

III-447

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

(株)地崎工業 正会員 ○須藤 敦史
武蔵工業大学 正会員 星谷 勝

1. 序 論

軟弱地盤における沈下現象は、複雑な挙動を示し沈下理論による予測値と実際の沈下量が一致しない場合が多い。特に泥炭性軟弱地盤では二次圧密沈下量が大きく室内試験等では、沈下量の予測は難しいと言われている¹⁾。そこで本研究は、泥炭性軟弱地盤の沈下観測値をもとに拡張カルマンフィルタと浅岡モデルを用いて、その挙動をシミュレートし同時に二次圧密沈下量の予測を行っている。

2. 拡張カルマンフィルタの定式化と区間定常性の仮定

1) 拡張カルマンフィルタによる定式化²⁾

拡張カルマンフィルタは、非線形連続型状態方程式と非線形離散型観測方程式を基本式として構成している。

$$dX_t/dt = f(X_t, t) + G_t w_t \quad (1)$$

$$Y_{t_k} = (X_{t_k}, t_k) + v_{t_k} \quad (2)$$

X_t, X_{t_k} : 連続型および離散型状態ベクトル Y_{t_k} : 観測ベクトル

w_t, v_{t_k} : システムおよび観測雑音ベクトル G_t : 変換行列

一方、浅岡モデルは、(3)式のようになる³⁾。

$$\rho_k = \beta_0 + \beta_1 \rho_{k-1} \quad (3)$$

ρ_k : 時刻 $t = k \Delta t$ の沈下量

β_0, β_1 : 未知パラメータ

ここで状態方程式は、未知パラメータを要素とする状態ベクトルとなり時間的に遷移しないと仮定し、状態方程式を未知パラメータを要素として表示すると(4)式ようになる。

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}_{t_{k+1}} = I \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}_{t_k} + \begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \end{bmatrix}_{t_k} \quad (4)$$

また、観測方程式は沈下量を観測値とし、(3)式に基いて表すと(5)式ようになる。

$$Y_{t_k} = [1, \rho_{k-1}] \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{bmatrix}_{t_k} + \begin{bmatrix} v_0 \\ v_1 \end{bmatrix}_{t_k} \quad (5)$$

(4), (5)式より未知パラメータの推定が拡張カルマンフィルタにより逐次的に行われる⁴⁾。

2) 沈下挙動の非定常性

泥炭性軟弱地盤の圧密沈下挙動は、地下水位の変動による影響を受ける非定常な挙動であり、モデル化を行うと図-1 になる。前節の拡張カルマンフィルタの定式化は、定常状態のものであるがここでは沈下挙動は緩やかなものとし、一定区間での状態は定常性が成立するとして、(4), (5)式を用いて沈下挙動の解析を行う⁵⁾。

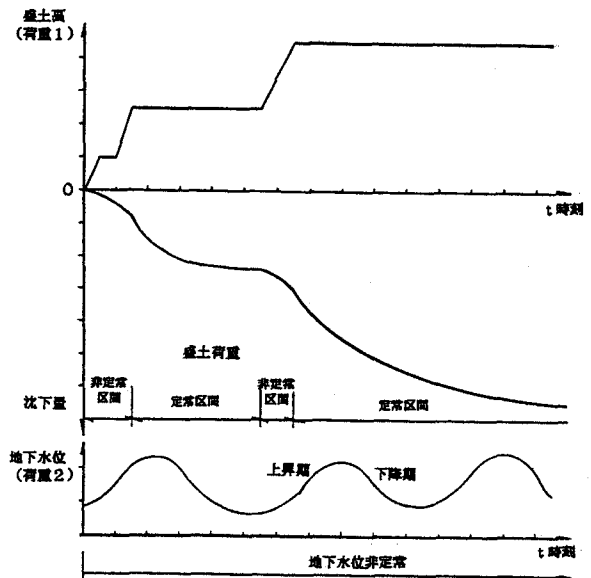


図-1 沈下曲線モデル (非定常)

3. 実観測値による二次圧密沈下挙動の予測

1) 沈下計による観測値

施工による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沈下挙動のシミュレートを行う。シミュレートした結果を図-2に示す。次に、545日までの観測値を用いて圧密沈下量の予測を行った結果を図-3に示す。この区間の沈下現象は、地下水位の期間変動による影響を受けて非定常な区間である。図-3において780日以降の二次圧密沈下量予測の推定誤差は、地下水位が上昇し沈下挙動が非定常な過程になったために大きくなったと考えられる。そこで780~856日の観測値より未知パラメータを同定し、二次圧密沈下を予測した結果を図-4に示す。

