

排砂水路を流下する礫群の運動と水路底面の磨耗進展機構

株式会社建設環境研究所 正会員 ○重村一馬
 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
 国土交通省 正会員 斉藤一正

1. 序論

ダム貯水池からの堆砂の排出方法の一つに排砂水路トンネルを用いる方法が検討されている。水路トンネルを利用して土砂を排出する際に、水路底面が磨耗され、その機能とともに維持管理が問題になる。既往の研究^{1)~2)}では、水路底面の磨耗進展機構が実験的に検討されてきた。本研究では、水路底面の磨耗の原因となる流下礫群の運動を3次元的に調査する方法を確立し、運動特性を明らかにすること、及び文献²⁾の実験を引き続き行い、水路底面の磨耗進展機構を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

本実験には、排砂水路を想定した大型水路(図-1)を使用する。水路横断面形状は馬蹄形である。水路底面の磨耗に対するコンクリートの粗骨材率の影響を検討するために、水路の15mずつ3区間で、異なる配合のコンクリートを打設した。

礫群の流下運動の調査は、粒径の大きさごとに着色を行った礫を用い、2種類の方法で行った。まず1つ目は、流下砂礫群を上面から追跡撮影した画像より、砂礫の流下速度を求め、礫の粒径及び礫群の体積濃度と礫の流下速度の関係を検討する。実験条件は表-1のcase1~case5である。2つ目は、2台のデジタルビデオカメラを用い、1つは水路を流下する礫群の上面からの撮影、もう1つは水中での撮影の2種類の映像から画像解析を行い、礫群の平面的かつ鉛直的な運動を検討する。実験条件は表-1のcase3とcase4である。使用する礫は粒径10mm~150mmのものとし、粒度構成は、磨耗実験に準じたものとする。

磨耗実験では、水路に多量の砂礫群を流下させ、水路底面の磨耗状況を調べ、水路底面の磨耗進展機構を検討する。実験に用いた砂礫の代表粒径 d_{60} は約45mm、最大粒径は約200mmである。実験条件を表-2に示す。累積供給砂礫量600 m^3 を境に流量と流下砂礫量を増加させた。実験は、通水時間55.5時間、累積供給砂礫量2351 m^3 まで行っている。

3. 礫群の流下運動機構

礫の粒径及び礫群の体積濃度と礫の流下速度の関係を検討する。追跡撮影された映像の画像解析より求めた礫の流下速度を図-2に示す。粒径の大きい礫の方が粒径の小さい礫より流下速度は小さい。また、礫体積濃度が増加すると礫の流下速度は減少する傾向があり、礫体積濃度が2倍になると礫の流下速度が1割程度減速される。

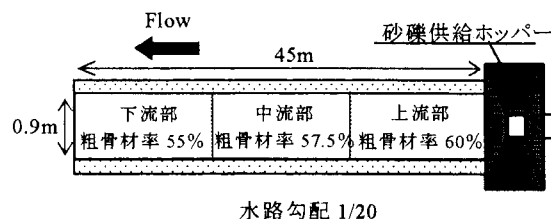


図-1 実験水路の平面図

表-1 礫運動調査の実験条件

	case1	case2	case3	case4	case5
流量(m^3/s)	0.25		0.5		
礫体積濃度	単体	3.30%	単体	1.45%	2.90%

表-2 磨耗実験の条件

通水時間	0~20.5時間	20.5~55.5時間
累積供給砂礫量	0~600 m^3	600~2351 m^3
流量	0.25 m^3/s	0.50 m^3/s
流下砂礫量	0.50 m^3/min	0.88 m^3/min
砂礫体積濃度	3.30%	2.90%

