



Title	スキーの力学的性質に関する研究(第3報) : 1982年型スキーの性能
Author(s)	宮島, 寛; MIYAJIMA, Hiroshi; 小泉, 章夫 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 40(3), 597-626
Issue Date	1983-08
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21097">https://hdl.handle.net/2115/21097</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	40(3)_P597-626.pdf



# スキーの力学的性質に関する研究 (第3報)

1982年型スキーの性能\*

宮島 寛\*\* 小泉章夫\*\*

Studies of Mechanical Properties of Skis

Report 3. Some Properties of Skis in 1982\*

By

Hiroshi MIYAJIMA\*\* and Akio KOIZUMI\*\*

## 目 次

1. 緒 言 .....	598
2. 供試スキー .....	598
3. 試験方法 .....	598
3.1 寸法, 形状の測定 .....	598
3.2 曲げ剛性試験 .....	601
3.3 振り剛性試験 .....	604
3.4 振動特性試験 .....	605
3.5 質量および慣性モーメント試験 .....	606
3.6 曲げ破壊試験 .....	607
4. 結果および考察 .....	608
4.1 寸法と形状 .....	608
4.2 力学的性質 .....	608
4.2.1 曲げ性能 .....	608
4.2.2 振り性能 .....	618
4.2.3 振動特性および慣性モーメント .....	618
4.2.4 重 量 .....	619
4.2.5 曲げ強さ .....	620
4.3 実走テスト .....	623
5. 結 言 .....	624
文 献 .....	625
Summary .....	625
写 真 .....	

\* 1982年8月31日受理 Received August 31, 1982.

\*\* 北海道大学農学部木材加工学研究室

Laboratory of Wood Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

## 1. 緒 言

スキーに要求される力学的性質について、動的、静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、本研究の第1報<sup>1)</sup>および第2報<sup>2)</sup>で述べ、第1報ではイタヤ合板スキーについて、ラミナのヤング係数  $E$  およびせん断弾性係数  $G$  を測定することにより、その完成スキーの曲げおよび捩り性能を予測できることを実験により確認し、第2報においては1969年までの市販スキーについて、曲げおよび捩り性能を測定し、用途別の性能分類を試みた。

スキーは年々その構成材料、形状が変化し、その性能も変化している。今回、北海道スキー工業会の依頼を受けて1982年型の競技用から一般用、初級用スキーにいたる20台を対象として、最近改訂されるJISの基礎となっているISO/DSIの方法によって各種の測定を行い、さらに実走テストも行ったので、それらの結果について報告する。十数年前のスキーと比較して、スキーの力学的性能は大きく変化しているが、これは進歩といえるかどうか判断できず、また力学的性能の測定結果と実走テスト結果との関連性も明確に見出せないが、この研究の結果がスキーマーカーならびに使用者の参考となれば幸いである。

本研究を行うに当たり、試験用スキーの取り揃えおよび実走テストに当った北海道スキー工業会の各位、振動特性の測定に協力いただいた北海道立工業試験場工芸部松藤技師、その他各種測定に協力された当教室上田教官に対し、心からお礼を申し上げる。

## 2. 供試スキー

供試スキーは表-1に示すように、No. 1~7が競技用の選手専用で、市販されていないものである。他は市販品で、No. 8~16が一般用で、中~上級者を対象としたものである。No. 17~20は初級者用で、長さも他より短い。競技用のうちNo. 1, 3, 4および6が大回転用(RS, GSL)で、他のNo. 2, 5および7が回転用(SL)である。

## 3. 試験方法

### 3.1 寸法、形状の測定

国際標準化機構のISO/DIS 5901によって測定した。各用語はつぎのとおりである。

スキーの長さに係わる記号(図-1参照)

$l_N$ : 滑走面長さ。滑走面に沿ったスキーのテールから先端までの長さ。スキーのサイズ(cm)を表示するのに用いる。

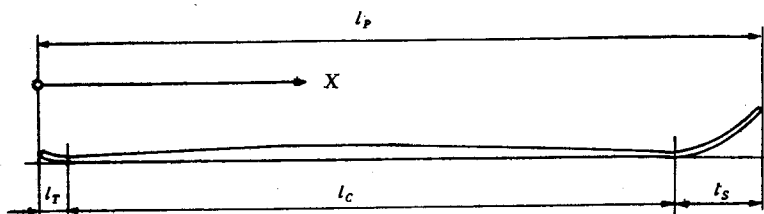
$l_P$ : 水平(投影)長さ。スキーの本体を平面に押しつけて、その投影をスキーテールから先端まで測った長さ。

$l_S$ : ショベル長さ。先端のまくれ上り部のスキー本体を平らな面に押しつけたときで

表—1 供試スキー

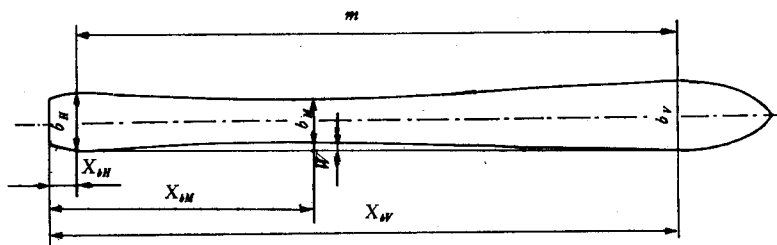
Table 1. Skis tested

No.	メーカー Maker	型 式 Type	公称長さ Nominal length (cm)	備 考 Remarks
1	Atomic	ARC RS	207	For competition
2	Fischer	Super Form	205	"
3	Fischer	Super Compe GSL	205	"
4	Haga	Compe GS	205	"
5	Haga	Compe SL	203	"
6	Rossignol	SM	203	"
7	Rossignol	FP	203	"
8	Olin	Mark III s	195	General use, cut edges
9	Rossignol	First	195	"
10	Ogasaka	U 3	195	" cut edges
11	Yamaha	XL	195	" cut edges
12	Mizuno	Blue Impulse CX	195	"
13	Kazama	Genesis	195	"
14	Haga	Campanera	195	"
15	Haga	Devil Wing CT	195	"
16	Haga	Devil Wing SL	195	"
17	Aomori	Blue Morris X-1	180	For beginners
18	Ogawa	DM 101	170	"
19	Ogawa	President	170	"
20	Swallow	GS 180	170	"



図—1 スキーの長さに係わる記号

Fig. 1. Marks concerning length of ski.



図—2 スキーの幅に係わる記号

Fig. 2. Marks concerning width of ski.

きる投影を、接触ゲージ (厚さ 0.5 mm) を走らせ滑走面と相交ったところにてできる接触線からスキー先端までの長さ。

$l_c$ : 接触長さ。スキーの本体を平面に押しつけて、両端から 0.5 mm の接触ゲージを走らせ滑走面と相交わる場所にできる 2 コの接触線間の距離。

$l_T$ : テール長さ。スキーの本体を平らな面に押しつけてえられる投影を、接触ゲージ (0.5 mm) を後端から走らせて滑走面と相交わる接触線から後端まで測った長さ。

スキーの幅に係わる記号 (図-2 参照)

$b$ : スキーの幅。位置は添字で表わす。

$b_H$ : ヒール部 (スキーのテール部で幅の最も広いところ) の幅。

$b_M$ : ウエスト部 (スキーの中央部で幅の最も狭いところ) の幅。

$b_V$ : ショルダー部 (スキーのショベル部の滑走面で幅の最も広いところ) の幅。

$W$ : 側方キャンパ。スキーの側面における最大矢高。

$m$ : サイドカット長さ。  $b_H$  および  $b_V$  寸法をとる 2 コの位置間の距離。

$t$ : ウエスト指数。側方キャンパとサイドカット長さとの比。  $t = W/m$

$V$ : サイドテーパ。  $V = (b_V - b_H)/2$

スキーの厚さおよびキャンパ高さに係わる記号 (図-3 参照)

$S$ : 滑走面に垂直に測ったスキーの厚さ。

$h$ : キャンパ高さ。スキーを水平な台上に置いたときのその面とスキーの滑走面との間の距離

$h_B$ : 最大キャンパ高さ。

$h_S$ : 先端 (チップ) 高さ。スキー本体を平らな面に押しつけたときの、その面から先端部上側までの高さ。

$h_T$ : テール高さ。スキー本体を平らな面に押しつけたときのその面からテール下側までの高さ。

スキー各部の記号

$H$ : ヒール部

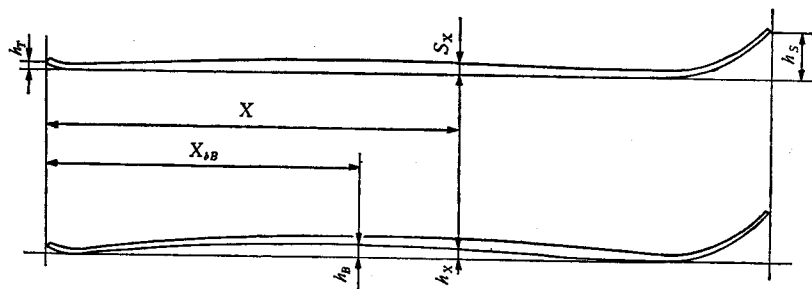


図-3 スキーの高さと厚さに係わる記号

Fig. 3. Marks concerning height and thickness of ski.

- M: ウエスト部
- V: ショルダー部
- B: 最大キャンバ高さのある位置
- T: テール
- S: 先端 (チップ)

3.2 曲げ剛性試験

中心曲げ剛性試験: 図-4に示すように, スキーをテールから50 mmと滑走面長さ  $l_N$  - 230 mm の2点で支え, スパンが  $l_N$  - 280 mm になるようにして, その中央に集中荷重  $F_M$  を加え, その直下のたわみ  $f_M$  を測定する。  $F_M=300$  N (ニュートン, 30.6 kg) を加え, 中心バネ定数  $C_M$  を求める。

$$C_M = F_M / f_M$$

見かけのヤング係数: スキーの材質を均一と仮定し, 断面寸法は厚さが荷重点から両支点まで直線的に減ずるダブルテーパードームとしてつぎの式により計算した。

$$\bar{E} = \frac{Pl_A^3}{16\delta I_0 \beta^3} \left\{ \ln(1+\beta) - \frac{\beta(2+3\beta)}{2(1+\beta)^2} \right\}$$

ここに,  $\delta$ : 中央たわみ,  $h_0$ : 両支点における材厚の平均値,  $b_0$ : 同材幅の平均値,  $h_c$ : 中央部における材厚,  $b_c$ : 同材幅,  $b = (b_0 + b_c) / 2$ ,  $I_0 = (bh_0^3) / 12$ ,  $\beta = (h_c - h_0) / h_0$ 。

前, 後 1/3 部曲げ剛性試験: 前 1/3 部の場合は 図-5 に示すように, 先端から  $l_N$  の 1/3 長

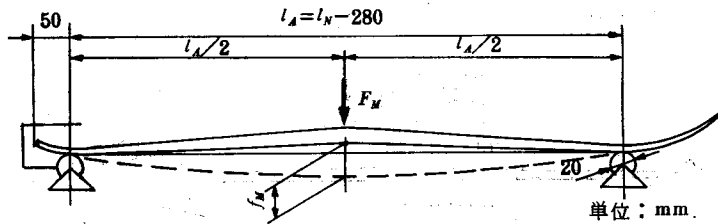


図-4 中心バネ定数の求め方

Fig. 4. Flexural rigidity test by center loading.

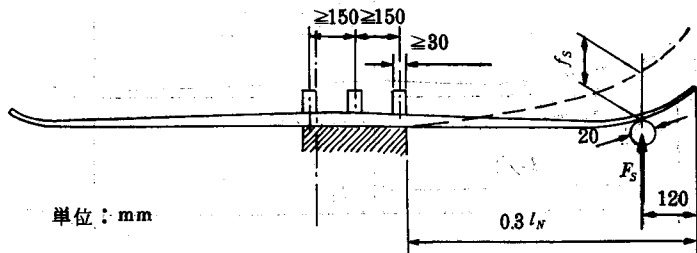


図-5 前部バネ定数の求め方

Fig. 5. Flexural rigidity test for the front part of ski.

