

抵抗則及び流砂量に及ぼす底質の比重効果について

関西電力総合技術研究所 正員 長澤清昭
 新日本技術コンサルタント 正員 〃 陳 活雄
 大阪産業大学 工学部 正員 重光世洋

1. はしがき 移動床水理模型実験においては、流砂則に対する相似性の検討が必要である。実際の場合、実物の砂粒を縮率に合わせて模型上小さくするのに限度があり、模型河床材料の選定には、相似性の観点から種々検討すべき問題が多い。その一つとして、砂粒の比重が土砂流の抵抗則および流砂量に及ぼす効果があると考え、基礎的実験を実施し、従来の知見との若干の比較検討を行なつたので、ここに報告する。

2. 移動床水理の無次元量 2次元の等流（又は擬似等流）の土砂と水の二相運動はつぎの7つの特性パラメータの組で決定されると考えられる。

$$\rho, \mu, \rho_s, d, R, I, g \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 ρ 及び μ : 水の密度及び粘性係数、 ρ_s : 砂粒の密度、 d : 粒径、 R : 径深、 I : エネルギー勾配、 g : 重力加速度。(1)式は、 I の代りに $u_* = \sqrt{g \cdot I \cdot R}$ 、 g の代りに $\gamma_s = g(\rho_s - \rho)$ を用いても等価であり、基本量として ρ, d 及び u_* をえらんで次元解析すると、次の4つの無次元量が得られる。

$$X = u_* d / \nu, Y (\equiv \tau_*) = \rho u_*^2 / \gamma_s d, Z = R/d, W = \rho_s / \rho \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $\nu = \mu / \rho$ 。したがつて、各種現象についての特性は、個々の変数の重要度は別として、基本的には、これら4つの無次元量の関数であらわされ、次の関係が成立する。

$$I = (W - 1) Y / Z, Fr = u_m / \sqrt{g R} = C \sqrt{I} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 Fr : フルード数、 u_m : 断面平均流速、 C : いわゆる流速係数であつて、

$$C = u_m / u_* = \varphi_c(X, Y, Z, W)$$

また、Darcy-Weisbach の摩擦抵抗係数 f との関係は次式で与えられる。

$$f = 8 / C^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

以下の検討では、これらの記号および水理量を用いて行う。

3. 実験方法 実験は、長さ10mの2次元可傾水路を用い、水路幅 B を15cmおよび、30cmの場合について行つた。実験に使用した河床材料の特性は、図-1に示す通りである。測定は、河床が安定平衡状態になるまで、流量、給砂量を連続して与えたのち、水路中央の4m区間で水深、水面および河床勾配を水路末端で流砂量を測定した。なお、給砂条件としては、給砂量ゼロの場合を含めてデータを取得した。実験条件を整理すると次のようである。

流量 Q (cm³/S/cm) = 60 ~ 220, 水深 h (cm) = 1.3 ~ 8.2

$Fr = 0.3 \sim 1.5$, $X = 9.0 \sim 57.0$, $Y = 0.01 \sim 0.38$

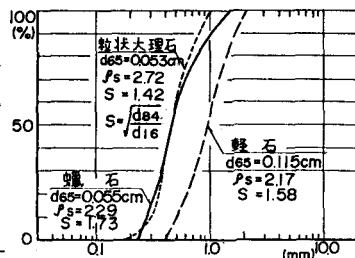


図-1 実験砂の粒径分布

Kiyoaki NAGASAWA, Ikuro CHEN, Seiyō SHIGEMITSU

4. 実験結果

まず、著者らの実験データを芦田らの河床形態の領域区分に従って検討すると、図-2 のようである。実験値は大半が Upper Regime のものであり、Lower regime のデータは、no motion の状態のものである。河床面および砂州の性状は、土木学会水理委員会による定義に準じている。なお、以下粒径は、全て d_{45} を使用している。

