

II-180

巨礫河川における流れの抵抗に関する研究

中部電力 正員 河村三郎 中部電力 正員 渡辺増美
 “ 宮本晋一 中電工事 滝 充弘

1. はじめに

河川に関する環境保全の意識が高まっている中、新設の水力発電所はもちろんのこと、既設の水力発電所においても水利権の更新に伴い、動植物の保護、景観・水質の保全等のため河川維持流量を放流するケースが増えている。このため、適正な維持流量を検討するための支援技術の一つとして、流量と水深、水面幅の関係を明らかにする手法の開発が待ち望まれている。

河川上流域における減水区間の特徴は、河川勾配が急で流量が少なく水深に比べて礫が大きい点で、このような流れについて、水面形を予測することは非常に困難である。今回、現地調査により得られた小流量時の抵抗係数の実態と、新たに考案した水面形の予測手法について紹介する。

2. 現地調査

中部地区の比較的小規模な11河川12地点において、粗度係数の実測を行った。測定項目は、①横断測量(水位、河床)②流量測定③河床礫の粒径測定(面採取法、格子点採取法)である。

以上の測定データについて不等流の差分方程式を用いて粗度係数を逆算した結果、図-2に示すように $n=0.07\sim0.12$ となり水理公式集に示されている値に比べてやや大きめであることがわかった。特に大きな値を示す河川では、段落ちが多くてかつ大きい、レイノルズ数が小さい等それなりの理由がある。

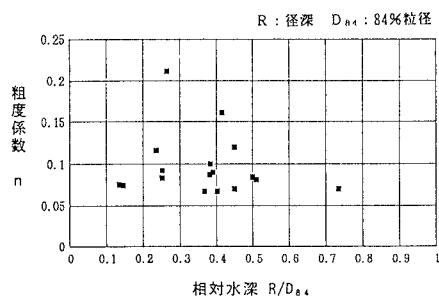


図-1 観測された粗度係数

3. 水理模型実験

水深や粗度密度の変化に対する損失係数の関係を求めるため、現地河川を縮尺した模型による水理実験を行った。模型は、モルタルにより長さ20m、幅2.5m、勾配1/100の水路を造り、実験対象河川の粒度分布を1/2.5縮尺した自然石を短軸が水深方向となるように張り付けた。なお、再現する石の最小粒径はK河川において現地で5cmまで、H河川で2.5cmまでとした。また、再現にあたっては5cmピッチのランク付けを行い、その間の石の個数を現地と合わせた。また、石と石の間は1cm程度の自然石により間詰めした。

一方、球粗度によるモデル化は、K河川について現地で25cm以上の石について、5段階の大きさの異なる球により再現した。なお、球粗度は下3分の1を河床に埋め込み、自然石と同様な間詰めを行った。

測定項目は、①横断測量(2mピッチ9測線)②粒度分布(面採取法、格子点採取法)である。模型への給水は、口径250mm, 200mm, 100mmのポンプ3台により行い、流量は電磁流量計により測定した。

(1) 抵抗係数 f と相対水深 R/D_{84} の関係

図-2に示すように、 R/D_{84} が小さくなると f が大きくなる関係が見られる。球粗度を用いた実験データについて f と R/D_{84} の関係を求めると次のようになる。

$$f = 0.308 (R/D_{84})^{-0.934} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 D_{84} は格子点採取法により求められた値を用いたが、面採取法により求められた値を用いると図-2に示すように(1)式をほぼ平行移動した直線となる。現地実測値は、実験値よりやや大きい傾向が見られるが、これは現地実測の横断測量の測定間隔が実験より大きいことと、現地では段落ちや断面変化が

