アイスハーバー型魚道の水理特性に関する実験的研究

岡山大学環境理工学部　正会員　名合　宏之
岡山大学環境理工学部　正会員　前野　詩朗
高　松　市　役　所　正会員　○荻田　佳樹
中国電力株式会社　正会員　末次　弘道

１．はじめに

近年、ダムや堰などの河川を横断して設置される構造物により、魚類の移動が妨げられることが大きな環境問題となっている。このような背景により、河川の生態系の保全を目的として、多くの河川で魚道が設置されている。これら魚道には幾つかのタイプがあるが、その中でもプールタイプの改良型であるアイスハーバー型の魚道が現在多く用いられている。ところが、アイスハーバー型の魚道は形状が複雑であることより、設計の際に必要となる流量公式については確立されたものがなく、また、その水理特性についても未解明な部分が多いのが現状である。そこで、本研究は、昨年度得られたアイスハーバー型魚道の流量公式の適用範囲を広げることを目的として、水路勾配を変化させて実験を行い、その水理特性を明らかにしようとするものである。

２．実験方法

実験は図１に示す長さ 5m、幅 40cm、深さ 60cm の水路に 10 段のアイスハーバー型魚道を設置し、水路勾配を 1/5, 1/20 に変化させて行った。下流端には水位調節用のゲートが設置してある。実験は表１に示す条件で行った。なお、勾配が 1/10 における実験は過去に行ったものである。また、本研究で提案する流量公式の妥当性を検討ために、各勾配で流量を７～８通り変化させて、プール中央水深および堰頂部での水深を計測した。流速の測定については、図１に示した No. 1, No. 3 および No. 5 の３つのプールにおいてピトー管およびプロペラ式流速計を用いて計測した。

３．実験結果および考察

図２は Case1-1, 2-1 および 3-1 の場合の、プール No. 1, No. 3 および No. 5 の越流部中央および潜孔部中央における縦断流速分布を示している。紙面の都合上省略するが、その他のケースの場合も、この流速分布図と同様な傾向を示している。この図より、全体的な傾向として、プール No. 3 および No. 5 では、ほぼ同様な流速分布を示すが、プール No. 1 では異なった流速分布になることが分かる。まず、越流部の流速分布より、どの勾配においてもプール No. 1 では越流水深および流速ともプール No. 3 および No. 5 に比べて大きくなっていることが分かる。また、潜孔部の流速分布より、プール No. 1 では、どの勾配においても縮流による影響が現れているようであるが、プール No. 3 および No. 5 では、勾配が急な 1/5 の場合では、プール No. 1 ほどではないがその影響が現れ、勾配が緩い 1/10 および 1/20 の場合では、その影響がほとんど現れないことが分かる。

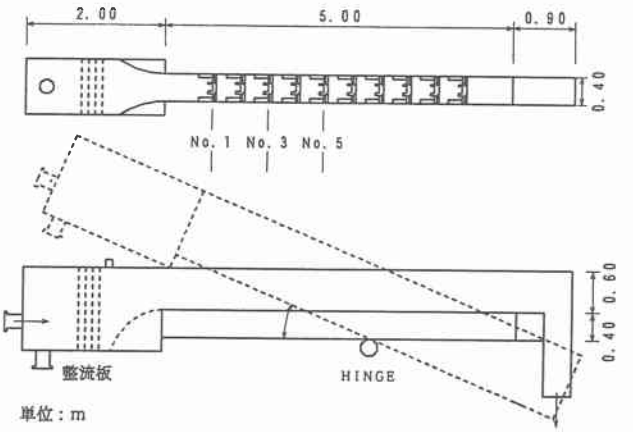

図１　実験装置

表１　実験条件

Case	水路勾配	Q(l/s)
1-1	1/5	7.765
1-2		11.358
1-3		17.004
2-1	1/10	7.460
2-2		10.200
2-3		12.413
3-1	1/20	5.946
3-2		6.399
3-3		7.582

図３は、勾配が 1/5 の場合において、詳細に計測した流速を台形公式により積分することによって得られる越流部および潜孔部の流量を図示したものである。図中の実線は実験流量を示している。なお、Case1-3 のプール No. 3 および No. 5 の越流部においては剥離流が発生したため、水深および流速を計測することができなかった。この図より、台形公式により算出した流量は、実験流量と比べると多少の誤差はあるが、越流部および潜孔部の流量をほぼ

