

## เอกสารอ้างอิง



- 1 สนั่น เจริญเผ่า, วิจิต ช่อวิเชียร. การออกแบบโครงสร้างไม้ และโครงสร้างเหล็ก  
กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ รวมมิตรไทย, 2519, หน้า 1-2.
- 2 Hoyle, Robert J., Wood Technology in the Design of Structures.  
Missoula, Montana., Mountain Press., 1972, pp. 187-195.
- 3 Feodyev, V., Strength of Materials. MIR Publisher, Moscow, 1973  
pp. 210-211.
- 4 Allen, H. G., Analysis and Design of Structural Sandwich Panels.  
New York, N.Y., Pergamon Press Inc., 1969, pp. 253-271.
- 5 Schniewind, A.P., "Elastic Behavior of the Wood Fiber." Wood  
Science and Technology. Syracuse U. Press, 1972, pp.83-84
- 6 Kollmann, F.F., Kuenzi, Edward W. and Stamm, A.J., Principle of  
Wood Science and Technology. Springer Verlag, 1975, p. 36.
- 7 Tabaddor, F., "Analysis for Elastic Orthotropic Beams." Journal  
of the Fiber Science and Technology. Vol. 9 No 1,  
January 1976, pp. 1-10
- 8 Cote, Wilfred A., Wood Structure and Technology. Vol. 1., Springer  
Verlag., Germany, 1968, pp. 261-265.
- 9 Marsh, Paul., Beckett, Derrick., An Introduction to Structural  
Design. Surry U. Press, 1974, pp. 56-63.
- 10 AITC Committee., Timber Constructions manual. John Wiley and Sons,  
Inc., 1974., pp 23-24.
- 11 Jane, Benjamin A., Theory and Design of Wood and Fiber Composite  
Materials. Syracuse U. Press, 1976, p.32.

- 12 Mayberry, F., Composite Materials and Their Use in Structures.  
Springer Verlag, Germany., 1976, pp. 168-173.
- 13 DiTaranto, R.A., "Theory of Vibratory Bending for Elastic and Viscoelastic Layered Finite Length Beams," Journal of Applied Mechanics, Vol. 32, Trans. ASME, Vol. 87, Series E, No. 4, Dec. 1965. pp. 881-886.
- 14 DiTaranto, R.A., "Static Analysis of a Laminated Beam," Journal of Engineering for Industry, Vol. 65, August 1973. pp. 755-760.
- 15 Krajcinovic, D., "Sandwich Beam Analysis," The Journal of Applied Mechanics. Sept. 1972, pp. 773-778.
- 16 Krajcinovic, D., "Sandwich Beams with Arbitrary Boundary Conditions," The Journal of Engineering for Industry. August 1975. pp. 873-880.
- 17 Chong, Ken P. "Flexural Wrinkling in Foam-Filled Sandwich Panels." The Journal of The Engineering Mechanics. February 1974, pp. 95-109.
- 18 สงคราม ตรีภักดิ์. คุณสมบัติของไม้อัดยาง. เล่มที่ ร. 167, กองวิจัย  
ผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2518.  
หน้า 1.
- 19 Walker, J. N. and Dale, A. C., "Interpretation and Measurement of Strain in Wood," American Society of Agricultural Engineers, Trans. Vol. 6, No. 1, 1963, pp. 68-72.
- 20 พงศ์ โสโน. กลสมบัติของไม้ไทย. กรุงเทพมหานคร, กรมป่าไม้ กระทรวง  
เกษตรและสหกรณ์, 2516. หน้า 7-36.

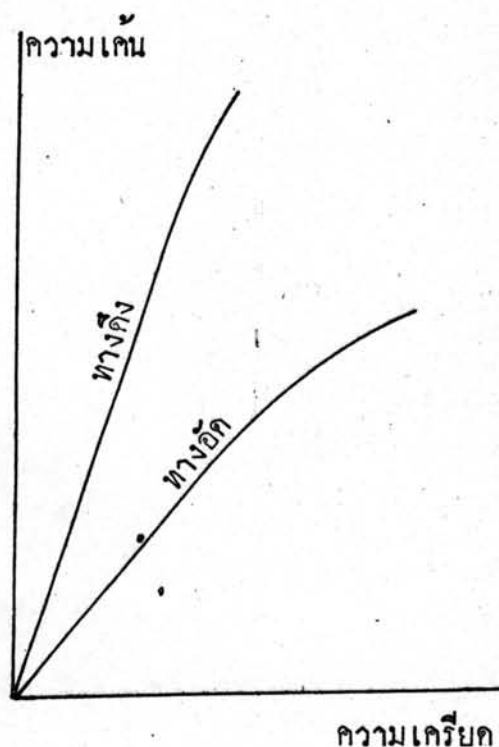
- 21 Vafai, Abolhassan., Farshad, Mehdi., Ahmadih, Aziz., "Determination of Modulus of Elasticity of Wood from Vibrating Reed Measurements," The Journal of Fibre Science and Technology. Vol. 9, 1976. pp.1-9.

