

非接触式すべり抵抗計測装置の冬期路面管理への 適用性に関する研究

A Study on Applicability of Non-contact Friction Tester for Winter Road Surface Management

切石亮, 川端優一, 徳永ロベルト, 高橋尚人 ((独) 土木研究所寒地土木研究所)

Makoto Kiriishi, Yuichi Kawabata, Roberto Tokunaga, Naoto Takahashi

1. はじめに

効率的・効果的な冬期路面管理を行うため、路面のすべりやすさを詳細かつ的確に把握することが必要である。路面のすべり抵抗値計測では、タイヤと路面間に発生する抵抗力を計測する装置（接触式計測装置）が主に開発されてきたが、計測車両の大型化や車両停止時に計測できないといった課題がある。近年、かかる課題解決のため、光学式センサを搭載した非接触式の計測装置の開発が進んでいるが、測定の実信性や我が国の冬期路面管理への適用性に関しては不明である。本報では、接触式、非接触式の路面すべり抵抗値計測装置を用いて比較試験を行った結果を報告する。

2. 比較試験に用いたすべり抵抗計測装置

2.1 測定輪の制動による計測装置

我が国では、国土交通省等で路面すべり測定車（Locked-Wheel Friction Tester : LWFT）をすべり摩擦係数の標準的な計測装置としている。

路面すべり測定車（図-1）は、測定輪を制動（フルロック）し一定荷重で接地させた状態で車両が一定速度で走行した際に発生する摩擦力と荷重の比からすべり摩擦係数を求める。



図-1 路面すべり測定車

2.2 加速度計

加速度計は、車両が急制動した場合に発生する加速度（減速度）から路面のすべり摩擦係数を算出する（図-2）。

2.3 横力による計測装置

横力による計測装置として、図-3 に示す連続路面すべり抵抗値測定装置（Continuous Friction Tester : CFT）を用いた。

CFT は、測定輪が車両の進行方向に対し1～2度傾いており、車両走行により発生する横力を計測する。CFT で計測されるすべり抵抗値は、装置開発者の名前から HFN (Halliday Friction Number) と呼ばれ、測定輪が空転する横力無負荷状態を0、



図-2 加速度計（上）と測定原理

乾燥した舗装路面（路面温度-17.8℃）における横力負荷を 100 とし、その間を 100 等分した値である。

CFT は、走行しながら 0.1 秒間隔で連続測定が可能だが、横力を計測する方式の欠点として、牽引車両の進行方向が変化すると測定輪の進行方向に対する角度が変化して測定値に影響することが挙げられる。

2.4 非接触センサを用いた計測装置

前述した計測技術は、基本的にタイヤと路面間に発生する力の計測等、いずれもタイヤと路面の接触、車両の運動（走行）を測定の前提条件としている。

非接触式センサは、タイヤと路面の接触面が無いことから測定機構が不要であり、車両の走行状態にかかわらず（すなわち車両停止状態でも）計測できる長所がある。

本試験では、加速度計の計測値と良好な相関を示したことが報告される¹⁾など、欧米での試験検討が進められている近赤外線による計測装置（以下 IR）を使用した。



図-3 CFT・IR 搭載試験車

3. 計測装置比較試験

3.1 試験概要

試験は、当研究所所有の苫小牧寒地試験道路で行った。各試験日における試験条件については表-1 に示す。

3.2 試験方法

試験は、試験道路周回路の直線部分における乾燥路面の他、湿潤路面、圧雪路面、氷膜路面を人工的に作製し、当該路面上を各計測機器が走行してすべり抵抗値の計測を行った（図-4）。

LWFT 及び加速度計は約 40km/h、CFT 及び非接触センサは、20km/h、40km/h、60 km/h 及び 80km/h で走行して計測を行った。計測項目は、すべり摩擦係数（ μ ）、すべり抵抗値（HFN）、気温、路温、路面状態及び時刻とした。

LWFT と加速度計搭載車は、指定した地点において約 1 秒間の急制動を掛け、すべり摩擦係数を計測した。一方、CFT 及び IR を搭載した試験車はすべり抵抗値を連続的に計測した。

3.3 試験結果

図-5～図-7 に代表的な試験結果例を示す。縦軸にすべり抵抗値として、LWFT、加速度計、IR で計測したすべり摩擦係数（ μ ）に 100 を掛けた値と CFT で計測した HFN を、横軸には試験コース上における移動距離を示す。

表-1 試験条件

試 験 日		2012/1/24	2012/1/25
天 候		晴	晴
時 刻	開始時刻	13:35	13:14
	終了時刻	18:45	18:35
気温 (°C)	最高温度	0.0	-2.0
	最低温度	-8.1	-11.1
路温 (°C)	最高温度	3.9	4.4
	最低温度	-5.1	-5.6
路 面 状 態		乾燥・湿潤・圧雪・氷膜	

