

道産材を用いた I 形梁の実用化 (第 2 報)

- 曲げ性能 (剛性) の評価 -

大橋 義徳

佐藤 司^{*1}

戸田 正彦^{*2}

前田 典昭^{*3}

田口 崇^{*4}

古田 直之^{*5}

Practical Application of I-beams with Wooden Materials Made in Hokkaido (II)

- Evaluation of the Bending Properties (Bending Stiffness) -

Yoshinori OHASHI

Tsukasa SATO

Masahiko TODA

Noriaki MAEDA

Takashi TAGUCHI

Naoyuki FURUTA

We have developed I-beams with wooden materials made in Hokkaido, in order to stably supply various structural materials for wood frame construction. In this study, domestic I-beams were fabricated and bending tests were carried out to evaluate compatibility by calculating the deflection. The following results were obtained.

- 1) The calculated values of the bending stiffness and the deflection at mid-span agreed well with their measured values; therefore the bending and shear component in the deflection could be calculated with high accuracy.
- 2) The USDA's approximate formula is the most suitable for calculating the shear component because the values are available with sufficient accuracy and safety.
- 3) In the practical condition (uniformly distributed load), some types of I-beams were stiffer than dimension lumber and imported I-beams.
- 4) The ratios of the shear component to the deflection at mid-span of the I-beam were larger than those of the lumber and imported I-beams.

Key words: wood frame construction, I-beam, bending test, bending stiffness, deflection
枠組壁工法, I 形梁, 曲げ試験, 曲げ剛性, たわみ

枠組壁工法用構造部材の総合的かつ安定的な供給を目的として、道産材を用いた I 形梁の実用化研究を行った。本報では、試験製造した道産 I 形梁の曲げ試験を行い、たわみ計算の適合性を検証し、以下の結果を得た。

- 1) 道産 I 形梁の曲げ剛性と中央たわみは、計算値が実測値とよく一致し、曲げ成分とせん断成分が精度良く計算可能であることが示された。

- 2) せん断成分の計算式は、安全側で十分な精度の値が得られる USDA の概算式が最適であった。
- 3) 実用条件の等分布荷重では、道産 形梁は種類によって枠組壁工法用製材や輸入 形梁と同等以上の剛性を持つことが示された。
- 4) 道産 形梁は、製材や輸入 形梁よりもせん断たわみの割合が大きかった。

1. はじめに

枠組壁工法の床性能の向上と構造部材の総合的かつ安定的な供給を目的として、道産材を用いた 形梁の実用化研究を行った。前報¹⁾では、試作した製造装置を用いて、6種類の 形梁について適正な製造条件を明らかにするとともに、製品コストを試算し、タイプにより輸入製材または輸入 形梁と同等の価格となることを確認した。

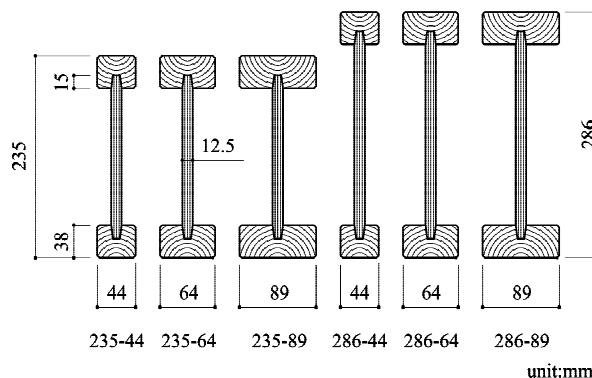
本報では、適正条件により試験製造した道産 形梁について曲げ試験を行い、曲げ性能のうち曲げ剛性とたわみ性状について検討した結果を報告する。なお、本研究は平成 12 年度事業化特別研究²⁾として行ったものであり、一部を日本木材学会北海道支部平成 12 年度研究発表会³⁾および第 52 回日本木材学会大会⁴⁾で報告した。

