

IV-163 積雪地方の道路の縦断勾配に関する考察

科学技術庁 国立防災科学技術センター 正員 栗山 弘
 建設省 雪害実験研究所 中 邨 脩
 建設省 北陸地方建設局 稲垣 稔

1. まえがき

積雪地方における道路の縦断勾配が大きい場合は、路面凍結や圧雪が生じると、交通事故の多発傾向とともに停止した車の再発進が不能となり、しばしば交通渋滞をおこす。本報文は道路の縦断勾配および、圧雪とタイヤ間の粘着力の関係から、車の坂路発進の可否を検討し、積雪地方の道路の縦断勾配について考察する。なお、勾配部分における車両事故についてはここではふれない。

2. 自動車の坂路発進

自動車の出し得る駆動力を F 、走行抵抗を R とすると、自動車が発進・走行するには $F \geq R$ でなければならない。自動車の駆動力は、エンジンの能力による制限と、路面とタイヤ間の粘着力による制限がある。雪氷路面上では粘着力の低下による駆動力の減少が問題となるので、ここでは粘着力と発進可能勾配を検討する。

$F \geq R$ から次式が成立する。

$$\eta W a \cos \theta \geq \mu W \cos \theta + \frac{b}{g}(1+\varphi)W + W \sin \theta + \lambda A v_a^2$$

η : 路面とタイヤの粘着係数, μ : タイヤのころがり抵抗係数, θ : 坂路縦断角度, $W a$: 駆動輪荷重

W : 車両総重量, b : 車の加速度, g : 重力の加速度, λ : 空気抵抗係数, A : 車の前面投影面積

v_a : 車の対空速度, $\varphi = \frac{\Delta W}{W}$ ΔW : 車の回転部分相当重量,

$i = \tan \theta$ として, θ は小なることを考慮して, 発進・走行可能勾配は次式で示される。

$$i_1 \leq \eta \frac{W a}{W} - \mu - \frac{b}{g}(1+\varphi) \quad (\text{発進 } \frac{\lambda A v_a^2}{W} \approx 0)$$

$$i_2 \leq \eta \frac{W a}{W} - \mu - \frac{\lambda A v_a^2}{W} \quad (\text{定速度走行})$$

通常の発進のときの $\frac{b}{g}(1+\varphi)$ と走行のときの $\frac{\lambda A v_a^2}{W}$ では $\frac{b}{g}(1+\varphi) > \frac{\lambda A v_a^2}{W}$ なので $i_1 < i_2$ となり、雪氷路面の道路の縦断勾配は車の発進可能勾配で制限されることになる。

3. 発進可能勾配の算出

圧雪路面の η と μ は種々の条件により変化するが、北陸地方の路面圧雪の硬度と η , μ の関係を調査したものを図-1に示す。

$\frac{W a}{W}$ は車の積荷状態で、 b は運転操作で、 φ は変速段でそれぞれ異なるが、ここでは乗用車(1200 cc 5人乗車 $\frac{W a}{W} = 0.524$, $\varphi = 0.88^{(1)}$)と、11t平ボデートラック(11t積載 $\frac{W a}{W} = 0.744$, $\varphi = 1.56^{(2)}$)を対象として、圧雪路面上の慎重な発進の加速度として $b = 0.05g$ 、無雪路面上の静かな発進に相当する加速度として $b = 0.08g$ を用いて図-1の η , μ から発進可能勾配を求めたものを図-2, 図-3に示す。

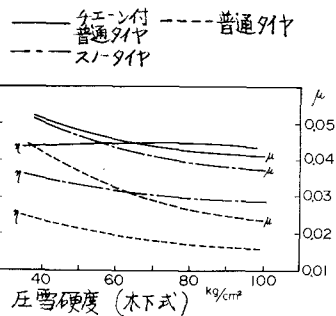


図 - 1

4. 縦断勾配に関する考察

図-2, 図-3の勾配は条件のよいときのものでありながら、普通タイヤは坂路上的な発進はほとんど不可能であり、冬期装備のスノータイヤでも、慎重な発進で乗用車は5%以下、トラックは8%以下であるのは注目する必要がある。積載量が減る場合や、急発進をする場合には、曲線は下方に移動し発進可能勾配は小さくなる。圧雪路面上で発生するタイヤの駆動力は、大別すると圧雪とタイヤの摩擦力和、圧雪にかん入したタイヤのトレ

