หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อสังเกตเบื้องต้นในการออกแบบคานไม้ และคานไม้เสริมผิว

ไม้เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีโครงสร้างเป็นเสี้ยนและมีรูปร่างเป็นหลอดกลวงเป็นจำนวนมาก ติดต่อกันในทุกทิศทาง เป็นลักษณะที่แตกต่างไปจากวัสดุก่อสร้างอื่นๆ ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับสภาพการรับแรงของคานไม้จึงไม่อาจใช้สูตรและทฤษฎีเดียวกันกับที่ใช้ออกแบบด้วยวัสดุอื่นๆโดยตรงได้[1] ในทางทฤษฎีถือว่าไม้เป็นวัสดุที่มีค่า elastic constants แตกต่างกันในทิศทางตั้งฉากซึ่งกันและกัน (orthotropic) และค่ากลสมบัติในทางดึงกับทางอัดก็แตกต่างกันด้วย (bimodulus materials) ในการหาค่าหน่วยแรงดัด หน่วยแรงเฉือน และการโก่งงอของคานไม้ และคานไม้เสริมผิว มีวิธีตามทฤษฎีต่างๆหลายทฤษฎี ซึ่งแต่ละทฤษฎีที่วิเคราะห์ออกมาเพื่อใช้งานนั้น ได้กำหนดข้อสมมุติฐานที่แตกต่างกัน ดังนั้น การนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยทฤษฎีต่างๆมาใช้จะมีขอบเขตในการใช้งานที่ไม่เหมือนกัน ในการออกแบบคานจึงจำเป็นต้องกำหนดไว้ว่า คานประเภทใดและลักษณะการรับแรงชนิดใด จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ทฤษฎี มีข้อสมมุติแบบใด จึงจะได้ผลออกมาใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงหรือมีค่าตัวเลขผิดพลาดจากสภาพจริงยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การออกแบบคานเพื่อให้รับน้ำหนักโดยปลอดภัยนั้น หมายถึงการกำหนดขนาดของคาน พอดีที่ทำให้ค่าความเค้นต่างๆที่เกิดขึ้นในคาน ไม่เกินค่าความเค้นที่ยอมให้สำหรับแต่ละสภาพการ และการโก่งงอของคาน ต้องมีระยะโก่งไม่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ของคานแต่ละชนิด ปัญหาสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการคำนวณออกแบบคานไม้และคานไม้เสริมผิวนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณีใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1.1.1 การนำค่า elastic constants ของคานไม้มาใช้ให้ถูกต้องตามสภาพของไม้

ค่า elastic constants ของไม้ซึ่งสามารถหาได้จากการทดลองโดยตรงนั้นก่อนจะนำมาใช้คำณวนออกแบบคาน จะต้องมีการปรับแต่งตามลักษณะและสภาพของเนื้อไม้ที่นำมาใช้งานจริง เพราะค่า elastic constants ของไม้จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภายสมบัติอื่นๆ เช่น ความชื้นของไม้ ความถ่วงจำเพาะ ลักษณะการลาดเอียงของเสี้ยนแนวของเส้นวงปีในคานเป็นต้น การทดลองเพื่อหาค่ากลสมบัติของไม้นอกจากจะหาค่า elastic constants และหาความแข็งแรงต่างๆ แล้ว จำเป็นต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างกลสมบัติและสภายของไม้ด้วย ค่า elastic constants ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์คานไม้และคานไม้เสริมผิวก็ได้แก่ โมดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวเสี้ยนโมดูลัสของแรงเฉือนในแนวเสี้ยน และ Poisson's ratio ของไม้ในระนาบตามเสี้ยนและตั้งฉากกับเสี้ยน โดยเฉพาะค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวเสี้ยนซึ่งนำมาใช้มากที่สุดเกือบทุกทฤษฎี จำเป็นต้องทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามสภาพของไม้ด้วย[2]

การกำหนดค่า elastic constants ของคานไม้เสริมผิวเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณออกแบบคานโดยทั่วไปจะสมมุติว่า คานเป็นวัสดุเนื้อเดียว แล้วกำหนดค่า effective elastic constants โดยใช้ rule of mixture ระหว่างไม้กับวัสดุที่นำมาเป็นแผ่นประกบ เมื่อนำค่าeffective elastic constants นี้ไปใช้ในการคำนวณออกแบบคาน ก็ควรจะทราบว่า ในกรณีใดจึงจะใช้ได้ และกรณีใดที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เพราะบางกรณีเมื่อนำไปใช้แล้วอาจทำให้เกิดผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผิดพลาดจากสภาพความจริงมากเกินไป

