บทที่ 5

ความเค้นจากการทดสอบและจากการคำนวณทางทฤษฎี

จากการทดสอบหาความเครียดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในกรณีที่รับภาระจากน้ำหนักของอุปกรณ์ และน้ำหนักของสิ่งของที่บรรทุก และกรณีที่รับภาระจากการที่ล้อหน้าข้างหนึ่งของรถบรรทุกถูกยกตัวขึ้นจากระดับพื้นปกติ 30 เซนติเมตร โดยที่ล้อที่เหลือทั้งสามอยู่ที่พื้นระดับปกติ สามารถวัดความเครียดที่เกิดขึ้นได้โดยการใช้สเตรนเกจวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นและใช้สเตรนมิเตอร์เป็นตัวอ่านค่าความเครียดที่ได้ จากนั้นแปลงค่าความเครียดที่ได้เป็นความเค้นที่เกิดขึ้น โดยใช้ค่า ยังโมดุลัส E = 210 GPa. ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ทั่วไปสำหรับเหล็กที่ใช้ในการทำโครงสร้างของรถบรรทุก และใช้ค่า Section Modulus สำหรับหน้าตัดเฉพาะตรงที่จะหาความเค้น

ในส่วนของการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นทางทฤษฎี จากภาระที่มาจากจากน้ำหนักของอุปกรณ์ และน้ำหนักของสิ่งของที่บรรทุก และกรณีที่รับภาระจากการที่ล้อหน้าข้างหนึ่งของรถบรรทุกถูกยกตัวขึ้นจากระดับพื้นปกติ 30 เซนติเมตร โดยที่ล้อที่เหลือทั้งสามอยู่ที่พื้นระดับปกติ จะใช้วิธีตามที่ได้แสดงให้ดูในบทก่อนหน้านี้แล้ว ในการคำนวณจะคำนวณหาแรงที่กระทำที่เกิดขึ้นจากการรับภาระในสองกรณีนี้ก่อน จากนั้นจึงคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบแล้วจึงคำนวณความเค้นที่เกิดขึ้น และเนื่องจากคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกที่ทดสอบมีการเสริมคานไม้ไว้ที่คานตามยาวของโครงกรอบ ดังนั้นในการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นจะต้องคำนึงถึงค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของคานไม้ด้วย ขนาดหน้าตัดและค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของคานไม้เสริมสามารถดูได้จากภาคผนวกท้ายเล่ม จากนั้นคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นตามสมการ (5.1)

$$\sigma = \frac{Mc}{I_S + I_W} \tag{5.1}$$

โดยที่ σ แทนค่าความเค้น

M แทนโมเมนต์ดัด

c แทนระยะทางสูงสุดจากผิวสะเทินไปยังผิวคานขอบบนหรือล่าง

I_S แทนโมเมนต์ความเฉื่อยของคานเหล็กตามยาว

I_W แทนโมเมนต์ความเฉื่อยของคานไม้

สำหรับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของคานเหล็กตามยาวที่ใช้ในการคำนวณหาความเค้น จะใช้ขนาดจริงของหน้าตัดคานตามยาวตรงตำแหน่งที่ติดสเตรนเกจทั้ง 5 จุด โดยขนาดของหน้าตัดและ

ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของคานตามยาวตรงตำแหน่งที่ติดสเตรนเกจสามารถดูได้จากภาคผนวกท้ายเล่ม

5.1 เปรียบเทียบความเค้นจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก

สำหรับความเค้นที่เกิดขึ้นจากภาระกรณีที่ 1 หรือภาระที่มาจากน้ำหนักของสิ่งของที่บรรทุก ความเค้นจากการทดสอบสามารถทดสอบได้จากการให้รถบรรทุกที่ทดสอบ บรรทุกปูนซีเมนต์ 60 ถุง โดยการวางถุงปูนซีเมนต์ในลักษณะต่าง ๆ 3 กรณี คือ

