

II-371 流雪溝の雪輸送能力に関する基礎的研究

J R 西 日 本 正 員 吉永一義
長岡技術科学大学 正員 福嶋祐介
長岡技術科学大学 正員 早川典生

1. はじめに

流雪溝は多雪地域において用いられる除排雪手段の一つであり経済性、除雪効果に利点がある。現在までの流雪溝の多くは、地形的に水路勾配が大きくとれる地域で設置されている。流雪溝の利点を生かして平坦地にも設置を可能にするためには、流雪溝の雪輸送能力又は閉塞限界、及び雪輸送による水深増加を的確に把握する必要がある。しかしながら、これらの検討は従来、経験や実験¹⁾に基づいており理論的検討²⁾³⁾はその例が少ない。

本研究は流雪溝内の流雪機構の基礎的な水理学的特性を明らかにすることを目的とし、理論的及び実験的に検討を行った。

2. 移動限界水深について

流雪溝内の水深が小さく雪が底面と接する場合、水流が存在しても雪は静止する可能性がある。ここでは、雪が移動を開始する限界の水深、移動限界水深の理論式を求め、実験的に検討した。

実験には屋内に設置された可変勾配二次元開水路を用い、また、模擬雪塊として立方体に整形した木片を使用した。木片は実際の雪塊に近い密度(0.46~0.67)を持ち、水没時の密度変化を防ぐために塗装を施した。実験方法は、通水状態にした開水路の底に木片を置き1/8000~1/100の間で9段階の勾配、及び様々に変化させた流量に対し静止状態にある木片が移動するか否かを調べた。木片の大きさは大中小の三種類とし、木片と水路床の静止摩擦係数を予め測定した。図.1に結果を示す。

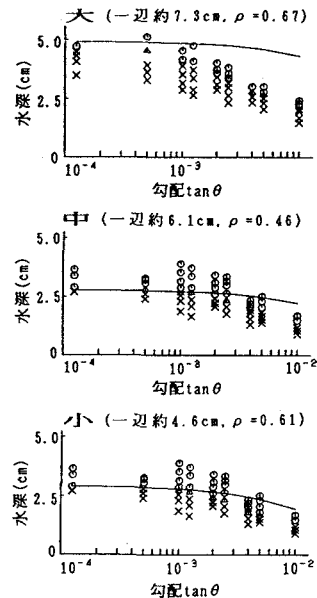
理論的検討において、基礎式には流雪溝内にある雪層の力の釣合式を用いた。理論展開では、雪層は流体のせん断力により移動するものとし、また、 Manning式を拡張した固相及び液相の移動速度式を基礎式に与えた。得られた理論移動限界水深 h を以下に示す。

$$h \geq \frac{c(\mu_0 \cot \theta - 1)(1 + (\frac{n}{n_s})^2 \frac{S_0}{S_w})}{1 + c(\mu_0 \cot \theta - 1)(1 + (\frac{n}{n_s})^2 \frac{S_0}{S_w})} (\frac{\rho_s}{\rho_w}) h_s \quad (2.1)$$

ここで c は雪の固相率、 μ_0 は静止摩擦係数、 θ は水路の傾斜角、 n , n_s は各々壁面及び雪塊と壁面との摩擦応力に関する Manning の粗度係数 ($n = n_s$ とした)、 S_0 は水路の潤辺、 S_w は水流の潤辺、 ρ_s , ρ_w は各々木片及び水の密度、 h_s は木片の高さである。理論式適用の結果を図.1に実線で示す。移動限界水深は勾配が急になるに従い減少することを理論的、実験的に示している。

3. 雪塊投入に伴う水深増加現象について

流雪溝の設計運営において、雪塊投入に伴う水深増加現象の把握が必要であり、実験及び理論的に検討を



(○移動、×静止、△遷移状態、—理論値)

