รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง

A Study of Eucalyptus Properties planned in the East of Thailand for Constructions

ผศ. ดร. อานนท์ วงษ์แก้ว

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 256109A1080015

สัญญาเลขที่ ๑๖๐/๒๕๖๑

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง

A Study of Eucalyptus Properties planned in the East of Thailand for Constructions

ผศ. ดร. อานนท์ วงษ์แก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

มกราคม ๒๕๖๒

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.อานนท์ วงษ์แก้ว ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัย จากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา
โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง
A Study of Eucalyptus Properties planned in the East of Thailand for Constructionsรหัสโครงการ 256109A1080015 สัญญาเลขที่ ๑๖๐/๒๕๖๑ ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น ๒๐๘,๑๐๐ บาท
ระยะเวลาการดำเนินงาน ๑ ปี (ตค.๒๕๖๐-กย.๒๕๖๑)

ABSTRACT

Eucalyptus, an evergreen tall tree native to Australian and Tasmania, has been famously utilized in many industries in Thailand. This is because of their plasticity and their capacity of rapid growth. This study involved the study of physical and mechanical properties of Eucalyptus wood for its use in construction. The test specimens were taken from Eucalyptus wood of age 3 and 5 years planned in the eastern provinces of Thailand, Chonburi, Rayong, Chachoengsao, Chantaburi, Trat. Three basic properties tests of specific gravity, moisture content, absorption, were carried on according to ASTM D2395-02. In addition, five mechanical properties of Eucalyptus wood named as compression parallel to grain, compression perpendicular to grain, shear parallel to grain, tension, and cleavage, were tested according to ASTM D143-94. Decreasing the moisture content, the study presented an increase in all five mechanical properties. Oppositely, all five mechanical properties increased with the wood of advanced years. Moreover, the location of sample woods from the wood log yielded in significant discrepancy of mechanical properties and failures.

Keywords: Eucalyptus, ASTM D2395-02, ASTM D143-94, Mechanical Properties

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561 จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ. ที่นี้

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	21
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	81
เอกสารอ้างอิง	82

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ไม้เป็นผลิตผลหลักที่ได้มาจากป่าไม้ อันเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญยิ่งในชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ชาติ และได้มีบทบาทสัมพันธ์กับชีวิตมนุษย์มาทุกยุคทุกสมัย โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศกสิกรรมแล้วนับว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการดำรงชีวิตอย่างยิ่ง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันโลกได้เจริญก้าวหน้าไปมากสามารถผลิตวัตถุอย่างอื่นขึ้นมาใช้แทนไม้ได้ดี แต่เมื่อคิดถึงความสะดวกในการใช้ทำประโยชน์และค่าใช้จ่ายแล้ว ทั่วโลกก็ยังคงยอมรับว่าไม้เป็นวัตถุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเหมาะสมยิ่งสำหรับการก่อสร้างเกือบทุกชนิด ยากที่จะหาวัตถุอื่นมาแข่งขันได้ ถึงอย่างไรก็ตามไม้ก็มีข้อเสียอยู่บ้างโดยที่ไม้มีความทนทานตามธรรมชาติน้อยกว่าวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น

ความทนทานของไม้ที่นำเอามาใช้ทำประโยชน์ต่างๆ นั้นแตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ ลักษณะของการใช้ไม้ สภาพท้องที่และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในประเทศไทยมีพรรณไม้ชั้นรวมอยู่จำนวนมากมายหลายร้อยชนิด แต่ไม้ที่มีความทนทานตามสภาพธรรมชาติได้ดีจริงๆ มีเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น ส่วนไม้ที่มีความทนทานน้อยอีกมากที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากนัก ความต้องการใช้ไม้จึงมีมากสำหรับไม้ที่ทนทานต่อสภาพธรรมชาติได้ดีเท่านั้น ทำให้ไม้เหล่านี้มีราคาสูงมากและไม่เพียงพอกับความต้องการของท้องตลาด ดังนั้นมนุษย์จึงได้คิดค้นวิธีการทำให้ไม้ที่มีความทนทานน้อยและมีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การใช้ทำประโยชน์ต่างๆ ให้มีความทนทานมากขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นทั้งในปัจจุบันและอนาคต เพราะเราสามารถหาซื้อไม้ราคาถูกมาใช้ทำประโยชน์ได้ง่าย และใช้ได้ทนทานหลายปีเช่นเดียวกับไม้ที่มีราคาแพงอื่น ๆ โดยเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านความทนทานของไม้อีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ไม้ที่ใช้ในงานก่อสร้างนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท และหลากหลายชนิด ซึ่งได้จัดแบ่งประเภทของไม้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื้ออ่อนซึ่งไม้ในแต่ละประเภทสามารถนำไปใช้งานก่อสร้างต่างๆ กันออกไป ไม้ในแต่ละประเภท แต่ละชนิดการนำไปใช้ในงานก่อสร้างนั้นใช้ไม่เหมือนกัน

หลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้ ไม้ทางการค้าแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน (Softwoods) และไม้เนื้อแข็ง (Hardwoods) โดยอาศัยวิชาการทางพฤกษศาสตร์เป็นรากฐานในการแบ่งออกเป็นสองชนิดดังกล่าวคือไม้เนื้ออ่อน เป็นไม้ที่ได้จากต้นไม้พวกสน Coniferae ที่มีลักษณะใบเรียวเล็ก (Needle leaves) ผลมีรูปลักษณะเป็นรูปทรงกรวย (Cone) ต้นไม้พวกนี้ส่วนมากขึ้นอยู่ในที่สูงมีอากาศเย็นในประเทศที่มีอากาศหนาว (Temperate regions) ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้ออ่อนเป็นแบบธรรมดาซึ่งแตกต่างจากไม้เนื้อแข็งอย่างชัดเจน และมีความเหมาะสมในการใช้งานก่อสร้างได้ แม้ว่าเนื้อไม้ของไม้สนหลายชนิดค่อนข้างอ่อนแต่ก็ง่ายต่อการไสตบแต่ง มีน้ำหนักเบาและแข็งพอที่จะใช้สำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไปได้เช่นกัน ไม้เนื้อแข็งเป็นไม้ที่ได้มาจากต้นไม้ที่มีใบกว้าง (Broad leaved trees) ซึ่งเป็นไม้

จำนวนมากที่มีอยู่ในป่าไม้ของประเทศไทย ไม้ที่เป็นของไทยส่วนมากหรือทั้งหมดที่เป็นการค้าเป็นไม้เนื้อแข็งมีจำนวนหลายสิบชนิด ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้อแข็งมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่าไม้เนื้ออ่อน และมีลักษณะแตกต่างระหว่างไม้เนื้อแข็งด้วยกันเอง คุณสมบัติของไม้เนื้อแข็งมีความแตกต่างระหว่างจึงพวกไม้เนื้อแข็งด้วยกันทั้งในด้านความแข็งแรงของการรับน้ำและความแข็งของเนื้อไม้

ไม้เนื้ออ่อน (Softwood) ตามหลักวิชาการทางลักษณะโครงสร้างไม้ คือไม้ที่เนื้อไม้ไม่มีรู (Non-porous wood) ถ้าเอามีดคมๆ เฉือนที่หน้าตัดไม้ให้เรียบ แล้วใช้แว่นขยาย (Hand lens) ส่องดู จะเห็นว่าไม่มีรู ไม้ที่เป็นไม้เนื้ออ่อนตามหลักวิชาการดังกล่าว ได้แก่ พวกไม้สน (Conifers) ส่วนไม้เนื้อแข็งเป็นไม้ที่มีลักษณะโครงสร้างที่มีรู (Porous wood) ถ้าใช้แว่นขยายส่องดูเนื้อไม้ตามกรรมวิธีที่ว่า จะพบว่าในเนื้อไม้มีรูพรุนโดยทั่วไป ปัญหาไม้เนื้ออ่อน เนื้อแข็งตามความหมายที่ใช้โดยทั่วๆ ไปเกี่ยวกับไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นหมายถึงไม้ที่สามารถรับแรงหรือรับน้ำหนักโดยไม่แตกหักเสียหาย ซึ่งหากจะพูดในอีกแง่หนึ่งคือใช้ความแข็งแรงของไม้เพื่อแบ่งระหว่างไม้เนื้ออ่อนและเนื้อแข็งนั้นเอง ดังนั้นไม้เนื้ออ่อนหรือเนื้อแข็งที่จะกล่าวต่อไปก็หมายความตามที่ว่ากันโดยทั่วไป คือความแข็งแรงของไม้ในการรับน้ำหนักในการใช้งานที่ประกอบเป็นสิ่งปลูกสร้าง ไม้เนื้อแข็งตามาตรฐานของกรมป่าไม้ การกำหนดว่าไม้ชนิดหนึ่งชนิดใดเป็นไม้เนื้อแข็งนั้น มิได้คำนึงถึงเฉพาะในความแข็งแรงในการรับน้ำหนักอย่างเดียว หากได้พิจารณาตามความเป็นจริงและความนิยมยอมรับโดยทั่วๆ ไปว่า นอกจากความแข็งแรงแล้ว ต้องมีความทนทานอีกด้วย เช่นไม้เต็ง รัง ประดู่ แดง มะค่าโมง ตะเคียนทอง เคี่ยม หลุมพอ บุนนาค และกรันเกรา เป็นต้น ถือว่าเป็นไม้เนื้อแข็ง

ชนิดไม้ที่กล่าวเมื่อนำมาทดลองตามหลักวิชาการ เพื่อหาค่าความแข็งแรงก็ปรากฏว่า เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงสูงกว่า 1,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ขึ้นไปทั้งสิ้น และเมื่อพิจารณาด้านความทนทานตามธรรมชาติจากการทดลองนำส่วนที่เป็นแก่นของไม้ชนิดดังกล่าวไปทดลองปักดิน ปรากฏว่ามีความทนทานตามธรรมชาติโดยเฉลี่ยสูงกว่า 10 ปี ยกเว้นไม้ตะเคียนทองที่มีค่าความทนทานตามธรรมชาติโดยเฉลี่ย 7.7 ปี จะเห็นว่าความยอมรับของคนสมัยก่อนที่ว่าเป็นไม้เนื้อแข็งนั้น มีข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนข้อเท็จจริงนี้ คนในสมัยก่อนได้ความรู้จากประสบการณ์ที่นำไม้ไปใช้จนยอมรับกันว่าเป็นไม้ดี ในปัจจุบันไม้ที่ยอมรับและนิยมนำไปใช้กันว่าเป็นไม้เนื้อแข็งที่ดีหาได้ค่อนข้างยาก ส่วนมากจะพบแต่ไม้ชนิดใหม่ๆที่ยังไม่รู้จักมาก่อน จึงยังไม่ทราบว่าเป็นไม้เนื้อแข็งหรือไม่ บางคนที่คาดคะเนเอาว่าเป็นไม้เนื้อแข็ง เพราะมีน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับไม้ที่นิยมใช้กันโดยเฉพาะไม้ตะเคียนทอง ซึ่งตามข้อมูลทางวิชาการแล้วไม่เป็นจริงเสมอไป บางคนก็นำข้อสงสัยนี้มาปรึกษาหารือกับกองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ซึ่งเป็นหน่วยงานราชการแห่งเดียวในประเทศไทยที่มีงานในหน้าที่เกี่ยวข้องกันการนำไม้ไปใช้ประโยชน์ แต่ในอดีตกองวิจัยผลิตผลป่าไม้เองก็มิได้กำหนดกฎเกณฑ์เอาไว้เป็นบรรทัดฐานว่า ไม้ชนิดใดจัดเป็นไม้เนื้อแข็ง ดังนั้นเพื่อเป็นการตัดปัญหาความยุ่งยากต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นต่อไป และเพื่อให้มีหลักเกณฑ์และมาตรฐานที่แน่ชัดเป็นอย่างเดียวกันในการกำหนดชนิดไม้ว่าเป็นไม้เนื้อแข็งหรือไม้เนื้ออ่อน

หลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้พิจารณาคุณสมบัติไม้ทางด้านกลสมบัติ (Mechanical properties) ที่เกี่ยวข้องกับความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นในไม้สัมพันธ์กับแรงมี 4 ลักษณะด้วยกัน คือ แรงอัด (Compression) เป็นแรงที่ทำให้ไม้มีขนาดเล็กกว่าเดิม แรงดึง (Tension) เป็นแรงที่ทำให้ไม้มีขนาดหรือปริมาตรใหญ่กว่าเดิม แรงเฉือน (Shear force) เป็นแรงที่ทำให้ไม้แยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรงดัด (Bending force) เป็นแรงที่ทำให้ไม้โค้งงอจนหัก เป็นแรงที่รวมเอาแรง 3 ชนิดแรกเข้าด้วยกัน ความสามารถที่ไม้จะต้านทานต่อแรงที่มากระทำ เรียกว่า ความแข็งแรง (Strength) ซึ่งจะมีความแข็งแรงเท่าใด ขึ้นอยู่กับชนิดแรงที่มากระทำดังกล่าวแล้ว แรงที่นับว่าสำคัญและพบว่าเกิดขึ้นเสมอในสิ่งก่อสร้าง คือแรงอัดขนานเสี้ยน และแรงดัด รองลงมาก็คือแรงเฉือน โดยเฉพาะแรงดัดซึ่งสามารถทำให้ไม้หักเสียรูปโดยสิ้นเชิงนั้นเป็นแรงที่มีปัจจัยต่างๆ ในสิ่งก่อสร้างมาเกี่ยวข้องอยู่เป็นอันมาก แรงดัดสูงสุดที่ทำให้ไม้หัก เรียกว่าแรงดัดประลัยหรือสัมประสิทธิ์ในการหัก (Modulus of rupture) ความต้านทานของไม้ต่อแรงดัดประลัยนี้ เรียกว่า ความแข็งแรงของไม้ในการดัดซึ่งยอมรับและใช้กันเป็นมาตรฐานของความแข็งแรงของไม้

การแบ่งไม้ออกเป็นประเภทไม้เนื้ออ่อนหรือไม้เนื้อแข็ง ถือเอาความแข็งแรงในการดัดเป็นเกณฑ์ โดยพิจารณาความทนทานตามธรรมชาติประกอบด้วย และเนื่องจากไม้ตะเคียนทองเป็นไม้ที่ได้รับความนิยมและยอมรับกันอย่างกว้างขวางมานานว่าเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีคุณภาพดีทั้งด้านความแข็งแรงและความทนทาน จึงได้เปรียบเทียบคุณภาพของไม้ที่ยังไม่รู้จักกับไม้ตะเคียนทองเสมอ ดังนั้นการแบ่งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งของกรมป่าไม้ จึงนำเอาความแข็งแรงในการดัดของไม้ตะเคียนทองที่แห้งเป็นค่ามาตรฐานในการแบ่งช่วงความแข็งแรงในการดัดของไม้ชนิดต่างๆ ว่าเป็นไม้เนื้อแข็ง หรือไม้เนื้ออ่อน ปรากฏตามรายละเอียดในหนังสือกรมป่าไม้ที่ กส 0702/6679 ลงวันที่ 3 พฤษภาคม 2517มีสาระสำคัญพอสรุปได้ดังนี้ ไม้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยถือเอาค่าความแข็งแรงในการดัดของไม้แห้ง (ความชื้นประมาณ 12 %) และความทนทานตามธรรมชาติของไม้นั้น เป็นเกณฑ์

-ไม้เนื้อแข็งมีค่าความเค้นดัดของไม้สูงกว่า 1,000 (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) อายุไม้มากกว่า 6 (ปี)

-ไม้เนื้อแข็งปานกลางมีค่าความเค้นดัดของไม้ระหว่าง 600 - 1,000 (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) อายุไม้ระหว่าง 2 ถึง 6 (ปี)

-ไม้เนื้ออ่อนมีค่าความเค้นดัดของไม้น้อยกว่า 600 (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) อายุไม้น้อยกว่า 2 (ปี)

การประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมของไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้สำหรับการก่อสร้างของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [4] ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะระหว่างไม้เล็ก 5 นิ้ว กับไม้ใหญ่ 8 นิ้วจะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก โดยส่วนใหญ่ไม้ขนาดใหญ่จะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าไม้เล็ก แต่เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยแล้วจะได้ค่าพอๆกัน เนื่องจากไม้เล็กมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าจึงทำให้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง 0.55–0.85

ผลการศึกษาการรับแรงอัดขนานเสี้ยน: ค่าหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนที่ได้มีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้กระบากและไม้ยาง ค่าหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้ใหญ่สูงกว่าไม้เล็ก ส่วนตำแหน่งที่ปลายและโคนต้นจะได้ค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากแก่นไม้ของไม้ยูคาลิปตัส เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสนบางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น จึงทำให้สามารถรับกำลังอัดได้พอสมควร ส่วนโมดูลัสของการยืดหยุ่นในแนวขนานเสี้ยนของไม้ยูคาลิปตัส ใช้ชิ้นทดสอบมาตรฐาน 2 เซนติเมตรได้วัดการหดตัวตลอดความยาวของชิ้นไม้ทดสอบ ซึ่งมีผลเนื่องจากการยุบตัวที่ปลายทั้งสองของชิ้นไม้ทดสอบด้วย ดังนั้นค่าการหดตัวที่วัดได้โดยวิธีนี้มีค่ามากกว่าการวัดที่ระยะพิกัด ซึ่งเป็นการหดตัวจริงๆ และส่งผลให้ค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่าการทดสอบโดยใช้ชิ้นทดสอบมาตรฐาน 2 นิ้ว เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่าค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นที่ได้จากการอัดขนานเสี้ยนควรจะสูงกว่าค่าที่ได้จากการดัดและการอัดตั้งฉากเสี้ยน ทั้งนี้เนื่องจากในแนวขนานเสี้ยนมีเส้นใยไม้ที่แข็ง จึงทำให้การยุบตัวในแนวนี้น้อยกว่าในแนวตั้งฉาก

ผลการศึกษาการรับแรงตั้งฉากเสี้ยน: การทดสอบหาเฉพาะค่าหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนและหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนที่การยุบตัว 0.1 นิ้ว ส่วนแรงอัดประลัยไม่สามารถคำนวณหาค่าได้ ทั้งนี้เนื่องจากไม่อาจนำเอาค่าหน่วยแรงอัดประลัยมาใช้เพราะการหดตัวมีค่าสูงเกินไป จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนมีค่าประมาณ 1 ใน 3 ของหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน และหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนของไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับไม้กระบากและไม้ยาง

ผลการศึกษาการรับแรงเฉือนขนานเสี้ยน: ไม้ยูคาลิปตัสสามารถรับแรงเฉือนได้พอสมควร คือ มีค่าเฉลี่ยพอๆกับไม้ยาง และส่วนไม้แก่นจะให้ค่าแรงเฉือนสูงกว่าไม้กระพี้ เนื่องจากไม้กระพี้ของไม้ยูคาลิปตัสนั้นมีลักษณะการยึดจับกันค่อนข้างหลวมเมื่อเปรียบเทียบกับแก่นไม้

ผลการศึกษาการรับแรงฉีก: ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่สามารถรับแรงฉีกต่อหน่วยความยาวได้สูงมาก ค่าที่ได้อาจให้ค่าไม่แม่นยำสามารถรับได้สูงสุดถึง 91 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร ต่ำสุด 26 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร เนื่องจากการบิดเป็นเกลียวของเนื้อไม้ และการยึดจับกันระหว่างเส้นใยดี ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ยูคาลิปตัสทนทานต่อการแตกของเนื้อไม้เมื่อตอกตะปู

ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ทำรั้ว ทำคอกปศุสัตว์ ใช้ในการก่อสร้าง ทำเสา ทำค้ำยัน ทำเสาเข็ม ทำตุ๊กตา ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารบ้านเรือนได้ แต่ควรผ่านการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้ไว้ก่อนจึงจะยืดอายุการใช้งานได้นาน นักวิชาการได้ให้ความเห็นว่ายูคาลิปตัสชนิดโตช้าเนื้อแข็งบางชนิดเท่านั้นที่ปลวกไม่กินอย่างเช่น ไม้ยูคาลิปตัส Tallow Wood ซึ่งใช้ในการก่อสร้างอย่างกว้างขวางในประเทศออสเตรเลีย แต่ไม่นิยมนำมาปลูกในประเทศไทย เนื่องจากสภาพอากาศไม่อำนวย ส่วน ยูคาลิปตัสที่ปลูกในบ้านยังไม่สามารถยืนยันได้ว่ามีความทนทานมากน้อยแค่ไหน เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้เนื้ออ่อน โตเร็ว (วงปีห่าง) ส่วนใหญ่เรานำมาทำเยื่อกระดาษ ชิปไม้ ไม้แผ่น หรือเฟอร์นิเจอร์ การนำไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ จึงยังเป็นคำถามด้านความแข็งแรง คงทน และถาวรของการใช้งานไม้ชนิดนี้ทดแทนไม้เนื้อแข็งชนิดอื่นๆ เช่น ไม้สัก เต็ง รัง

และไม้แดง เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีราคาแพงขึ้นและหายากมากขึ้น ทำให้ทำเกิดงานวิจัยเรื่องการศึกษาคุณสมบัติด้านกลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส เพื่อให้การนำไม้ยูคาลิปตัสไปใช้ในงานก่อสร้างเพื่อให้เกิดประโยชน์ประหยัดและเหมาะสมสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) ของไม้ยูคาลิปตัส
2) เพื่อศึกษาหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของไม้ยูคาลิปตัส
3) เพื่อศึกษาค่าแรงอัด (Compression) ของไม้ยูคาลิปตัส
4) เพื่อศึกษาค่าแรงดึง (Tension) ของไม้ยูคาลิปตัส
5) เพื่อศึกษาหาค่าแรงเฉือน (Shear) ของไม้ยูคาลิปตัส
6) เพื่อศึกษาการฉีกแตก (Cleavage) ของไม้ยูคาลิปตัส

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) หาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้น และการดูดซึมของไม้
2) หาค่าแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (Compression perpendicular to Grain)
3) หาค่าแรงอัดขนานเสี้ยน (Compression Parallel to Grain)
4) หาค่าแรงดึงในแนวตั้งฉากเสี้ยน (Tensile strength of wood perpendicular to the grain)
5) หาค่าแรงฉีกแตกของไม้ (Cleavage ability of wood)
6) หาค่าแรงเฉือนขนานเสี้ยนไม้ (Shear Parallel to Grain)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นการใช้ประโยชน์จากไม้ยูคาลิปตัสให้เกิดประโยชน์ทางงานก่อสร้างมากที่สุด งานวิจัยนี้สนใจศึกษาด้านคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้ยูคาลิปตัส (Mechanical properties) กลสมบัติที่ศึกษามี การรับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน (Compression parallel to grain) การรับแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยน (Compression perpendicular to grain) การรับแรงเฉือนในแนวขนานเสี้ยน (Shear parallel to grain) การรับแรงดึงและการฉีกแตกของไม้ (Tension and cleavage test of wood) การหาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำของไม้ (Specific Gravity, Moisture Content and Absorption Test of Wood) ซึ่งจากงานวิจัยนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1) นำมาทดแทนไม้ที่หายากเพราะไม้ชนิดนี้มีราคาถูกเมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่น

2) ทราบค่ากำลังรับแรงของยูคาลิปตัสว่ามีความคงทนแค่ไหนเพื่อนำมาใช้ในงานก่อสร้าง
3) เพื่อทราบคุณสมบัติในการนำไม้ยูคาลิปตัสไปใช้ในงานก่อสร้างเพื่อให้เกิดประโยชน์ ตามความเหมาะสม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) ยูคาลิปตัส (Eucalyptus)

ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้เนื้ออ่อนปลูกมากทั่วไปในภาคตะวันออก และทนต่อทุกสภาพอากาศทนกับทุกสภาพดินไม่ว่าจะดินทราย ดินเหนียว ดินลูกรัง จึงนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย ไม้ยูคาลิปตัสเป็นพรรณไม้มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae ในถิ่นกำเนิดเดิมมีอยู่กว่า 700 ชนิด ดังนั้นการนำพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสมาปลูกในประเทศไทย จึงจำเป็นต้องพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ที่จะให้ผลผลิตดีที่สุดเป็นสำคัญ จากรายงานที่ผ่านมาพบว่ามีการนำพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสเข้ามาทดลองปลูกเป็นจำนวนมาก และจากการทดลองดังกล่าวพบว่าสายพันธุ์คามาลดูเลนซิส (Camaldulensis) เป็นเพียงชนิดเดียวที่สามารถปลูกขึ้นได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย โดยจะทนต่ออากาศร้อนจัดที่อุณหภูมิสูงสุด 45 องศาเซลเซียส และต่ำสุดที่ –5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทนต่อความแห้งแล้ง 6-8 เดือน และทนต่อน้ำท่วมขัง 2-3 เดือน ปรับตัวได้ดีในดินทุกประเภททั้งดินเหนียว ดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินลูกรัง ดินเค็ม ฯลฯ

ลักษณะทั่วไปของไม้ยูคาลิปตัส

ใบ เป็นชนิดใบเดี่ยว กล้าไม้และใบอ่อนออกเป็นคู่ตรงข้าม 3-4 คู่เรียบสลับกัน ใบสีเขียวอ่อนทั้งสองด้าน บางครั้งมีสีเทา เนื้อใบละเอียดเกลี้ยงค่อนข้างหนาเป็นแผ่น ท้องใบจะมองเห็นเป็นคราบสีขาวซึ่งเกิดจากสีของปากใบ ใบบางและห้อยลง เส้นใบมองเห็นได้ชัด

เปลือก เปลือกในมีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกพอแก่จะแตกล่อนออกเป็นแผ่นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร คล้ายเปลือกต้นฝรั่ง

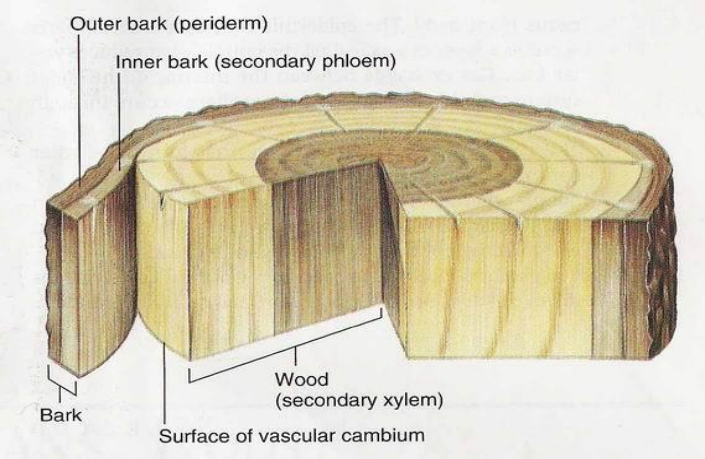
ดอก จะออกดอกรวมกันเป็นช่อกลมสีขาวหรือเหลืองอ่อน เกิดระหว่างกิ่งและใบ เกสรตัวผู้เป็นฝอยคล้ายดอกชมพู่ เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันโคนกลีบดอกหนา งองุ้มและแข็ง

ผล มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมหรือรูปถ้วย เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อผลเริ่มแก่ ผลที่กำลังแก่เต็มที่มีช่วงที่สั้นมากหลังจากนั้นผลจะแยกออกทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในร่วงหล่นออกมา

เมล็ด เมล็ดยูคาลิปตัสมีขนาดเล็กมาก เมล็ดจำนวน 1 กรัม มีประมาณ 700 เมล็ด

2) ลักษณะเนื้อไม้

เนื้อไม้แสดงดังรูปที่ 1.1 ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีรูปร่างยาว แคบ กลวง ทำหน้าที่เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำอนินทรีย์สารและวัตถุดิบซึ่งเป็นสารละลายรวมทั้งแร่ธาตุต่างๆ จากรากขึ้นไปสู่ส่วนบนของลำต้น เนื้อเยื่อลำเลียงนี้เรียกว่า ไซเลม (Xylem) โดยมักจะอยู่คู่กับโฟลเอม (Pholem) ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงอาหารเสมอ เรียกรวมกันว่าเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) ในทางสรีรวิทยาได้ใช้เนื้อเยื่อลำเลียงโดยเฉพาะอย่างยิ่งไซเลมในการจำแนกพืช เนื่องจากเนื้อเยื่อที่ลำเลียงน้ำมีความมั่นคง และทนทานเพราะเซลล์มีผนังหนาและแข็งทำให้จำแนกชนิดของพืชได้ จากการศึกษาผลกระทบของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบนดินพบว่าการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดสามารถแสดงออกมาในรูปของอัตราส่วนการคายน้ำ ซึ่งเป็นค่าของปริมาณน้ำที่พืชใช้ในการสร้างวัตถุแห้งหนักหนึ่งกรัม ประสิทธิภาพในการใช้น้ำของพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชพรรณ เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่นพบว่าไม้ยูคาลิปตัสมีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุด



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะองค์ประกอบของเนื้อไม้

ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้หลายอย่าง เช่น ใช้ทำเสาขนาดเล็ก เสารั้ว และซี่รั้ว ไม้ค้ำยันในเหมืองแร่ ไม้อัด ไม้ปาเก้ ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ และไม้แปรรูปเพื่อสร้างเครื่องเรือนต่างๆ เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็ว จึงมีความชื้นในเนื้อไม้สูงเมื่อนำไปใช้ประโยชน์โดยไม่มีการผึ่งหรืออบเสียก่อน จะทำให้การนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร ดังนั้นก่อนนำไม้ยูคาลิปตัสที่แปรรูปแล้ว ไปใช้ในงานต่างๆ ควรผ่านการทำให้แห้งเสียก่อน เพื่อเป็นการลดปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ช่วยลดการแตกร้าวและการยืดหดตัวของไม้ที่จะนำไปใช้ได้มาก

โดยทั่วไปโครงสร้างไม้เป็นที่นิยมเนื่องจากมีลักษณะสวยงาม มีสมบัติที่ดีทางด้านการรับแรงสั่นสะเทือน มีผิวเรียบมันและเป็นวัสดุที่สะดวกต่อการประกอบและรื้อถอน มักนำมาใช้สร้างอาคารต่างๆ เช่น บ้านพักอาศัย อาคารที่ทำการราชการ โรงเรียน ฯลฯ เป็นต้น อาจใช้ร่วมกับวัสดุก่อสร้างอย่างอื่น เช่น

คอนกรีตเสริมเหล็กสำหรับฐานราก การออกแบบโครงสร้างไม้จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของไม้ที่นำมาใช้งาน ซึ่งคุณสมบัติของไม้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลศาสตร์ สำหรับงานวิจัยนี้เน้นการศึกษาในเรื่องของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้ยูคาลิปตัส

ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยมากนิยมปลูกไม้ยูคาลิปตัสพันธุ์คามาลดูเลนซิสเนื่องจากเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพดิน โดยจังหวัดที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกได้แก่เขตจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดฉะเชิงเทรา ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพของดิน แทบทุกประเภท ตั้งแต่ในที่ริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วมบางระยะในรอบปี แม้แต่ดิน ที่เป็นทรายและมีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณ น้ำฝนน้อยกว่า 650 มม.ต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่จะไม่ทนทานต่อดินที่มีหินปูนสูง

ลำต้น เป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูง 24-26 เมตร และอาจ สูงถึง 50 เมตร ความโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 เมตร หรืออาจโต มากกว่านี้ รูปทรงสูง เปลาตรง มีกิ่งก้านน้อย

ใบ เป็นคู่ตรงข้ามเรียงสลับกัน ลักษณะใบเป็นรูปหอก มีขนาด 2.5-12x0.3- 0.8 นิ้ว ก้านใบยาว ใบสีเขียวอ่อนทั้งสองด้าน บางครั้งมีสีเทาใบบาง ห้อยลง เส้นใบ มองเห็นได้ชัด

เปลือก มีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับสีขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกร่อนเป็นแผ่นหลุดออกจากผิวของลำต้นเมื่อแห้งและลอกออกได้ง่ายในขณะสดหลังจากการตัดฟัน

ช่อดอก เกิดที่ข้อต่อระหว่างกิ่งกับใบ มีก้านดอกเรียวยาว และมีก้านย่อยแยกไปอีก ออกดอกเกือบตลอดปี ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นไม้ บางครั้งมีทั้ง ดอกตูม ดอกบาน ผลอ่อน และผลแก่ในกิ่งเดียวกัน ออกดอกปีละ 7-8 เดือน เหมาะกับการเลี้ยงผึ้ง

ลักษณะเนื้อไม้ มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อนกระพี้และแก่นสีแตกต่างเห็นได้ชัดแสดงดังรูปที่ 1.2 ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสที่มีอายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไม้อายุน้อย เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสน (Interlocked grain) บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้มีความ ถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.6-0.9 ในสภาพแห้งแล้งซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของไม้ เนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟันตามแนวยาวขนานลำต้น แต่ถ้าทำให้ถูกหลักวิธีก็สามารถนำมาเลื่อยทำเครื่องเรือนและก่อสร้างได้ การเตรียมพื้นที่ปลูกเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส การจะจัดเตรียมพื้นที่ปลูกอย่างไรขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ สภาพดินซึ่งจะต้อง พิจารณาในแต่ละพื้นที่ดังต่อไปนี้

การเจริญเติญโต การปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ถ้าหากได้มีการดำเนินการปลูกและบำรุงรักษาอย่างดีถูกต้อง ตามหลักวิชาการแล้ว ต้นยูคาลิปตัสที่ปลูกในสวนป่า จะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตอบแทนในระยะเวลา 5 ปี การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสในระยะ 5–7 ปีแรกไม่ต้องการเนื้อที่เท่าใดนัก เนื่องจากมีเรือนยอดแคบๆ แม้บางแห่งจะเห็นต้นไม้อยู่อย่างเบียดเสียดกันบ้าง แต่การเจริญเติบโตยังคงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นนักในการตัดสางขยายระยะ อย่างไรก็ตามสิ่งจำเป็นที่ต้องปฏิบัติในการดูแลต้นไม้ คือหากพบต้นไม้ใดที่ไม่แข็งแรง เช่น ต้นที่ถูกแมลง รบกวนหรือเป็นโรค ไม้ที่แคระแกร็นหรือหากถูกข่มจากต้นข้างเคียง

มาก ควรต้องตัดทิ้งออกไป สวนป่าที่ได้รับการดูแลเอาใจใส่เกี่ยวกับ การกำจัดวัชพืชและเชื้อเพลิงต่างๆ อย่างดี แล้วมักจะรอดพ้นอันตราย จากไฟป่าได้ หรือในกรณีที่ต้นไม้ยูคาลิปตัสไฟป่า ส่วนใหญ่ก็จะแตกตาออกมาอีกตามกิ่ง ลำต้น และตาเหล่านี้จะเจริญเติบโต เป็นหน่อใหม่หรือบางครั้งลำต้นเดิมจะเริ่มเจริญเติบโตต่อไปอีกอย่างปกติ

ประโยชน์ในการก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ทำรั้ว ทำคอกปศุสัตว์ ใช้ในการก่อสร้าง ทำเสา ทำค้ำยัน ทำเสาเข็ม ทำตุ๊กตา ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารบ้านเรือนได้ การนำไม้ยูคาลิปตัสมาใช้แต่ควรทำการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้ไว้ก่อนก็สามารถยืดอายุการใช้งานได้นานแสดงดังรูปที่ 1.3

รูปที่ 1.2 ไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุ 3 ปี

รูปที่ 1.3 ไม้ยูคาลิปตัสที่แปรรูปแล้ว

3) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้น และการดูดซึมของไม้

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ: ASTM Standard: D2395-02 Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials ขนาดตัวอย่างทดสอบ 2.5 x 2.5 x 2.5 ซม. สมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ

$$\text{ปริมาตรความชื้นของไม้} = \frac{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพธรรมชาติ - น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง}}{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง}} \times 100\ (\%)$$

$$\text{การดูดซึมน้ำของไม้} = \frac{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพเปียก - น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง}}{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง}} \times 100(\%)$$

$$\text{ปริมาตรของชิ้นงาน} = \text{กว้าง x ยาว x สูง} \quad (\text{ซม}^3)$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะสภาพธรรมชาติ} = \frac{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพธรรมชาติ (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของชิ้นงาน (ซม}^3) \times \gamma_w}$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะสภาพแห้ง} \quad \frac{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของชิ้นงาน (ซม}^3) \times \gamma_w}$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะสภาพเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพเปียก (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของชิ้นงาน (ซม}^3) \times \gamma_w}$$

$$\text{ค่าน้ำที่อยู่ในไม้} = \text{น้ำหนักของไม้ในสภาพธรรมชาติ – น้ำหนักของไม้ในสภาพเปียก (กรัม)}$$

$$\text{ปริมาณความชื้นของไม้ (\%)} = \frac{\text{ค่าน้ำที่อยู่ในตัวไม้}}{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง (กรัม)}} \times 100(\%)$$

การดูดซับน้ำ (กรัม) = น้ำหนักของไม้ในสภาพเปียก–น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง (กรัม)

$$\text{การดูดซึมน้ำของไม้ (\%)} = \frac{\text{การดูดซับน้ำ}}{\text{น้ำหนักของไม้ในสภาพแห้ง (กรัม)}} \times 100(\%)$$

4) การทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากและขนานเสี้ยน

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ: ASTM D143-94 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber ขนาดตัวอย่างทดสอบ 2x2x6 นิ้ว หรือ 50x50x150 มม. การอัดขนานฉากเสี้ยนใช้มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ: ASTM D143-94 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber ขนาดตัวอย่างทดสอบ 2x2x8 นิ้ว หรือ 50x50x200 มม. สมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ

ความเค้น (Stress)

$$\text{Stress, } \sigma = \frac{P}{A} = \frac{\text{แรงกระทำ}}{\text{พื้นที่หน้าตัด}} \quad \text{นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร}$$

เมื่อให้ σ = หน่วยแรง (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)

P = แรงกระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด (นิวตัน)

A = พื้นที่หน้าตัด ($มม^2$)

ความเครียด (Strain)

$$\text{Strain, } \varepsilon = \frac{\text{ระยะยุบตัวของไม้}}{\text{ความยาวของไม้ก่อนทดลอง}}$$

5) การทดสอบแรงดึงและการฉีกแตกของไม้

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ: ASTM D143-94 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber: สมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ

$$\text{กำลังดึงสูงสุดของไม้} = \frac{\text{แรงดึงสูงสุด}}{\text{พื้นที่รับแรงตั้งฉาก}} \quad \text{กก/ซม}^2$$

$$\text{กำลังฉีกแตกของไม้} = \frac{\text{แรงฉีกสูงสุด}}{\text{พื้นที่รับแรงตั้งฉาก}} \quad \text{กก/ซม}^2$$

6) การทดสอบการรับแรงเฉือนของไม้

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ: ASTM D143-94 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber: สมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ

$$\text{กำลังเฉือนสูงสุด} = \frac{\text{แรงกระทำสูงสุด}}{\text{พื้นที่รับแรงเฉือน}} \quad \text{กก/ซม}^2$$

6) ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ไม้ที่ใช้ในงานก่อสร้างนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท และหลากหลายชนิด ซึ่งได้จัดแบ่งประเภทของไม้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื้ออ่อนซึ่งไม้ในแต่ละประเภทสามารถนำไปใช้งานก่อสร้างต่างๆ กันออกไป ไม้ในแต่ละประเภท แต่ละชนิดการนำไปใช้ในงานก่อสร้างนั้นใช้ไม่เหมือนกัน

หลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้

ไม้ทางการค้าแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน (Softwoods) และไม้เนื้อแข็ง (Hardwoods) โดยอาศัยวิชาการทางพฤกษศาสตร์เป็นรากฐานในการแบ่งออกเป็นสองชนิดดังกล่าวคือไม้เนื้ออ่อน เป็นไม้ที่ได้จากต้นไม้พวกสน Coniferae ที่มีลักษณะใบเรียวเล็ก (Needle leaves) ผลมีรูปลักษณะเป็นรูปทรงกรวย

(Cone) ต้นไม้พวกนี้ส่วนมากขึ้นอยู่ในที่สูงมีอากาศเย็นในประเทศที่มีอากาศหนาว (Temperate regions) ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้ออ่อนเป็นแบบธรรมดาซึ่งแตกต่างจากไม้เนื้อแข็งอย่างชัดเจน และมีความเหมาะสมในการใช้งานก่อสร้างได้ แม้ว่าเนื้อไม้ของไม้สนหลายชนิดค่อนข้างอ่อนแต่ก็ง่ายต่อการไสตบแต่ง มีน้ำหนักเบาและแข็งพอที่จะใช้สำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไปได้เช่นกัน ไม้เนื้อแข็งเป็นไม้ที่ได้มาจากต้นไม้ที่มีใบกว้าง (Broad leaved trees) ซึ่งเป็นไม้จำนวนมากที่มีอยู่ในป่าไม้ของประเทศไทย ไม้ที่เป็นของไทยส่วนมากหรือทั้งหมดที่เป็นการค้าเป็นไม้เนื้อแข็งมีจำนวนหลายสิบชนิด ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้อแข็งมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่าไม้เนื้ออ่อน และมีลักษณะแตกต่างระหว่างไม้เนื้อแข็งด้วยกันเอง คุณสมบัติของไม้เนื้อแข็งมีความแตกต่างระหว่างจึงพวกไม้เนื้อแข็งด้วยกันทั้งในด้านความแข็งแรงของการรับน้ำและความแข็งของเนื้อไม้

ไม้เนื้ออ่อน (Softwood) ตามหลักวิชาการทางลักษณะโครงสร้างไม้ คือไม้ที่เนื้อไม้ไม่มีรู (Non-porous wood) ถ้าเอามีดคมๆ เฉือนที่หน้าตัดไม้ให้เรียบ แล้วใช้แว่นขยาย (Hand lens) ส่องดู จะเห็นว่าไม่มีรู ไม้ที่เป็นไม้เนื้ออ่อนตามหลักวิชาการดังกล่าว ได้แก่ พวกไม้สน (Conifers) ส่วนไม้เนื้อแข็งเป็นไม้ที่มีลักษณะโครงสร้างที่มีรู (Porous wood) ถ้าใช้แว่นขยายส่องดูเนื้อไม้ตามกรรมวิธีที่ว่า จะพบว่าในเนื้อไม้มีรูพรุนโดยทั่วไป ปัญหาไม้เนื้ออ่อน เนื้อแข็งตามความหมายที่ใช้โดยทั่วๆ ไปเกี่ยวกับไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นหมายถึงไม้ที่สามารถรับแรงหรือรับน้ำหนักโดยไม่แตกหักเสียหาย ซึ่งหากจะพูดในอีกแง่หนึ่งคือใช้ความแข็งแรงของไม้เพื่อแบ่งระหว่างไม้เนื้ออ่อนและเนื้อแข็งนั้นเอง ดังนั้นไม้เนื้ออ่อนหรือเนื้อแข็งที่จะกล่าวต่อไปก็หมายความตามที่ว่ากันโดยทั่วไป คือความแข็งแรงของไม้ในการรับน้ำหนักในการใช้งานที่ประกอบเป็นสิ่งปลูกสร้าง ไม้เนื้อแข็งตามาตรฐานของกรมป่าไม้ การกำหนดว่าไม้ชนิดหนึ่งชนิดใดเป็นไม้เนื้อแข็งนั้น มิได้คำนึงถึงเฉพาะในความแข็งแรงในการรับน้ำหนักอย่างเดียว หากได้พิจารณาตามความเป็นจริงและความนิยมยอมรับโดยทั่วๆ ไปว่า นอกจากความแข็งแรงแล้ว ต้องมีความทนทานอีกด้วย เช่นไม้เต็ง รัง ประดู่ แดง มะค่าโมง ตะเคียนทอง เคี่ยม หลุมพอ บุนนาค และกรันเกรา เป็นต้น ถือว่าเป็นไม้เนื้อแข็ง

ชนิดไม้ที่กล่าวเมื่อนำมาทดลองตามหลักวิชาการ เพื่อหาค่าความแข็งแรงก็ปรากฏว่า เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงสูงกว่า 1,000 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ขึ้นไปทั้งสิ้น และเมื่อพิจารณาด้านความทนทานตามธรรมชาติจากการทดลองนำส่วนที่เป็นแก่นของไม้ชนิดดังกล่าวไปทดลองปักดิน ปรากฏว่ามีความทนทานตามธรรมชาติโดยเฉลี่ยสูงกว่า 10 ปี ยกเว้นไม้ตะเคียนทองที่มีค่าความทนทานตามธรรมชาติโดยเฉลี่ย 7.7 ปี จะเห็นว่าความยอมรับของคนสมัยก่อนที่ว่าเป็นไม้เนื้อแข็งนั้น มีข้อมูลทางวิชาการที่สนับสนุนข้อเท็จจริงนี้ คนในสมัยก่อนได้ความรู้จากประสบการณ์ที่นำไม้ไปใช้จนยอมรับกันว่าเป็นไม้ดี ในปัจจุบันไม้ที่ยอมรับและนิยมนำไปใช้กันว่าเป็นไม้เนื้อแข็งที่ดีหาได้ค่อนข้างยาก ส่วนมากจะพบแต่ไม้ชนิดใหม่ๆที่ยังไม่รู้จักมาก่อน จึงยังไม่ทราบว่าเป็นไม้เนื้อแข็งหรือไม่ บางคนที่คาดคะเนเอาว่าเป็นไม้เนื้อแข็ง เพราะมีน้ำหนักมากเมื่อเทียบกับไม้ที่

นิยมใช้กันโดยเฉพาะไม้ตะเคียนทอง ซึ่งตามข้อมูลทางวิชาการแล้วไม่เป็นจริงเสมอไป บางคนก็นำข้อสงสัยนี้มาปรึกษาหารือกับกองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ซึ่งเป็นหน่วยงานราชการแห่งเดียวในประเทศไทยที่มีงานในหน้าที่เกี่ยวข้องกันการนำไม้ไปใช้ประโยชน์ แต่ในอดีตกองวิจัยผลิตผลป่าไม้เองก็มิได้กำหนดกฎเกณฑ์เอาไว้เป็นบรรทัดฐานว่า ไม้ชนิดใดจัดเป็นไม้เนื้อแข็ง ดังนั้นเพื่อเป็นการตัดปัญหาความยุ่งยากต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นต่อไป และเพื่อให้มีหลักเกณฑ์และมาตรฐานที่แน่ชัดเป็นอย่างเดียวกันในการกำหนดชนิดไม้ว่าเป็นไม้เนื้อแข็งหรือไม้เนื้ออ่อน

หลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้พิจารณาคุณสมบัติไม้ทางด้านกลสมบัติ (Mechanical properties) ที่เกี่ยวข้องกับความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นในไม้สัมพันธ์กับแรงมี 4 ลักษณะด้วยกัน คือ แรงอัด (Compression) เป็นแรงที่ทำให้ไม้มีขนาดเล็กกว่าเดิม แรงดึง (Tension) เป็นแรงที่ทำให้ไม้มีขนาดหรือปริมาตรใหญ่กว่าเดิม แรงเฉือน (Shear force) เป็นแรงที่ทำให้ไม้แยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรงดัด (Bending force) เป็นแรงที่ทำให้ไม้โค้งงอจนหัก เป็นแรงที่รวมเอาแรง 3 ชนิดแรกเข้าด้วยกัน ความสามารถที่ไม้จะต้านทานต่อแรงที่มากระทำ เรียกว่า ความแข็งแรง (Strength) ซึ่งจะมีความแข็งแรงเท่าใด ขึ้นอยู่กับชนิดแรงที่มากระทำดังกล่าวแล้ว แรงที่นับว่าสำคัญและพบว่าเกิดขึ้นเสมอในสิ่งก่อสร้าง คือแรงอัดขนานเสี้ยน และแรงดัด รองลงมาก็คือแรงเฉือน โดยเฉพาะแรงดัดซึ่งสามารถทำให้ไม้หักเสียรูปโดยสิ้นเชิงนั้นเป็นแรงที่มีปัจจัยต่างๆ ในสิ่งก่อสร้างมาเกี่ยวข้องอยู่เป็นอันมาก แรงดัดสูงสุดที่ทำให้ไม้หัก เรียกว่าแรงดัดประลัยหรือสัมประสิทธิ์ในการหัก (Modulus of rupture) ความต้านทานของไม้ต่อแรงดัดประลัยนี้ เรียกว่า ความแข็งแรงของไม้ในการดัดซึ่งยอมรับและใช้กันเป็นมาตรฐานของความแข็งแรงของไม้

การแบ่งไม้ออกเป็นประเภทไม้เนื้ออ่อนหรือไม้เนื้อแข็ง ถือเอาความแข็งแรงในการดัดเป็นเกณฑ์ โดยพิจารณาความทนทานตามธรรมชาติประกอบด้วย และเนื่องจากไม้ตะเคียนทองเป็นไม้ที่ได้รับความนิยมและยอมรับกันอย่างกว้างขวางมานานว่าเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีคุณภาพดีทั้งด้านความแข็งแรงและความทนทาน จึงได้เปรียบเทียบคุณภาพของไม้ที่ยังไม่รู้จักกับไม้ตะเคียนทองเสมอ ดังนั้นการแบ่งไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งของกรมป่าไม้ จึงนำเอาความแข็งแรงในการดัดของไม้ตะเคียนทองที่แห้งเป็นค่ามาตรฐานในการแบ่งช่วงความแข็งแรงในการดัดของไม้ชนิดต่างๆ ว่าเป็นไม้เนื้อแข็ง หรือไม้เนื้ออ่อน ปรากฏตามรายละเอียดในหนังสือกรมป่าไม้ที่ กส 0702/6679 ลงวันที่ 3 พฤษภาคม 2517มีสาระสำคัญพอสรุปได้ดังนี้ ไม้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยถือเอาค่าความแข็งแรงในการดัดของไม้แห้ง (ความชื้นประมาณ 12 %) และความทนทานตามธรรมชาติของไม้นั้น เป็นเกณฑ์

-ไม้เนื้อแข็งมีค่าความเค้นดัดของไม้สูงกว่า 1,000 (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) อายุไม้มากกว่า 6 (ปี)

-ไม้เนื้อแข็งปานกลางมีค่าความเค้นดัดของไม้ระหว่าง 600 - 1,000 (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) อายุไม้ ระหว่าง 2 ถึง 6 (ปี)

-ไม้เนื้ออ่อนมีค่าความเค้นดัดของไม้น้อยกว่า 600 (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) อายุไม้น้อยกว่า 2 (ปี)

การประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมของไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้สำหรับการก่อสร้างของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [4] ผลการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะระหว่างไม้เล็ก 5 นิ้ว กับไม้ใหญ่ 8 นิ้วจะมีค่าไม่แตกต่างกันมาก โดยส่วนใหญ่ไม้ขนาดใหญ่จะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าไม้เล็ก แต่เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยแล้วจะได้ค่าพอๆกัน เนื่องจากไม้เล็กมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าจึงทำให้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบอยู่ในช่วงระหว่าง 0.55–0.85

ผลการศึกษาการรับแรงอัดขนานเสี้ยน: ค่าหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนที่ได้มีค่าน้อยกว่าหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้กระบากและไม้ยาง ค่าหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้ใหญ่สูงกว่าไม้เล็ก ส่วนตำแหน่งที่ปลายและโคนต้นจะได้ค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากแก่นไม้ของไม้ยูคาลิปตัส เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียดเสี้ยนสนบางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น จึงทำให้สามารถรับกำลังอัดได้พอสมควร ส่วนโมดูลัสของการยืดหยุ่นในแนวขนานเสี้ยนของไม้ยูคาลิปตัส ใช้ชิ้นทดสอบมาตรฐาน 2 เซนติเมตรได้วัดการหดตัวตลอดความยาวของชิ้นไม้ทดสอบ ซึ่งมีผลเนื่องจากการยุบตัวที่ปลายทั้งสองของชิ้นไม้ทดสอบด้วย ดังนั้นค่าการหดตัวที่วัดได้โดยวิธีนี้มีค่ามากกว่าการวัดที่ระยะพิกัด ซึ่งเป็นการหดตัวจริงๆ และส่งผลให้ค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่าการทดสอบโดยใช้ชิ้นทดสอบมาตรฐาน 2 นิ้ว เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่าค่าโมดูลัสของการยืดหยุ่นที่ได้จากการอัดขนานเสี้ยนควรจะสูงกว่าค่าที่ได้จากการดัดและการอัดตั้งฉากเสี้ยน ทั้งนี้เนื่องจากในแนวขนานเสี้ยนมีเส้นใยไม้ที่แข็ง จึงทำให้การยุบตัวในแนวนี้น้อยกว่าในแนวตั้งฉาก

ผลการศึกษาการรับแรงตั้งฉากเสี้ยน: การทดสอบหาเฉพาะค่าหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนและหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนที่การยุบตัว 0.1 นิ้ว ส่วนแรงอัดประลัยไม่สามารถคำนวณหาค่าได้ ทั้งนี้เนื่องจากไม่อาจนำเอาค่าหน่วยแรงอัดประลัยมาใช้เพราะการหดตัวมีค่าสูงเกินไป จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนมีค่าประมาณ 1 ใน 3 ของหน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน และหน่วยแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนของไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับไม้กระบากและไม้ยาง

ผลการศึกษาการรับแรงเฉือนขนานเสี้ยน: ไม้ยูคาลิปตัสสามารถรับแรงเฉือนได้พอสมควร คือ มีค่าเฉลี่ยพอๆกับไม้ยาง และส่วนไม้แก่นจะให้ค่าแรงเฉือนสูงกว่าไม้กระพี้ เนื่องจากไม้กระพี้ของไม้ยูคาลิปตัสนั้นมีลักษณะการยึดจับกันค่อนข้างหลวมเมื่อเปรียบเทียบกับแก่นไม้

ผลการศึกษาการรับแรงฉีก: ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่สามารถรับแรงฉีกต่อหน่วยความยาวได้สูงมาก ค่าที่ได้อาจให้ค่าไม่แม่นยำสามารถรับได้สูงสุดถึง 91 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร ต่ำสุด 26 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร เนื่องจากการบิดเป็นเกลียวของเนื้อไม้ และการยึดจับกันระหว่างเส้นใยดี ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าไม้ยูคาลิปตัสทนทานต่อการแตกของเนื้อไม้เมื่อตอกตะปู

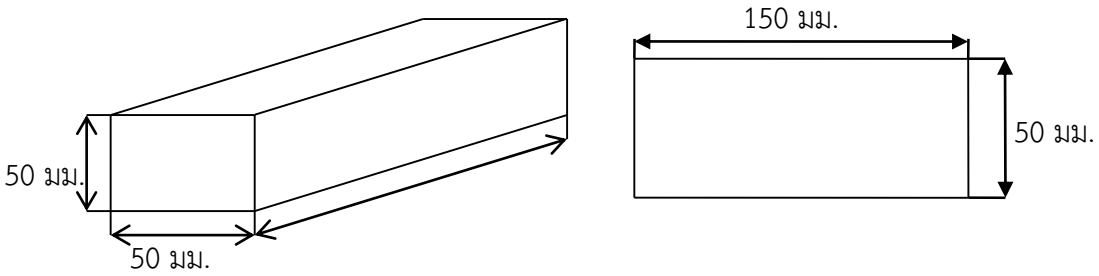
บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดสอบเป็นการทดสอบกายสมบัติและกลสมบัติต่างๆของไม้ยูคาลิปตัสอายุ 3 และ 5 ปี โดยไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบได้สุ่มตัวอย่างมาจากท้องตลาดที่มีขายอยู่ทั่วไปโดยตัวอย่างจากร้านค้าไม้ในจังหวัดชลบุรี การศึกษากลสมบัติของไม้ยูคาลิปตัส (Mechanical Properties) ใช้วิธีการทดสอบตัวอย่างไม้ตามมาตรฐาน ASTM D143-94 มีดังนี้

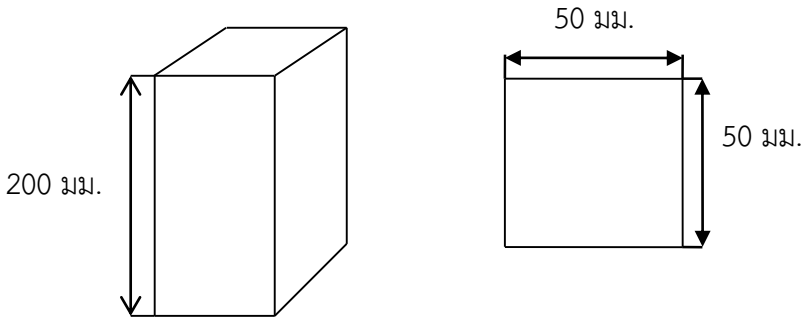
1) การหาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำของไม้ (Specific Gravity, Moisture Content and Absorption Test of Wood)
2) การรับแรงอัดในแนวขนานเสี้ยน (Compression Parallel to Grain)
3) การรับแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยน (Compression Perpendicular to Grain)
4) การรับแรงเฉือนในแนวขนานเสี้ยน (Shear Parallel to Grain)
5) การรับแรงดึงและการฉีกแตกของไม้ (Tension and Cleavage Test of Wood)

การเตรียมชิ้นทดสอบนำไม้ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างทำการแปรรูปให้มีขนาดตามมาตรฐาน ASTM.D143-94 ในไม้ต้นเดียวจะทำเป็นส่วนในการทดสอบหลายชิ้นแสดงดังรูปที่ 3.1-3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหากลสมบัติต่างๆของไม้ยูคาลิปตัส

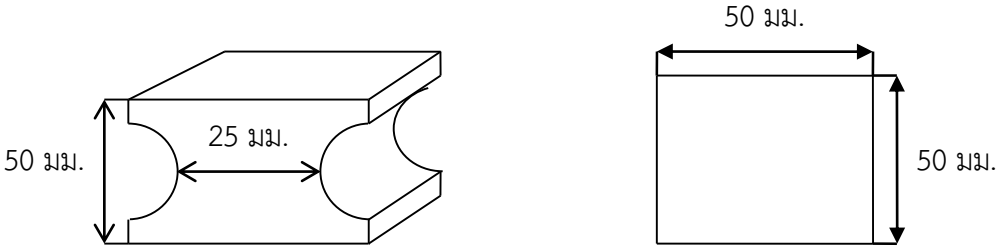
1) เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine) ขนาด 30 ตัน
2) Load Cell 50 ตัน
3) เครื่องวัดการเสียรูป (Dial gauge)
4) Electronic Strain Gauge
5) Data Logger
6) เวอร์เนียร์ (Venire)
7) เครื่องชั่ง
8) แผ่นเหล็กหนาขนาด 3 มม. ใช้ในการทดสอบแรงอัดในแนวตั้งฉาก
9) ชุดอุปกรณ์ทดสอบแรงดึงโดยตรง (Apparatus of direct tension test) รูปที่ 3.6
10) ชุดอุปกรณ์ประกอบทดสอบแรงเฉือนของไม้ รูปที่ 3.7
11) ชุดอุปกรณ์ทดสอบการฉีกแตกของไม้ รูปที่ 3.8
12) อุปกรณ์อื่นๆ



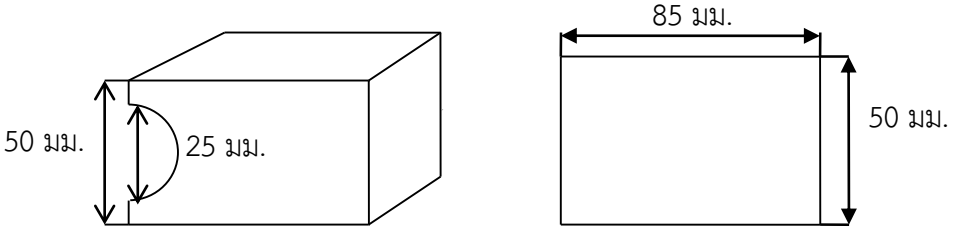
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างชิ้นไม้ทดสอบแรงอัดตั้งฉากกับเสี้ยน



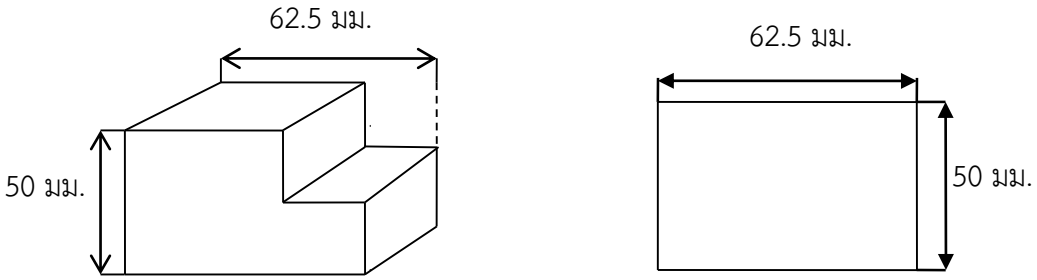
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างชิ้นไม้ทดสอบแรงอัดตั้งฉากกับเสี้ยน



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างไม้ทดสอบกำลังดึง



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างไม้ทดสอบการฉีกแตก



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างไม้ทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือน

รูปที่ 3.6 ชุดอุปกรณ์ทดสอบแรงดึงของไม้

รูปที่ 3.7 ชุดอุปกรณ์ทดสอบแรงเฉือนของไม้

รูปที่ 3.8 ชุดอุปกรณ์ทดสอบการฉีกแตกของไม้

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ดำเนินการทดสอบ

การทดสอบเป็นการทดสอบกายสมบัติ และกลสมบัติต่างๆ ของไม้ยูคาลิปตัสดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การทดสอบได้ทดสอบไม้ยูคาลิปตัสที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ความยาว 5 เมตร (ขนาดตามที่มีขายในท้องตลาด) อายุประมาณ 5 ปี โดยจะทดสอบชิ้นงานตัวอย่างละ 15-20 ชิ้นทดสอบ ได้ตัดไม้ขนาดต่างๆ ไว้ 200 ชิ้นงาน แต่ได้เลือกตัวอย่างไม้ที่ไม่มีตำหนิ จำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 75 ชิ้น ดังแสดงการทดสอบในตารางได้ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM พร้อมทั้งได้หาความสัมพันธ์ระหว่างกายสมบัติกับความถ่วงจำเพาะของไม้ยูคาลิปตัส และกลสมบัติความแข็งของไม้ยูคาลิปตัส ในขบวนการทดสอบต่างๆที่บอกไว้ข้างต้น

4.1.1 แหล่งไม้ที่นำมาทดสอบ

ไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบ ได้สุ่มตัวอย่างมาจากพื้นที่ที่ปลูกในภาคตะวันออกจากท้องตลาดที่มีขายอยู่ที่ร้านคอสะพาน ถนนอ่างศิลา จากการสอบถามผู้ขายทราบว่าไม้ที่ขายมาจากแหล่งปลูกที่จังหวัดฉะเชิงเฉรา ชลบุรี ระยอง จันทบุรี สระแก้ว และพื้นที่ภาคตะวันออก

4.1.2 การเก็บตัวอย่าง

เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่แน่นอน ซึ่งแตกต่างจากวัสดุก่อสร้างอื่นๆ เช่น เหล็กและคอนกรีต และไม่เพียงแต่แตกต่างกันไปแต่ละชนิดเท่านั้น ยังจะแตกต่างกันแม้แต่เป็นไม้ชนิดเดียวกันก็ตาม ดังนั้นการทำการทดสอบก็ต้องการความมั่นใจว่าได้ตัวอย่างที่สามารถครอบคลุมและเป็นตัวแทนของไม้ที่ต้องการจะทดสอบได้

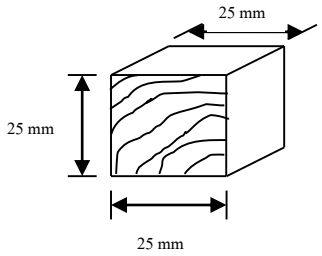
4.1.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำไม้ที่ได้เตรียมตัวอย่างมาทำการแปรรูปให้มีขนาดต่างๆตาม ASTM ที่กำหนด เนื่องจากไม้ที่นำมาทดสอบมีอายุ 5 ปี เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ความยาว 3 เมตร แล้วจึงนำมาไสให้เหลือขนาด 2 x 2 นิ้ว แล้วจึงนำมาเรื่อยออกเป็นชิ้นๆตามขนาดของชิ้นทดสอบต่างๆ

4.2 วิธีการทดสอบ

4.2.1 หาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้น และการดูดซึมของไม้

การทดสอบตัดชิ้นตัวอย่างไม้ที่ใช้ทดสอบด้วยเลื่อยประมาณ 25x25x25 มม. และพยายามให้แต่ละด้านได้ฉากกัน ตกแต่งผิวให้เรียบด้วยกระดาษทราย ทำเครื่องไม้แต่ละชิ้นไว้ ชั่งน้ำหนักแต่ละชิ้นตัวอย่างให้ละเอียดถึง 0.05 มม. นำชิ้นตัวอย่างทั้งหมดเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ $103 \pm 2^{\circ}$ C หลังจากครบ 24 ชม. นำออกจากเต่าอบแล้วชั่งน้ำหนัก นำชิ้นทดสอบทั้งหมดแช่ในน้ำ โดยชิ้นทดสอบต้องจมอยู่ในน้ำจริงๆ หลังจากแช่น้ำครบ 24 ชม. นำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ เช็ดผิวให้แห้งด้วยผ้า และชั่งน้ำหนัก



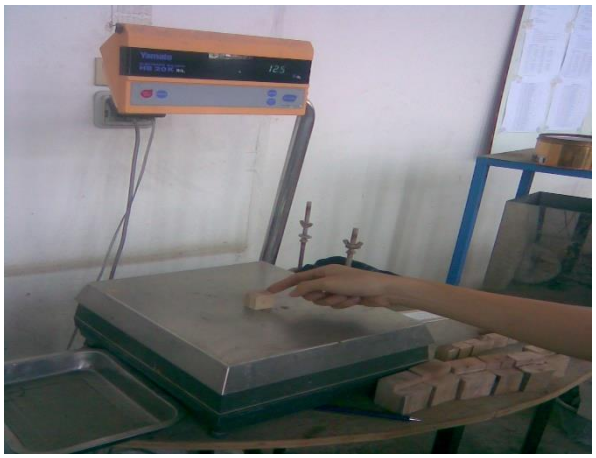
รูปที่ 4.1 ขนาดของไม้ในการทดสอบ

รูปที่ 4.2 ขนาดของไม้ในการทดสอบจริง

รูปที่ 4.3 ชุดเครื่องมือสำหรับทดสอบ

รูปที่ 4.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 4.5 เตาอบ



รูปที่ 4.6 การชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ

รูปที่ 4.7 การแช่น้ำของไม้ในการดูดซับน้ำ

ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้นและการดูดซับน้ำของไม้และทางสถิติของค่าการทดลอง

1.ความชื้นของไม้

จากผลการทดลองค่าเฉลี่ยของไม้ยูคาลิปตัสอยู่ที่ 21.55 เปอร์เซนต์ มีค่าความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอกันอยู่ระหว่าง 17.3-24.8 เปอร์เซนต์ ซึ่งไม้สามารถดูดและคายความชื้นได้ โดยจะเก็บรักษาความชื้นของไม้หลายรูปแบบ

2.ความถ่วงจำเพาะ

จากผลการทดลองค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะธรรมชาติอยู่ที่ 0.86 อยู่ระหว่าง 0.73-0.99 ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะแห้งอยู่ที่ 0.71 อยู่ระหว่าง 0.60-0.79 และค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะดูดซับน้ำอยู่ที่ 1.06 อยู่ระหว่าง 0.94-1.15 จากการทดลองปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อไม้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50.05 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นผลต่างจากสภาพไม้อบแห้งและไม้แช่น้ำจะอยู่ระหว่าง 30.7-64.3 เปอร์เซนต์

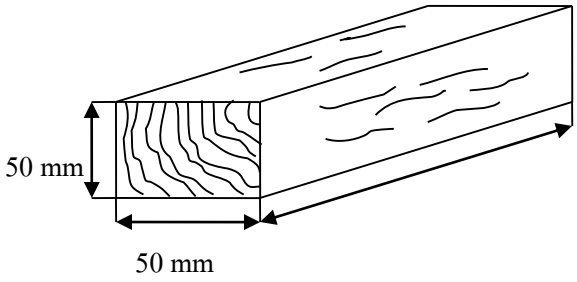
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าทางสถิติของค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้นและการดูดซับน้ำของไม้ ความถ่วงจำเพาะธรรมชาติสูงสุดเท่ากับ 0.99 น้อยที่สุด 0.75 และค่าเฉลี่ย 0.86 ความถ่วงจำเพาะแห้ง สูงสุดเท่ากับ 0.79 น้อยที่สุด 0.62 และค่าเฉลี่ย 0.71 ความถ่วงจำเพาะดูดซับน้ำมากที่สุด 1.17 น้อยที่สุด 0.94 และค่าเฉลี่ยที่ 1.06 ความชื้นมากที่สุด 24.8 น้อยที่สุด 17.3 และค่าเฉลี่ยที่ 21.5 การดูดซับน้ำมากที่สุด 7.2 น้อยที่สุด 3.8 และค่าเฉลี่ยที่ 5.5 เปอร์เซนต์การดูดซับน้ำมากที่สุด 64.3 น้อยที่สุด 30.7 และค่าเฉลี่ย 50.05

