

セキの越流係数に関する一考察

阿南高専 正会員 ○湯浅博明

阿南高専 正会員 湯城豊勝

1. まえがき： 砂防ダム等ではセキ上流側のタイ砂による水深の変化によって越流係数が変化する事が知られている。その変化の原因として接近流速の変化，ナップの形の変化による収縮係数の変化等に原因があると考えられている。そこで接近流速の変化による越流係数の変化について解析を試みた。またセキの平面型状が円弧の場合について越流係数に及ぼす平面曲率の影響についても解析をし，更に2，3の実験を行なったものである。

2. 直線ゼキの解析： 図-1に示す様な鋭縁ゼキの流量公式として一般に次の式等が用いられている。

$$Q = \frac{2}{3} c \sqrt{2g} B (E_s^{\frac{3}{2}} - h_a^{\frac{3}{2}}) \quad (1)$$

接近流速 h_a の影響を求めるために (1) 式を変形して越流水深 H_s で表せば次の様になる。即ち

$$\frac{Q}{B} = q = \frac{2}{3} c \sqrt{2g} F(\alpha) H_s^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

ここで

$$F(\alpha) = \frac{3\alpha}{4\sqrt{2}} \sqrt{\frac{3\alpha^2 - 4 \pm \sqrt{9\alpha^4 - 24\alpha^2 + \frac{64}{3}\alpha - \frac{16}{3}}}{1 - \alpha}} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{1}{c} (1 + \frac{D}{H_s}) = \frac{1}{c} (1 + r'), \quad r' = \frac{D}{H_s} \quad (4)$$

である。この $F(\alpha)$ には接近流速 h_a を変化させる要因であるセキ高 D を含んでいる。この式において $D=0$ とすれば滝の流となり，その時の $F(\alpha)_{D=0} = 1.286$ となる。また滝の流においてはセキ頂水深 h_1 と E_s との関係は

$$h_1 = r E_s = [1 - (1 - \frac{1}{3})] E_s = 0.4368 E_s \quad (5)$$

として与えられるが h_a/E_s の値は定まらない。そこで (j) 式において $D=0$ とし，更に滝の流の理論と組合せて解けば

$$\frac{h_a}{H_s} = \left\{ \frac{F(\alpha)}{1.286} \right\}^{\frac{2}{3}} - 1 = 0.2133, \quad \frac{h_a}{E_s} = 1 - \left\{ \frac{F(\alpha)}{1.286} \right\}^{\frac{2}{3}} = 0.1738 \quad (6)$$

ここで

$$\eta = \frac{1 - (1 - r')^{\frac{2}{3}}}{c}$$

等をうる。表-1は滝の流れにおける h_a/E_s の実測値を，また図-2は $F(\alpha)$ と D/H_s との関係を示したもので r' の値が小さい程滝の流れに近づく。図中の測点とはセキ高 D を変化させて得た実測結果を示したものである。次に連続の条件から

$$q = \frac{2}{3} c \sqrt{2g} F(\alpha) H_s^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2g h_a} (H_s + D) \quad (7)$$

となるがこの式より

$$\frac{h_a}{H_s} = \left\{ \frac{\frac{2}{3} c F(\alpha)}{1 + r'} \right\}^2 \quad (8)$$

となり h_a/H_s は r' の値で表はされる。

$Q/1/5$	4	8	12	16
h_a/E_s	0.19	0.19	0.20	0.21

表-1 h_a/E_s の実測値

3. 円弧ゼキの解析： 図-1において波線で示す様に検査面を取り，運動量の式を適用すれば

$$\rho dQ (V_1 \cos \delta - V_2) = P_1 - P_2 \cos \theta \quad (9)$$

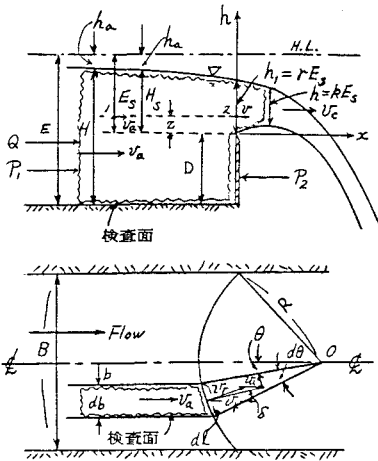


図-1 解析モデル

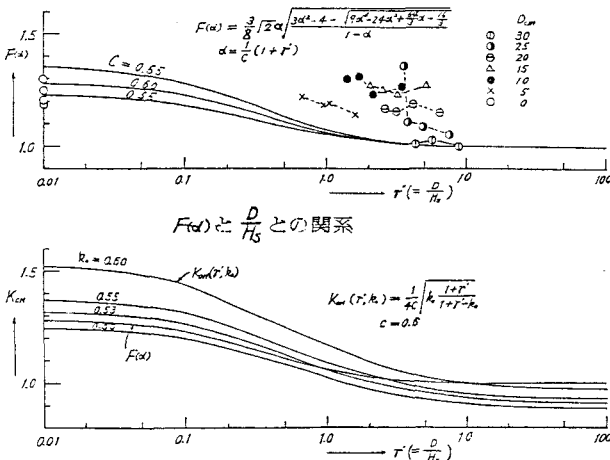


図-2 直線ゼキの越流係数 (h_a を除く)