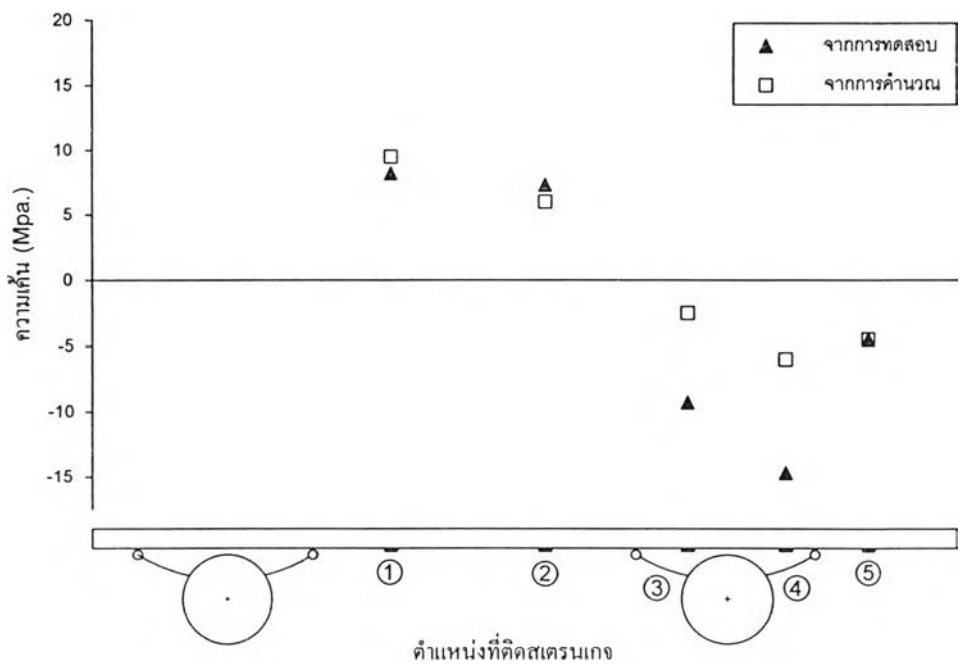
(1) วางถุงปูนซีเมนต์ให้กระจายตัวสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุก

(2) วางถุงปูนซีเมนต์ให้เป็นกองรวมกัน โดยให้ด้านหน้าสุดของกองอยู่ห่างจากด้านหน้าของกระบะบรรทุกเป็นระยะ 140 เซนติเมตร

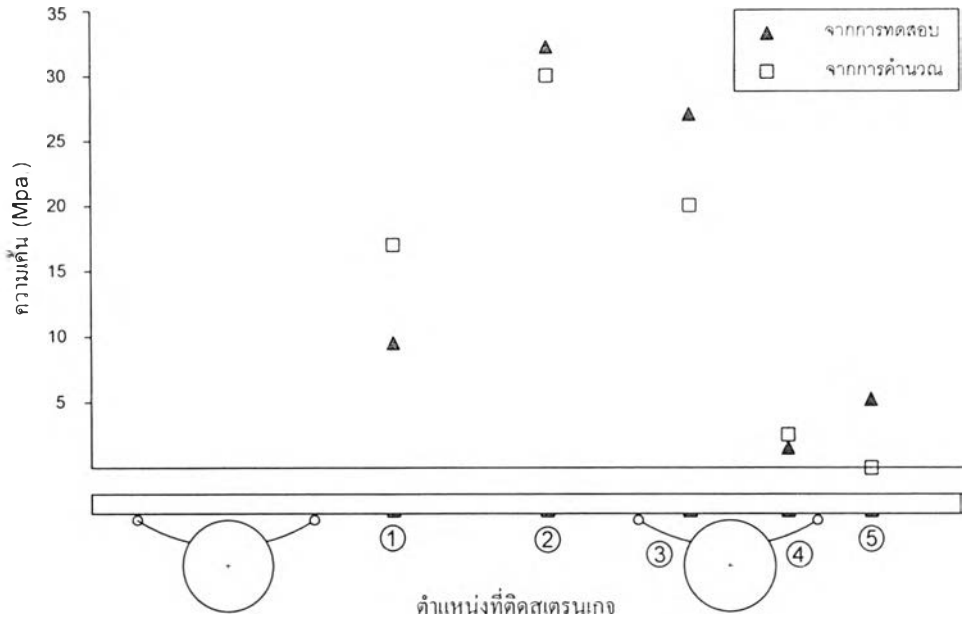
(3) วางถุงปูนซีเมนต์ให้เป็นกองรวมกัน โดยให้ด้านหน้าสุดของกองอยู่ห่างจากด้านหน้าของกระบะบรรทุกเป็นระยะ 180 เซนติเมตร

โดยจะวัดค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบจากสเตรนเกจ ที่ระยะ 2000 , 3000 , 4000 , 4750 , 5000 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากด้านหน้าสุดของคานตามยาว

