

Ⅲ - A181

海底粘性土地盤における地盤物性値の空間変動特性とその評価

防衛大学校土木工学教室 木暮敬二 宮田喜壽
岐阜大学工学部 本城勇介

1. はじめに

海底粘性土地盤を埋め立てる場合、地盤物性値の空間変動に伴う不同沈下が問題になる。本研究は、事前情報を用いた不同沈下の予測手法を確立するために、クリギング¹⁾による地盤物性値の空間変動の予測手法について検討している²⁾。本文では、トレンドの処理や異方的な自己相関性の考慮が推定精度に及ぼす影響を考察する。

2. 解析の概要

(1) 検討内容

クリギングの解析の流れに従い、1)均質なランダム成分の評価、2)自己相関距離、自己相関関数の決定、3)推定精度の検証の順に検討を行った。

クリギングを地盤物性値の空間変動予測に適用する場合、データをトレンド成分とランダム成分の和として考えるのが一般的である。しかし、トレンドが3次元的に変動する場合、その特性を一つの多項式でモデル化することは難しい。そこで、3次元の2次関数までをトレンド関数として準備し、モデルの決定を3次的にブロック分けされた領域ごとに、AIC基準³⁾に従って決定した。均質なランダム成分を得るために行った解析の流れを図-1に示す。

地盤の形成過程を考えれば、地盤物性値の位置的な相関性は異方性を有すると考えられる。そこで、次に示すガウスモデルを自己相関関数として仮定した。

$$\rho = \exp \left\{ - \left(\frac{\Delta x}{h_x} \right)^2 - \left(\frac{\Delta y}{h_y} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta x, \Delta y$: データ間の距離、 h_x, h_y : 相関距離

トレンドの処理や異方的な自己相関性の考慮が解析精度に及ぼす影響を調べるために、表-1に示す異なる解析レベルで、次の計算を行った。1)着目ブロックから一つデータを除く。2)取り除いたデータ位置について、クリギングを行う。3)全データについて1)、2)を繰り返し、推定誤差分散 σ^2 の平均と取り除いたデータ（真値）が最尤推定量 $\pm\sigma$ に入る確率を計算する。

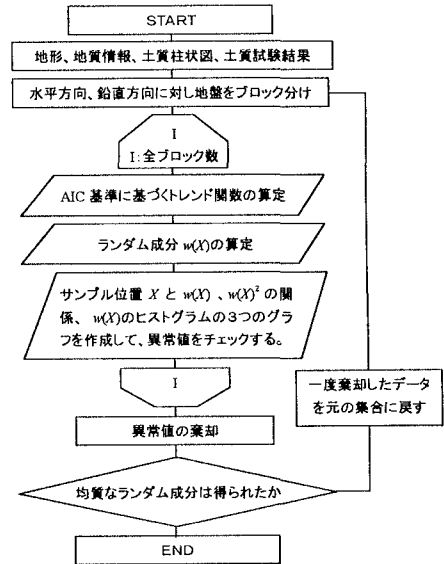


図-1 均質なランダム成分の評価法

表-1 解析レベル

内容 レベル	データ間の 相関	異方的な 相関性	トレンド	土層分割
1	x	x	x	x
2	ok	x	x	x
3	ok	ok	x	x
4	ok	ok	ok	x
5	ok	ok	ok	ok

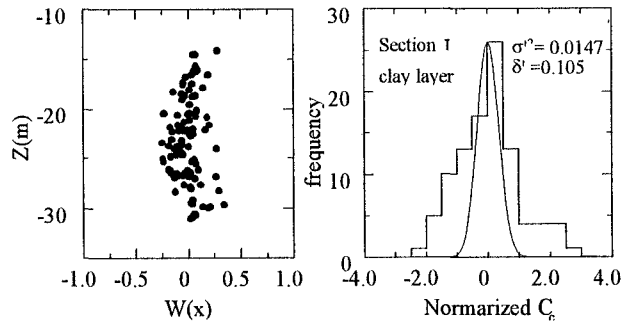


図-2 トレンド処理後のデータの統計的性質

(2)用いるデータ

岩国市沖の粘性土地盤における地盤調査結果を用いた。不同沈下予測を念頭において、標準圧密試験から得られる圧縮指数 C_c 、圧密降伏応力 p_c 、その時の間隙比 e_{pc} 、また湿潤重量 γ_t の空間変動を検討した。

