

(Ⅲ-53) マルチステップ法から得られる不飽和浸透特性の検証

東洋大学大学院 学生員 横山 博司
東洋大学工学部 正会員 石田 哲朗

1. はじめに

従来の室内不飽和土浸透・透水試験は計測結果を得るのに多くの時間が必要であったり、試験方法が煩雑であったりする問題を有している。そこで、ここ数年比較的短時間で結果を得られるマルチステップ法（非定常法）に注目して研究を進めてきた。本報では、解析上より良い結果を得るための最適な計測方法を追求することを目的として実施した試験結果について報告する。

2. 試験方法の概要

マルチステップ法に用いた底部のセラミックフィルターの厚さは 5.1 mm、このフィルターの透水係数は $k_s=8.6 \times 10^{-6}$ cm/sec である。供試体寸法は、直径 8.5 cm 高さ 7.0 cm(体積 400 cm³)でモールドに所定の密度に試料を充填した後、マイクロテンシオメータのポーラスカップの中心が、試料上面より 1.5 cm の高さになるように挿入する。図-1 に試験装置の概略図を示す。実験はまず試料底面より給水させ、マイクロテンシオメータの読みによって飽和状態を確認した後、供試体上面より段階的に加圧を行い、排水量とマイクロテンシオメータの圧力水頭の経時変化を計測する。本報の主たる検討目的は、加圧段階や加圧時間を変化させることにより、どのような負荷条件が解析上で最適であるかを検討することにある。

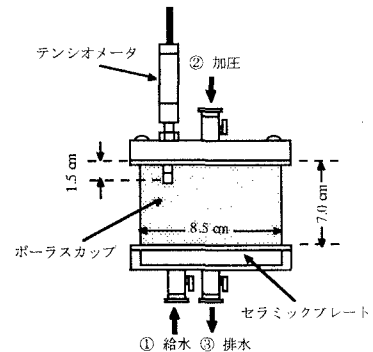


図-1 試験装置概略図

3. 結果と考察

表-1 は、負荷条件についてまとめたものである。試験の負荷条件は、加圧段階とその時間のインターバルを変化させ、得られた結果について比較した。当初から解析上最適な負荷条件は、計測値が滑らかに変化するように設定することが重要であると考えていた。

乾燥密度 $\gamma_d=5.376$ kN/m³ の供試体では、各時間のインターバルを短くし、多くの加圧段階を与えている。インターバルを短くすることにより、その時間に加えている圧力によって排水されると考えられる水分量が、排出されずにいるため、圧力を上げた時間帯で、累積排水量(単位面積当たりのフラックス)は増大し、圧力水頭が大きく低下する結果となった。 $\gamma_d=5.337$ kN/m³ の供試体については、インターバルを長く取ることでそれぞれの圧力段階での排水を十分に行っている。そのため加圧をした時間直後での圧力水頭の値は、ほとんど低下することなく計測値が滑らかに得られた。解析上においては、図-2 に示す関東ロームの逆解析結果より分かるように $\gamma_d=5.376$ kN/m³ の累積排水量の分布は、ある程

表-1 負荷条件

試料名	γ_d (kN/m ³)	加圧段階	インターバル	圧力水頭 (cm)
関東ローム	5.337	4	各90分	50,250,400,500
	5.376	10	各30分	50~500:50間隔

表-2 逆解析より得た VG パラメータ

試料名	γ_d (kN/m ³)	α	n	θ_s	θ_e	k_s (cm/sec)
関東ローム	5.337	0.050	1.873	0.470	0.793*	3.379E-3
	5.376	0.042	2.000	0.403	0.800*	3.572E-3

*は固定したパラメータを示す

度排水が落ち着いて計測値が滑らかな部分では、計測値と解析値が一致しているが、計測を開始した直後

Key Words : 不飽和浸透特性、逆解析法、マルチステップ法

〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学工学部環境建設学科 Telephone/Telefax : 049-239-1409

の排水量が多い時間帯では、一致させることは難しい。圧力水頭と経時の変化の関係では、計測値にばらつきがあるために計測値と解析値が、大きく離れる結果となった。(図-2(b)参照)また、累積排水量と圧力水頭との解析上での関係について述べると、累積排水量の計測値と解析値とのフィッティングが、悪くなると若干ではあるが、圧力水頭の計測値と解析値が近づく傾向にある。今回の解析結果としては、図-2 に示す結果が、

