

III-92 弾粘塑性解析への一軸圧縮強度の利用

金沢大学 工学部 太田秀樹

佐藤工業（株） ○鍋谷雅司 藤井信二 山本松生

1. はじめに

有限要素法を用いて軟弱地盤の弾粘塑性解析を行う際、入力パラメーターを直接求めるには、精密な力学試験が不可欠だが、実際には行われない場合が多い。そこで、飯塚・太田・良峰は、¹⁾ 塑性指数（PI）を中心としたパラメーター決定法を提案しており、その実用面における適応性を検討している。

今回、腐植土を伴う沖積層から成る盛土基礎地盤を対象として、弾粘塑性解析を行った。ここでは、一軸圧縮試験と標準圧密試験の結果を用いて、破壊に関するパラメーターM(Critical State Parameter)を推定する方法を示し、解析結果について報告する。

解析に用いたプログラム(DACSAR, 1983)²⁾ は、Biotの圧密理論にもとづき、関口・太田、³⁾ 太田・関口による弾粘塑性構成式を適用したものである。

2. 入力パラメーターの決定手順

飯塚らが提案するパラメーター決定法をベースに、一軸圧縮試験と、標準圧密試験の利用をプラスした決定手順を図-1に示す。以下に、解析に用いたMの推定方法について述べる。

粘性土のMは、図-1中の(2)、(3)式を用いてPIから推定することができる。次にPIが測定できない腐植土のMを推定するため、一軸圧縮強度（ qu ）と、圧密降伏応力（ σ_{vo}' ）から求まる強度増加率（ $Su/\sigma_{vo}' = 0.5qu/\sigma_{vo}'$ ）から理論的にMを求めてみる。

太田・西原は、⁵⁾ 関口・太田モデルを用い、異方圧密された正規粘性土地盤に関する次の理論式を導いている。

$$(Su/\sigma_{vo}')_{NCA} = (1+2K_0)/3 \cdot H/2 \cdot \exp(-\Lambda + \Lambda/M \cdot \eta_0) \quad (1)$$

$$\text{ただし、} \Lambda = 1 - \kappa / \lambda \quad (= 1 - C_s/C_c), \quad \eta_0 = 3(1-K_0)/(1+2K_0) \quad (2)$$

また、次のような、異方正規圧密(NCA)と異方過圧密(OCA)地盤の非排水せん断強度の関係式を導いている。

$$(Su/\sigma_{vo}')_{OCA} = OCR^{\Lambda-1} (Su/\sigma_{vo}')_{NCA} \quad (3) \quad OCR: \text{過圧密比}$$

(1)式に、 $K_0 = 1 - \sin \phi'$ -(4)、 $M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$ -(5)の仮定を用いると、次の(6)式が得られる。

$$(Su/\sigma_{vo}')_{NCA} = H(6-H)/2(6+H) \exp[-\Lambda(3-H)/(6+H)] \quad (6)$$

(6)式において、 $\Lambda = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ における（ Su/σ_{vo}' ）とMの関係は、図-1-(b)のようになる。

これより、腐植土のMは次の手順で推定できる。

- ① 過圧密地盤の場合は、 $(Su/\sigma_{vo}' = 0.5qu/\sigma_{vo}')_{OCA}$ を、(3)式により正規圧密地盤の $(Su/\sigma_{vo}')_{NCA}$ に換算する。
- ② $(Su/\sigma_{vo}')_{NCA}$ の値と、標準圧密試験から求まる Λ を用いて、図-1-(b)によりMが推定される。

さらに、この方法を粘土層に適用するため、PIをパラメーターとして、理論的に得られる非排水せん断強度（ Su ）と、一軸圧

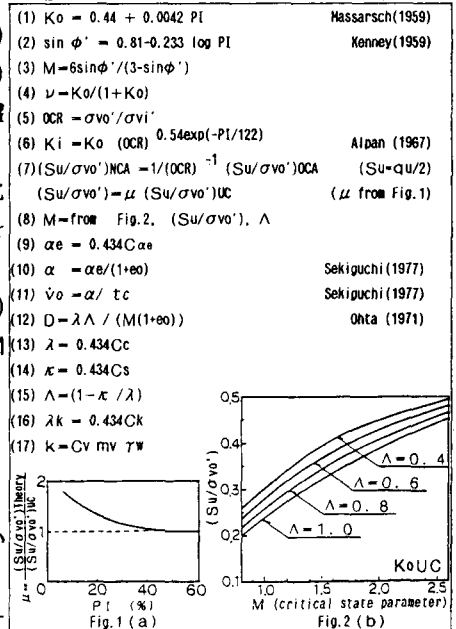
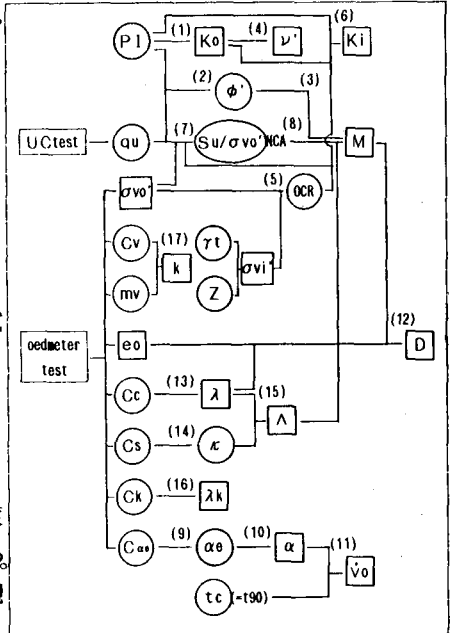


