

III-266 EK-WL I-FEMによる時間依存性パラメータ同定の基礎検討

武蔵工業大学 学生会員 ○桑名 智英
 (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. はじめに

地盤の安定性の評価のために、力学的特性のばらつきや観測値の誤差を考慮したベイズ理論により確率論的にデータを取り扱うカルマンフィルタを用いた逆解析手法の研究が行われている¹⁾。しかし従来の研究では、地盤の力学的特性値を定常として扱っており、力学的特性は時間に伴い緩やかに変化する場合も生じる。そこで、本研究は著者らの提案した手法(EK-WL I-FEM)²⁾を用いて地盤の力学的特性が時間と共に変化する場合の逆解析を目的として数値解析により基礎検討を行っている。

2. EK-WL I法への適用

(1) 有限要素法の定式化³⁾

有限要素法において荷重と変位の関係は、(1)式の剛性方程式で示され、変位ベクトルは(2)式のようになる。

$$[K] u = f \quad (1)$$

$$u = [K]^{-1} f \quad (2)$$

[K] : 剛性マトリクス, u : 変位ベクトル

f : 荷重ベクトル

一方、拡張カルマンフィルタ中の観測方程式は変位量 u に観測雑音を加えたものであり、この観測方程式を式(2)の形で現すと式(3)、(4)のようになる。

$$y = u + v = h(X) + v \quad (3)$$

$$h(X) = [K]^{-1} f \quad (4)$$

次に、地盤定数を要素とする状態ベクトルは、観測値が一時に得られれば時間的に遷移せず一定と仮定し、状態方程式を離散表示すると式(5)のようになる。

$$\hat{X}(t_{k+1} | t_k) = [I] \hat{X}(t_k | t_k) + w t_k \quad (5)$$

(2) 時間変化に対応した観測ベクトル

EK-WL I-FEMでは、観測値はある時刻において計測された値であり地盤の力学特性が緩やかに変化する場合、各時刻で得られる観測ベクトルが状態ベクトルの時間変化に対応した値になる。したがって、(5)式のように状態ベクトル推定の繰り返し計算 t_k は時間に関係なくステップの回数になる。

3. 数値解析

本手法の適用性を検証する目的で図-1のような3層からなる地盤モデルを行い地盤の力学特性(弾性係数)の時間変化を表-1のように仮定する。この各弾性係数より求められた計算値にノイズを加え観測値とし、地盤の弾性係数を同定する。なお、ポアソン比は問題を簡単にするため確定値とした。ここで、各時刻における弾性係数の同定精度と収束性を評価するため次式に示す評価関数を用いる。

$$\theta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i - u_i^*) \quad (6)$$

N : 観測点数, u_i : 解析変位, u_i^* : 観測変位

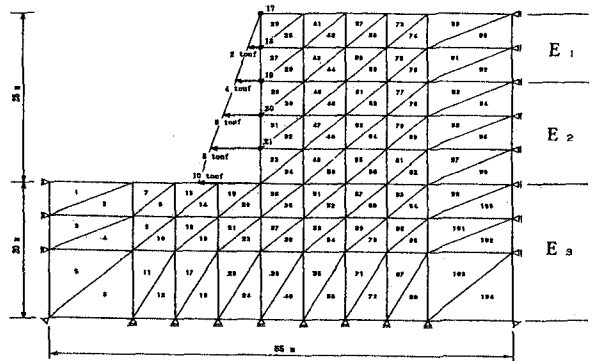


図-1 地盤解析モデル

表-1 弾性係数

	(tf/m ²)		
	E ₁	E ₂	E ₃
t ₁	1000	2000	3000
t ₂	800	1800	2800
t ₃	600	1600	2600
t ₄	400	1400	2400
t ₅	200	1200	2200

観測値に誤差が含まれず誤差共分散値に乗ずる重みを共通に5000とした場合の解析結果を図-2に示す。また、計算変位量の平均値の0.3%の標準偏差をもつ正規性ノイズを加えた値を観測値とし、重みを1000、評価関数の基準値を 1.0×10^{-4} とした場合の解析結果を図-3に示す。次に、ノイズが1.0%含まれた観測値を用い、重み、評価関数の基準値をそれぞれ1000, 1000, 500と 5.0×10^{-4} とした場合の解析結果を図-4、その時の評価関数の値を表-2に示す。観測値にノイズが1.0%含まれる時には、推定精度が悪くなる場合が生じる。本解析ではEK-WLI法のローカルな繰り返しは8回で行っている。

表-2 評価関数 (ノイズ 1.0%)

[illegible]

4. まとめ

本手法は、時間とともに変化するパラメータの同定が可能であることが確認された。

しかし観測値に含まれるノイズの割合が多い場合には弾性係数 E_0 が真値に収束しない。これはノイズの偏差によるものであるが実際にこのような観測値が観測されなかった場合には、得られている情報は変位しかなく観測値の精度に依存した推定値が得られることになる。

本研究は、星谷の指導により須藤が行い、桑名は計算を行っている。

〈参考文献〉

- 1) 門田俊一・斉藤悦郎・和久昭正・後藤哲雄:繰返し拡張カルマンフィルタによる異方性岩盤物性の同定と地下空洞計測管理への適用,土木学会論文集, No. 406 pp107-116, 1989.
- 2) 須藤敦史・星谷 勝:拡張カルマンフィルタの基本的考察とEK-WLI法の提案,土木学会論文集 No. 437, pp203-211, 1991.
- 3) 須藤敦史・星谷 勝:EK-WLI法と有限要素法による逆解析, JACOSSAR, 91'概要集, pp699-702, 1991.

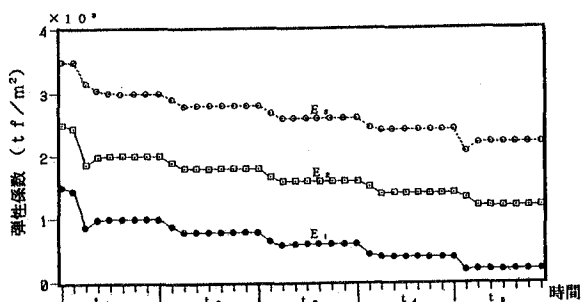


図-2 パラメータ同定結果(ノイズなし)

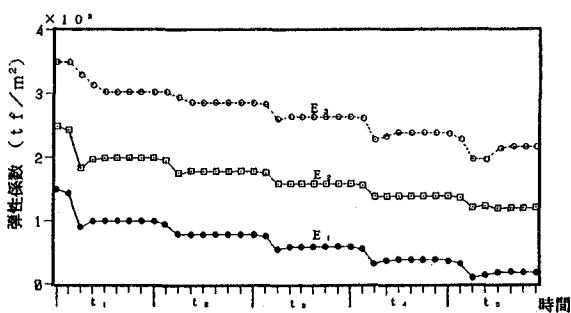


図-3 パラメータ同定結果 (ノイズ 0.3%)

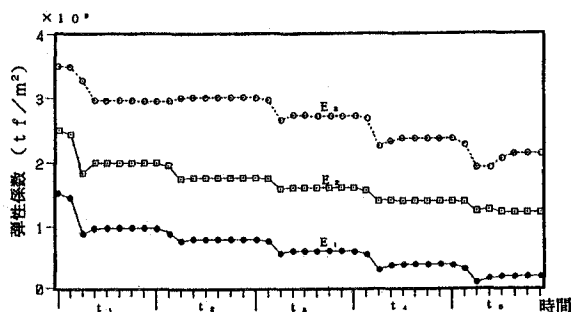


図-4 パラメータ同定結果 (ノイズ 1.0%)