ภาคผนวก

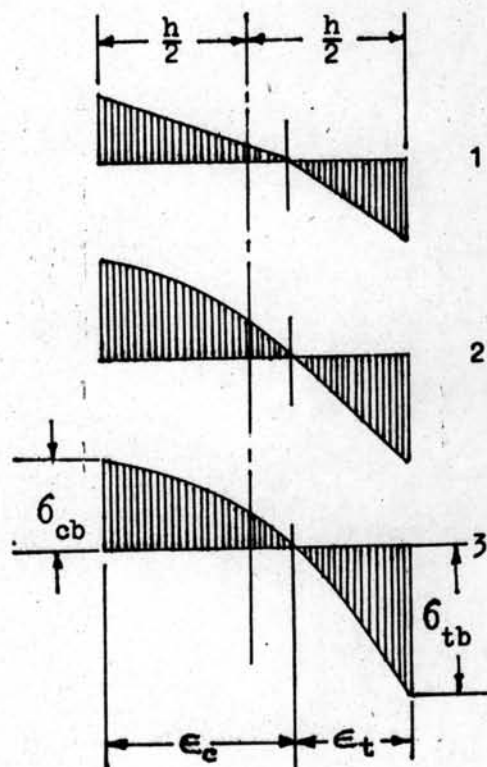


## ภาคผนวก ก.

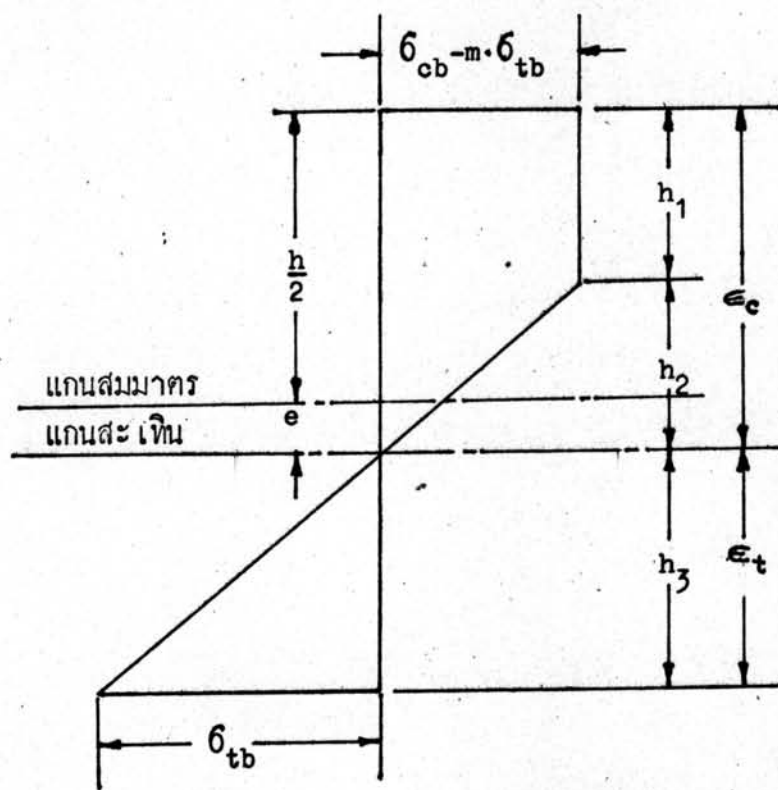
เนื่องจากไม้มีค่ากลสมบัติในทางดึงกับทางอัด แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อคานไม้ ได้รับความเค้น ถ้าจะใช้ Navier's formula จะได้ผลที่ไม่ถูกต้องนัก เพราะสูตรนี้มีข้อสมมุติว่า ความเค้นในคานจะต้องกระจายเป็นอัตราส่วนตรงกับระยะทางจากแกนที่ผ่านจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัด แต่สำหรับคานไม้ เมื่อให้โมเมนต์คดเพิ่มขึ้น ความเค้นในคาน จะไม่เป็นอัตราส่วนตรงกับระยะทางจากแกนสมมาตรของคาน ทั้งในทางดึงและทางอัด ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้แกนสะเหินของคานไม้ เลื่อนออกจากแกนสมมาตรของคาน



รูปที่ ก - 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด ในทางดึงและทางอัดของไม้



รูปที่ ก - 2 ลักษณะการกระจายความเค้นในคาน เมื่อได้รับความเค้นเพิ่มขึ้น



รูปที่ ก - 3 การปรับแก้ลักษณะการกระจายความเค้นในคานไม้

จากความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นกับความเครียด ตามรูปที่ ก - 1 เมื่อพลอตการกระจายความเค้นบนพื้นที่หน้าตัดของคาน ตามขนาดของโมเมนต์ค้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะได้ผลตามรูปที่ ก - 2 และจะเห็นว่า ค่าความเค้นค้ำจะเป็นอัตราส่วนตรงกับระยะห่างจากแกนสะเทิน เมื่อคานได้รับโมเมนต์ค้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อโมเมนต์ค้ำเพิ่มขึ้น ค่าความเค้นค้ำจะไม่เพิ่มขึ้น เป็นอัตราส่วนตรงกับระยะห่างจากแกนสมมาตร

THUNELL (8) ได้สมมุติการกระจายความเค้นค้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ตามรูปที่ ก - 3 ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นค้ำ ความเค้นดึง และความเค้นค้ำดังนี้

$$m \cdot b_{tb} \cdot c = \frac{m \cdot b_{bb} \cdot \frac{m \cdot b_{tb}}{E}}{2} = \frac{\epsilon_t \cdot b_{tb}}{2} \quad (1 ก)$$

เมื่อ  $b_{tb}$  = ความเค้นทางค้ำรับแรงดึง

$\sigma_{cb}$  = ความเค้นทางค้ำรับแรงอัด

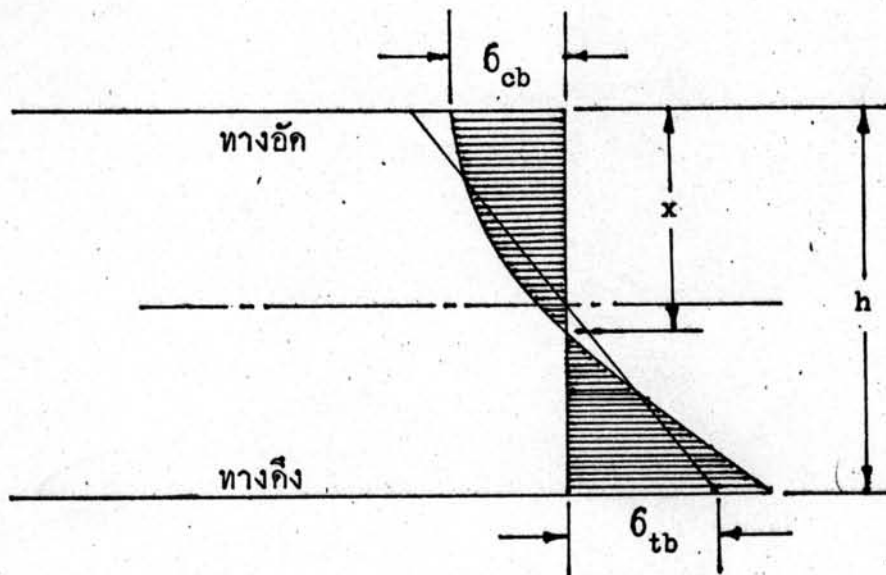
$\sigma_{bb}$  = ความเค้นค้ำในคาน

$$\epsilon_c = \frac{\sigma_{tb}}{E} \cdot \frac{1+m^2}{2m}; \quad \epsilon_t = \frac{\sigma_{tb}}{E}; \quad m = \frac{\sigma_{cb}}{\sigma_{tb}}; \quad \frac{\epsilon_c}{\epsilon_t} = \frac{1+m^2}{2m}$$

ตำแหน่งแกนสะเทิน ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ  $\sigma_{bb}$  กับ  $\sigma_{cb}$  ดังนี้

$$\frac{x}{h} = \frac{1+m^2}{(1+m)^2} \quad (2ก)$$

เมื่อ  $x$  คือระยะทางจากแกนสะเทิน ไปยังผิวบนของค้ำรับแรงอัด



รูปที่ ก - 4 ตำแหน่งแกนสะเทินของคานไม้

จากสมการที่ 2ก สามารถนำมาคำนวณหาค่า  $x/h$  ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

$\frac{\sigma_{tb}}{\sigma_{cb}}$	=	1.5	2.0	2.5	3.0
$m$	=	0.67	0.5	0.40	0.33
$x/h$	=	0.52	0.56	0.60	0.62

