

III-507

亀裂情報を用いた岩盤透水係数の評価

鹿島建設技術研究所

正会員

小淵考晃

社本芳明

正会員

村川浩一

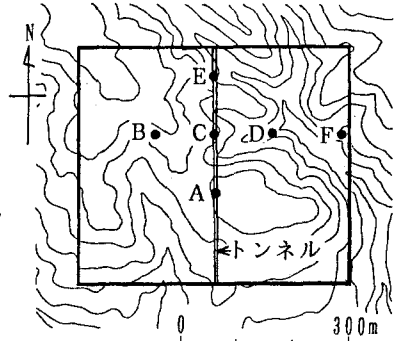
青木謙治

1. はじめに

石油・LPGなどの地下備蓄空洞の建設には、空洞の機能確保のためにも岩盤浸透流の挙動予測が不可欠であり、この場合岩盤の透水係数の評価が極めて重要である。しかしながら、多数のボーリング孔を用いて、ルジオン試験等の透水試験によって透水係数を求めることは特に施工中には困難である。一方、空洞壁面の亀裂情報から岩盤の3次元透水係数を決定する手法¹⁾が提案されているが、実際の問題に対してこのような手法の適用性が検討された例は少ない。本報では、掘削時の地下水挙動が計測されているトンネルに対し、このような手法の適用性について検討した結果を報告する。

2. 検討対象領域の概要

検討対象領域は主として白亜紀前期の花崗岩からなり、全体的に亀裂が多く平均RQDは約70%である。亀裂調査を行ったトンネル及びトンネル周辺の地下水位観測孔の位置を図-1に示した。またトンネル掘削に伴う地下水位の変動を図-2に示した。図から観測孔への切羽の接近及び通過に伴う地下水位の低下量は、トンネルより東側のD、F孔において最も大きく、次にトンネル軸線上のA、C、E孔、西側のB孔の順に小さくなっていることがわかる。



●; 地下水位観測孔

図-1 検討対象領域

3. 透水係数の評価方法

検討の対象としたトンネルでは、坑内で実施した湧水量の測定結果が測定区間によって大きく異なっており、各々の区間について壁面の亀裂観察を行い3次元透水係数を求め実測湧水量との対応を検討した。図-3に検討のフローを示した。このようにして亀裂情報から求めた透水係数と、各区間の湧水量測定結果から逆推定した透水係数（等価透水係数）及び水位観測孔でのルジオン試験結果から求めた透水係数の三者を比較した。なお、測定が困難な亀裂の開口幅については、トンネル内で削孔した水平ボーリング孔内で、トンネル壁面と同程度の亀裂密度をもつ区間でのルジオン試験結果から求めた²⁾。

4. 検討結果

(1) 透水係数の大きさについて

亀裂情報から求めた3次元透水係数の最大、中間及び最小方向の大きさを表す主透水係数を各区間の実測湧水量及び等価透水係数とともに表-1に示した。表から、3次元透水係数は各区間の等価透水係数によく対応していることがわかる。また、図-4は主透水係数の平均値と、ルジオン試験結果から求めた透水係数及び上記の等価透水係数の三者を比較したものであり、主透水係数の平均値は、ルジオン試験結果よりも、実測湧水量から逆推定した等価透水係数に近いことがわかる。

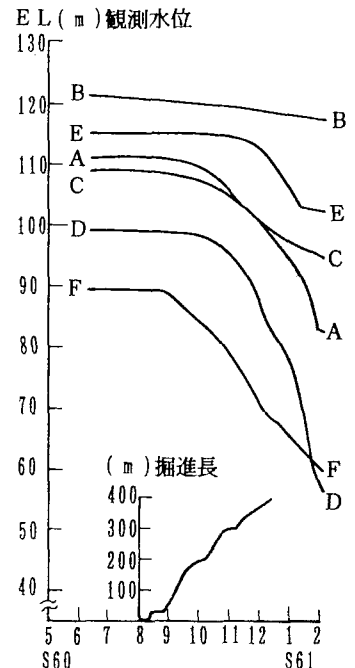


図-2 地下水位の経時変化

(2) 主透水係数の方向について

図-1, 図-2に示した地下水位の観測結果によれば, トンネルより東側のD, F孔の地下水位の低下量が最も大きく, 既存の地質調査などからも, トンネルからD, F孔へ東西方向に連続した卓越透水ゾーンの存在が推定された。図-5には亀裂情報から求めた3次元透水係数の主方向ベクトルを示したが, トンネル全体を対象とした場合の主透水係数の最大値の方向はほぼ東西方向を示しており,

