

III-477

現場計測変位に基づく地盤変形・強度定数の逆解析

○徳島大学大学院 学生員 森野克也

徳島大学工学部 正会員 小嶋啓介

福井大学工学部 正会員 荒井克彦

1. まえがき

地盤の圧密沈下解析における最も困難な問題の1つとして、圧密現象を支配する物性定数の決定をあげることができる。従来より、非線形構成モデルのパラメータの逆解析は困難な問題であるといわれてきた。本報告では、地盤が拘束圧依存性のある双曲線型の応力-ひずみ関係を持つとし、せん断ひずみをパラメータとして変形性を制御することにより、初期せん断剛性係数 G_i 、せん断強度 S_r 、ポアソン比 ν 、透水係数 k を同時に推定できる方法を検討し、仮想モデル地盤ならびに実際の軟弱地盤における盛土工事の動態観測結果に適用した結果を報告する。

2. 逆解析問題の定式化

通常、非線形構成モデルでは、物性定数に鈍感な応力のみをパラメータとして構成特性を制御しているために、逆解析が困難となることが、従来の研究より明らかにされている。これは、物性定数に敏感な物理量を導入することで、回避できる可能性があり、ここでは、次式で表されるような双曲線型構成モデルを採用することとした（図-1参照）。

$$3G_t = \frac{3S_r^2 G_i}{(S_r + 3G_i \varepsilon)^2} \sigma \quad (1)$$

$$\varepsilon = (2/3 \gamma_{ij} \gamma_{ij})^{1/2} \quad (2)$$

ここに、 G_t ：接線せん断剛性係数、 S_r ：せん断強度比、 G_i ：初期せん断剛性係数、 γ_{ij} ：偏差ひずみテンソルをそれぞれ表している。上式における σ を次のように考えることにより、3種の構成モデルを表すことになる。

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_{\text{unit}} : \text{単位応力} && \text{モデル-a} \\ \sigma &= \sigma_{m0}' : \text{初期平均有効応力} && \text{モデル-b} \\ \sigma &= \sigma_m' : \text{平均有効応力} && \text{モデル-c} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 σ を上のように考えたのは構成モデルの応力依存性の程度による逆解析の可能性を検討するためである。式(1)から(3)で表される双曲線型構成モデルを採用する場合、その物性定数逆解析問題は、次式で示される目的関数を、下記の不等号制約条件の下で最小化する最適化問題として定式化できる。

$$\text{minimize } J = \sum_t \sum_n \{ \sigma(u_{nt} - U_{nt})^2 \} \quad (4)$$

$$0 < G_i, 0 < S_r, 0 < k, 0 < \nu < 0.5 \quad (5)$$

ここに、 J ：目的関数、 N_t ：時間ステップの個数、 N_d ：変位の計測値の個数、 U_{nt} ：時刻 t 、節点 n の観測変位、 u_{nt} ： U_{nt} に対応する計算値である。なお、式(4)の最適化計算には、数値計画法における共役勾配法を用いるが、勾配計算において、応力 σ は物性定数に依存しないと仮定している。

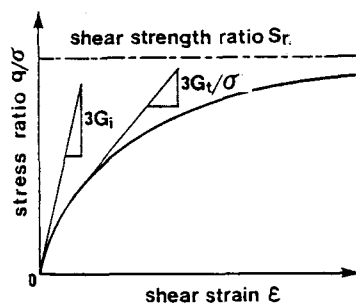


図-1 双曲線型構成モデル

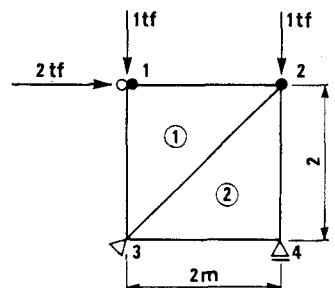


図-2 仮想モデル地盤と観測位置

表-1 仮想地盤の物性定数と初期応力

	Model-a	Model-c
initial tangent modulus of rigidity G_i	10.0	
shear strength ratio S_r	2.4	
Poisson's ratio ν	0.2	
initial stress σ_{m0}' (tf/m ²)		1.0

3. 数値解析結果

はじめに、図-2に示す簡単な仮想モデル地盤に対し、応力依存性のないモデル-aと応力依存性のあるモデル-cを導入した本逆解析法の適用性の確認を行う。表-1には、それぞれのモデルの物性定数と初期応力を示すがこれらの値は両モデルの初期せん断剛性係数が等しくなるように選択したものである。図-2に番号を記す節点の変位を観測データとして、逆解析を行った結果を図-3に示す。図より明らかなように、両モデルともにすべての物性定数が、精度よく推定されている。

