

弾性波および比抵抗併用探査による岩盤の工学的評価法

| | | | | | |
|--------------|-----|-------|-------------|------|-------|
| 関西大学大学院 | 学生員 | 高橋 康隆 | 関西大学工学部 | フェロー | 楠見 晴重 |
| 川西市 | 正会員 | 阪本 一生 | 関電興業(株) | 正会員 | 片山 辰雄 |
| (株)基礎地盤コンサルツ | | 菅 智浩 | (株)ニュー・ジェック | 正会員 | 中村 真 |

1. はじめに

近年、トンネル等の岩盤を対象とした地下構造の建設における地質調査として、弾性波探査や電気探査が実施される例が多いが、これらの調査結果に基づく設計は経験的で、度々実際と異なることがある。一方、設計・施工において、地質不良箇所・湧水箇所等の地質構造を正確に把握することは安全性や経済性の点からも重要である。本研究は、(財)災害科学研究所トンネル調査研究会の活動の一環として行っているもので、弾性波および比抵抗の測定結果を設計・施工時の有効な指標になると考えられる間隙率と飽和度に変換するシステム化を図り、トンネル支保・設計への適用性について検討を行ったものである。

2. 変換解析概要

弾性波速度と比抵抗は異なる物理量であるが、それぞれ飽和度と有効間隙率の関係を有することから、それぞれ飽和度と有効間隙率をパラメータとして関係付けることができる。このことから、原位置からの弾性波速度と比抵抗測定結果を用いることで、有効間隙率と飽和度に変換するシステム化を図った。

ここで、変換に用いる関係式における弾性波速度については、Wyllie¹⁾の式を用いものとした。

$$\frac{1}{V_p} = \frac{(1-\phi)}{V_m} + \frac{\phi \cdot Sr}{V_f} + \frac{\phi \cdot (1-Sr)}{V_a} \quad (1)$$

ただし、 V_p : 岩石の弾性波速度(m/s)、 V_m : 岩石実質部の弾性波速度(m/s)、 V_f : 間隙水の弾性波速度(m/s)、

V_a : 空気間隙の弾性波速度(km/s)、 ϕ : 間隙率、 Sr : 飽和度

また、比抵抗にはついては、実験式を用いるものとした²⁾。

$$\rho = m \cdot Sr^{-B} \cdot \phi^{-n} \quad (2)$$

ただし、 m 、 n 、 B : 地質の違いによる係数

このように、式(1)および式(2)において、変換パラメータの決定が行われれば、弾性波速度および比抵抗が既知であれば、飽和度と有効間隙率を含む2変数の連立方程式となり、岩石要素ごとに解析的に解くことで有効間隙率と飽和度が求められることができる。

3. 施工トンネルにおける施工記録との比較

本システムの適用性について検討を行うために施工トンネルにおける施工記録との比較を行った。対象とした地点は、TBM導坑先進切掘り工法が採用されている施工トンネルである。対象地点は、路線選定のために比抵抗探査による事前調査が行われた西坑口から200m付近である。同地点は、調査結果による設計パターンと実施パターンが整合せず、むしろ逆転している状況が認められ、これらの差について検討を行うため、トンネル施工位置であるTBM坑側壁からの高密度弾性波探査およびEM探査が200m区間にわたって実施された。本研究においては、これら複合探査結果を用いて変換解析を行い、施工記録との比較を行うことで、本システムの支保・設計への適用性について検討を行った。変換パラメータの決定には、対象とした地点におけるボーリングコアを用い室内試験により算出した。そして、対象地点におけるパラメータを表.1に示す。

キーワード：弾性波，比抵抗，間隙率，飽和度

〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35 TEL,FAX 06-6368-0837

図.1は、変換解析から得られた体積含水率分布と掘削時に作成された坑壁地質断面図を示したものである。同図より、体積含水率は全般的に低い値を示し、対象とした区間においては施工時に問題となるような顕著な湧水は確認されていないが、体積含水率の変化箇所において、坑壁地質展開図と比較を行うと、湧水が多く認められる箇所と一致することから、体積含水率の変化が湧水箇所の推定に有効であることが確認された。

