

I - 18 集成材はりの非弾性横座屈について

秋田大学 学生員 ○大山 厚
秋田大学 正 員 長谷部 薫
秋田大学 正 員 薄木 征三

1. まえがき

はりの横座屈について、鋼構造に関しては弾性座屈のみならず非弾性挙動を考慮した研究成果が既に数多く報告されているが、木質はりの横座屈に関する報告は少なく、わが国ではまだ体系化できる段階に達していない。日本建築学会制定の木構造計算規準・同解説では、アメリカおよびカナダの規準を採用しているが、これらの規準は、Hooleyら¹⁾の研究成果を基本としており、非弾性域における座屈曲線は鋼はりに対する座屈曲線を準用している。集成材を含む木質はりの終局曲げ強さ理論によると、等曲げモーメントを受けるはりの場合、鋼はりと異なり引張側で弾性、圧縮側でひずみ軟化挙動を示し、引張側で曲げ破壊が起こるとされており、非弾性状態で横座屈する木質はりの場合、これらのことを考慮した座屈曲線が必要であると思われる。単純はりの両端に等曲げモーメントおよび不等曲げモーメントを受ける集成材はりの弾性横座屈については既に報告しているが、ここでは、両端に等曲げモーメントを受ける集成材はりの非弾性横座屈の模型実験について報告する。

2. 実験方法

試験体は、表-1に示されるような寸法で、2 cm厚の秋田杉のひき板を接着積層した6本の集成材である。図-1に示すように長さ5 mの試験体を単純支持し、H形鋼を介して電動ジャッキで集成材の支点からの張出部aに2点同時載荷させ等曲げモーメント荷重とした。支点部は半円柱の鋼と鋼板を用いてめり込みを防止し、支点上でも半円柱の鋼を用いてねじりを拘束している。表中の E_x は、集成材の積層面が荷重方向と直交する場合の繊維方向のヤング係数、 E_y は荷重方向と平行する場合のヤング係数であり、せん断弾性係数 G とともに曲げ試験によって得られたものである。表-1より、 E_x/E_y は平均で1.05であり、特級のスギ集成材に対する1.13より7%小さな値である。また、

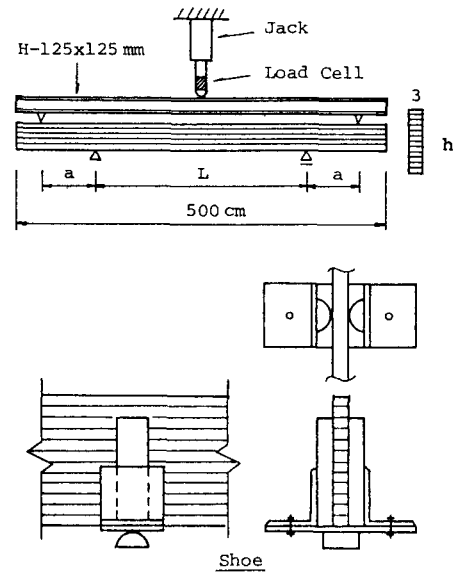


図-1 載荷方法と支点半部

表-1 断面諸量と座屈モーメント

CASE	L (cm)	a (cm)	b (cm)	h (cm)	I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)	E_x (kg/cm ²)	E_y (kg/cm ²)	G (kg/cm ²)	Cs	M_{exp} (kg·cm)	M_{cal} (kg·cm)	$\frac{M_{exp}}{M_{cal}}$
1	300	45	3.011	6.241	61.002	14.200	96414	90573	6659	14.4	6739	8266	0.815
2	300	45	3.004	8.060	131.09	18.208	95544	92198	7118	16.4	9636	10508	0.917
3	300	45	3.002	10.580	296.32	23.853	99973	95103	8269	18.8	14442	14601	0.989
4	200	58	3.000	9.520	215.71	21.420	103924	96925	8288	14.5	17907	20079	0.892
5	200	58	3.016	12.140	449.77	27.759	99024	94136	7512	16.3	22843	24015	0.951
6	200	58	2.999	15.271	890.08	34.326	99963	95214	8309	18.4	30937	31122	0.994

E_y/G の平均値は12.3で、スギ集成材に対する計算基準値の15より18%小さな値となっている。なおりに関するヤング係数は、 E_x と E_y の相乗平均と仮定し $E_w = \sqrt{E_x \cdot E_y}$ とした。