次に、実地盤に対する適用結果を示す。対象工事は、イギリスセント州のサンドイッチパイパスの建設にともなう試験盛土であり、図-4に有限要素分割図と変位の観測位置を示す。図-5は、図-4に番号を示す節点の変位を与え、逆解析された物性定数による計算変位と観測変位の比較である。同図より、モデル-a、cとも、実際の現象を良好に近似していると認められるが、拘束圧依存性のあるモデル-cがより正確であることが明らかである。このことから、本逆

解析法によって推定された物性定数は、現地盤の物性値にかなり近いはずであり、この逆解析法の妥当性を示唆するものであると考えられる。図-6は、圧密試験から求められた透水係数と推定された値との比較であるが、実地盤の挙動の再現には、圧密試験から求められた値を10から100倍する必要があると考えられる。

4. あとがき

応力に依存する構成モデルに対しても、物性定数に敏感なひずみをパラメータとすることで、その物性定数の推定が可能であることが確認された。今後、実地盤に対する適用を通して、本逆解析法の妥当性と、土質試験から決定される物性定数の修正法などを検討していく方針である。

参考文献

- 1) 荒井克彦, 高瀬貴文 (1984): 「トンネル内空変位計測に基づく地盤変形・強度定数の推定」, 土質工学会論文報告集, Vol.24, No.2, pp.171-179.
- 2) 小嶋啓介・足立紀尚・荒井克彦: 「砂質山地山トンネルの掘削にともなう地盤物性定数の逆解析」, (投稿中)

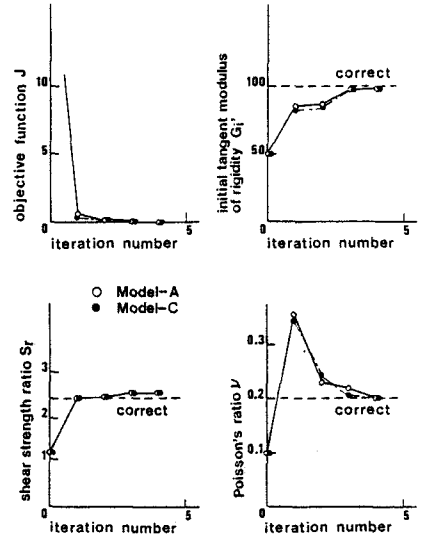


図-3 仮想地盤の逆解析結果

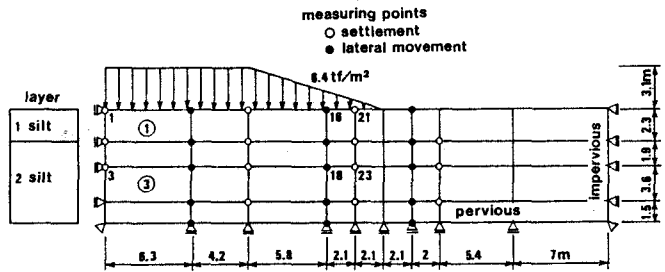


図-4 試験盛土の観測位置と有限要素分割図

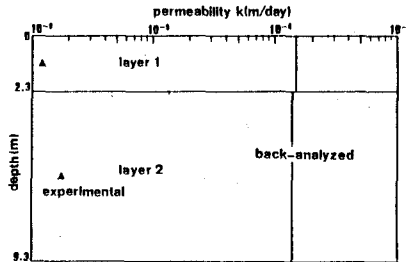


図-6 透水係数の実験値と推定値の比較

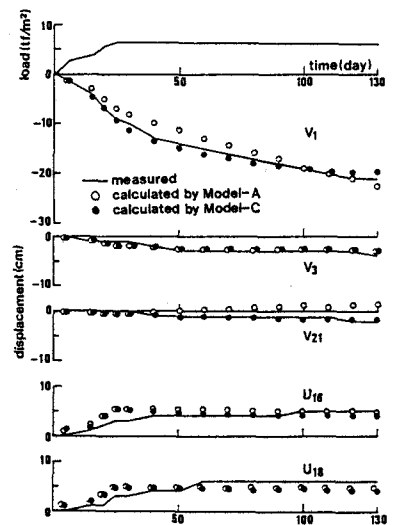


図-5 試験盛土の観測変位と計算変位の比較