HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | スキーの力学的性質に関する研究(第2報)：市販スキーの曲げおよび捩り性能 |
| Author(s) | 沢田, 稔; 宮島, 寛; 上田, 恒司; 工藤, 修 |
| Citation | 北海道大學農學部 演習林研究報告, 27(1), 91-112 |
| Issue Date | 1970-07 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/20873 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 27(1)_P91-112.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# スキーの力学的性質に関する研究 (第2報)

## 市販スキーの曲げおよび捩り性能

沢田 稔* 宮島 寛**
上田恒司*** 工藤 修****

# Studies on Mechanical Properties of Skis
## Report 2. Flexural and Torsional Properties of Skis on the Market

By

Minoru SAWADA, Hiroshi MIYAJIMA, Koji UEDA
and Osamu KUDO

目　次

まえがき …… 91
1. スキーの性能評価についての考え方 …… 92
2. 試験用スキーの種類および試験方法 …… 93
3. 試験の結果および考察 …… 95
むすび …… 110
文献 …… 111
Summary …… 111

## まえがき

さきに，第1報[1]において，スキーに要求される力学的性能について，静的・動的なものがいろいろ考えられるが，その基本となるのは曲げおよび捩り性能であることを述べ，これらはスキーを複合両テーパー材とすることによって力学的に取扱うことができ，さらに，合板スキーについて，原板の性能を把握することによって，これらの性能についての希望のものを設計製造することが可能であることを，原板からスキーに至る一連の過程をとおして実証した。

しかし，基本となるスキーの曲げおよび捩り性能においても，いかなるものがよいのか明確には示されていない。一応，曲げたわみについては JIS S 7007-1966 に規定するスキーの先

* 北海道大学農学部　林産学科　木材加工学教室　教　授　林学博士
** 北海道大学農学部　林産学科　木材加工学教室　助教授　林学博士
*** 北海道大学農学部　林産学科　木材加工学教室　助　手　農学修士
**** 北海道立林産試験場　試験部　技師 (当時　通商産業省工業技術院東北工業技術試験所　技官)

端から滑走面にそって250 mm，後端から同じく70 mmの位置で支え，その中央に30 kgの荷重をかけたときのたわみが50～60 mmのものが標準といわれている。捩り性能に関しては，捩り角，捩り率など[2,3]についての測定結果は若干発表されているが，どの程度のものがどのような目的に適しているというようなことは全く数値的には示されていない。

ここでは，市販スキーについて，これらがどのような値を示すものか，また木材，F.R.P.，メタルなどの構成材料との関連性はどのようになっているのかを確かめるために，測定を行なったものである。この結果から，スキーの実態がかなり明確にわかったと考えられる。また，スキーの曲げたわみおよび捩り率から見かけのヤング係数 $\bar{E}$ およびせん断弾性係数 $\bar{G}$ を計算によって求め，これらから構成材料の性能についての評価も行なった。

もちろん，スキーを上述の曲げおよび捩りの両性能のみから評価することはできず，これに振動性能，折損に対する適切な強度，camberに関する事項，温度変化に対する性能の安定性といったことなども考慮に入れねばならないであろう。これらについては逐次追究していく予定である。

この試験は1967年6月から1969年3月にわたって，道内スキー業界の協力をえ，北海道商工部工業課の支援をうけて行なったものである。ここに記して謝意を表する。

## 1.　スキーの性能評価についての考え方

スキーに要求される力学的性能についてはすでに，第1報に述べたとおりであるが，ここではスキーの性能評価についての基本的な考え方を以下に述べる。

まず，ゆるく，凹凸の少ない斜面を静かに直滑降するときは，スキーヤーの体重がスキー全体でほぼ等しく雪面にかかるようにするために，曲げ剛性とcamberが適切であることが要求される。スキーの一部で雪面に接するばあいは抵抗が大きくなり，かつ不安定となろう。曲げ剛性に関しては，前述のようにJIS S 7007による曲げ試験において，荷重30 kgのときのたわみが50～60 mmのものが標準といわれている。アーチベントといわれるcamberについては，どのような形にし，量(矢高)をいくらにするかということは明確ではない。しかし，通常，一組のスキーを底面を合わせてたて，中央部をおしつけ，接触させたとき，底面全体が接触し，すき間のできないものがよいといわれる。これは中央集中荷重によるたわみ曲線とcamberを一致させていることになり，camberについてのひとつの考え方を示すものである。Camberの理想量は曲げ剛性とも関連し，スキーヤーの体重，雪質，滑降速度などによって変るものであろう。したがって，いろいろな条件における中間的な値か，最も頻度の高い条件に対してきめられるべきであろう。

回転のときは，当然スキーは捩られることになる。スキーの捩り剛性が大きければ，エッジがきき，捩り剛性が小さいものではスキーは捩られ，その底面で滑ることになる。曲げ剛性が極端に大きい(たわみが少ない)スキーは滑りにくいと同じく，捩り剛性のとくに大きいス

キーは回転には向かないといえよう。回転用スキーにおいては，捩り剛性をあまり大きくしないで，回転時も底面で滑るようにしたものもでている。とくに，ウエデルン専用品では捩り剛性を小さくする傾向が強い。捩り剛性はスキー材料のせん断弾性係数 $G$ とその構成方法によってきまるが，$G$ の値は木材 (イタヤ材)，F.R.P. およびメタル (75 S-T 6) でほぼ 15，40～50 および $270\times10^3$ kg/cm$^2$ であるので，メタルスキーは当然捩り剛性が大きくなる。

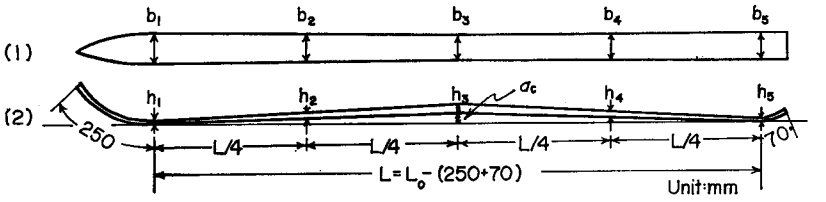
さらに，滑降競技のように凹凸のはげしい急斜面を高速で滑るには，上述の曲げ剛性と camber のほかに粘性抵抗に関する性能が要求される。これは自動車が乗り心地をよくするために，スプリングとオイルダンパー (ショックアブソーバー) を併用しているのと同じである。木材にはこの粘性抵抗の性質があるが，メタルにはスプリングの性質しかない。これが振動性能において，メタルスキーが木製スキーに劣る原因であって，その性能向上のためには内部の材料 (木材) との組合せを充分考慮しなければならない。また，高速滑降では曲げ剛性を大きくし，斜面の凹凸によるスキーの曲げ変形を少なくする必要があり，捩り剛性についても，同じく大きい方が，安定性があるといえる。

以上述べたことにより，スキーはその性能，とくに曲げ剛性および捩り剛性により大まかには，(1) そのどちらも小さいものは初歩者用，(2) 中庸のものは一般用，(3) 両者ともやや大きいものは上級者および回転競技用，(4) 両者ともさらに大きいものは滑降および大回転競技用に分けられるであろう。また，スキーヤーの好みにより，上級者および回転競技用として曲げ剛性はかなり大きいが，捩り剛性は標準かやや小さいものも存在する。この分類の数値的な基準については試験結果の項に述べる。

一方，スキーの性能評価において，その構成材料のもつ特性がスキーの性能にどのようにいかされているかということも考慮しなければならない。

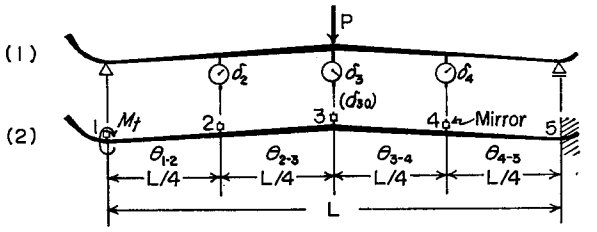
## 2. 試験用スキーの種類および試験方法

試験に供したスキーは全て完成品で，表-2 に示すように，全部で 45 台である。長さは 200 cm を標準とし，190 cm から 220 cm までのものを含む。内訳はつぎのとおりである。合板スキーは 20 台で，うち道材による道産品 12 台，ヒッコリー材を面材とし，道材を芯材に用いた道産品 6 台，ヒッコリー材を用いた外国製品 2 台 (この 2 台は 1 本ずつ) である。F.R.P. を面材としたいわゆるグラスファイバースキーは 18 台で，うち道産品 6 台，本州製品 2 台，外国製品 10 台 (このうち 7 台は 1 本ずつ，表-2 の No. 29 は芯材に有孔プラスチックを用いたもの) である。メタルスキーは道産品はなく，本州製品 3 台，外国製品 4 台 (このうち 1 台は 1 本のみ) の 7 台である。これらのスキーの構成材料のうち面材の性質を表-2 に示す。ここで面材というのは単なる表面の材料ではなく，力学的に見た構成材料としての面材である。実際にはこれらの材料の上に，底面には滑りをよくするためにプラスチックソールなどを，上面にも仕上げをよくするために他のプラスチック材料などがはられるばあいが多い。




**図—1**　スキーの寸法

**Fig. 1.**　Dimensions of ski.




**図—2**　(1) 曲げ試験　(2) 捩り試験

**Fig. 2.**　(1) Bending test.　(2) Torsion test.

試験においては，まず，図-1に示す位置における厚さ，幅，矢高 ($h_2$, $h_3$ および $h_4$ の位置における矢高を測定したが，camber に関しては別の機会に論じたいと考えるので，表-1には中央部の値 $a_c$ のみをのせる) および重量を測定した。この位置は JIS S 7007 による曲げ試験における支点および荷重点と一致させたものである。

曲げ試験および捩り試験はつぎのようにして行なった。

**曲げ試験**：　JIS S 7007 に規定するスキーの先端から滑走面に沿って 250 mm の点と後端から同じく 70 mm の点を支持点とし，その中央に 1 kg の分銅を 10 個順次のせ，たわみをスパン $L$ の 1/4 点，中央点および 3/4 点で，ストローク 30 mm，1/100 mm 目盛のダイヤルゲージで読み，弾性たわみを求めた。これらは $\delta_2$, $\delta_3$ および $\delta_4$ として表-1にのせてある。また，別に 5 kg ずつ 30 kg まで分銅をのせ，中央点のたわみをストローク 80 mm，1/20 mm 目盛のダイヤルゲージで読み，荷重 30 kg に対するたわみを測定した。表-1 の $\delta_{30}$ である。

第1報に述べたように，スキーの曲げたわみはスキーを複合両テーパービームとして取扱うことによって求められる。このばあいの中央部のたわみ $\delta_3$ は

$$\delta_3=\frac{PL^3}{16\bar{E}I_0\beta^3}\left[\ln(1+\beta)-\frac{\beta(2+3\beta)}{2(1+\beta)^2}\right]$$

ここに，$P$ は荷重，$L$ はスパン，$\bar{E}$ はスキーの見掛けのヤング係数，$I_0=bh_0^3/12$ で，$b$ には $b_2$, $b_3$ および $b_4$ の平均値，$h_0$ には $h_1$ と $h_5$ の平均値を用いる。$\beta=(h_c-h_0)/h_0$ で，$h_c=h_3$ である。この式を使って，実測たわみ $\delta_3$ からスキーの見掛けのヤング係数 $\bar{E}$ を計算した。この計算は中立軸が断面の中心にあると仮定して行なったもので，あくまでも比較のための参考値である。

