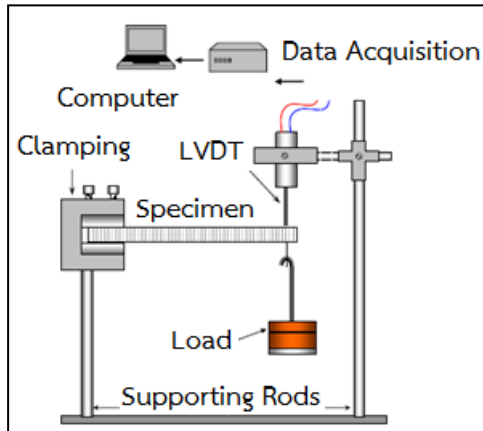
2.2 การทดสอบพฤติกรรมคืบ

นำชิ้นทดสอบที่เหลือมาทำการทดสอบหาพฤติกรรม
คืบด้วยวิธีการคานปลายยื่น โดยแบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น
3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้น แต่ละกลุ่มทำการทดสอบโดยใช้
ภาระที่มีขนาดเป็น 20% 30% และ 40% ของภาระ
สูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้ ตามลำดับ การทดสอบ
ถูกทำในห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ชุดอุปกรณ์ที่
ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย แท่นจับยึดชิ้นทดสอบ
อุปกรณ์เก็บข้อมูลยี่ห้อ HBM MGCplus ทรานสดิวเซอร์
LVDT ยี่ห้อ HBM-WA 200 และตุ้มภาระ ดังรูปที่ 4 และ
รูปที่ 5 กำหนดให้ระยะห่างระหว่างจุดยึดถึงปลายอิสระ
ของชิ้นทดสอบมีความยาว 100 mm ตำแหน่งที่ใช้ในการ
แขวนตุ้มภาระและตำแหน่งติดตั้ง LVDT อยู่ห่างจากจุด
ยึด 90 mm เริ่มต้นด้วยการให้ภาระกระทำกับชิ้นทดสอบ
4 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำภาระออกเพื่อหาค่าการคงอยู่
หลังจากการโก่งที่ปลายชิ้นทดสอบอีก 4 ชั่วโมง ข้อมูล
การโก่งที่ปลายของชิ้นทดสอบถูกวัดด้วย LVDT และถูก
บันทึกไว้ด้วยอุปกรณ์เก็บข้อมูลทุกๆ 2 วินาที

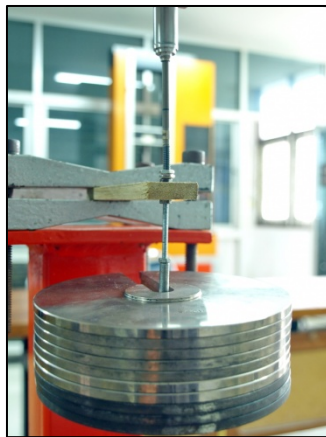
หาค่ามอดูลัสยืดหยุ่นซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา
(Transient Elasticity Modulus) จากข้อมูลการโก่งของ
คานปลายยื่นเมื่อมีภาระกระทำกับชิ้นทดสอบที่ได้จาก
การทดสอบ จากสมการที่ (3)

$$E(t) = \frac{Pl^3}{3\delta(t)l} \quad (3)$$

โดยที่ $E(t)$ คือ โมดูลัสยืดหยุ่นที่เป็นฟังก์ชันของเวลา / คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดคาน และ $\delta(t)$ คือ การโก่งของคานปลายยื่นที่เป็นฟังก์ชันของเวลา



รูปที่ 4 แผนภาพการติดตั้งชุดทดสอบ



รูปที่ 5 ตำแหน่งของตุ้มภาระและ LVDT

เมื่อได้ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่เป็นฟังก์ชันของเวลาแล้ว นำไปหาค่าความเครียดคืบ (Creep Strain) และความหยุ่นคืบ (Creep Compliance) [6] จากสมการที่ (4) และสมการที่ (5) เพื่อหาพฤติกรรมคืบของไม้ไผ่หูกเมื่อได้รับภาระที่แตกต่างกัน