## ภาคผนวก ข

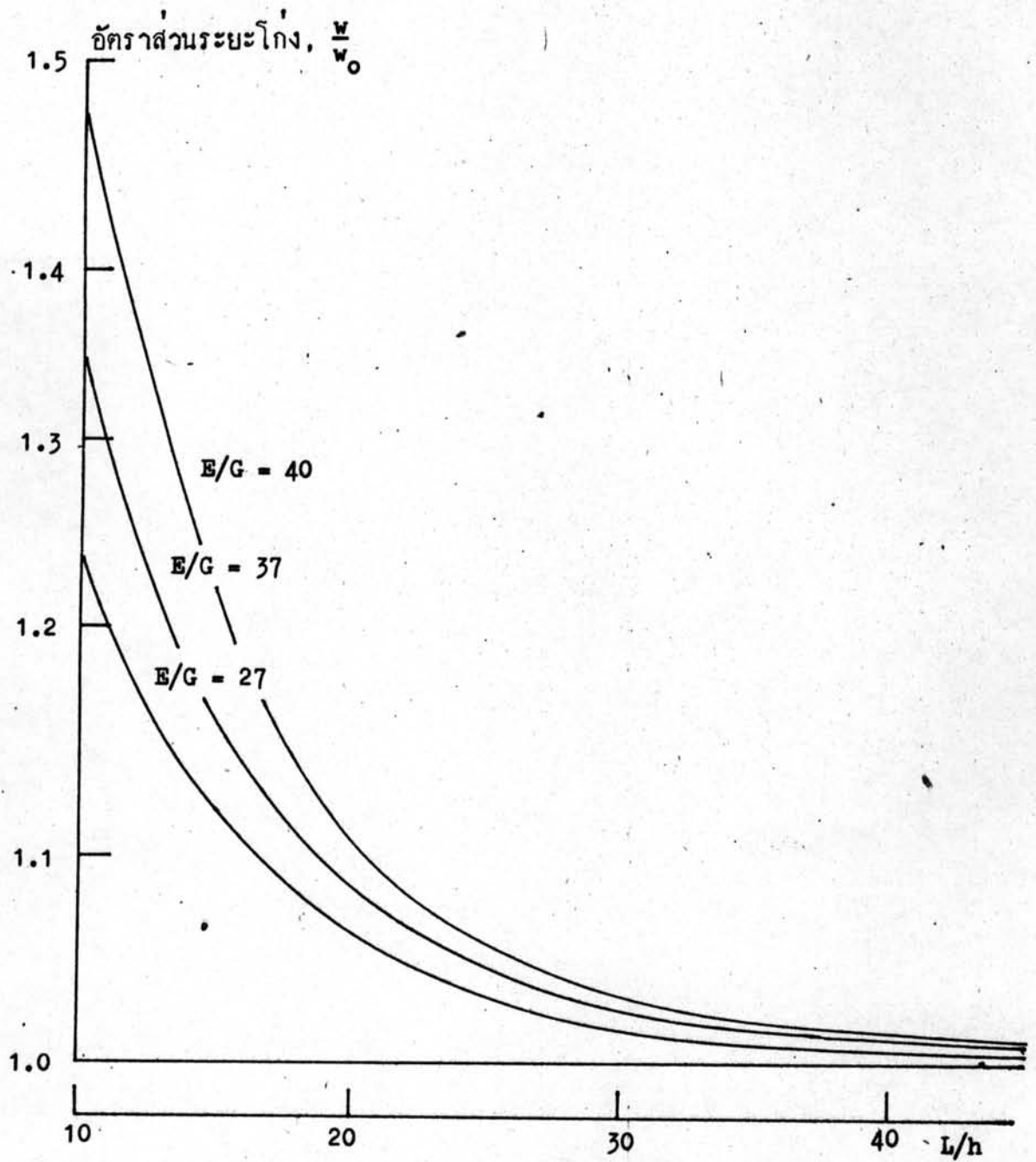
## อัตราส่วนระยะโค้ง และอัตราส่วนความเค้นค้ำของคาน

ในรูปที่ ข - 1 ถึง ข - 4 เป็นการเปรียบเทียบระยะโค้งของคานไม้ เมื่อไม่คิดผลของแรงเฉือน จากทฤษฎีพื้นฐานของคาน กับการคิดผลของแรงเฉือนด้วย ตามสมการที่ 19 ในรูปที่ ข - 5 ถึง ข - 8 เป็นการเปรียบเทียบระยะโค้งของคานไม้เสริมผิว เมื่อไม่คิดผลของแรงเฉือน กับการคิดผลของแรงเฉือนด้วย จากการสมมุติให้คานเป็นวัสดุเนื้อเดียว โดยใช้ความลึกประสิทธิภาพแทนความลึกจริงของคาน

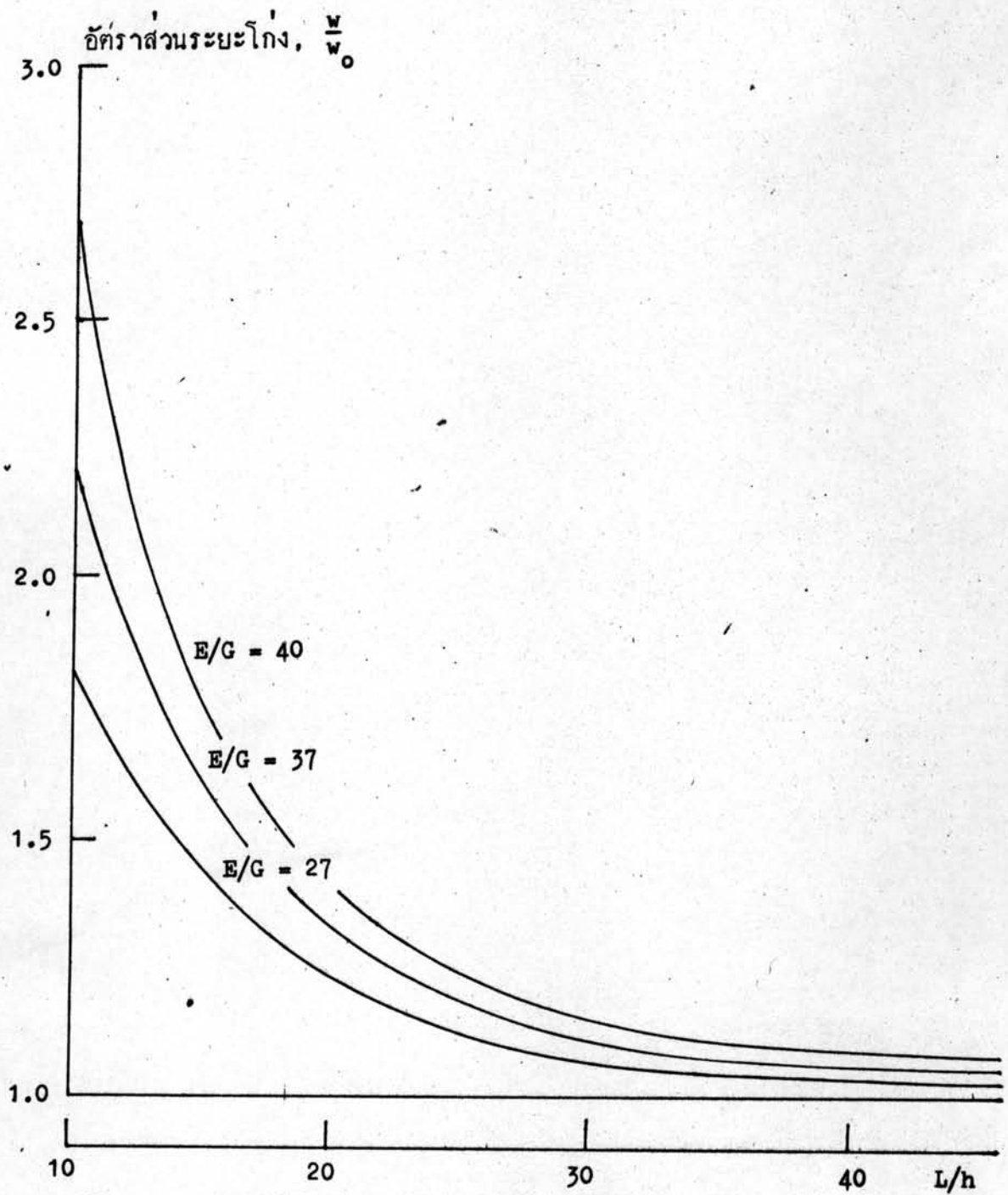
ในตารางที่ 1ข ถึง 2ข เป็นการเปรียบเทียบระยะโค้งที่ได้จากการวิเคราะห์คานสอดไส้ ซึ่งคิดผลของแรงเฉือนในคานด้วย กับค่าที่ได้จากการสมมุติให้โมดูลัสของแรงเฉือนในคานเป็นอินฟินิตี้ และในตารางที่ 3ข ถึง 4ข เป็นการเปรียบเทียบความเค้นค้ำในคานที่ได้จากการวิเคราะห์คานสอดไส้ กับค่าที่ได้จากการสมมุติให้โมดูลัสของแรงเฉือนในคานเป็นอินฟินิตี้

