

連続路面すべり抵抗測定車の暖地積雪路面への適用と一考察

A consideration and application of vehicle mounted continuous friction tester to snow-covered road in warm and snowy area

藤本明宏¹, 齊田光¹, 福原輝幸¹
Akihiro FUJIMOTO¹, Akira SAIDA¹, Teruyuki FUKUHARA¹

¹ 福井大学

¹University of Fukui

1. はじめに

近畿地方では、積雪地と非積雪地の境界を横断するような道路が数多くある。積雪/非積雪地を結ぶ道路は、路面雪氷状態が多様に変化しやすく、ノーマルタイヤの車両走行が多い特徴を有する。こうした温暖積雪地域特有の道路事情は、凍結・積雪対策やタイヤ規制のタイミングをより難しくさせる。今後は、地域に相応しい凍結防止剤散布や機械除雪を支援するような新技術が必要となる。

路面すべり摩擦係数 (以下、 μ) は、冬期道路安全対策の有益な指標として、世界的に注目が高まっており、次の世界冬期道路会議 (PIARC)¹⁾ や国際道路気象会議 (SIRWEC)²⁾ のテーマの一つに挙げられている。従来の μ 計測では大型バスや加速度計が用いられたが、測定輪のフルロックや急制動を伴うために実用性に課題があり、 μ が現状の道路管理実務に定着しているとは言い難い。

平成 20 年に福井大学が導入した連続路面すべり抵抗測定装置 (Continuous Friction Tester: CFT) は、米国、カナダおよびスウェーデンなど、国内では土木研究所寒地土木研究所などで既に試験的に導入されており、通常の走行速度で連続的に路面のすべり抵抗値 (Halliday Friction Number: HFN) を測定できる。これまでに、徳永らは HFN と μ の関係を調べ、CFT を用いた μ の定量的評価は可能であると報告している³⁾。

本研究では、北近畿や北陸地方の道路で頻繁に出現する湿潤-シャーベット-圧雪状態下の CFT の性能と HFN の特性を詳しく調べるために、北近畿豊岡自動車道春日和田山道路で野外観測を実施したので、その結果を紹介する。

2. 連続路面すべり抵抗測定装置

図-1 は、CFT を装着した測定車 (測定状態) の外観を

示す。同図に示すように車両後部の第 5 輪 (測定輪) は、車両進行方向に対して微小な角度 (1~2° 程度) で路面と接する (図-2³⁾ を参照)。この測定輪を転がすことにより横力が作用して HFN が得られる。HFN はタイヤ空転時 (抵抗最小) を 0, 乾燥舗装走行時を通常 80 から 100 (路面温度に依存) となるように較正される。すなわち、HFN は、凍結路面のように滑りやすい (抵抗が小さい) 時に小さく、湿潤や乾燥路面のように滑り難い (抵抗が大きい) 時に大

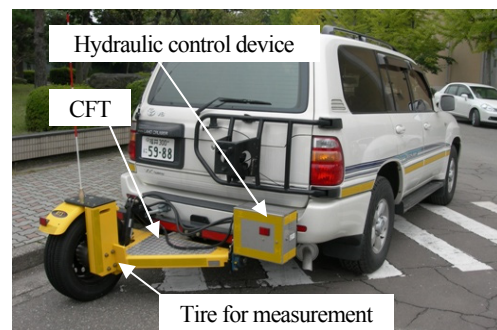


図-1 CFT を装着した測定車の外観 (測定状態)

