

I - A97

地盤の最適透水係数分布と非正規確率場のシミュレーション

岡山大学環境理工学部 正会員 ○西村伸一

The University of Texas

Robert B. Gilbert

1. はじめに

透水係数の空間分布を考慮した解析を行う場合、その対数を正規分布と仮定する方法が通常用いられる。透水係数の本来の確率分布を正規分布に変換して処理する方法における問題点が、例えば Journal and Alabert¹⁾によって示されている。本研究は、正規変換を用いない非正規確率場のシミュレーション法について考察を行うものである。とくにここでは、透水係数の二次までの統計量を満足し、地盤の有効透水係数のエントロピーを最大にする手法を提案している。

2. シミュレーション手法

今回は簡単のため、Fig.1に示す単純な一次元の一層地盤を水が流れる場合を考える。その場合の有効透水係数 k_{eff} （流量と等価）が図中に与えられている。式中、 k_i は要素 i における透水係数である。本研究の目的は、Fig.1における n 要素の透水係数確率ベクトルの実現値を m 通り、次に説明する目的関数を最大化するように決定することである。任意の確率分布の離散確率を $p_j(j=1,2,...,L)$ （ L :離散確率密度の個数）とするとエントロピー H は(1)式で得られる。また、最大化すべき目的関数 g が(2)式で定義される。 h は制約条件を与えペナルティー関数であり、(3)式で与える。

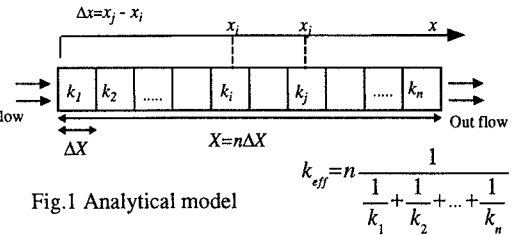


Fig.1 Analytical model

$$H(k) = -\sum_{j=1}^L [\ln p_j(k)] p_j(k) \quad (1)$$

$$g(k) = H(k) - \lambda^{-1} \cdot h(k) \quad (2)$$

$$h(k) = \sum_i w_i \{S_i^0(k) - S_i^c(k)\}^2 \quad (3)$$

ここで、 $k = k_i^j$ ($i=1,...,n$ $j=1,...,m$) は透水係数の確率ベクトルである。また、 λ はペナルティー係数、 $S_i^0(k)$ は拘束条件として与えられる透水係数分布の二次までのモーメント、もしくは確定された周辺分布である。一方、 $S_i^c(k)$ は、最適化によって得られる $n \times m$ 個の透水係数から計算されるものを表す。 w_i は重み係数である。 g を最大化するための最適化手法としてGAを用いる。

4. 解析ケース

本研究では、Fig.1のモデルにおいて、 $n=3$ と $n=10$ の場合を解析しているが、それぞれをCase 1, Case 2と表記する。Case 1では、透水係数の周辺分布を平均値3.0、1～5の5段階の値をもつ離散分布、Case 2では、平均値6.5、1～12の12段階の離散分布と仮定する。解析ケースを、最大化されるべきエントロピーと制約条件の種類に分けてTable 1に示している。また、両ケースとも、透水係数の変動係数は0.3とする。また、要素 i,j の透水係数 k_i, k_j 間の自己相関関数に(4)式を仮定する。式中、 Δx は要素 i,j の中間間の距離、 δ は相関距離である。特に本研究では $\delta=2.0$ としている。ただし、Fig.1における1要素の大きさを1.0とする。

$$r(\Delta x) = \exp(-\Delta x / \delta) \quad (4)$$

5. 解析結果および考察

Fig.2-5は解析結果を表しているが、Fig.2,4は決定された透水係数の周辺分布、Fig.3,5は有効透水係数の分布である。Fig.2によると、最適な透水係数の周辺分布は、エントロピーの種類によってあまり大差がない。ただし、Fig.3の有効透水係数の分布では、Case 1-2の有効透水係数のエントロピーを直接最大化する場合、分布の

Table 1 Analytical cases

	Functions for entropy maximization	Conditions of constrain
Case 1-1	Joint distribution of permeability	Mean and covariance of permeability
Case 1-2	Distribution of effective permeability	Mean and covariance of permeability
Case 1-3	Marginal distribution of permeability	Mean and covariance of permeability
Case 2-1	Distribution of effective permeability	Marginal distribution of permeability
Case 2-2	Distribution of effective permeability	Mean and covariance of permeability
Case 2-3	Marginal distribution of permeability	Mean and covariance of permeability

