

II-196 流雪溝屈曲部の一設計法

東北大学大学院 学生員 ○上山 敦
 アジア工科大学 正 員 今村文彦
 東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

流雪溝は多雪地域における非常に有効な除排雪施設であるが、場所によっては雪詰まりが発生し易く、水上がりを生ずるという問題があった。最近では、流雪溝構造的欠陥の改善によって、閉塞を起こす事は少なくなっている。本研究は、こうした改善のうちの二段階屈曲部を対象として、開水路での実験を基に、その閉塞条件を解明しようとするものである。

2. 水理実験

実験では、図-1に示すような45°の屈曲部を持つ幅10cmの透明アクリル製水路を使用した。また、条件を厳しくするために水路床勾配は零とした。投入する雪は、幅及び高さとも10cmのブロック状とし、長さ L を変化させた。この雪塊を1個ずつ水路に流し、屈曲部での通過状況を見る。

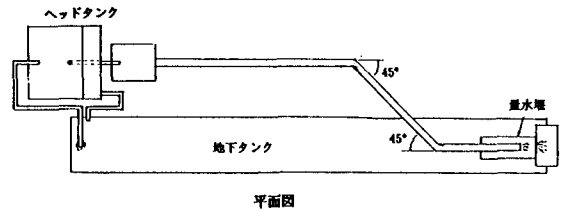


図-1 実験装置

3. 実験結果と考察

屈曲部において雪塊を通過させようとする力は、雪塊の接近速度で代表でき、流水量、雪投入量、流下距離に関係する。雪塊の通過を妨げる力(雪塊の破壊に対する抵抗力)は、雪の強度(密度で代表)、雪の寸法(長さ、高さ、幅)に関係する。雪塊を1個ずつ、一定地点から投入し、水深(あるいは流量)をパラメーターとして、雪塊の長さ(L)と、雪塊の乾き密度(ρ_s)とを使って閉塞の有無を分類した。結果を図-2に示す。この図から通過状況の境界が得られる。次に、以上の結果をまとめて表示するため、山本¹⁾にならった解析を行なう。図-3の様に雪塊が半分だけ曲がった状態を考え、そのときの破壊されるべき体積 ΔV_0 を幾何学的に求めると次のようになる。

$$\Delta V_0 = H \times S = H \times \sqrt{2} \left\{ B \left(\cos \frac{\pi}{8} - 1 \right) + \frac{L}{2} \sin \frac{\pi}{8} \right\}^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

実際に破壊される体積 ΔV は雪塊の持つ運動エネルギー E_k と何らかの関係があり、 F が破壊に要する単位体積当たりのエネルギーを表す雪の密度の関数であるとする、次式で表わされる。

$$\Delta V \times F = E_k (= \frac{1}{2} \rho_s V u_s^2) \rightarrow \Delta V = \frac{E_k}{F(\rho_s)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

このとき、雪塊の通過の条件は $\Delta V_0 < \Delta V$ 、不通過の条件は $\Delta V_0 > \Delta V$ で与えられる。この条件を実際使用するために、実験結果から関数 F を決定する。雪塊の運動エネルギーを破壊されるべき体積で割った値を縦軸にとると、通過・不通過の境界を与えるものが $F(\rho_s)$ で、図-4から、次式となる。

$$F(\rho_s) = 6 \times \rho_s - 1800 \quad \dots\dots\dots (3)$$

山本が90°で得た結果と比較しても、45°の方が通過しやすくなっている。ただ、密度の小さいところで起きている逆転現象については今後の詳細な検討が必要である。

4. 二段階屈曲部の設計手順

まず、実際に流雪溝に雪を流すときに考えられる最大の雪の密度と大きさを想定する。次に、 $\Delta V_0 \times F = E_k$ から u_{s0} を求める。例えば、水路幅 $b = 0.4(\text{m})$ の流雪溝に $\rho_s = 0.7(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、 $L = 2B(\text{m})$ 、 $H = 0.2(\text{m})$ の雪を流すとき、必要な接近速度 $u_{s0} = 0.48(\text{m}/\text{s})$ を得る。この接近速度を確保するためには、著者らが開発し

