

II-143

排砂設備呑口部のフラッシング特性

日立造船株式会社

正会員

小路永浩美

建設省土木研究所

正会員

野口 澄彦

1. まえがき

ダム貯水池内の堆砂は貯水池容量が減少するだけでなく、貯水池末端付近の河床上昇並びに下流河道の河床低下を招くことがある。このダム堆砂対策の一つにダムに排砂設備を設けダム下流へ排出する方法がある。今、この排砂設備の呑口部が砂により埋没していると仮定する。この状態で排砂操作(洪水の減水期に水位低下操作を行い、流水の掃流力を増加させる事により排砂する)を行ったとき、上流からの掃流砂量が排砂設備からの排砂量を上回った場合呑口部のフラッシングは不可能と為ることが予想される。そこで本研究では、フラッシングが可能かどうか及びその条件を求め、ダム排砂設備の操作上の問題点について検討を行った。

2. 実験概要

実験装置は図-1の様に幅1m、長さ6mの2次元水路を用い、水路下流端に断面が $8.6\text{cm} \times 7.1\text{cm}$ 、管路長が20cmの排砂管及び排砂ゲートを取り付けている。

(1) 静水中排砂実験 実験に使用した粒径は1.2mm、2.2mm、3.3mmとし、堆砂高は10cm、20cm、30cm、水深についてはそれぞれ任意に設定した。実験方法は粒径毎に呑口部前面に所定堆砂高で整形する。続いて水深を設定し実験中は常時一定に保つ。続いて排砂ゲートを全開としてフラッシングの可能性を観る。又、河床形状を計測してその特徴を検討する。

(2) 流水中排砂実験 実験に使用した粒径は(1)と同一なものとし、呑口部前面の堆砂高を20cm、水路河床勾配を1/100、流量を5ℓ/s、10ℓ/s、15ℓ/sとする。なお、上流よりの給砂量は

砂の粒径、河床勾配、流量に応じて適切に設定する。実験方法は、所定堆砂高及び勾配で河床を整形した後、給水給砂を行い排砂管呑口部堆砂面上に砂が充分補給されている状態で排砂ゲートを全開にし、フラッシングの可能性を観る。この時の排砂量を時間経過毎に計測、又通水後の河床形状を計測してそれぞれの特徴を検討する。

3. 実験結果

(1) 静水中排砂実験 流況は水位と堆砂高との関係より図-2に見られる様に3通りに分けられる。流況① 排砂ゲート全開後、管路内堆砂が瞬時に排出され同時に呑口部前面の堆砂面が陥没する。その陥没面が上流へ傾いていき、数十秒で河床は安定する。流況② 排砂ゲート全開後、排砂管吐口の堆砂が一部落下する。浸透水が落下した後の斜面に浸潤し、徐々に斜面を浸食していく。その斜面端が排砂管呑口部に達し呑口部前面堆砂面が陥没する。引続き堆砂面を崩しながら呑口部を閉塞していた砂は排除される。流況③ 排砂ゲート全開後、排砂管吐口の堆砂が一部落下するがその後浸透水により斜面が浸食される事はない。水深Hと浸透路長Lとの組合せにより上記流況区分がどのように現れるかを粒径1.2mmについて図-3に示す。ここで、水深Hは貯水位と排砂管敷高との標高差とし、浸透路長Lは排砂管呑口部前面の水で飽和

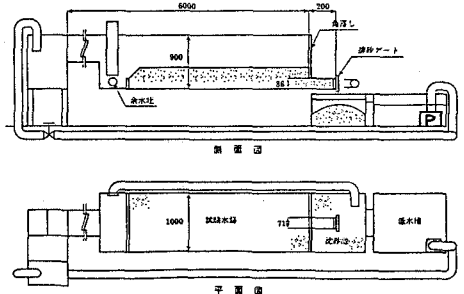


図-1 実験装置概要図

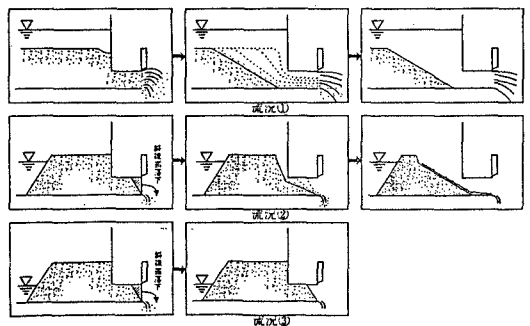


図-2 流況図(静水中排砂実験)

