排砂水路底面の磨耗進展機構の実験とその解析

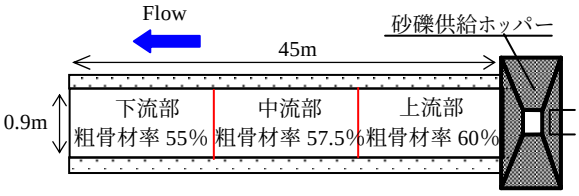
広島大学大学院　学生会員○篠原康寛　　広島大学大学院　　フェロー会員　福岡捷二
中央大学　　正会員　　岡田将治　　国土交通省江の川総合開発工事事務所　正会員　　斉藤一正

1. 序論

ダムの堆砂問題の解決策のひとつに，排砂水路を用いる方法がある．排砂水路底面は，多量の流下砂礫により侵食を受けるため，この侵食機構を明らかにする必要がある．既往の研究[1)~3)]では，水路底面の侵食･蛇行の進行形態が検討されてきた．本研究では，コンクリートの粗骨材率と侵食抵抗の関係を検討すること，および流下砂礫の運動を調査することを目的とする．

2. 実験方法

本実験は，灰塚ダム湛水池内に設けた実験水路(**図-1**)に多量の砂礫と水を流下させ，水路底面の侵食状況及び流下砂礫の運動機構を検討する．水路底面の粗骨材率と侵食抵抗の関係を検討するため，実験水路を下流部，中流部，上流部の 3 区間に分け，コンクリートの粗骨材率を変化させている.水路横断形状は実際の排砂水路を想定して馬蹄形にしている．供給砂礫の代表粒径 d_{60} は約 45mm，最大粒径は約 200mm である．砂礫の供給は，0.5m^3/min として，19.5 時間で合計 567m^3 行っている．



勾配 1/20，流量 Q=0.25m^3/s，水深 h=0.142m

図-1　実験水路と水理条件

3. 実験結果及び考察

(1) コンクリートの粗骨材率と耐磨耗性

図-2 に各区間の単位面積あたりの侵食量と累積供給砂礫量の関係を示す．水路底面の侵食量は，粗骨材率の小さい下流部(粗骨材率 55%)で最も大きく，中流部(57.5%)，上流部(60%)ほど小さくなっている．粗骨材率を一定にした場合は，水路上流側から侵食が進行する結果が得られたことから[1)]，粗骨材率が大きくなるほど，コンクリート底面の磨耗に対する抵抗が大きくなることがわかる．

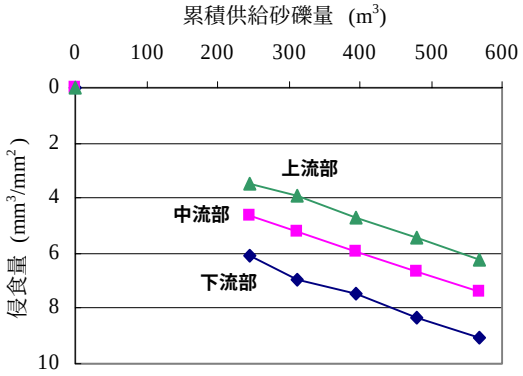


図-2　単位面積あたりの侵食量と累積供給砂礫量

既往の研究[2)]では，水路底面の侵食量は，水路底面上に露出する粗骨材，特に粒径 40-20mm の粗骨材(最大粒径 40mm)の表面占有率の経時変化に関係することが明らかにされている．そこで，各区間の粗骨材率が違う本実験について，累積供給砂礫量と各区間の水路中央部における粗骨材の表面占有率の関係を調査した．**図-3** に調査結果を示す．侵食量が多い下流部で粒径 40-20mm の粗骨材が約 5%見られており，粗骨材全体の表面占有率はかなり高く，一定になりつつある．一方，侵食量が少ない上流部では，大粒径粗骨材はまだ水路底面に現れていなく，粗骨材全体の表面占有率は著しく増加しつつある．

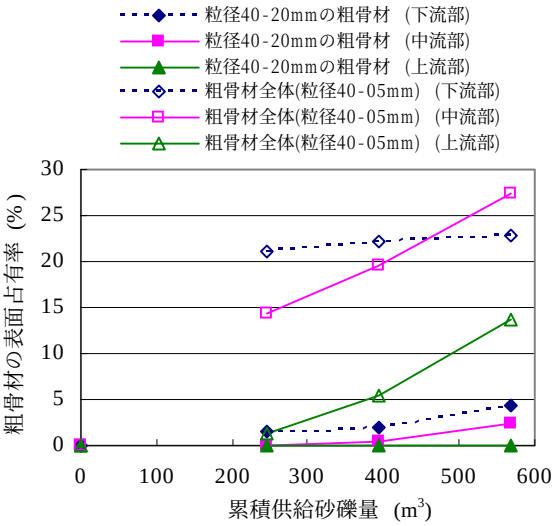


図-3　各区間の粗骨材の表面占有率と累積供給砂礫量

キーワード　：　排砂水路，侵食，粗骨材率，礫の運動
連絡先　：　広島大学大学院工学研究科社会環境システム専攻　〒739-8527　広島県東広島市鏡山 1-4-1　Tel＆Fax　0824-24-7821

