

Ⅲ - A168 載荷・除荷の繰返しを受ける飽和粘土の三軸 K_0 圧密試験時の応力-変形挙動

中央開発株式会社 ○王 林・西江俊作・池田利昭・荒井靖仁・石川浩次

1. まえがき

水平堆積した地盤の応力状態は K_0 状態にあると考えられる。このような地盤上に盛土を行う場合、地盤は段階盛土による載荷あるいはプレロード撤去による除荷といった人為的な応力履歴を受ける。本研究は、三軸 K_0 圧密試験により、このような載荷・除荷の繰返しを受ける飽和粘土の圧密挙動を調べたものである。

2. 試験方法

(1) 試験装置は、図-1 に示した二重セルタイプのもので、側方ひずみを $\pm 0.01\%$ 以下の高精度で自動制御できる装置を用いた¹⁾。(2) 試験試料は、神奈川県埋立地で採取した (GL-16.00~18.85^m) 沖積の乱さない海成粘土 ($I_p=35.1$, $q_u=1.25\text{kgf/cm}^2$) である。(3) 図-2 に示したように $\phi 50\text{mm} \times h 100\text{mm}$ の供試体を用いて、載荷・除荷の応力履歴の異なる2種類の三軸 K_0 圧密試験 (K_0 -T) を行った。①パターン1は $\sigma'_0=0.2(\text{kgf/cm}^2)$ で初期等方圧密後、軸圧縮応力 $\sigma'_a=0.2 \rightarrow 2.5 \rightarrow 0.2 \rightarrow 2.5(\text{kgf/cm}^2)$ のサイクルで、②パターン2は初期等方圧密後、 $\sigma'_a=0.2 \rightarrow 0.8 \rightarrow 0.2 \rightarrow 1.25 \rightarrow 0.2 \rightarrow 3.0 \rightarrow 0.2 \rightarrow 3.0(\text{kgf/cm}^2)$ のサイクルで K_0 -T を行った。両パターンとも載荷・除荷の応力制御速度は、毎分 0.01kgf/cm^2 とした。また σ'_a を一定に負荷している過程では、過剰間隙水压を消散させる放置時間を確保した。

3. 試験結果

(1) ろ紙の吸排水が K_0 値に及ぼす影響²⁾ : K_0 -T では、供試体に被覆面積率 45%のろ紙を装着している。ろ紙の排水(吸水)効果が K_0 値に及ぼす影響を調べるため、予備試験(等方三軸圧縮)として、有効拘束圧毎の排水(吸水)量を求めた。得られたろ紙の排水(吸水)量と有効拘束圧との関係を図-3に示す。このろ紙の体積変化量に見合った量の側方ひずみを自動補正したパターン1の K_0 値と、補正していないパターン2の K_0 値を比較すると図-4に示したようになる。この図から、ろ紙補正を行わない場合の K_0 値は、自動補正した K_0 値と比べると、同一応力における載荷時と除荷時の K_0 値の差が大きく、また載荷過程では小さめの値、除荷過程では大きめの値に評価される結果が得られた。