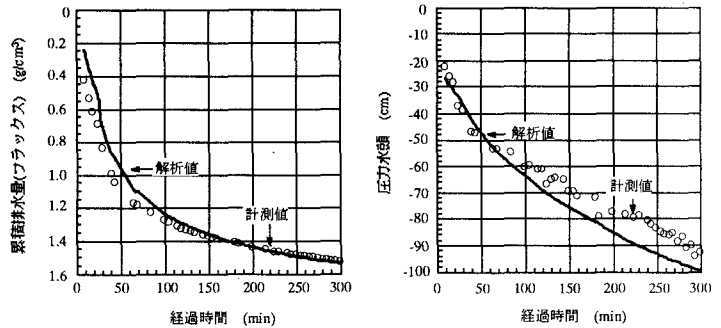
累積排水量と圧力水頭を総合して最良の結果と判断した。 $\gamma_d=5.337 \text{ kN/m}^3$ の供試体は、累積排水量、圧力水頭ともに計測値がばらつかずに滑らかに一致している。そのため圧力を上げた時間帯においても計測値と解析値が良くフィッティングしていることが、図-3 の関東ロームの逆解析結果より分かる。 $\gamma_d=5.337 \text{ kN/m}^3$ と $\gamma_d=5.376 \text{ kN/m}^3$ の累積排水量の計測値は、比較的近似した形状をしている。

この両者の圧力水頭と時間の関係では、前者は良く一致し、後者はあまり一致しない結果が得られた。したがって解析結果は、計測された圧力水頭の値に強く依存してくるのではないかと考えられる。逆解析結果より求めた浸透曲線と関東ローム($\gamma_d=5.396 \text{ kN/m}^3$)の pF 試験や不飽和透水試験結果より算定された van Genuchten モデルから求めたそれを比較したものを図-4 に示す。2 つの結果を比較すると計測値と解析値が良

く一致した結果の方が、 pF 試験より得た水分特性曲線により近似し、良い結果が得られていることが図-4 より分かる。マルチステップ法より得た VG パラメータの同定結果については、表-2 にまとめている。

4. あとがき

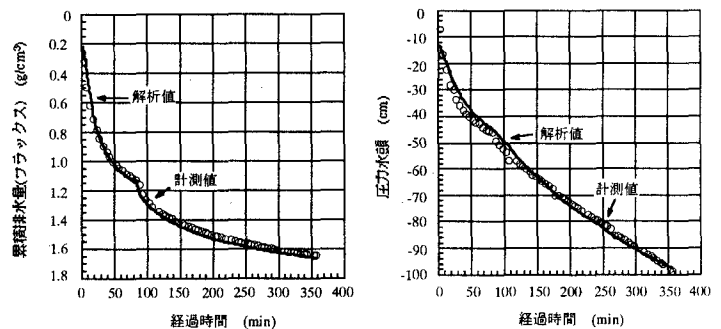
関東ロームにおいては、累積排水量、圧力水頭ともに滑らかな計測結果が、得られるようにインターバルを長めに設定することによって、逆解析しやすことが判明した。特に圧力水頭分布が解析上では、結果に大きく影響すると思われる。最後に本研究の実験・解析を行うに当たり卒論生である三浦紀明君(福島県庁)の協力を得た。心から感謝の意を表する次第である。



(a) 累積排水量と時間の関係

(b) 圧力水頭と時間の関係

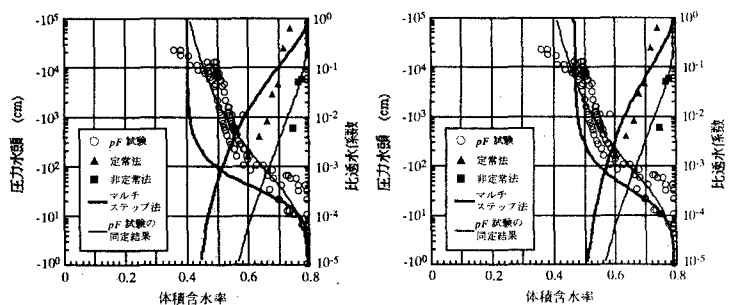
図-2 関東ロームの逆解析結果($\gamma_d=5.376 \text{ kN/m}^3$)



(a) 累積排水量と時間の関係

(b) 圧力水頭と時間の関係

図-3 関東ロームの逆解析結果($\gamma_d=5.337 \text{ kN/m}^3$)



(a) 関東ローム($\gamma_d=5.376 \text{ kN/m}^3$)

(b) 関東ローム($\gamma_d=5.337 \text{ kN/m}^3$)

図-4 関東ロームの浸透特性と実験値の比較