

II-22 流雪溝屈曲部の流れに関する基礎実験

日本大学工学部 学生員 ○ 近内 剛
同 上 正 員 木村 喜代治
同 上 正 員 高橋 迪夫

1. まえがき

我が国の日本海側は、世界でも屈指の豪雪地帯であり、冬期間における道路交通の確保は、この地帯にとって重要な課題である。最近、都市内の除雪手段として、経済的に効率のよい除雪が可能な流雪溝の整備が各地で進められるようになった。一般的に、流雪溝においては、直線部よりも屈曲部、断面変化部、あるいは分・合流部において流雪能力が劣るために、流雪溝の機能は、このような部分の流雪能力に大きく左右されることになる^{1), 2), 3)}。さらに、流雪溝による面的な除排雪システムを検討していく場合には、屈曲部あるいは分・合流部が多くなり、その結果、これらの部分の流れの特性に関する十分な検討が必要となると思われる。

本研究は、流雪溝の機能の問題点として、主として、屈曲部における流れに注目して、流雪溝の構造、とくに平面形状の違いによる滞流状況の定量的把握ならびに流れの損失の評価に関して水工学的検討を加え、さらにこれを基に、望ましい屈曲部の構造について考察しようとするものである。

2. 実験装置および方法

実験に使用した水路は、全長401.1cm、幅10.0cm(45度拡幅15.0cm)、深さ12.0cmのアクリライト製可変勾配の循環式開水路で、中央部に90度屈曲、45度屈曲、30度屈曲、45度拡幅の4種類の屈曲部を取り付けた。実験では、フルード数、水深を種々変化させ、各種屈曲損失を求めた。剝離域の計測および流況の可視化には、トレーサーとして木屑およびフルオレセインナトリウム溶液が用いられた。また、小型プロベラ流速計によって横断方向の流速分布の概形が計測された。

3. 実験結果および考察

(1) 最大剝離幅および剝離長：次元解析により、 $\Delta b_{max}/b = \phi_1(R/b, R_0, F_R, \theta)$ の関数形で表すことができる。又、 $l/b = \phi_2(R/b, R_0, F_R, \theta)$ の関数形で表すことができる。Fig. 1 および 2 は、各種の屈曲部形状における屈曲背後の最大剝離幅 Δb_{max} および剝離長 l とフルード数 F_R ($\equiv v_1/\sqrt{gR_1}$) との関係を R_0 数をパラメータとして表したものである。これらの図より、 Δb_{max} および l は F_R の増加に伴って減少する傾向がうかがえる。 R_0 数が小さくなるにつれて剝離域も小さくなると思われる。また、屈曲の角度が小さいほど剝離域の大きさが減少し、有効な流水断面が増加していることがわかる。

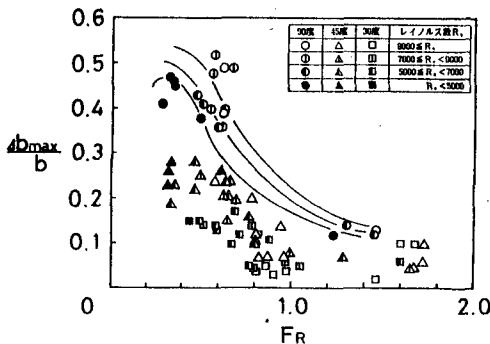


Fig. 1 最大剝離幅とフルード数の関係

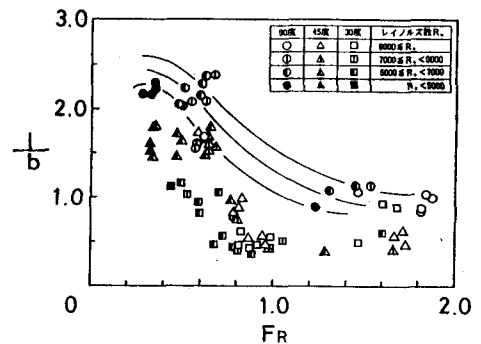


Fig. 2 剝離長とフルード数の関係

一方、Fig. 3は、剝離域の形状の変化を把握するために、 $\Delta b_{\max}$ と $\frac{1}{b}$ の関係を検討したものである。この図より、巨視的には、 $\Delta b_{\max}$ と $\frac{1}{b}$ の比はほぼ一定となり、屈曲部形状に関係なく剝離域の形状は相似形を保っていることがうかがわれる。

ただし、45度屈曲および30度屈曲の流れに対しては、幅、長さ共に最も大きな剝離域が形成される最初の屈曲背後における値が採用されている。なお、屈曲部背後に形成される剝離域の大きさは水深方向に変化すると考えられる⁵⁾が、流雪溝の流れにおいては、雪は上層部を流れる⁶⁾⁷⁾ことから、本報では水面の剝離域の特性が検討されている。

