

連続加圧方式による保水性試験の加圧方法が水分特性曲線に及ぼす影響

中部土質試験協同組合 ○石原 聖子
伊吹 卓紘
清水 亮太
法安 章二

1. はじめに

土の保水性試験は、地盤の不飽和浸透特性を評価する重要な試験であるものの、高度な試験技術を要することや試験期間が非常に長いため、適切な時機に試験結果を提供できないという問題を抱えている。

このような問題に対し、畠山ら¹⁾は試験の簡便化および短期間化を目的として連続加圧方式による保水性試験装置の開発および新たな試験方法を提案している。

本研究では、畠山らに倣い、連続加圧方式による保水性試験の加圧速度と載荷方法を変えて試験を行うことで、水分特性曲線に及ぼす影響について比較を行った。

2. 従来の試験方法と連続加圧方式の違い

保水性試験における従来の加圧法（加圧板法）²⁾では、毛管飽和させた供試体に正の空気圧を負荷し、水分平衡に達するまで排水量の計測を行う。一般的には、排水過程および吸水過程でそれぞれ4段階から6段階の異なる空気圧を順次負荷することで水分特性曲線を求めるが、水分平衡に達するまでの時間は1段階で数日要することも多く、試験期間は長期に渡る。

一方、本研究で用いた連続加圧方式では、供試体中心部に設置したマイクロテンシオメータで間隙水圧 u_w を計測しながら空気圧 u_a を一定の速度で連続的に与える。空気圧 u_a と間隙水圧 u_w の圧力差をサクション s と定義し、次式で算定する。

$$s = u_a - u_w \quad (1)$$

これにより、水分平衡を待たずにサクション s が求められるため、試験期間の大幅な短縮を図ることができる。

3. 試験試料と供試体作製条件

本研究では、DL クレーを用いて試験を行った。DL クレーの物理特性と粒径加積曲線を図-1 に示す。シルト分を 86.8% 有し、粘性がほとんどない非塑性の試料である。

供試体は、最適含水比近傍に含水比を調整した試料を用いて、直径 5cm、高さ 5cm の試験容器に3層の締め固めによって作製した。供試体の作製条件を表-1 に示す。

作製した供試体の底面中心にマイクロテンシオメータを挿入するための孔をあけ、毛管飽和を 24 時間行った。

なお、供試体作製の際に用いた試験器具や作製手順の詳細は文献 1) を参照されたい。

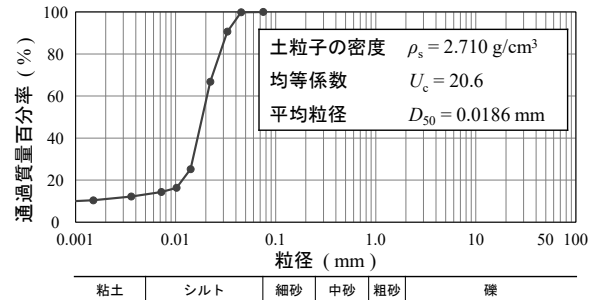


図-1 DL クレーの物理特性と粒径加積曲線

表-1 供試体作製条件

締め固め特性		供試体の状態 (締め固め度 $D_c = 95\%$)	
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.484	設定乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.410
最適含水比 w_{opt} (%)	21.9	設定含水比 w (%)	21.5

4. 加圧速度と載荷方法

本研究では、加圧速度と載荷方法の違いが水分特性曲線に及ぼす影響を調べることを目的としている。そこで、加圧速度は 0.1kPa/min と 10.0kPa/min、載荷方法は所定の空気圧に到達した後にすぐに減圧過程に転じる三角載荷と、所定の空気圧に到達した後に圧力を保持する台形載荷とし、計 4 種類の加圧方法によって試験を行った。加圧方法の模式図を図-2 に示す。なお、負荷する空気圧の最大値は 200kPa とし、圧力保持時間は 24 時間とした。