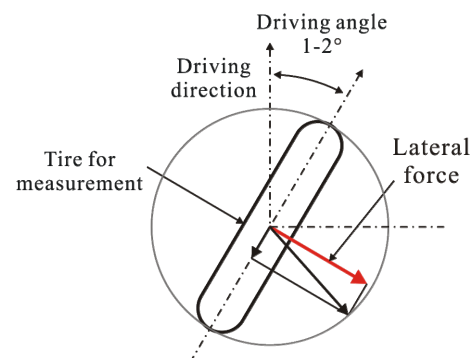


図-2 CFT の計測概念図³⁾

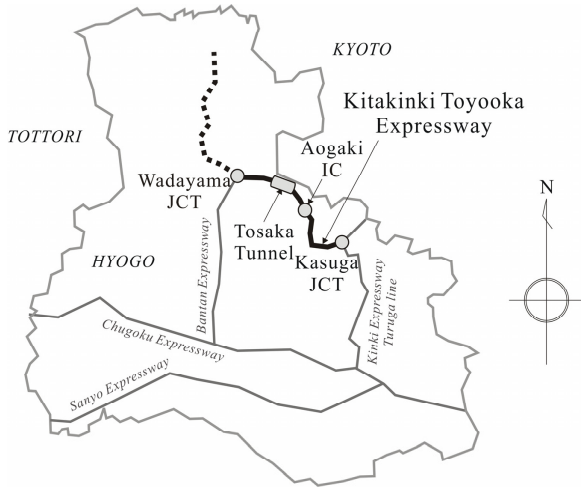


図-3 北近畿豊岡自動車道の概要

きくなる。HFN のサンプリングは 0.01 秒である。HFN の値は、外部記録装置に自動記録されると同時に、車内のディスプレイにもリアルタイムで表示される。

3. 野外観測の概要

野外観測は、北近畿豊岡自動車道春日和田山道路の遠阪トンネルと青垣 IC 間 (約 8.5km, 図-3 参照) を対象として、平成 21 年 1 月 14 日 17 時から 15 日 9 時まで実施した。

図-4 は、遠阪トンネルー青垣 IC 間の標高および道路構造をキロポストに沿って示したものである。図中上部にはトンネルの位置を、下部には高架橋あるいは橋梁の位置をそれぞれ示す。なお、幅員が 6m 未満のガードやアンダーパスは割愛した。図中の太線で示すように測定区間には多少の起伏があるものの、標高は青垣 IC (137m) から遠阪トンネル (217m) に向かって高くなる。当該区間には 6 つのトンネルおよび和田橋、徳畑橋および平野高架橋などがある。また、和田トンネルの和田山側坑口、徳畑橋および沢野トンネルの春日側坑口には、融雪システムが設置されている。氷上 IC での交通量調査によれば、当該路線の平日

の 12 時間交通量は約 5700 台である⁴⁾。

HFN 測定は、1 月 14 日 17 時、15 日 0 時、2 時および 6 時の計 4 回であり、それぞれ Mes. 1, Mes. 2, Mes. 3 および Mes. 4 と呼ぶことにする。測定時の車両速度は 40km/h であり、いずれも遠阪トンネルから青垣 IC に向かって測定され、約 12 分を要した。また、HFN の瞬間値は約 ±30 の範囲でばらつくため、本研究では加重移動平均した HFN を評価の対象とした。また、HFN はステア角に依存するので、両者の関係を別実験で求め、補正をした。さらに、測定車内にビデオカメラを設置し、測定時の路面状況を撮影した。なお、観測中は後備警戒車を配置し、測定車両および一般車両に対する交通安全に配慮した。

気象観測 (気温および時間降雪強度の測定) は、和田トンネルの和田山側坑口 (図-4 参照) で行われた。気温および相対湿度は Vaisala 製の温湿度計を用いて 1 分間隔で、時間降雪強度はノギスを用いて 1 時間間隔で測定された。

