

雪氷路面のすべりまさつ係数について

正 員 ○高 橋 毅*
佐々木 政 男**
正 員 佐 藤 馨 一*
佐 藤 彪 式*

1. ま え が き

北海道の道路は冬期間雪で覆われる。したがって、交通確保のため、幹線道路では除雪が行なわれる。除雪路線は年々延長されているが、現行の除雪方式では路面の雪を完全に取除くことは困難で、多くの場合路面に若干の雪層を残す。この雪は交通車両の影響をうけて圧雪となり、さらに氷板となる。日中の暖気で融けた雪が、夕方再凍結して、路面が薄氷で覆われることもある。

一方、除雪路線の伸長は、冬期の自動車交通を増大させ、夏期にくらべると交通量は若干少くなるが、なお多くの車が、雪で狭くなった、数の少い幹線道路に集中する。

このようなことから、北海道では冬になると、路面のスリップに起因した衝突や追突、接触などの事故が頻発し、これが、悲惨な人身事故となることも少くない。雪氷路面のスリップに起因した事故は、特に冬型事故などとも呼ばれ、本道における冬期の交通事故の中で大きな割合を占めている。

積雪地において、交通事故対策を考える場合、雪氷路面の性質を知ることが非常に重要なことである。しか

し、雪氷の性質は複雑で、しかも、時々刻々変化する。また、自動車のタイヤも、その性質が複雑なことから、従来、問題とはされながら、その研究はごく一部の機関でしか取上げられず、まだ解明されていない点が少くない。

北海道開発局土木試験所では、道路の路面のすべりに関する調査研究の一環として、冬期の雪氷路面のすべりまさつ係数の測定調査を取上げ、雪氷の性質およびタイヤの種類とすべりまさつ係数の関係について検討を進めている。本報告は、昭和44年度に、道内の一般国道の雪氷路面で調査したすべりまさつ係数の測定結果を取りまとめ2、3の考察を加えたものである。

2. 調査の概要

(1) 調査箇所

雪氷路面のすべりまさつ係数の測定調査は、道内の一般国道で行なった。測定地点には、平坦な約1kmの区間が、雪質が一樣で、雪の性質が次にのべる雪の分類にはっきり対応する区間を選んだ。なお、参考のため、ウトナイ湖上の純氷面の測定を併せて行なった。調査箇所と測定年月日は表一に示したとおりである。

表一 路面雪質調査結果

測定 番号	測 定 年 月 日	測 定 ケ 所	気 象 条 件			路 面 の 積 雪 条 件								
			気温 (℃)	雪温 (℃)	天 候	雪 質		厚 さ (cm)			密 度 (g/cm ³)		硬 度 (kg/cm ²)	
						上 層	下層	全厚	上層	下層	上層	下層	上層	下層
※ 1	45. 1. 16	一般国道 230 号 定山溪中山峠	-8.5	-11.5	晴	圧雪	氷板	2.0 ~ 7.0	0.8 ~ 2.2	1.7 ~ 4.8	0.61 ~ 0.77	0.80 ~ 0.90	50 ~ 165	165 ~ 240
2	45. 1. 29	一般国道 5 号 ニセコ町宮田	-2.0	- 4.0	晴 ときどき 小雪	圧雪	氷板	4.5 ~ 8.5	4.5 ~ 7.0	0 ~ 3.0	0.63 ~ 0.65	0.87 ~ —	80 ~ 100	170 —
※ 3	45. 2. 6	一般国道 230 号 定山溪薄別	-6.0	-5.0	曇	圧雪	—	0.5 ~ 1.1	0.5 ~ 1.1	— ~ —	0.47 ~ 0.56	— ~ —	23 ~ 64	—
4	45. 2. 19	一般国道 40 号 美深町西里	-3.5	-2.0	晴	氷板	—	2.0 ~ 3.5	2.0 ~ 2.5	— ~ —	0.76 ~ 0.81	— ~ —	180 ~ —	—

