

トンネル路盤下ロックボルト工による路面隆起抑制効果

西日本高速道路(株)	正会員	○駒谷	大三
西日本高速道路(株)	正会員	赤木	涉
西日本高速道路(株)	非会員	横尾	和彦

1. はじめに

天神山トンネル (L=945m) は、西九州自動車道 佐世保大塔～佐世保みなと間に位置する対面通行トンネルであり、日平均約 3 万台の断面交通量を有している。供用後 10 年経過した平成 20 年にトンネル中央の非常駐車帯付近で、コンクリート舗装路面と円形水路の段差から路面隆起が確認された (写真-1)。

図-1 に示すように漸増する路面隆起により建設時の計画高に対し平成 28 年までに最大 192mm (平均 14mm/年) の隆起量が計測され、平成 28 年及び 29 年に変状が顕著な約 20m 区間について応急対策として路盤下ロックボルト工を施工した。本報文では路面隆起の原因と路盤下ロックボルト工の路面隆起抑制効果検証を報告するものである。



写真-1 路面隆起状況

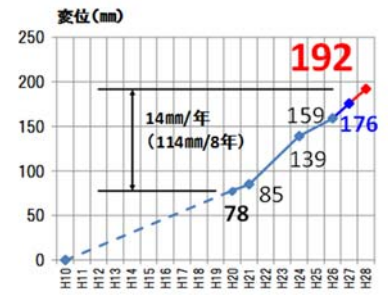


図-1 隆起量

2. 地質概要

本トンネルの地質は新第三紀の砂岩、泥岩、砂・泥互層で構成され、東側から西側に向かい 6° ~8° の下り勾配で傾斜している。砂岩は中硬質、泥岩は亀裂が少ない軟岩質を呈する。砂・泥互層部は全体的に亀裂が多く、石炭層や軟質の凝灰岩を挟んでおり、比較的不均質な地質である (図-2)。なお、トンネル両坑口部の DIII 区間を除きインバートは設置されておらず、最も路面隆起が顕著な位置では調査ボーリングで断層破碎帯が確認された。

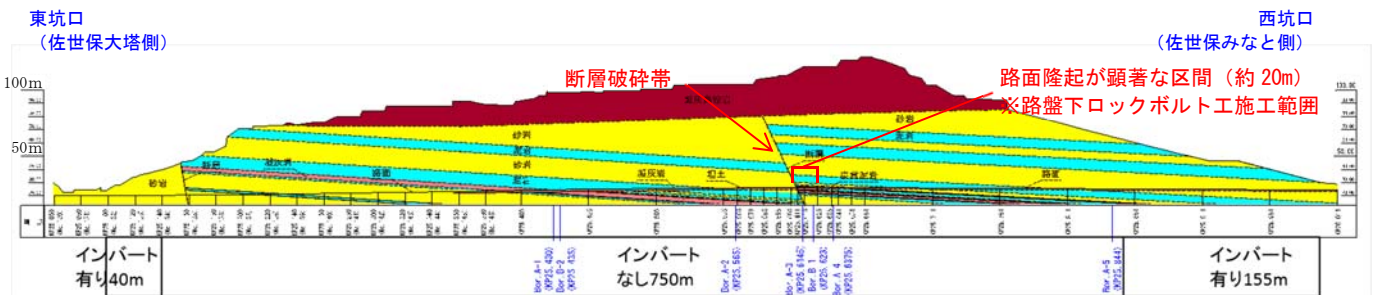


図-2 地質概要

3. 路面隆起発生要因の推定

調査ボーリング及び岩石試験の結果から、凝灰岩に膨潤性粘土鉱物 (スメクタイト) の含有や陽イオン交換容量 (CEC) が最大 81cmol(+) \cdot kg⁻¹ (81meq/100g) であることが確認された。また、ボーリング孔に設置した地中変位計の計測結果では凝灰岩層が膨張している挙動を示した。これらのことから膨潤性粘土鉱物を含む凝灰岩層に断層から地下水が供給され地山が膨潤することで、膨張性地圧が発生し路面隆起に至った (スウェリング) と推定した (図-3)。

