

## 異なる形状の河床表層石礫粒子の洪水中の安定姿勢について

中央大学 学生会員 ○熱海 孝寿  
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

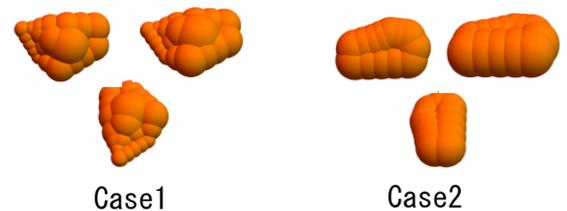
### 1. 序論

石礫河川の河床は、幅の広い粒度分布、様々な形状を有する河床材料で構成されており、覆瓦構造のように石礫河川特有の姿勢を示す。洪水時の河床の安定には、粒度分布の影響だけでなく粒子形状の影響もある。しかし、流砂に関する既往の研究では、粒子の形状を球と仮定するケースが多く、石礫河川の移動床問題への理解は、不十分である。田所ら<sup>1)</sup>は、多様な形状・粒径からなる石礫群を用いて、数値移動床実験を行い、流砂量や流砂の運動機構には、粒子形状の影響により大きな差異生じることを示している。しかし、この検討では、粒径や形状の影響が複雑に作用し、河床表層の姿勢や移動に及ぼす形の効果を分析しづらい。本研究では、一様な形状・粒径からなる石礫群を用いて数値移動床実験を2ケース行い、河床表層の構造を分析し石礫河川の河床変動に関する理解を深める。

### 2. 数値移動床実験の概要と石礫形状の特徴

水路長 15m 水路幅 1m 水路勾配 1/20 一の水路に、一様な形状、粒径からなる石礫群をランダムに投下し、河床を作成した。ここに、水路上流端から5秒間かけて流量を0.5 m<sup>3</sup>/sまで上昇させ、その後一定流量とした。給砂は、下流端を通過した粒子を同時刻に上流 x=1-2m の範囲にランダムに投下させる。数値解析法は、福田ら<sup>2)</sup>の解法を用い、流れはEuler的に、石礫の運動は剛体として、Lagrange的に解析する。石礫群は、代表粒径を同体積の球の直径と定義しており、d=70mmを用いた。

また、図-1に示す形状をそれぞれ用いる。図-1でCase1とCase2の形状を比較すると、Case1は長径と中径が比較的近く(b/a=0.74)平たい形状で、Case2は中径と短径が近く(c/b=0.70)棒状の形状である。どちらも、平たい面を有している。また、Case1は、表面の凹凸が大きい、Case2は、表面の凹凸が小さく滑らかな形状である。2形状のかみ合わせ効果には、大きな違いがあると考えられる。



	Case1	Case2
無次元長径:a/d	1.57	1.44
無次元中径:b/d	1.16	0.97
無次元短径:c/d	0.72	0.68
b/a	0.74	0.67
c/b	0.62	0.70
S.F.	0.53	0.58

