

III-84

洪積地盤の正規圧密化に伴う繰返し特性の変化

神戸大学工学部 ○ 軽部大蔵
日本下水道事業団 笹井勇人
日商岩井(株) 鎌田雅彦

大阪湾の海底には、洪積層の下に洪積粘土層が何層も分布しているが、海域の埋め立てにともなって、その内の幾つかは正規圧密状態に移行すると予想されている。本報告はこのような変化が繰返し特性に与える影響を三軸圧縮・伸張試験によって検討したものである。

試料及び供試体 大阪湾南東部の海底下 42~52mからデニソンサンプリングされた乱さない試料を用いた。その物性は、 $G_s=2.71$ 、 $e_0=2.0\sim 1.4$ 、粘土分=80%、 $LL=102\%$ 、 $PL=45\%$ である。供試体は高さ80mm、直径35mmの円柱形で、その側面にはスパイラル形のドレンバーを巻き付け、上下端面には、シリコングリースを塗布した極薄いゴム膜を貼り付けた。このゴム膜+シリコングリースの厚さ方向の応力・変位関係は、あらかじめ測定しておいた。

試験装置 通常のひずみ制御型三軸圧縮試験機に、次の改良を加えた。第一に、軸荷重フレームにベロフラムシリンダーを取り付けた。応力制御荷重とひずみ制御荷重が連続的に行えるようにした。第二に、三軸セルにレバーを取り付け、これに重錘を載せると、ピストンに引っ張り力が作用するようにした。これにより、伸張試験時でも軸荷重フレームからは圧縮荷重のみを作用させればよいこととなった。

試験の種類 つぎの3種類の試験を行った。①静的破壊応力条件を求めるための $\bar{C}\bar{U}$ 試験、②圧密応力を段階的に増加させ、各段階で軸方向に繰返し載荷する多段繰返し試験、③先行繰返し履歴のない、いわば「単段繰返し試験」。軸圧縮(あるいは伸張)過程は、全て非排水状態で、軸変位速度は2.6%/hrとした。全ての試験は圧密条件を等方応力状態と $K=0.5$ の異方応力状態の両方に設定して行った。

静的破壊応力条件 図-1は $\bar{C}\bar{U}$ 試験の応力経路図である。圧密降伏点は、図中に示した位置に、 $P_y=4\sim 5\text{kgf/cm}^2$ と求められたが、これらの値は現在の有効土被り圧より明らかに大きい。また、圧密中の軸ひずみと排水量の測定値から、試料の K_0 値は P_y 以下の応力範囲では $K_0<0.5$ 、 P_y を超えると $K_0\rightarrow 0.5$ に漸近すると推察される。図より等方圧密応力 $P=6\text{kgf/cm}^2$ の圧縮試験は明らかに強度が低い。前述③の単段繰返し試験後の圧縮試験結果も、 $P=6\text{kgf/cm}^2$ 付近のものは他より低い。なお、一般に P_y を超える圧密応力のもとで繰返し応力を受けた供試体の圧縮強さは、図-1から予想される値より、僅かに大きかった。

異方圧密供試体の繰返し特性 繰返し載荷は、圧密時の全応力条件を中心として、主応力差を $\pm 0.8\text{kgf/cm}^2$ 変化させる両振り条件で行った。この片振幅は図-1に示された圧密応力 $P=1\text{kgf/cm}^2$ の静的圧縮試験の最大主応力差の半分に相当する。繰返し回数は4回とした。

異方圧密条件の試験のうち上記②の多段繰返し試験は、1供試体について行い、繰返し開始圧密応力を $P=1, 3, 5, 7, 9, 11\text{kgf/cm}^2$ に設定した。図-2は、その結果の一部である。一方、③の「単段繰返し試験」は、圧密応力 $P=3\text{kgf/cm}^2$ (図-3)、 $P=5\text{kgf/cm}^2$ および一旦 $P=11\text{kgf/cm}^2$ で圧密してから $P=3\text{kgf/cm}^2$ で膨潤させたものの(図-4)について行った。ここで、 $P=3\text{kgf/cm}^2$ の3つの試験結果を比較すると、単段試験(図-3)の軸ひずみは可逆的であるが、多段試験(図-2b)では圧縮残留ひずみがみられる。また、室内で過圧密とされた図-4は、僅かに軸ひずみが残留することと、間隙水圧がやや負圧となることが特徴であろう。つぎに $P=5\text{kgf/cm}^2$ で行われた単段試験は図-2cと同様に大きな残留軸

