

礫床流路における砂礫移動と流路変動に及ぼす覆砂層厚の影響

鳥取大学大学院工学研究科 学生員○窪 修平
 株式会社山田工務店 非会員 藤田 岳
 鳥取大学大学院工学研究科 正会員 和田 孝志
 鳥取大学大学院工学研究科 正会員 三輪 浩

1. まえがき ダム下流の河川では土砂供給の停止による河床低下や河床砂礫の粗粒化によって流路の固定化が進行し、これが砂州の樹林化や河道の二極化の促進につながる例が見られ、その対応が求められている。一方で、礫層に砂が含まれると礫の摩擦角の減少により礫は砂が含まれていない場合よりも移動し易くなることが知られている。このような特性を利用して、太田ら¹⁾や窪ら²⁾は直線低水流路を有する粗粒化河床における覆砂が礫の移動を促進し、これが低水流路の流路幅の拡大と河床上昇に繋がることを示した。また、窪ら²⁾は、覆砂幅を拡幅させても必ずしも流路幅の拡大範囲が広がるわけではないことも示した。本研究では覆砂量の変化に着目し、覆砂層厚が礫の移動と低水流路の変動に及ぼす影響について水路実験により検討している。

2. 実験方法 実験は、長さ 10 m、幅 0.5 m、深さ 0.6 m の循環式可変勾配水路を用いて行った。水路には、長さ 2.7 m、幅 0.5 m の移動床部とその直下流に採砂箱を設置し、それらの上下流部に固定床部を設置した。移動床部には砂礫を充填させ河床を形成するとともに、水路中央部に図-1に

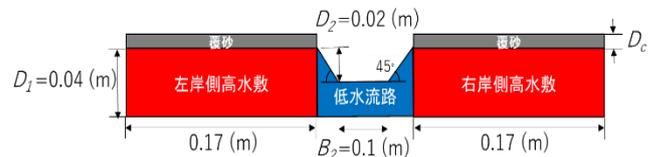
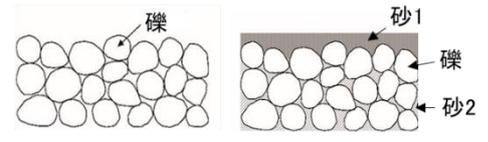


図-1 移動床部の概要図(横断面)



Case A Case C
 図-2 移動床部の砂礫構成(側面図)

示すような低水流路を設置した。砂礫は平均粒径 7.1 mm の礫、1.4 mm の砂 1 および 0.56 mm の砂 2 の 3 種類を使用し、図-2 に示すように 2 種類の移動床を設定した。Case A は礫のみの河床、Case C は礫と砂 2 を 4 : 1 の割合で混合した河床に、礫が移動しない程度の小流量を通水して表層を粗粒化させた後覆砂を行った河床である。なお、覆砂は両岸の高水敷に行った。表-1 に実験条件を示す。表中、Case 欄の A, C は図-2 の砂礫構成と対応している。また、 D_c/d_g は礫の平均粒径に対する覆砂層厚(高水敷における覆砂前後の平均河床高の差)である。いずれの実験も水路勾配 1/100、流量 30 L/sec とした。実験では、停水ごとに移動床部から流出した砂礫の重量を測定し、これを 6 回繰り返した。また、通水中は上方からの録画と超音波変位計で水面を計測し、停水後にレーザー変位計で河床面を計測した。

表-1 実験条件

Case	D_c/d_g	Q (L/sec)
A-1	0	30
C-1	0	30
C-2	0.4	30
C-3	0.81	30
C-4	1.62	30
C-5	1.16	30
C-6	0.99	30

