

# 大礫が骨格をなす河床上で生じる分級構造

パシフィックコンサルタンツ株式会社 中川 裕 貴

## 1. 序論

近年、日本の山地河川の多くで河床材料の粗粒化や河床高の低下といった問題が生じている。例えば、神奈川県を流れる酒匂川の三保ダム直下では、出水時でも移動しないような大礫が河床に露出しており、これらの大きな粒子群が河床の骨格を構成している。

こういった河床を元の礫床河川へと回復させるために、ダム貯水池内の排砂や置き砂などといった対策がなされている。しかし、礫河床上を移動する土砂量を数値計算によって精度よく評価することはまだ難しい。

一般に、河床を構成する材料は移動形態によって三つに分けることができる。これらは、出水時にも移動しない大礫、水中を掃流して移動する砂礫、浮遊して移動する細砂やシルトであり、それぞれL粒子、M粒子、S粒子と呼ぶことにする。これらの材料からなる河床上での流砂現象は、骨格をなす大礫上で生じることとなる。移動しないL粒子群の間隙では特異な流速分布となり、M-S粒子群は大礫による「遮蔽効果」を受けることとなる。この中でも、S粒子はM粒子よりも相対的に小さな粒径であるから、L粒子に加えてM粒子からも遮蔽を受ける。

このような特異な関係を明らかにするため、関根ら<sup>1,2)</sup>は幅広い粒径からなる河床を対象に実験による検討を行っている。この結果から、L粒子群の間隙では顕著な粗粒化現象が生じる。具体的には、静的平衡状態ではL粒子の間

隙にM粒子のみからなる層(M粒子層)が形成される構造となる。この一連の研究は、移動形態異なる粒子をそれぞれ一つの粒径で代表させたものである。本論文では、この粒径集団がある程度分布を持った場合について検討を進めるものとする。

## 2. 実験概要

実験では、全長16m、幅0.2m、勾配1/250の開水路を用いた。なお、水路下流端から8.5~14mの区間には0.05mの凹部が設けられており、ここに移動床材料を敷き詰める。

模擬河床材料は、L粒子として粒径DL=50mmのアルミナ性の球(比重2.65)、M粒子としてガラスビーズ(比重2.5)、S粒子として珪砂(比重2.65)をそれぞれ用いた。

特に、M粒子はDM=3, 2, 1(mm)の三種類の粒子とし、粒径の大きな順にMa, Mb, Mc粒子と呼ぶ。これらの無次元掃流力τ\*Miは、0.047, 0.042, 0.066である。表-1に示す通り、これらの混合比率を異なるものとして実験を行った。

## 3. 静的平衡河床の鉛直分級

まず、河床が静的平衡状態に到るまでのメカニズムについて述べる。従来の検討から、M粒子が一つの粒径からなる条件では、L粒子の間隙にM粒子層が現れる。通水を開始すると、M-S粒子が輸送され始め、河床が低下していく。このとき、L粒子の露出が大きくなるほど移動する粒子の

表 実験条件とその結果

Case	流量 Q (l/s)	摩擦速度 u* (m/s)	通水前のM粒子の比率			D <sub>Mm</sub> (mm)	D <sub>Mm'</sub> (mm)	Δ <sub>Ma</sub> /D <sub>L</sub>	Δ <sub>Mb</sub> /D <sub>L</sub>	Δ <sub>Mc</sub> /D <sub>L</sub>	Δ <sub>s</sub> /D <sub>L</sub>	河床表層 の空隙率
			f <sub>Ma</sub>	f <sub>Mb</sub>	f <sub>Mc</sub>							
A1	9.0	0.054	1	0	0	3.0	3.0	0.23			0.30	0.56
A2	9.2	0.053	0.5	0.5	0	2.5	2.6	0.29	0.31		0.35	0.56
A3	9.1	0.053	0	1	0	2.0	2.0		0.34		0.40	0.59
A4	9.1	0.053	0.5	0	0.5	2.0	2.7	0.32		0.36	0.39	0.61
A5	9.2	0.055	0.33	0.33	0.33	2.0	2.4	0.35	0.36	0.38	0.40	0.54
A6	9.0	0.052	0	0.5	0.5	1.5	1.7		0.36	0.38	0.41	0.71
A7	9.2	0.054	0	0	1	1.0	1.0			0.42	0.46	0.56
B1	15.2	0.057	1	0	0	3.0	3.0	0.27			0.33	0.59
B2	15.3	0.058	0.5	0.5	0	2.5	2.6	0.32	0.34		0.38	0.60
B3	15.0	0.059	0	1	0	2.0	2.0		0.39		0.45	0.62
B4	15.1	0.060	0.5	0	0.5	2.0	2.9	0.34		0.39	0.39	0.66
B5	15.2	0.060	0.33	0.33	0.33	2.0	2.5	0.36	0.38	0.39	0.41	0.65
B6	15.2	0.059	0	0.5	0.5	1.5	1.8		0.39	0.41	0.43	0.62
B7	15.1	0.060	0	0	1	1.0	1.0			0.46	0.49	0.60