2. 試験体

試験体の断面形状は第 1 図に示す 6 種類とした。

試験体は、前報の適正条件に基づいて 10m 長さで製造した 6 種類各 5 体から 2 体ずつ切り出し、1 種類につき 10 体とした。

フランジには、道産トドマツの枠組壁工法構造用製材の乾燥原板（関木材工業（株）製）を用いた。89 タイプには寸法形式 204（38 × 89mm）、64 タイプには 203（38 × 64mm）、44 タイプには半割りするために 204 より幅広の材料（38 × 95mm、以下 204W）の乾燥原板をそれぞれ用いた。それらの原板を枠組壁工法構造用たて継ぎ材の JAS の甲種枠組材 2 級に準じて欠点を除去し、2.5m 長さなたて継ぎした段階で、FFT アナライザ（（株）小野測器製、CF-1200）を用いて縦振動法による動的ヤング係数 E_t を測定した。フランジ用製材の材質として抜き取りで測定した気乾比重、平均年輪幅、含水率を併せて第 1 表に示す。ここで、204 タイプの含水率が他と比べて低かったのは、購入時期と養生期間が異なるためであ



第 1 図 試験体の種類と断面形状

Fig. 1. Type and cross-section drawing of the specimens.

第 1 表 フランジ用製材の材質

Table 1. Properties of the lumber for the flange.

Type	n	SG	ARW	MC	E_t		
		av.	av.	av.	n	av.	s.d.
204W	18	0.354	4.2	12.4	40	9.92	0.67
203	18	0.342	5.4	12.5	80	9.09	0.88
204	18	0.361	5.0	9.9	80	9.87	0.76

凡例) n: 測定数, SG: 気乾比重, ARW: 平均年輪幅, MC: 含水率, E_t : 動的ヤング係数

Legend) n: Number of specimens; SG: Specific gravity at air dry; ARW: Annual ring width; MC: Moisture content; E_t : Modulus of elasticity measured by tapping method.

り、203 タイプの E_t がやや低かったのは、採材する原木径が小さかったためと推察される。

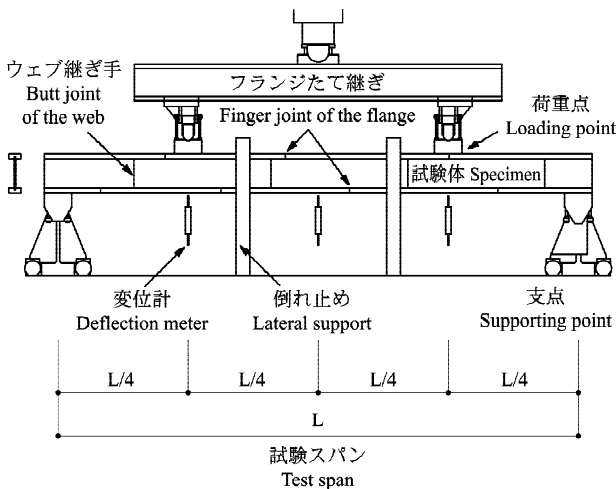
ウェブには、道産カラマツの構造用合板（丸玉産業（株）製、12.5mm 厚、4ply 構成、特類 2 級）を用いた。ウェブ用合板の材質を抜き取りで測定（測定数 20）したところ、気乾比重の平均値が 0.476、含水率の平均値が 10.7% であった。

組立のために、フランジは E_t が近似する 2.5m 長さのものを 10m 長さになるようにたて継ぎし、上下フランジの E_t が近似するように組み合わせた。ウェブは、表層単板の繊維方向が材軸に直交となるよう

に切り出した。フランジのたて継ぎ部 (フィンガージョイント) の接着にはKR-E26を、フランジとウェブの接合部、ウェブの継ぎ手部 (バットジョイント) の接着にはKR-134Lを主剤とする水性高分子 - イソシアネート系接着剤 (光洋産業 (株) 製) を用いた。

