

定体積・排気・非排水条件における低飽和度不飽和供試体の挙動

鳥取大学工学部（正） 清水 正喜

鳥取大学大学院（学） ○福田 尚弘

1. はじめに

Bishop は不飽和土の有効応力式として次の式を提案した.

$$\sigma' = \sigma - u_a + \chi(u_a - u_w)$$

(1)

ここで、 σ' : 有効応力, σ : 全応力, u_a : 間隙空気圧, u_w : 間隙水圧, $\sigma - u_a$: 基底応力 (σ_{net}), $u_a - u_w$: サクシヨン (s), χ : 飽和度に依存するパラメータ (0~1) である. 著者らは不飽和土の定体積・排気・非排水試験を行い, 有効応力の検討をしてきた¹⁾. 定体積・排気・非排水条件においては, 有効応力は変化しない ($\Delta\sigma' = 0$) と考えられるので, (1) 式において,

$$\Delta\sigma_{net} + \chi\Delta s = 0$$

(2)

となり, χ は $-\Delta\sigma_{net}/\Delta s$ となる. そこでは供試体の初期飽和度は比較的高い状態で検討したため, 今回, より低い状態の試験を行った. 本報告では低飽和度不飽和供試体の, 定体積・排気・非排水条件における, サクシヨンと基底応力の挙動について記述する.

2. 試験方法

試料は DL クレーを使用した. $\rho_s=2.697(g/cm^3)$, $w_L=32.7(\%)$, $I_P=1.6$ である. 含水比約 60%で練り返し, 最大圧密圧力 49kPa で1次元圧密した試料を成形し供試体とした. 試験過程は排水過程と非排水過程に分けられる (表 1). 排水過程では, 加圧板

法によって所定のサクシオンを段階的に作用させ, 供試体を不飽和化した. 排水過程終了時の供試体飽和度は約 35%まで低下した (図 1). セラミックディスクの AEV は 275kPa である¹⁾. 非排水過程では, ひずみ制御圧縮した (軸方向圧縮過程) 後, 定体積状態で応力緩和の影響を調べた. その後, 定体積を保ったまま, 間隙空気圧を変化させサクシオンと基底応力の挙動を調べた. 非排水過程では, 一連の過程を2回繰り返した.

3. 結果および考察

(1) 軸方向圧縮過程および応力緩和過程の挙動

図 2 は軸方向圧縮 2 過程および応力緩和 2 過程の挙動である.

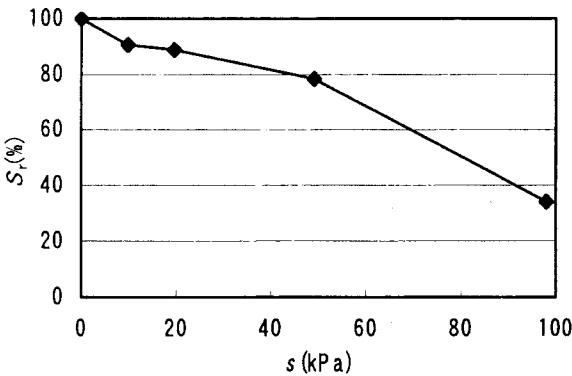


図 1 水分特性曲線

表 1 試験過程

排水		χ		
時間 ↓	軸方向圧縮 1			
	定体積 1	応力緩和 1	41.3 ①	
		u_a 変化 1	u_a 減少 1-1	0.31 ②
			u_a 増加 1-1	1.54 ③
			u_a 減少 1-2	2.08 ④
			u_a 増加 1-2	0.46 ⑤
			u_a 減少 1-3	0.13 ⑥
			u_a 増加 1-3	0.17 ⑦
	軸方向圧縮 2			
	定体積 2	応力緩和 2	478 ⑧	
		u_a 変化 2	u_a 減少 2-1	-0.12 ⑨
			u_a 増加 2-1	0.09 ⑩
			u_a 減少 2-2	-0.24 ⑪
			u_a 増加 2-2	0.16 ⑫
u_a 減少 2-3			-0.07 ⑬	
u_a 増加 2-3			0.23 ⑭	

$t=270\text{min}$ まで軸方向圧縮を行った結果、 σ_{net} は増加し、 s は減少した。 $t=270\text{min}$ 以降、応力緩和により σ_{net} が減少し、 s は微少ではあるが増加した。 尚、軸方向圧縮 1 過程および応力緩和 1 過程においても、同様の結果が得られた。

(2) 間隙空気圧減少過程の挙動

図 3 は u_a 減少 2-1 過程 ($u_a=147 \rightarrow 98\text{kPa}$) の挙動である。この過程全体を通して、 s および σ_{net} はともに減少した。しかしながら、 σ_{net} の変化量は非常に小さかった。 2-2, 2-3 過程においても同様な結果となったが、1-1, 1-2, 1-3 過程においては s は減少し、 σ_{net} は増加した。