ค่าระยะโค้ง,  $w$  และความเค้นค้ำ,  $\sigma$  ในตารางที่ 1ข ถึง 4ข นั้น หาได้จากทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.3

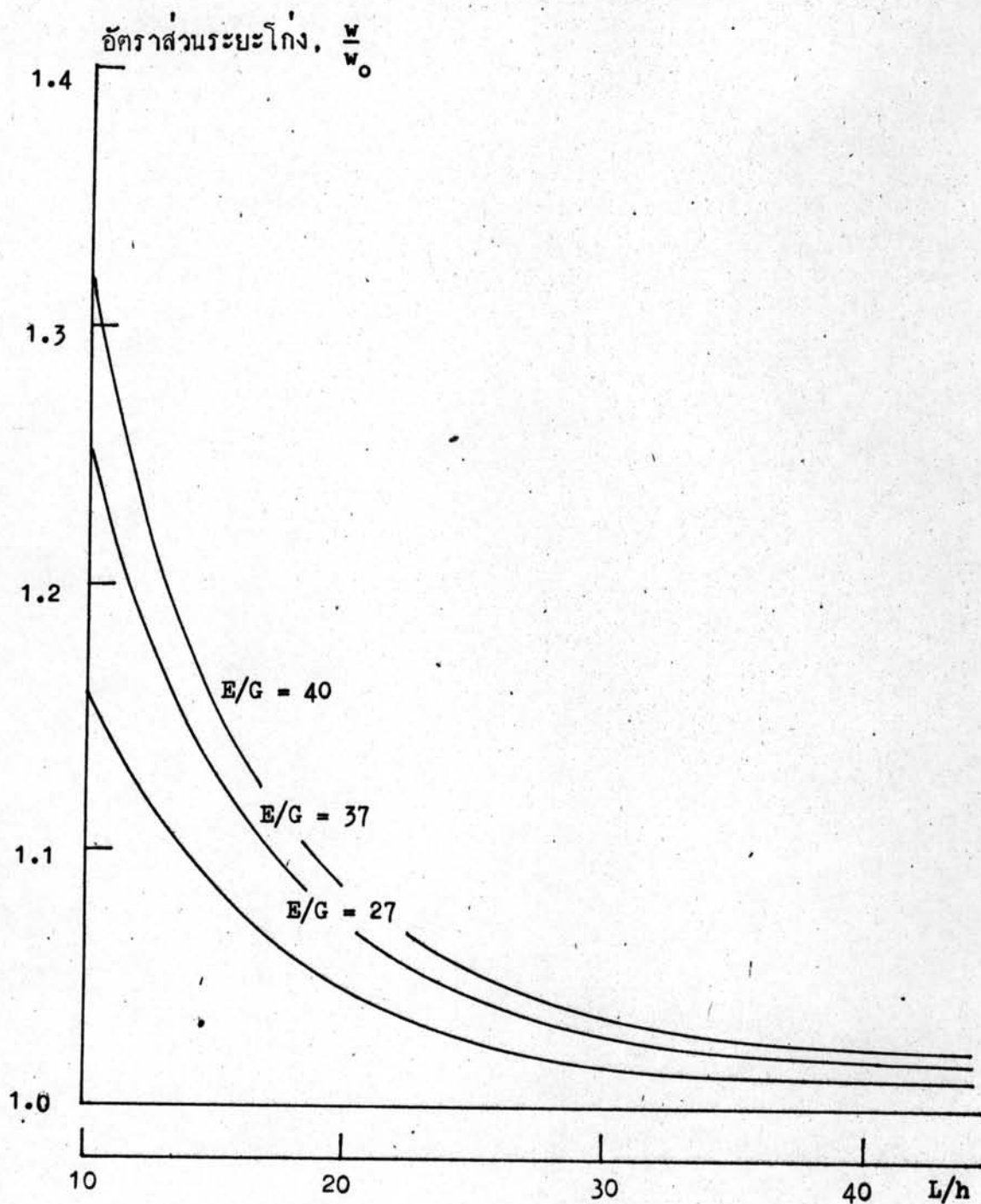




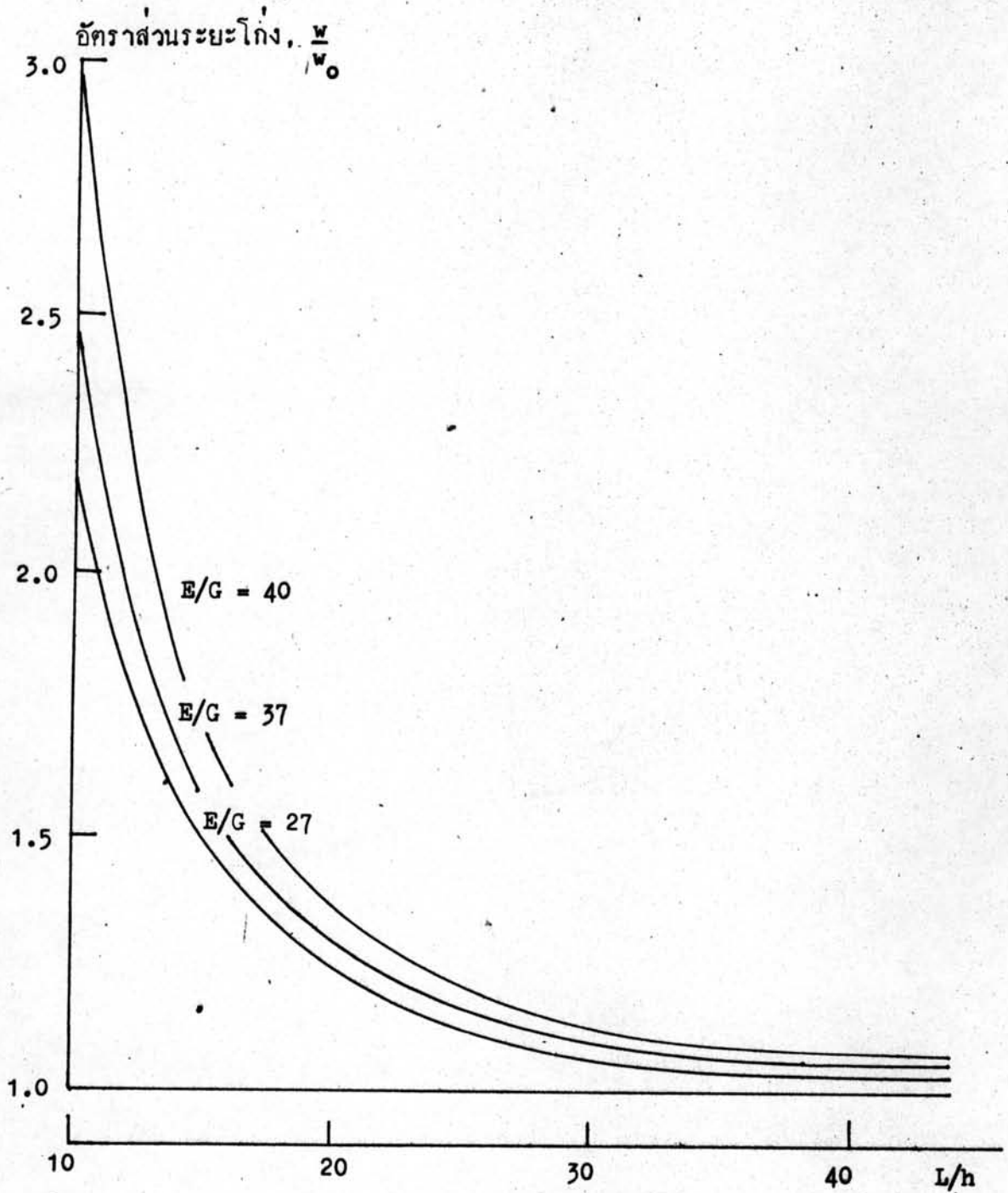
รูปที่ ข - 1 อัตราส่วนระยะโก่งของคานไม้ ซึ่งยึดปลายคานแบบ  
simple supports, center load.