3. 試験方法

曲げ強度試験の方法を第2図に示す。試験は、油圧式強度試験機 ((株) 東京衡機製造所製、曲げ容量200kN) を用いて行った。加力方式は、木質部材の性能評価試験法⁵⁾を参考に、負荷により生じる曲げモーメントとせん断力の比率が等分布荷重と同一となる4等分点2点荷重方式とした。試験スパンはタイプに応じて3185 ~ 4550mmとし、余長はいずれも200mmとした。倒れ止めは2か所に配置した。荷重の計測は、容量200kNのロードセルを用いて行い、たわみの計測は、スパン中央と両荷重点の計3か所の下部フランジにてひずみゲージ式変位計 (最大ストローク100mm, 分解能1/100mm) を用いて行った。試験体は、フランジのたて継ぎ部が曲げ破壊の要因になることから、たて継ぎ部が最大モーメント区間 (荷重点間) に配置されるように、また、ウェブの継ぎ手部がせん断破壊の要因になることから、継ぎ手部が両側のせん断区間 (支点と荷重点の間) に配置されるように配慮した。



第2図 曲げ強度試験の方法
Fig. 2. Method of the bending test.

4. たわみの計算方法

一般に、曲げ部材のたわみは、曲げ成分とせん断成分によって構成され、次式で表される。

$$\delta = \delta_b + \delta_s \quad (1)$$

ここで、

δ : 曲げ部材のたわみ (mm)

δ_b : たわみに含まれる曲げ成分 (mm)

δ_s : たわみに含まれるせん断成分 (mm)

製材や集成材等の矩形断面では、せん断成分が曲げ成分と比べて小さいために無視されているが、形梁等の木質複合梁では、同幅の矩形断面よりスパン - 梁せい比が小さく、また、せん断応力を受け持つウェブの断面積も少ないため、せん断成分の比率が大きく⁶⁾、無視することができない。そこで、木質複合梁のたわみに関する研究例⁷⁻¹¹⁾や設計法^{12,13)}を参考に、道産 形梁の断面形状や構成要素を考慮した計算方法とその適合性を検証することとした。

4.1 曲げ成分の計算方法

曲げ成分については、ウェブが有効な継ぎ手により一体となって挙動する場合、一般的な梁の曲げ理論式を用いてもよい¹²⁾とされている。ここでは、ウェブも一体であると仮定し、本試験条件で中央たわみに含まれる曲げ成分を次式により求めた。

$$\delta_b = \frac{PL^3C}{EI_{cal}} \quad (2)$$

$$EI_{cal} = E_f I_f + E_w I_w \quad (3)$$

$$EI_{cal-f} = E_f I_f \quad (4)$$

ここで、

δ_b : 中央たわみに含まれる曲げ成分 (mm)

P : 荷重 (N)

L : 試験スパン (mm)

C : 荷重条件に応じた係数 (4等分点2点荷重では11/768, 等分布荷重では5/384)

EI_{cal} : 曲げ剛性の計算値 (N・mm²)

EI_{cal-f} : ウェブを無視した曲げ剛性の計算値 (N・mm²)

E_f : フランジの曲げヤング係数 (N/mm²)

E_w : ウェブの曲げヤング係数 (N/mm²)

I_f : フランジの断面二次モーメント (mm⁴)

I_w : ウェブ (全厚さ) の断面二次モーメント (mm⁴)

なお、 E_f にはフランジ用たて継ぎ材の動的ヤング

係数 E_t を、 E_w にはウェブ用合板のエッジワイズ曲げ実験値（中央集中荷重，スパン = 420mm，試験体断面 = 30 × 12.5mm，平均値 = 4890N/mm²，標準偏差 = 890N/mm²，試験体数 = 10）を用いた。

また、 b の計算精度を検証するために、荷重点間距離で測定した純曲げたわみを用いて曲げ剛性の実測値を次式により求め、計算値 EI_{cal} と比較した。

$$EI_{exp} = \frac{Pl^3}{256\delta_{cl}} \quad (5)$$

ここで、

EI_{exp} : 曲げ剛性の実測値 (N・mm²)

l : 荷重点間距離 (ここでは L の 1/2) (mm)

δ_{cl} : l に対する純曲げたわみ (mm)

4.2 せん断成分の計算方法

せん断成分については、今回の断面形状と同一の形状について検討した事例が見あたらなかったため、既往の研究をもとに計算方法をいくつか検討した。計算を行うにあたり、第3図のように上下フランジが対称構成で、フランジとウェブの接合部を省略した断面3種類を仮定した。

