

III-209 不攪乱砂の不飽和時の変形と強度

信州大学工学部 正員 阿部 廣史
 " " 川上 浩
 東京電力 " 有泉 毅
 信州大学大学院 学生員 榎本 雅夫

1. まえがき 一般の土工では、不飽和あるいは疑似飽和状態を保ちながら工事を進めることが多い。しかしながら、不飽和土中に生ずる負の間隙水圧（あるいはサクシオン）の評価手法があいまいであったため、不飽和地盤も飽和地盤と同様な取扱がなされているのが現状である。そこで、ここでは、砂質土のサクシオンと変形・強度特性について、水分保持特性との相関性に着目し、調べている。

2. 試料および試験方法 試料は、千葉県の成田砂層からトリプルチューブサンプラーにより採取された不攪乱砂を用いている。試料の性状は、表-1にまとめて示した。

三軸試験用供試体は、コアチューブごと所定の高さに切断した後、押し抜き、周囲をトリミングし、両端面を成形して、約2時間凍結したものを用いた。供試体寸法は飽和、不飽和のいずれも、高さ 150mm、直径 70mm を標準とした。凍結供試体は、図-1に示す三軸室にセットされ、0.3 kgf/cm² の負圧を加えた状態で解凍し、供試体寸法を測定している。その後、二重セル構造の三軸室を組み立て、供試体の体積変化は内セル内の水位変動を高精度の差圧計を用いて計測している。また排水量は、電子天秤を利用して測定している。間隙空気圧は、上部キャップを介して制御している。不飽和土の試験は、排気・排水（サクシオン一定）条件とし、 $u_a > 0$ 、 $u_w = 0$ （大気圧）に制御することにより、一定サクシオンを有する供試体を作り出し、軸圧縮試験中にもこの状態を保つように制御している。供試体に与えるサクシオン（ $u_a - u_w$ ）は、あらかじめ実施した水分保持特性試験結果を参照して決めている。

3. 水分保持特性と排水特性 砂質土の水分保持特性の一例として図-2¹⁾を示した。細粒分を含有しない豊浦標準砂と、保水性のあるシラスを合わせて示したが、砂質土の場合、含まれる細粒分の多少が、曲線形状に大きな影響を与えていると言える。

試料は、いずれも地下水位以下より採取され、その初期状態は飽和度が90%以上あり、供試体の初期サクシオンは0.02kgf/cm²程度である。飽和粘土における圧密時と同様な表現で、サクシオンを与えたときの排水状況を図-3に示した。図-4では、各々のサクシオンを与えたとき（表-2参照）の排水量と供試体の体積変化の状況を示した。サクシオンによる排水量は大きくなるが、その時の体積収縮はごくわずかであり、サクシオンを増しても、体積変化にはほとんど影響を及ぼしていない。すなわち、土粒子骨格でサクシオンの増加を受けとめていると言える。

4. 強度特性とパラメータ 図-5には、応力-ひずみ-体積

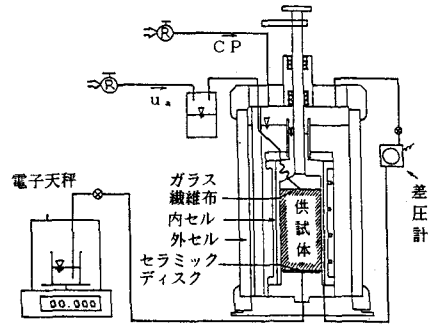


図-1 不飽和用三軸装置

表-1 成田砂試料の性状

試料名	Gs	砂分	シルト分	粘土分	採取深度
成田 4S	2.83	95%	2%	3%	9.5m
成田 4	2.69	94	2	4	14.4
砂 5S	2.65	90	6	4	10.1
5D	2.70	80	14	6	17.2

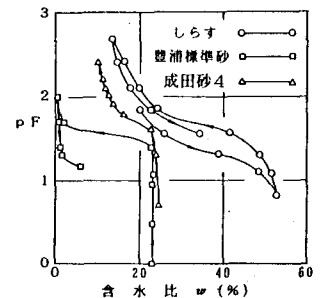


図-2 砂質土の水分保持特性の一例

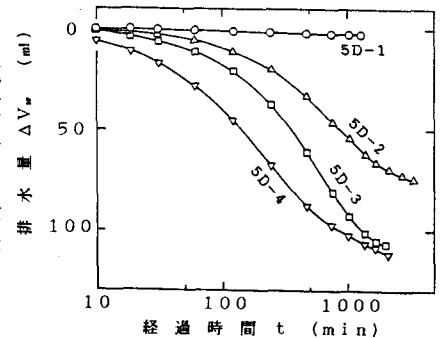


図-3 サクシオンによる排水

変化—排水特性の例を示した。この場合、軸圧縮は0.007/minのひずみ制御で行った。ここでの特徴は、サクシオンの大小による強度変化はほとんど見られないこと及び、軸圧縮中の排水特性である。5D-1では、図-4で示したように、飽和状態