3. 結果および考察

図-2は一例として、ケース5桁の荷重と支間中央における重心の水平変位および垂直変位との関係を示したものである。座屈荷重を求める方法として、荷重 P と水平変位の2乗 u^2 の関係曲線を描くと最大荷重付近で P と u^2 がほぼ直線関係となることから、それを延長して縦軸との交点を座屈荷重とした。この方法により求めた横座屈荷重 $P = 324\text{kg}$ に、H形鋼と載荷器具の重量 69.85kg を加算すると座屈モーメントは $393.85\text{kg} \times 58\text{cm} = 22843\text{kg}\cdot\text{cm}$ となり、弾性座屈モーメント式²⁾より得られる $M_{cal} = 24015\text{kg}\cdot\text{cm}$ より5%程小さな値である。なお図中の実線は、垂直変位の弾性解析値である。 $P = 250\text{kg}$ までは弾性状態で変位しているが、それ以降は圧縮側の一部が塑性化することにより変位が増加したものと思われる。

図-3は、ケース5桁の荷重と支間中央における直ひずみの関係を示したものである。図より、図中の下縁部2の直ひずみは、荷重がある限界に達するまではほぼ直線関係の圧縮ひずみとなっているが、その限界を越えると、水平方向のねじりを伴う曲げによって引張ひずみが卓越するのがわかる。

図-4は6ケースの実験結果について、実験値と弾性座屈値の比 M_{exp}/M_{cal} と横座屈細長比 C_s の関係を示したものである。図中の C_k は横座屈係数で、 $C_k = 0.8\sqrt{E_y/f_{bx}}$ で与えられ、 f_{bx} は面内曲げに対する許容曲げ応力度である。特級のスギ集成材に対する $E_y = 80000\text{kg}/\text{cm}^2$ と $f_{bx} = 135\text{kg}/\text{cm}^2$ を用いると $C_k = 19$ となる。また、図中の白丸は今回の6ケースの、黒丸は弾性域での実験結果²⁾である。図より、 $C_s > 19$ の弾性域では M_{exp}/M_{cal} の平均は1.06と実験値は計算値と良い対応を示しているが、非弾性座屈が予想される $10 < C_s < C_k$ の範囲における実験値は、 C_s が小さくなるにつれて弾性座屈値より小さくなっており、圧縮側が塑性化することにより座屈モーメントが低下すると考えられる。

【参考文献】

- 1) Hooley and Madsen : Lateral Stability of Glued Laminated Beams, ASCE, No. ST3, 1964
- 2) 長谷部, 薄木 : 集成木材はりの横座屈解析と実験, 構造工学論文集, Vol. 38A, 1992.

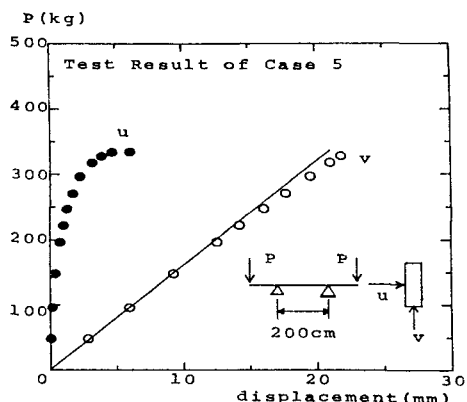


図-2 荷重-変位関係

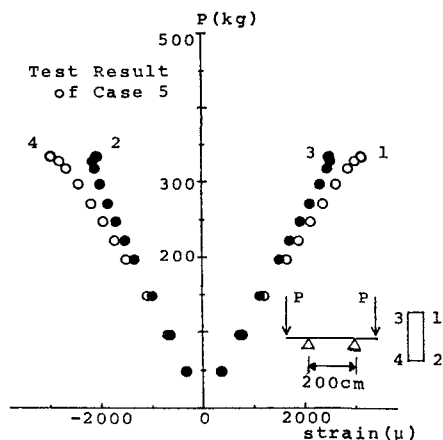


図-3 荷重-直ひずみ関係

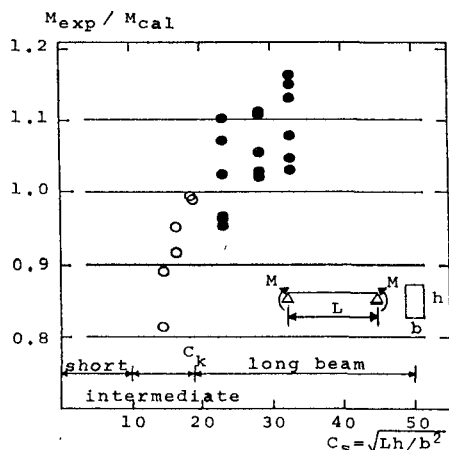


図-4 M_{exp}/M_{cal} と細長比の関係