まず、ウェブがフランジを貫通しない (a) 断面において中央たわみに含まれるせん断成分は、沢田⁷⁾、高見ら⁸⁾が箱形梁の研究で求めたひずみエネルギー法による解法を形梁に適用し、次式により求めた。

$$\delta_{s(a)} = \frac{3PLC}{20BH\varphi^2} \left(\frac{8-15h_0+10h_0^3-3h_0^5}{G_f} + b_0k^2 \frac{15\omega^2h_0-10\omega h_0^3+3h_0^5}{G_w} \right) \quad (6)$$

$$\varphi = 1 - (1-b_0k)h_0^3, \omega = \frac{1-(1-b_0k)h_0^2}{b_0k}, h_0 = \frac{h}{H}, b_0 = \frac{b}{B}, k = \frac{E_w}{E_f}$$

ここで、

s : 中央たわみに含まれるせん断成分 (mm)

C : 荷重条件に応じた係数 (4等分点2点荷重および等分布荷重の場合、1/8)

H : 梁せい (mm)

h : 上下フランジ間の距離 (mm)

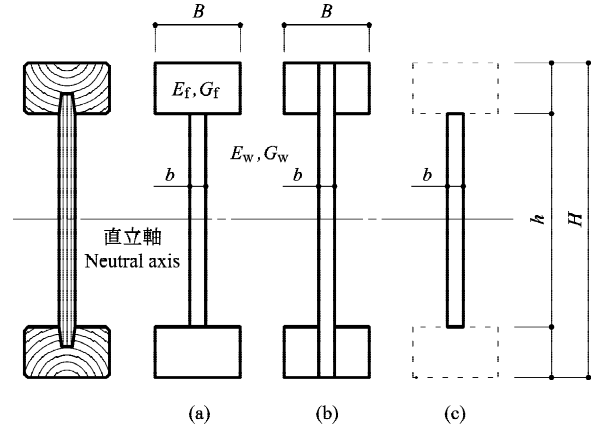
B : 梁幅 (mm)

b : ウェブ幅 (mm)

G_f : フランジのせん断弾性係数 (N/mm²)

G_w : ウェブのせん断弾性係数 (N/mm²)

なお、 G_w はプレートシア法¹⁴⁾によるウェブ用合



第3図 せん断成分の計算のための断面図

Fig. 3. Cross-section drawing for the calculation of the shear component.

板の実験値 (3点支持1点荷重方式，試験体寸法 = 380 × 380mm，平均値 = 560N/mm²，標準偏差 = 70N/mm²，試験体数 = 16) とした。 G_f は未測定のため文献¹⁵⁾より E_f の 1/20 とした。

次に、ウェブがフランジを貫通した (b) 断面のときにスパン中央たわみに含まれるせん断成分は、木質構造設計規準をもとに次式により求めた。

$$\delta_{s(b)} = \frac{PLCKH^2}{G_w(I_{f(b)} + I_{w(b)})} \quad (7)$$

ここで、

C : 荷重条件に応じた係数 (4等分点2点荷重および等分布荷重では 1/20)¹²⁾

K : 断面形状に応じた定数¹²⁾

$I_{f(b)}$: (b) 断面のときのフランジの断面二次モーメント (mm⁴)

$I_{w(b)}$: (b) 断面のときのウェブ単板のうち繊維方向がスパンに平行な層の断面二次モーメント (mm⁴)

また、ウェブのみを対象とした (c) 断面のときにスパン中央のたわみに含まれるせん断成分は、USDA (米国農務省) の木材ハンドブック¹³⁾をもとに次式により求めた。

$$\delta_{s(c)} = \frac{PLC}{G_wbh} \quad (8)$$

ここで、

C : 荷重条件に応じた係数 (4等分点2点荷重および等分布荷重では 1/8)

第2表 曲げ剛性の実測値と計算値

Table 2. Measured and calculated values of the bending stiffness.

