

透水係数分布推定におけるパッチワーク法の提案

Estimation of permeability distributions with proposal patchwork method

○井上 敬資*・小林 晃*・青山 咸康*
Keisuke INOUE, Akira KOBAYASHI and Shigeyasu AOYAMA

1. 概要

本研究では孔間透水試験によって得られた水圧変化の観測値を用いて、実際の水圧変化をより再現できる透水係数分布を求めることを目的とする。そして、地盤統計学のSimulationで得られた多数の透水係数分布の内、孔間透水試験を最もよく再現する透水係数分布を各観測点周辺に分布させて、空間的統計情報を満足し、かつ観測点において水圧応答の再現性が高い透水係数分布を求めるパッチワーク法を試みた。

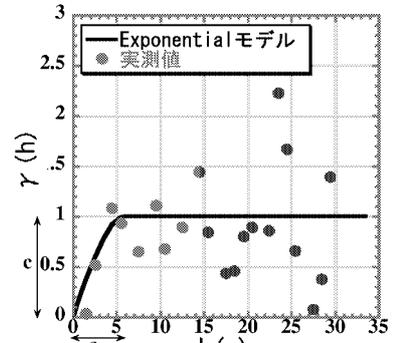


図1 バリオグラム Variogram

2. Simulation¹⁾

透水係数分布の推定には地盤統計学のSimulationが良く用いられる。この手法では透水係数の累積確率分布、距離の関数としての相関を表すバリオグラム(図1)などの空間的統計情報を満足するように透水係数を分布させることができる。本論ではバリオグラムのモデルとして次式のExponentialモデルを用いた。

$$\gamma(h) = c \cdot [1 - \exp(-\frac{h}{a})] \quad (1)$$

h は距離を表し、 a, c はモデルが実測値に合うように決めた。

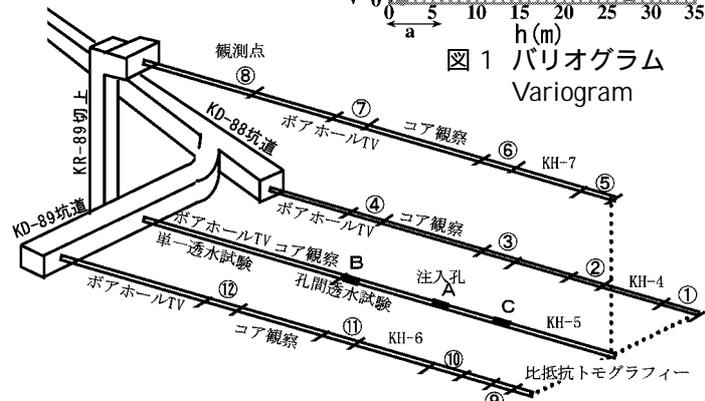


図2 原位置試験の概要図 Schematic view of Kamaishi mine

3. パッチワーク法

パッチワーク法では、孔間透水試験(図2)における各観測点の水圧応答に影響を与えるのは注入孔と観測点の間の

透水係数であると考え、Simulationによって多数発生した透水係数分布(図3)のうち、各観測点での水圧応答を最もよく再現するパターンを選び、その観測点の周辺にそのパターンの透水係数分布を配置する(図4)。この求められた分布はSimulationで求められた分布をそのまま抜き出しているの抽出したグループ内においては空間的統計情報を満足している。しかし、この様な手法では異なるグループ間では空間的統計情報を満足しているかは保証されない。そこで、観測点周辺の限られた領域だけから抽出し(図5)、それを実測値と

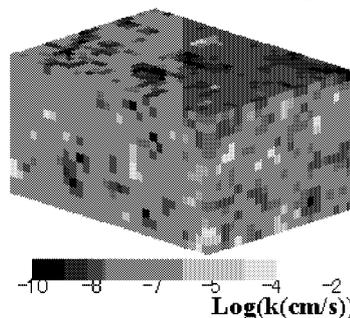


図3 透水係数分布 Permeability Distributions

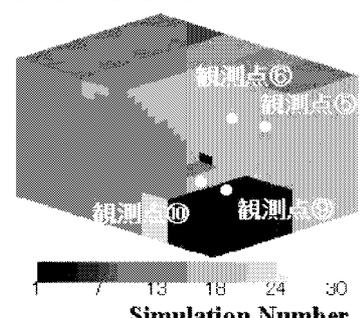


図4 全領域をパッチワーク Patchwork for all region

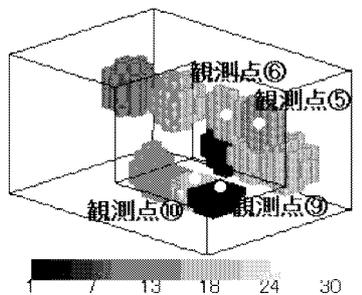


図5 限定領域をパッチワーク Patchwork for limited area

*京都大学大学院農学研究科; Graduate School of Agricultural Science, Kyoto Univ. キーワード: 地盤統計学, 透水係数分布, 孔間透水試験

