

日本大学理工学部 正員。石田 光

宮下盛雄

酒井左武郎

粘土地盤内に盛土載荷等によって異方圧密圧力が履正し、その結果側方変位が生じる。その場合地盤内の粘土が乱されたり或は大変形を受けたりして、本来なら圧密によって強度増加の期待出来る処が含水比変化がなく強度低下を引起している。この原因に関して力学的検討を加える為に、自然飽和粘土に三軸圧縮試験を適用して異方圧力を加えることによってセソ断変形を試み、変形後の供試体を再成形して一軸圧縮強度 σ_c を求めて強度変化の推移を調べた結果とこれに若干の検討を加えたので報告する。

1. 試料及び試験方法

試料は静岡県袋井市の東名高速道路沿線より採取した乱さない粘土で、物性は表-1に示すように、圧密試験、一軸圧縮試験結果より図-1、及び図-2を得た。

物性	試料	上部粘土 (-2.03m ~ -2.03m)	下部粘土 (-11.68m ~ -13.68m)
土粒比重 G_s		2.69 ~ 2.72	2.70 ~ 2.73
粘土分 $< 5\mu$		66 ~ 78 %	70 ~ 85 %
L.L.		63.6 ~ 74.9 %	55.5 ~ 74.1 %
P.L.		28.7 ~ 36.1 %	27.2 ~ 33.7 %
自然含水比		49.0 ~ 79.0 %	44.0 ~ 61.4 %

表-1

試料の応力履歴の影響を考慮して等方圧を先行圧力以上にとり正規圧密粘土として、供試体寸法($\phi=5.1\text{cm}$, $L=12.7\text{cm}$)に非排水条件のもとで軸差応力を加える事によって、体積一定のまま形状のみを変形させた異方性の圧力を与えた。この時の軸差応力を垂直歪 ϵ_v にて計量し、この ϵ_v に対するセソ断歪 η は次式 $\eta = \frac{1}{\sqrt{2}}(3\epsilon_v - \epsilon_s)$ (但し ϵ_s は体積変化度) で表わされるが、ここでは便宜的であるので $\epsilon_v = \eta$ として以降取扱う。即ち供試体高さに対する垂直歪量から求める変形量をセソ断変形量 η として、 $\eta = 30, 60, 90, 120\%$ の4段階を与える。三軸による供試体のセソ断過程における変形量かどの程度セソ断領域に反映されているかをカバーする為に、一軸圧縮、三軸圧縮の試験より応力-歪の一般的関係曲線及び実験より破壊面の生じた事を確認して決定した。側圧としては上部粘土について $\sigma_3 = 0.8, 1.6, 2.4(\% \sigma_1)$ 、下部粘土 $\sigma_3 = 1.2, 1.8, 2.4(\% \sigma_1)$ を与え、主応力比 σ_1/σ_3 は1以下であるような異方性の圧力とした。変形後の供試体はセル中より取出し、即時標準寸法($\phi=3.5\text{cm}$, $L=8.0\text{cm}$)の供試体に再成形して、セソ断速度 $1.0\%/min$ をもって一軸圧縮して強度 σ_c を測定した。なおセソ断変形についても排水条件、応力履歴の影響があると考えられるが、今回は非排水のみで行なった事を付記します。

2. 試験の結果とその検討

2-1. セソ断変形終了時の変形量と応力変化

三軸により非排水条件のもとに所定の変形量を与えた場合の変

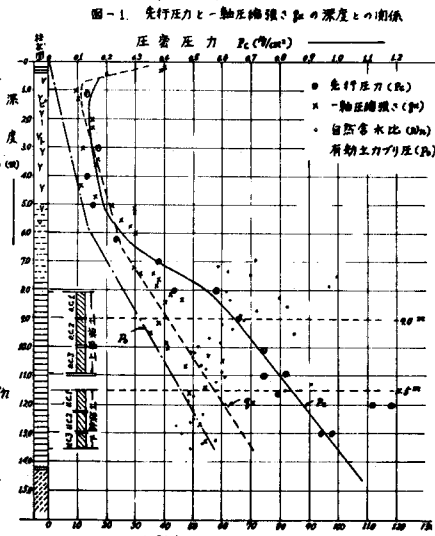


図-1 先行圧力と一軸圧縮強度 σ_c の深度との関係

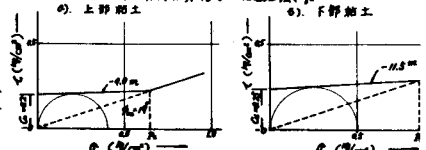


図-2 先行圧力 σ_p と一軸圧縮強度 σ_c

形量 η -軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ の関係の一例を図-3に示す。 $\eta = 20\%$ は破壊直前であり、 $\eta = 6.0\%$ は破壊直付近、 $\eta = 9.0$ および 12.0% はいずれも破壊点を越えた軸差応力である。次に各側圧毎に変形終了時の軸差応力と η についてプロットしたものが図-4、図-5である。これらから非排水による三軸試験の周圧の増加によって得られた $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は各供試体のセリ断変形量 η (%)で乱さない供試体を0(%)とした時の圧縮強度 σ_c に等しいとすることが出来る。