1.1.2 การกำหนดความเค้นที่ยอมให้จากผลการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของไม้และแผ่นประกบ

ความแข็งแรง หรือค่าความเค้นประลัยของวัสดุ คือค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้ก่อนการแตกหัก ความแข็งแรงที่จะนำมาพิจารณาในการออกแบบคานโดยทั่วไปคือความแข็งแรงในการรับแรงดัด แรงเฉือน และแรงอัดที่จุดยึดปลายคาน

การกำหนดค่าความเค้นปลอดภัย จากค่าความแข็งแรงกับส่วนปลอดภัย ตามชนิดและประเภทของงานนั้น เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบคานไม้และคานไม้เสริมผิว เพราะ

การกำหนดค่าส่วนปลอดภัย จำเป็นต้องพิจารณาสิ่งเกี่ยวข้องหลายประการด้วยกัน เช่น สภาพแวดล้อมที่จะนำไม้ไปใช้ ตำหนิต่างๆ ของไม้ที่จะทำให้เสียกำลัง ช่วงเวลาที่ไม้จะต้องรับน้ำหนักปรรทุก และน้ำหนักบรรทุกฉุกเฉินที่ไม้จะต้องรับชั่วครั้งชั่วคราว เป็นต้น

การกำหนดค่าตัวประกอบสำหรับส่วนปลอดภัย ตามที่กล่าวมาแล้ว จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ การสังเกต และการทดลอง ควบคู่กันไป จึงจะสกมารถกำหนดค่าได้ถูกต้องเหมาะสมกับแต่ละสภาพของคานและแต่ละประเภทของงาน

การกำหนดค่าความเค้นปลอดภัยสำหรับคานไม้และคานไม้เสริมผิวนั้น นอกจากจะต้องกำหนดค่าส่วนปลอดภัยให้ถูกต้อง เหมาะสมเสียก่อนแล้ว ค่าความแข็งแรง ซึ่งได้จากการทดลองโดยตรง ก่อนที่จะนำมาใช้กำหนดค่าความเค้นปลอดภัย จะต้องมีการปรับแต่งตามสภาพของคานที่ใช้งานจริง เพราะค่าความแข็งแรงของไม้ ก็เป็นแบบเดียวกับค่ากลสมบัติอื่นๆ ของไม้ คือจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพของเนื้อไม้ และสกายสมบัติของไม้เช่น ความชื้น และความถ่วงจำเพาะของไม้เป็นต้น ดังนั้น ในการกำหนดค่าความแข็งแรงที่ถูกต้องตามสภาพที่เป็นจริงของคาน จะต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับความชื้นของไม้ และความแข็งแรงกับความถ่วงจำเพาะของไม้ เมื่อทราบความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับสกายสมบัติต่างๆ ของไม้แล้ว ก็สามารถปรับแต่ง ค่าความแข็งแรงที่ได้จากการทดลองมาใช้ให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงของคานมากยิ่งขึ้น

การกำหนดค่าความเค้นปลอดภัย หรือความเค้นที่ยอมให้สำหรับคานไม้เสริมผิว บางกรณีจะไม่ได้กำหนดจากค่าความแข็งแรงที่ได้จากการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของวัสดุโดยตรง เพราะการชำรุดเสียหายของคานไม้เสริมผิว อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากรอยย่นของผิวส่วนรับแรงอัด ดังนั้นการกำหนดค่าความเค้นปลอดภัยของคานไม้เสริมผิวที่มีไส้ไม้ออน ควรพิจารณาจากแรงอัดวิกฤตของการเกิดรอยย่นที่ผิวส่วนรับแรงอัดด้วย

1.1.3 วิธีการคำนวณหาค่าความเค้นและระยะโก่งของคานตามทฤษฎีต่างๆ

การวิเคราะห์ตามทฤษฎีเพื่อหาคำตอบสำหรับความเค้นต่างๆ และการโก่งงอของคานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.1.3.1 Bernoulli - Euler Beam Theory

