

— 膨張性地山が有する将来応力の推定 —

施工場所：西白河郡西郷村～南会津郡下郷町（甲子トンネル）

1. はじめに

一般国道289号甲子トンネルは、平成20年9月の開通以来、県内及び北関東地域との広域観光交流及び物流ネットワークとして機能しており、平成21年度に70万台であった交通量は平成27年度には89万台（対H21比1.27）に達しています。

甲子トンネルの路面隆起は平成23年3月に確認されて以来、学識経験者等による技術検討委員会を設立し、対策工法の立案に向けて、右表のとおり議論・検討を進めています。

2. 路面隆起の特性

○インバート損傷機構から若材齢時の破壊を示唆

- ✓ 吸水後に極めて短時間で膨張する地山特性
- ✓ 若材齢時の強度を上回る膨張応力を確認

○隆起が長期（5年以上）にわたり継続

- ✓ 隆起量の累積は約50cmに達し、現在も隆起が継続
- ✓ 収束時期の予測が困難

○非線形に累積する膨張応力

- ✓ 体積の増加により減少する変形係数
- ✓ 室内試験をベースに吸水膨張モデルを構築
- ✓ 試験的に復元したインバートで発生応力、変位等を計測

技術検討委員会の議事概要

- | | |
|-----|--------------------|
| H23 | 1 路面隆起の状況把握 |
| H24 | 2 膨張性地山の調査分析 |
| H25 | 3 対策工法の検討 |
| H26 | (1) 応急工事実施（舗装版下げ） |
| H27 | (2) 計測管理方法の検討 |
| H27 | (3) 試験施工実施（計測機器設置） |
| H28 | 4 トンネル損傷機構の分析 |
| H28 | 5 将来応力の推定 |
| H29 | 6 施工計画の検討 |
| H29 | 7 本対策工の提案 |



インバートコンクリート損傷状況

3. 吸水膨張モデルの構築

シミュレーションモデル(推定)

- ①岩級区分に基づく解析モデルの設定
- ②施工時の変位を再現
- ③地山の緩みの解析
- ④吸水膨張の解析(室内試験ベース)
- ⑤シミュレーションモデルと計測データとの比較
- ⑥シミュレーションモデルの修正
- ⑦設計に用いる膨張応力の設定

室内試験・現地試験・計測(検証)

- ①地質調査による岩級区分の設定
- ②孔内水平載荷試験による変形係数の設定
- ③室内における吸水膨張試験
- ⑤地中変位計・土圧計による計測
- ⑥体積膨張と変形係数(膨張カーブ)の作成
- ⑦インバートコンクリート応力の計測と将来予測

インバートに対する要求強度設定及び施工計画検討

本対策工の詳細設計

4. 今後の課題

- 「吸水膨張モデル」と「現地の変位計測結果」の応力の整合性確認及び膨張収束に要する期間の推定
- 供用中のトンネル内作業など制約条件の下、社会的リスクも考慮した効果的かつ効率的な工法の選定
- トンネルの損傷度合いに応じた対策工法の検討

5. むすびに

トンネル路面隆起の主因となった膨張性地山は「体積を増加しながら柔らかくなる」ため、膨張応力が非線形に増加することが大きな特徴である。その複雑な発生応力を適切に把握し、現地計測結果を踏まえて的確に修正しながら対応すべき外力を設定することで、再発を確実に防止する対策工法を立案してまいります。

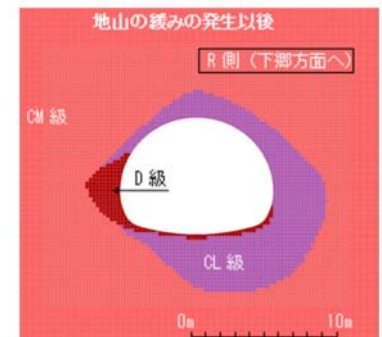


図1. 隆起箇所の岩級区分

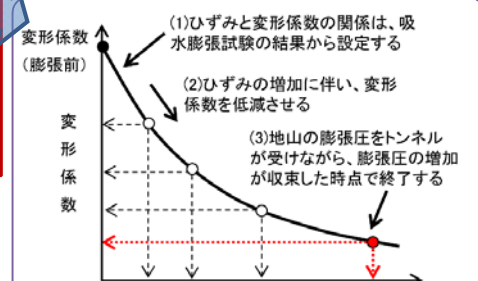


図2. 吸水膨張モデルのイメージ