

TBMで掘削したトンネル周辺の透水性に着目した原位置試験結果について

東京電力(株) 正会員 前島俊雄 南将行
 (財)電力中央研究所 正会員 鈴木浩一
 東電設計(株) 正会員 ○谷智之 小山俊博

1. はじめに

筆者らはこれまで発破工法で掘削した坑道周辺の掘削影響領域(EDZ)において、短い区間長での透水試験および蒸発量試験を実施し、水理特性の評価を試みてきた¹⁾。本報告では、掘削の影響が少ないとされるトンネルボーリングマシン(TBM)で掘削された坑道で透水試験および高密度電気探査を行った結果について報告する。

2. 試験の概要

試験はTBMで掘削された坑道(地山被り 650m, ϕ 2.6m)で実施した。試験箇所ので地質はチャートの礫を含み泥岩を基質とする混在岩で非常に硬質な岩盤である。

試験孔は、掘削後 28 ヶ月後に ϕ 100mm の水平孔を左右に 2 本(No.1 孔, No.2 孔)を坑壁よりそれぞれ深度 2 m 掘孔している。

透水試験は掘削後 35 ヶ月経過した時点で、

短区間透水試験装置¹⁾を用いて区間長 10cm ~ 50cm の範囲で最大圧力は 0.3Mpa で行った。試験区間は No.1 孔で深度 10cm から 7 区間, No.2 孔ではボーリング孔を縦断する割れ目が存在したことから、表面部の割れ目がない区間を 2 区間選定した(図-1)。

高密度電気探査は、トンネル壁面を取り囲む円周方向の測線沿いに床面を除く壁面に 25cm 間隔で電極を設置し測定を行った。計測は透水試験実施時の掘削後 37 ヶ月の他に 15, 28 ヶ月にも実施している。解析は有限要素法による平滑化制約条件付き最小二乗法²⁾を使用した。

3. 試験結果

透水試験結果を図-2 に示す。No.1 孔の 10-20cm 区間は 2×10^{-5} cm/s と極端に高い透水係数となっているが、これは当該区間に存在する明瞭な開口われめに起因している。そこで割れ目を避けた 15-25cm 区間で測定した結果、 4×10^{-7} cm/s と深部の透水係数 10^{-9} cm/s オーダーに対して約 2 オーダー高い。また、深度 50cm までは 10^{-8} cm/s 以上と比較的高い値となっている。また、No.2 の表面部も 10^{-7} ~ 10^{-8} cm/s オーダーと No.1 深部に比して高い透水係数となっている。以上より、限られたデータではあるものの、坑道壁面から 50cm の範囲で透水係数が深部に比べて増加している傾向にあることがわかった。

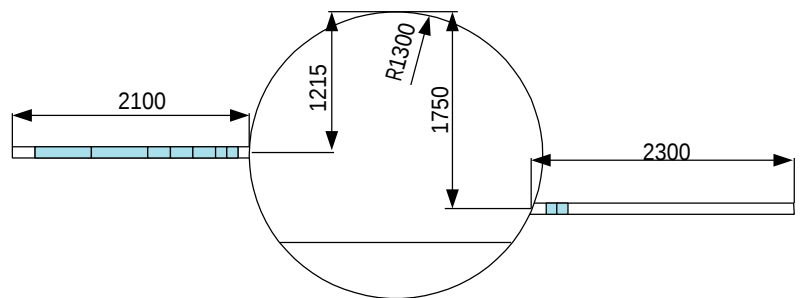


図-1 坑道断面図と透水試験の試験区間

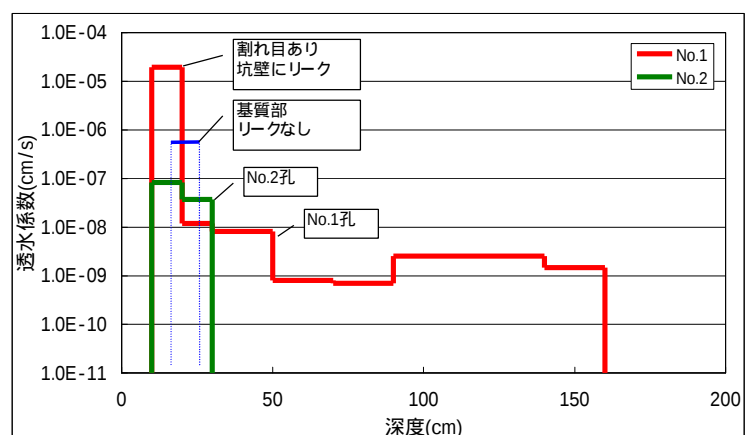


図-2 短区間透水試験結果

キーワード：掘削影響領域, TBM, 短区間透水試験, 比抵抗

〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 / TEL:03-4464-5182 / ttani@tepsco.co.jp / 谷 智之