เป็นทฤษฎีพื้นฐานในการวิเคราะห์คานทั่วๆ ไป ซึ่งจะได้คำตอบออกมาเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในนามของสูตรการโก่งงอของคาน (flexure formula) การวิเคราะห์ตามทฤษฎีนี้ มีข้อสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นดังต่อไปนี้(3)

ก. วัสดุต้อง เป็นสารอนุพันธ์

ข. การ เปลี่ยนรูปของคาน เป็นไปตามกฎของฮุค

ค. โมดูลัสของความยืดหยุ่นในทางดึง กับทางอัดเท่ากัน

ง. ก่อนและหลังจากที่คานรับแรง พื้นที่หน้าตัดของคานอยู่ในแนวตั้งฉากกับแกนสะเทิน

จ. คานมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอด

สูตรที่ได้จากทฤษฎีพื้นฐานนี้ เป็นสูตรเริ่มแรกในการวิเคราะห์การโก่งงอของคาน และสามารถให้ค่าที่ถูกต้องมากพอสมควร เมื่อนำไปใช้กับวัสดุจำพวกโลหะ แต่สำหรับวัสดุก่อสร้างอื่นๆ เช่น ไม้ พลาสติค และสารจำพวกใยสังเคราะห์ต่างๆ จะมีขอบเขตในการนำทฤษฎีนี้ไปใช้แตกต่างกันออกไป ตามชนิดของวัสดุ และลักษณะของคานโดยเฉพาะไม้ซึ่งถือว่าเป็นประเภท bimodulus คือค่าโมดูลัสในทางดึงกับทางอัดไม่เท่ากัน และค่าโมดูลัสของแรงเฉือนในแนวคานต่ำกว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นตามแนวเสี้ยนมาก ดังนั้น สาเหตุที่ทำให้ค่าความเค้นและระยะโก่งที่หาได้จากทฤษฎีนี้แตกต่างจากสภาพการรับแรงจริงของคานที่สำคัญมีอยู่ 2 กรณีคือ

ก. แกนสะเทินไม่ได้ผ่านจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่หน้าตัด

ข. คานที่มีโมดูลัสของแรงเฉือนน้อย เมื่อได้รับแรงเฉือนจะเกิดการโก่งงอเนื่องจากแรงเฉือนมากพอสมควร ในบางสภาวะของคานจำเป็นต้องนำมาคิดรวมกับการโก่งงอเนื่องจากแรงดัดด้วย

1.1.3.2 Timoshenko Beam Theory

ในการวิเคราะห์การโก่งงอของคานโดยใช้ทฤษฎีนี้ ข้อสมมุติฐานส่วนใหญ่เหมือนกับการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีพื้นฐาน เพียงแต่พิจารณาผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการบิดตัวของ

พื้นที่หน้าตัดของคาน เมื่อได้รับแรงเฉือนด้วย สูตรที่ได้จากทฤษฎีนี้ เหมาะที่จะใช้กับสารจำพวกใยสังเคราะห์ คานไม้ และคานไม้ที่ประกบผิวด้วยโลหะแผ่นบาง เพราะคานประเภทนี้มีค่าโมดูลัสของแรงเฉือนน้อยกว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวคานมาก จึงต้องคิดผลของแรงเฉือนด้วย เมื่อจะนำสูตรจากทฤษฎีนี้ไปใช้กับคานไม้ที่มีโลหะแผ่นประกบผิว ก็อาจสมมุติให้คานเป็นวัสดุเนื้อเดียว โดยใช้ความลึกประสิทธิผลของคานแทนความลึกจริง หรือความกว้างประสิทธิผลของคานแทนความกว้างจริงก็ได้

1.1.3.3 ทฤษฎีจากการวิเคราะห์คานสอดไส้

การวิเคราะห์คานสอดไส้ ที่สมบูรณ์จริงๆ นั้น เท่าที่ปรากฏในปัจจุบันยังไม่มีผลเหมาะสมพอที่จะสามารถนำมาใช้ในการคำณวนออกแบบคานไม้เสริมผิวทั่วๆ ไปได้ ทั้งนี้เพราะเหตุว่าข้อสมมุติฐานต่างๆ ที่กำหนดไว้ ไม่ปรากฏว่ามีทฤษฎีใดที่จะนำมาใช้ได้โดยตรงกับคานไม้ประกบผิวด้วยโลหะแผ่น เพราะข้อสมมุติฐานแต่ละแบบแตกต่างจากสภาพความจริงของไม้มาก

