

II-142 ダム排砂設備流入部の水理特性

石川島播磨重工業(株) 正員 寺辻 修

建設省竜門ダム工事事務所 正員 柏井 条介

1. はじめに ダム貯水池の有効活用として貯水池内の土砂を排除することがよく言われており、従来は土砂を浚渫、又は上流に貯砂ダムを建設し 流入する土砂に対応していた、しかし、最近では自然の水の流れを利用し、土砂を下流河道に流す排砂設備というもの計画・建設されている。しかし、土砂を流す場合の水理特性については十分に説明されておらず、不明な点が多い。ここでは単純な入口形状を考え、開水路状態で排砂させる場合の入口での水理特性について実験し、検討してみる。

2. 実験概要 (実験装置) 図1に示す通り上面を開放した矩形断面とし、入口には急縮によるはく離の影響を少なくするため角部に円弧を付けている。上流に移動床部を設け流量と流砂量を変え、入口付近での流入条件をコントロールできるようにする。また、下流水路はバイパストンネルで迂回させ排砂させることを想定し、直線部(4M)を設置している。実験に使用した砂は、平均粒径 2.158mmで 2.0~2.5mmの範囲で粒度分布を持つ一様粒径である。(実験方法) 入口より下流の固定床部を15cm幅・1/50勾配で固定し、上流の水路幅を 15cm, 30cm, 45cm, 100cm と変化させ、流量・流砂量を変えた場合の入口前面での水位・河床形状を測定する。測定は、下流端で採取した砂量が上流で給砂した砂量と同量になった時を流れが安定したと判断し測定を開始する。また、比較のため上流に砂のない水だけを通水した場合の水位についても測定しておく。実験条件としては、流量 3ℓ, 6ℓ, 9ℓ とし、給砂量は 6~46cm³/s の範囲で行った。

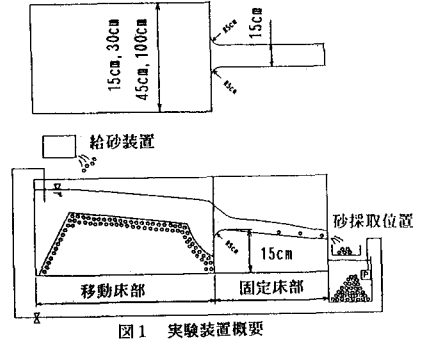


図1 実験装置概要

3. 実験結果と考察 上・下流水路幅をもとに15cmにした場合(二次元水路と呼ぶ)においては流入状況は図2に示す通り、流量・流砂量の大小により大きく3つのパターンに分類できることが観察結果より確認できた。① 入口前面で洗掘されることなく上流の砂は固定床上

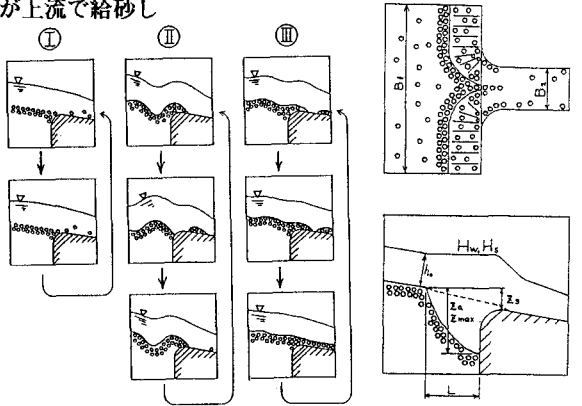


図2 二次元水路の流入パターン

図3 三次元水路での洗掘形状(モデル)

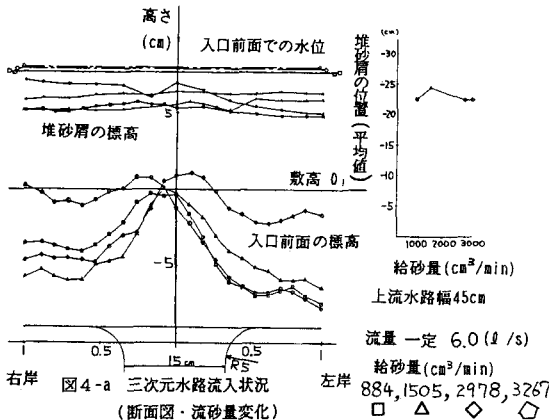


図4-a 三次元水路流入状況(断面図・流量変化)

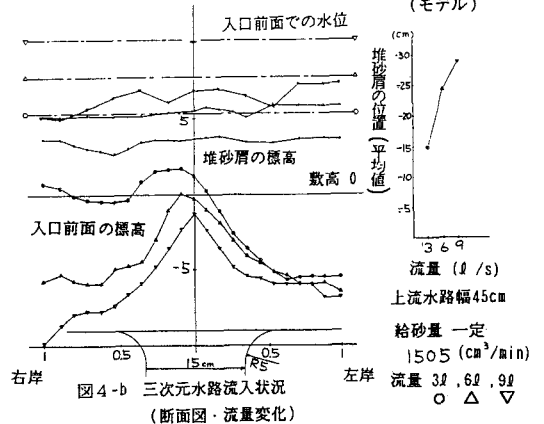


図4-b 三次元水路流入状況(断面図・流量変化)

