

磐越自動車道 鳥屋山トンネルにおける路面隆起と地山物性値について

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 法人会員 ○安田 賢哉
(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 法人会員 山家 信幸
応用地質(株)東北支社 法人会員 白川 優衣
東日本高速道路(株)東北支社 正会員 宮沢 一雄
東日本高速道路(株)東北支社 法人会員 齋藤 望
東日本高速道路(株)東北支社 法人会員 林崎 信男

1. はじめに

NEXCO 東・中・西日本の3会社が管理する高速道路のトンネルは、供用延長が1,600kmを超え、約2割が30年以上経過し、他の構造物と同様に劣化現象が顕在化している。そのうち、グリーンタフが分布する地域のトンネルにおいては、特にインバートコンクリート（以下インバート）の未設置区間で路面の隆起現象が問題となっている。

今回対象となったトンネルでは、建設時の切羽の岩判定で堅硬かつ良好な岩盤と判定されたため、1997年以前の旧設計要領によりインバートが無い支保パターンで施工された。しかし、供用開始から間もない時期に路面に隆起などの変状の発生が認められ、10数年間路面隆起が累積している状態であった。また、路面隆起はインバート未設置区間で発生しており、インバート設置区間では隆起箇所と同質岩種でも隆起が発生していない状況から、隆起変状が認められた区間に対してインバートを新設することで対応することになった。

そこで、路面隆起の要因を追究するため、インバート掘削時にボーリングによる試料採取ならびにブロックサンプリング後に各種岩石試験を実施した。本報告は、鳥屋山トンネルにおける地山の岩石試験結果と路面隆起の主要因と推定される地山物性について報告するものである。

2. トンネル概要

調査対象となったトンネルは、1996年10月に供用した磐越自動車道の鳥屋山トンネル（延長2,600m）である。本トンネルはグリーンタフの地域に位置するため、その地質には緑色凝灰岩、凝灰質砂岩、泥岩等が分布しており、建設当初よりモンモリロナイトの含有が確認されていた。しかし、トンネル掘削時の内空変位量が6mm程度で収束しており、切羽も健全であったことから、現在の隆起変状区間にはインバートがない支保構造（Cパターン）で施工された。供用開始1年半後よりコンクリート舗装版の隆起が3箇所で顕著に確認され、2014年6月までの累積隆起量は最大187mmとなった（図-1）。このため、路面隆起が著しい126m区間において、2015年にインバート補修工事を実施した¹⁾。一方、覆工コンクリートにおいては、アーチ天端に小規模なひび割れがあるのみで、内空変位は生じていなかった。

3. 調査手法

ボーリング掘削による採取では、インバート施工2スパン（5.25m/スパン）に1箇所の頻度で掘削深度2m

キーワード トンネル、盤ふくれ、岩石試験、インバート、凝灰岩、泥岩

連絡先 〒980-0013 仙台市青葉区花京院 2-1-65-14F (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 保全技術部 TEL022-713-7290

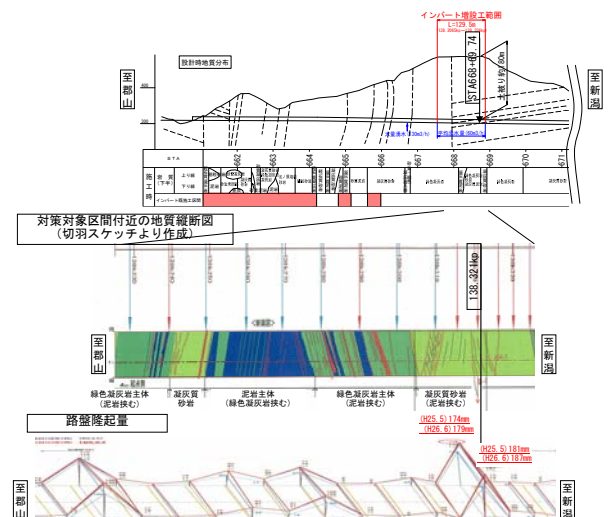


図-1 鳥屋山トンネルの地質と路面隆起状況¹⁾

（上段：設計時地質縦断面図，中段：切羽スケッチから復元した地質縦断面図，下段：測量結果図）

程度の鉛直下方ボーリングを実施した。また、ブロックサンプリングは、主に路面隆起が顕著な位置で実施することとした。

4. 岩石試験結果

試験に供した試料は、凝灰質砂岩、凝灰岩、泥岩等の新第三紀中新世の堆積岩類およびそれらの互層と多岐にわたった。これら試料の一軸圧縮強度はほぼ 20MPa 以下を示す軟岩であった（表-1）。

地山の概略的な傾向を把握するため、浸水崩壊度試験結果を図-3 に示す。変化がみられない健全な「区分 A」と原形をとどめない「区分 D」が大半を占めており、本トンネルの地山の複雑性を示唆している。

地山の膨張性判定図（ヘキサダイアグラム）を図-4 に示す。図-4 に示す地山では、路面隆起量が累積で 110mm ほど生じていた。図-4 のように隆起量が大きい箇所では、膨張性判定指標のほとんどで基準を上回る結果であった。特に、隆起量が著しい箇所での含水比、一軸圧縮強度および陽イオン交換容量が基準を大きく上回る傾向があった。一方、複数の項目で基準を上回っても隆起量が大きくない試料もあり、路面隆起には別の要因も関与している可能性を示唆する。