さの位置を支点にして、先端から 120 mm の位置に荷重  $F_s=150\text{ N}$  (15.3 kg) を加えて、その位置の変位量  $f_s$  を測り、前 1/3 部バネ定数  $C_s$  を求める。

$$C_s = F_s/f_s$$

同様に、後 1/3 部のバネ定数は 図-6 に示すように  $F_R=150\text{ N}$  を加えて求める。

$$C_R = F_R/f_R$$

前、後半部曲げ剛性試験： 図-7 に示すように、前記  $l_A$  の 1/2 をスパンとし、スキーの前、後半についてそれぞれ荷重  $F_A$  および  $F_B$  として 50 N (5.1 kg) かけて、たわみ  $f_A$  および  $f_B$  を測定し、前、後半部の曲げバネ定数

$$C_A = F_A/f_A$$

$$C_B = F_B/f_B$$

を求め、さらにこれら両値からバランス  $B$  を求める。

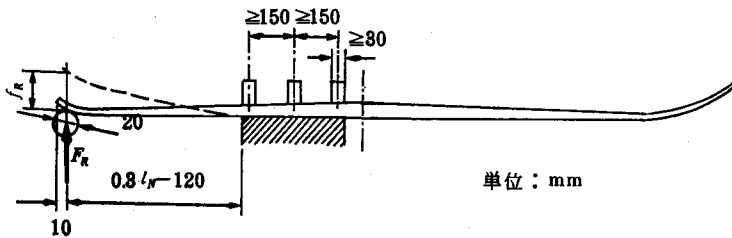


図-6 後部バネ定数の求め方

Fig. 6. Flexural rigidity test for the rear part of ski.

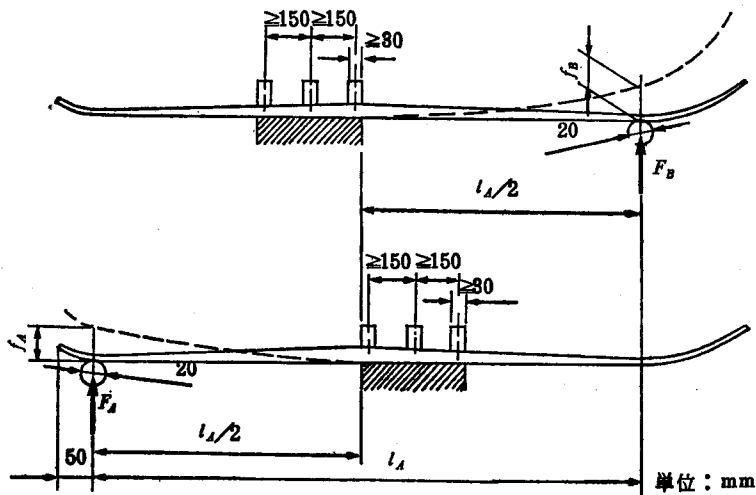


図-7 バネ定数バランスの求め方

Fig. 7. Method of measuring difference of flexural rigidities between the front and rear parts of ski.

$$B = C_A/C_B$$

ショルダー部曲げ剛性試験： ISO/DIS による上記試験方法では支点付近の曲げモーメントが0に近いので、スキーの回転性能に影響大と思われるテールおよびショルダーに近い部分の曲げ剛性を測定することができない。このため以下に述べる方法で、ショルダー部 15 cm 区間の曲げ剛性とこの区間の断面一定と仮定した場合の見かけのヤング係数  $\bar{E}_s$  を求めた。

図-8 において、A, B はナイフエッジの支点で、B はテールより ( $L_A+50$  mm) の位置である。荷重  $W_1$  はスキーを支点上に安定させるためのもので、荷重  $W_2$  は 2 kg である。結果をつぎのように表示した。

ショルダー部バネ定数

$$S = M_B/\delta_B \quad (\text{N}\cdot\text{m}/\text{cm})$$

ここに、 $M_B$  : B 点の曲げモーメント (N·m)、 $\delta_B$  : B 点を中心とする 15 cm 区間のたわみである。

見かけのヤング係数  $\bar{E}_s$  は

$$\bar{E}_s = \frac{1}{\bar{I}\delta_B} \int MM dx = \frac{7875}{8} \times \frac{W_2}{\bar{I}\delta_B}$$

ここに、 $\bar{I}$  : B 点における断面 2 次モーメントである。

外皮歪測定試験： スキーのたわみ曲線および局所的な材質の変化を見るために、供試スキ

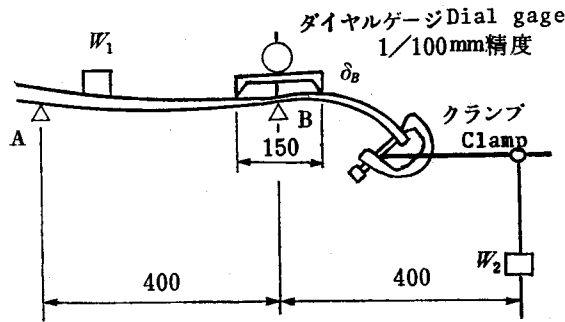


図-8 ショルダー部曲げ剛性試験

Fig. 8. Flexural rigidity test for shoulder part of ski.

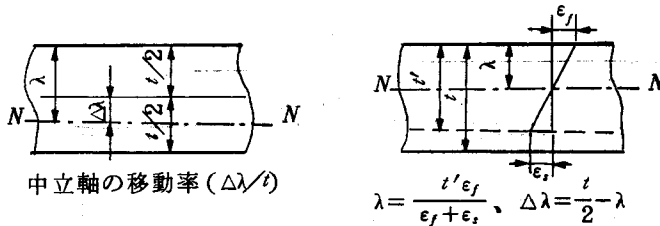


図-9 中立軸の移動率

Fig. 9. Deviation of neutral axis from the center of ski thickness.

一のうちから競技用7台の各1本ずつについて、図-4に示す兩支点からスキーの上下面に10 cm 間隔で、ストレングージをはり、外皮歪を測定した。使用したストレングージは新興通信(株)製 S 116 ペーパーゲージ (16 mm) で、シアノアクリレート系接着剤にニトロセルロース系接着剤を併用した。滑走面側では深さ約 1.3 mm (ロシニョールは 1.1 mm) の溝を切ってゲージをはりつけた。

この試験では 10 kg 負荷時の歪測定値から、各測定点での中立軸の移動率、曲率、曲げ剛性、断面内の材質が均一であると仮定した場合の見かけのヤング係数を計算した。中立軸の移動率は図-9に示すように、上下面のストレングージによる歪量から中立軸 (N-N) の位置を求め、さらに、上面から中立軸までの距離  $\lambda$ 、その部分のスキーの厚さ  $t$  から移動量  $\Delta\lambda = t/2 - \lambda$  を求め、 $\Delta\lambda/t$  を移動率とした。

曲率は

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\varepsilon_s}{l' - \lambda}$$

曲げ剛性は

$$\bar{E}I = \rho \cdot M$$

見かけのヤング係数は

$$\bar{E} = \rho \cdot M/I$$

によりそれぞれ求めた。ここに、 $I$  は測定位置におけるスキーの断面 2 次モーメントである。

### 3.3 振り剛性試験

図-10~12に示す。前半分と後半分の2つに分けて行う。振れ角度が  $5^\circ$  程度になるようなトルク  $M_T$  (N·m) を準静的に加える。ここでは振りバネ定数を求める。

$$C_T = \frac{M_T}{\alpha}$$

ここに  $\alpha$  は振れ角度 (度) である。

見かけの剪断弾性係数： つぎの式により計算した。

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

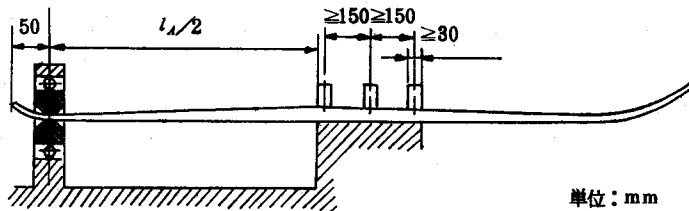


図-10 後半分振りバネ定数の求め方

Fig. 10. Torsion test for the rear part of ski.

ここに,  $M_T$ : 振りモーメント,  $h_0$ : 前, 後部のトルク負荷部の最小厚さ,  $h_C$ : 同最大厚さ,  $b$ : 平均材幅,  $I_0=(bh^3)/12$ ,  $\theta$ : 振り率  $\varphi/L=2\varphi/L_A$ ,  $\varphi$ : 振り角 (rad),  $\gamma=(h_C-h_0)/h_0$ ,  $C_1=192h_0/b\pi^5$ .

3.4 振動特性試験

ISO/DIS 6267 の規定に準じ, 北海道立工業試験場の装置を使用して試験を行った。負荷および除荷にはインストロン型試験機, 変位測定および記録には新光電機 (株) 差動トランスデューサーならびに共和電業 (株) 製電磁オシログラフ RMS-11 B を使用した。測定装置の模式図を図-13 に, 記録チャート図の例を図-14 に示す。

この図において,  $T_{30}$ : 振動数が30の時間 (秒),  $T_{1/2}$ : 半減期 (秒),  $T$ : 周期  $T=T_{30}/30$  (秒),  $f$ : 固有振動数  $f=1/T$ 。

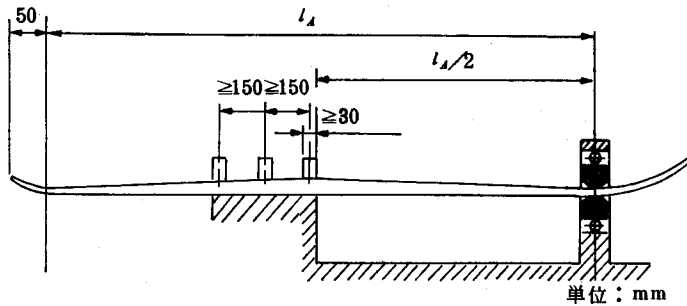


図-11 前半分振りバネ定数の求め方

Fig. 11. Torsion test for the front part of ski.

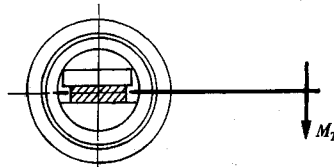


図-12 振りヘッド

Fig. 12. Schematic view of apparatus for torsion test.

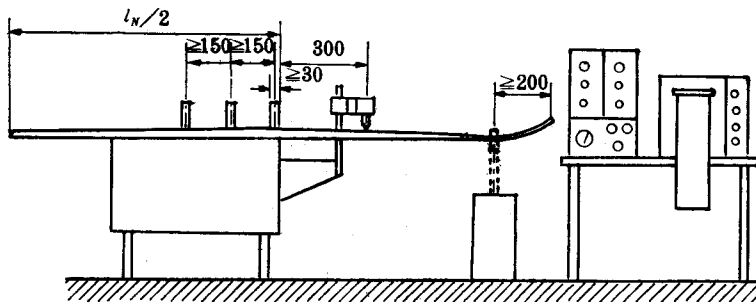


図-13 振動測定装置

Fig. 13. Apparatus for measuring vibration.

3.5 質量および慣性モーメント試験

ISO/DIS 6003 の規定に準じて測定した。まず、質量  $m$  (kg) を測定し、その重心部を 図-15 に示すように、クランプ器具で締め、2本の細線(本試験では長さ1m)でつり下げ、スキーを

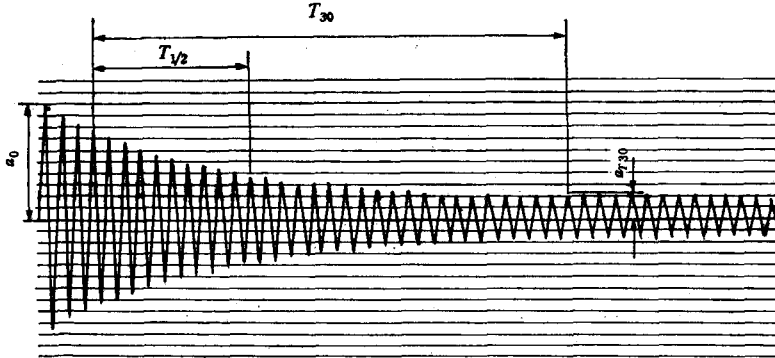


図-14 振動記録チャート

Fig. 14. Sample of chart for recording vibration.

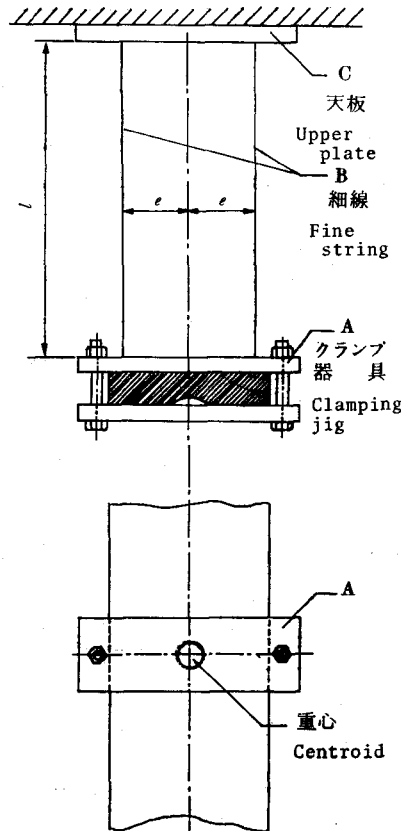


図-15 慣性モーメントを求めるための装置

Fig. 15. Apparatus for measuring moment of inertia.

