

東京工業大学大学院 学生員 清水義孝
東京工業大学工学部 正員 福岡捷二

1. はじめに.

扇状地河道では網状流路がしばしば見られる。そこでは州が水面上に現われ、流れは分岐、蛇行、集中、発散を繰り返す強い不等流性を示す。その挙動は河道の局所的な平面形状や河床形状に支配され、側岸部付近に水流の集中を生じさせ、河岸浸食を引き起こす原因となる。本研究はこのような流れの基本的な性質を理解する第一段階として、網状流路の平面構造に注目し、州の平面的な配置と流れの関係を検討する。

2. 解析法

図-1に示すように規則正しく配列した州をもつ流れ場を考える。河床は平坦とし、州は常に水面上にあって移動しないものとする。このような前提のもとでは、流れは平面二次元ポテンシャル流れで表わし得る可能性がある。そこで州の形状は、一様流と強さの等しい湧き出しと吸い込みの複合速度ポテンシャルを重ねたランキンの卵形で表現する。

このとき、 z -面上の複合速度ポテンシャルは、

$$f(z) = Uz + K \log(z - z_1) - K \log(z - z_2) \quad (1)$$

となる。ここに U は一様流の流速、 K は湧き出し・吸い込み強度である。

次に一列の網状流路の側岸境界条件を満足させるため、写像 $z = e^{\pi z/B}$ を用いて式(1)を z -面上に移すと、 $Y = 2nB$ (n : 整数)上に卵形が並び、鏡像の原理から $Y = B$ が側岸の境界条件を満足する。簡単のため、図-2に示すように卵形3つの組合せを z -面上で考え、 z -面に写像し得られる複合速度ポテンシャルは、

$$\begin{aligned} f(z) = & K \log \sinh \frac{\pi}{2B} (z+A) - K \log \sinh \frac{\pi}{2B} (z-A) \\ & + K \log \cosh \frac{\pi}{2B} (z+C+A) - K \log \cosh \frac{\pi}{2B} (z+C-A) \\ & + K \log \cosh \frac{\pi}{2B} (z-C+A) - K \log \cosh \frac{\pi}{2B} (z-C-A) \\ & + Uz \end{aligned} \quad (2)$$

となる。これより流関数 $\psi(x, y)$ を求めると次式を得る。

$$\psi(x, y) = K \tan^{-1} \frac{e^{\frac{\pi x}{B} \sin \frac{\pi y}{B}}}{e^{\frac{\pi x}{B} \cos \frac{\pi y}{B}} - e^{-\frac{\pi}{B} A}} - K \tan^{-1} \frac{e^{\frac{\pi x}{B} \sin \frac{\pi y}{B}}}{e^{\frac{\pi x}{B} \cos \frac{\pi y}{B}} - e^{-\frac{\pi}{B} A}}$$

