

複合岩盤の平均的不飽和透水特性評価の試み

埼玉大学 工学部	渡辺邦夫
埼玉大学 工学部	黒川 潮
東電設計	小林隆志
鹿島建設	堤 和大
東京電力	酒井達史

はじめに

岩盤の不飽和特性、すなわち、飽和度、サクション圧、不飽和透水係数の関係の把握は、ダムなど地表付近に建設される構造物周辺の地下水流れを、飽和・不飽和浸透流基礎式を用いて解析をするに当たって極めて重要である。筆者らは、まず岩石サンプルの不飽和特性把握について研究を行い¹⁾、蒸発量計測と逆解析に基づく計測法を提案した。しかしながら実際の岩盤は均質様ではなく、風化部や割れ目などを含んだ複合体である。したがって、このような”風化した複合岩盤”の平均的な特性を評価する必要がある。本研究は、数値計算を基礎とした、複合岩盤の不飽和透水特性評価法の開発を試みたものである。本報告ではとくに、2つの異なった特性を持つ岩石部の組み合わせが、どのような平均的特性を形成するかについて述べる。

1. 風化岩盤のモデル化

岩盤の透水性を議論するに当たって、まず問題となるのは、主要な透水経路を形成する割れ目をどのように捉え、さらに、風化の進展をどのようにモデル化するかである。この点に関して、筆者らは釜石鉱山などの岩盤調査に基づき²⁾、図-1のモデルを提案する。このモデルは、まず、岩盤の中に時代の経過と共に多くの割れ目が形成され、その中で、繰り返し変動を受けた割れ目交線部などが主要な水みちとなってゆくことを示している。ついで、この岩盤が風化作用を受け、さらに多くの割れ目が発生し、水みちとなった割れ目交線部などから弱体化してゆくプロセスを示している。弱体化した部分の透水性は未風化の部分と異なってゆく。つまり、風化した岩盤を、異なった透水性を持つ岩石の複合体として捉えるわけである。また、風化の進行とは、透水性の変化した部分の拡大と捉えるわけであり、この複合岩盤の平均的な特性をいかに評価するかが問題となる。今回は最も簡単な場合として、図-2に示す複合岩盤モデルを考えて評価法を検討してみる。図中、A部は、風化部であり、未風化のB部とは異なった不飽和特性を持つとしている。

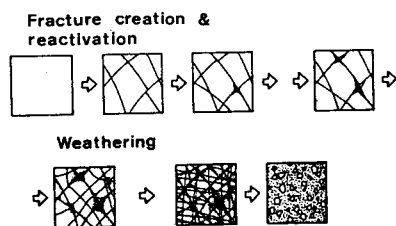


図-1 岩盤風化の風化プロセスのモデル化

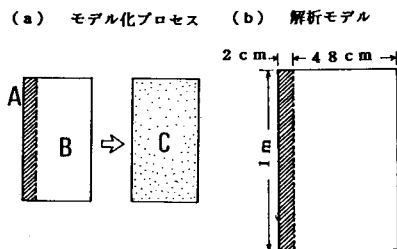


図-2 複合岩盤モデル

2. 評価法と評価例

今回用いた評価プロセスの概略を図-3に示す。まず、A、B部に異なった不飽和特性を与え、モデルの上・底面に適当な一定水頭(不圧)境界条件を設定し、数値計算によりモデル内の飽和度分布を計算する。ここで、側面は流入出0境界としている。次に、計算された飽和度分布を水平方向に平均化し、モデル高さ方向の平均飽和度分布を求める。この平均飽和度分布を基に、岩石の不飽和特性の逆推定と同様な手法を用いて、その分布をうまく再現しうような、複合岩盤モデルの平均的な不飽和特性を逆推定する。

