

III - 105

岩石の不飽和特性推定法の妥当性の検証

鹿島建設

正会員 ○堤 和大

埼玉大学工学部

正会員 渡辺 邦夫

1. はじめに

著者らは岩盤地下水の解析に必要となる岩石の不飽和特性の推定法の開発を行ってきた¹⁾。この手法により島尻層群泥岩、瑞浪層群泥岩、第三紀宮崎層群泥岩、安山岩、花崗岩の不飽和特性を求めている。

本手法では岩石の不飽和特性を表す関数式としてvan-Genuchten式を採用した。この式は土壌に対してはかなり信頼性が高い式であるが、岩にも適用可能かどうか調べておかななくてはならない。よって、まず最初にこの妥当性の検証をする。次に、本手法で得た不飽和特性値の実用性や信頼性の検討を島尻層群泥岩を代表に選び検証を行った。その結果、本手法の有用性が示されたので報告する。

2. van-Genuchten式を岩石に対して適用した妥当性

この検証はスイス・グリムゼル地下研究所において世界で初めて実測されたサクシオン圧水頭の経時変化²⁾とvan-Genuchten式を用いた浸透流解析結果との比較をした。サクシオン圧水頭の計測が行われた地下空洞は比較的均質なものであったため、解析では均質多孔媒体とし、2次元飽和—不飽和浸透流解析を行った。解析モデルは図-1に示すようにグリムゼルの地下空洞を同心円で表現した。物性値を表-1に示す。透水係数、有効間隙率はグリムゼルの地下空洞での平均的な値を用いた。また、不飽和特性を表すvan-Genuchten式の各パラメーターはグリムゼルにおいて供試体を用いて実測されたサクシオン圧水頭—飽和度の関係をvan-Genuchten式にフィッティングさせ算定した。

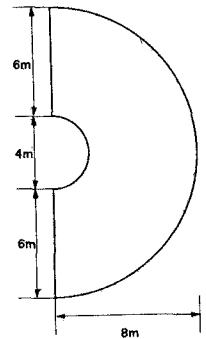


図-1

解析のフローチャートを図-2に示す。グリムゼルでの原位置試験は、まずベンチレーションにより岩盤を不飽和状態とし、その後空調を停止し不飽和から飽和していく過程でサクシオン圧水頭の測定が行われた。よって、図-2に示すような解析手順とした。

境界条件は空洞壁面上に蒸発量測定装置により計測された平均蒸発量 $1.2 \text{ (mg/m}^2\text{/s)}$ を与え、試験の進行により図-2に示すように変えた。左側面はNo-flow、右側面には空洞周辺のポテンシャル分布を基に一定水頭 2.4 m とした。

図-3が解析結果である。●は壁面から 10 cm の位置において実測された圧力水頭の経時変化、実線が解析値を示す。図より、解析値は実測値と同様な挙動を示しており、これはvan-Genuchten式がかなり実用的に持ちうることを示していると考ええる。

表-1

有効間隙率 (%)	1
飽和透水係数 (cm/s)	1.0×10^{-9}
比貯留係数 (cm/s)	1.0×10^{-8}
α	0.000085
m	0.48
θ_r	0.0
θ_s	1.0

3. 本手法で得た不飽和特性値の検証

本検証のため、沖縄において島尻層群泥岩の斜面で原位置試験を実施した。そのときに実測した表面からの深さ方向の飽和度分布と、本手法で得た島尻層群泥岩の不飽和特性を入力値とした浸透流解析値の比較検討を行った。

図-4は1992年8月7日の（a）午前11時とその6時間後の（b）午後5時の表層の飽和度分布である。（b）より、表面から約3cm程度までは飽和度が低いが、それより深くなると80～90%のかなり高い一定の飽和度の値を示していることがわかる。ここではこのデータしか示していないが、他の部分における飽和度分布でも、表面から3cm程は飽和度が低く、それ以降になると急激に飽和度が高くなっている。実際に観察しても、斜面表層はかなり乾燥していても、数cm掘ると黒く湿った泥岩が現れていた。これが軟岩斜面における水分分布の特徴であると言える。

図-5は解析で設定した境界条件である。上面には実測された蒸発量の経時変化を与え、側面は不透水境界、下面は一定飽和度90%の部分があるとした。初期条件は図4-（a）に基づいて全領域飽和度90%とした。なお、表-2に島尻層群泥岩の物性値を示す。

図-6が解析結果である。実線が実測値、破線が解析値である。図によると、実測値と比較して解析値は若干飽和度が低めとなっているが、全体的に両者は近似している。このようにかなりの一致を見せており、本手法で求めた不飽和特性の妥当性が示されていると考えられる。もちろん完全に一致したとは言えないが、少なくともこのような問題の解析に対しては十分実用的な値が得られると言いうる。

4. まとめ

以上のことから、van-Genuchten式を岩に対して適用することは十分実用的であり、本手法により得られた不飽和特性値の実用性も示されたと考えている。よって、本手法は不飽和特性推定法の1つになり得ると考える。今後は、さらに多くの岩石に対して測定を行いデータ実績を増やすと共に、岩盤に対する推定法を開発していく必要があると思われる。

<参考文献>

- 1) 渡辺邦夫、堤和大、山脇真二、菅伊三男(1992)：軟岩の不飽和特性の室内測定と軟岩斜面表層部を対象とした水分移動解析、第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.506-510
- 2) M.Schneebeli, T.Baer, H.Wydler, H.P.Laser and H.Fluhler : Water Potential in Unsaturated Granite: Experiment, NAGRA Interner Bericht 92-75, pp.1-52

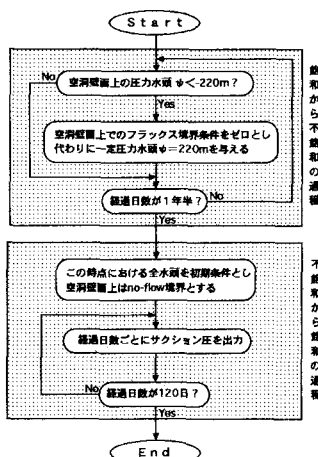


図-2 解析のフローチャート

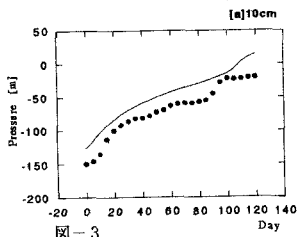


図-3

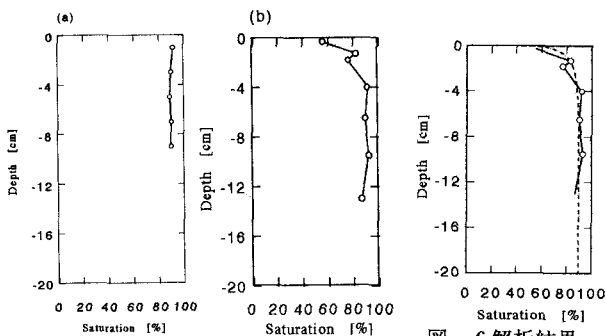


図-4 飽和度分布

表-2 島尻層群泥岩

有効間隙率 (%)	30
飽和透水係数 (cm/s)	1.0×10^{-7}
α	0.003
m	0.4
θ_r	0.0
θ_s	0.9

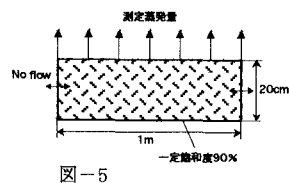


図-5

図-6 解析結果