

RIM 法による止水矢板模型実験のパイピング現象の進展過程の計測  
 Study on Measurement of the Progression of Piping Phenomena in Cutoff Wall Model Experiments  
 using the RIM Method

○岡本隆明・山上路生・小高猛司・夏目将嗣  
 ○Takaaki OKAMOTO, Michio SANJOU, Takeshi KODAKA, Shoshi NATSUME

In this study, we conducted the refractive index matching (RIM) method, which enables both the soil particles and the pore fluid to be transparent. By tracking the soil particles in the pore fluid, the internal erosion process associated with piping is observed.

### 1. はじめに

近年、明治用水頭首工で漏水が発生するなど、河川構造物周辺では地盤と構造物における透水性のギャップが大きい部分で生じる水みちが拡大・進展することで発生するパイピング現象が懸念されている。しかしながら、水みち発生からパイピング現象に至る過程において地盤並びに流体の挙動は詳細には明らかでない。そこで本研究では、地盤材料と間隙流体を透明化させることができる屈折率マッチング(RIM)法を適用し、間隙流体の可視化及び地盤の代表粒子の追跡によって、パイピング現象における内部侵食の状況を観察する<sup>1), 2)</sup>。

### 2. 実験方法

RIM 法を用いて模型地盤を作製し、止水矢板周辺で発生するパイピング現象を観察するために 2 次元模型浸透実験を行った。図 1 に実験装置の諸元、表 1 に地盤の諸元を示す。止水矢板の右側を上流、左側を下流とする。上下流ともに水位を地表面から 30mm で保った状態を初期状態とし、その後、上流側の水位を 20 秒間で 55mm の割合で上昇させ、パイピングが発生してから地盤の変状が停止するまで観察を行った。壁面の影響を受けない中央部における地盤変形と流体の挙動を観察するために、アクリル槽の中央のみに着色粒子を均等に配置した。パイピング現象における地盤の変形とそれに伴う流体挙動を視覚的に明らかにするため着色した石英粒子をトレーサーとして用い、実験を行った。

### 3. 実験結果

上下流の水位差が大きくなると徐々に下流側の

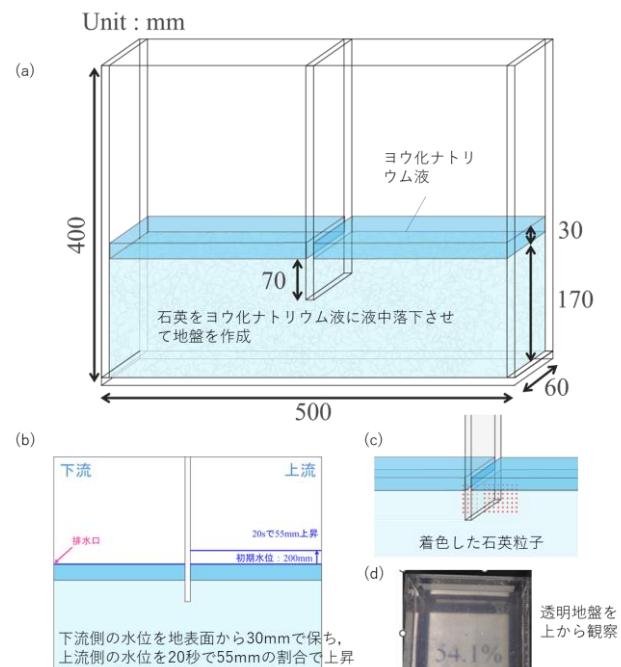


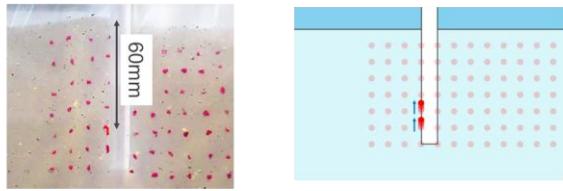
図 1 実験装置図

表 1 地盤諸元

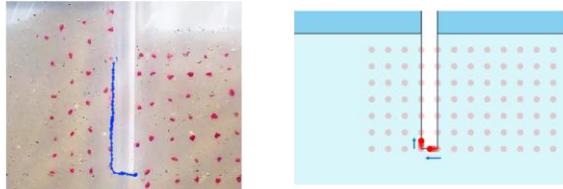
地盤材料	間隙率	透水係数(m/s)
石英(0.75mm~2.0mm)	0.7	$1.39 \times 10^{-3}$

