

路面圧雪の硬度とすべり指数に関する実験的研究

°天野隆明（北大低温研、現：日本道路㈱）、秋田谷英次、成瀬廉二
（北大低温研）

1. はじめに

スパイクタイヤの使用禁止により、スタッドレスタイヤや各メカニズム等の開発が盛んである。それらの開発試験は主に実際の雪氷路面を使用している。試験路面の種類は、圧雪・氷・圧雪と氷の中間状態の3種類に区分し行っている。ところが、同一条件下で行った同じ種類の路面でも試験結果にばらつきを生じ、解析を複雑にしている。それは、降雪中の柔らかな圧雪と硬くなった圧雪とでは、すべり易さに違いがあるように、同じ種類の路面でもすべり易さに違いがあることを示していると考えられる。本研究は、実際の圧雪路面のすべり指数を現場において簡便に知ることを目的としている。

2. タイヤと圧雪路面のすべり抵抗

タイヤと圧雪路面のすべり抵抗は次の3つの抵抗のトータルとして現れる。3つの抵抗とは、①タイヤ面と圧雪路面間のすべり摩擦抵抗、②タイヤが積雪を破壊するときの抵抗、③積雪が圧縮・排除または運搬されるとき抵抗の3つである。①はすべり摩擦係数に相当するもので、②・③の抵抗の大きさは積雪の硬さに関係する。そこでこれらの抵抗を見かけのすべり摩擦係数とする。①は見かけの接触面積を一定にすることにより一定と考えられ、②・③の大小がすべり指数に影響する。よって、積雪の硬さを調べることで見かけのすべり摩擦係数を推測する。本研究ではそれをすべり指数とする。

3. 硬度測定器とすべり指数測定器

自然積雪・道路の圧雪および氷の硬度測定まで、木下式硬度計が広く用いられているが、本研究では鋼球硬度計を新たに考え、硬度（鋼球硬度）を測定した。鋼球硬度計の原理は木下式硬度計と同様で雪面に衝撃を与え、雪の反抗力から硬度を求めるものである。測定方法は、木下式硬度計が沈下量を測定するのに対して、鋼球硬度計は鋼球を直接雪面に自由落下させ、できたくぼみの直径をノギスで測定する。

すべり指数の測定には、スキッドテスターを用いた。スキッドテスターは、一般の路面（アスファルト・コンクリート路等）のすべり摩擦係数を測定するために考案された振り子式である。原理は、接触距離及び荷重を一定にすることにより、振り子が路面でした仕事と測定前後の振り子の高さの差、即ち損失した位置エネルギーが等しいことから、すべり摩擦係数を知るものである。測定方法は、振り子の振れ上がり側に高さ相当のすべり摩擦係数が示されており、これを読みとる事で計測する。尚、読みとられる数値はすべり摩擦係数に100を掛けた値であり、これをスキッドナンバー（SN）と呼ぶ。本研究におけるすべり指数はSN値で表す。よって、SN値が小さいほどすべり易いことを示す。

4. サンプル作成方法と実験概要

実験を行うに当たり圧雪の作成を行った。作成方法は、 -5°C の低温室において、長さ 22cm *幅 9cm *高さ 4cm の箱に低温室に保存しておいたしまり雪を 1mm の篩を用い、ほぐしながら詰める。その上に内蓋を載せ、静荷重 ($0.23\sim 1.24\text{Kg}/\text{cm}^2$) し、数日から2、3ヵ月間放置し、様々な密度のサンプルを作成した。このようなサンプルを用い実験を行った。

実験は、①鋼球硬度計の有効性に関する実験と②鋼球硬度とスキッドテスター値 (SN値) の関係についての実験の2つである。①はサンプルの圧雪に木下式硬度計と鋼球硬度計の両硬度計跡をつけ、断面の薄片写真より各硬度計の深さ方向への影響程度を実験したものである。②は現場におけるすべり易さを簡便に知る方法に応用するために、硬度とすべり易さの関係について実験したものである。実験では様々な密度に対して硬度とSN値を測定した。1サンプルについて、SN値を測定した後、硬度測定を行った。SN値は、実験回数が増加するに伴い雪面を削り取るため1~3回までの平均とした。硬度は各サンプル毎に21~30回測定したものの平均とした。尚、全ての実験は -5°C の低温室で行った。

