III—18　定傾曲線利用の一例（横に曲げるSki-jump型ダム余水吐について）

建設省土木研究所　正員　永田二生

著者は先に空間曲線の取扱ひの一例として定傾曲線の一般的な解法を示し其の利用の可能性について述べた。今回はこの方法を横の方に曲げながら水脈を飛ばすSki-jump型の余水吐の形を定めるのに応用して好結果を得ることを模型実験で確認出来た。

一般に射流は直進する性質をもち水路を曲げると衝波を生じ一度出来た衝波は永く持続するのが普通である。然し堤頂部よりの水脈を落下と同時に平面的に曲げて行く場合側壁の曲りにより出来ようとする衝波が底面が低下することにより打消され全体として比較的均一な流況が得られないか又Bucket部で曲げる場合も側壁で曲げると同時に堤体面にもカントを附し曲げる方が側壁と堤体面と協力して曲げることになり構造物に対しても無理が少いやうに思はれる。余水吐を何等かの事情により曲げる必要を生じた時に水平の曲りも、高低の落下も又扱流方も同時に僅かづつ変化するやうな曲面上を流した方がそうでない曲面を流れるよりも一層水理現象に適合すると考へられる。即ち此の僅かづつの変化の仕方を理論的に出し得ればよいが実際には困難であるので近似的に定傾曲線を採用し模型を造った処比較的良い流況を得た。以下紙面の都合で記号は参考1に用ひられた記号を其の儘用ふることにする。

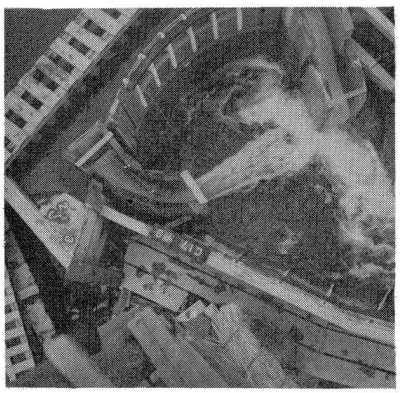
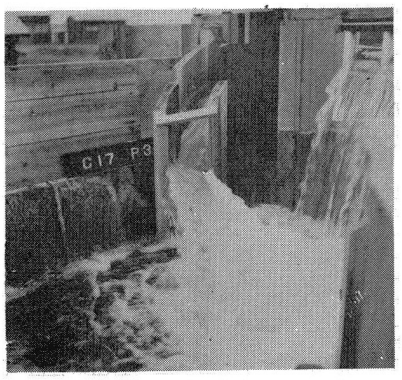
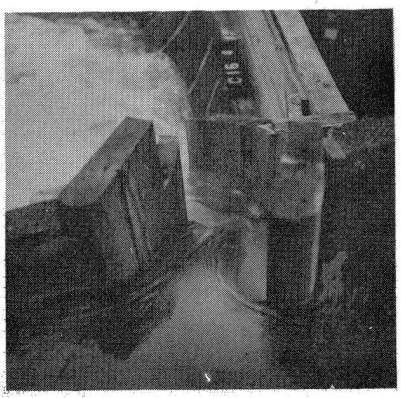


写真 1.



↑ 写真 2.　↓ 写真 3



即ち余水吐の表面の中心線に定傾曲線を採用し曲面 ξ, η, ζ を余水吐の表面に採用し $t=$ const. と置いた線を含む鉛直面を余水吐の側壁面に採用するものとする。第一例は溢流部から直ちに曲げ始め曲線終端に円柱形のBucketを附したもの、第二例は溢流部は通常の如く曲げないで導き或る程度落下してから空間曲線に沿ったBucketを附した場合である。

例1　$x_0=y_0=z_0=0$，$\beta_0=\gamma_0=l_0=m_0=\lambda_0=\nu_0=0$　$\alpha_0=n_0=\mu_0=1$　$\bar{\alpha}=\cos 15^\circ\cos 45^\circ$，$\bar{\beta}=\sin 15^\circ\cos 45^\circ$，$\bar{\gamma}=\sin 45^\circ$ の場合を考へると

$$\alpha=\cos^2\epsilon\cos B+\sin^2\epsilon,\quad \beta=\sin\epsilon\cos\epsilon(\cos B-1),\quad \gamma=\cos\epsilon\sin B \cdots(1)$$

となるから　$\tan\epsilon=\bar{\beta}/(\bar{\alpha}-1)$ …(2) を得これより　$\epsilon=-30^\circ$ を得　$B=0.9553$　を得る。尚曲率の変化を次の如く仮定すると

$\frac{1}{\rho}=\frac{1}{\rho_0}\cos(\frac{\pi}{2}\frac{s}{s})=\frac{1}{\rho_0}\cos(\frac{\pi}{2}p)$ ……(3) ここに ρ_0 は溢流頂に於ける曲率半径 $s/s=p$ とする