地盤に微小な変形が生じる。その後も水位を上昇させると上流側の地盤が下流側へと吸い出され、最終的に激しいパイピングが発生する。図 2 のようにこの一連の現象に対して、上下流の水位差が 30mm に達してから地盤が変状し始めるまでを Phase1、上流側矢板下端に配置した粒子が下流側へ流れ始めるまでを Phase2、水位差が 55mm に達し、激しいパイピングに至るまでを Phase3 と定

Phase1 下流側の止水矢板下部の粒子が鉛直上向きに微小に移動。



Phase2 上流側止水矢板下端の粒子が下流側へ流され始める。



Phase3 上流側の地表面が矢板端部に到達し、激しいパイピングが発生。



図2 パイピング現象のPhaseについて

表2 各Phaseにおける平均流速と最大流速

実験値	平均流速[cm/s]	最大流速[cm/s]
Phase1	0.66	4.37
Phase2	4.54	18.36
Phase3	8.78	45.28
ダルシー流速 (水位差55mm)	0.051	

義した。

表2と図3にそれぞれのPhaseにおける粒子の移動速度を示す。Phase1では上下流の水位差が30mmになった時に下流側の地表面から約50mm, 60mmの粒子から移動するのがみられた。この粒子の位置は図4の浸透流解析の限界動水勾配を超える始める位置と一致している。微量な地盤変形なため、ほぼ一定の速度で移動し、平均流速は、水位差30mm時のダルシー流速の約25倍となった。矢板下端の粒子が動き始めるPhase2で、矢板の端部を通過する粒子の移動開始から約0.1sから0.5sにおいて流速が大きくなっている。上流側の地表面が下がって矢板端部に到達したPhase3において移動開始から1s前後における粒子が止水矢板の真下を通過する点において流速が大きくなっている。

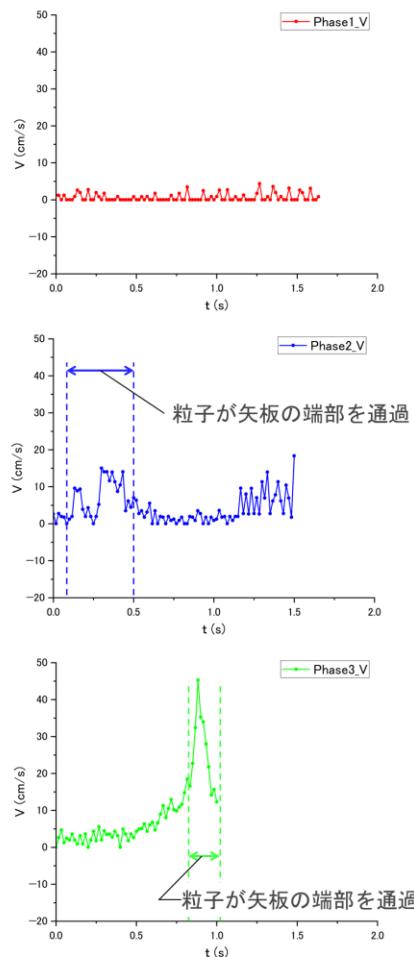


図3 各Phaseにおける粒子流速の時間変化

#### 浸透流解析

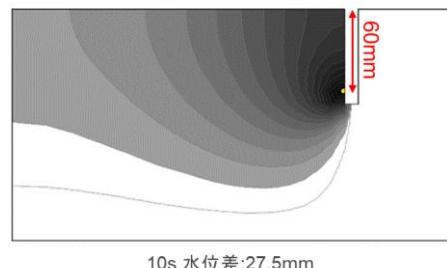


図4 浸透流解析結果

- 1) 夏目将嗣, 小高猛司, 岡本隆明, 李圭太: 屈折率マッチング法を用いた模型実験によるパイピング現象の解明, 地下水学会誌, Vol.67, No.2, pp167-181, 2025.
- 2) 夏目将嗣, 岡本隆明, 小高猛司: RIM法を用いた2次元止水矢板浸透模型実験によるパイピング進展過程の流体の観測, 令和5年度土木学会中部支部研究発表会