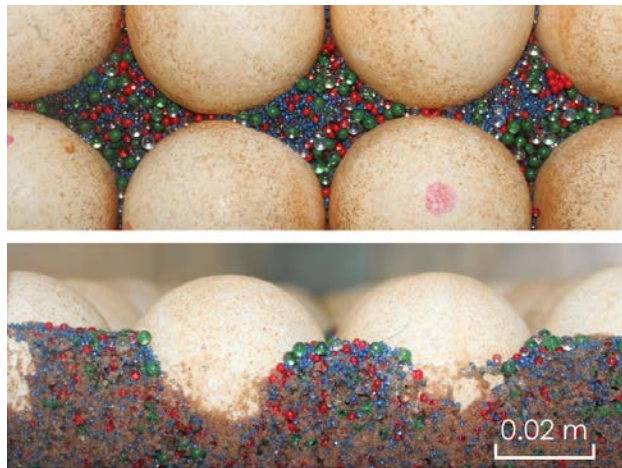


写真 静的平衡状態に到った河床<sup>1)</sup>: (上段) 上方から見た河床 (下段) 河床断面

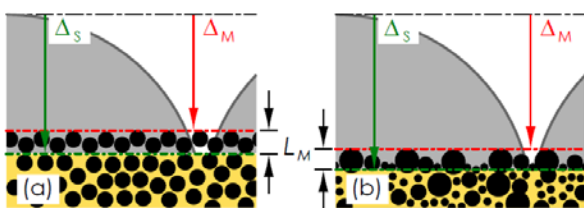


図-1 静的平衡河床の模式図<sup>1)</sup>: M粒子として(a) 2mm (b) 3, 2, 1mmの粒径を用いた。

上面に働く掃流力は小さくなっていく(L粒子の遮蔽効果)。M-S粒子群は移動限界となるまで輸送され続け、この値の大きなM粒子から順に停止することになる。その後、S粒子はM粒子同士の間から抜け出し、M粒子層が形成される。

次に、M粒子に粒度幅がある条件について説明する。本論文で行った実験の結果を表-1として示す。ここで、L粒子の頂部からMi粒子上面までの鉛直距離を $\Delta_{Mi}$ とする。これをみると、Ma, Mb, Mc粒子の順に上方に位置していることがわかる。これは、前述の説明と同様に、移動限界の大きな粒子から順に移動が停止するためである。このため、M粒子層内では異なる径の粒子同士が混ざり合うことなく、粒径毎に明確な鉛直分級が生じることとなる。

また、M粒子層内の構造について具体的に説明する。ここで、M粒子層の厚さを $L_M$ と定義する。図-2(a), (b)の縦軸は $\Delta_M$ をL粒子の平均粒径 $D_L$ で除した値、横軸はM粒子層の平均粒径 $D_{Mm}'$ である。この $D_{Mm}'$ の値は表に示すとおりであり、通水前のM粒子の平均粒径よりも大きな値となっている。これは、流水の作用によって移動限界の小さなM粒子が多く輸送されたためである。また、図-2(a)をみると、 $D_{Mm}'$ の値が小さなほどM粒子上面の位置が下方に現れることがわかる。これは、それぞれのM粒子の移動限界の違いによって各粒子の輸送量が異なるからである。

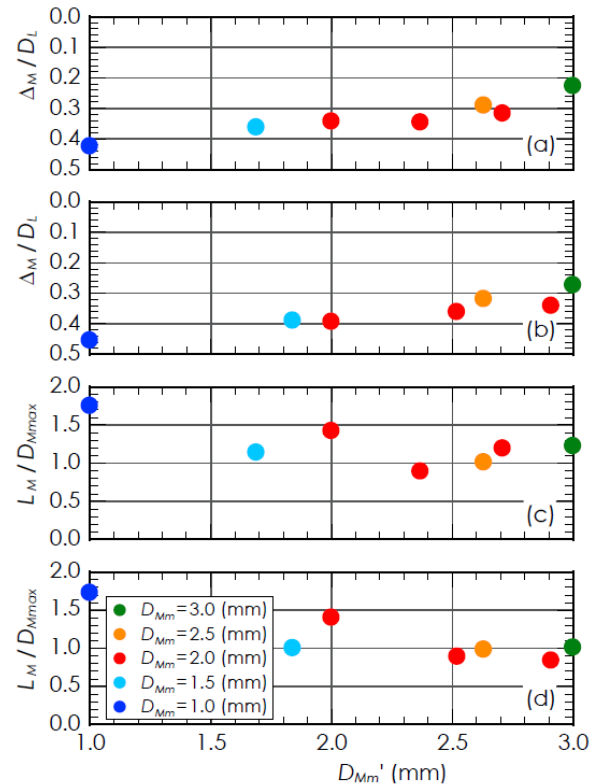


図-2 静的平衡河床の鉛直構造<sup>1)</sup>: 河床に作用する平均の摩擦速度は(a), (c) 0.05m/s, (b), (d) 0.06m/s である。

次に、M粒子層の厚さについて説明する。図-2(c)の縦軸はM粒子層の厚さ $L_M$ を層内の最大粒径 $D_{Mmax}$ で除した値、横軸は $D_{Mm}'$ である。この図をみると、 $L_M / D_{Mmax}$ は概ね1~2程度となることがわかる。この値は、従来行われた一連の研究<sup>2)</sup>と同程度である。本実験で行った条件下では、 $L_M / D_{Mmax}$ は層内のM粒子の粒径に依らずある範囲内の値となる。なお、図-2(b), (d)は異なる流量条件(Case-B)における結果である。この場合でもM粒子層はその最大粒径の1~2倍程度となり、掃流条件にもよらないことがわかる。

#### 4. 結論

本論文では、粒度幅の広い材料からなる河床の鉛直構造について、掃流砂礫の粒度分布による影響を検討した。

#### 5. 参考文献・引用文献記載要領

- 1) 水工学論文集, 骨格が大礫により構成される河床上で生じる鉛直分級のメカニズム, 関根正人・平松裕基・中川裕貴, H.30.3.
- 2) 水工学論文集, 三つの粒径集団からなる河床の静的安定状態に関する実験的研究, 関根正人, 三國寛正, 平松裕基 H24.3