

III-460 不飽和土の圧縮・せん断特性について（その1）

鹿児島大学工学部

正員 北村良介

パシフィックコンサルタンツ（株） 正員 堀之内毅

1. まえがき

土は土粒子とそれらの間隙を満たす気体、流体からなる多相混合体である。従来の土の力学特性を解明するための三軸装置を用いた実験的研究は実験手順の困難なこともあり、不飽和土を対象とすることは少なく、もっぱら飽和土を対象としてきた。しかし、陸上の地下水位より上層の土は不飽和状態にあり、海底地盤や地下水位以下の地盤においても圧力と温度の変化により一時的に不飽和状態になっていることがある。従って、不飽和状態の土の力学特性の解明は、将来の土質力学の体系化には必須の問題である。

このような認識に立ち、当研究室では不飽和土用の三軸装置を試作し、土質工学会不飽和地盤の安定性に関する研究委員会が企画した一斉試験に応募し、不飽和土の一軸試験、三軸試験を行った^{1)・2)}。本報告の（その1）では試験の概要説明と試験結果の中の圧縮特性について考察を加えている。また、（その2）では圧縮特性の考察の続きとせん断特性の考察を行っている。

2. 装置、試料、実験手順

装置、試料、実験手順については参考文献1)で詳しく述べているので、ここでは概略だけを説明する。三軸室は二重セル型のものを用いている。供試体の排水量は電子天秤により、また、体積変化量は内セルの水位の変化を差圧計によって測定している。力と変位に関するデータはすべて自動的にマイクロコンピュータによって取得され、処理されている。試料はDLクレーと称するシルトであり、その密度は 2.65g/cm^3 、50%通過粒径は 0.015mm 、均等係数は3.5である。供試体の作成、実験手順については一斉試験での試験仕様に従って行った³⁾。

図-1は三軸試験の際の等方圧縮過程での応力経路を示している。縦軸はセル圧、横軸は間隙空気圧を示している。等方圧縮過程では間隙水圧がゼロであるので横軸は等方圧縮過程でのサクション（＝間隙空気圧－間隙水圧）を表している。また、例えばAシリーズでは拘束圧（＝セル圧－間隙空気圧）が一定であることを表している。せん断過程では排気・排水条件、排気・非排水条件でのセル圧一定、ひずみ制御型、三軸圧縮試験を行った。せん断ひずみ速度は一軸、三軸いずれの場合も $0.1\%/min$ である。排気・排水試験では供試体の体積変化と排水量、排気・非排水試験では体積変化と間隙水圧が測定された。

3. 試験結果および考察3.1 圧縮過程

図-2は阿部が行ったpF試験結果を示している⁴⁾。図より空気侵入値が約2.5(pF)であることがわかる。

図-3は一軸圧縮試験の際の供試体セット後の時間に伴う間隙水圧の変化を示している。図中の数値は供試体の初期含水比を示している。図より初期含水比が小さいほど平衡状態での負の間隙水圧（＝サクション）の絶対値が大きくなっていること、100~200分を経過すると平衡状態に移行していることがわかる。また、含水比が15、17%の供試体では平衡状態のサクションが 0.3kgf/cm^2 程度である。このことは図-3での含水比15~17%程度に対するサクション=2.5が圧力に変換すると約 0.3kgf/cm^2 になることと対応している。

図-4、5は排気・排水条件での三軸試験の等方圧縮過程での排水量と供試体体積の時間的変化を示している。供試体の初期含水比はすべて17%である。図-4より等方圧縮過程での排水量は拘束圧に依存せず、サクション（＝間隙空気圧）に依存し、サクションが大きいほど排水量が多いことがわかる。図-5では差圧計の精度がよくないため（入力電圧の雑音）、定量的なことは言えないが、AシリーズではA3, A2, A1, A4の順に体積変化は小さくなっており、一方、DシリーズではD4, D1, D2, D3の順に小さくなっている。このことは等方圧縮過程での体積変化は拘束圧とサクションの両方に依存していることを意味している。排水量および供試体体積の変化は70~80分付近から始まっており、このことは図-3での平衡状態への移行が100分程度から始まることと対応している。すなわち、供試体に新たな拘束条件を負荷してから供試体の応答を装置がキャッチするまで100分程度の時間を要すること、少なくともその間の不飽和供試体の状態は不均一であることを意味している。

