

神戸沖沖積粘土層の圧密沈下量の空間的な推定とその誤差

ニューラルネットワーク 沈下 統計

大阪大学大学院 学生会員 ○ト 令東・横田健一
 大阪大学大学院 国際会員 小田和広
 地域地盤環境研究所 国際会員 山本浩司・藤原照幸
 災害科学研究所 国際会員 松井 保

1. はじめに

大阪湾には様々な用途の人工島が数多く建設されている。大阪湾の地盤は最上層の沖積粘土層以下、洪積粘土層と砂礫層の互層が十数個存在している。現在も洪積粘土層の圧密に起因する地盤沈下が継続している人工島が多い。十数年前建設された神戸空港も同様である。空港の今後のメンテナンス計画策定に関し、洪積粘土層の沈下挙動を把握するためには、地表面沈下量から、既に圧密が終了した沖積粘土層の沈下量を差し引いて求めることが容易である。

本研究の目的は、神戸空港の沖積粘土層の沈下量の空間分布を推定することである。まず、ニューラルネットワーク（以下 NN）を用い、神戸空港の沖積粘土の土質特性の空間的な分布を確率論的に推定する。そして、推定値とそれらの誤差を利用し、沈下量の空間分布を推定することに加え、その誤差についても定量的に考察する。

2. ニューラルネットワーク

NNとは、生物の神経システム、特に脳をコンピューター上のシミュレーションによって模擬しようとする情報処理技術の総称である。NNでは、大量の人工ニューロンが互いに連結している。人工ニューロンから伝達される信号の重みを調整することで、出力を最適にすることができる。NNは従来のコンピューターが不得意であったパターン認識、カーブフィッティング及びビッグデータ分析など、何らかの関係がありそうであるが理論的には説明にくい関係を比較的容易かつ明瞭に求めることができることに利点を有している。なお、本研究では IBM 社の多層パーセプトロン NN を用い解析を行った。

3. 土質特性パラメーターの推定

図-1は研究対象である神戸空港と解析に使用したボーリング位置を示している。本研究では、滑走路 KC

ラインならびに AC ラインのそれぞれの 12 箇所を解析対象地点として選んだ。長谷川ら²⁾により、神戸空港エリアでは、沖積粘土層でも擬似過圧密状態にあることが明らかとなっている。このため、本研究では、推定された圧縮曲線そのものを使って、埋立後の最終間隙比を推定することとした。具体的な圧縮曲線の空間分布の推定方法については、参考文献を参照していただきたい¹⁾。

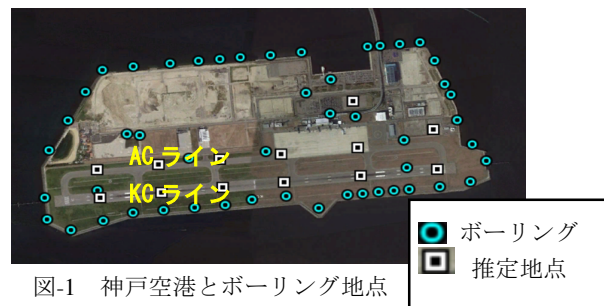


図-1 神戸空港とボーリング地点

4. 誤差の統計学的な考察

本研究では、「誤差＝推定値-試験値」を推定誤差として定義する。推定値と試験値の相関係数、精度 G 、誤差の平均値と標準偏差、誤差率の平均値と標準偏差等の統計学的指標によって推定精度を評価した。表-1は推定誤差の統計学的指標を示している。初期間隙比について、相関係数は約 0.88、精度 G は約 93.5%となった。また、誤差の標準偏差は約 0.13、誤差率の標準偏差は約 0.07 である。一方、圧縮曲線について、相関係数は約 0.95、精度 G は約 91.6%となった。また、誤差の標準偏差は約 0.12、誤差率の標準偏差は約 0.09 である。いずれも高い精度で推定することができた。

5. 沈下量の推定とその誤差

沈下量の推定にあたっては、まず、構築した NN を利用し、研究対象とした各地点の初期間隙比と圧縮曲線の深度分布を推定する。推定された圧縮曲線を利用

表-1 推定誤差の統計学的指標

項目	相関係数	精度 G	誤差 平均値	誤差 標準偏差	誤差率 平均値	誤差率 標準偏差
初期間隙比	0.8782	93.49%	0.0054	0.1302	0.0032	0.0693
最終間隙比	0.9469	91.59%	-0.0012	0.1194	0.0014	0.0891

