

III-365

粘性を考慮したプレッシャーメータ試験解析

愛媛大学工学部 正員 深川良一
ピースコンクリート 正員 重越 譲

1. はじめに 粘性土地盤に対するプレッシャーメータ試験より推定される非排水せん断強度 c_v に関しては従来より多くの研究がなされているが、ここでは c_v に及ぼす粘性の影響を弾粘塑性構成式に基づくFEM解析により調べた。まず三軸試験を行い、そのFEM解析結果と試験結果とを比較することによって構成式の妥当性を検証した。次に、原地盤におけるプレッシャーメータ試験を想定したFEM解析を実施し、 c_v に現れる粘性の影響について考察した。

2. 三軸試験結果に基づく弾粘塑性構成式の評価

1) 弾粘塑性構成式および有限要素法プログラム

解析においては、弾粘塑性構成式として関口・太田モデル¹⁾を採用した。また、FEMプログラムとしてDAC-SAR²⁾を用いた。

2) 三軸試験および解析条件 三軸試験においては半径50mm、高さおよそ100mmの供試体を用いた。有効圧密圧力 $\sigma_v' = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ で等方圧密の後、最大歪み15%までの非排水圧縮せん断試験を実施した。この際、最大歪みまでの総載荷時間は9、30、100minの3種類とした。これらは3種類の歪み速度1.67、0.5、0.15%/minに各々対応する。

入力パラメータは、基本的に三軸非排水せん断試験及び三軸セル内における繰返し圧密試験より得られたデータを基に決定した(Table 1参照)。解析に際しては軸対称を仮定し、4要素からなる有限要素メッシュを用いた。計算においては、三軸試験での3種類の歪み速度と同様な条件になるように、各Step毎の変位増分、時間増分を決定した。

3) 解析結果 歪み速度0.5%/minに対する解析結果をFig.1に示す。図中、 $\alpha = \alpha_0$ が実験データより決定した2次圧密係数である。今 α_0 に対する解析結果に注目すると、明らかに実験値に比べ解析値の強度が過小評価されていることが分かる。そこで、解析に用いた α_0 を0.5倍、1.5倍、2倍したものを用いて、上述した3種類の歪み速度0.15、0.5、1.67(%/min)の各々についてさらに解析を行った。なお v_0 も α に連動して変化させた³⁾。Fig.2にそれぞれの歪み速度に対する実験値と $1.5\alpha_0$ を用いた解析値を応力経路として示すが、いずれの歪み速度においても実験値と $1.5\alpha_0$ を用いて得られた解析値とがうまく適合していることが分かる。

3. 弾粘塑性構成式に基づくプレッシャーメータ試験解析

試験解析

1) 概要及び解析条件

入力パラメータの内、 α 、 v_0 は $1.5\alpha_0$ およびこれに対応させて変化させたものを用いたが、他は2.と同様である。原位置での通常のプレッシャーメータの膨張部半径は $R=4.0 \text{ cm}$ 位であるが、統一的な規格がないため、 $R=2.0 \sim 8.0 \text{ (cm)}$ 程度と種々のものが存在する。そこで、 $R=0.8、2.0、4.0、6.0、8.0 \text{ (cm)}$ の5種類の半径のプレッシャーメータ試験

Table 1 Input parameters of DACSAR

preconsolidation pressure	$\sigma_{vo}' = 1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
coefficient of earth pressure at rest	$K_0 = 1.0$
effective overburden pressure	$\sigma_{vi}' = 1.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$
irreversibility ratio	$\Lambda = 0.86$
effective Poisson's ratio	$\nu' = 0.344$
critical state parameter	$M = 1.18$
initial void ratio	$e_0 = 0.811$
coefficient of dilatancy	$D = 0.0379$
coefficient of permeability	$k = 1.24 \times 10^{-6} \text{ (cm/min)}$
coefficient of secondary compression	$\alpha = 0.0026$
initial volumetric strain rate	$\dot{v}_0 = 1.66 \times 10^{-5}$

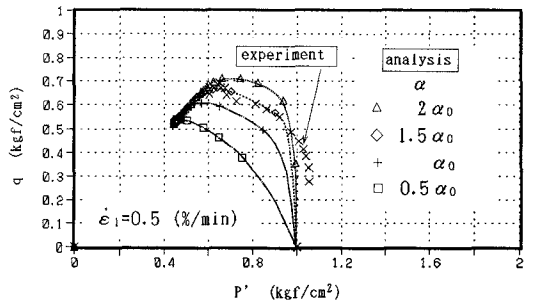


Fig.1 Comparison of experimental results with analytical results ($\dot{\epsilon}_1=0.5 \text{ (%/min)}$)

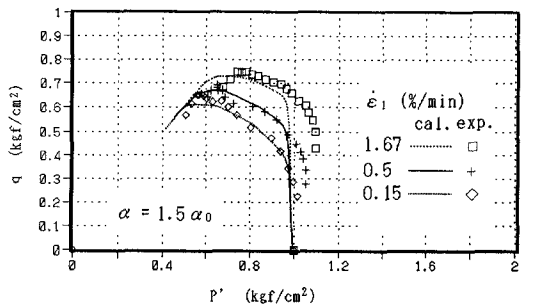


Fig.2 Relationship between experimental results and analytical results

について解析を実施した。さらに、解析結果に及ぼす圧密の影響を評価するために、式: $T_v = kt/R^2 m_v \gamma_w$ で定義される時間係数 T_v を導入した。ここに、 k : 透水係数 (cm/min)、 t : 圧密時間 (min)、 R : 膨張部半径 (cm)、 m_v : 体積圧縮係数 (cm^2/kgf)、 γ_w : 水の単位体積重量 (kgf/cm^3) である。例えば弾塑性変形と圧密のカップリング問題を考えれば、 T_v が同一であれば圧密に関して同一の結果を与えることが既に確認されている⁶⁾。解析においては、 $R=0.8\text{cm}$ 、 $t=0.25\text{min}$ のプレッシャーメータ試験を規準とし、5種類の R に対して $T_v = a \cdot t / R^2 = a \cdot 0.25 / 0.8^2 = 0.391 \cdot a = \text{一定}$ (a : 定数) となるように各々の保持時間 t を決定した。Fig. 3 に膨張部半径 0.8 cm に対応する有限要素メッシュを示す。平面歪み条件が仮定され、また外周のみから排水が許される。