(3) 間隙空気圧増加過程の挙動

図 4 は u_a 増加 2-1 過程 ($u_a=98 \rightarrow 147\text{kPa}$) の挙動である。この過程全体を通して、 s は増加し σ_{net} は減少した。 u_a を増加させた全ての過程において、同様の結果を示した。

(4) 室温変化時の挙動

室温 T が上昇（低下）すると、 σ_{net} が増加（減少）し s が減少（増加）した。 各試験過程において同様の結果が得られた。これは先の知見¹⁾と合致する。

(5) 有効応力の吟味

軸方向圧縮過程において σ_{net} の増加量は、 s の減少量に比べ大きかった（図 1）。これは (1) 式において $0 \leq \chi \leq 1$ であることを考慮に入れると、有効応力が増加していることを意味し、Bishop の有効応力式で説明することができる。

定体積条件下での各過程における χ の値を、表 1 に示す。表 1 より、定体積・排気・非排水条件であるにも関わらず、 χ の値が等しくないことがわかる。また、 χ の値が 1 より大きくなった過程 (①, ③, ④, ⑧) については、①, ⑧ は応力緩和の影響によるものであると考えられ、③, ④に関しては室温変化が他の過程に比べ大きかったことが関係していると考えられる。 χ の値が負となった過程⑨, ⑪, ⑬においては、 σ_{net} の変化が非常に微小であるうえ、 σ_{net} は s に比べ測定値が T の影響を受けやすい¹⁾ことが影響していると考えられる。

4. おわりに

低飽和度不飽和供試体において、定体積・排気・非排水条件での s と σ_{net} の挙動を調べた結果、Bishop の有効応力式では対応できない可能性があることがわかった。しかしながら、試験期間中に $\pm 1 \sim 2^\circ\text{C}$ 程度の室温変化が生じており、 s と σ_{net} の挙動がその影響を受けた。このことから、土質試験において通常許容される室温環境よりも厳しい室温管理下で試験を行い、再度議論する必要がある。

参考文献 1) 清水・南部(2003)：不飽和土の定体積・排気・非排水一次元圧縮試験における基底応力とサクシンの挙動，第 38 回地盤工学研究発表会 CD-ROM 版講演集（平成 15 年度），pp.899-900。

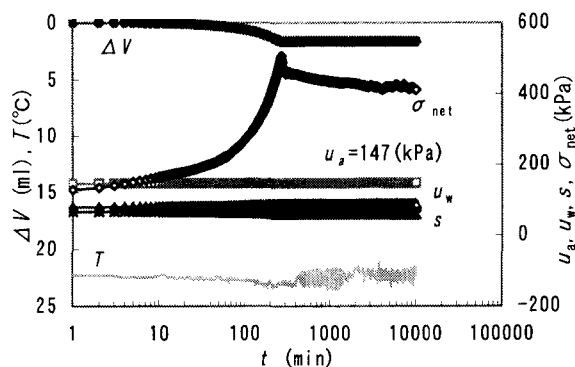


図 2 軸方向圧縮 2 および応力緩和 2 過程の挙動

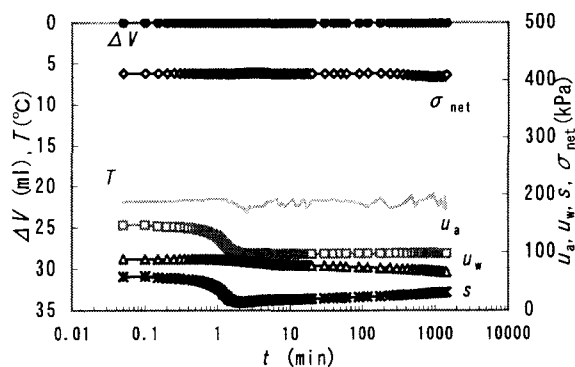


図 3 間隙空気圧減少 2-1 過程の挙動

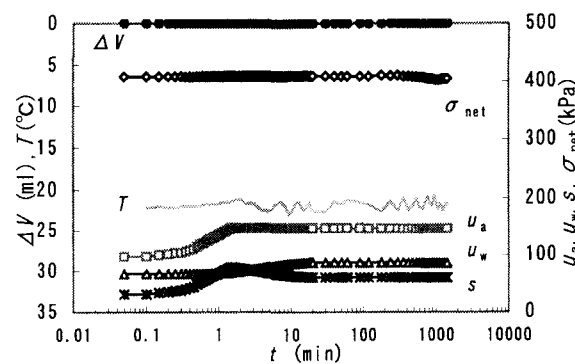


図 4 間隙空気圧増加 2-1 過程の挙動