

河床材料の浸透性低下に関する室内実験

名古屋大学工学研究科 学生員 ○荻田章仁

名古屋大学工学研究科 学生員 片貝武史

名古屋大学工学研究科 正会員 鷲見哲也

名古屋大学工学研究科 フェロー 辻本哲郎

1. はじめに

河道内には砂州や瀬淵構造（リーチ）があり，その中で表流水と伏流水が水交換をしている¹⁾．表流水中には溶存物質や懸濁物質が含まれており，それらが表流水とともに砂州内に浸透する際に，溶存物質は浸透するのに対し，懸濁物質は間隙内にトラップされ，表流水がろ過されることが砂州の機能として挙げられている．しかし，そのろ過機能が起こることで，水際河床の間隙内は微細粒子によって目詰まりし，表流水と伏流水の水交換を阻害する要因となっている．本研究では，目詰まり現象のプロセスを微細粒子の含有率と透水性の観点から見出すことを目的とし，カラム実験を行った．

2. 実験概要

河床浸透面での目詰まり現象を切り出した形でのカラム実験を，図-1 に示す装置で行った．実験砂を直径 10cm の透明塩ビ管に長さ 50cm に詰め，下流端から滴水にした後，上流端からローラーポンプ（EYELA RP-1000）でカラムに微細粒子を混入した水を一定流量で圧入し，下流端は大気圧放水とした．給水タンクには微細粒子として粒径 0.15mm，比重 1.3 の PVC を溶かし，攪拌することで濃度一定とした．2005 年，現地調査により実河川に流れる微細粒子をプランクトンネット（孔径 100 μ m）で採取し，微細粒子の乾燥重量とネットの断面を通過した体積から質量濃度を算出したところ，約 0.5mg/L 程度であった．しかし，現象を短時間で捉えるため，実験では，実河川の 1000 倍の 500mg/L を基準とした．実験時間は 2 時間とし，観測項目は，図-1 に示す各地点におけるピエゾ水頭をマンノメーターで読み，下流端での流量をそれぞれ 5 分毎に測定した．実験後，微細粒子含有量の鉛直分布を得るために，カラム内の実験砂を乱さずに取り出せる工夫を施した．実験は，微細粒子と実験砂との粒径比，および微細粒子の濃度による透水性への応答を見るため表-1 に示す 5 ケースを行った．

3. 実験結果および考察

図-2 は，実験終了時のカラム写真であるが，表層土壌間隙に PVC が目詰まりをしている様子が分かる．つまり，土壌表面上に PVC が堆積していることから，土壌表面に PVC が堆積し始めるまでが間隙の目詰まりであると判断できる．図-3 に，Case-C におけるピエゾ水頭の時間推移を例として示す．実験開始直後は，カラム上部全体のピエゾ水頭は微増し，間隙内の目詰まりが起こっていると考えられる．その後，上流端のピエゾ水頭だけが上昇していくが，これは，間隙内の目詰まりが完了し表層に堆積した微細粒子のマット内での損失を捉えている結果と判断できる．Case-D, E においては，同じ傾向の結果が得られたが，Case-A, B では，微細粒子のマット形成にはいたらなかった．図-4 には，

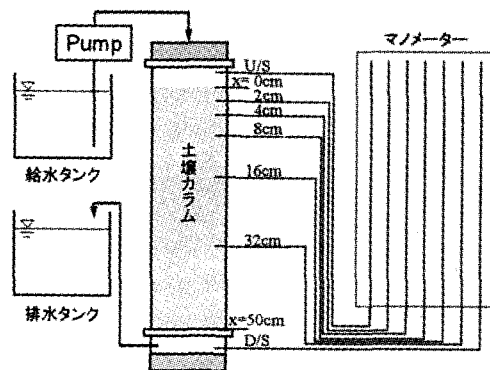


図-1 実験装置

表-1 実験ケース

Case No.	A	B	C	D	E
実験砂の平均粒径 (mm)	2.00	1.41	0.88		
微細粒子質量濃度 (mg/L)	500			250	1000
下流端での流量 (cm ³ /s)	12.8				

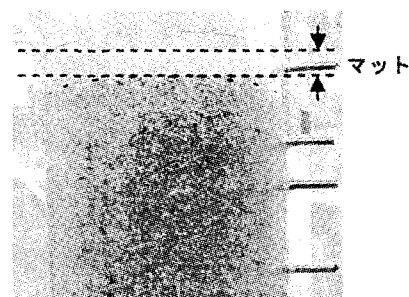


図-2 実験終了後のカラム（Case-C）

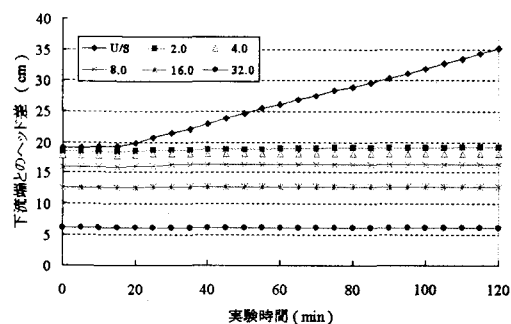


図-3 ヘッド差の時間推移（Case-C）

全ケースの区間、上流端 (U/S) -2.0cm, 2.0cm-下流端 (D/S) における初期透水係数に対する各時刻の透水係数の比 K/K_0 の時間推移を示す。Case-B, C, D, E では、上流端とカラム表層 2cm の水頭差から算出される透水係数は、経過時間に応じて大きく変化しているのに対し、カラム 2cm 以深では、透水係数の低減が緩やかになっている。Case-A については、微細粒子と実験砂の粒径比が大きすぎるため、微細粒子の目詰まりによる透水性低下は見られなかった。