して最終間隙比を推定する。初期間隙比と最終間隙比を利用して沖積粘土層の最終沈下量を求める。その際の誤差評価にあたってはモンテカルロシミュレーション（以下、MCS）を利用する³⁾⁴⁾。図-2 および図-3 はそれぞれ KC-1 と KC-6 の沈下量の頻度分布を示している。また、表-2 は推定された沈下量の平均値 (μ) と標準偏差 (σ) を示している。ここで、番号が進むほど東側の地点を示している。神戸空港の東南端付近には断層が存在している。このため、沖積粘土層は西から東に向かって厚くなる。したがって、沈下量も空港島の西から東へ向かって大きくなっている。東端と西端の沈下量の差は 2.0m 前後に達している。また、今回の MCS から得られる標準偏差は 0.5m 程度であった。沈下量の頻度分布が正規圧密分布に近いことから、推定された沈下量が平均値を中心に標準偏差の範囲に入る確率は約 70% である。

6. まとめ

本研究では、神戸空港沖積粘土層の沈下量の空間的な推定に加え、その推定誤差について考察した。以下に主な知見をまとめる。

- ① 沖積粘土層の沈下量は西から東にかけて大きくなる。東端と西端の沈下量の差は 2.0m 前後に達する。
- ② 推定沈下量の頻度分布は正規分布に類似しており、また、標準偏差は約 0.5m である。

参考文献

- 1) 小田和広, 横田健一, ト令東: ニューラルネットワークによる神戸沖積粘土の土性分布の予測, 第 59 回地盤工学シンポジウム平成 26 年論文集, pp.707-714, 2014.
- 2) 長谷川憲孝, 松井保, 田中泰雄: 神戸空港海底地盤における沖積層の圧密特性, 土木学会論文集 C, 63(4), 923-935, 2007.
- 3) ODA, K., LEE, M.S and YOKOTA, K. : Consolidation parameters of Holocene clays determined by artificial neural network and their application to stochastic estimation of settlement, Information Technology in Geo-Engineering, pp.193-199., 2014.

- 4) K. Oda, K. Yokota and L. D. Bu : Stochastic estimation of consolidation settlement of soft clay layer with artificial neural network, The proceedings of The 15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, pp. 2529-2534, 2015.

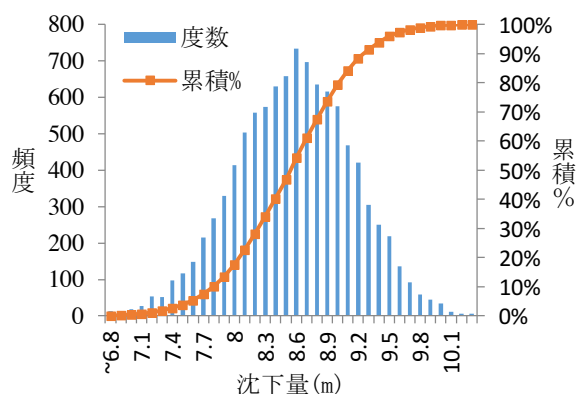


図-2 KC-1 における沈下量

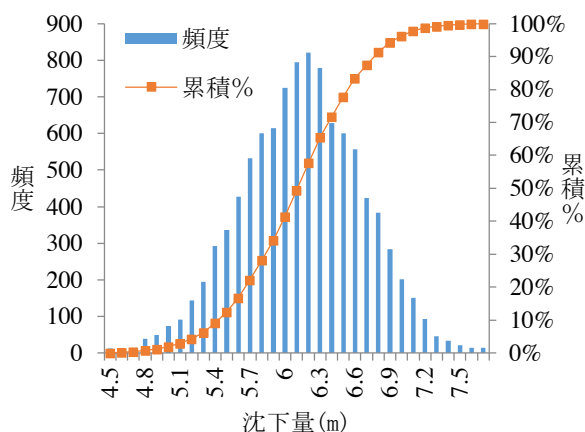


図-3 KC-6 における沈下量

表-2 予測沈下量の平均値と標準偏差(単位:m)

地点番号	6		5		4		3		2		2C-8/KC-1	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
AC	6.24	0.51	6.42	0.53	6.62	0.53	6.85	0.57	7.33	0.51	7.95	0.52
KC	6.10	0.52	6.36	0.51	6.69	0.52	6.99	0.54	7.76	0.55	8.53	0.57