* 北海道開発局土木試験所
** 北海道開発局札幌開発建設部

5	45. 2.21	一般国道40号 美深町大手13線	-1.0	-2.0	曇のち晴 ときどき 小雪	新雪圧雪	氷板	5.0 ～ 6.0	2.0 ～ 2.5	2.0 ～ 3.0	0.55	—	50	—
※ 6	45. 2.26	一般国道5号 倶知安町倶知安峠	-2.7	-3.7	曇	圧雪	氷板	2.6	2.0	0.6	0.76	0.91	63 ～ 100	—
7	45. 2.27	一般国道230号 喜茂別町川上	-4.0	-3.0	曇り小雪	新雪	氷板	5.5 ～ 6.5	4.0 ～ 5.0	1.5	—	—	—	—
8	45. 3.11	一般国道276号 喜茂別町留産	-3.0	-3.0	曇り小雪	新雪圧雪	—	1.0	1.0	—	—	—	60	—
9	45. 1.30	一般国道5号 ニセコ町宮田	-0.5	-3.5	曇	圧雪	—	2.0 ～ 8.0	2.0 ～ 8.0	—	0.61 ～ 0.63	—	130 ～ 160	—
10	45. 2. 7	一般国道230号 定山溪薄別	-3.0	-5.0	晴	圧雪	—	1.1 ～ 1.4	1.1 ～ 1.4	—	0.52	—	50	—
11	45. 1.13	ウトナイ湖				氷								

(注) ※印個所の気象および積雪条件は北大低温化学研究所の測定資料による。

(2) 雪質調査

すべりまさつ係数の測定調査とともに、調査区間内の代表的な位置で路面の雪質と調査時の気象を観測した。路面の雪は道路の横断方向に50～100 cm間隔で、積雪の厚さと雪質を調べ、路面上の積雪断面を記録し、さらに雪の温度、密度、硬度(木下式)も測定した。雪の分類は、北大低温科学研究所木下教授が提案された路面雪質分類(表一2)に従った。これらの測定結果は表一1に

表一2 路面雪質分類

雪質分類名	特 徴
な し	
新 雪	降ったばかりの雪。
こなゆき	粉状の雪、車の通過後まい上る雪。地ふぶき。
つぶゆき	粒状の雪。ざらめ雪。車の通過後まい上らないばらばらの雪粒。薬剤散布で出来た雪。
圧 雪	板状の雪。おしつめられた雪。
氷 板	板状の水。圧雪に水がしみこんで凍ったもの。とけて水になってから凍ったもの。
氷 膜	膜状の水。薄いフィルム状の水。氷の厚さ1 cm以下。
水べた雪	液状の雪。シャーベットのような水を含んだ雪。
水	

(注) 雪質名で上表の雪質の中間の雪質と思われるものは、例えば(圧雪一水べた雪)のように記入。該当するものがなければ、雪質状況を平文で書く。上記の雪質を細分類することが適当なものは、細分類した名前を記入。

併記した。

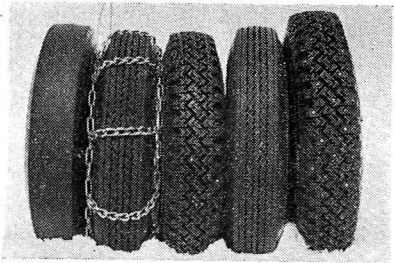
(3) すべりまさつ係数の測定

すべりまさつ係数の測定は北海道開発局土木試験所の走行試験車で行なった。

走行試験車は日産マイクロバス GHC—240 型を改造し後部床下に測定用の第5 輪を取付けたもので、トレーラー方式により、測定輪のタイヤと路面間の抵抗力を測定する装置である。走行試験車と測定方法の詳細については、昭和44年度研究発表会で報告したとおりである。

今回の調査では、縦すべりまさつ係数の測定を主とし、一部の調査個所で横すべりまさつ係数の測定を併せて行なった。

試験用タイヤは、ブリジストン製SKH5.60—13—4 prの普通タイヤ(クロスバイアス・リブタイヤ)、チェーン付普通タイヤ、スノータイヤ、スパイクタイヤの4種を標準とし、これに特製のスムーズタイヤを加えて計5種とした。(写真一1)試験時の標準輪荷重は、縦すべりまさつ係数測定時には300kg、横すべりまさつ係数測



