

II-5 流雪溝屈曲部における水理特性について

日本大学工学部 学生員 ○野口 隆 夫
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豪雪地帯であり、降雪期間において郊外幹線道路の雪対策は、80～90%の完成度に達していると考えられる。しかしながら、都市内の一般道路では、まだ整ってはならず、この地域にとって重要な課題である。このため各都市において道路除雪を最重点事項にとりあげ、道路交通の確保に努力している。雪国の都市にとって、豪雪時においても都市機能を確保することは長年の念願であり、そのための街造りが各地で進められている。

近年、都市内の除雪手段として、経済的で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、流雪溝の流雪能力はこれらの部分で大きく左右され、これらの部分の流れの特性に関する十分な検討が必要であると考えられる。

よって本報では、流雪溝の機能上の問題として、主に屈曲部における流れに注目して、屈曲部の構造、特に平面形状の違いによる滞流域の剥離の測定、また屈曲部においての水位上昇による越水の問題、および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一考察を試みたものである。

2. 実験装置および方法

実験で使用した水路は、全長約4.0m、幅10.0cm、深さ12.0cmの亚克力製可変勾配の循環式開水路で、その水路の中央部に、屈曲角度が90度、45度、30度、の屈曲部が取り付けられるようになっていいる。剥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を用い、また、実際に最大粒形25mm程度のかき氷を流してみた。

3. 実験結果および考察

(1) 剥離域の大きさ：次元解析により、最大剥離幅 Δb_{max} は次の関数形で表すことができる。

$$\frac{\Delta b_{max}}{b} = \phi \left(\frac{R}{b}, R_e, F_R, \theta \right) \quad (1)$$

ただし、 b ：水路幅、 R ：径深、 $R_e = vR/\nu$
 $F_R = v/\sqrt{gR}$ 、 θ ：屈曲角度。

Fig. 1は、各種の屈曲形状における Δb_{max} と屈曲部上流側のフルード数 F_{R1} との関係を示したものである。この図より、フルード数が0.5付近でばらつきはあるものの、いずれの屈曲形状においても Δb_{max} は F_{R1} の増加に伴って減

少し、射流ではかなり小さい値をとることが認められる。また当然の事ながら、 θ が小さいほど剥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。一方、レイノルズ数に対しては系統的な計測が十分でないこともあり明瞭な傾向は認められていない。

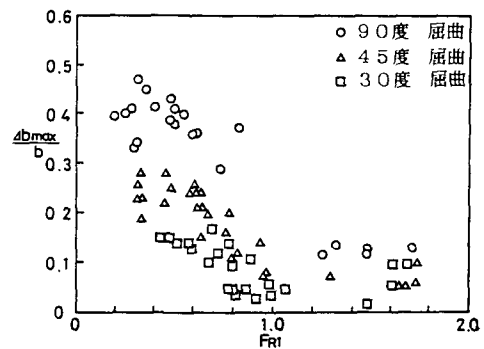


Fig. 1 フルード数に対する最大剥離幅の変化

(2) 屈曲部における水位変化：フルード数の増加に伴い屈曲部における水位が上昇し流雪溝からの越水の問題、あるいは、流れの損失の評価の面からこの部分における水位変化の検討が必要になる。屈曲部の前後に検査面をとり、運動量方程式を適用し、屈曲部における水位変化 h_e/h_1 は次式より求まる。

$$\left(\frac{h_e}{h_1}\right)^3 - (2F_1^2 + 1)\left(\frac{h_e}{h_1}\right) + 2F_1^2 \cos \theta = 0 \quad (2)$$

ただし、 $F_1 = v_1/\sqrt{g h_1}$ 。Fig. 2は、式(2)と実験結果とを比較したものである。90度ではフルード数が1.0～1.5、また45度・30度の1.5以上において若干差が認められるが、全体的に式(2)は実験結果をほぼ表現しているものと考えられる。