キーワード： 非正規確率場 エントロピー 透水係数分布 遺伝子アルゴリズム

連絡先： 〒700 岡山市津島中2-1-1 岡山大学環境理工学部 TEL:086-251-8362 FAX: 086-251-8261

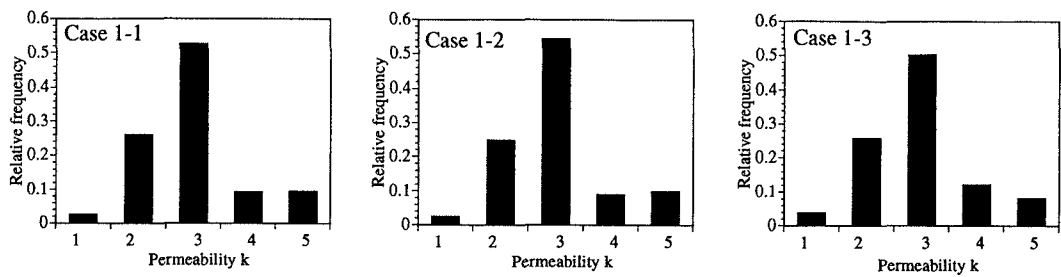


Fig.2 Marginal distribution of permeability ($n=3$)

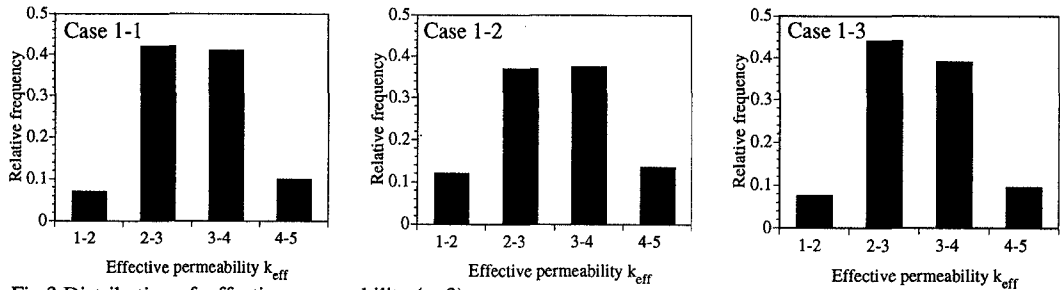


Fig.3 Distribution of effective permeability ($n=3$)

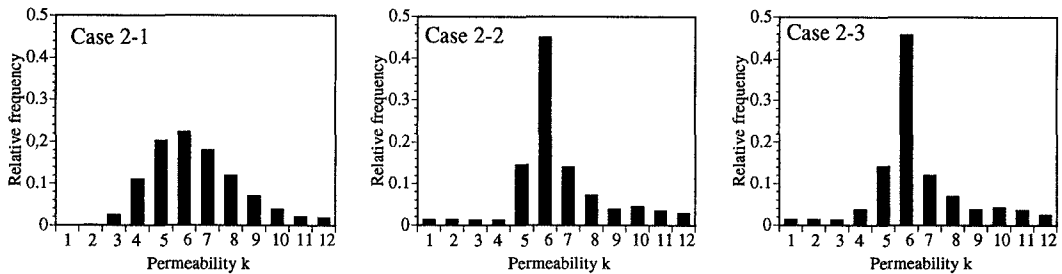


Fig.4 Marginal distribution of permeability ($n=10$)

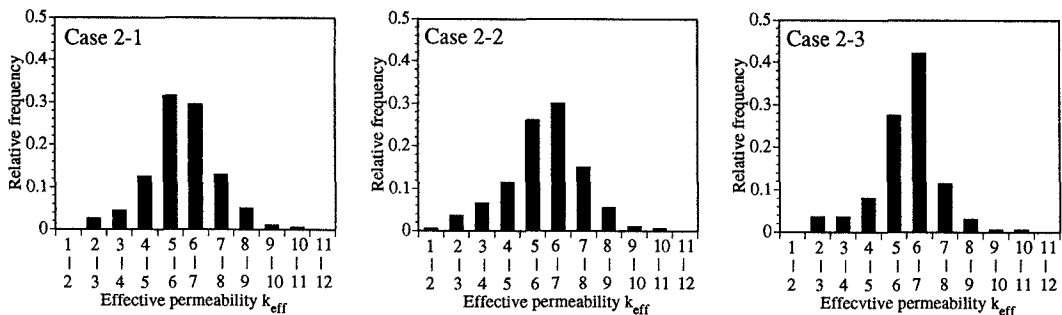


Fig.5 Distribution of effective permeability ($n=10$)

中央部で相対度数が低く、両端が強調された形状になっている。Case 2-1は透水係数の周辺分布が既知の場合で、Fig.4 Case2-1はその分布を表している。ここでは、上限を有する対数正規分布の形状を持った分布を与えている。Case 2-2とCase2-3において、決定された周辺分布は共に類似した形状となっているが、平均値付近が強調された分布型となっている。Fig.5の有効透水係数の分布においては、有効透水係数分布のエントロピー最大化を直接行っているCase 2-1とCase 2-2は類似した正規分布に近い分布型を与える。また、Case 2-3の場合は、平均値付近の分布が強調された形になっている。

参考文献 1) Journel, A. and Alabert, F.: Non-Gaussian data expansion in the earth science, Terra Nova, 1, pp.123-134, 1989.