**捩り試験**：　当北大農学部木材加工学教室において設計したスキー用捩り試験装置によ

り，試験を行なった。図-2(2)に示すように曲げ試験における後端の支持点を固定とし，先端の支持点の位置に捩りモーメント $M_t$ をかけ，同図の1～4の位置にセットした鏡と望遠鏡によりスケールの目盛を読み，スキーの捩り角を4区間（1-2，2-3，3-4および4-5）について測定し，それらを $\varphi_{1\text{-}2}$, $\varphi_{2\text{-}3}$, $\varphi_{3\text{-}4}$ および $\varphi_{4\text{-}5}$ とし，さらにそれらを区間長 $L/4$ で除した値を捩り率 $\theta_{1\text{-}2}$, $\theta_{2\text{-}3}$, $\theta_{3\text{-}4}$ および $\theta_{4\text{-}5}$ とした。ここで，捩りモーメント $M_t$ は2.25 kg の送り錘を2.5 cm ずつ10回移動させて与えたので，その値は $2.25\times2.5=5.625$ kg·cm ずつ56.25 kg·cm までとなる。写真2～4にみられるように，この送り錘の操作はスキー後端支持部で行ない，この部分が常に水平を保つよう先端部を回転させて，捩りモーメントを与える方法によった。

捩り率についても曲げたわみのばあいと同様，これらからスキーの見掛けのせん断弾性係数 $\bar{G}_{1\text{-}2}$, $\bar{G}_{2\text{-}3}$, $\bar{G}_{3\text{-}4}$ および $\bar{G}_{4\text{-}5}$ を次式により求め，さらにこれらの平均を $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ とした。

$$\bar{G}=\frac{M_t}{4I_0\theta}\left[\frac{2+\gamma}{2(1+\gamma)^2}+\frac{C_1}{1+\gamma}\right]$$

ここに，$M_t$ は捩りモーメント，$I_0=bh_0^3/12$，$\theta$ は捩り率，$\gamma=(h_c-h_0)/h_0$，$C_1=192h_0/b\pi^5$ で，$b$ は1区間の平均幅，$h_0$ は同区間における薄い方の端の厚さ，$h_c$ は同区間での厚い方の端の厚さである。たとえば区間(1-2)においては $h_0=h_1$, $h_c=h_2$，区間(3-4)においては $h_0=h_4$, $h_c=h_3$ である。

## 3. 試験の結果および考察

表-1に試験を行なったスキーの構成材料（面材の種類），長さ（$L_0$），厚さ（$h_1$～$h_5$），幅（$b_1$～$b_5$），重量（$W$），矢高（$a_c$），曲げたわみ（$\delta_2$, $\delta_3$, $\delta_4$ および $\delta_{30}$），捩り率（$\theta_{1\text{-}2}$～$\theta_{4\text{-}5}$），見掛けのヤング係数 $\bar{E}$，同せん断弾性係数（$\bar{G}_{1\text{-}2}$～$\bar{G}_{4\text{-}5}$ および $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$）を一括してのせる。

この試験結果について考察を進める上に，スキーの構成材料についての性質を知っておく必要があるので，当教室で測定した結果を表-2に示す。

試験結果について，まず，標準とした長さ200 cm のスキーについて種類によってまとめると表-3のようになる。ここではスキーの厚さ（$h_1$～$h_5$），重量（$W$），矢高（$a_c$），荷重30 kg のときの中央のたわみ（$\delta_{30}$），回転に最も関係あるスキーテール部の捩り率（$\theta_{4\text{-}5}$），見掛けのヤング係数（$\bar{E}$）および同せん断弾性係数（$\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$）について比較した。合板スキーは17台の平均値，F.R.P. スキーは外国製品のみ4台の平均値である。寸法については幅における差異は明確でないが，厚さにおいては表-3に示すように合板＞F.R.P.＞メタルという傾向がみられる。これは仕上りのスキー重量，およびそれらの材料のヤング係数 $E$ が表-2に示したように，この逆の傾向にあるが，それらを使用した製品における曲げたわみにあまり差をつけないための配慮とみられる。この表に示すたわみにおいても合板，F.R.P. およびメタルスキーの30 kg 時の値 $\delta_{30}$ はそれぞれ55.8，53.3および50.9～52.8 mm で，とくに大きな差がない。このように200 cm 程度のスキーでは平均的にみて，曲げ剛性には種類別の差はあまりないといえる。また，寸法に

表—1 試 験 結 果

**Table 1.** Test results for skis

| No. (Maker) | | 01-1 (Hidaka) | 01-2 | 02-1 (Hidaka) | 02-2 | 03-1 (Nakamura) | 03-2 | 04-1 (Nakamura) | 04-2 | 05-1 (Tokuda) | 05-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Face material | | Itaya, asada | | Itaya | | Itaya | | Itaya | | Itaya | |
| Length $L_0$ | (cm) | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | |
| Thickness (mm) | $h_1$ | 10.00 | 10.00 | 10.45 | 10.45 | 9.25 | 9.35 | 9.90 | 9.85 | 10.40 | 10.15 |
| | $h_2$ | 17.40 | 17.30 | 18.00 | 17.80 | 16.30 | 16.45 | 17.10 | 17.00 | 19.15 | 19.05 |
| | $h_3$ | 24.05 | 24.35 | 24.55 | 24.60 | 24.45 | 24.55 | 25.40 | 25.15 | 23.30 | 23.50 |
| | $h_4$ | 17.20 | 16.90 | 17.20 | 17.25 | 17.00 | 17.05 | 17.70 | 17.60 | 17.60 | 17.55 |
| | $h_5$ | 10.00 | 10.10 | 10.65 | 10.30 | 9.80 | 9.90 | 9.95 | 10.10 | 9.95 | 9.70 |
| Width (mm) | $b_1$ | 85.00 | 85.20 | 85.05 | 85.20 | 86.40 | 86.20 | 86.55 | 86.70 | 82.70 | 82.75 |
| | $b_2$ | 72.35 | 72.30 | 72.85 | 72.90 | 76.95 | 77.00 | 71.65 | 71.85 | 73.90 | 74.20 |
| | $b_3$ | 68.65 | 68.60 | 68.80 | 68.85 | 72.50 | 72.65 | 72.15 | 72.15 | 69.20 | 69.00 |
| | $b_4$ | 69.90 | 69.80 | 70.45 | 70.60 | 72.40 | 72.30 | 72.50 | 72.55 | 69.75 | 69.80 |
| | $b_5$ | 76.30 | 76.00 | 76.05 | 76.00 | 77.75 | 77.65 | 77.40 | 77.50 | 74.85 | 74.65 |
| Weight $W$ | (kg) | 1.64 | 1.63 | 1.62 | 1.60 | 1.71 | 1.72 | 1.78 | 1.80 | 1.65 | 1.66 |
| Camber $a_c$ | (mm) | 6.5 | 6.5 | 12.5 | 10.5 | 4.5 | 3.5 | 11.0 | 11.5 | 12.5 | 17.5 |
| Deflection | $\delta_2$ (mm/kg) | 1.57 | 1.55 | 1.56 | 1.59 | 1.71 | 1.67 | 1.30 | 1.31 | 1.42 | 1.38 |
| | $\delta_3$ (mm/kg) | 2.07 | 2.07 | 2.06 | 2.08 | 2.14 | 2.07 | 1.64 | 1.63 | 1.98 | 1.91 |
| | $\delta_4$ (mm/kg) | 1.66 | 1.67 | 1.65 | 1.66 | 1.70 | 1.65 | 1.29 | 1.29 | 1.59 | 1.50 |
| | $\delta_{30}$(mm/30kg) | **62.1** | **62.1** | **61.8** | **62.4** | **64.2** | **62.1** | **49.2** | **48.9** | **59.4** | **57.3** |
| Angle of twist per unit length ($10^{-6}$ rd/kg·cm$^2$) | $\theta_{1\text{-}2}$ | 14.23 | 14.55 | 13.78 | 14.32 | 14.86 | 14.16 | 14.18 | 14.04 | 11.43 | 11.73 |
| | $\theta_{2\text{-}3}$ | 4.83 | 4.86 | 4.44 | 4.18 | 3.60 | 3.82 | 3.74 | 3.63 | 3.71 | 3.89 |
| | $\theta_{3\text{-}4}$ | 4.29 | 5.67 | 5.05 | 5.20 | 4.53 | 3.56 | 3.58 | 3.90 | 4.10 | 4.14 |
| | $\theta_{4\text{-}5}$ | **18.21** | **16.31** | **16.05** | **16.42** | **16.31** | **16.89** | **15.20** | **15.04** | **15.13** | **15.07** |
| Modulus of elasticity $\bar{E}$ ($10^3$ kg/cm$^2$) | | **108** | **105** | **99** | **99** | **98** | **100** | **115** | **118** | **121** | **124** |
| Modulus of rigidity ($10^3$ kg/cm$^2$) | $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.9 | 15.1 | 15.5 | 13.4 | 13.7 | 14.1 | 14.3 |
| | $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 12.3 | 12.1 | 12.3 | 13.2 | 16.6 | 15.4 | 14.2 | 15.0 | 14.5 | 13.8 |
| | $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 14.4 | 11.0 | 11.8 | 11.4 | 12.9 | 16.2 | 14.6 | 13.7 | 15.1 | 14.9 |
| | $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 11.5 | 13.0 | 11.8 | 12.1 | 13.1 | 12.4 | 13.0 | 12.9 | 13.7 | 14.4 |
| | $\bar{G}_{\text{Av.}}$ | **12.9** | **12.3** | **12.1** | **12.2** | **14.4** | **14.9** | **13.8** | **13.8** | **14.4** | **14.3** |