Type		B	H	L	E_f	E_w	EI_{cal-f}	EI_{cal}	EI_{exp}	EI/EI	
		(mm)	(mm)	(mm)	(10^3N/mm^2)		($10^9\text{N}\cdot\text{mm}^2$)			cal-f/exp	cal/exp
235-44	av.	44.01	234.76	3185	9.93	4.89	305	336	377	0.82	0.90
	s.d.	0.06	0.11		0.73		22	22	38	0.12	0.13
235-64	av.	64.02	234.84	3640	9.10	4.89	415	446	435	0.96	1.03
	s.d.	0.03	0.09		1.01		46	46	34	0.12	0.12
235-89	av.	89.04	235.13	4550	9.85	4.89	635	666	689	0.92	0.97
	s.d.	0.04	0.06		0.86		55	55	49	0.08	0.08
286-44	av.	44.02	285.68	3640	9.91	4.89	479	543	601	0.80	0.91
	s.d.	0.05	0.10		0.66		32	32	75	0.07	0.09
286-64	av.	64.00	285.91	4550	9.08	4.89	652	718	718	0.91	1.00
	s.d.	0.03	0.10		0.81		58	58	33	0.08	0.08
286-89	av.	89.04	286.05	4550	9.89	4.89	1003	1068	1083	0.93	0.99
	s.d.	0.05	0.08		0.72		72	72	84	0.07	0.07

凡例) B : 梁幅, H : 梁せい, L : 試験スパン, E_f : フランジの曲げヤング係数, E_w : ウェブの曲げヤング係数, EI_{cal-f} : ウェブを無視した曲げ剛性の計算値, EI_{cal} : 曲げ剛性の計算値, EI_{exp} : 曲げ剛性の実測値, av.: 平均値, s.d.: 標準偏差

Legend) B : Breadth of the beam; H : Height of the beam; L : Test span; E_f : Modulus of elasticity of the flange; E_w : Modulus of elasticity of the web; EI_{cal-f} : Calculated bending stiffness with disregard to the web; EI_{cal} : Calculated bending stiffness; EI_{exp} : Measured bending stiffness; av.: Average; s.d.: Standard deviation.

5. 結果と考察

5.1 曲げ剛性の実測値と計算値

曲げ成分の計算精度を検証するために、曲げ剛性の計算値 EI_{cal} と実測値 EI_{exp} を比較した結果を第2表に示す。曲げ剛性の計算値と実測値の比 EI_{cal}/EI_{exp} は、44タイプの平均が0.90または0.91とやや低かったが、そのほかでは0.97 ~ 1.03となり、計算値が実測値とよく一致したといえる。このことは、次節で述べる曲げ成分が精度良く計算可能であることを示すものである。なお、今回の計算に用いたフランジの曲げヤング係数は2.5mにたて継ぎした状態で測定したものであるため、長さ方向に多少のバラツキを持っていたと予想される。2.5m長さにたて継ぎする前のすべての材料の曲げヤング係数を把握した上で同等のものをたて継ぎすれば、今回よりもさらに計算精度は向上するであろう。

次に、ウェブを無視した計算値と実測値の比 EI_{cal-f}/EI_{exp} については、0.80 ~ 0.96と低く見積もりすぎることとなり、梁幅が小さくなるとその傾向は強くなった。このことは、スティフナ等を用いずにパットジョイントのみで接合したウェブ継ぎ手が、接着面が破断するまではウェブを一体化し、少なからず曲げ剛性

に貢献することを示すものと考えられる。

5.2 たわみの実測値と計算値

本試験条件において設計荷重が加わったときの中央たわみの実測値 δ_{exp} と計算値 δ_{cal} を第3表に示す。ここで与えた設計荷重 P_{dl} は、負担幅を455mmとしたときの等分布荷重 ($2250\text{N/m}^2 = \text{固定荷重}450 + \text{積載荷重}1800$) を4等分2点荷重に相当するものとした。

せん断たわみの計算値 δ_s は、(6)、(7)、(8)式の順に大きくなる傾向が見られた。これは、各式において考慮しているフランジの寄与率が順に小さくなることを示している。

中央たわみの実測値と計算値の比 $\delta_{exp}/\delta_{cal}$ は、 $\delta_{cal(a)}$ では0.94 ~ 1.06、 $\delta_{cal(b)}$ では0.91 ~ 1.03、 $\delta_{cal(c)}$ では0.88 ~ 1.00となり、いずれも44タイプでやや低かったもののおおむね計算値が実測値と一致し、いずれの式においても実用上十分な精度が得られると考えられる。

以上の結果をもとに、せん断たわみの計算方法については、最も安全側で、かつ、簡便な(8)式を採用することとした。

5.3 実用条件におけるたわみ予測

前節では、試験条件において道産 形梁のたわみ

第3表 たわみの実測値と計算値

Table 3. Measured and calculated values of the deflection at mid-span.

