

## ハーフコーン型魚道内の流れの数値計算

(株)CRCソリューションズ

正会員

一村貴子

早稲田大学理工学部

フェロー

鮎川 登\*

法政大学工学部

正会員

西谷隆亘

### 1. はじめに

多摩川の昭和用水堰に設置されているハーフコーン型魚道内の流れを2次元浅水流として解析し、隔壁越流部の水位および流速について観測値と計算値を比較した結果について述べる。

### 2. ハーフコーン型魚道

ハーフコーン型魚道は、大きい魚(鯉)も小さい魚(鮎)も遡上できるように隔壁越流部の水深と流速が多様になるようにし、また魚道の途中に休み場を確保すること、およびプールの水深を浅くし、出水時の砂礫・土砂の堆積を防止することに配慮して考案された魚道<sup>1)</sup>で、円錐台を半分に切った形状の隔壁を2本セットで交互に傾きの向きを変えるように配置した魚道である(写真1)。



写真1 ハーフコーン型魚道(多摩川・日野用水堰)

### 3. 2次元浅水流方程式の数値計算

ハーフコーン型魚道内の流れは3次元流であるが、近似的に2次元浅水流として数値解析し、隔壁越流部の水深と流速を算定することを試みる。解析に用いた2次元浅水流方程式は次のようである。

$$\text{連続方程式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial(uh)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( u^2 h + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(uvh)}{\partial y} - gh(S_{0x} - S_{fx}) - h \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) - h \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon \frac{\partial u}{\partial y} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(uvh)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left( v^2 h + \frac{gh^2}{2} \right) - gh(S_{0y} - S_{fy}) - h \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon \frac{\partial v}{\partial x} \right) - h \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon \frac{\partial v}{\partial y} \right) = 0 \quad (3)$$

$$\text{ここで、} \quad S_{0x} = -\frac{\partial z_b}{\partial x}, \quad S_{0y} = -\frac{\partial z_b}{\partial y}, \quad S_{fx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}, \quad S_{fy} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

$$\varepsilon = C_\varepsilon u_* h, \quad u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{gn^2(u^2 + v^2)}{h^{1/3}}} \quad (4)$$

である。 $h$ は水深、 $u$ は $x$ 方向(流下方向)の水深平均流速、 $v$ は $y$ 方向(横断方向)の水深平均流速、 $\varepsilon$ は渦動粘性係数、 $S_{0x}$ は $x$ 方向の水路勾配、 $S_{0y}$ は $y$ 方向の水路勾配、 $S_{fx}$ は $x$ 方向の摩擦勾配、 $S_{fy}$ は $y$ 方向の摩擦勾配、 $u_*$ は摩擦速度、 $\tau_0$ は水路床剪断応力、 $n$ はManningの粗度係数、 $g$ は重力の加速度、 $C_\varepsilon$ は係数である。

キーワード：ハーフコーン型魚道、2次元浅水流、数値計算

\* 東京都新宿区大久保3-4-1

2次元浅水流計算では、式(1)～(3)を解いて、流速( $u, v$ )と水深 $h$ を求めることになるが、ここでは、陽差分法の MacCormack 法（時間微分は前進差分、空間微分は予測子と修正子で後退差分と前進差分で交互に近似）を用いて数値解を求めた。計算範囲は図1のようにとり、境界条件として上流端の隔壁（ハーフコーン）上で水深と流速を観測値に基づいて与え、魚道内の水深を0として計算を始め、解が収束するまで計算を繰り返し、定常解を求めた。

#### 4．計算結果

多摩川の昭和用水堰に設置されたハーフコーン型魚道(長さ56.7m、幅6m、落差5.28m、勾配1/10、コーン径：大径80cm、小径30cm)を対象として、流下方向の計算断面間隔 $\Delta x$ を隔壁部は0.0201m、プール部は0.0596m、横断方向の計算断面間隔 $\Delta y$ を0.05mとし、魚道の Manning の粗度係数 $n$ を0.015、渦動粘性係数の係数 $C_\epsilon$ を0.068として、流量が0.82、0.52および0.17m<sup>3</sup>/sの場合について、魚道内の流れの数値解を求めた。流量0.82m<sup>3</sup>/sの場合の隔壁上の水深と流速の計算値と測定値を比較した結果を図2および図3に示す。図2および図3によると、隔壁越流部の水深と流速の計算値と測定値はほぼ一致することがわかる。また、計算による魚道の中心線に沿う水面形を図3に、計算によるプール部の流速ベクトルを図4に示す。

