

Ⅲ-A21

排水量を制御した砂の三軸圧縮試験

筑波大学 正会員 ○ 鈴木 祥之
 筑波大学 正会員 山田 恭央
 筑波大学 山賀 宏暁

1. はじめに

埋立地や盛土などの細粒分を含んでいる地盤でも液状化現象が起こることは知られているが、細粒分が液状化に及ぼす影響については、まだ十分な解明がなされているとは言えない。筆者らは細粒分を含む砂のオンライン液状化試験を行い、部分排水条件下での挙動を調べてきたが¹⁾、本研究では、静的な三軸圧縮試験を行って、部分排水条件がせん断変形特性に及ぼす影響について検討を加えてみた。

2. 実験概要

実験には、細粒分として AX カオリンを用い、豊浦標準砂に重量比で細粒分含有率 (F_c) が 0%, 5%, 10%, 15% となる様に均等に混合したものを試料として使用した。表-1 に示す 4 種の試料について、空中落下法により堆積後、中密詰め ($e \approx 0.75 \sim 0.79$) となるよう水平打撃を加えて供試体を作製した。なお、初期有効拘束圧は 1.0 kgf/cm^2 であり、等方圧密した後、側圧を一定に保ち、軸ひずみ制御（ひずみ速度 = $0.085 \text{ \%}/\text{min}$ ）で圧縮せん断した。

表-1 各試料の諸元

細粒分 含有率 F_c	比重	最小 間隙比 $e_{\min}$	最大 間隙比 $e_{\max}$
0 %	2.640	0.605	0.977
5 %	2.638	0.525	1.037
10 %	2.636	0.510	1.170
15 %	2.634	0.497	1.317

排水制御試験においては、メンブレンペネトレーション量を予め求めておき、これを補正して真の体積ひずみを決定した。排水量制御試験に加え、排水試験、通常为非排水試験、メンブレンペネトレーション量を補正した真の等体積試験を行い、排水状態から完全非排水状態に至る広範な条件での変形特性を調べた。

3. 排水制御法

本実験においては、載荷時に負のダイレタンシーにより過剰間隙水圧が正となる間は、間隙水を供試体外へ排水させ、逆に、正のダイレタンシーにより過剰間隙水圧が負の時は、間隙に水を流入させるように排水制御を行った。また、ダルシーの法則により、この時の排水量は過剰間隙水圧に比例するものとした。

排水量の決定にあたっては比例係数（排水係数 c_d (cm^2/kgf)) を導入し、過剰間隙水圧が u_1 から u_2 まで変化する際におきた軸ひずみ、その間の排水による体積ひずみをそれぞれ $\Delta \varepsilon_a$ 、 $\Delta \varepsilon_v$ とし、

$$\Delta \varepsilon_v = c_d \times u \times \Delta \varepsilon_a$$

$$u = (u_1 + u_2) / 2$$

で与えた。上式により、本実験では c_d を段階的に変化させ、排水試験に近い状態から完全非排水試験に近い状態までを実現した。なお、排水量の制御は背圧を変化させることにより行った。

4. 実験結果・考察

図-1 では、細粒分含有率の異なる試料について、有効応力経路を比較している。この図より、細粒分含有率が増加するにつれて有効平均主応力の最小値は減少していくことがわかる。つまり、細粒分含有率の増加とともに過剰間隙水圧の発生が顕著になり、静的強度は減少している。

図-2 は、有効応力経路から求めた有効平均主応力の最小値と、排水係数 c_d 、細粒分含有率 F_c の関係を示している。図に示すように、 c_d が減少するにつれて、 F_c が増加するにつれて有効平均主応力の最小値は減

キーワード 砂、三軸圧縮試験、排水制御、細粒分

連絡先 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1 TEL 0298-53-5146

少している。ここで、白抜き印は通常の非排水試験での結果を表しており、 $F_c = 0\%$ 及び $F_c = 5\%$ の場合、非排水状態ではあるものの、メンブレンペネトレーションの影響から、実際には $c_d = 20(\text{cm}^2/\text{kgf})$ 程度の排水が起きているものと考えられる。

