

II-253

ダム排砂水路に作用する砂礫の衝撃力に関する実験

川崎重工業(株)
建設省土木研究所
建設省中国地建

正員 裙本龍雄
正員 高須修二
正員 中西 徹

1. はじめに

ダム堆砂問題が顕在化してきている。対策としては一般的に次の2つの方法が考えられ、実施されている。一つは、貯水池内に堆積した土砂を機械力で掘削・浚渫することにより排除する方法、もう一つは自然の営力を利用して堤体内部あるいはバイパストンネル等に設けられた排砂水路にて流水と共に土砂を排出する方法である。この排砂水路にて土砂を排出しようとする場合、水路の設計には耐衝撃・耐摩耗性について十分な考慮を必要とする。本研究は、転動・跳躍しながら流下する砂礫によって排砂水路床に作用する衝撃力について実験検討を行ったものである。

2. 実験方法

直線排砂水路を対象として、実験を行った。実験装置の概要を図-1に示す。水路は長さ12.6m、幅20cmであり、勾配は1/20および1/50の2種類とした。材質は底面および1側面は塗装したベニヤ製、他の1側面はアクリル樹脂製である。流下砂礫による衝撃力は、荷重計受圧面(直径2cm、ステンレス製)が水路床と一致するように取り付けて測定した。測点数は3点で、その位置は水路下流端から6.4m、4.6mおよび2.8mである。使用した砂礫は均一粒径で、平均径が1cmと0.5cmの2種類である。実験流量は、15ℓ/sと20ℓ/sの2種類とした。給砂は水路の上流端に給砂装置を設けて、一定量を供給できるようにした。流砂量は水路に砂礫が堆積しない範囲で3種類に変化させた。また、流砂時の流れの場について検討を行うために、レーザー流速計を用いて水路中央の水深方向流速分布を計測した。

図-1 実験装置

3. 実験結果

3.1 砂礫の流下状況

録画速度200コマ/秒の高速度ビデオを用い、砂礫が移動する様子を観察した。砂礫の運動は滑動・転動・跳躍に分類されるが、本実験で使用した砂礫粒子は扁平な形状をしたものが少ないことおよび水路が比較的急勾配であることにより、転動・跳躍しながら流下する粒子が多数を占めた。流下砂礫の水路横断方向の濃度分布については、水路中央部より側壁近傍の方が多い。

3.2 流砂量と流速分布

図-2に水路勾配1/20の場合、図-3に水路勾配1/50の場合の流砂量別流速分布を示す。図中の実線は(1)

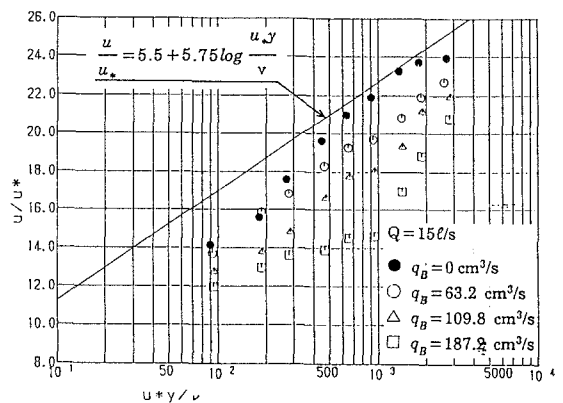


図-2 流砂量別の流速分布($i_0 = 1/20$ $d = 1\text{cm}$)

式で示す滑面の対数則分布を表わしている。

$$\frac{u}{u_*} = 5.5 + 5.75 \log \frac{u_* y}{\nu} \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 u :水路底から距離 y における流速、 u_* :摩擦速度、 ν :水の動粘性係数である。水路勾配1/20の場合、流速分布は滑面の対数則分布に対して平行なずれを生じている。勾配1/50の場合、流量が少ない時には(1)式と良好な対比を見せるが流量が多くなると、(1)式と平行なずれを生ずる。すなわち、同一水深では水路勾配が大きいほど、また同一の水路勾配ではレイノルズ数が大きくなるほど対数則の積分定数が小さくなる。一方、流砂時の流速分布はいずれの水路勾配においても流砂量が多くなるとに従い滑面の対数則分布からずれてくる。