(2) 水路横断形状と水路底面の侵食

本実験の水路横断形状は実際の排砂水路を想定して，既往の実験[1),2)]で用いた矩形断面から馬蹄形断面に変更している．**図-3** に累積供給砂礫量 567m^3 時の水路底面の侵食深の横断分布を示す.馬蹄形断面の時は，矩形断面の時より水路中央部が深く侵食され，側壁付近はあまり侵食されていない．**図-4** は，流下砂礫が水路横断面のどの位置を多く流れたのか示す調査結果である．これより馬蹄形断面の時は，矩形断面の時より砂礫が水路中央部に集中して流れていることがわかる．以上より，馬蹄形断面では，矩形断面より砂礫が水路中央部をより多く流れることにより，水路中央部の侵食量が大きくなる．また，このことにより，侵食による水路底面の蛇行振幅が小さくなる．

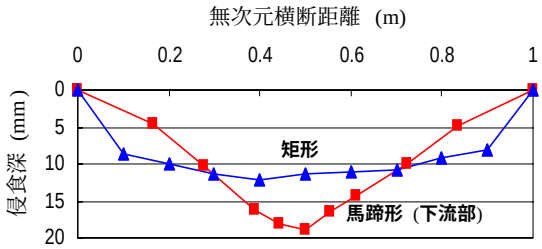


図-3 水路横断形状と侵食深の関係

(3) 流下砂礫の運動

水路底面の侵食現象を考える際には，流下砂礫の運動を把握することが重要である．そこで，実際に供給された砂礫量(粒径 30mm 以上)とその時に流下している砂礫の速度の関係を調べた．**図-5** に調査結果を示す．粒径 100mm の礫は，砂礫量が多いほど，流下速度が小さくなっている．また，粒径 50mm の礫も，ばらつきはみられるが，粒径 100mm の礫と同様の関係がみられる．ばらつきの原因は，粒径が小さいほど周りに流れている礫の影響を受けやすくなるためである．以上より，砂礫の流下速度は砂礫量や周囲を流れている砂礫の構成に影響を受けるといえる．

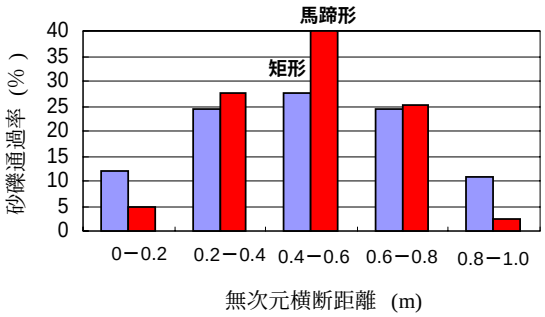


図-4 流下砂礫の横断通過率

流下砂礫の運動を調査するために，粒径 100,50,30mm の砂礫について追跡撮影を行った．ビデオ画像解析により 3 種類の粒径の礫は跳躍運動しながら流下していることから，礫の平均流下速度，水路底面との衝突回数を調べ，跳躍時間 T，跳躍距離 L を求めた．**表-1** に調査結果を示す．粒径の大きい礫の方が跳躍時間 T，跳躍距離 L ともに短くなっている．今後，排砂水路での砂礫の運動をモデル化し，実測したデータと比較することにより，砂礫の運動を定量的に評価し，水路底面の侵食機構の解明及び流下砂礫量の推定法の提案につなげていく．

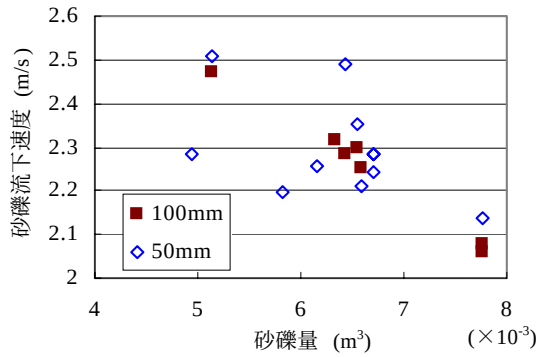


図-5 砂礫量と砂礫流下速度

表-1 流下砂礫の跳躍運動のビデオ分析結果

粒径 (mm)	平均流下速度 (m/s)	衝突回数 (回/m)	跳躍時間 T(s)	跳躍距離 L(m)
100	2.45	1.20	0.34	0.83
50	2.64	0.97	0.39	1.03
30	2.80	0.67	0.53	1.50

4. 結論

- コンクリートの磨耗に対する抵抗は，粗骨材率が大きいほど大きくなる．
- 馬蹄形断面では，矩形断面より砂礫が水路中央部をより多く流れることにより，水路中央部の侵食が大きくなる．
- 砂礫の流下速度は砂礫量や周囲を流れている砂礫の構成の影響を受ける．

参考文献

1) 福岡捷二，小林正幸，萬矢敦啓，藤原博昭，名尾耕司：排砂を目的としたコンクリート製水路底面の侵食，第 55 回土木学会年次学術講演会講演概要集第 2 部，pp326-327，2000

2)正木丈也，福岡捷二，野津誠，Julio Masis：多量流送砂礫によるコンクリート水路底面の侵食機構，第 56 回土木学会年次学術講演会講演概要集第 2 部，pp294-295，2001