

年代効果を受けた粘土の K_0 圧密特性

川崎地質(株) 事業推進本部 正会員 ○坂上 敏彦

川崎地質(株) 東日本支社 正会員 吉泉 直樹

川崎地質(株) 東日本支社 正会員 原田 克之

1. はじめに

自然堆積粘土は、現在に至るまでに長期間にわたる年代効果（時間効果）を受けており、圧密降伏応力付近で急激に間隙比が減少するなど、攪乱粘土と異なる圧密特性を有する。このような特性は人工島の造成などに際して発生する沈下挙動を大きく左右していると考えられる。ここでは、新たに開発した中圧ひずみ経路制御三軸試験機を利用して不攪乱洪積粘土の K_0 圧密特性を検討した。

2. 試験機

ひずみ経路制御三軸圧縮試験機は、供試体から出入りする間隙水（体積ひずみ）を DPVC(Digital Pressure Volume Control Device)によって積極的に制御するため、表-1 に示す変形条件で試験が可能である。体積変化（ $\Delta \varepsilon_v$ ）と軸変位（ $\Delta \varepsilon_a$ ）を制御するため、体積ひずみ増分比 $R=\Delta \varepsilon_v/\Delta \varepsilon_a$ が試験の基準条件となる。一般に、軸変位・側方ひずみ増分比（ $\Delta \varepsilon_r/\Delta \varepsilon_a$ ）と R の関係は、 $\Delta \varepsilon_r/\Delta \varepsilon_a=(R-1)/2$ となる。

3. 試験試料および試験条件

使用した試料は不攪乱の洪積粘土で、物性は $e_0=1.19\sim1.34$ 、 $G_s=2.68$ 、 $LL=75.4\%$ 、 $PL=32.2\%$ で、初期間隙が若干異なる（A 供試体 $e_0=1.34$ 、B 供試体 $e_0=1.19$ ）。試験は、土被り圧の $1/8\sim1/6$ の初期等方圧密を実施し、その後、軸変位（ $\Delta \varepsilon_a$ ）を $0.02\%/min$ の定ひずみ速度で与え、 $R=1$ の K_0 条件による試験を行った。側方ひずみの制御幅は、 $\pm 0.002\%$ 以内である。また、B 供試体では有効鉛直応力 σ'_a が 4500 kPa に達した時点で K_0 条件での載荷、除荷を行った。

4. 試験結果

1) 圧密曲線

図-1 に有効鉛直応力（ σ'_a ）と間隙比（ e ）の関係を示す。また、図中には別途実施した段階載荷圧密試験結果を○印で併記した。

ひずみ経路制御三軸 K_0 試験から得られた圧密曲線は、段階載荷圧密試験のデータ点を補間するような連続的な曲線となる。また、圧密降伏応力付近では、間隙比の急激な減少傾向が見られ、年代効果を受けた粘土の特徴が見られる。

2) K_0 特性

図-2 に K_0 と有効鉛直応力（ σ'_a ）の関係を示す。 K_0 は、 1.0 から 0.35 程度まで徐々に減少する。有効鉛直圧力が増大し圧密降伏応力を超過すると、 K_0 は、急激に増加し約 0.53 に収束する。繰返し過程では、除荷による K_0 の増加、再載荷による K_0 の減少が見られるものの、 0.5 以下になることは無い。繰返し後の最終 K_0 は、 0.51 となる。

表-1 主な三軸変形

	$R(=\Delta \varepsilon_v/\Delta \varepsilon_a)$	$\Delta \varepsilon_r/\Delta \varepsilon_a$
K_0 変形	1	0
等方変形	3	1
等体積変形	0	-0.5

