

III-580

相関特性を利用した地盤定数の空間分布推定に関する研究

鳥取県 正会員 ○西村克則
鳥取大学工学部 正会員 白木 渡
鳥取大学工学部 正会員 松保重之

1. まえがき 地盤を対象とした設計・解析において、必要とされる地盤定数のデータが少ない場合、限られたデータと従来の知識、あるいは他の地盤定数との相関関係などをもとに設計値を定めなければならない。また、地盤定数は空間的にばらつくものと考えられるので、確率論的な取扱いが必要であると思われる。本研究では、必要とされる地盤定数のデータの不足を補う方法として、確率場の概念により地盤定数の空間的な分布を推定することを考える。方法としては、同一地盤内で得られている他の地盤定数との相関関係と得られているそれぞれのデータを利用し、クリッキングと呼ばれる手法により地盤定数の空間的な分布を推定する。

2. クリッキング理論による定式化 はじめに、クリッキング理論¹⁾を用いて必要とされる地盤定数を任意点で推定することにより、空間的なデータの不足を補う方法の定式化を行う。まず、それぞれの地盤定数の空間的な分布を確率場として考え、式(1)、式(2)で表されるとする。これらの式において $m(x)$ はトレンド成分(平均値関数)、 $W(x)$ はランダム成分(平均値0の定常確率場)である。これらの確率場において、 $Z_A(x)$ では多くのデータ N 個が、 $Z_B(x)$ では少しのデータ M 個しか得られておらず、それぞれの地盤定数の平均値関数、共分散関数、相互共分散関数は既知とする。式(1)、式(2)から、得られているデータの線形補間により、任意点 x_r での $Z_B(x)$ の推定値は式(3)、式(4)となる。式(4)の $\lambda_i(x_r)$ は重み関数であり、式(5)の誤差分散を最小とするように決定するものとする。式(6)が得られる。ここに、 $\text{Cov}\{\cdot\}$ はそれぞれの地盤定数の共分散関数及び相互共分散関数である。この連立方程式を解くと $\lambda_i(x_r)$ が求まり、任意点での必要とされている地盤定数の推定値を求めることができる。

3. 地盤定数の確率特性 上述の方法は、地盤定数 $Z_A(x)$ 、 $Z_B(x)$ のトレンド成分、共分散関数及び地盤定数間の相互相関関数が必要であった。本研究では、多くのデータが得られている地盤定数 $Z_A(x)$ については、これらの確率特性が推定可能であるとし、データの少ない地盤定数 $Z_B(x)$ の確率特性については、地盤定数 $Z_A(x)$ の確率特性を用いて決定する。地盤定数間の回帰式が式(7)のように得られたとすると、 $Z_B(x)$ のトレンド成分、共分散関数は式(8)、式(9)となる。これらの式において、 $m_A(x)$ 、 $\text{Cov}_A(\tau)$ は式(10)、式(11)で表される $Z_A(x)$ のトレンド成分及び共分散関数で、 σ_A^2 、 L_A は $Z_A(x)$ の分散及び相関距離であり、 τ は2地点間の距離である。また、相互共分散関数は式(12)で表されるものとし、 ρ_{AB} 、 L_{AB} は $Z_A(x)$ 、 $Z_B(x)$ の相関係数及び相関距離、 σ_B^2 は $Z_B(x)$ の分散である。

4. 数値計算例及び考察 本研究では、 N 値と内部摩擦角が相関関係にあると想定してシミュレーションにより解析モデルを作成し、多くの N 値データから内部摩擦角の空間的なデータの分布の推定を行った。シミュレーション及び推定に用いた各地盤定数の確率特性は上記の3で示したものを、それぞれの係数は、 N 値のトレ

$$Z_A(x) = m_A(x) + W_A(x) \quad (1)$$

$$Z_B(x) = m_B(x) + W_B(x) \quad (2)$$

$$Z_B^*(x_r) = m_B(x_r) + W_B^*(x_r) \quad (3)$$

$$W_B^*(x_r) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(x_r) W_A(x_i) + \sum_{i=N+1}^{N+M} \lambda_i(x_r) W_B(x_i) \quad (4)$$

$$\sigma_B^2(x_r) = E\{[W_B(x_r) - W_B^*(x_r)]^2\} \quad (5)$$

$$\langle m = 1 \sim N \rangle$$

$$\text{Cov}\{W_B(x_r), W_A(x_m)\} = \sum_{i=1}^N \lambda_i(x_r) \text{Cov}\{W_A(x_i), W_A(x_m)\} + \sum_{i=N+1}^{N+M} \lambda_i(x_r) \text{Cov}\{W_B(x_i), W_A(x_m)\} \quad (6)$$

$$\langle m = N+1 \sim N+M \rangle$$

$$\text{Cov}\{W_B(x_r), W_B(x_m)\} = \sum_{i=1}^N \lambda_i(x_r) \text{Cov}\{W_A(x_i), W_B(x_m)\} + \sum_{i=N+1}^{N+M} \lambda_i(x_r) \text{Cov}\{W_B(x_i), W_B(x_m)\} \quad (6)$$