3. 砂礫移動に及ぼす覆砂の効果 図-3 は、2 種類の河床条件別の流出土砂量の時間変化を示している。また、凡例の括弧内に D_c/d_g の値を示している。同図より覆砂を行っている Case C-2~Case C-6 は覆砂を行っていない Case A-1, Case C-1 に比べて礫の流出量が大幅に増加していることが分かる。これは覆砂が表層礫の移動性を促進させたことを示している。また、覆砂を行わない Case C-1 は Case A-1 と同じ傾向を示していることがわかる。さらに、Case C-2~Case C-6 については、覆砂の効果による表層礫の移動に伴って下層の砂 2 が露出することにより、下層の砂 2 が覆砂と同様の効果を下層礫に発揮したため^{1),2)} 礫流出量が大幅に増加したと考えられる。

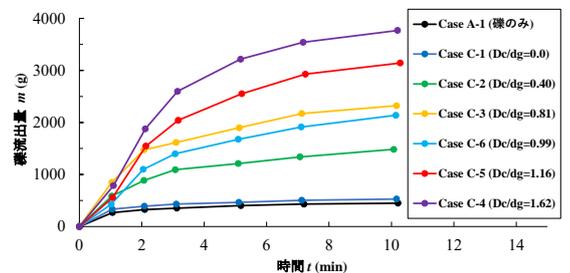


図-3 礫流出量の時間変化

キーワード 覆砂, 流路変動, 混合砂礫, 覆砂層厚, 水路実験

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学工学部 社会システム土木系学科 水工学研究室

TEL 0857-31-5284

4. 流路変動に及ぼす覆砂の効果

果 図-4 は覆砂層厚別の移動床部の河床変動を実験前後で比較したもので、(a)は河床平面形状、(b)は移動床全範囲を縦断的に平均化した平均横断形状を示している。図中の x は移動床上流端からの距離、 y は水路左岸からの距離である。まず、(b)より全ケースにおいて両岸高水敷肩での侵食が進行することで低水流幅が拡幅し、侵食された砂礫の一部が低水流路に堆積することで河床が上昇することがわかる。また、(a)より低水流路での砂礫の堆積は、