ツド部分またはチエーンが、タイヤの法線方向に圧雪を剪断または圧縮するときの抵抗力の和である。坂路発進する場合は、エンジン回転を増してクラッチを接続するので、はずみ車などに蓄積されたエネルギーが急に駆動輪に伝わり、圧雪にかん入したトレッドまたはチエーンが圧雪に衝撃的な力を及ぼし、圧雪の抵抗面を破壊して駆動輪が空転しがちになる。圧雪の性状によるが一度空転すると、普通タイヤ、スノータイヤは圧雪面をポリッシングし、チエーンは圧雪面を破壊し、いずれも μ が減少し、さらに発進を困難にする。

多雪地方を通過する幹線道路の国道17号線湯沢町～新潟・群馬県境における昭和49年度冬期の、交通渋滞の原因となった坂路の発進不能は表-1のとおりである。

ノーチエーンには乗用車、トラックのいずれも含まれているが、シングルチエーンはすべて大型トラックであり、これにはスノータイヤにシングルチエーンを装着してなお発進不能になったものが含まれているのは注目しなければならない。実際にはスノータイヤ装着の乗用車でも発進不能になるが、軽量のため、人力

の補助や、条件のよいところへ下って再発進するなど、右表に含まれるような長期渋滞の原因となることは少ない。大型車は何回か発進を試みるうちに、左右輪下の路面条件の差などで、他車線をふさぐような偏移動をし、重車両でけん引しなければ回復しないケースが多い。

縦断勾配を定めている道路構造令では設計速度60km/hの道路では5%、止むを得ない場合は8%としており、同令の解説と運用では、積雪地の勾配として8%、交通量の多いところは6%で押えるとしているが、これらの勾配は図-2、図-3および、表-1のトラアルの50%以上は6%以下の勾配でおきていることなどから、積雪地の縦断勾配としては過大であるといえる。

5. まとめ

- (1) 北陸地方の路面圧雪とタイヤの間の粘着係数と、ころがり抵抗係数を測定した結果から、車の発進可能縦断勾配を求めた。
- (2) 圧雪路面上の発進可能縦断勾配は、良好な条件下でチエーン付タイヤは、トラックで約15%、乗用車で約10%、スノータイヤは、トラックで約6%、乗用車で5%以下である。
- (3) 道路構造令で定めている地方の幹線道路の縦断勾配は、(2)および実態調査の結果から過大であると考えられる。
- (4) 積雪の多い山間地では、縦断・横断勾配ともに大きい、したがって合成勾配の大きいところが多いので、坂路発進による交通トラアルは多くなる。

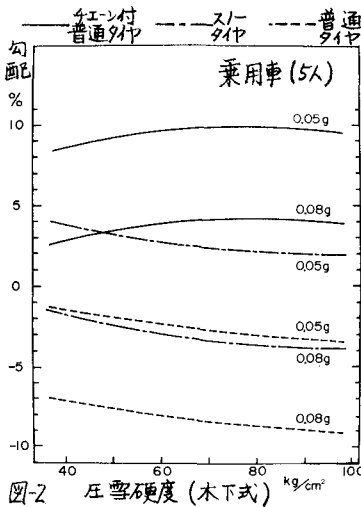


図-2 圧雪硬度(木下式)

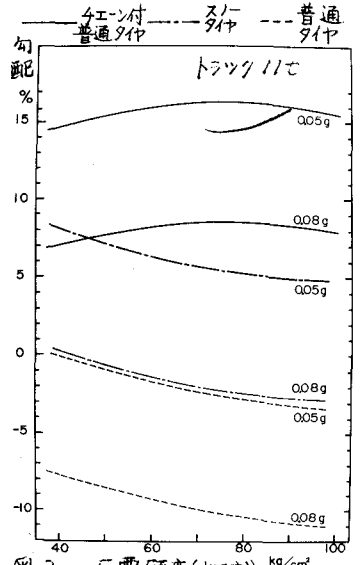


図-3 圧雪硬度(木下式)

表-1 坂路発進不能比率

勾配%	1-チエーン	シングルチエーン
4.9 以下	55.6 %	7.8 %
5.0 ~ 5.9	5.6	53.1
6.0 以上	38.8	39.1
計	100	100

引用文献

1), 2) 自動車技術会編 自動車工学ハンドブック

図書出版

3) 道路構造令の解説と運用

日本道路協会