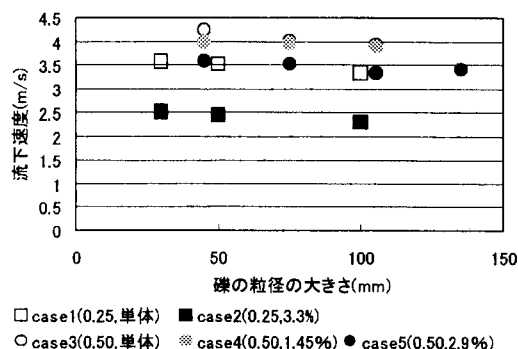


図-2 礫の流下速度

次に、礫群の3次元的な運動の特性について検討する。礫群の上面からの撮影と水中での撮影によって得られた映像の画像解析から、礫の流下運動を空間的に把握することが可能になった。礫の跳躍高とその礫周辺の礫体積の関係を図-3に示す。単体の礫で流下するときは追跡撮影された映像から、全ての大きさの礫がほぼ水面に達することが確認されたため、粒径30～60mmの礫の跳躍高は160mm、粒径60～90mmの礫の跳躍高は120mmと判断する。礫群で流下する時、単体のみの時に比して、礫の跳躍高は抑制されており、底面付近を転動する礫も多く見られる。粒径30～60mmの礫は礫体積が変化しても、礫の跳躍高の変化傾向がみられない。粒径60～90mmの礫の跳躍高は礫体積濃度の増加に伴い、礫の跳躍高が抑制される傾向がある。粒径別の礫の鉛直高の存在確率を図-4、図-5に示す。礫は底面付近に存在する確率が大きく、その傾向は粒径が大きくなるほど強く表れる。図-4より、鉛直高110mm以上における礫の存在確率は小さいため、粒径30～60mmの礫の跳躍高は110mmと判断できる。同様に、図-5より、粒径60～90mmの跳躍高は80mmであると判断できる。

4. 水路底面の磨耗進展機構

図-6に水路底面の侵食深と累積供給砂礫量の関係を示す。水路底面の侵食深は粗骨材率の小さい下流部で最も大きく、粗骨材率が大きくなる中流部、上流部ほど侵食深が小さい。粗骨材率が水路全体で一様である既往の研究¹⁾では水路上流側から侵食が進行したことを考慮すると、粗骨材率が大きいほど、侵食が抑制されることが分かる。また、流量・流下砂礫量を増加させた累積供給砂礫量600m³付近を境に侵食の進行割合が大きくなっている。流量・流下砂礫量を一定に行った既往の研究¹⁾では、侵食が進行し、水路底面に粗骨材が露出するほど、侵食の進行割合が小さくなる傾向があった。これより流量・流下砂礫量が大きいほど侵食の進行割合が大きいことが分かる。

5. 結論

デジタルビデオカメラの映像の画像解析により、排砂水路を流下する礫群の3次元的な運動の調査方法を確立し、礫の跳躍高、鉛直方向の存在確率などの流下礫群の運動特性を明らかにした。

磨耗実験より、コンクリートの粗骨材率が大きいほど、流下礫群による侵食の進行割合が抑制されることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 福岡捷二, 渡邊高士, 小林正幸, 名尾耕司: 多量の流送砂礫によるコンクリート製排砂水路底面の侵食, 蛇行に関する実験的研究, 河川技術に関する論文集, 第6巻, pp363-368, 2000.
- 2) 福岡捷二, 篠原康寛, 正木丈也, 重村一馬, 藤堂正樹, 岡田将治, 斉藤一正: 排砂水路底面の磨耗進展機構の実験的検討, 水工学論文集, 第48巻, pp1135-1140, 2004.

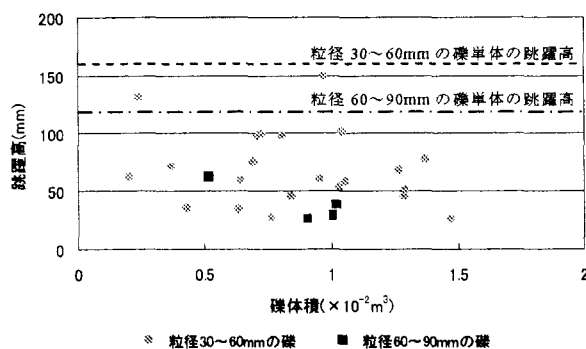


図-3 礫の跳躍高とその礫周辺にある礫の体積の関係

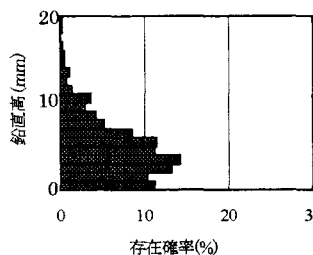


図-4 粒径30～60mmの礫の鉛直高分布

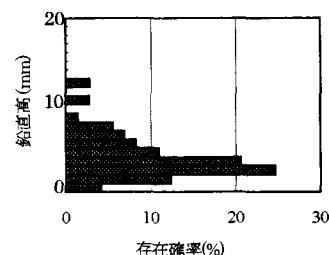


図-5 粒径60～90mmの礫の鉛直高分布

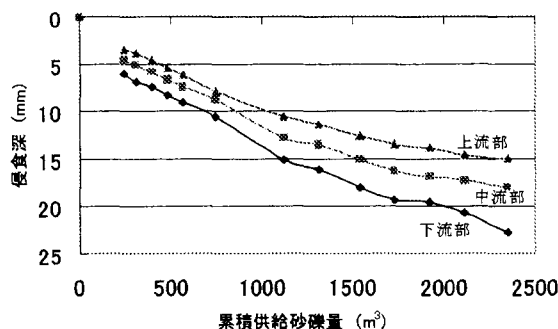


図-6 侵食深と累積供給砂礫量の関係