

山梨大学工学部 正員 砂田 憲 吾
山梨県 土木部 桜 林 良

1. はじめに

河川の流水の作用を適切かつ簡潔に指標(パラメータ)化して評価することは河道の計画、維持・管理を實際に進める上で重要な課題の一つである。これまで、例えば、流速、フルード数、 $H/1$ (水深・河床こう配)など多くのパラメータが用いられてきた。その多くの場合計画高水時の水深、流速を用いて比較的長区間の平均値として検討され、パラメータによっては次元を持って比較されるなど一般性、普遍性の面から必ずしも十分とはいえない。

本研究は河床および河川構造物を含めてそれらに作用する力と抵抗力の関係を改めて整理し直し、富士川上流部で実現したいいくつかの洪水の最大流量時の水理量を用いて算定して、河道水理特性についてより詳細な議論を進めようとしたものである。ここでは流れの集中(みお筋)に伴う水衝特性についてもパラメータ化を試みながら、縦断方向のパラメータ群の分布が提示され、考察される。

2. 河道・水理特性パラメータ

(1)次元解析による水理学的(基本)パラメータ……河道内流れ(横断面平均)に関する基本物理量を ρ :水の密度、 $(\sigma-\rho)$:河床材料・構造物の水中での相対密度、 H :水深、 B :河幅、 d :河床材料粒径(代表)、 D :構造物代表スケール、 U :平均流速、 U_{*} :摩擦速度、 ν :水の動粘性係数、 g :重力加速度とすれば、次元解析により次式を得る。

$$\phi\left(\frac{B}{H}, \frac{D}{H}, \frac{d}{H}, Fr, Re, \tau_{d*}, \tau_{D*}\right) = 0 \quad (1)$$

ここに、 $\tau_{d*} = \tau_* = U_*^2 / (\sigma/\rho - 1)gd$:河床材料(d)に対する無次元掃流力、 $\tau_{D*} = U_*^2 / (\sigma/\rho - 1)gD$:構造物(D)に対する無次元掃流力である。

(2)実河川での河道・流況特性を考慮した無次元パラメータ……

i)護岸斜面 重力(G)と掃流力(F)の比は

$$\frac{F}{G} \propto \frac{\sqrt{Ws^2 \sin^2 \phi + A^2 \tau_s^2}}{Ws \cos \phi}$$

ここに、 Ws :材料粒子(構造物)の水중重量、 ϕ :斜面こう配、 A :粒子(構造物)の流れ方向投影面積、 τ_s :斜面での流れ方向掃流力である。Olsen-Floreyによれば、 $\tan \phi = 1/1.5$ で $\tau_{s, \max} / \tau_o \approx 0.75$ となるので τ_s に $\tau_{s, \max}$ をとれば上式より、護岸斜面における粒子、構造物に対してそれぞれ次の無次元掃流力を得る。

$$\left. \begin{aligned} \tau_{sd*} &= \sqrt{\tan^2 \phi + \tau_{ds}^2 / \cos^2 \phi} \\ \tau_{D*} &= \sqrt{\tan^2 \phi + \tau_{D*}^2 / \cos^2 \phi} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ii)平均河床変動量 流砂の連続式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)B} \frac{\partial (q_s B)}{\partial x} = 0$$

において、掃流砂を考え、Brown式を用いてピーク流量時間(T)で積分し、絶対値をとり ΔZ とする。

H で無次元化すれば、

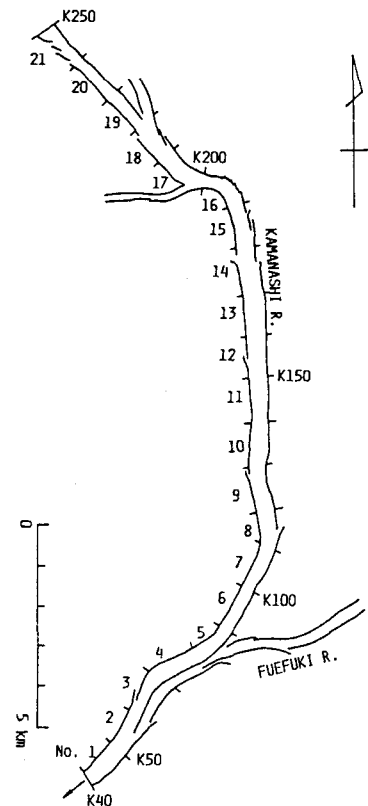


Fig.1 解析対象区間

$$\Delta Z_* = \frac{\Delta Z}{H} = \frac{T}{BH} \frac{\partial (U_* \tau_{d*}^2 dB)}{\partial x} \quad (3)$$

iii) 水衝部 河岸に対してlocalな流束(幅 B_1 , 流速 V_1 , 角度 θ_1)を考え、鉛直河岸で完全反射と仮定すれば、

$$\text{単位面積当たり } f \propto \rho V_1^2 \sin^2 \theta_1, \text{ 静水圧との比をとり次の無次元量を} \\ \text{得る。} \quad f_* = \frac{V_1^2 \sin^2 \theta_1}{gH} \quad (4)$$