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้นและการดูดซับน้ำของไม้

ชิ้นที่.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ค่าเฉลี่ย
ความกว้าง (ซม.)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.50
ความยาว (ซม.)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.50
ความสูง (ซม.)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.50
ปริมาตร ($ซม^3$)	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63	15.63
น้ำหนักธรรมชาติ (กรัม)	15	13.8	12.9	14.4	15.4	15.1	13.8	13.2	12.1	11.4	12.8	11.7	13.47
น้ำหนักแห้ง (กรัม)	12.3	11.5	11	11.8	12.4	12.1	11.2	11.2	9.9	9.3	10.5	9.7	11.08
น้ำหนักดูดซับน้ำ (กรัม)	17.5	16.4	15.8	17.1	16.2	18.0	16.7	18.4	16.2	14.7	16.6	19.1	16.89
ความถ่วงจำเพาะธรรมชาติ	0.96	0.88	0.83	0.92	0.99	0.97	0.88	0.84	0.77	0.73	0.81	0.75	0.86
ความถ่วงจำเพาะแห้ง	0.79	0.74	0.7	0.76	0.79	0.77	0.72	0.72	0.63	0.6	0.67	0.62	0.71
ความถ่วงจำเพาะดูดซับน้ำ	1.12	1.04	1.01	1.09	1.04	1.15	1.06	1.17	1.03	0.94	1.06	0.96	1.06
ความชื้น (%)	22	20	17.3	22	24.2	24.8	23.2	17.9	22.2	22.6	21.9	20.6	21.55
การดูดซับน้ำ (กรัม)	5.2	4.9	4.8	5.3	3.8	5.9	5.5	7.2	6.3	5.3	6.1	5.4	5.48
การดูดซับน้ำ (%)	42.3	42.6	43.6	44.9	30.7	48.8	49.1	64.3	63.6	57	58.1	55.7	50.05

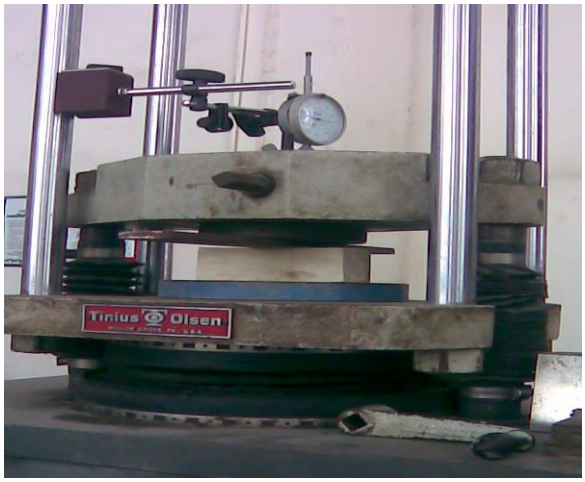
4.2.2 การทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (Compression Perpendicular to Grain Test)

วัดขนาดของไม้ละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตรวางไม้บนแผ่นฐานของเครื่องทดสอบแรงอัดแล้ววางแผ่นเหล็กที่มีความกว้าง 5 ซม. กดทาบบนไม้และปรับเครื่องทดสอบแรงอัดให้แตะบนแผ่นเหล็กพอดี พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องวัดการเสียรูป (Dial gauge 1 ช่องเท่ากับ 0.01 mm) เดินเครื่องให้หน้ากดของเครื่องมาสัมผัสกับผิวหน้าของไม้ แล้วปรับหน้าปัดของ Dial gauge ให้เข็มชี้ที่ศูนย์ ซึ่งให้เป็นค่าเริ่มต้น เพิ่มแรงอัดให้สม่ำเสมอในอัตราความเร็ว 0.3 มิลลิเมตร/นาที อ่านและบันทึกค่าการเสียรูปของไม้ทุกๆช่วง 100 - 200 กิโลกรัม จนกระทั่งอ่านค่าการเสียรูปไปได้ถึง 3 มิลลิเมตร นำเนื้อไม้ที่ทดสอบ นำไปชั่งและอบหาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้

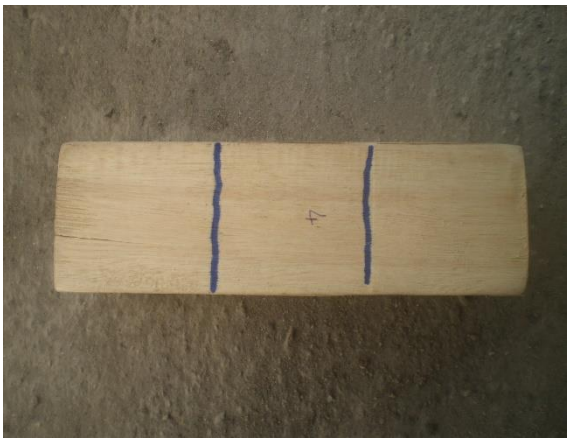


รูปที่ 4.8 ขนาดของไม้ในการทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน

รูปที่ 4.9 ขนาดของไม้ในการทดสอบจริง



รูปที่ 4.10 ทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน



รูปที่ 4.11 การเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน

รูปที่ 4.12 การเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน

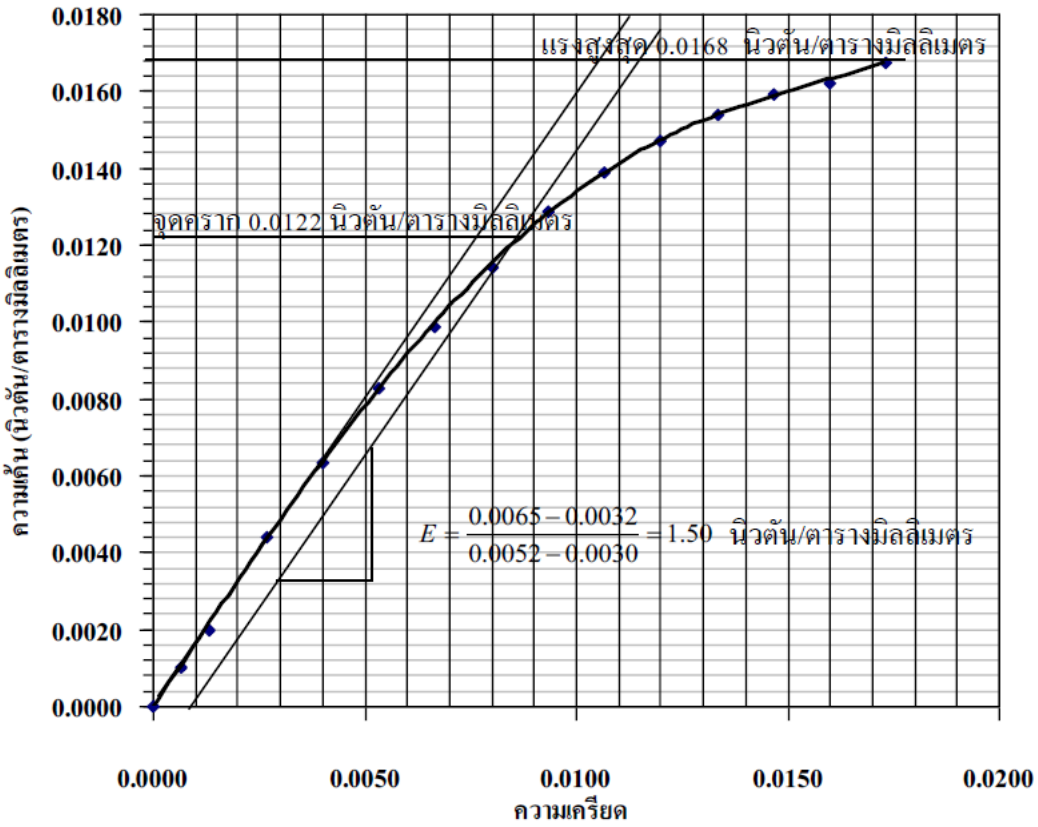
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยน

ตัวอย่างที่	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
ขนาดหน้าตัด (มม. x มม.)	50x49.5	50x50	50x49.5	50x50	50x50	50x49.5	50x50	50x50	50x50	50x49.5
น้ำหนักไม้ก่อนอบ (กรัม)	265.5	263.6	264.6	267.9	259.6	265.5	258.6	261.3	268.3	266.2
น้ำหนักไม้หลังอบ (กรัม)	251.3	249.3	253.2	250.9	245.7	246.5	246.6	248.5	249.6	250.4
กำลังที่จุดคราก (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	0.0122	0.0085	0.0108	0.0124	0.0092	0.0120	0.0124	0.0128	0.0124	0.0112
กำลังที่จุดประลัย (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	0.0168	0.0150	0.0185	0.0164	0.0144	0.0165	0.0165	0.0164	0.0164	0.0164
โมดูลัสการยืดหยุ่น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	1.50	1.60	3.167	1.37	1.17	1.68	1.63	1.58	1.67	1.74
ปริมาณความชื้นของไม้ (%)	5.65	5.74	4.50	6.78	5.66	4.91	5.96	6.04	7.49	6.31

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่1

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
2.5494	0.0010	10	0.1000	0.0006
4.9032	0.0020	20	0.2000	0.0013
11.0296	0.0044	40	0.4000	0.0027
15.9021	0.0064	60	0.6000	0.0040
20.7034	0.0083	80	0.8000	0.0053
24.6789	0.0099	100	1.0000	0.0067
28.5423	0.0114	120	1.2000	0.0080
32.1203	0.0128	140	1.4000	0.0093
34.6789	0.0139	160	1.6000	0.0107
36.8196	0.0147	180	1.8000	0.0120
38.4108	0.0154	200	2.0000	0.0133
39.7676	0.0159	220	2.2000	0.0147
40.5831	0.0162	240	2.4000	0.0160
41.8858	0.0168	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่1 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 41.89 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0168 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.50 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0122 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0168 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

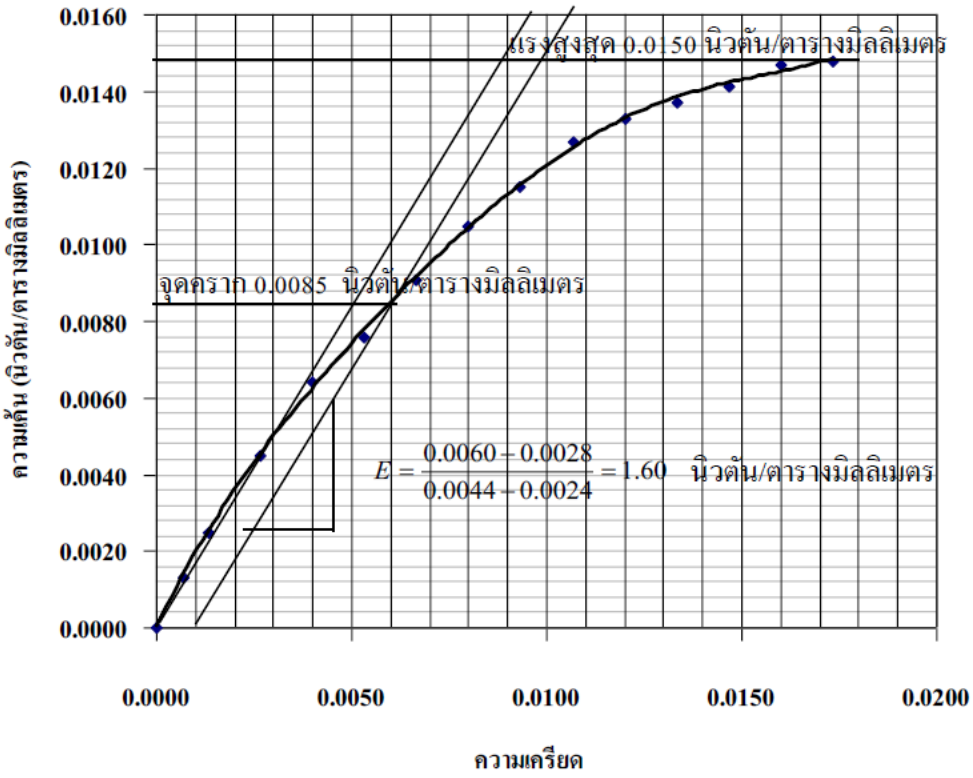


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่1

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่2

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
3.2721	0.0013	10	0.1000	0.0006
6.2416	0.0025	20	0.2000	0.0013
11.2467	0.0045	40	0.4000	0.0027
16.0377	0.0064	60	0.6000	0.0040
18.9847	0.0076	80	0.8000	0.0053
22.6850	0.0091	100	1.0000	0.0067
26.1947	0.0105	120	1.2000	0.0080
28.8135	0.0115	140	1.4000	0.0093
31.6565	0.0127	160	1.6000	0.0107
33.1804	0.0133	180	1.8000	0.0120
34.2161	0.0137	200	2.0000	0.0133
35.3710	0.0141	220	2.2000	0.0147
36.6850	0.0147	240	2.4000	0.0160
36.9704	0.0148	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่2 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 36.97 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0148 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.56 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0085 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0150 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

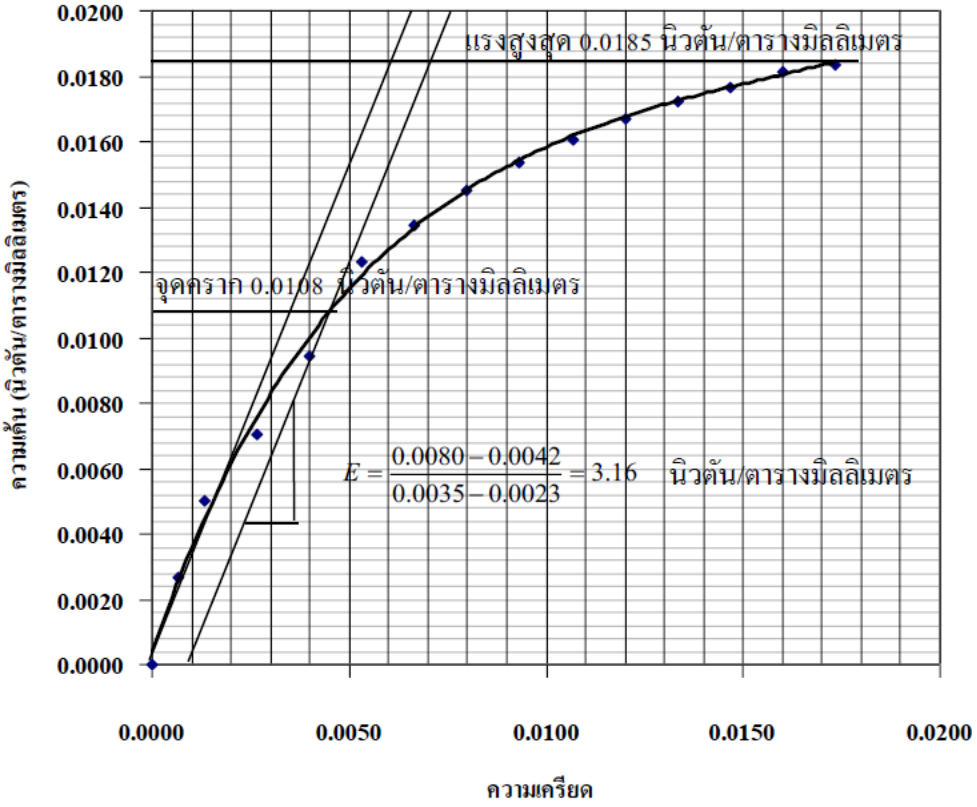


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่2

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่3

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
6.6656	0.0026	10	0.1000	0.0006
12.5892	0.0050	20	0.2000	0.0013
17.6024	0.0070	40	0.4000	0.0027
23.6606	0.0095	60	0.6000	0.0040
30.8002	0.0123	80	0.8000	0.0053
33.6514	0.0135	100	1.0000	0.0067
36.3109	0.0145	120	1.2000	0.0080
38.4424	0.0154	140	1.4000	0.0093
40.1131	0.0160	160	1.6000	0.0107
41.7441	0.0167	180	1.8000	0.0120
43.0275	0.0172	200	2.0000	0.0133
44.1590	0.0177	220	2.2000	0.0147
45.2701	0.0181	240	2.4000	0.0160
45.8930	0.0184	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่3 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 45.89 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0184 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 3.16 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0130 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0182 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

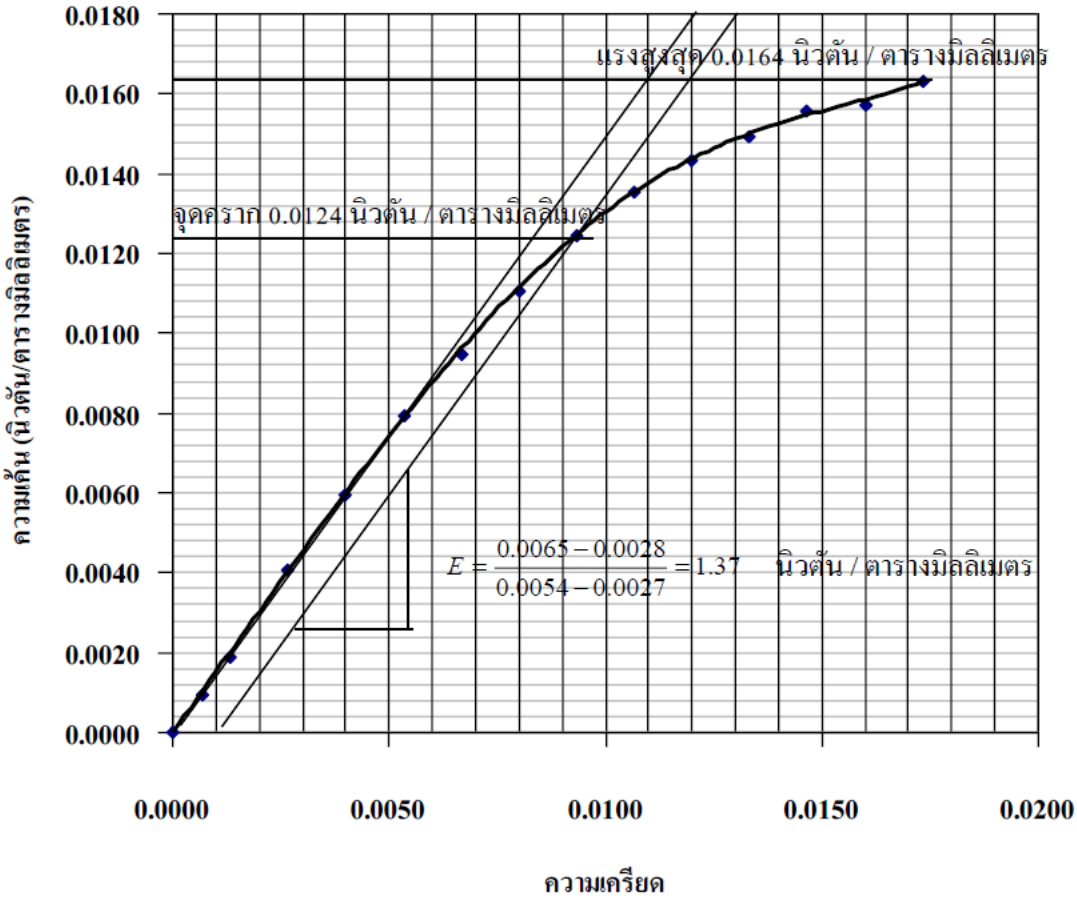


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่3

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่4

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
2.3598	0.0009	10	0.1000	0.0006
4.6544	0.0019	20	0.2000	0.0013
10.1590	0.0041	40	0.4000	0.0027
14.8624	0.0059	60	0.6000	0.0040
19.8430	0.0079	80	0.8000	0.0053
23.7166	0.0095	100	1.0000	0.0067
27.6279	0.0111	120	1.2000	0.0080
31.0897	0.0124	140	1.4000	0.0093
33.8981	0.0136	160	1.6000	0.0107
35.8818	0.0144	180	1.8000	0.0120
37.3201	0.0149	200	2.0000	0.0133
38.8940	0.0156	220	2.2000	0.0147
39.3129	0.0157	240	2.4000	0.0160
40.7870	0.0163	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่4 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 40.78 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0163 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.37 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0124 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0164 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

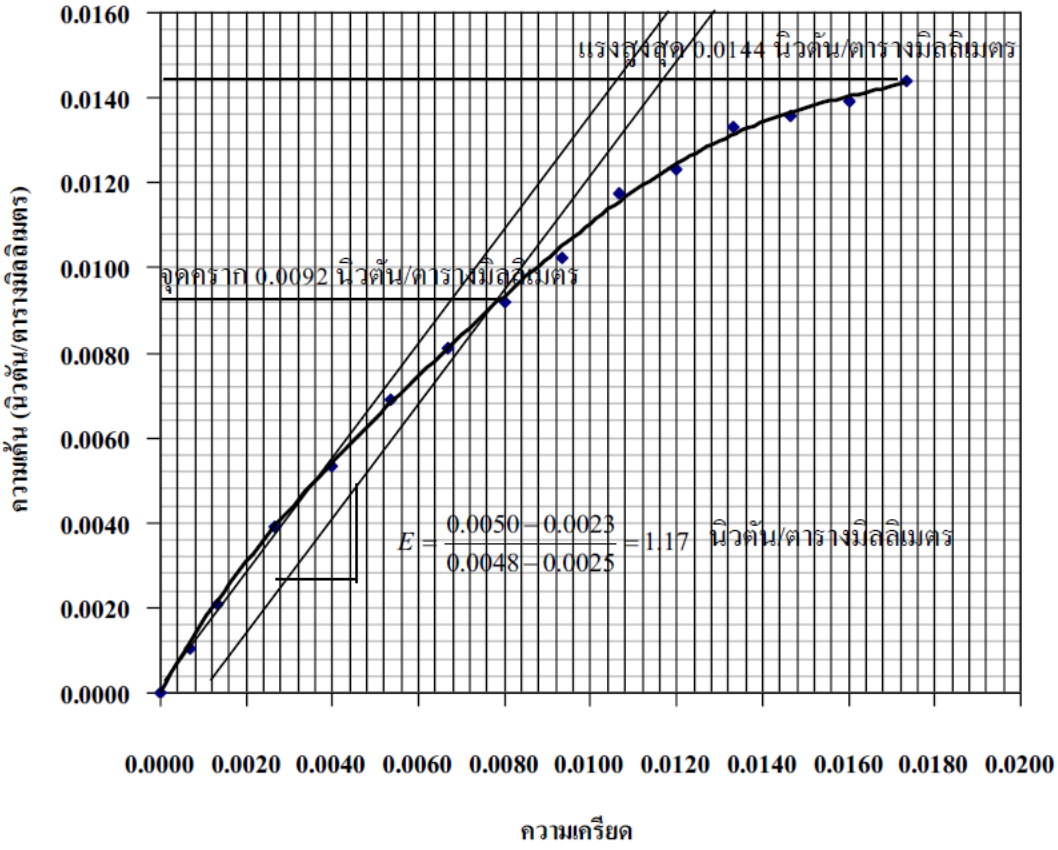


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่4

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่5

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน//ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
2.6106	0.0010	10	0.1000	0.0006
5.1947	0.0021	20	0.2000	0.0013
9.7452	0.0039	40	0.4000	0.0027
13.3201	0.0053	60	0.6000	0.0040
17.2813	0.0069	80	0.8000	0.0053
20.2487	0.0081	100	1.0000	0.0067
23.0031	0.0092	120	1.2000	0.0080
25.6340	0.0103	140	1.4000	0.0093
29.3965	0.0118	160	1.6000	0.0107
30.7380	0.0123	180	1.8000	0.0120
33.2793	0.0133	200	2.0000	0.0133
33.9134	0.0136	220	2.2000	0.0147
34.8135	0.0139	240	2.4000	0.0160
35.9490	0.0144	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่5 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 35.94 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0144 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.17 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0092 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0144 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