3.3 砂礫の衝撃力特性

流下砂礫によって水路床に作用する衝撃力を計測した3つの測定点それぞれについて、衝撃力の頻度分布を求めると、3点とも衝撃力値の小さい方の頻度が大きくなる指数型分布、あるいは、それに近い分布型となった。図-4は3点の平均衝撃力 $\bar{f}$ を砂礫の水中重量 w で無次元化したものと無次元掃流力 τ_* との関係調べたものである。 τ_* の定義は(2)式のとおりである。

$$\tau_* = \frac{u_*^2}{(\sigma/\rho - 1)gd} \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 σ :砂礫の密度、 ρ :水の密度である。図-4を見ると、水路勾配の違いによる τ_* の差が各粒径ごとに明確に現われているため、それぞれの水路に対し最小二乗法により回帰曲線を求めたところ図中の実線で示される関数が得られた。

3.4 衝撃力の発生率

衝撃力が発生する時間間隔 Δt の頻度分布は全ケースとも指数分布となることがわかった。代表例を図-5に示す。 Δt の平均値の逆数を衝撃力の発生率を考え、現象をポアソン過程として捉えた結果求められた確率分布関数を図-5に併記したが、両者は良好な対比をみせている。この考えを水路床全体に発生する衝撃力にまで拡張すれば、前述の平均衝撃力 $\bar{f}$ を用いて、単位時間当りに水路床に作用する衝撃力の総和が求められる。

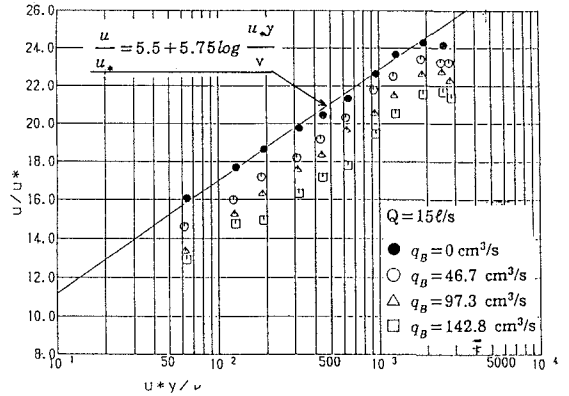


図-3 流砂量別の流速分布($i_0=1/50$ $d=1\text{cm}$)

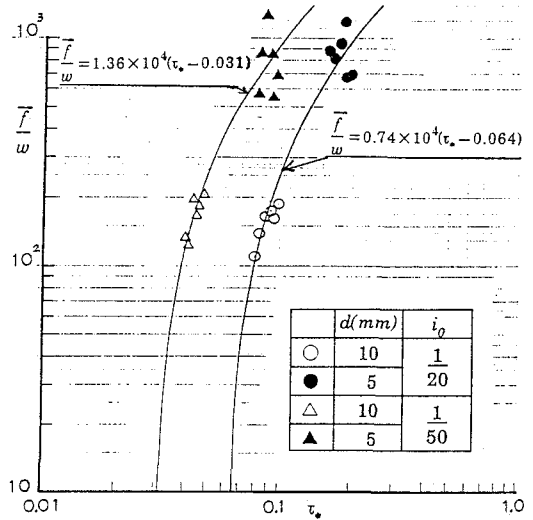


図-4 無次元掃流力と衝撃力

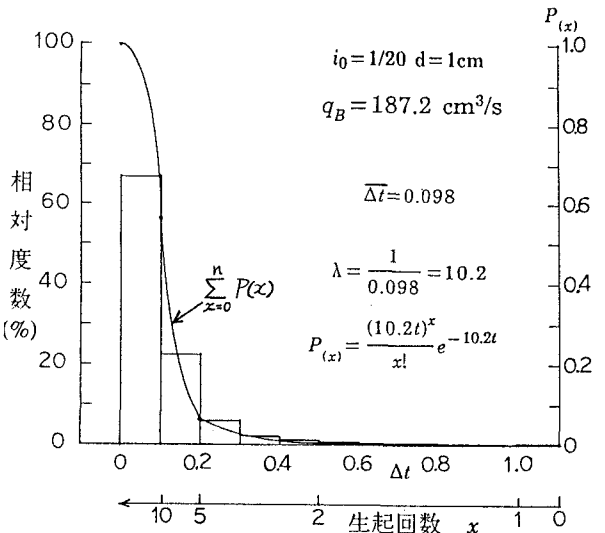


図-5 衝撃力の再帰時間と発生確率