水平方向に 45° ほど回転し手を離して、振動させ、振動が 5 サイクル完了するに要する時間を測り、5 で除した振動の周期  $T$  (秒) を求める。重心のまわりの慣性モーメントをつぎの式により求める。

$$I = (T/2\pi)^2 mg \quad (\text{kg}\cdot\text{m}^2)$$

ここに、 $m$ : 質量、 $g$ : 重力加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ ) である。

### 3.6 曲げ破壊試験

各スキー 1 本ずつについて ISO/DIS 6265 の規定に準じて行った。図-16 に示すようにスキーの前部分にスパン 250 mm をとり、中央集中荷重による曲げ試験を行うのであるが、この荷重点の決定をつぎのようにした。すなわち、スキーを前後に移動させながら、摺動ガイドを用いて、 $P=10 \text{ kg}$  の負荷、除荷を繰返し、たわみ  $\delta=0.33 \text{ mm}$  となるところを荷重点とした。この方法によれば規定の曲げ剛性  $300 \text{ N}/\text{mm} \pm 3\%$  の精度をクリアできるからである。

この試験には森試験機 (株) 製 5 トン容量のオルセン型万能試験機 (負荷速度  $26.6 \text{ mm}/\text{分}$ )、新興通信 (株) 製 2 トン容量ロードセルおよび共和電業 (株) 製たわみ検出計 LVDT ( $0 \sim 100 \text{ mm}$ ) を使用した。

ここでは比例荷重  $P_p$ 、変形荷重  $P_d$ 、破壊荷重  $P_B$  および破壊時のたわみ  $f_{\max}$  を測定した。ここでは比例限荷重は図-18 における荷重  $N$ -たわみ  $f$  曲線から、変形荷重はこの図にお

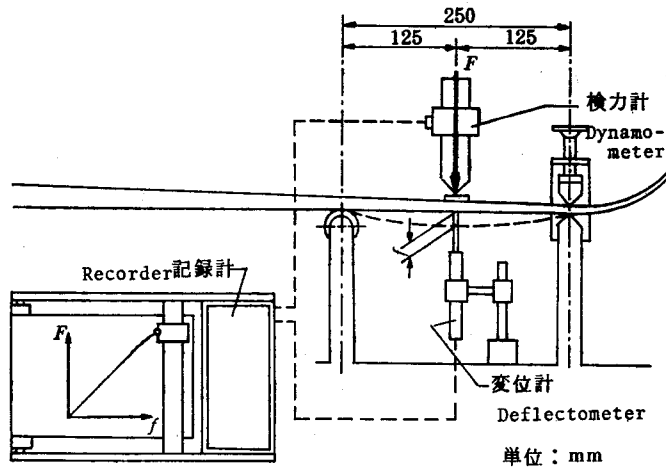


図-16 曲げ破壊試験方法

Fig. 16. Method of fracture test in bending.

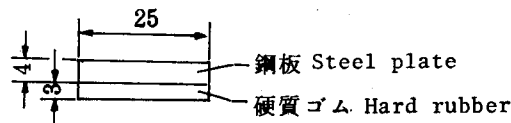


図-17 荷重点

Fig. 17. Loading point.

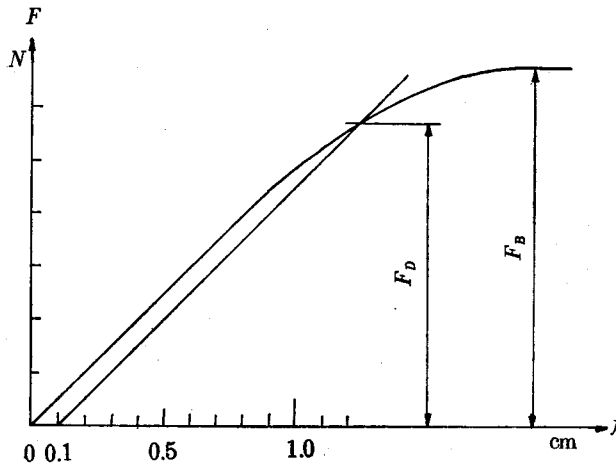


図-18 荷重—たわみ曲線の典型例と評価の方法

Fig. 18. A typical load-deflection curve and method of evaluating it.

けるたわみ量 0.1 mm を原点としてこの曲線の直線部に平行に引いた直線との交点から求めた。破壊荷重とは破断、はく離、曲りなどを起させるにいたった荷重である。

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 寸法と形状

ISO/DIS 5901 によって測定したスキーの寸法を表-2 に示す。さらにスキーのテールから 5 cm の位置を基準に、ここから 10 cm おきに測定した幅と厚さを図-19 に示す。

幅の変化によってつくり出されるサイドカーブは回転性能に影響があると考えられるが、図-19 に示すようにその形状はスキーによって異なり、それぞれの特徴を持つ。しかし、どのカーブが最良であるか、ということは判断できない。厚さの変化もスキーによる特徴があり、中央部が山形に盛り上っているものと、この部分が平らな台形のものがある。このスキーの幅と厚さを前報<sup>2)</sup>の測定結果と比較するとつぎのようになる。大回転用のアトミック（メタルスキー）ではウエスト部で幅 70.8 mm、厚さ 20.1 mm であったものが、今回の試験スキーではそれぞれ 66.4 および 17.7 mm と細く、薄くなっている。一方、フィッシャーのメタルスキーで前回の 205 cm のものがそれぞれ 68 および 19 mm であったが、今回もほぼ同様である。FRP スキーの場合は前回はウエスト幅 66~73 mm、同厚さ 20~26 mm であったが、今回はそれぞれ 65~68 mm および 18~19 mm に減じている。

##### 4.2 力学的性質

力学的性質の総括を表-3 に示す。

###### 4.2.1 曲げ性能

前回の研究ではバネ定数を求めず、中央集中荷重 30 kg のときのたわみ  $\delta_{30}$  を求めたので、

それらと比較のため、今回の試験においても同じたわみも掲げた。前回の試験におけるスキーの支持点は先端から滑走面に沿って 250 mm とテールから同 70 mm の位置であった。これは今回より前後とも 20 mm 中心によった位置で支持していたことになり、スパンは 40 mm 小である。このため同一スキーを今回の方法で試験すればたわみは長さ 205 cm のスキーで、7% 程度増えることになる。

前回の曲げ剛性試験結果では大回転用スキーで荷重 30 kg 時のたわみは 43~44 mm、回転用で 46~54 mm であったので、今回のスパンに換算すると 46~47 および 49~58 mm 程度となる。今回のスキーでは大回転用が 61~68 mm で、たわみは 15 mm 前後増大し、曲げ剛性は 20~25% 小さくなっている。回転競技用では 59~67 mm で、10 mm 程度たわみが増し、曲げ剛性は 13~17% 小となっている。一般用は前回の実測値が 50~58 mm、同換算値が 54~62 mm であったのに対し、今回は 62~75 mm で、たわみは 8~13 mm 増加し、曲げ剛性は 13~17% の減少である。このように 10 年余の間にスキーの曲げ剛性は競技用を含めてかなり大きく減じている。

一方、この曲げ剛性試験から求めた見かけのヤング係数  $\bar{E}$  は前회가メタルスキー 290~400 t/cm<sup>2</sup>、FRP スキー 120~270 t/cm<sup>2</sup> であったが、今回は両者を合せて競技用 214~365、一般用 190~270 t/cm<sup>2</sup> であり、FRP スキーにおける最小値が大きくなったといえる。この見かけのヤング係数を全体から求めた値 (図-4) とショルダー部 (図-8) と比較すると、一般に後者の値が小さい。とくにロシニョール FP、オーリンマーク III S がその傾向が強い。このようにショルダー部の曲げ剛性を極端に落したものがある。

バネ定数の前・後半部の違いは  $C_B$ 、 $C_A$  の値にみられるように、一般に少なく、 $C_A/C_B$  のバランス  $B$  はいずれも 1 前後である。しかし前・後 1/3 では差が出ており、いずれも後 1/3 のバネ定数が前 1/3 の値より 30~50% 程度大である。

曲げ剛性試験のなかの外皮歪測定試験で述べた方法で、スキーの上・下両面にはったストレングージによって測定した歪から求めた中立軸の移動率、曲率、曲げ剛性および見かけのヤング係数のスパン内分布を図-20~23 に示す。まず、中立軸の厚さの中心線からの移動率は図-20 に示すとおりで、ロシニョール SM、ハガ GSL、SL はほぼ中心線と中立軸が一致し、上下面における材料の配置のバランスがよいといえる。アトミックでは中央部に近づくにしたがい、中立軸の引張側(下面)への移動が認められる。これは中央部上部コア材(プラスチック)のヤング係数が同下部材(木材)のそれより大幅に低いためである。ロシニョール FP は極めて特異な例でソール側にはメタル層がなく、面材においても中央部のみに表面より 5 mm 内部の位置にメタル層があり、その両端部ではエッジの剛性により中立軸は引張側に移動し、中央部では下面のエッジと上部のメタル層が釣り合っ て中立軸はほぼ中央にある。複合材としては厚さの中心線に対称にヤング係数の似た材料を配置し、中心線と中立軸をほぼ一致させるのが好ましいと考えられる。

表-2 スキーの寸法 (ISO/DIS による。

Table 2. Dimensions of skis (measured by

ス キ ー 名 称 長 さ (cm)	長 さ					ヒール部				
	滑走面	水平	ソ ン ベ ル	接 触	テール	距離	幅	厚さ	キャ ン バ	
	$l_N$	$l_P$	$l_S$	$l_C$	$l_T$	$X_H$	$b_H$	$S_H$	$h_H$	
Atomic ARC 207	1	2075	2052	174	1827	51	63	79.0	5.6	0.0
	2	2075	2052	174	1819	59	60	79.0	5.3	0.0
Fischer SF 205	1	2058	2036	188	1834	24	43	76.1	6.0	0.5
	2	2058	2035	192	1818	25	49	76.2	6.4	0.0
Fischer SC 205	1	2057	2036	198	1806	32	52	72.9	6.0	0.0
	2	2057	2036	196	1792	48	51	77.8	5.9	0.0
Haga Compe GS 205	1	2050	2032	190	1801	41	50	77.0	6.4	0.0
	2	2050	2033	188	1806	39	57	77.0	6.4	0.0
Haga Compe SL 203	1	2031	2015	189	1785	41	55	74.6	6.3	0.0
	2	2031	2016	184	1791	41	59	74.7	6.2	0.0
Rossignol SM 203	1	2028	1997	189	1779	29	44	77.3	6.1	0.5
	2	2027	1997	194	1772	31	53	77.3	6.2	0.0
Rossignol FP 203	1	2030	2000	165	1803	32	69	75.3	7.2	0.5
	2	2029	2000	167	1801	32	52	75.2	7.0	0.0
Olin Mark III 195	1	1978	1946	176	1688	82	60	75.6	7.2	1.0
	2	1978	1946	176	1686	84	56	75.4	7.0	1.5
Rossignol First 195	1	1942	1913	182	1698	33	45	76.4	6.2	0.0
	2	1943	1913	186	1693	34	44	76.4	6.2	0.0
Ogasaka U3 195	1	1951	1923	164	1697	62	60	77.0	5.9	0.0
	2	1950	1922	161	1704	57	58	76.9	6.0	0.0
Yamaha XL 195	1	1956	1930	186	1695	49	60	74.6	6.7	0.0
	2	1957	1932	185	1703	44	58	74.7	6.4	0.0
Mizuno CX 195	1	1947	1919	170	1708	41	80	74.7	7.5	0.5
	2	1947	1919	169	1707	43	80	74.6	7.5	0.5
Kazama Genesis 195	1	1931	1912	154	1710	48	53	75.8	7.7	0.0
	2	1931	1913	160	1705	48	52	76.0	7.8	0.0
Haga Campanela 195	1	1950	1921	165	1714	42	58	76.3	6.4	0.5
	2	1951	1923	164	1721	38	63	76.0	6.4	0.5
Haga CT 195	1	1950	1922	170	1709	43	54	76.6	7.0	0.0
	2	1950	1922	178	1696	48	63	76.5	6.9	0.0
Haga SL 195	1	1950	1922	155	1212	51	58	75.5	7.0	0.0
	2	1950	1923	159	1713	51	55	75.6	6.8	0.0
Aomori X1 180	1	1798	1773	168	1557	48	57	73.3	6.8	0.0
	2	1798	1772	182	1541	49	57	73.3	7.0	0.0
Ogawa DM 101 170	1	1700	1676	174	1448	54	70	71.3	8.8	0.0
	2	1700	1676	248	1369	59	60	71.2	8.7	0.0
Ogawa President 170	1	1701	1678	128	1503	47	68	71.6	8.7	0.5
	2	1701	1679	133	1497	49	75	71.6	8.7	0.5
Swallow GS 170	1	1702	1677	161	1476	40	58	73.2	6.6	0.0
	2	1703	1677	157	1477	43	63	73.3	6.4	0.0

Marks are illustrated in figs. 1 to 3.