期間中、14 日 20 時と 22 時に凍結防止剤の散布が、15 日 2 時と 5 時に機械除雪が、それぞれ行われた。

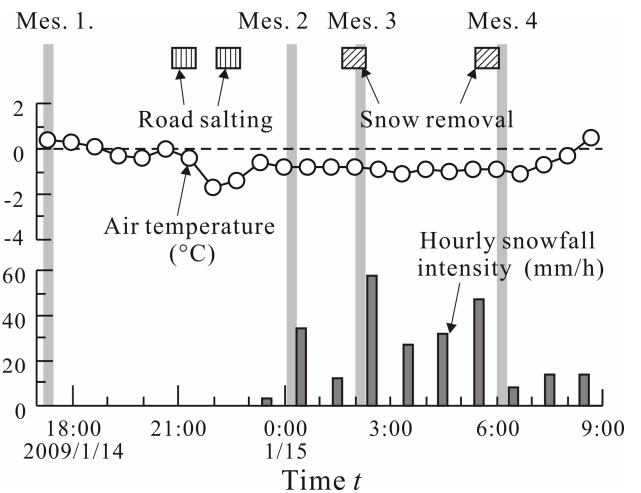


図-5 気温および時間降雪強度の時間変化、凍結防止剤散布および機械除雪の状況

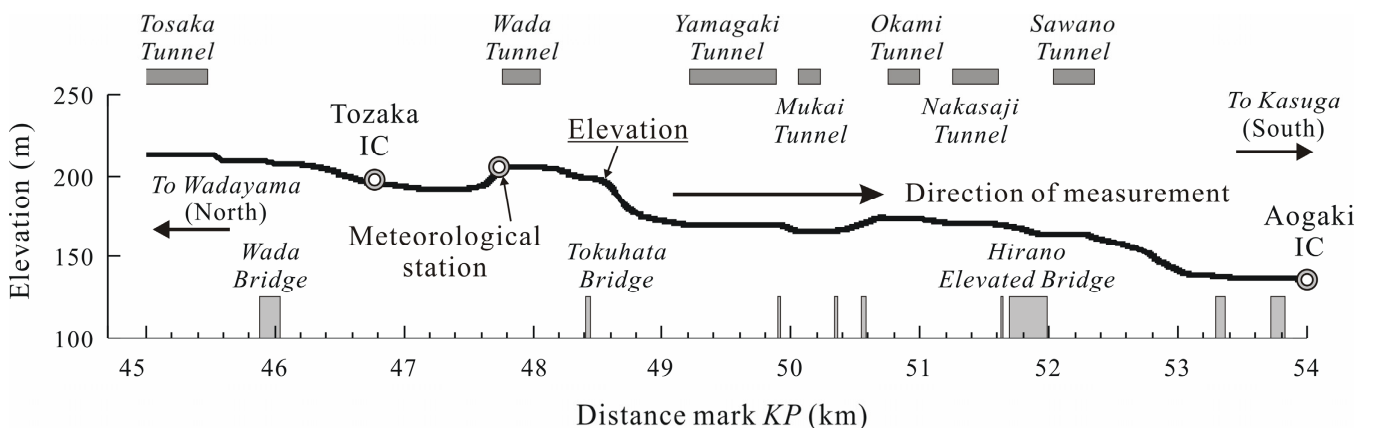


図-4 遠阪トンネルー青垣 IC 間の標高および道路構造



(a) 和田橋

(b) 青垣 IC

図-6 路面雪氷状態の時間変化（和田橋および青垣 IC）

4. 測定結果

4. 1 気象

図-5 は、気温および時間降雪強度の時間変化を示す。なお、同図には HFN 測定（Mes. 1～Mes. 4）および凍結防止剤散布と機械除雪の時間も記載した。

気温は、観測開始時の 0.5℃から緩やかに低下し、21 時に氷点下となった。その後は-0.5℃から-2.0℃の間を推移した。15 日 0 時から始まった降雪は翌朝まで続き、最大で 60mm/h に到達した。

4. 2 道路状況

図-6 (a)および(b)は、和田橋および青垣 IC における路面雪氷状態の時間変化を示しており、前者が北に位置する。

Mes. 1 では、両地点ともに湿潤状態であった。Mes. 2 の和田橋では路面が雪で覆われたが、車両が通過すると黒路面に変化したため、シャーベット状であったと推測される。他方、青垣 IC でも降雪はあったが、路面上に積雪はなかった。Mes. 3 では、時間降雪強度 50mm/h 以上の激しい降雪があったので、除雪車を追尾する状況（除雪直後）で測定が行われた。Mes. 4 では、降雪は小康状態となり、除雪車が出動した。路面では薄い圧雪層が観測された。

4. 3 路面すべり抵抗

図-7 (a)～(d)は、それぞれ Mes. 1, Mes. 2, Mes. 3 および Mes. 4 における HFN の路線分布を示す。図中の濃い灰色はトンネルを、薄い灰色は橋梁・高架橋を表す。