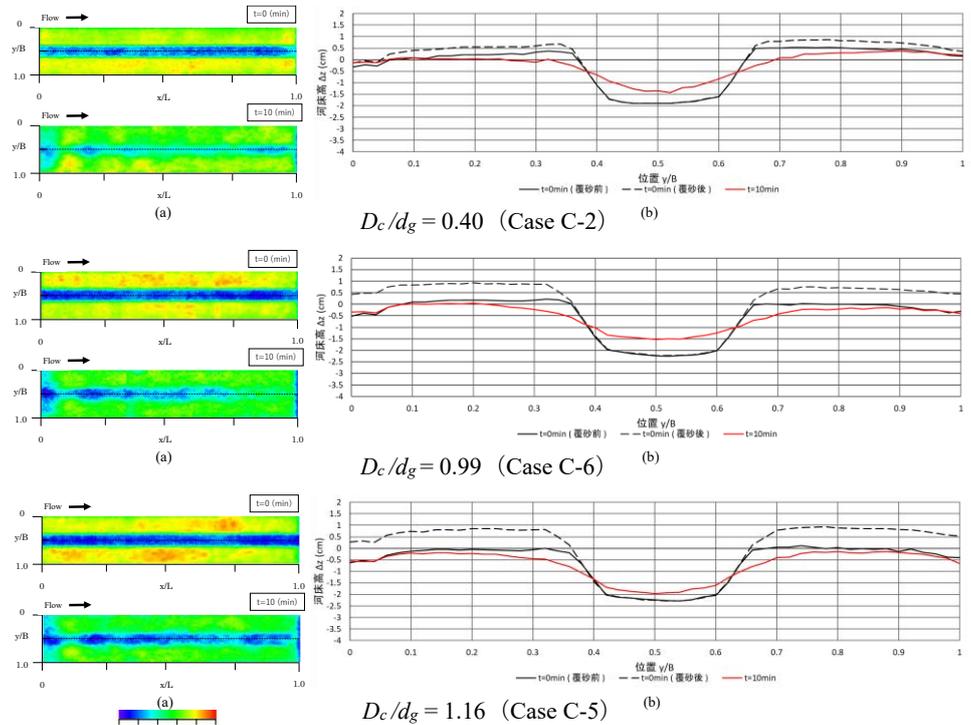


図-4 移動床部の河床変動状況

D_c/d_g が大きくなるにしたがって減少していることがわかる。これは覆砂が高水敷付近の礫を巻き込みながら低水流路に流入し、それが混合砂礫として混合効果（礫間に砂が含有することで礫の移動性が向上する効果）を発揮する。そのため、 D_c/d_g が大きくなると流入した混合砂礫に占める砂の割合が大きく、礫が下流方向にスムーズに流下するため、低水流路に堆積する砂礫が減少すると考えられる。そして、 $D_c/d_g = 1.16$ (Case C-5) では、 $D_c/d_g = 0.99$ (Case C-6) に比べて低水流路に堆積する砂礫が減少していることが確認できる。これは、低水流路に流入した混合砂礫に占める砂の割合の増加に起因するものであると考えられる。

5. 覆砂層厚が砂礫移動、流路変動に及ぼす影響

図-5 は覆砂層厚と各ケースの実験終了までの総礫流出量の関係を示したものである。同図より、覆砂層厚が大きくなると礫の流出量が多くなり、覆砂層厚と総礫流出量の間にはおおよそ正の相関があるといえる。また、 $D_c/d_g = 0.99$ (Case C-6) での礫流出量は $D_c/d_g = 0.81$ (Case C-3) における礫流出量より少ないが、これは現象の変動の範囲内であると考えられる。これは、砂礫移動のプロセスにおいて覆砂による砂供給量の増加によって混合砂礫における砂の割合が高くなるほど礫の移動がスムーズになり、特に流下方向への移動が活発になるためである。また、図-6 は流路変動と覆砂層厚の関係を示したもので、同図より覆砂層厚の増減による流路拡幅割合 (W/W_0) は 1.5~1.9 程度、河床上昇割合 (D/D_0) は 0.6~1.0 程度で概ね横ばいに推移したため、直線低水流路を有する粗粒化河床において覆砂層厚を増加させることが必ずしも流路変動に寄与するわけではないことがわかった。そして、本実験の範囲では、流路拡幅に対する覆砂効率の観点からは、必ずしも多くの覆砂量は必要ではないことも明らかとなった。

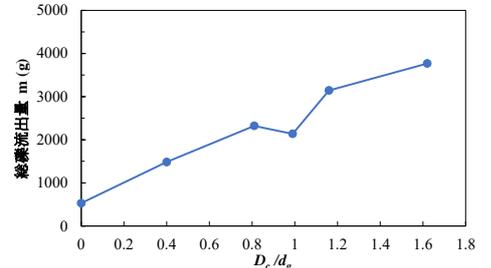


図-5 覆砂層厚と総礫流出量の関係

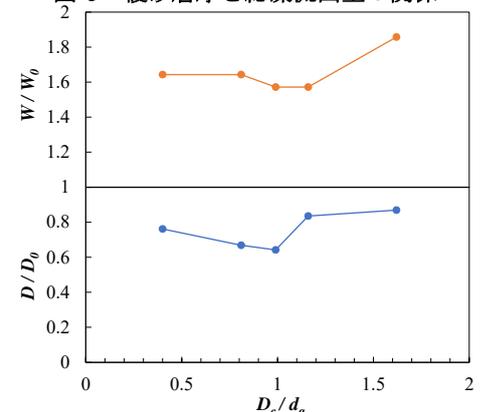


図-6 流路変動と覆砂層厚の関係

6. あとがき

本研究では、覆砂層厚を変化させ、覆砂による砂供給が礫移動や流路変動に及ぼす影響について検討し、その効果を示した。今後は効率的な覆砂方法を検討するために、より詳細な覆砂層厚の効果の検討や、効率的な覆砂設置位置の検討。また、現地条件を考慮し、直線以外の河床形状においても検討が必要である。

参考文献 1) 太田ら：第71回土木学会中国支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.135-136, 2019.

2) 窪ら：第72回土木学会中国支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp.129-130, 2020.