写真一1 試験に使用したタイヤ

右から スパイクタイヤ
リブタイヤ
スノータイヤ
チェーン付 リブタイヤ
スムーズタイヤ

定時には200kgとし、標準空気圧は1.7 kg/cm²、測定時の試験車走行速度は20、40、60KM/Hとした。横すべりまさつ係数測定時のすべり角は20°とした。

3. 路面の雪氷の状態

幹線道路では降雪ごとに除雪が行なわれるので、新雪が降ったままの状態では路面に残ることは少ない。実際には、表一1のように、除雪後の残雪が自動車交通によって踏み固められた圧雪が路面にあることが最も多い。

測定時に観測した結果によれば、この圧雪表面のごく一部は車が通過するときに舞い上る粉状の雪で、圧雪の表面は、平坦でなめらかであった。また、圧雪の下面と舗装面との間には、厚さ3～5mmの薄い氷層があって、表に圧雪と記した路面も、実際にはごく薄い粉雪層、圧雪層および薄氷層の重なった状態となっている。

美深町西里(4)の氷板は、圧雪に水がしみこんで凍ったもので、表面には凹凸があった。この場合も表面のごく一部には粉状の雪があり、舗装面との間には氷板とは別の薄い氷の層があった。

(5)、(8)の新雪圧雪は、前日の路面が無雪または氷板で、前夜半以降の降雪が、測定時には既に圧雪状となっていたものを、他の圧雪と区別して示したものである。これは、他の圧雪とくらべると車両通過後舞上る雪の量が多く、雪質分類では粉雪に相当するものと思われる。

喜茂別町川上(7)の新雪は、氷板上に降ったばかりの少しめり新雪で、車両通過後の輪跡がトレッド模様を残す程度のしめり雪であった。

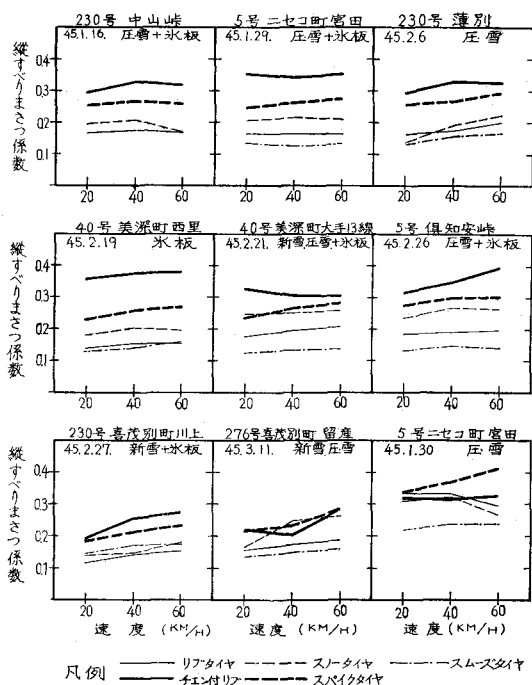
表一1から圧雪および氷板の密度および硬度の範囲は、圧雪で0.47～0.77 g/cm³、23～165km/cm²、氷板で0.76～0.81 g/cm³、180kg/cm²であった。