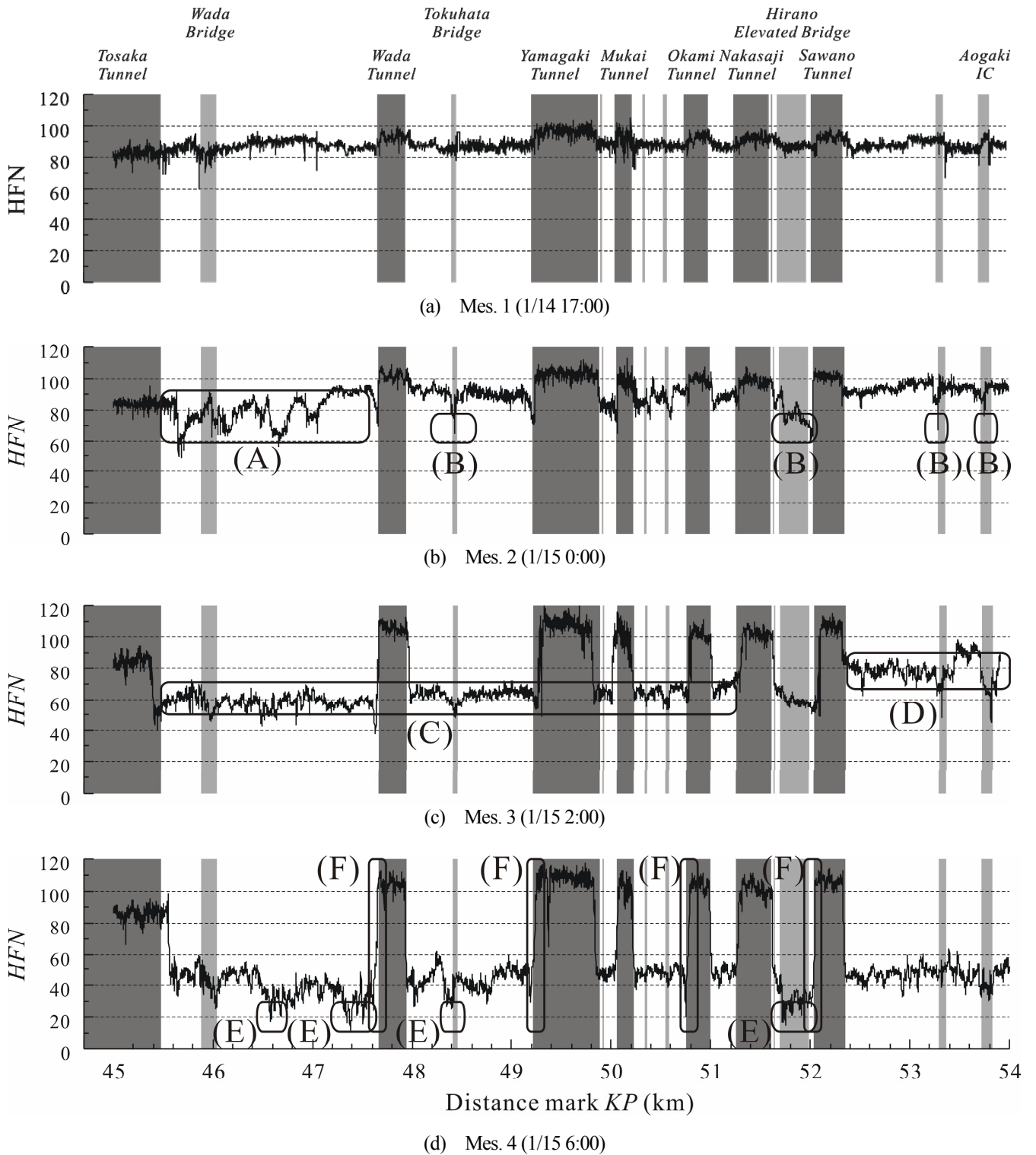


図-7 HFN 路線分布の時間変化

Mes. 1 の HFN は、全路線で 80 から 100 の範囲にあった。

Mes. 2 では、遠阪トンネルから和田トンネルの区間で、HFN の低下 (図中(A)) が見られた。和田トンネルから青垣 IC の区間では、橋梁 (図中(B)) のみ HFN が 80 を下回ったが、それ以外では湿潤路面の値と変わらなかった。実際にこの区間では、地覆部で黒路面、橋梁で白路面の時間帯が観測された。

Mes. 3 では、トンネル区間を除くと遠阪トンネルから沢野トンネルの区間 (図中(C)) と沢野トンネルから青垣 IC

の区間 (図中(D)) で HFN が二分されるような分布となり、平均値は前者で約 60、後者で約 80 であった。この時点でも、橋梁区間で HFN はさらに低下した。

Mes. 4 では、トンネルを除く全区間で HFN が 40 程度まで下がった。また、局所的 (主に橋梁) に HFN は 20 近くまで低下し (図中(E))、極めて滑り易い状態が現れた。トンネル区間の HFN は観測を通して変わらなかったために、図中(F)で示すように、トンネル坑口では短区間で HFN が急変した。

5. おわりに

本研究により、温暖積雪地における平地部と山間部を繋ぐ道路では、10km 未満の路線範囲であっても路面雪氷状態およびすべり抵抗に大きな違いが認められた。また、すべり抵抗はトンネル部、地覆部、橋梁・高架橋部の順に小さくなり、特に橋梁とトンネルが隣接する短区間で、すべり抵抗は急変し易いことが分かった。

今後、更にデータを蓄積することで、当該路線のすべり抵抗特性および危険箇所の把握が期待できる。

参考文献

- 1) PIARC, XII International Winter Road Congress, <http://www.aipcrquebec2010.org>
- 2) SIRWEC, Standing International Road Weather Commission, <http://www.sirwec.org/en/index.php>.
- 3) 徳永ロベルト, 舟橋誠, 高橋尚人, 浅野基樹, 林華奈子: 冬期路面管理におけるすべり抵抗値の活用に関する試験研究, 寒地技術論文・報告集, 北海道開発技術センター, Vol. 23, pp. 302-306, 2007.
- 4) 平成17年度道路交通センサス : <http://www.mlit.go.jp/road/ir/data/koutu/index06.html>