

砂の飽和度が定常状態強度に及ぼす影響の評価

東京都立大学 学生会員 ○王 昭程

東京都立大学 非会員 森 みさと

東京都立大学 正会員 吉嶺 充俊

1. 目的

液状化に伴う砂地盤の流動挙動の評価では完全飽和した供試体の定常状態強度が使われることが多い。しかし、実際の地盤は必ずしも完全飽和状態にあるとは限らないため、本研究では、砂地盤の飽和度がわずかに1を下回る砂の定常状態強度に及ぼす影響を調べる。そのために、極わずかな不飽和度でも敏感に検出できる初期過剰間隙係数B値を変化させて、非排水・非排気三軸圧縮試験を行い、飽和度が定常状態強度に与える影響を評価した。

2. 用いた試料と実験方法

供試体は、直径50mm、高さ100mmの円柱供試体を用い、試料は岐阜砂7号(平均粒径0.21mm)を用いた。B>0.95の飽和供試体を作成するためには、二酸化炭素注入の後に脱気水を間隙に注入するが、不飽和供試体の実験では脱気水の注入のみとし、さらに初期間隙水圧 u_0 を変化させて供試体の初期過剰間隙係数B値が $0.3 < B < 0.4$ および $0.7 < B < 0.8$ の範囲になるように調整した。その後、有効拘束圧100kPaで等方圧密を加え、非排水・非排気条件のもとで単調三軸圧縮載荷を行った。

3. 実験結果

不飽和供試体の応力-ひずみ曲線と応力経路をそれぞれ図1、2に示した。これらの図から、軸ひずみ約30%で定常状態となっていることが分かる。そこから読み取った定常状態での有効拘束圧を初期間隙比に対してプロットし、飽和している供試体(B>0.95)と比較し図3に示した。比較的緩い砂で平均有効主応力が初期値よりも低下する場合には、飽和供試体に比べて不飽和供試体の定常状態強度が大きくなり、その一方で、平均有効主応力が初期値よりも増加する場合には不飽和供試体の定常状態強度の方が小さくなった。同様の傾向は中澤ら^[1]によっても報告されている。

4. せん断中の空気圧縮・膨張による供試体密度変化量の検討

上記のような強度差は、間隙水圧の変動による間隙空気の体積変化に伴う供試体の密度変化が原因であるかもしれない。そこで、せん断中の間隙水圧の変化による空気の体積圧縮量や膨張量を検討した。

図4に示すように、中澤ら^[1]より $B > 0.3$ であれば、飽和度 $S_r > 99\%$ であるといえ、飽和度を仮に $S_r = 99\%$ として圧密後の初期間隙比 e_0 での空気の体積を計算し、実験中の間隙水圧の変化からボイルの法則によって空気の体積変化を求めて、そこから初期状態から定常状態までの間隙比の変化量 Δe を次式により計算した。

$$\Delta e = \left(V_0 \frac{\rho_s}{m_s} - 1 \right) \cdot \left[(1 - S_r) \cdot \left(\frac{u_0 + 100\text{kPa}}{u_{ss} + 100\text{kPa}} \right) + S_r \right] - e_0$$

その結果、表1のように、実験中の空気体積変化による間隙比の変化量は非常に小さく、空気体積変化が図3に示すような強度差の原因であるとは言えないことがわかった。なお、岡村・曾我^[2]は豊浦砂の繰り返し液状化強度と過剰間隙圧比が1になった時(有効応力が0kPaになったとした時)の空気圧縮量との間により相関があることを報告しているが、この場合でも空気圧縮に伴う密度増加は大変に小さく、繰り返し液状化強度の増加量を定量的に説明することはできない。

5. 結論

飽和度99~100%の範囲で飽和度が定常状態強度にあたえる影響を明らかにした。その影響は、間隙圧の変化に伴う間隙空気の膨張・圧縮だけでは説明がつかなかった。今後、より広範囲の飽和度が定常状態強度に与える影響を検討する必要がある。

キーワード 砂, 不飽和, 三軸圧縮試験, 定常状態

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学 都市基盤環境学域 TEL 0426-77-2773

参考文献

- 【1】中澤博志, 石原研而, 塚本良道, 鎌田敏幸: 不完全飽和条件における砂質土の非排水せん断特性, 土木学会論文集 C, Vol. 63, pp334-336, 2007
- 【2】Okamura, M., Soga, Y.: EFFECT OF PORE FLUID COMPRESSIBILITY ON LIQUEFACTION RESISTANCE OF PARTIALLY SATURATED SAND, Soils and Foundations, Vol. 46, No. 5, 695-700, Oct. 2006

