

互層地質が分布するトンネルの長期耐久性を考慮したインバート設置判定に関する一考察

(株) 高速道路総合技術研究所 ○小林 大助
(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 中野 清人

1. はじめに

東・中・西日本高速道路（以下「NEXCO」という）が管理する山岳トンネルにおいて、路面が隆起する盤ぶくれ現象（以下「盤ぶくれ」という）が約 50 チューブのトンネルで確認されている。供用後、盤ぶくれ発生トンネルの多くは、トンネル建設時に大きな変位や多量湧水などの発生が無く比較的良好な地山で長期耐久性に問題ないとしてインバート設置が不要と判断されたトンネルである。

盤ぶくれにより、路面隆起量が大きくなると走行安定性の低下や建築限界を侵すなど車両走行安全上の支障をきたす。盤ぶくれの発生が顕著なトンネルでは、その対策として、インバートを設置する工事を実施しているが、閉鎖的空間での施工条件などから施工効率が悪く、供用中路線を長期間交通規制して施工しており、社会的影響が大きくなっている。このような背景から、本稿は、トンネル建設段階でのインバート設置判断に苦慮している互層地質のトンネルを対象に取り上げ、インバート設置を判定するフローを検討したうえで、トンネル建設現場でそのフローを試行し、盤ぶくれ発生リスクを回避できた事例について考察する。

2. インバート設置基準

維持管理段階で盤ぶくれに悩まされている実情から、インバートを安易に省略することは望ましいことではなく、NEXCO 設計要領のインバート設置基準は、次のとおり定めている。1) 地山等級DⅠ、DⅡ、Eは原則としてインバートを設置する。2) 地山等級CⅠ、CⅡにおいて、地質が泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘性土岩や風化結晶片岩、温泉余土等、劣化が予測される地質では、トンネルの長期耐久性を損なう恐れがあるので、原則としてインバートを設置する。しかし、トンネル切羽では、地質が一樣ではなく互層地質が分布していることがあり判断に悩まされる。また、水環境や土圧作用の変化等、地山の経年変化により、将来的に悪影響を及ぼす可能性をトンネル施工中に把握し、インバート設置要否を判断することが非常に難しく、個々の技術者の経験的判断に委ねるところが多い。そのため、大嶋らは、設計要領に加えて、表-1 に示す、水による劣化や膨張性の指標を考慮した設置基準を提案している。¹⁾

3. 互層地質が分布するトンネルのインバート設置フローの検討

図-1 に示す砂岩泥岩互層が分布する比較的良好な地山のトンネル建設時にインバート設置フローを検討した。表-1（1）の設置基準は、トンネル掘削時の切羽評価で判断する。切羽評価は、上半切羽で行うが、上半切羽全体に砂岩が分布しかつ地山等級CⅠ、CⅡの場合（写真-1（a））、（1）設置基準に従うとインバート設置不要となる。しかし、このような互層地質では、上半切羽の地質で判定するのではなく、盤ぶくれが生じる路盤付近の地山評価や長期耐久性の確認が必要ではないかと疑問が残る。そこで、当該トンネルでは、表-1 に示す（1）、（2）の基準を基本に岩石試験項目、試験頻度および試料採取位置を見直した。また、トンネル線状構造物の特性、つまり、インバートの連続性も考慮し、最小施工単位はトンネル掘削径約 11m の 3 倍相当である覆工 3 スパンとすることもインバート設置フロー（図-2）に加えた。

表-1 インバート設置判定に関する内容

基準等	内容
(1) NEXCO設計要領のインバート設置基準	1) 地山等級DⅠ、DⅡ、Eは原則としてインバートを設置する。 2) 地山等級CⅠ、CⅡにおいて、地質が泥岩、凝灰岩、蛇紋岩等の粘性土岩や風化結晶片岩、温泉余土など、劣化が予測される地質では、トンネルの長期耐久性を損なう恐れがあるので、原則としてインバートを設置する。
(2) 大嶋らによるインバート設置基準の提案 ¹⁾	上記(1)の基準に加えて 内空変位量、地山強度比、岩石試験の閾値により判定
(3) 今回の検討フロー	上記(1)、(2)の基準に加えて 岩石試験にX線回折を追加、路盤付近から試料採取、トンネル線状構造物の特性を考慮した最小施工単位の閾値を追加して判定

キーワード 盤ぶくれ、インバート、膨張性

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1629

4. インバート設置フローの試行

掘削中の支保パターンを選定する岩判定時に、このフローを試行した。計 12 地点の岩石試験を実施したところ、6 地点で基準値を超過し、その内訳は浸水崩壊度：1 試料、X 線回折：5 試料、CEC：1 試料であった。この試験結果のとおり、上半切羽面全体に砂岩が分布している断面（写真-1（a））においても、路盤付近から採取した岩石試験より、水による劣化や膨張性を示す結果を得た。また、試験結果から水による劣化や膨張性を示さなかった場合で、トンネル線状構造物の特性として最小施工単位を考慮した判定も含め、このフローに基づき判定した結果、当初設計より約 600m の区間でインバートを追加設置した。

