# 濁水流制御板を設けたろ過型沈砂池の解析

琉球大学大学院　学会員　○江戸　孝昭
琉球大学　正会員　原　久夫
琉球大学　正会員　松原　仁

## １．はじめに

沖縄県は，県面積の約 56%が「国頭まあじ」と呼ばれる赤土に覆われており，この多くの赤土が河川を通じ周辺海域に流出し，海洋環境等に被害を生じてきた．この被害に対して，沖縄県は条例を施行し，対策を行ってきた．その結果，赤土流出量の削減効果が報告されている．しかしながら，赤土被害は未だに生じているのが現状である．

このような状況下の中，これまでに我々は対策法の一種でもある，ろ過型沈砂池に着目し研究を行ってきた．具体的には，ろ過型沈砂池の砂層部に有限要素法を適用し，ろ過型沈砂池の砂層部の数値解析を行ってきた[1)]．その結果，ある程度の解析精度が報告されたものの，改善点が残る手法であった．そこで，本研究ではその改善点の一つである浸潤面位置の決定方法に関して改善を行い，さらに，ろ過型沈砂池に濁水流制御板なる流量を調節するプレートを設けた場合における，ろ過型沈砂地のろ過機能について検討した．なお，濁水流制御板の詳細は文献 1）を参照されたい

## ２．支配方程式および解析アルゴリズム

赤土濁水流の支配方程式は次式で仮定した．

$$\nabla v = \nabla(ki) = \nabla^2(kh) = \nabla^2\varphi = 0 \qquad (1)$$

ここで，流速：$v$（mm/s），透水係数：$k$（mm/s），水頭：$h$ (mm)，動水勾配：$i$，速度ポテンシャル：$\varphi$ (mm$^2$/s) である．また，**図-1** に解析のアルゴリズムを示す．本研究で，同図に示すように，濁水の透過流量とともに砂層中の透水係数が変化する．したがって，これらの影響を考慮するために，野瀬 [2)] によって行われた，赤土濁水の定水位透水試験より得られた実験結果を参照し，赤土濁水の単位面積あたりの透過流量－透水係数の関係（$k$ - $Q$ の関係，**図-2** 参照）を外挿し，導入した．

## ３．浸潤面位置の仮定

本研究では，既往の研究の改善点として，浸潤面位置を流速による損失水頭を用いて決定した．具体的には，流速による損失水頭 $h_e$ は流速に比例するものと仮定し，第 $j$ 要素において式 (2) が成り立つとした．そして，右手系を基準とする座標空間において，濁水の流出方向の水平方向を $x$ 方向とした時，要素の重心を要素の代表点 M とし，代表点 M の座標 $(x_m,\ y_m)$ が同位置な点の損失水頭を足し合わせる．つまり，要素の代表点の $x$ 座標および $y$ 座標が同位置の損失水頭の総和を座標 $(x_m,\ y_m)$ における損失水頭とした（式 (3)）．そして，座標 $(x_m,\ y_m)$ より濁水の流入部に近い座標 $(x_{m-1},\ y_m)$ における浸潤面の位置と，座標 $(x_m,\ y_m)$ における損失水頭との差を，座標 $(x_m,\ y_m)$ における浸潤面の位置とした（式 (4)）．

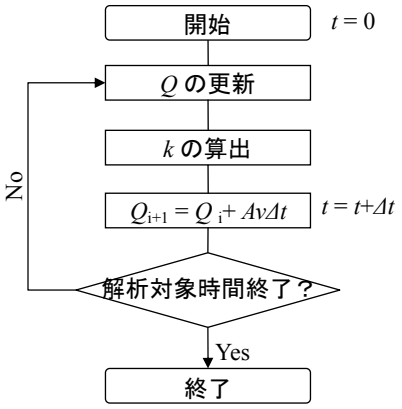



図-1　解析のアルゴリズム

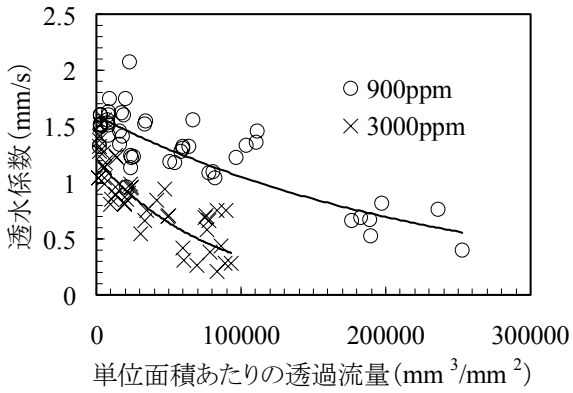



図-2　透過流量と透水係数の関係

$$h_e^j = f\left|\boldsymbol{v}^j\right| l^j \qquad (2)$$

$$h_e^m = \sum_n h_e^j \qquad \left(j \mid x = x_m, y = y_m\right) \qquad (3)$$

$$h_m = h_{m-1} - h_e^m \qquad (4)$$

キーワード　有限要素法，国頭まあじ，ろ過型沈砂池，浸潤面
濁水流制御板
連絡先　〒903-0213 沖縄県西原町字千原１番地 Tel.098-895-8672

ここで，$h_e^j$：各要素の損失水頭(mm)，$f$ ；係数(1/s)，$|\boldsymbol{v}^j|$；第 $j$ 要素における要素の流速(mm/s)，$l^j$：各要素の代表長さ(mm)，$h_e^m$ ：$x_m$，$y_m$ における損失水頭(mm)，$h_m$；座標（ $x_m$，$y_m$ ）における浸潤面の位置(mm)，$h_{m-1}$：座標（ $x_{m-1}$，$y_m$ ）における損失水頭(mm)である．