地下水位の観測結果から推定した卓越透水方向とほぼ整合のとれた結果となった。

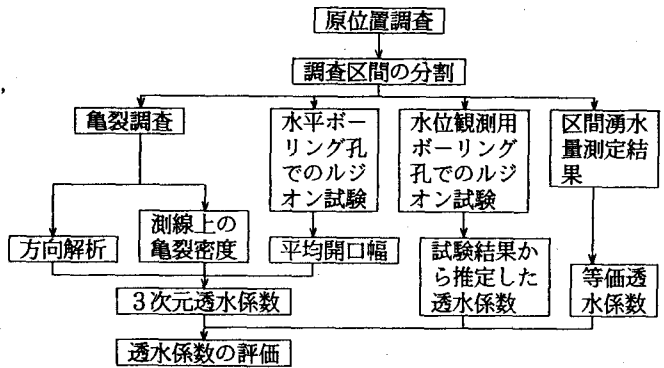


図-3 検討のフロー

表-1 3次元透水係数の計算結果

No	区 間 (m)	区間湧水量 (ℓ/min)	等価透水係 数(cm/s) [*]	主透水係数(計算値) (cm/s)			
				最大値 k_1	中間値 k_2	最小値 k_3	平均値 k_0
1	0 -114	84	1.34×10^{-5}	3.27×10^{-6}	3.19×10^{-6}	2.45×10^{-6}	2.97×10^{-6}
2	114 -145	240	1.13×10^{-4}	6.43×10^{-5}	5.30×10^{-5}	4.65×10^{-5}	5.46×10^{-5}
3	145 -180	100	3.87×10^{-5}	6.19×10^{-6}	4.17×10^{-6}	2.82×10^{-6}	4.39×10^{-6}
4	180 -274	200	2.60×10^{-5}	6.35×10^{-5}	5.67×10^{-5}	3.99×10^{-5}	5.34×10^{-5}
5	274 -318.5	428	1.08×10^{-4}	3.69×10^{-5}	3.07×10^{-5}	1.48×10^{-5}	2.75×10^{-5}
6	318.5 -398.1	570	7.42×10^{-5}	2.20×10^{-5}	1.89×10^{-5}	1.21×10^{-5}	1.77×10^{-5}
全	0 -398.1	1622	4.80×10^{-5}	3.04×10^{-5}	2.82×10^{-5}	2.16×10^{-5}	2.67×10^{-5}

* 実測湧水量に, 鏡像法を用いた暗渠の取水量を求める式³⁾を適用して計算した値

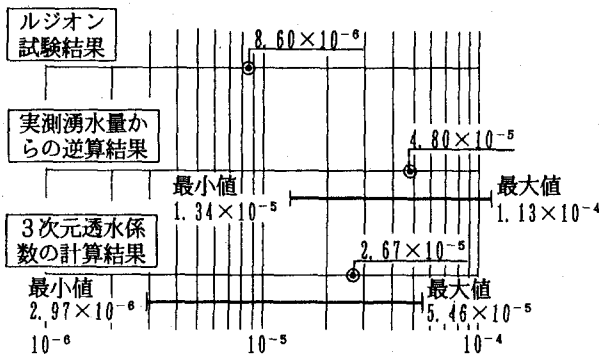


図-4 透水係数の比較

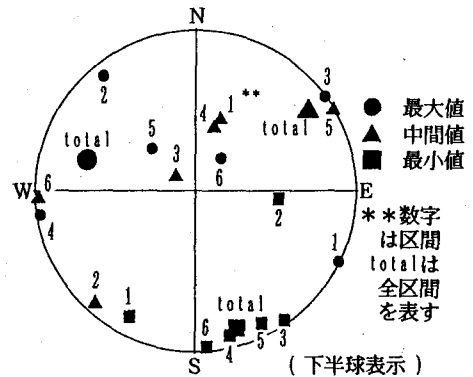


図-5 主方向ベクトル

5. まとめ

①亀裂情報から求めた3次元透水係数の平均値は, トンネル内で実測された湧水量から逆推定した岩盤の透水係数にほぼ合致し, ルジオン試験結果から推定した透水係数よりも巨視的にはより現実に近い値が得られることがわかった。

②亀裂情報から求めた3次元透水係数は, 主透水係数の最大値の方向が, トンネル周辺の地下水位の観測結果等から推定される卓越透水方向とほぼ一致しており, 異方性が判断し得ることが確認できた。

今後は3次元透水係数決定のためのパラメータについて, 原位置でのより精度の高い調査法を確立していきたいと考えている。

(参考文献) 1) Oda, M (1985), Permeability tensor for discontinuous rock masses, Geotechnique 35, No. 4, 483-495 2) Snow, D. T. (1969), Anisotropic Permeability of Fractured Media, Water Resources Research, Vol. 5, No. 6, 1273-1289 3) 水理公式集(土木学会編)