4. 雪氷路面の縦すべりまさつ係数

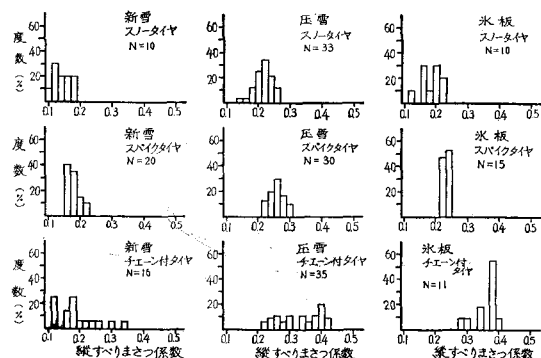
図一1は、調査箇所ごとにタイヤの種類および試験速度と縦すべりまさつ係数の平均値の関係を示したものである。図二はタイヤの種類と縦すべりまさつ係数の測定値の分布を雪質の種類、試験速度別にヒストグラムに示したものである。図二では、測定時におけるタイヤの接触面の雪質が観察によって明らかにされた喜茂別町川上(7)の新雪、ニセコ町宮田(2)および倶知安町倶知安峠(6)の圧雪と美深町西里(1)の氷板の3種について雪質ごとにまとめて示した。図中のNは測定値の数で度数は百分率で示した。

これらの調査結果から次のことがわかった。

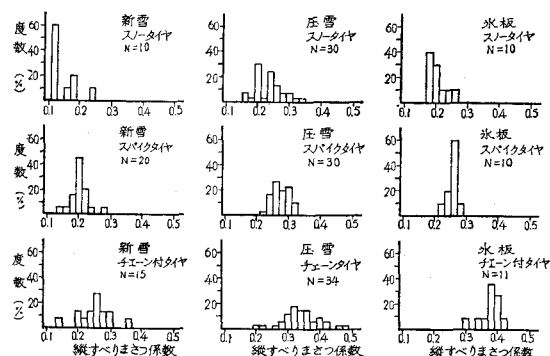
a) 雪氷路面におけるすべりまさつ係数は雪質とタイヤの種類によって異なる。この場合、タイヤと接するのは上層の雪だけでなく、その雪が軟かい場合や薄い場合



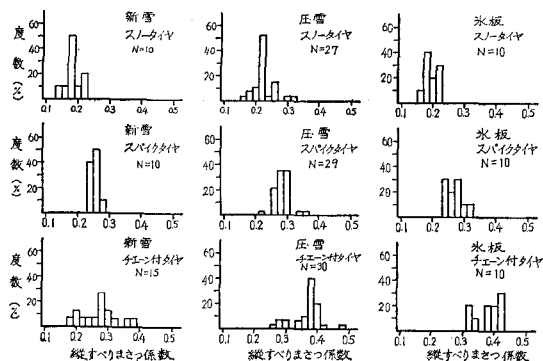
図一1 試験速度と縦すべりまさつ係数



図二(a) 縦すべりまさつ係数測定値の分布
速度=20km/H



図二(b) 縦すべりまさつ係数測定値の分布
速度=40km/H



図一2(c) 縦すべりまざつ係数測定値の分布
速度=60km/H

には第2層以下の雪となることもある。これから、雪質とすべりまざつ係数との関係は実際にタイヤと接触する雪質について考える必要がある。また、タイヤの接触面が一部は上層の雪で他の一部が第2層以下というように複雑になることもある。

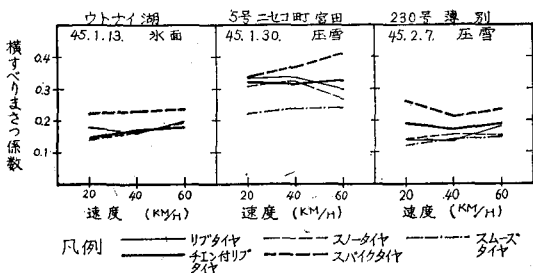
b) 雪氷路面のたてすべりまざつ係数の平均値は、チェーン付普通タイヤが最も大きく、次いでスパイクタイヤ、スノータイヤの順であった。

c) 雪氷路面の縦すべりまざつ係数は、雪質、タイヤの種類によって測定値が広い範囲に分布し、特にチェーン付普通タイヤでは、平均値は最も大きい、測定値の範囲も一番広く小さい方の値は普通タイヤと同じ程度のものである。スパイクタイヤは測定値の範囲が狭く、雪質に応じて安定した値が得られている。