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E(t)} \quad (4)$$

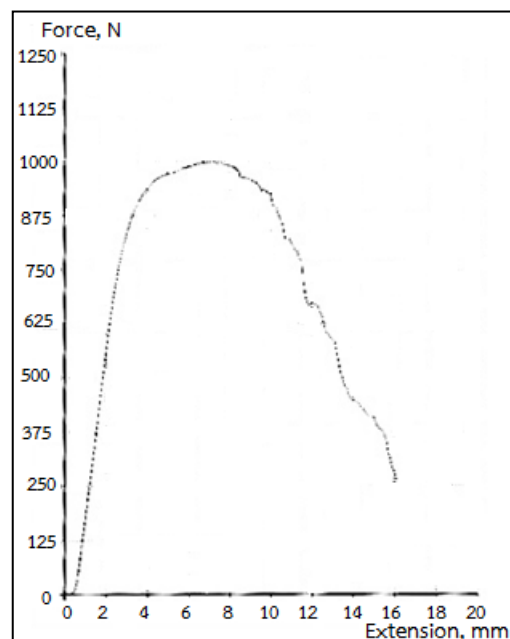
$$J(t) = \frac{\varepsilon(t)}{\sigma_0} \quad (5)$$

โดยที่ $\varepsilon(t)$ คือ ความเครียดคืบ σ_0 คือ ความเค้นดัดคงที่ ที่เกิดขึ้นในเมื่อมีการกระทำกับชิ้นทดสอบ และ $J(t)$ คือ ความหยุ่นคืบ

3. ผลการทดสอบและวิจารณ์

3.1 การทดสอบการดัด

ความสัมพันธ์ระหว่างภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบกับระยะการแอ่นของชิ้นทดสอบแสดงให้เห็นเพียงจุดสูงสุดของภาระที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้ แต่ไม่แสดงจุดครากให้เห็น และเนื่องจากชิ้นทดสอบไม้ไผ่มีส่วนประกอบของเส้นใยธรรมชาติ ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นทดสอบไม้ไผ่หูกเมื่อถูกภาระกระทำจะไม่แตกหักในทันทีแต่จะเกิดขึ้นอย่างล่าช้า เป็นผลทำให้ระยะการแอ่นของชิ้นทดสอบมีค่ามาก ดังแสดงในรูปที่ 6 ค่าภาระเฉลี่ยสูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถรับได้มีค่าเท่ากับ 889.750 N ที่ระยะการแอ่นเฉลี่ย 5.72 mm ดังนั้นจากสมการที่ (1) และสมการที่ (2) จะได้ค่ามอดูลัสการแตกร้าวเฉลี่ยและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยของชิ้นทดสอบเท่ากับ 108.918 MPa และ 10.464 GPa ตามลำดับ



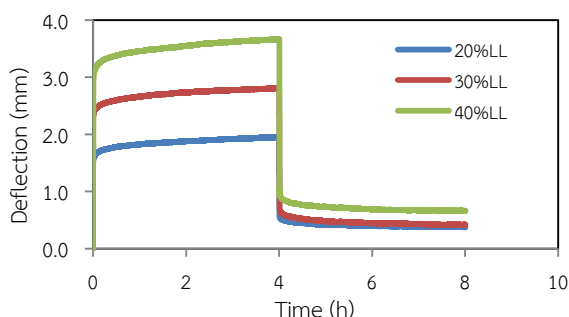
รูปที่ 6 แผนภาพความสัมพันธ์ของภาระและการแอ่นของชิ้นทดสอบ

เมื่อคำนวณหาภาระกระทำในการทดสอบการดัดจะได้ภาระสูงสุดที่คำนวณได้มีค่าประมาณ 200 N ซึ่งในการทดสอบหาพฤติกรรมคืบจะใช้ภาระเพียง 20% 30% และ 40% ของภาระสูงสุด เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ชิ้น

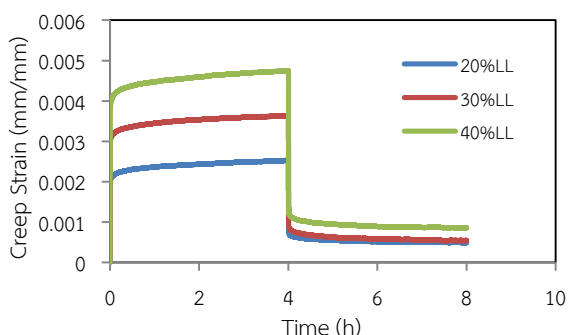
ทดสอบเกิดการแตกร้าวในขณะที่มีภาระกระทำ ดังนั้นจึงใช้น้ำหนักเท่ากับ 40 N 60 N และ 80 N ตามลำดับ