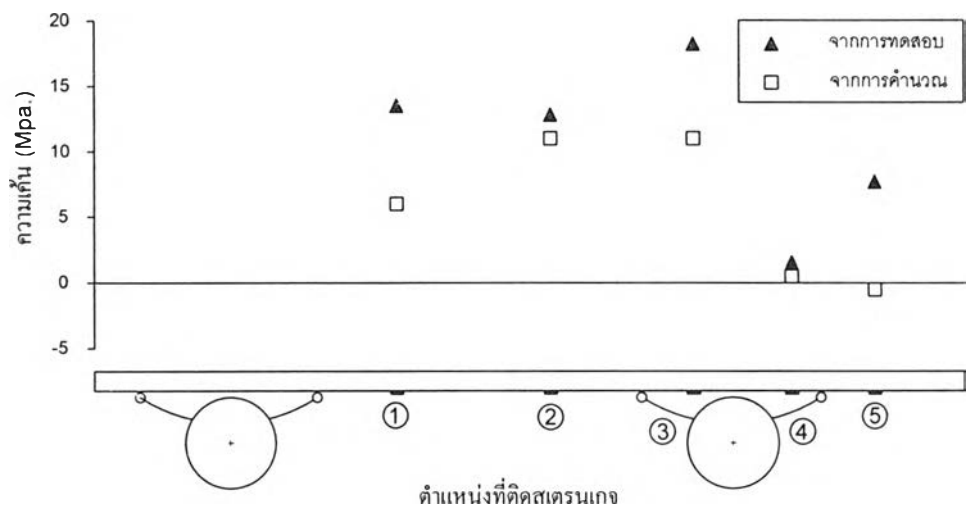
ในส่วนของการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบก็จะคำนวณหาความเค้นที่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งที่ทดสอบ



รูปที่ 5.1 ความเค้นจากการทดสอบและจากการคำนวณทางทฤษฎีที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการวางถุงปูนซีเมนต์ให้กระจายตัวสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุก



รูปที่ 5.2 ความเค้นจากการทดสอบและจากการคำนวณทางทฤษฎีที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการวางถุงปูนซีเมนต์ให้เป็นกองรวมกัน โดยให้ด้านหน้าสุดของกองอยู่ห่างจากด้านหน้าของกระบะบรรทุกเป็นระยะ 140 เซนติเมตร



รูปที่ 5.3 ความเค้นจากการทดสอบและจากการคำนวณทางทฤษฎีที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการวางถุงปูนซีเมนต์ให้เป็นกองรวมกัน โดยให้ด้านหน้าสุดของกองอยู่ห่างจากด้านหน้าของกระบะบรรทุกเป็นระยะ 180 เซนติเมตร

จากรูปที่ 5.1 แสดงความเค้นที่เกิดขึ้นทั้ง 5 จุด ที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการรับภาระในกรณีที่ 1 หรือภาระที่มาจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก เมื่อบรรทุกถุงปูนซีเมนต์ 60 ถุง โดยจัดวางถุงปูนให้กระจายตัวสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุก โดยค่าผลต่างของความเค้นที่ได้จากการคำนวณและจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยทั้ง 5 จุด เท่ากับ 3.61 MPa.

จากรูปที่ 5.2 แสดงความเค้นที่เกิดขึ้นทั้ง 5 จุด ที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการรับภาระในกรณีที่ 1 หรือภาระที่มาจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก เมื่อบรรทุกถุงปูนซีเมนต์ 60 ถุง โดยจัดวางถุงปูนให้เป็นกองรวมกัน และให้ด้านหน้าสุดของกองอยู่ห่างจากด้านหน้าของกระบะบรรทุก 140 เซนติเมตร โดยค่าผลต่างของความเค้นที่ได้จากการคำนวณและจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยทั้ง 5 จุด เท่ากับ 4.56 MPa.

