

1. まえがき

流砂量算定式については、既に多くの計算法が発表され実用されているが、その精度や適用条件について疑問視されているものもあるので、掃流砂については実際河川の資料を、存流砂については実験水路の資料を用いて、その計算精度を比較し、計算法の向題点を明らかにした。

2. 掃流砂量算定式

実測資料は肱川・肱川橋におけるものと、長良川・長良橋における水中のものと、土研式掃流砂量器を用いて観測されたものである。検討した算定式は、佐藤・吉川・芦田式、Einstein式、修正Einstein式で、肱川橋の結果を図-1に示す。実測流砂量の変動が大きく精度が悪いが、3者のうちでは土研式に近い。なお、これらの計算式は平均粒径を用いた単一粒径の計算である。

図-2は肱川橋の観測資料の粒度分布を示したもので、河床砂の粒度分布を用いてそれぞれ粒径別の流砂量を求めその粒度分布を比較したものである。その結果土研式の粒度分布は実測値との適合性がよいが、Einstein及び修正Einsteinによる粒度分布は細粒砂の量が極端に少ない。これは、Einstein法で用いられる遮蔽効果を表わす係数 ϕ が大き過ぎることが指摘されていたが、肱川橋と長良川橋の実測資料の粒径別流砂量から γ 、 $(\beta/\beta_*)^2$ の値はEinsteinの提案したものを用いて ϕ と逆算した所図-3の結果を得た。図中破線は浅田・石川が実験水路のデータから得たものである。この結果から、 ϕ の値はEinsteinの提案したものよりかなり小さいと云える。

3. 存流砂量算定式

U.S. Geological Surveyで行った流砂に関する詳細な実験結果を用いて、Einstein, Lane-Kalinske, Laursonの3つの算定式について検討を行った。これらの算定式による流砂量と実測値の比較を図-4～5に示す。3者のうちではLaursonの方法がもっとも適合性がよく、Lane-Kalinskeの方法では計算値が極端に少なく $d_m=0.93\text{mm}$ のケースでは存流砂量が0になっている。

(1) Lane-Kalinskeの算定式に対する検討

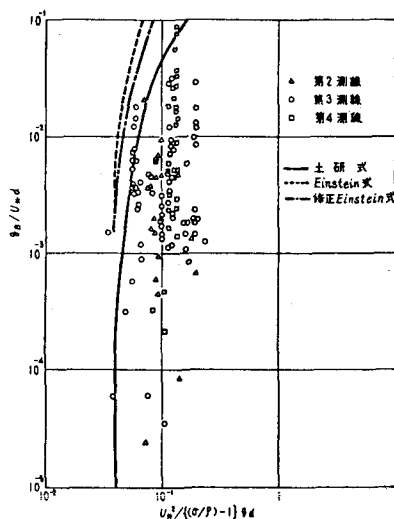


図-1 肱川・肱川橋における掃流砂量

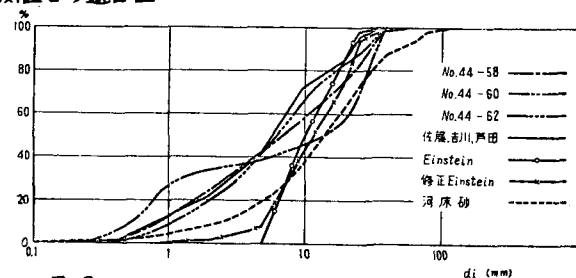


図-2 肱川橋掃流砂観測および計算による粒度分布 No. 58～62

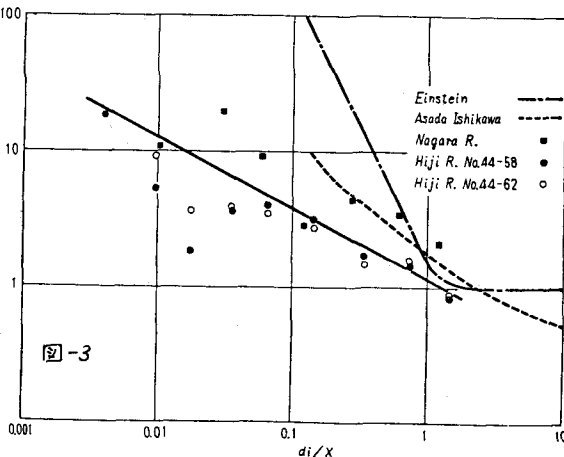


図-3

Lane-Kalinskeの計算法の問題点は、拡散係数 E_s を一定とした濃度分布を用いていることと、基底濃度 C_a の与え方にある。流速分布として対数式を用い、拡散係数として $\beta \cdot E_m$ を用いれば、浮游砂量 q_s は次式で与えられる。

$$q_s = C_a U_m y_0 P_{k1}, \quad P_{k1} = \left(\frac{a_1}{1-a_1} \right)^M (1 + \frac{1}{K\varphi}) \int_{a_1}^1 (1 + \ln y_1) \left(\frac{1-y_1}{y_1} \right)^M dy_1, \quad M = \frac{U_0}{\beta K U_s}, \quad y_1 = \frac{y}{y_0}, \quad a_1 = \frac{a}{y_0} \quad (1)$$

y_0 : 水深, y_1 : 河床からの高さ, これに対してLane-Kalinskeの方法では、流砂量 q_{sk} は次式で与えられる。

$$q_{sk} = C_a U_m y_0 P_K, \quad P_K = e^{6Ma_1} \int_{a_1}^1 \left[1 + \frac{1}{K\varphi} (1 + \ln y_1) \right] e^{-6My_1} dy_1 \quad (2)$$

E_s = 一定といたことの誤差は、(1), (2)式の差であるからこれを $\varphi = 6$ について比較したのが図-7である。 a_1 が小さくなると P_{k1} に対し P_K がかなり大きくなり、流砂量を大きく見積る効果をもっている。一方図-5によれば計算値が非常に小さく、これは C_a の見積り方に問題のあることがわかる。

(2) Einstein の算定式に対する検討

Einsteinは対数式の流速分布とRouseの濃度分布式を用いており、その考え方は(1)式と同一である。 C_a と与えるために浮游限界点 $a = 2d_m$ を定め、この点の浮游砂濃度を掃流砂の濃度に等しいとして

$C_a = i_b q_b / 11.6 U_{*c} a$ で与えているが、これを用いて流砂量 q_s は次の如くなる。

$$q_s = q_b U_m P_{k1} / 11.6 U_{*c} a_1 \quad (3)$$

P_{k1} は a_1 の関数として図-7の如くであり、 $P_{k1} \sim a_1$ の関係が45°の直線であれば(3)式は a_1 に無関係となる。

図-7の斜線とし領域はこの関係にあり、その他の領域では a_1 のとり方によって流砂量が変化することを示している。すなわち M が1よりも大きい領域では、 q_b の値が精度よく与えられることを前提にしてEinstein法の精度は比較的良好ものと判断される。

Einstein法における K の減少による影響も調べたが $M = 0.5 \sim 1.0$ の場合に影響が大きく、10%の減少に対して q_b が20~40%も減少する効果をもつ。しかし、 $E_s = \beta E_m$ の β の値は平均1.3程度であるから、 K よりも β の影響の大きい場合が多いと考えられる。終りに本計算に対する本岡久枝技官の労と感謝いたします。

