

氷雪路面の滑りについて

伊吹山四郎*
越正毅**

1. はしがき

従来、路面のすべり摩擦に関しては、多くの道路技術者が、各において、様々な研究を行なっているが、ここでは、そのうち、特に氷雪路面のすべりについて述べることとする。

この氷雪路面のすべりに関しては、1946~7年間に Moyer, R.A. を長とする委員会が、ミシガンおよびウィスコンシンで行なった実験報告¹⁾があつて、この実験では、凍結、積雪路面において、車種、制動技術、タイヤ チェーン、路面撒砂、荷重状態などの条件を種々変化させて、ある初速からの制動停止距離、半径約 200 ft の円周回路で維持できる最高走行速度、およびある速度まで加速するに要する時間などを測定している。

また、わが国では、日本自動車タイヤ協会が、スノータイヤ（積雪路面用として、特にタイヤのトレッドパターンを工夫したもの）について、雪上スリップテストを実施し、その報告書²⁾が発表されている。

さらに、日本道路公団の委託により自動車技術会が、東大生研 星埜 和教授を委員長として、各方面よりの権威者をふくめて道路委員会を組織し、昭和 34 年度は、この問題を研究課題として取り上げた。

筆者なども、この委員会のメンバーとして参加し、委員会の実験として、1960 年 2 月に、青森県で氷雪路面のスリップ試験を行なったものである。

ここに、その試験の概要を報告³⁾し、前述の Moyer の試験結果も合わせて説明し、氷雪路面のスリップに関する諸現象について、述べることとする。

2. 筆者等の行なった氷雪路面スリップテストの概要

(1) 試験方法

一般に、路面とタイヤとのすべりには、縦方向と横方向との 2 つの場合がある。

われわれの実験においては、縦すべり摩擦係数を求めるためには、制動をかけた車輪を牽引するさいの牽引力を、横すべり摩擦係数を求めるためには、横すべりしながら回転する車輪に、路面から加えられる横方向力を測

定する方法をとることとした。

そのため、走行中に制動をかけ、または横すべり角を与えることができるような構造を持った特殊な二輪トレーラーを製作して使用した。諸力の測定は抵抗線ひずみ計とペン書き オッショングラフを使用する電気的方法によつた。

(2) 試験内容

(a) 路面は積雪、凍結アスファルト舗装、乾燥アスファルト舗装の 3 種について試験を行なつた。積雪路面の雪の状態は、融雪、凍結をくり返し、暖気によって、ザラメ状になった状態で、雪の単位体積重量は 0.5 g/cm^3 、雪温 $0 \sim 0.3^\circ\text{C}$ 、気温 $3 \sim 9.5^\circ\text{C}$ であった。凍結路面の氷は、アスファルト舗装面上に散水車によって散水して凍結させたもので、舗装面は氷の膜によって完全におおわれた状態である。試験時の気温は $-1.5^\circ\text{C} \sim -4.7^\circ\text{C}$ であった。

(b) タイヤ サイズは 6.00-16.6 Pr の小型トラック用タイヤを使用し、タイヤのトレッドパターンは、リブ（縦溝）、ラグ（横溝）、スノーの 3 種類、タイヤ内圧は 360 psi とした。

(c) 輪重の大小が、すべり摩擦係数にかなりの影響をおよぼすことは、従来行なわれた研究によって十分考えられることであるが、今回の試験では一輪あたり 497 kg の一種類とした。この値は供試タイヤに標準たわみを与える内圧 35 psi、輪重 480 kg の状態に近いものである。

3. すべり摩擦係数

以下に、筆者等が行なった上記試験と、Moyer が行なった試験との結果について述べる。

種々の条件下におけるすべり摩擦係数は、表-1 やび図-1 のごとくである。表-1 は、筆者等の試験結果であり、図-1 は Moyer の試験結果を示す。図-1 には横すべり摩擦係数については触れていないので、表-1 と図-1 を縦すべり摩擦係数について、比較してみると、乾燥アスファルト、積雪、凍結各路面についてのすべり摩擦係数が、それぞれ、ほぼ似かよつた値となっていることがわかる。

