

鳥取大学 大学院 ○学生員 松谷 治

鳥取大学 工学部 正 員 道上 正規

鳥取大学 工学部 正 員 鈴木 幸一

1. はじめに 従来、移動床水路における抵抗則と河床形態との関係で論じようとする多くの試みがなされてきた。その場合、河床形態の特性を河床波とみなして、その平均的な波長・波高で代表させることが普通である。しかし、著者らが指摘したように、水路幅 B と水深 h との比 B/h によっては、河床形態は水路横断方向にも著しく変化するため、単に水路中央測線の河床波特性だけで水路全体の抵抗則を論じることには、疑問が残る。そこで、本研究では、河床波特性とその流水に対する抵抗則に関して、平均波長・波高を水路中央測線のもの $(\bar{\Lambda}, \bar{\Delta})$ を使用した場合と、中央測線および側壁近くの測線(2本)の平均値 $(\bar{\Lambda}, \bar{\Delta})$ を使用した場合との比較、ならびに、波長・波高の定義を変えた場合(8-C法およびT-T法)について検討した。

2. 河床形態の特性 図-1は幅 B が50cmの水路における河床

縦断形状の一例を示したもので、 Y は水路中央測線からの横断方向の距離である。水路中央測線の縦断形状と側壁近くの測線のもの进行比较すると、平均的な波長・波高は側壁に近い測線の方が小さくなっていることが認められる。写真-1は同一流量、同一流砂量条件下、幅が40cmの水路と10cmの水路の河床状態を示したものである。

これを見ると、明らかに40cm水路では、河床形態は三次元的になっ

ていることがわかる。一方、10cm水路では、河床形態は二次元的になっている。このように河床形態が二次元的になったり、三次元的になったりあることに関与しているパラメーターは、水路幅・水深比 B/h と考えられ、著者らは、 $B/h < \sim 4$ では河床形態はほぼ二次元的に、 $B/h > \sim 4$ では三次元的になることを指摘している。したがって、河床形態が $B/h < 4$ を境として変化すれば、それに伴って抵抗特性も変化すると考えられる。ここでは、そのことを考慮に入れ B/h をパラメーターに用いて検討を行なう。

3. 波長・波高の定義 従来、波長・波高はZero-up-cross法(8-C法)によって求められているが、2章で述べたように、河床が三次元的になっている場合、8-C法では、平均波長・波高は大きな変動に支配されやすく、抵抗に関与しているといわれる小さな変動に対する波長・波高を正確に表現できず、またばらつきも大きくなると考えられる。そこで、大きな変動を除外するため、図-2のように、波の谷から谷までを一つの波とし、連続したすべての波を読むTrough-to-Trough法(T-T法)によって平均波長・波高を求め、8-C法で求めたものを用いて抵抗を計算した場合との比較検討を行なう。

4. 河床波の抵抗則 従来、移動床水路の抵抗の問題は、抵抗係数と次元解析等で得られた種々の水理量との関係を明らかにするものと、全抵抗を河床波による形状抵抗と河床面の砂粒による摩擦抵抗に分離して取り扱うものに分けられる。まず、前者について、流運係数 U_{*d} と無次元掃流力 C_{*d} との関係を示したものが図-3である。ここに U は平均流速、 U_{*d} は摩

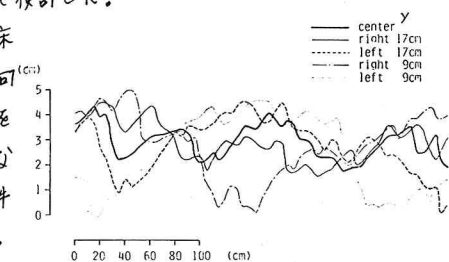


図-1 河床縦断形状



写真-1 河床形態

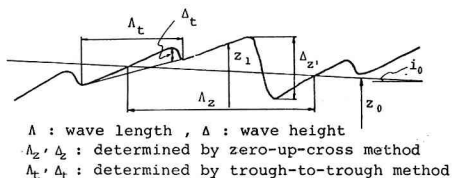


図-2 波長・波高の定義

Λ : wave length, Δ : wave height
 Λ_z, Δ_z : determined by zero-up-cross method
 Λ_t, Δ_t : determined by trough-to-trough method

岸曲線($R/d=100$)を示している。図-3より、 $B/\lambda < 4$ の●印のデータは、全体的に u/u_{*} が提案値よりも大きくなっていることがわかる。これは、 $B/\lambda < 4$ になると水理量が同じでも抵抗が小さくなるということを示していると考えられる。次に、後者については、田中、岸、Yalin, 吉川・石川, Tanoni & Hwang などの研究があるが、ここでは田中⁽⁴⁾の提案式を用いて、平均

$$\frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{\varphi_1^2} + \frac{1}{\varphi_2^2}, \quad \frac{1}{\varphi_2^2} = \frac{1}{2\lambda}, \quad \frac{1}{\varphi^2} = \frac{(1 - \varepsilon \Delta/\lambda)}{\{6.0 + 5.75 \log(R/100 \cdot \tau_*^{0.769})\}^2} \quad (d)$$

ここに、 φ : 流速係数、 λ : フルード数 Δ/λ の関数、 ε : 実数(7~10)を用いて、平均波長・波高として水路中央測線だけを使用した場合(図-4)と、中央測線と側壁近くの値の平均値を使用した場合(図-5)との比較を行なった。両図を比較すると、 $B/\lambda < 4$ の●印のデータは両図であまり変化はない。このことは、