ตัวอย่างข้อสมมุติฐานที่กำหนดขึ้นในการวิเคราะห์หาค่าความเค้นและระยะโก่งของคานสอดไส้ ได้แก่[4]

ก. ใช้สติฟเนสประสิทธิผล เพื่อหาความเค้นดัดและระยะโก่งของคานโดยสมมุติว่าไม่มี local bending ในแผ่นประกบ และไม่คิดผลของแรงเฉือนต่อการโก่งของคาน

ข. สมมุติให้คานสอดไส้มีไส้แบบ antiplane core คือไส้รับแรงเฉือนได้ แต่รับโมเมนต์ดัดไม่ได้

ค. สมมุติให้ไส้รับแรงเฉือนได้และกระจายอย่างสม่ำเสมอ แผ่นประกบบางไม่มี local bending ในแผ่นประกบ ไส้รับโมเมนต์ดัดไม่ได้

ง. สมมุติให้ไส้รับแรงเฉือนได้และกระจายสม่ำเสมอ แผ่นประกบหนา คิด local bending ในแผ่นประกบด้วย ไส้สามารถรับโมเมนต์ดัดได้

การนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตามทฤษฎี ซึ่งมีข้อสมมุติฐานแบบต่างๆ กันนี้มาใช้กับคานไม้เสริมผิว ต้องพิจารณาเลือกใช้ทฤษฎีที่ใกล้เคียงกับสภาพความจริงมากที่สุด และต้องไม่ยุ่งยากเกินไปด้วย ดังนั้น เมื่อจะนำผลจากทฤษฎีไปใช้งานจริง ต้องมีการปรับแต่งบ้าง เพื่อให้ได้ค่าที่คำณวนออกมาใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากน้อยตามความต้องการ

1.2 ทฤษฎีความยืดหยุ่นของไม้

ในทฤษฎีความยืดหยุ่นจะกำหนดให้ไม้เป็นวัสดุประเภท orthotropic ซึ่งมีคุณสมบัติของความยืดหยุ่นในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน 3 ทิศทาง และสมมุติว่าเป็นสารอนุพันธ์เนื้อสม่ำเสมอ เพื่อที่จะนำกฎของฮุคมาใช้ได้ เมื่อใช้กฎของฮุคกับไม้ โดยกำหนดแกนใน 3 ทิศทาง ตามลักษณะของเนื้อไม้ คือทิศทางตามแนวเสี้ยน(l) ทิศทางตามแนวรัศมีของลำต้นไม้(r) และทิศทางตามแนวเส้นสัมผัสกับวงปี(t) เมื่อใช้กฎของฮุคและให้อยู่ในรูปของ matric form ดังนี้(5)

$$\begin{vmatrix} \epsilon_l \\ \epsilon_t \\ \epsilon_r \\ \gamma_{tr} \\ \gamma_{rl} \\ \gamma_{lt} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{1}{E_l} & \frac{-\upsilon_{lt}}{E_l} & \frac{-\upsilon_{lr}}{E_l} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-\upsilon_{tl}}{E_t} & \frac{1}{E_t} & \frac{-\upsilon_{tr}}{E_t} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-\upsilon_{rl}}{E_r} & \frac{-\upsilon_{rt}}{E_r} & \frac{1}{E_r} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{tr}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{rl}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{lt}} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \sigma_l \\ \sigma_t \\ \sigma_r \\ \tau_{tr} \\ \tau_{rl} \\ \tau_{lt} \end{vmatrix} \qquad (1.1)$$

ค่า elastic parameters 9 ตัว ในกรณีนี้ คือ E_l, E_t, E_r, G_{tr}, G_{rl}, G_{lt}, υ_{lr}, υ_{lt}, และ υ_{tr} ซึ่งค่าคงสมบัติเหล่านี้ของไม้แต่ละชนิดสามารถหาได้โดยการทดลองโดยตรง ค่า elastic parameters ที่จะนำมาใช้ในการหาค่าการโก่งงอ และการเกิดรอยย่นที่ผิวของคานเสริมผิวได้แก่ E_l, E_r, G_{rl} และ υ_{rl} ทั้ง 4 ตัวนี้ตัวที่นำมาใช้มากที่สุดคือ E_l และค่า G_{rl} จะมีความจำเป็นต่อเมื่อจะคิดผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเฉือนในคานด้วย ส่วนค่า E_r และ υ_{rl} จะนำมาพิจารณาเฉพาะในกรณีที่จะหาค่าความเค้นวิกฤติที่จะทำให้เกิดรอยย่นของแผ่นประกบซึ่งยึดติดอยู่บนไม้ จากผลงานการวิจัยเพื่อหาค่าคงสม-