あること等が影響していると考えられる。

(2) 抵抗係数 f と粗度密度 R_d の関係

f と R_d ($R_d = A_s / A$ ここに、 A_s は水面上に出ている石の総面積、 A は測定範囲の面積を示す。) の関係は、図-3 に示すように概ね比例関係にあり、次式で表わされる。

$$f = 0.547 + 3.248 R_d \quad \text{----- (2)}$$

(1) 式と(2) 式から R/D_{84} と R_d の関係を求めると次式のようにになる。

$$R/D_{84} = (1.776 + 10.545 R_d)^{-1.071} \quad \text{----- (3)}$$

この関係をデータとともにプロットすると図-4 のようにになる。

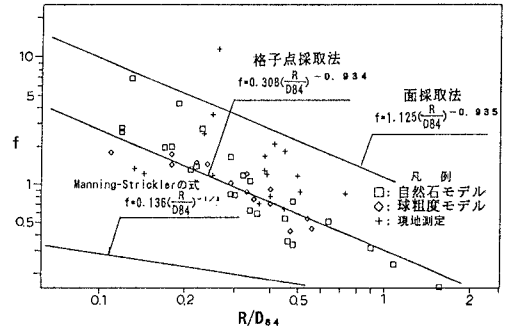


図-2 抵抗係数 f と相対水深 R/D_{84} の関係

4. 水面形予測手法

マニング式と(1) 式の関係から粗度係数 n と粗度密度 R_d の関係を求めると次式のようにになる。

$$n = 0.196 D_{84}^{1/6} (1.776 + 10.545 R_d)^{-0.321} / \sqrt{g} \quad \text{---- (4)}$$

既知量は、流量 Q 、84% 粒径 D_{84} 、河床勾配 I 、河川横断測量結果の4つである。

- ① R_d を仮定
- ② 式(3) により R/D_{84} を求め、 R を算出する。
- ③ 式(4) より、 n を求める。
- ④ マニング式により、流速を求める。
- ⑤ 流積を求める。
- ⑥ A-P 表より、上記の流積に対応する R' を読む。
- ⑦ $R = R'$ になるまで、トライアル計算。

図-5 に実測水深と予測水深の関係を示す。

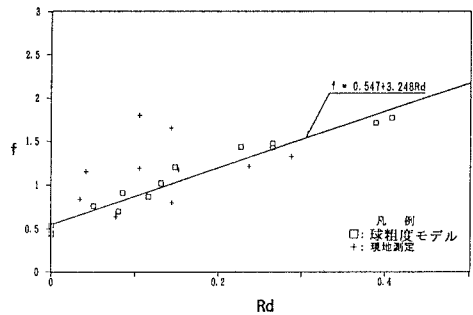


図-3 抵抗係数 f と粗度密度 R_d の関係

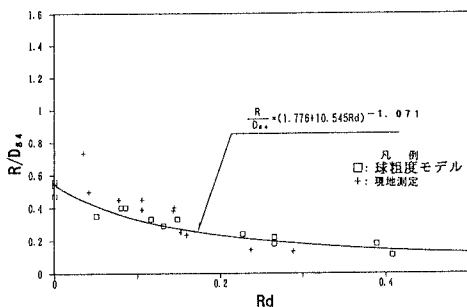


図-4 相対水深 R/D_{84} と粗度密度 R_d の関係

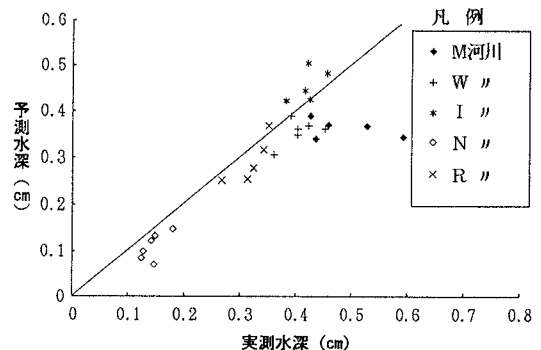


図-5 実測水深と予測水深の関係

5. 今後の予定

①他河川での本予測手法の適用性をチェックしたい。また、②河床勾配を変化させた実験、③K河川、N河川とは粒径分布の異なる河川について自然石を用いた実験を行い抵抗則を構築したい。