

フラッシング排砂時における堆積土砂の侵食過程に関する現地調査

京都大学大学院工学研究科 正会員 角 哲也
 (株)奥村組 正会員 坂田 泰章
 建設省黒部工事事務所 正会員 鎌田 照章
 関西電力(株)北陸支社 正会員 小久保 鉄也

1. はじめに

近年、ダム貯水池の適切な土砂管理が求められており、黒部川における流水を用いたダム排砂（以下、フラッシング排砂）はその好例である。しかしながら、フラッシング排砂時の貯水池内堆積土砂の侵食過程は未解明な部分が多い。本研究は、黒部川出し平ダム（関西電力(株)）における実際のダム排砂を対象に、ラジコンヘリを用いた空中写真測量手法により堆積土砂の侵食過程を把握することを目的としており、側岸傾斜角度及び側岸の侵食速度が主要な着眼点である。

2. 出し平ダムにおける現地観測および写真測量

出し平ダムの排砂操作は平成3年から平成11年までに合計8回行われており、現在では、排砂による下流河川への環境問題等を考慮して、黒部川の洪水期において降雨により一定規模以上の流入量が認められた場合に排砂操作が開始される。平成11年度は図-1に示すように9月15日午後から16日にかけて排砂操作が実施された。

現地調査は、ラジコンヘリ（(株)こうべ技研製：全長2400mm，機体重量16kg，最大積載量11kg）に搭載したカメラ（ハッセルブラッド6×6（焦点距離50mm））により、図-1に示す調査時間において合計4回（約1～2時間間隔）撮影を実施した。調査地点は図-2に示すダム直上流部であり、これまでの排砂実績から、フリーフロー中の側岸侵食現象が明確であり、またラジコンヘリの発着・飛行中のコントロールが比較的容易であることから選定した。なお、写真撮影のための事前準備としては、調査区域の基準座標を求めるときの対空標識（コントロールポイント）の設置と測量であり、また、フラッシング排砂中には、高さ方向の精度を確保するために貯水池内の岩盤などの不動点の補足測量を合わせて行った。写真-1に午前10時における調査地点の堆積土砂の侵食状況を示す。

写真測量は、撮影された2枚一組の写真と測量した地上基準点データをもとに、写真測量解析図化機（MPS：Micro Photogrammetric System）を用いて3次元地形データを求め、記録・図化を行った。主要な作業は、2枚一組の写真それぞれのひずみを補正し2次元座標を決定する内部標定作業と、現地の座標系（3次元）と内部標定で決定したそれぞれの写真座標系（2次元）の関係を定式化する外部標定作業に大別される。今回の写真測量においては、1モデル目の3次元地形データを基準として、侵食されて相対的に変化した部分のみを順次測量することとし、1モデル目とそれぞれのモデルの標準誤差が撮影軸垂直方向・撮影軸方向ともに30cm以内に収まっていることを確認した。

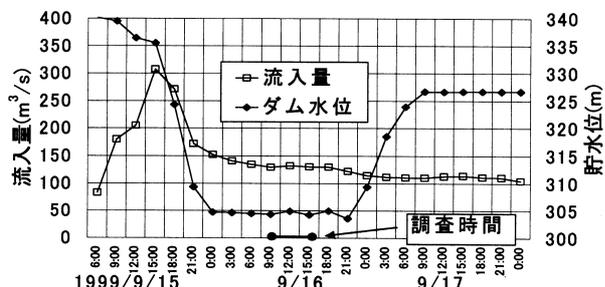


図-1 出し平ダム排砂操作経過（1999.9）

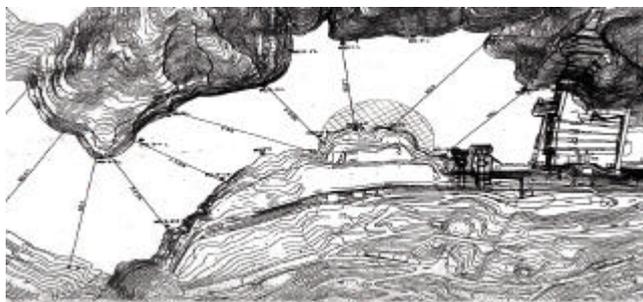


図-2 調査地点位置図(網掛け部分)



写真-1 堆積土砂の侵食状況(午前10時)

3. 調査結果

写真測量によって得られた3次元地形データを用いて作図した平面図の一例(午前10時)を図-3に、また、ch40,60,80断面における10時~15時までの堆積土砂の側岸形状変化を図-4に示す。これらより以下のことが明らかとなった。

(1)側岸傾斜角度

側岸傾斜角度はフラッシング排砂を管理する重要なパラメータのうちの一つである。既往の研究によれば、側岸傾斜角度は、堆積土砂の土質特性に大きく依存し、シルト・粘土分が多くなるほど鉛直に近づくものと考えられる。