単位  $t$ :  $10^3$  cm/cm, 他は mm)

ISO/DIS, unit  $t$ :  $10^3$  cm/cm, the others: mm)

ウエスト部				ショルダー部				最大		側方	チップ	テール	サイド	ウエスト	ターバ
距離	幅	厚さ	キャン	距離	幅	厚さ	キャン	キャン	キャン	キャン	高さ	高さ	ドット	指数	V
$X_M$	$b_M$	$S_M$	$h_M$	$X_Y$	$b_Y$	$S_Y$	$h_Y$	$X_B$	$h_B$	$W$	$h_S$	$h_T$	$m$	$t$	
883	66.4	17.7	6.5	1907	85.0	5.1	1.5	1010	7.0	7.8	78	6.6	1844	4.230	3.00
893	66.4	17.8	7.0	1910	85.0	5.1	1.5	1010	7.5	—	77	6.5	1850	4.216	3.00
829	66.4	19.2	6.0	1876	85.3	5.6	1.5	1030	6.5	7.1	85	3.0	1833	3.873	4.58
834	66.3	19.0	6.0	1874	85.3	5.5	1.5	1070	6.0	—	86	3.0	1825	3.890	4.55
865	68.1	18.9	4.5	1876	87.0	5.0	1.5	1020	4.5	6.9	81	9.0	1824	3.769	4.53
877	68.1	19.0	4.5	1874	86.8	5.3	2.5	1000	5.0	—	81	4.0	1823	3.771	4.53
854	67.5	19.3	6.5	1880	87.0	5.1	1.5	1050	7.0	6.9	69	5.5	1890	3.784	5.03
845	67.5	19.3	6.5	1881	87.3	5.4	1.5	990	6.5	—	67	5.0	1824	3.797	5.13
816	65.3	19.1	7.5	1868	84.5	5.2	2.0	1030	8.0	7.3	68	6.0	1813	4.013	4.95
829	65.3	19.0	6.0	1867	84.4	5.4	2.0	1080	6.0	—	66	5.0	1808	4.024	4.95
764	68.4	18.2	11.5	1850	88.9	5.8	2.5	860	12.0	6.6	93	3.0	1806	3.668	5.83
756	68.4	18.3	10.0	1850	88.8	5.6	2.5	830	10.0	—	93	3.0	1797	3.687	5.73
705	66.3	19.2	9.0	1856	86.4	6.8	1.0	950	9.0	6.8	87	3.0	1787	3.819	5.55
728	66.4	19.5	8.0	1853	86.2	6.8	1.0	980	9.0	—	88	3.0	1801	3.790	5.48
698	67.0	19.4	10.5	1795	87.5	6.7	1.0	900	11.0	7.1	90	17.0	1735	4.078	5.98
690	67.0	19.7	10.0	1799	87.7	6.8	1.5	860	10.5	—	90	17.5	1743	4.059	6.15
755	66.8	18.0	6.5	1767	86.0	5.7	2.0	850	7.0	7.1	89	3.5	1722	4.109	4.80
790	66.8	18.0	9.0	1764	86.1	5.7	2.0	850	9.0	—	90	4.5	1720	4.113	4.85
815	67.6	19.9	7.5	1787	84.6	6.1	1.0	920	8.0	6.3	85	5.5	1727	3.662	3.77
790	67.6	19.7	7.5	1778	84.6	6.1	0.5	1010	8.0	—	85	5.0	1720	3.677	3.87
729	65.5	19.3	5.0	1783	84.4	6.2	2.0	920	5.0	6.8	82	6.0	1723	3.947	4.88
747	65.4	19.6	5.5	1787	84.5	6.0	2.0	890	6.0	—	81	6.0	1729	3.933	4.90
736	66.3	13.0	5.0	1792	85.7	5.6	2.5	910	5.0	6.6	82	6.0	1712	3.855	5.48
728	66.3	12.8	4.5	1789	85.8	5.5	2.5	950	5.0	—	81	6.0	1709	3.862	5.63
750	67.0	19.0	8.5	1773	84.3	7.7	0.5	930	9.0	5.9	67	5.5	1720	3.430	4.25
773	67.9	19.2	8.0	1773	84.3	7.8	0.5	910	8.5	—	68	5.5	1721	3.428	4.15
800	67.4	17.8	7.5	1775	86.3	5.8	0.5	910	7.5	6.9	88	6.0	1717	3.990	5.03
784	67.1	17.8	8.0	1781	85.4	5.8	0.5	900	8.0	—	86	6.0	1719	3.787	4.70
813	67.5	17.5	11.0	1782	86.7	5.3	1.0	930	11.0	6.5	86	6.5	1728	3.776	5.08
783	67.3	17.6	10.0	1779	86.6	5.6	1.0	900	10.5	—	88	6.5	1716	3.802	5.07
741	66.2	18.0	14.0	1787	85.5	5.7	1.0	870	14.5	6.6	85	5.5	1729	3.817	5.03
720	66.0	18.0	11.5	1779	85.5	6.2	0.5	880	12.0	—	85	6.0	1724	3.828	4.98
767	65.0	20.6	6.5	1624	81.3	6.7	0.5	870	6.5	6.1	77	7.5	1567	3.893	4.03
745	64.9	20.6	7.0	1620	81.2	6.8	0.5	840	7.0	—	79	6.5	1563	3.903	3.95
711	68.4	16.8	5.0	1539	83.2	6.1	1.0	860	5.0	6.9	72	3.5	1469	4.680	5.93
691	68.5	16.7	4.0	1530	83.0	6.3	1.0	850	4.5	—	76	4.0	1470	4.677	5.93
714	63.8	17.3	11.0	1550	83.6	5.8	1.5	850	11.0	7.1	73	4.0	1482	4.791	6.00
721	63.5	16.8	12.5	1545	83.3	5.8	0.5	810	13.0	—	69	4.0	1470	4.830	5.88
692	66.4	18.4	7.0	1539	80.2	5.9	0.5	810	7.0	5.1	78	3.0	1481	3.410	3.48
703	66.4	18.4	6.0	1542	80.3	6.0	1.0	780	6.0	—	77	3.5	1479	3.414	3.50

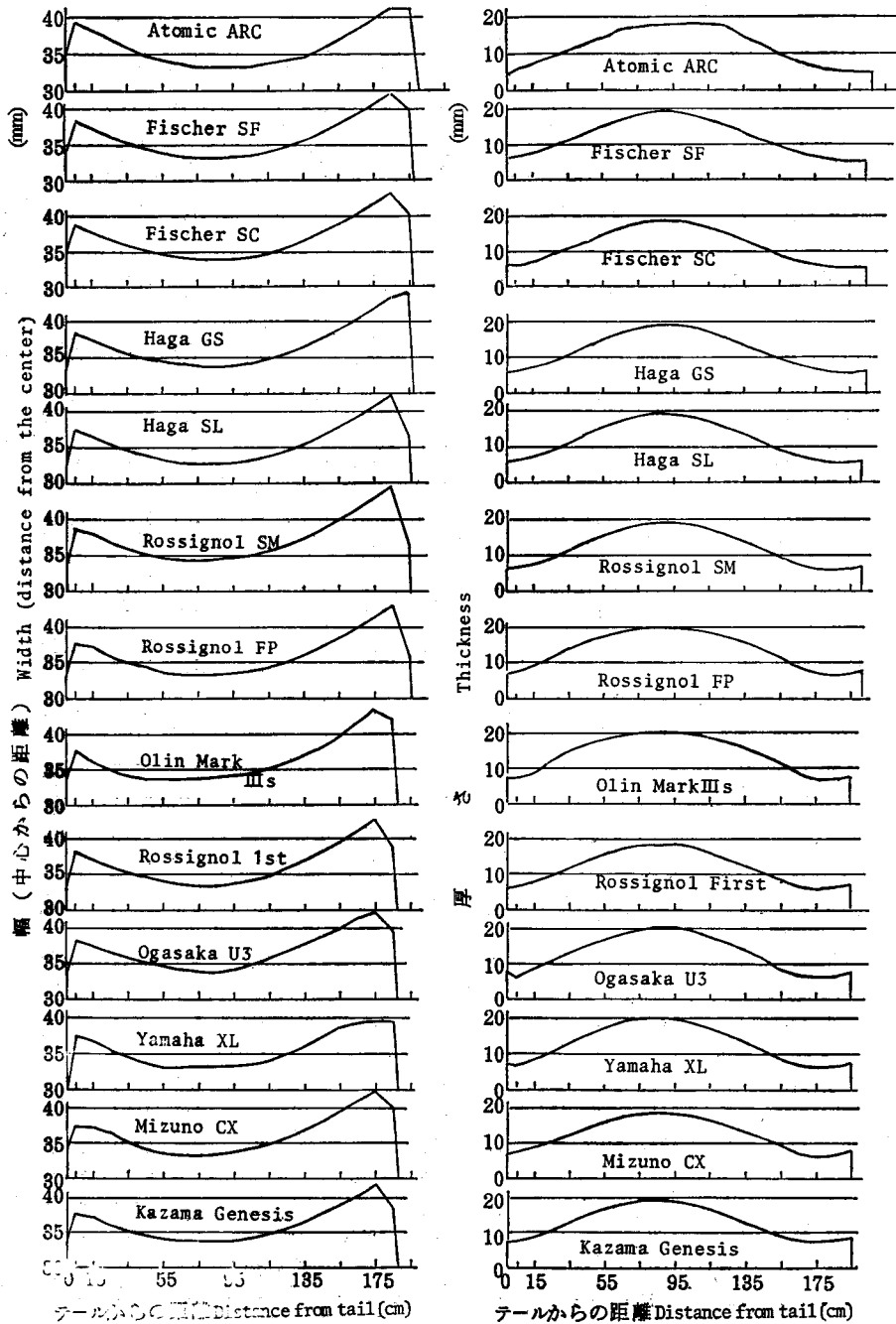


Fig. 19. Shapes and dimensions of skis (width and thickness).

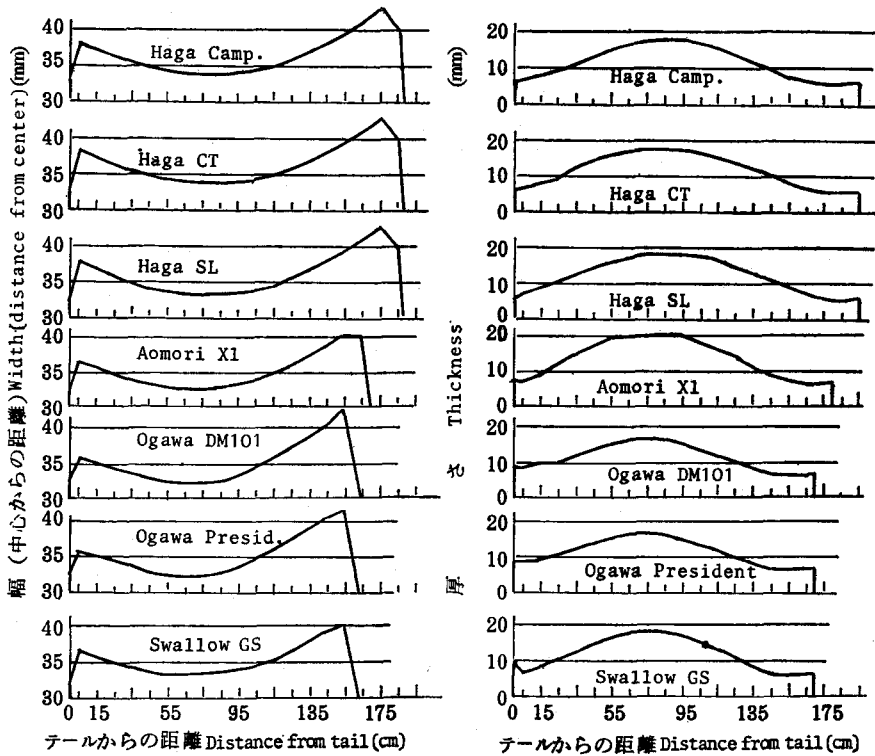


図-19 (続 き)

Fig. 19. (Continued)

曲率のスパン内分布は図-21に示すとおりで、アトミックは中央部付近で円弧を描き、両支点近くよりやや内側で最大曲率を示した。フィッシャーはSF, SCともに両端に近づくとつれて曲率が大きくなって行くような弧を描き、ハガGSもこの型である。ロシニョールはSM, FPともにテール付近でやや曲り方が大であるが、ほかは円弧の一部を画いてたわむ。ハガSLもこの型である。この曲率の変化は図-22に示す曲げ剛性の分布とも関係ある。中央部の曲げ剛性は両フィッシャーおよびハガGSにおいて最も大きく、ついでアトミック、ハガSLで、ロシニョールは両種類とも小さい。両端に向ってのその値の低下の傾向にもスキーによる特色がみられる。