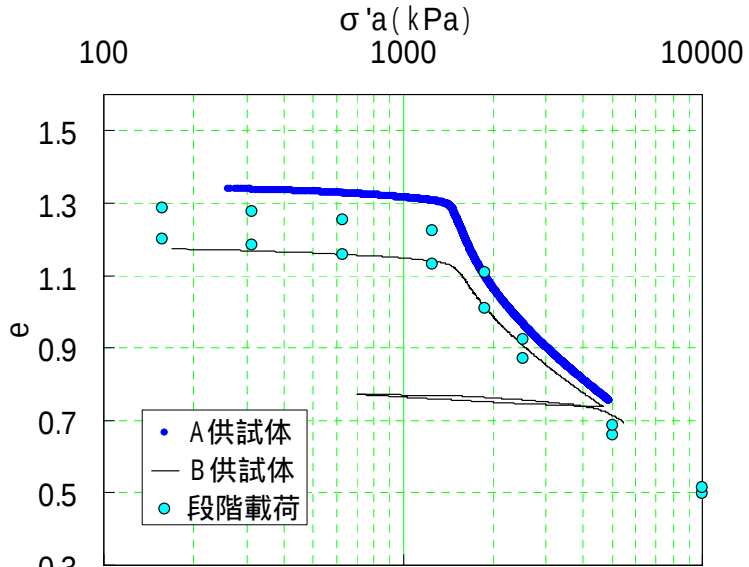


図-1 圧密曲線

キーワード 年代効果、洪積粘土、 K_0 圧密、ひずみ経路制御

連絡先 108-8337 東京都港区三田 2-11-15 川崎地質(株)事業推進本部 TEL03-5445-2077

3) 有効応力状態

図-3 に間隙比と平均有効主応力 (p') および主応力差 (q) の関係を示した。平均有効主応力 (p') と間隙比の関係は、有効鉛直応力 (σ'_a) に見られるような圧密降伏応力付近での急激な間隙比変化は無い。一方、主応力差 (q) は、有効鉛直応力 (σ'_a) が圧密降伏応力を越えた付近で急激に低下し、その後は、平均有効主応力 (p') と、ほぼ平行な曲線（対数上で直線）となる。

4) $p' \sim q$ 関係

図-4 に、平均有効主応力 (p') および主応力差 (q) の関係を示す。図には $q/p'=0.57$ ($K_0=0.5$) の直線を付記した。 q は徐々に増加し、 $q/p' \rightarrow 1.06$ に達する。その後、急激に低下し凸状の形状を成し、再度増加に転じる。この領域では $q/p' \rightarrow 0.67$ の、ほぼ直線の傾向を示す。一方、再載荷過程では、このような凸状の形状は示さず、 $q/p'=0.57$ ($K_0=0.5$) のラインに漸近する傾向を示す。

5. まとめ

年代効果を受けた粘土の K_0 圧密特性を検討した。得られた知見は以下のとおりである。

定速度の中圧ひずみ経路制御三軸 K_0 試験は、側方ひずみを $\pm 0.002\%$ 以内に制御可能で、従来の段階載荷試験結果とも整合があることがわかった。

年代効果を受けた粘土の K_0 は、過圧密領域で減少傾向を示し 0.5 より小さな値を示した後、圧密降伏応力を超過すると急激に増加する。一方、再載荷過程では、このような傾向は見られず、 $K_0=0.5$ に漸近する。

K_0 圧密過程での主応力差 (q) は、有効鉛直応力 (σ'_a) が圧密降伏応力に達する付近で最大値を示し、その後、急激に低下し、ひずみ軟化挙動を示す。再載荷過程では、このような傾向は見られ無い。

年代効果を受けた粘土の K_0 条件下における主応力差 (q) の急激な増大は圧密降伏応力付近で粘土構造の崩壊が起こっている可能性を示唆している。

参考文献

1) Uchida, K. Sakagami, T. and Yoshiizumi, N.