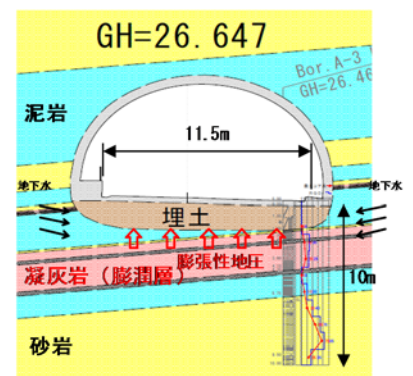


図-3 路面隆起の発生メカニズム

キーワード 天神山トンネル, 路面隆起, 路盤下ロックボルト工

連絡先 佐賀県佐賀市大和町大字久池井 2630 西日本高速道路(株)九州支社佐賀高速道路事務所 TEL0952-62-0075

4. 対策工の検討

岩石試験の結果とFEM解析により将来の膨張応力は 203.11kN/m², 路面隆起量は最大 318mm との予測となった. 恒久対策はインバート設置を計画しているが, 重交通の対面通行下における長期の交通規制は, 社会的影響が大きいことから応急の抑制対策として路盤下ロックボルト工を採用した.

工事は, 夜間通行止めによる施工となることから施工能力を重視し, 極力削孔径を抑えるためロックボルトの材料は小径でも高い断面力を持つPC鋼棒(φ32)を採用し, 長さは弾性域である砂岩層に 2m 以上の定着として全長 9m, 配置間隔はFEM解析結果から抑制効果を落とさない範囲で経済性に優れた 3m×1.5m ピッチ(図-4)とし, 範囲は隆起が特に顕著な 20m 区間とした(図-5, 6).

なお, 施工後の効果検証の目的で計 47 本のロックボルトのうち 4 本を軸力計付きロックボルトに, また地中変位計も 4 箇所設置した(表-1, 図-6).

5. 路盤下ロックボルト工の効果検証

最も隆起が大きい箇所に設置した地中変位計と近接する軸力計の計測結果を図-7に示す. 路盤下ロックボルト工施工前は約 14mm/年のペースで路面隆起が進行していたが, 施工後は約 2mm/年のペースに鈍化した. ロックボルトの軸力は凝灰岩層にあたる部分が大きく発現し(図-8), 3章で想定したメカニズムとの一致が確認された. これらのことからロックボルトによる路面隆起の抑制効果が確認できた.

6. まとめ

前述までのとおり本トンネルで応急対策として採用した路盤下ロックボルト工がトンネル路面隆起の抑制対策として一定の効果を発揮することが確認できた. 恒久対策を実施するまでの期間は, 継続して計測データを経過観察し, 必要と判断されれば増し打ち等も検討していく予定である.

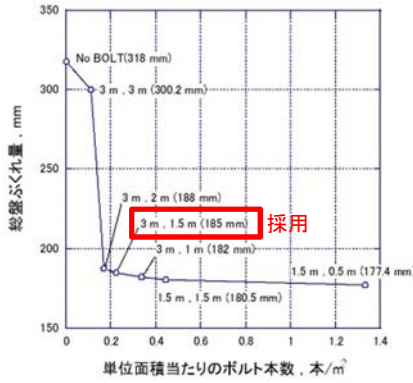


図-4 隆起抑制効果検討結果

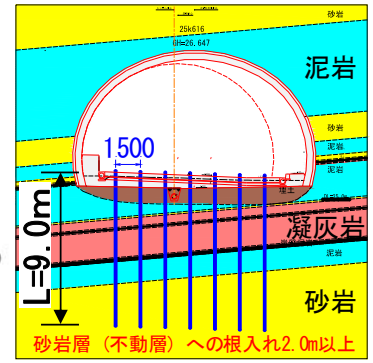


図-5 施工位置断面図

表-1 施工数量一覧表

	ロックボルト	軸力計付き ロックボルト	地中変位計
平成 27 年 (調査)			1 箇所
平成 28 年 (工事)	7 本	1 本	
平成 29 年 (工事)	36 本	3 本	3 箇所
計	43 本	4 本	4 箇所

