

ニューラルネットワークモデルを使用した地盤沈下予測の検討

Examination for ground settlement predicting method by using neural network model

○金山 素平*, 岡村祐貴**, Alexander Rohe***, Leon A. van Paassen****
 Kanayama M.*, Okamura Y.**, Alexander R.***, Leon A. P.****

1. はじめに

軟弱地盤上に築造される盛土構造物の沈下は古くから地盤工学上の重要な問題であり、数多くの研究者によって幅広く研究されてきた。軟弱地盤は、その高い圧縮性と低い透水性のため、築造後も長期間にわたって沈下が継続する。オランダは、ライン川下流の低湿地帯に位置し、国土の多くをポルダーと呼ばれる干拓地が占めている。国土の 1/4 は海面下に位置し、はるか昔から絶えず洪水の危険にさらされ、堤防を築き、運河を張り巡らせて治水を行い、干拓によって国土を広げていった歴史的経緯がある。このことから堤防の建設・管理・維持することは、人々の様々な活動を保証する意味において重要であることが分かる。本研究は、金山ら(2009)が過去に構築したニューラルネットワークモデルによる沈下予測手法を改良し、オランダ国内の Bloemendalerpolder にて測定されたデータを用いて盛土地盤沈下の予測を行い予測精度について検討した。また、改良したモデルを熊本県玉名市横島町の事前載荷盛土に適用し、モデルの有用性を検証した。

2. ニューラルネットワークモデルの改良

ニューラルネットワークへの入出力関係について、経過時間 t_i (入力値, t_1, t_2, \dots, t_i) とその沈下量 S_i (入力値 S_1, S_2, \dots, S_i) から沈下速度 v_i ($= (S_i - S_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$), 出力値, v_1, v_2, \dots, v_i) を学習する方法を使用した。本研究においては、予測値の変動係数 CV に基づく規準を設け、CV が 1.0%, 2.0%, 3.0% 以下であれば学習データとして採用することとした。規準を満たした予測値のデータ群に関して、10 通りの予測値から代表値である平均値が算出され、その平均値が新たな教師データとして加わる。規準を満たさなかった予測値のデータ群は消去される。このようにネットワークはある規準を満たした予測値を教師データとして導入することによって、学習と予測を繰り返し計算することが可能となる。最終的に、全ての予測値の規準パラメータが該当する規準を満たしたとき、予測値の計算を終了とした。また、規準を満たした予測値のデータ群に関して、10 通りの予測値から代表値である平均値を算出し、その平均値に標準偏差 SD を足したものを新たな教師データとして使用した場合 (+SD) と、標準偏差 SD を引いたものを新たな教師データとして使用した場合 (-SD) も同様の手順で計算を行った。

3. 提案モデルの予測精度と汎用性の検討

モデル改良前後の沈下予測精度の結果を Table 1 に示す。なお、一連の Case(a), (b), (c), (d) は、正規化値としてそれぞれ 10, 20, 30, 40 を掛け合わせた値を使用している。改良前の Case(a), (b), (c), (d) において、正規化値が増加すると平均予測率 APR は 1.21 から 1.04 へと減少し、1.0 に近づく傾向にあることが分かる。平均予測率の変動係数は 19.9% から 2.1% へと減少し、予測の精度が高くなっている。このことから、地盤沈下のような一定方向に値が変化し、かつ終期にデータの変動が少ないデータに対して比較的大きな正規化値を使用することは有効であることが分かる。モデルの改良効果については、Case (d) シリーズを除けば、予測精度が大幅に改善され、とりわけ平均予測率の変動係数が顕著に減少している。規準として用いた CV 値が増加すると、APR は 1.0 より大きくなり、全体的に沈下量を過大評価する傾向にある。これらの結果を総合的に判断すると、正規化値としては 10 もしくは 20、予測値を再学習に取り込む規準としては CV < 2% あるいは 3% を採用することによって、比較的精度の高い沈下予測結果を得ることが分かる。

CV を規準にした改良モデルの適用性を検討するため、熊本県玉名市横島町の事前載荷盛土の沈下データを用いて沈下予測を行った。熊本県玉名市横島町の事前載荷盛土の沈下データにおいて、沈下

*岩手大学, **㈱さなる, ***デルタレス, ****デルフト工科大学

*Iwate University, **Sanaru Co., Ltd., ***Deltares, ****Delft University of Technology

