複合材料の疲労試験評価に関する研究

浦井　和彦*　　石井　啓貴*

The researchon fatigue testevaluation of the composite material

URAIKazuhiko　and　ISHII Hirotaka

抄　録

信頼性と高品質を備えた製品を開発する上で、その製品の品質や性能を評価するための試験方法や評価・基準・規格が必要になる。現在、ウインタースポーツのひとつに、複合材料を構成材とした製品、スノーボードがある。このスノーボードに関するこれらの試験・規格としてＩＳＯ／ＤＩＳ　１０９５８等があるが、しかし、その内容は金具、ブーツに関する規格であり、スノーボード本体の強度性能や疲労性能などの品質と信頼性に関する項目は含まれない。

本研究は、複合材料製品であるスノーボードについて、その疲労特性を検討するための試験方法と製品本体の疲労特性を評価するために、旧　ＪＩＳ　Ｓ　７０１９（アルペンスキー試験方法）を参考に、スノーボード用ねじり強度試験機を用いて、曲げ疲労試験やねじり疲労試験を実施した。

１．はじめに

スノーボードは、１９８０年代にアメリカから伝わったウインタースポーツであるが、日本での本格的な流行は、１９９０年代後半からである。現在、若者を中心に、スキーを凌ぐ冬のスポーツになった。

上越技術支援センターには、この複合材料製品であるスノーボードについて、県内外の製造メーカー、輸入代理店、商社などから依頼試験や技術相談がある。

現在、スノーボードの製品、品質性能に関する試験方法、規格としてＩＳＯがあります。しかし、その内容は、金具（ビンディング）の取り付けエリアやブーツ、ブーツプレートに関するもので、スノーボード本体の強度や特性を評価する試験方法ではない。

このため、当センターでは、スノーボードの強度試験・相談に対応するために、独自の試験方法を第２５回国際スキー科学技術研究会（1992）に発表した。その後、試験項目の追加や訂正を重ね、現在の方法になった。

当センターの「スノーボード試験方法」は、ボード本体の曲げ弾性や破壊強度、ねじり弾性等の強度的性能を測定する項目と温度等の環境変化に伴うボード本体の形状変化や滑走面の状態変化を調べる計測的な検査項目から構成されている。しかし、スキーの試験規格（旧 JIS　S 7019）に比べると、その内容は不十分である。

そこで本研究は、スノーボードの疲労特性の把握とその試験方法の確立を目的に、スキーを用い、ＪＩＳ　Ｓ　７０１９に準拠し、試験回数条件を１０倍の２０万回で曲げ疲労試験を行い、疲労特性を把握した。次に、スノーボード用ねじり強度試験機によるスキーの曲げ疲労試験を行い、疲労特性を把握した。その結果を参考に、スノーボード用ねじり試験機によるスノーボードの疲労試験（曲げ疲労、ねじり疲労）を実施したので、ここに報告する。

２．スノーボード試験方法の現状

スノーボードには、日本工業規格（ＪＩＳ）は無い。しかし、国際規格草案（ISO/DIS）でいくつかの試験規格が規定されている。また、当センターが提案した試験方法があるので、以下に記載する。

２．１　国際規格草案（ＩＳＯ／ＤＩＳ）

・ＩＳＯ／ＤＩＳ　１０９５８

＊上越技術支援センター

ビンディング取付けエリア
－要求事項および試験方法
・ＩＳＯ／ＤＩＳ　１１６３４
スノーボード用ブーツ
・ＩＳＯ／ＤＩＳ　１４７９０
スノーボード・プレート

２．２　スノーボード試験方法

第２５回国際スキー科学技術研究会（１９９２）で発表し、専門誌のスノーボード特集欄を通し、一般的なスノーボードの評価方法として業界に広まり、その後、試験項目の追加改訂し、現在に至る。

試験方法（一部省略）

１．接触長さとその求め方

接触長さとは、スノーボード本体を定盤に置き、０．５mmのすきまゲージを走らせて滑走面と相交わる箇所にできる二つの接触線間の長さのことをいう。

２．曲げ弾性試験

スノーボードの接触長さを支点間距離（スパン）とし、その中央を高さ方向の上から垂直に２０Ｎの予備荷重をかけ、さらに荷重３００Ｎになるまで２０mm／ｍｉｎ以下の速さで静かに荷重をかけて、その時のたわみ量を測定する。

３．ビス保持試験

・４×４ビス保持試験
・バートン社ボードのビス保持試験

４．ねじり強度試験

スノーボードの接触長さを支点間距離（スパン）とし、同一平面上に固定し、かつ、ねじり試験機の中心にスノーボード軸を合わせて装着し、ねじりトルクを静かに加えねじり角度を読みとる。