(1) すべり摩擦係数と車速との関係

図-2 やび図-3 に、筆者等の試験結果を示す。図

* 正員 建設省土木研究所道路研究室長

** 正員 建設省土木研究所道路研究室

図-1 各種条件下における縦すべり摩擦係数値
(Moyer の試験結果)

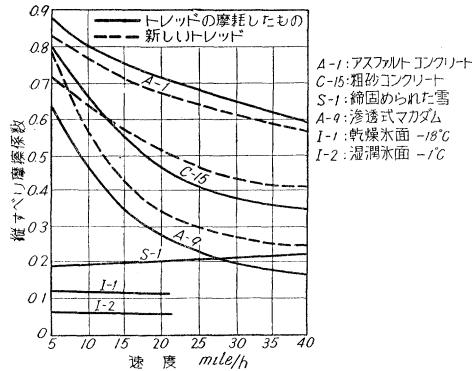


表-1 試験結果の要約値 (青森県における試験結果)

路面種別	条件	タイヤ種別	車速 km/h			
			10	20	40	60
縦すべり摩擦係数	① 乾燥アスファルト	リブ ラグ スノーノーブル	0.778 0.890	0.613 0.829		
		ブリザック スノーノーブル				
横すべり摩擦係数	② 積雪	リブ ラグ スノーノーブル	0.264 0.287 0.320			
		ブリザック スノーノーブル				
縦すべり摩擦係数	⑤ 凍結	リブ(チェーン付) ラグ(チェーン付)	0.126 0.125	0.107 0.122		
		リブ ラグ スノーノーブル				
	⑥ 凍結	リブ ラグ スノーノーブル	0.100 0.110 0.095	0.074 0.108 0.093		
		ブリザック スノーノーブル				
横すべり摩擦係数	① 乾燥アスファルト	リブ ラグ スノーノーブル	0.735 0.768 0.714	0.731 0.789 0.694	0.734 0.757 0.702	
		ブリザック スノーノーブル				
	② 積雪	リブ ラグ スノーノーブル	0.321 0.235 0.257			
		ブリザック スノーノーブル				
横すべり摩擦係数	⑤ 凍結	リブ(チェーン付) ラグ(チェーン付)	0.211 0.148	0.175 0.122		
		リブ ラグ スノーノーブル				
	⑥ 凍結	リブ ラグ スノーノーブル	0.114 0.090 0.125	0.119 0.090 0.121		
		ブリザック スノーノーブル				

注 1. 条件の内容は次のとおり。

- ① 乾燥アスファルト路面
- ② 積雪路面 (ザラメ状, 密度 0.5 g/cm³, 雪温 0~0.3°C, 気温 3~9.5°C)
- ③ 凍結アスファルト路面上に新雪 5 cm (気温 -3~-1°C, タイヤ チェーン付)
- ④ " " (" タイヤ チェーンなし)
- ⑤ 凍結アスファルト路面 (気温 -4.7~-1.5°C, タイヤ チェーン付)
- ⑥ " (" タイヤ チェーンなし)

注 2. 本表には条件 ③, ④ のデータを省略したが、図-2,3 にはこれらをふくめてあげておいた。

-1,2,3 から、一般的に車速の増加とともに、2,3 の例外を除き摩擦係数は減少する傾向が見られ、ことに横すべりより縦すべりの場合に顕著である。

(2) タイヤ チェーンの効果

表-1 から、タイヤ チェーンを取りつけた場合の摩擦係数增加率を求めたのが図-4 である。全体的傾向と

図-2 縦すべり摩擦係数と車速との関係

試験条件

- ① 乾燥アスファルト路面
- ② 積雪路面 (ザラメ状, 密度 0.5~1.2 g/cm³, 雪温 0~0.3°C, 気温 3~9.5°C)
- ③ 凍結アスファルト路面上に新雪 5 cm (気温 -3~-1°C, タイヤ チェーン付)
- ④ " " (" タイヤ チェーンなし)
- ⑤ 凍結アスファルト路面 (気温 -4.7~-1.5°C, タイヤ チェーン付)
- ⑥ " (" タイヤ チェーンなし)