して、それ以外の領域における透水係数を Simulation より求める手法について検討した。これにより空間的統計情報を満足し、かつ浸透現象も再現できる、より物理現象の再現性が高い透水係数分布を求めることができると期待する。

4. 原位置試験²⁾³⁾

実際のデータを用いて本手法の適用性を検討する(図2)。本論ではまず Simulation で求められた30パターンの透水係数分布においてA点を注入孔とする孔間透水試験の浸透流解析をそれぞれ行った。そして各観測点での水圧変化をよく再現する透水係数分布をそれぞれ探索し、その分布を観測点周辺に分布させた。その際、全領域をパッチワークした場合(図4)と、限定領域だけをパッチワークした場合(図5)を行った。限定領域だけパッチワークする手法では観測点周辺にバリオグラムの影響半径(式(1)のa)だけ分布させ、それを実測値として他の領域を Simulation により30パターン分布させた。そして、求められた透水係数分布に対してA, B, C点を注入孔とする浸透流解析を行い、水圧変化の観測値と解析値を比較した。

5. 結論

各観測点における水圧応答の誤差量 $e(u)$ を次式で求め、全観測点における誤差量の平均値を表1に示す。

$$e(u) = \frac{1}{7} \sum_{t=1}^7 \left\{ \frac{m(u, t) - h^*(u, t)}{h^*(u, t)} \right\}^2$$

u は場所, t は時間, m は平均値, h^* は観測値を表す。表1より全領域をパッチワークすることで、パッチワーク法に用いた境界条件(注入孔A)に対して誤差量がかなり減少した。そして、限定領域をパッチワークすることで、パッチワーク法に用いた境界条件と異なる境界条件(注入孔B, C)の場合においても誤差量が減少した。また、パッチワークをする前の Simulation 分布での各観測点の誤差量をそれぞれ1として、各手法における各観測点の誤差量を求めたものを図6から図8に示す。注入孔をB点とした場合の観測点を除けば、誤差量の合計が Simulation より全領域をパッチワークしたほうが少なく、限定領域をパッチワークした場合はさらに少なくなった。そして、誤差量が改善した観測点の数は、どの境界条件においても全領域をパッチワークするよりも限定領域をパッチワークした場合の方が多かった。

表1 各注入孔時の水圧応答の推定値と観測値との誤差量
Errors between calculation values and observation values

手法	注入孔 A	注入孔 B	注入孔 C
Simulation	14.17	19.85	1.1332
全領域をパッチワーク	0.6769	28.27	1.081
限定領域をパッチワーク	6.006	7.667	0.924

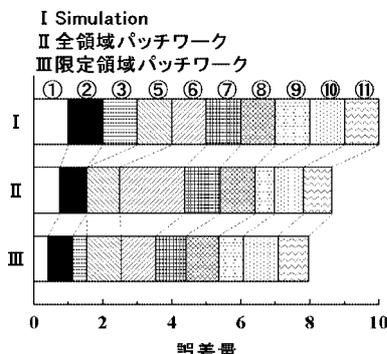


図6 誤差量の変化(注入孔A)
Errors(Source A)

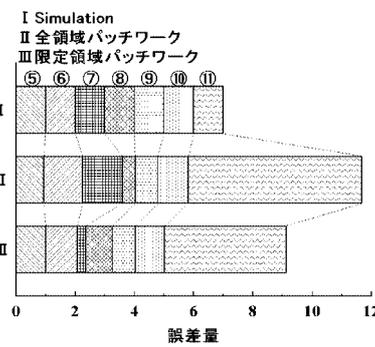


図7 誤差量の変化(注入孔B)
Errors(Source B)

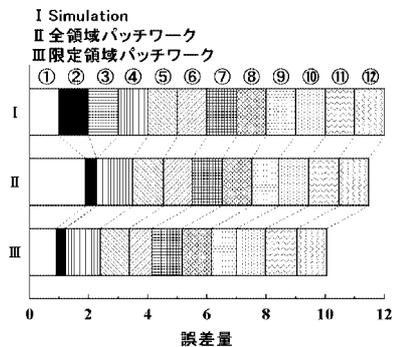


図8 誤差量の変化(注入孔C)
Errors(Source C)

参考文献

- 1) Clayton V. Deutsch and Andre G. Journel: Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, 1992
- 2) 横井浩一, 野口義文, 長久, 浜辺修二: 釜石鉱山における地下空間利用と物理探査, 物理探査第44巻第6号, pp.350-361, 1991
- 3) 奥野哲夫: 透水係数の空間分布推定法と地下水流動の予測に関する研究, 名古屋大学学位論文, 1994