

III-163

原位置有効応力保存式三軸試験

鉄建建設株式会社 正会員 〇 桑田 充  
 金沢大学工学部 正会員 太田 秀樹  
 金沢大学大学院 学生員 森谷 秀一

1. はじめに

地盤内での土の変形特性を調べるために、三軸試験がよく用いられる。その際、三軸装置にセットされた試料は原地盤内での有効応力状態であることが望ましい。しかし、通常の三軸試験では、原位置応力が等方状態に解放されたものが試料として用いられている。

筆者らは、原位置での異方的な有効応力状態を保存したまま三軸室内に供試体セットが可能な三軸試験装置の開発を試みている。今回は、その結果について報告する。

2. 供試体

試験には、石川県七尾市近郊から採取した海成沖積粘土を用いた。主な物性を、表1に示す。

表1 試料の主な物性

自然含水比Wn(%)	: 176.87 ~ 185.6
初期飽和度Sr(%)	: 100
塑性限界 IP(%)	: 94.9 ~ 121.7
土粒子比重 GS	: 2.55 ~ 2.60
一軸圧縮強度	
qu (kgf/cm <sup>2</sup> )	: 0.22 ~ 0.29
圧密降伏応力	
Pc (kgf/cm <sup>2</sup> )	: 0.38 ~ 0.40

3. 試験装置および試験方法

試験には、通常の三軸試験装置と図1に示す原位置有効応力保存式三軸試験装置を用いた。この装置の特徴は、コンテナ(図1-⑤)を用いることにより剛な容器でKo圧密試験が行えることである。そして、Ko圧密試験終了後、コンテナを引き下げることにより偏差応力を解放することなく、せん断試験が行える。

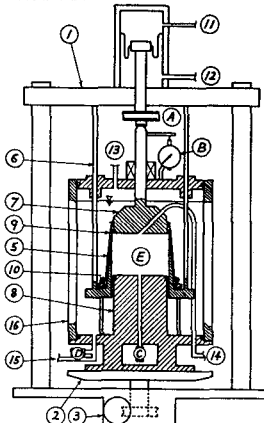


図1 原位置有効応力保存式三軸試験装置図

以下にその試験方法の概略を説明する。1)原位置有効応力状態を保っている試料を シソウォールチューブからコンテナに移し換える。この際、上下方向に多少変形しても原位置での鉛直応力 $\sigma_a'$ で再圧密すれば原位置有効応力状態を再現できる。ただし、今回の実験段階では、まだ シソウォールチューブから直接コンテナへの移し換えは行わず、一旦解放した、通常の試験で用いるような試料をコンテナに押し込んだ。2)コンテナを試験装置にセットし、ゴムメンブレンをコンテナにかける。3)なるべく間隙水圧(供試体底面で測定)が発生しないような軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a$ を与えKo圧密(供試体上面から排水)を行う。4)Ko圧密終了後、非排水状態にし、ロッドを固定し供試体の軸方向変形を拘束する。その後、コンテナを引き下げる。ただし、この時ゴムメンブレンはもとの位置に残留するようになっているため、結局供試体とゴムメンブレンの間にあったコンテナだけが下に引き抜かれ形になる。コンテナ引き下げ後、Ko値を測定し、非排水せん断試験を行う。

今回の試験(Case1~Case3)では、コンテナ内にある直径6(cm)、高さ4(cm)の供試体に背圧2.0(kgf/cm<sup>2</sup>)を与えた。供試体上下面に若干残っている水を排出するため予備圧密( $\sigma_a=0.1$ (kgf/cm<sup>2</sup>))をした後、Ko圧密試験を行った。その後、コンテナを下げ非排水せん断試験を行った。条件および結果を表2に示す。

通常の三軸試験(Case4)を用いた試験では、直径6(cm)、高さ4(cm)の供試体を0.7(kgf/cm<sup>2</sup>)まで等方圧密した後、0.1(kgf/cm<sup>2</sup>)まで等方的に除荷した。その後、Ko圧密試験、非排水せん断試験を行った。排水条件は、上記の試験と同じでドレーンパイプは用いなかった。なお、供試体には、背圧2.0(kgf/cm<sup>2</sup>)を与え、試験開始前にB値試験により飽和(B>0.98)を確認した。

表2 Ko圧密・非排水せん断条件および結果

Ko圧密	Case1	Case2	Case3	Case4
軸ひずみ速度(%/min)	0.003	0.006	0.003	—
初期間隙比 eo	4.46	4.06	4.37	3.56
最終間隙比 ef	2.14	2.11	3.04	2.75
圧密時間(day/hour)	9/23	5/01	6/00	3/23
間隙水圧(kgf/cm <sup>2</sup> )	0.04	0.06	0.03	0.06
Ko値	0.38	0.38	0.34	0.50
非排水せん断				
軸ひずみ速度(%/min)	0.004	0.006	0.003	0.003
限界応力比M	2.05	2.15	2.35	3.10