を溜らずに流れていく（図2-I） ② 河床が波状にうねりながら流入し入口でとぎれて入った砂は下流に移動しながら掃流され ついには全て掃流されて無くなる。（図2-II） ③ 図2-IIのパターンで流入した砂のかたまりがすべて掃流されずに下流より溜りだし、ついには水路全体に広がり全面移動床となり流れ続ける。（図2-III） 二次元水路では安定した、特徴的な流入形態は示さなかった。次に、上流水路幅を広げた場合（三次元水路と呼ぶ）、二次元水路と同程度の水・砂を流したところ、いずれも図3に示す通りの形で水路全幅にわたり安定した洗掘形状を示すことが観察された。これを断面図で示すと図4の通り幅が広げれば流砂量の変化による入口前面での洗掘形状の変化は小さいことがわかる。一方、流量が変化すれば水位が上昇するとともに堆砂肩の標高も高くなり、掘られる深さも深くなる。さらに、堆砂肩の入口からの距離も遠くなる。ここで注目すべきことは、排砂時に入口敷高より下まで洗掘される場合があり入口付近では砂が入口形状に沿い流入していくため構造物が摩耗してしまう恐れがあることと、排砂計画を立てるにあたり

入口の標高をどの位置にするかについて入口前面での洗掘形状が深く関わってくるのが考えられ、この洗掘形状を予想できないものか検討してみる。まず最初に、上流に砂の無い水だけを流した場合と比較すると、入口前面の水位（ H_s ）については図5に示す通り上流の水路幅が下流に対し十分広くなればほぼ同じになることが予想される。したがって、水だけの水位（ H_w ）から流砂量式で計算した上流の等流水深を引いた値は実験で測定された堆砂肩の標高（ Z_s ）とほぼ同じ値をとる（図6）。次に堆砂肩の高さと水平距離の比はほぼ 0.5になることが分かる（図7）。堆砂肩の高さを求めるために上流の等流水深との比でまとめてみたのが図7である、これより、上・下流の水路幅の比が十分大きければ、（堆砂肩の高さ）／（等流水深）の値は一定値

に近づく。この図より上流の等流水深を使い堆砂肩の高さを求めることができる。以上のことより排砂時の入口前面における洗掘形状が予想できる。手順をまとめてみると、①排砂時の水位を決める（ H_w ）

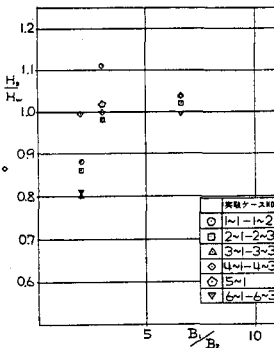


図5 入口前面での水位

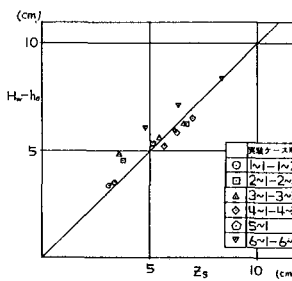


図6 堆砂肩の標高

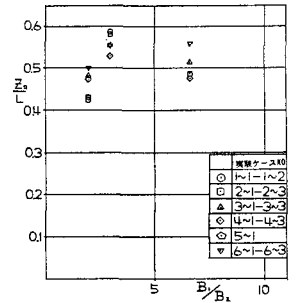


図7 堆砂肩の高さと距離の関係

②流砂量式より等流水深を求め、堆砂肩の標高を求める（ $H_w - h_0$ ）③図8より堆砂肩の高さを算出する（ Z_a ）④入口の壁からの水平距離（ L ）が計算でき平均的な河床形状が予想できる。また、この時間問題となる最大洗掘については平均堆砂肩の高さ（ Z_a ）の 1.5倍程度の高さで現れ、発生位置は 入口、又は側壁で発生することが実験結果より言える。なお、今回実験した範囲について無次元化したものが図9である。以上 三次元水路の結果より流入状況ならびに前面での洗掘形状の予想はできることになる。

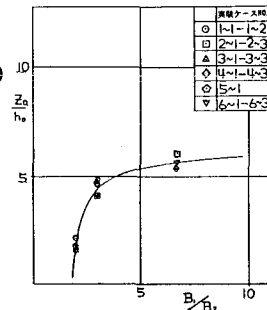


図8 上流水深と堆砂肩の関係

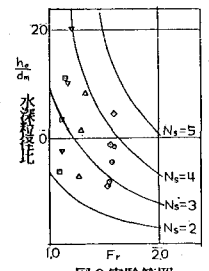


図9 実験範囲

4. おわりに 排砂設備を考える場合、土砂の流入状況により入口の敷高以下に洗掘され、入口付近では設備を摩耗させる恐れのあることを実験を通し確認した。また、その対策の手段として入口前面の洗掘形状を予想する方法を提案した。しかし、実際の排砂設備においては、設備の形状により水理特性を支配する要因（湾曲部、水路勾配変化部、入口形状）があり、実際の設備の設計にあたっては十分な検討が必要となる