表-2 変動評価係数一覧

	1工区		2-1工区		2-2工区		3工区	
	clay	silt	clay	silt	clay	silt	clay	silt
C_c	0.105	0.248	0.067		0.092	0.070	0.105	0.189
p_c	0.044	0.103	0.036		0.048	0.107	0.052	0.194
e_{pc}	0.117	0.119	0.156		0.204	0.390	0.127	0.148
γ_t	0.011	0.027	0.009		0.014	0.023	0.014	0.018

3. 解析結果と考察

地盤調査結果に加え、分割後の一つのブロックに含まれるデータ数などを考慮して、解析対象領域を、平面的に4分割（1～3工区）、深さ方向に2分割（粘土層、シルト層）した。以下では、1工区-粘土層における C_c に関する解析例を示す。

トレンド処理後のデータの統計的性質として、ランダム成分の深度分布と頻度分布を図-2に示す。また、全ブロックに関する変動係数を表-2に示す。以上の結果より、 γ_t を除く3種類の地盤

物性値について、

空間変動を考慮する必要がある、それらを正規分布に従う確率変数と見なすことが妥当と判断される。

積率法によって評価した自己相関係数とデータ間距離の関係、鉛直方向、水平方向について図-3に示す。図中において、実線は式(1)に示す自己相関関数で補間した結果である。表-3には、全解析ブロックにおける3種類の地盤物性値の相関距離を示す。総じて、水平方向の相関距離は、鉛直方向より100程度長いことが分かる。

以上の結果に基づき、地盤物性値の空間変動特性を表-1に示した各解析レベルで評価した。推定誤差偏差 σ と真値が最尤推定量 $\pm\sigma$ に入る確率 P_σ の関係を図-4に示す。

この関係において、解析の精度が良いときほど、 σ は小さくなり、 P_σ はガウス分布より0.683に近づくはずである。結果の例を図-4に示す。同図に示した結果、もしくは他のブロックの全地盤物性値についても、解析のレベルが上がるにつれて、 σ は小さくなり、 P_σ は0.683に近づいた。

以上の解析結果より、トレンドの処理を合理的に行い、地盤物性値の異方的な相関性を考慮すれば、クリギングによって、解析対象領域における確率構造を合理的に推定できることが分かる。

参考文献：1)Riplay, R.D.: Spatial Statistics, John Wiley and Sons, 1981., 2)宮田ら：第31回地盤工学研究発表会概要集, pp.659-660, 1996., 3)赤池：数理科学, No.153, pp.5-11, 1976

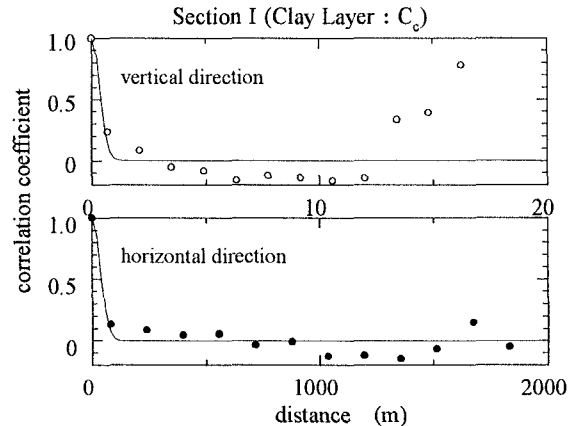


図-3 相関係数-データ間の距離関係

表-3 相関距離一覧

	1工区				2-1工区				2-2工区				3工区			
	clay		silt		clay		silt		clay		silt		clay		silt	
	h_h	h_v	h_h	h_v	h_h	h_v	h_h	h_v	h_h	h_v	h_h	h_v	h_h	h_v	h_h	h_v
C_c	50	0.5	70	0.4	30	0.5			40	0.6	70	0.6	70	0.5	70	0.5
p_c	50	0.5	70	0.5	30	0.5			40	0.6	70	0.5	60	0.5	60	0.5
e_{pc}	50	0.5	70	0.4	30	0.5			70	0.5	70	0.5	70	0.4	70	0.4

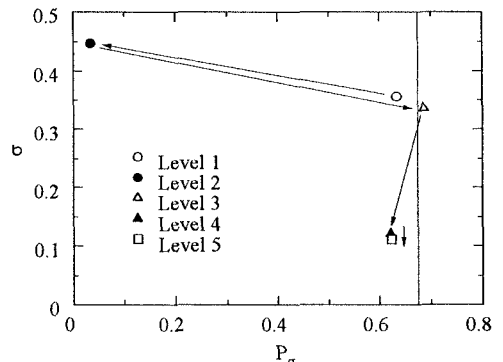


図-4 各解析レベルの精度