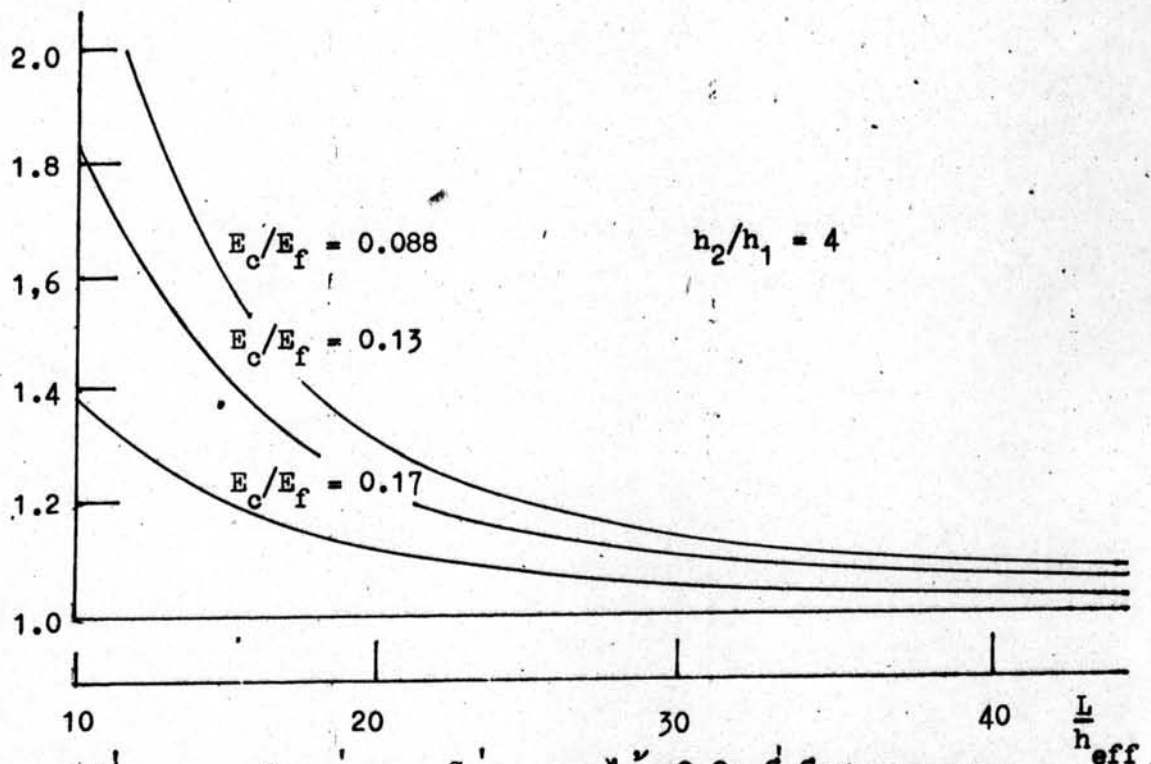
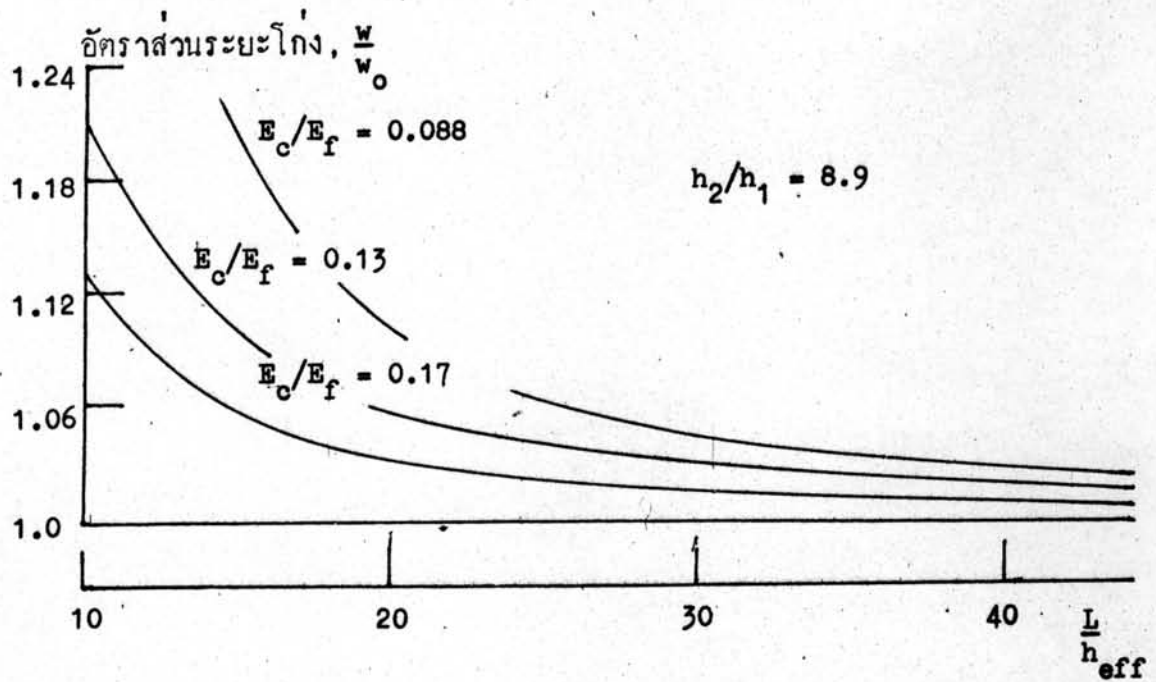
รูปที่ ข - 2 อัตราส่วนระยะโคงของคานไม้ ซึ่งยึดปลายคานแบบ  
both ends fixed, center load.