表—1 （続 き）
**Table 1.** (Continued)

| No. | 06-1 | 06-2 | 07-1 | 07-2 | 08-1 | 08-2 | 09-1 | 09-2 | 10-1 | 10-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (Maker) | (Iwamoto) | | (Iwamoto) | | (Iwamoto) | | (Hiranuma) | | (Hidaka) | |
| Material | Hickory | | Hickory | | Hickory | | Hickory | | Itaya | |
| $L_0$ | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | |
| $h_1$ | 9.25 | 9.35 | 9.90 | 9.85 | 10.40 | 10.15 | 9.80 | 9.50 | 9.20 | 9.55 |
| $h_2$ | 16.30 | 16.45 | 17.10 | 17.00 | 19.15 | 19.05 | 18.10 | 17.90 | 17.75 | 17.95 |
| $h_3$ | 24.45 | 24.55 | 25.40 | 25.15 | 23.30 | 23.50 | 24.00 | 24.00 | 23.40 | 23.70 |
| $h_4$ | 17.00 | 17.05 | 17.70 | 17.60 | 17.60 | 17.55 | 17.40 | 17.25 | 16.80 | 17.00 |
| $h_5$ | 9.80 | 9.90 | 9.95 | 10.10 | 9.95 | 9.70 | 9.45 | 9.65 | 9.30 | 9.55 |
| $b_1$ | 86.40 | 86.20 | 86.55 | 86.70 | 82.70 | 82.75 | 83.60 | 83.55 | 84.90 | 84.90 |
| $b_2$ | 76.95 | 77.00 | 76.85 | 77.00 | 71.65 | 71.85 | 73.90 | 74.20 | 74.65 | 74.50 |
| $b_3$ | 72.50 | 72.65 | 72.15 | 72.15 | 69.20 | 69.00 | 69.25 | 69.65 | 72.10 | 72.15 |
| $b_4$ | 72.40 | 72.30 | 72.50 | 72.55 | 69.75 | 69.80 | 71.80 | 71.80 | 71.40 | 71.45 |
| $b_5$ | 77.75 | 77.65 | 77.40 | 77.50 | 74.85 | 74.65 | 76.30 | 76.10 | 77.00 | 77.15 |
| $W$ | 1.71 | 1.72 | 1.78 | 1.80 | 1.65 | 1.66 | 1.83 | 1.82 | 1.76 | 1.78 |
| $a_c$ | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 12.0 | 10.5 | 9.5 | 9.0 | 4.0 | 16.5 | 16.0 |
| $\delta_2$ | 1.35 | 1.36 | 1.33 | 1.27 | 1.36 | 1.34 | 1.44 | 1.47 | 1.46 | 1.44 |
| $\delta_3$ | 1.80 | 1.84 | 1.79 | 1.70 | 1.81 | 1.79 | 1.89 | 1.89 | 1.92 | 1.89 |
| $\delta_4$ | 1.47 | 1.51 | 1.45 | 1.39 | 1.40 | 1.43 | 1.54 | 1.48 | 1.53 | 1.50 |
| $\delta_{30}$ | **54.0** | **56.2** | **54.0** | **51.0** | **54.3** | **53.8** | **56.7** | **56.7** | **57.6** | **56.7** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 16.58 | 17.50 | 16.93 | 16.40 | 12.43 | 13.85 | 17.14 | 17.38 | 13.57 | 13.67 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 3.92 | 5.06 | 4.93 | 4.58 | 2.82 | 3.36 | 4.62 | 4.49 | 4.37 | 4.20 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 6.08 | 5.62 | 5.61 | 6.71 | 6.40 | 4.78 | 5.85 | 4.89 | 4.34 | 4.86 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **22.77** | **21.75** | **22.71** | **21.61** | **15.97** | **17.00** | **18.23** | **18.80** | **16.09** | **15.31** |
| $\bar{E}$ | **126** | **123** | **135** | **136** | **114** | **113** | **103** | **103** | **104** | **108** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 11.2 | 11.3 | 12.3 | 11.8 | 13.6 | 12.0 | 9.3 | 9.6 | 13.1 | 12.3 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 14.1 | 11.0 | 11.6 | 12.1 | 18.2 | 14.9 | 11.7 | 12.2 | 13.1 | 13.7 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 9.8 | 10.7 | 11.4 | 9.2 | 8.5 | 11.4 | 10.1 | 11.9 | 13.0 | 12.6 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 9.2 | 10.0 | 10.5 | 10.4 | 11.6 | 10.8 | 9.9 | 9.3 | 11.5 | 12.7 |
| $\bar{G}_{\text{Av.}}$ | **11.1** | **10.8** | **11.4** | **10.9** | **13.0** | **12.3** | **10.2** | **10.7** | **12.7** | **12.9** |

**表—1** (続 き)
**Table 1.** (Continued)

| No. (Maker) | 11-1 (Iwamoto) | 11-2 | 12-1 (Iwamoto) | 12-2 | 13-1 (Tokuda) | 13-2 | 14-1 (Iwamoto) | 14-2 | 15-1 (Hiranuma) | 15-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | F.R.P. | | F.R.P. | | F.R.P., itaya | | Itaya | | Itaya | |
| $L_0$ | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | |
| $h_1$ | 10.20 | 10.20 | 10.70 | 10.50 | 10.30 | 10.50 | 9.40 | 9.10 | 10.00 | 10.00 |
| $h_2$ | 18.40 | 18.60 | 18.00 | 17.85 | 17.25 | 17.70 | 16.45 | 16.20 | 16.95 | 16.95 |
| $h_3$ | 24.40 | 24.55 | 25.05 | 25.10 | 24.35 | 24.35 | 22.10 | 22.30 | 22.70 | 22.80 |
| $h_4$ | 17.95 | 17.90 | 17.35 | 17.65 | 17.60 | 17.50 | 16.20 | 16.50 | 16.75 | 16.95 |
| $h_5$ | 10.30 | 10.40 | 10.90 | 11.00 | 10.35 | 10.35 | 9.30 | 9.60 | 10.00 | 10.00 |
| $b_1$ | 84.70 | 85.00 | 86.20 | 86.00 | 87.85 | 87.40 | 86.70 | 86.50 | 86.40 | 86.40 |
| $b_2$ | 74.80 | 74.65 | 74.30 | 74.30 | 74.60 | 74.55 | 75.00 | 75.10 | 75.90 | 75.65 |
| $b_3$ | 72.00 | 71.60 | 65.75 | 65.10 | 70.95 | 71.00 | 72.00 | 71.85 | 71.30 | 71.70 |
| $b_4$ | 71.70 | 71.75 | 70.00 | 69.30 | 72.40 | 72.60 | 70.80 | 71.05 | 73.00 | 73.60 |
| $b_5$ | 76.75 | 76.65 | 76.50 | 76.25 | 78.50 | 78.30 | 76.90 | 77.25 | 78.00 | 78.25 |
| $W$ | 1.89 | 1.90 | 1.86 | 1.87 | 1.71 | 1.71 | 1.97 | 1.97 | 2.03 | 2.03 |
| $a_c$ | 8.5 | 9.0 | 7.0 | 7.5 | 14.5 | 15.5 | 13.0 | 16.0 | 15.0 | 13.5 |
| $\delta_2$ | 1.48 | 1.53 | 1.29 | 1.29 | 1.29 | 1.31 | 1.34 | 1.33 | 1.40 | 1.47 |
| $\delta_3$ | 1.93 | 1.98 | 1.70 | 1.71 | 1.72 | 1.74 | 1.77 | 1.79 | 1.81 | 1.91 |
| $\delta_4$ | 1.51 | 1.53 | 1.32 | 1.33 | 1.43 | 1.46 | 1.45 | 1.48 | 1.46 | 1.53 |
| $\delta_{30}$ | **57.9** | **59.4** | **51.0** | **51.3** | **51.6** | **52.2** | **53.1** | **52.5** | **54.3** | **55.8** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 14.96 | 18.81 | 12.56 | 12.30 | 13.00 | 12.41 | 11.21 | 11.70 | 15.61 | 16.97 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 4.95 | 4.72 | 4.46 | 4.37 | 3.36 | 3.51 | 3.84 | 3.52 | 4.57 | 4.69 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 5.44 | 4.56 | 4.87 | 5.05 | 3.83 | 3.99 | 4.25 | 4.03 | 4.77 | 4.39 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **16.71** | **16.67** | **14.55** | **13.70** | **17.20** | **17.67** | **16.19** | **16.00** | **17.85** | **18.35** |
| $\bar{E}$ | **143** | **136** | **144** | **142** | **130** | **131** | **122** | **125** | **127** | **121** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 14.7 | 12.5 | 15.2 | 15.5 | 14.2 | 14.5 | 15.5 | 15.4 | 13.1 | 12.1 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 14.0 | 14.8 | 14.3 | 14.5 | 16.3 | 15.5 | 13.6 | 14.9 | 13.5 | 13.3 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 13.4 | 15.4 | 13.6 | 12.7 | 16.0 | 15.6 | 13.5 | 14.4 | 13.5 | 14.5 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 15.0 | 13.9 | 14.4 | 14.9 | 13.0 | 13.6 | 13.4 | 13.8 | 11.5 | 11.3 |
| $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ | **14.3** | **14.2** | **14.4** | **14.4** | **14.9** | **14.8** | **14.0** | **14.6** | **12.9** | **12.8** |

表—1 （続 き）

**Table 1.** (Continued)

| No. (Maker) | 16–1 (Yamaoka) | 16–2 | 17–1 (Chubu) | 17–2 | 18–1 (Tokuda) | 18–2 | 19–1 (Tokuda) | 19–2 | 20 (Kästle) | 21–1 (Yamaoka) | 21–2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | Hickory | | Yachidamo | | Nara, itaya | | Itaya | | Hickory | F.R.P. | |
| $L_0$ | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | | 200 | 200 | |
| $h_1$ | 8.90 | 8.55 | 10.05 | 10.20 | 9.90 | 9.80 | 10.00 | 9.75 | 10.00 | 9.15 | 9.40 |
| $h_2$ | 17.60 | 17.50 | 18.15 | 18.30 | 18.45 | 18.45 | 18.30 | 18.30 | 18.20 | 18.10 | 17.95 |
| $h_3$ | 23.90 | 23.70 | 24.45 | 24.30 | 24.20 | 24.30 | 24.05 | 24.35 | 25.70 | 24.50 | 22.90 |
| $h_4$ | 17.75 | 17.60 | 19.20 | 19.30 | 17.15 | 17.15 | 17.00 | 17.05 | 17.35 | 18.60 | 18.50 |
| $h_5$ | 10.25 | 10.50 | 10.10 | 10.10 | 9.30 | 9.25 | 9.20 | 9.15 | 10.80 | 10.10 | 9.90 |
| $b_1$ | 85.40 | 85.55 | 84.05 | 84.20 | 82.80 | 82.65 | 82.80 | 83.05 | 82.90 | 84.30 | 84.70 |
| $b_2$ | 72.05 | 72.10 | 74.55 | 74.70 | 72.05 | 72.05 | 72.10 | 72.25 | 72.00 | 73.10 | 72.80 |
| $b_3$ | 68.80 | 68.25 | 70.30 | 70.80 | 69.75 | 69.50 | 69.10 | 69.30 | 67.60 | 69.10 | 69.55 |
| $b_4$ | 70.40 | 70.00 | 73.90 | 74.25 | 69.70 | 69.80 | 70.40 | 70.30 | 70.05 | 71.30 | 72.20 |
| $b_5$ | 75.40 | 75.40 | 79.60 | 79.70 | 75.00 | 75.10 | 75.05 | 75.00 | 76.90 | 77.40 | 77.05 |
| $W$ | 2.03 | 2.04 | 2.10 | 2.09 | 1.91 | 1.91 | 1.88 | 1.84 | 2.30 | 2.04 | 2.08 |
| $a_c$ | 14.5 | 13.0 | 19.0 | 16.0 | 15.0 | 15.0 | 17.0 | 14.5 | 7.5 | 11.0 | 16.0 |
| $\delta_2$ | 1.41 | 1.50 | 1.25 | 1.30 | 1.29 | 1.36 | 1.45 | 1.60 | 1.15 | 1.19 | 1.20 |
| $\delta_3$ | 1.81 | 1.91 | 1.57 | 1.65 | 1.79 | 1.77 | 1.94 | 2.16 | 1.51 | 1.58 | 1.60 |
| $\delta_4$ | 1.43 | 1.49 | 1.15 | 1.24 | 1.44 | 1.47 | 1.61 | 1.82 | 1.21 | 1.21 | 1.22 |
| $\delta_{30}$ | **54.3** | **57.3** | **47.1** | **49.5** | **54.0** | **53.7** | **58.5** | **64.2** | **45.3** | **46.5** | **48.0** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 19.14 | 18.58 | 17.63 | 16.69 | 13.30 | 15.25 | 15.42 | 16.45 | 16.04 | 12.01 | 11.80 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 4.52 | 4.52 | 5.15 | 4.59 | 5.95 | 4.16 | 2.58 | 4.21 | 3.88 | 3.40 | 3.71 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 4.44 | 4.10 | 4.33 | 4.14 | 4.54 | 4.41 | 6.23 | 4.16 | 6.01 | 3.18 | 3.66 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **19.47** | **18.22** | **15.38** | **15.58** | **23.15** | **21.41** | **22.20** | **23.47** | **16.94** | **12.21** | **12.62** |
| $\bar{E}$ | **129** | **125** | **132** | **126** | **125** | **126** | **117** | **105** | **124** | **140** | **158** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 11.8 | 13.0 | 12.7 | 10.2 | 13.7 | 12.1 | 11.7 | 11.4 | 11.4 | 17.3 | 17.0 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 13.0 | 12.3 | 10.3 | 11.4 | 9.0 | 12.8 | 21.3 | 12.8 | 13.2 | 15.9 | 16.2 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 13.3 | 14.9 | 11.3 | 11.6 | 13.4 | 13.8 | 10.0 | 14.6 | 9.3 | 16.6 | 15.8 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 9.9 | 10.4 | 11.0 | 10.7 | 10.3 | 11.2 | 11.0 | 10.4 | 10.8 | 14.9 | 14.9 |
| $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ | **12.0** | **12.7** | **11.3** | **11.0** | **11.6** | **12.5** | **13.5** | **12.3** | **11.2** | **16.2** | **16.0** |

