

溪流の水深予測へのHS法の適用

豊橋技術科学大学 学生員 ○佐々木活朗

同上

学生員 亀井成二

同上

正員 中村俊六

1. 緒言 水の無い川に維持流量を流した場合や、ダム建設等で流量が激減した川の場合、その川がどのような流況になるのか？水面上に巨礫が露出している状況下で粗度係数をどの程度に見積もればよいのか？水面形は？あるいは、そもそも潤辺長や径深はどのように扱えばよいのか？これが本研究の主題である。

こうした山地河川の流況等に関して、既に本学においても井上⁽¹⁾によって検討されているが、ここではさらに改善された方法を考案し、現実の河川に適用してみた。

2. HS法⁽²⁾ Herbich & Shulits(1964)は、巨大粗度を様々なパターンに配置した実験的研究により、次の計算法を提唱した。なお、ここで対象とする流れは全て等流である。

【前提条件】流量 Q 、勾配 S 、水面幅 B 、断面積 A 、粗度高さ k 、粗度配置、水温は与えられる。

【計算方法】各々の勾配に対する d 、 θ 、 q の関係図（以下「 $d-\theta-q$ 図」と呼ぶ、図-1）を用意する。

①平均水深 d を仮定する。②単位幅流量 q を計算する。③粗度パラメータ θ を(1)式より計算する。④図-1を用いて、 θ と d より q' を読みとる。⑤ $q=q'$ となるまで①から④を繰り返す。

$$\theta = \Sigma A_v / A_h \quad (A_h: \text{河床面積}, \Sigma A_v: A_h \text{ 中にある水面下の粗度の鉛直面積の合計}) \quad \dots (1)$$

3. 無次元HS法 上記の d 、 θ 、 q が図-1の範囲外である場合、図を拡張する必要がある。そこで、この図の各数値を無次元化して拡張し計算を行う方法（無次元HS法）を考案した。

【図の無次元化】 d 、 q を無次元化（ d^* 、 q^* とする）するために次式を用いた。

$$d^* = d/k \quad \dots (2) \quad q^* = q/(d\sqrt{gd}) \quad (g: \text{重力加速度}) \quad \dots (3)$$

こうして得られた d^* 、 q^* と θ との関係図（以下「 $d^*-\theta-q^*$ 図」と呼ぶ）が、図-2である。

4. 実河川への適用例 矢作川支川明智川（岐阜県）と、海川支川水保川（新潟県）の状況の異なる2河川で現地調査を行い各データを得た。以下の各計算過程で得られたデータとともに、表-1に示す。

【準備】①各横断面の最深部を縦断面図に記入し、最小二乗法により近似直線を求め、基準河床とする。また、この直線の傾きを河床勾配 S とする。② S に対する「 $d^*-\theta-q^*$ 図」を用意する。③各横断面ごとに基準河床からの水深 h における B 、 A 、 A_v （図-3の斜線部）を求める。また $d=A/B$ とする。④対象とする縦断面区間に A_v が等間隔（粒度分布の84%粒径）に配置されるものとして θ を求める。⑤等しい h に対する各断面の各数値を算術平均し、 d と B 、 d と θ 、 d と h の関係図を描く（例えば図-4～6）。

【計算】⑥ d^* を仮定する。⑦ k の値に粒度分布の84%粒径を用い、(2)式より d を求める。⑧図-4、5より⑦の d に対する B 、 θ を読みとる。⑨ q を計算し、さらに(3)式より q^* を求める。⑩図-2より、仮定した d^* と求めた θ を用いて q^* を読みとる。⑪ $q^* = q^*$ となるまで⑥～⑩を繰り返す。⑫ d^* が決定したら図-6より h （基準河床からの水深）を求め水面高を算出する。⑬粗度係数 n を(4)式より計算する。

$$n = R^{2/3} S^{1/2} / (q/d) \quad (R: \text{径深}) \quad \dots (4)$$

【結果】図-7、8に計算水面（破線）と実測水面（実線）を示す。4ケースについての計算誤差（誤差の絶対値／実測水深）*100は約15%以内に納まっており、実用上十分な精度であると思われる。

5. 結言 上記の例のように、タイプの大きく異なる河川においても良好な結果が得られ、その有用性が確認された。今後、もっと急な勾配の場合への対応、不等流区間へ適用するための工夫など、実験的研究などを行い、さらなる改善を進めたい。

【参考文献】(1)井上康宏：山地河川における小流量時の流況に関する基礎的研究、修士論文、1990

(2)J.B.Herbich & S.Shulits: Large-Scale Roughness in Open-Channel Flow, Proc.ASCE, 90-HY6, 1964

