

河川模型実験における河床材料の特性

四国地方建設局 四国技術事務所 正 井町幸次郎
四国地方建設局 四国技術事務所 正〇池添 好巨

1. はじめに 現在、移動床模型実験において河床材料として天然砂が用いられている。しかし、河口域や砂河川などの水理現象を取扱う場合、現地の河床材料が小さく模型縮尺に合わせて材料を縮小すると、水の粘性の影響、粒子レイノズル数が

表-1 河床材料の諸特性

種 類 項 目	軽 量 材 料		天 然 砂
	天 然 軽 石 A	天 然 軽 石 B	珪 砂
水 中 比 重 : s	0.59	0.38	1.58
粒 径 : d (cm)	0.087 (0.114~0.059)	0.085 (0.12~0.05)	0.09 (0.12~0.06)
沈 降 速 度 : w ₀ (cm/s)	5.85	3.20	10.50
空 隙 率 : λ	0.54	0.50	0.46
水 中 安 息 角 : φ (°)	30	27	32
形 状 :	割片状	割片状	割片状

小さいことに起因する河床波が模型で生じ、河床形態や流砂量などの相似が満足されない。そこで、

2. 実験概要 実験は、軽量材料の流砂量特性と河床抵抗特性の把握を行い、それに引き続き流砂の相似則の検討を行った。流砂の相似則では、河床形態の領域(砂堆河床)を現地(天然砂)と模型(軽量材料)で等しくした上で、流砂形態や河床変動の相似性を支配すると考えられる無次元掃流力 τ_* 及び沈降速度・摩擦速度比 w_0/u_* を現地と模型で一致させるものである。

$$\tau_{*r} = h_r \cdot I_r / s_r \cdot d_r = 1 \quad (1)$$

$$(w_0/u_*)_r = w_{0r} / \sqrt{h_r \cdot I_r} = 1 \quad (2)$$

(1)、(2)式より

$$w_{0r}^2 / s_r \cdot d_r = 1 \quad (3)$$

ここに、h：水深、I：河床勾配、s：水中比重、d：粒径であり、添字rは現地(prototype)と模型(model)の比であることを示す。上記の(3)式を満足する天然砂と軽量材料について相似性を検討した。流量としては、 τ_* が0.05、0.10、0.15、0.20の4種類について検討を行った。実験水路は、長さ20m幅1.5 mを用い、上流から8 mを助走区間、その下流10mを測定区間とした。移動床厚は0.1 mとし、水を湛水させ締め固めを行った後に通水を行った。給砂は、予備実験より得られた流砂量を給砂し、河床勾配は1/1,100とした。軽量材料としては、石川産の天然軽石A(流紋岩系天然ガラス)と鹿児島産の天然軽石B(凝灰岩系天然ガラス)を用い、天然砂としては、愛知県瀬戸産の珪砂を用いた。河床材料の諸特性量は、表-1に示すとおりである。

3. 実験結果及び考察

流砂量特性では、無次元流砂量($q_B / u_* d$)と無次元掃流力(τ_*)との相関を求めた。その相関を図-1(軽量材料A)、図-2(軽量材料B)に示す。流砂量特性は、軽量材料Aについて

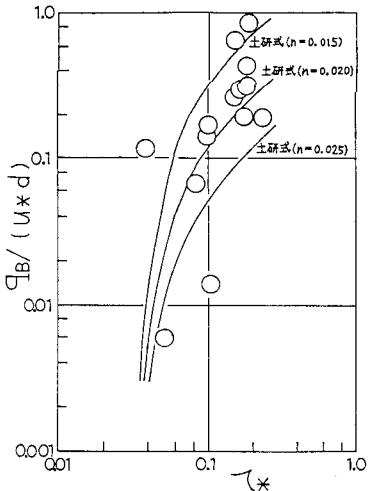


図-1 流砂量特性(軽量材料A)

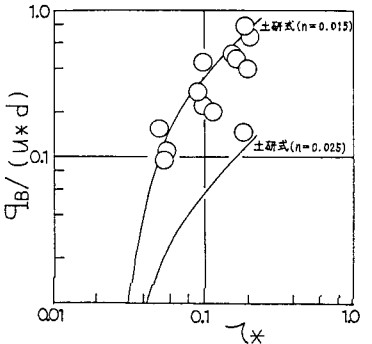


図-2 流砂量特性(軽量材料B)

