

盤ぶくれが生じたトンネルにおける膨張性指標の評価手法と対策範囲選定に関する検討

西日本高速道路エンジニアリング中国（株）道路技術第二課 正会員 ○末永 拓嗣、鈴 将彦、大段 好勝
西日本高速道路（株）技術環境部 技術統括課 村上 貴行
西日本高速道路（株）中国支社 建設・改築事業部 改築課 山崎 泰弘

1. 背景と目的

中国自動車道 北房～新見間に位置する高尾トンネル（上り線）は、矢板工法で施工され、昭和59年に供用し、36年が経過している。供用後5年（昭和63年）頃から、盤ぶくれによるとみられる路面隆起（ $L=126.3\text{m}$ ）と同一岩種と推定される区間（ $L=813.0\text{m}$ ）が確認され、平成30年10月時点で路面隆起量125mm、隆起速度1mm/年程度の進行が確認されている。

盤ぶくれは、地山強度比が小さく、岩石強度を超える応力により地山に荷重が作用する事で降伏、塑性化し、押出しを生じる現象（スクイージング）とスメクタイト等の膨張性粘土鉱物が吸水膨張し、覆工に荷重が作用する現象（スウェリング）により発生することが知られている。

盤ぶくれが発生した箇所では、既存資料調査（建設時データ）、変状詳細調査（現地調査・地質調査）を行い、膨張性を有する地質の分布状態、性状、変状の兆候、進行性を総合的に評価し、盤ぶくれの要因となる「変状岩種の特定」、「将来的に膨張性の恐れがある粘土鉱物の有無等」を確認し、必要な対策工、工事対象範囲を決定する必要があった。

工事対象となるインバート設置範囲は、路面隆起が発生している箇所その他、将来的な変状を考慮し、路面隆起は発生していないが変状原因と特定された同一岩種区間も併せて対策する必要がある。しかし、現時点で選定基準の詳細について、定量的に確立されているものはない。

本検討は、盤ぶくれが生じたトンネルで、現時点では路面隆起が発生していない同一岩種区間において、将来的に膨張が懸念される箇所を特定するため、「膨張性の評価手法（案）」を作成し、対策範囲を検討した手法案について、報告するものである。

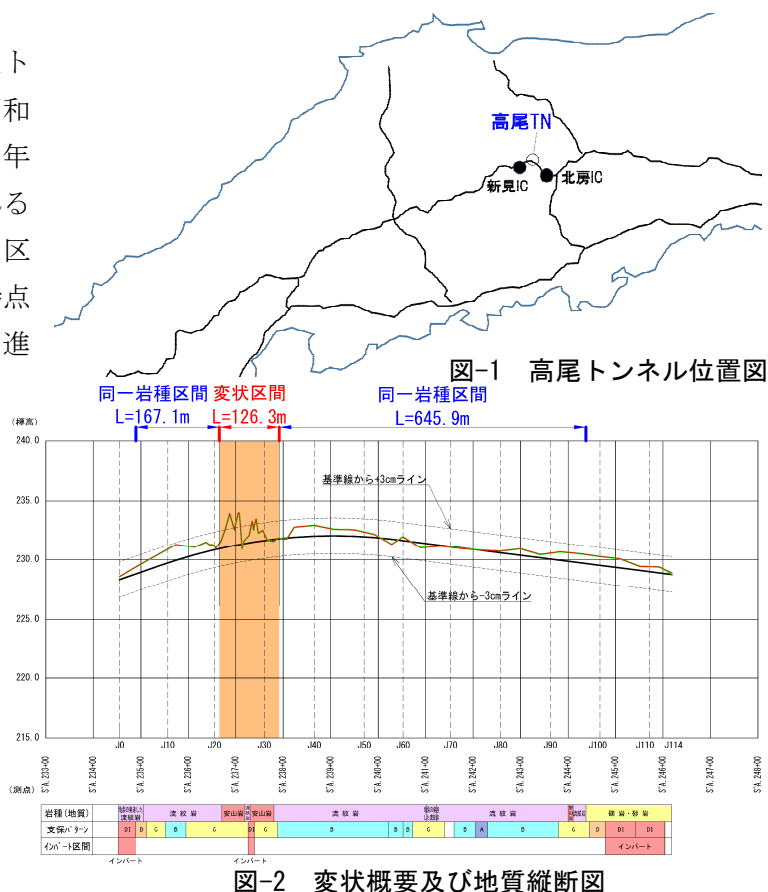
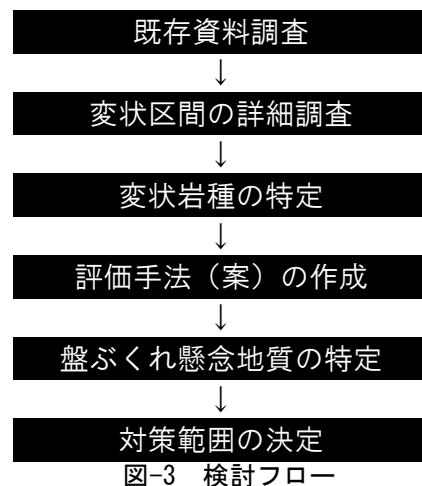