表—1 (続 き)
**Table 1.** (Continued)

| No. (Maker) | 22-1 (Kneissl) | 22-2 | 23-1 (Chubu) | 23-2 | 24-1 (Chubu) | 24-2 | 25-1 (Yamaoka) | 25-2 | 26-1 (Erbacher) | 26-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | F.R.P. | | F.R.P. | | Itaya | | Hickory | | F.R.P. | |
| $L_0$ | 200 | | 190 | | 190 | | 195 | | 195 | |
| $h_1$ | 8.80 | 8.60 | 8.40 | 8.60 | 10.30 | 10.25 | 8.55 | 8.90 | 8.60 | 8.45 |
| $h_2$ | 17.00 | 17.00 | 16.35 | 16.50 | 18.00 | 18.00 | 17.85 | 17.80 | 14.75 | 14.75 |
| $h_3$ | 22.50 | 22.60 | 22.60 | 22.80 | 23.85 | 23.80 | 24.05 | 23.90 | 21.40 | 21.15 |
| $h_4$ | 16.90 | 17.00 | 15.80 | 15.90 | 17.20 | 17.20 | 18.15 | 18.05 | 14.15 | 14.05 |
| $h_5$ | 10.25 | 10.25 | 8.30 | 8.50 | 10.80 | 11.10 | 10.35 | 10.35 | 9.60 | 9.05 |
| $b_1$ | 84.30 | 84.20 | 82.90 | 82.45 | 81.70 | 81.20 | 86.35 | 85.65 | 82.50 | 82.40 |
| $b_2$ | 72.50 | 72.65 | 72.55 | 72.15 | 74.80 | 74.40 | 73.15 | 73.05 | 71.25 | 71.20 |
| $b_3$ | 67.20 | 67.40 | 67.70 | 67.60 | 71.20 | 70.55 | 68.60 | 68.80 | 67.75 | 67.75 |
| $b_4$ | 69.00 | 69.15 | 69.05 | 69.10 | 71.05 | 70.75 | 70.50 | 69.85 | 70.30 | 70.50 |
| $b_5$ | 75.35 | 75.55 | 73.85 | 73.15 | 75.90 | 75.90 | 74.10 | 74.05 | 76.70 | 76.85 |
| $W$ | 2.38 | 2.41 | 2.01 | 1.98 | 1.83 | 1.81 | 1.97 | 1.95 | 2.19 | 2.12 |
| $a_c$ | 12.5 | 10.0 | 6.5 | 6.5 | 16.0 | 17.5 | 13.5 | 16.0 | 13.0 | 13.5 |
| $\delta_2$ | 1.30 | 1.27 | 0.92 | 0.94 | 1.12 | 1.08 | 1.34 | 1.27 | 1.47 | 1.54 |
| $\delta_3$ | 1.69 | 1.66 | 1.22 | 1.24 | 1.53 | 1.44 | 1.70 | 1.64 | 1.83 | 1.92 |
| $\delta_4$ | 1.33 | 1.31 | 0.98 | 0.99 | 1.20 | 1.14 | 1.32 | 1.27 | 1.51 | 1.61 |
| $\delta_{30}$ | **49.2** | **48.6** | **36.6** | **37.2** | **45.0** | **43.2** | **50.4** | **48.0** | **54.9** | **57.6** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 13.22 | 12.51 | 15.37 | 16.41 | 15.00 | 15.05 | 16.55 | 17.65 | 28.46 | 31.77 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 3.84 | 4.10 | 4.73 | 4.00 | 4.64 | 3.80 | 5.04 | 4.47 | 4.54 | 4.91 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 4.51 | 4.07 | 5.06 | 5.49 | 4.60 | 4.32 | 4.23 | 4.03 | 5.70 | 5.82 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **14.04** | **14.08** | **18.03** | **17.81** | **16.24** | **16.16** | **18.02** | **16.96** | **25.46** | **27.61** |
| $\bar{E}$ | **163** | **164** | **200** | **190** | **119** | **124** | **125** | **132** | **157** | **158** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 18.2 | 20.0 | 18.0 | 16.1 | 11.6 | 11.8 | 14.1 | 12.5 | 10.8 | 9.6 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 17.7 | 16.5 | 15.1 | 17.4 | 11.8 | 14.6 | 11.3 | 12.9 | 20.0 | 17.8 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 15.7 | 17.1 | 15.3 | 13.8 | 13.2 | 14.2 | 13.4 | 14.4 | 17.1 | 17.1 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 14.9 | 14.0 | 17.9 | 17.4 | 11.4 | 11.0 | 10.4 | 11.2 | 11.3 | 11.5 |
| $\bar{G}_{\text{Av.}}$ | **16.6** | **16.9** | **16.6** | **16.2** | **12.0** | **12.9** | **12.3** | **12.7** | **14.8** | **14.0** |

表—1 (続 き)

**Table 1.** (Continued)

| No. (Maker) | 27-1 (Nishizawa) | 27-2 | 28-1 (Yamaha) | 28-2 | 29 (Rossignol) | 30-1 (Kazama) | 30-2 | 31-1 (Mizuno) | 31-2 | 32-1 (Atomic) | 32-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | F.R.P. | | F.R.P. | | F.R.P. | Metal | | Metal | | Metal | |
| $L_0$ | 205 | | 205 | | 205 | 210 | | 210 | | 215 | |
| $h_1$ | 9.25 | 9.30 | 9.30 | 9.90 | 7.75 | 7.65 | 7.80 | 6.90 | 6.70 | 7.30 | 7.30 |
| $h_2$ | 15.50 | 15.55 | 18.35 | 18.50 | 14.75 | 13.60 | 13.65 | 12.50 | 12.40 | 14.15 | 14.35 |
| $h_3$ | 22.30 | 22.60 | 24.20 | 24.60 | 18.95 | 21.60 | 21.40 | 18.85 | 19.00 | 20.00 | 20.15 |
| $h_4$ | 15.90 | 16.00 | 17.90 | 18.00 | 14.70 | 14.50 | 14.55 | 13.55 | 13.50 | 14.45 | 14.40 |
| $h_5$ | 9.15 | 9.05 | 10.25 | 9.75 | 8.90 | 7.85 | 7.90 | 7.15 | 7.35 | 7.60 | 7.65 |
| $b_1$ | 86.00 | 86.10 | 83.55 | 83.70 | 84.60 | 89.55 | 89.50 | 88.05 | 87.60 | 86.60 | 86.90 |
| $b_2$ | 74.70 | 74.75 | 71.95 | 71.85 | 73.40 | 76.45 | 76.40 | 76.20 | 75.90 | 74.70 | 74.60 |
| $b_3$ | 67.95 | 67.90 | 67.00 | 67.10 | 68.40 | 70.30 | 70.05 | 70.40 | 70.30 | 70.90 | 70.75 |
| $b_4$ | 69.10 | 69.15 | 68.50 | 68.45 | 69.00 | 71.70 | 71.65 | 71.00 | 70.45 | 72.50 | 72.25 |
| $b_5$ | 75.40 | 75.10 | 76.00 | 76.00 | 75.25 | 80.60 | 80.60 | 78.35 | 78.10 | 79.50 | 79.30 |
| $W$ | 2.22 | 2.20 | 2.21 | 2.31 | 1.97 | 2.76 | 2.77 | 2.55 | 2.54 | 2.77 | 2.72 |
| $a_c$ | 10.0 | 10.0 | 12.0 | 12.0 | 11.0 | 11.0 | 11.5 | 15.5 | 14.0 | 12.5 | 12.0 |
| $\delta_2$ | 1.66 | 1.71 | 1.34 | 1.33 | 1.36 | 1.30 | 1.29 | 1.49 | 1.48 | 1.13 | 1.16 |
| $\delta_3$ | 2.04 | 2.13 | 1.77 | 1.76 | 1.79 | 1.57 | 1.57 | 1.85 | 1.83 | 1.46 | 1.50 |
| $\delta_4$ | 1.61 | 1.68 | 1.39 | 1.38 | 1.39 | 1.24 | 1.24 | 1.39 | 1.37 | 1.15 | 1.18 |
| $\delta_{30}$ | **60.0** | **63.9** | **53.1** | **52.8** | **53.7** | **47.1** | **47.1** | **55.5** | **54.9** | **43.8** | **45.0** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 19.36 | 20.38 | 12.96 | 10.80 | 18.12 | 14.72 | 15.23 | 7.95 | 7.28 | 6.10 | 6.04 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 5.96 | 6.17 | 4.46 | 3.92 | 4.15 | 1.37 | 2.75 | 2.53 | 2.40 | 1.65 | 1.63 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 5.24 | 5.42 | 4.42 | 4.72 | 5.37 | 3.51 | 2.34 | 1.40 | 1.39 | 1.48 | 1.79 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **21.76** | **21.49** | **14.68** | **12.08** | **16.17** | **14.08** | **13.84** | **6.24** | **6.16** | **7.32** | **7.18** |
| $\bar{E}$ | **151** | **140** | **140** | **135** | **269** | **248** | **252** | **311** | **309** | **357** | **342** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 12.7 | 11.9 | 15.5 | 16.7 | 19.5 | 25.9 | 24.2 | 64.0 | 74.4 | 65.9 | 65.2 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 13.0 | 12.2 | 12.4 | 13.6 | 25.2 | 69.5 | 34.9 | 51.6 | 54.6 | 60.9 | 59.8 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 14.9 | 14.0 | 13.4 | 12.1 | 20.3 | 25.6 | 38.7 | 85.8 | 86.4 | 66.9 | 56.1 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 12.4 | 12.7 | 13.2 | 17.2 | 19.4 | 26.2 | 26.2 | 76.6 | 75.0 | 53.4 | 54.2 |
| $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ | **13.2** | **12.7** | **13.6** | **14.9** | **21.2** | **36.8** | **31.0** | **69.5** | **72.6** | **61.7** | **58.8** |