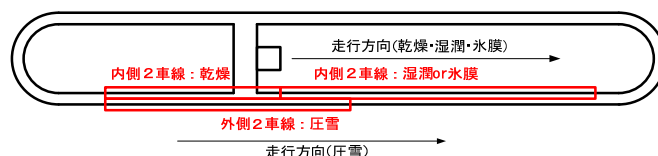


図-4 試験コースレイアウト

図-5 は、乾燥路面及び氷膜路面における試験結果である。乾燥路面におけるすべり抵抗値は LWFT, IR で 80 程度, 加速度計で 60~70 程度, CFT で 100 程度の値を示した。他方, 氷膜路面では LWFT で 20 程度, 加速度計で 10~15 程度, CFT で 40~50 程度, IR で 15~25 程度であり, 各計測装置は乾燥~氷膜における路面状態の変化を定量的に評価可能であることを確認した。ただし, 乾燥路面から氷膜路面へ路面状態が変化した時及び氷膜路面から乾燥路面に変化した時には, CFT は瞬時にすべり抵抗値が変化した, IR では CFT に比べて 4~7 秒遅れてすべり抵抗値が変化した。

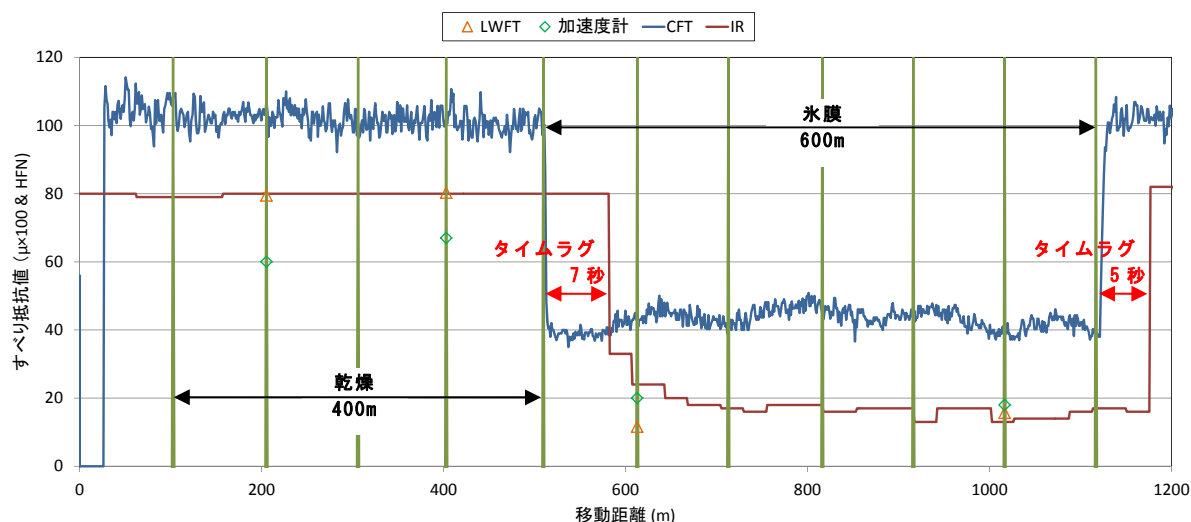


図-5 試験結果例（乾燥・氷膜路面）

図-6 は、100m 間隔で乾燥路面上に 50m の氷膜路面を 6 区間作成した場合の試験結果である。この場合において, CFT では氷膜路面の区間で 30~45 程度のすべり抵抗値を示した。一方, IR では乾燥路面 2 区間ですべり抵抗値が低下した。すべり抵抗値が低下した区間の延長及び図-5 に示した計測結果から, タイムラグと考えられる。なお, 他の区間ではすべり抵抗値が 70~80 程度で推移したことと併せて考えると, IR は頻繁に変化する路面状態の評価に課題があると考えられる。