図.2は、変換解析から得られた間隙率分布と支保実施パターンを比較したものである。同図より、定性的ながら間隙率の変化に対し、支保実施パターンとよい一致を示すことが確認された。したがって、今後定量的な判断基準を設けて比較を行う必要がある。

4. まとめ

本研究では、事前探査として行われる弾性波および比抵抗の測定結果を用い、設計・施工時の有効な指標になると考えられる間隙率と飽和度に変換するシステム化を図った。

そして、トンネル施工位置における複合探査結果から本システムを適用し、施工記録と比較することにより本システムの適用性が確認された。これらの本システムを用い、支保設計を行うには検討する課題は多いものと考えられるが、地質構造評価の把握を行う際に有効なものと考えられる。

謝辞

本研究を実施するにあたり、日本道路公団関西支社大津工事事務所、大成建設(株)・五洋建設(株)・(株)フジタJVには、貴重な資料提供をいただきました。謹んで感謝いたします。

参考文献

- 1) Wyllie,M.R.,Gregoty,A.R. and Gardner,L.W. : Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media.Geophysics,21(1),pp.41-70,1956.
- 2) 楠見晴重・他：種々な岩石の比抵抗特性に及ぼす飽和度，間隙率の影響とそれを利用した岩盤物性の評価法，亀裂性岩盤の浸透問題に関するシンポジウム論文集，地盤工学会，pp.187-194，2001.11.

表.1 変換パラメータ

| | | |
|-------------|-------|-----------|
| 変換パラメータ | m | 4.23 |
| | n | 1.30 |
| | B | 2.63 |
| 岩石実質部の弾性波速度 | V_m | 5500m/sec |
| 間隙水の弾性波速度 | V_f | 1500m/sec |
| 空気の弾性波速度 | V_a | 330m/sec |

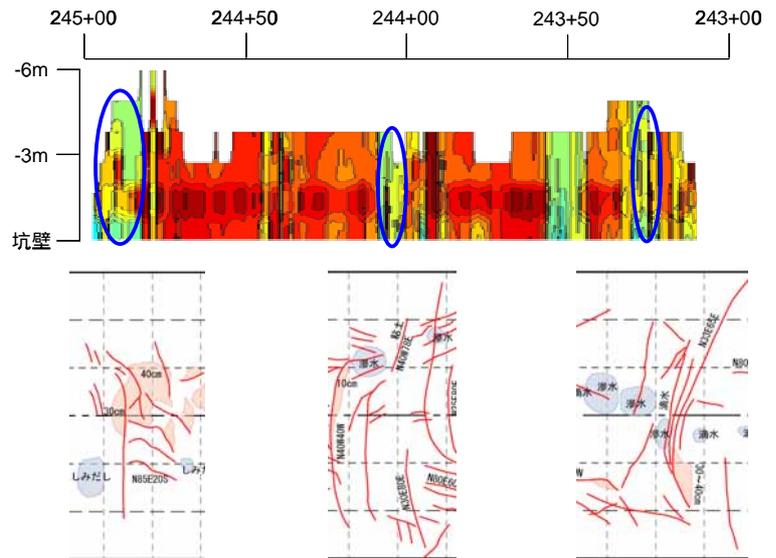


図.1 変換結果(体積含水率分布)と坑壁地質展開図の比較

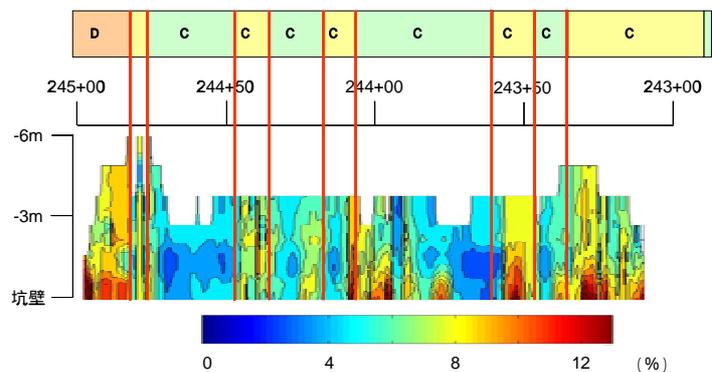


図.2 変換結果(間隙率分布)と支保実施パターンの比較