(2) K_0 圧密試験時の主応力差と軸ひずみの関係 : 図-5は主応力差 q と軸ひずみ ε_a の関係を示したものである。

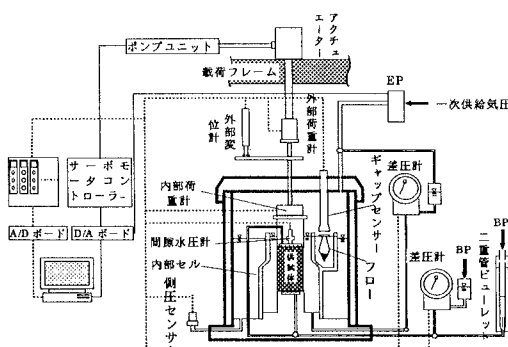


図-1 K_0 圧密載荷装置

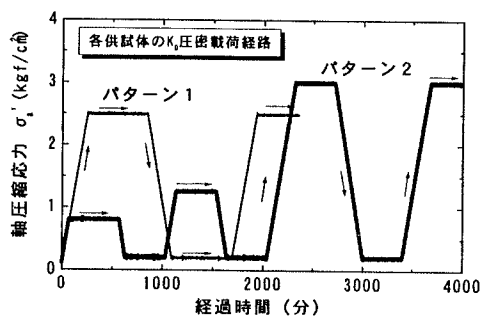


図-2 繰返し K_0 圧密載荷経路

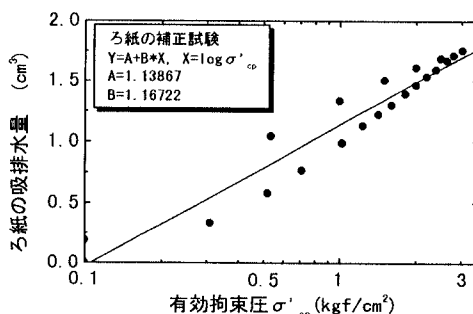


図-3 ろ紙の吸排水量と拘束圧の関係

キーワード 圧密試験・粘性土・過圧密・載荷試験・降伏

〒169 東京都新宿区西早稲田 3-13-5 Tel 03-3208-5252 Fax 03-3208-9915

同図には一軸圧縮強さ(q_u)と、標準圧密試験(STD-T)から得られた圧密降伏応力($P_{c,STD}$)およびこれに相当する K_0 値(≈ 0.4)から逆算した主応力差($q_{STD}=1.16 \text{ kgf/cm}^2$)も併記した。図から、 q_u または q_{STD} 以下の応力レベルでは、両パターンともほぼ線形関係が認められる。さらに、 q_u または q_{STD} の半分程度の応力レベルで実施したパターン2の繰返し過程では、塑性ひずみの発生もほとんど認められない。換言すると、主応力差が q_u 程度の応力レベルでは、弾性的挙動が卓越し、載荷・除荷の繰返しによる応力履歴の影響をあまり受けないことが判る。一方、主応力差が q_u よりも高い応力レベルでは、ひずみ硬化型の応力-ひずみ関係に類似した曲線を示し、変形量が急激に増大する。そして、この応力レベルにおける繰返し載荷時には、塑性ひずみの発生も明瞭に認められる。

(3) $e\text{-log}P$ 関係 : K_0 -TおよびSTD-Tで得られた $e\text{-log}P$ 曲線を図-6に示す。図中には、STD-Tの除荷時の勾配(膨潤指数)も記載した。この図から、 K_0 -Tから得られた $e\text{-log}P$ 曲線は、 $P_{c,STD}$ を超える付近まで、STD-Tの曲線のやや右側に位置しているものの、圧密降伏応力の値や、正規圧密領域における繰返し除荷・載荷時の勾配と膨潤指数は、両者に違いはあまり見られない。なお、STD-Tの曲線の少し右側に位置した原因として、漸増載荷中の応力載荷速度がやや急速なために、過剰間隙水圧が消散できていないことが考えられる³⁾。

4. まとめ

(1)ろ紙補正をしない K_0 値は、補正した K_0 値と比べ、載荷時は小さめの値に、除荷時は大きめの値に評価され、また載荷時と除荷時の差も大きい。(2) K_0 -T時の $q\sim\varepsilon_s$ 関係から、応力レベルが q_u 以下の領域では弾性的挙動を示し、載荷・除荷の応力履歴による影響をあまり受けない。(3) K_0 -T時の $q\sim\varepsilon_s$ 曲線で得られる降伏点は、 $P_{c,STD}$ にほぼ一致する。また正規圧密領域での載荷・除荷で得られる勾配は膨潤指数にほぼ等しい。この結果より、 K_0 -Tから K_0 値だけでなく、圧密降伏応力や膨潤指数を得ることができる可能性を示している。(4)前項の結論が一般化されると、本試験は応力制御型の急速圧密試験のひとつに位置付けされることになり、その意義も大きい。そのためには、データの蓄積や過剰間隙水圧発生の影響を受けない応力速度の選定に関する試験の実施が今後必要となろう。

【参考文献】1)王 林・西江俊作・池田利昭：任意載荷経路を自動制御した飽和粘土用の高精度 K_0 圧密三軸圧縮試験装置の試作、第32回地盤工学会研究発表会(熊本)平成9年7月。2)菊池喜昭・土田孝・中島謙二郎：三軸試験器による粘性土の静止土圧係数の測定、港湾技研資料, No. 577, Jun. 1987。3)善功企・西江俊作・日下部伸, 土田孝：定ひずみ速度圧密試験について、特殊圧密試験に関するシンポジウム, 1988年10月。

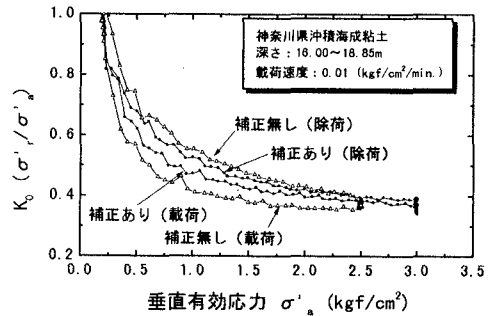


図-4 ろ紙補正有無が K_0 値に及ぼす影響

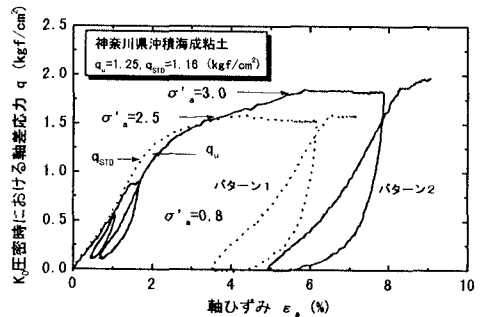


図-5 K_0 状態での軸差応力と軸ひずみの関係

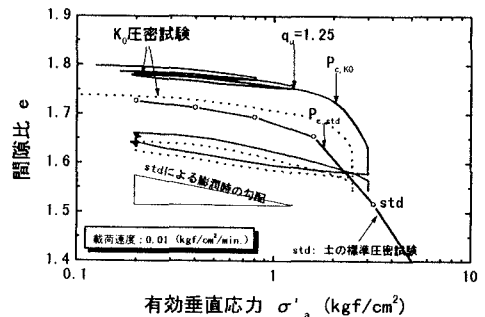


図-6 間隙比と有効垂直応力の比較