

# 盤ぶくれが発生した東北地方の高速道路トンネルにおける地山物性値の傾向 ～粘土鉱物特性に着目して～

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北 正会員 ○安田賢哉  
 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 正会員 山家信幸  
 東日本高速道路(株) 正会員 宮沢一雄  
 東日本高速道路(株) 法人会員 林崎信男  
 応用地質(株) 正会員 鶴原敬久

## 1. はじめに

東・中・西日本のNEXCO3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、その約2割が30年以上経過しているため、他の構造物と同様に老朽化に伴う劣化現象が顕在化してきた。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、特にインバートの未設置区間で盤ぶくれによる路面の隆起現象が問題となってきた。

建設時には堅硬・健全と判定された地山が、供用後長期間にわたる膨潤現象や強度低下により劣化したことが原因と考えられる。一方、変状原因の推定のために膨張性の有無を判定する指標を参照しているが、主にトンネル建設時に用いる指標であるため、盤ぶくれの将来予測ができないなどの課題がある。

本稿は、東北地方の高速道路トンネルのうち、維持管理時に盤ぶくれによる路面隆起が発生したトンネルで得られた各種地山物性値を収集・整理し、劣化した地質の傾向について検討した結果を報告するものである。なお、今回は盤ぶくれの主要因と考えられる粘土鉱物特性について触れてみる。

## 2. 東北地方の高速道路トンネルの特徴

東北地方の高速道路トンネルは全123チューブあり、矢板工法29チューブ、矢板・NATM混在6チューブ、開削工法1チューブで、残りの87チューブがNATM工法で全体の約7割に当たる。矢板工法は縦貫道である東北自動車道で主に採用されたのに対し、昭和58年以降はNATM工法が主流となった。

また、各トンネルの地質は、約8割弱が新第三系に相当し、中でも堆積性軟岩とされる凝灰岩、砂岩、泥岩はその半分を占める(図-1)。また、路面隆起等の変状が発生したトンネルの地質は、新第三紀の凝灰岩類および堆積岩類であり、全体の約6割に相当した。

## 3. 調査対象トンネルと調査手法

調査対象としたトンネルは、磐越自動車道の3トンネル(鳥屋山トンネル、AトンネルおよびBトンネル)と、秋田自動車道の4トンネル(C～Fトンネル)の計7トンネルである。このうち、鳥屋山トンネルは大規模更新・大規模修繕工事の先駆けとなり、2015年度に路面隆起箇所に対してインバートを施工し(渡辺ほか2016)、インバート掘削の際に試料を採取した。これ以外の磐越自動車道および秋田自動車道の6トンネルでは、現在供用中のため試料採取はボーリングのみで行った。

採取された試料に対し、内部標準法による粉末X線回折試験を行い、粘土鉱物の定量ならびにX線回折チャ

キーワード 山岳トンネル, 膨潤, 崩壊, グリーンタフ, X線回折, 粘土鉱物  
 連絡先 〒984-0031 仙台市若林区六丁目字南9-9-1 (株)ネクスコ・エンジニアリング東北 TEL022-390-6491

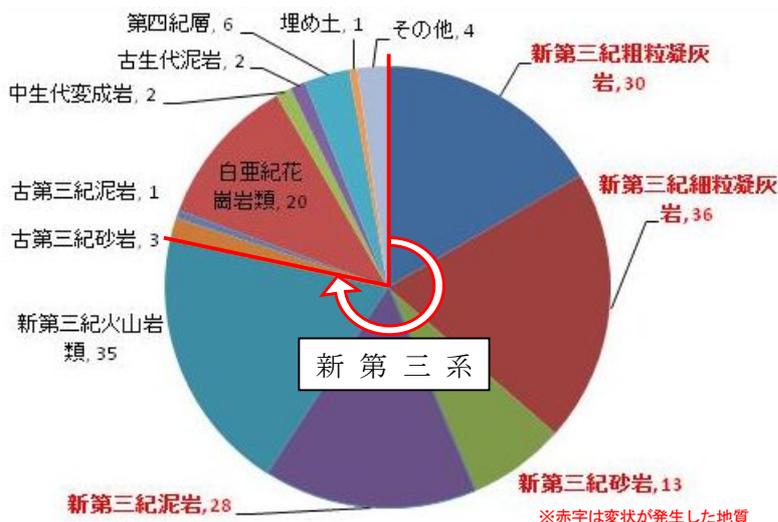


図-1 東北地方の高速道路トンネル・分布地質別内訳

ートによる交換性陽イオンの分類(「Na型」あるいは「Ca型」)を実施した。なお、「Na型」・「Ca型」の詳細な分類は、八島(2011)による $2\theta=6^\circ$ ないし $6\sim 8^\circ$ 付近に位置するピークとその形状から判定した。

#### 4. 交換性陽イオンのタイプ

表-1に各トンネルにおける交換性陽イオンのタイプを集計した結果を示す。概ね優勢となる交換性陽イオンのタイプを識別できる結果であった。

「Na型」は鳥屋山トンネルおよび秋田道の3トンネルで、その地質は多岩種から成るトンネルであった。一方、「Ca型」は磐越道の2トンネルおよび秋田道のCトンネルで、地質はほぼ1岩種に限定されるトンネルであった。