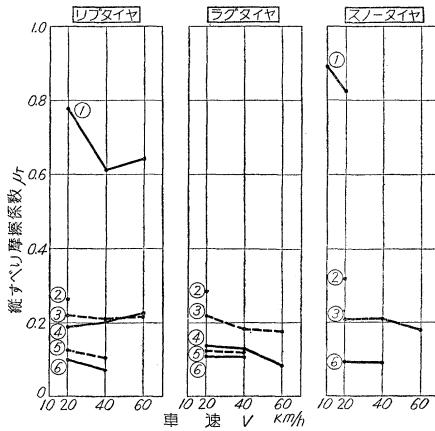
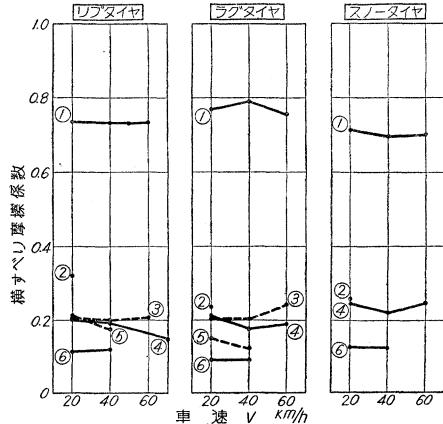


図-3 横すべり摩擦係数と車速との関係

試験条件

- ① 乾燥アスファルト路面
- ② 積雪路面 (ザラメ状, 密度 0.5~1.2 g/cm³, 雪温 0~0.3°C, 気温 3~9.5°C)
- ③ 凍結アスファルト路面上に新雪 5 cm (気温 -3~-1°C, タイヤ チェーン付)
- ④ " " (" タイヤ チェーンなし)
- ⑤ 凍結アスファルト路面 (気温 -4.7~-1.5°C, タイヤ チェーン付)
- ⑥ " (" タイヤ チェーンなし)



して、タイヤ チェーンの効果は縦すべりより横すべり (特に低速) に対して大きいと考えられる。Moyer の試験結果を示す 図-5,6 では、タイヤ チェーンを使用しない場合、平滑氷面上の制動距離は、乾燥コンクリート路面の約 10 倍、締め固められた雪面上では同じく 3~5 倍程度であるのに対して、タイヤ チェーンを取り

図-4 タイヤ チェーン

試験条件

- ⑤ 凍結アスファルト路面(気温-4.7~1.5°C, タイヤ チェーン付)
 ⑥ 同上 (タイヤ チェーンなし)

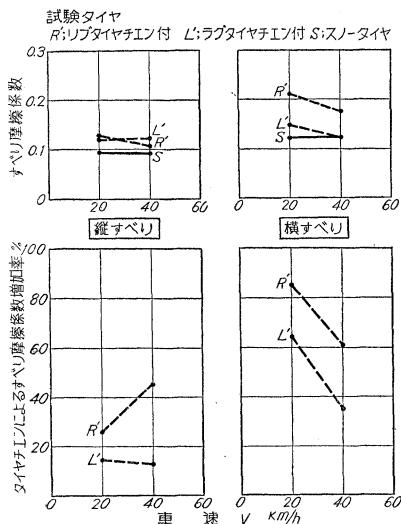


図-5 平滑湖面上における 20 mile/h の速度からの制動距離 (ft)