5. 実験結果

①の実験結果について写真1より見ると、圧雪のような硬い雪では鋼球硬度計の方が影響深さが小さい。また、木下式硬度計跡は硬度計の先端部の周りで破壊が起こっている。これは与えたエネルギーがこの破壊に使われたことを示めており、正しい硬度が測定できていない事になる。この他測定するとき木下式硬度計は沈下量を読みとるため誤差を生じ易いこと、沈下量を読みとるとき分解能が低いことなどから、鋼球硬度計の方が圧雪のような硬い雪の測定には適している。

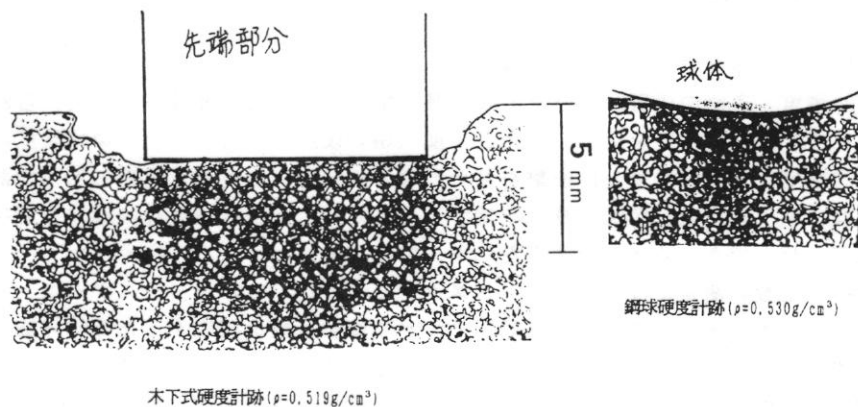


写真1. 硬度計の薄片写真(断面)

②の実験結果について図1から見る。図1は横軸に鋼球硬度、縦軸にSN値をとっている。尚、参考のために氷(*)について行ったものも示した。SN値は硬度が小さいときに大きく、硬度が大きくなるに従って小さくなる。即ち、雪面が硬くなるほどすべり易くなることを示している。破線から左の領域はスキッドテスターによる破壊(削り取り)がはっきりと実験中観察された領域である。このこと

から雪面が柔らかな時には破壊・圧縮・運搬等の抵抗が大きくなるので見かけのすべり摩擦係数が大きくなった考えられる。逆にこのような破壊が起こらなかった氷のSN値が小さいのは、これらの抵抗が得られないためと考えられる。鋼球硬度とSN値の回帰式は、図中の式で表され、鋼球硬度を測定することでSN値の推測が可能である。

6. まとめ

- 1) 硬くて薄い圧雪に対しては、鋼球硬度計による測定方法が有効である。
- 2) スキッドテスターを用いた圧雪のすべり摩擦係数(SN)は、破壊・圧縮・運搬等を含む見かけのすべり摩擦係数を表すことが明らかとなった。
- 3) SNと鋼球硬度との関係は負に比例しており、関係式は、

$$SN = 69.6 \times H^{-0.17} \quad (d < 1.00\text{mm}, T = -5^\circ\text{C})$$
と表される。

現場において簡便にSN値を推測することは、鋼球硬度の測定により可能である。

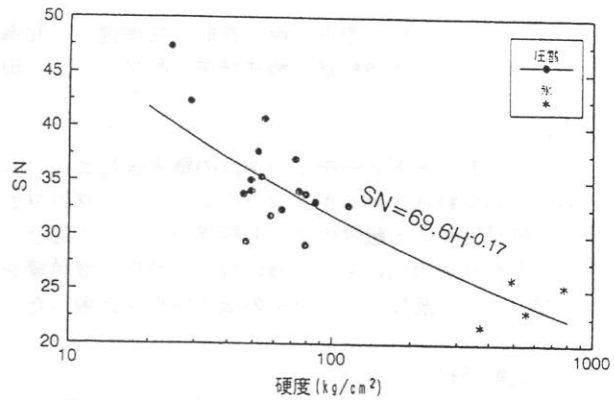


図1 硬度変化によるSNの影響