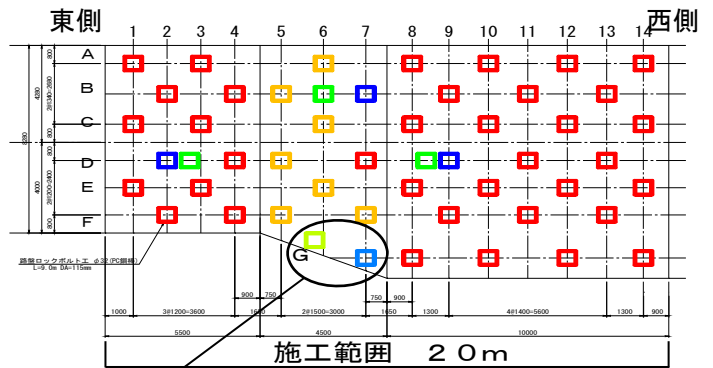


図-6 施工配置平面図

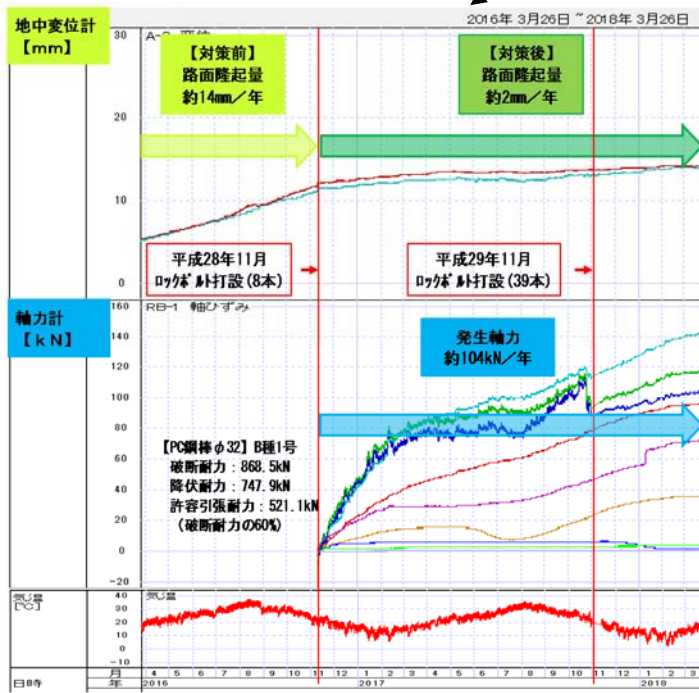


図-7 地中変位計と軸力計の計測結果

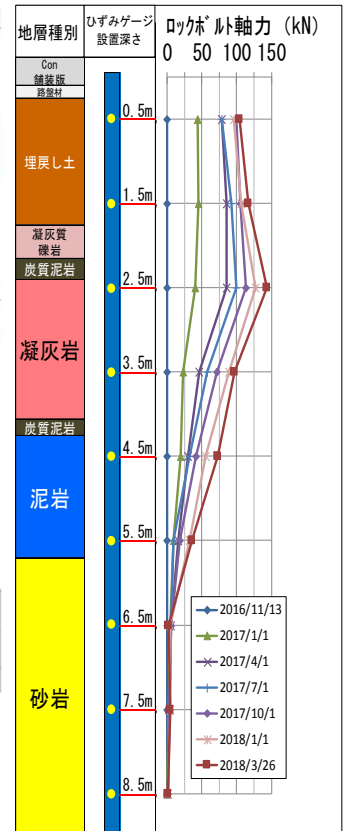


図-8 軸力計の深さ方向グラフ