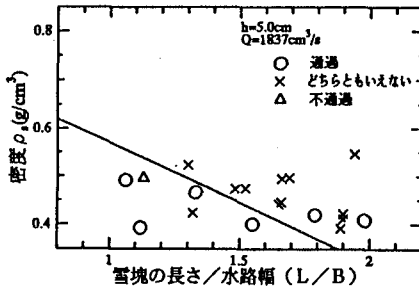
た数値モデル²⁾を使用する。ここで雪塊と水路底面との摩擦係数は、実験により得た $\mu = 0.179$ を用いる。流量 Q_W と水深 h を設定すると、最初の屈曲部で十分に減速($u_s \approx 0$)された雪塊が次の屈曲部に接近速度 u_{s0} で近づくと、屈曲部間の距離がどれだけ必要かが計算され、図-5のような図として表現される。例えば $Q_W = 44(\ell/s)$ 、 $h = 0.2(m)$ にすると、この図から、最低必要な屈曲部間の距離 $L_C = 2.69(m)$ となる。

5. おわりに

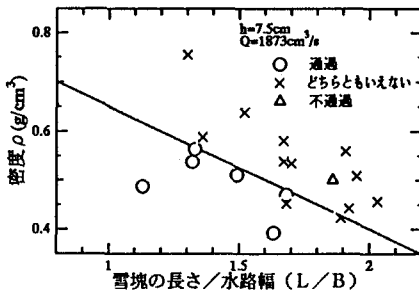
山本の実験結果との比較から、屈曲角度の小さい方が、当然ながら流雪溝は閉塞しにくいことが実証された。また、この実験結果と計算とを組み合わせ、屈曲部を設計する一つの方法を求めることができた。

参考文献

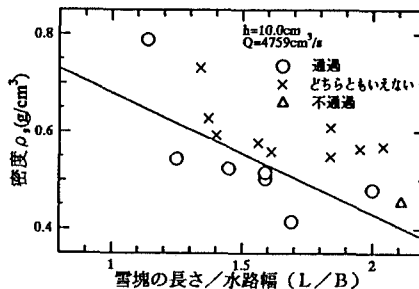
- 1) 山本潤・今村文彦：流雪溝屈曲部での閉塞条件と送雪能力に関する基礎研究，日本雪工学会誌 vol.8, No.4, pp. 3-11, 1992.
- 2) 上山教・野路正浩・今村文彦：雪塊流下数値モデルの開発，年次学術講演会概要集第2部，pp.660-661, 1993.



(a) $u_s = 36.7\text{cm/s}$



(b) $u_s = 44.0\text{cm/s}$



(c) $u_s = 47.6\text{cm/s}$

図-2 雪塊の閉塞状況

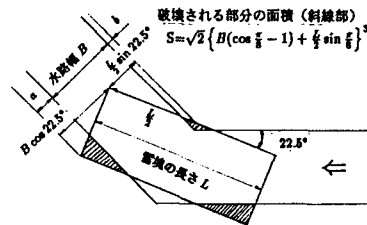


図-3 破壊されるべき体積

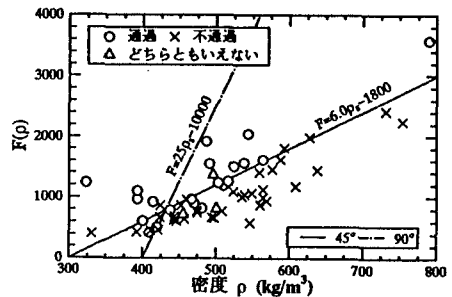


図-4 破壊に要するエネルギー

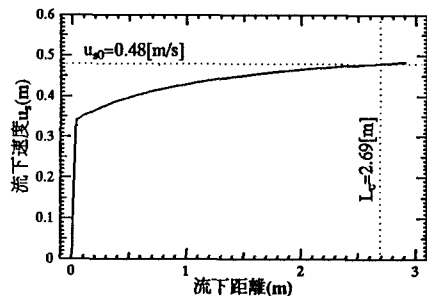


図-5 屈曲部の設計条件