

移動床水路の抵抗則について

大阪産業大学工学部 正員 重光 世洋

大阪産業大学工学部 正員○宮島 昌弘

1. まえがき

移動床水路において、たとえば与えられた流量に対しての流速、水深、流砂量などを求める問題は、河川水理技術者及び模型実験解析技術者にとっての長年来の主たる関心事である。これらの問題は、結局流水の抵抗即ち抵抗係数を如何に精度よく見積るかに集約されよう。本文は、小規模河床形態を対象に既往の実験資料を用いて、固定床水路の抵抗則を拡張した形で検討を行い、移動床水路における流水の抵抗係数を推定しようとするものである。¹⁾ また流水抵抗に対する推定式は、それぞれ Lower regime, Transition, Upper regime の3つの河床形態に対して提示した。

2. 抵抗係数の推定式について

移動床水路における流水抵抗係数の推定にあたっての考え方は、

- (1) 抵抗係数は、Darcy-Weisbach の表現式 (1.1) を用いる。
- (2) 固定床 (平坦河床) での抵抗係数の基本式は、式 (1.2) の形で表現する。
- (3) 移動床水路上で流速分布は対数則に従うものと仮定する。
- (4) 移動床水路の全抵抗は、固定床水路の摩擦抵抗と移動床水路の河床形態による形状抵抗などから複合された相当粗度を考えることにより、式 (1.3) で表現する。

$$f = 8U_*^2 / U^2 \text{ --- (1.1)} \quad 1/\sqrt{f'} = 2.03 \log(aR/k_s) \text{ --- (1.2)} \quad 1/\sqrt{f} = 2.03 \log(aR/k_m) \text{ --- (1.3)}$$

ここに、 f : 移動床水路の全抵抗係数、 f' : 固定床水路 (平坦河床) の全抵抗係数、 U_* : 摩擦速度、 U : 平均流速、 a : 係数、 R : 径深、 k_s : 固定床水路における相当粗度、 k_m : 移動床水路における複合された相当粗度。

ここで、 $k_s \approx d_m$ 、とにおいて、さらに移動床水理を支配する無次元変数のうち完全に発達した乱流場を対象とすると、 $R/k_m = \phi(Fr, Y, Z)$ の関数関係に表されることから、式 (1.3) の $R/k_m = (Fr)^\alpha (Y)^\beta (Z)^\gamma C$ とし、改めて式 (1.3) に代入すると、

$$1/\sqrt{f} = 2.03 \log(aZ) + 2.03 \log(Fr^\alpha Y^\beta Z^\gamma C) \text{ --- (1.4)} \quad \text{となる。}$$

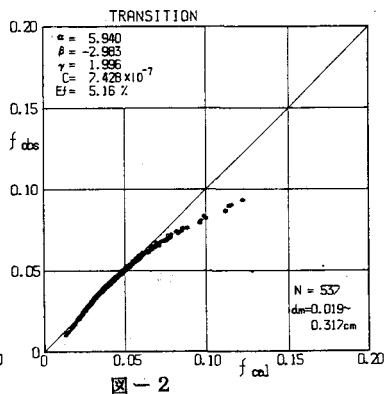
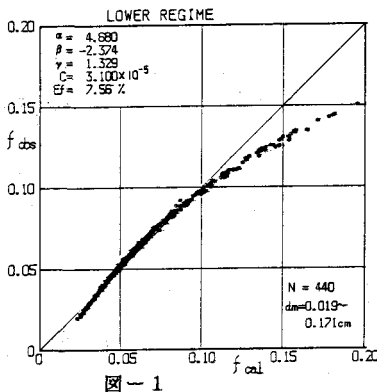
ここに、 Fr : フルード数、 $Y: \rho U_*^2 / \gamma_s d_m$ (無次元掃流力)、 $Z: R/d_m$ 、 C : 定数、 d_m : 平均粒径、 γ_s : 砂粒の水中重量、 α, β, γ : 河床形態に従属する指数。

この (1.4) 式が、今回の移動床水路上で抵抗係数の推定式となる。

3. 整理結果

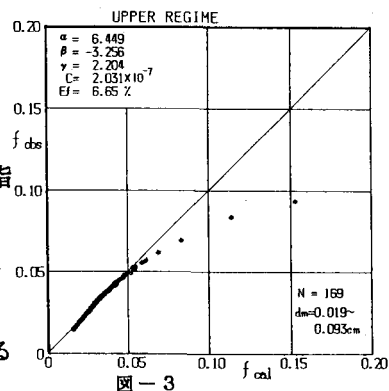
解析に用いた資料は、U. S. W. E. S., U. S. G. S., 及び Gilbert のものであり、河床形態は、芦田・道上の分類に基づいた。図1～3に Regime ごとの f_{obs} と f_{cal} との対比を示す。これらより、 f の大きい領域を除いて非常に良い一致を示し、自乗平均誤差率 E_f も数%程

度と小さくなっていることが判る。また図1～3を通して、抵抗係数の比較的大きな領域にあっては、推定値 f_{cal} が実測値 f_{obs} に比して大きく推定される傾向が顕著である。この原因は、種々あるうかと思われるが、1つには流速分布が



対数則に従うと仮定したこと、さらには、データの処理に際して一律に径深を使用したことにより、水路の側壁効果を除去していない、などが考えられる。

表-1に各 Regime ごとに得られた指数、定数 α, β, γ, C をまとめておく。これから判るように、 Fr 数及び Z の指数 α, γ は、Lower から Upper regime へと領域変化に伴い漸増の傾向、 γ の指数 β は逆に漸減傾向を示し、定数 C は大きく減少している。



また各領域別には、(1.4)式の右辺第2項を考え合わせると Lower regime では、相対的に γ の項が卓越しており、Upper regime では、 Z の項が卓越して抵抗係数に影響を及ぼしているようである。

4. 推定式(1.4)の修正

ここでは、実用的な見地から、図1～3の f_{cal} と f_{obs} の関係から判断して、次の関係式を用いて式(1.4)の修正を試みた。

$$f_{obs} = M(f_{cal})^p + N \quad (1.5)$$

各河床形態に対しての解析検討の結果、 $P=2/3$ が全体的に良いフィット性を示した。図-4はその一例である。これにより修正の仕方に問題は残るものの、かなりの精度で抵抗係数を推定できることが判る。

5. 結語

本文では、統計的手法を用いて、各 Regime に対する移動床水路の抵抗係数を推定しえる式(1.4)を示した。しかし、抵抗係数の大きな領域についての問題点、さらには、この推定式は、一般に試算法を含むものであること、などいくつかの問題が残されている。これらについては今後の課題としたい。

参考文献 1) 重光ら 移動床水路の抵抗係数について s. 59年度 土木学会関西支部年講

表-1

指数及び定数	Lower Regime	Transition	Upper Regime
α	4.680	5.940	6.449
β	-2.374	-2.983	-3.256
γ	1.329	1.996	2.204
C	3.100×10^{-5}	7.428×10^{-7}	2.031×10^{-7}