している砂の厚みと排砂管路長の和とした。これは土砂内の浸透流線は無数にあるが土粒子を動かすか否かは最も動水勾配の大きい流線、すなわち呑口部の鉛直壁ぞいの流線で決まると考えられるためである。なお、排砂ゲートを開ける前後での呑口部での間隙水圧をピエゾメータで測定したところ数mm程度低下したもののほとんど変化は見られなかった。図-3によると浸透水圧により瞬時に排砂される流況①が現れるのは $H/L \geq 0.6$ であった。又、これ以下では浸透水により浸食されるか否かを区分している。フラッシング終了後の河床形状については排砂管呑口部を中心に水中安息角 $32^\circ \sim 33^\circ$ ですり鉢状となっている。又、排砂管呑口部前面に砂のない部分が半円状に形成される。その中央縦断面での長さは若干ではあるが水深に比例して大きくなっている。

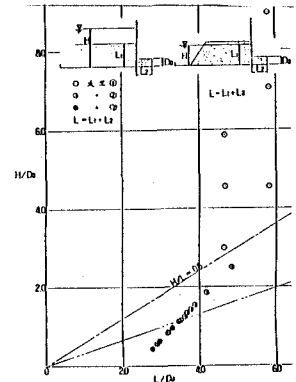


図-3 結果判定図

(2)流水中排砂実験 流況は図-4のように流量に応じて2通りに分けられ

る。流況①(流量5ℓ/s) 排砂ゲート全開後、静水中排砂実験のように瞬時に管路部の砂が排出され、それに伴い水深が低下し越流部からの越流がなくなり、排砂管からのみの放流となる。水位低下により河床には陥没によりできた肩とは別にもう一つ肩ができ、それが上流へ進行する。その後呑口部前面の河床形状は安定する。流況②(流量10ℓ/s, 15ℓ/s) 排砂ゲート全開後、静水中排砂実験のように瞬時に管路部の砂が排出される陥没面が上流へ傾いていくが静水中排砂実験で見られたように十数秒で河床形状が安定することはなく約5分で安定した。粒径、流量を変えたが全ケース共フラッシング可能となった。通水後の河床形状は中央縦断面で水中安息角の約 31° で傾斜している。又、排砂量の時間変化は粒径、流量による際立った違いは見られない。又10分後の排砂量は図-5に示す通り既存の流砂量式に近づいておりつまり10分後には流砂量式で表されるような安定した掃流による移動床状態となっている。

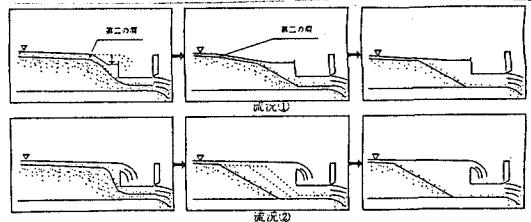


図-4 流況図(流水中排砂実験)

4.まとめ

排砂管呑口部が閉塞状態で排砂操作を行ったとき、フラッシングは可能かという事については流水中排砂実験からわかるように可能であるといえる。これは静水中排砂実験で得られた結果、すなわち $H/L \geq 0.6$ では瞬時にフラッシング可能”と言うことから予想できた。そこで静水中排砂実験でみられた現象について考えてみる。排砂ゲートを全開にして、砂が動きだそうとするその限界状態は、浸透水圧が砂粒子を動かそうとする、いわゆるクイックサンド現象と云える。このクイックサンド現象は動水勾配がある限界を越えると砂が動きだすと考えられ、この限界値については一般に粘着力のない細粒土で0.5~0.8といわれている。そこで本実験において浸透路長を L 、浸透水圧を水深 H と考えると、動水勾配は H/L で表され実験の結果、限界動水勾配 H/L は約0.6であり概ね上記値と一致する。従って、粘着力のない細粒土の範囲内であればフラッシング可能なものと推論できる。しかし、粒径の細かな粘性土が堆積している場合や混合砂の場合については一概に言えないので、粒径を変えて確認する必要がある。又、本実験では排砂管長を現在計画中のダムを想定して一律20cmとしているが、排砂管の管路長が長くなった場合のフラッシング特性については、今後検討を行う必要があるものと考えられる。

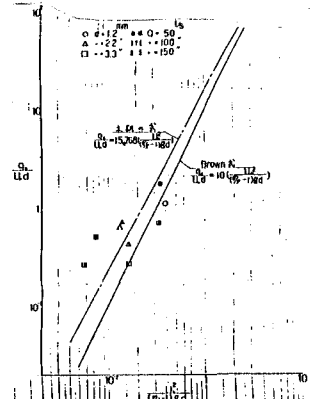


図-5 10分後排砂量の無次元表示