(1) 抵抗則 Upper Regime の領域のデータについて u_m/u_* の変化を図-3 に示す。図中の実線は、芦田らが示した抵抗則

$$u_m/u_* = 6.0 + 5.75 \log R/d(1+Y) \quad (5)$$

の関係を示す。実験値にバラツキはあるが、 C は R/d の大きさで変化し、又無次元掃流力 Y による変化も認められ(5)式の成立がうかがわれるが、 Y による変化は、実験値の方が計算値より大きい傾向にある。同一比重でも水路幅による差異がみられるため、比重 ρ_s による違いは明白でない。そこで、側壁の影響を除去し、底面のみの流れの抵抗を考えてみた。その一例が図-4 であつて、 C のかわりに(4)式に従う f の関係を用い、また、補正は、 $f_b = f + (2h/B)(f - f_w)$ によつた。

ここに、 f_w は、側壁の摩擦抵抗係数で $f_w = 0.02$ とした。

このような補正を行なえば、 f_b は水路幅にほとんど無関係となり、流れの抵抗は、対数則であらわされる。全データについて補正を加え f_b に及ぼす砂粒の比重の効果をみると図-

5 のようになる。図中の各線は $\sqrt{1/f_b} = 2.03 \log(\alpha h/d_{65})$ u_m/u_* と Y との関係

において、実験値に合うよう α を求めたもので比重が軽い砂の場合、相対的に α は大きくなり、したがつて、 f_b は小さくなつて、流れの抵抗は減少する結果となつてゐる。

(2) 流砂量 実験値の流砂量を実質容積であらわし、Engelund にならつて、全抵抗係数と流砂量との積 $f\phi A$ と掃流力との関係をみると、図-6 および 7 のようである。ここに $\phi A = q_s/\sqrt{sgd^3}$ 、 $f\phi A = KY^{5/2}$ の関係が成立するようであるが、 K の値は Engelund の場合、小さいきらいがある。比重が小さいと K 値は大きくなる傾向を示す。 K については、(2)式および上述の抵抗則との関係で更に吟味が必要である。

5. あとがき 実験データが少ないため十分な検討考察は出来なかつたが、今後は、水路幅の影響の問題、 Y の大きい領域の比重の小さい場合のデータの取得に留意し、系統立つた実験を行うつもりである。

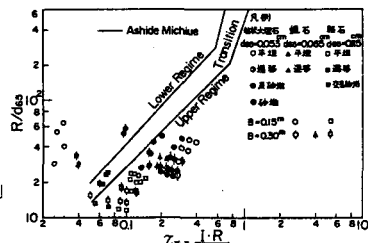


図-2 実験河床の形態

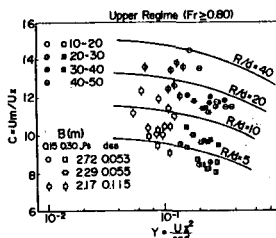


図-3 Upper Regimeにおける

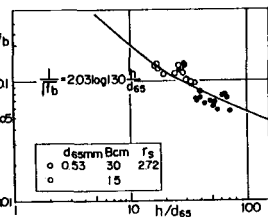


図-4 底面のみの抵抗係数 f_b

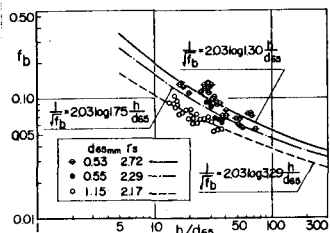


図-5 f_b に及ぼす砂粒の比重効果

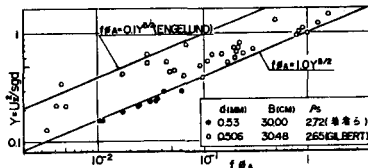


図-6 Y と $f\phi A$ との関係

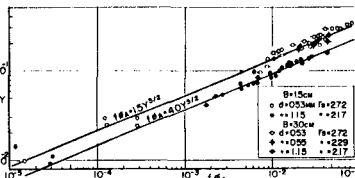


図-7 流砂量に及ぼす比重の効果