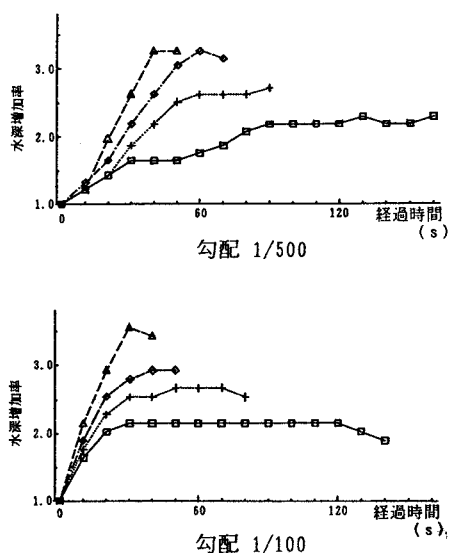
図.1 流雪溝勾配と移動限界水深の関係

行った。実験には、前述の開水路及び、一辺約 4.6cmの木片($\rho=0.54$)を用いた。実験方法は、定常状態に通水した開水路に、毎秒 5、10、15あるいは20個の木片を投入し、10秒間隔の水深及び木片の移動速度を測定した。水路床勾配は 1/100と1/500 の二種類とした。

水深増加率の三項移動平均結果を図.2に示す。水深増加率は木片投入後と投入前の水深の比(h/h_0)である。図2によると、増加の割合は断面平均流速の大きな勾配 1/100の方が大きい。これらの最大値を各ケースの増加水深とし、2.と同様にして得られた理論式と、比較した結果を図.3に示す。理論式は、雪層は浮遊し、マンニングの粗度係数は投入前と投入後で変化しないという仮定を用いて以下の式を解いて得られた。

$$\frac{h}{h_0} = \frac{1}{(1-c)^{3/5}} \left(\frac{B+2h}{B+2h_0} \right)^{2/5} \quad (3.1)$$

ここでBは水路幅である。図において、実験と理論の両者は互いに増加傾向を示している。但し、非常に多くの木片を用意することが困難であったため、固相率の小さな範囲での実験になった。



(投入量: □ 5個/s、+ 10個/s、◇ 15個/s、△ 20個/s)

図.2 水深増加実験結果

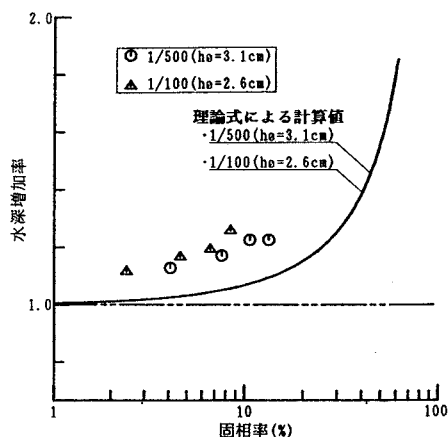


図.3 理論式への適用結果

4. 結論

- ・流雪溝内の雪層の閉塞問題に関係付けられる雪層の移動限界水深を与える式を理論的に導き、実験により確認した。
- ・雪塊投入に伴う水深増加を表す式を理論的に示すことができ、これは実験によってもその傾向を確認した。これらにより、雪の投入による水深増加、流雪能力及び閉塞の予測の可能性を示すことができた。

謝辞

本研究は長岡技術科学大学技術開発センタープロジェクト「市街地の除排雪システムの開発研究」の一部として行われたものである。本研究においては吉原 健技官、大学院生岡村康一君の協力を得た。

参考文献

- 1) 例えば、高橋博、中村勉、雪氷防災、白亜書房、1986, pp. 179-193
- 2) 佐藤敏之、首藤伸夫、雪混じり流水の抵抗法則、第27回水理講演会論文集、1983, pp. 801-806
- 3) 福嶋祐介、流雪溝の水理学的検討、第七回土木学会新潟会調査研究発表会、1989, pp. 13-18