รูปที่ ๓ - 3 อัตราส่วนระยะโก่งของคานไม้ ซึ่งยึดปลายคานแบบ  
simple supports, uniform load.

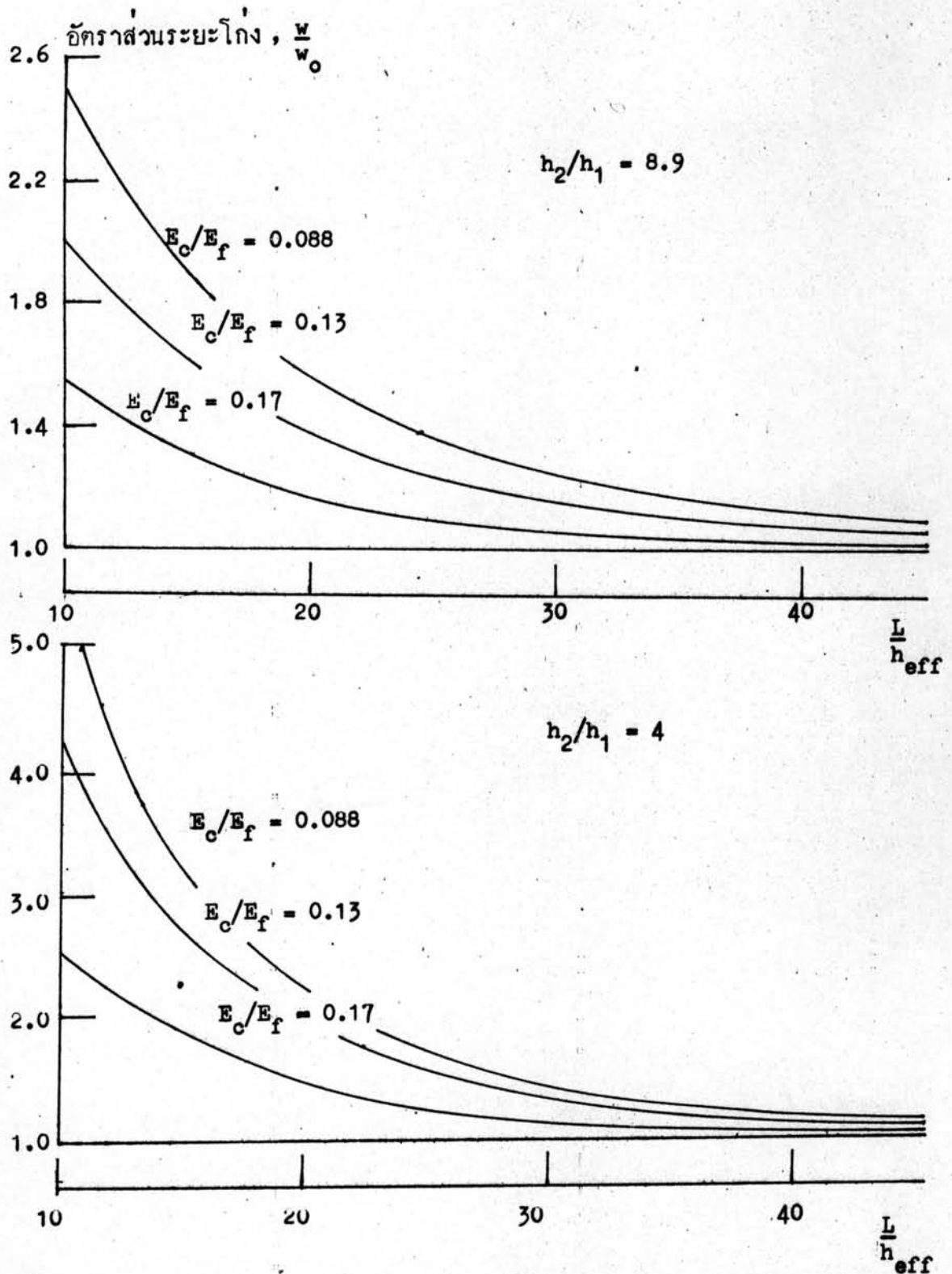


รูปที่ ข - 4 อัตราส่วนระยะโก่งของคานไม้ ซึ่งยึดปลายคานแบบ  
both ends fixed, uniform load.