## ４．解析結果

有限要素解析においては，要素を四面体一次要素に仮定し，要素数は 160,921，節点数は 29,385，要素幅は約 5.12mm とした．**図-3** には，濁水流制御板を設けた場合と設けない場合における，砂層内部の流速を等値線にて表わした図を示す．同図より，各断面において，内部の等値線形状が異なる様子が見られる．また，濁水の流出部における流速は大きい方から，**図-3**(a)，(b)，(c)という結果となった．

**図-4** には，濁水流制御板を設けた場合と設けない場合における透過時間－透過流量の関係を示す．同図より，時間経過とともに，各パターンにおいて透過流量の差異が見られた．すなわち**図-3** および**図-4** より，濁水流制御板を設けることにより，ろ過層内部の流速が異なり，流出流量が変化することがわかる．つまり，濁水流制御板を設けると，濁水流制御板を設けないろ過型沈砂池より，ろ過機能を向上の可能性が示唆される．

## ５．まとめ

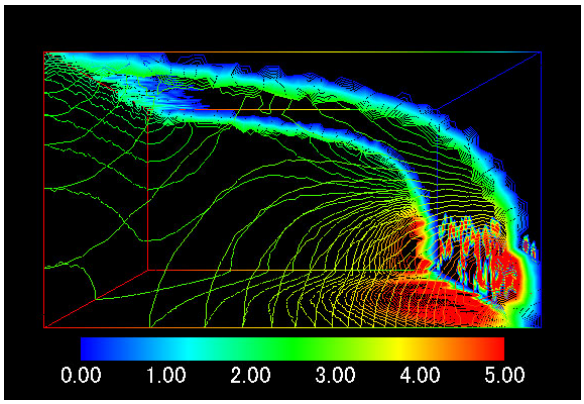
本研究では，摩擦損失を用いて浸潤面位置を決定し，濁水流制御板を設けた場合と設けない場合における，ろ過層内部の可視化および透過時間－透過流量の比較を行った．その結果，ろ過層内部の流速の差異が見られ，透過流量が異なる結果となった．

本研究では，解析値のみを対象としているため，今後の課題として，実験値と解析値との比較検証を行う必要があると考えられる．

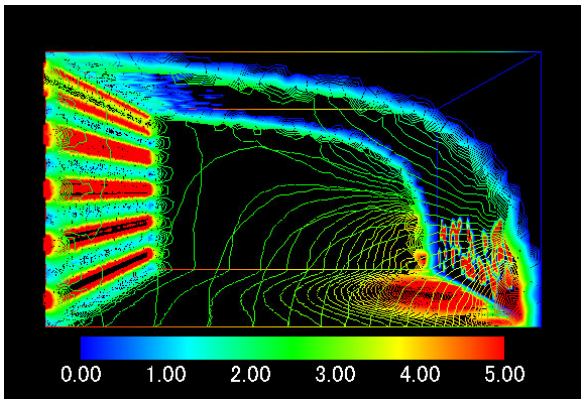
## 参考文献

1) 江戸孝昭，松原仁，原久夫：ろ過型沈砂池における赤土濁水流の有限要素解析，応用力学論文集 Vol.13，pp.211-220，2010.8

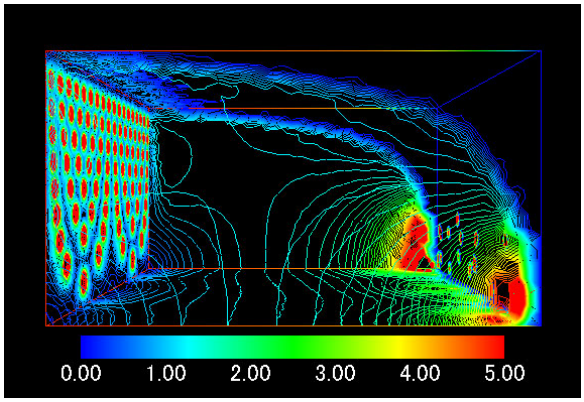
2) 野瀬晴生，原久夫：砂ろ過層を想定した赤土の目詰まりに関する実験・研究，第 19 回沖縄県地盤工学研究発表会，pp.33-36，2006.




(a) 濁水流制御板「なし」




(b) 濁水流制御板「Pattern 1」




(c) 濁水流制御板「Pattern 2」

図-3 砂層内部の様子（解析結果）mm/s

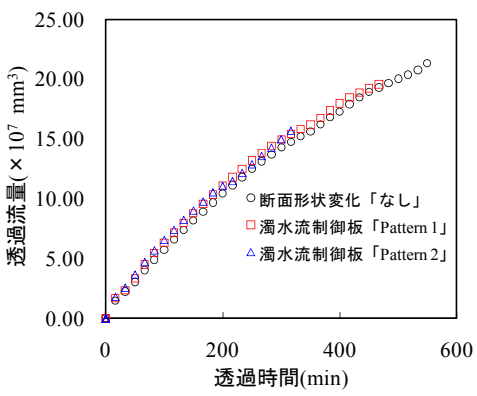



図-4 透過時間 - 透過流量の解析結果