図-1 入力パラメーターの決定手順

縮強度から求まる非排水せん断強度 ($qu/2$) を比較してみた。

(1)-式に, $M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi') - (5)$, $\sin \phi' = 0.81 - 0.233 \log PI - (7)$
 $K_0 = 0.44 + 0.0042 PI - (8)$, $M = 1.75 \wedge$ (輕部, 1975) - (9), の仮定を用いる
 と, 図-2の理論曲線 (実線) が得られる。図-2の破線は, 数多くの一軸圧
 縮試験結果から求めた $(Su/\sigma'_{v0})_{UC}$ の平均的な値である。図-2より, PI
 が50%以下の粘土では, qu から求めた $(Su/\sigma'_{v0})_{UC}$ を補正する必要が
 ある。図-1-(a)は, $\mu = (Su/\sigma'_{v0})_{Theory} / (Su/\sigma'_{v0})_{UC}$ と PI の関係
 である。よって, PI が50%以下の粘土の場合, ①で得られた
 (Su/σ'_{v0}) を μ 倍してから②により M が推定できる。

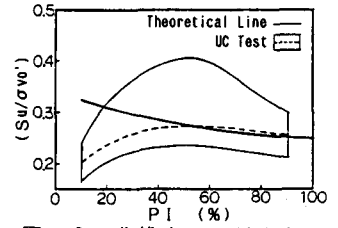


図-2 非排水せん断強度と塑性指数の関係

3. 解析方法

図-3に示す盛土基礎地盤 ($OCR=2 \sim 5$) に対して, 図-1の決定
 手順に従って入力パラメーターを決定し, 弾粘塑性解析を行
 った。なお, 表土層は弾性体とし, 弾性係数, 透水係数はサン
 プリングを行い, 室内試験により求めた。表土層以深の層
 における透水係数は, 標準圧密試験から得られた値を10倍し
 て用いた。透水係数の変化率 C_k は, 標準圧密試験結果を整
 理して, $e \sim \log k$ 関係の勾配とした。同様に, 二次圧密係
 数 C_{ae} も, 盛土荷重に相当する載荷段階の $e \sim \log t$ 関係の
 直線部分の勾配とした。 M については, 腐植土, 粘土層は一
 軸圧縮強度から, 粘土質砂層は PI から求めた。

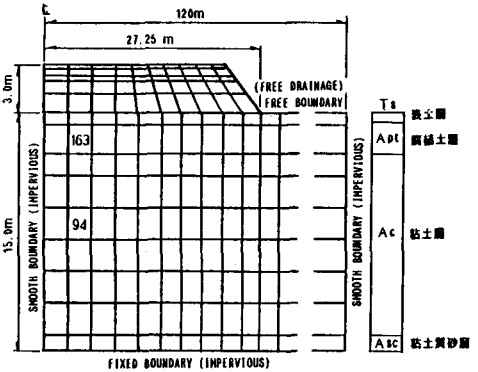


図-3 解析地盤のモデル図

4. 解析結果

盛土中央下の沈下量, 法尻の変位量, 間隙水圧の経時変化
 を実測値とともに図-4に示す。図中プロットが実測値, 実線
 が解析値である。今回のケースでは, 沈下量, 間隙水圧に関
 しては良好な結果が得られた。法尻部では, 鉛直変位が過大
 に, 水平変位が過少に評価されている。これは, 地表付近の
 静止土圧係数の仮定値に問題があるものと思われる。全般的
 に粘性土の定性的な傾向を忠実に表現しており, 定量的にも
 十分であるといえる。

5. おわりに

今回, 土質定数の推定が難しい腐植土層を伴う軟弱地盤上
 の盛土工を対象とし, 入力パラメーターの決定に一軸圧縮強
 度と標準圧密試験結果を利用してみた。解析結果は比較的良
 好であり, 今後も, 各種工事のケーススタディにより, 実用
 的な解析手法について検討していきたいと考えている。

6. 参考文献

- 1) 飯塚・太田・良峰 (1985); 第20回土質工学研究発表会
- 2) 太田・飯塚 (1983); DACSAMマニュアル 京大土木施工研
- 3) Sekiguchi & Ohta (1977); Proc. 9th, I. C. S. M. F. E.
- 4) Ohta & Sekiguchi (1979); Proc. 3rd, Int. Conf. Num. Geomech.
- 5) Ohta & Nishihara; SOILS & FOUNDATIONS, Vol. 25, No. 2

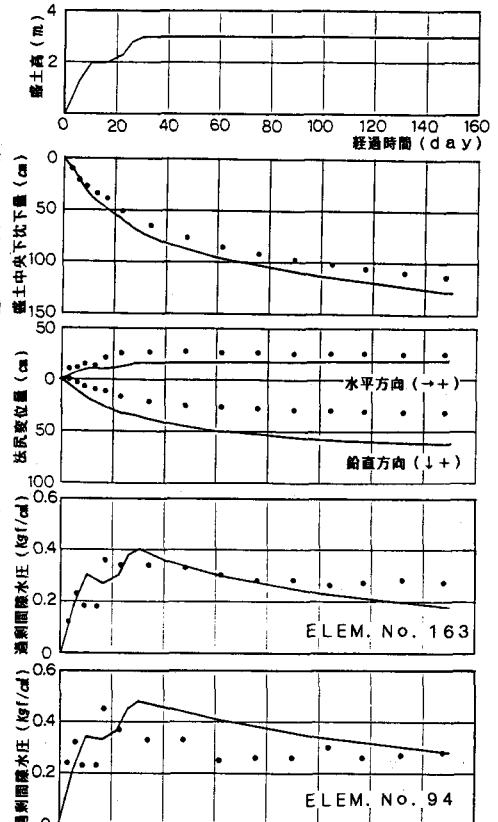


図-4 実測値と解析値の比較