CASE-1 は加圧速度が 0.1kPa/min の三角載荷、CASE-2 は加圧速度が 10.0kPa/min の三角載荷、CASE-3 は加圧速度が 0.1kPa/min の台形載荷、CASE-4 は加圧速度が 10.0kPa/min の台形載荷である。

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
載荷方法	三角載荷	三角載荷	台形載荷	台形載荷
加圧速度 (kPa/min)	0.1	10.0	0.1	10.0
負荷経路 (kPa)	0 → 200 → 0(※) ※24時間保持	0 → 200 → 0(※) ※24時間保持	0 → 200(※) → 0(※) ※24時間保持	0 → 200(※) → 0(※) ※24時間保持

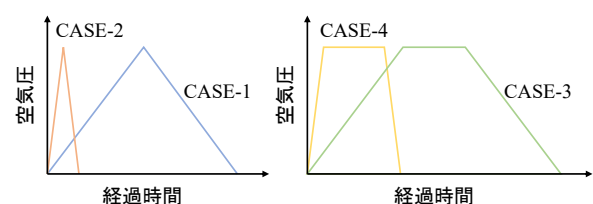


図-2 加圧方法の模式図

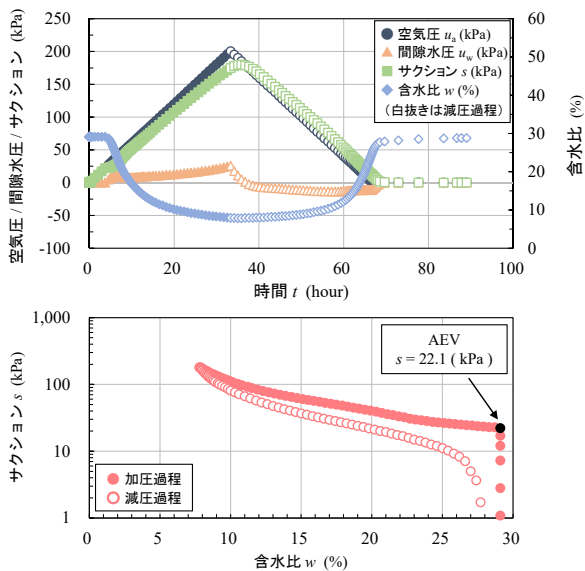


図-3 各諸量の経時変化と水分特性曲線 (CASE-1)

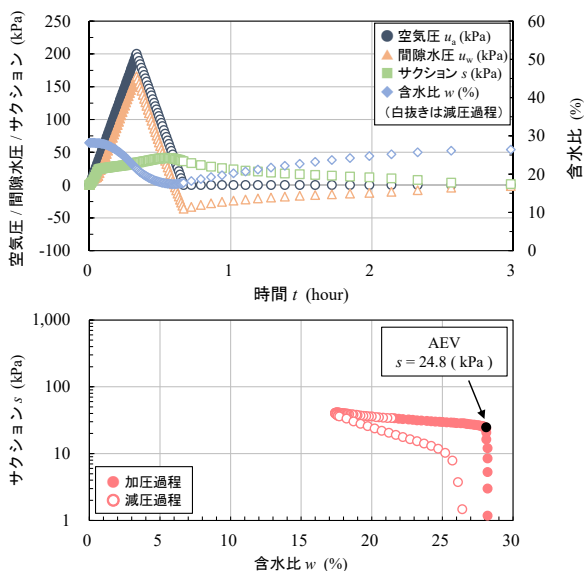


図-4 各諸量の経時変化と水分特性曲線 (CASE-2)

