

東京大学 大学院 学生員 大河内保彦
 東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫
 同 同 山田 真一

◎はじめに

特にゆるい砂では、一般の砂とかなり異った非排水セン断挙動を示すことはよく知られている。筆者らは、特にゆるい砂に関して等方圧密からの非排水セン断試験を行なってきたが、このような砂では異方応力状態からのセン断に対する抵抗は非常に小さいことが予想される。今回、特にゆるい砂についてK₀圧密後、非排水セン断試験を行なったので報告しよう。

◎実験装置

筆者らが用いている実験装置は、原理的には一般の三軸試験装置と同じものであるが、K₀圧密を可能かつ容易にするために、図-1に示すように二重セル方式とした。内側セルを水で満たし、外側セルは空気圧としている。側方変位を検出するために、内側セル内の水の出入りを外に出したビュレットで観測し、その変化が0となるようにセル圧を調節することによって本装置はK₀状態を実現している。またK₀圧密時の調整をしやすくするため、圧密時に、任意のストレスパスを得るのが容易であるように、軸圧と側圧が独立に変化できるように設計されている。

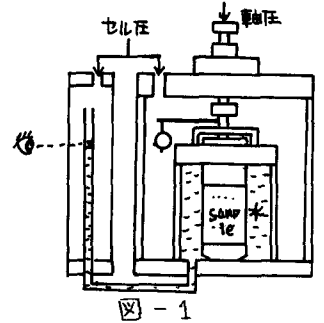


図-1

この方式では、自由水面の面積がそのまゝ側方変位検出の精度に影響するため、自由水面はビュレットのみとした。水と空気のシーリングはO-リングを用い、外側セルと内側セルに圧力差がないため、摩擦は片振れで、0.85 kgf となる。摩擦はほぼ一定値であるため、これを補正することによって精度のよい結果が得られる。

内側セルは完全に脱気水で満たす必要がある。そこでセル内に脱気水を満たす前に炭酸ガスを封入しておくことにし、背圧を加え終わってからK₀圧密を行なっている。この操作によって、万一気泡が混入していた場合にも圧力の変化率が小さくなるので側方変位拘束条件に対する悪影響を小さくすることができる。

◎実験方法

供試体は、直径約7.5 cm、高さ約10 cmの円柱形である。試料は、 $G_s = 2.64$ 、 $e_{max} = 0.96$ 、 $e_{min} = 0.64$ の豊前砂を用い、含水比約5~10%の不飽和状態としたものを6層に分けてモールドに詰め、各層についてタンピングすることによって間隙比を調整した。この方法は特にゆるい砂を容易に作れ、しかも外部振動の影響を受けにくいという利点をもつが、反面均一な供試体を作るのが難しいという欠点もある。このように作製した試料には、炭酸ガスを流し、その後脱気水で飽和した。さらに背圧を2 kgf/cm²かけることによってB値0.96以上を得ている。

飽和した供試体は変位速度0.085 mm/minによって歪制御で非排水セン断試験を行なった。

◎実験結果

まず、実験結果の整理に用いている記号について図-2に示す。ただし Δu は間隙水圧である。

$$\begin{aligned} \sigma_a' &= \sigma_a - \Delta u \\ \sigma_r' &= \sigma_r - \Delta u \\ p' &= \frac{\sigma_a' + 2\sigma_r'}{3} \\ q &= \sigma_a' - \sigma_r' \\ e_a &= \frac{\Delta H}{H} \times 100 (\%) \end{aligned}$$

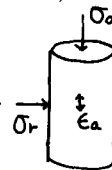


図-2

特にゆるい砂の典型的な試験結果を次ページ図-3に示す。このゆるい砂だと、ある程度以上のqに対してはもはや抵抗できず、ある極大

値を示したあとは、破壊包絡線に漸近しながら抵抗力が低下し続け、間隙水圧も上がり続けてついには有効拘束圧0、俗にいう液状化の状態に至る。

ここで特徴的なことは、図-3のa点からb点への応力状態の変化が瞬時に起こることである。この時の供試体の形状の変化を図-4に示す。

この現象は、不飽和砂を突き固めるという供試体作製法のため密度の不均一性が大きく、セン断によつて粒子が密な部分から粗な部分へずり込む現象が、有効拘束圧が低くなると自重の影響等が卓越して急激に起こるためと思われる。なお、この現象が起こる p 、 q の値は間隙比が小さくなるほど小さくなることが観測された。

なお、等方圧密からの試験では、単調圧縮によつて液状化が起こる限界の間隙比はほぼ0.92($D_r=12.5\%$) q にある極大値の生じる間隙比は0.8($D_r=50\%$)であると推定された。

次に図-5に K_0 圧密後非排水セン断を行なつた結果を示す。 K_0 圧密の方法としては、初期には等方応力状態とし、側方変位拘束状態を維持しながら軸圧を1.0 kgf/cm²まで圧密し、真の K_0 値に漸近させるという方法を用いた。その結果 $K_0=0.61$ を得ている。

見てわかるように、画刺の q に対する余裕が非常に小さく、非排水状態ではそのセン断に対する抵抗は小さく非常に不安定な土であることがわかる。

特にゆるい砂の砂について共通して言えることはその残留強度の小ささである。図-6に等方圧密から試験を行なったもののStress ~ Strain関係を示す。非排水での残留強度はきわめて小さく、 $q=0.1$ kgf/cm²以下である。これ以上にゆるくなると液状化し、残留強度は0となる。

こういった応力-変位関係は、鋭敏な粘土と相通ずるものがあるが、土構造物の破壊性状を規定するうえで重要な要素ではないかと思われる。

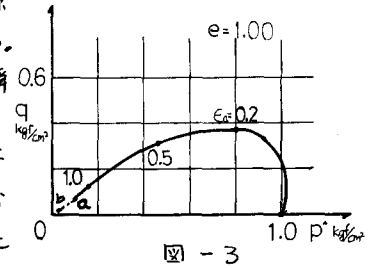


図-3

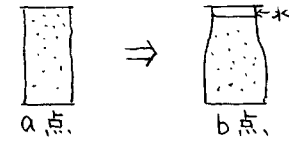


図-4

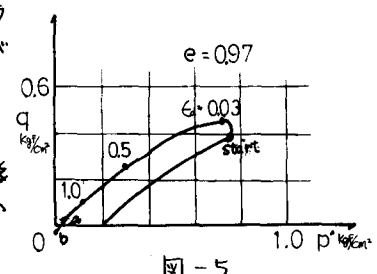


図-5

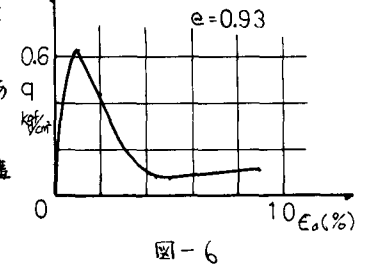


図-6

◎結論

- (1) K_0 圧密後の特にゆるい砂の非排水セン断に対する抵抗は非常に小さくきわめて不安定な状態である。
- (2) 特にゆるい砂の非排水セン断時の残留強度はかなりの大ヒズミに至るまで小さい。

◎謝辞

東京大学生産技術研究所の三木五三郎教授にはいろいろとアドバイスをしていたいただきました。また、等方圧密からの試験は建設省土木研究所振動研究室で行ないました。岩崎敏男室長はじめお世話になった皆さんに、深く感謝いたします。

◎参考文献

Castro, G (1969): Liquefaction of Sands Ph. D, the Division of Engineering and Applied Physics, Harvard Univ.