

防衛大学校 ○金子 操(学)、木暮 敬二(正)、宮田 喜壽(正)

1. はじめに

土構造物の設計時におこなわれる地盤のモデル化は、地盤物性値の推定と地盤の解析手法の選択という二つのプロセスから成り立つといわれる¹⁾²⁾。

これまで筆者らは図-1に示す解析の流れにしたがって、埋立地盤における不同沈下の予測手法の確立を目的とした一連の研究をおこなってきた³⁾。埋立地盤上で発生する不同沈下の原因の一つに、地盤物性値の空間的な変動がある⁴⁾。筆者らは、地盤物性値の空間的な変動を推定する際に統計的手法を用いることが、不同沈下を予測するための有力な手段の一つになると考え、地盤のモデル化のプロセスに統計的な手法⁵⁾を組み込んだ解析手法を構築した。

本報告では、統計的手法を用いた地盤のモデル化の妥当性を、実地盤における動態観測データ⁶⁾と比較検討することにより検証した。

2. 解析対象

解析の対象としたのは、図-2に現場の概要を示す山口県岩国市の飛行場沖合移設工事現場である。土質調査・試験や工法試験のデータ⁷⁾、堆積環境や地形情報等から、工区全体を図-2に示す5つのブロックに区分けた。今回は、そのうち工法試験地域を含む第1工区の土質データを用いて解析をおこなった。解析対象土層は、圧密沈下土層としてのシルト層と粘土層とした。

3. 解析手法

3.1 地盤物性値の推定

統計的な手法を用いて推定した地盤物性値は、圧縮指数 C_c 、圧密降伏応力 p_c 、圧密降伏応力時の間隙比 e_{pc} の3つである。これらについては、データの二次処理の段階でkriging⁸⁾の手法を適用して、地盤物性値を推定した。この手法を用いるために必要な仮定は、以下の通りである。

(1) 土質データ $S(\underline{x})$ が、データの偏りを表すトレンド成分 $m(\underline{x})$ 、ばらつきを表すランダム成分 $w(\underline{x})$ およびホワイトノイズ成分 $\varepsilon(\underline{x})$ の和で表せると考える。

$$S(\underline{x}) = m(\underline{x}) + w(\underline{x}) + \varepsilon(\underline{x}) \cdots (1-1)$$

$\underline{x}$: 位置ベクトル

(2) 土質データ $S(\underline{x})$ の平均と分散は、次式の形で表せる。

$$E[S(\underline{x})] = m(\underline{x}), \quad E\left\{[S(\underline{x})]^T\right\} = \sigma_w^2 + \sigma_\varepsilon^2 \cdots (1-2)$$

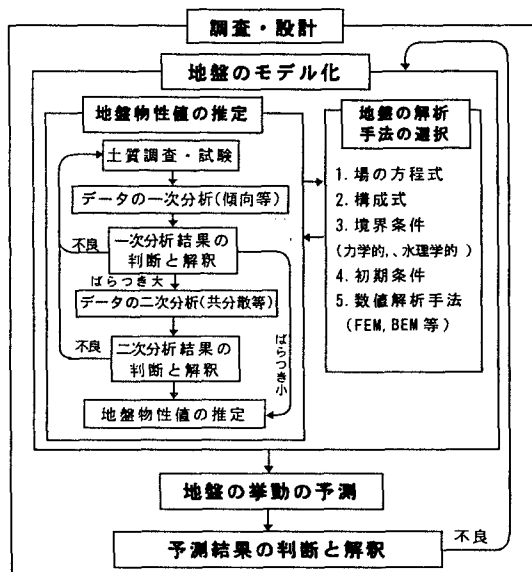


図-1 解析の流れ

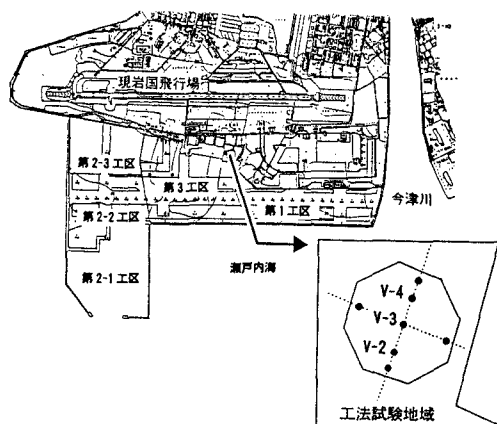


図-2 岩国飛行場沖合移設工事現場図

- (3) ランダム成分 $w(\underline{x})$ とホワイトノイズ成分 $\varepsilon(\underline{x})$ の分布形は正規分布をしており、その平均と分散は次式のように表せる。

$$E[w(\underline{x})] = E[\varepsilon(\underline{x})] = 0, E\{[w(\underline{x})]^T\} = \sigma_w^2, E\{[\varepsilon(\underline{x})]^T\} = \sigma_\varepsilon^2 \cdots (1-3)$$

