

III-478

弾性圧密逆解析のための計測点配置

鹿島建設(株)情報システム部 正員 ○ 高橋俊彦
 正員 松本 喬
 正員 庄子幹雄

1. はじめに

情報施工を意識した計測管理を行う場合、限られた計測コストの内で各々の計測器をどの場所に設置するかは大きな問題で、その設置場所によって、情報施工が成功するかどうかの鍵を握っているといっても過言ではない。従来、計測器は過去の経験(経験に基づく方法)かもしくは一歩進んで変形の一番大きく生じる場所(予測解析に基づく方法)にその設置位置を決定していたが、近年逆解析手法の発展にともない感度解析を用いた設置位置の決定法(感度解析に基づく方法)が提案されてきている。¹⁾

本報では、計測データの施工安全管理へのフィードバック手法として二次元弾性圧密逆解析²⁾を用いることを前提に、それぞれ経験に基づく方法、予測解析に基づく方法、感度解析に基づく方法に従って、計測点配置を決定した場合、逆解析の効率にどのような影響を及ぼすかを比較、検討する。

2. 感度解析手法

地盤を等方弾性体とする有限要素法による圧密解析に対する支配方程式は最終的には次式で表される。

$$[A_n]\{U^n\} = \{F^n\}, \quad (1)$$

ここで、 $[A_n]$: 支配方程式マトリックスで各土層のヤング率、ポアソン比、透水係数、節点座標及び時間の関数

$\{U^n\}$: 節点変位ベクトルで時間 n ステップ目の各節点の変位及び間隙水圧からなるベクトル

$\{F^n\}$: 時間 n ステップ目の荷重ベクトル

この時、感度ベクトルは変位を注目すべき物性パラメータ x で偏微分することによって次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \{U^n\}}{\partial x} &= \frac{\partial ([A_n]^{-1} \{F^n\})}{\partial x} \\ &= -[A_n]^{-1} \frac{\partial [A_n]}{\partial x} [A_n]^{-1} \{F^n\} + [A_n]^{-1} \frac{\partial \{F^n\}}{\partial x} \\ &= [A_n]^{-1} \left(-\frac{\partial [A_n]}{\partial x} \{U^n\} + \frac{\partial \{F^n\}}{\partial x} \right), \end{aligned} \quad (2)$$

3. 数値解析例

比較的単純な土層と形状をしたモデルに対しては、経験に基づく方法、予測解析に基づく方法、感度解析に基づく方法のいずれを用いてもほとんど変わらず、実際上もその計測点配置で問題のないことがわかったので³⁾、ここでは図-1に示すような傾斜した土層地盤を考える。

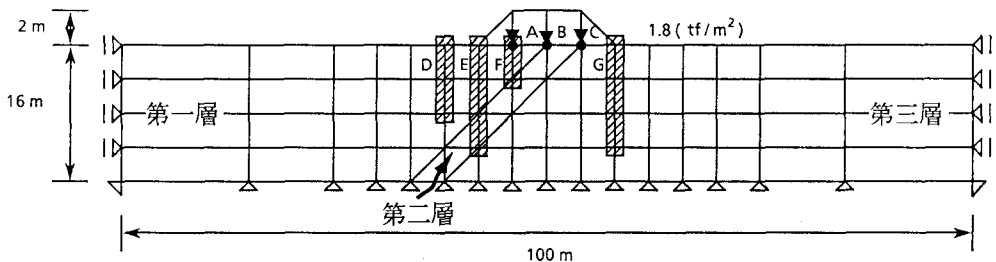


図-1 FEMモデル図

物性パラメータは表-1で与えられるものを真値とするが、事前予測解析の段階では近似的に表-2で与えられているものが得られていると仮定する。なお、ここではヤング率、ポアソン比の逆算を行うことにして透水係数は既知としておく。表-2の物性パラメータに対して予測解析、感度解析を行い、それらの結果に基づいて想定される計測点配置を決定した。また、経験に基づく方法としては盛土尻部に傾斜計、盛土直下に沈下板を配置するものとした。以上の手順により決定された計測点配置パターンを表-3に示す。

表-1 物性パラメータの真値

	ヤング率 (tf/m ²)	ポアソン 比	透水係数 (cm/sec)
第一層	$E_1=300$	$\nu_1=0.45$	$k_1=10^{-6}$
第二層	$E_2=100$	$\nu_2=0.25$	$k_2=10^{-5}$
第三層	$E_3=1000$	$\nu_3=0.35$	$k_3=10^{-4}$

