

III-476

Cam-Clayモデルのパラメータの逆解析に関する検討

○徳島大学工学部 正会員 小嶋啓介

京都大学工学部 正会員 足立紀尚

福井大学工学部 正会員 荒井克彦

1. まえがき

近年、地盤材料を対象とした構成モデルを利用した解析が普及してきているが、室内土質試験や現位置試験から、現地盤の諸特性を代表する物性定数を推定することは多くの困難を伴う。そのため、工事施工時における現場観測情報から、地盤物性定数などを推定するいわゆる逆解析法が注目されている。しかし通常の弾塑性構成モデルは、ある瞬間における諸特性が、その時点の応力、ひずみならびにその履歴などに依存しているため、その物性定数を直接推定することは困難であると考えられる。本報告では、拘束応力に依存する双曲線型構成モデルを用い、現場観測変位からその物性定数を推定する方法を示すとともに、Cam-Clayモデルのパラメータを間接的に推定する方法を示し、実際問題に適用した結果を考察する。

2. 逆解析問題の定式化

従来の研究¹⁾より、応力が変形性を表すパラメータに鈍感であることから、通常の構成モデルのように応力をパラメータとして、変形特性などを制御するモデルでは、その物性定数の推定が容易でないことが明らかにされてきた。しかしながら、一般の破壊規準は応力の関数として与えられているため、強度定数を推定しようとする場合には、応力の導入が避けられない。以上を考慮し、ここでは接線せん断剛性係数が次式で表されるような、拘束応力に依存する双曲線型の構成モデルを採用する（図-1参照）。

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

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

ここに、 G_t ：接線せん断剛性係数、 S_r ：せん断強度比、 G_i ：初期せん断変形係数、 σ'_m ：平均有効応力、 γ_{ij} ：偏差ひずみテンソルをそれぞれ示している。上式で表される構成モデルは、拘束応力にも依存しているが、物性定数に敏感なせん断ひずみ ε がより主導的な役割を占めている点が重要である。式(1)を採用した地盤物性定数逆解析問題は、観測変位と対応する計算変位の誤差の自乗和を最小化する地盤各層の初期せん断変形係数 G_i 、せん断強度比 S_r 、ポアソン比 ν および透水係数 k を探索する最適化問題として定式化することができる。なお、最適物性定数の探索手法としては、共役勾配法を用いるが、勾配計算に際して、平均有効応力は各物性定数に依存しないと仮定している。

次に、Cam-Clayモデルのパラメータの推定法を示す。Cam-Clayモデルに必要なパラメータのうち、間隙比 e などの状態量は圧密試験などから推定可能であると仮定する。透水係数やポアソン比は、逆解析により直接推定されているため、残されたパラメータは限界状態パラメータ M 、圧縮および膨潤係数 λ 、 κ の3個となる。式(1)および図-1から次式が成立する。

$$\kappa = \frac{3(1-2\nu)(1+e)}{2(1+\nu) G_i} \quad (3)$$

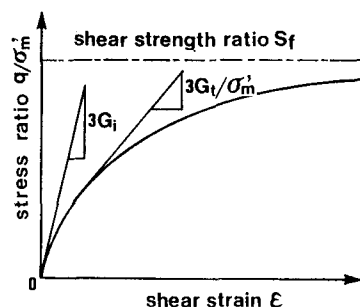


図-1 双曲線型構成モデル

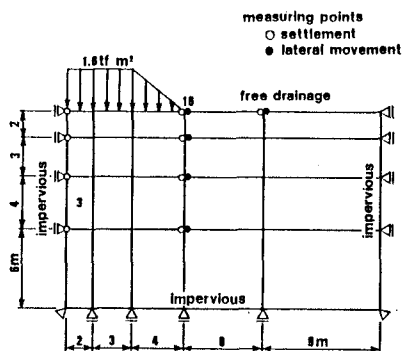


図-2 仮想地盤モデルおよび変位の観測位置

$$M = S_r \quad (4)$$

圧縮指数の計算にはいまひとつの式が必要であるが、ここでは、
軽部²⁾による次の近似式を用いて推定した。

$$1 - \kappa/\lambda = M/1.75 \quad (5)$$

3. 数値解析結果

はじめに、図-2に示すような簡単な仮想モデル地盤に対して、
本パラメータ推定法の適用性の検討を行う。双曲線型モデルによる
計算変位のうち、図-2に番号を示す節点の値を観測変位として
与え、物性定数の逆解析を行い、Cam-Clay モデルのパラメータを
間接的に推定し、両モデルによる解析結果を比較する。図-3
は推定されたパラメータを用いた Cam-Clay モデルによる計算
変位と観測変位の比較であるが、法尻部の側方変位を除いて、良
好な値が算出されている。