- (4) ランダム成分 $w(\underline{x})$ とホワイトノイズ成分 $\varepsilon(\underline{x})$ は互いに独立である。

$$E[w(\underline{x}) \cdot \varepsilon(\underline{x})] = 0 \cdots (1-4)$$

- (5) ホワイトノイズ成分 $\varepsilon(\underline{x})$ 同士の共分散はゼロである。

$$E[\varepsilon(\underline{x}) \cdot \varepsilon(\underline{x} + h)] = 0 \cdots (1-5)$$

h : 2点間の相関距離

- (6) トренд成分 $m(\underline{x})$ は、位置ベクトル $\underline{x}$ に関する多項式として、次式のように表せる。

$$m(\underline{x}) = \beta_0 f_0(\underline{x}) + \beta_1 f_1(\underline{x}) + \cdots + \beta_L f_L(\underline{x}) \cdots (1-6)$$

L : 多項式の個数

- (7) 位置ベクトル $\underline{x}$ における最も確からしい推定値 $S(\underline{x})$ は、土質データ $S(\underline{x})$ の線形和として、次式の形で表せる。

$$S(\underline{x}) = \alpha_1 S(x_1) + \alpha_2 S(x_2) + \cdots + \alpha_n S(x_n) \cdots (1-7)$$

n : 土質データの個数 α_i : 重み係数 ($i=1, 2, \cdots, n$)

- (8) 位置ベクトル $\underline{x}$ における最も確からしい推定値 $S(\underline{x})$ はトレンド成分 $m(\underline{x})$ に等しい。

$$E[S(\underline{x}) - m(\underline{x})] = 0 \cdots (1-8)$$

3.2 地盤の解析手法の選択

本研究は、最終的に飛行場全域の圧密沈下挙動を予測することを目的としている。そこでは一次元的に圧密沈下が生じると予想されるので、今回の圧密沈下解析も一次元で行った。数値解析手法は、地盤物性値の空間変動を比較的容易に考慮することができる有限要素法を、構成式には cam clay model⁷⁾を用いた。

4. 解析結果とその検証

統計的手法を用いた地盤のモデル化の妥当性を検証するために、最終沈下量に関して統計的手法を用いた予測結果と動態観測データを用いた予測結果とを比較検討した。検証には、ほぼ変形が一次元とみなせる工法試験盛土中央付近のデータを用いた。図-3 に、動態観測データより浅岡法⁸⁾を用いて予測した最終沈下量 S_μ と統計的手法を用いて予測した最終沈下量 S_β の関係を示す。これを見ると S_β の方が、やや小さめ(80~90%)な値を見積もるものの、今回検証をおこなった解析手法は十分有効であるといえよう。

5. 結論

統計的手法を用いた地盤のモデル化が有効であることを確認した。今後は、この手法を工区全体に適用して、埋立地盤の不同沈下の予測をおこなっていく予定である。

参考文献

- 1) 松尾稔: 土質試験 - その背景と役割 -, 森北出版, 1974.
- 2) 亀田, 池淵, 春名: 新体系土木工学 2, 確率・統計解析, 技報堂出版, 1981.
- 3) 金子, 木暮, 宮田: 土木学会第 50 回年次学術講演会概要集第 3 部(A), pp. 254~255, 1995.
- 4) 土田, 小野: 港湾技術研究所報告, 第 27 巻, 第 4 号, pp. 123~200, 1988.
- 5) Ripley, B. D.: Spatial Statistics, John Wiley and Sons, 1981.
- 6) 木暮, 永永, 渡邊, 坂田: 土と基礎, Vol. 43, No. 11, pp. 47~50, 1995.
- 7) Schofield, A. N. and Wroth, C. P.: Critical State Soil Mechanics, McGraw-HILL, 1968.
- 8) Akira Asaoka: Soils and Foundation, Vol. 18, No. 4, pp. 87~101, 1978.

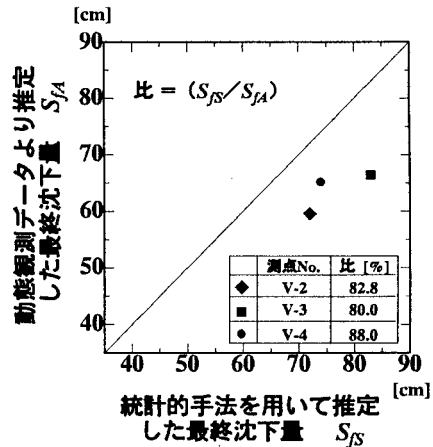


図-3 実測最終沈下量と推定最終沈下量との関係