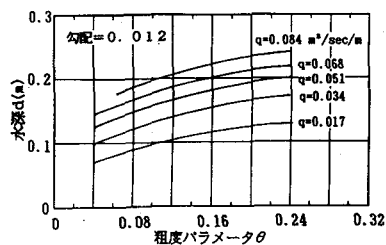


図-1 「 $d-\theta-q$ 図」

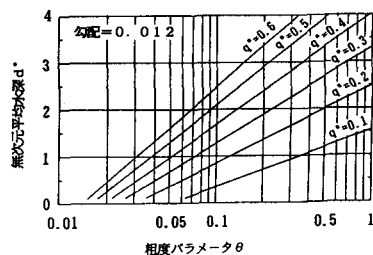


図-2 「 $d^*-\theta^*-q^*$ 図」

表-1 各データ一覧

河川名	明智川	水保川
流量(m^3/s)	0.840	0.157
河床勾配	0.012	0.014
84%粒径(m)	0.480	0.090
d^*	0.560	1.740
d (m)	0.258	0.157
B (m)	6.549	4.944
θ	0.042	0.587
q ($m^3/s/m$)	0.128	0.032
q^*	0.312	0.164
h	0.568	0.270
n	0.084	0.175

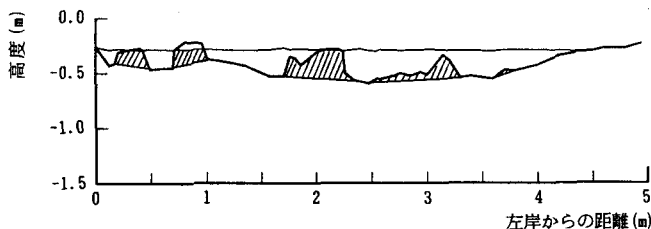


図-3 横断面の一例(斜線部の面積が粗度面積 A_v)

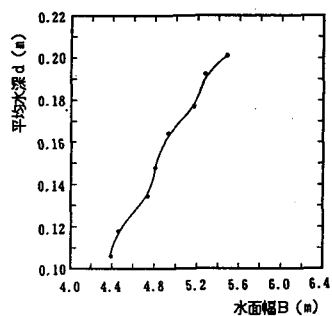


図-4 「 $d-B$ 図」

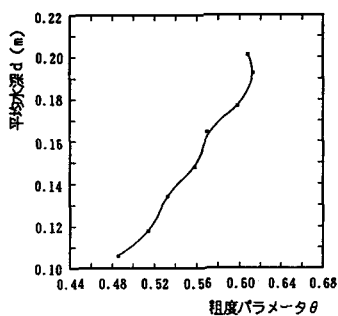


図-5 「 $d-\theta$ 図」

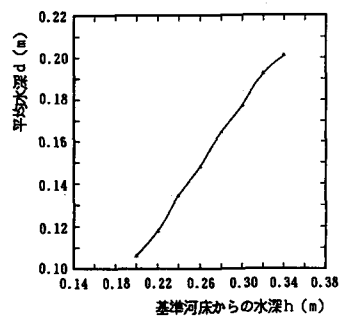


図-6 「 $d-h$ 図」

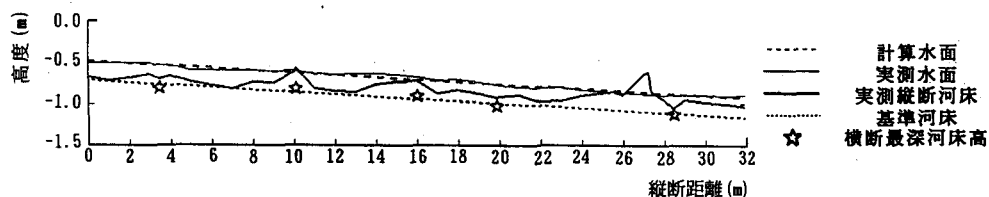


図-7 水面予測計算結果(水保川)

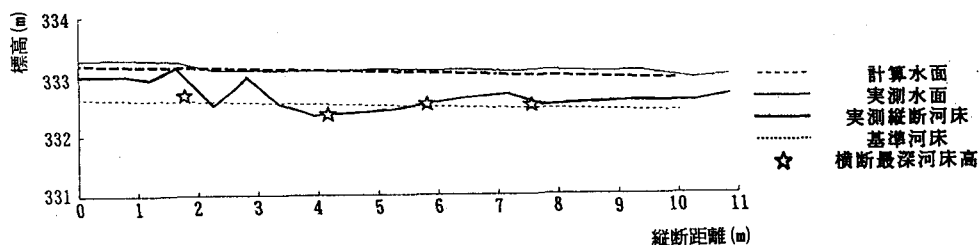


図-8 水面予測計算結果(明智川)