$$B = \alpha A + \beta \quad (7)$$

$$m_B(x) = \alpha m_A(x) + \beta \quad (8)$$

$$\text{Cov}_B(\tau) = \alpha^2 \text{Cov}_A(\tau) \quad (9)$$

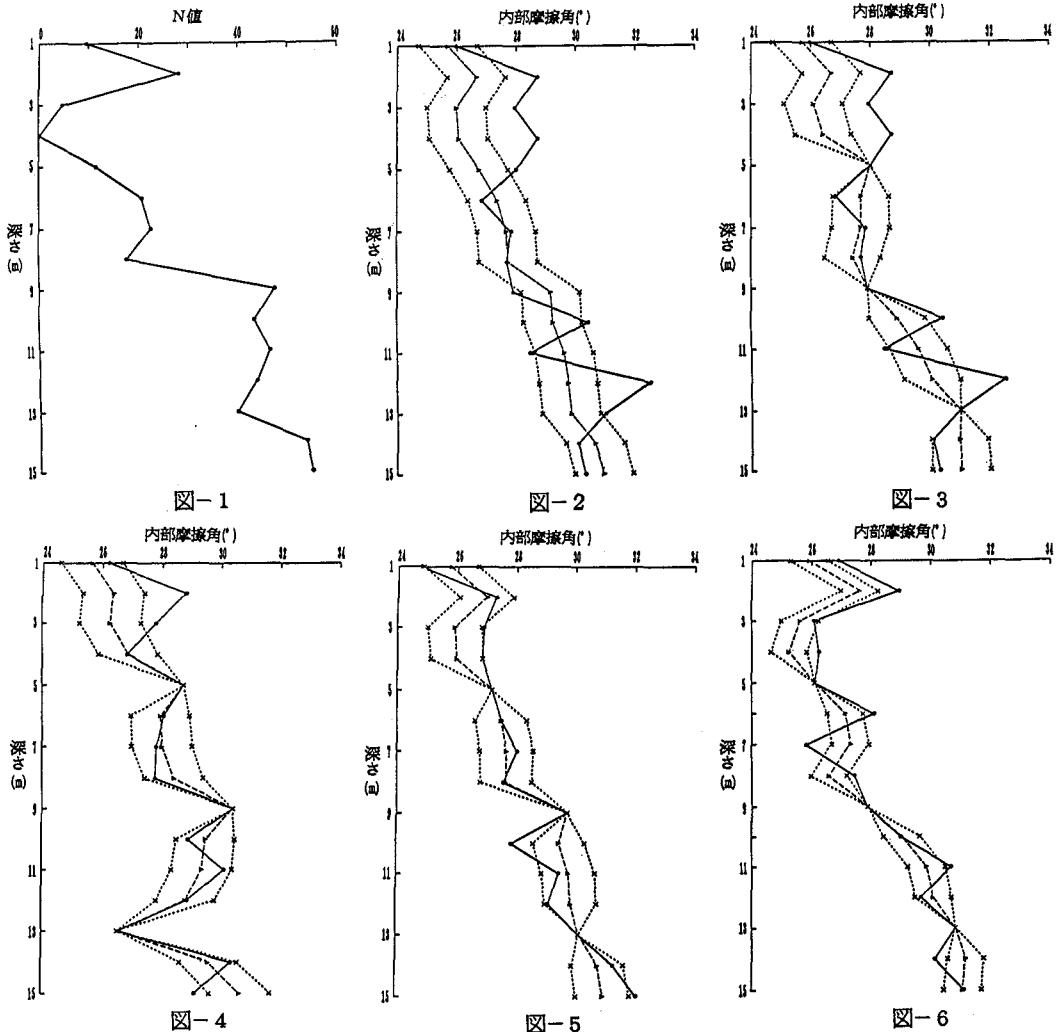
$$m_A(x) = ax + b \quad (10)$$

$$\text{Cov}_A(\tau) = \sigma_A^2 \exp\left(-\frac{|\tau|}{L_A}\right) \quad (11)$$

$$\text{Cov}_{AB}(\tau) = \rho_{AB} \sqrt{\sigma_A^2 \sigma_B^2} \exp\left(-\frac{|\tau|}{L_{AB}}\right) \quad (12)$$

ンド成分の係数 $a=2$, $b=15$, N 値の標準偏差 $\sigma_A=10$, N 値と内部摩擦角の回帰式の係数 $\alpha=0.11$, $\beta=24.95$, 相関距離 $L_A=L_B=0.8$, 相関係数 $\rho_{AB}=0.35$ とした²⁾。図-1は推定に用いた N 値の空間的なデータであり、図-2及び図-3は、それぞれデータが全く得られていない場合と、3箇所所でデータが得られている場合に、深さ方向1mごとに内部摩擦角を推定した結果である。図-2に比べ、図-3はデータが得られている分シミュレーションによる内部摩擦角の分布に近くなっている。また、図-4～図-6は、相関係数を0.2, 0.5, 0.8として作成した解析モデルに対する推定結果であるが、相関が高くなるほど誤差も減少し、推定分布自体もシミュレーションによる分布に近づいていると言える。

5. まとめ 本手法を用いれば、地盤定数の空間的なばらつきを推定値と推定誤差により定量的に評価し、相関関係にある地盤定数の両方のデータを用いてデータの少ない側の空間的なデータの分布を推定することができるため、データの不足を補う1つの有効な方法になりうると思われる。



- 参考文献 1) 鈴木 誠: 地盤物性値の空間分布特性の確率論的記述と地盤工学における信頼性設計の基礎的研究, 名古屋工業大学 博士論文, 1990. 4.
 2) 東京電力株式会社: 送電線鉄塔基礎の信頼性設計に関する研究, 1984.