解析例を示す。図-4は、A、B部それぞれに与えた不飽和特性である。この特性は、岩石の特性が概略、van-Genuchten式で近似しうるとの筆者らの研究³⁾を基に、この式で表現している。van-Genuchten式では、特性が、 α 、 m の2つのパラメーターで表現しうる長所がある。次に、モデル上・下面にそれぞれ-400cm、0.0cmの一定圧力水頭を与え、飽和度分布を計算した後、高さ方向の平均飽和度分布を求めた。図-5は、逆推定した平均不飽和特性を用いた飽和度分布との比較である。平均飽和度分布が良く再現されていることがわかる。図-6は、推定された平均不飽和特性を示す。解析では、設定した境界条件のため、サクシオン水頭-400cmまでの特性しか推定しえない。図中の実線部がその領域にあたる。破線部は、いわば外推線である。図-4に示される元々の特性曲線と比較して、かなり特性が異なっていることがわかる。表-1は、A、B部それぞれに与えたvan-Genuchten式のパラメーター α 、 m と、推定された平均特性のパラメーターを整理したものである。当然、推定されたパラメーター値は各部に与えられたものとはかなり異なり、単純な平均値ではないことがわかる。

この例に見られるように、今回提案する方法によって、平均的な不飽和特性を推定することができる。このことは、風化の程度によって、換言すればモデルのA、B部の比によって、どのように α 、 m 値が異なってくるかが評価しえ、風化程度から特性を推定しうる可能性を示している。ただ、今回のモデルは簡単化されすぎており、今後、より現実的なモデルを作製して検討する必要がある。この点は今後の課題である。

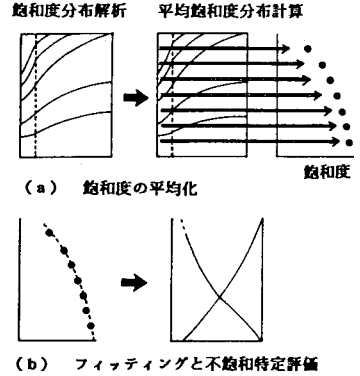


図-3 評価プロセスの概略

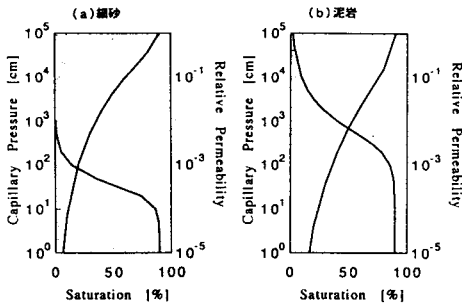


図-4 各岩の不飽和特性曲線

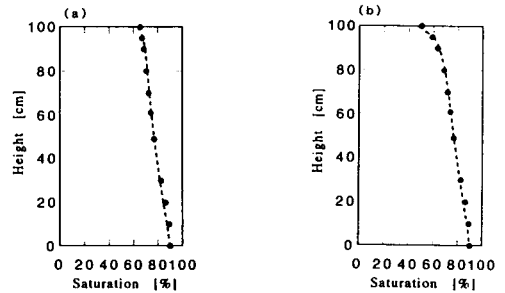


図-5 フィッティング結果

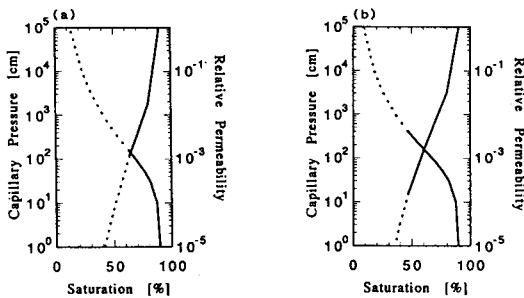


図-6 不飽和特性曲線

	有効間隙率 (%)	飽和透水係数 (cm/s)	α	m
A	30	1.0×10^{-3}	0.034	0.6
B	20	1.0×10^{-7}	0.003	0.4
C	20.4	4.0×10^{-5}	0.02	0.233

表-1 各岩の物性値とvan-Genuchten式のパラメーター

参考文献

- 1) 堤、渡辺、菅、山脇、応用地質、vol. 25, No. 2, 1994.
- 2) 田中、渡辺、内田、第49回土木学会年講、Ⅲ部、1994.
- 3) 堤、渡辺、菅、山脇、第49回土木学会年講、Ⅲ部、1994.