3.2 การทดสอบพฤติกรรมคืบ

เมื่อเริ่มให้ภาระแก่ชิ้นทดสอบ ชิ้นทดสอบจะเกิดการโก่งตัวอย่างฉับพลัน จากนั้นจะเกิดการโก่งเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนมีค่าสูงสุดเมื่อถึงเวลาครบ 4 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อนำภาระที่กระทำออกจากชิ้นทดสอบ การโก่งจะลดลงทันที และเมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลาอีก 4 ชั่วโมง การโก่งของชิ้นทดสอบจะยังคงอยู่และไม่สามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้ ดังแสดงในรูปที่ 7 นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของภาระที่ให้แก่ชิ้นทดสอบมีอิทธิพลต่อการโก่งของชิ้นทดสอบ นั่นคือถ้าภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบมากขึ้นจะทำให้ชิ้นทดสอบเกิดการโก่งมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งค่าการโก่งของชิ้นทดสอบที่ภาระขนาด 20% 30% และ 40% ของภาระสูงสุด มีค่าเท่ากับ 1.95 mm 2.81 mm และ 3.66 mm ตามลำดับ ส่วนการคงอยู่ของการโก่งหลังจากที่ไม่มีการกระทำ (4-8 ชั่วโมง) พบว่าถ้าภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบมากขึ้นจะทำให้ชิ้นทดสอบมีการคงอยู่ของการโก่งมากขึ้นตามไปด้วยเช่นเดียวกัน



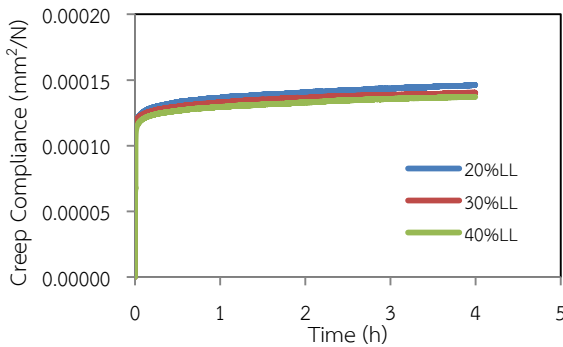
รูปที่ 7 แผนภาพความสัมพันธ์ของการโก่งและเวลาของชิ้นทดสอบ



รูปที่ 8 แผนภาพความสัมพันธ์ของความเครียดคืบและเวลาของชิ้นทดสอบ

ลักษณะของความเครียดคืบที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามขนาดของการโก่งและเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของภาระที่กระทำซึ่งแสดงให้เห็นในช่วงเวลาที่ 0 ชั่วโมง ถึง 4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 8 โดยความเครียดคืบจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันเมื่อเริ่มให้ภาระแก่ชิ้นทดสอบและจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเมื่อเอาภาระออกความเครียดคืบจะลดลงอย่างฉับพลันและไม่สามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้ เมื่อพิจารณาการโก่งและความเครียดคืบในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ในช่วงที่มีภาระกระทำกับชิ้นทดสอบ (0-4 ชั่วโมง) ความแตกต่างของการโก่งและความเครียดคืบที่ระดับภาระ 20% กับ 30% และ 30% กับ 40% ของภาระสูงสุด มีค่าใกล้เคียงกัน แต่หลังจากที่นำภาระออกจากชิ้นทดสอบ (4-8 ชั่วโมง) ความแตกต่างของการโก่งและความเครียดคืบที่ภาระขนาด 20% กับ 30% และ 30% กับ 40% ของภาระสูงสุด มีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือการโก่งและความเครียดคืบที่ระดับภาระ 20% กับ 30% ของภาระสูงสุด จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนที่ระดับภาระ 30% กับ 40% ของภาระสูงสุด ค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับภาระเพิ่มขึ้น การโก่งและความเครียดคืบของชิ้นทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นเป็นเชิงเส้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดภาระ และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นเป็นเชิงเส้นหลังจากนำภาระออกจากชิ้นทดสอบ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับพฤติกรรมคืบของเนื้อไม้สนขาวที่อยู่ในสภาวะอบแห้งในงานวิจัยของ Moutee และคณะ [7] พบว่าการเกิดความเครียดคืบของไม้ไผ่ในงานวิจัยนี้มีลักษณะคล้ายกับที่เกิดขึ้นในไม้สนขาว แต่ความเครียดคืบของไม้ไผ่มีความชันน้อยกว่าเนื้อไม้สนขาวในสภาวะอบแห้ง แสดงให้เห็นว่าลักษณะเส้นใยของไม้ไผ่สามารถทนแรงดัดได้ดีกว่าเนื้อไม้สนขาว

