

IV-15

測定輪差動方式による路面のすべり抵抗測定車の開発

室蘭工業大学 ○正員 齊 藤 和 夫
 北海道工業大学 正員 笠 原 篤
 開発局開発土研 正員 小長井 宣 生
 (株)小松設備 福 原 敏 彦

1. は じ め に

路面のすべり抵抗は道路の幾何構造の設計における基本的な要素の一つであり、また交通安全管理上においても配慮すべき重要な要素である。このため各国で路面のすべり抵抗測定車の開発が行われ、路面とタイヤ間のすべり抵抗に関する基礎的研究を実施する一方で、交通安全と路面の維持管理のためにルーチンワークとして、道路ネットワークのすべり抵抗測定が実施されている。また、ASTMをはじめ、世界の主要国ではすべり試験装置の規格化が進められている現状にあり、さらに平成4年(1992)にはベルギーとスペインにおいてはPIARCを中心として「すべり抵抗と路面の粗さの測定装置の国際比較実験(An International Experiment to Compare and Harmonize Skid Resistance and Texture Measurement)」が企画されている等、すべり抵抗測定装置の開発と規格化が世界的な課題となっている。

路面のすべり抵抗測定方式としては図-2に示すようなものがあるが、このうちアメリカのASTMに規格化されている試験装置に代表される車輪ロックによる縦すべり抵抗測定方式、イギリスの交通運輸研究所(TRRL)で開発されたサイドウエーフォース(sideway force)測定による横すべり抵抗測定方式が主なものであり、わが国では両者の方式を採用したすべり測定車を使用している例が多い。しかし、これらの方式はいくつかの欠点を持っており、また試験装置が大型であることから、試験車の制作費や運転費、維持管理費が高いことから、ルーチンワークとして道路ネットワークのすべり抵抗測定作業が困難であるという問題を有している。

そこで、著者はこれらの問題を解決する新しいすべり抵抗測定方法の開発を目的として、測定輪差動方式(Principle of differential rotation speed in measuring wheels)による実物タイヤを装着した小型で、実走行速度により連続測定可能なすべり抵抗測定車を開発し、各種路面についての測定を行ってきた。本論文では、新たに開発した測定方式および試作した測定装置の概要を示し、さらにこの測定装置による雪氷路面のすべり抵抗測定結果のいくつかを紹介する。

2. 測定輪差動方式によるすべり抵抗測定原理

測定輪差動方式とは、牽引される2つの測定輪に回転差を与えて、任意のすべり率(slip rate)により路面の縦すべり抵抗値を測定するものである。いま、図-1において2つの測定輪をR、Lはトルク

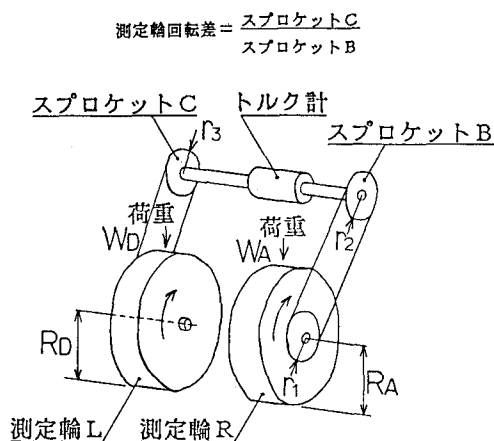


図-1 測定輪の回転差によるすべり抵抗測定法

The Development of a Test Equipment for Measuring Pavement Skid Resistance Based on the Method of Differential Wheel Rotation Speed

by Kazuo SAITO, Athusi KASAHARA, Nobuo KONAGAI and Toshihiko FUKUHARA

計を設置した軸の両端に付いた歯数の異なるスプロケット B、C に測定輪のスプロケット A、D とチェーンを介して連結しているとする。この状態で牽引すると、測定輪間ではスプロケット B、C の歯数比に応じて回転差が生じ、路面と測定輪間ですべりが発生することになる。この路面と測定輪間のすべり抵抗値の大きさに応じて発生するトルクを T とすると、すべり抵抗 μ は 2 つの方法で次のように算出することができる。