สมบัติของไม้ในประเทศไทยโดยการทำ bending test โดยหน่วยงานต่างๆ เท่าที่ปรากฏในอดีต มีข้อมูลของค่า elastic parameters เพียงตัวเดียวคือ E_1 ทั้งนี้เพราะจุดประสงค์ของการวิจัยส่วนใหญ่ที่ได้ทำมาแล้วก็เพื่อจะนำค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นตามแนวเสี้ยนนี้ไปคำณวนออกแบบคานไม้โดยใช้ทฤษฎีการโก่งงอธรรมดาจึงไม่จำเป็นต้องทราบค่า elastic parameters ซึ่งนอกเหนือจากค่า E_1 ส่วนค่า G_{rl} นั้น จะเข้ามาเกี่ยวข้องต่อเมื่อต้องการทราบผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเฉือนในคานเท่านั้น แต่ในกรณีของคานไม้เสริมผิว การวิเคราะห์เพื่อหาค่าความสามารถในการรับแรงของคาน จำเป็นต้องทราบค่า elastic parameters ซึ่งนอกเหนือจากค่า E_1 และ G_{rl} แล้ว ก็ได้แก่ค่า E_r และ ν_{lr} ด้วย เพราะค่าเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดบทบาทของการเกิดรอยย่นของแผ่นประกบส่วนรับแรงอัดของคานเสริมผิว

ข้อสังเกตุอีกประการหนึ่งคือ เนื่องจากเนื้อไม้มีลักษณะเป็นเส้นใยตามแนวยาวหรือที่เรียกว่าเสี้ยน ดังนั้น ค่า elastic parameters ในทางดึงกับทางอัดจะแตกต่างกันซึ่งตามทฤษฎีถือว่าเป็น bimodulus materials ดังนั้น ค่า elastic parameters จะเพิ่มจาก 9 ตัวเป็น 18 ตัว แต่ในทางปฏิบัติจะถือว่าค่า elastic constants ในช่วงของการได้สัดส่วนของไม้ในทางดึงกับทางอัดเท่ากัน เพราะค่าต่างกันน้อย นอกจากค่า E_1 ซึ่งไม้บางชนิดจะมีค่าในทางดึงกับทางอัดต่างกันมากจนไม่อาจอยู่ใน เกณฑ์ที่จะสมมุติให้เท่ากันได้[6]

การหาค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในทางดึงกับทางอัด อาจหาได้โดยการทำ pure bending test โดยที่ค่าสติฟเนสของคานสามารถหาได้จาก rule of mixture คือ[7]

$$EI = \frac{b}{3}(E_1^+ h_2^3 + E_1^- h_1^3) \qquad (1.2)$$

เมื่อ $$h_1 = \frac{h(E^+)^{\frac{1}{2}}}{(E_1^+)^{\frac{1}{2}} + (E_1^-)^{\frac{1}{2}}}$$

$$h_2 = \frac{h(E_1^-)^{\frac{1}{2}}}{(E_1^+)^{\frac{1}{2}} + (E_1^-)^{\frac{1}{2}}}$$

$h = h_1 + h_2$

E_1^+ = โมดูลัสของความยืดหยุ่นในทางดึง

E_1^- = โมดูลัสของความยืดหยุ่นในทางอัด

h_1 = ระยะจากแกนสะเทินไปยังผิวนอกของด้านรับแรงดึง

h_2 = ระยะจากแกนสะเทินไปยังผิวนอกของด้านรับแรงอัด

h = ความลึกของคาน

1.3 สรุปผลที่ได้จากการทดลองหากลสมบัติของไม้ในอดีต (8,9,10,11)

เนื่องจากผลการทดลองและการวิจัยเกี่ยวกับกลสมบัติของไม้ภายในประเทศ ยังมีข้อมูลไม่มากนัก ดังนั้นข้อสรุปผลที่จะกล่าวต่อไปนี้ ส่วนใหญ่ได้จากข้อมูลการทดลองของไม้ในต่างประเทศ ซึ่งพอจะสรุปผลเฉพาะที่สำคัญ และเกี่ยวข้องกับการทดลองครั้งนี้มีดังต่อไปนี้คือ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดสำหรับวัสดุก่อสร้างต่างๆ สามารถกำหนดให้อยู่ในรูปของ

$$\epsilon \propto \sigma^n \qquad (1.3)$$

เมื่อ $\epsilon = \frac{\text{ความยาวส่วนยืดออก}}{\text{ความยาวเดิม}}$ = ความเครียด