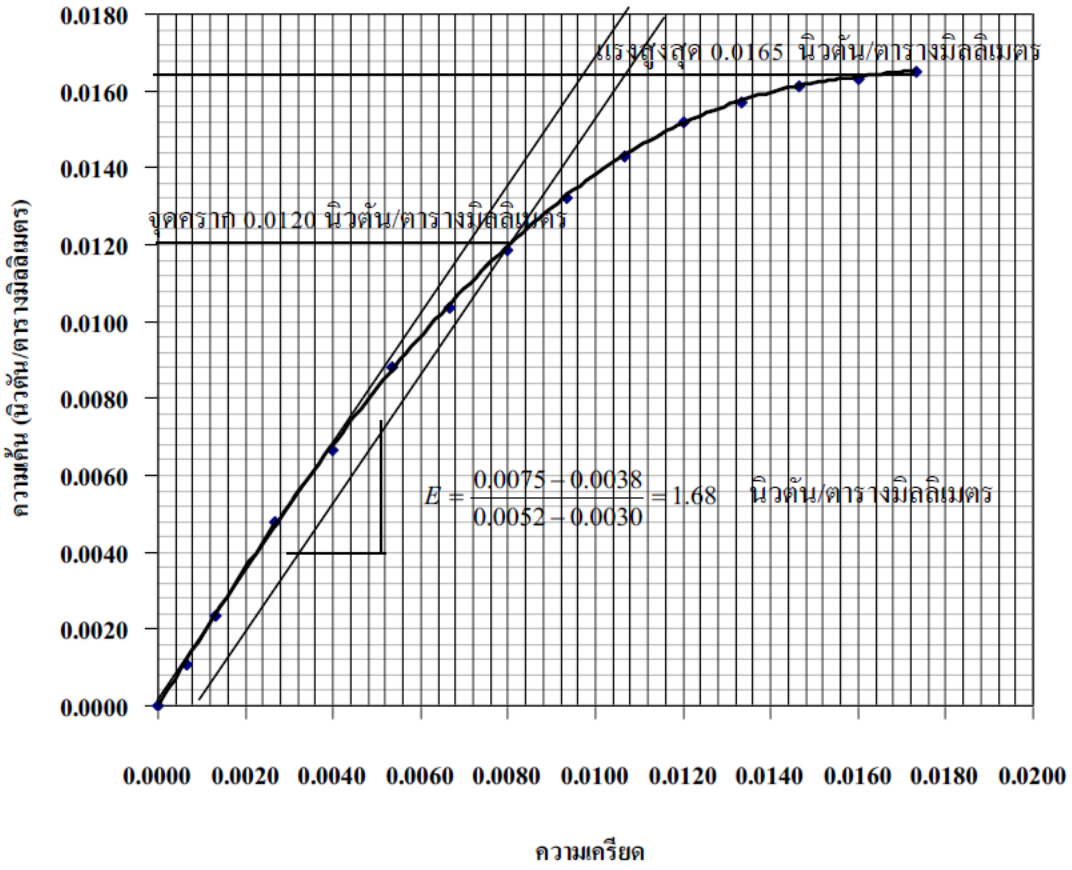


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่5

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่6

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
2.7043	0.0010	10	0.1000	0.0006
5.8206	0.0023	20	0.2000	0.0013
11.9215	0.0048	40	0.4000	0.0027
16.6758	0.0067	60	0.6000	0.0040
21.9837	0.0088	80	0.8000	0.0053
25.8563	0.0103	100	1.0000	0.0067
29.6840	0.0119	120	1.2000	0.0080
33.0948	0.0132	140	1.4000	0.0093
35.7798	0.0143	160	1.6000	0.0107
37.9878	0.0152	180	1.8000	0.0120
39.2273	0.0157	200	2.0000	0.0133
40.3323	0.0161	220	2.2000	0.0147
40.7971	0.0163	240	2.4000	0.0160
41.3058	0.0165	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่6 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 41.30 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0165 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.68 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0120 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0165 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

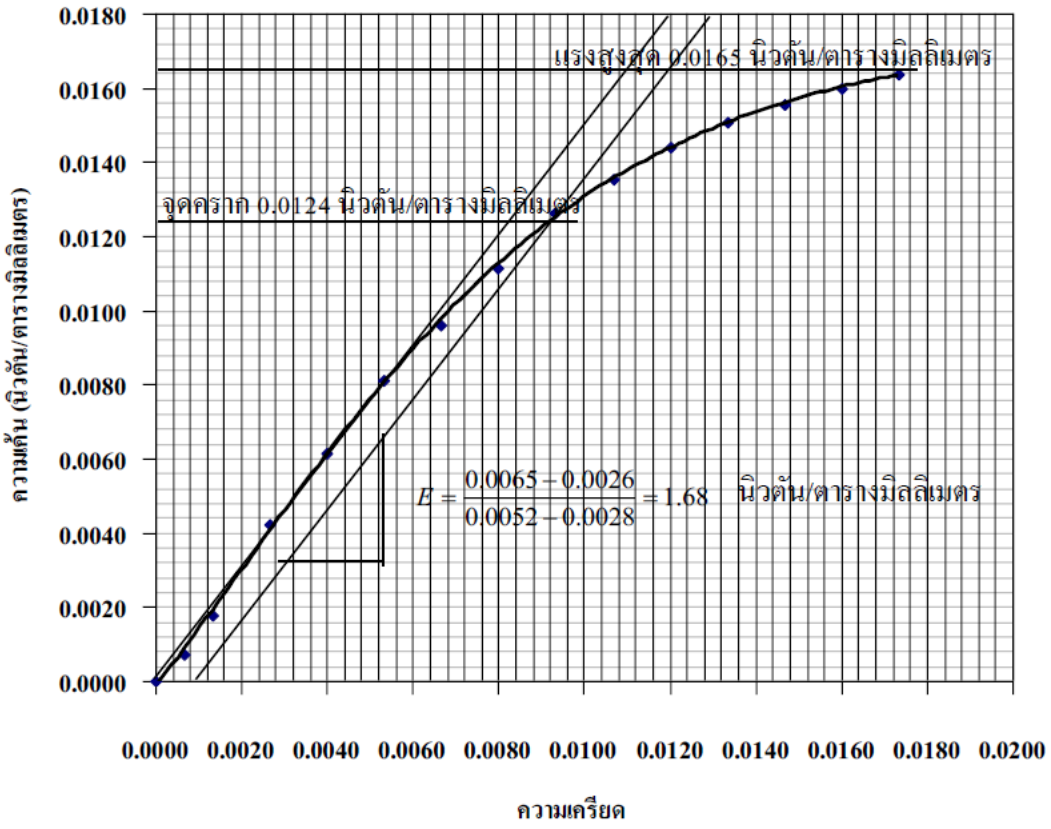


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่6

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่7

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
1.7584	0.0007	10	0.1000	0.0006
4.4047	0.0018	20	0.2000	0.0013
10.6065	0.0042	40	0.4000	0.0027
15.4006	0.0062	60	0.6000	0.0040
20.2497	0.0081	80	0.8000	0.0053
24.0163	0.0096	100	1.0000	0.0067
27.8909	0.0112	120	1.2000	0.0080
31.5657	0.0126	140	1.4000	0.0093
33.8981	0.0136	160	1.6000	0.0107
35.9470	0.0144	180	1.8000	0.0120
37.6667	0.0151	200	2.0000	0.0133
38.8991	0.0156	220	2.2000	0.0147
40.0143	0.0160	240	2.4000	0.0160
40.8654	0.0163	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่7 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 40.86 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0163 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.68 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0124 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0165 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

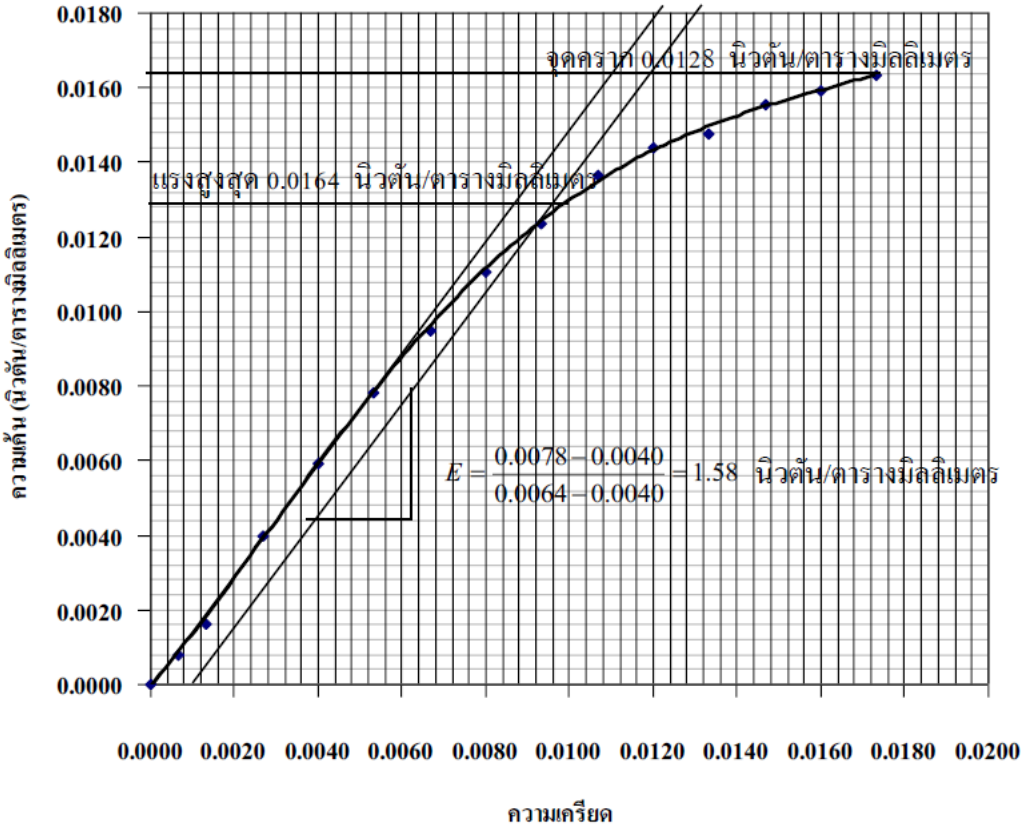


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่7

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่8

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
1.9928	0.0007	10	0.1000	0.0006
4.0387	0.0016	20	0.2000	0.0013
10.0051	0.0040	40	0.4000	0.0027
14.8491	0.0059	60	0.6000	0.0040
19.6055	0.0078	80	0.8000	0.0053
23.7615	0.0095	100	1.0000	0.0067
27.6269	0.0111	120	1.2000	0.0080
30.8522	0.0123	140	1.4000	0.0093
34.1060	0.0136	160	1.6000	0.0107
35.9490	0.0144	180	1.8000	0.0120
36.8583	0.0147	200	2.0000	0.0133
38.8950	0.0156	220	2.2000	0.0147
39.7890	0.0159	240	2.4000	0.0160
40.8328	0.0163	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่8 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 40.83 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0163 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลการทดลอง สามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.58 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0128 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0164 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

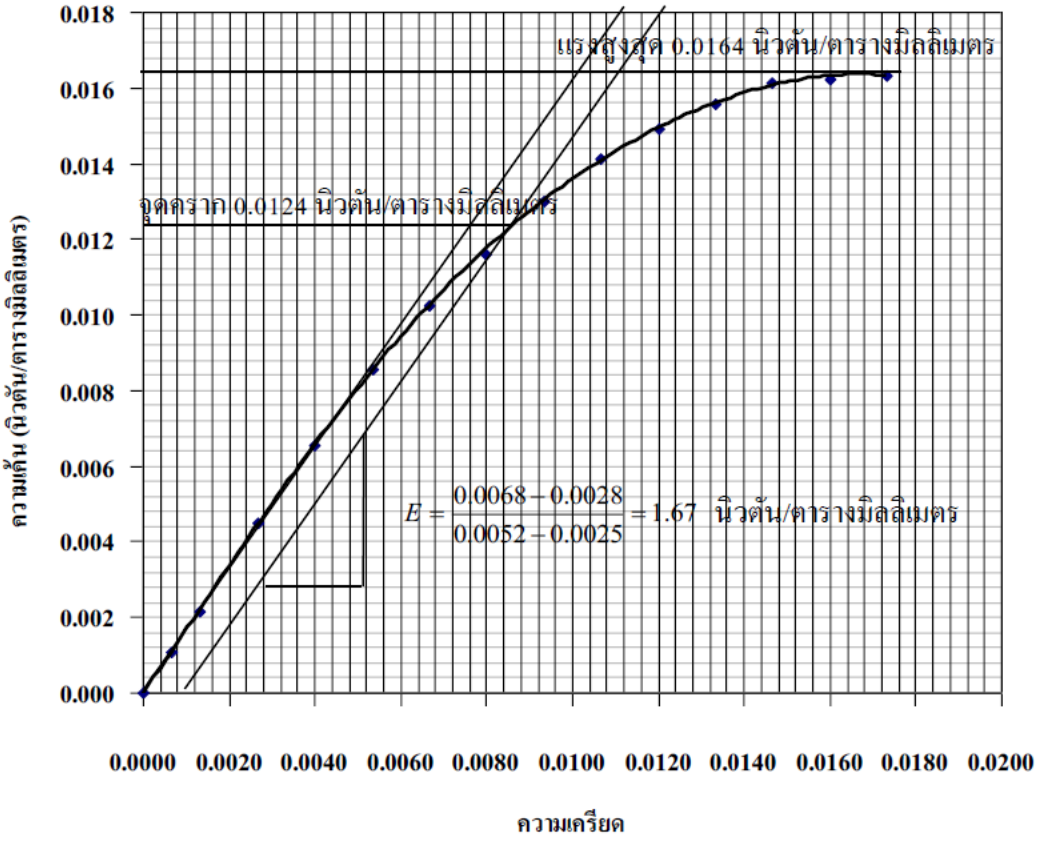


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่8

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่9

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
2.6615	0.0010	10	0.1000	0.0006
5.3517	0.0021	20	0.2000	0.0013
11.1662	0.0045	40	0.4000	0.0027
16.3649	0.0065	60	0.6000	0.0040
21.4302	0.0086	80	0.8000	0.0053
25.6493	0.0103	100	1.0000	0.0067
29.0163	0.0116	120	1.2000	0.0080
32.5403	0.0130	140	1.4000	0.0093
35.3262	0.0141	160	1.6000	0.0107
37.3078	0.0149	180	1.8000	0.0120
38.9032	0.0156	200	2.0000	0.0133
40.3323	0.0161	220	2.2000	0.0147
40.5831	0.0162	240	2.4000	0.0160
40.8410	0.0163	260	2.6000	0.0173

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่9 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 40.84 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0163 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.21 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.67 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0124 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0164 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

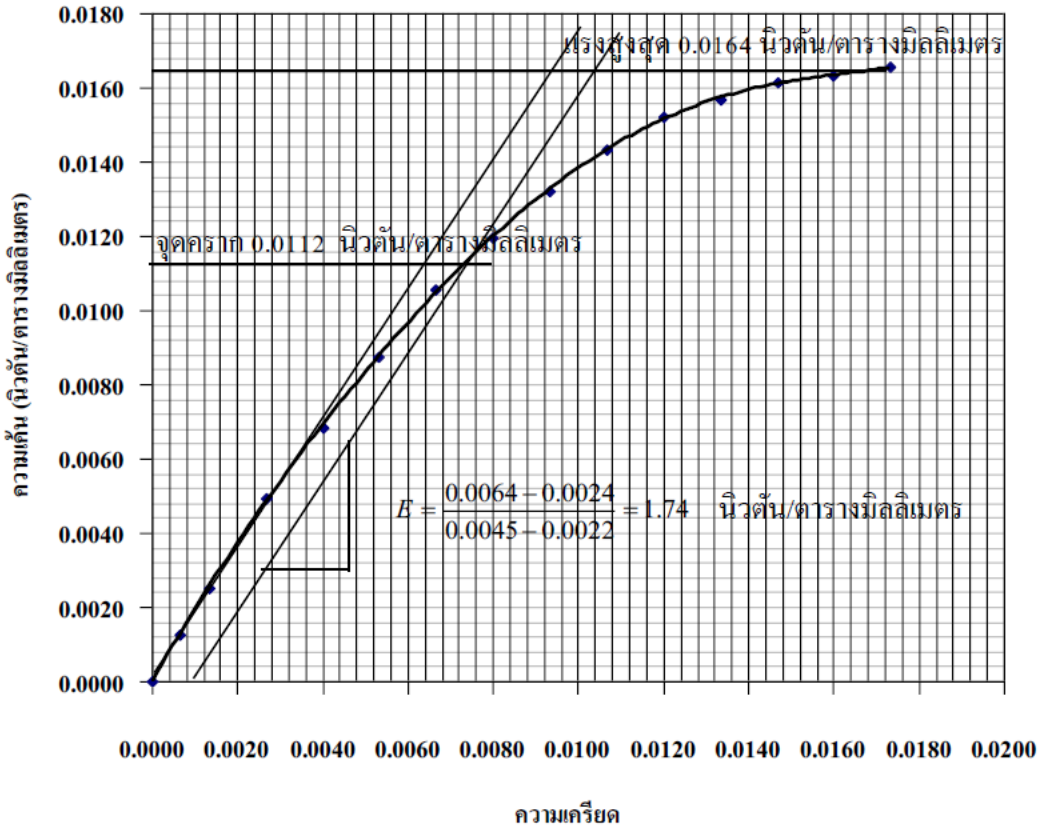


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่9

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบของไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่10

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด
0	0	0	0	0
3.1651	0.0012	10	0.1000	0.0006
6.2385	0.0025	20	0.2000	0.0013
12.2987	0.0049	40	0.4000	0.0027
17.0795	0.0068	60	0.6000	0.0040
21.8807	0.0088	80	0.8000	0.0053
26.3649	0.0105	100	1.0000	0.0067
29.8308	0.0119	120	1.2000	0.0080
33.0499	0.0132	140	1.4000	0.0093
35.8410	0.0143	160	1.6000	0.0107
37.9867	0.0152	180	1.8000	0.0120
39.1651	0.0157	200	2.0000	0.0133
40.3323	0.0161	220	2.2000	0.0147
40.8005	0.0163	240	2.4000	0.0160
41.3466	0.0165	260	2.6000	0.0173

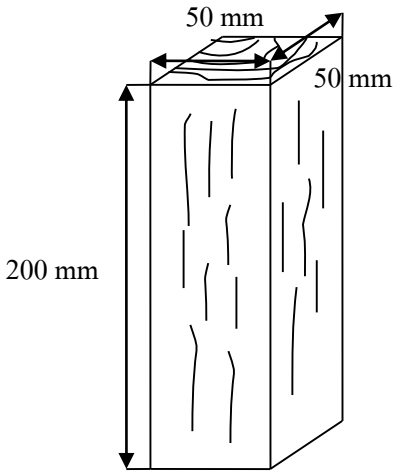
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนตัวอย่างที่9 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 41.34 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.0165 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 260 และความเครียดสูงสุด 0.0173 ลักษณะการเสียรูปแบบยุบตัวลงไป 1 มิลลิเมตร รูปที่ 4.12 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดตั้งฉากเสี้ยน และจากรูปที่ 4.22 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 1.74 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.0112 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.0164 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่10

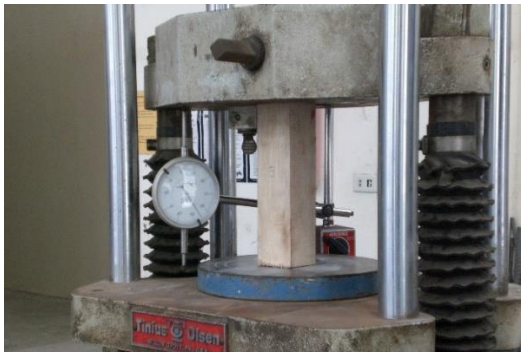
4.2.3 การทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน (Compression Parallel to Grain Test)

วัดขนาดของไม้ละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร จัดไม้ให้อยู่กลางฐานของเครื่องทดสอบแรงอัด เดินเครื่องให้หน้ากดของเครื่องมาสัมผัสกับผิวหน้าของไม้ แล้วปรับหน้าปัดของ Dial gauge ให้เข็มชี้ที่ศูนย์ ซึ่งให้เป็นค่าเริ่มต้น เพิ่มแรงอัดให้สม่ำเสมอในอัตราความเร็ว 0.6 มิลลิเมตร/นาที อ่านและบันทึกค่าการเสียรูปของไม้ทุกๆ ช่วง 200 กิโลกรัม จนกระทั่งไม้แตกหักลงถ่ายรูปไม้แสดงการวิบัติของไม้ นำเนื้อไม้ที่ทดสอบ นำไปชั่งและอบหาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้



รูปที่ 4.23 ขนาดของไม้ในการทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน

รูปที่ 4.24 ขนาดของไม้ในการทดสอบจริง



รูปที่ 4.25 ทดสอบแรงอัดขนานเสี้ยน

รูปที่ 4.26 ลักษณะการพังแบบผ่า

รูปที่ 4.27 ลักษณะการพังแบบเฉือน

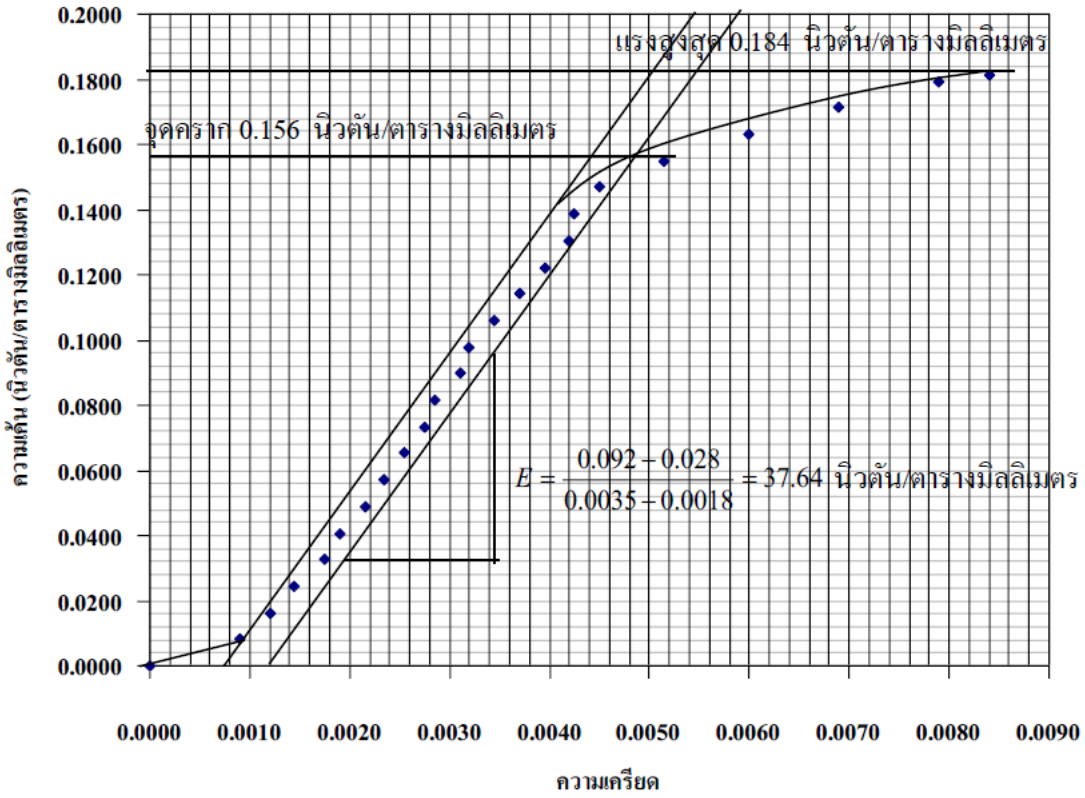
รูปที่ 4.28 ลักษณะการพังแบบบดอัด

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยน

ตัวอย่างที่	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 3	ชิ้นที่ 4	ชิ้นที่ 5	ชิ้นที่ 6	ชิ้นที่ 7	ชิ้นที่ 8	ชิ้นที่ 9	ชิ้นที่ 10
ขนาดหน้าตัด (มม. x มม.)	49.5x50	50x50	50x50	50x50	50x50	49.5x50	50x50	50x50	50x50	50x49.5
น้ำหนักไม้ก่อนอบ (กรัม)	305.3	297.9	296.2	338.3	289.6	291.6	285.6	287.2	291.2	292.5
น้ำหนักไม้หลังอบ (กรัม)	282.5	275.3	274.3	312.8	269.9	272.6	264.2	269.1	270.1	270.3
กำลังที่จุดคราก (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	0.156	0.148	0.152	0.144	0.112	0.148	0.110	0.180	0.168	0.140
กำลังที่จุดประลัย (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	0.184	0.184	0.192	0.176	0.152	0.180	0.210	0.216	0.216	0.180
โมดูลัสการยืดหยุ่น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	37.64	25.63	34.17	50.00	26.25	76.67	25.00	30.00	32.92	43.64
ปริมาณความชื้นของไม้ (%)	8.071	8.209	7.984	8.152	7.299	6.969	8.099	6.726	7.812	8.213