高密度電気探査から得られた比抵抗断面を図-3に示す。掘削15ヶ月後の比抵抗断面はトンネル坑壁より約50cmの領域で全周方向に $500\Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗帯がほぼ同心円状に存在していたが、掘削後37ヶ月にはこれが不明瞭となり、 $1,500\sim 2,000\Omega\text{m}$ と高く変化している。なお、右側側壁部において低比抵抗帯が認められるが、当該部は若干の湧水がありこれが低比抵抗の一因となっていると考えられる。No.1孔のコアの間隙率と間隙水の比抵抗の深度方向の分布（図-4）に着目すると、コアの間隙率が表面から30cmの区間で若干高めになっている。また間隙水の比抵抗（掘削後15ヶ月後に採取）は坑壁近傍で小さくなっている³⁾。

4. 考察

短区間透水試験で示したとおり透水性が増加している範囲は坑壁から50cmの範囲であり、これは、掘削15ヶ月後の断面で見た低比抵抗帯とほぼ整合する。当該部分は割れ目がほとんど存在しないことから、基質部の空隙率が掘削時の衝撃と応力解放により増加し、透水性が増加したものと考えられる。

掘削15ヶ月後の比抵抗が坑壁周辺で低くなっている要因としては、掘削により坑壁面がゆるみ、基質中の間隙が大きくなり、周囲の岩盤から間隙水が供給され含水率が增大したことと、壁面からの蒸発で表面部間隙水のイオン濃度が大きくなり間隙水比抵抗が低下したことが考えられる。一方、掘削後37ヶ月では周囲岩盤からの間隙水の供給よりも、壁面からの間隙水の蒸発が優勢となり、坑壁より数10cmの領域の含水率が低下した結果、比抵抗が増大したものと考えられる。

5. まとめ

TBMで掘削した坑道周辺の透水性を短区間透水試験により測定した結果、坑壁より50cm程度の範囲で透水性が増加していることがわかった。また、高密電気探査による比抵抗測定を時期を変えて行うことにより、含水率の変化状況のある程度把握することができ、不飽和帯の進展を測定する手法として有効であることがわかった。水理的な面での掘削影響領域を詳細に把握するためには、透水試験等による実測と高密度電気探査等の物理探査手法を併せ考えることが重要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 谷智之ら(2003): 短区間透水試験・蒸発量試験による坑道周辺岩盤の水理特性評価, 第32回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.1-7
- 2) 佐々木裕(1988): 比抵抗法2次元インバージョンの改良, 物理探査, 41, pp.111-115.
- 3) 鈴木浩一ら(2003): 音響トモグラフィ・比抵抗トモグラフィ法による坑道周辺岩盤の水理特性評価, 第32回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.9-16

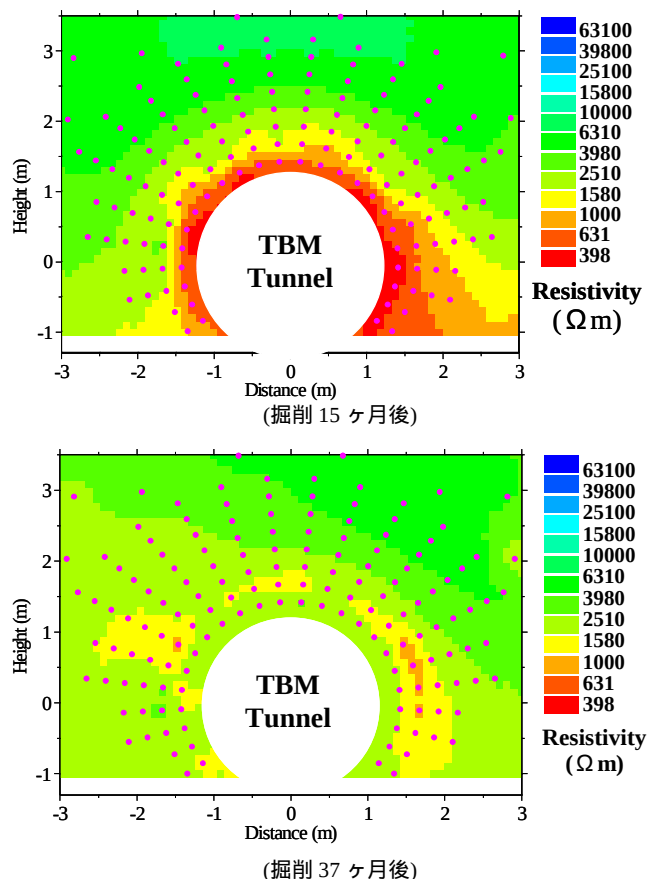


図-3 高密度電気探査結果

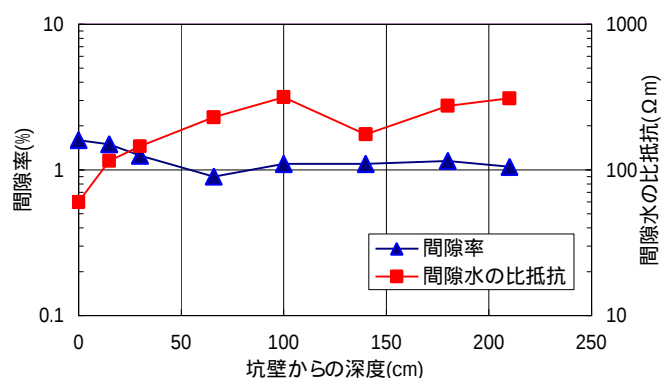


図-4 コア間隙率と間隙水の比抵抗