(2003): Soil Behaviour under Strain-Path-Controlled Triaxial Test. IS - Lyon03 (Deformation Characteristics of Geomaterials). Sep. 22th-24th, 2003, Lyon, France. (投稿中)

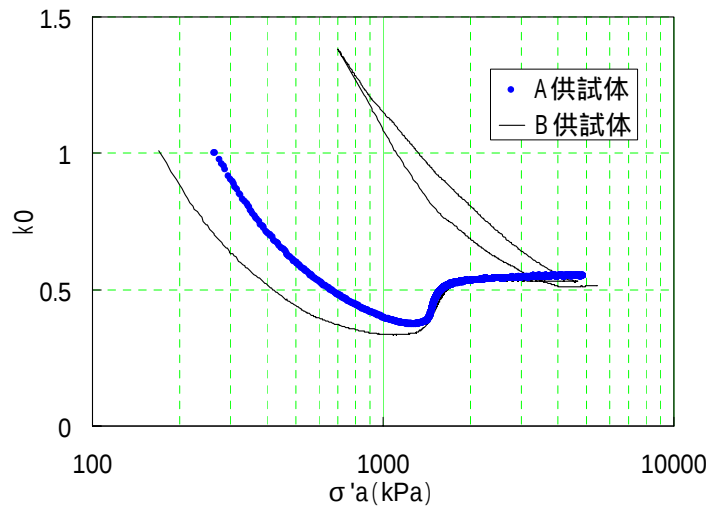


図-2 K_0 と有効鉛直応力 (σ'_a) の関係

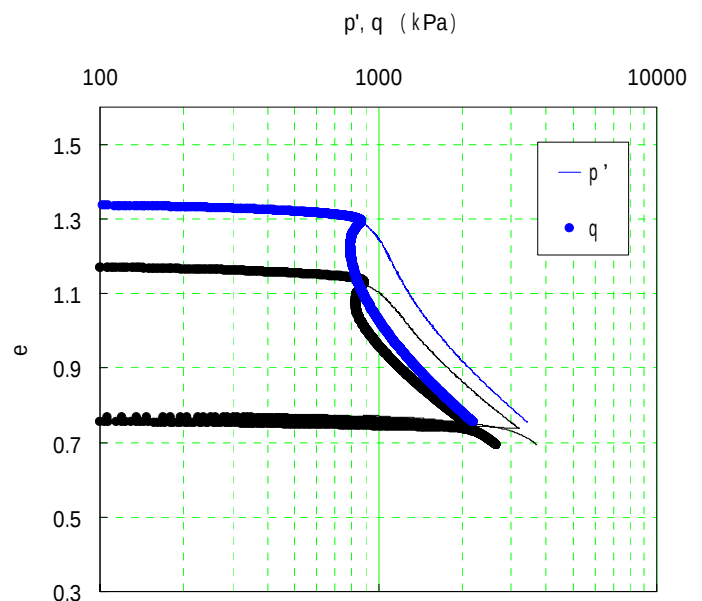


図-3 間隙比と平均有効主応力 (p') および主応力差 (q) の関係

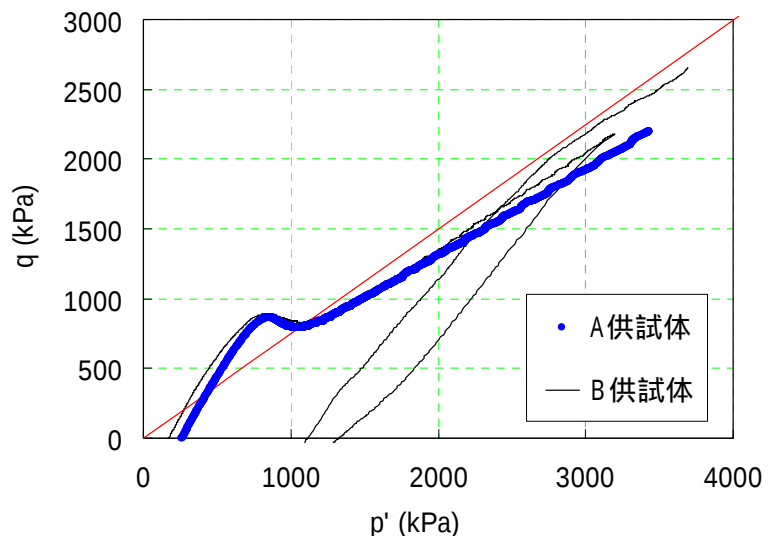


図-4 平均有効主応力 (p') と主応力差 (q) の関係