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่1

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset ความเครียด	offset ความเค้น
0.0000	0.0000	0	0	0		
10.1936	0.0041	56	0.5600	0.0028	-	-
20.3874	0.0082	132	1.3200	0.0066	0.0000	0.0000
40.7747	0.0163	150	1.5000	0.0075	0.0009	0.0082
61.1621	0.0245	156	1.5600	0.0078	0.0012	0.0163
81.5494	0.0326	161	1.6100	0.0081	0.0015	0.0245
101.9368	0.0408	167	1.6700	0.0084	0.0018	0.0326
122.3242	0.0489	170	1.7000	0.0085	0.0019	0.0408
142.7115	0.0571	175	1.7500	0.0088	0.0022	0.0489
163.0989	0.0652	179	1.7900	0.0090	0.0024	0.0571
183.4862	0.0734	183	1.8300	0.0092	0.0026	0.0652
203.8736	0.0815	187	1.8700	0.0094	0.0028	0.0734
224.2610	0.0897	189	1.8900	0.0095	0.0029	0.0815
244.6483	0.0979	194	1.9400	0.0097	0.0031	0.0897
265.0357	0.1060	196	1.9600	0.0098	0.0032	0.0979
285.4230	0.1142	201	2.0100	0.0101	0.0035	0.1060
305.8104	0.1223	206	2.0600	0.0103	0.0037	0.1142
326.1978	0.1305	211	2.1100	0.0106	0.0040	0.1223
346.5851	0.1386	216	2.1600	0.0108	0.0042	0.1305
366.9725	0.1468	217	2.1700	0.0109	0.0043	0.1386
387.3598	0.1549	222	2.2200	0.0111	0.0045	0.1468
407.7472	0.1631	235	2.3500	0.0118	0.0052	0.1549
428.1346	0.1713	252	2.5200	0.0126	0.0060	0.1631
448.5219	0.1794	270	2.7000	0.0135	0.0069	0.1713
468.9093	0.1876	290	2.9000	0.0145	0.0079	0.1794
474.0061	0.1896	300	3.0000	0.0150	0.0084	0.1814

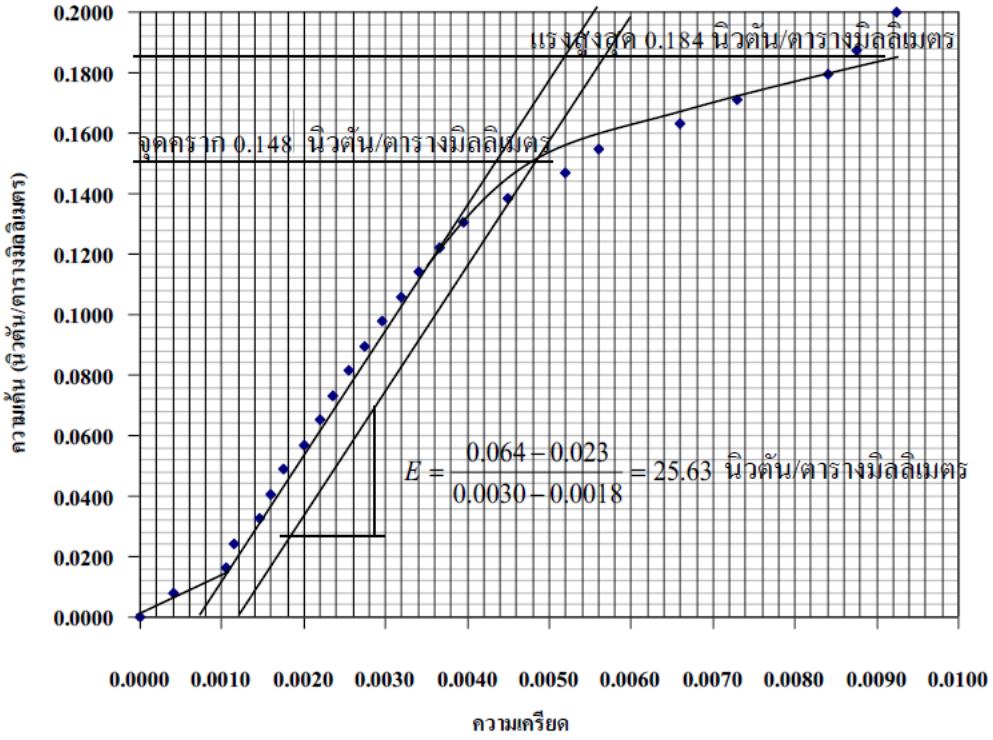


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่1

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่1 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 474.00 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.181 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 300 และความเครียดสูงสุด 0.0084 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.29 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 37.64 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.156 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.184 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่2

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset ความเครียด	offset ความเค้น
0.0000	0.0000	0	0	0		
10.1937	0.0040	47	0.47	0.00235	-	-
20.3874	0.0082	95	0.95	0.0048	-	-
40.7747	0.0163	135	1.35	0.0068	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	143	1.43	0.0072	0.0004	0.0082
81.5494	0.0326	156	1.56	0.0078	0.0011	0.0163
101.9368	0.0408	158	1.58	0.0079	0.0012	0.0245
122.3242	0.0489	164	1.64	0.0082	0.0015	0.0326
142.7115	0.0571	167	1.67	0.0084	0.0016	0.0408
163.0989	0.0652	170	1.7	0.0085	0.0018	0.0489
183.4862	0.0734	175	1.75	0.0088	0.0020	0.0571
203.8736	0.0815	179	1.79	0.0090	0.0022	0.0652
224.2610	0.0897	182	1.82	0.0091	0.0024	0.0734
244.6483	0.0979	186	1.86	0.0093	0.0026	0.0815
265.0357	0.1060	190	1.9	0.0095	0.0028	0.0897
285.4230	0.1142	194	1.94	0.0097	0.0030	0.0979
305.8104	0.1223	199	1.99	0.0100	0.0032	0.1060
326.1978	0.1305	203	2.03	0.0102	0.0034	0.1142
346.5851	0.1386	208	2.08	0.0104	0.0037	0.1223
366.9725	0.1468	214	2.14	0.0107	0.0040	0.1305
387.3598	0.1549	225	2.25	0.0113	0.0045	0.1386
407.7472	0.1631	239	2.39	0.0120	0.0052	0.1468
428.1346	0.1713	247	2.47	0.0124	0.0056	0.1549
448.5219	0.1794	267	2.67	0.0134	0.0066	0.1631
468.9093	0.1876	281	2.81	0.0141	0.0073	0.1713
489.2966	0.1957	303	3.03	0.0152	0.0084	0.1794
509.6840	0.2039	310	3.1	0.0155	0.0088	0.1876

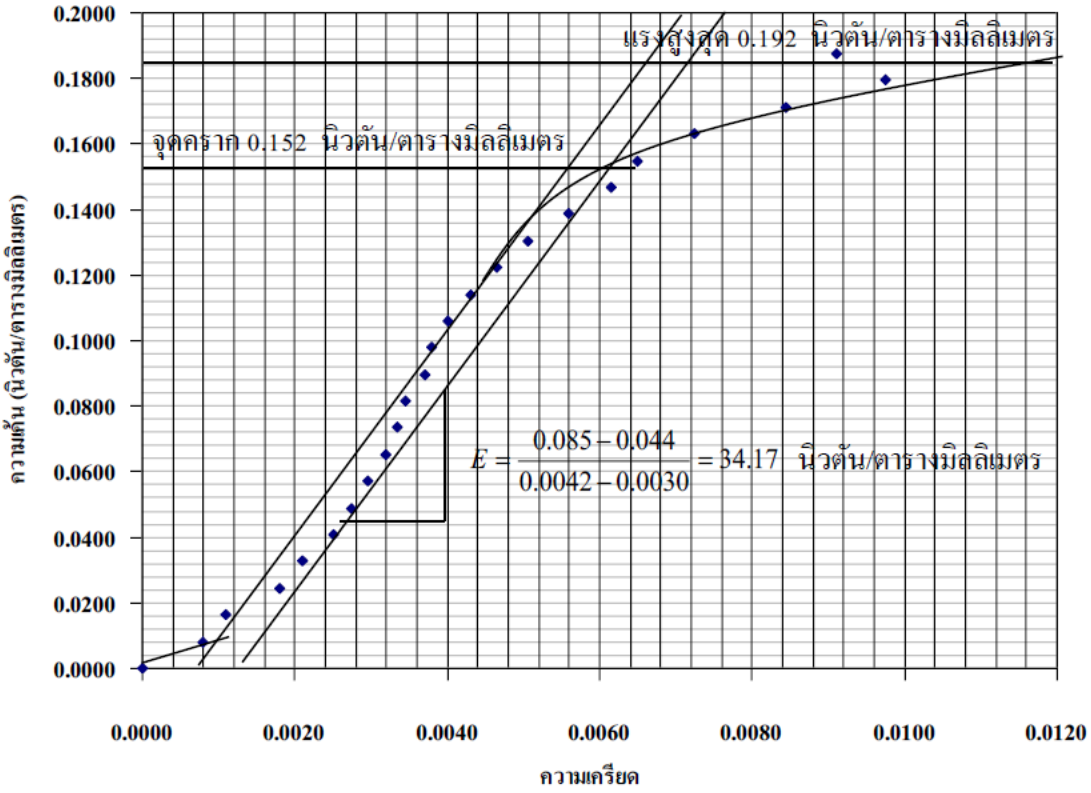


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่2

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่2 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 540.26 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.1998 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 320 และความเครียดสูงสุด 0.0093 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 25.63 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.148 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.184 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่3

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset ความเครียด	offset ความเค้น
0.0000	0.0000	0	0	0		
10.1936	0.0040	31	0.3100	0.00155	-	-
20.3874	0.0082	65	0.6500	0.0033	-	-
40.7747	0.0163	120	1.2000	0.0060	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	136	1.3600	0.0068	0.0008	0.0082
81.5494	0.0326	142	1.4200	0.0071	0.0011	0.0163
101.9368	0.0408	156	1.5600	0.0078	0.0018	0.0245
122.3242	0.0489	162	1.6200	0.0081	0.0021	0.0326
142.7115	0.0571	170	1.7000	0.0085	0.0025	0.0408
163.0989	0.0652	175	1.7500	0.0088	0.0028	0.0489
183.4862	0.0734	179	1.7900	0.0090	0.0030	0.0571
203.8736	0.0815	184	1.8400	0.0092	0.0032	0.0652
224.2610	0.0897	187	1.8700	0.0094	0.0034	0.0734
244.6483	0.0979	189	1.8900	0.0095	0.0035	0.0815
265.0357	0.1060	194	1.9400	0.0097	0.0037	0.0897
285.4230	0.1142	196	1.9600	0.0098	0.0038	0.0979
305.8104	0.1223	200	2.0000	0.0100	0.0040	0.1060
326.1978	0.1305	206	2.0600	0.0103	0.0043	0.1142
346.5851	0.1386	213	2.1300	0.0107	0.0047	0.1223
366.9725	0.1468	221	2.2100	0.0111	0.0051	0.1305
387.3598	0.1549	232	2.3200	0.0116	0.0056	0.1386
407.7472	0.1631	243	2.4300	0.0122	0.0062	0.1468
428.1346	0.1713	250	2.5000	0.0125	0.0065	0.1549
448.5219	0.1794	265	2.6500	0.0133	0.0073	0.1631
468.9093	0.1876	289	2.8900	0.0145	0.0085	0.1713
489.2966	0.1957	315	3.1500	0.0158	0.0098	0.1794
509.6840	0.2039	302	3.0200	0.0151	0.0091	0.1876

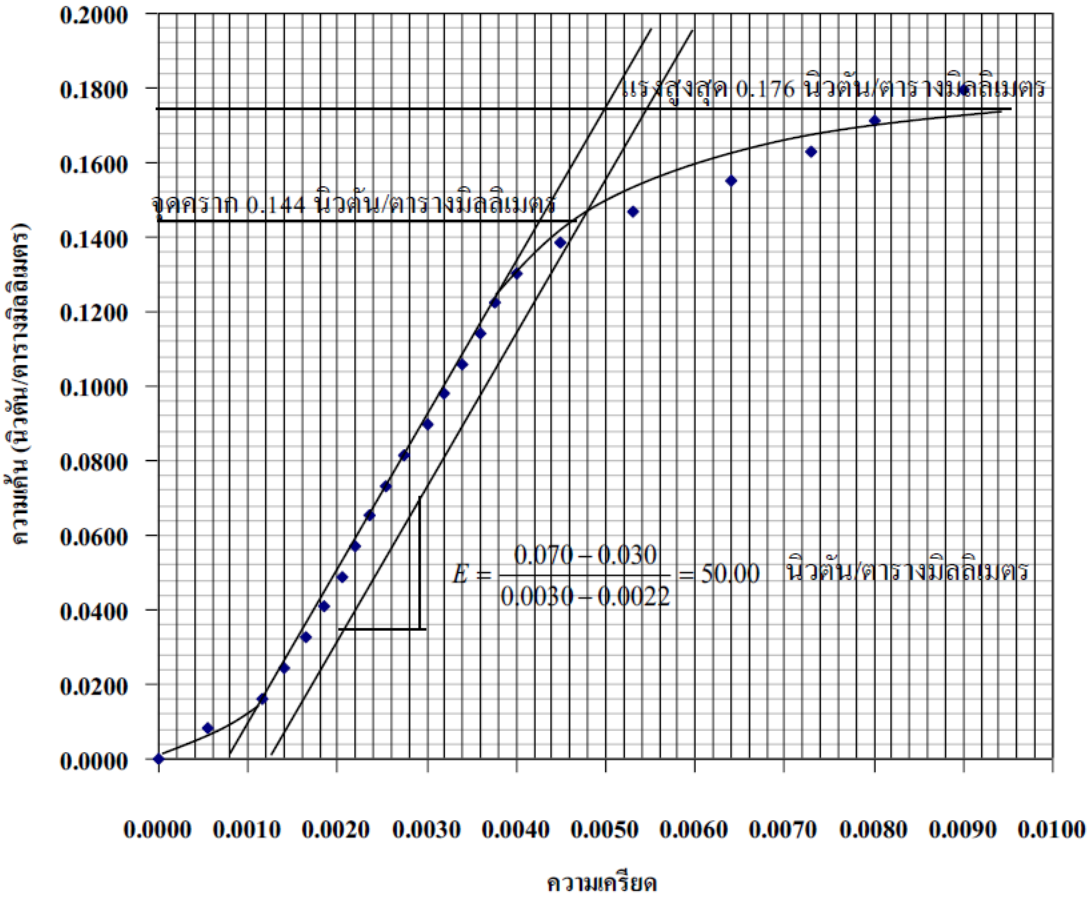


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่3

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่3 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 509.68 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.187 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 302 และความเครียดสูงสุด 0.0091 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.31 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 34.17 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.152 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.192 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่4

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset	offset
0	0	0	0	0	ความเครียด	ความเค้น
10.1936	0.0040	40	0.4000	0.002	-	-
20.3874	0.0082	80	0.8000	0.0040	-	-
40.7747	0.0163	109	1.0900	0.0055	-	-
61.1621	0.0245	132	1.3200	0.0066	-	-
81.5494	0.0326	145	1.4500	0.0073	0.0000	0.0000
101.9368	0.0408	156	1.5600	0.0078	0.0006	0.0082
122.3242	0.0489	168	1.6800	0.0084	0.0012	0.0163
142.7115	0.0571	173	1.7300	0.0087	0.0014	0.0245
163.0989	0.0652	178	1.7800	0.0089	0.0017	0.0326
183.4862	0.0734	182	1.8200	0.0091	0.0019	0.0408
203.8736	0.0815	186	1.8600	0.0093	0.0021	0.0489
224.2610	0.0897	189	1.8900	0.0095	0.0022	0.0571
244.6483	0.0979	192	1.9200	0.0096	0.0024	0.0652
265.0357	0.1060	196	1.9600	0.0098	0.0026	0.0734
285.4230	0.1142	200	2.0000	0.0100	0.0028	0.0815
305.8104	0.1223	205	2.0500	0.0103	0.0030	0.0897
326.1978	0.1305	209	2.0900	0.0105	0.0032	0.0979
346.5851	0.1386	213	2.1300	0.0107	0.0034	0.1060
366.9725	0.1468	217	2.1700	0.0109	0.0036	0.1142
387.3598	0.1549	220	2.2000	0.0110	0.0038	0.1223
407.7472	0.1631	225	2.2500	0.0113	0.0040	0.1305
428.1346	0.1713	235	2.3500	0.0118	0.0045	0.1386
448.5219	0.1794	251	2.5100	0.0126	0.0053	0.1468
468.9093	0.1876	273	2.7300	0.0137	0.0064	0.1549
489.2966	0.1957	291	2.9100	0.0146	0.0073	0.1631
530.0714	0.2120	325	3.2500	0.0163	0.0090	0.1794

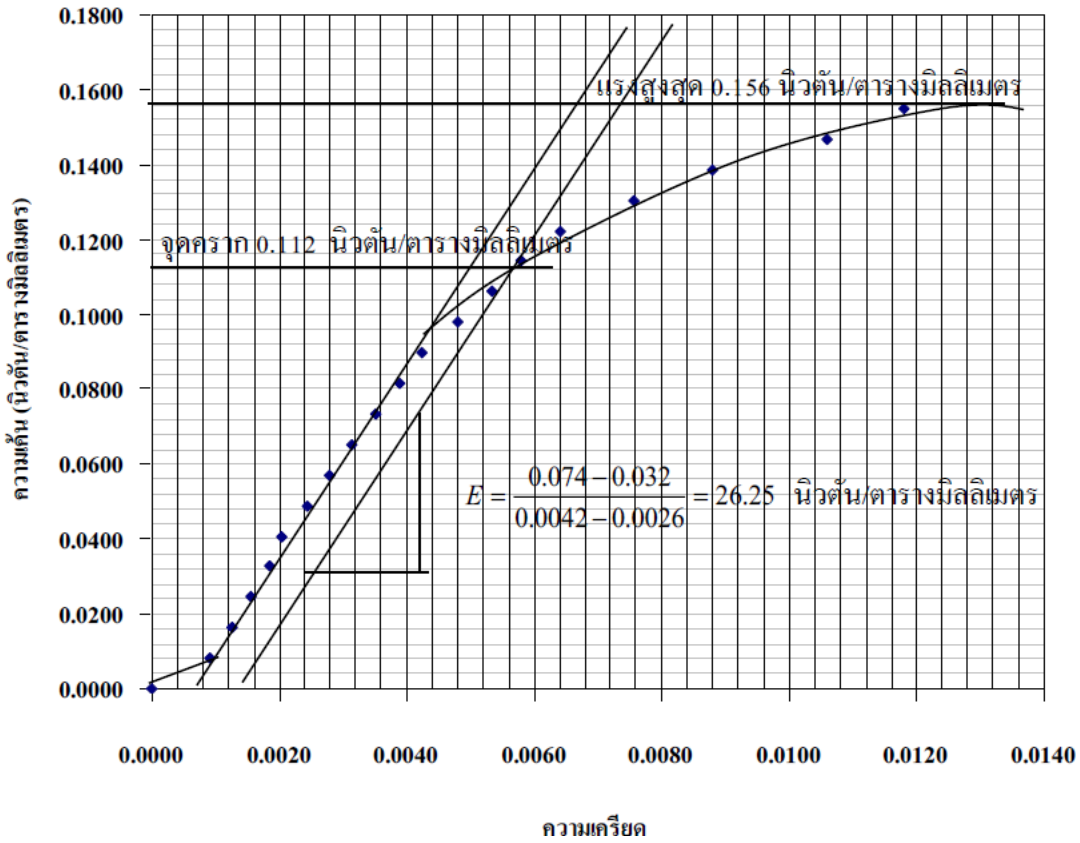


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่4

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่4 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 530.07 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.179 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 325 และความเครียดสูงสุด 0.0090 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.32 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 50.00 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.144 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.176 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่5

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset	offset
0	0	0	0	0	ความเครียด	ความเค้น
10.1936	0.0040	27	0.2700	0.0013	-	-
20.3874	0.0082	53	0.5300	0.0027	-	-
40.7747	0.0163	100	1.0000	0.0050	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	118	1.1800	0.0059	0.0009	0.0082
81.5494	0.0326	125	1.2500	0.0063	0.0013	0.0163
101.9368	0.0408	131	1.3100	0.0066	0.0016	0.0245
122.3242	0.0489	137	1.3700	0.0069	0.0019	0.0326
142.7115	0.0571	141	1.4100	0.0071	0.0021	0.0408
163.0989	0.0652	149	1.4900	0.0075	0.0025	0.0489
183.4862	0.0734	156	1.5600	0.0078	0.0028	0.0571
203.8736	0.0815	163	1.6300	0.0082	0.0032	0.0652
224.2610	0.0897	170	1.7000	0.0085	0.0035	0.0734
244.6483	0.0979	178	1.7800	0.0089	0.0039	0.0815
265.0357	0.1060	185	1.8500	0.0093	0.0043	0.0897
285.4230	0.1142	196	1.9600	0.0098	0.0048	0.0979
305.8104	0.1223	207	2.0700	0.0104	0.0054	0.1060
326.1978	0.1305	216	2.1600	0.0108	0.0058	0.1142
346.5851	0.1386	228	2.2800	0.0114	0.0064	0.1223
366.9725	0.1468	251	2.5100	0.0126	0.0076	0.1305
387.3598	0.1549	276	2.7600	0.0138	0.0088	0.1386
407.7472	0.1631	312	3.1200	0.0156	0.0106	0.1468
428.1346	0.1713	336	3.3600	0.0168	0.0118	0.1549

