

○東北大学大学院 学生員 佐藤敏之
東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

雪投入開始前に水のみが流れている流雪溝内に雪が投入されると、溝内には雪塊が連続して流下するようになり、この雪塊まじりの水（以下溝内流体と呼ぶ）の流速はしだいに低下してくる。この流速の低下の最終的な結果として溝内流体はその流下を停止する。流雪溝に流入した水が雪の流入のない場合に停止することはありえないから、雪の混入により溝内流体になんらかの抵抗が加わったことになる。

著者らはこの抵抗として、雪塊と壁面の摩擦抵抗のみに着目し雪塊の流下による摩擦損失係数の形で評価した。しかし抵抗の増加を壁面の摩擦のみに求めることには疑問があった。そこで今回行った実験により、投入された雪と共に流下する溝内流体の内部構造の観察を行ない、その抵抗要因について考察した。

2. 実験装置と実験方法

実験は、昭和56年3月16日と3月17日に宮城県大崎市の白石川沿いの場所に設営した野外実験施設で行なった。実験装置の概要を図1に示す。実験に使用した水路は透明アクリル製で幅10cm、深さ20cm、総延長10mである。路床勾配は0.0047と0.0094の2種類である。この水路左端にヘッドタンク兼用の三角せきを設置し、白石川より取水した水をヘッドタンク部に任意の流量とし、水路に定常的に給水した。この状態で水路左端から1mのところより下流側に設定した1.25mの雪投入区間で雪を定常的に90秒間投入した。この雪投入時に観測された水深と流下する雪底の位置を水路左端から5.65mと7.65mの2点の測定点に設置した16mmシネカメラで記録した。この2台のシネカメラは同期させており、サンプリング時間は0.1秒である。

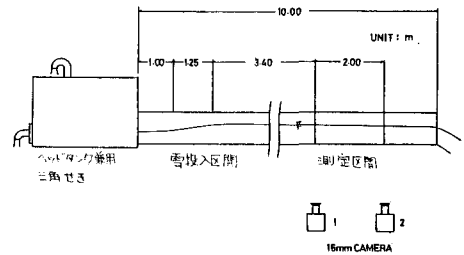


図1 実験装置の概要

3. 実験結果と考察

(i) 雪投入前と雪投入時の摩擦損失係数の比較

雪投入時に測定点で得られた水深の経時変化はほぼ定常的であり、その一例は文献(1)で紹介済みである。そこで測定点における水深の時間的平均を求め断面平均流速 U_{ws} を算出した。この値を使い摩擦損失係数 f_{ws} を次式により求めた。データはすべて下流側の測点で得られたものである。

$$\sqrt{\frac{2}{f_{ws}}} = \frac{U_{ws}}{U_*} \quad U_*: \text{摩擦速度} \quad (1)$$

雪投入前の摩擦損失係数 f_w も同様にして求め雪投入前と雪投入時の摩擦損失係数を比較した。流量 Q_w と Q_{ws} を横軸にして各流量における摩擦損失係数を図2に示す。白抜きは雪投入時、黒は雪投入前のデータである。雪底の位置の経時変化は雪投入中の90秒間観測した。図中、白抜きデータの数字は投入を開始して雪が最初に測定

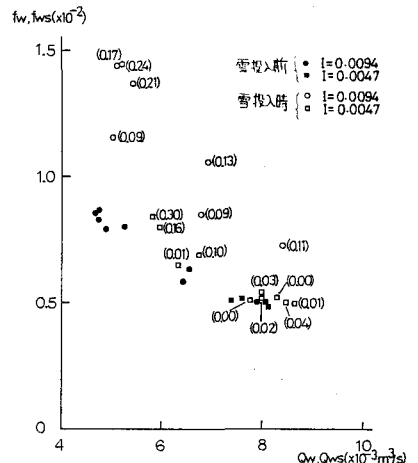


図2 摩擦損失係数の比較

点に流れついてから実験の終了までの時間に雪底が全水深の90%以上の水路底付近を流下した時間の相対頻度である。

図をみると雪が混入して流下する場合、同流量の水が流下する場合と比較して摩擦損失が大きくなっていることがわかる。上述したように、著者らはこの抵抗要因を雪と壁面の摩擦抵抗に求めた。そこで雪と壁の接触頻度あらわす指数として水路底付近を雪底部が流下する相対頻度 r_{h90} で f_{ws} を比較すると、相対頻度の増加により f_{ws} が増加するものの、その増加傾向と相対頻度の増加傾向には関連性が見い出せない。さらに16mmフィルムの解析の際の観察でも、本実験の場合水路底をすべりながら流下する雪塊は少なかった。

