

# 粗石付斜路式魚道工の越流係数

## Discharge Coefficient of the Inclined Channel with Rough Stones

前川勝郎 大久保博 花房哲一郎

Maekawa Katsuro, Ohkubo Hiroshi, Hanafusa Tetsuichiro

1. はじめに 床止め工などの河川横断構造物において、魚の遡上などのために魚道が必要な場合がある。ここでは、魚道工の粗石の大きさと配置、床勾配を変えた状況下で水理基礎実験を行い、越流係数（流量係数）などについて検討した。

2. 水理基礎実験 水理実験施設の鉄製水路（幅 76cm）にフルード相似則で縮尺 1/6.58 の 2 次元的流れの魚道工を設置し実験を行った。実験に用いた模型粗石は、現地での水理諸元を参考にした大小（以下  $L, S$ ）の粗石 2 種類である。模型粗石の寸法を表 1 に示した。粗石の向きは長径が流下方向の配置；M 配置、長径が横断方向の配置；N 配置で、粗石の始点は堰体の鉛直前面（堰頂）から 5.3、10.6、21.2cm の 3 種類（順に  $r, s, t$ ）に変えて実験を行った。また粗石未設置の場合も行なった。粗石は千鳥状の総数 59 個配置である。粗石中心の配置間隔は、流下方向 10.6cm、横断方向 10.8cm である。実験流量は 7.5 ~ 35l/s である。計量用の三角堰を越流した流水は、減勢部をへて魚道工模型に流入する。

表 1 模型粗石の寸法（単位：cm）

タイプ	短径 $S_1$	長径 $L_1$	粗石高	$S_1/4$ の点		$L_1/4$ の点	
				長径	高さ	短径	高さ
L	4.5	6.0	4.0	2.7	3.7	2.9	3.8
S	4.0	5.5	1.9	3.1	1.8	1.8	1.7

3. 流量係数について 流況の一例を写真 1（床勾配 1/32.05 の L, N, t の場合）に示した。堰体からの越流を(1)式で表す。

$$Q = KBh^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $Q$ ：流量（ $m^3/s$ ）,  $K$ ：流量係数,  $B$ ：水路幅（0.76m）,  $h$ ：堰頂を基準 0 とした時の上流部での水深（m）。



写真 1 流量 35 l/s の場合の流況例

(1)式の  $K$  の因子は次のように想定された。

$$K = f(Q, h, I, Xa, \text{粗石の大きさ等と配置}) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $f$ ：関数の意、 $I$ ：床勾配、 $Xa$ ：堰頂から粗石始点までの距離(m)。まず(2)式を次のように表示し傾向を調べた。ただし $h_d$ ：堰高(m) ,  $H$ ：= 限界水深 × 1.5。

$$K = \alpha_1 \left( \frac{h}{h_d} \right)^{\beta_1} (I)^{\gamma_1} \dots\dots\dots (3)$$

$$K = \alpha_2 \left( \frac{Xa}{H} \right)^{\beta_2} (I)^{\gamma_2} \dots\dots\dots (4)$$

(3)式は関与因子を $h/h_d$ と $I$ とした場合、(4)式は関与因子を $Xa/H$ と $I$ とした場合である。

(3)式と(4)式に実測データを入れ、各係数を統計処理して求めて表2に示した。なお、 $K$  値は(1)式で  $Q, B, h$  を与件として求めた(実測値)。

(3), (4)式における計算値と実測値を比べたのが図1, 2である。図1, 2より計算値と実測値はおよそ一致している。一部のデータを除くと $\gamma_1, \gamma_2$  は0.3程度であり、 $\gamma_1 = \gamma_2 = 0.31$ とした。 $K$ を(5)式で表す。

$$K = \alpha_3 \left( \frac{h}{h_d} \right)^{\beta_3} \left( \frac{Xa}{H} \right)^3 (I)^{0.31} \dots\dots\dots (5)$$

$I$ の指数を0.31と固定し、上述のデータを統計処理すると表3で各係数値は同程度の値であった。(5)式による計算値と実測値を比較した例が図3で、両者の値はおよそ一致していた。

