

不飽和土の力学特性に及ぼすせん断ひずみ速度の影響

鹿児島大学工学部 学生員 ○ 池田雄介
 鹿児島大学工学部 正会員 北村良介
 鹿児島大学大学院 学生員 高田 誠
 鹿児島大学工学部 正会員 井料達生

1. まえがき

自然地盤において、地下水位面以上の地盤はいわゆる不飽和の状態($S_r < 100\%$)にあり、理論的・経済的設計を行うためにも土の不飽和せん断強度特性の解明は重要であると考えられる。地盤工学会「飽和地盤の安定性に関する研究委員会」では不飽和三軸圧縮試験の試験仕様の提案がなされ、排気・非排水三軸圧縮ではせん断ひずみ速度を $0.1 \sim 0.05\%/min$ とすることを標準としている¹⁾。しかしながら対象とする供試体が砂質土である場合、このせん断ひずみ速度よりも速い速度でせん断することが可能と考えられる。本研究では、不飽和の排気・非排水三軸圧縮試験を実施し、せん断ひずみ速度の違いが体積ひずみ、サクシオン・せん断強度に与える影響を考察し、砂質土のひずみ速度の目安値について提案するものである。

2. 試料及び実験方法

今回実験で用いた試料は、豊浦標準砂に細粒分(豊浦砂をすり潰したもの)を5%加えたものである(図2-1 粒径加積曲線参照)。なお供試体(直径約5cm、高さ約12cm)は初期含水比10%、相対密度70%を目安としてモールド内で突き棒による締固めにより作成した。表2-1には供試体の各初期状態を一覧にして示した。また試験条件としては間隙空気圧(u_a)を 0.2kgf/cm^2 一定、拘束圧($\sigma_3 - u_a$)を $0.5, 1.0, 2.0\text{kgf/cm}^2$ の3種類、せん断ひずみ速度を $0.05, 0.1, 0.2, 0.4\%/min$ の4種類とした。図2-2に実験手順、表2-2に実験条件、図2-3に応力経路を示した。

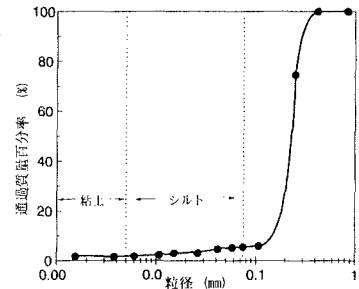


図 2-1 供試体の粒径加積曲線

表 2-1 供試体の初期状態

試料番号	供試体重量 (g)	初期含水比 (%)	間隙比 (%)	相対密度 (%)	飽和度 (%)
①	392.1	9.5	0.727	67.0	34.5
②	393.1	9.5	0.712	70.5	35.2
③	391.0	10.7	0.741	63.0	38.1
④	390.6	10.7	0.742	63.0	38.1
⑤	398.6	9.8	0.693	75.5	37.3
⑥	395.6	10.1	0.710	71.1	37.6
⑦	395.5	11.2	0.729	66.1	40.6
⑧	395.6	10.3	0.724	67.4	37.6
⑨	391.8	9.1	0.712	70.5	33.7
⑩	397.6	10.0	0.710	71.1	37.2
⑪	402.6	10.0	0.679	79.2	38.9
⑫	404.6	10.1	0.682	78.4	39.1

表 2-2 実験条件

せん断ひずみ速度 (%/min)	$\sigma_3 - u_a = 0.5$ (kgf/cm ²)	$\sigma_3 - u_a = 1.0$ (kgf/cm ²)	$\sigma_3 - u_a = 2.0$ (kgf/cm ²)
0.05	①	⑤	⑨
0.1	②	⑥	⑩
0.2	③	⑦	⑪
0.4	④	⑧	⑫

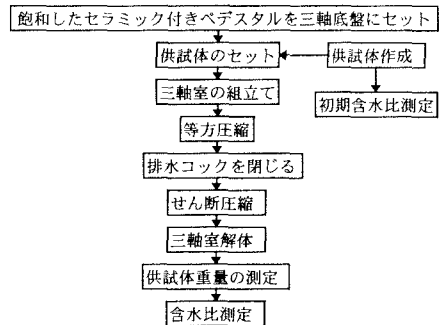


図 2-2 実験手順のフローチャート

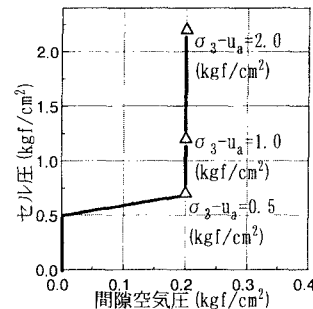


図 2-3 応力経路

3. 実験結果及び考察

不飽和三軸圧縮試験は一連の等方圧縮過程・せん断過程で実施される。等方圧縮過程において排水量・体積変化量の変化が落ち着く(等方圧縮終了と判断)のを確認後、せん断過程へと進んだ。