今回の調査で得られたch30~ch110間における堆積土砂の傾斜角度の時間的変化を図-5に示す。これによると観測された傾斜角は $27^{\circ} \sim 40^{\circ}$ と多少のばらつきが見られるが、平均 34.7° の傾斜角により側岸侵食が相似的に進行していったことがわかる。貯水池内の既往のボーリング調査結果によれば、調査地点の堆積土砂は、礫・粗砂・中砂・細砂など(平均粒径 $d_m=2.0(\text{mm})$)が主に堆積しており、今回の調査結果は、これら材料の安息角にほぼ等しいものと考えられ、シルト・粘土分は少ない非粘着性材料の側岸侵食であったものと考えられる。

(2)侵食速度

侵食速度は、堆積土砂を排出するために必要なフリーフロー継続時間に関係し、側岸傾斜角度と並ぶフラッシング排砂の重要なパラメータである。今回の調査結果から得られたch30~ch90のそれぞれの断面における侵食速度の時間変化を図-6に示す。今回の調査範囲では $1.09 \sim 5.73 (\text{m/hr})$ となり、場所と時間帯によって多少のばらつきがあるものの、平均すると侵食速度 $3.42(\text{m/hr})$ で側岸が侵食されたことが分かる。なお、この侵食速度は、フリーフロー初期においてはさらに速かった可能性が想定される。

4. おわりに

我が国において初めて本格的なフラッシング排砂が導入された黒部川出し平ダムを対象に、ラジコンヘリによる空中写真測量手法を用いることにより、ダム排砂時の堆積土砂の3次元的な侵食現象を把握することができた。本手法は、ダム排砂のような堆積土砂の移動現象を把握するための有効な手段の一つと考えられる。なお、今後は得られた堆積土砂の侵食量と河道内の水理量との関係について検討を進め、効率的な排砂手法を確立する必要がある。今回の現地調査及び写真測量に関し、関電興業(株)および応用地質(株)の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

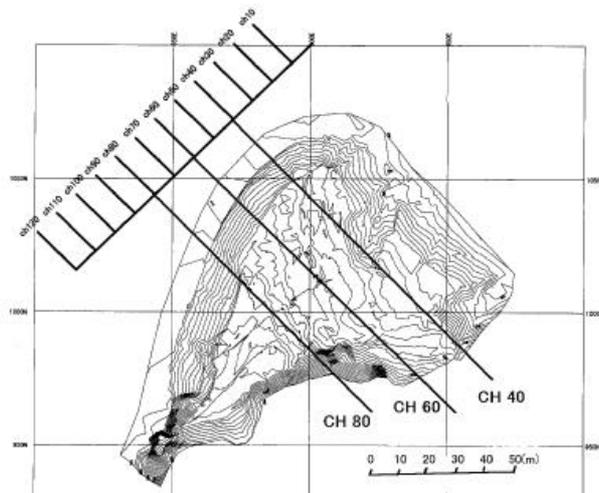


図-3 堆積土砂の3次元コンター図
(午前10時：平面図)

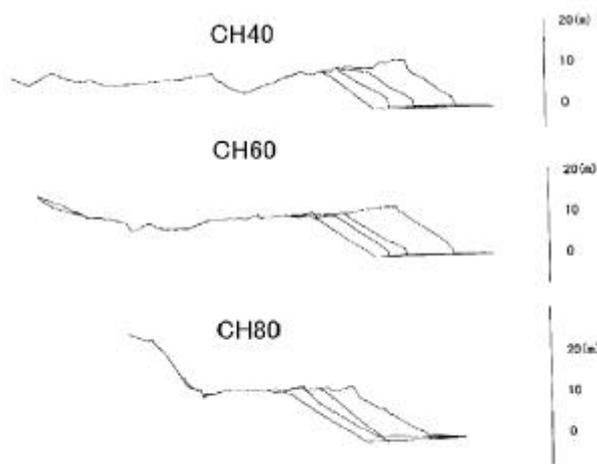


図-4 堆積土砂の側岸形状変化
(午前10~15時：横断面変化)

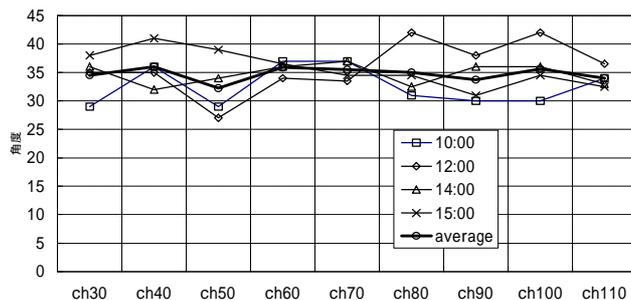


図-5 側岸傾斜角度の時間変化

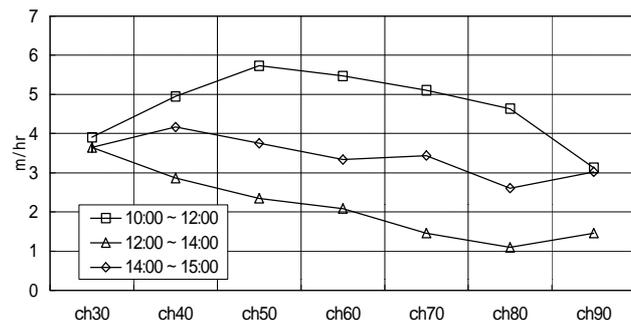


図-6 侵食速度の時間変化