実地盤に対する適用対象は、イギリスのケント州におけるサン
ドイッチ試験盛土であり、その有限
要素分割図ならびに変位の観測位置
を図-4に示す。図-4に番号を
示した節点の変位を与え、推定された
パラメータを用いた計算変位と観測
変位の比較を図-5に示す。同図に
は、双曲線型モデルを直接用いた場
合と、Cam-Clay モデルを用いた場
合の計算変位を示すが、両者とも現
地盤の挙動を概ね良好に再現できる
パラメータが推定できていると考えられる。しかしながら、
本試験盛土の場合も Cam-Clay モデルでは、法尻部付近の側
方変形量が過大に評価され、鉛直変位でも双曲線型モデルを
直接用いた方が、より現実に近い値となっている。

パラメータが推定できていると考えられる。しかしながら、
本試験盛土の場合も Cam-Clay モデルでは、法尻部付近の側
方変形量が過大に評価され、鉛直変位でも双曲線型モデルを
直接用いた方が、より現実に近い値となっている。

4. あとがき

本報告では、双曲線型モデルから推定された物性定数を利
用することにより、Cam-Clay モデルのパラメータを推定す
る方法を提案し、仮想地盤ならびに実地盤に対して適用性を
検討し、比較的少ない観測データから、地盤の挙動を良好に
再現できるパラメータが推定できることを確認した。今後、
弾塑性構成モデルのパラメータを直接推定できる逆解析法を
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) 軽部大蔵(1975)：「規格以外の三軸圧縮試験方法とその問
題点」，第20回土質工学シンポジウム，pp. 45-60.

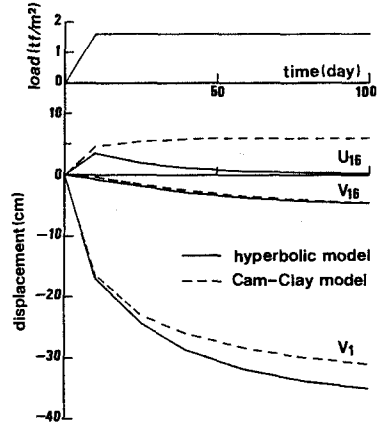


図-3 仮想地盤の観測及び計算変位

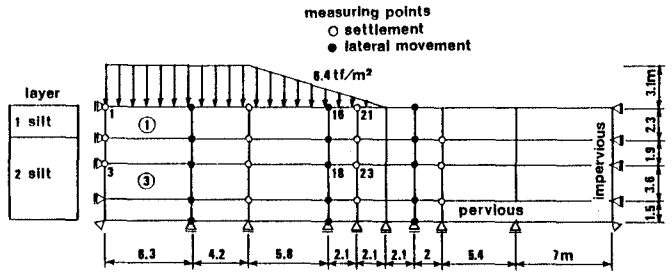


図-4 試験盛土の観測位置と有限要素分割図

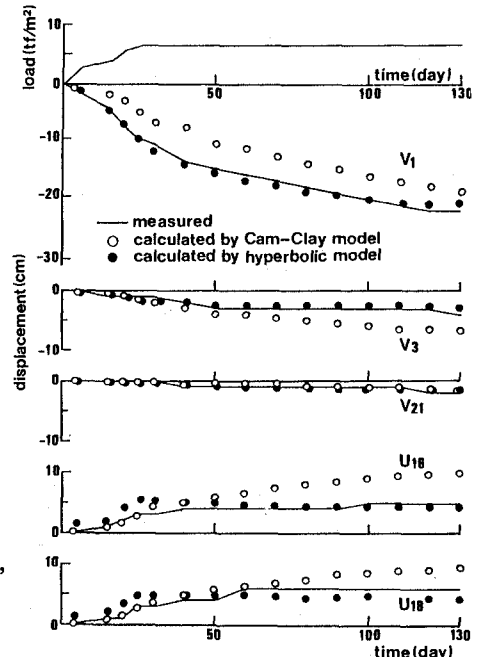


図-5 試験盛土の観測変位と計算変位