

武蔵工業大学 正会員 星谷 勝
川崎市役所 正会員 柴 次郎
武蔵工業大学 学生員 岩田克司

1. はじめに

確率場の問題では、先験情報を推定しなければならない。本研究では、まずガウス分布に従う地盤問題において地盤物性値の先験情報の与えかたを明確にする。そして、一部の地点で地盤データが得られている場合、先験情報の推定結果により条件付確率場の特性がどのように変化するかを考察する。

2. (地盤問題における) 確定解析と確率論的解析の先験情報の考え方

地盤の物性値を確定的に知することは現実問題として不可能である。よって、エンジニアが推定することになる。一般に確定解析を行う場合は「最もありそうな値」を推定して、その値を確定的に用いる。一方、確率論的解析を行う場合は、「最もありそうな値」を平均値とおき、その値のエンジニアが持っている確信度に応じて、標準偏差を設定する。つまり、真値が(平均値)±(ある幅)に入っていると推定するのである。ところでほぼ均一な地盤を考えると、地盤物性値は2点間の距離が近い程同じ様な値となる可能性が高く、遠い程同じ様な値となる可能性が低いという性質を持っている。この様な性質は、相関係数で表わされる。以上の様に設定した平均値、標準偏差、相関係数が確率場の先験情報となる。

また以上より、確定解析は推定値の確信度が高い場合の手法であるといえ、確率論的解析は推定値の確信度に応じた解析が可能であるといえる。

3. 無条件確率場と条件付確率場

ガウス性確率場の問題では、先験情報に従う確率場を無条件確率場と考える。ところで、この無条件確率場に対して、一部の地点でサンプル実現値が観測されたとすると、このサンプル実現値が付加されたという条件のもとでの条件付確率場を作成することができる。

4. 数値計算による条件付確率場の特性

本説では一部の地点でサンプル実現値が得られていると仮定したときに、先験情報の推定結果(無条件確率場)によって、条件付確率場がどのような特性を持ってくるのかについて、数値計算により考察する。なお本研究では、シンプル・クリッキングを用いて条件付確率場を作成した。

均一な1次元ガウス性確率場 $Z(x)$ において、対象となる領域を $0 \leq x \leq 100$ としてその間を1.0刻みで101分割した。また、全ての地点で平均値 $\bar{Z} = 0$ 、標準偏差 $\sigma_0 = 1.0$ で、自己相関係数は $\rho_0(\Delta x) = \exp\{-\Delta x/XL\}$ (ここに、 Δx =任意の2点間の距離差、 XL =相関距離でここでは5.0とした)に従うようにモンテカルロ法を用いて1サンプル場を抽出し、これを地盤データ(真値)とする。本解析ではこのうち8点でサンプル実現値が得られているものとした。このときのサンプル場を図-1に示す。

(*) 基準モデル

地盤データを作成したときの確率特性を先験情報の基準モデルとする。この基準モデルに対して、先験情報を表-1に示す7パターン与え、そのときの条件付確率場がどのような特性をもってくるかについて考察する。基準モデルを先験情報として与えた場合の条件付平均値をと条件付標準偏差を図-2に示す。

なお、以下の文において各図の先験情報の説明は表-1を用いて省略する。

(1) 平均値の特性

図-3、図-4を見ると、観測点間の中央部や外挿となっている所では、観測点の影響を受けにくくなり好ましくない推定が行われてしまっていると考えられる。このことは、平均値は観測データの値も考慮に入れて設定する必要があることを示しているといえる。

（２）標準偏差の特性

図-2, 図-5, 図-6より標準偏差の先験情報は, 条件付平均値には影響を及ぼさないことが分かる。また, 図-6より先験情報として標準偏差を大きく設定すると条件付標準偏差も大きくなってしまい, また図-5により先験情報として標準偏差を小さく設定すると, 必要以上に不確実性が小さくなってしまふことがわかる。要するに, 標準偏差は平均値の確信度であるのでその平均値に自信がない場合は大きく設定すればよく, またそれによって条件付平均値には影響を及ぼさないことを示している。