2) 施工管理による観測値

次にレベル測量により沈下挙動を観測した値を用いて圧密沈下量の予測を行う。この観測点では盛土を3段階で行っており、沈下計の観測値より誤差が多いと考えられる。観測日数1077日迄の観測値を用いて二次圧密沈下量を予測した結果と実際の観測値を同時に示した結果を図-5に示す。このように、日常管理の観測値を用いた場合でも精度よく泥炭性軟弱地盤の二次圧密沈下量の予測している。

4. 結 論

本手法では、観測方程式に圧密沈下予測のモデルを組み込むことが可能である。また状態方程式は、区間定常性の仮定により非定常な現象の解析も可能であり、盛土施工中の沈下挙動のシミュレートや泥炭性軟弱地盤の二次圧密沈下量の予測も短期的には可能であることが確認できた。本研究は、星谷の指導により須藤が行ったものである。

参考 文献

- 1) 能登繁幸: 泥炭地盤工学, 技報堂出版, 1991.
- 2) Jazwinski, A.H.: Stochastic process and filtering theory, Academic Press, pp.266-286, 1970.
- 3) Asaoka, A. and M. Matsuo: An inverse problem approach to the prediction of multidimensional consolidation behavior, Soils and Foundations, Vol. 24, No. 1, pp.49-62, 1984.
- 4) 村上 章・長谷川高士: Kalmanフィルタを用いた圧密沈下量の観測的予測, 農土論集, No. 120, pp. 61-67, 1985.
- 5) 星谷 勝・丸山 収: 多変量一次元ARモデルの逐次同定法, 土論集, No. 416, pp.349-355, 1990.

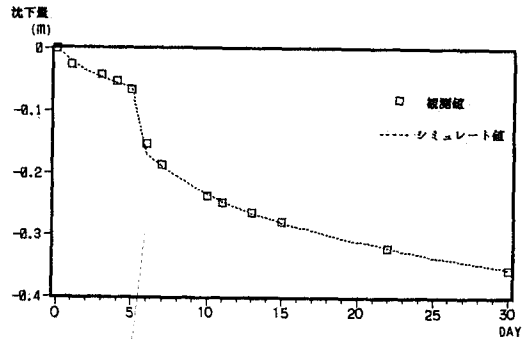


図-2 沈下挙動のシミュレート(1日~30日)

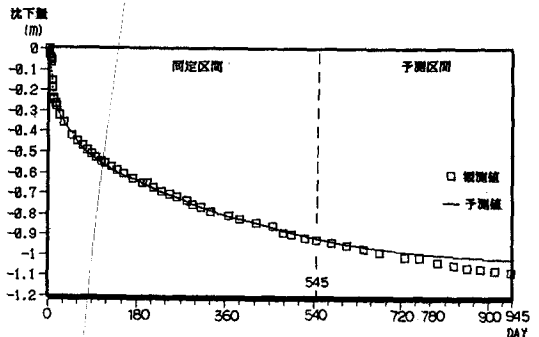


図-3 予測値と観測値(545日~945日)

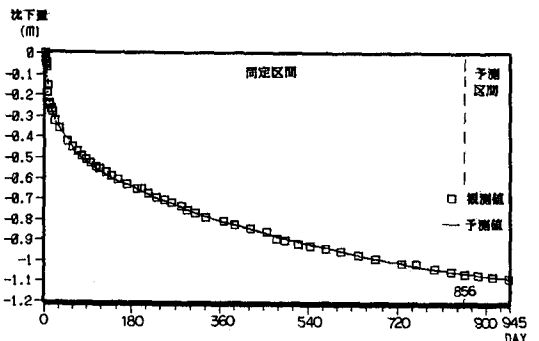


図-4 予測値と観測値(780日~945日)

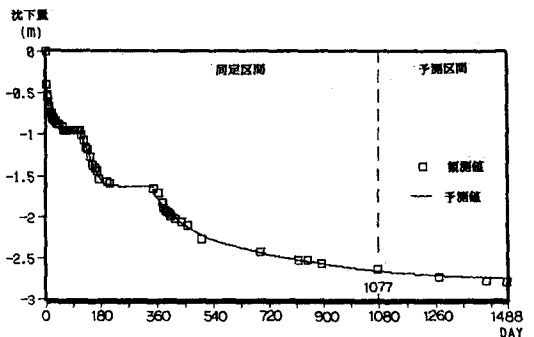


図-5 予測値と観測値(1077日~1488日)