$\bar{B}=\frac{1}{\frac{\pi}{2}\rho_0}\sec\epsilon$ ……(4) とおくことにより $B=\bar{B}\sin(\frac{\pi}{2}p)$ ……(5) となる。都合で $\theta=\omega+\frac{\pi}{2}$ とおき ϵ と同様な σ なる常数を導入すると $\omega=-\tan\sigma\int_0^s\frac{1}{\rho}ds$ ……(6) となり曲線終端に於ける ω の値は $\bar{\omega}=-\tan\sigma\frac{\bar{s}}{\frac{\pi}{2}\rho_0}$ ……(7) とおき得るので $\omega=\bar{\omega}\sin(\frac{\pi}{2}p)$ ……(8) となる。若し $\gamma=-n\sin\omega+\nu\cos\omega$ ……(9) をカント角と定義すると参考1の(1)式より $n=\cos B$ $\nu=-\sin\epsilon\sin B$ となるから或る与へられたカント角を附するに必要な $\bar{\omega}$ の値を計算出来る。従って曲面 ξ,η,ζ は計算出来る 写真1,2は $\sigma_0=1.5$ 曲率半径は(4)式より堤頂部で約 $\rho_0\fallingdotseq 20$ 水路巾は $b=6.5$ カント角は30° の場合である。下流に附した円柱形の曲率半径は8 の場合である。 写真3,4,5は同じ条件でカント角を15° にした場合である。

例之 $\alpha_0=-\gamma_0=l_0=n_0=\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\beta_0=m_0=\lambda_0=\nu_0=0$ $\mu_0=-1$ $\bar{\alpha}=0.85165$, $\bar{\beta}=0.3971$, $\bar{\gamma}=0.3420$ の場合で参考1の(1)式は

$$\sqrt{2}\alpha=\cos\epsilon\sin B+\cos^2\epsilon\cos B+\sin^2\epsilon$$
$$\beta=\cos\epsilon\sin\epsilon(\cos B-1)\qquad \sqrt{2}\gamma=\cos\epsilon\sin B-\cos^2\epsilon\cos B-\sin^2\epsilon \quad\}(10)$$

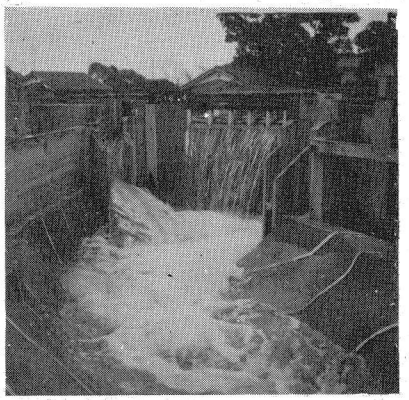
となるので $\cot\epsilon=-\frac{1}{\beta}(\frac{\bar{\alpha}-\bar{\gamma}}{\sqrt{2}}+1)$ ……(11) が求められるので之より $\epsilon=-30°51'$ となり(10)式に代入し $\bar{B}=1.4567$ が求められる。例1と同様な計算法により

$$\frac{1}{\rho}=\frac{1}{\rho_0}\sin(\frac{\pi}{2}p)\qquad B=\bar{B}[1-\cos(\frac{\pi}{2}p)]$$
$$\omega=\bar{\omega}[1-\cos(\frac{\pi}{2}p)] \quad\}\cdots\cdots(12)$$

となりカント角を30° とすると $\frac{1}{2}=-n\sin\bar{\omega}+\nu\cos\bar{\omega}$ となり参考1第(1)式より $n=\frac{1}{\sqrt{2}}(\cos\epsilon\sin B+\cos B)$ $\nu=\frac{1}{\sqrt{2}}(-\sin\epsilon\sin B+\sin\epsilon\cos\epsilon\cos B-\sin\epsilon\cos\epsilon)$ となるから $\bar{\omega}=0.2048$ を得る。写真6,7 は例1と同様 $\sigma=1.5$ で(4)式より $\rho_0\fallingdotseq 12.5$ $b=6.5$ の場合である。

いづれの例も水脈を曲げる目的はかなり良く達せられている。

本計算法は形状の計算法であるので実施する場合は必ず模型実験により確かめる必要がある。



↑写真4, ↓写真5

写真6

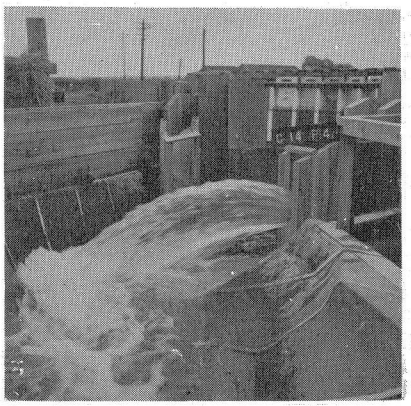


写真7.

参考1.
Tsugio NAGATA; The Solution of the Natural Equation of Space Curve with Constant Inclination, and some of Its Applications. Proc. of the 6th Japan National Congress for Applied Mechanics.