

三菱重工(株) 正員 川端 稔
 神戸大学大学院 学生員 〇竹本 修
 兵庫県 正員 廣田宗明
 神戸大学工学部 正員 道奥康治

1. はじめに

単調な直線河道に瀬と淵を設置して流れに変化をつけることなどにより、生態環境保全に配慮する多自然型川づくりが近年の河道計画の基本理念となっている。河道形状に変化をつけることは粗度の増大をもたらす。高水計画の策定に際しては河道形状の水理学的影響を勘案する必要がある。本報では、図-1のように単純化された瀬と淵の模型を開水路内に設置し、河道形状が流水抵抗特性におよぼす影響を実験的に検討した。

2. 実験方法と条件

表-1 実験条件

実験は、長さ7m、幅45cm、高さ20cm、でアクリル製の直線開水路で行った。瀬と淵も水路本体と同じ材料で設置する。流れや抵抗に関連する物理量を列挙して次元解析を行えば、抵抗係数 f が次式のような関数形で記述されることになる。

$f = \text{Func}(R/\lambda, \theta, R/d, R/b, R/B, UR/v) \dots (1)$ ここで、瀬と淵の形状に関する特徴性量として図-1に示す波長 λ や迎え角 θ に着目し、さらに、パラメーターの数を限定するために、径深 $R=2.35\text{cm}$ 、幅 $B=45\text{cm}$ 、低水路幅 $b=15\text{cm}$ 、瀬の高さ $d=0.5\text{cm}$ に固定した。以上により、

$f = \text{Func}(R/\lambda, \theta, UR/v) \dots (2)$ の関数形を実験的に検討する。

表-1に実験条件を示す。

3. 摩擦抵抗則の実験結果

パラメーター R/λ の f への影響を図-2に示す。同図横軸はレイノルズ数 $Re = UR/v$ である。図中の直線は、各々のケースの実験値を滑面乱流の抵抗則 $f = K \cdot Re^{-1/4}$ へ回帰した実験式である。 f を直線複断面河道の抵抗係数 f_0 によって無次元化した f/f_0 と R/λ の関係を図-3に示す。図-3より R/λ の増加に伴って f/f_0 は線形に増加し、 λ の減少によって高水敷による形状抵抗が増加している。同様に θ が抵抗則に及ぼす影響を図-4に示す。図中の直線は、図-2の場合と同様の回帰式である。 f/f_0 と θ の関係を図-5に示す。 f/f_0 の値は θ が増加するに従い増大するが、 $\theta = 65^\circ$ から $\theta = 75^\circ$ の付近でピークに達し、その後は減少している。ここで、Case3を基準ケースとしてパラメーター R/λ と θ を各々系統的に変化させ実験を行い、図-3,5の実験結果より、任意の $R/\lambda, \theta$ の組み合わせに対して f を算定するための抵抗係数の実験式を求めた。定式化に際し、図-3の R/λ と f/f_0 の関係が線形であり、これはどのよう

case	R/λ	θ (deg)
1	0	45°
2	0.012	
3	0.016	
4	0.018	
5	0.023	
6	0.027	
7	0.016	30°
8		60°
9		75°
10		90°

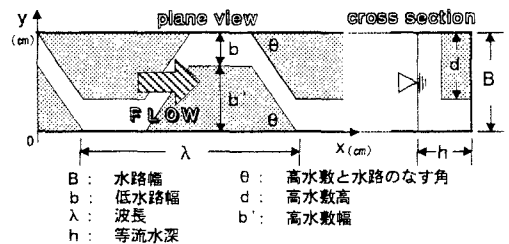


図-1 瀬と淵を有する開水路模式図

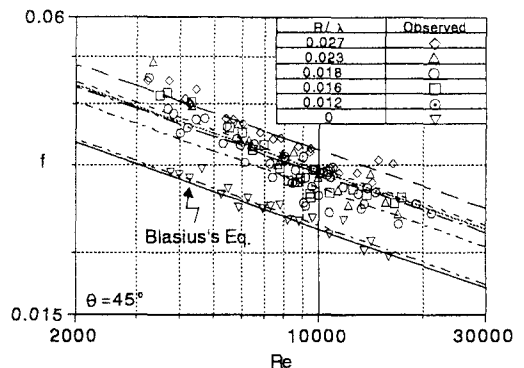


図-2 f と R/λ の関係

Minoru Kawabata, Osamu Takemoto, Muneaki Hirota, Kohji Michioku

な θ に対しても成立すると仮定する。Case3 の R/λ の値を $(R/\lambda)_0$ とすると、抵抗係数は

$$\frac{f}{f_0} = \frac{\psi_s(\theta)-1}{(R/\lambda)_0} (R/\lambda) + 1 \dots (3) \text{ となる。ここで } \psi_s(\theta)$$