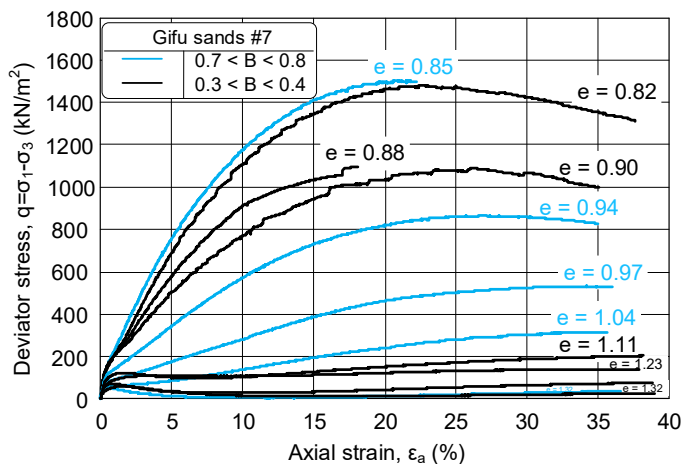


図 1. 応力ひずみ曲線

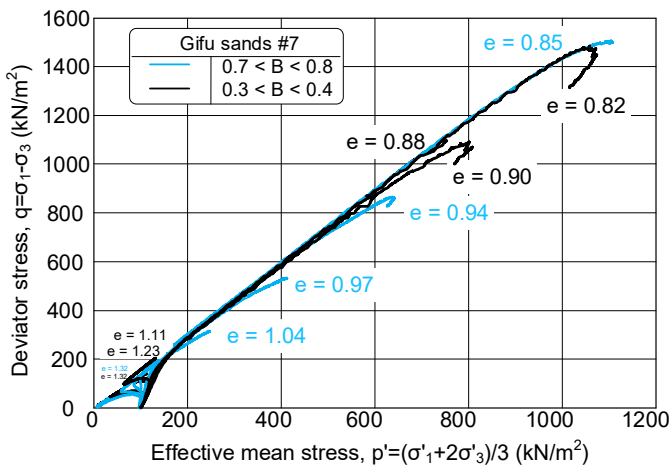


図 2. 応力経路

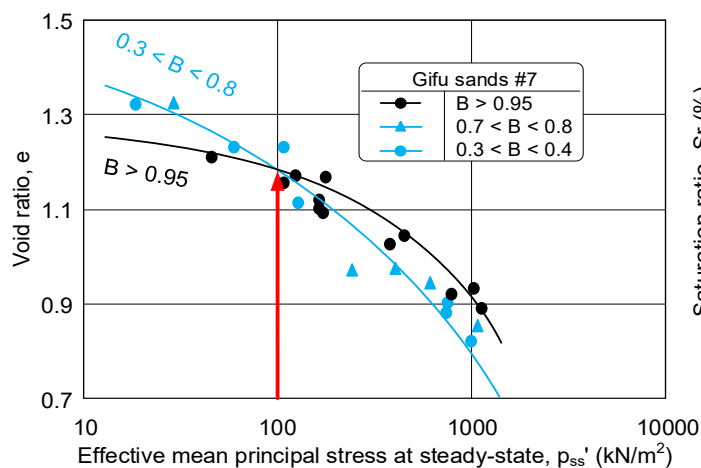


図 3. 定常状態線

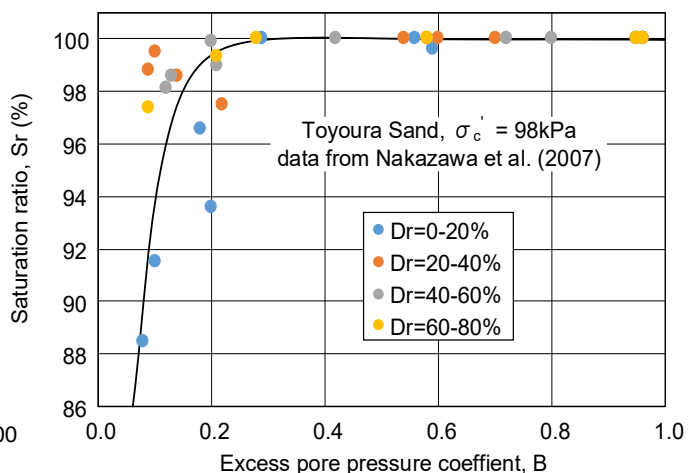


図 4. 初期過剰間隙係数 B と飽和度 Sr の関係

表-1 せん断中の空気圧縮・膨張に伴う間隙比変化の検討 (ρs=2.589g/cm³、Sr=99%)

Test No.	B-value after consolidation B	Initial void ratio after consolidation e₀	Initial pore pressure after consolidation u₀ (kPa)	Pore pressure at steady-state uₛₛ(kPa)P	Volume after consolidation V₀ (cm³)	Dry weight mₛ (g)	Change of void ratio Δe
GS705	0.367	1.110	100.9	103.1	165.95	203.57	-0.00012
GS706	0.301	1.227	103.9	104.2	163.43	189.96	0.00366
GS709	0.322	1.230	100.2	167.1	160.63	186.46	0.00273
GS710	0.398	1.316	4.2	94.4	145.72	162.88	-0.00590
GS711	0.390	0.876	100.8	3.1	195.19	269.33	0.00860
GS712	0.394	0.823	200.6	200	197.01	279.72	0.00047
GS713	0.328	0.895	102.3	101.7	194.74	266.04	0.00015
GS714	0.764	0.972	49.8	50.5	184.94	242.77	0.00021
GS715	0.727	1.322	150.0	234.3	166.85	186.00	0.00293
GS716	0.772	0.845	200.7	199.0	197.43	277.04	0.00010
GS717	0.703	0.936	150.9	158.8	190.42	254.69	-0.00062
GS719	0.734	0.969	1.6	3.1	187.37	246.41	-0.00055