表—1 (続 き)
**Table 1.** (Continued)

| No. (Maker) | 33-1 (VR) | 33-2 | 34-1 (Head) | 34-2 | 35-1 (Fischer) | 35-2 | 36-1 (Kneissl) | 36-2 | 37-1 (Mizuno) | 37-2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | F.R.P. | | Metal | | Metal | | F.R.P. | | Metal | |
| $L_0$ | 220 | | 205 | | 205 | | 200 | | 200 | |
| $h_1$ | 8.75 | 8.70 | 6.25 | 6.20 | 4.85 | 4.80 | 8.75 | 8.20 | 9.00 | 9.20 |
| $h_2$ | 19.50 | 20.05 | 11.95 | 12.00 | 11.70 | 11.40 | 16.65 | 17.10 | 14.55 | 14.65 |
| $h_3$ | 26.00 | 26.10 | 16.95 | 16.80 | 19.10 | 18.90 | 21.10 | 21.30 | 21.20 | 21.35 |
| $h_4$ | 19.80 | 19.70 | 11.90 | 11.70 | 11.65 | 11.50 | 16.65 | 16.60 | 13.65 | 13.75 |
| $h_5$ | 10.50 | 10.75 | 7.40 | 7.20 | 4.80 | 4.65 | 9.50 | 9.60 | 10.05 | 10.20 |
| $b_1$ | 88.95 | 89.35 | 86.20 | 86.60 | 86.95 | 86.50 | 84.95 | 84.40 | 84.00 | 83.40 |
| $b_2$ | 77.65 | 77.25 | 74.05 | 74.35 | 73.55 | 73.20 | 73.45 | 73.25 | 69.85 | 70.10 |
| $b_3$ | 72.50 | 72.25 | 70.25 | 70.30 | 67.85 | 68.30 | 68.45 | 68.75 | 67.95 | 68.00 |
| $b_4$ | 72.80 | 72.50 | 73.10 | 73.10 | 69.50 | 70.40 | 70.00 | 70.10 | 69.80 | 69.80 |
| $b_5$ | 82.20 | 82.40 | 79.10 | 79.00 | 75.90 | 76.80 | 77.40 | 77.20 | 76.35 | 76.20 |
| $W$ | 3.26 | 3.32 | 2.33 | 2.33 | 1.88 | 1.89 | 2.44 | 2.44 | 3.00 | 3.02 |
| $a_c$ | 10.5 | 8.5 | 11.5 | 10.0 | 13.0 | 15.0 | 12.5 | 13.5 | 10.5 | 10.0 |
| $\delta_2$ | 1.10 | 1.14 | 1.67 | 1.65 | 1.33 | 1.39 | 1.48 | 1.47 | 1.38 | 1.33 |
| $\delta_3$ | 1.43 | 1.46 | 2.14 | 2.12 | 1.66 | 1.73 | 1.97 | 1.96 | 1.78 | 1.74 |
| $\delta_4$ | 1.11 | 1.14 | 1.65 | 1.64 | 1.34 | 1.40 | 1.50 | 1.48 | 1.46 | 1.42 |
| $\delta_{30}$ | **42.9** | **43.8** | **64.3** | **63.7** | **49.8** | **51.8** | **59.1** | **53.7** | **53.5** | **52.1** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 8.05 | 7.33 | 9.06 | 9.14 | 6.32 | 7.10 | 12.60 | 13.26 | 6.11 | 5.69 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 2.19 | 2.03 | 2.14 | 1.62 | 1.82 | 1.58 | 4.14 | 4.34 | 1.79 | 2.08 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 2.29 | 2.27 | 2.43 | 2.66 | 2.06 | 1.62 | 5.61 | 4.78 | 2.50 | 2.33 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **6.65** | **6.66** | **5.57** | **5.98** | **7.77** | **7.83** | **13.81** | **12.30** | **7.01** | **6.23** |
| $\bar{E}$ | **177** | **171** | **322** | **336** | **399** | **397** | **163** | **163** | **177** | **176** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 23.7 | 25.3 | 71.8 | 71.3 | 106.2 | 150.7 | 19.6 | 20.1 | 47.8 | 49.3 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 19.2 | 19.8 | 76.8 | 101.7 | 81.2 | 89.6 | 18.2 | 16.5 | 52.9 | 44.5 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 18.6 | 18.9 | 68.5 | 94.4 | 74.6 | 97.0 | 15.9 | 16.0 | 41.7 | 43.9 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 22.7 | 22.0 | 94.7 | 94.3 | 147.9 | 155.3 | 17.0 | 18.9 | 40.5 | 44.2 |
| $\bar{G}_{\text{Av.}}$ | **21.0** | **21.5** | **77.9** | **90.4** | **115.9** | **125.4** | **17.7** | **17.9** | **45.7** | **45.5** |

表—1 （続 き）
**Table 1.** (Continued)

| No. (Maker) | 38 (Kästle) | 39 (Kästle) | 40 (Kneissl) | 41 (Kenissl) | 42 (Blizzard) | 43 (Blizzard) | 44 (VR) | 45 (Head) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Material | Hickory | F.R.P. | F.R.P. | F.R.P. | F.R.P. | F.R.P. | F.R.P. | Metal |
| $L_0$ | 205 | 200 | 200 | 195 | 190 | 195 | 190 | 200 |
| $h_1$ | 9.20 | 8.80 | 9.25 | 9.55 | 8.80 | 9.80 | 8.60 | 6.25 |
| $h_2$ | 17.45 | 17.00 | 17.50 | 18.00 | 15.00 | 17.00 | 15.15 | 11.50 |
| $h_3$ | 26.00 | 23.00 | 23.00 | 23.75 | 20.00 | 23.55 | 20.00 | 19.30 |
| $h_4$ | 17.50 | 15.20 | 17.00 | 17.10 | 14.00 | 17.00 | 13.70 | 11.95 |
| $h_5$ | 10.90 | 9.25 | 10.00 | 10.00 | 8.40 | 10.00 | 7.65 | 6.40 |
| $b_1$ | 84.5 | 85.9 | 82.4 | 85.0 | 82.0 | 82.9 | 82.0 | 84.7 |
| $b_2$ | 73.0 | 73.0 | 71.7 | 73.0 | 70.0 | 17.2 | 69.1 | 73.8 |
| $b_3$ | 67.6 | 68.5 | 66.0 | 67.6 | 66.2 | 67.5 | 65.4 | 69.6 |
| $b_4$ | 70.0 | 70.0 | 65.6 | 69.1 | 67.5 | 69.9 | 67.9 | 72.3 |
| $b_5$ | 77.1 | 77.7 | 72.6 | 75.3 | 74.0 | 75.0 | 76.0 | 79.5 |
| $W$ | 2.32 | 2.40 | 2.40 | 2.46 | 2.20 | 2.34 | 1.98 | 2.23 |
| $a_c$ | 7.0 | 12.0 | 10.0 | 14.0 | 12.0 | 8.0 | 14.0 | 11.0 |
| $\delta_2$ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $\delta_3$ | 1.70 | 1.76 | 1.72 | 1.64 | 1.35 | 1.77 | 1.90 | 1.70 |
| $\delta_4$ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| $\delta_{30}$ | **50.9** | **52.8** | **51.5** | **49.2** | **40.5** | **53.2** | **57.1** | **50.9** |
| $\theta_{1\text{-}2}$ | 17.70 | 12.01 | 9.81 | 13.63 | 16.71 | 18.49 | 14.09 | 7.31 |
| $\theta_{2\text{-}3}$ | 4.53 | 3.62 | 3.08 | 2.70 | 5.36 | 4.70 | 4.32 | 2.16 |
| $\theta_{3\text{-}4}$ | 4.70 | 5.20 | 4.45 | 3.91 | 5.03 | 5.24 | 4.53 | 1.95 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | **13.80** | **17.21** | **11.80** | **13.67** | **20.20** | **18.16** | **16.21** | **10.31** |
| $\bar{E}$ | **120** | **150** | **154** | **131** | **246** | **123** | **180** | **290** |
| $\bar{G}_{1\text{-}2}$ | 12.2 | 19.8 | 22.3 | 14.3 | 17.6 | 11.2 | 21.5 | 94.7 |
| $\bar{G}_{2\text{-}3}$ | 11.8 | 18.0 | 20.9 | 21.4 | 18.5 | 13.7 | 23.0 | 68.2 |
| $\bar{G}_{3\text{-}4}$ | 11.6 | 15.2 | 15.9 | 16.4 | 22.3 | 12.4 | 25.7 | 72.0 |
| $\bar{G}_{4\text{-}5}$ | 12.9 | 16.1 | 19.2 | 14.9 | 19.6 | 11.8 | 27.1 | 64.3 |
| $\bar{G}_{\text{Av.}}$ | **12.1** | **17.3** | **19.6** | **16.7** | **19.3** | **12.3** | **24.3** | **74.8** |

表—2 スキー材料の性質

**Table 2.** Properties* of materials of skis

| Material | Specific gravity $r$ | Modulus of elasticity $E$ ($10^3$ kg/cm$^2$) | Modulus of rigidity $G$ ($10^3$ kg/cm$^2$) | $\frac{E}{G}$ |
|---|---|---|---|---|
| Itaya-wood (*Acer* sp.) | 0.67 | 120 | 15 | 8.0 |
| Nara-wood (*Quercus* sp.) | 0.65 | 145 | 12 | 12.1 |
| Hickory-wood (*Carya* sp.) | 0.81 | 170 | | |
| Yachidamo-wood (*Fraxinus* sp.) | 0.69 | 144 | | |
| Asada-wood (*Ostrya* sp.) | 0.72 | 151 | | |
| F.R.P. 0.8 mm (on sale) | 1.76 | 200 | 40 | 5.0 |
| F.R.P. 1.2 mm (on sale) | 1.75 | 180 | 40 | 4.5 |
| F.R.P. 1.0 mm (made for test) | 1.87 | 350 | 45 | 7.8 |
| F.R.P. 2.0 mm (made for test) | 1.86 | 300 | 50 | 6.0 |
| Metal 1.0 mm (75 S-T 6) | 2.80 | 720 | 270 | 2.7 |

* Average values.

表—3 長さ200 cm スキーの性質の比較

**Table 3.** Comparison of properties of skis 200 cm in length

| Kind of ski | | Laminated* wood ski | F.R.P. ski** | Metal ski | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | No. 37 (Mizuno) | No. 45 (Head) |
| $h_1$ | (mm) | 9.8 | 8.7 | 9.1 | 6.3 |
| $h_2$ | (mm) | 17.6 | 17.0 | 14.6 | 11.5 |
| $h_3$ | (mm) | 24.1 | 22.3 | 21.3 | 19.3 |
| $h_4$ | (mm) | 17.1 | 16.6 | 13.7 | 12.0 |
| $h_5$ | (mm) | 9.9 | 9.8 | 10.1 | 6.4 |
| $W$ | (kg) | 1.82 | 2.41 | 3.01 | 2.23 |
| $a_c$ | (mm) | 12.0 | 11.8 | 10.3 | 11.0 |
| $\delta_{30}$ | (mm/30 kg) | 55.8 | 53.3 | 52.8 | 50.9 |
| $\theta_{4\text{-}5}$ | ($10^{-6}$ rd/kg·cm$^2$) | 18.0 | 13.9 | 6.6 | 10.3 |
| $\bar{E}$ | ($10^3$ kg/cm$^2$) | 117 | 160 | 177 | 290 |
| $\bar{G}_{\text{Av.}}$ | ($10^3$ kg/cm$^2$) | 12.5 | 17.7 | 45.6 | 74.8 |

(Remarks) Marks are the same with those in table 1.