(2) 屈曲損失： 屈曲部を持つ開水路流れにおいて、屈曲部の上流、下流の1-s-2区間における流れの全損失水頭 h が、屈曲による局所的な損失水頭 h_s とその区間の摩擦による損失水頭 h_f の和によって表されるとすれば、1, 2区間にBernoulliの定理を適用して、

$$\begin{aligned} h &= h_f + h_s \\ &= \left(z + h + \alpha \frac{v^2}{2g} \right)_1 - \left(z + h + \alpha \frac{v^2}{2g} \right)_2 \quad (1) \end{aligned}$$

となる。ここで、 h_s , h_f はそれぞれ次式で表現される。

$$h_s = f_s \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} h_f &= \lambda_1 \frac{1}{4R_1} \frac{v^2}{2g} \left(\frac{L_1}{2} \right) + \lambda_2 \frac{1}{4R_2} \frac{v^2}{2g} \left(\frac{L_1}{2} + \frac{L_2}{2} \right) \\ &+ \lambda_2 \frac{1}{4R_2} \frac{v^2}{2g} \left(\frac{L_2}{2} \right) \quad (3) \end{aligned}$$

ただし、 f_s ：屈曲損失係数

L ：水路中心に沿った1, 2区間の長さ

Fig. 5は、流れを滑面流れと仮定して見積られた λ の値を用いて式(1)～(3)から計算された f_s と F_R との関係を示す。R₀数をパラメータとして示したものである。この図より、 F_R の増加に伴い f_s が減少すると共に、R₀数の増加に伴い f_s も減少することもわかる。

(3) 45度屈曲と45度拡幅： Fig. 6は、45度屈曲と45度拡幅を比較したものである。この図より、45度拡幅では、常流・射流に関係なく一定の大きさの剝離域が生じているので、拡幅したことによって有効な流水断面が得られていると思う。

今後は、測定データを増やし、屈曲部の流れの特性をより明確にし、さらに、これらの基本的な特性の理解の基に、雪・水混相の流れを検討していきたい。

<参考文献> 1) 田中・高橋・小林：国立防災科学技術センター研究報告，第3号，1969。

2) 佐々木・三浦・明：第35回土木学会年次講演会概要集，1980。

3) 大熊・米内・星野・小林：土木学会論文集，第359号，IV-3，1985。

4) 渡邊：雪氷，48巻，3号，1986。

5) 芦田・川合：京都大学防災研究所年報，第22号B-2，1981。

6) 佐藤・首藤：第27回水理講演会論文集，1983。

7) 佐々木・西田：第29回水理講演会論文集，1985。

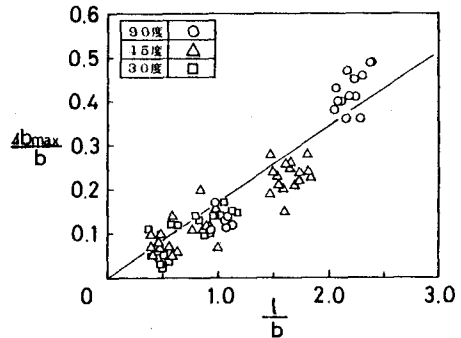


Fig. 3 最大剝離幅と剝離長の関係

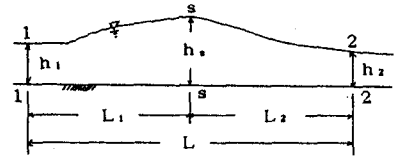


Fig. 4

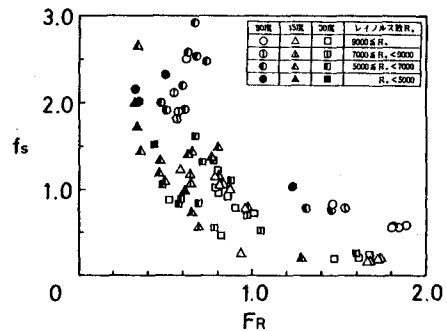


Fig. 5 屈曲損失係数とフルード数の関係

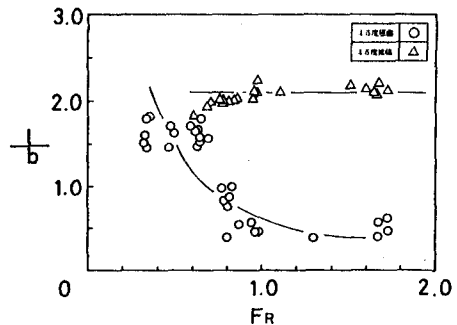


Fig. 6 剝離長とフルード数の関係