

B 値が異なる三軸砂供試体の非排水せん断挙動

名古屋大学 正会員 ○吉川高広 フェロー会員 野田利弘
正会員 中井健太郎 非会員 高根澤巧也

1. はじめに

空気の存在が土の力学挙動に与える主な影響としては、サクシオンと空気の高い圧縮性の影響が挙げられる。サクシオンの効果は構成式研究で特に注目されていて、その構成式を用いた数値シミュレーションは、これまでに数多く実施されている。これに比べると、空気の圧縮性に注目した解析的研究は数少ない。特にサクシオンが生じない封入不飽和状態における土の力学挙動を把握できる数値モデルは極めて少ない。しかしながら、不飽和土は飽和化の過程で、サクシオンがゼロになった場合でも空気が残留している。また、近年注目を集めている空気注入不飽和化工法¹⁾などの地盤改良では、残留空気の圧縮性の効果に焦点が当てられている。以上の背景を踏まえて、サクシオンがゼロであっても不飽和状態にある土の力学挙動を適切にシミュレートできる解析手法の構築を念頭に置き、本稿では、サクシオンはゼロと見なせるが不飽和状態にある三軸砂供試体を用いて側圧一定非排水単調せん断試験を実施した。なお、本来は不飽和土用の三軸試験機を用いて実験するべきであるが、ここではその準備段階として、まずは飽和土用の三軸試験機を用いた。このため、飽和度を算出する代わりに B 値を飽和状態の指標とした。

2. 実験手順の概要

実験に用いた土試料は三河珪砂 6 号である。図-1 はその粒径加積曲線を示す。実験手順は、まず比体積 1.91 ~ 1.89 (相対密度 65%) に揃えた中詰め供試体を三軸試験機にセットして、有効拘束圧 19.6 kPa で自立させる。その後、約 50cm の水頭差をもって供試体の下から上へと 2, 3 時間程度通水する。この過程でサクシオンはほぼゼロになると判断した。次に、有効拘束圧を一定に保ったまま背圧を上昇させ、その上昇量を変えることで B 値が異なる砂供試体を作製する。表-1 は、B 値と背圧の実験結果である。高い B 値にする場合には、大きな背圧を与えた。最後に有効拘束圧 98.1kPa で圧密してから、非排水単調せん断試験を行った。

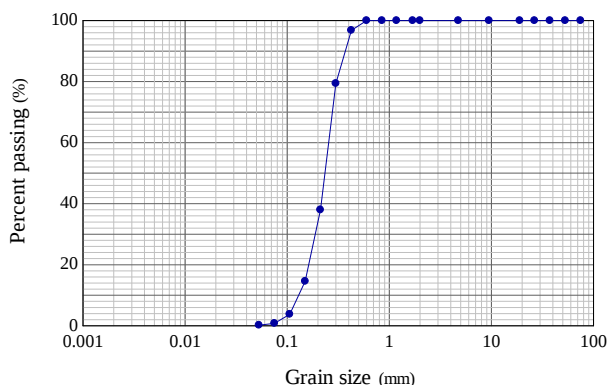


図-1 粒径加積曲線

表-1 B 値と背圧の結果

B値 (%)	背圧 (kPa)
18	24.5
29	24.5
54	49.1
74	98.1
95	343.4

せ、その上昇量を変えることで B 値が異なる砂供試体を作製する。表-1 は、B 値と背圧の実験結果である。高い B 値にする場合には、大きな背圧を与えた。最後に有効拘束圧 98.1kPa で圧密してから、非排水単調せん断試験を行った。

3. 実験結果

実験結果の整理を行うに当たっては、飽和土用の三軸試験機を用いて不飽和土の実験を実施したため、体積変化量を計測できない。このため今回は、供試体の体積変化および軸圧縮に伴う断面形状の補正は行わないで軸応力を算出した。また、土は不飽和状態であるが、サクシオンはゼロであると見なすため、Terzaghi の有効応力式を用いた。

図-2 は軸差応力～軸ひずみ関係を示す。B 値が高いほど強度が大きい。つまり飽和度が高いほど大きな強度を有し、不飽和になるほど弱いという結果が得られた。図-3 は有効応力経路を示す。図-4 は有効応力経路のせん断初期部分を拡大した図である。せん断初期は B 値が高いほど有効応力経路は左に進み、その後は B 値

キーワード 非排水せん断強度, B 値, 不飽和土

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部 9 号館 3 階 TEL : 052-789-3834

が高いほど平均有効応力と軸差応力が上昇する．ここで考察を行う．空気の圧縮性は水の圧縮性に比べて非常に大きい．そのため、非排水（非排気）状態であっても、 B 値が高い（飽和度が高い）場合は体積変化がほぼ生じないが、 B 値が低く不飽和状態になるほど土骨格の体積変化が許容される．つまり、不飽和状態になるほど飽和土の排水せん