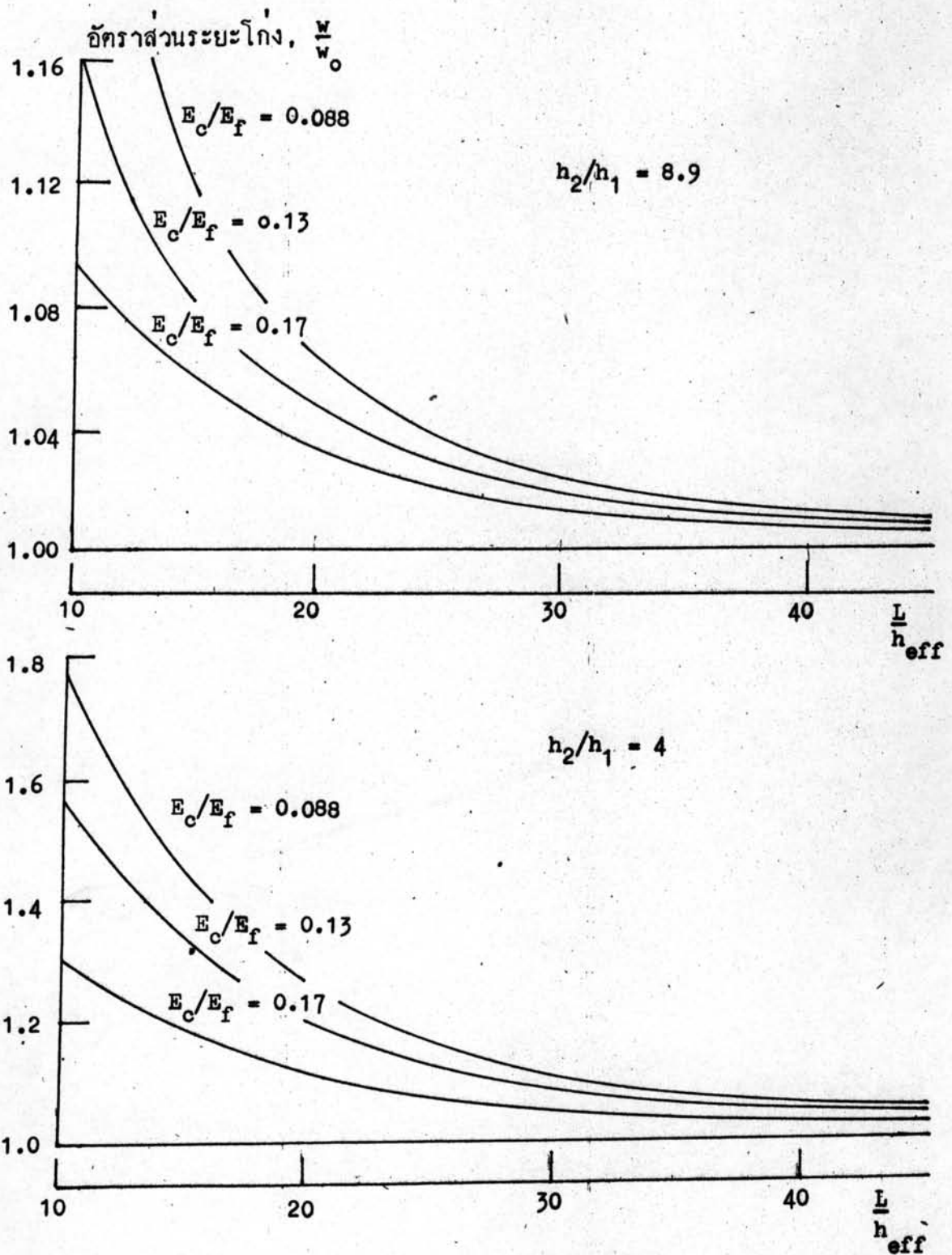


รูปที่ ๕ - 5 อัตราส่วนระยะโก่งของคานไม้เสริมฉิว ซึ่งยึดปลายคานแบบ

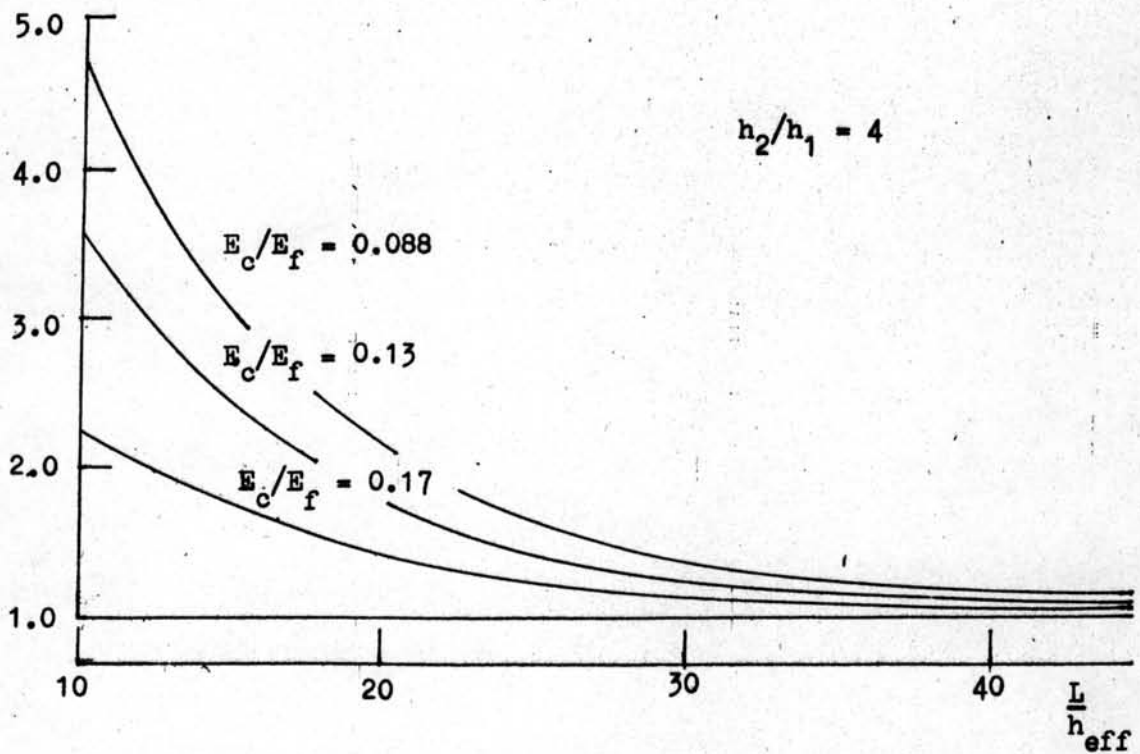
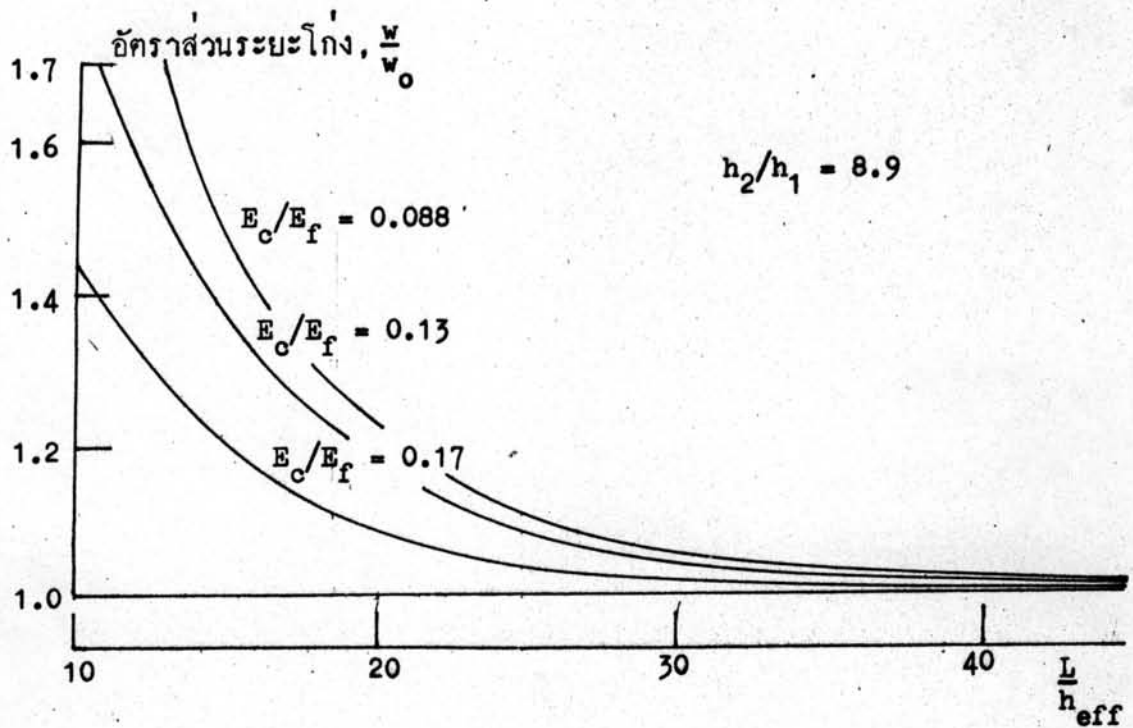
simple supports, center load.



รูปที่ ข - 6 อัตราส่วนระยะโก่งของคานเสริมฉิว ซึ่งยึดปลายคานแบบ both ends fixed, center load.



รูปที่ ข - 7 อัตราส่วนระยะโก่งของคานไม้เสริมผิว ซึ่งยึดปลายคานแบบ simple support, uniform load.



รูปที่ ๘ - ๘ อัตราส่วนระยะโก่งของคานไม้เสริมผิว ซึ่งยึดปลายคานแบบ both ends fixed, uniform load.