図-3. 三軸非排水試験による漸進形量-応力関係

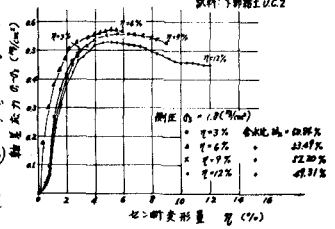


図-4. 側圧の増大とセリ断変形時の応力変化

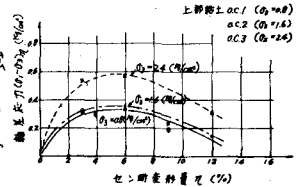
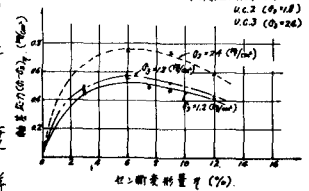


図-5. 側圧の増大による変形終了時の応力変化

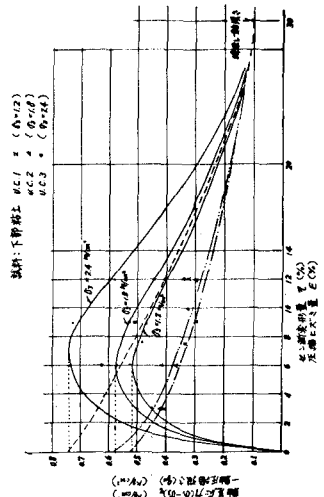


2-2. セリ断変形量と一軸圧縮強度の関係
 所定のセリ断変形量 η を与えた供試体に対して再成形後の一軸圧縮強度 σ_c -圧縮ヒズミ (ϵ) を求めたのが図-6である。これによって変形量 η の大きい値に対して一軸圧縮強度 σ_c は小さくなる傾向を示していることが明らかである。このピーク破壊強度をもたず圧縮ヒズミ (ϵ) は変形量の大きさに対応して大きい値を示す傾向をもっているが、変形係数についてはほとんど変わらない事などの試料、どの側圧に対しても同様であった。又、 η の大きい粘土ほど塑性的なヒズミの大きいことを示している。なお、今回の実験については含水比、変形量と破壊強度の関係及び密度、変形量と破壊強度又は変形量に対する含水比と密度の影響についての詳細は定かでない。

2-3. 三軸応力と一軸圧縮応力の応力経路と強度 σ_c

各側圧におけるセリ断変形量と一軸圧縮強度の関係と図-4、図-5を合成することは可能であり、それらを示したのが図-7、図-8である。変形量 $\eta = 0$ の一軸圧縮強度 σ_c は軸差応力の $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ に等しいことは明らかであった。試料の繰返し圧縮強度 σ_c は図中の二曲線(三軸におる応力変化曲線及び一軸におる圧縮強度分布曲線)のヒズミ大において漸進する。図中の実線によって描いた応力のある歪量で変形した粘土は各側圧毎に示される破線の同一歪量が或はもっと大きな歪量における強度しかない。即ち強度の低下を引起している。この実験に関する限り粘土の応力履歴の大小にかかわらず強度低下の巨視的傾向は同じように推察出来る。

図-7. 三軸におる七漸進形量の側圧とセリ断変形後の一軸におる破壊ヒズミと漸進形量



3. 要約 試験結果を総合すれば粘土試料は変形量に応じて次のような傾向を示すことが分かる。

- 各側圧毎にセリ断変形量 η (%)に対して得られた一軸圧縮強度 σ_c をプロットした図-7、図-8から明らかのようにセリ断変形量の大きい粘土試料ほど小さい一軸圧縮強度を示している。
- また、かなりバラツキは見られるが、破壊に達するまでのヒズミ量 ϵ_f (%)はセリ断変形量 η (%)の大きい粘土試料ほど大きい傾向がみられる。しかしヒズミ量25(%)における変形係数はほとんど変わらず、 η の大きい粘土ほど塑性的なヒズミの大きいことを示している。