は図-5中の三次式である。

4. 河道断面の合理性に関する考察

複断面を有する直線河道を蛇行河道に改修した場合、河床の粗度効果の増加に伴い、疎通能が低下し、所定の計画高水流量を流すことができなくなる可能性がある。この場合、低下した疎通能を補償するだけの河積の拡大を行う必要が生じる。ここでは、問題を水深の増加（例えば、浚渫や堤防の嵩上げ）に限定して、蛇行水路への改修後、同じ疎通能を確保するために必要な水深の増分 Δh について検討する。改修前後の疎通能をそれぞれ次の式で表す。

$$Q_0 = (8gR_0S/f_0)^{0.5} A_{00} \dots (4), \quad Q_a = (8gR_aS/f_a)^{0.5} A_{aa} \dots (5)$$

ここで添字 o は改修前、添字 a は改修後を表す。改修前後で同じ計画高水量を考え、式 (4) と式 (5) を等置して、整理すれば次式を得る。

$$R_a A_a^2 = (f_a/f_0) R_0 A_0^2 \dots (6) \text{ ここで } f_a/f_0 \text{ は近似的に式 (3)}$$

に等しいとする。実際に式 (6) から水深の増分 Δh を試算するために、中小河川を想定して、 $B=45\text{m}$, $b=15\text{m}$, $d=2\text{m}$, $h=5\text{m}$ の場合を考える。 λ においては 250m から 650m 。 θ は 30° から 80° の範囲で Δh を計算した。計算結果を図-6に示す。改修にともなって増加すべき Δh は、 $\theta=65^\circ$ から $\theta=75^\circ$ 付近で極大値を持ち、 λ の増大とともに減少する。

5. むすび

今回の抵抗則に関する実験ではパラメーターをかなり限定したが、今後は他のパラメーターも追加し、より一般的な抵抗則を求める必要がある。また、河道改修に際しては、通水能のような水理学的要素のみならず、景観や生態環境の要素、水衝部の安全性なども含めて考えなければならない。

参考文献

- (1) 神田, 鈴木: 球状粗度の底面における浅い流れの抵抗特性, 土木学会論文集/第357号Ⅱ-3 1985年
- (2) 福岡, 藤田: 複断面河道の抵抗予測と河道計画への応用, 土木学会論文集/第411号Ⅱ-12 1989年
- (3) 足立: 人工粗度の実験的研究, 土木学会論文集/第104号 1964年

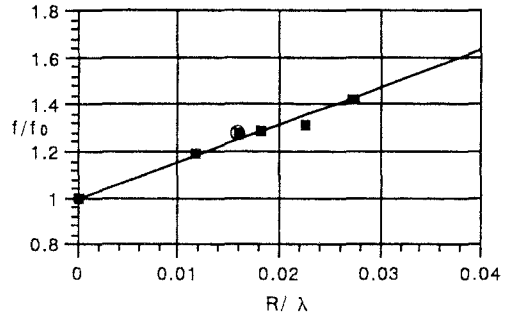


図-3 f/f_0 と R/λ の関係

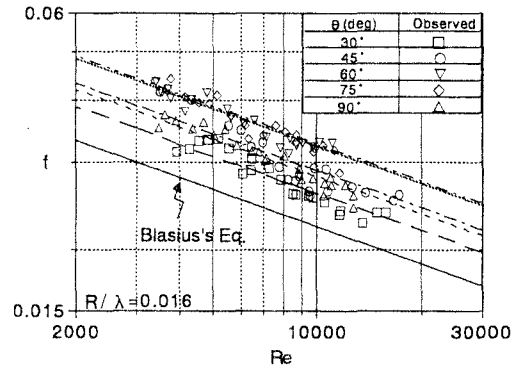


図-4 f と θ の関係

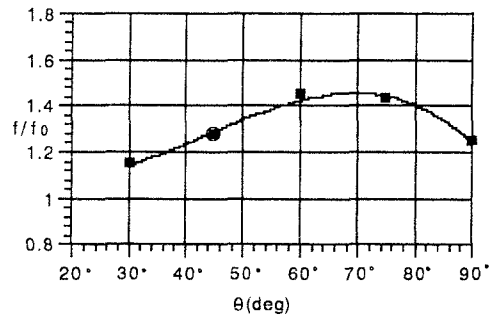


図-5 f/f_0 と θ の関係

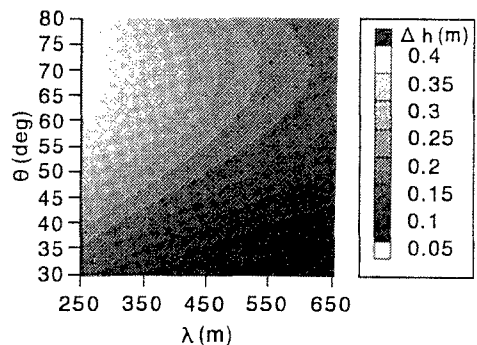


図-6 Δh と R/λ , θ の関係