次に、図-5 は、実験終了時に、間隙内に定着した微細粒子の体積含有率の鉛直分布を示したものである。これは、表層に堆積していたマット状の微細粒子を取り除き、土壌の表層部分から、1cm ずつ切り出して 12 地点で採砂・分析した結果である。微細粒子濃度に対する鉛直方向への浸透深さに変化はないが、実験砂の粒径が大きくなると浸透深さが大きくなり、鉛直方向に対する分布も緩やかになることが分かる。また、Case-A の実験では、下流端から微細粒子が流出することも確認できた。

4. 微細粒子の体積含有率と透水性低下の関係

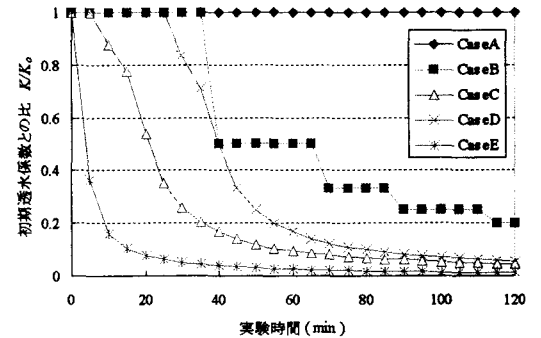
最後に、微細粒子の体積含有率と透水性低下の関係を図-6 に示す。ただし、透水性低下の見られなかった Case-A については考慮していない。この図は、実験終了時の微細粒子体積含有率の区間平均 (上流端 (U/S) -2.0cm, 2.0cm-16.0cm, 16.0cm-下流端 (D/S)) と各区間の初期透水係数比 K/K_0 の関係をプロットしたものであり、微細粒子の含有率に対し、初期透水係数比は負の相関を見せている。また、Case-B, C は、粒径比の違うケースであるが、同じ直線上に乗っていると考えられる。一方、微細粒子の濃度が違う Case-D, E はその直線から外れるため、濃度に対する非線形性が示唆されるが、その詳細は現段階では分かっていない。

5. おわりに

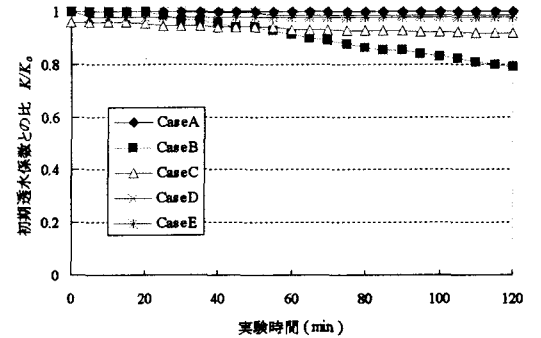
カラム実験の結果から、間隙目詰まりの進行は浸透層を通過する微細粒子によるものと考えられる。そのため、実河川では、表流水中に流れている微細粒子 (POM や SS) によって、河床間隙の目詰まりが発生していると推察される。河床間隙の目詰まりは、表流水と周辺地下水・伏流水との交換現象において重要な影響・役割を持つ。今後、現地での目詰まり現象を捉えることで、表流水・伏流水の水管理の基礎を支える一助となる。

参考文献

- 1) 原田守博, 板橋一雄, 牧幸治: 木津川砂州における伏流水の流動過程, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.139-140, 2001.



(a) 区間 上流端 (U/S) -2.0cm



(b) 区間 2.0cm-下流端 (D/S)

図-4 透水係数比の時間推移

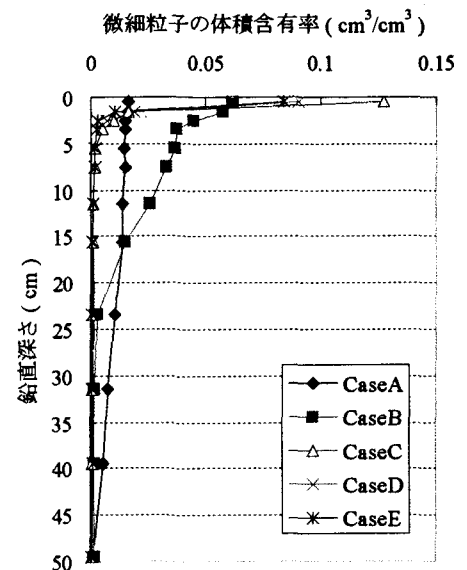


図-5 微細粒子体積含有率の深度分布

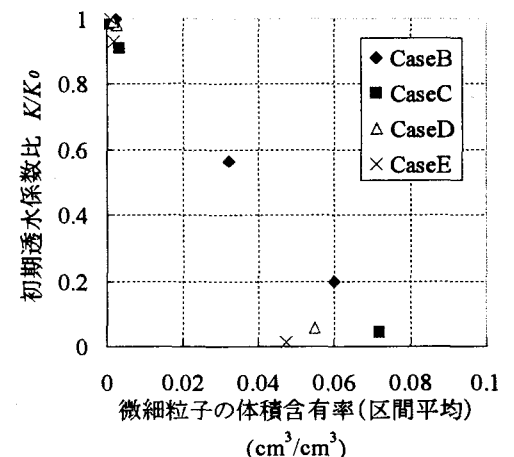


図-6 微細粒子の体積含有率と初期透水係数比の関係