ねじり弾性は、次のように求める。

Ｃｔ＝Ｍ／α

Ｃｔ　：ねじりばね定数（Ｎ・ｍ／度）
Ｍ　：スノーボードに加えたねじりトルク（Ｎ・ｍ）
α　：ねじり角度（度）

５．曲げ破壊強度試験

６．温度特性試験

６－１　キャンバ高さ及び測定位置

スノーボードを定盤上に置いた状態でスノーボードの滑走面と定盤との間の隙間距離をキャンバ高さという。

キャンバ高さの測定点は、スノーボード接触長さの中心部（長さ方向及び幅方向）を測定する。

６－２　低温における形状変化について

アルペンスキー試験方法ＪＩＳ　Ｓ　７０１９－１９８２に準拠し、スノーボードの常温におけるキャンバ高さを測定した後これを低温（－２０℃）槽に２時間放置し、その時のキャンバ高さを測定し温度変化（単位温度あたり）によるキャンバ高さの変化量（mm／℃）を表した。

$$Ht = \frac{ht - h't'}{T - T'}$$

Ｈｔ：単位温度あたりのキャンバの変化量（mm／℃）
ｈｔ：常温におけるキャンバ高さ（mm）
ｈ’ｔ’：低温におけるキャンバ高さ(mm)
Ｔ：常温（試験室温度）　（℃）
Ｔ’：低温（低温槽温度）　（℃）

６－３　滑走面の状態

３．試験体

図１　試験体

３．１　アルペンスキー
ショートカービングスキー
ＳＬカット
呼び長さ　１６５

３．２　スノーボード

アルペンボード

呼び長さ　１５８

４．試験機

４．１　スキー曲げ疲労試験装置

・㈱東京試験機製作所

CHF-02K-01

・最大負荷力　９８０Ｎ

４．２　スノーボード用ねじり強度試験機

・㈱島津製作所

・最大荷重

・ねじり荷重　１００Ｎ・ｍ

・曲げ荷重　２ｋＮ

・最大変位

・ねじり角度　±５０度

・曲げ変位　下方へ１５０ｍｍ

・負荷速度

・ねじり試験　最大　±５０度／１Ｈｚ

・曲げ試験　最大 ± 100mm/0.25 Ｈｚ

５．スキーの疲労試験

５．１　試験回数の設定

１シーズン中に、スキー、スノーボードがたわむ回数について、厳密な調査が必要であるが、本研究では、スキーメーカーのアドバイスと要望から、次の様に設定した。

スキーヤーが１回の滑りで行うターン回数を１００回とし、１日に１５本滑ると仮定し、これを１シーズンで、延べ４０日滑るとすると、スキーに負荷されるターン数は１年で６万回になる。この数を３倍し、これにプラスアルファを加えた２０万回を疲労試験回数と設定した。この回数は３年以上に相当する。