再現できていると考えてよいことが分かる。また、潜孔部の流量は、実験流量が増加してもほとんど変化しないが、越流部の流量は、実験流量が増加するにつれてかなり変化することが分かる。さらに、プールNo.1では、プールNo.3およびNo.5に比べて潜孔部の流量比がかなり小さくなっていることが分かる。なお、その他の勾配においても同様な傾向を示している。以上のことより、上流端に設置されるプールNo.1については、プールが連続している箇所の流量公式とは別の公式を求める必要があり、また、プールNo.3あたりまでは流下するにつれて越流部と潜孔部との流量比率が変化し、それ以降は定常状態で流下するものと考えられ、これらのことを考慮した流量公式が必要であることが分かる。以下に本研究により得られた流量公式を示す。

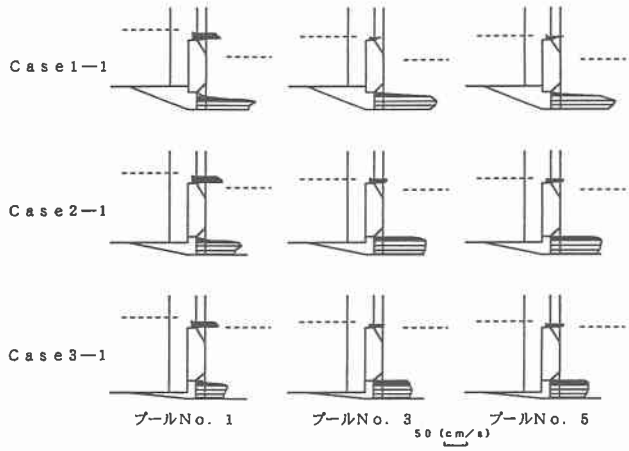

図２　プールの違いによる流速分布

図４は、本研究で提案する流量公式の妥当性を検討するために行った実験の場合について、公式により得られる流量を実験値と比較したものである。この図より、多少の誤差はあるが、予測値と実験値はほぼ一致していることが分かる。

以上、本研究により、アイスハーバー型魚道の潜孔部および越流部の流速分布特性および流量配分特性の勾配の変化による違いが明らかにされた。また、アイスハーバー型魚道の実用的な流量公式が明らかにされた。

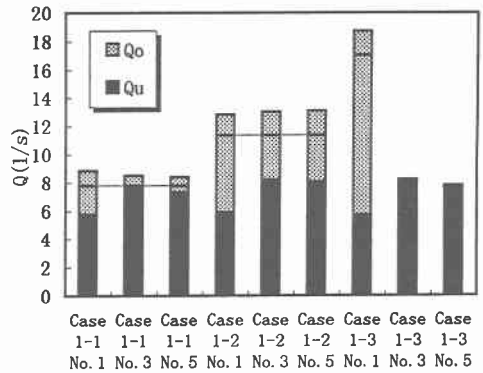

図３　越流部と潜孔部の流量配分

潜孔部の流量公式

$$Q_u = C_u A\sqrt{2g\Delta H}$$

C_u：図５に示す

越流部の流量公式

$$Q_o = \frac{2}{3}\sqrt{2g}C_o B h_0^{3/2}$$

$$C_o = K \cdot C$$

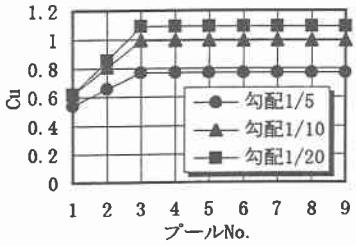

図５　潜孔部流量係数

$$C = 0.605 + \frac{1}{1000h_0} + 0.08\frac{h_0}{D} - 0.145\sqrt{\frac{(b-B)h_0}{bD}} + 0.0115\sqrt{\frac{b}{D}}$$

$$\left.\begin{array}{ll} K = 1.00 & (\text{プールNo.1}) \\ K = 1.05 & (\text{プールNo.2}) \\ K = 1.10 & (\text{プールNo.3以降}) \end{array}\right\}$$

流量公式

$$Q = Q_u + Q_o$$

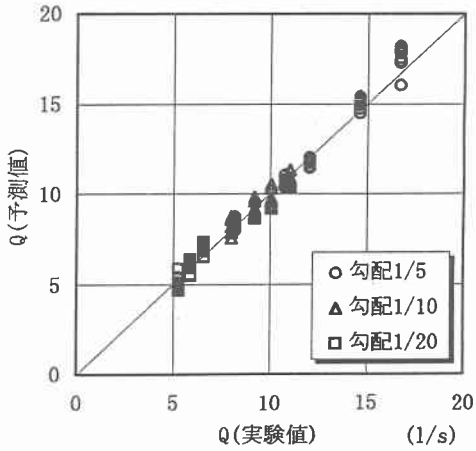

図４　予測流量と実験流量の比較

参考文献

名合・前野・保科・佐藤：第48回中国支部研究発表会発表概要集、pp.263-264、1996

Kumar, G. etal.: Hydraulics of Iceharbor Type Fishway, Proc. of Int. Symposium on Fishways '95, pp.79-86, 1995.