キーワード: 動態観測, 沈下予測, ニューラルネットワーク, 変動係数

Table 1 ニューラルネットワークモデル改良前後の沈下予測精度

Case	Normalized Value	Criterion for Using Average Predicted Value for Teach Data	Teach Data		Total Number of Predicted Data	Total Average Prediction Ratio	CV-APR
			Total Number	Root Mean Square Error			
(a)		-	200	0.03	140	1.21	19.9%
(a-1)	Max Value ×10	CV < 1.0 %	2780	0.08	140	0.92	4.1%
(a-2)		CV < 2.0 %	3320	0.18	140	0.98	2.3%
(a-3)		CV < 3.0 %	850	0.03	140	1.00	3.9%
(b)		-	200	0.03	140	1.12	7.6%
(b-1)	Max Value ×20	CV < 1.0 %	2650	0.12	140	0.97	4.0%
(b-2)		CV < 2.0 %	1870	0.09	140	1.02	1.9%
(b-3)		CV < 3.0 %	5200	0.11	140	1.12	7.6%
(c)		-	200	0.03	140	1.07	3.7%
(c-1)	Max Value ×30	CV < 1.0 %	2970	0.15	140	1.02	1.6%
(c-2)		CV < 2.0 %	2610	0.15	140	1.07	3.7%
(c-3)		CV < 3.0 %	5200	0.11	140	1.07	3.2%
(d)		-	200	0.03	140	1.04	2.1%
(d-1)	Max Value ×40	CV < 1.0 %	3680	0.15	140	1.14	8.4%
(d-2)		CV < 2.0 %	2790	0.17	140	1.09	5.8%
(d-3)		CV < 3.0 %	5200	0.15	140	1.04	1.2%

Table 2 熊本県玉名市横島町の事前載荷盛土の沈下予測精度

Case	Normalized Value	Criterion for Using Average Predicted Value for Teach Data	Teach Data		Total Number of Predicted Data	Total Average Prediction Ratio	CV-APR
			Total Number	Root Mean Square Error			
(e)		-	200	0.02	140	1.00	3.9%
(e-1)	Max Value ×20	CV < 1.0 %	560	0.02	140	0.97	3.5%
(e-2)		CV < 2.0 %	800	0.04	140	0.97	3.5%
(e-3)		CV < 3.0 %	1030	0.07	140	1.00	1.7%

量比 $R=35\%$ に当たる 42 日までのデータの内, 0 日・21 日・42 日の 3 つのデータに対して改良したモデルを使用した. Fig. 1 はモデル改良前後の予測結果の一例である. Case (e) は正規化値 20, $R=35\%$ における改良前のモデルを用いた予測結果であり, Case (e-3) は改良後のモデルを使用した正規化値 20, 規準 $CV<3.0$ での予測結果である. モデルの改良によって平均予測率は 1.0 であり, 平均予測率の変動係数は改良前の値より低い値を示した (Table 2). 以上の結果から, 予測値を再学習に取り込んだモデルは, 早期の沈下予測に高い精度を有することおよび汎用性を有することが分かった.

4. まとめ

本研究は, 過去に構築したニューラルネットワークモデルによる沈下予測手法を改良し, オランダ国内の Bloemendalerpolder にて測定されたデータを用いて盛土地盤沈下の予測を行い予測精度について検討した. また, 改良したモデルを熊本県玉名市横島町の事前載荷盛土に適用し, モデルの有用性を検証した. モデルの予測精度の改善として, 予測値の変動係数 CV に規準を設け, その規準を満たした予測値を教師データとして採用した. この改善によって予測精度が大幅に改善された. 改良したモデルを用いて, 熊本県玉名市横島町の事前載荷盛土の沈下予測を行った結果, 実測値とほぼ等しい予測値を算出することができた. 以上の結果から, 本研究で提案したネットワークモデルの汎用性と早期の沈下予測に高い精度を有することを明らかにした.

引用文献 金山素平, 山下裕貴, 東 孝寛, 大坪政美 (2009): 実測値に基づいた圧密沈下予測手法の検討— ニューラルネットワークを利用した沈下予測—, 農業農村工学会論文集, 第 259 号, 61-69.

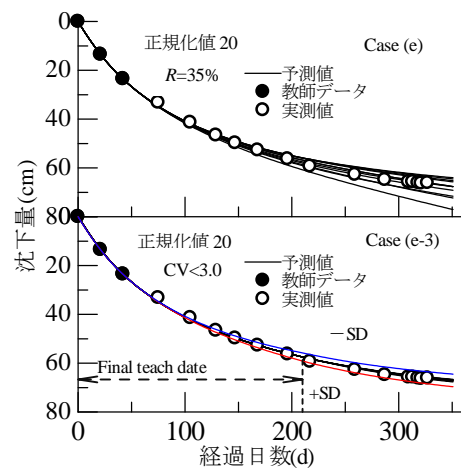


Fig.1 提案モデルによる沈下予測結果