各測定位置における見かけのヤング係数は図-23に示すとおりで、アトミックは全体にわたって  $\bar{E}=300 \text{ t/cm}^2$  という大きな値ではほぼ一定値である。フィッシャーは両種類ともに両端部で  $300 \text{ t/cm}^2$  近い値であるが、中央部は  $260 \text{ t/cm}^2$  程度の値である。ハガの2種類はともに両端部の値が若干小であるが、全体的に  $260\sim 270 \text{ t/cm}^2$  のほぼ一定した値を保っている。ロシニョールSMは両端部250、中央部で  $200 \text{ t/cm}^2$  程度であり、同FPはこれよりさらに値は小で、全体的に  $150\sim 170 \text{ t/cm}^2$  程度の値である。これは外層にメタルを用いていない。ヤング係数が高い方がよいかどうかは一概にいえないが、中立軸の位置と同様、その値にあまり大きな変化

表-3 スキーの  
 Table 3. Mechanical

スキー名 公称長さ (cm)	曲 げ 特 性								
	中心バ ネ定数 $C_M$	たわみ $\delta_{30}$	前1/2 バネ定数 $C_B$	後1/2 バネ定数 $C_A$	バランス $B$	前1/3 バネ定数 $C_S$	後1/3 バネ定数 $C_R$	シヨルダ 一部剛性 $S$	
	(N/cm)	(mm)	(N/cm)			(N/cm)		(Nm/cm)	
Atomic ARC 207	1	45.0	65	20.7	20.1	0.973	29.3	40.3	112
	2	44.5	66	19.9	20.3	1.021	29.3	39.4	119
Fischer SF 205	1	49.1	60	20.5	22.1	1.079	29.8	44.5	110
	2	49.0	60	20.6	22.8	1.109	28.2	45.5	103
Fischer SC 205	1	46.7	63	20.6	22.2	1.075	27.4	41.1	99
	2	46.5	63	19.9	21.3	1.069	26.2	39.4	96
Haga Compe GS 205	1	47.0	63	20.9	20.7	0.989	27.8	38.0	97
	2	48.0	61	20.0	21.1	1.054	27.4	40.2	107
Haga Compe SL 203	1	50.1	59	21.7	22.4	1.034	32.7	41.1	109
	2	49.5	59	21.2	22.0	1.037	33.4	41.3	117
Rossignol SM 203	1	43.3	68	18.9	19.2	1.015	32.7	38.8	138
	2	43.7	67	19.1	19.1	1.005	32.6	39.6	131
Rossignol FP 203	1	43.6	67	18.8	19.3	1.023	34.9	43.8	119
	2	43.6	67	19.0	19.6	1.033	33.9	43.9	109
Olin Mark III s 197	1	43.9	67	19.0	18.3	0.963	38.6	36.8	59
	2	44.1	67	19.6	18.6	0.947	37.0	36.3	59
Rossignol First 195	1	46.9	63	20.1	20.7	1.032	34.8	44.1	114
	2	48.9	60	20.4	21.3	1.043	35.7	48.4	115
Ogasaka U3 195	1	43.6	67	19.3	19.3	1.000	26.9	38.2	71
	2	43.0	68	19.0	18.8	0.987	26.8	38.6	66
Yamaha XL 195	1	39.2	74	16.8	18.5	1.104	25.1	36.2	87
	2	40.5	73	17.2	18.8	1.096	25.1	36.8	89
Mizuno CX 195	1	39.1	75	16.5	17.7	1.068	30.1	40.4	96
	2	39.1	75	16.7	17.8	1.068	29.4	40.3	102
Kazama Genesis 195	1	44.0	66	17.8	21.7	1.221	30.9	48.4	163
	2	44.3	66	18.4	21.3	1.156	30.4	48.4	163
Haga Campanela 195	1	41.8	70	18.0	18.8	1.048	27.3	39.5	94
	2	42.0	70	18.2	18.8	1.035	28.5	40.3	101
Haga CT 195	1	45.1	65	20.1	18.7	0.927	33.6	41.1	83
	2	45.8	64	20.3	19.9	0.980	33.4	42.1	84
Haga SL 195	1	45.9	64	20.0	20.9	1.043	36.0	48.4	103
	2	46.8	62	20.2	20.8	1.028	37.1	49.5	109
Aomori X-1 180	1	39.9	74	16.3	17.3	1.062	32.6	42.7	109
	2	39.8	74	16.6	17.2	1.035	31.6	44.4	114
Ogawa DM101 170	1	42.7	69	18.6	18.8	1.010	34.3	44.0	89
	2	42.5	69	18.5	19.0	1.029	33.3	43.9	89
Ogawa President 170	1	43.8	67	18.8	18.8	1.000	37.5	47.4	93
	2	43.0	68	18.9	17.9	0.948	38.9	47.9	92
Swallow GS 170	1	42.6	69	18.4	17.9	0.970	37.5	46.8	86
	2	43.0	68	18.8	18.1	0.963	38.1	45.1	90

Marks are represented in summary.

力学的性質  
properties of skis

振り特性		ヤング係数		剪断弾性係数		振動特性			質量および慣性モーメント		
前1/2 $C_{FS}$	後1/2 $C_{FR}$	全体 $E$	シヨルダニ部 $E_S$	前1/2 $G_S$	後1/2 $G_R$	半減期 $T_{1/2}$	周期 $T$	振動数 $f$	質量 $m$	周期 $T_I$	慣性モーメント $I$
(Nm/deg)		(t/cm <sup>2</sup> )		(t/cm <sup>2</sup> )		(sec)	(10 <sup>-2</sup> sec)	(Hertz)	(kg)	(sec)	(kgm <sup>2</sup> )
2.35	2.25	365	273	68.7	69.9	1.4	7.8	12.8	2.12	22.9	0.690
2.41	2.26	360	325	74.6	70.0	1.4	7.9	12.7	2.12	22.8	0.684
3.05	3.07	293	212	68.9	67.8	1.6	7.8	12.8	2.04	23.0	0.670
2.94	3.25	304	227	73.4	67.5	1.5	7.9	12.7	2.03	23.2	0.678
2.77	3.00	302	277	79.5	66.9	1.5	7.9	12.7	2.01	22.7	0.643
2.74	2.94	295	224	70.8	66.1	1.7	8.0	12.5	2.01	23.0	
2.67	2.65	273	214	64.7	51.6	1.8	7.9	12.7	2.00	23.5	0.685
2.78	2.82	279	224	65.4	55.6	1.7	7.8	12.8	1.96	23.6	0.660
2.79	2.87	290	222	65.0	58.6	1.5	7.5	13.3	1.92	22.7	0.614
2.84	2.73	296	232	66.3	58.5	1.6	7.6	13.2	1.94	22.4	0.604
2.87	2.71	261	245	63.3	57.8	1.5	7.9	12.7	2.08	23.2	0.695
2.87	2.74	262	260	66.5	57.9	1.7	7.8	12.8	2.08	22.5	0.653
2.33	2.22	214	135	37.4	36.4	1.4	7.9	12.7	2.00	22.4	0.623
2.03	2.30	215	121	36.6	37.9	1.6	8.0	12.5	1.99	22.1	0.603
1.41	1.16	190	70	22.2	17.3	0.8	8.4	11.9	2.06	21.9	0.613
1.41	1.16	191	66	21.6	18.2	0.9	8.3	12.0	2.02	21.8	0.596
2.72	2.85	264	222	62.4	58.9	1.7	7.9	12.7	1.94	21.3	0.547
2.85	3.10	277	237	67.7	62.6	1.4	7.8	12.8	1.96	21.3	0.552
1.15	1.20	195	120	21.6	23.8	0.9	7.7	13.0	1.89	21.4	0.537
1.12	1.18	195	109	20.9	23.7	1.0	7.6	13.2	1.90	20.8	0.510
1.33	1.47	175	138	24.3	26.1	1.0	9.0	11.1	2.01	21.3	0.566
1.34	1.48	185	148	25.7	28.0	1.2	8.9	11.2	2.05	21.0	0.561
1.04	1.12	209	154	21.6	18.1	1.2	8.2	12.2	1.77	21.3	0.498
1.09	1.15	210	167	22.9	18.8	1.3	8.2	12.2	1.77	21.3	0.498
1.37	1.70	194	139	18.7	24.1	1.6	8.3	12.0	2.02	22.4	0.629
1.38	1.70	190	131	18.1	23.4	1.6	8.3	12.0	2.02	21.8	0.596
1.91	2.16	243	161	41.6	44.6	1.5	8.4	11.9	1.91	21.1	0.528
1.96	2.20	245	168	42.2	44.6	1.7	8.4	11.9	1.91	21.7	0.558
2.36	2.44	272	166	57.6	47.1	1.7	8.1	12.3	1.91	22.0	0.574
2.48	1.94	275	177	62.1	36.4	1.7	8.2	12.2	1.87	22.3	0.577
1.14	1.25	244	161	22.9	21.7	1.5	7.7	13.0	1.93	20.6	0.508
1.21	1.26	252	174	25.0	22.6	1.5	7.7	13.0	1.91	21.0	0.523
1.02	1.06	121	109	12.8	14.1	1.3	7.7	13.0	1.47	18.5	0.312
1.01	0.98	120	114	12.8	13.8	1.5	7.7	13.0	1.45	18.8	0.318
0.79	0.88	158	110	13.4	10.2	1.5	7.7	13.0	1.35	18.7	0.299
0.80	0.92	158	103	13.3	11.3	1.3	7.7	13.0	1.34	18.0	0.269
1.18	1.22	157	97	18.2	14.6	1.2	7.2	13.9	1.29	19.0	0.289
1.16	1.22	161	100	18.7	14.7	1.1	7.2	13.9	1.31	18.7	0.284
1.02	1.08	143	154	18.8	16.3	1.2	7.2	13.9	1.43	18.4	0.300
1.04	1.05	145	146	18.3	17.0	1.1	7.1	14.1	1.42	19.3	0.328

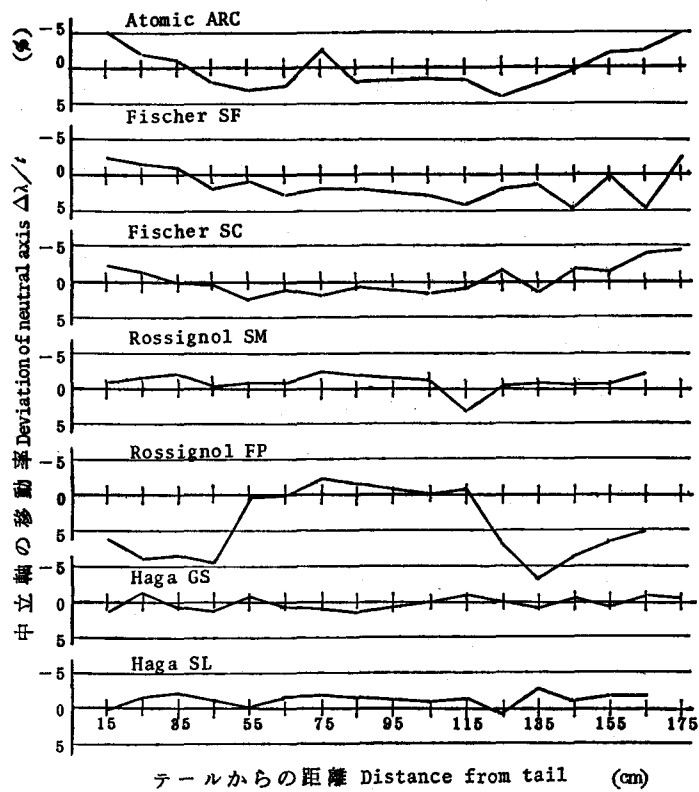


図-20 中立軸の移動率

Fig. 20. Deviation of neutral axis from the center of ski thickness.