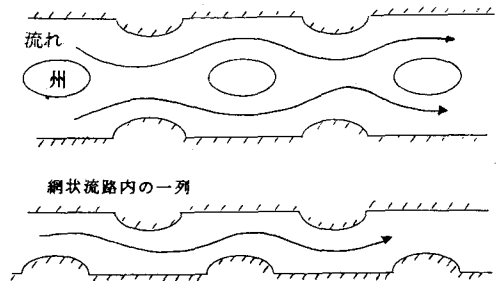


図-1 網状流路の平面形状

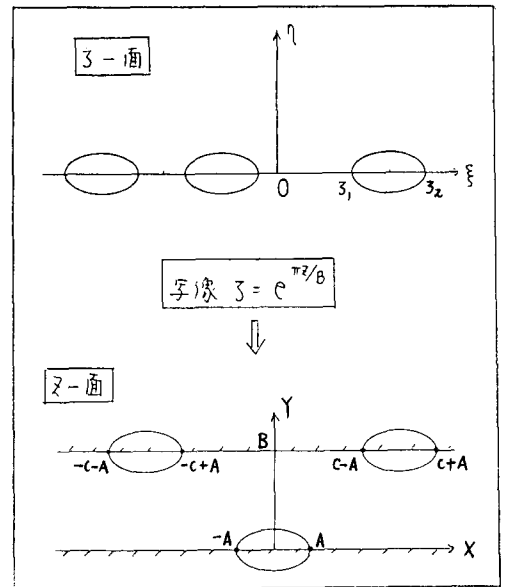


図-2 解析方法

$$\begin{aligned}
 & + K \tan^{-1} \frac{e^{\frac{\pi x}{B} \sin \frac{\pi y}{B}}}{e^{\frac{\pi x}{B} \cos \frac{\pi y}{B}} + e^{-\pi(c+A)/B}} - K \tan^{-1} \frac{e^{\frac{\pi x}{B} \sin \frac{\pi y}{B}}}{e^{\frac{\pi x}{B} \cos \frac{\pi y}{B}} + e^{\pi(c-A)/B}} \\
 & + K \tan^{-1} \frac{e^{\frac{\pi x}{B} \sin \frac{\pi y}{B}}}{e^{\frac{\pi x}{B} \cos \frac{\pi y}{B}} + e^{-\pi(c+A)/B}} - K \tan^{-1} \frac{e^{\frac{\pi x}{B} \sin \frac{\pi y}{B}}}{e^{\frac{\pi x}{B} \cos \frac{\pi y}{B}} + e^{\pi(c+A)/B}} \\
 & + U \cdot y \quad (3)
 \end{aligned}$$

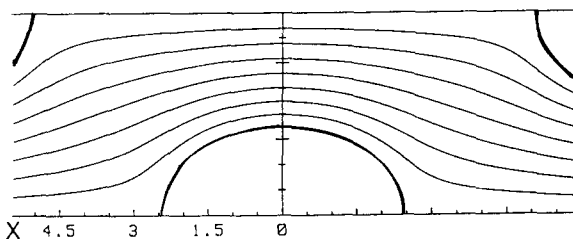


図-3 州を通る流れ

3. 解析結果

州の短軸 L_y , 長軸 L_x を与えると, 湧き出し・吸込み強度 K と一様流速 U の比が決定される。

$L_y = 0.4B$, $L_x = 1.3B$ 程度の形状を与えて流肉数に計算した結果を図-3に示す。

州の形状の効果により上流側の水流の流向が対岸に強く曲げられ, 湾幅の狭まりにより, 流下方向に加速される。実際の網状流路でも河床が平坦床の場合には, このような縮流のある加速場の流れはポテンシャル的と考えられる。そこで, このような流れ場における対岸への水流の局所的な集中を考察する。図-4は, 横断方向流速の分布を示す。主流と垂直な流速成分は, 州の中央部に至らないうちに急速に弱まり, 対岸から流れを起す流れは対岸にほぼ平行となる。

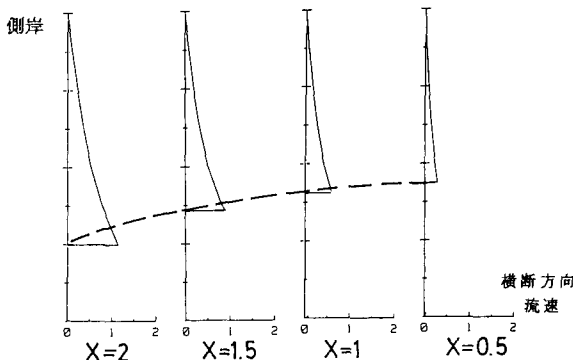


図-4 横断方向流速分布

各流線上で成分が最大となる地点と, 単位面積あたりの横断方向運動量 puv が最大となる地点を示したものが図-5である。これらを見れば明らかに, 水流の集中があるとは考え難く, 実際と予想される位置で対岸への水流の集中はみられない。

したがって州の平面構造に起因する流れの集中は弱く, かなり大きな曲率をもつ州の形状を与えれば, 側岸への流れの集中すなわち水衝点の発生はみられない。

しかし州が河道内の自然な状態の中で維持できる形状は, ある程度ゆるやかな曲率をもつと考えられることから, 平面構造の効果だけでは, 網状流路内の河床への水流の集中は説明しにくいようである。

以上のことから, 流れの河床への集中を引き起こす不可欠な要因は, 河床の縦横断形状にあると思われる。

このことは著者の一人が, 直線流路における交互砂州に起因する水衝点の発生が明らかにしている。

網状流路の場合, 河床の縦横断形状と州の配列が相互に影響を及ぼして, 強い水衝点の発生を促すものと思われるので, 今後は両者を考慮した流れの解析を行う必要がある。

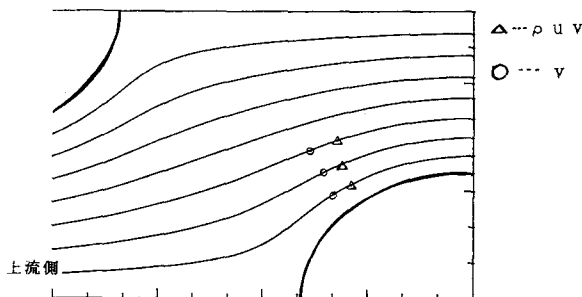


図-5 流線上の横断流速及び横断方向運動量 puv の最大地点

参考文献

- 1) 福岡・山坂: 直線流路における河床水衝位置の予測, オゾ田年報, 1984