河床がほぼ二次元的であるため、 Δ と $\bar{\Delta}$ および λ と $\bar{\lambda}$ はあまり変化しないことからくるものと考えられる。しかし、 $B/\lambda > 4$ の○印のデータでは、側壁近くの測線をも考えた場合、計算値は比較的实际値と一致してくることが認められる。図-6および図-7は、吉川・石川の提案式、

$$u = \sqrt{\frac{2.38 I}{C_f' + C_f''}}, \quad (C_f' = \frac{1}{\lambda} \int_0^{\lambda} C_f' d(\frac{x}{\lambda}), C_f'' = \frac{C_D \frac{\Delta}{\lambda} R}{4(1+\alpha)(2+\alpha)}, \quad C_D = \frac{4(1+\alpha)(2+\alpha)}{(2-\alpha)^2 \{2 + (1-2\alpha)\alpha\}} \cdot \frac{\{2(1+\alpha)\alpha}{2 + (1-2\alpha)\alpha} + \{C_{p0}\}})$$

ここに、 C_f : 単位幅流量、 I : 河床勾配、 g : 重力加速度、 α : 波の谷からの流下方向距離比、 α : 実数 ≈ 4 、 λ : Δ/λ , C_{p0} : 実数 ≈ 0.13 , α : 河床波の上流側斜面角である。において、平均波長・波高をZ-C法で求めたもの(図-6)およびT-T法によって求めたもの(図-7)を使用した時の抵抗係数 C_f の実際値と計算値を比較したもの

図-6 C_f の計算値と実際値の比較(Z-C法) 図-7 C_f の計算値と実際値の比較(T-T法)である。両図を比較すると、 $B/\lambda < 4$ の●印のものは上と同様にあまり異っていない。これは河床が二次元的な場合、波長・波高はZ-C法でもT-T法でも変わらないことからくるものと考えられる。一方、 $B/\lambda > 4$ の○印のデータでは、図-7の方が比較的多まりがあるように思われ、三次元的な河床形態の場合は、Z-C法よりもT-T法により波長・波高を求めた方がよく結果がまとまるという結果を得た。

4. おわりに 以上が検討結果であるが、抵抗則を河床波特性(波長・波高)との関係で論ずる場合、T-T法で波長・波高を求め、さらに、平均値には、中央測線のもの、側壁近くの2測線のものとの平均を用いると、結果がよくまとまるという結果を得たので、今後、提案式における係数を上のような方法で定義した波長・波高を用いた場合のものに修正することにより、結果のばらつきなどが改善できるのではないかとと思われる。

(参考文献) 1) 鈴木・道上・岩垣: 第25回水理講演会論文集, 1981, 2) 芦田・道上: 土木学会論文報告集, 第206号, 1972, 3) 岸・黒木: 北大工学部研究報告, 1972, 4) 舩: 京大工学部論文, 1972, 5) 吉川・石川: 土木学会論文報告集, 第281号, 1979.

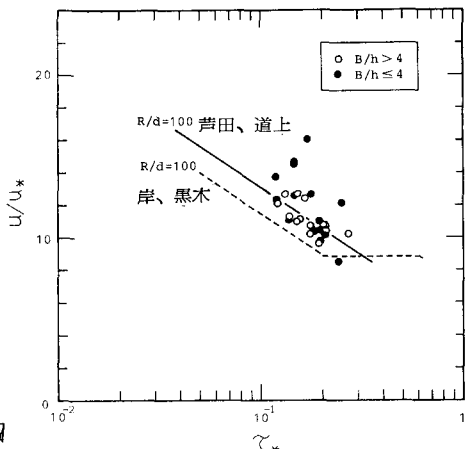


図-3 τ_* と u/u_* との関係

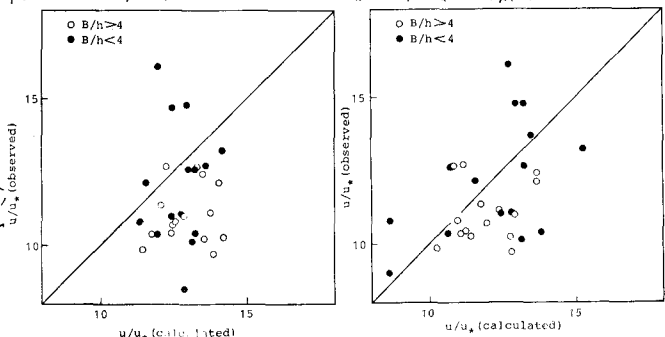


図-4 u/u_* の計算値と実際値の比較(中央測線) 図-5 u/u_* の計算値と実際値の比較(平均値)

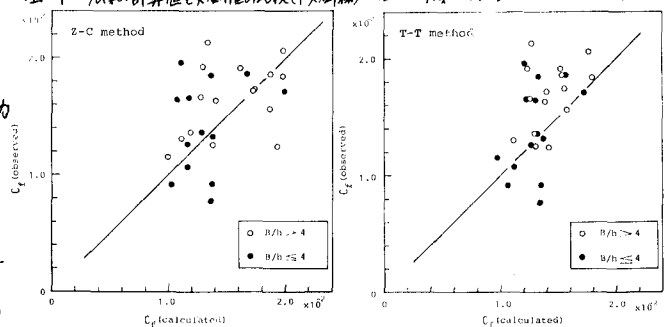


図-6 C_f の計算値と実際値の比較(Z-C法) 図-7 C_f の計算値と実際値の比較(T-T法)