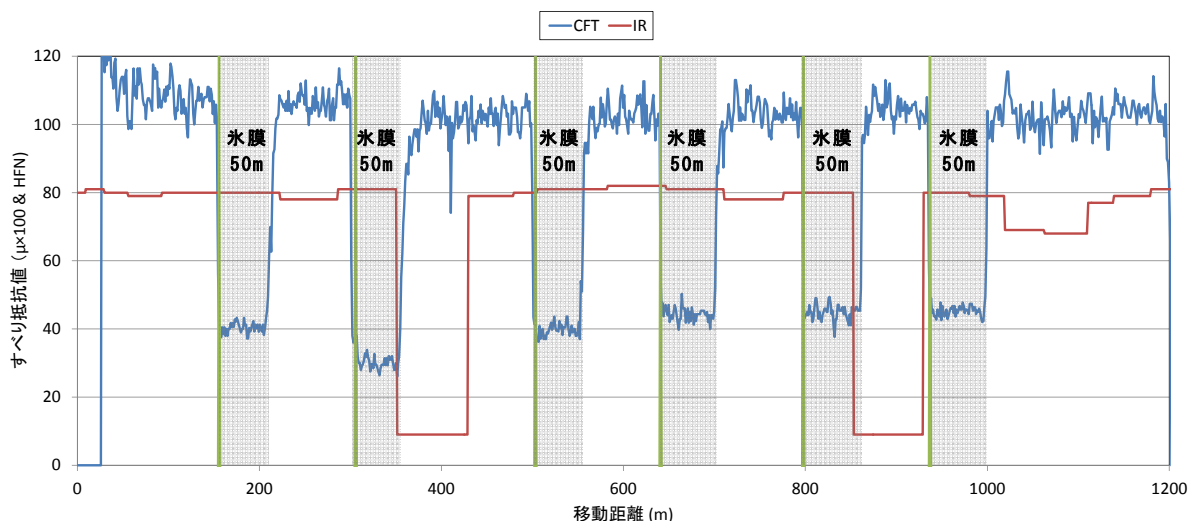


図-6 試験結果例（頻繁に変化する路面）

更に、6区間の氷膜路面の内、5区間に凍結防止剤を散布した後の試験結果を図-7に示す。図-6に示す試験結果と同様にIRのすべり抵抗値にはタイムラグと考えられるすべり抵抗値の変化が見られた。すべり抵抗値は、氷膜及び凍結防止剤散布後の路面において、CFTでは30～40程度であったが、IRではタイムラグと考えられるすべり抵抗値の低下が6区間中4区間見られた。なお、このすべり抵抗値の低下度合いは区間によって異なり、CFTのすべり抵抗値との関係性が見られなかった。タイムラグの影響が不明確ではあるが、凍結防止剤による氷膜の融解が路面状態の評価に影響を与えている可能性が考えられる。

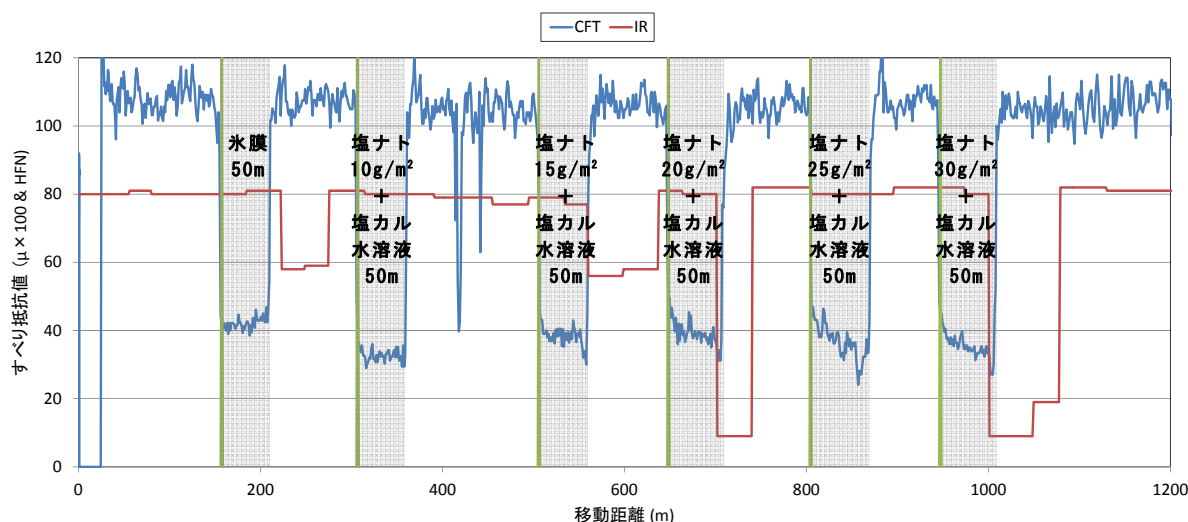


図-7 試験結果例（凍結防止剤散布後の路面）

4. まとめと今後の展望

本試験の結果より、IRは単一の路面状態が継続する場合には路面状態に応じたすべり抵抗値を出力することが可能であるが、4～7秒のタイムラグがあり、路面状態が急変する場合の評価に課題があると考えられる。また、本試験では凍結路面の区間延長が短かったため、凍結防止剤を散布した路面の評価について検証することができなかった。そのことから、凍結防止剤及び防滑材を散布した路面の評価特性の検証は今後の課題としたい。

最後に、本研究の実施にあたり、非接触センサの貸与等ご尽力頂いた関係各位に感謝の意を表するものである。

【参考・引用文献】

- 1) Taisto Haavasoja and Yrjö Pilli-Sihvola, 2010 : Friction as a Measure of Slippery Road Surfaces, 15th SIRWEC conference, CD-ROM