

III-488

拡張カルマンフィルタによる泥炭性軟弱地盤の圧密沈下予測精度

武蔵工業大学 学 員 ○新家 忠彦
 (株)地崎工業 正 員 須藤 敦史
 武蔵工業大学 正 員 星谷 勝

1. 序 論

泥炭性軟弱地盤の圧密沈下は、地下水変動などの影響を受ける非定常な挙動を示し、予測値と実際の沈下量が一致しない場合が多い。そこで、著者らは拡張カルマンフィルタ¹⁾とAR(浅岡)モデルを用いて、泥炭性軟弱地盤の非定常な沈下挙動のシミュレートと圧密沈下量の予測を行っている²⁾。本研究は、ARモデルの次数と、観測データの解析間隔による予測精度の比較検討を行っている。

2. AR(浅岡)モデルと誤差評価関数

1) 浅岡モデル³⁾

浅岡モデルは、三笠の方程式を基本式として式(1)に示される。

$$\rho_k = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i \rho_{k-i} \quad (1)$$

ρ_k : 時刻 $t=k\Delta t$ の沈下量 β_i : 未知パラメータ

ここで、式(1)における一次式と二次式を未知パラメータの要素で表すと式(2), (3)のようになる。

$$\rho_k = [1, \rho_{k-1}] \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix} \quad (2) \quad \rho_k = [1, \rho_{k-1}, \rho_{k-2}] \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

式(2), (3)に観測ノイズ v_{tk} を加えると、式(5)に示すように拡張カルマンフィルタの観測方程式となる。また、未知パラメータは状態方程式(4)となり時間的に遷移しない定常と仮定する。

$$X_{t_{k+1}} = X_{t_k} + w_{t_k} \quad (4)$$

$$Y_{t_k} = H_{t_k} X_{t_k} + v_{t_k} \quad (5)$$

X_{t_k} : 離散型状態ベクトル Y_{t_k} : 観測ベクトル

w_{t_k}, v_{t_k} : システムおよび観測雑音ベクトル

2) 誤差評価関数

一次モデルと二次モデルのパラメータ同定精度を比較するために、解析により得られたパラメータを用いて推定観測値を算出し評価関数を求める。評価関数は、式(6)に示すように各時刻の推定沈下量と計測沈下量の差の自乗平均を求める式である。

$$\theta = \frac{1}{N} \sum_{i=n_1}^{n_2} (Y_i^* - Y_i)^2 \quad (6)$$

Y_i^* : 観測沈下量 Y_i : 推定沈下量

n_1 : 解析初日数 n_2 : 解析最終日数

$N=n_2-n_1+1$: 観測データ個数

3. 解析結果

1) モデル次数による比較

盛土荷重の増加が沈下量に影響を与えていると考えられる30日までの観測値を用いて、各区分ごとに求められた未知パラメータを区間係数(β_i)として同定し、その時の評価関数(θ)を表-1, 2に示す。また、求められた区間係数より沈下挙動をシミュレートした結果を図-1に示す。次に、地下水位変動の影響を受ける545日までの観測値より求めた各区分係数および評価関数を表-3, 4に示し、同時に945日までの圧密沈下量を予測した結果を図-2に示す。図より、一次モデルと二次モデルにおける沈下挙動のシミュレート及び沈下量の予測では差はみられない。

2) 解析データ間隔による精度の比較

解析データ間隔を8日と16日間隔とし、545日までの観測値を用いて未知パラメータを同定し、同時に945日までの圧密沈下量の予測を行った結果を図-3に示す。この結果より観測間隔8日の方が予測誤差が少ない。

4. 結 論

モデル次数と観測データの解析間隔による予測精度の比較を行った結果、モデルの次数(一次、二次)では予測精度の違いはみられず、観測データの解析間隔を短くした場合の予測精度は向上した。