#### 5．おわりに

ハーフコーン型魚道を設計するさいに必要とされる隔壁越流部の水深と流速を近似的に2次元浅水流解析により算定することを試みた結果ほぼ妥当な結果が得られることが示された。

本研究の遂行にあたり貴重な資料を提供くださった東京都農業振興事務所内野昌彦氏に謝意を表します。

参考文献：1)多摩川魚道改造計画、PORTAL、No.029、pp.26-30、2003年11月。

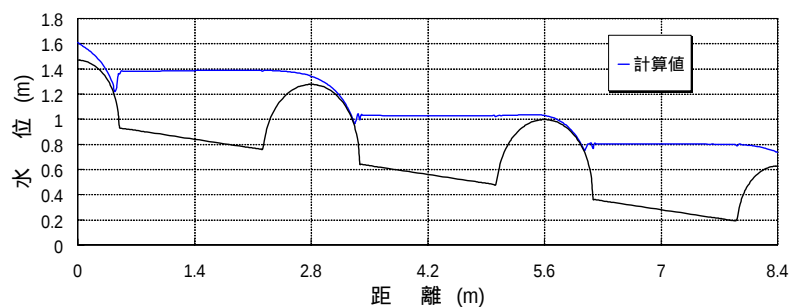


図4 魚道の中心線に沿う流下方向の水面形

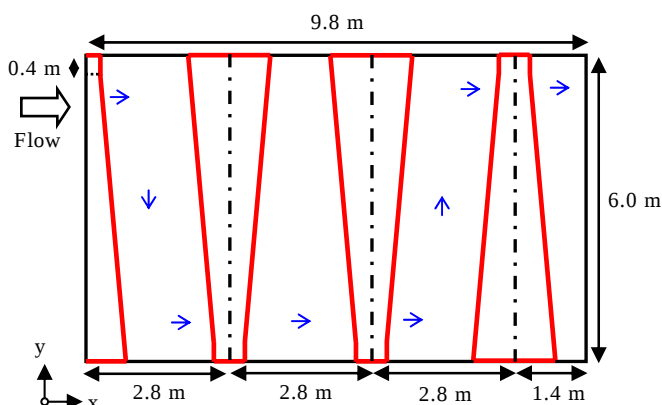


図1 計算範囲

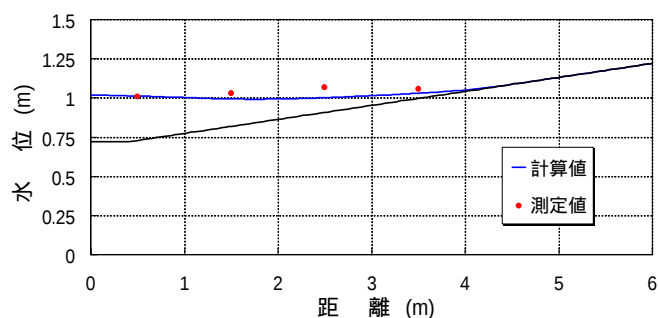


図2 隔壁上の横断方向の水面形

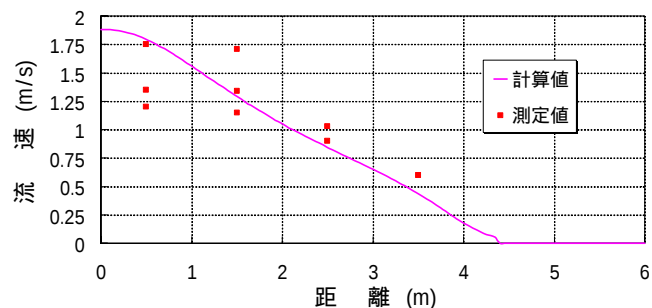


図3 隔壁上の横断方向の流速分布図

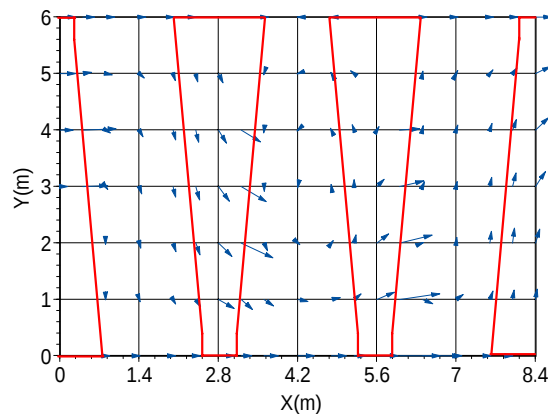


図5 流速ベクトル図