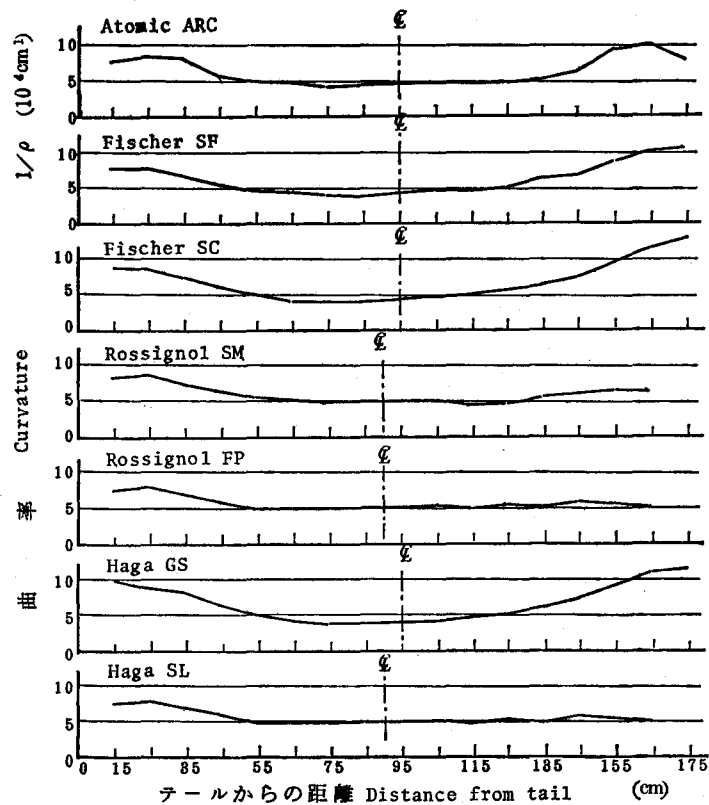


図-21 曲率のスペン内分布 (中央集中荷重 10 kg 時)

Fig. 21. Variations of curvatures with respect to distance from tail when 10 kg load was applied at mid-span.

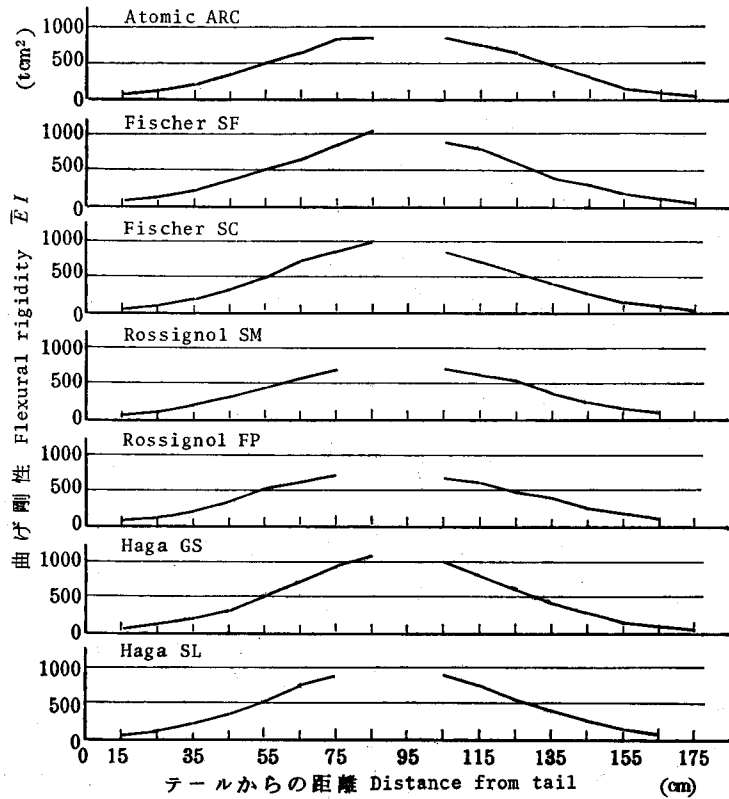


図-22 曲げ剛性のスパン内分布  
 Fig. 22. Variations of flexural rigidities.

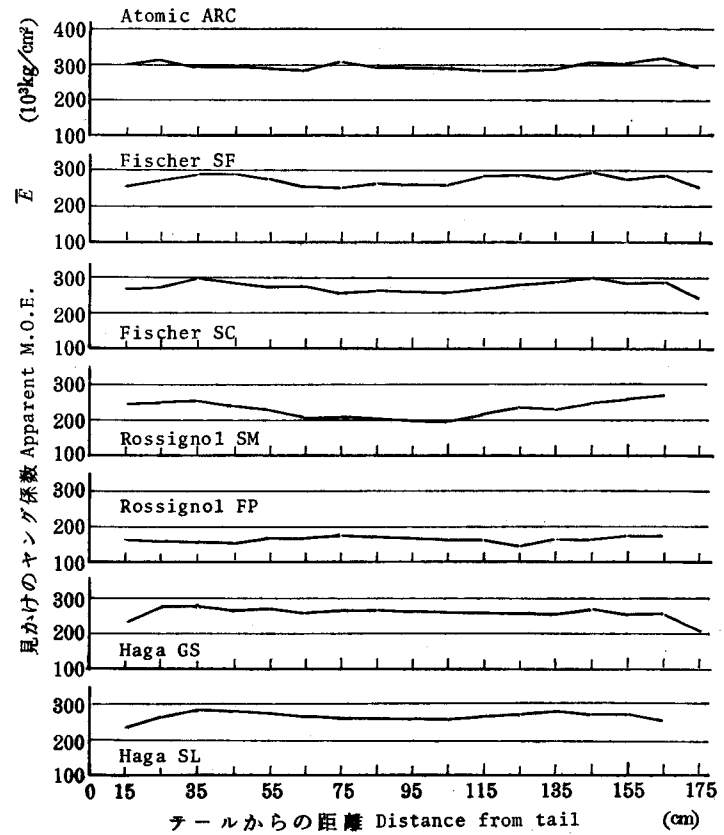


図-23 見かけのヤング係数のスパン内分布  
 Fig. 23. Variations of apparent moduli of elasticity.

がないものが好ましいといえよう。

#### 4.2.2 振り性能

表-3に振り特性として示すのは前・後1/2部の振りバネ定数といわれるもので、1度振るのに要するトルク(Nm)で表わされている。前回は中央集中荷重の曲げ試験のスパンを4分割して、それぞれの区間での振り率(rad/kg cm·cm)で表わしたので、これを今回の方法による値に換算して比較するとつぎのようになる。

前回振り剛性が最大であったミズノ・メタル 200 cm は前半 5.2 (Nm/deg-以下単位省略)、後半 4.5 で、これは今回のスキーにおいて最大であったロシニョール・ファーストの後半の 3.10 よりかなり大である。前回の他のメタルスキーは 3.3~4.8 程度で、いずれも今回の調査値より大きい。また前回の FRP スキーは 1.7~2.6 程度で、今回の競技用スキーより若干振り剛性は小であった。前回、振り剛性が最小であったエアパッハ FRP 195 cm は 1.1~1.3 で、今回のミズノ CX, ハガ SL 他初級者用スキーとはほぼ同様の値である。このように、振り剛性も曲げ剛性同様に 10 年余で、かなり小さくなった、といえる。また、今回のスキーは振り剛性において、競技用>一般用>初級者用という関係が明確にみられる。

この振り剛性試験から求めた見かけのせん断弾性係数はロシニョール FP を除く競技用スキーの 6 台がいずれも大で、52~79 t/cm<sup>2</sup> である。ロシニョール FP は曲げ剛性試験で求めた中立軸の位置が特異であり、見かけのヤング係数も小であったが、このせん断弾性係数も競技用スキーの中で唯一その値が小さく、36~38 t/cm<sup>2</sup> である。一般用スキーのなかではロシニョール・ファーストの値が大きく、59~68 t/cm<sup>2</sup> である。ハガ CT は前・後半部分の差が大きい。初級者用スキーの値はいずれも小さく、10~19 t/cm<sup>2</sup> である。前回の測定結果ではメタルスキーが 45~125 t/cm<sup>2</sup> という極めて広い範囲にあり、FRP スキーは 12~24 t/cm<sup>2</sup> であった。また合板スキーは 10~15 t/cm<sup>2</sup> で、今回の初級者用スキーの低い方に相当する。このせん断弾性係数は使用材料の構成方法によってきまるもので、メタル(アルミニウム合金、 $E=720$  t/cm<sup>2</sup>,  $G=270$  t/cm)を使用したものの  $G$  が大きい。

以上述べた曲げおよび振り剛性試験結果から曲げにおける中心バネ定数  $C_M$  と振りバネ定数の前・後半部の平均値  $(C_{rs}+C_{rn})/2$  の関係を求めると 図-24 に示すようになる。

この図において、競技用スキーは曲げ剛性、振り剛性ともに大きく、初級者用はその両者が小さく製作されていることがわかる。また一般用スキーには競技用に近いものから、初級者用に近いものまで、その性能は広い範囲に分布している。

#### 4.2.3. 振動特性および慣性モーメント

振動特性のうち、半減期ではオーリンおよびオガサカが若干小さい値であるが、他のものにはあまり差がない。周期および振動数においても特に大きな差は認められない。

慣性モーメント試験においてスキーを横方向に回転振動させたときの周期 ( $T_I$ ) は競技用および一般用スキーにおいてほとんど差がないが、初級者用において 10~20% 程度小である。

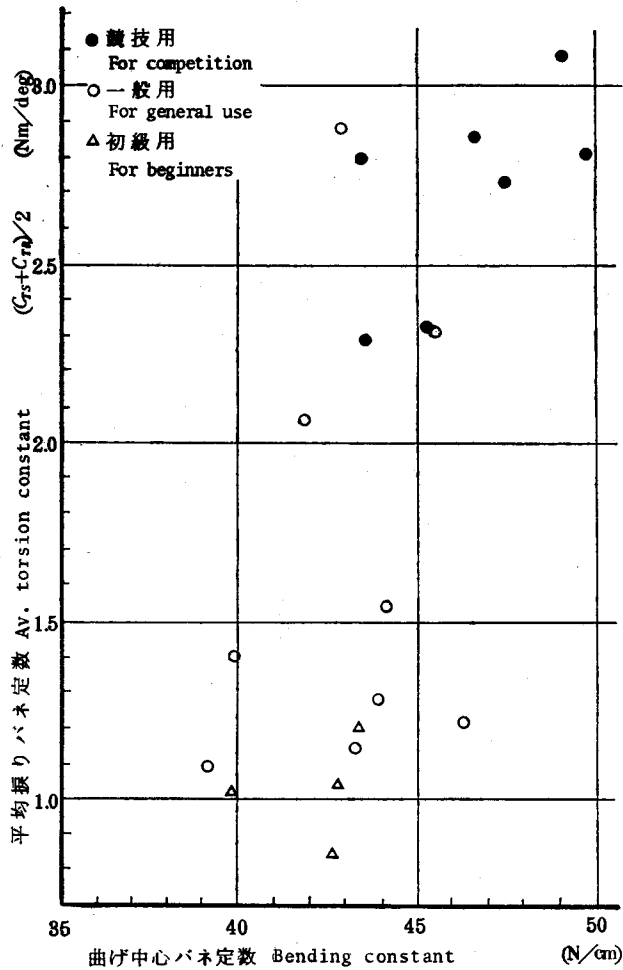


図-24 曲げバネ定数と振りバネ定数との関係

Fig. 24. Relation between bending and torsion constants.