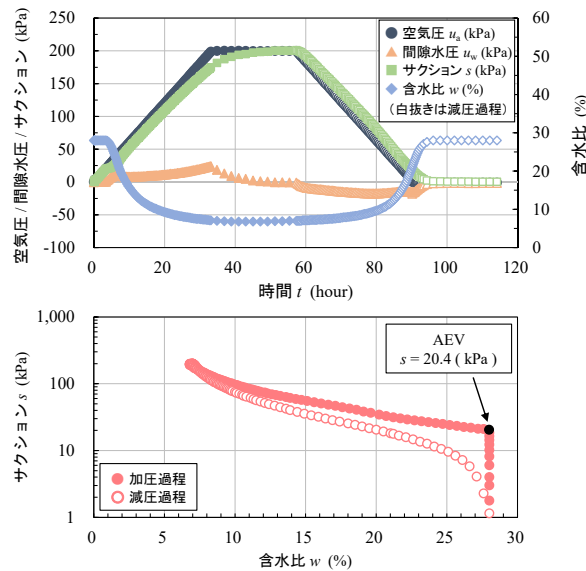


図-5 各諸量の経時変化と水分特性曲線 (CASE-3)

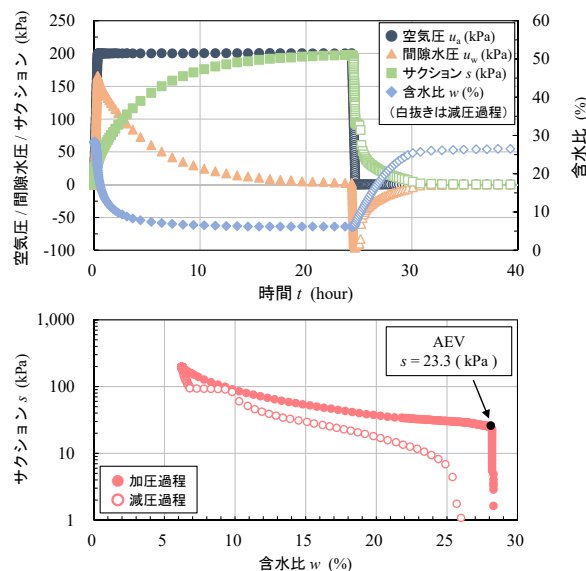


図-6 各諸量の経時変化と水分特性曲線 (CASE-4)

5. 試験結果と考察

試験結果を図-3～図-6に示す。各図の上部には空気圧・間隙水圧・サクシオン・含水比の経時変化を表し、下部には水分特性曲線と空気侵入値(AEV)を示した。

加圧速度が等しく、載荷方法の異なる CASE-1 と CASE-3 の水分特性曲線を比較すると、ほぼ同様の結果が得られていることが分かる。これは 0.1kPa/min の速度で加圧している間に十分な排水が行われるため、圧力保持時間の有無による差が少なかったものと考えられる。

同様に CASE-2 と CASE-4 を比較すると、CASE-2 のサクシオンの値が小さいうちから減圧過程に転じており、排水が不十分であることが分かる。また、CASE-4 に着目すると、減圧開始直後にサクシオンが急激に小さくなっていることが分かる。これは空気圧が 200kPa から 0kPa まで急激に減圧したことに対し、間隙水圧は大気圧との差分以上の負圧を計測できないためであると考えられる。

6. おわりに

本研究では、加圧方法の違いが水分特性曲線に及ぼす影響について、加圧速度と載荷方法の異なる 4 つの加圧方法で試験を行った。その結果、加圧速度が 0.1kPa/min の場合は、載荷方法に関わらず類似した水分特性曲線が得られた。しかし、加圧速度が 10.0kPa/min の三角載荷では、十分に排水が行えず、部分的な水分特性曲線しか得られなかった。また、10.0kPa/min の台形載荷においても、急激な減圧が間隙水圧に影響を及ぼすことが分かった。

《引用・参考文献》

- 1) 畠山 正則, 京野 修, 川原 孝洋: 連続加圧方式による保水性試験装置の開発, 応用地質技術年報, No.34, pp.23-54, 2015.
- 2) 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説 -第一回改訂版-, pp.184-198, 2020.