5. 隆起量と地山物性値との相関

路面隆起量と各地山物性値との相関関係を確認したところ、膨張性判定指標の他、下記の 2 点の相関が認められた。

- I. 粘着力とせん断抵抗角では負の相関が、塑性指数（図-5）では正の相関が認められた。
- II. 超音波伝搬速度（P 波・S 波）、動弾性係数および圧縮強度では、隆起量が増大するにつれて 0 値に収れんする傾向が認められた。

なお、粘着力とせん断抵抗角は得られたデータ数が 4 つと少ないのが現状である。

6. まとめ

以上の結果により、粘着力、せん断抵抗角および塑性指数が岩種によらない路面隆起の指標となる可能性があると考えられる。これらの指標を用いて、路面隆起の潜在リスクの把握や、本トンネルのような大規模更新工事対象トンネルが複数ある場合の優先順位付けに寄与する可能性がある。

しかし、現段階ではデータ数が少ない試験項目があるため、今後データ数を増やして上記の傾向を検証すると共に、他の相関関係がないか探求していきたいと考える。

<参考文献>

1)渡辺ほか（2016）、磐越自動車道鳥屋山トンネルの路面隆起の発生から対策完了までの取り組み、地盤工学フォーラム東北 2015（平成 27 年度（第 34 回）研究討論会講演概要集）、pp5～8。

表-1 岩石試験結果（一部）

試料No	位置	KP	盛り上げ量 (mm)	深度	地質	湿潤密度 g/cm ³	圧縮強度 MPa	縮減ひずみ %	弾性係数 MPa	圧裂
膨張性判定指標 (NEXCO 他、2007 年 10 月) 地										
							軟岩 ≤ 20			
1	S97-C	138, 214	96, 474	0 ~ 2.35	凝灰岩	1.912	29	0.44	7520	3.88
2	S68-C	138, 224	110, 190	0 ~ 2.25	凝灰岩	1.838	0.264	1.48	24.1	0.058
3	S69-C	138, 235	16, 600	0 ~ 2.42	凝灰岩					
4	S70-C	138, 245	15, 600	0 ~ 2.40	凝灰岩					
5	S71-C	138, 256	31, 000	0 ~ 2.47	泥岩・凝灰岩互層	2.205	32.2	0.5	8890	2.01
6	S72-C	138, 266	39, 000	0 ~ 2.45	凝灰岩	2.047	4.88	0.14	874	0.008
7	S73-C	138, 277	76, 000	0 ~ 2.38	泥岩	2.229				
8	S74-C	138, 287	76, 600	0 ~ 2.38	凝灰岩	2.111	3.99	0.56	857	0.155
9	S75-C	138, 298	22, 700	0 ~ 2.45	砂岩					
10	S76-C	138, 308	20, 600	0 ~ 2.50	凝灰岩	2.103	18	0.48	4110	2.09
11	S77-C	138, 319	154, 800	0 ~ 2.40	凝灰岩	2.164	11.6	0.56	1750	1.21
12	S78-C	138, 329	124, 200	0 ~ 2.35	砂岩					

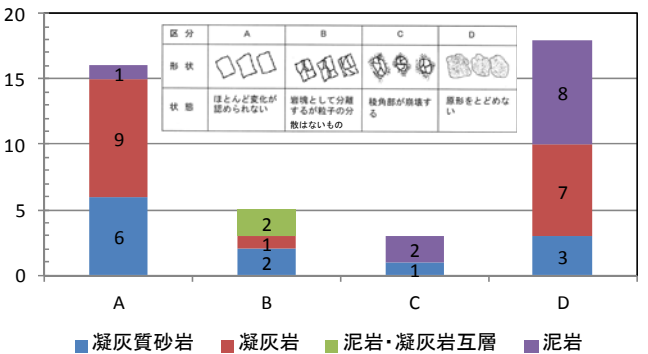


図-3 浸水崩壊度試験結果ヒストグラム（N=42）

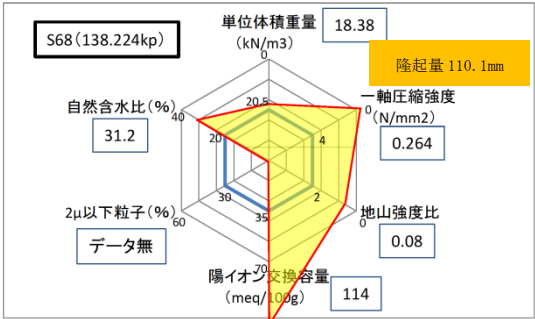


図-4 膨張性判定のヘキサダイアグラム

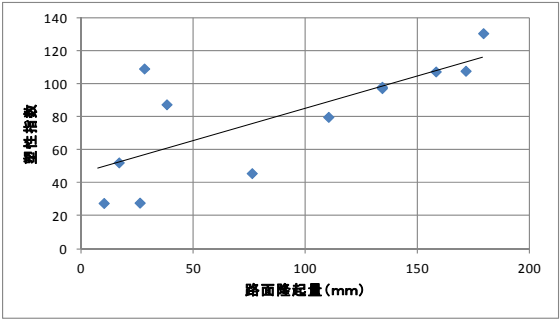


図-5 路面隆起量と塑性指数との相関