次に、通常の三角堰、四角堰の流量表示式中に含まれる係数 $C$ (この場合も流量係数)について調べた。流れは粗石配列が一行のみを対象とし、堰頂の投影断面を小分割し台形堰で表して全流量、断面形(水深, 小分割幅)を与件として $C$ 値を逆算した。 $C$ 値と $h/h_d$ の関係を示したのが図4で、 $C$ 値を用いて関係を表示する方法もあり、現在検討中である。

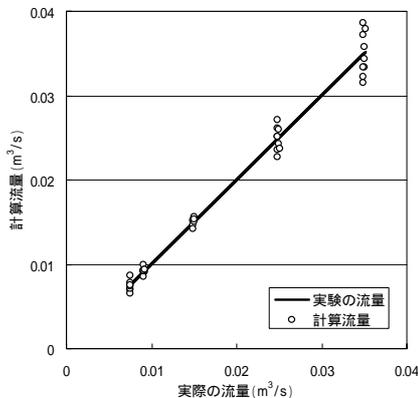


図3 S, Mのときで $h/h_d=0.061 \sim 0.284$ ,  $Xa/h=0.58 \sim 1.68$ の場合

表2 (3), (4)式の係数

粗石の大きさ と配置	1			2		
	1	1	1	2	2	2
L, Mの時	8.34	0.32	0.46	6.48	0.13	0.31
L, Nの時	4.27	0.07	0.35	7.27	0.13	0.32
S, Mの時	4.18	0.04	0.34	5.07	0.05	0.33
S, Nの時	3.63	0.01	0.31	4.47	0.04	0.31

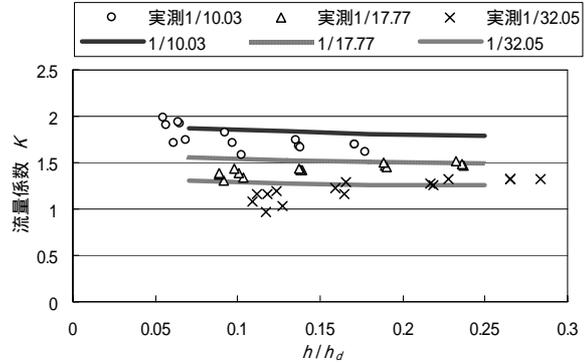


図1 S, Mにおける $K$ と $h/h_d$ の関係例

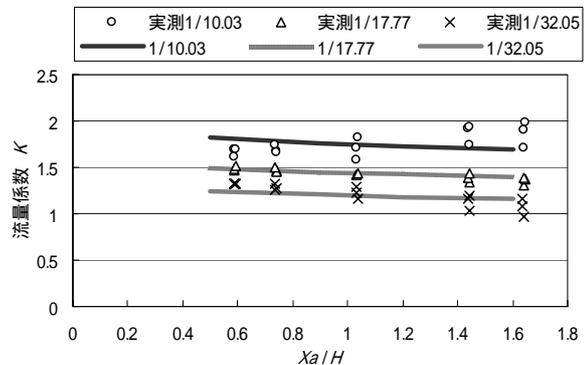


図2 S, Mにおける $K$ と $Xa/h$ の関係例

表3 (5)式の係数

粗石の大きさ と配置	3			実験範囲	
	3	3	3	$Xa/h$	$h/h_d$
L, Mの時	1.990	-0.335	0.171	0.58 ~ 1.64	0.072 ~ 0.271
L, Nの時	1.947	-0.290	0.156	0.58 ~ 1.65	0.067 ~ 0.252
S, Mの時	2.031	-0.296	0.166	0.58 ~ 1.68	0.061 ~ 0.284
S, Nの時	1.984	-0.286	0.160	0.58 ~ 1.67	0.059 ~ 0.264

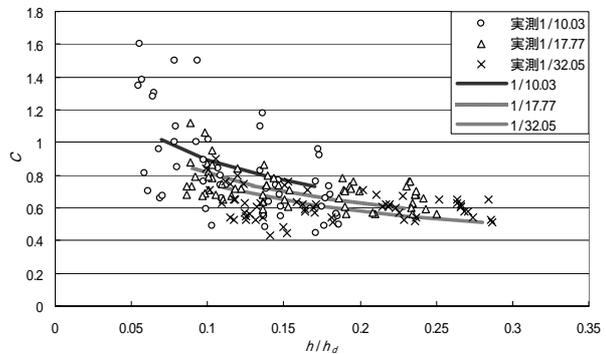


図4  $C$ と $h/h_d$ の関係