図-3 は、排水試験でのストレス・ダイレタンシー関係を示している。ただし、ダイレタンシー比は $D = 1 - d\varepsilon_v / d\varepsilon_a$ で定義しており、 ε_v はメンブレンペネトレーションを補正した体積ひずみである。この図より、細粒分含有率が異なっても大きな相違は見られないが、中ひずみ域までのダイレタンシー比は $F_c = 5\%$ で最大となることがわかる。したがって、体積収縮傾向は $F_c = 5\%$ の時に最も小さいと解釈できよう。

5. 静的試験とオンライン液状化試験の関係

筆者らの研究¹⁾によると、オンライン液状化試験における砂の液状化強度は $F_c = 5\%$ で最大になり、さらに細粒分含有率が増加すると減少傾向を示す。繰返し載荷より求まる液状化強度は、破壊時よりもかなり小さいひずみ領域でのダイレタンシー特性に依存していると考えられ、これは、本研究の静的試験において、中ひずみ域までのダイレタンシー比が $F_c = 5\%$ で最も大きかったことと整合していると言えよう。一方、砂の静的強度は大ひずみ時のせん断特性に支配されており、液状化強度とは異なり、細粒分含有率の増加とともに減少している。

6. むすび

排水量を制御した静的三軸圧縮試験を行った結果、排水を拘束するほど、また、細粒分含有率が増加するほど、過剰間隙水圧が上昇しやすいことがわかった。一方、中ひずみ域までのダイレタンシー比は $F_c = 5\%$ で最大となり、この細粒分含有率で液状化強度が最大となる繰返し載荷時の挙動と整合性を示した。

本研究の実施にあたっては、文部省科学研究費（課題番号 08650567）の補助を受けた。ここに謝意を表する。

【参考文献】1) 平井洋次他：細粒分を含む砂のオンライン液状化試験，土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 3 部(A)，pp. 184-185, 1997

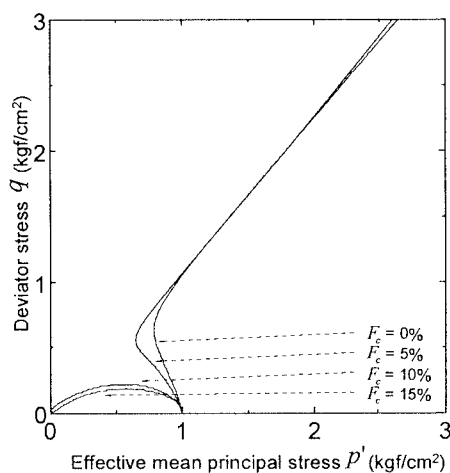


図-1 有効応力経路 (F_c の比較)
(Undrained)

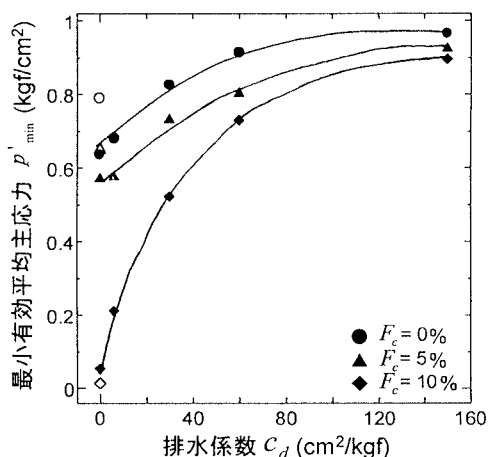


図-2 排水係数と最小有効平均主応力の関係
(白抜きは非排水試験)

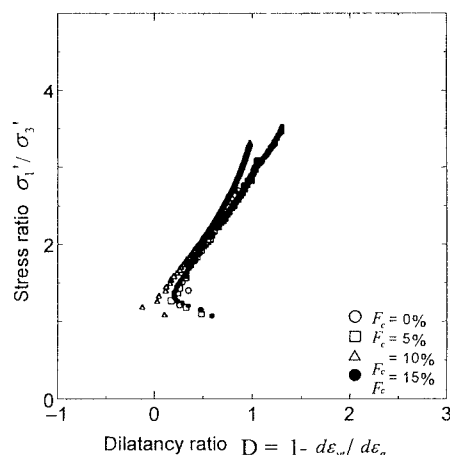


図-3 ストレス・ダイレタンシー関係
(Drained)