

集成木材梁の横座屈調整係数に関する一考察

指導教官 井戸田 秀樹 助教授

佐藤 英二

§ 1. 序論

日本建築学会の木質構造設計規準・同解説¹⁾ (以下、規準と呼ぶ) では、横座屈細長比から計算される横座屈調整係数を用いて梁の横座屈に対する挙動が考慮されている。しかし、集成材の横座屈についての実験は細長比全般に渡って十分な量の報告がされているとは言い難く、横座屈調整係数と実験値との対応が明確にされていない。そこで本実験では、特に実験データが不足している弾性限界細長比近辺の横座屈実験を行ってデータを補うとともに、横座屈調整係数に関する考察を行うことを目的とする。

§ 2. 試験体概要および実験方法

2.1 試験体概要 表1に試験体一覧を示す。断面は8層のラミナから成る、幅50mm、せい250mmの矩形断面である。外層に高剛性ラミナを配したAタイプ、全層に低剛性ラミナを配したBタイプ、全層に高剛性ラミナを配したCタイプで、Aタイプについてのみ同試験体を4本用意した。梁の長さは3.0～5.0mまで変化させた。

2.2 実験方法 実験は片持ち梁形式で行った。図1に実験装置を示す。片持ち梁の固定端部は、試験体を2本のチャンネル材で挟み、それを枠型鋼材でボルトにより圧着させH型鋼支柱に固定した。自由端載荷部には、ユニバーサルジョイントを使用した集中載荷形式とし横座屈変形時も載荷点が移動しないようにした。

§ 3. 実験結果

A-4タイプ試験体についての座屈荷重 P_{cr} とその理論値等の値を表2に示す。なお、座屈荷重 P と水平変位の2乗 δ^2 は、 P の大きいところで比例関係を示すことから、この関係を延長した直線と P 軸との交点から横座屈荷重を求めた。試験体B-2-350を例に垂直変位、水平変位 δ と荷重 P の関係を図2に示す。面内変形はほぼ弾性的な変化を示す。面外変形はある限界をこえると、水平方向への安定性が急激に低下し、わずかな荷重の増加に対しても水平方向へ大きく変形している。

§ 4. 横座屈調整係数に関する検討

図4は実験で得られた横座屈モーメントと曲げ強度の比 $M_{cr,ex}/M_y$ を規準の横座屈細長比 $C_s = \sqrt{I_e h/b^2}$ で整理したものである。□、○、△印が本実験結果であり、◆、×、+印は文献2) 3) 4) と横座屈実験結果である。実験値は横座屈調整係数 C_b を使った曲線に対してかなりばらつき、横座屈耐力を評価する尺度としては合理性に乏しい。これは C_s に面外曲げヤング率や材料強度が含まれていないためと考えられる。

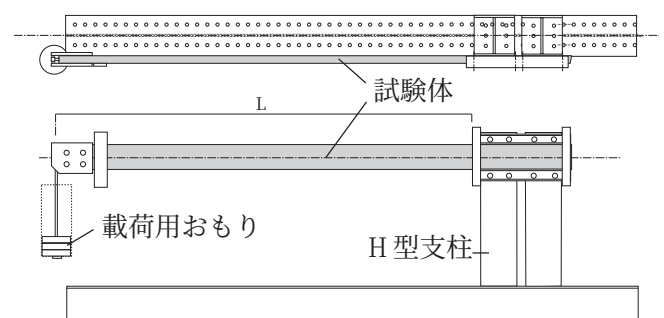


図1 横座屈実験装置

表1 試験体一覧

種類	試験体名	断面形状 (cm)	面外曲げヤング率 (t/cm ²)	振り剛性 (t×cm)	片持ち梁の長さ(m)					
					5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0
A	A-1	5×25	111.9	7324	-	-	○	○	○	○
	A-2	5×25	116.9	7683	-	-	○	○	○	○
	A-3	5×25	114.9	7067	-	-	○	○	○	○
	A-4	5×25	119.9	7445	○	○	○	○	○	○
B	B-1	5×25	99.1	7182	○	○	○	○	○	-
C	C-1	5×25	136.9	7364	○	○	○	-	-	-

表2 横座屈実験結果

試験体名	L (cm)	E _x (t/cm ²)	E _y (t/cm ²)	GJ (t/cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	$\frac{L}{I_y}$	σ_y (t/cm ²)	P _{cr,ex} (t)	M _{cr,ex} (t×cm)	P _{cr,th} (t)	M _e (t×cm)	M _y (t×cm)	$\frac{P_{cr,ex}}{P_{cr,th}}$	$\frac{M_{cr}}{M_y}$	C _s	λ_b	$\frac{M_{cr0}}{M_y}$	$\frac{M_{cr}}{M_{cr0}}$
A-4-550	550	112	120	7445	6510	260	381	0.445	0.174	95.7	0.202	111.1	232	0.861	0.413	30.6	1.44	0.480	0.861
A-4-500	500	112	120	7445	6510	260	347	0.445	0.201	100.5	0.245	122.5	232	0.820	0.434	29.2	1.37	0.529	0.820
A-4-450	450	112	120	7445	6510	260	312	0.445	0.262	117.9	0.302	135.9	232	0.868	0.509	27.7	1.31	0.587	0.868
A-4-400	400	112	120	7445	6510	260	277	0.445	0.328	131.2	0.383	153.2	232	0.856	0.567	26.1	1.23	0.662	0.856
A-4-350	350	112	120	7445	6510	260	243	0.445	0.411	143.9	0.500	175.0	232	0.822	0.621	24.4	1.15	0.756	0.822
A-4-300	300	112	120	7445	6510	260	208	0.445	0.527	158.1	0.680	204.0	232	0.775	0.683	22.6	1.07	0.881	0.775