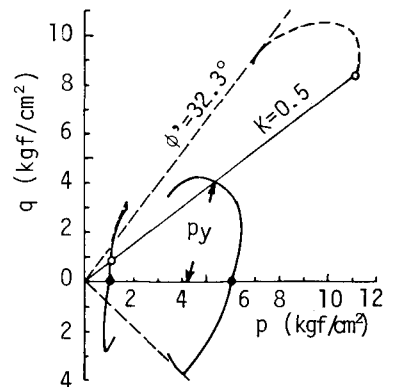


図-1 $\bar{C}\bar{U}$ 試験の応力経路

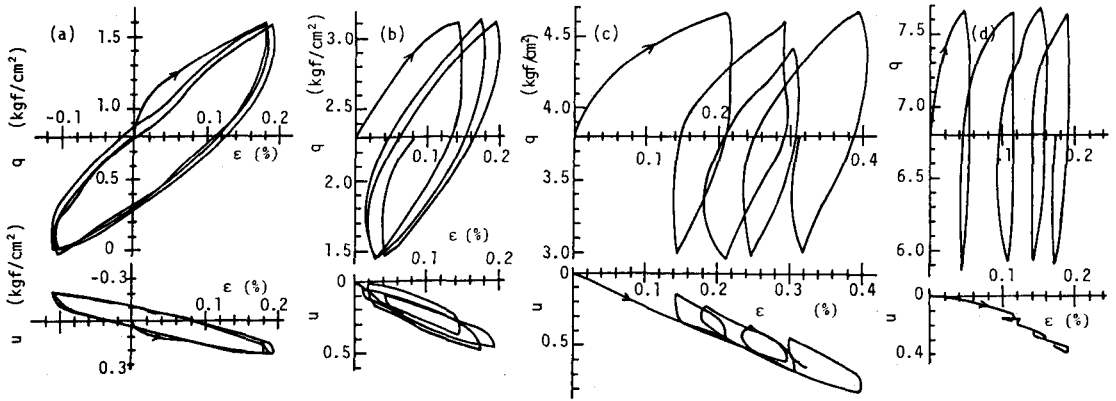


図-2 異方多段階繰返し試験 (a) $p=1\text{kgf/cm}^2$ (b) $p=3\text{kgf/cm}^2$ (c) $p=5\text{kgf/cm}^2$ (d) $p=9\text{kgf/cm}^2$

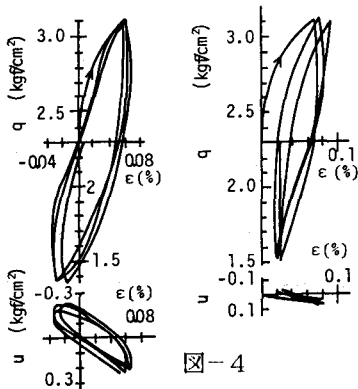


図-4

図-3 異方過圧密供試体

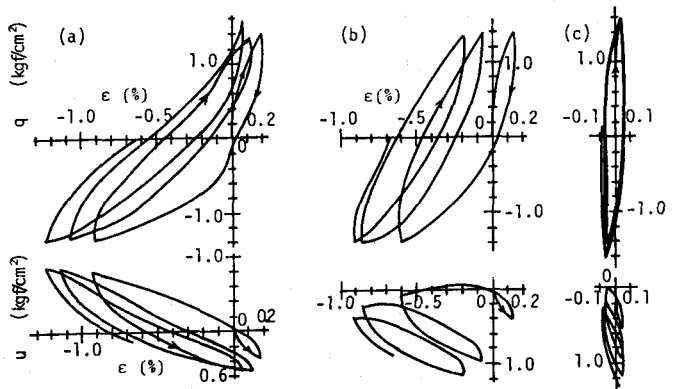


図-5 等方多段階繰返し試験

(a) $p=1\text{kgf/cm}^2$, (b) $p=3\text{kgf/cm}^2$, (c) $p=9\text{kgf/cm}^2$

圧縮ひずみと残留間隙水压を示した。

等方圧密供試体の繰返し特性 主応力差の振幅は、等方応力状態を中心として原則として $\pm 1.6\text{kgf/cm}^2$ とした。これは、圧密応力 $P=1\text{kgf/cm}^2$ の静的圧縮試験の強度の半分に相当する。まず、多段階試験は、 $P=1, 3, 5, 7, 9\text{kgf/cm}^2$ で標準の $\pm 1.6\text{kgf/cm}^2$ を繰返し载荷したものを(図-5)に加えて $\pm 1.0\text{kgf/cm}^2$ でも行った。単段階繰返し試験は、圧密応力 $P=3\text{kgf/cm}^2$ 、 $P=5\text{kgf/cm}^2$ および一旦 $P=9\text{kgf/cm}^2$ で圧密した後、 $P=3\text{kgf/cm}^2$ で膨潤させたものについて行った。しかし、過圧密以外の単段階試験は多段階試験と同様の結果を示した。したがって、 $\pm 1.6\text{kgf/cm}^2$ の繰返し応力を受けたものは先行せん断履歴の有無にかかわらず伸張方向に軸ひずみが残留するといえよう。ただし、主応力差を $\pm 1.0\text{kgf/cm}^2$ と小さくとした多段階試験では、第二段階から軸ひずみが可逆的になるという結果を得ている。

まとめ 図-6は図-1~5の結果を全体的に説明するための想像図である。図中の斜線部分は、ひずみ成分によらず唯一決まる初期弾性領域であり、 P_y は、等方及び異方圧密試験から得られた圧密降伏応力である。[印]は、任意の繰返し応力振幅である。図によれば試験結果が圧密応力比(K)に影響されたのは、初期弾性領域の形状が著しく異方的であったことに帰される。また、初期弾性領域は段階繰返し载荷により破壊され得ると思われる。

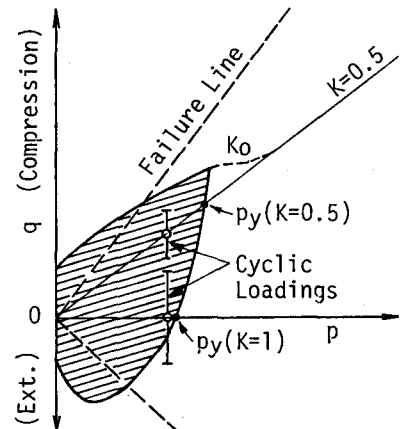


図-6 試料の初期弾性領域の想像図