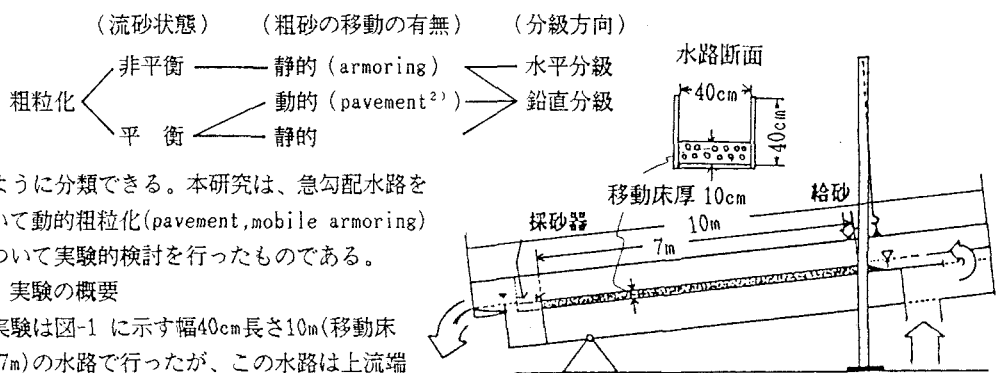


河床表層砂の動的粗粒化現象に関する研究

愛媛大学工学部 正会員 鈴木幸一
愛媛大学工学部 学生員 加藤幸一
伊予鉄道(株) 正会員 ○鳥谷英彦

1. はじめに

混合砂礫河床の粗粒化については、従来主としてダム下流域のような流砂の非平衡場でしかも粗砂が動かないような非平衡静的粗粒化について多くの研究がなされている¹⁾。この場合流下方向への粒度分布の変化すなわち水平分級が主に論じられている。これに対しParkerら²⁾は粗砂も動いている動的平衡状態においても河床表層が粗粒化することを指摘し、これを pavement と呼んでいる。また、道上ら³⁾は細砂のみが動いていて流砂が平衡状態である場合にも粗粒化が生じることを示している。流砂が平衡状態出ある場合には粗細砂の鉛直方向の分級のみが問題となる。河床表層砂の粗粒化現象はまとめれば、



のように分類できる。本研究は、急勾配水路を用いて動的粗粒化(pavement, mobile armoring)について実験的検討を行ったものである。

2. 実験の概要

実験は図-1 に示す幅40cm長さ10m(移動床部 7m)の水路で行ったが、この水路は上流端をチェーンブロックで引き上げることによって 1/5 の勾配まで可変である。実験に用いた砂は、愛媛県重信川河口の自然砂を20mmのふるいでふるったもので、平均粒径 4.14mm 標準偏差が 3.00 の混合砂である。実験は水路勾配を1/100、1/50、および1/30と比較的急な3通りとし、それぞれの勾配につき全粒径粒子が移動するような条件で流量を5通り変化させて行った。測定量は流量、水深、河床勾配、流砂量、流砂粒度、および河床表層の粒度である。実験手順は、まず貯果層として厚さ10cmの混合砂の水路床を作り、流量一定のもとで通水し、所定の河床勾配が変化しないように上流側から連続的に手動で貯果層と同じ粒度の給砂を行う。流砂の動的平衡状態得られた後、通水を停止し河床表層砂を河床砂の最突出高から 2cm 厚採砂した。

図-1 急勾配実験水路

表-1 実験条件と実験結果

Run	河床勾配	流量 $q(\text{cm}^2/\text{s})$	無次元掃流力 τ_{*mo}	河床形態	河床砂平均粒径 $d_s(\text{cm})$
1	1/100	400	0.081	plane (bed load sheets)	0.603
2	"	450	0.087		0.589
3	"	500	0.094		0.597
4	"	600	0.101		0.409
5	"	700	0.112		0.367
6	1/50	200	0.091		0.466
7	"	225	0.103		0.496
8	"	275	0.114		0.518
9	"	300	0.120		0.440
10	"	325	0.129		0.419
11	1/30	100	0.095		0.412
12	"	125	0.117		0.414
13	"	150	0.132		0.394
14	"	175	0.152		0.348
15	"	200	0.168		0.416

3. 実験結果の考察

実験条件と結果は表-1 に示している。河床形状については、いずれの場合も顕著な河床波は形成されおらず、実験前後での河床高も大きな変化がなかった。粗粒化した代表的な例と粗粒化しなかった例についてそれぞれ図-2 および図-3 に給砂と河床表層砂の粒径加積曲線を示している。図-2 は表-1 の Run2 で、