となり、また連続式は $dQ = v_a H db = v_x \cos(\theta - \delta) h dl$

(10)

$\theta = \delta$ として (9), (10) 式より流量 Q を求めれば

$$Q = 2B \int_0^{\frac{B}{2}} \sqrt{\frac{g}{2} h H_s R} \frac{db}{\sqrt{\frac{R^2}{H} (H-h) - b^2}} = \frac{2}{3} c \sqrt{2g} B K_H H_s^{\frac{3}{2}} \quad (11)$$

ここで $K_H = \frac{3}{4c} \frac{1}{\beta} \sqrt{k(1+\delta')} \sin^{-1} \beta \sqrt{\frac{1+r'}{1+\alpha_H-k}}$ (12)

$$\alpha_H = r' - k\delta', \quad \delta' = \frac{h_a}{H_s}$$

となり $R \rightarrow \infty$ の時は直線ゼキになり

$$(K_H)_{R=\infty} = K_{0H} = \frac{3}{4c} \sqrt{k(1+\delta')} \sqrt{\frac{1+r'}{1+\alpha_H-k}} \quad (13)$$

更に $r' = 0$ とすれば滝の流れの式に対応する。また直線ゼキにおいては (8) 式に示した様に δ' は r' で表はされるから K_{0H} は r' にて表示される。図-3 中の $\beta = 0$ の曲線はこの式を示したものである。また (8) 式の関係が円弧ゼキにおいても成立すると假定するならば K_H の値も同様に r' で表示され、図-3 は接近流速を考慮しない時の K_H の値を、図-4 は接近流速を考慮した時の K_H の値を示したものである。また図-2 は $F(\alpha)$ の値と K_{0H} の値を図示したもので K_{0H} の値は k の値によってかなり変化し $k=0.55$ 位が $F(\alpha)$ の値に最も良く合う様である。

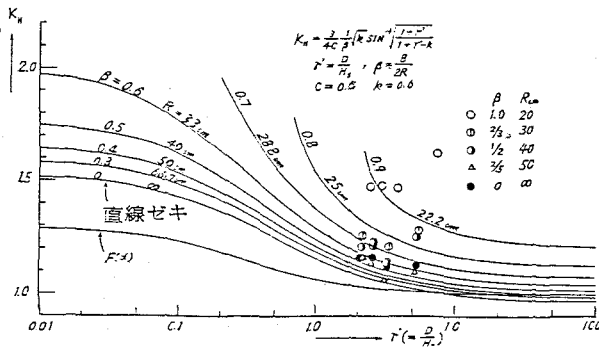


図-3 円型ゼキの越流係数 (h_a を無視)

なるにつれて直線ゼキにおいては $F(\alpha)$ の値が大きくなり、 1.29 と約30%近く増加する。◎ k の値としては一般に $2/3$ 位と考えられるが円弧ゼキの理論から求めた直線ゼキの場合の K_{0H} の値は $F(\alpha)$ の値よりかなり大きくなり一致しなかった。もし k の値が変化すると考えるならば 0.55 位となる。◎ c の値が変化すると $F(\alpha)$ の値も変化するがその変化の割合は小さい。◎ 越流水深がゼキ高の2倍位になって接近流速の影響が表はれ $D=0$ の滝の場合においては 1.6 倍位になりその影響はかなり大きい。◎ 滝の流れにおいて $F(\alpha)$ と K_{0H} の値が一致しない理由の一つに円弧ゼキの解析に用いた運動量理論式中の P_2 の値のとり方に幾分原因がある様にも思はれる。

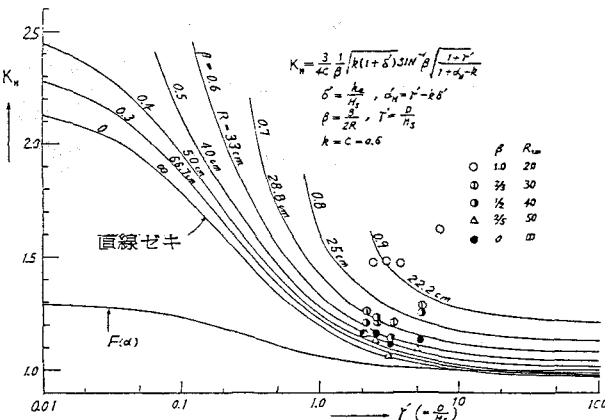


図-4 円型ゼキの越流係数 (h_a を考慮)

参考文献

- 1) 永井莊七郎：水理学。
- 2) 本間仁，安芸咲一：物部水理学
- 3) 相井条介：ラビリンス型越流部の放流特性。