

(Ⅱ - 22) 滑面水路における礫の挙動について

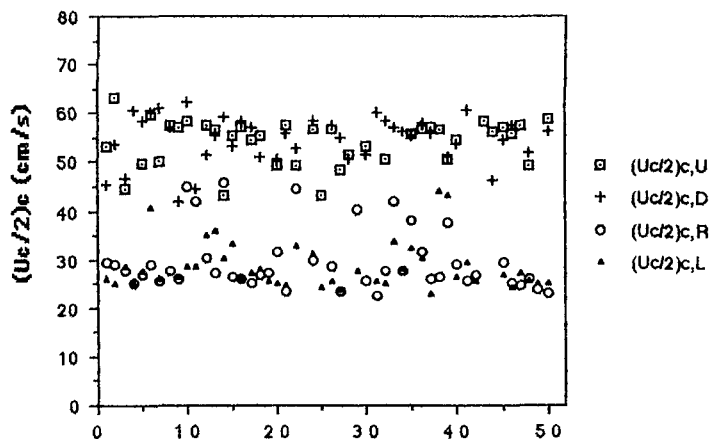
○ 群馬大学大学院 学生員 小守林 徹
群馬大学工学部 正 員 江崎 一博

1. まえがき これまで行われた限界掃流力に関する研究は、自然河川への適用を目的とした移動床についてのものが多く、固定床については対象が人工水路に限られる為にあまり行われていない。しかし最近ますます重要性を増してきた貯水ダムの埋没対策の一つの方法としてのバイパス排砂工の設計にあたっては、当然排砂水路内での礫の堆積による排砂効果の低下を最も注意すべきであって、このような点からして固定床水路における礫の挙動を調べることは十分意義があると思われる。もともと限界掃流力の基本的な考え方は、抗力と礫の摩擦抵抗抗力が等しいときを移動開始限界とするのであるが、従来の限界掃流力に関する実験では、砂礫を球で近似し水深とすいめん勾配の測定より得られる摩擦速度との関係を調べると言う方法をとっている。砂や砂礫についてはこのような球近似でも十分であるが、中礫以上になると形状によって違いがあることは実河川でもこれまで観測されているところである。

そこで本研究はこのような中礫クラスの礫を対象として、まず形状特性を求めた後、長方形水路中央部に一個ずつ礫を置いて、その向きと移動開始時の底面流速との関係について調べ、さらに長方形水路中央部、長方形水路側壁近傍、半円形水路中央部にそれぞれ礫を置いたときの移動開始時の水深、流速、摩擦速度、抗力係数などの水理量を比較するというごく基本的な検討を行った。

2. 実験方法 水路幅20cm、長さ6mの長方形断面水路と半径18.5cm、長さ6mの半円形断面水路を用い、水路勾配を1/300に固定した。実験礫は、ふるい目で19.1~25.4mmの中から任意に50個を選んだ。各礫についてそれぞれ直交する長軸a、中軸b、短軸cを測定した。これらの礫を長方形水路中央部、長方形水路側壁から2cmの点、半円形水路中央部に長軸が流れと平行になるように置いて、流量を少しずつ増加させ、礫が移動開始した瞬間の底面流速を測定して抗力係数を求めた。また、礫の楕円近似と球近似との相違についても検討を行った。流速測定にはレーザー流速計を用いた。

3. 礫の移動開始流速 礫の長軸上に矢印をつける。長方形水路中央部で矢印が流れと平行になるように置いた場合と流れに垂直な場合について、それぞれ矢印が逆向きになる場合も含めて4パターンに分け、礫が移動開始した瞬間の、短軸の半分の高さ($c/2$)点の流速($U_{c/2}$) c を測定し、グラフ化したものを(図-1)に示す。(U:矢印上流向き, D:下流向き, R:右向き, L:左向き)このように何れの礫も、長軸が流れに平行な場合の方が流れ難いことが分かる。そしてその値は50~60 cm/s、長軸が流れに垂直な場合は30 cm/s弱にまとまっている。以下の比較検討は、礫が最も移動しにくい状態(長軸が流れに平行で($U_{c/2}$) c の大きい方の値)で、長方形水路中央(グラフ内 1)、長方形水路側壁近傍(2)、半円形水路中央(3)の値をプールして行った。



(図-1) Row Numbers

4. 移動開始時断面平均流速 V_c と移動限界摩擦速度 U^*c の比 U^*c は抗力 F と摩擦抵抗力 R が等しいとして次式より求めたものである。

$$F=\frac{\rho}{2}CD(Uc/2)c^2Abc=\frac{\rho}{2}CD(\phi U^*c)^2k_2\frac{\pi}{4}bc$$

$$R=\mu W'=\mu(s-1)gk_1\frac{\pi}{6}abc$$

$$F=R \therefore U^*c=\sqrt{\frac{\mu}{\phi^2CD}\frac{4}{3}\frac{k_1}{k_2}(s-1)ga}$$

ここで Abc は長軸を流れに平行に置いた場合の流れに直交する最大断面積、 CD は抗力係数、 μ は静止摩擦係数、 W' は礫の水中重量、 s は礫の比重である。 k_1 は長軸 a 、中軸 b 、短軸 c を3軸とする楕円体と考えた場合の体積計算値と実測値との比、 k_2 は面積の計算値と実測値との比である。また、礫を直径 d_m （ふるい目平均粒径）の球と考えた場合は、体積の比を L_1 、面積の比を L_2 とした。

（図-2）は楕円近似、（図-3）は球近似の場合を表している。楕円近似と球近似には殆ど差がなく、長方形水路において中央部、側壁近傍ともに17～20程度の値をとり、半円形水路では15前後となっている。

5. V_c と軸長さの比 V_c と長軸の平方根との比 $V_c/\sqrt{a}$ を（図-4）に示す。長方形水路と半円形水路で殆ど差はなく、ほぼ25～35の範囲の値をとっている。従って $V_c=30\sqrt{a}$ としてもかなりの精度で V_c を推定できると言える。（図-5）は V_c とふるい目による平均粒径 d_m の平方根との比 $V_c/\sqrt{d_m}$ を表している。ここでは30～50の範囲でばらつきが大きく、平均粒径からの V_c の推定は難しいと言える。