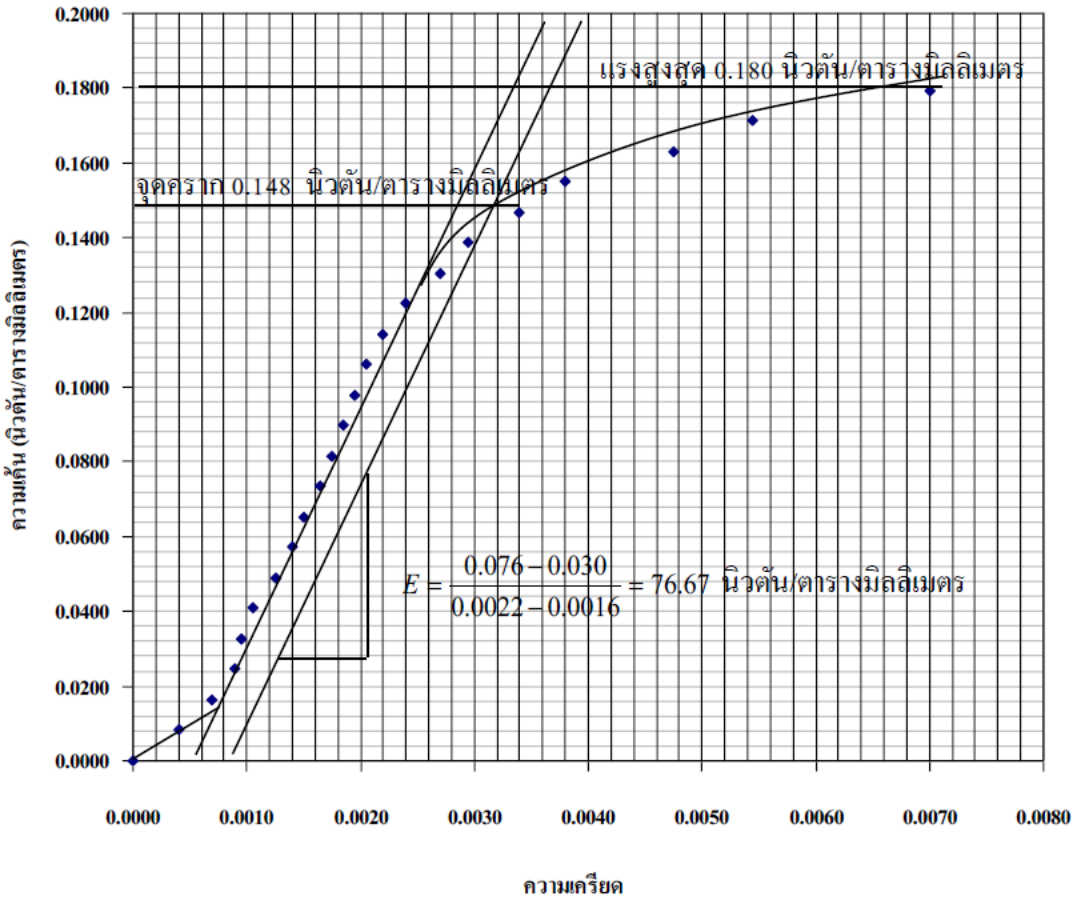


รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่5

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่5 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 428.13 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.154 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 336 และความเครียดสูงสุด 0.0018 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.33 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 26.25 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.112 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.156 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่6

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset ความเครียด	offset ความเค้น
0.0000	0.0000	0	0	0		
10.1936	0.0040	23	0.23	0.00115	-	-
20.3874	0.0082	45	0.4500	0.0023	-	-
40.7747	0.0163	70	0.7000	0.0035	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	78	0.7800	0.0039	0.0004	0.0082
81.5494	0.0326	84	0.8400	0.0042	0.0007	0.0163
101.9368	0.0408	88	0.8800	0.0044	0.0009	0.0245
122.3242	0.0489	89	0.8900	0.0045	0.0009	0.0326
142.7115	0.0571	91	0.9100	0.0046	0.0011	0.0408
163.0989	0.0652	95	0.9500	0.0048	0.0013	0.0489
183.4862	0.0734	98	0.9800	0.0049	0.0014	0.0571
203.8736	0.0815	100	1.0000	0.0050	0.0015	0.0652
224.2610	0.0897	103	1.0300	0.0052	0.0017	0.0734
244.6483	0.0979	105	1.0500	0.0053	0.0018	0.0815
265.0357	0.1060	107	1.0700	0.0054	0.0019	0.0897
285.4230	0.1142	109	1.0900	0.0055	0.0020	0.0979
305.8104	0.1223	111	1.1100	0.0056	0.0021	0.1060
326.1978	0.1305	114	1.1400	0.0057	0.0022	0.1142
346.5851	0.1386	118	1.1800	0.0059	0.0024	0.1223
366.9725	0.1468	124	1.2400	0.0062	0.0027	0.1305
387.3598	0.1549	129	1.2900	0.0065	0.0030	0.1386
407.7472	0.1631	138	1.3800	0.0069	0.0034	0.1468
428.1346	0.1713	146	1.4600	0.0073	0.0038	0.1549
448.5219	0.1794	165	1.6500	0.0083	0.0048	0.1631
468.9093	0.1876	179	1.7900	0.0090	0.0055	0.1713
489.2966	0.1957	210	2.1000	0.0105	0.0070	0.1794

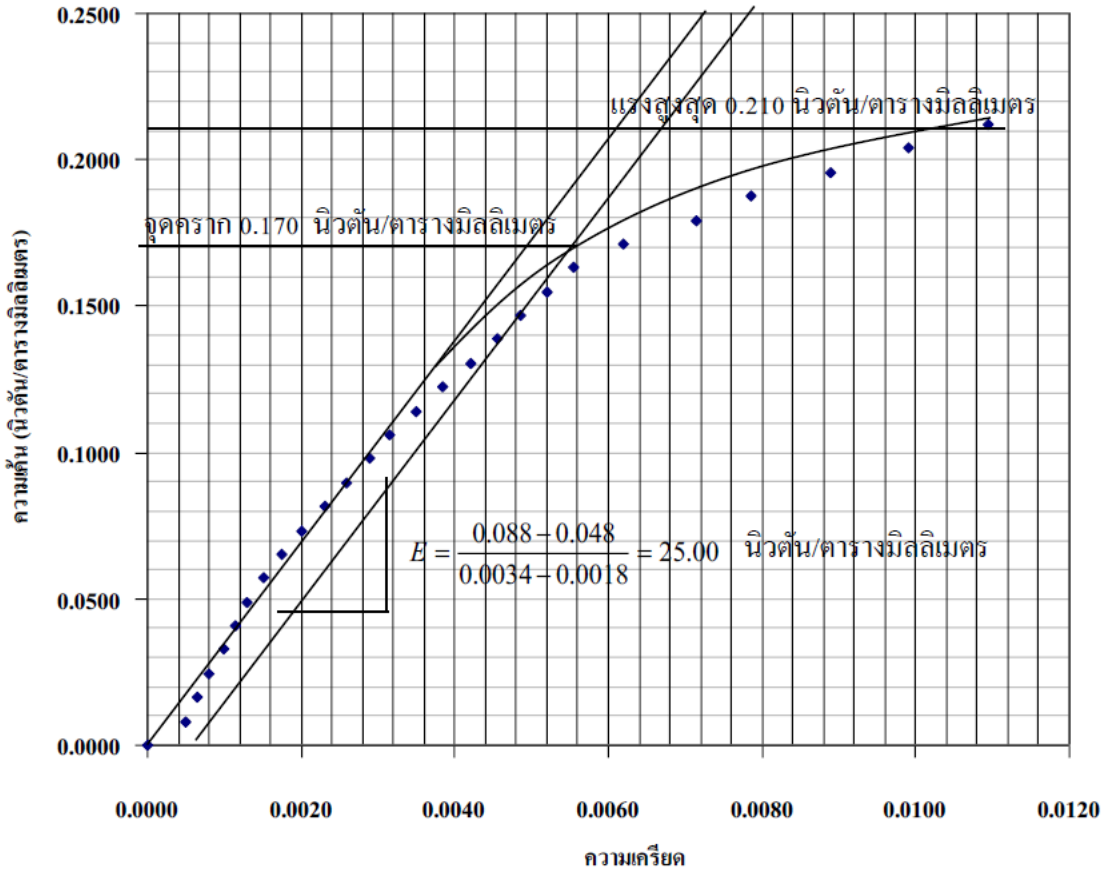


รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่6

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่6 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 489.29 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.179 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 210 และความเครียดสูงสุด 0.0070 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.34 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 76.67 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.148 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.180 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่7

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset	offset
0	0	0	0	0	ความเครียด	ความเค้น
10.1936	0.0040	18	0.18	0.0009	-	-
20.3874	0.0082	39	0.3900	0.0020	-	-
40.7747	0.0163	65	0.6500	0.0033	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	75	0.7500	0.0038	0.0005	0.0082
81.5494	0.0326	78	0.7800	0.0039	0.0007	0.0163
101.9368	0.0408	81	0.8100	0.0041	0.0008	0.0245
122.3242	0.0489	85	0.8500	0.0043	0.0010	0.0326
142.7115	0.0571	88	0.8800	0.0044	0.0012	0.0408
163.0989	0.0652	91	0.9100	0.0046	0.0013	0.0489
183.4862	0.0734	95	0.9500	0.0048	0.0015	0.0571
203.8736	0.0815	100	1.0000	0.0050	0.0018	0.0652
224.2610	0.0897	105	1.0500	0.0053	0.0020	0.0734
244.6483	0.0979	111	1.1100	0.0056	0.0023	0.0815
265.0357	0.1060	117	1.1700	0.0059	0.0026	0.0897
285.4230	0.1142	123	1.2300	0.0062	0.0029	0.0979
305.8104	0.1223	128	1.2800	0.0064	0.0032	0.1060
326.1978	0.1305	135	1.3500	0.0068	0.0035	0.1142
346.5851	0.1386	142	1.4200	0.0071	0.0039	0.1223
366.9725	0.1468	149	1.4900	0.0075	0.0042	0.1305
387.3598	0.1549	156	1.5600	0.0078	0.0046	0.1386
407.7472	0.1631	162	1.6200	0.0081	0.0049	0.1468
428.1346	0.1713	169	1.6900	0.0085	0.0052	0.1549
448.5219	0.1794	176	1.7600	0.0088	0.0056	0.1631
468.9093	0.1876	189	1.8900	0.0095	0.0062	0.1713
489.2966	0.1957	208	2.0800	0.0104	0.0072	0.1794
509.6840	0.2039	222	2.2200	0.0111	0.0079	0.1876
530.0714	0.2120	243	2.4300	0.0122	0.0089	0.1957

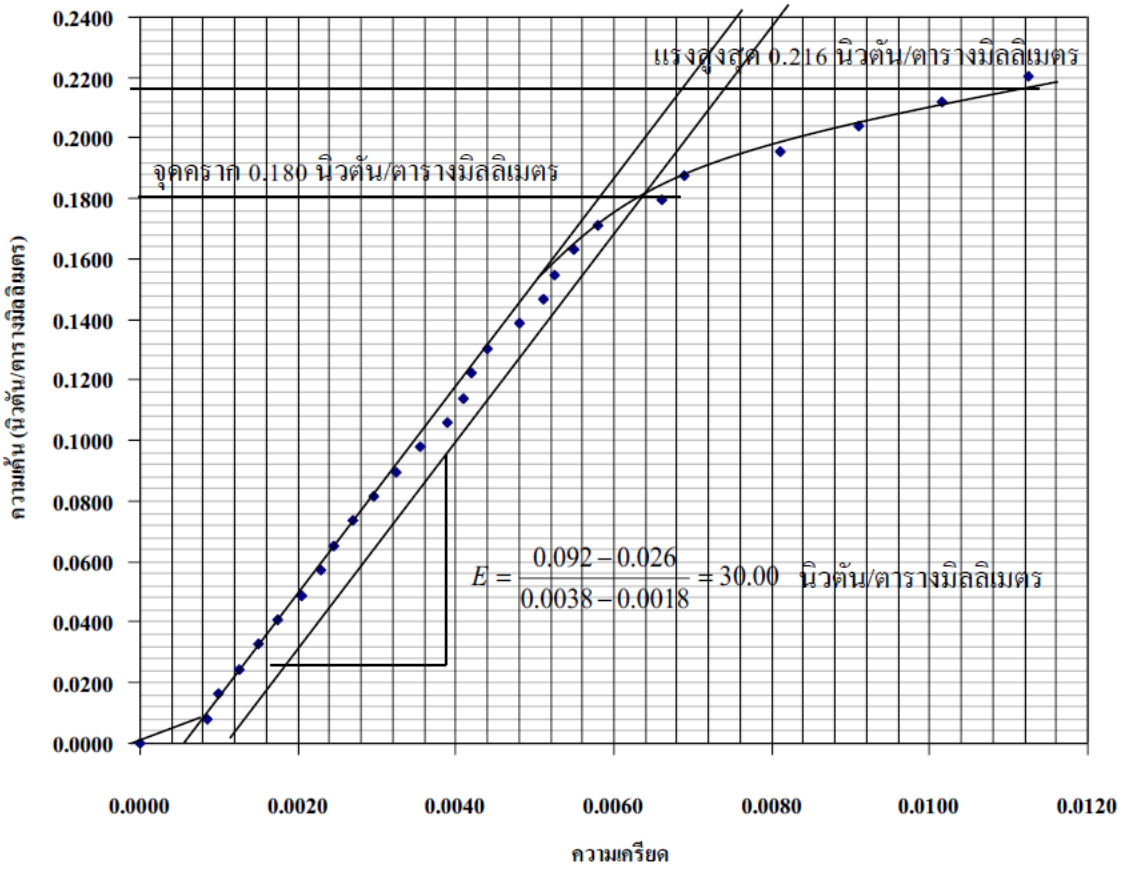


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่7

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่7 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 530.07 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.1957 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 243 และความเครียดสูงสุด 0.0089 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.35 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 25.00 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.170 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.210 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่8

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset	offset
0	0	0	0	0	ความเครียด	ความเค้น
10.1936	0.004077472	26	0.26	0.0013	-	-
20.3874	0.0082	52	0.5200	0.0026	-	-
40.7747	0.0163	107	1.0700	0.0054	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	124	1.2400	0.0062	0.0008	0.0082
81.5494	0.0326	127	1.2700	0.0064	0.0010	0.0163
101.9368	0.0408	132	1.3200	0.0066	0.0013	0.0245
122.3242	0.0489	137	1.3700	0.0069	0.0015	0.0326
142.7115	0.0571	142	1.4200	0.0071	0.0018	0.0408
163.0989	0.0652	148	1.4800	0.0074	0.0021	0.0489
183.4862	0.0734	153	1.5300	0.0077	0.0023	0.0571
203.8736	0.0815	156	1.5600	0.0078	0.0025	0.0652
224.2610	0.0897	161	1.6100	0.0081	0.0027	0.0734
244.6483	0.0979	166	1.6600	0.0083	0.0030	0.0815
265.0357	0.1060	172	1.7200	0.0086	0.0033	0.0897
285.4230	0.1142	178	1.7800	0.0089	0.0036	0.0979
305.8104	0.1223	185	1.8500	0.0093	0.0039	0.1060
326.1978	0.1305	189	1.8900	0.0095	0.0041	0.1142
346.5851	0.1386	191	1.9100	0.0096	0.0042	0.1223
366.9725	0.1468	195	1.9500	0.0098	0.0044	0.1305
387.3598	0.1549	203	2.0300	0.0102	0.0048	0.1386
407.7472	0.1631	209	2.0900	0.0105	0.0051	0.1468
428.1346	0.1713	212	2.1200	0.0106	0.0053	0.1549
448.5219	0.1794	217	2.1700	0.0109	0.0055	0.1631
468.9093	0.1876	223	2.2300	0.0112	0.0058	0.1713
489.2966	0.1957	239	2.3900	0.0120	0.0066	0.1794
509.6840	0.2039	245	2.4500	0.0123	0.0069	0.1876
530.0714	0.2120	269	2.6900	0.0135	0.0081	0.1957

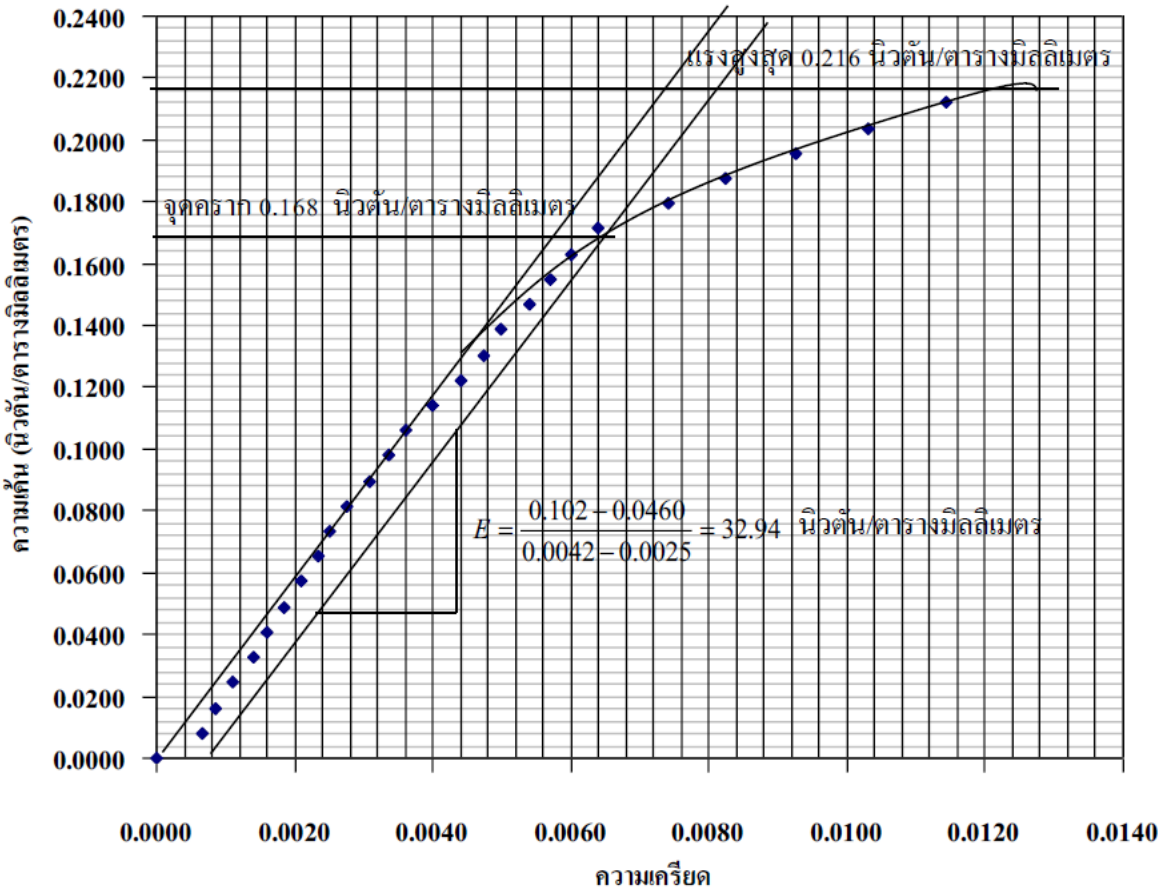


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่8

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่8 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 530.07 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.1957 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 269 และความเครียดสูงสุด 0.0081 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.36 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 30.00 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.180 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.216 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่9

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset	offset
0	0	0	0	0	ความเครียด	ความเค้น
10.1936	0.0040	54	0.54	0.0027	-	-
20.3874	0.0082	105	1.0500	0.0053	-	-
40.7747	0.0163	150	1.5000	0.0075	0.0000	0.0000
61.1621	0.0245	163	1.6300	0.0082	0.0007	0.0082
81.5494	0.0326	167	1.6700	0.0084	0.0009	0.0163
101.9368	0.0408	172	1.7200	0.0086	0.0011	0.0245
122.3242	0.0489	178	1.7800	0.0089	0.0014	0.0326
142.7115	0.0571	182	1.8200	0.0091	0.0016	0.0408
163.0989	0.0652	187	1.8700	0.0094	0.0019	0.0489
183.4862	0.0734	192	1.9200	0.0096	0.0021	0.0571
203.8736	0.0815	197	1.9700	0.0099	0.0024	0.0652
224.2610	0.0897	200	2.0000	0.0100	0.0025	0.0734
244.6483	0.0979	205	2.0500	0.0103	0.0028	0.0815
265.0357	0.1060	212	2.1200	0.0106	0.0031	0.0897
285.4230	0.1142	217	2.1700	0.0109	0.0034	0.0979
305.8104	0.1223	222	2.2200	0.0111	0.0036	0.1060
326.1978	0.1305	230	2.3000	0.0115	0.0040	0.1142
346.5851	0.1386	238	2.3800	0.0119	0.0044	0.1223
366.9725	0.1468	245	2.4500	0.0123	0.0048	0.1305
387.3598	0.1549	250	2.5000	0.0125	0.0050	0.1386
407.7472	0.1631	258	2.5800	0.0129	0.0054	0.1468
428.1346	0.1713	264	2.6400	0.0132	0.0057	0.1549
448.5219	0.1794	270	2.7000	0.0135	0.0060	0.1631
468.9093	0.1876	278	2.7800	0.0139	0.0064	0.1713
489.2966	0.1957	298	2.9800	0.0149	0.0074	0.1794
509.6840	0.2039	315	3.1500	0.0158	0.0083	0.1876
530.0714	0.2120	335	3.3500	0.0168	0.0093	0.1957

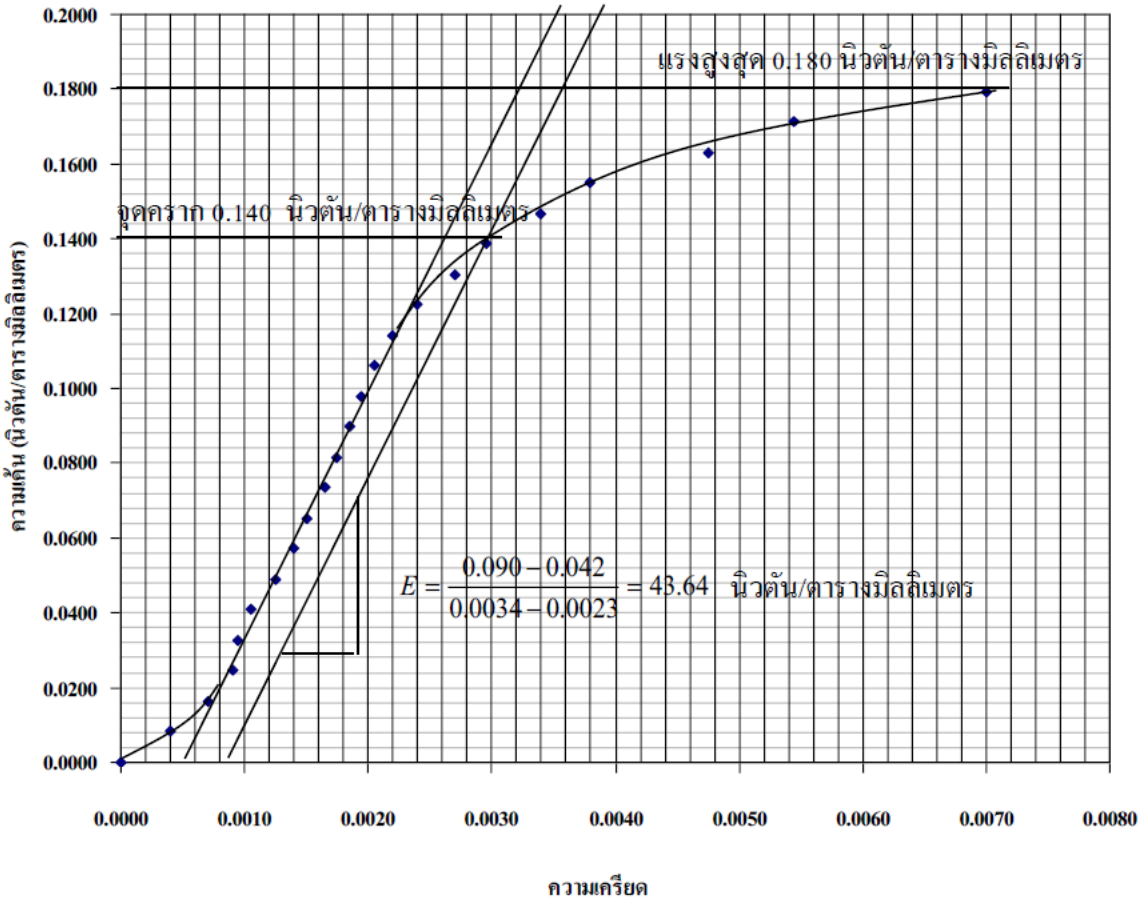


รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่9

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่9 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 530.07 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.195 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 335 และความเครียดสูงสุด 0.0093 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.37 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 32.94 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.168 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.216 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบแรงอัดของไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่10