ねじり角度についても、メーカーの要望により片ねじり角を５度とした。

５．２　曲げ疲労試験方法

試験体アルペンスキーを用い、ＪＩＳ　Ｓ７０１９に準じ試験を行った。

・スパン　呼び長さ－２８０ｍｍ

・加振ストローク　４５０Ｎ時のｽﾄﾛｰｸ

・試験回数　２０００００回

・試験温度条件　－５℃±２℃

・測定項目

・ボトムキャンバ

・中心ばね定数

・ねじりばね定数

・その他　外観目視による検査

・測定回数（測定時試験回数）

２万回ごとに２０万回まで延べ１０回

５．３　ねじり疲労試験方法

スノーボード用ねじり強度試験機を用い、片ねじり角度を５度に設定し、周波数１Ｈｚで、曲げ疲労試験条件と同条件で２０万回のねじり疲労試験を行った。

試験温度は室温で、この時、サーモレコーダーにより温度を記録した。

６．スキーの疲労試験結果

アルペンスキーの曲げ疲労試験結果ならびにねじり疲労試験結果を中心ばね定数の変化、ねじりばね定数の変化、ボトムキャンバの変化量で下図に示す。

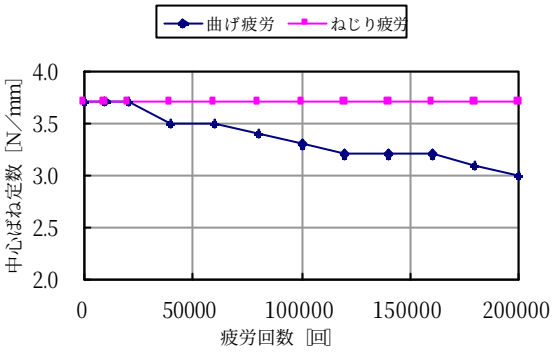

図２　スキー疲労試験（中心ばね定数）

６．１　中心ばね定数

１）ねじりによる疲労試験では、中心ばね定数の変化はない。

２）曲げ疲労において、２万回を超えると徐々に中心ばね定数が減少し、２０万回で３.０Ｎ／ mm となり、試験前に比べ約２０％疲労した。

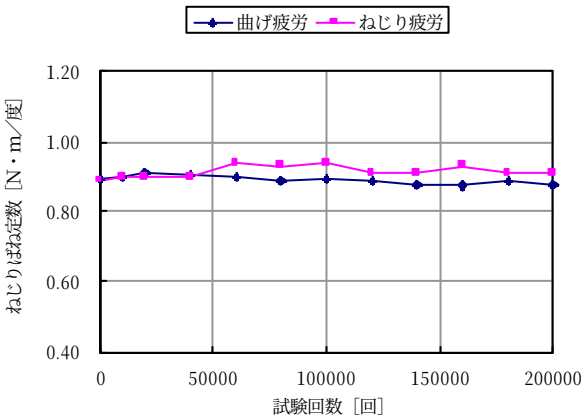

図３　スキー疲労試験（ねじりばね定数）

６．２　ねじりばね定数

曲げとねじりの疲労試験では、ねじりばね定数の変化は見られない。

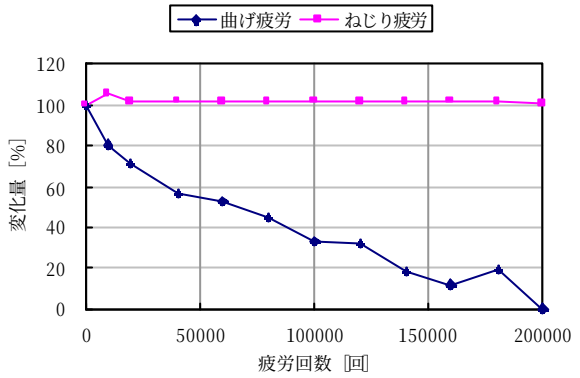

図４　スキー疲労試験（ボトムキャンバ）

６．３　ボトムキャンバ

１）ねじり疲労では、ボトムキャンバ（キャンバ高さ）の変化は見られない。

２）曲げ疲労では、試験回数が２０万回でキャンバが無くなった。

３）曲げ疲労試験の終了後１週間経過した時点でキャンバ高さを測定したが、キャンバは戻らなかった。

７．スノーボード用ねじり強度試験機によるアルペンスキーの疲労試験

当センター所有のスキー曲げ疲労試験装置は、構造上の問題からスノーボードの疲労試験ができない。そこで、スノーボード用ねじり強度試験機を用いた疲労試験の試験条件設定のために、同試験機による予備試験をスキーで行った。

７．１　試験条件

・曲げ疲労試験
・スパン　呼び長さ－２８０mm
・荷重制御　（２条件）
　・３００N±５０N　（条件１）
　・４５０N±５０N　（条件２）
・周波数　　３Ｈｚ
・試験回数　　２０００００回
・試験温度条件　　室温（温度を記録）
・測定項目
　・ボトムキャンバ
　・中心ばね定数
　・ねじりばね定数
　・その他　外観目視による検査
・測定回数（測定時試験回数）
　２万回ごとに２０万回まで延べ１０回
・試験体　アルペンスキー