ตารางที่ 1๗. อัตราส่วนระยะโก่ง สำหรับคานเสริมผิวแบบ

both ends fixed, uniform load. (สมการที่ 19)

$gL^2$	Y = 1	Y = 10	Y = 50	Y = 100
0.1	2.024	10.725	45.352	80.887
0.3	1.977	10.240	37.213	58.887
0.6	1.971	9.580	29.431	41.128
1.0	1.955	8.849	23.144	29.858
3.0	1.87	6.500	11.632	13.234
6.0	1.770	4.813	7.054	7.634
10.0	1.668	3.717	4.876	5.151
30.0	1.404	2.134	2.572	2.583
60.0	1.255	1.614	1.731	1.751
100.0	1.172	1.384	1.444	1.456

ตารางที่ 2ข. อัตราส่วนระยะโก่ง สำหรับคานเสริมผิวแบบ

simple supports, uniform load. (สมการที่ 19)

$gL^2$	Y = 1	Y = 10	Y = 50	Y = 100
0.1	1.988	9.993	33.912	50.263
0.3	9.949	8.496	20.523	25.377
0.6	1.891	6.979	13.101	14.835
1.0	1.831	5.714	9.018	9.762
3.0	1.621	3.283	3.974	4.085
6.0	1.449	2.284	2.528	2.563
10.0	1.329	1.810	1.926	1.943
30.0	1.139	1.284	1.312	1.316
60.0	1.075	1.169	1.156	1.158
100.0	1.046	1.086	1.094	1.095

ตารางที่ 3ข. อัตราส่วนความเค้นกัก สำหรับคานเสริมผิวแบบ

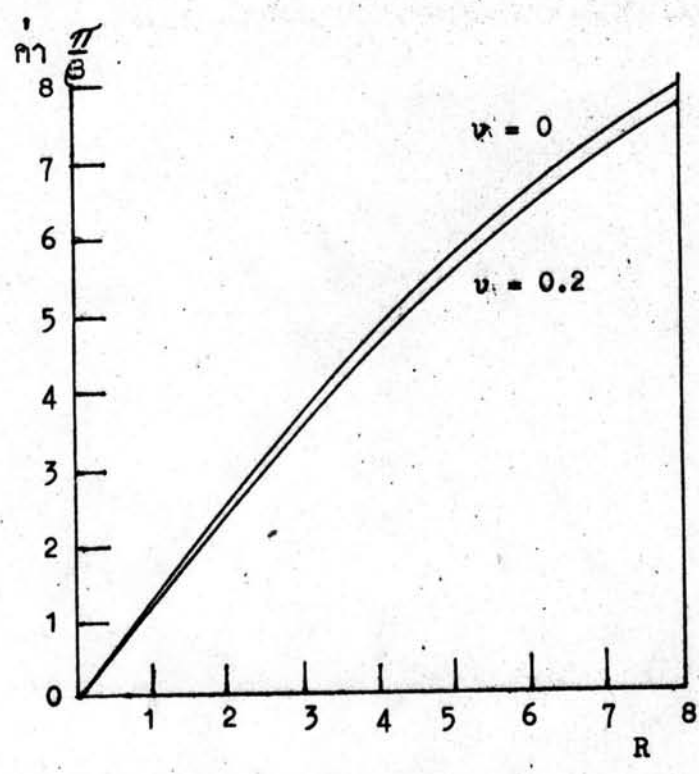
both ends fixed, uniform load. (สมการที่ 2.65)

$gL^2$	$\frac{h_2}{h_1} = 7$	$\frac{h_2}{h_1} = 10.5$	$\frac{h_2}{h_1} = 115$
0.1	.3456	.2083	$4.91 \times 10^{-3}$
0.3	.1670	.0952	$3.58 \times 10^{-3}$
0.6	.1084	.0635	$3.24 \times 10^{-3}$
1.0	.0835	.0508	$3.11 \times 10^{-3}$
3.0	.0582	.0378	$2.98 \times 10^{-3}$
6.0	.0591	.0345	$2.94 \times 10^{-3}$
10.0	.0494	.0333	$2.93 \times 10^{-3}$
30.0	.0468	.0320	$2.92 \times 10^{-3}$
60.0	.0462	.0316	$2.92 \times 10^{-3}$
100.0	.0459	.0315	$2.91 \times 10^{-3}$

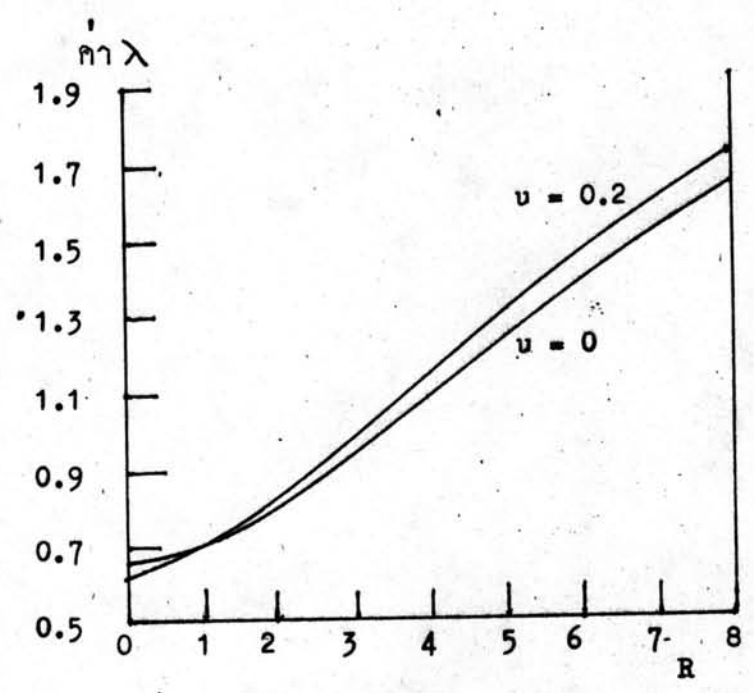
ตารางที่ 4ข. อัตราส่วนความเค้นค้ำ สำหรับคาน เสริมผิวแบบ

simple support, uniform load. (สมการที่ 2.65)

$gL^2$	$\frac{h_2}{h_1} = 7$	$\frac{h_2}{h_1} = 10.5$	$\frac{h_2}{h_1} = 115$
0.1	.6359	.4570	$8.89 \times 10^{-3}$
0.3	.3647	.2162	$4.92 \times 10^{-3}$
0.6	.2269	.1275	$3.88 \times 10^{-3}$
1.0	.1582	.0890	$3.52 \times 10^{-3}$
3.0	.0836	.0507	$3.07 \times 10^{-3}$
6.0	.0646	.0410	$3.01 \times 10^{-3}$
10.0	.0570	.0371	$2.97 \times 10^{-3}$
30.0 <sup>a</sup>	.0494	.0333	$2.93 \times 10^{-3}$
60.0	.0475	.0323	$2.92 \times 10^{-3}$
100.0	.0467	.0319	$2.91 \times 10^{-3}$



รูปที่ ข - 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\frac{\pi}{\beta}$  กับค่า R (สมการที่ 2.94)



รูปที่ ข - 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\lambda$  กับค่า R (สมการที่ 2.96)

## ประวัติการศึกษา

นาย เจริญ ไหมค่าง เกิดเมื่อวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2489 ที่จังหวัด นครศรีธรรมราช จบการศึกษาชั้นปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ที่สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี ในปี พ.ศ. 2515 ปัจจุบันรับราชการ เป็นอาจารย์ ประจำแผนก วิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขต เทคนิคภาคใต้ จังหวัดสงขลา