（３）相関係数の特性

図-7により相関の度合いを低く設定すると, 平均値, 標準偏差共にあまり更新が行われず, 無条件場に近しい値となることがわかる。また図-8より相関係数を大きくすると条件付平均値は観測値を直線で結んだ値に近づき, 標準偏差は必要以上に小さくなってしまふことがわかる。これは相関係数の意味を考えれば明かである。つまり, 相関係数とはある点が他の点に及ぼす影響の度合いであり, この相関係数によって条件付確率場の更新幅が決まってくるといえる。

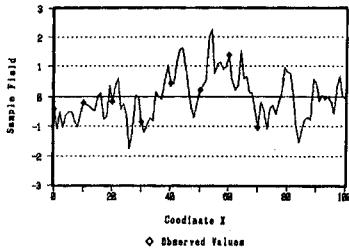


図-1 地盤データ (真値)

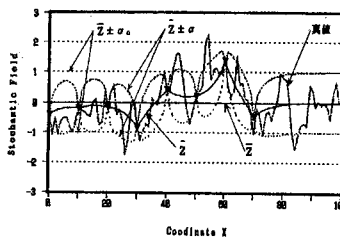


図-2 基礎モデル

	平均値: $\bar{Z}$	標準偏差: σ_0	相関係数: X_L
図-2	0.0	1.0	5.0
図-3	1.0	1.0	5.0
図-4	-1.0	1.0	5.0
図-5	0.0	0.1	5.0
図-6	0.0	2.0	5.0
図-7	0.0	1.0	1.0
図-8	0.0	1.0	50.0

表-1 先験情報

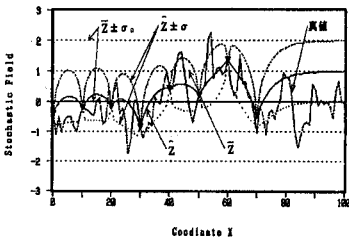


図-3 平均値の特性 ($\bar{Z} = 1.0$)

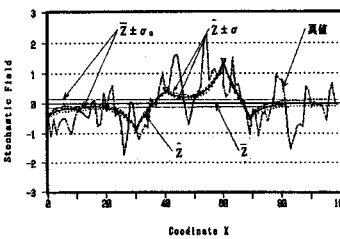


図-5 標準偏差の特性 ($\sigma_0 = 0.1$)

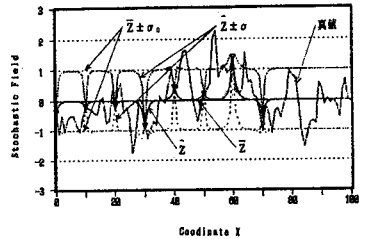


図-7 相関係数の特性 ($X_L = 1.0$)

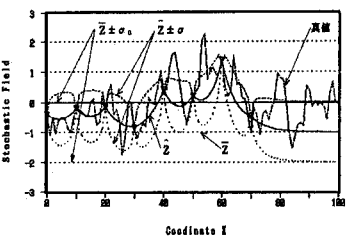


図-4 平均値の特性 ($\bar{Z} = -1.0$)

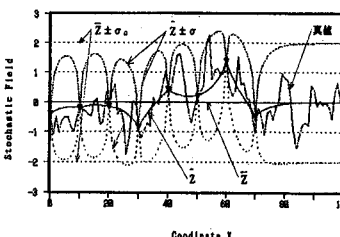


図-6 標準偏差の特性 ($\sigma_0 = 2.0$)

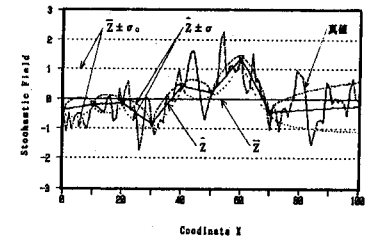


図-8 相関係数の特性 ($X_L = 50.0$)

5. 結論

- (1) 地盤問題において, 先見情報はエンジニアの確信度によって決定するということを明確にした。
- (2) 一部の地点でサンプル実現値が観測されたとき, 先見情報の推定結果により, 条件付確率場の特性がどのように変化するかを数値計算により考察した。これにより, 条件付確率場の更新幅は相関係数によって決まってくることを示した。