เมื่อชิ้นทดสอบมีภาระกระทำเป็นเวลานานจะมีผลต่อค่าความหยุ่นคืบของชิ้นทดสอบดังรูปที่ 9 เมื่อชิ้นทดสอบได้รับภาระค่าความหยุ่นคืบของชิ้นทดสอบจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อปล่อยให้ชิ้นทดสอบมีภาระกระทำคล้ายกับพฤติกรรมคืบของไม้สนญี่ปุ่น ในงานวิจัยของ Zhou และคณะ [8] นอกจากนี้ขนาดของภาระที่กระทำยังมีผลต่อค่าความหยุ่นคืบนั่นคือเมื่อขนาดของภาระที่กระทำเพิ่มมากขึ้น ค่าความหยุ่นคืบของชิ้นทดสอบจะมีค่าลดลง ทำให้ความต้านทานต่อการเสียรูปของชิ้นทดสอบมีค่าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 9 แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความหย่นคืบและเวลาของชิ้นทดสอบ

4. สรุปผลการวิจัย

ชิ้นทดสอบไม้ไผ่หกลายใต้การทดสอบแบบคานปลายยื่นจะเกิดการเสียรูปอย่างฉับพลันเมื่อมีภาระมากระทำและจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั่งมีค่าสูงสุดเมื่อหยุดการให้ภาระ เมื่อนำภาระที่กระทำออกจากชิ้นทดสอบ การเสียรูปของชิ้นทดสอบจะลดลงทันที และเมื่อไม่มีภาระกระทำต่อไปการเสียรูปที่เกิดขึ้นยังคงอยู่ ภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบมีขนาดเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้การเสียรูปและการคงอยู่ของการเสียรูปมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้เมื่อภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหย่นคืบของชิ้นทดสอบมีค่าลดลงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง มีค่าอยู่ในช่วง $11 \times 10^{-5} \text{ mm/N}^2$ ถึง $15 \times 10^{-5} \text{ mm/N}^2$ ดังนั้นถ้าให้ภาระที่กระทำกับชิ้นทดสอบมีขนาดมากขึ้นเท่าใดจะส่งผลทำให้ชิ้นทดสอบมีความแข็งแรงลดลงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน

ผลของงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายการเสียหายของไม้ไผ่เมื่อได้รับภาระเป็นเวลานานและใช้เป็นพื้นฐานในงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ไผ่ต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการโครงการศูนย์ที่ปรึกษาเพื่อการออกแบบพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยกลศาสตร์วัสดุและการออกแบบวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่สำหรับงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Janssen, J.J.A. (1981). *Bamboo in Building Structures*. Thesis to Obtain the Degree of Doctor of Technical Sciences at the Eindhoven Techn. Univ., Eindhoven, Netherlands.
- [2] สมชัย เบญจย (2551). รายงานการวิจัยเรื่องการปลูกไม้ใช้สอย, โครงการสร้างเครือข่ายการถ่ายทอดความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน, สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) เพื่อผลิตสื่อสำหรับครูอาสาสมัครเดินสอน ศศช.
- [3] นิรันดร์ มาแทน (2002). *ไม้: นวัตกรรมเอกของธรรมชาติ*, WOODSPHERE J, Walailak University, vol. 1(3), Dec. 2002-Feb. 2003.
- [4] Yamashita, O., Yokochi, Imanishi, H., and Kanayama, K. (2007). *Transfer Molding of Bamboo*. Journal of Materials Processing Technology 192–193, pp. 259–264.
- [5] Bodig, J. and Jayne, B.A. (1993). *Mechanics of Wood and Wood Composites*, Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.
- [6] Lakes, R.S. (1999). *Viscoelastic Solids*, CRC Press, Florida.
- [7] Moutee, M. (2006). *Modélisation du Comportement Mécanique du Bois au Cours du Séchage*. Thèse présentée à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de doctorat en sciences du bois pour l'obtention du grade de Philosophiae Doctor, Québec, Canada.
- [8] Zhou, Y., Fushitani, M., Sato, K., and Ozawa, M. (2000). *Bending Creep Behavior of Hot-Pressed Wood Under Cyclic Moisture Change Conditions*, J. Wood Sci., 46, pp. 423–430.
- [9] Janssen, J.J.A., *Designing and Building with Bamboo*, International Network for Bamboo and Rattan (2000), *Technical Report*, no. 20.
- [10] นิคม แหลมสัก และ อัจฉริยะ โชติพันธ์ (2553). สมบัติของลำไม้บางชนิดซึ่งปลูกที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง, *วารสารวนศาสตร์*, 26 (ฉบับพิเศษ), หน้า 68–74.