σ = ความเค้น

$\propto$ และ n เป็นค่าคงที่ สำหรับวัสดุแต่ละชนิด

จากผลการทดลอง ปรากฏว่าค่า $n > 1$ สำหรับ เหล็กหล่อ ทองแดง คอนกรีต $n < 1$ สำหรับหนัง และ $n \approx 1$ สำหรับเหล็ก อลูมิเนียม และไม้ ดังนั้นเมื่อให้ $n = 1$ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด จะเป็นเส้นตรงตามกฎของฮุคคือ

$$\epsilon = \alpha \sigma \qquad (1.4)$$

เมื่อ α คือค่าตัวประกอบ (compliance) ซึ่งมีส่วนกลับเป็น $\frac{1}{\alpha} = E$ และ E คือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น และจากผลการทดลองเกี่ยวกับโมดูลัสของความยืดหยุ่นของไม้ปรากฏว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในทางดึงจะสูงกว่าค่าที่ได้ในทางอัด และขอบเขตของการได้สัดส่วนในทางอัดก็จะต่ำกว่าขอบเขตของการได้สัดส่วนในทางดึงมาก

สภาพที่เป็นแอนไอโซโทรปี้ (anisotropy) ของไม้สามารถเห็นได้ชัดเจนจากค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวเสี้ยนซึ่งจะสูงกว่าค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนมากและเป็นไปตามลำดับดังนี้

$$E_l > E_r > E_t$$

และค่าความยืดหยุ่นอื่นๆ ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางที่ทำมุมต่างๆ กันกับแนวเสี้ยนด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบ, α กับค่าความหนาแน่น, ρ ของไม้ทั่วๆ ไปจะมีรูปใกล้เคียงกับสมการไฮเปอร์โบลิค (hyperbolic) ดังนี้

$$\alpha = \frac{a}{\rho - b} \qquad (1.5)$$

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับความหนาแน่นของไม้คือ

$$E = \frac{1}{\alpha} = \frac{\rho - b}{a} = c(\rho - b) \qquad (1.6)$$

เมื่อ a, b และ c เป็นตัวคงที่

ผลของความชื้นในเนื้อไม้ที่มีต่อค่าความยืดหยุ่นจะมีมากถ้าความชื้นต่ำกว่าจุดอิ่มตัวของเส้นใย (fiber saturation point)

Kollmann และ Krech[8] ได้ทดลองหาค่าเปลี่ยนแปลงโมดูลัสของความยืดหยุ่นกับค่าความชื้นโดยการทดสอบแบบสั่นสะเทือน (vibration test) พบว่าในช่วงของความชื้นระหว่าง 8 – 22 เปอร์เซนต์สำหรับไม้ทั่วไปความสัมพันธ์จะใกล้เคียงเป็นเส้นตรง ดังนั้นการทดสอบไม้ที่มีความชื้นในช่วงนี้จะสามารถปรับแต่งค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นให้อยู่ในสภาพของความชื้นมาตรฐาน (12 เปอร์เซนต์) ได้จากสูตร

$$E_2(b - u_1) = E_1(b - u_2) \qquad (1.7)$$

เมื่อ E_1 คือ ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นที่ความชื้นมาตรฐาน (12 เปอร์เซนต์)

E_2 คือ ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดลอง

u_1 คือ ค่าความชื้นมาตรฐาน (12 เปอร์เซนต์)

u_2 คือ ค่าความชื้นของไม้ที่นำมาทดลอง

b เป็น ค่าคงที่สำหรับไม้แต่ละชนิด

จากผลการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความยืดหยุ่นกับการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สรุปได้ว่า ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นจะลดลง เมื่ออุณหภูมิ เพิ่มขึ้นดังนี้

$$E_2 = E_1\left[1 - K(t_2 - t_1)\right] \qquad (1.8)$$

เมื่อ t_1, t_2 คือ ค่าอุณหภูมิ

K เป็น ค่าสัมประสิทธิของไม้แต่ละชนิดต่อหน่วยองศา