したがって、本手法を実際の施工管理に適用する場合には、一次モデルを用いて解析データ間隔を短くすれば計算時間の短縮がはかれ予測精度は向上する。

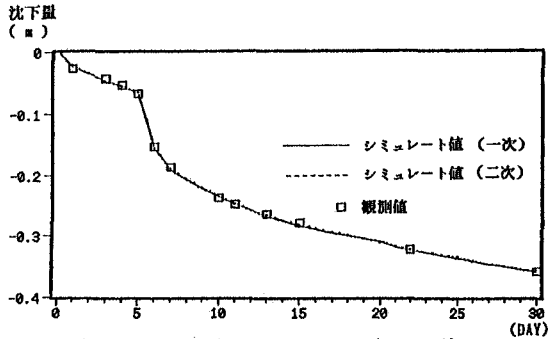


図-1 沈下挙動のシミュレート(1~30日)

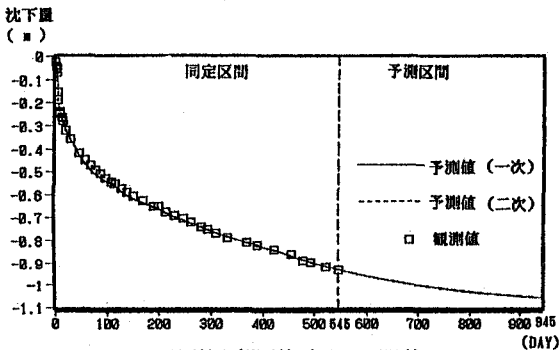


図-2 予測値と観測値(545~945日)

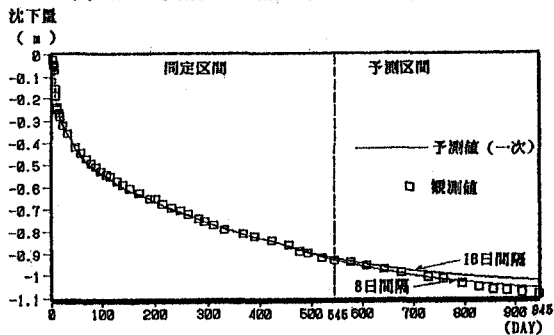


図-3 予測値と観測値(解析データ間隔 8日,16日)

表-1 (一次モデル) 区間係数と評価関数

区 間	β_0	β_1	θ
1~5日	0.0207	0.7475	0.4898E-05
5~10日	0.0307	0.9282	0.2427E-05
10~20日	0.0377	0.8880	0.2859E-05
15~25日	0.0310	0.8184	0.2465E-06
20~30日	0.0288	0.9275	0.5480E-06

表-2 (二次モデル) 区間係数と評価関数

区 間	β_0	β_1	β_2	θ
1~5日	0.0212	0.3765	0.4084	0.2188E-06
5~10日	0.0400	0.3814	0.5113	0.2503E-05
10~20日	0.0814	1.0282	-0.1276	0.1717E-05
15~25日	0.0553	0.1910	0.8860	0.3244E-06
20~30日	0.0268	0.8474	-0.5132	0.1080E-06

表-3 (一次モデル) 区間係数と評価関数

区 間	β_0	β_1	θ
1~100日	0.0998	0.8318	0.4422E-03
80~240日	0.0705	0.8993	0.9537E-04
160~320日	0.0508	0.9378	0.5185E-04
240~400日	0.0418	0.9538	0.3913E-05
320~480日	0.0388	0.9581	0.2087E-04
400~545日	0.0282	0.8738	0.1817E-04

表-4 (二次モデル) 区間係数と評価関数

区 間	β_0	β_1	β_2	θ
1~100日	0.0995	0.8803	-0.0288	0.4350E-03
80~240日	0.0828	1.0017	-0.0805	0.7918E-04
160~320日	0.0801	0.2853	0.8082	0.3397E-04
240~400日	0.0284	1.2582	-0.2807	0.2843E-05
320~480日	0.0178	1.4727	-0.4807	0.1826E-04
400~545日	0.0545	0.0819	0.8688	0.1790E-04

<参考文献>

- 1) Jazwinski, A.H: Stochastic process and filtering theory, Academic press, pp.266-286, 1970.
- 2) 星谷・板橋・伊藤・須藤: 拡張カルマンフィルタによる泥炭性軟弱地盤の圧密沈下予測, 土木学会論文集, No. 455, pp. 105-114, 1992.
- 3) Asaoka, A., and Mtsuo, M.: An inverse problem approach to the prediction of multidimensional consolidation behavior, Soils and Foundations, Vol. 24, No. 1, pp. 49-62, 1984.