

III-168

シミュレーションによる山岳トンネルの湧水量予測について

建設省中部地方建設局

日本大学生産工学部

新日本製鉄㈱

正員 長田真一

正員 山村和也

正員 大田孝二

1. はじめに

山岳トンネルにおいては、種々の条件のかかわりで、大量の湧水が予想されるルートを止む得ず選定する場合がある。このような場合、湧水量の予測をある程度精度よく行うことができれば、排水の計画や掘削の方法などの施工計画を経済的、効率的に立てることができ、また、同時に施工の安全性に繋がることはいうまでもない。

この報告では、大量の湧水が予測される山岳トンネルを対象に、水収支の予備検討やシミュレーションを行い、かなりの精度でその湧水量を予測することができたので、その手順やその内容について紹介する。

2. 水収支の予備検討

予備検討とは、トンネルルート周辺の水収支を概略の精度で行うことである。このためには、降雨量、蒸発散量、河川流出量、地下水位、地山の透水係数等が必要である。

予備検討の例を図-1, 2に示す。図-1は、ある範囲内の水収支の概略を1年単位で行ったものである。また、図-2は、地下水位のコンター等から地下の貯水量を概略的に試算したものである。

これらの予備検討により、地下水流の方向や量を、大まかに把握することができる。

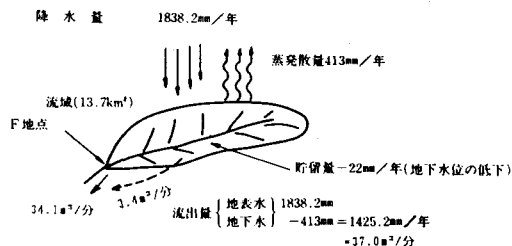


図1 F地点の流域モデル

3. シミュレーションのための同定作業

1) シミュレーションの手法

地下水流動の基本式はX, Y方向において、

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + q = \mu \frac{\partial h}{\partial t}$$

で示される。

ここで、h:地下水位, T_x , T_y : 各方向の透水量係数

μ : 有効空隙率, q は単位面積当り、地表よりの浸透量である。

検討対象とされた範囲をブロックに分割(x, y, z 方向)し、各ブロックに対し、上記の予備検討を参考にしながら、水位, T_x , T_y , μ 等を仮定し、一定時間 Δt もごとの各ブロックへ流入(流出)する水量を計算し、追時的にその水位を計算する方法である。

シミュレーションの範囲外から流入する河川の流入量は、雨量と河川流量のデータを用いてタンクモデルにより仮定する。また、 q は地表からの浸透量で、その浸透率は地表の状態より仮定する。

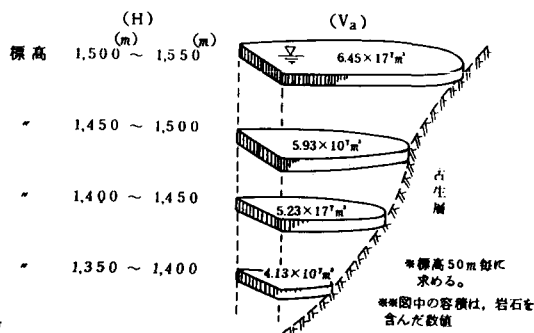


図2 火山岩部分の深度毎体積

2) 現状のモデル化

1)で述べたように、地盤の透水係数や有効空隙率など仮定した数字を各ブロックに対し用いており、現状が再現できているか否かを照査する必要がある。この作業を同定作業と呼ぶ。この作業により、現状をモデル化できるまで、各ブロックの諸係数を試行錯誤的に計算させ、現状の再現を行う。同定の結果の例を図-3、4に示す。このように、地下水位や河川流量に対し、各測点におけるデータとの照合を行い、現状を再現できていることを確認する。

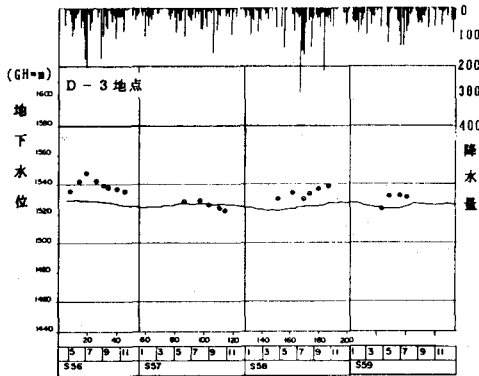


図3 地下水位の同定 (D-3ボーリング孔 X=19, Z=26)

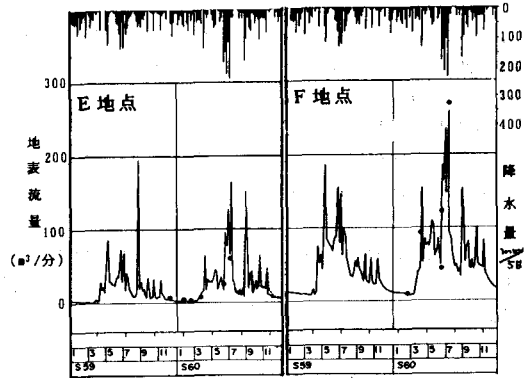


図4 河川流量の同定 (E地点, F地点)

4. 詳細検討

予備検討ならびに同定作業が終了すれば、あとは計算を行うのみである。本坑あるいは調査坑が掘進する速度や、その径を仮定し、また降雨量（降雪量も含む）は従来の降雨が将来も同様に降ると仮定して計算を行なった。ここでは、直径3mの水抜き坑1本の場合（ケース1）と直径3mの水抜き坑4本の場合（ケース2）の坑口湧水量のアウトプットの例を示す（図-5）。湧水量のみならず、地下水位の低下状況や河川流量なども随時出力させることができ施工の状態を客観的に捉えることが可能である。

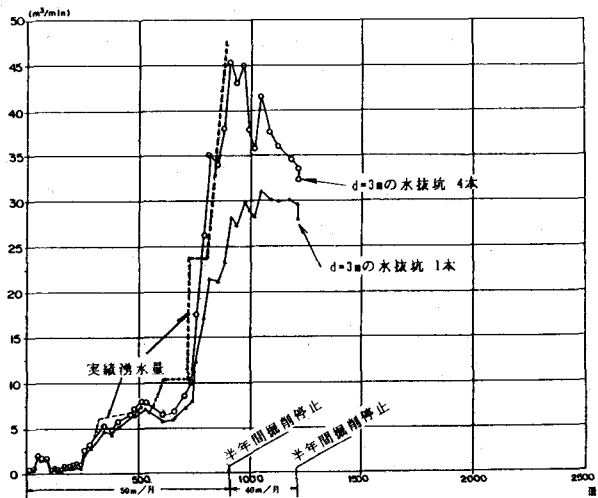


図5 トンネル湧水量の予測

5. おわりに

以上述べたように、従来はトンネルの計画レベルで用いられていた水収支シミュレーション手法が、ある程度精度を上げることによって施工計画や施工法の検討にまで用いることができるようになったと思う。これは、現地での雨量や河川流量、地下水位等のデータが時間的、空間的にも不偏的に得られたことが、精度の高い予備検討に繋がり、さらにそれがシミュレーションの質を高めたと考えられる。今後こういったシミュレーション手法を活用し、トンネルの施工方法の経済化、安全化が計れることと思う。