粗砂も活発に移動はしているが $\tau_{*mo} (=u_*^2 / sg d_{mo})$ が 0.087 と比較的小さい場合であるが、河床表層砂は給砂より粗く なることが認められる。ここに、 u_* ：摩擦速度、 $s = \sigma / \rho - 1$ 、 σ ：砂の密度、 ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 d_{mo} ：給砂の平均粒径である。一方、図-3 は Run 15 で τ_{*mo} が 0.168 と比較的大きい場合であるが、河床表層砂は全く粗粒化しないことがわかる。なお、両ケースとも給砂(元河床砂)と給砂の粒度分布がほぼ同じであり、流砂の動的平衡状態は達せられていると考えられる。いま、全ての実験について、河床表層砂の平均粒径 d_m の比と τ_{*mo} との関係を示すと図-4 のようになる。この図で $d_m / d_{mo} > 1$ であれば粗粒化していることを示しているが、本実験の範囲では $\tau_{*mo} < \sim 0.12$ であれば粗粒化する傾向が認められ、 τ_{*mo} が 0.08 で河床表層砂の平均粒径が 1.5 倍程度になるデータもある。逆に、 $\tau_{*mo} > \sim 0.12$ のように流れの掃流力が極端に大きいときは粗粒化は生じていない。粗砂も移動する場合でも流れの掃流力が比較的小さい場合は従来の粒径別流砂量式からもわかるように粗細砂の選択輸送は顕著となるが、河床表層砂の粗粒化はこのような条件下で生じるものと考えられる。図-5 は河床表層砂の標準偏差 σ と流出砂(給砂)の標準偏差 σ_o の比と τ_{*mo} との関係を示したものである。粗粒化が完全に進めば σ は小さくなるはずであるが、 τ_{*mo} が 0.10 付近では粗粒化するにつれて σ も大きくなる傾向が認められる。

4. おわりに

河床表層砂の動的粗粒化については、最近 Kuhleら⁴⁾が mobile armoring と呼んで実験的検討を始めており、また、芦田ら⁵⁾は河床表層を上下2層に分け粗細砂の交換モデルと各粒径砂の連続条件を考えて粗粒化現象の解析を試みている。動的粗粒化の内部機構の解明は途についたばかりであり、今後より詳細な実験データに基づいてなされなければならない。

(参考文献)

- 1) 平野：土木学会論文集、第195号、1971
- 2) Parker, G: WRR, Vol.18, NO.5, 1982.
- 4) Kuhle, R.A.ら：WRR, Vol.24, NO.2, 1988.

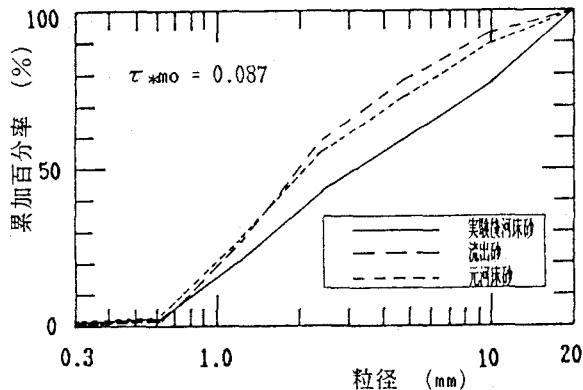


図-2 河床表層砂と流出砂の粒径加積曲線 (Run2)

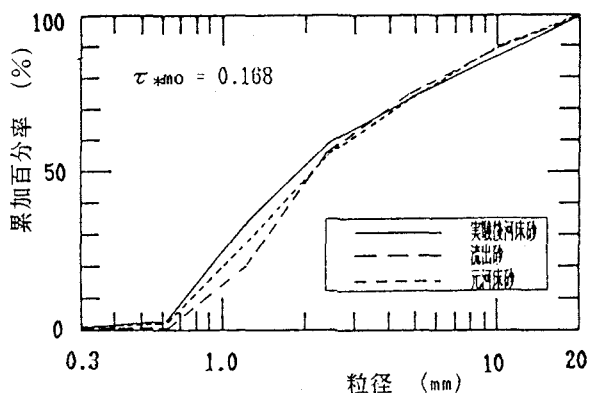


図-3 河床表層砂と流出砂の粒径加積曲線 (Run15)

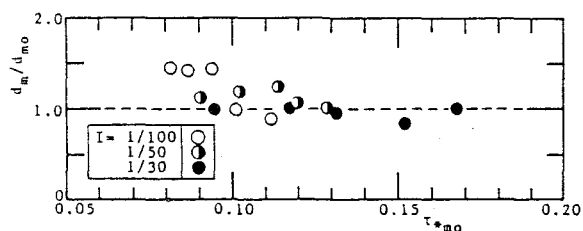


図-4 河床表層砂の平均粒径と無次元掃流力

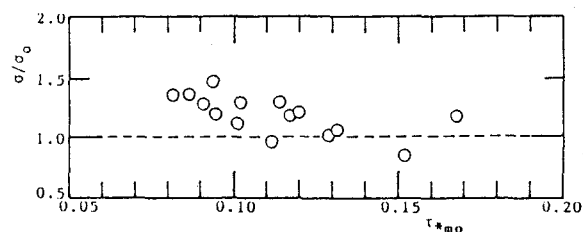


図-5 河床表層砂の標準偏差と無次元掃流力

- 3) 道上ら：土木学会論文報告集、第399号、1988
- 5) 芦田ら：京大防災研年報、第31号 B-2, 1988