* The average value of 17 laminated wood skis.

** The average value of 4 imported F.R.P. skis.

おいて，とくに F.R.P. スキーのばあい，$h_1$ を $h_5$ より約 1 mm 薄くしているが，これは滑走時にスキー先端部がうける衝撃をやわらげるためと思われる。重量においては合板スキーは最も軽く平均1.83 kg であるが，F.R.P. スキーではこれより約30% 重く 2.41 kg である。メタルスキーは F.R.P. スキーより重いものも軽いものもみられる。捩り性能に関しては材料の性質が明確にあらわれ，スキーテール部の捩り率 ($\theta_{4\text{-}5}$，単位は $10^{-6}$ rd/kg·cm$^2$ で，以下省略する) は合板，F.R.P. およびメタルスキーで，それぞれ 18.0, 13.9 および 6.6～10.3 となり，捩り剛性は合板<F.R.P.<メタルという順序となる。たわみから求めた見掛けのヤング係数 $\bar{E}$ ($10^3$kg/cm$^2$)

は合板スキー117, F.R.P. スキー160で, このF.R.P. スキーでは性能のすぐれたF.R.P. 板が用いられていると思われる。メタルスキーではNo. 37のものでは177で, メタルスキーとしては小さい値である。No. 45は290で通常の値である。また見掛けのせん断弾性係数 $\bar{G}_{Av.}$ ($10^3$ kg/cm$^2$) においても構成材料の性質が明らかにみられ, その値は合板スキーでは12.5, F.R.P. スキーで17.7, メタルスキーでは45.6～74.8となる。以上のように, 200 cmのスキーについて, 曲げ剛性および捩り剛性をみると, 前者のおいては大きな差はなく, 後者においてのみ使用材料の性質によるちがいがみられる。これについては, 捩り剛性を大きくするためにF.R.P. さらにメタルを使用しているのか, 曲げ剛性をほぼ一定値になるように設計したために捩り剛性が必然的に上述のような値になったのかは明確でない。

つぎに個々のスキーついて考察する。

まず, ヒッコリー材を使用した古いKästle (No. 20) の曲げたわみ ($\delta_{30}$) は45.3 mmで, 少ない方である。捩り率は先端4分の1の部分 ($\theta_{1\text{-}2}$) が16.0, 後端部 ($\theta_{4\text{-}5}$) 16.9, 中央部 ($\theta_{2\text{-}3}$, $\theta_{3\text{-}4}$) 4～6で木製スキーとして標準的な値である。$\bar{E}$ は $124\times10^3$ kg/cm$^2$ で, ヒッコリースキーとしてはやや小さい。$\bar{G}_{Av.}$ についても同様である。このスキーは曲げ剛性は大きく, 捩り剛性は標準といえる。これに対し, ヒッコリー材を使用した国産スキーでは, たわみは55 mm程度で標準, 捩り率は両端部で12～23であるが, 一般的にKästle (No. 20) より大きい数値で, これは日本人の体格に合わせたものと思われる。

イタヤその他の道材を用いたスキーについてみると, たわみ ($\delta_{30}$) は前述の国産ヒッコリー合板スキーと同じく, 通常適切な値といわれる55 mm程度を標準にしているようで, 捩り率も両端部で16内外で, Kästle (No. 20) に近い値である。スキーについての $\bar{E}$, $\bar{G}_{Av.}$ もとくにヒッコリースキーと大きな差異はなく, 曲げおよび捩り剛性からは道材合板スキーは標準的な値をもつといえる。

F.R.P. スキーについては道産のものでは曲げ剛性, 捩り剛性ともに道材合板スキーと似た値か, やや大きい値を示す。本州メーカーのものでは西沢 (No. 27) はたわみ ($\delta_{30}$) は60～64 mmでやや大きく, また捩り率も両端部で19～22, 中央部で5～6で大きく, 曲げおよび捩り剛性ともに低い方である。その $\bar{E}$ は140～151でF.R.P. スキーとしてはやや小さく, $\bar{G}_{Av.}$ も12.7～13.2で同じく小さく, イタヤ合板スキーとほぼ同じ値である。ヤマハ (No. 28) はたわみ ($\delta_{30}$) 53 mmで標準的であるが, 捩り率は両端部で11～15でやや少なく, 曲げ剛性は標準, 捩り剛性はやや大といえる。$\bar{E}$ は135～140, $\bar{G}_{Av.}$ は13.6～14.9 ($10^3$ kg/cm$^2$) でともにF.R.P. スキーとしては小さい方である。一方, 外国産のF.R.P. スキーではかなりその性能に差がみとめられ, とくに捩り剛性において著しい。一般的に曲げたわみ ($\delta_{30}$) は50～55 mmであるが, 捩り剛性は前述の合板スキーよりやや大きいもの (Kneissl, Kästle), 極端に大きいもの (VR, No. 33), やや小さいもの (Blizzard super, No. 42), 極端に小さいもの (Erbacher, No. 26) がある。Blizzard superは滑りやすいといわれるが, たわみ ($\delta_{30}$) は40.5 mmでかなり少なく, 捩り

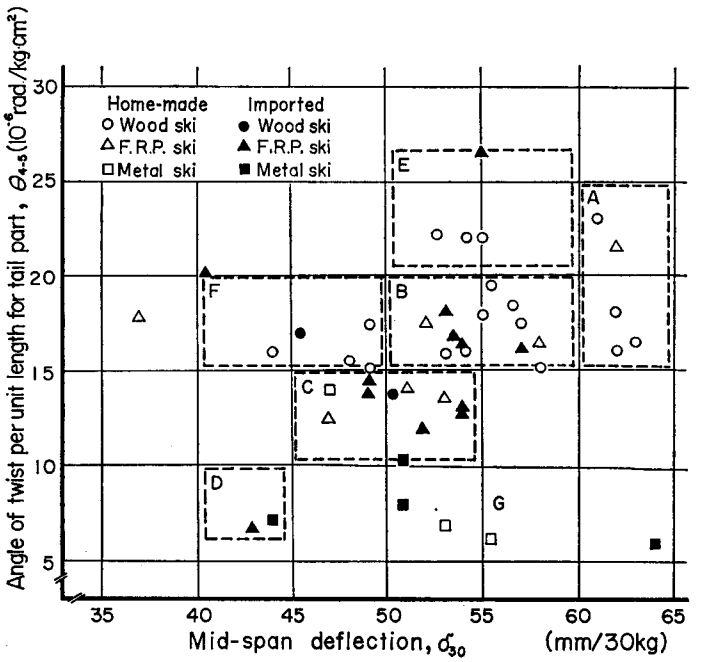
率は前端部16.7，後端部20.2で大きい。このように，曲げ剛性が大きく，捩り剛性が小さいスキーが滑りやすいといわれていることは注目する必要があろう。このスキーの $\bar{E}$ は $246\times10^3$ kg/cm$^2$ で，F.R.P. スキー中でとくに高い。この構成材料の F.R.P. 板は厚さ 1.6 mm で $E$ が $300\times10^3$ kg/cm$^2$ であり，芯材もヒッコリー材が主体である。$\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ は $19.3\times10^3$ kg/cm$^2$ で，これも F.R.P. スキーとしてやや大きい方である。Erbacher は曲げたわみ ($\delta_{30}$) は 55～58 mm で，標準であるが，捩り率は両端部で 26～32 と極端に大きい。回転のとき，よく捩れるスキーといえる。これの $\bar{E}$ は $158\times10^3$ kg/cm$^2$ で，F.R.P. スキーの標準値であるが，$\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ は $14.4\times10^3$ kg/cm$^2$ でやや小さい。これらに対し，Dynamic VR (No. 33) はフランスのキリー選手がはいたといわれている滑降用スキーであるが，長さ 220 cm，重量 3.3 kg，たわみ ($\delta_{30}$) 43～44 mm，捩り率も両端部で 7～8，中央部で 2 と極めて剛性の大きい，重いスキーである。スピードを競うためにはこのような性能が要求されるものと考えられる。また，このスキーの $\bar{E}$, $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$ はともに大きい方で，力学的性能の優れたかなり厚い F.R.P. 板が使用されているものと考えられる。

メタルスキーについては曲げたわみ ($\delta_{30}$) の範囲は 42～64 mm と非常に広く，捩り率も両端部で，6～15 の範囲がある。まず，Head (No. 34) は曲げ剛性を小さくするために極端に薄くしたスキーで，たわみ ($\delta_{30}$) は 64 mm ある。しかし，メタルの性能から捩り率は両端部で 6～9 でかなり小さく，曲げ剛性小さく，捩り剛性大きいスキーで，前述の Blizzard super とは全く逆のタイプである。$\bar{E}=322\sim336$, $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}=77.9\sim90.4\times10^3$ kg/cm$^2$ でメタルの性能がよくあらわれている。Fischer (No. 35) は曲げたわみ ($\delta_{30}$) は 50～52 mm で，曲げ剛性はやや大きく，捩り率は両端部で 6.3～7.8 で，前述の Head とほぼ同じく捩り剛性は大といえる。$\bar{E}=398$, $\bar{G}_{\mathrm{Av.}}=120\times10^3$ kg/cm$^2$ で，ともに Head より大きい。この Fischer と Head の大きなちがいは断面寸法で Fischer : $h_1=4.8$, $h_3=19.0$, $h_5=4.7$ (mm) に対し，Head : $h_1=6.2$, $h_3=16.9$, $h_5=7.3$ (mm) で前者のテーパーはきつく，後者のそれはゆるい。このテーパーのつけ方も曲げ性能，捩り性能などに関し，こんご検討すべき問題である。Atomic (No. 32) は大回転用スキーであるが，その目的に合致して，曲げ・捩り両剛性ともに大きく，前述の VR (F.R.P. スキー) とほぼ同性能である。これらに対し，国産メタルスキーでは風間 (No. 30) はたわみ ($\delta_{30}$) は 47 mm で，曲げ剛性やや大きい方であるが，捩り率は両端部で 14～15 で，メタルスキーとしては捩り剛性は非常に小さく，F.R.P. スキーと同じ程度である。これは回転しやすいようにしたものと思われる。美津濃の 2 台 (No. 31, 37) はともに曲げ剛性は標準的な値であるが，捩り剛性はかなり大きい。

メタル (ジュラルミン) は表-2に記載したように，ヤング係数 $E$ およびせん断弾性係数 $G$ ともに木材に比較してはるかに大きく，これを使用すれば，スキーを極端に薄くしない限り，その曲げ剛性，捩り剛性ともに大きいものになるので，その必要があって使用するのでなければ無意味である。メタルスキーを前述の Atomic のように曲げ・捩り両剛性を高めて，大回転・滑降専用とすれば需要者が限られるところから，一般向きにするために，極端に薄くして，曲げ