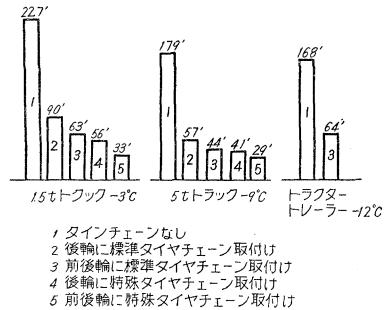
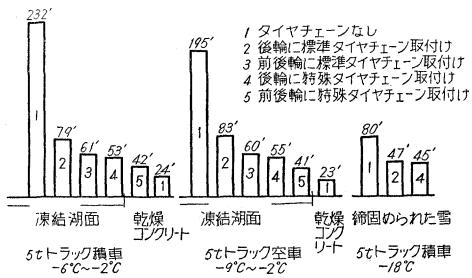


図-6 20 mile/h の速度からの制動距離 (ft)



つけた自動車の氷面上での制動距離は、タイヤ チェーンを使用しない乾燥コンクリート路面の場合の 2~4 倍で、特に氷面上に設計された特殊チェーンを使用すれば、氷面上の制動距離は、さらに短縮されると述べている。

(3) 撒砂の効果

図-7, 8 は、Moyer の試験結果を示すものである。砂撒き装置を使用すると、特に角張った砂の場合に制動距離がわずかに短縮される。良い砂を使用し、ポンピング

図-7 平滑氷面上における 20 mile/h の速度からの制動距離 (ft), 砂撒き装置を使用した場合

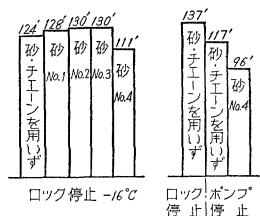
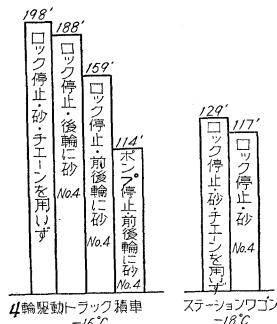


図-8 平滑氷面上における 20 km/h の速度からの制動距離 (ft), 砂撒き装置を使用した場合



グ ブレーキ (ブレーキ ペダルをくり返し踏む操作) を行なえば撒砂の効果が大きくなり、車輪をロックして停止する場合より 30~40% 制動距離が短縮されると述べられている。

(4) 制動技巧による制動距離の相違

これに関して Moyer は、ポンピング ブレーキとか、パワー ブレーキ (エンジン ブレーキの一種で、車輪がロックしない程度にアクセル ペダルで制動力を加減する) とかの制動技術が適正に使用されるならば、車輪をロックしないで停止する場合より 20% 制動距離が短縮されると述べている。このような制動技巧を使うと、車輪の横すべりが防がれ、制動時の操縦性が保たれる利点がある。

(5) タイヤ トレッド パターンによる摩擦係数の相違

筆者等の試験結果によれば、表-1 から表-2 のような関係が見出される。

表-2 タイヤ パターンの相違と摩擦係数

路面種別	縦すべり	横すべり
乾燥アスファルト路面	スノーリブ	ラグリブ
積雪路面	スノーラグリブ	リブスノーラグ
凍結路面	ラグスノーリブ	スノーリブラグ

この関係から、スノータイヤは、積雪路面の縦すべり、凍結路面の横すべりに対して効果的であり、タイヤ チェーンのように路面を損傷することが少ない利点がある。

表-3 旋回試験結果

氷結路面上の周回路(半径約200 ft)で維持できる最高速度

		乗用車	1.5t トラック (空車)	1.5t トラック (積車)	5t トラック (空車)
氷上最高速度	タイヤ チェーンなし	mile/h	14.7	12.4	15.1
	駆動輪に標準タイヤ チェーン取りつけ	mile/h	18.6	14.0	20.0
	駆動輪に特殊タイヤ チェーン取りつけ	mile/h	20.4	14.4	20.8
	全輪に標準タイヤ チェーン取りつけ	mile/h	20.5	15.5	25.0
	全輪に特殊タイヤ チェーン取りつけ	mile/h		19.5	27.9
					21.8