① スリップ率法による測定

左右の測定輪によるすべり抵抗値は等しいとして、

$$T = \frac{\mu (W_A \cdot R_A \cdot r_2 \cdot k + W_D \cdot R_D \cdot R_3)}{2 \cdot r_1} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{2 \cdot r_1}{r_3 (W_A \cdot R_A + W_D \cdot R_D)}$$

ここで、 T = 測定トルク (kg・m)

R_A, R_D = 測定輪の半径 (m)

W_A, W_D = 測定輪の荷重 (kg)

r_1, r_2, r_3, r_4 = スプロケットの半径 ($r_1 = r_4, r_2 > r_3$)

$$k = r_3 / r_2$$

② 車輪ロック法による測定

スプロケット B をロックした場合のトルク T は

$$T = \frac{\mu (W_D - \Delta W_D) R_D \cdot r_3}{r_4} \quad (3)$$

となり、したがって μ は

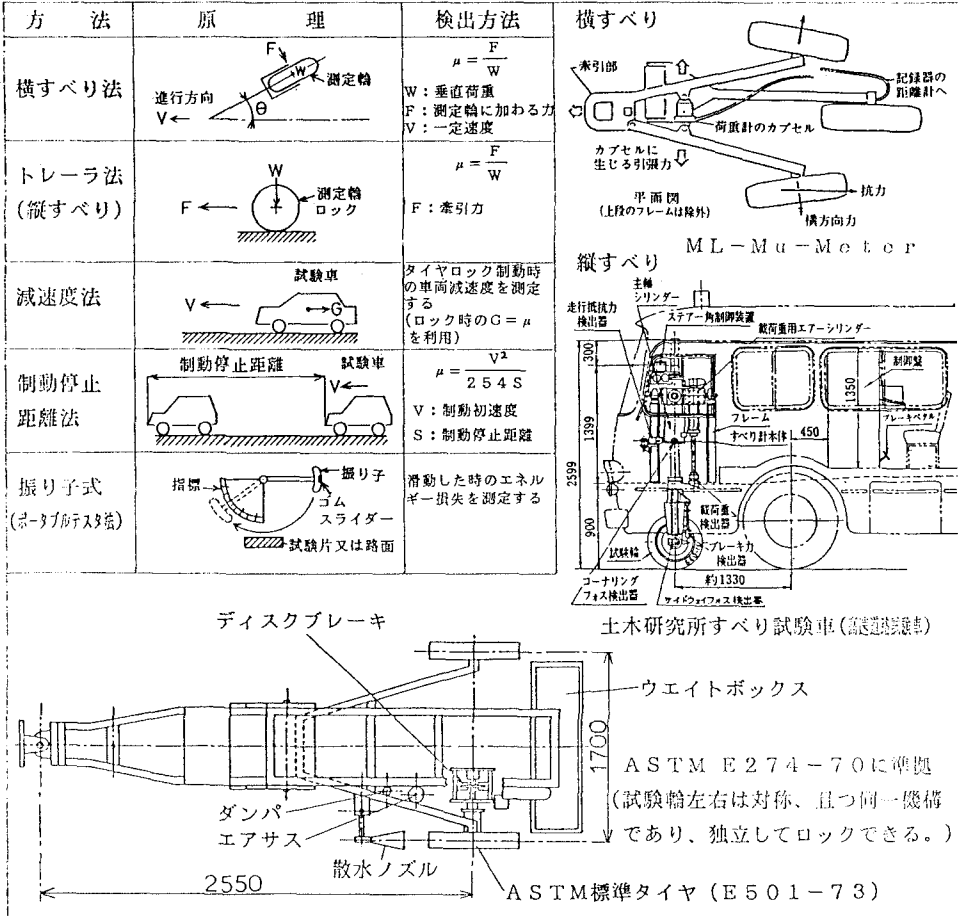


図-2 すべり抵抗の測定方法、原理と測定装置の例

$$\mu = \frac{T \cdot r_4}{(W_D - \Delta W_D) R_D \cdot r_3} \quad (4)$$

ここで、 ΔW_D =ロックした時に生じる W_D に対する
反力(kg)で図-3から

$$\Delta W_D = \frac{T}{r_3} \sin \theta = \frac{T \cdot H}{r_3 \cdot L} \quad (5)$$

3. 試作した測定装置の概要

試作した測定装置は走行輪を付けたフレームに測定輪を搭載したトレーラタイプであり、その外観を図-4に示す。2つの測定輪の回転差によりすべり抵抗値に応じて発生した力は、トルク計により連続的に検出できる構造になっている。装置の諸元は表-1に示すようになっている。

表-1 測定装置の諸元

トレーラー部	測定部
車両重量 710 kg	測定輪荷重 270 kg/輪
全 長 300 cm	タイヤサイズ 6.45-13-4PR (標準)
全 幅 146 cm	リムサイズ 41/2J-13
全 高 100 cm	すべり率設定 10, 20, 30, (100) %

牽引車内にはデータ演算器とレコーダが搭載されており、走行輪、測定輪の回転の記録、すべり抵抗の記録と表示が行えるようになっている。測定記録の一部を示すと図-5のようになる。

4. 雪氷路面におけるすべり抵抗測定実験

雪氷路面におけるすべり抵抗の測定実験は平成2年2月に、北海道士別の自動車試験コースの圧雪路面、氷盤路面(各200m)で実施した。試験タイヤはリブタイヤ、スタッドレスタイヤ、スパイクタイヤの3種類を使用し、すべり率および速度の変化による測定されたすべり抵抗値の変化を比較した。

また、試作したすべり抵抗測定装置の雪氷路面のすべり抵抗測定の適用性確認と測定値の検証のために、北海道開発局開発土木研究所のすべり試験車との合同比較実験も行うことができたので、その比較結果も簡単に示す。

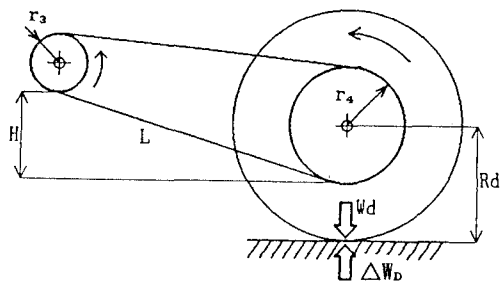


図-3 測定輪ロックによる反力の補正

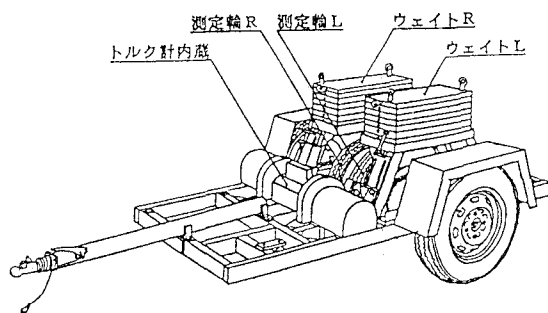


図-4 試作測定装置の外観

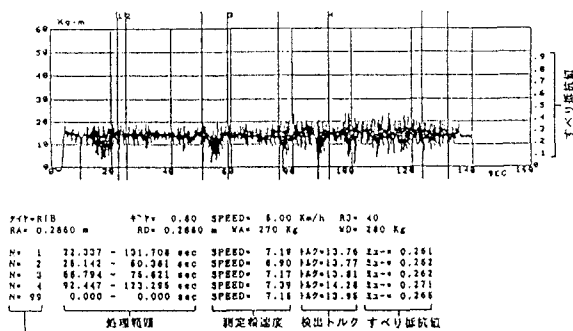


図-5 測定結果の例(雪氷路面)

4-1 実験の方法と条件

今回の測定実験では、開発局開発土木研究所のすべり試験車が車輪ロック方式の装置であるために、両者の比較をする実験では試作装置も測定輪LをロックさせるようにスプロケットBを固定して測定実験を行い、式(4)からすべり抵抗 μ を計算した。

また、試作測定装置の実験条件は表-2のように設定し、タイヤは新品を使用した。

表-2 実験条件

・測定速度	10、20、40 km/h
・輪荷重	270 kg
・路面	圧雪路面、氷盤路面
・タイヤ	リフトタイヤ 6.45-13-4PR スタッドレス タイヤ 165/80R13 スパイク タイヤ 165/80R13

4-2 すべり率とすべり抵抗

圧雪路面と氷盤路面上において、試作装置のすべり率を20%、30%、40% および100%（車輪ロック状態）にして測定した4種類のタイヤによりすべり抵抗を測定した。その結果を図-6に示す。

圧雪路面と氷盤路面ではタイヤ種別によりすべり抵抗値が大きく異なり、スタッドレスタイヤは圧雪路面でのすべり抵抗が高く、スパイクタイヤは氷盤路面でのすべり抵抗が高くなることを示している。

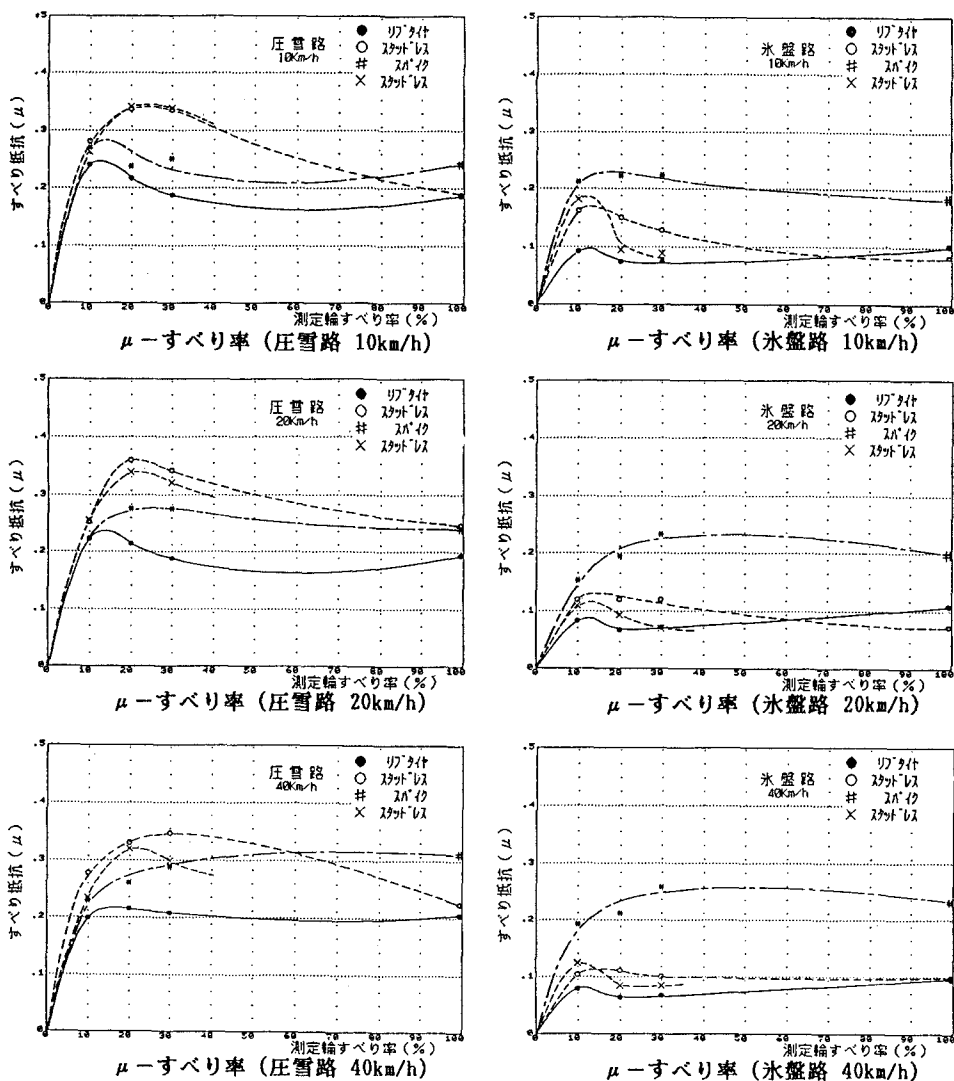


図-6 タイヤ別によるすべり率とすべり抵抗の関係

すべり率とすべり抵抗の関係について見ると、スタッドレスタイヤはすべり率が20～30%ですべり抵抗がピークを示し、ロック状態（すべり率100%）ではすべり抵抗がピーク値よりかなり低下している。

一方、スパイクタイヤはすべり率20～30%でピーク値を示し、ロック状態までその値を維持してすべり抵抗値がほとんど低下しないのが特徴である。

この結果から、スタッドレスタイヤは圧雪路面においてスパイクタイヤより高いすべり抵抗を与えるが、ロック状態ではリブタイヤとほとんど変わらないようなすべり特性を与えることが示されている。また、氷盤路面ではスタッドレスタイヤはスパイクタイヤよりかなり低いすべり抵抗値を与えることが問題となることを示している。

また、氷盤路面ではスタッドレスタイヤはスパイクタイヤよりかなり低いすべり抵抗を与えることが示され、その性能がまだ不十分であるといえる。

4-3 速度とすべり抵抗

スタッドレスタイヤはすべり率20～30%ですべり抵抗のピーク値を与えるが、その状態における速度とすべり抵抗の関係およびロック状態における速度とすべり抵抗の関係を図-7に示す。

この結果から、圧雪路面と氷盤路面における速度とすべり抵抗の関係は、スタッドレスタイヤではほとんど変化はないが、スパイクタイヤでは速度が高くなると、すべり抵抗が増加する傾向を示し、この

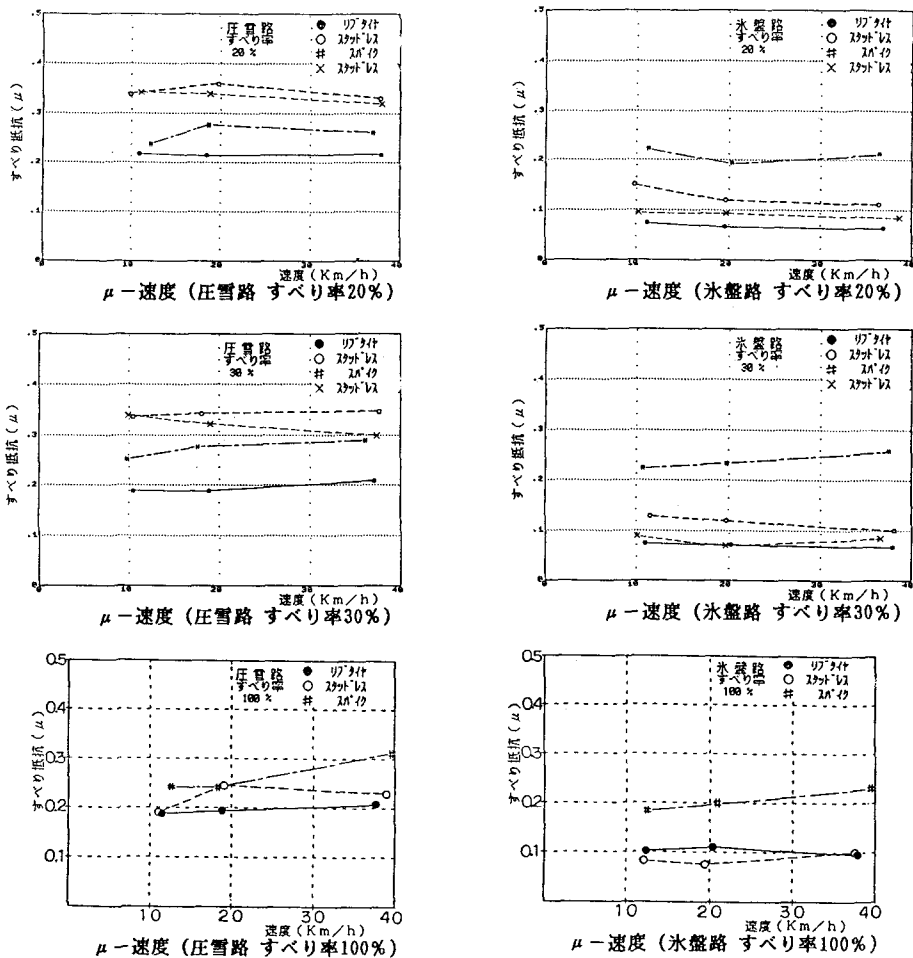


図-7 速度とすべり抵抗の関係

関係はロック状態でも同様であるといえる。

5. 既存試作装置との比較試験

以上により、新たに開発した測定方式により試作したすべり抵抗測定装置による雪氷路面のすべり抵抗測定結果のいくつかを示したが、測定結果は従来の測定装置による結果と同様の傾向を示しており、それなりの実用可能性が示されている。しかし、実際に使用されている既存の測定装置との比較実験により本測定装置の実用性を検討する比較実験が必要であると考えられる。

本実験では北海道開発局開発土木研究所のすべり試験車との比較試験を行なう機会を得た。比較試験は圧雪路面と氷盤路面の両方について、3種類のタイヤを用いて実施された。速度とすべり抵抗の関係についての比較試験の結果を図-8に示す。この結果から、試作装置と開発土木研究所測定車の測定結果は同様の傾向を示したが、試作装置のすべり抵抗値が低くなる傾向があるが、両者の相関係数はかなり高く、特に圧雪路と氷盤路を合せた測定結果の相関係数は $r=0.964$ となり、開発した測定装置の実用性が確認されたといえる。

6. まとめと今後の課題

本研究はで、従来のすべり抵抗測定装置の問題点を解消し、道路ネットワークのすべり抵抗をルーチンワークとして測定可能なすべり抵抗測定装置の開発を目的として試作した、測定輪差動方式による測定装置による雪氷路面での測定結果のいくつかを示したものである。

測定結果から、①スタッドレスタイヤは圧雪路面においてすべり率20~30%で高いすべり抵抗を与えるが、ロック状態ではその性能が低下すること、②スパイクタイヤは氷盤路面ですべり抵抗性能を示すこと、③スタッドレスタイヤのすべり抵抗は速度によりあまり変化が見られないが、スパイクタイヤは速度の増加によりすべり抵抗を増加させる傾向があること、などが示された。また、既存の測定車との比較試験では両装置間で高い相関が得られたことから、本装置の実用可能性も確認された。今後は雪氷

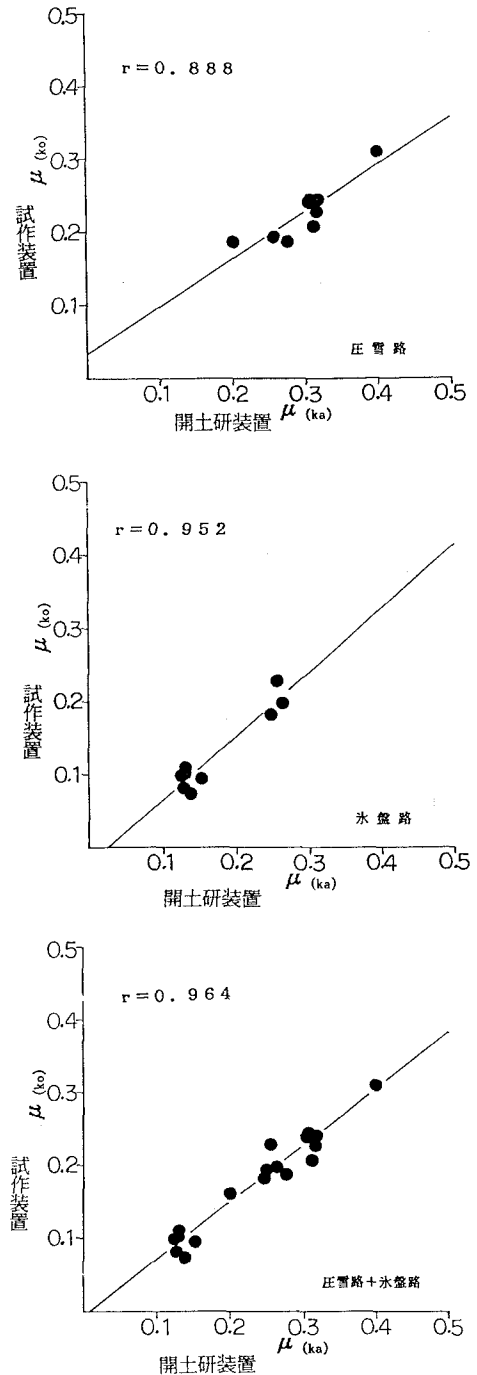


図-8 既存測定装置との相関性
路面のみならず、各種路面における湿潤状態での測定および既存装置との比較試験を行ない、本装置の実用可能性を検証することが必要である。