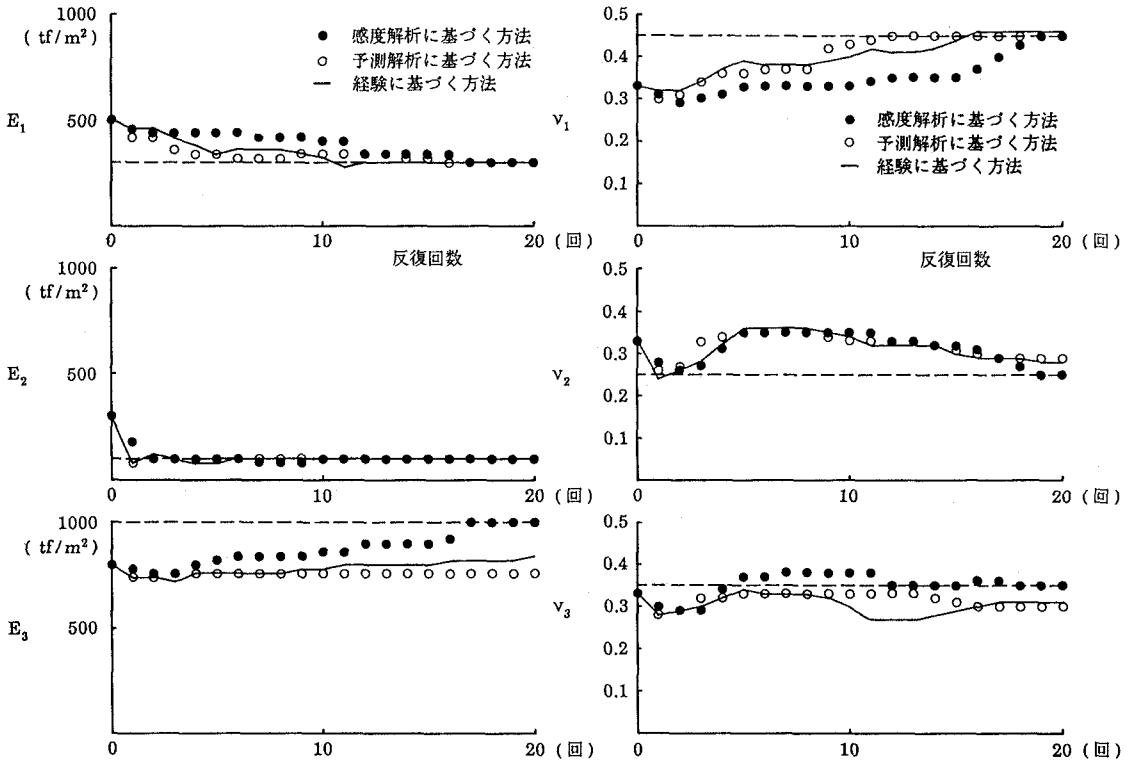
表-2 物性パラメータの事前予測値

	ヤング率 (tf/m ²)	ポアソン 比	透水係数 (cm/sec)
第一層	$E_1=500$	$\nu_1=0.33$	$k_1=10^{-6}$
第二層	$E_2=300$	$\nu_2=0.33$	$k_2=10^{-5}$
第三層	$E_3=800$	$\nu_3=0.33$	$k_3=10^{-4}$

表-3 計測点配置パターン

決定の 基準	傾斜計 (水平変位)	沈下板 (鉛直変位)
経験に 基づく方法	E, G	B
予測解析に 基づく方法	D, E	A, B
感度解析に 基づく方法	F, G	A, B, C

表-3の各々の配置パターンに対して、表-1の物性パラメータを用いた弾性圧密解析結果を計測値として与え、逆解析を行った結果を図-2に示す。これらの計算結果から以下のことが考察される。



- (i) いずれの方法もまずまず良好な結果が得られているが、 E_3 に関しては、感度解析に基づく方法では精度よく逆算されているが、経験に基づく方法、予測解析に基づく方法ではあまり精度よく逆算されていない。これは、感度解析に基づく方法では各土層の感度分布に基づいて計測点配置が決定されるので計測点が各土層にバランスよく振り分けられる事に起因していると思われる。
- (ii) 一般に、計測器の設置場所には制約が課せられることもあると思われるが、本モデルに代表されるような複雑な土層の場合や近隣に矢板や地中連続壁等の剛性が極端に異なる構造物が存在する場合は感度解析に基づく方法を併用することが重要である。

4. おわりに

弾性圧密逆解析を効率よく行うための計測点配置の決定方法について比較、検討した。今後も逆解析を中核とした情報施工を進めていく上で、より合理的な計測点配置の決定方法を確立していく方針である。

[参考文献]

- 1) 村上・長谷川(1987): Kalmanフィルタ有限要素法による逆解析と観測節点配置, 土木学会論文集, 第388号/III-8, pp.227-235
- 2) 高橋・松本・庄子・太田(1988): 二次元弾性圧密逆解析の現場への適用, 第23回土質工学研究発表会講演集, pp.1161-1164
- 3) 庄子幹雄(1988): コンピュータネットワークを利用した土構造物の情報施工に関する研究, 博士論文, 京都大学