Type		L (mm)	P_{dl} (N)	δ_{exp} (mm)	b (mm)	$s(a)$ (mm)	$s(b)$ (mm)	$s(c)$ (mm)	$\delta_{cal(a)}$ (mm)	$\delta_{cal(b)}$ (mm)	$\delta_{cal(c)}$ (mm)	$\delta_{exp}/\delta_{cal(a)}$	$\delta_{exp}/\delta_{cal(b)}$	$\delta_{exp}/\delta_{cal(c)}$
235-44	av.	3185	3261	5.0	4.5	0.8	1.0	1.2	5.3	5.5	5.7	0.94	0.91	0.88
	s.d.			0.3	0.3				0.3	0.3	0.3	0.09	0.08	0.08
235-64	av.	3640	3726	7.1	5.8	1.0	1.2	1.5	6.9	7.0	7.3	1.04	1.01	0.96
	s.d.			0.3	0.6				0.6	0.6	0.6	0.06	0.06	0.05
235-89	av.	4550	4658	11.2	9.5	1.6	1.8	2.4	11.1	11.3	11.9	1.01	0.99	0.94
	s.d.			0.6	0.8				0.8	0.8	0.8	0.04	0.04	0.03
286-44	av.	3640	3726	5.6	4.8	0.9	1.1	1.2	5.6	5.9	5.9	1.00	0.95	0.95
	s.d.			0.4	0.3				0.3	0.3	0.3	0.03	0.03	0.03
286-64	av.	4550	4658	10.3	8.8	1.3	1.6	1.8	10.2	10.5	10.6	1.02	0.99	0.97
	s.d.			0.5	0.7				0.7	0.7	0.7	0.05	0.05	0.05
286-89	av.	4550	4658	7.7	5.9	1.3	1.6	1.8	7.2	7.5	7.7	1.06	1.03	1.00
	s.d.			0.4	0.4				0.4	0.4	0.4	0.02	0.02	0.01

凡例) L : 第2表参照, P_{dl} : 本試験条件で梁1本に掛かる設計荷重, δ_{exp} : スパン中央たわみの実測値, b : (2)式により計算されるスパン中央たわみの曲げ成分, $s(a) \sim (c)$: (6) ~ (8)式により計算されるスパン中央たわみのせん断成分, δ_{cal} : スパン中央たわみの計算値
 Legend) L : See Table 2; P_{dl} : Design load applied on a beam in this test condition; δ_{exp} : Measured deflection at mid-span; b : Bending component at mid-span calculated by formula (2); $s(a) \sim (c)$: Shear component at mid-span calculated by formula (6) ~ (8); δ_{cal} : Calculated deflection at mid-span.

を精度良く安全側に計算できることが確かめられた。次に、実用条件である等分布荷重のときに生じるたわみとスパン制限について検討を行った。

実用条件において床たわみを検証する場合、現行の建築基準法では建設省告示第1459号により、地震力計算用積載荷重(600N/m²)を用いてクリープ変形を考慮した計算を行うことになっている。しかし、道産形梁のクリープによる変形増大係数(木材では2.0)が未知であることから、ここでは従前と同様に住宅居室床の構造計算用積載荷重(1800N/m²)を用いた初期たわみの計算のみを行うこととした。なお、道産形梁のクリープ特性は別途試験により明らかにする予定である。

曲げ部材のたわみ制限については、構造的な障害を引き起こさないものとしてスパンの1/300 ~ 1/400とされている¹⁶⁾ことから、ここではスパンの1/400と設定した。

以上より、等分布荷重時の中央たわみとスパン制限の関係を(2)式と(8)式を用いて次式により求めた。

$$\delta_{cal(u)} = \delta_{b(u)} + \delta_{s(u)} = \frac{5WL^4}{384EI_{cal}} + \frac{WL^3}{8G_w bh} \leq \frac{L}{400} \quad (9)$$