また、これらlocalな流束に対する無次元掃流力 τ_{d1*} , τ_{D1*} も式(1)の内容に準じて定義される。

iv) 側岸侵食、局所洗掘時間に対する洪水継続時間(T) 侵食時間 t_e , 洗掘時間 t_s はそれぞれ $t_e = l_e / v_e$, $t_s = l_s / v_s$ ここに、 l_e : 堤防幅(または高水敷幅), v_e : 侵食速度, l_s : 埋戻し厚, v_s : 洗掘速度である。無次元時間としてそれぞれ次式を得る。

$$T e_* = \frac{T}{t_e}, \quad T s_* = \frac{T}{t_s} \quad (5)$$

この場合、予め l_s, v_s 等を知っておく必要がある。

3. 解析と結果

Fig.1に示される富士川上流部21Km区間において、S.56~57年3洪水に対する河床変動計算を行い、各最大流量時間の水理量を用いて約1Km区間平均のパラメータを算定した。パラメータ群のうち代表的なものの縦断分布はFig.2~4のようになる。Fig.3は航空写真のあるS.57.8についてのみのlocal流束のパラメータを推定している。区間の特徴を反映して断面平均パラメータはFig.2~3のように比較的単調に変化しているが、 τ_{d*} , τ_{D*} の傾向が逆転しており、洗掘形態にも影響がありそうである。また、Fig.4からは明らかに f_* が断面平均量ではえられない変化を示すことが判る。これらの定量的な評価を含めて更に解析を重ねる予定である。最後に、貴重な現地基礎調査資料を提供された建設省甲府工事事務所に深く感謝致します。

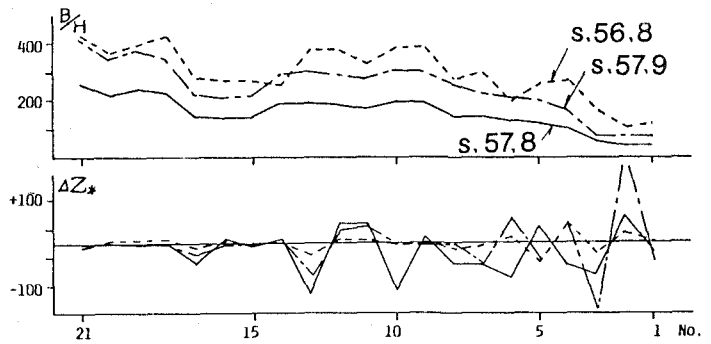


Fig.2 河幅水深比、無次元河床変動量

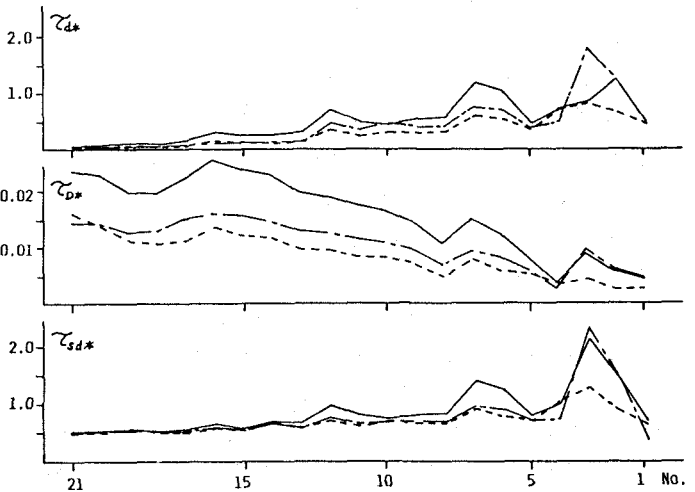


Fig.3 各無次元掃流力の分布

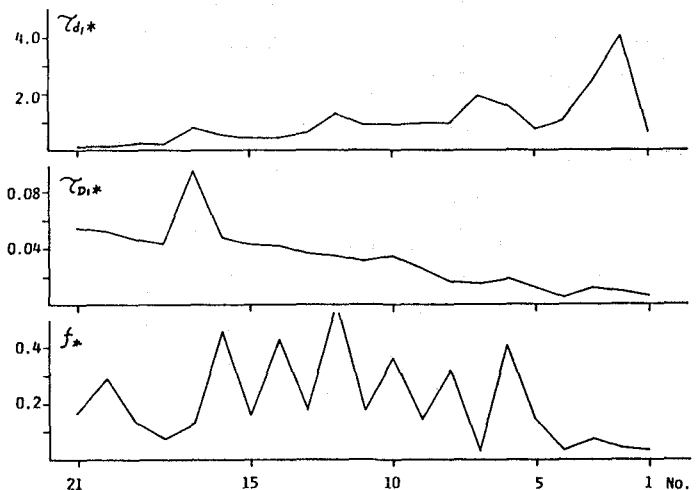


Fig.4 localな流況を考慮した無次元諸量の分布 (s.57.8)