断に近づくと言える．今回用いた供試体の相対密度は 65% で比較的高いことも踏まえると、 B 値が高い場合は密な飽和砂の非排水せん断、 B 値が低い場合は密な飽和砂の「排水」せん断試験に近づくことが解釈できる．図-5 は過剰間隙水圧を示す． B 値が高い場合は、せん断初期の塑性体積圧縮とその後の塑性体積膨張に水圧が敏感に反応し、間隙水圧挙動からもこの解釈が裏付けられる．なお、 B 値がより低い供試体ほどせん断強度が小さいのは、せん断ひずみの進展に伴い、過剰間隙水圧と連動して負の過剰間隙空気圧が発生すると、供試体はより大きく体積が膨張し、つまり間隙比がより大きくなるためであると考えている．今後、不飽和三軸試験機を用いて供試体の体積変化と飽和度を計測し、このことを確かめたい．

4. おわりに

通常、飽和土としては不適切な実験であると考えられるような B 値が 100% を大きく下回る三軸試験を実施し、サクションが事実上ゼロと見なせる密詰め砂供試体において、非排水せん断強度は飽和度が高いほど大きく、空気の存在がむしろ土のせん断強度を弱めることを明らかにした．密詰め砂の非排水せん断強度がせん断前に不飽和状態であるほど小さくなることは、著者ら²⁾の空気～水～土骨格連成計算の結果において、空気の圧縮性の効果として説明できている．

謝辞： JSPS 科研費 25249064 の助成を受けた．

参考文献

- 1) 三枝弘幸, 三好良朗, 藤井直, 山田直之, 岡田克寛, 岡村未対: 地盤の不飽和化による液状化対策技術, 建設の施工企画, pp.25-29, 2012.
- 2) 野田利弘, 吉川高広: 背圧の大きさが異なる密詰め砂供試体の力学挙動の違いに関する数値シミュレーション, 公益社団法人土木学会第 69 回年次学術講演会, No.175, pp.349-350, 2014.

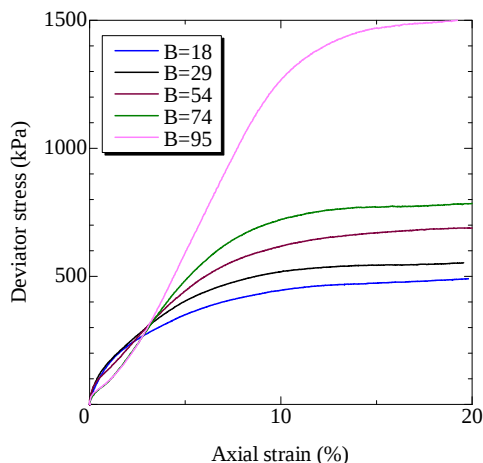


図-2 軸差応力～軸ひずみ関係

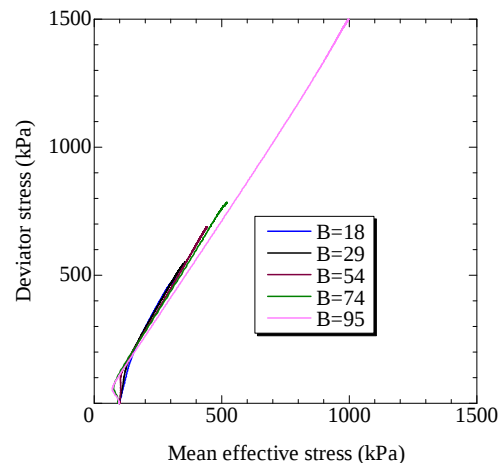


図-3 有効応力経路

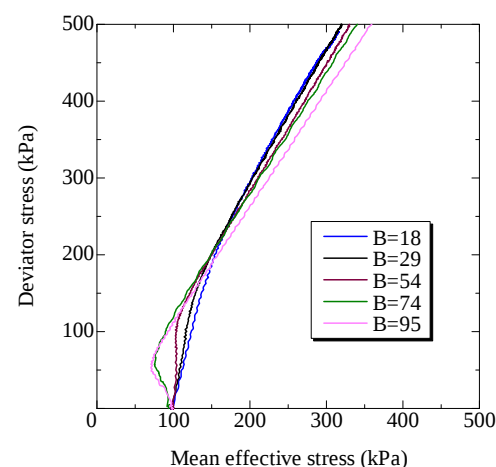


図-4 有効応力経路
(せん断初期を拡大)

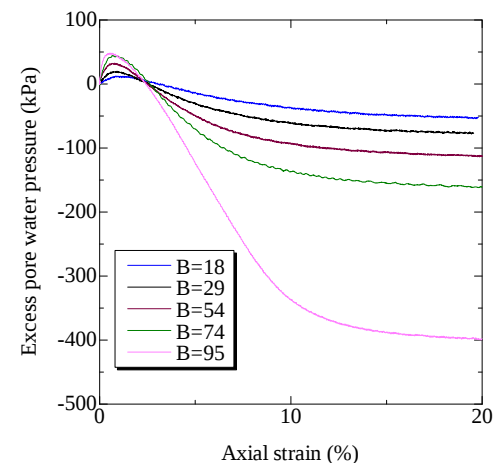


図-5 過剰間隙水圧～軸ひずみ関係