図-1 粒子形状

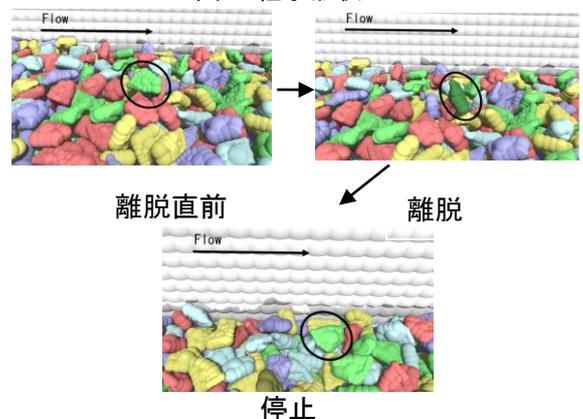


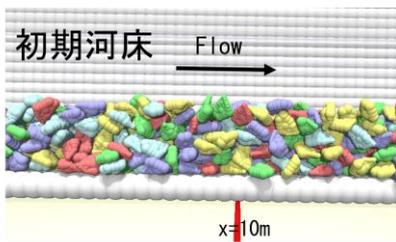
図-2 粒子の運動

### 3. 河床粒子の姿勢の変化

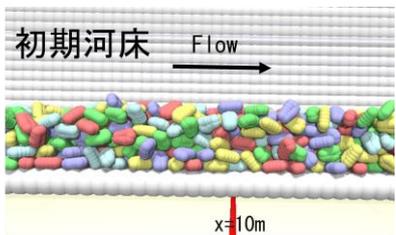
通水開始後30-50秒に下流端を通過した土砂量を比較すると、Case1は0.017 m<sup>3</sup>、Case2で0.011 m<sup>3</sup>となった。Case1はCase2の約1.5倍と大きな差異が現れた。これらの差異を生み出すと考えられる、各粒子の形による姿勢や河床構造の違いを考察する。図-2に粒子の運動を示す。停止していた粒子は、離脱する際に回転しながら、平らな面を流下方向に向け大きな流体力を受ける。停止時は、河床との接触力を受け減速し、長軸を流下方向に向けて、さらに平らな面を上に向けて停止する。図-3に水路中央での断面を横からみた初期河床の様子を示す。移動粒子は黒色に、他については配色による差異はない。初期河床の状況を、Case1とCase2で比較をする。2ケースとも投入した総土砂量は等しいが、各形状がつくる河床の凹凸の違いが見られる。

キーワード 石礫河川, 数値移動床水路, 粒子形状

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL: 03-3817-1615



Case1



Case2

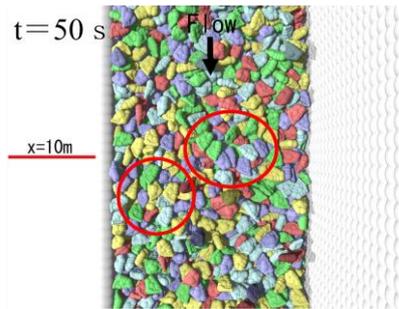


図-4 Case1 の停止姿勢

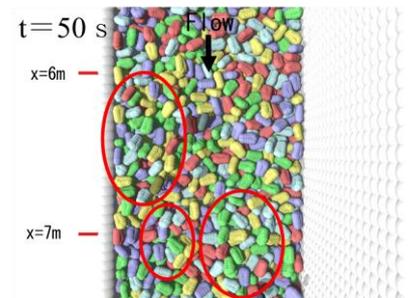
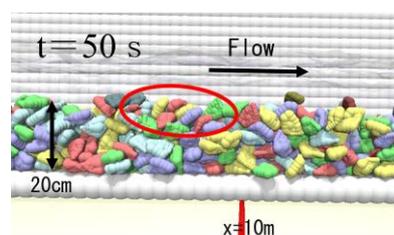


図-5 Case2 の停止姿勢

Case1の方がより河床表面の凹凸が大きく、不安定な姿勢で堆積している粒子が見られる。通水を行うと、河床表層の石礫のみが流下方向に移動し、河床表層から3層目の石礫までは、沈みこみ締まる。図-4下図にCase1の通水後50秒経過した河床表層の停止姿勢を示す。複数の石礫が長軸を流下方向に向け、平らな面を鉛直方向より少し上流側に向けて、面を共有して堆積している。図中の赤枠はこれらの粒子の姿勢が特に顕著に現れる地点を示している。以降では、粒子群が、このような停止姿勢で堆積する河床の構造を覆瓦構造と呼ぶ。図-3の上図の初期河床からの変化を比較すると、河床の凹凸が小さくっている。水路上から見た上図では、石礫が同じ姿勢で堆積し、幾層にも重なり、覆瓦構造をなしているのが見て取れる。Case2で顕著な覆瓦構造が見られる場所を図-5に示す。こちらも複数の集団が平らな面を鉛直方向にむけ、また、長軸を流下方向に向けた姿勢をなしているのが確認できる。Case2の河床構造は、Case1に比べ空隙が小さく、密になっている。2ケース共に、流れから受ける抵抗がより小さくなるように、形状固有の姿勢を取ることが見られた。実験からCase2の方がより顕著に覆瓦構造をなして見られた。Case2の形状は、**長軸が卓越して**おり、列に並びやすく、また空隙が小さく密になっているため、流体力を背後の石礫に伝えられることで、安定した河床構造をなしていたと考えられる。それらの影響が2ケースで流砂量に大きな差異となって表れたと考えられる。

#### 4. 結論と課題

水流中で形状の異なる2形状の河床表層粒子群は、その姿勢が異なり、より安定な姿勢の粒子群の流砂量は少なくなる。また、粒子が安定な姿勢を取るには、当該粒子のある面積を占める周囲の石礫の位置や姿勢が影響し、また安定な粒子となるための表層粒子の群としての大きさ、高さやそれに伴う流れの構造について流体力学的に調べる必要がある。さらに、非定常流れなど外力条件が連続的に変化する場が、形の異なる粒子群の運動や河床の表層構造にどのような影響を与えるかを調べる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 田所弾, 福田朝生, 福岡捷二, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 70, No. 4, pp. I\_961- I\_966, 2014.
- 2) 福田ら: 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 69, No. 4, pp. I\_1051- I\_1056, 2013.