(3) 屈曲損失：屈曲区間にBernoulliの定理を適用し、流れを滑面流れと仮定して見積ったλの値を用いて屈曲損失係数 f_{eL} を算出した。 f_{eL} は次元解析および芦田の急拡部流れの損失に関する研究を参考にすると、 Δb_{max} と同様に次の関数形で表されることが期待できる。

$$f_{eL} = \psi_1\left(\frac{\Delta b_{max}}{b}, F_R\right) = \psi_2\left(\frac{R}{b}, Re, F_R, \theta\right) \quad (3)$$

Fig. 3は、算出した f_{eL} と F_{R1} との関係を示したものである。この図より、 f_{eL} は F_{R1} の増加とともに減少し、射流ではほぼ一定の値に漸近することが認められ、前述の Δb_{max} と F_{R1} との関係にかなり類似な関係を示すことがうかがえる。また90度屈曲では、フルード数が0.2～0.3で f_{eL} が3.0～4.0とかなり大きな値を示している。

(4) 砕水による実験：フルード数が0.3の常流域と1.6の射流域において、最大粒径が25mm程度の砕水を一定速度で投入し流況を観察した。下の2枚の写真がその流況を写したものである。常流においては、上流に投入した砕水が一体となって流下し、屈曲部で攪拌され、屈曲部から約60cm下流で再度一体となり流下した。ここで、剥離域の形状は清水のみの場合と比べて剥離長さが長く約2倍になり、逆に剥離幅は減少していた。これは、屈曲部において砕水が攪拌される状態となり、滞留域にある砕水が引きずられるためであると考えられる。射流においてこの様な明瞭な状態は観察出来なかった。

計測に尽力いただいた卒業研究生に深く感謝の意を表します。

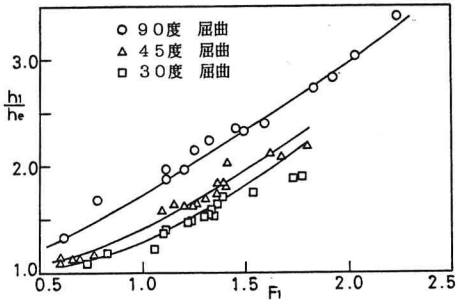


Fig. 2 屈曲部における水位変化

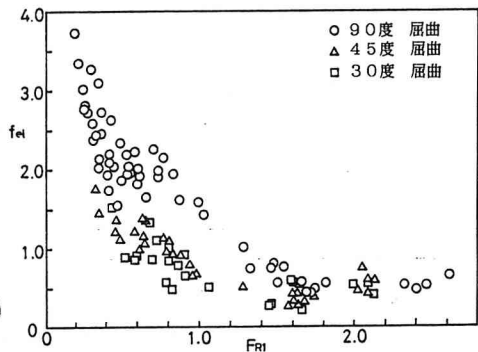


Fig. 3 フルード数に対する屈曲損失係数の変化

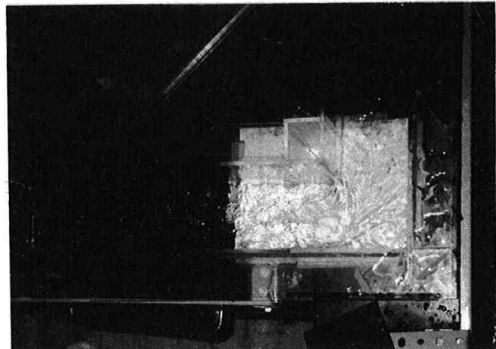
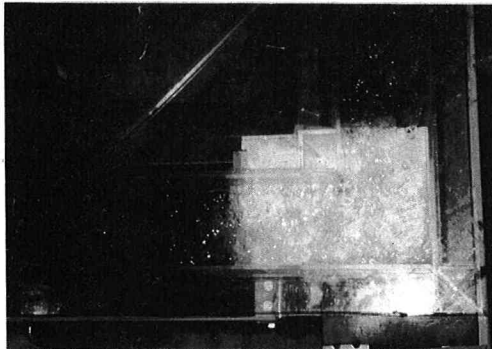


photo 砕水を流した時の流況写真