※ 土研式：佐藤・吉川・芦田の式

は土研式で $n=0.015\sim0.025$ の幅程度の変化をし、ほぼ $n=0.020$ の特性曲線で表される。軽量材料Bについては、ほぼ $n=0.015$ の土研式による特性曲線で表される。河床抵抗特性では、河床抵抗の指標として流速係数 φ を取り上げ、 φ と τ_* との相関を求めた。 φ と τ_* との相関を図-3（軽量材料A）、図-4（軽量材料B）に示す。河床抵抗特性は、軽量材料A、Bともに河床勾配によらず τ_* が大きくなると、 φ は小さくなった。これは、 τ_* の増加に伴い波高が大きくなり、流れの抵抗も大きくなり φ が小さくなったと考えられる。流砂の相似則の検討では、水理現象を代表する無次元量6項目を選択し、相関をみた。ここで取り上げた無次元量は、実験条件としての τ_* と $(w_o/u_*)_r$ 、流れの相似性として流量比をフルードの流量縮尺で割った $Q_r/h_r^{5/2}$ と φ_r 、流砂現象の相似性として、 $q_{B*r} (=q_{Br}/(u_{*r} \cdot d_r))$ と無次元波高 $(\Delta/h)_r$ である。図-5においてすべての項目が1となることが理想である。これらの観点から見て次のことが言える。

① 珪砂（現地）／軽量材料A（模型）

φ_r の項で評価されるように、流れの抵抗の相似性がほぼ満足され、その結果、流量の比 Q_r をフルード則の流量縮尺 $h_r^{5/2}$ で割った $Q_r/h_r^{5/2}$ も一致している。しかし、 q_{B*r} を見た場合、 τ_{*r} が一致しているわりに相関性はあまり良くない。この原因として $(\Delta/h)_r$ に見られる河床砂の波高の違いが考えられる。

② 珪砂（現地）／軽量材料B（模型）

①と同様 φ_r と $Q_r/h_r^{5/2}$ はよく一致している。しかし、 q_{B*r} は珪砂に比べ、軽量材料Bの流砂量が相当大きくなっている。これは、軽量材料Bの形状が珪砂よりも球状に近いため、軽量材料Bの移動は河床を転動するように流れ、流砂量が多くなったものと思われる。

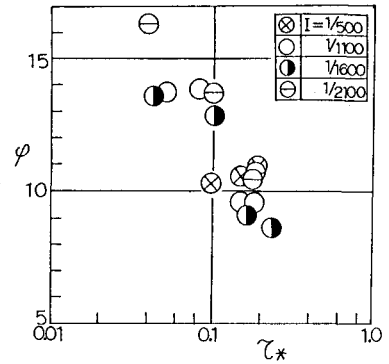


図-3 $\varphi \sim \tau_*$ 相関図(軽量材料A)

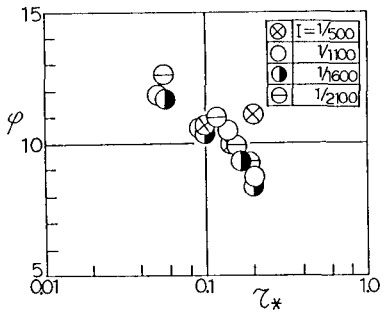


図-4 $\varphi \sim \tau_*$ 相関図(軽量材料B)

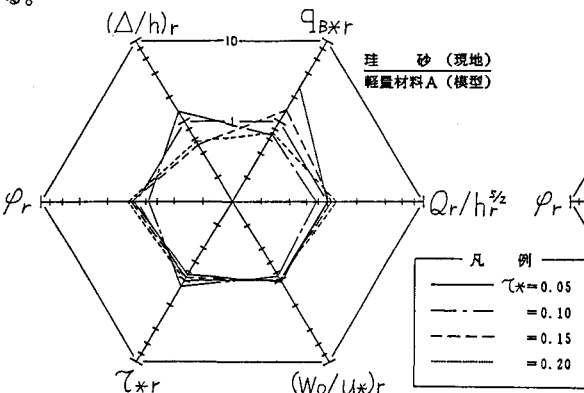


図-5 流砂量相関図(軽量材料A)

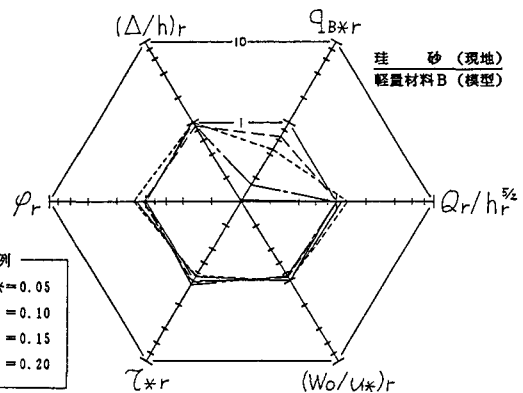


図-6 流砂量相関図(軽量材料B)

4. まとめ 河川模型実験における河床材料として2種類の軽量材料について特性を調べてきたが、移動床を取扱う場合、流砂量が最も重要な水理量と考えられることから、軽量材料Aの方が相似性が良いと考えられる。今後、大型模型実験を用いて検証実験を行うことにより妥当性を確認する必要がある。