#### 4. $K_0$ 値の測定

$K_0$ 圧密終了後、側方応力  $\sigma_r$ はコンテナの反力によっている。この状態で、非排水状態にし、鉛直変位を起こさないようにしてコンテナを引き下げると側面に土圧が作用する。この際の軸圧  $\sigma_a$ 、側圧  $\sigma_r$ 、間隙水圧  $P_w$  を測定できれば  $K_0 = (\sigma_r - P_w) / (\sigma_a - P_w)$  となり  $K_0$ 値が求められる。

図2は通常の三軸試験装置による  $K_0$ 圧密試験の結果を示している。これより正規圧密領域における  $K_0$ 値は0.50となった。

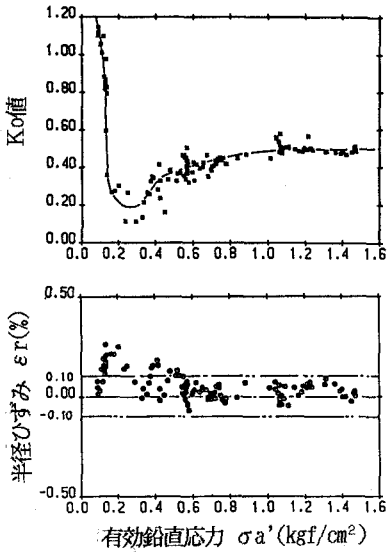


図2 通常の三軸試験装置による  $K_0$ 圧密結果

図3はコンテナ引き下げ直後の有効鉛直応力  $\sigma'_a$  と有効水平応力  $\sigma'_r$  の時間的変化をプロットしてある。これより有効応力保存式試験装置では  $K_0$ 値が0.38となった。これは、供試体とコンテナの間の摩擦力によるものと想像される。 $K_0$ 値自体がコンテナ引き下げ後、相当変化している点が注目される。

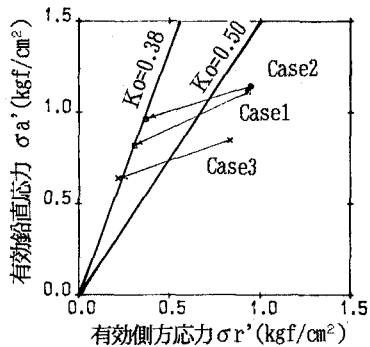


図3 コンテナ引き下げによる有効応力変化

#### 5. 非排水せん断試験

図4は、 $K_0$ 圧密した供試体に対し行ったひずみ制御非排水せん断試験の応力経路を示している。通常の三軸装置を用いた場合の限界応力比  $M$ が3.10となっているのに対し、有効応力保存式装置を用いたものは、いずれも限界応力比  $M$ がほぼ2.15となっている。また、応力経路の形状が両者では異なり、特に有効応力保存式装置を用いた方では、せん断初期においていずれも応力経路が立っており興味深い。

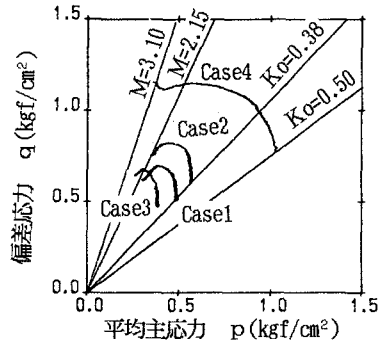


図4 非排水せん断試験の応力経路

図5は、せん断時における規準化した偏差応力  $q$  と軸ひずみ  $\epsilon_a$  の関係を示している。通常の三軸装置を用いたものと有効応力保存式装置を用いたものでは、接線勾配はほぼ同じであるが、強度は明らかに異なる。

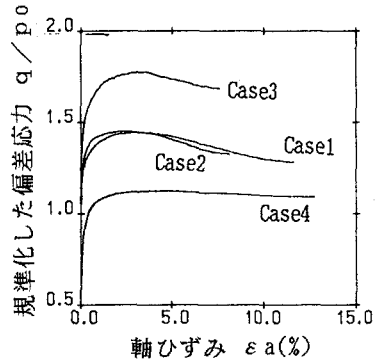


図5 応力-ひずみ曲線

#### 6. おわりに

今後、本実験では行えなかったソウォールチューブから直接コンテナに押し込む実験を行うと共に、コンテナの摩擦の影響を出来るだけ軽減するための改良を行う予定である。