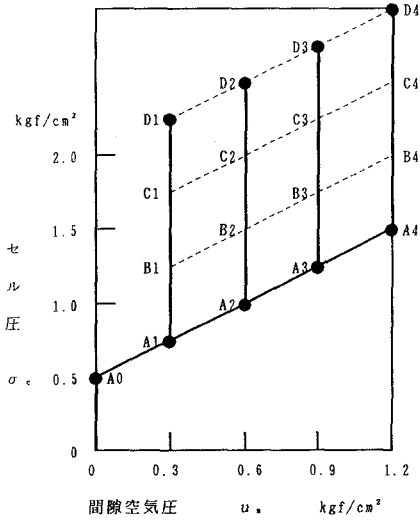


図-1等方圧縮過程での応力経路

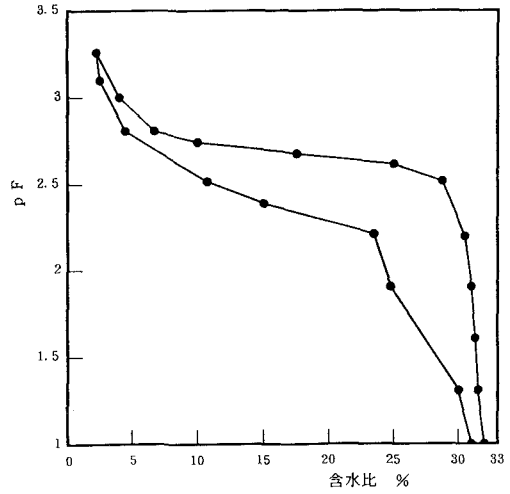


図-2DLクレ-の水分保持曲線

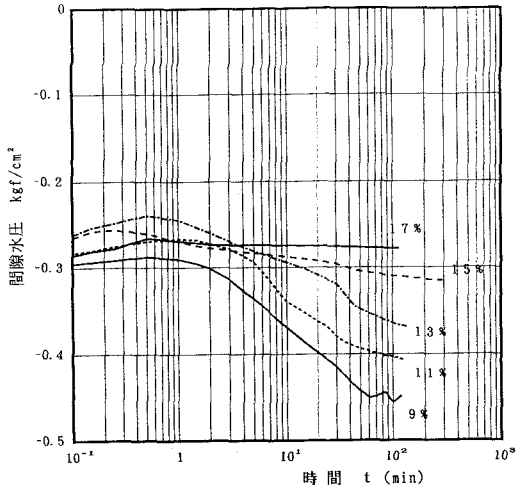


図-3放置状態での間隙水圧～時間関係

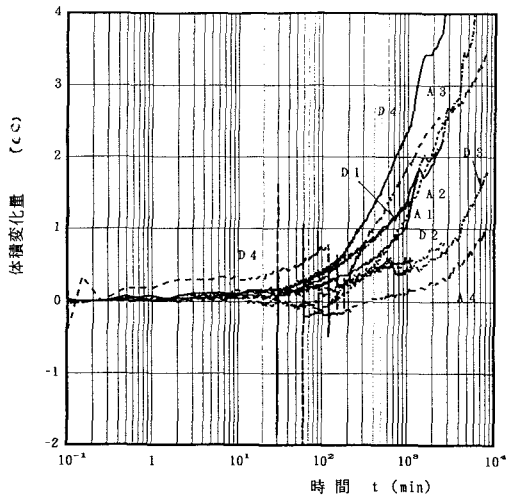


図-5等方圧縮過程での体積変化～時間関係

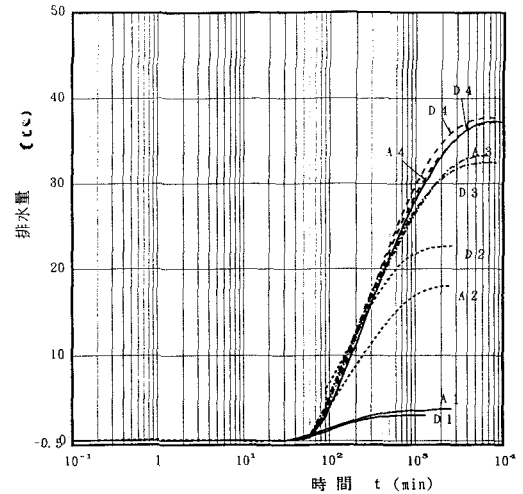


図-4等方圧縮過程での排水量～時間関係

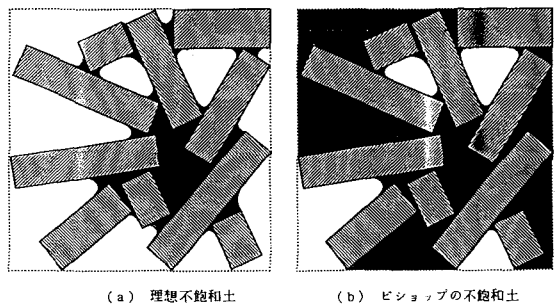


図-6不飽和土の状態想像図（軽部ら⁶⁾）