ここで、

W : 負担幅455mmとしたときの長さあたりの等分布

荷重 (= 自重 + 0.455m × 2250N/m²)

比較として、枠組壁工法用製材の中央たわみとスパン制限との関係を次式により求めた。

$$\delta_{cal(u)} = \delta_{b(u)} + \delta_{s(u)} = \frac{5WL^4}{384E_{lu}I} + \frac{WL^3}{8G_{lu}A\kappa} \leq \frac{L}{400} \quad (10)$$

ここで、

E_{lu} : 製材の曲げヤング係数 SPF甲種2級で9600N/mm²)

G_{lu} : 製材のせん断弾性係数 (E_{lu} の1/20)

I, A : 断面二次モーメント (mm⁴), 断面積 (mm²)

κ : せん断剛性補正係数 (矩形断面で5/6)

なお、これらの計算で用いる自重のうち、道産形梁では実測値(試験体数=10)とし、枠組壁工法用製材では市販210材(甲種SPF2級のJAS製品)の実測比重(平均値=0.44, 標準偏差=0.06, 試験体数=16, 測定時含水率13.9%)から求めた計算値とした。

実用条件における道産形梁と製材のたわみと制限スパン、輸入形梁のカタログ¹⁷⁾をもとにした計算値を併せて第4表に示す。なお、輸入形梁はフランジにLVL, ウェブにOSBを用いたものである。

まず、道産形梁のたわみ制限スパン L_{lim} については、いずれのタイプも一般的な床根太スパンである3640mmを上回り、長尺スパンでの実用の可能性が示された。ただし、スパンの実用性については、次報で検討予定の耐力による制限スパンの検証を待つ

第4表 実用条件 (等分布荷重) におけるたわみ制限スパン

Table 4. Span limit by the deflection in the practical condition (uniformly distributed load).

	Type	B (mm)	H (mm)	W_B (N/m)	EI_{cal} ($10^9 N \cdot mm^2$)	GA_{cal} ($10^3 N$)	L_{lim} (mm)	$_{cal(u)}$ (mm)	$_{s(u) / _{cal(u)}}$
道産 形梁 Domestic I-beams	235-44	44	235	22.0	336	1113	3708	9.3	0.17
	235-64	64	235	27.2	446	1113	4041	10.1	0.19
	235-89	89	235	34.9	666	1113	4558	11.4	0.22
	286-44	44	286	24.9	543	1470	4379	10.9	0.16
	286-64	64	286	30.0	718	1470	4768	11.9	0.17
	286-89	89	286	37.5	1068	1470	5380	13.5	0.19
製材 Dimension Lumber	210	38	235	39.3	395	3572	4061	10.2	0.06
	212	38	286	47.8	711	4347	4928	12.3	0.06
輸入 形梁 Imported I-beams	235-44	44	235	30.5	434	2315	4156	10.4	0.09
	286-44	44	286	35.4	704	2818	4881	12.2	0.09

凡例) B, H, EI_{cal} : 第2表参照, W_B : 梁の自重, GA_{cal} : せん断剛性の計算値, L_{lim} : たわみ制限スパン, $_{cal(u)}$: 中央たわみの計算値, $_{s(u)}$: 中央たわみのせん断成分

注) 製材の GA_{cal} はせん断剛性補正係数 () を含んでいるが, 輸入 形梁の値に が含まれているかは不明。

Legend) B, H, EI_{cal} : See Table 2, W_B : Weight of the beam; GA_{cal} : Calculated shear stiffness; L_{lim} : Span limit by the deflection; $_{cal(u)}$: Calculated total deflection at mid-span; $_{s(u)}$: Shear component of total deflection at mid-span.

Note) Correction coefficient of shear stiffness () is included in GA_{cal} of the lumber, but it is not clear that might be included in GA_{cal} of the imported I-beam.