剛性を落せば，必然的に振動性能における欠点が出てくるはずであり，さらに前述の結果からもわかるように，薄くしても，なお捩り剛性は非常に大きく，このようなスキーが滑りやすいかどうかには疑問がある。材料を無理に目的に合わせて使用するよりも，目的にあった性能をもつ材料を使用するのが本筋であろう。

以上のスキーについて曲げ性能と捩り性能の関係をプロットすると 図-3 に示すようになる。ここでは荷重 30 kg 時のたわみ ($\delta_{30}$) と回転時，捩りによる応力が集中する後端 4 分の 1 の部分 (4-5) の捩り率 ($\theta_{4\text{-}5}$) の関係について検討することにした。この両性能によって，スキーをつぎのように分類してみた。これは装備とも 60 kg の重量の人を標準としたものである。この分類の考え方は 1 に述べたとおりである。




図—3 スキーの曲げたわみと捩り率による分類

**Fig. 3.** Classification of skis by the flexural and torsional properties.

**A. 初 歩 者 用**

たわみが 60 mm 以上，捩り率 15 ($10^{-6}$ rd/kg·cm², 以下単位省略) 以上のもの。ここには西沢 F.R.P., 道材合板スキーの一部がはいる。

**B. 一般用標準型**

たわみが 50～60 mm，捩り率 15～20 のもの。ここには道材合板スキーの大部分，外国産 F.R.P. スキー標準品がはいる。

**C. 上級者用・回転競技用**

たわみが 45～55 mm，捩り率 10～15 のもの。このグループは両剛性ともやや大きいもの

で，上級者用，また回転競技用としても使用されるであろう。外国産・国産の F.R.P. スキーのいわゆる高級品，メタルスキーの一部（風間）などがはいる。

**D. 大回転・滑降競技用**

たわみが 40～45 mm，捩り率 6～10 のもので，両剛性ともに大きい。ここには VR (F.R.P.), Atomic（メタル）がはいる。

**E. Wedeln 用**

たわみは B グループと同様 50～60 mm であるが，捩り率が 20～27 とその剛性の非常に小さいもの。Erbacher (F.R.P.) がその典型的なもので，一部道材合板スキーも似た性能を示す。

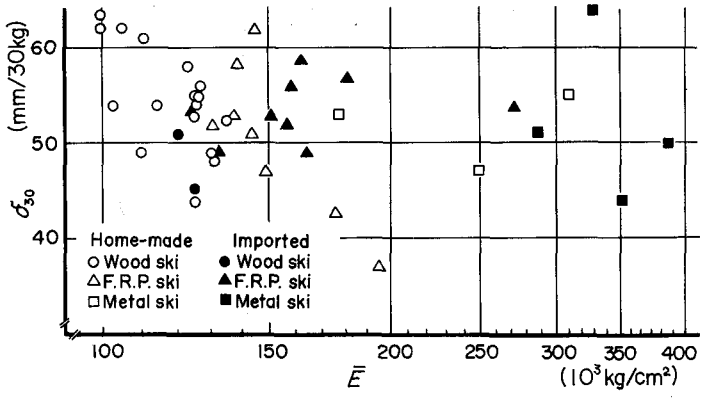
**F. 回転競技用**

たわみは 40～50 mm で少なく，曲げ剛性は大きいが，捩り率は 15～20 で，捩り剛性は標準か，やや小さいもの。捩れやすいスキーを好む選手のための回転競技用とみられる。その典型的なのが Blizzard super である。Kästle ヒッコリースキー，一部道材スキーおよびヒッコリー混材道産スキーが似た性能をもつ。

**G. 一般用メタルスキー**

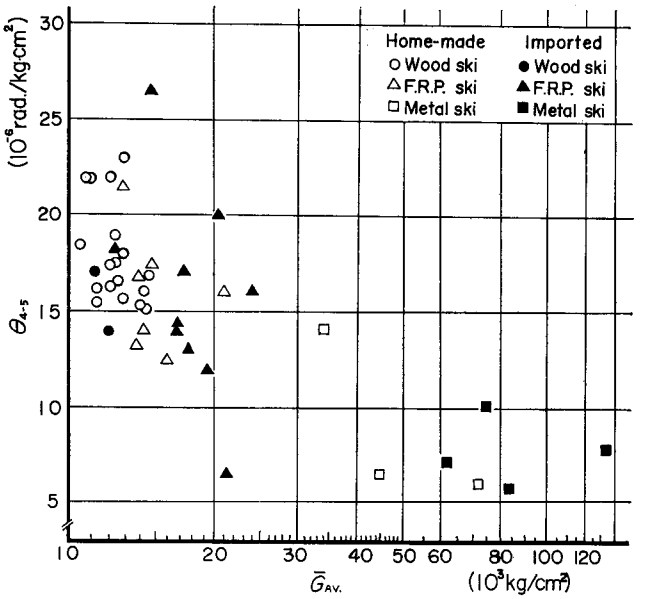
現在販売されている多くのメタルスキーが上述のグループに入らないので，別グループをもうけたものである。一般用メタルスキーは曲げたわみが 50～65 mm で，その範囲は大きいが，捩り率は 6～10 で，捩り剛性は大きい。このグループがどのような用途に向いているのかは明確でない。

つぎに，スキーの見掛けのヤング係数 $\bar{E}$ と曲げたわみ ($\delta_{30}$) の関係を図-4 に示す。これからは，一般的傾向として，材料の $E$ のちがいに関係なく，製品の厚さのコントロールによって，曲げたわみはほぼ一定範囲にはいるように設計されていることがわかる。合板スキーの $\bar{E}$ は 100～130，F.R.P. スキーは 120～270，ほとんどが ～150，メタルスキーは 170～390（単位 $\times 10^3$ kg/cm$^2$）の範囲にある。



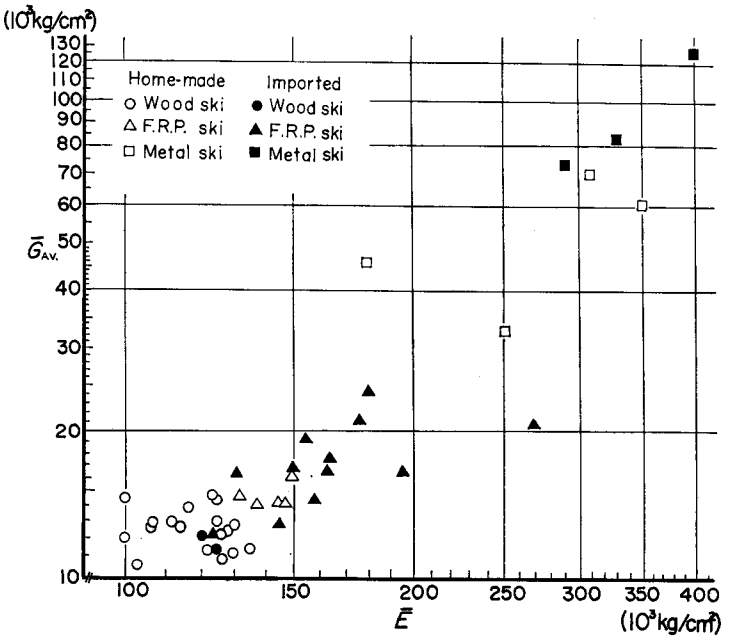

図—4　スキーの見掛けのヤング係数 $\bar{E}$ と曲げたわみ ($\delta_{30}$) の関係

**Fig. 4.** Relation between the apparent value of modulus of elasticity ($\bar{E}$) of ski and the deflection ($\delta_{30}$) due to 30 kg load.




図—5 スキーの見掛けのせん断弾性係数 $\bar{G}_{Av.}$ と捩り率の関係

**Fig. 5.** Relation between the apparent value of modulus of rigidity ($\bar{G}_{Av.}$) of ski and the angle of twist per unit length of the tail part ($\theta_{4\text{-}5}$).




図—6 スキーの見掛けのヤング係数 $\bar{E}$ とせん断弾性係数 $\bar{G}_{Av.}$ の関係

**Fig. 6.** Relation between the apparent value of modulus of elasticity ($\bar{E}$) and that of modulus of rigidity ($\bar{G}_{Av.}$) of ski.

図-5はスキーの見掛けのせん断弾性係数 $\bar{G}_{Av.}$ とテール部の捩り率 ($\theta_{4\text{-}5}$) の関係をあらわすもので，ここでは $\bar{G}_{Av.}$ は合板<F.R.P.≪メタルスキーとなり，捩り率はこれと逆の関係にあることが明らかにわかる。曲げ剛性はスキーの厚さを変えることによって，比較的簡単に調節できるが，捩り剛性には材料の性能がつよく出て，その調節が簡単ではないことを示すといえよう。

図-6はスキーの見掛けのヤング係数 $\bar{E}$ と同せん断弾性係数 $\bar{G}_{Av.}$ の関係を示すもので，合板<F.R.P.≪メタルとその両者の値が急激に増加するのがわかる。

## む　す　び

内・外の45台の市販スキーについて，スキーに要求される力学的性能のうち，最も基本的であると考えられる曲げおよび捩り性能を検討した。その結果はつぎのように要約される。

(1)　スキーをその曲げ剛性と捩り剛性からつぎのように分類した。

| | 曲げ剛性 | 捩り剛性 |
|---|---|---|
| A. 初歩者用 | 小 | 小 |
| B. 一　般　用 (標準型) | 中 | 中 |
| C. 上級者用・回転競技用 | やや大 | やや大 |
| D. 大回転・滑降競技用 | 大 | 大 |
| E. Wedeln 用 | 中 | 小 |
| F. 回転競技用 | 大 | 中 |
| G. 一般用メタルスキー | 中～小 | 大 |

(2)　材料別にみたスキーの性能はつぎのとおりである。

**合板スキー**　曲げおよび捩り剛性に関する限り，いずれも標準的な値をもち，大部分がBグループにはいる。また，材料性能の把握により，性能のかなり広い範囲での設計も可能であり，道材のすぐれた性能を生かしたスキーの生産を望みたい。合板スキーがスキー全般における標準的な値を示すのは，スキーは木材によって作られ，使用されて今日に来たものであるので，当然である。いろいろ問題のある新材料に走る前に合板スキーをもう一度みなおすことと，希望の性能のスキーを設計し，製造する技術の向上が望まれる。

**F.R.P. スキー**　その性能のかなりの部分を面材の F.R.P. に依存するものと，木製スキーのオーバーレイ的に薄い F.R.P. を使用しているものの2種類に分けられる。性能的にはばらつきが非常に大きく，選択に注意を要する。木製スキーにまさる点は折損に対し強いことであろう。

**メタルスキー**　その材料の性能から当然，曲げおよび捩り剛性ともに大きくなるべきものであるが，一般用とするために，曲げ剛性を小さくする目的で，厚さを極端に薄くしたものもある。これでも捩り剛性はかなり大きく，回転には適さないであろう。また，その薄いこと

から，当然，振動性能における欠点も現われて来るであろう。このような性能から，一般用メタルスキーは (1) の A～F までの分類に該当せず，別のグループとなる。

## 文　　献


1) 沢田　稔・宮島　寛・上田恒司・梅田佳一：スキーの力学的性質に関する研究 (第1報)，イタヤ合板スキーの力学的性質．北大演報 **26**-1, 107-142 (1968).