図 3-1 は、 $\sigma_3 - u_a = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 時の軸ひずみと体積ひずみの関係をまとめて示したものであるが、軸ひずみが增大するとともに体積が膨張する傾向が伺えた。この傾向は他の($\sigma_3 - u_a$)の時も同様に得られたが、これは今回実施した供試体の相対密度が 70%前後であることを考慮すると、土のダイレタンシーによる影響と判断される。

図 3-2 には $\sigma_3 - u_a = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 時の軸ひずみとサクシジョンの関係を示した。この図から軸ひずみが 1%程度に達するまでに間隙水圧が増大し、サクシジョンが急激に低下し、その後はほぼ一定値で安定した状態にあることが判る。またサクシジョンの変動はせん断ひずみ速度に依存しない結果が得られている。

図 3-3 は $\chi = 1$ と仮定した時の、せん断ひずみ速度 0.1%/min のモールの応力円を示したものである。また、図 3-4 にはせん断ひずみ速度と c 、 ϕ の関係をまとめて示した。これらの図から次のことが明かとなった。

- せん断ひずみ速度の違いによる粘着力、内部摩擦角の差異は殆どない。
- 細粒分を 5%程度含む砂質土においては、せん断ひずみ速度を 0.4%/min としてもせん断強度には影響を及ぼさないものと考えられる。

4. あとがき

今回細粒分を 5%含む豊浦標準砂を用いて排気・非排水の三軸圧縮試験を実施し、せん断ひずみ速度の違いがせん断強度に及ぼす影響について考察した。その結果本試験においては、せん断ひずみ速度を 0.4%/min まで速めても体積ひずみ・サクシジョン・せん断強度には影響を及ぼさないことが明かとなった。今回得られた知見は限られたデータをもとにしたものであり、今後データの蓄積が必要と考える。また不飽和地盤のせん断強度に寄与する多くのパラメータについて解明していきたいと考える。

～謝辞～

本研究遂行に際し、中央開発(株)の援助を受けた。ここに謝意を表します。

<参考文献>

- 土質工学会 不飽和地盤の安定性に関する研究委員会：不飽和地盤の調査・設計・施工に関する諸問題シンポジウム発表論文集、pp. 53～58、1993
- 北村、堤：桜島火山灰土の不飽和力学特性に関する実験的研究、1993

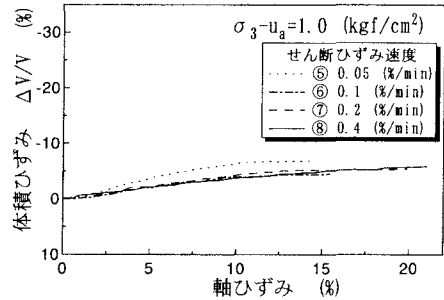


図 3-1 軸ひずみ～体積ひずみ

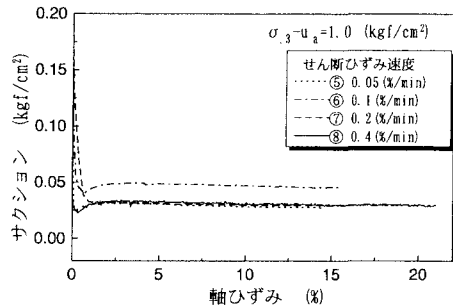


図 3-2 軸ひずみ～サクシジョン

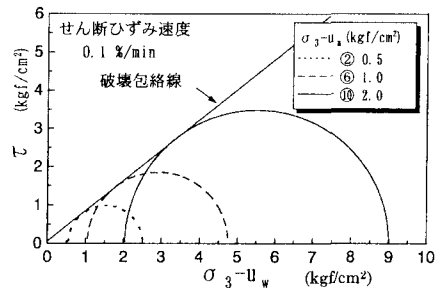


図 3-3 破壊時のモールの応力円

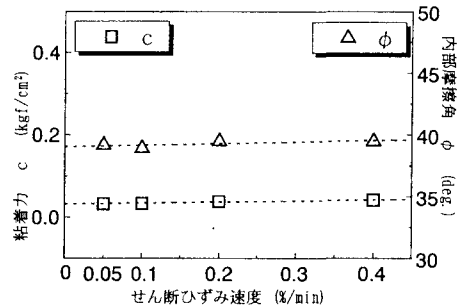


図 3-4 せん断ひずみ速度～ $c \sim \phi$