

山地河道における土砂流送過程に関する研究

京都大学防災研究所 正員 芦田 紅男
 京都大学防災研究所 正員 高橋 保
 京都大学防災研究所 正員 沢田 豊明
 兵庫 県 正員 ○渡辺 弘昌

1 まえがき 山地河道では、巨礫により階段状の縦断形状が形成され、シュートとプールの区間が混在している場合が多い。このような山地河道における砂礫の流送過程においては、輸送能力の小さなプール部での堆積・貯留作用の結果、流砂量はプール部での輸送能力に支配され、さらに輸送能力はプール内の河床形状に規定される。本研究は、このプール部での流砂過程を明らかにし、山地流域からの土砂流送の予測に役立てようとするものである。

2 実験方法 実験水路は、観測資料の豊富な穂高砂防観測所の試験流域である足洗谷のヒル谷本川河道を1/3にモデル化して、二次元および三次元のものを作成した。プール部の縦断形状は図-1に示されている。二次元水路はアクリル製で、側方からの観測が可能である。水理条件はシュート区間でのFr数を現地のものと同じとし、単位幅流量は現地の出水記録をもとに33~340 cm³/sの範囲を与えた。河床材料には平均粒径1.06 mmの比較的一様な砂を用いた。実験は三種類に分かれ、二次元水路では実験AとB、三次元水路では実験Cを行った。実験Aでは、プール出口の高さに合わせて砂礫を水平に敷きならした後通水し、河床が洗掘されていく過程を調べた。一方実験Bでは、一定の流量と給砂量のもとでプールに砂礫が堆積していく過程を調べた。また実験Cでは実験Aと同じ手順で行い、プール部での振幅による影響を調べた。測定項目は河床形状、水面形、プールからの流出土砂量である。二次元水路における河床の測定には、8ミリカメラを用いた。

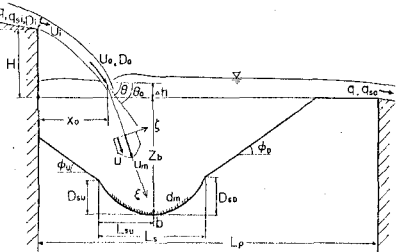


図-1 記号説明図

3 実験結果と考察 図-2はプールにおける洗掘の進行状況の一例を示したもので、河床がほぼ相似形を保ちながら低下していくのがみられる。河床形状を規定する諸量 L_s , L_{su} , D_{su} , D_{sd} , ϕ_w , ϕ_b (図-1) について、全データからつぎの結果が得られた。

$$L_s = 50 \text{ cm} + 7.52 D_0 + 0.421 (Z_b + 4R) \quad \text{---(1)}$$

$$L_{su}/L_s = 0.47, \quad D_{su}/L_s = D_{sd}/L_s = 0.293, \quad \phi_w = 27.0^\circ, \quad \phi_b = 26.8^\circ$$

一方、図-3は堆積の進行状況を示したもので、水脈の衝突点(b)を中心に堆積が進み、全体については河床形状の相似性は認められない。

洗掘孔から引きあげられた砂礫は流下する過程で一部が沈降し、浮遊・掃流の両者の形態でプールから流出す

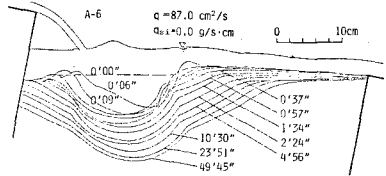


図-2 洗掘の進行状況

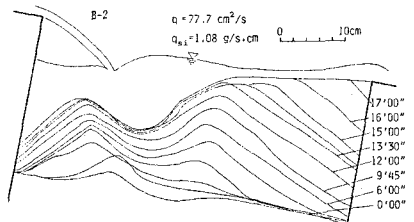


図-3 堆積の進行状況

KAZUO ASHIDA, TAMOTSU TAKAHASHI, TOYOAKI SAWADA, HIROMASA WATANABE

る。いま、プールからの流出土砂量 Q_{so} が右翼における底面流速 U_b で規定されるものと仮定し、さらに U_b が

$$U_b = k \times U_o / \sqrt{\epsilon_b / D_o} \quad \text{----- (2)}$$

で与えられるものとする。ここに $\epsilon_b = (Z_b + \Delta h) / \sin \theta$ 、 k は定数である。図-4は、 Z_b の実験値を用いて計算される U_b/k と、 Q_{so} との関係を示したものである。多少のばらつきはあるものの、ほぼ次式(図中の実線)でその関係が表わしうる。

$$\frac{Q_{so}}{\sqrt{\left(\frac{D_o}{\epsilon_b} - 1\right) g d_m^3}} = 2.015 \times 10^{-6} \times \left\{ \frac{U_o^2}{\left(\frac{D_o}{\epsilon_b} - 1\right) g d_m} \cdot \frac{D_o \sin \theta}{(Z_b + \Delta h)} \right\}^{0.62} \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{ただし } 2.5 < \frac{U_o^2}{\left(\frac{D_o}{\epsilon_b} - 1\right) g d_m} \cdot \frac{D_o \sin \theta}{(Z_b + \Delta h)} < 10, \quad \frac{\sqrt{g d_m^3}}{\nu} = 87.12$$