ことになる。ほかの材料との比較では、同じ梁せいでは、64タイプが製材と同等の剛性となり、89タイプが輸入 形梁を上回る剛性となった。

次に、たわみ制限スパンのときのたわみに含まれるせん断成分の比 $_{s(u) / _{cal(u)}}$ を求めたところ、道産 形梁では16~22%となり、枠組壁工法用製材に比べて約2.6~3.6倍、輸入 形梁に比べて約1.6~2.2倍であった。これらのことから、矩形断面と比べてせん断たわみの割合が大きいという 形梁の特性とともに、ウェブに用いる材料のせん断弾性係数がたわみに及ぼす影響が少なくないことが示された。

6. おわりに

本報では、試験製造した道産 形梁6種類について4等分点2点荷重方式による曲げ試験を行い、曲げ剛性とたわみについて検証し、以下の結果を得た。

- 1) 道産 形梁の曲げ剛性については、44タイプで計算値がやや低く算出される傾向にあったが、全体としては計算値が実測値とよく一致し、曲げ成分を精度良く計算可能であることが確かめられた。また、曲げ剛性に対してウェブが少なからず貢献していることが確かめられた。
- 2) 道産 形梁のたわみについても、計算値が実測値とよく一致し、せん断成分も精度良く計算可能で

あることが確かめられた。また、せん断成分の計算式は、簡便に安全側の値が得られるUSDA式が最適であると判断された。

- 3) 実用条件の等分布荷重で計算したたわみ制限スパンによれば、道産 形梁は種類によって枠組壁工法用製材や輸入 形梁と同等以上の剛性を持つことが示された。
- 4) 道産 形梁におけるせん断たわみの割合は、たわみ制限スパンにおいて、枠組壁工法用製材と比べて2.6~3.6倍、輸入 形梁と比べて1.6~2.6倍となることが示された。

以上の検討結果により、道産 I 形梁の曲げ剛性とたわみ、さらに、それらに対する各部の寄与の程度について精度良く把握できることが確かめられた。これにより、今後の部材開発において断面形状や使用材料を変更する場合、あるいは、構造部材として実施工する場合に、道産 I 形梁の変形性能を予測できるようになり、実用化を進める上で有益な知見が得られた。

文 献

- 1) 大橋義徳ほか6名：林産試験場報，18(4)，1-8 (2004)。
- 2) 北海道立林産試験場，北海道立寒地住宅都市研究所：“平成12年度事業化特別研究報告書”，1-

- 30(2001).
- 3) 大橋義徳ほか5名：日本木材学会北海道支部講演集，第32号，1-4(2000).
- 4) 大橋義徳ほか3名：第52回日本木材学会大会研究発表要旨集，19(2002).
- 5) 鴛海四郎：木材工業，54(5)，244-245(1999).
- 6) 平嶋義彦：林業試験場研究報告，No.294，207-210(1977).
- 7) 沢田稔：“木材梁の弾性たわみに関する理論計算”，北大木材加工学教室研究資料(1961).
- 8) 高見勇，川口正夫：木材学会誌，7(3)，101-106(1961).
- 9) 沢田稔，山本宏：北大農演研報，26(1)，12-43(1967).
- 10) 宮島寛：日本木材学会北海道支部講演集，第3号，10-13(1971).
- 11) 上田恒司：日本木材学会北海道支部講演集，第14号，37-40(1982).
- 12) (社) 日本建築学会：“木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 - ”，(社) 日本建築学会編，丸善，東京，194-199(2002).
- 13) U.S.Forest Products Laboratory：“Wood handbook -Wood as an Engineering Material- ”，Agric.Handbook No.72，University Press of the Pacific，Hawaii，USA，10-12(ch.10)(2000).
- 14) 杉山英男：“建築構造学大系22 木構造”，彰国社，東京，256-258(1971).
- 15) 沢田稔：林業試験場研究報告，No.108，116-193(1958).
- 16) (社) 日本建築学会：“木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 - ”，(社) 日本建築学会編，丸善，東京，176-184(2002).
- 17) ウェアハウザー・ジャパン株式会社：“標準設計施工仕様書”，1-28(2002).
- 企画指導部 企画課 -
- *1：性能部 性能開発科 -
- *2：性能部 構造性能科 -
- *3：性能部 主任研究員 -
- *4：技術部 製材乾燥科 -
- *5：技術部 合板科 -
(原稿受理：05.05.30)