

不飽和土の一次元圧縮挙動におけるサクシヨン履歴の影響

鳥取大学工学部 正会員 清水 正喜

鳥取大学大学院 学生会員 ○田原 志典, 福田 尚弘

1. はじめに

不飽和土の体積変化挙動を支配する応力パラメータとして、基底応力 σ_{net} ($\sigma - u_a$) とサクシヨン s ($u_a - u_w$) を取り上げ、荷重載荷段階の途中で s を変化させて再び元に戻すという、サクシヨン履歴段階を加えて、一次元圧縮試験を行った（ここで、 σ : 全応力, u_a : 間隙空気圧, u_w : 間隙水圧）。サクシヨン履歴段階の挙動および圧縮特性に及ぼす履歴後の影響について報告する。

2. 試験方法

試験は、DL クレー ($\rho_s = 2.697 \text{ g/cm}^3$, NP) を使用した。DL クレーを含水比 60% に調整し、スラリー状態で試験を行った。試験装置は不飽和土用一次元圧縮試験装置¹⁾を使用した。サクシヨンは加圧板法によって制御した。

試験は図 1 に示すように、サクシヨン 40 kPa を載荷し、供試体を不飽和にした後、3 種類の経路で σ_{net} を増加した。荷重載荷段階の途中で、サクシヨン増加履歴を与えた試験（増加試験）およびサクシヨン減少履歴を与えた試験（減少試験）を行った。また比較のため、サクシヨン履歴を与えていない試験（一定試験）も行った。

3. 結果および考察

(1) 体積圧縮量および排水量の時間的変化挙動

図 2 に $\sigma_{net} = 0 \text{ kPa}$ で、 s を 0 kPa から 40 kPa に増加した時の、排水量 ΔV_w と経過時間 t の関係を示す。試験開始から 120 分程度経過した時点までにおいて、急激な排水挙動を示すが、そこからは徐々に緩やかな排水挙動に転じている。

図 3 にサクシヨン履歴を与えた後、 $s = 40 \text{ kPa}$ 一定のもと σ_{net} を 157 kPa から 314 kPa に増加させた時の体積圧縮量 ΔV および排水量 ΔV_w と経過時間 t との関係を示す。

どの試験においても、体積圧縮は荷重載荷時に、ほぼ瞬間的に起こりその後はほとんど変化していない。しかし、排水は体積圧縮に伴って徐々に起こっている。

また、増加試験は排水挙動がほとんど現れていないが、減少試験では一定試験とほぼ同じ挙動を示している。これは、図 7 で示すように、サクシヨン履歴後の含水比が増加試験では大きく低下したが、減少試験ではほとんど変わらなかったからであると考えられる。

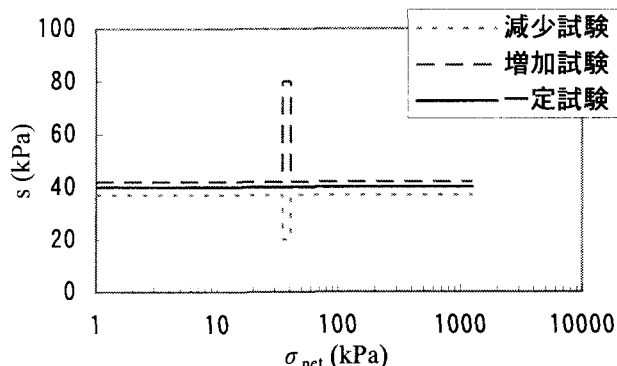


図 1 サクシヨン履歴経路（模式図）

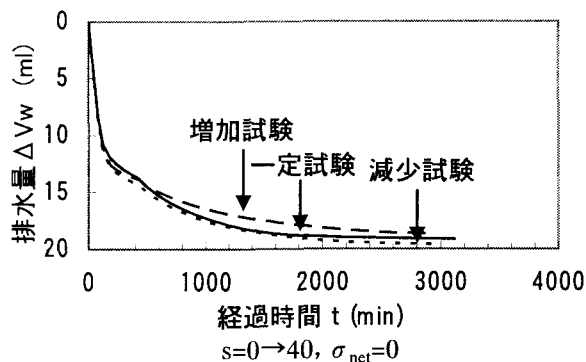


図 2 サクシヨン変化過程における排水量の時間的変化挙動

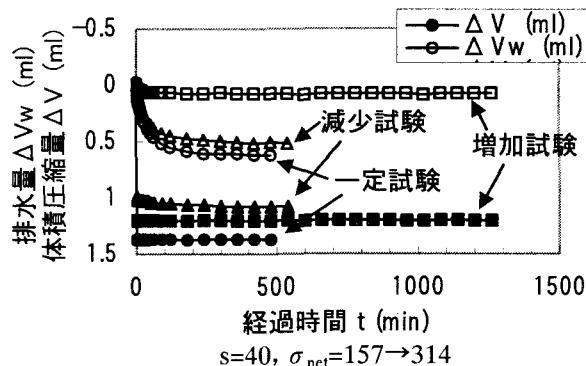


図 3 基底応力変化過程における体積圧縮量・排水量の時間的変化挙動

(2) 圧縮性

図4に間隙比 e と基底応力の関係を、図5に、各荷重段階の圧縮性を示すため、各荷重段階における始点 σ_{i-1} と終点 σ_i の傾き C_c と、始点と終点の基底応力の相乗平均($\sqrt{\sigma_i \cdot \sigma_{i-1}}$)の関係を示す。図中の白抜きプロットはサクシヨン履歴を与える前である。図4より、 $\sigma_{net} < 20$ kPaの段階で e が異なっているが、サクシヨン履歴を与える直前で間隙比はほぼ一致しているので、この段階以降の圧縮性はサクシヨン履歴の影響を反映していると考えられる。