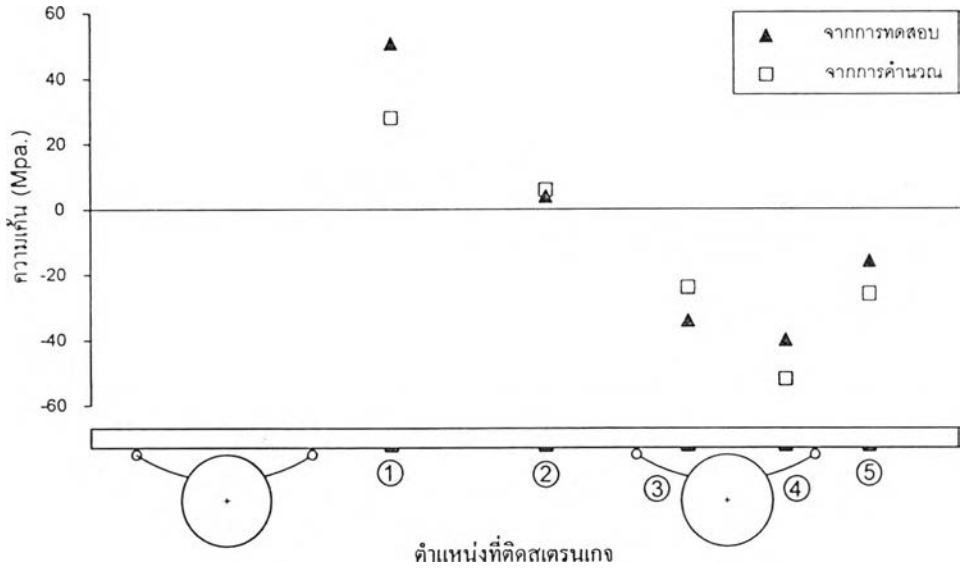
จากรูปที่ 5.3 แสดงความเค้นที่เกิดขึ้นทั้ง 5 จุด ที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการรับภาระในกรณีที่ 1 หรือภาระที่มาจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก เมื่อบรรทุกถุงปูนซีเมนต์ 60 ถุง โดยจัดวางถุงปูนให้เป็นกองรวมกัน และให้ด้านหน้าสุดของกองอยู่ห่างจากด้านหน้าของกระบะบรรทุก 180 เซนติเมตร โดยค่าผลต่างของความเค้นที่ได้จากการคำนวณและจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยทั้ง 5 จุด เท่ากับ 4.78 MPa.

5.2 เปรียบเทียบความเค้นจากการบิดตัวของโครงกรอบ

ความเค้นที่เกิดขึ้นจากภาระในกรณีที่ 4 หรือภาระที่มาจากการการที่ล้อหน้าข้างหนึ่งของรถบรรทุกถูกยกตัวขึ้นจากระดับพื้นปกติ 30 เซนติเมตร โดยที่ล้อที่เหลือทั้งสามอยู่ที่พื้นระดับปกติ จะทำให้เกิดความเค้นจากการบิดตัวของโครงกรอบ

ในการทดสอบหาความเค้นที่เกิดขึ้นในกรณีนี้ จะให้รถบรรทุกที่ทดสอบบรรทุกถุงปูนซีเมนต์ 60 ถุง ให้กระจายตัวสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุก จากนั้นขับรถให้ล้อหน้าข้างหนึ่งขึ้นพื้นเอียงไปที่ความสูง 30 เซนติเมตร จากนั้นวัดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นแล้วนำไปเปลี่ยนเป็นความเค้นที่เกิดขึ้น

ในส่วนของการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกในกรณีนี้ ก็จะคำนวณหาความเค้นที่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งที่ทำการทดสอบ แล้วนำมารวมกับความเค้นที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักของถุงปูนซีเมนต์ที่ใส่ในกระบะบรรทุกแบบให้กระจายตัวสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุกในขณะทดสอบด้วย



รูปที่ 5.4 ความเค้นจากการทดสอบและจากการคำนวณทางทฤษฎีที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการการที่ล้อหน้าข้างหนึ่งของรถถูกยกตัวขึ้นจากระดับพื้นปกติ 30 เซนติเมตร

จากรูปที่ 5.4 แสดงความเค้นในคานตามยาวของโครงกรอบทั้ง 5 จุด ที่เกิดขึ้นเมื่อรถบรรทุกรับภาระในกรณีที่ 4 หรือเกิดจากการบิดตัวของโครงกรอบ ความเค้นที่เกิดขึ้นในกรณีนี้จะเป็นความเค้นที่เกิดจากการบิดตัวของโครงกรอบรวมกับความเค้นที่มาจากน้ำหนักของปูนซีเมนต์ 60 ถุง ที่บรรทุกด้วยขณะทดสอบโดยจัดวางถุงปูนให้กระจายตัวสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุก โดยค่าผลต่างของความเค้นที่ได้จากการคำนวณและจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยทั้ง 5 จุด เท่ากับ 11.21 MPa.

ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบทั้ง 5 ตำแหน่ง จากการคำนวณทางทฤษฎี จากการทดสอบ และค่าผลต่างของความเค้นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและจากการทดสอบ สำหรับภาระที่มาจากน้ำหนักถุงปูนที่บรรทุกโดยจัดเรียงถุงปูนให้วางตัวในลักษณะต่าง ๆ และภาระที่มาจากการบิดตัวของโครงกรอบ แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความเค้นที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบจากการคำนวณทางทฤษฎีและจากการทดสอบ