(ii) 雪の平均的通過断面

前項で使用した雪と壁との接触頻度をあらわす指数 r_{h90} は、水深方向のみを考えた一次元的なものである。そこで雪流下中の溝内流体の通水断面A内での雪の平均的通過断面 A_s の形状について求めてみた。

雪の体積混入率を K_s とする。

$$K_s = \frac{Q_s}{Q_w + \frac{B_s}{\rho_s} Q_s} = \frac{Q_s}{Q_{ws}} = \frac{B_s \cdot h_s \cdot v_s}{B \cdot h_{ws} \cdot v_{ws}} \quad (2)$$

ここで Q_s : 雪の投入量, Q_w : 供給流量, ρ_s : 雪の密度, ρ : 水の密度, Q_{ws} : 溝内流体流量, B : 幅, h : 高さ, v : 流速, B, h, v の添字 s, ws はそれぞれ雪, 溝内流体に関するものである。(図4)

B, h, v のおのこの雪と溝内流体の比を r_b, r_h, r_v とすると(2)式より, r_b が求まる。 K_s, r_h, r_v は実測値を使用して

$$r_b = \frac{K_s}{r_h \cdot r_v} \quad (3)$$

r_h を横軸に r_b を縦軸にとって図3を得た。この図より溝内流体中での雪の平均的通過断面形状がわかる。本実験の場合平均的雪通過断面は溝内流体の通水断面に比べそれほど大きいものではなかったことがわかる。したがって雪と壁面の平均的な接触頻度も小さかったと結論せざるを得ない。

4. 結論

実験を通して雪と壁面の接触頻度が小さくとも、雪の混入のみによって溝内流体に抵抗が働くことがわかった。今回の実験において雪の体積混入率は最小0.07, 最大0.43であった。雪の混入率がさらに大きくなった場合、壁面との接触頻度も増加すると考えられる。現地流雪溝においても溝内流体が停止し流雪溝の送雪能力が破綻する最終的要因はこのような壁面と雪塊との接触であった。

しかし、この溝内流体への停止への過程において投入された雪の混入のみによって生ずる抵抗の増加とそれに伴う変化する溝内流体の水量の把握並びには溝内流体の停滞現象は解明できない。

5. おわりに

現在、著者らはこの雪混入による抵抗を溝内流体内で等速で流下する雪の存在による流速分布の変化によるものと考え、良好な結果を得た。その詳細に関する報告は別の機会におこないたい。

謝辞 本研究は文部省科学研究費自然災害特別研究(代表者 福島大 渡辺善八教授)によって行われた。

参考文献 (1) 佐藤, 首藤 流雪溝摩擦損失係数の算定について 第36回年報研究要集

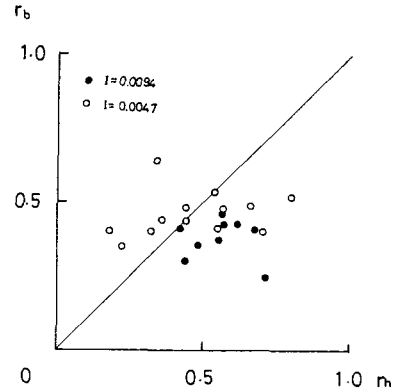


図3 雪の平均的通過断面

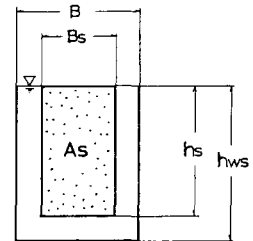


図4 記号の定義