

1 はじめに

山地河川では玉石などの大粒度河床が存在し洪水などにより水深が増すと同時に上流からの土砂供給があり、大スケール粒度から遠移領域、小スケール粒度へと変化していく。そしてその場合の流水抵抗の詳しい研究はあまりされていない。そこで筆者は玉石河床のような小流量における大スケール粒度と小スケール粒度へ変化した後、砂セジメントが石の間に埋めてしまった二つの場合について流水抵抗の研究を行った。

2 実験方法

今回の実験において、大スケール粒度、小スケール粒度の両者とも水路幅40cm、長さ8mの長方形断面水路を使用し、両者ともその中央部4mを試験区間として、測定を行った。また前者では、砂利を一樣に敷き並べた実験水路において、表1のように河床勾配、実験シリーズ、1m区間に敷き並べた玉石の個数をそれぞれ変化させ組み合わせて5パターン河床条件を得た。この時の測定項目は流量と水深である。

小スケール粒度の実験は、大スケール粒度の実験方法の中から、実験シリーズC、玉石個数70個を選び図1のようにして行った。大スケールの時より大きな流量を流し、小スケールにした。その後、石の隙間を砂で埋めてしまい同量の流量で再び実験を行った。(図2)

大スケール粒度において抵抗の評価に必要な前面濃度は図3のようにして求める。Abedは玉石が置かれている河床の1m区間の面積である。また各シリーズにおける玉石の三軸長を表2に示す。抵抗の評価には、JuddとPetersonの経験式(1)を参考にする。

小スケール粒度においてはマンニングの式(2)を用いる。

$$(8/f) = \bar{U} / (8RI)^{1/2} = f(\lambda) (H/B)^{7(\lambda-0.08)} (H/D)^{1/3} \quad (1)$$

$$n = R^{2/3} I^{1/2} / \bar{U} \quad (2)$$

ここで f : 抵抗係数 $\bar{U}$: 断面平均流速 g : 重力加速度 R : 径深 H : 水深 B : 水路幅 D : 各シリーズの玉石の短軸 n : マンニングの粗度係数である。

3 結果

式(1)は、抵抗係数が相対粗度、粗度形状、粒径分布と間隔、そして河川形状と一緒に変化すべしであると示唆している。実験で

表1 河床条件

河床勾配(1)	1/200
実験シリーズ	A B C
玉石個数(個)	10 22 35 52 70

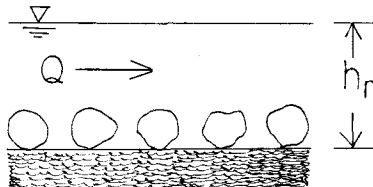


図1 玉石河床の流れ

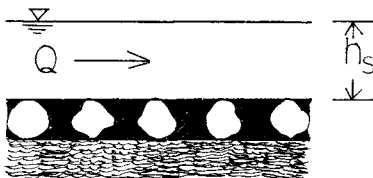


図2 砂床の流れ

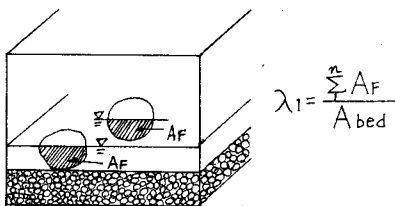


図3 粗度の前面濃度

表2 各シリーズの三軸長(mm)

	長軸	中軸	短軸
A	41.3	33.6	25.3
B	49.4	33.6	29.9
C	59.5	41.8	30.8

は粗度形状と粒径分布がほとんど一定であり、相対粗度の関数に対し抵抗係数が関連するはずである。それを明らかにするため図(5)(6)(7)において、相対粗度と河川形状のパラメータ(粗度密度の関数で変化する)に対する $U/(gRI)^{0.5}$ の比をプロットした。右の図はそれを覆付けるものである。しかも、粗度濃度が異なれば、その傾きも明らかに異なる。またシリーズがCからB、そしてAになるほど同じ玉石個数のグラフの傾きは大きくなることも明らかである。また小スケール粗度では、表より砂セジメントが大粗度要素間を埋めてしまった時、流水抵抗と水深の顕著な減少と流速の顕著な増加がみられた。

4 おわりに

前述の結果を踏まえて、大スケール粗度に下記の式を得た。

$$(8/f)^{1/2} = (20\lambda_1 + 1.1)(H+B)^{7(\lambda_1-0.08)}(H/D)^{1/3} \quad (3)$$

しかし、この式が限られたデータに基礎を置く限り実河川に適用出来るような完全な式とは言えない。また小スケール粗度については次の式を得た。

$$n_s = n_r (h_s/h_r)^{1.511} \quad (4)$$

ここで n_s : 砂床のマニング係数 n_r : 石床のマニング係数

h_s : 砂床での水深 h_r : 石床での水深

また今回の実験では実河川とは異なり、流量を流した状態で砂の供給を行っていない。今後、砂が大粗度要素間を埋める前と

埋めしまった

後の流砂の状態

を実験によりと

らえる必要がある。

また大スケール

粗度と小スケール

粗度との間に

遷移領域を明確

に見出す必要

がある。

5 参考文献

1) James C.

Bathurst. Flow

RESISTANCE OF

LARGE-SCALE

ROUGHNESS

Discharge Q (m ³ /s)	bed	average depth h (m)	Δh (m)	hs/hr	Manning coefficient n
8.45 10 ⁻⁴	rock-bed	0.034	-0.021	0.38	0.09598
	sand-bed	0.013			0.02275
3.09 10 ⁻³	rock-bed	0.066	-0.033	0.50	0.04194
	sand-bed	0.033			0.01454
6.67 10 ⁻³	rock-bed	0.082	-0.035	0.57	0.03300
	sand-bed	0.047			0.01406

表3 砂床と玉石河床との水深の変化とマニングの係数

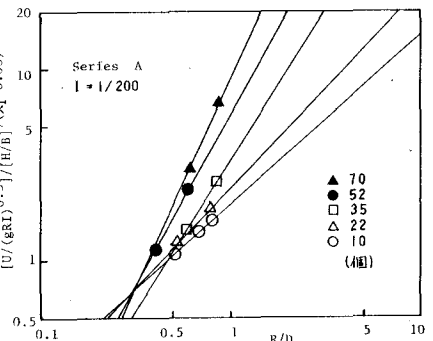


図4 相対粗度と相対濃度

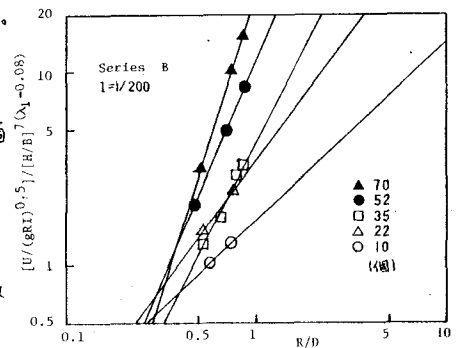


図5 相対粗度と相対濃度

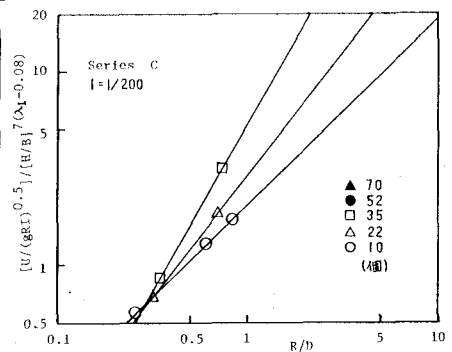


図6 相対粗度と相対濃度

図7 マニングの係数と流量