2) 福岡和雄：外国スキーの商品分析 (第2報)，スキーのねじり試験について．産工試研究発表会資料 (1959).

3) 大西　勁：メタルスキーと木製スキー (2)，スキーの粘弾性とねじれ強度，破壊強度．スキー **22**-1, 60-64 (1960).


## Summary


The flexural and torsional properties of 45 skis on the market were investigated. It will be seen that these properties are the most fundamental and important in the mechanical properties of a ski. In this paper, the flexural property of a ski is shown by the deflection ($\delta_{30}$) under a 30 kg load ($P$), when the ski is supported at the ends with a span, in accordance with JIS S 7007, as shown in figure 2-(1). The torsional property is given by the angle of twist per unit length ($\theta_{1\text{-}2}\sim\theta_{4\text{-}5}$) as shown in figure 2-(2). In these values, $\theta_{4\text{-}5}$ is the most important because this part is mainly twisted in a slalom. Also the apparent values of modulus of elasticity ($\bar{E}$) and modulus of rigidity ($\bar{G}_{\mathrm{Av.}}$) of a ski were calculated from the deflection and the angle of twist per unit length, respectively.

The results are summarized as follows:

(1) Skis are classified by the flexural and torsional properties as follows:

| Group | Deflection due to 30 kg load $\delta_{30}$ (mm/30 kg) | Angle of twist per unit length of tail part $\theta_{4\text{-}5}$ ($10^{-6}$ rad/kg·cm$^2$) |
|---|---|---|
| A. For beginners | 60～ | 15～ |
| B. For general use (standard) | 50～60 | 15～20 |
| C. For experts and slalom | 45～55 | 10～15 |
| D. For giant slalom and down-hill | 40～45 | 6～10 |
| E. For Wedeln | 50～60 | 20～27 |
| F. For slalom | 40～50 | 15～20 |
| G. Metal skis for general use | 50～65 | 6～10 |

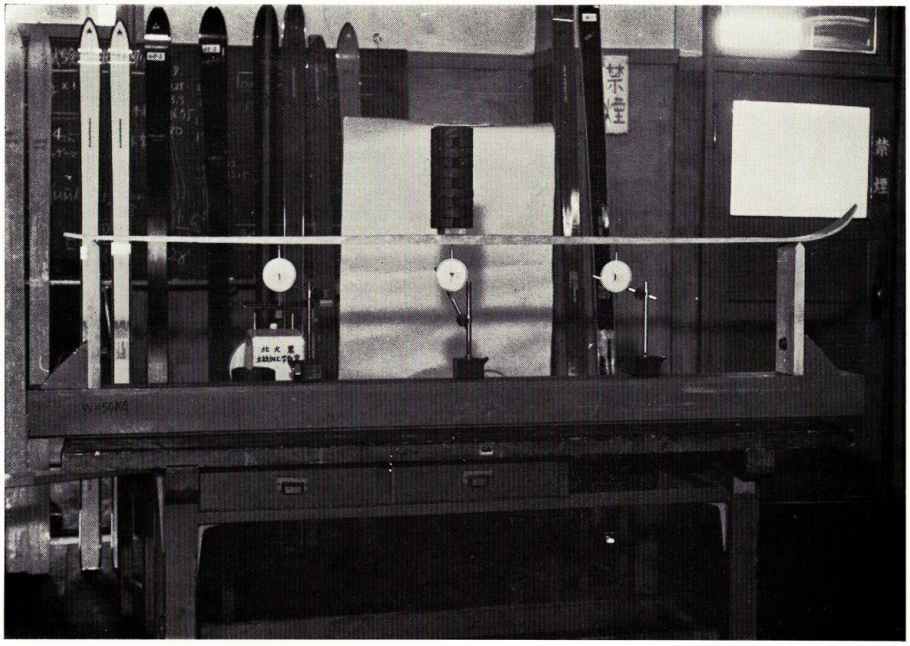
(2) About the properties of wood, F.R.P. and metal skis, the following conclusions may be drawn:

**Laminated wood ski** Within the limits of the flexural and torsional properties, most of the laminated wood skis show nearly the average values. These skis are recommended for a general use.

**F.R.P. ski** F.R.P. skis have very various flexural and torsional properties and, therefore, the use suited for the properties distributes over a wide range including A,

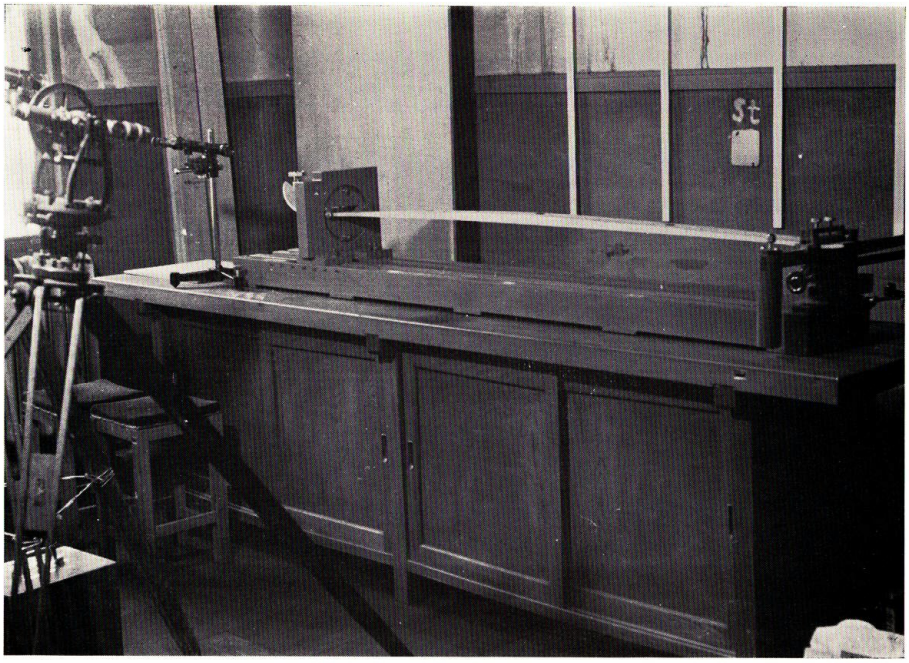
B, C, D, E and F groups described above. The ski adapted for a purpose will be carefully selected from various kinds of F.R.P. skis concerning its mechanical properties.

**Metal ski** Metal skis have high torsional rigidity, but the flexural rigidity varies over a wide range. The metal ski with high flexural and torsional rigidities is suited for down-hill and giant slalom, but the use of one with low flexural rigidity and high torsional rigidity is not clear.



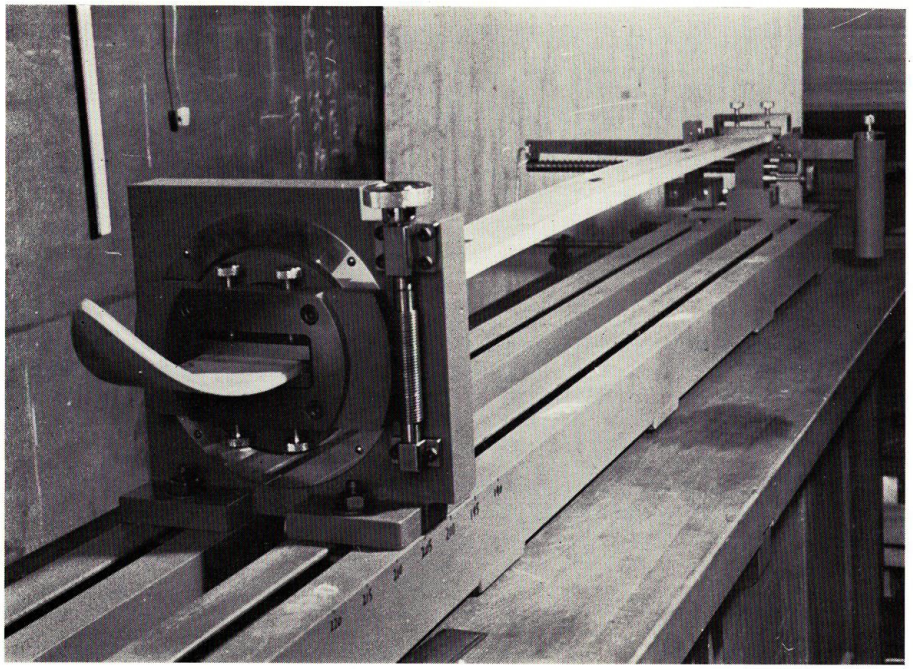

**写真—1**　曲げ剛性試験　(荷重：1 kg 10 個)

**Photo 1.**　Flexural rigidity test (load : 1 kg×10).



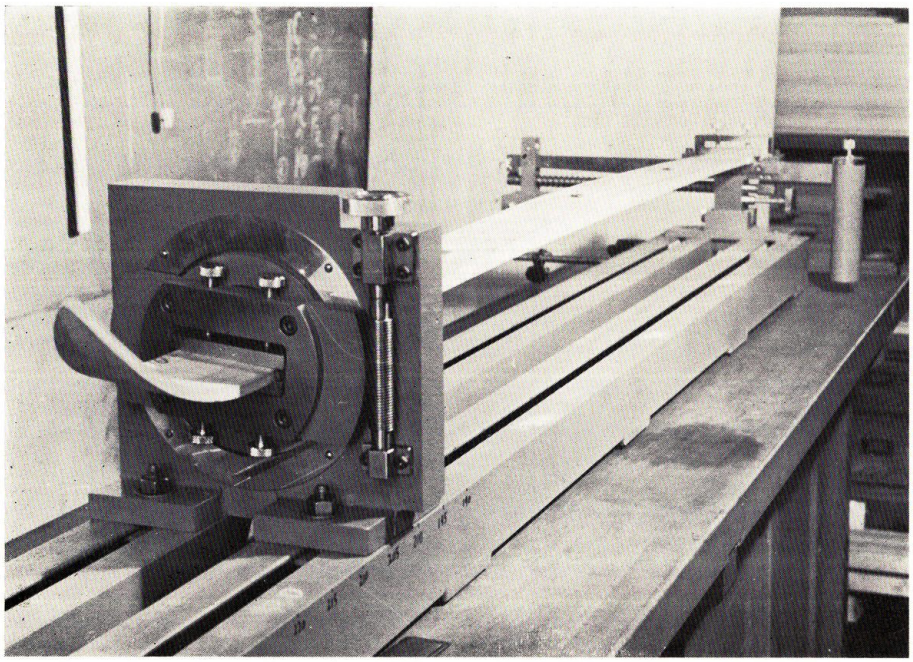

**写真—2**　捩り試験 (全景)

**Photo 2.**　Torsion test (a general view).



**写真—3**　捩 り 試 験 (捩りモーメント $M_t=0$ の状態)

**Photo 3.**　Torsion test (when the torque is zero, $M_t=0$).



**写真—4**　捩り試験 (捩りモーメント最大 $M_t=56.25$ kg·cm の状態)

**Photo 4.**　Torsion test (when the torque is the maximum in this apparatus, $M_t=56.25$ kg·cm)