แรง (นิวตัน)	ความเค้น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	การยุบตัว	ค่าการเปลี่ยนแปลง (มม.)	ความเครียด	offset	offset
0	0	0	0	0	ความเครียด	ความเค้น
10.1936	0.0040	40	0.4	0.002	-	-
20.3874	0.0082	80	0.8000	0.0040	0.0000	0.0000
40.7747	0.0163	95	0.9500	0.0048	0.0008	0.0082
61.1621	0.0245	100	1.0000	0.0050	0.0010	0.0163
81.5494	0.0326	105	1.0500	0.0053	0.0013	0.0245
101.9368	0.0408	113	1.1300	0.0057	0.0017	0.0326
122.3242	0.0489	115	1.1500	0.0058	0.0018	0.0408
142.7115	0.0571	118	1.1800	0.0059	0.0019	0.0489
163.0989	0.0652	120	1.2000	0.0060	0.0020	0.0571
183.4862	0.0734	122	1.2200	0.0061	0.0021	0.0652
203.8736	0.0815	124	1.2400	0.0062	0.0022	0.0734
224.2610	0.0897	127	1.2700	0.0064	0.0024	0.0815
244.6483	0.0979	129	1.2900	0.0065	0.0025	0.0897
265.0357	0.1060	131	1.3100	0.0066	0.0026	0.0979
285.4230	0.1142	133	1.3300	0.0067	0.0027	0.1060
305.8104	0.1223	135	1.3500	0.0068	0.0028	0.1142
326.1978	0.1305	138	1.3800	0.0069	0.0029	0.1223
346.5851	0.1386	140	1.4000	0.0070	0.0030	0.1305
366.9725	0.1468	142	1.4200	0.0071	0.0031	0.1386
387.3598	0.1549	147	1.4700	0.0074	0.0034	0.1468
407.7472	0.1631	155	1.5500	0.0078	0.0038	0.1549
428.1346	0.1713	159	1.5900	0.0080	0.0040	0.1631
448.5219	0.1794	167	1.6700	0.0084	0.0044	0.1713
468.9093	0.1876	183	1.8300	0.0092	0.0052	0.1794
489.2966	0.1957	205	2.0500	0.0103	0.0063	0.1876
509.6840	0.2039	225	2.2500	0.0113	0.0073	0.1957
530.0714	0.2120	245	2.4500	0.0123	0.0083	0.2039

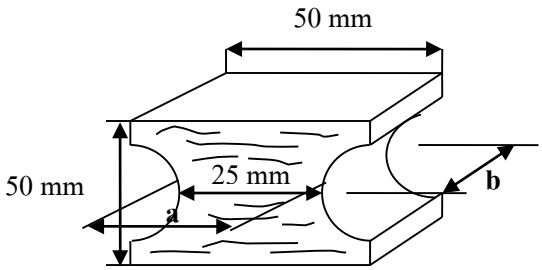


รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตัวอย่างที่10

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดสอบไม้ในแนวขนานกับเสี้ยนตัวอย่างที่10 จะเห็นว่าแรงที่กระทำต่อหน้าตัดไม้จะค่อยเพิ่มขึ้นสูงสุด 530.07 นิวตัน และมีความเค้นสูงสุด 0.203 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และค่าการยุบตัวของไม้สูงสุด 245 และความเครียดสูงสุด 0.0083 รูปที่ 4.28 แสดงการเสียรูปหลังจากทดสอบแรงอัดขนานกับเสี้ยน และจากรูปที่ 4.38 กราฟแสดงผลการทดลองสามารถสรุปค่าได้ดังนี้ 1.ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น 43.64 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร 2.จุดคราก 0.140 นิวตัน/ ตารางมิลลิเมตร 3.แรงกระทำสูงสุด 0.180 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร

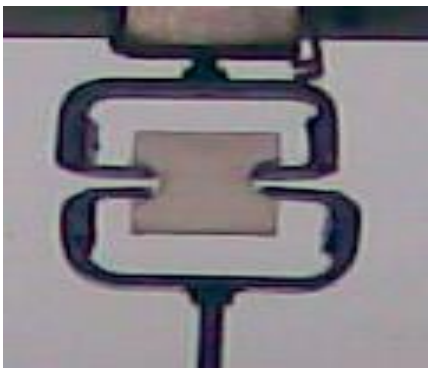
4.2.4 การทดสอบดึงตั้งฉากเสี้ยน (Tensile Perpendicular Grain Test)

วัดขนาดของตัวอย่างไม้สำหรับการทดสอบกำลังดึง(มีการเซาะร่องสองด้าน)ให้ละเอียดถึง 0.1เซนติเมตร ใส่ตัวอย่างไม้ทดสอบเข้าในชุดอุปกรณ์ทดสอบ แล้วเพิ่มแรงดึงอย่างช้าๆ ในอัตราประมาณ 2.5 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งไม้วิบัติ และบันทึกแรงดึงสูงสุด นำส่วนของไม้ส่วนหนึ่งไปชั่งน้ำหนัก และเข้าตู้อบเพื่อให้แห้ง เพื่อหาปริมาณความชื้นในไม้ต่อไป



รูปที่ 4.39 ขนาดของไม้ในการทดสอบการดึงตั้งฉากเสี้ยน

รูปที่ 4.40 ขนาดของไม้ในการทดสอบจริง



รูปที่ 4.41 การทดสอบแรงดึง

รูปที่ 4.42 การเสียรูปหลังการทดสอบแรงดึง

ตารางที่ 4.24 ผลการทดสอบแรงดึงตั้งฉากเสี้ยนไม้

ผลการทดสอบแรงดึงตั้งฉากเสี้ยนไม้ (Tension test of wood perpendicular to the grain)

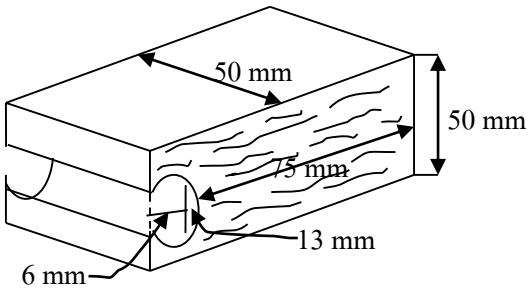
จากการทดสอบหาค่าแรงดึงตั้งฉากกับเสี้ยนของไม้ จากชิ้นงานทดสอบจำนวน 15 ตัวอย่าง

ชิ้นทดสอบที่	พื้นที่ ($ซม.^2$)	ความกว้าง (ซม.)	แรงสูงสุด (กก.)	กำลังดึง ($กก./ซม.^2$)	ปริมาณความชื้น (%)
1	12.5	2.5	71.62	5.730	15.8436
2	12.5	2.5	83.19	6.655	14.1988
3	12.5	2.5	90.11	7.209	14.4374
4	12.5	2.5	90.11	7.209	13.6268
5	12.5	2.5	87.95	7.036	10.3659
6	12.5	2.5	81.38	6.510	10.7287
7	12.5	2.5	88.92	7.114	13.8947
8	12.5	2.5	53.64	4.291	14.8454
9	12.5	2.5	60.7	4.856	18.3299
10	12.5	2.5	58.67	4.694	10.6339
11	12.5	2.5	82.57	6.606	15.0407
12	12.5	2.5	81.48	6.518	15.4839
13	12.5	2.5	75.68	6.054	15.7233
14	12.5	2.5	69.51	5.561	16.2162
15	12.5	2.5	55.91	4.473	18.3299
ค่าเฉลี่ย	12.5	2.5	70.85	5.668	14.9227

จากตารางที่ 4.24 แสดงผลการทดลองแรงดึงของไม้ จะพบว่าค่าเฉลี่ยที่ไม้สามารถรับแรงกระทำสูงสุดได้อยู่ที่ 70.85 กก. อยู่ระหว่าง 53.64-90.11 กก. และกำลังดึงเฉี่ยต่อพื้นที่ 5.67 กก./ซม^2 อยู่ระหว่าง 4.47-7.21 กก./ซม^2 ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นอยู่ที่ 14.92 เปอร์เซนต์ ค่าแรงดึงของไม้มีค่าเฉลี่ยอย 5.66 กก./ซม^2 ค่าแรงดึงน้อยสุด 4.29 กก./ซม^2 ค่าแรงดึงมากสุด 7.20 กก./ซม^2

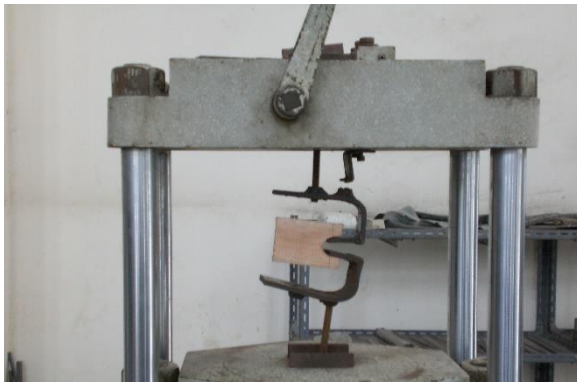
4.2.5 การทดสอบการฉีก

วัดขนาดของตัวย่างไม้สำหรับการทดสอบกำลังฉีกขาดของไม้ (เซาะร่องด้านเดียว) ให้ละเอียดถึง มิลลิเมตร ใส่ตัวอย่างไม้ทดสอบเข้าในชุดอุปกรณ์ทดสอบ แล้วเพิ่มแรงดึงอย่างช้าๆ ในอัตราประมาณ 2.5 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งไม้วิบัติ และบันทึกแรงดึงสูงสุด นำส่วนของไม้ส่วนหนึ่งไปชั่งน้ำหนัก และเข้าตู้อบเพื่อให้แห้ง เพื่อหาปริมาณความชื้นในไม้ต่อไป



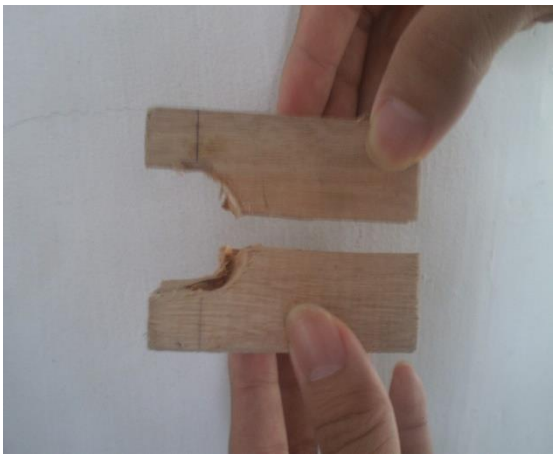
รูปที่ 4.43 ขนาดของไม้ในการทดสอบการฉีก

รูปที่ 4.44 ขนาดของไม้ในการทดสอบจริง



รูปที่ 4.45 การทดสอบการฉีกแตกของไม้

รูปที่ 4.46 การเสียรูปหลังการทดสอบการฉีกแตกของไม้



รูปที่ 4.47 การเสียรูปหลังการทดสอบการฉีกแตกของไม้

ตารางที่ 4.25 การทดสอบการฉีกแตกของไม้

จากการทดสอบหาค่าการฉีกแตกของไม้ จากชิ้นงานทดสอบจำนวน 15 ตัวอย่าง

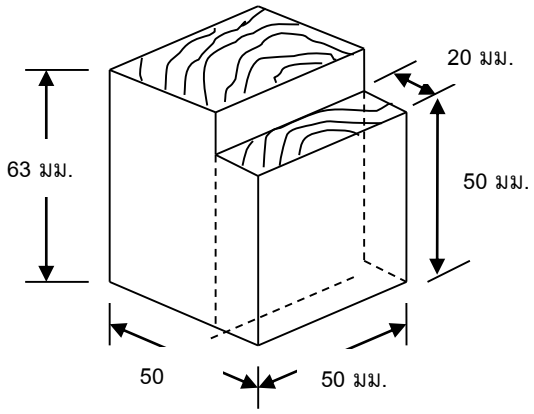
ชิ้นทดสอบที่	พื้นที่ (ซม.)	แรงสูงสุด (กก.)	กำลังฉีกต่อพื้นที่ (กก./ซม^2)	ปริมาณความชื้น (%)
1	5	29.94	5.988	15.8322
2	5	39.78	7.956	16.3914
3	5	36.24	7.248	13.8223
4	5	63.84	12.768	15.6425
5	5	57.47	11.494	15.1592
6	5	49.55	9.910	14.3885
7	5	47.64	9.528	16.3662
8	5	43.21	8.642	15.5172
9	5	38.19	7.638	14.8529
10	5	47.64	9.528	15.8974
11	5	43.21	8.642	14.7971
12	5	38.19	7.638	14.7727
13	5	43.26	8.652	14.9606
14	5	43.12	8.624	15.3471
15	5	41.59	8.318	14.1689
ค่าเฉลี่ย	5	43.56	8.712	15.1069

จากตารางที่ 4.25 แสดงผลการทดสอบการฉีกแตกของไม้ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยที่ไม้สามารถรับแรงกระทำได้อยู่ที่ 43.56 กก. อยู่ระหว่าง 29.94-63.84 กก. และกำลังฉีกเฉลี่ยต่อพื้นที่ 8.71 กก./ซม^2 และอยู่ระหว่าง 5.988-12.77 กก./ซม^2 ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นเฉลี่ย 15.11 เปอร์เซนต์ ค่าแรงฉีกของไม้เฉลี่ย 8.71 กก./ซม^2 ค่าแรงฉีกน้อยสุด 5.98กก./ซม^2 ค่าแรงฉีกมากสุด12.76 กก./ซม^2

4.2.6 การทดสอบการเฉือนขนานเสี้ยน (Shear Parallel to Grain Test)

เตรียมไม้ที่ไสเรียบให้ได้ตามขนาด ตกแต่งผิวให้เรียบด้วยกระดาษทราย นำไม้ไปชั่งแล้วจดบันทึกน้ำหนักไม้ นำไม้ประกอบเข้ากับเครื่องมือทดสอบแรงเฉือน แล้งค่อยๆเพิ่มแรงไปเลื่อยๆจนกว่าไม้เกิดการ

เฉือนขาด บันทึกค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ไม้รับได้ จดบันทึกค่าแรงกระทำสูงสุดและลักษณะการวิบัติของไม้ นำไม้ออกจากเครื่องทดสอบ เข้าเตาอบเพื่อให้แห้ง เพื่อหาปริมาณความชื้นในไม้ต่อไป



รูปที่ 4.48 ขนาดของไม้ในการทดสอบการเฉือนขนานเสี้ยน

รูปที่ 4.49 ขนาดของไม้ในการทดสอบจริง

รูปที่ 4.50 การเฉือนของไม้

รูปที่ 4.51 การเสียรูปหลังจากทดสอบการเฉือนของไม้

รูปที่ 4.52 การเสียรูปหลังจากทดสอบการเฉือนของไม้

ตารางที่ 4.26 ผลการทดสอบการรับแรงเฉือนขนานเสี้ยน

จากการทดสอบหาค่าการรับแรงเฉือนของไม้ จากชิ้นงานทดสอบจำนวน 10 ตัวอย่าง

ชิ้นทดสอบที่	แรงสูงสุด (กก.)	พื้นที่แรงเฉือน ($ซม^2$)	แรงเฉือนประลัย ($กก./ซม^2$)	ปริมาณความชื้น (%)
1	108.69	25	4.347	16.8285
2	86.13	25	3.445	23.8806
3	90.15	25	3.606	25.6693
4	103.01	25	4.120	16.9844
5	94.57	25	3.783	16.8421
6	98.96	25	3.958	17.3077
7	95.06	25	3.802	16.7213
8	87.99	25	3.519	21.3689
9	91.33	25	3.653	17.3579
10	89.97	25	3.598	16.6403
ค่าเฉลี่ย	93.69	25	3.748	18.9601

จากตารางที่ 4.26 แสดงผลการทดสอบการรับแรงเฉือนของไม้ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยที่ไม้สามารถรับแรงสูงสุดอยู่ที่ 93.69 กก. และอยู่ระหว่าง 86.13-103.01 กก. และแรงเฉือนประลัยต่อพื้นที่ อยู่ที่ 3.75 กก./ซม^2 และอยู่ระหว่าง 3.445-4.347 กก./ซม^2 ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นอยู่ที่ 18.96 เปอร์เซนต์ ค่าแรงเฉือนของไม้ 3.784 กก./ซม^2 ค่าแรงเฉือนน้อยสุด 3.445 กก./ซม^2 ค่าแรงเฉือนมากสุด 4.120 กก./ซม^2

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากการทดสอบและวิเคราะห์ไม้ยูคาลิปตัสเพื่อมาใช้เป็นโครงสร้างองค์อาคารสามารถนำไม้ยูคาลิปตัสที่มีอายุ 3 ปีขึ้นไป มาใช้เป็นองค์อาคารได้บางประเภทได้ และสามารถที่จะนำมาใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวประเภทค้ำยันและเสาเข็มไม้ ควรใช้ทั้งลำต้น สาเหตุเนื่องจากไม้อายุน้อยมีขนาดเล็ก การแปรรูปใหม่ๆจะเกิดการโก่งทางด้านไส้ไปหาเปลือกหรือเรียกว่าการโก่งหนีไส้ คือเป็นการดึงตัวของเซลล์เนื้อไม้เพื่อปลดปล่อยความเค้นจากการเจริญเติบโต และการบิดเบี้ยวและแตกตามแนวยาวเมื่อมีการสูญเสียน้ำหลังจากการแปรรูปแล้ว และไม้แปรรูปยูคาลิปตัสควรจะทำการอาบน้ำยาเคมีเพื่อป้องกันการหดตัว การบิดเบี้ยว และการแตกควรตัดไม้ให้สั้นหรือยาวประมาณ 1.50-2.50 เมตรจะช่วยให้การโก่งตัวไม้ยูคาลิปตัสลดลงได้มาก

ผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. อายุของไม้ยูคาลิปต้สมีผลต่อคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสอย่างมาก คือเมื่ออายุมาก ค่ากายสมบัติและกลสมบัติต่างๆจะสูงขึ้น

2. ตำแหน่งของไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาทดสอบก็เป็นส่วนสำคัญในการทำให้ค่ากายสมบัติและกลสมบัติต่างๆ สูงขึ้นด้วย

3. กลสมบัติต่างๆของไม้ยูคาลิปตัสทมีความสัมพันธ์กับความถ่วงจำเพาะ และความแข็งของไม้

4. การอัดขนานเสี้ยน การอัดตั้งฉากเสี้ยน มีค่าดีพอสมควรเมื่อเทียบกับไม้เนื้ออ่อนทั่วไป ส่วนค่าเฉือนขนานเสี้ยน การฉีก มีค่าสูงกว่าไม้เนื้ออ่อนทั่วไปและมีค่าใกล้เคียงกับไม้เนื้อแข็ง

5.การใช้งานไม้ยูคาลิปตัสยังพอใช้ได้กับงานจำพวกไม้โครงสร้างขนาดเล็ก เช่นไม้ทำเครื่องเรือน ไม้ประสานหรือไม้ประกอบในงานทั่วไป ไม้วงกบ ไม้กรอบหรือบานประตู ไม้ลิ้นลองรอบตัวและไม้พื้นปาร์เก้ โมเสค เป็นต้น รวมทั้งงานเสาเข็มไม้ งานโครงสร้างค้ำยันชั่วคราว

เอกสารอ้างอิง

1) สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ช่อวิเชียร.2530. การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก พิมพ์ครั้งที่ 7
2) สุภาวดี บุญยฉัตร. 2545. งานวิจัยการใช้ไม้เนื้ออ่อนโตเร็วในประเทศไทยเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างไม้. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
3) นิคม แหลมสัก. 2534. วิทยานิพนธ์เรื่องกลสมบัติของไม้หลาวชะโอน คณะวนศาสตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4) ณงค์ศักดิ์ ภิญโญตระกูล, 2545. วิทยานิพนธ์ การประเมินคุณสมบัติทางวิศวกรรมของไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้สำหรับการก่อสร้าง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
5) รังษี นันทสาร. 2528. การออกแบบโครงสร้างไม้. พิมพ์ครั้งที่ 6.กรุงเทพ: งานผลิตเอกสารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
6) ตระกูล อร่ามรักษ์. 2526. การออกแบบโครงสร้างไม้. กรุงเทพ.ภาควิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7) พงศ์ โสโน วน.บ. (ม.ก.) กลสมบัติของไม้ไทย. หมวดทดลองกำลังไม้กองค้นคว้ากรมป่าไม้ กระทรวงเกษตร
8) สมนึก ลิ้มทองสิทธิคุณ. 2523. วิทยานิพนธ์กลสมบัติของไม้อาบน้ำยา. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
9) นายณรงค์ โทณานนท์, นายศิริ เจือวิจิตรจันทร์. 2528. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย วิชาการกรมป่าไม้ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้
10) ไพบูลย์ วงศ์สกุล. 2533. การปลูกยูคาลิปตัส.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพ
11) มนัส อนุศิริ. 2549. ทฤษฎีและปฏิบัติการทดสอบวัสดุในงานวิศวกรรมโยธา.กรุงเทพมาตรฐานช่าง พ.ศ. 2541 มยธ. (ท) 201-2541กรมโยธาธิการ. กระทรวงมหาดไทย
12) มณฑี โพธิ์ทัย. 2528. ยูคาลิปตัส. กรุงเทพ: องค์กรอุตสาหกรรมป่าไม้.
13) ASTM D 143-94 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber
14) ASTM D 2395-02 Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Base Materials

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย 256109A1080015 สัญญาเลขที่ 160/2561

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบปราณ พ.ศ. 2561

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การศึกษาคุณสมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกในภาคตะวันออกเพื่อใช้ในงานก่อสร้างชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ผศ.ดร. อานนท์ วงษ์แก้ว

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตค. 2560 ถึงวันที่ 30 กย.2561

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตค.2560

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 104,050 บาท

งวดที่ 2 (40%) 83,240 บาท

งวดที่ 3 (10%) 20,810 บาท

รวม 208,100 บาท

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	**งบประมาณที่ตั้งไว้**	**งบประมาณที่ใช้จริง**	**จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน**
1. ค่าจ้าง	80,000	100,000	-20,000
2. ค่าวัสดุ	50,000	45,000	5,000
3. ค่าใช้สอย	30,000	25,000	5,000
4. ค่าซ่อมแซม	48,100	40,000	8,100
รวม	208,100	210,000	-1,900

(.....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน