

連続路面すべり抵抗値測定装置 (RT3) の導入について

舟橋誠、徳永ロベルト、浅野基樹 ((独) 土木研究所 寒地土木研究所)

1. はじめに

積雪寒冷地域では冬期においても安全で快適な道路交通を確保するため、道路管理者は道路の除排雪作業や路面凍結対策を実施するなど、冬期路面管理の充実に努めている。しかしながら、橋梁やトンネルのような道路構造物、沿道環境、天候による路面状況変化やスパイクタイヤの使用規制後のつるつる路面の出現のため、冬期の路面状態は複雑で把握しにくいものとなっている。そのため、冬期の路面状態を適切に把握することは、冬期道路維持管理の重要な課題となっている。

冬期の路面状態の把握には、路面状態を目視により判別するような主観に基づいた手法によるものの他に、測定装置を用いて路面のすべり抵抗値等を計測する客観的な手法がある。

当研究所では、効率的かつ効果的な冬期路面管理に資するため、従前より路面のすべり抵抗値等を測定する技術について調査・試験を行っている¹⁾。本報では、当研究所にて導入した連続的に路面のすべり抵抗値を測定可能な「連続路面すべり抵抗値測定装置」(写真-1)を紹介すると共に、現在、雪氷路面のすべり摩擦係数の標準的な測定装置である「すべり試験車」(写真-2)との比較試験を行った結果について報告する。



写真-1 連続路面すべり抵抗値測定装置



写真-2 すべり試験車

2. 目視による路面状態把握の課題

現在、冬期道路管理において路面状態の把握を基本的に目視により行っているが、この目視による路面状態の把握手法では、観測者の主観的判断、個人の経験による差や判別の難しい路面状態が存在することから、路面状態判断の客観性という点で課題がある。例えば、図-1は、実際の道路においてある観測者が目視により路面性状を判断した結果と、すべり摩擦係数を測定するバス型の「すべり試験車」で測定した結果を示したものである。この図より、非雪氷路面(乾燥・湿潤)において、低いすべり摩擦係数値を観測した地点があり、実際には雪氷路面であった可能性が考えられる。一方、雪氷路面(シャーベット以下)において、高いすべり摩擦係数値を観測した地点があり、実際には非雪氷路面に近い路面状態であったものと思われる。このように目視のみに基づく路面状態の把握だけでは、凍結防止剤・防滑材散布の必要な場所の見落としや過剰な散布につながる可能性がある。そのため、より効果的かつ効率的な冬期路面管理を行うためには、路面のすべり抵抗値を測定するような客観的・定量的手法を用いて冬期の路面状態を把握する必要がある。

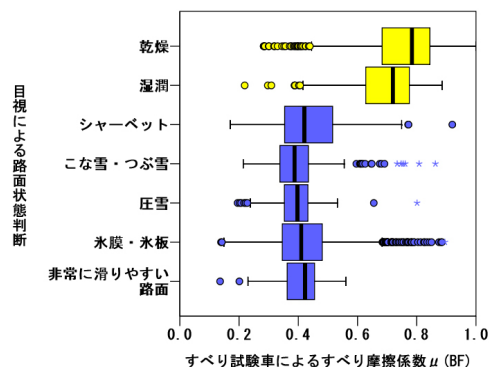


図-1 目視判断とすべり抵抗値

3. 連続すべり抵抗値測定装置 (RT3)

3. 1 導入の経緯

現在、日本において路面のすべり摩擦係数の標準的な測定装置である「すべり試験車」や海外（北欧）の冬期道路管理に利用されている「加速度計（減速度計）」（写真－3）においては、測定用の車輪（測定輪）や搭載車両に制動を掛けることによりすべり抵抗値を測定する。これら制動力を利用したすべり抵抗値の測定方法では、断続的な地点（点）での測定となるため、すべり抵抗値の変化を連続的な路線（線）として把握するのは難しい。そこで、当研究所では、過年度の調査¹⁾に基づいて連続的に路線のすべり抵抗値を測定可能な装置を導入した²⁾。



写真－3 加速度計
（減速度計）



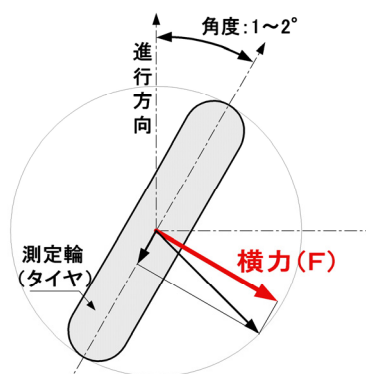
写真－4 除雪車両への
設置例

3. 2 特徴と測定原理

この測定装置は、米国 Halliday Technologies Inc. の RT3TM (Real Time Traction Tool)（以下 RT3 と記す）と称する装置である³⁾。米国では、この装置をすべり抵抗値の測定装置として使用するだけでなく除雪車両に設置して散布判断用のセンサーとしても使用が試みられている（写真－4）。

RT3 の特徴は、測定輪や搭載車両に制動を掛ける必要がないため、走行しながら連続して路面のすべり抵抗値を測定可能であると共に、測定の際には特別な操作（機器操作や走行速度維持等）を必要としないという利点がある。

RT3 の測定原理は、測定輪を車両進行方向に対して 1～2° 程度の角度を与えることにより横方向に発生する力（横力という）を測定することですべり抵抗値を算出する装置である（図－2）。測定されたすべり抵抗値は、車内でリアルタイムに確認でき、PC 等外部記録装置にも記録することができる。

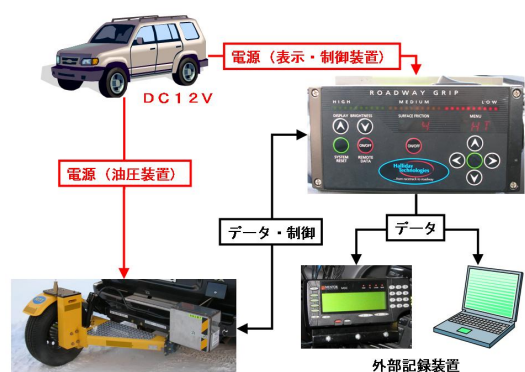


図－2 測定輪に発生する
横力の模式図

3. 3 システム構成

RT3 のシステム構成を図－3 に、仕様を表－1 に示す。測定装置本体（写真－5）は、装置フレーム（鋼製）、測定用の車輪、すべり抵抗力等を測定するためのセンサーであるハブ、装置の昇降や測定時の衝撃緩衝用の油圧装置で構成されている。

ハブにより取得されたデータの演算や油圧装置の操作は車内に設置した表示・制御装置で行う。この表示・制御装置では、演算されたすべり抵抗値を数値で表示するだけでなく、緑・黄・赤に色分けされた 30 個の LED でアナログ的に表示することも可能である。

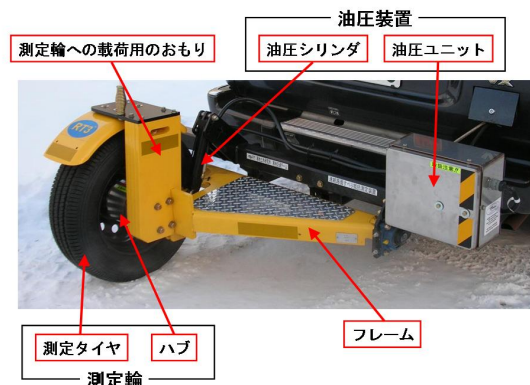


図－3 システム構成図

また、車両のステアリング角度が一定の範囲を超える操作を行うと、道路線形に対して測定輪の角度が大きくなり、測定されるすべり抵抗値が大きく変化することから、測定者に対して

表－1 RT3 の仕様

寸 法	750mm(長さ)×1700mm(幅)×700mm(高さ)
重 量	約230kg(油圧装置約30kg含む)
測定タイヤ	205/65R15 (空気圧207kPa(18℃)) 測定タイヤに掛かる荷重約130kg
車 両 電 源	DC12V 8A(表示・制御装置) DC12V25A(油圧装置)
ハブの測定 可能温度範囲	-54℃～+121℃

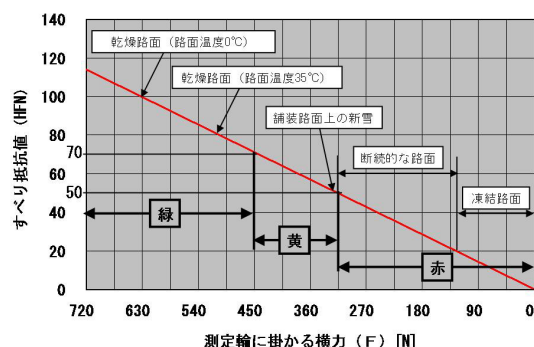


写真－5 測定装置本体

誤認を防止するため、車両のステアリング角度をトリガーとして測定結果を表示させないように設定することもできる。

3. 4 すべり抵抗値 (HFN)

RT3 で得られるすべり抵抗値について説明する。RT3 から出力されるすべり抵抗値は、HFN (Halliday Friction Number) と呼ばれ、Halliday Technologies Inc.が RT3 用測定タイヤに基づき独自に設定したすべり抵抗値である。このすべり抵抗値 (HFN) は、通常 0～114 の範囲で変化する。HFN と測定輪に掛かる横力には図－4 に示すような直線関係がある。表示・制御装置の LED の色と HFN の関係は、緑 (114～70)、黄 (69～50)、赤 (49～0) となっている。

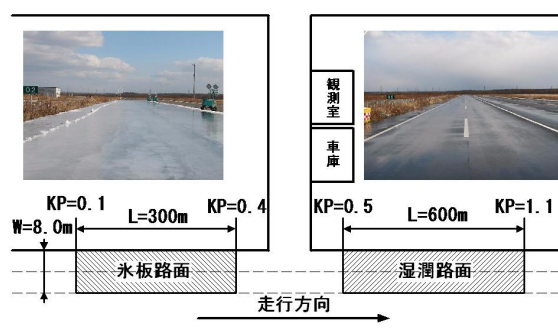


図－4 すべり抵抗値 (HFN) と横力の関係 4)

4. 「すべり試験車」との比較試験

4. 1 試験概要

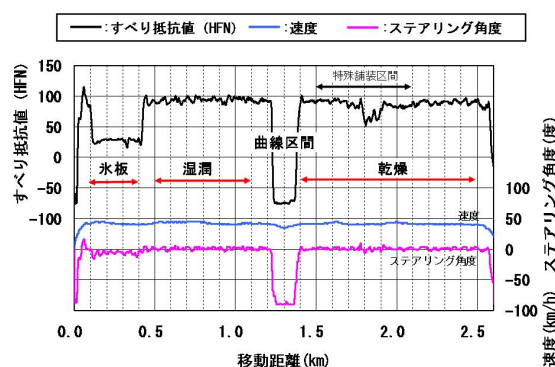
当研究所が所有する試験コースの路面上に湿潤路面と氷板路面を作製した (図－5)。これらの路面上に「すべり試験車」と RT3 を走行させてすべり抵抗の測定を行った。測定速度は各車両共に 40 km/h で行った。測定回数は各路面で 10 回程度行った。走行順序は、RT3、「すべり試験車」の順序で走行した。試験中の気温は-1～+5℃であった。



図－5 試験概略図

4. 2 RT3 で得られたデータ

RT3 で得られたデータの一例を図－6 に示す。左軸には HFN を、右軸には速度とステアリング角度を、横軸は速度と時間により計算される移動距離を示した。この図は、試験コース



図－6 RT3 で得られたデータの例

をほぼ 1 周したデータとなっており、本試験において作製した氷板路面と湿潤路面及び様々な舗装が施された乾燥路面を走行しており、これら路面の違いがすべり抵抗値 (HFN) の違いとして区別されていることが判る。また、試験コース上の曲線区間においては、ステアリング角度が大きくなったため、測定される HFN が大きく変化していることもわかる。

4. 3 試験結果

図-7 に試験結果を示す。この図において、縦軸は「すべり試験車」で測定されたすべり摩擦係数を 100 倍したフリクシオンナンバー (FN)、横軸には RT3 で測定されたすべり抵抗値 (HFN) を示した。

この図より、路面状態毎に両車の値とも明確に分かれた結果となっており、得られたデータにより路面状態を区別できることが判る。また、回帰直線を引くと相関係数が 0.9 以上と大きいことから「すべり試験車」に対しても、RT3 は相関関係が大きいことが判る。このことから、RT3 は、雪氷路面のすべりやすさを把握する手法として冬期路面管理に適用可能であることがわかった。

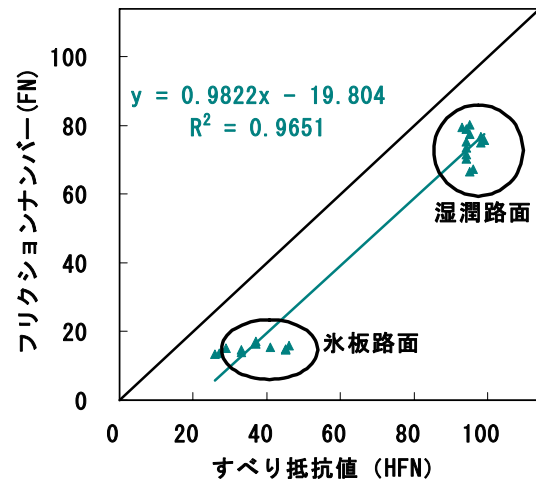


図-7 RT3 とすべり試験車との関係

今後の課題として、本試験では氷板路面と湿潤路面の極端に異なる路面状態で試験を行った。そのため、圧雪路面やシャーベット路面の様な路面状態についてもデータを蓄積していく必要がある。

5. おわりに

ここで紹介した RT3 のような連続的に路面のすべり抵抗を測定する装置を用いた路面のすべり抵抗値の測定技術は、冬期路面管理作業の実施における品質管理や作業・対策効果の把握のための評価技術としての役割を期待している。活用例としては、雪氷路面の実態把握、過剰な薬材散布や見落としの削減、路面管理を行う上で特に注意が必要なすべりやすい箇所の抽出、凍結防止剤・防滑材の散布効果の把握などがある。これらによって、凍結防止剤等の散布タイミング・散布箇所・散布量等の適正化が期待できるものと思われる。

今後、RT3 や「すべり試験車」を用いて様々な路面状態におけるすべり抵抗データの蓄積を行うとともに、すべり抵抗データを活用した具体的な評価方法、より効果的・効率的な路面管理水準の提案が出来るように、引き続き冬期路面のすべり抵抗値測定技術に関する試験研究を進めたい。

参考文献

- 1) 舟橋誠、徳永ロベルト、高橋尚人、浅野基樹：雪氷路面のすべり摩擦係数計測機器の比較試験と海外事例報告、北海道の雪氷、No.25、pp9～12、2006
- 2) 寒地交通チーム：連続路面すべり抵抗測定装置の導入と関連する技術情報の習得、独立行政法人土木研究所寒地土木研究所月報、No.646、pp58～60、2007
- 3) Halliday Technologies Inc. ホームページ： <http://www.hallidaytech.com/>
- 4) Halliday Technologies Inc.：RT3TM 取扱説明書より