#### 5. 粘土鉱物含有量

図-2に粘土鉱物含有量と吸水膨張率との相関を示す。

「Na型」は粘土鉱物含有量が30%程度以下と多くはないが吸水膨張率は多様であった。このことは、粘土鉱物が少量でも含まれれば、吸水膨張を引き起こす傾向を示している。一方、「Ca型」は粘土鉱物含有量が幅広く分布するが吸水膨張率は10%程度以下であり、吸水膨張性は低いことが判明した。

#### 6. 考察・まとめ

石田・神藤(1994)によれば、「Na型」の劣化形態は、水浸により表面が膨潤し形を保ったまま徐々に膨張する「膨潤型」とされ、「Ca型」のそれは乾燥後の水浸によりたちまち崩壊し、砂状～岩片状を呈する「崩壊型」とされている。

「Na型」の鳥屋山トンネルでは、インバート施工前の隆起挙動は年3～6mm程度で徐々に隆起していた。また、隆起箇所の地中変位計結果(図-3)より、融雪・梅雨・秋雨時期における地中変位の伸びが顕著であることから、その挙動は水浸後に膨張する「膨張型」の劣化形態に合致するものと考えられる。

「Ca型」の秋田道・Cトンネルでは、最近の隆起挙動は路面縦断測量および路面TS測定からほとんど認められていない。このことは、一旦崩壊を生じて地山が塑性化した際に変状を来したが、その後大きな変状は発生しないことを示唆すると考えられる。

以上より、「Na型」か「Ca型」か判定できれば、その後の変状予測や維持管理・対策工の実施計画を立てやすくなると思われる。しかしながら、「Na型」の場合、構造物等に変状が顕在化しなければ、それを見過ごす危険性があるため、早期に交換性陽イオンのタイプを判別する手法が必要と考えられる。

#### 参考文献

- ・渡辺ほか(2016):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.
- ・八島隆志(2011):全地連「技術フォーラム2011」京都, 論文No. 40.
- ・石田・神藤(1994):応用地質, 第35巻, 第5号, pp179～192.

表-1 交換性陽イオンとそのタイプ

交換性陽イオン	磐越自動車道			秋田自動車道			
	鳥屋山トンネル	Aトンネル	Bトンネル	Cトンネル	Dトンネル	Eトンネル	Fトンネル
	MS, GT, TS	GT(, TB)	TB	MS(, TF, SiS)	MS, SiS, ALT	MS, SiS, ALT	ALT, TS, Sh
Na型	16	2	3	3	4	6	4
Ca型	3	3	7	12	2	0	2
no peak	5	0	5	0	0	0	0
分析計	24	5	15	15	6	6	6
タイプ	Na型	Ca型	Ca型	Ca型	Na型	Na型	Na型

注)MS:泥岩, SiS:シルト岩, ALT:砂岩・泥岩互層, Sh:頁岩  
TF:凝灰岩, GT:緑色凝灰岩, TS:凝灰質砂岩, TB:凝灰角礫岩

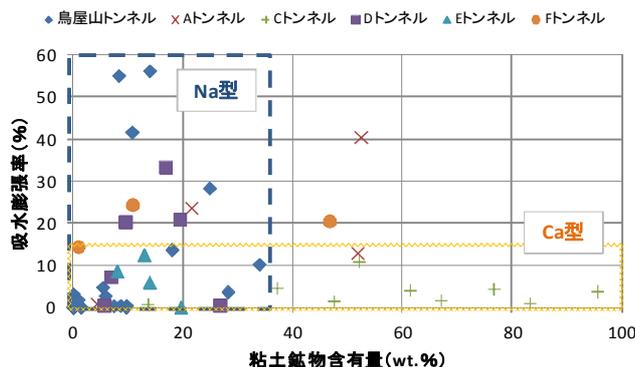


図-2 粘土鉱物含有量と吸水膨張率との関係

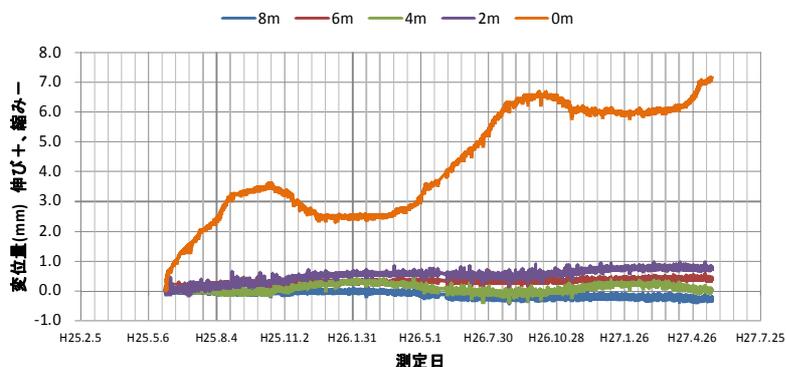


図-3 鳥屋山トンネル隆起箇所の地中変位(累積変位)