$\sigma_y: 4.58E_x - 69.9$ $M_y: M_y = \sigma_y \cdot Z$ $M_e: M_e = 4.013\sqrt{E_y I_y GJ/l^2}$ $M_{cr0}/M_y: \lambda_b$ 時の $1/\lambda^2$ の値

そこで各試験体の細長比を弾性横座屈モーメント M_e と曲げ強度 M_y から求められる次式

$$\lambda = \sqrt{M_y/M_e} \quad \dots(1)$$

を用いて評価し、その座屈荷重を弾性座屈荷重と $1/\lambda^2$ の比率で整理したのが図4である。基準との整合性を考えて設定した弾性限界細長比 $\lambda_e (=0.954k^{-1/4}: k$ は断面の幅とせいの比より決まる定数) 以上では概ね0.9近辺に分布しており、 λ_e 以下では弾性座屈荷重よりもさらに低下する傾向が見られた。このことから、本論文では λ_e での式の連続性を考慮し、次式で横座屈調整係数 C_b を提案する。

$$\begin{aligned} \lambda &\leq \lambda_p & C_b &= 1.0 \\ \lambda_p &< \lambda \leq \lambda_e & C_b &= 1 - 0.533(\lambda/\lambda_e)^2 + 0.065 \\ \lambda_e &< \lambda & C_b &= 0.9/\lambda^2 \end{aligned} \quad \dots(2)$$

ここで、 $1 - 0.533(\lambda/\lambda_e)^2 + 0.065 = 1.0$ となる時の λ の値を塑性限界細長比 λ_p とする。図5は、(2) 式で提案した横座屈調整係数と各実験値との対応を示したものである。本提案式による横座屈調整係数は細長比全域にわたって実験値とよく対応しており、集成木材梁の横座屈挙動を合理的に評価できるといえる。

§5. 結論

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- 1) 集成木材梁の弾性限界細長比近辺の横座屈実験を行い、横座屈荷重に関する実験データを蓄積した。
- 2) 横座屈調整係数 C_b を提案し、実験値との対応から合理的な評価式であることを示した。

<参考文献>

- 1) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説
- 2) 山本 宏、松本勝彦：木質梁の横安定性について（第1報）、北海道林産試験場研究報告、第62号
- 3) 小野 徹郎、他：木質大断面集成材の横座屈に関する実験的研究 その1、その2、日本建築学会大会学術講演梗概集
- 4) 長谷部 薫、薄木征三：集成木材はりの横座屈解析と実験、構造工学論文集

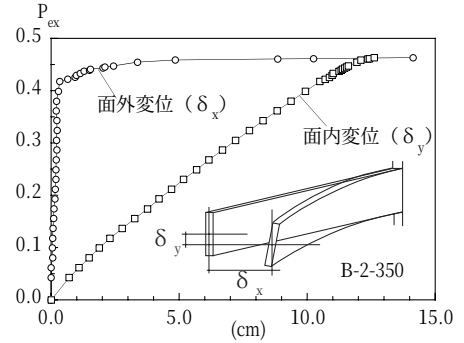


図2 P-δ関係

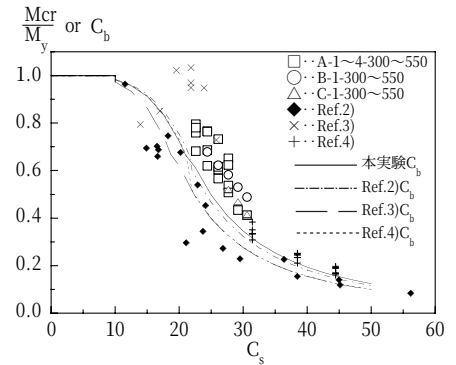


図3 $C_s - M_{cr,ex}/M_y$ 関係

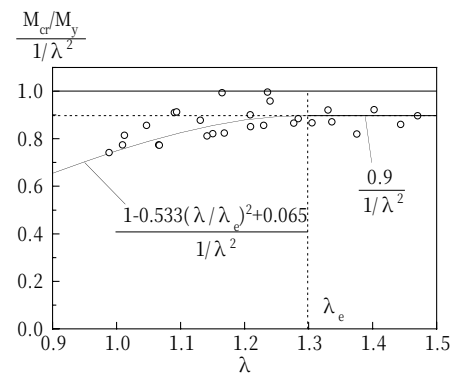


図4 $\lambda - (M_{cr}/M_y)/(1/\lambda^2)$

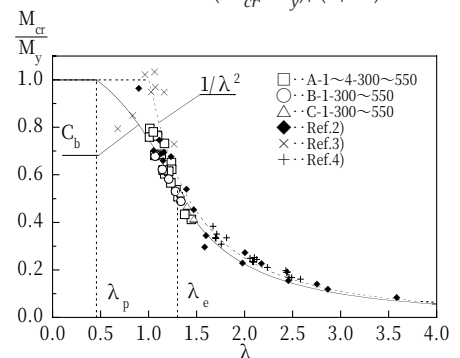


図5 $\lambda - M_{cr,ex}/M_y$ 関係