

供用中のトンネルにおける地中応力測定の実施について

中国電力株式会社 杉原 聡 谷田 哲也
 中電技術コンサルタント株式会社 正会員 村上 紀章
 日本国土開発株式会社 正会員 杉本 雅人
 日本国土開発株式会社 正会員 ○田代 晃一

1. 概要

島根原子力発電所への進入道路の一つである一矢・輪谷トンネル（延長 108m）は、その上部に将来盛土が計画されて造られたものである¹⁾。

トンネルは、現地発生礫質土に石炭灰系地盤改良材（ジオシード）を混合した改良土によるカルバート構築式トンネル工法で施工された²⁾。図-1 にトンネル標準断面図を示す。

トンネルは 2003 年 4 月から供用されていたが、2004 年 8 月から二次盛土施工（盛土高約 50m）が開始され、2005 年 8 月に盛土が完了した。

この期間の荷重増加に対するトンネルの挙動について、各種計測機器による測定を実施したが、本稿では改良土地山の地中応力測定について報告する。

2. ダブルフラクチャリング法による測定方法

今回の地中応力測定にはダブルフラクチャリング法³⁾を用いた。この方法は、孔壁に等圧载荷することにより異なる 2 方向の引張亀裂を発生させ、そのときの载荷圧力から孔壁直角二次元の最大・最小主応力を求めるものである。

これは、水圧破碎法と原理的には同じであるが、ウレタンチューブを介して载荷する点で異なり、亀裂の多少存在する中硬・硬岩盤や、今回対象とするような比較的強度の小さい改良土地盤（ただし、地盤が弾性体であり、脆性破壊前に引張破壊を生じることが前提）に適用することが可能である。

測定は、設計時に FEM 解析を実施した標準断面付近の 2 箇所を選定した。ボーリングはトンネル軸線直角方向に行い、穿孔長は改良土中で 1 本あたり 3.0m とした。

また測定は、盛土施工段階に応じて、計 4 回実施した。写真-1 に測定状況を示す。

3. 測定結果

地中応力測定結果（鉛直応力）と標準断面における FEM 解析値との比較を図-2 に示す。これによると測定値と解析値はよく一致しており、現在の改良土中の応力状態が想定通りとなっていることが分かる。なお、解析における改良土の変形係数は、365 日における一軸圧縮強度試験で得られた結果から 4860MPa としている⁴⁾。

キーワード 地中応力測定 ダブルフラクチャリング法 改良土 変形係数 トンネル 維持管理

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発株式会社土木本部技術部 TEL 03-5410-5750

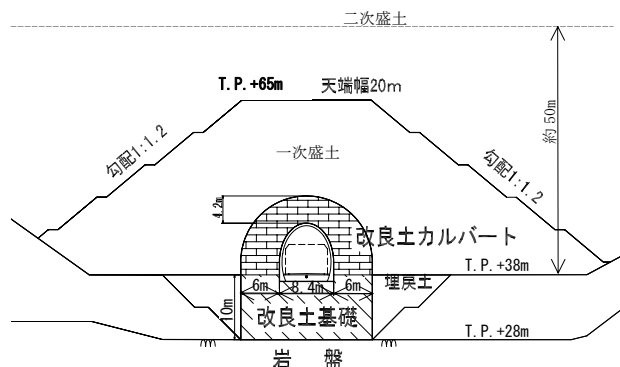


図-1 トンネル標準断面図



写真-1 応力測定状況

図-3には、今回のボーリングから得られたコアサンプルの一軸圧縮試験結果（8本の供試体試験結果の平均値で10.54MPa）と365日以前の試験結果⁴⁾との比較を示す。今回のコア採取時点の材令は1163日である。なお、グラフ縦軸は91日強度を1とした場合の圧縮強度比率となっている。

今回得たコアは、地中応力測定孔からの採取コアであるため、直径が65mmと限定された。一方、改良土中の粗骨材（発生土破砕材）は50mmでふり分けしており、施工中（材令365日以前のもの）の採取コア径は骨材径の3倍となる150mmとしていた。

図-3によると、今回のコアサンプル強度は、365日強度と比較して1.1倍となっている。しかし、一般的に小径コアの場合には強度が大きく出る傾向にあることから、今回の強度は365日強度と同等で、365日以降の強度増加は収束していると評価した。

図-4には地中応力測定および一軸圧縮試験（コアサンプル）から得られた改良土の変形係数の比較を示す。地中応力測定から求めた変形係数は、ボーリング孔壁の乱れによりばらつきが見られる。また、地中応力測定から得た変形係数（4230MPa）は、今回のボーリングコアサンプルに対する一軸圧縮試験の変形係数（4792MPa）、および365日時点における一軸圧縮試験の変形係数（4860MPa）⁴⁾より若干小さくなっているが、ほぼ同等と評価してよいと考える。