増加試験ではサクシヨン履歴直後の圧縮性が一定試験よりも大きく、その次の段階では小さくなっている。減少試験では、サクシヨン履歴直後の圧縮性が小さく、その次の段階では大きくなっている。

しかし、その後の段階($\sigma_{net} = 314 \rightarrow 628 \rightarrow 1256$ (kPa))では各試験ともほぼ同じ間隙比および圧縮性を示している。このことから、 $\sigma_{net} = 314$ (kPa)以降ではサクシヨン履歴の影響が無くなったのではないかと考えられる。

(3) 水分特性曲線

図6に飽和度 S_r と基底応力の関係を示す。どの試験においても、荷重段階では飽和度が上昇している。これは体積圧縮に伴う排気量が排水量より多かったためである。

図7にサクシヨン履歴段階における含水比の変化量 Δw とサクシヨン s の関係を示す。ここで Δw はサクシヨン履歴を与える直前の含水比を基準にしている。

増加試験では、ヒステリシスを示し、サクシヨン履歴によって含水比が低下しているが、減少試験ではそのような現象が表れず、履歴後の含水比はほとんど変化していない。

4. 結論

- (1) サクシヨンの増加履歴がある場合、履歴直後の圧縮性は大きくなり、その次の圧縮性は小さくなった。サクシヨンの減少履歴がある場合は逆の圧縮性を示した。
- (2) サクシヨン履歴の影響は荷重段階が進むにつれて、徐々に無くなっていく。
- (3) 水分特性曲線において、増加試験ではヒステリシスを示すが、減少試験では吸水量と排水量はほとんど同じである。

参考文献：1) 清水・福田・南部 (2003)：定体積・排気・非排水条件における不飽和土の挙動，鳥取大学工学部研究報告第34巻，pp. 49-54。

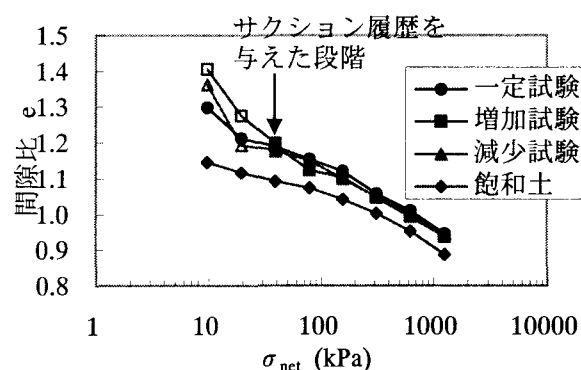


図4 e - $\log \sigma_{net}$ 関係

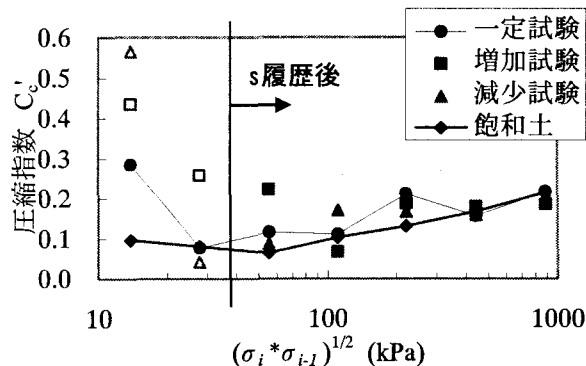


図5 $C_c - \sqrt{(\sigma_i \cdot \sigma_{i-1})}$ 関係

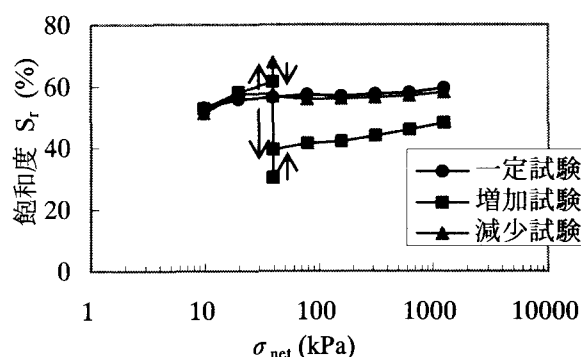


図6 $S_r - \sigma_{net}$ 関係

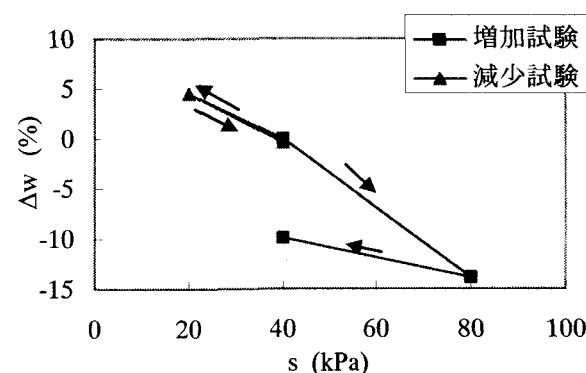


図7 s - w 関係