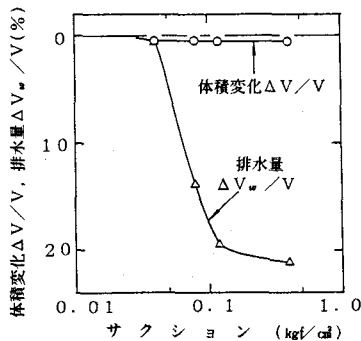


図-4 排水量と供試体の体積変化

に近い。供試体の体積変化に比較的対応した傾向を示す。しかしながら、他の供試体では、その傾向は異なってくる。これは、（一定サクシオン）＝（一定曲率のメニスカス形成）と考えると、一定サクシオン状況では粒子間隔が開いても閉いても排水されなければならないことと一致してくる。

サクシオンの増加と強度特性の関係を図-6 a, b に示した。ここでは、いずれも、サクシオンのごく小さい範囲で強度の増加傾向を示すが、その後、ほとんど増加は示さず、むしろ減少傾向にある。この傾向は、不飽和砂の特徴を示していると言える。ハッチングをほどこした部分が、サクシオンによる強度増加である。

不飽和土の有効応力パラメータ α とサクシオンの関係は、同じ試料の水分保持特性とともに、図-7 に示した。水分保持特性は脱水過程の最初の折り曲がり付近で、供試体の空気浸入値を示すが、パラメータ α もまた、この付近まで $\alpha=1$ と見ることができる。また、サクシオンの増加と共に曲線が再び立ち上がってくる領域では α の値も急激に減少してくる。これらの傾向は、水分保持特性試験結果からパラメータ α がおおむね推定できることを示唆していると考えている。

5. まとめ 不飽和砂質土の変形・強度特性について、

成田砂の不攪乱供試体を用いて実験的に調べた結果より、体積変化と排水量の関係など不飽和砂特有の挙動を示すと共に、パラメータ α と水分保持特性の間に相関性があることを示した。

実験の実施及びデータ整理にあたり、ツルミ技術の鈴木雅之氏及び本学の坂口一俊君、北野慎司郎君、神谷眞吾君の協力を得た。末筆ながらここに記し、感謝の意を表します。

参考文献：1) 榎本他(1989)：不飽和土の水分保持特性と浸透特性，第24回土質工学研究発表会

表-2 試験時の拘束圧とサクシオン

	5D-1	5D-2	5D-3	5D-4
セル圧 (CP)	0.90	0.94	0.98	1.26
$u_a (=Suction)$	0.04	0.08	0.12	0.40
CP- u_a	0.86	0.86	0.86	0.86

単位：kgf/cm²

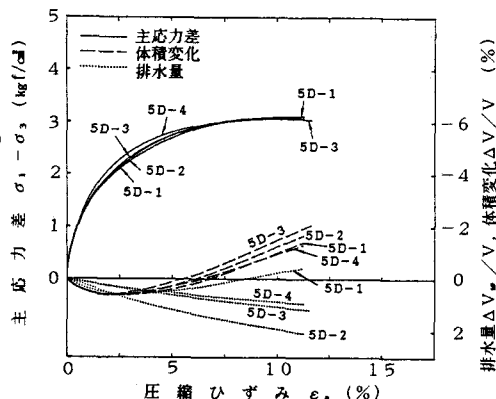


図-5 応力-ひずみと体積変化、排水量の挙動

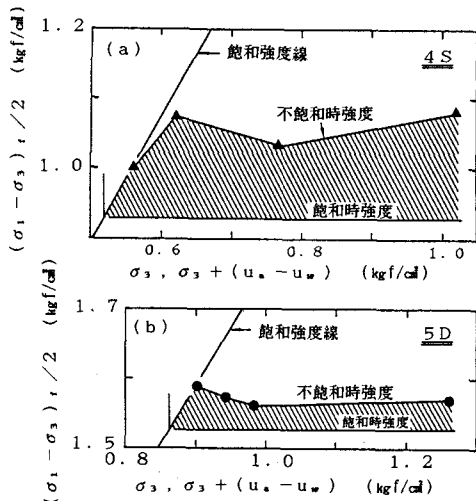


図-6 サクシオンが強度特性に及ぼす影響

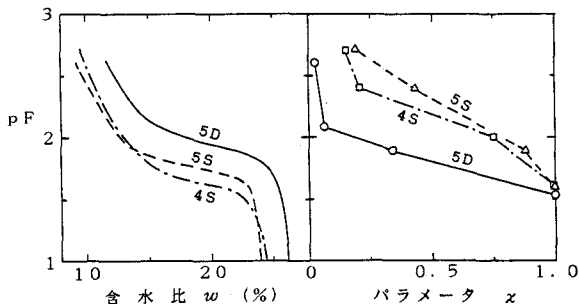


図-7 水分保持特性と有効応力パラメータ α