2) 原位置プレッシャーメータ試験に対する解析結果および考察 原位置プレッシャーメータ試験を想定した $R=0.8 \sim 8.0$ (cm) の5種類のプレッシャーメータ初期半径に対して、圧密の時間係数を $T_v = T_{v0} = \text{一定}$ とし、圧密の影響を同一としたFEM解析を試みた。解析によりそれぞれの初期半径について得られた膨張曲線をFig. 4に、さらにこの膨張曲線に対して接線法(例えば文献4))を適用することにより得られた応力~歪み曲線をFig. 5に示す。またFig. 5より決定された c_u を R に対して示したのがFig. 6である。Fig. 6中には弾塑性+圧密解も同時に示している。それぞれの初期半径に対して圧密の影響を同一にしているにも関わらず、初期半径に対する強度の発現が異なっていることから、粘性の影響であると判断できる。ただし、構造骨格の変形に間隙水の移動も、つまり部分排水の影響も考えられる⁵⁾から、これらの強度の差を粘性のみの影響に帰してしまうことは困難である。Ohta et al(1991)⁶⁾は、部分排水の影響を避けるために急速荷重を行い、粘性の影響については別途補正するという提案を行っているが、これを支持する結果であるといえよう。いずれにしても、原位置プレッシャーメータ試験から得られた非排水せん断強度の評価に際しては、プレッシャーメータ半径や保持時間に考慮を払う必要があることが分かる。

4. まとめ 本論文では、まず三軸試験を実施し、解析で採用した弾粘塑性性構成式に基づくFEMプログラムDACSARの検証を行った。実験結果との整合性を確認した後、原位置プレッシャーメータ試験の解析を実施したが、接線法により得られた c_u は粘性の影響を強く受けるために、プレッシャーメータ膨張部半径や応力増分保持時間には十分な注意を払う必要があることが分かった。

5. 参考文献 1) Sekiguchi and Ohta(1977): Proc. Spec. Ses. 9, 9th ICSMFE, pp. 229-239. 2) Iizuka and Ohta(1987): S&F, Vol. 27, No. 3, pp. 71-87. 3) Sekiguchi(1977): Proc. 9th ICSMFE, Vol. 1, pp. 289-292. 4) Palmer(1972): Geotech., Vol. 22, No. 3, pp. 451-457. 5) Fukagawa, Fahey and Ohta(1990): S&F, Vol. 30, No. 4, pp. 134-146. 6) Ohta, Iizuka, Nishihara, Fukagawa and Morita(1991): Proc. 7th Int. Conf. of IACMAG, PP. 273-278.

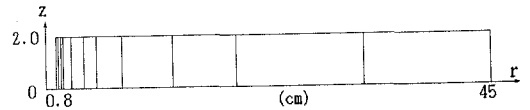


Fig. 3 Finite element modelling of insitu pressuremeter test

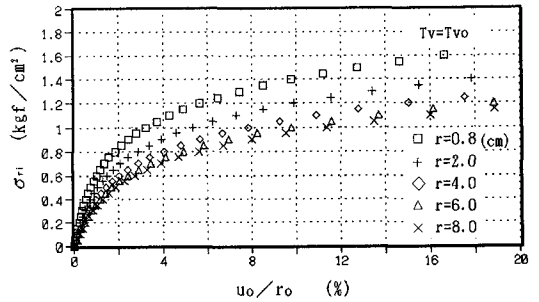


Fig. 4 Pressure-expansion curve ($T_v = T_{v0}$)

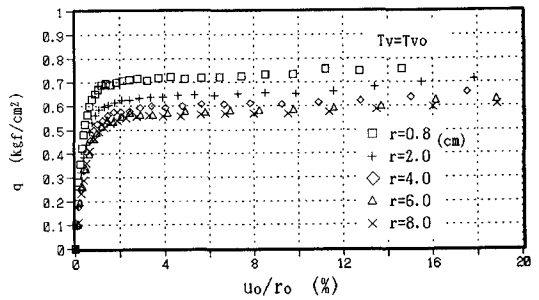


Fig. 5 Stress-strain relations derived from Sub-Tangent method ($T_v = T_{v0}$)

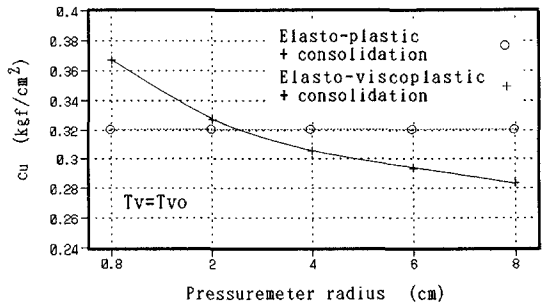


Fig. 6 Effect of viscosity on undrained shear strength derived from pressuremeter