この性能は回転性能に関係すると考えられるが、どの程度が適切であるかは判断できない。慣性モーメントにおいては明らかに競技用>一般用>初級者用という傾向がみられる。

これらの性能に関しては前回測定していないので、それらの変化はわからない。

#### 4.2.4 重量

表-3の終りから3番目の欄に質量として記載されている。前回の調査において200~205 cmのスキーでは(重量kg)/(長さm)は0.96~1.20であったが、今回の203~205 cmのものでは0.95~1.02で、軽い方はほぼ同じであるが、重いものがなくなり、平均値は若干軽くなって、ほぼ長さ1 mにつき1 kgと考えてよい。これは今回の195 cmの一般用スキーについても同様である。初級者用はいずれも軽く、1 mにつき0.76~0.84 kgである。

## 4.2.6 曲げ強さ

曲げ破壊試験の結果を表-4に示す。またこの表における破壊形態の表示は図-25に示すとおりである。

これは図-16に示したように、スキーとして一般的に最も曲げ破壊の起りやすい位置で試験を行ったものである。試験方法で述べたように、曲げ剛性のほぼ同一位置を選択して、スパン250 mmの中央集中荷重により試験を行ったもので、表に記載の各種の荷重ならびに最大たわみの数字で直接スキーの曲げ破壊試験における性能を評価できる。

まず、比例限荷重  $P_P$  は競技用スキー7種類およびロシニョール・ファーストが大きく、360 kg以上である。これにつぐのが一般用のオガサカ、ハガ・カンパネラ、同CTおよびSLである。とくに低いのがオーリンとカザマであるが、これらはともに2次の比例域が長く、最初の比例限荷重を記載したため、このような数値となった。変形荷重  $F_D$  (図-18参照) は初級者用

表-4 スキーの曲げ破壊試験結果

Table 4. Results of bending fracture test for skis

スキー名 Name of Skis	公称長さ $l_N$ (cm)	テール荷重点 間距離 (mm)	比例限荷重 $P_P$ (kg)	変形荷重 $F_D$ (kg)	破壊荷重 $F_B$ (kg)	最大たわみ $f_{max}$ (mm)	破壊形態 Type of Failure*
Atomic ARC	207	1623	380	500	710	33.0	S+C2
Fischer SF	205	1618	375	485	585	24.5	T1
Fischer SC	205	1606	390	485	590	25.8	T1
Haga Compe GS	205	1618	360	465	490	19.0	C2
Haga Compe SL	203	1605	390	510	570	21.0	C2
Rossignol SM	203	1602	400	520	730	34.8	S+C2
Rossignol FP	203	1622	365	—	540	18.3	C1 脆性
Olin Mark IIIs	197	1580	185	560	770	32.5	S 長い2次比例域
Rossignol First	195	1533	385	505	750	38.0	S+C2
Ogasaka U3	195	1521	315	570	740	33.8	C1+T1
Yamaha XL	195	1485	255	500	790	35.3	S+C2
Mizuno CX	195	1487	250	430	545	20.8	C1
Kazama Genesis	195	1484	185	500	830	33.0	C1+T1 長い2次比例域
Haga Campanela	195	1478	290	485	500	16.3	C2
Haga CT	195	1517	320	510	650	25.0	C1
Haga SL	195	1539	290	530	880	38.0	C1+T1
Aomori X-1	180	1336	250	455	605	25.0	T2 脆性
Ogawa DM 101	170	1208	220	365	565	27.8	T1~T2
Ogawa President	170	1241	215	325	475	20.8	C1
Swallow GS	170	1253	210	425	645	26.0	C1

(Remarks)  $l_N$ : nominal length of ski, next: distance between loaded point and tail,  $P_P$ : load at proportional limit,  $F_D$ : shown in fig. 18,  $F_B$ : load at the time fracture occurred,  $f_{max}$ : maximum deflection

\* shown in fig. 19.

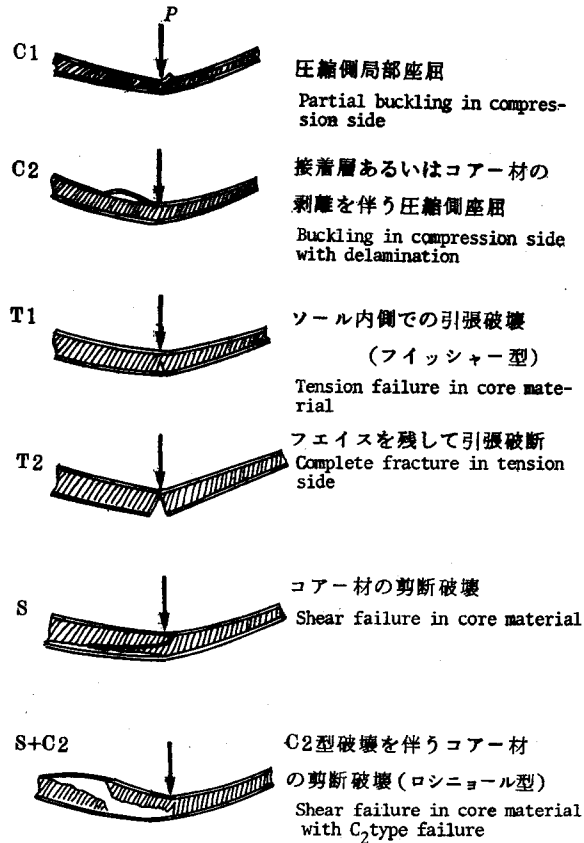


図-25 曲げ破壊形態

Fig. 25. Types of failure in bending test.

スキーには数値の小さいものがあるが、競技用と一般用にはあまり大きな差はみられない。破壊荷重  $F_B$  はハガ SL が最大で、880 kg、ついでカザマ 830 kg、ヤマハ 790 kg で、一般用に競技用より大きいものがあった。現在、競技用は競技ごとに新品に代えるという消耗品として扱われているので、曲げ破壊強さをほとんど問題にしていらないと思われる。最小はオガワ・プレジデントの 475 kg であるが、スパン中央部の断面にもとづき曲げ強さを求めると  $1,937 \text{ kg/cm}^2$  となり、無欠点木材の 3 倍近い値である。また最大値を示したハガ SL では  $4,850 \text{ kg/cm}^2$  という非常に大きな値で、滑走面の FRP、メタル、スチールエッジ (1 本もののみ) などがこの強さに大きく影響している。本試験の場合、カットエッジを用いているのはオーリン、オガサカおよびヤマハの 3 種類であるが、これらはすべて破壊荷重が大きく、740~790 kg であった。これにより引張り強さのすぐれた材料を滑走面側に使用していることがわかる。

破壊までのたわみ量  $f_{\max}$  の大きなものが粘りがあるといえる。その最も大きなものはロシニョール・ファースト、ハガ SL の 2 種で 38 mm、これらにつぐのがヤマハ、ロシニョール SM、オガサカ、アトミック、カザマおよびオーリンで、32~35 mm であった。この値の小さか

ったのがロシニョール FP, ハガ・コンペ GS, 同カンパネラで16~19 mmであった。

破壊形態にはコア材の性能がよく表われている。図-25に示すC1型およびC2型は上面の表面材とコア材との接着力が面材の座屈を防止できなかったもので、破壊後の形状はあまり気にならない。破壊荷重は475~570 kgで、小~中の範囲にあり、外層が金属、コアが木材のものに多い。T1型は滑走面の引張り強さが優れているもので、曲げモーメントにより面材より先にコア材が破壊する形態である。この型の破壊をしたものの強さは比較的大で、中~やや大きい方に入っている。T2型は滑走面の材料とコア材の両者とも引張り強さが強くないものを使用したものに生ずる破壊形態で、エッジが切断すると同時に上面の材料のみを残して完全に破壊する。フォームコアのインジェクション方式のものにみられる。破壊荷重700 kg以上の強度の大であったスキーはいずれもC1+T1型またはS+C2型の複合型の破壊をした。外層に金属、コアにプラスチックを用いたスキーはいずれもS+C2型で、コアのせん断破壊によった。急激に大きな破損を生ずるものがあり、破壊後の形状は惨憺たるものである。これに対し、外層に金属、コアに木材を使用したハガの2種類は接着層の剝離を伴う表面金属の座屈による破壊で、C2型であった。同様の構成であるフィッシャー2種類はT1型の粘り

表-5 実走テスト

Table 5. Results of

項目 Item	スキー名 公称長さ (cm) Name of skis Nominal size (cm)		Rosignol First 195	Mizuno CX Mark II 195	Yamaha Paramount 195 XL	Atomic ARC RS 207	Ogasaka Unity 3S 195
	回転性	1. 回転はしやすいか?	3.31	3.45	2.92	3.09	3.55
操作性	2. 回転後半の弧の維持はできるか?	2.92	3.18	3.25	3.79	3.36	
	3. 狙いどおりの方向に正確に回れるか?	3.00	3.09	2.92	3.54	3.36	
エッジ効果	4. 軽く振り廻わせるか?	3.38	3.35	3.27	3.25	3.82	
	5. エッジはよく効くか?	3.31	3.14	3.67	3.90	8.82	
安定性	6. 横滑りはしやすいか?	3.42	3.09	3.08	3.15	3.73	
	7. 先がキョロキョロするか?	2.92	2.91	3.17	3.60	3.27	
反発性	8. 安定感があったか?	2.92	2.91	3.00	3.42	3.27	
	9. アイスバーンで安定するか?				2.67		
	10. 返りの速さはどうか?	3.08	2.91	3.17	3.67	3.27	
	11. 深雪で扱いやすいか?	4.00	3.00	4.00	2.50	3.00	

(Remarks) 1-3: Performance for turning (1. Was it easy to turn? 2. Could you keep completely an arc? 3. Could you turn exactly to the decided direction?) 4: The other performance (Could you freely handle?) 5: Effect of edges (Did the edges have an effect to turn or stop?) 6: Sliding performance (Could you easily slide

ある破壊をした。このように破壊形態には構成材料と接着剤の性能がよく表われている。

### 4.3 実走テスト

20台の供試スキーのうち、初級者用の3台を除く17台について表面を塗装し、スキー名を見えないようにして、26名の指導員以上の技術をもつスキーヤーに1台につき約10名前後の実走テストをしてもらい、表-5に示すような項目で最高点5から最低点1までの実感テストをしてもらった。その評価の個人差が大きく、またスキー表面を塗装してもスキー名が分るということもあって、これらの評価に対する判断は非常にむずかしい。各スキーヤーによる評価のスキーごとの平均値を表-5に掲げた。

これらの数値を総括していえることは、評価は初級者用が最も低く、ついで一般用、競技用と高くなり、競技用のなかでは輸入スキーへ評価がさらに高いということである。例えばロシニョールFPは力学的性能からいえば、その材料構成が特異なため中立軸の移動が全く特異で、また見かけのヤング係数が他より小で、かつ曲げ破壊試験では粘りがなく、強度も低かったが、スキーヤーの評価は非常に高い。このようにスキーの力学的性質とスキーヤーの評価との間の関係は全く分らない。

結果 (総括)  
practical test\*

	180	195	205	205	203	205	195	195	203	203	195	195
Aomori Blue Morris X-1												
Olin Mark III's												
Fischer RC 4 RS												
Fischer RC 4 SL												
Rosignol SM Compe												
Haga Compe GS												
Haga Campanella												
Haga Devil Wing CT												
Haga Compe SL												
Rosignol FP Compe SL												
Kazama Genesis												
Haga Devil Wing SL												
	2.50	3.33	3.56	3.80	4.39	4.13	2.71	3.22	4.14	4.50	3.77	3.73
	2.00	3.42	3.56	3.70	4.33	4.13	2.57	2.89	3.43	4.44	3.46	3.73
	3.00	3.58	3.77	3.55	4.22	4.00	2.86	3.11	3.79	4.44	3.62	3.45
	3.00	3.25	3.33	3.90	3.89	4.06	3.00	3.67	4.14	3.67	3.85	3.82
	2.00	3.42	4.00	3.95	3.83	3.25	2.57	3.11	3.58	4.22	3.27	3.82
	4.00	3.83	3.11	3.55	3.67	3.71	2.86	3.11	3.79	2.56	3.62	3.27
	2.00	2.80	3.89	3.90	3.67	3.63	3.00	2.75	3.17	4.33	3.23	3.30
	2.00	3.58	4.00	3.25	3.78	3.88	3.00	3.33	3.43	4.38	3.00	3.73
			3.67	2.50	3.17	3.50			3.00	4.50	4.00	
	2.50	3.17	3.63	3.67	3.78	3.64	2.71	2.78	3.29	4.00	3.46	3.30
	1.00	4.00	3.50	3.50	3.50	3.00	5.00	3.00		5.00	3.50	3.00

to the side direction?) 7-9: Stability (7. Stability of tip of ski, 8. General stability, 9. On an iced slope) 10: Recovery after bending (Returned back quickly?) 11: (Could you easily handle in deep snow?)

\* Average evaluation for feeling test by about 10 skiers for each ski.

## 5. 結 言

1982年型の競技用(非市販品)7台、一般用9台および初級者用4台の合計20台のスキーについて、国際標準化機構の試験規格により、形状および非破壊試験による力学的性質の測定を行い、さらに実走テストの後、曲げ破壊試験を行った。

これらの結果のうち、前報の結果と比較できるものを中心にまとめると、つぎのようになる。

1) メタルスキーにおいては前回の場合とスキーの寸法があまり変わらないものがあるが、一般に細く、薄くなっている。すなわち、ウエストでの幅は66~73 mmが65~68 mmに、厚さは20~26 mmが18~19 mmに減じている。

2) 中央集中荷重による30 kg 負荷時のたわみを今回のスパンに換算して比較すると、前回の大回転用46~47 mm、回転用49~58 mmが、今回はそれぞれ61~68 および59~67 mm となり、たわみは10~15 mm 増し、曲げ剛性は13~25% 低下している。一般用スキーは54~62 mm が62~75 mm となり、8~13 mm の増加で、曲げ剛性は13~17% の減少である。

3) 振り剛性も10年余でかなり小さくなった。

4) 曲げ剛性と振り剛性の両方についてみると、それらはともに競技用が最も大で、ついで一般用、初級用という順になり、それらの数値は前回の値より減じているが、傾向は同じである。

5) 見かけのヤング係数およびせん断弾性係数は競技用および一般用スキーにおいて前回より大きくなっている。

6) 中央集中荷重の曲げ試験における中立軸の位置に関し、ロシニョールFPは非常に特異であった。これは材料構成に起因するものである。

7) スキーの重量に関しては前回のものの軽い方に近づいたという感じで、とくに重いものがなくなった。

8) 曲げ破壊試験においては構成材料と接着剤の性能がよく現われた。外層がメタルか良質のFRPで、コアが木材で、かつ接着が十分な場合には粘りがあり、強度高く、破壊形態もはげしくなかった。これに対し、コアにプラスチックを使用したものは、コアにおいてせん断破壊が大きく生じた。また、コアに注入プラスチック方式を用い、滑走面の材料があまり良質でない場合はエッジの切断とともに、上面材のみを残し、完全な引張り破壊をした。

9) 実走テストの結果は初級者用、一般用、競技用の順で評価は高くなった。また競技用の中では輸入スキーの評価が高かった。しかし、スキーの力学的性質との関係は明らかでない。

## 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) 沢田 稔・宮島 寛・上田恒司・工藤 修：同上 (第2報), 市販スキーの曲げおよび振り性能. 北大演報, 27-1, 91-112, 1970.