d) 雪氷路面では縦すべりまざつ係数の速度による差は小さい。測定した範囲では、速度が遅い方がすべりまざつ係数がやや小さくなる傾向が見られる。

5. 雪氷路面の横すべりまざつ係数

図一3は測定箇所ごとにタイヤの種類および試験速度と横すべりまざつ係数の平均値の関係を示したものである。これから次のことがわかる。



図一3 試験速度と横すべりまざつ係数

a) 雪氷路面の横すべりまざつ係数はスパイクタイヤ

が最も大きい。チェーン付普通タイヤ、スノータイヤ、普通タイヤはいずれも値が小さく、その順位は雪質や速度によって異なり一定でない。

b) 路面が薄い圧雪で覆われていた薄別(10)では、タイヤの接触する面は、圧雪が削りとられて、下の舗装面上の水膜となり、測定値は氷面とほとんど同じ程度の値となった。

c) タイヤの接触面が圧雪層内であったニセコ町宮田(9)の場合はスパイクタイヤで0.34~0.41、他は0.3前後と氷面よりかなり大きい値を示した。これは、すべりまざつ係数が上層の雪質できまるのではなく、タイヤと接する雪質できまることを示すものである。

6. むすび

以上、北海道開発局土木試験所が調査した雪氷路面のすべりまざつ係数について取まとめ報告した。この結果、雪氷路面のすべりまざつ係数は、舗装面と異り、雪質やタイヤの構造と関係して非常に複雑であり、特に雪質は、路面の上層の雪だけでなく、第2層以下の雪質もすべりに関係があることが明らかになった。

また、雪質、タイヤの条件が同じようであっても、すべりまざつ係数の測定値は広い範囲に分布している。特に、チェーン付普通タイヤの場合、縦すべりまざつ係数の平均値は大きい値を示すが、個々の測定値では、普通タイヤと同じ程度の小さい値となることもあり、横すべりまざつ係数ではチェーン付普通タイヤは普通タイヤと同じ程度の値となることを合わせて考えると、チェーンを信頼しすぎることは非常に危険なことがわかった。

今回の調査では、測定した雪質は限られた範囲のものであった。また、雪氷上のすべりまざつ係数は気温、雪温や天候などにも関係があると思われるが、今回の調査では、その影響を明らかにするに至らなかった。

今後は、このような残された問題の解明に当たると共に、冬期においても安全かつ快適な自動車の走行を確保するための路面の雪氷の処理についても、さらに研究を進めたいと考えている。

最後に、この調査において、雪質の調査で御指導、御協力をいただいた、北大低温科学研究所の木下教授はじめ研究室の皆様、氷面上の測定およびスノータイヤの測定に便宜を図っていただいた北大工学部の加来助教授はじめ研究室の皆様には厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 高橋 毅, 佐々木政男, 佐藤馨一, 佐藤彪式, 金沢 勝: アスファルト路面のすべりまざつ係数の測定結果について: 昭和44年度土木学会北海道支

部研究発表会論文集（昭和45年2月）

- 2) 木下誠一，秋田谷英次：北海道における路面積雪調査：第9回日本道路会議特定課題論文集（昭和44年9月）
- 3) 板倉忠三，斎藤和夫：雪氷路面上のすべり事故に関する統計的分析：昭和43年度土木学会北海道支部研究発表会論文集（昭和44年2月）
- 4) 板倉忠三，加来照俊，塩田 衍，富田義晴：Sideway Force 法による道路の滑り測定：昭和42年度土木学会北海道支部研究発表会論文集（昭和43年2月）

- 5) 加来照俊，板倉忠三，小野寺雄輝：トルク計を使用した滑り抵抗試験車の試作と測定例：昭和44年度土木学会北海道支部研究発表会論文集（昭和45年2月）
- 6) 市原 薫，越 正毅：路面のすべり：交通工学シリーズ21 技術書院
- 7) 市原 薫：路面のすべり抵抗値に関する研究(2) —雪氷路面のすべりについて—：土木研究所報告138号（昭和45年1月）
- 8) 日本建設機械化協会：路面積雪調査報告書(1)：（昭和44年3月）