

II-24

河川における氷片の滞留に関する実験的研究

岩手大学○学生員 大宮 幸司 学生員 宮 昭彦
学生員 小林 正隆 正 員 笹本 誠
正 員 堺 茂樹 正 員 平山 健一

1. はじめに

冬期間における寒冷地の河川や水路の結氷は様々な災害に関連している。結氷初期においては大量の晶氷や雪が流下し滞留・堆積する。それにより発電用の取水スクリーンを詰まらせたり、低流速域にある堰や橋脚などの上流部に連続的に堆積し氷板を形成しそれらの水理構造物へ大きな水圧力を与える。

本報告では水路における氷の堆積による Ice-jam の発生を予測するため氷板の堆積・流下のメカニズムについて実験的に検討した。ポリプロピレン粒子を用いて種々の流下に対する平衡堆積厚を測定しこれまでの Pariset の理論の検証を行った。

2. Pariset の平衡厚さについての理論

Pariset は一定断面、一定粗度の矩形断面水路において ice cover の平衡厚さに関する式を導いた。図 1 の微小体積のつりあいより式 (1) が得られる。

$$df \cdot B + 2(\tau \cdot t + tg\phi \cdot K_1 \cdot f) dL = (f_2 + f_3) B \cdot dL \quad (1)$$

ここで、 $tg\phi$ は氷の摩擦係数、 K_1 は ϕ の関数であり、また $f_2 = \rho g V_u^2 / C^2$ 、 $f_3 = \rho' g t V_u^2 / (C^2 R_H)$ で与えられる。他の諸量の説明は図 1 を参照。Pariset は、水路側壁の影響が大きい Narrow river と、その影響が小さい Wide river に分類して堆積氷片の厚さを導いているが、Narrow river では、堆積厚とフルード数は次式で示される。

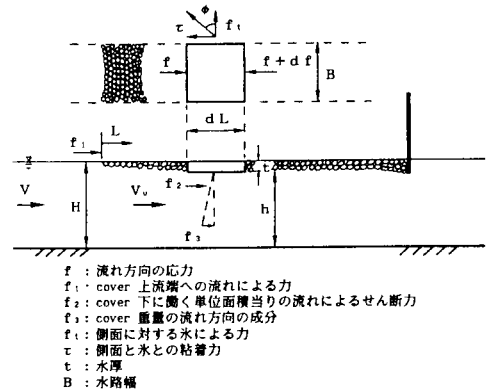


図 1 理論図

$$\frac{V}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{\rho - \rho'}{\rho} \frac{t}{H}} \left(1 - \frac{t}{H}\right) \quad (2)$$

Wide river の場合、cover は連続する圧縮応力が、その区間の外部応力の和に等しい内部抵抗力になるまで厚くなる。この場合、氷片の平衡厚さは次式で与えられる。

$$\frac{BV_u^2}{\mu C^2 H^2} \left(1 + \frac{\rho' t}{\rho R_H}\right) = \frac{2\tau t}{\rho g \mu H^2} + \frac{\rho'}{\rho} \left(1 - \frac{\rho'}{\rho}\right) \frac{t^2}{H^2} \quad (3)$$

広矩形断面の場合、径深は $R=H/2$ と近似することが出来る。

3. 実験設備および実験方法

本実験に使用した水路は図 2 に示すように幅 30cm、全長 7m、勾配 1/2500 の矩形断面水路で、水路側面はガラス、底面にはペンキを塗布してあり、その粗度係数は 0.012 程度である。また流量 Q はベンチュリ管によ

て求められる。 本実験において、模型氷片として粒状のポリプロピレンを使用した。ポリプロピレン粒子は、比重0.90、粒子1個の平均質量25mgの赤血球型の形状をもつ硬質の粒子であり、粒子を球に換算するとその直径は $d=0.375\text{cm}$ になる。 実験では氷片の堆積を生じさせるため、図2のように厚さ 3mmのベニヤ板を用いて粒子の流下を強制的に止めた。ベニヤ板により、堰上げを生じないようにするためその下端は水面下0.5cm に設定し、ポリプロピレン粒子は、水路上流端より水面全幅にわたり、粒子が互いに重ならないように投入した。投入された粒子が、投入量にかかわらず幅方向に一樣な厚さで堆積し、安定した時点で堰直前の厚さを平衡堆積厚として測定した。

実験範囲は水深7~13cm、流速 10~40cm/sの範囲である。

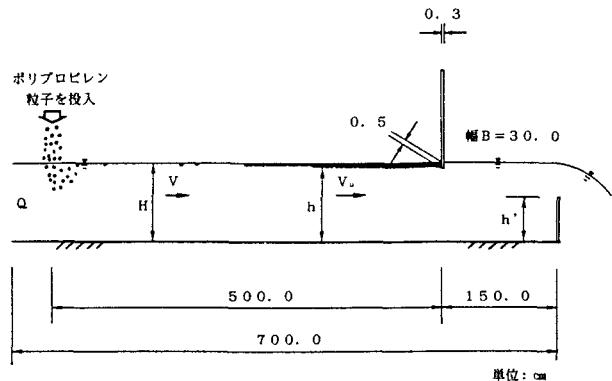


図2 実験装置

4. 実験結果及び考察

本実験においては、開水路における平均流速が 0.28m/sを越えるとポリプロピレン粒子の滞留が生じなかった。また、Parisetの定義によるNarrow riverの式(2)では、本実験で得られた堆積厚を説明することは出来なかった。 Wide river に対する式(3)は、その式中に直接観測することが難しい μ 、 τ を含んでいるが、これらの諸量は、実験値を図3のように両軸をとってプロットすれば、直線となり、その切片と傾きから求められる。 図3には本実験の結果をプロットしてあるが、ほぼ直線に近似でき式(3)の関係が成り立っていることを示している。本実験では $\mu=0.325$ 、 $\tau t=1.20 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ の値が得られた。これらを式(3)に代入し cover下流端厚と流速の関係を示したものが図4である。しかし、この μ と τt の値は Pariset が、実河川で測定した結果($\mu=1.28$ 、 $\tau t=123\text{kg/m}$)よりかなり小さな値となっており、ポリプロピレン粒子と実際の氷片の違いを示している。

本実験により、Pariset の理論の適用性は一応確かめられたが、今後、さらに大きい流速や粒子形状を変えて実験を行い、Pariset の理論の検証を進め、実河川の観測により今後はパラメーターの検討を行いたい。

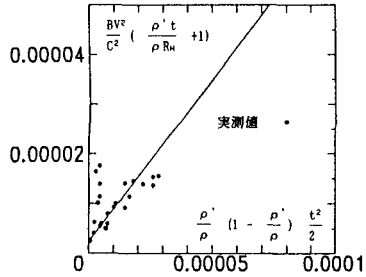


図3 定数 τ 及び μ の決定

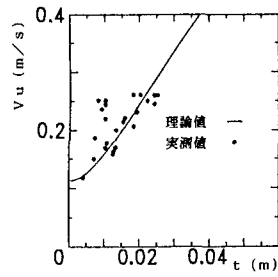


図4 cover 下流端厚と流速の関係

<参考文献>

E.Pariset et al. "FORMATION OF ICE COVER AND ICE JAMS IN RIVERS" Journal of the HYDRAULICS DIVISION, ASCE Nov. 1966