技術者の判断によっては、設計要領に従って、インバート設置不要と判断する可能性があった区間において、今回検討したインバート設置フローの試行により、砂岩泥岩互層が分布するトンネルで、岩石試験を用いた定量的判断によって、従前の基準よりも将来の盤ぶくれ発生リスクが回避でき、長期耐久性に寄与する設置フローであると考えられる。

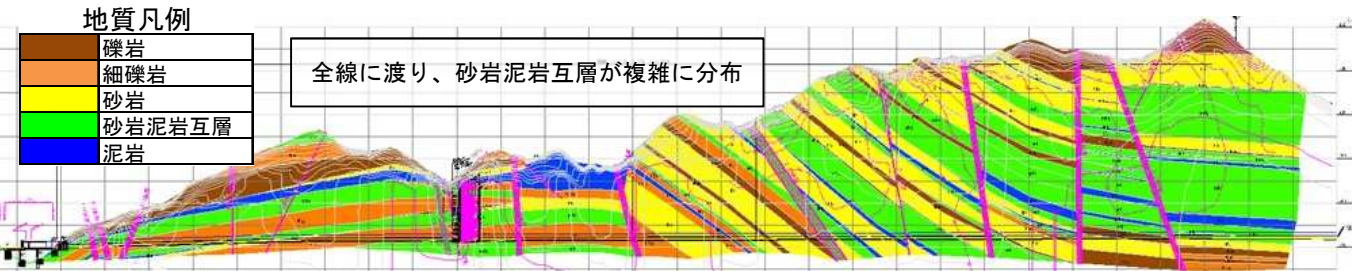


図-1 地質縦断面図

表-2 岩石試験項目と試験頻度 1) に下線部を加筆修正

試験区分	項目	基準値※1)	事前調査時点	設計パターン変化点および地山変化点毎※2)
水による影響度を示す指標	①自然含水比(%)	$W_n \geq 20.0$	○	
	②単位体積重量(kN/m^3)	$\gamma \leq 21.0$	○	
	③浸水崩壊度試験	C, D	○	○
粘土鉱物の含有量を示す指標	④吸水膨張率(%)	$E_x \geq 2.0$	○	
	⑤X線回折(定方位)	少量以上	○	○
	⑥CEC試験($meq/100g$)	$CEC \geq 20.0$	○	○

※1) 基準値に該当する場合にはインバートの設置が必要
※2) 岩判定時に路盤付近から試料採取し岩石試験を実施

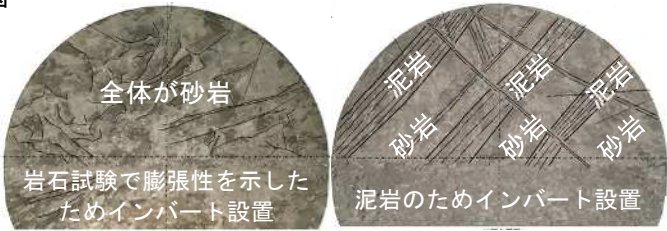


写真-1

(a) 全体が砂岩 (b) 砂岩泥岩互層

5. まとめと今後の課題

インバートの設置は、工費や工程に大きく影響するため、慎重な判断が必要である。供用後、盤ぶくれが発生したトンネルは、コスト縮減、工程厳守および供用後の維持管理の配慮など、高速道路建設時における様々な課題を抱える中、当時の最善の判断としてインバートを設置しなかったが、結果として盤ぶくれが発生した。

高速道路トンネルは今後も多くの建設計画があり、インバート設置基準について更なる研究が必要である。例えば、路盤付近の地質と走向・傾斜に関して、トンネル延長方向の実績分布の把握も重要な指標となる。また、盤ぶくれ顕在化区間と同一地質で盤ぶくれが顕在化していない区間の建設時の記録や岩石試験結果を比較することで変状要因を明らかにできる可能性がある。その他、トンネルの排水構造にも目を向けると、掘削時に顕著な湧水が確認されなかった区間においても中央排水工(有孔管)の施工によってトンネル全線の路盤部地山に水が供給されることも盤ぶくれ発生の1つの要因とされ、排水構造の検討も必要と考える。

〈参考文献〉

1) 大嶋健二, 城間博通, 伊藤哲男, 村地栄次, 久保田龍朗: 変状トンネルの要因分析に基づいたインバート設置基準の提案について, 第 11 回岩の力学国内シンポジウム論文集, 2002.

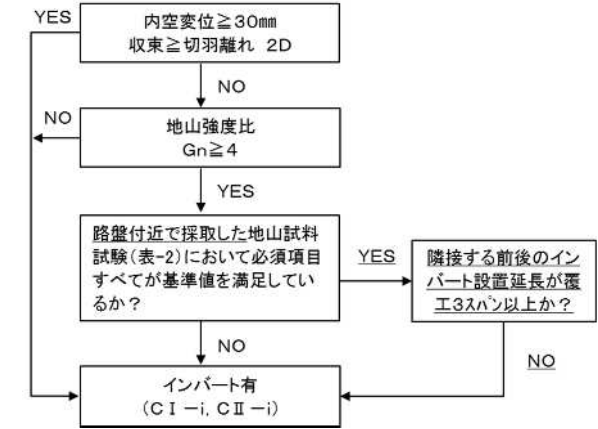


図-2 インバート設置フロー 1) に下線部を加筆修正