図-2 変状概要及び地質縦断図



キーワード トンネル変状調査, 盤ぶくれ, 懸念地質, 水準測量, 内空変位測定, 地山試料試験
連絡先 〒733-0037 広島市西区観音町 2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) TEL082-532-1433

2. 変状区間の詳細調査（変状岩種の特定）

高尾トンネル（上り線）における詳細調査は現地踏査（目視，中央排水工の流量調査），現地計測（路面変位測定，内空変位測定，亀裂変位測定），地質調査・原位置試験（孔内水平載荷試験，ボーリング調査），室内試験（地山試料試験）を実施した。

変状岩種を特定するため，地質調査は，盤ぶくれが発生している変状区間で実施し，試験結果が指標値（赤点線）の外側となった岩種を盤ぶくれ懸念地質として，「流紋岩質火砕岩」「安山岩質火砕岩」を特定した。

3. 同一岩種区間の膨張性の評価手法（案）

1) 地山の膨張性を示す指標の選定

一般的に用いられる膨張性を示す指標のうち，変状原因を特定できるよう，押出し性判定に対して，「一軸圧縮強度」「地山強度比」，膨張性判定に対して，「浸水崩壊度」「X線解析」「陽イオン交換容量（CEC）」の5項目の試験に着目し，地山の膨張性を示す指標を選定した（図-4（赤枠参照））。

図-4 試験ダイヤグラム（流紋岩質火砕岩の例）

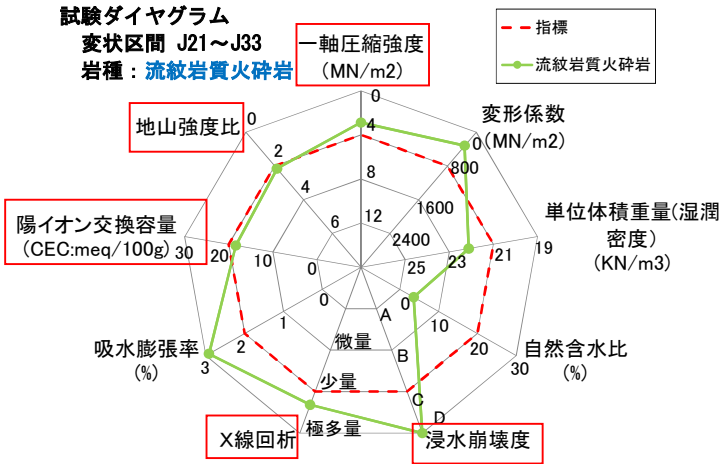


表-1 評価で重視する試験項目

No	変状原因	概要	試験項目
①	押出し性（スクイーミング）	掘削に伴う周辺地山のせん断破壊による体積膨張とせん断面に沿った岩塊の塑性流動による内空への押出し（スクイーミング）	一軸圧縮強度と土被りの比から得られる地山強度比
②	膨張性（スウェリング）	岩石中の膨潤性粘土鉱物の吸水による体積膨張、または、風化による造岩鉱物の粘土化による体積膨張（スウェリング）	膨張性地質の素因である X 線回折試験、陽イオン交換容量試験（CEC）、浸水崩壊度試験
③	①と②の複合	ケース①と②の複合	X 線回折試験による膨潤性粘土鉱物が少量以上かつ地山強度比≦4

2) 工事対象範囲の選定基準

同一岩種区間の工事対象範囲は，「評価手法（案）」（表-2）により選定した。特に重要と考えられる5項目の試験結果の組合せにより，全ての基準値を満足する場合を対策不要箇所として「○」，指標値のいずれかが基準値を超過する場合を「△」「×」とし路面隆起発生箇所と併せて工事対象範囲として選定する方針とした。

表-2 試験ダイヤグラムの評価手法（案）

No	評価手法	評価	備考
1	a：一軸圧縮強度、地山強度比、膨張性試験結果※が指標値以内	○	
2	a：一軸圧縮強度と地山強度比の何れか1つが指標値を超える	△	
	b：膨張性試験結果※の何れか1つが指標値を超える		
3	a：一軸圧縮強度と地山強度比の両方が指標値を超える	×	No. ①に該当
	b：膨張性試験結果※の内、陽イオン交換容量試験（CEC）と浸水崩壊度試験の両方が指標値を超える		No. ②に該当
	c：X 線回折試験による膨潤性粘土鉱物が少量以上かつ地山強度比≦4 に該当する		No. ③に該当

4. まとめ

※膨張性試験結果：X 線解析試験，陽イオン交換容量試験（CEC），浸水崩壊度試験結果を示す

本検討は，盤ぶくれが発生しているトンネルにおける変状岩種と同一の岩種区間において，「評価手法（案）」に基づく工事対象範囲の考え方について，一例を示したものである。地質調査の結果は，対策範囲検討にあたっては，重要な基礎資料となる。しかし，近接する同一岩種区間であっても，調査位置によって，結果が相違する場合がある。部分的で極めて狭い結果を基に，全体を工学的に判断することが求められる。取り扱いには十分留意し，調査結果をどう判断するか，今後も慎重に検討していく所存である。