4. 氷結曲線部における最高速度

Moyerは、さらに氷結曲線部においての最高速度についての一例として、半径200 ftの氷結周回路での実験を行なっている。その結果は、表-3のごとくである。

5. 結び

以上のべた事柄は、それぞれの条件下においてのみ成立することであって、冰雪その他の条件が異なる場合にまで普遍的に適用されるものでないことはもちろんであ

るが、冰雪路面のすべりやすさというもののおおよその見当をつけることはできよう。

表-1 および図-1を概観してみると、乾燥アスファルト路面における、すべり摩擦係数が0.7前後であるのに対し、積雪路面では0.2~0.3、凍結路面では0.1内外、タイヤ チェーンを使用しても、せいぜい0.2程度であって、高速交通の安全に対して十分であるとはいえないであろう。

なお、本実験に關し、御協力下さった建設省東北地建津軽工事々務所長 中村一郎氏はじめ 職員の方々および絶えず、実験の御指導を頂いた東大生研 星塙 和先生ならびに委員の方々に厚く感謝する次第である。

参考文献

- Highway Research Board, Proceedings Vol. 27, 1947
- 「スノータイヤ試験報告書」日本自動車タイヤ協会、昭和35年2月
- 「冰雪スリップ防止研究報告書」自動車技術会道路委員会、昭和35年3月

(原稿受付: 1960.10.27)

土木設計・計画・施工のコンサルタント 大好評・たちまち重版!

土木設計データブック

- 土木設計全般に亘って必須事項を公式・数表・図面により具体的に示した。
- 内容は大項目22、小項目約350に分け、各小項目をページ単位に纏めた。したがって、ルース・リーフ式に使用することができる。
- 各分野の設計データは最新のものであって必要に応じて計算例・使用例・設計例を入れた。
- 工事の計画・見積・施工などにも十分役立ち得ることを考慮した。
- 各分野における示方・仕様規格のうち設計に必要な部分を抜萃してある。
- 建設業界・各メーカーと提携して、特殊技術・製品の種類および性能などを集録し、これを資料篇として加えた。

編集委員会

建設省土木研究所	伊春木	東日	茂公	富昌道	野中
中央大学博教	木	日	公	道	八
オリンピックコンサルタント	春	月	正	一	政
常務取締役	木	月	彦	三	田
東京都水道局長	小	日	泰	成	藤
東京都水道局給水部長	扇谷	月	秀	勝	仁
建設省道路局橋道課長	中	月	直	間	正
建設省中部地方建設局長	成	月	俊	瀬	三
日本工大工学部教授		月	谷	勝	川
日本工大工学部教授		月	堀	成	道
日本工大工学部教授		月	秀	成	道
日本工大工学部教授		月	屋	勝	良
日本工大工学部教授		月	秀	成	録
日本工大工学部教授		月	秀	成	篇

建設大臣官房 小林泰秀先生推賞

監修者 本谷正三

東京都水道局下水道本部	野沼比深谷堀米屋	中田田堀米屋	八政俊直秀
技術部長	長士社士	長士社士	長士社士
早稲田大学教授	博士	博士	博士
建設省港湾局計画課長	博士	博士	博士
日本交響学園	博士	博士	博士
仙台農地事務局長	博士	博士	博士
早稲田大学教授	博士	博士	博士
大項目の分類	構鋼木コク	造力構	鐵水河水港上下都工工路港
	筋	學造橋トトト工工	力・ダ・海
	プレス	コンクリート	水水
	土基	コンクリート	市地
	道空	力	計改
		基礎	料

定価 3,200円 (B5 大判 780 頁 豪華本)

森北出版株式会社

東京・神田・小川町3の10
振替口座東京 34757・電(291)2616・4510・3068