

有明粘土地盤における物性値の空間分布特性と有効推定距離

佐賀大学理工学部

学生員 ○中岡英雄

佐賀大学低平地防災研究センター

F 会員 林 重徳

佐賀大学低平地防災研究センター

正会員 李 向新

(財)大阪土質試験所

正会員 山内淑人

1. まえがき

世界貿易機構の TBT 協定(貿易の技術的障害に関する協定)などにより、地盤基礎工学の分野においても国際標準化機構(ISO)の標準に基づく調査・設計・施工を行うことが必要となる。ISO の設計思想は要求される性能を十分な信頼性を持って満たすことで、設計手法として限界状態設計法が最も有力である。地盤基礎工学における限界状態設計法では、物性値のばらつきを評価する際に、物性値の空間分布特性の解明とばらつきに関する適切なモデル基準の提示が重要である。

本研究では、まず構築している佐賀低平地の地盤情報データベース(DIG)¹⁾を用いて、図-1 に示す佐賀地区(区域 A)の有明粘土地盤の一軸圧縮強さ q_u の値を Kriging 法²⁾で推定し、推定誤差と区域 A における q_u 全体のばらつき(分散)の関係を明らかにする。ついで推定誤差が地盤情報データベースを構築したことによって低減されることを提示する。低減された物性値の推定誤差を限界状態設計法における部分安全係数の評価に反映させると、新たに地盤調査を行う場合との安全性・経済性の比較が可能となり、最適な実施調査計画の策定に役立つものとする。

2. 地盤情報データベース(Data base system for Information of Ground)

DIG は佐賀低平地に関連する各機関で一時的に使用された後に保存されているボーリングデータを収集し、構築しているデータベースである。本研究では、DIG から得られる情報を下山ら³⁾による佐賀地区の地層層序をもとに地層を区分し、有明粘性土層の一軸圧縮強さ q_u に着目する。

3. 有明粘土層の一軸圧縮強さ q_u の相関距離

図-2 に示した一軸圧縮強さ q_u のデータをもとに、深さのトレンドを取り除いた実測の東西、南北方向と深度方向の自己相関曲線(Correlogram)は、図-3 および図-4 に実線で表し、同じ図中に点線で示した曲線は、式(1)の自己相関係数モデルから実測曲線の理想化された自己相関曲線である。

$$\rho(h) = \exp(-h/a) \quad (1)$$

ここで、 h は 2 地点間の距離であり、 a は相関性の減衰を表すパラメータで相関距離と呼ばれ、 a の値は図中 $\rho(h)=0.368$ となる距離 h である。区域 A の東西方向、南北方向および深度方向の相関距離は、それぞれ 300m, 500m, 3m と求められた。これらの相関距離は、Kriging 法による q_u の空間分布の推定に用いる。各方向の相関距離の相違は堆積環境の相違が原因であると考えられる。

4. Kriging 法による空間分布の推定と考察

Kriging 法は、未調査地点の物性値の値を周辺の観測値の線形

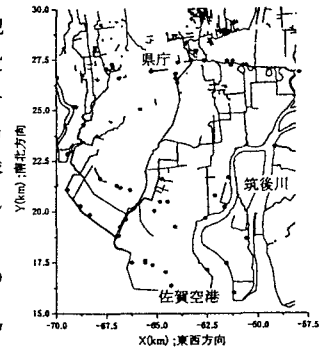


図-1 佐賀地区(区域 A)

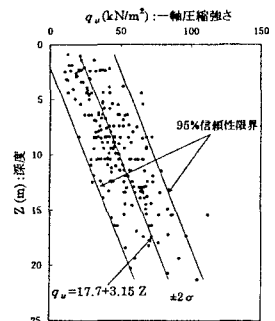
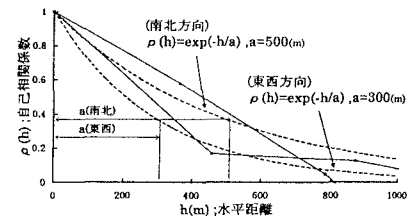
図-2 一軸圧縮強さ q_u の深度分布

図-3 自己相関曲線 (東西、南北方向)

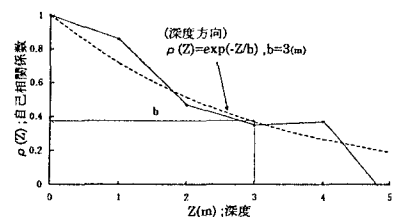


図-4 自己相関曲線 (深度方向)