4. まとめ

以上述べてきたように、供用中のトンネル内において、水平ボーリング孔を利用した地山の応力状態および変形係数を測定した。応力については、その測定値が解析値とほぼ一致しており、解析の妥当性も確認できた。また、地中応力測定によって得られる変形係数については、一軸圧縮試験から得られるものと同等の値が得られることも確認した。

今後、トンネルの維持管理等を実施する上で、地山の応力状態および変形係数を測定する必要がある場合に、今回の測定実績が一つの参考になると考える。

参考文献

- カルバート構築式トンネル工法の設計・施工 小田ほか 第57回土木学会年次学術講演会 III-286
- カルバート構築式トンネル工法の改良土試験施工 田代ほか 第57回土木学会年次学術講演会 III-288
- ダブルフラクチャリング法による地山応力の測定 佐久間ほか 土木学会論文集 第406号/III-11
- 石炭灰と礫質土を用いた改良土の長期強度について 田代ほか 第58回土木学会年次学術講演会 III-562

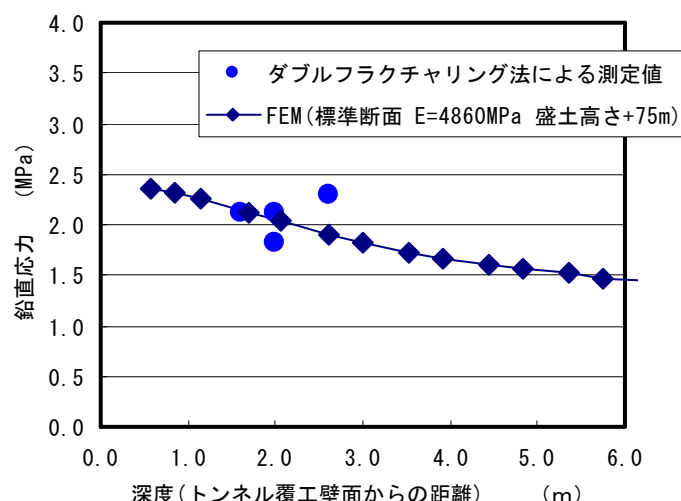


図-2 応力測定結果と解析値との比較

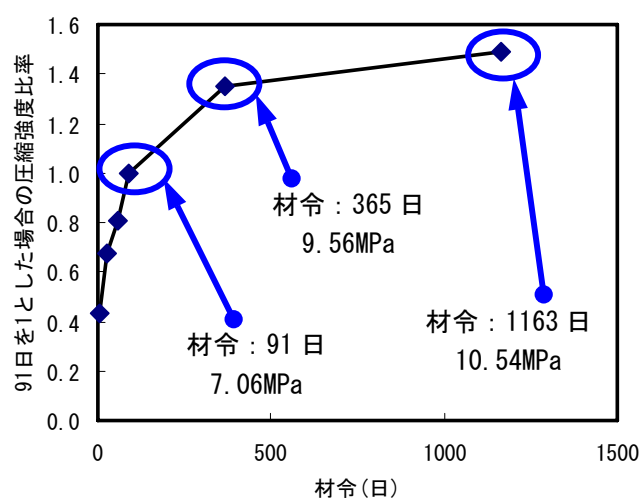


図-3 一軸圧縮強度の評価

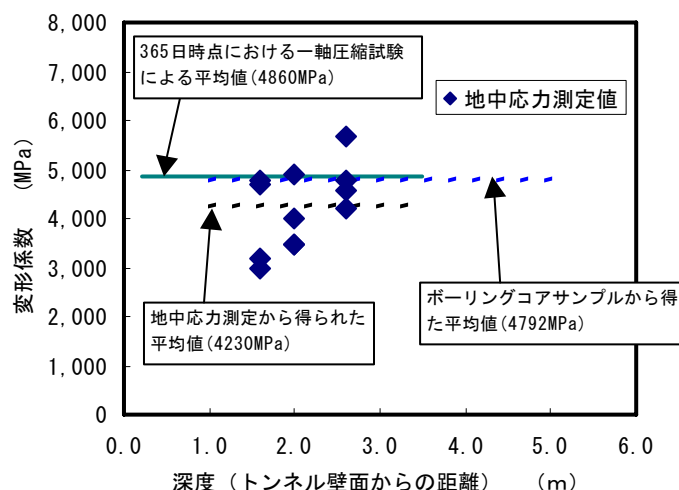


図-4 変形係数の評価