また図-4には堆積過程での実験値もあわせて記入したが、これは(3)式から大きくはずれている。しかし堆積が進むにつれ、(3)式に近づいていく。これは堆積過程の洗堀孔の形状が洗堀過程のそれに近づいていくためである。(図-2、図-3)

実験C(三次元)の場合には、水脈が突入後三次元的に拡散するため、河床の横断方向の変化が著しくなり、また洗堀孔は実験A(二次元)に比べて広く浅くなる。しかしプール出口での流砂濃度については、流入水の水理条件を等しくした場合、図-5に示されるように両者の間に顕著な差はみられない。

4 流出土砂量予測モデル 実験結果をもとに流出土砂量の予測法について考察しよう。基礎式はつぎの(4),(5)式である。

$$V_w = f_{n1}(Z_b, L_s, L_{su}, D_{su}, D_{so}, \phi_o, \phi_o, L_p, x_o, \Delta h) \quad \text{---- (4)}$$

$$Q_{so} = (1-\lambda) \frac{dV_w}{dt} + Q_{si} = f_{n2}(Z_b, \Delta h, U_o, \theta, D_o, d_m, Q_{si}) \quad \text{--- (5)}$$

ここに V_w はプールの未洗砂部分の容積であり、 f_{n1} は幾何学的に求める関数、また f_{n2} は(3)式で与えられる。各パラメータについては、 $L_s \sim \phi_o$ は(1)式で与えられ、 x_o, U_o, D_o, θ はシュート末端での流速と水深から計算される。また Δh は第一近似としてプール出口断面に対する限界水深と等置する。さらに Q_{si} は、すぐ上流側のプールの Q_{so} と側方からの流入土砂量の和として与えられる。以上の関係を用いて、(4),(5)式をもとに各プールに対して繰り返し計算を行えば、 Q_{so} の時間的追跡が可能である。図-6は、流量と給砂量を変化させた場合の各プールの Q_{so} の変化を追跡したものである。実験値は三次元水路で得られたものであるが、そのような場合でも二次元問題として取り扱うことにより、流出土砂量の予測が可能であることがわかる。

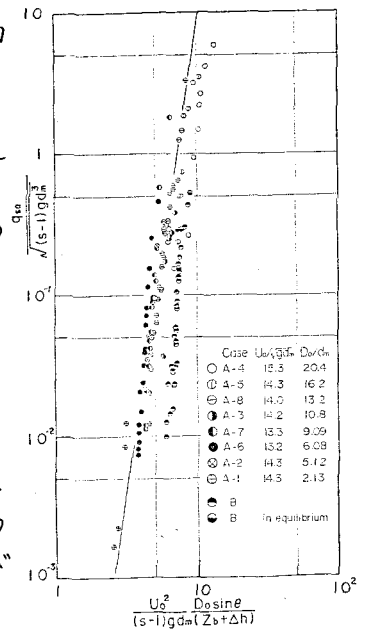


図-4 U_b と Q_{so} の関係

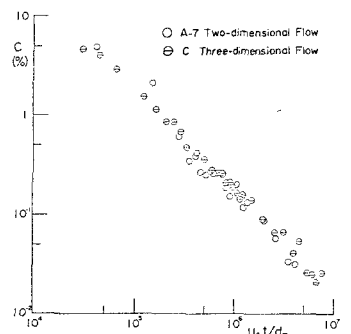


図-5 流砂濃度の比較

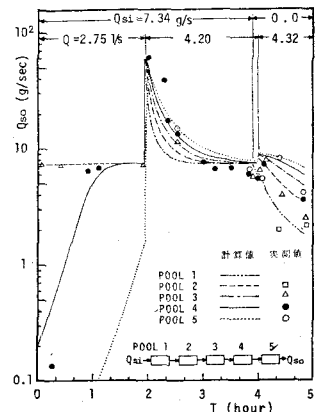


図-6 流出土砂量の予測