## Summary

The dimensions, mechanical properties by non-destructive tests and bedding strength for 20 pairs of 1982-type skis consisting of seven ones for competition (not on market), nine for general use and four for beginners were investigated according to ISO/DIS. Prior to bending fracture test for the skis, also practical exercises on slopes with snow were done by ski-instructors using 17 pairs of them. Some properties obtained were compared with those in the previous paper, in which flexural and torsion properties for skis in 1967 to 1969 were investigated. The results obtained are summarized as follows:

1) The thicknesses and widths at the waist point of the skis in 1982 were 18~19 mm and 65~68 mm while those in the previous paper were 20~26 mm and 66~73 mm, respectively.

2) Comparing the skis in 1982 with those in the previous paper, the mid-span deflections obtained by center loading (30 kg) increased from 46~47 to 61~68 mm in the skis for giant slalom competition and being from 49~58 to 59~67 mm in those for slalom competition. Also the deflections of the skis in 1982 for general use increased from 54~62 mm to 62~75 mm comparing with those in more than 10 years ago. The decreases in the flexural rigidities of skis are 13~25%.

3) The torsion rigidities of the skis in 1982 decreased similarly too.

4) Relation between the flexural rigidity and the torsion one for a ski is shown in figure 24. Both values are highest for the competition skis and followed for ones to be used generally. Those are lowest for beginners'skis.

5) Apparent moduli of elasticity and rigidity of the skis in 1982 increased slightly comparing with those in more than 10 years ago.

6) The locations of the neutral axis obtained by a center load bending using electric wire strain gages mounted on the top and bottom faces of a ski at 10 cm intervals were quite different in Rossignol FP ski as shown in figure 20, because the composition of metal and the other materials in it differed from the others.

7) The weights of the skis with the same length in 1982 are slightly lighter than those in more than 10 years ago. The average weight might be 1 kg per 1 m for skis having about 2 m in length.

8) The types of failure by bending fracture test showed characteristics of the materials composing skis. These are shown in figure 25, in which C1, C2 and T1 types occurred generally to the skis made of metal faces and wood core, T2 type being to ones having low quality bottom face and injected material core, and S and S+C2 types to ones with metal or high quality faces and plastic core.

9) The evaluations obtained from instructors' actual feeling were highest for the com-

petition skis, especially for the imported ones, followed for the skis to be used generally and lowest for the beginners' skis. The relations between some mechanical properties and the actual feeling were not clear.

### Explanation of the Marks Used in Table 3.

$C_M$ : Bending constant obtained from

$$C_M = F_M/f_M$$

where  $F_M$  is an applied load and  $f_M$  is a deflection shown in figure 4.

$\delta_{30}$ : Deflection in mm at the mid-span when 30 kg-load is applied.

$C_B$  and  $C_A$ : Bending constants for the front and rear halves of a ski, respectively. These are obtained from

$$C_A = F_A/f_A, C_B = F_B/f_B$$

where  $F_A$  and  $F_B$  are loads, and  $f_A$  and  $f_B$  are deflections shown in figure 7. And

$$B = C_A/C_B$$

$C_S$  and  $C_R$ : Bending constants for the front one-third part and the rear one of a ski, respectively. These are obtained from

$$C_S = F_S/f_S, C_R = F_R/f_R$$

where  $F_S$  and  $F_R$  are loads and  $f_S$  and  $f_R$  are deflections shown in figures 5 and 6.

$S$ : Bending constant for the shoulder part of a ski. This is obtained from

$$S = M_B/\delta_B$$

where  $M_B$  is bending moment at B (N·m) and  $\delta_B$  is deflection at B with a span of 15 cm shown in figure 8.

$C_{TS}$  and  $C_{TR}$ : Torsion constants for the front and rear halves of a ski, respectively. These are obtained from

$$C_T = M_T/\alpha$$

where  $M_T$  is torque (N·m) applied until the rotation angle reaches 5 degrees ( $\alpha$ ). The measuring methods and a schematic view of the apparatus are shown in figures 10 to 12.

$\bar{E}$ : Apparent modulus of elasticity obtained by a center load bending to a ski treated as a double tapered beam.

$\bar{E}_S$ : Apparent modulus of elasticity for the shoulder part of a ski.

$\bar{G}_S$  and  $\bar{G}_R$ : Apparent modulus of rigidity for the front and rear halves of a ski, respectively.

$T_{1/2}$ : A half-life obtained from a vibration test and shown in figures 13 and 14.

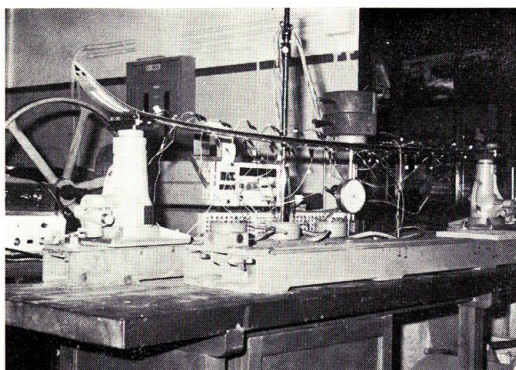
$T$ : A periodic time obtained from a vibration test.  $T = T_{30}/30$

$f$ : The frequency of vibration.  $f = 1/T$

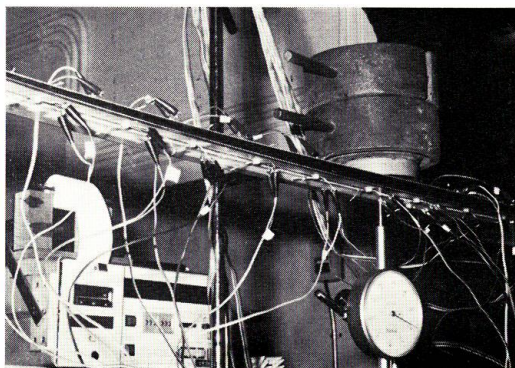
$m$ : Weight of a ski.

$T_I$ : A periodic time obtained from the test to get the moment of inertia shown in figure 15.

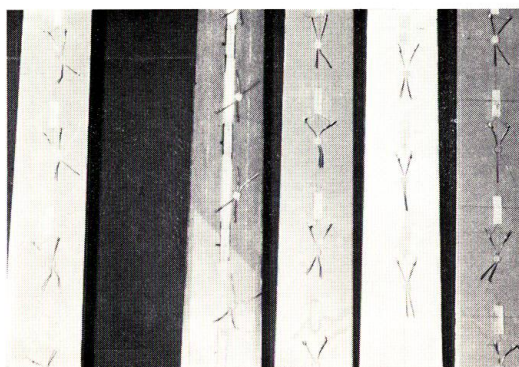
$I$ : Moment of inertia obtained from a horizontal vibration test for a ski suspended as shown in figure 15.  $I = (T/2\pi)^2 mg$  (kg·m<sup>2</sup>)



**Photo 1.** Measuring extrem fiber strains with electric wire strain gages mounted on the faces.



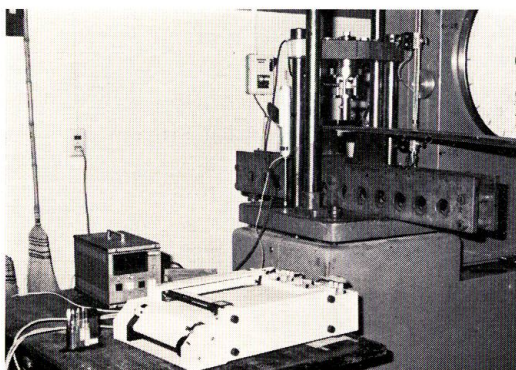
**Photo 2.** Details of Photo 1.



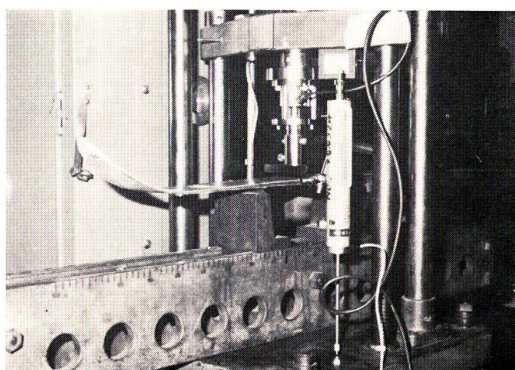
**Photo 3.** Strain gages mounted on the faces.



**Photo 4.** Method of determining the range to be used for bending fracture test within a span.



**Photo 5.** A general view of bending fracture test.



**Photo 6.** Details of Photo 5.

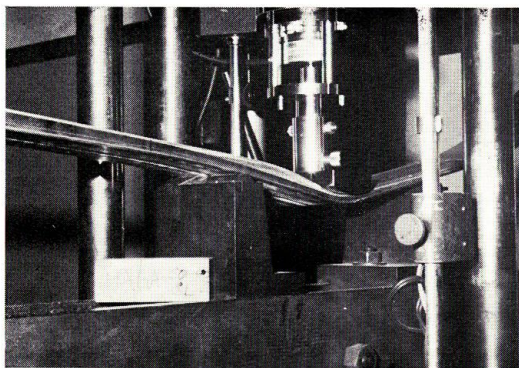


Photo 7. C2 type in bending failure.

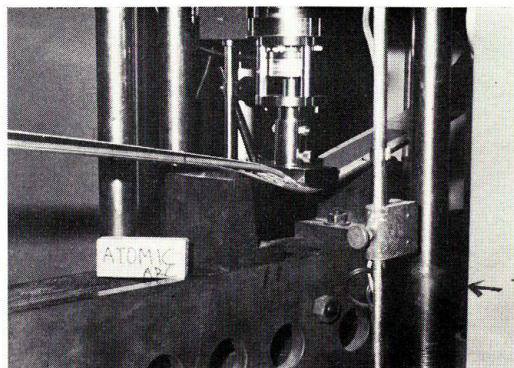


Photo 8. S+C2 type.

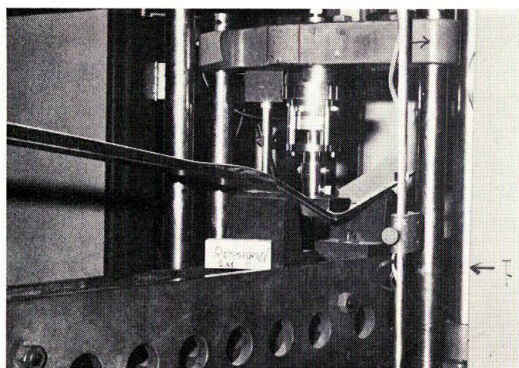


Photo 9. S+C2 type.

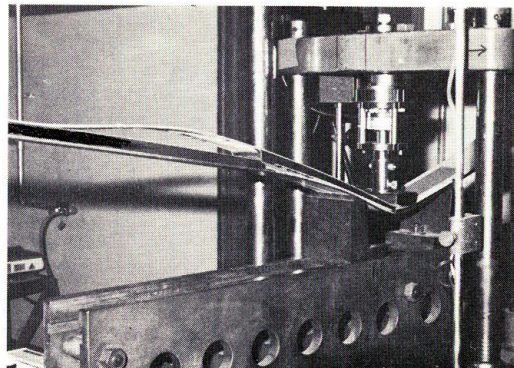


Photo 10. Typical S+C2 type.

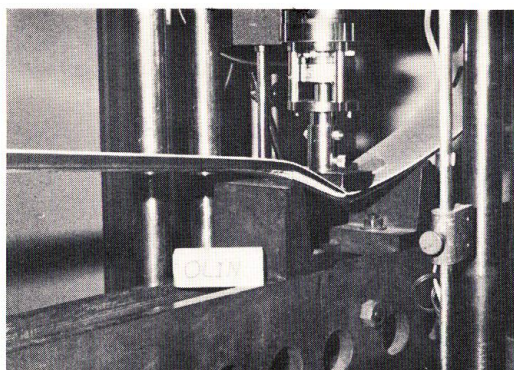


Photo 11. S type.