ชุดการทดลอง	ตำแหน่งติดสเตรนเกจ	σ (MPa) จากการคำนวณ	σ (MPa) จากการทดสอบ	$\Delta\sigma$ (MPa)
(1) ภาระกรณีที่ 1 บรรทุกถุงปูนให้วางตัวกระจายเต็มกระบะ	1	9.63	8.4	1.23
	2	6.36	6.93	0.57
	3	-2.63	-9.66	7.03
	4	-6.1	-15.33	9.23
	5	-4.83	-4.83	0
(2) ภาระกรณีที่ 1 บรรทุกถุงปูนเป็นกองจากด้านหน้า 140 cm.	1	17.01	9.45	7.56
	2	29.36	32.13	2.77
	3	20.6	27.09	6.49
	4	2.4	1.68	0.72
	5	0	5.25	5.25
(3) ภาระกรณีที่ 1 บรรทุกถุงปูนเป็นกองจากด้านหน้า 180 cm.	1	6.11	13.44	7.33
	2	11.33	12.81	1.48
	3	11.84	17.85	6.01
	4	0.75	1.68	0.93
	5	-0.6	7.56	8.16
(4) ภาระกรณีที่ 4 การบิดตัวของโครงกรอบ	1	27.57	51.45	23.88
	2	5.7	4.2	1.50
	3	-25.28	-36.12	10.84
	4	-52.7	-40.74	11.73
	5	-24.08	-15.96	8.12

สำหรับตำแหน่งที่ 5 ของการจัดวางถุงปูนซีเมนต์แบบกรณีที่ (2) และ (3) ในส่วนของการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นจะให้เป็นตำแหน่งที่ไม่สามารถระบุขนาดของแรงที่กระทำต่อคานตามยาวของโครงกรอบได้แน่นอน เพราะกระบะที่ใช้บรรทุกได้เสริมคานไม้ไว้ และไม้ที่เสริมก็มีค่าความด้านทานการโก่งตัวที่สูง จะทำให้มีแรงกระจายไปกระทำที่ตำแหน่งนี้ได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้

ไม่ได้ศึกษาถึงการกระจายแรงของคานไม้ที่เสริม ทำให้ไม่สามารถระบุขนาดของแรงที่กระทำที่จุดนี้ได้อย่างแน่นอน

ค่าความเค้นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีเมื่อเทียบกับความเค้นที่ได้จากการทดสอบจะมีลักษณะเป็นไปในทางเดียวกัน แต่จะมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากหลายกรณี คือ

1. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทดสอบกับรถบรรทุกจริง เนื่องจากการที่ไม่ได้สร้างแบบจำลองที่เหมือนจริงหรือถอดเฉพาะส่วนที่เป็นโครงกรอบมาทดสอบจะทำให้ควบคุมตัวแปรที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบเป็นไปได้ยาก

2. การวางตัวของคานตามยาวของโครงกรอบ ในการคำนวณจะใช้เป็นคานตามยาวที่วางตัวอยู่ในแนวระดับกับพื้นปกติ แต่รถบรรทุกที่ใช้ทดสอบจริงคานตามยาวจะไม่วางตัวในแนวระดับกับพื้นปกติ โดยคานตามยาวมีลักษณะต่ำที่ด้านหน้า ทำให้การคำนวณได้ผลที่ไม่แม่นยำ

3. คานตามยาวบางตำแหน่งที่ติดเสตรนมีรูเจาะ เนื่องจากบางตำแหน่งที่ติดสเตรนเกจเพื่อทดสอบมีการเจาะรูไว้ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไปได้

4. ตำแหน่งที่ติดตั้งสเตรนเกจ ในการวัดระยะของตำแหน่งสเตรนเกจที่ติดตั้งไว้ใต้คานตามยาวของโครงกรอบ อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เพราะในการวัดระยะที่จะให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องจริง ทำได้ยาก เนื่องจากมีอุปกรณ์หลายอย่างขวางอยู่ ฉะนั้นในการคำนวณหาความเค้นที่ตำแหน่งนั้นจะผิดพลาดจากตำแหน่งที่ทดสอบได้

5. การกำหนดแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบจากภาระที่ใส่ เนื่องจากคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกที่ใช้ทดสอบ มีการเสริมคานไม้ไว้ ทำให้การกำหนดแรงที่กระทำจริงกับคานตามยาวไม่แม่นยำ เนื่องจากการกระจายแรงของไม้ที่เสริมไว้ที่คานตามยาว

สำหรับค่าความเค้นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีเมื่อเทียบกับความเค้นที่ได้จากการทดสอบจะมีลักษณะเป็นไปในทางเดียวกัน แต่จะมีค่าแตกต่างกันบ้าง ก็เนื่องจากเหตุผลตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้น การที่จะให้ได้ค่าความเค้นที่แตกต่างกันน้อยกว่านี้ ก็ต้องทำการปรับปรุงและพัฒนาการคำนวณและการทดสอบให้ดียิ่งขึ้น