７．２　結果および考察

スノーボード用ねじり強度試験機でアルペンスキーの曲げ疲労試験を実施した結果、次の様な事がわかった。

１）中心ばね定数の疲労性について

図５に示すように、今回の試験条件では、曲げ疲労試験装置による結果のような明らかな中心ばね定数の変化（疲労）は見られなかった。

同スペック、同性能を有する試験体を用いているので、変化が見られない理由として

①疲労時に与える振幅（ストローク）の量が少ないこと。

②設定荷重が小さいこと。

以上が考えられる。

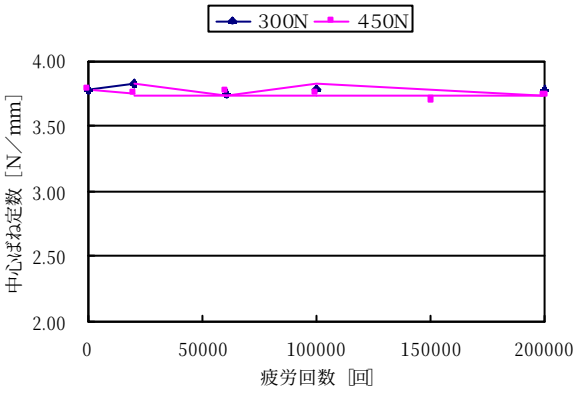

図５　スノーボード用ねじり強度試験機によるスキーの疲労結果（中心ばね定数）

２）ねじりばね定数の疲労性について

ＪＩＳ曲げ疲労試験の結果同様、３００Ｎの条件では、ねじりばね定数の変化は見られない。但し、図６に表れた試験回数６万回での定数減少については、計測時の温度が影響したものと思われる。

また、４５０Ｎの条件では、試験回数６万回で定数が減少した。その後、変化は無かったことから、６万回の曲げ疲労により、試料スキーの内部で何らかの問題（接着層の一部剥離）が発生したと思われる。

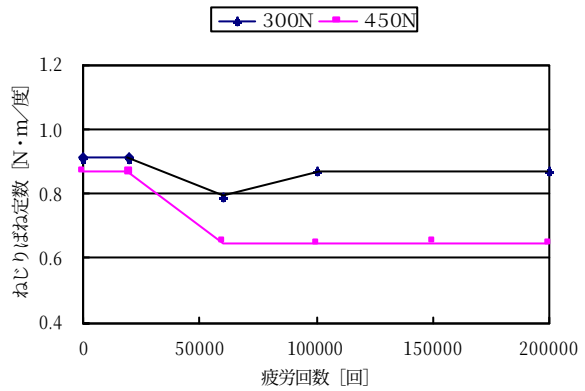

図６　スノーボード用ねじり強度試験機によるスキーの疲労結果（ねじりばね定数）

３）ボトムキャンバの疲労性について

図７に示すように、設定荷重３００Ｎについては、ボトムキャンバが２０万回で４０％減少した。これは、ＪＩＳ試験方法の結果、４万回に相当し、４５０Ｎの２０万回試験回数は、１６万回に相当する。

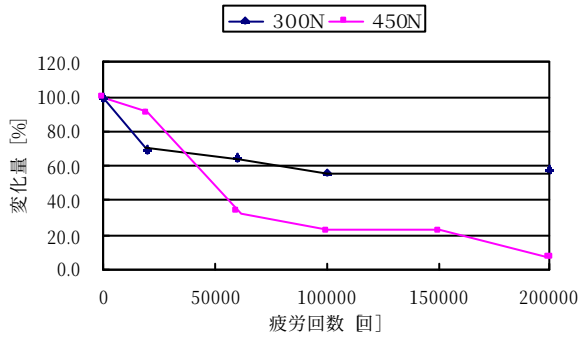

図７　スノーボード用ねじり強度試験機によるスキーの疲労結果（ボトムキャンバ）

８．スノーボードの疲労試験

スキーによる試験結果を参考に、スノーボードの疲労試験をスノーボード用ねじり強度試験機を用い、曲げ疲労とねじり疲労による試験方法で実施した。

８．１　試験条件

８．１．１　曲げ疲労試験

・スパン　接触長さ（１４００mm）
・荷重制御　（２条件）
　・６００Ｎ±３００Ｎ　（条件１）
　・９００Ｎ±３００Ｎ　（条件２）
・制御波形　正弦波
・周波数　　３Ｈｚ
・試験回数　　２０００００回
・試験温度条件　　室温（温度を記録）
・測定項目
　・ボトムキャンバ
　・中心ばね定数
　・ねじりばね定数
　・その他　外観目視による検査
・測定回数（測定時試験回数）
　２万回ごとに２０万回まで延べ１０回

８．１．２　ねじり疲労試験

・スパン　接触長さ（１４００mm）
・ねじり角度　片ねじり　５度
・制御波形　正弦波
・周波数　　１Ｈｚ
・試験回数　　２０００００回
・試験温度条件　　室温（温度を記録）
・測定項目
　・ボトムキャンバ
　・中心ばね定数
　・ねじりばね定数
　・その他　外観目視による検査
・測定回数（測定時試験回数）
　２万回ごとに２０万回まで延べ１０回

８．２　スノーボードの形状変化（単位温度あたりの変化量）

スノーボードのキャンバ高さは、温度変化により変化する。しかし、試験装置の構造上から、恒温条件下での試験実施は困難であるので、予め、スノーボードの低温時における形状変化量を測定した。その結果を表１に示す。スキーに比べ、スノーボードの変化量が大きいことがわかる。