和とし、推定値の不偏性と推定誤差を最小にする推定法で、推定値だけでなく推定誤差も算定できる特徴を持っている⁴⁾。Kriging 法には推定される物性値の空間分布の確率的特性に応じて、種々の手法があるが、本研究は Ordinary Kriging(OK)法²⁾を用いて、区域 A の q_u の実測値から、同区域に位置する未調査地点の値を推定し、推定誤差 σ_E^2 と区域 A 全体の分散 $C(0)$ の関係について考察する。式(1)と図-3 および図-4 の $\rho(h)$ に基づいて、解析に用いる分散モデル (Variogram ; $\gamma(h)$) を、式(2)に示す²⁾。

$$\gamma(h) = C\{1 - \exp(-3h/a)\} \quad (2)$$

ここに、 C は区域 A 全体の分散を表し、 $C=C(0)=\sigma^2$ (図-2) とする。推定点の値は、推定点からの距離 a' (図-5)を半径とする範囲内の実測点の値から推定する。 a' の値が推定誤差 σ_E^2 に与える影響を見るため、 a' の値を各方向において a から $3a$ と変化させ、各推定点の σ_E^2 を OK 法で求める。

解析による $\sigma_E^2/C(0)$ と a'/a の関係を図-6 に点で示している。図-6 より、 $\sigma_E^2/C(0)$ の値は、1.0 以下になっていることがわかる。また、実測点が推定位置に近づくほど、 σ_E^2 の値は低減され、実測点と推定位置が完全に重なった場合($a'/a=0$)、 $\sigma_E^2=0$ となる。 a' を半径とする範囲に実測値が 1 点しかない場合を考えると、図-6 に示す実線で、 σ_E^2 の値を安全な側になるように推定できる。また、 a'/a が 2.5 以上となる場合、推定の誤差の低減があまり見られないので、 $a'=2.5a$ の時の推定範囲を有効推定範囲と定義し、その範囲内に入る実測値で推定することは精度上問題ないと考えられる。

$a'=2.5a$ として、区域 A における q_u の推定値の分布を、深度ごとに図-7 から図-10 に示す。

5. あとがき

Kriging 法による推定誤差 σ_E^2 の値は、推定域における分散 $C(0)$ 以上にならないことが分かり、データベースを構築し、推定点を含む有効推定範囲内により多い実測値を得ることで、推定誤差が確実に低減される。本研究は、その低減式を提案した。また、低減された推定誤差は物性値の不確実性として、限界状態設計法における部分安全係数に反映させることができ、新たに地盤調査を行う場合との安全性と経済性を考慮した比較が可能となり、最適な実施調査計画の策定に役立つものとする。

参考文献等

- 1) DIG の基本プログラムは(財)大阪土質試験所によって開発されたものである。
- 2) Clayton V. Deutsch : GSLIB, New York Oxford OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1998
- 3) 下山他:有明海北岸低地の第四系, 九州大学理学部研究報告(地球惑星科学), 第 18 巻, 第 2 号, pp.103-129
- 4) 鈴木他:土質定数の空間分布推定法を用いた確率有限要素法, 土木学会論文集, 第 394 号/Ⅲ-9, 1988, pp.97-104

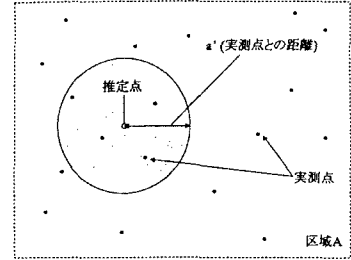


図-5 実測点との距離 a' の概念図

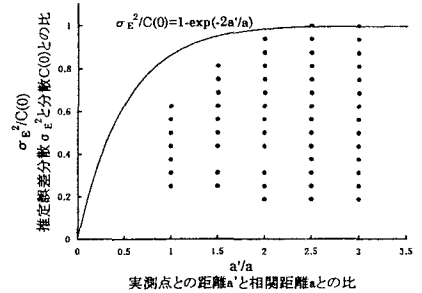


図-6 $\sigma_E^2/C(0)$ と a'/a の関係

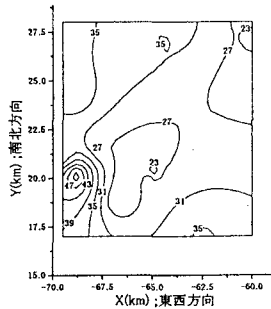


図-7 q_u 推定値(kPa), 深度 2.5(m)

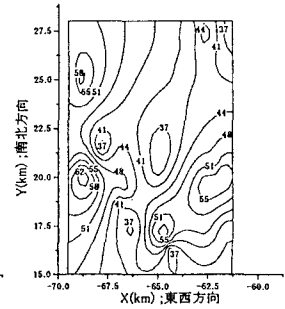


図-8 q_u 推定値(kPa), 深度 7.5(m)

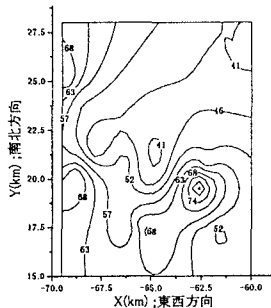


図-9 q_u 推定値(kPa), 深度 12.5(m)

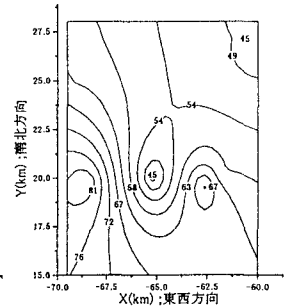


図-10 q_u 推定値(kPa), 深度 20(m)