表１　試験体の形状変化量

試験体	単位温度あたりのﾎﾞﾄﾑｷｬﾝﾊﾞ変化量
スキー平均	－０．０１６（mm／℃）
ボード平均	－０．２９０（mm／℃）
A	－０．２７２（mm／℃）
B	－０．３４６（mm／℃）
C	－０．２５８（mm／℃）

８．３　試験結果

試験結果を図７，８，９に示す。

曲げ疲労試験による中心ばね定数及び、ねじりばね定数の定数変化は見られない。また、ボトムキャンバは、２０万回の曲げ疲労回数で約２０％減少した。これは、スキーの曲げ疲労試験条件の４万回に相当する。

ねじり疲労試験では、ばね定数、ねじり定数、ボトムキャンバとも、疲労を示す値示さなかった。

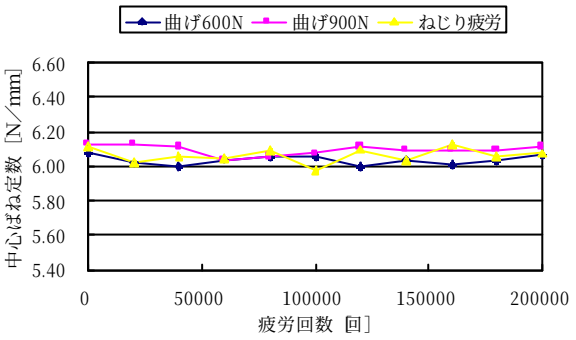

図７　スノーボード疲労試験（中心ばね定数）

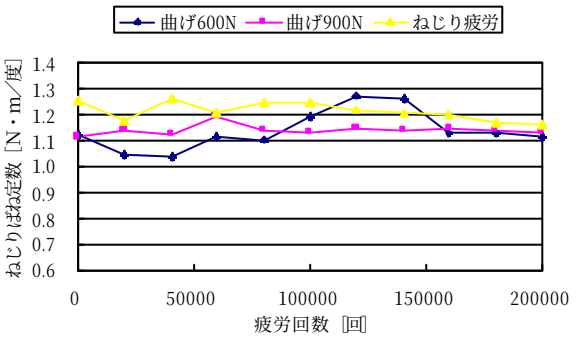

図８　スノーボード疲労試験（ねじりばね定数）

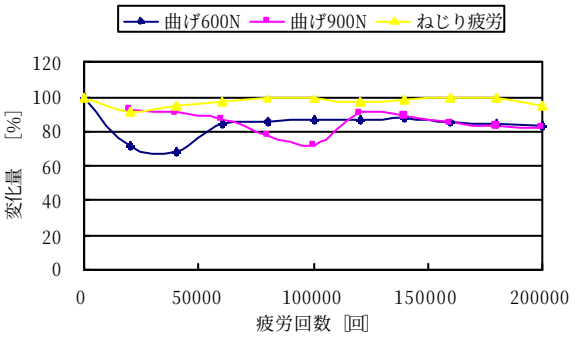

図９　スノーボード疲労試験（ボトムキャンバ）

９．まとめ

１）スキー、スノーボードの曲げ及びねじり疲労特性についてのデータが得られた。

２）現在市販されているスキーを、ＪＩＳによる試験方法の１０倍の回数である２０万回を負荷したが、目視による外傷、破損などのはキズは確認できなかった。これは、１０年前のスキー（射出成形スキー、木製スキー）に比べ、耐久性能、品質が格段に向上してると言える。

３）片ねじり角度５度による繰り返しねじり疲労試験では、曲げ疲労試験に比べ、ばね定数、ねじりばね定数、ボトムキャンバの変化は確認できなかった。

このことから、疲労試験方法としてのねじり疲労試験方法は、スキー、スノーボードの疲労評価方法としては不適当であると考える。疲労特性を把握する試験方法として曲げ疲労による試験方法が適当である。

４）本試験で得られたデータを活用し、依頼試験や技術相談に活用したい。

１０．今後の課題

１）疲労試験（３年分の繰り返し疲労回数）を行った試験体（スノーボード）の実走による官能評価を現在メーカーに依頼中で、その官能試験結果をもとに、疲労試験の試験条件を再検討したい。

２）製品の疲労度を評価する方法としては、強度試験などの物性試験方法もあるが、今回の試験では、試験体を用い、実走による官能評価をするために、強度試験が出来なかった。また、クリープ試験等も実施しなかったので、今後の検討課題としたい。

図１０　スノーボード曲げ疲労試験