

供用後のトンネル変状リスクへの対策工の選定法について

深田地質研究所 フェロー会員 亀村 勝美

1. はじめに

トンネルの設計・施工に当たっては、施工時の安全は勿論、供用後のトンネルにおける維持管理までを視野に置きトンネルの機能を確保する必要がある。しかし、これまで事前調査で膨張性粘土鉱物を含むことが確認された場合や、あるいは計画地点近傍に地山の塑性化で難航した施工事例が確認されている場合においても、その設計段階で地質情報として膨張性や塑性化が考慮されるものの、性能や機能確保のためのより具体的な、例えば解析的検討が行われることは多くなかった。また、施工中に遭遇した断層破碎帯や変質帯のような局所的なトンネル変状に関しては、情報化施工により対策を講じるが、この場合にも供用後の変状までを対象として検討することは少なかつた。結果として、こうした施工中の様々な変状への対策工の効果(短期的、長期的)の定量的評価は必ずしも十分ではなく、変状対策は各々のトンネルの中で講じられてきた。

一方、社会資本の整備も充実してきたこれからの時代にあつては、それらの機能を如何に合理的に維持していくかが重要な課題となっている。ここに供用後に生じる変状を予測した上で、施工時の変状対策や供用後の変状対策の内容を検討することの重要性がある。

著者ら¹⁾は泥岩中における立坑掘削において微小な時間依存の変位増分が供用後の立坑機能に及ぼす影響についてリスクの観点から検討することで、対策工の意思決定に有用な情報を提供できることを示した。ただし、その検討で用いられた様々なコストは仮定されたものであつた。

一方、合理的な維持管理を念頭に置いた様々な具体的な取り組みも成されている。例えば岡崎ら²⁾は既存資料の分析により供用後に生じた変状とその対策工に要するコストを試算している。

ここではそこで示されたコストを用いて変状リスクを算定し、対策を講じるべきかどうかの判断に当たりリスクが有用な情報となることを示す。

2. 変状リスクの評価

トンネル施工時の計測結果に時間依存挙動がある場合、これが竣工時点では問題ないと判断されても、供用後に問題となる場合がある。文献2)には、事前調査結果(費用78百万円)に基づき設定した支保パターンでの工事費は5,763百万円であつたが、その後インバートが設置されていない区間での顕著な路盤隆起により、2度に分けて補修工事(工事費568百万円)を実施した事例が示されている。

これに対し当初から詳細な事前調査(286百万円)を行い、適切な支保パターンを設定したとするとその工事費は5,894百万円と

なるとしている。しかし、事前に高額の詳細調査を行うべきかどうかの判断は難しい。そこで図-1に示すようなトンネルの変状パターンを設定し、将来的にどのような変状を生じるかについてリスクの観点から検討した。

供用後に 変状する か?			変形は予 測通り か?			対策は効 果を發揮 したか?			状 態	事後の対応
yes	yes	yes	yes	yes	yes	供用後に変状したがその量は予測通りであり、対策工も効果を發揮した。			なし	
			no	yes	no	供用後に変状し、その量は予測通りであつたが、対策工が効果を發揮しなかつた。			小規模の補修工実施	
			no	no	yes	供用後に変状し、その量は予測以上であつたが、対策工が効果を發揮した。			なし	
					no	供用後に変状し、その量は予測以上であり、対策工が効果を發揮しなかつた。			大規模な補強工実施	
no						供用後に変状は発生せず、なんら問題は生じなかつた。			なし	

図-1 供用後の変状パターン

キーワード トンネル変状, 維持管理, リスク, 対策工

連絡先 〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-13-12 (公財)深田地質研究所 TEL 03-3944-8010

変状リスクの算定に用いる

対策工、補修工などのコストは表-1のように設定した。

検討ケースとしては表-2に示すものを設定し、各々のリスクコストを算定した。その結果、Case1-1では総リスクコストは215百万円、Case1-2では284百万円となり、変状が起こる可能性が五分五分の場合、対策を講じる方がよいと判断できる。

このように本手法によれば様々な条件での変状リスクコストが算定できる。図-2は、追加調査等を行わず、その時点での知見に基づいて供用後の変状の可能性を判断した場合のトータルコストを示したものである。ここでは対策工の設定に当たって実施する予測解析的中する確率を0.8と仮定している。この結果は、変状の可能性が30%位と判断できるのであれば、対策を講じる方がよいことを示している。

3. まとめ

計測によっても明瞭な変形挙動が認められない場合、あるいは変形の時間依存挙動は認められるものの収束するのか、構造物や地山の性能に影響を与えるのかどうか等の判断が出来ないような場合には、変形挙動により致命的な状態を招かないために、供用後の状態を推定し、その損害の大きさを評価した上で、適切な対策を講じる必要がある。

ここでは、時間依存の変形挙動が見られた場合、どのような考え方で対策を検討するのが良いかを検討し、対策方針の意思決定にリスクが有効な判断指標であることを示した。

試算した結果は、ごく当たり前の判断結果を示しているが、重要なのはこうした手法により判断の前提条件と判断のプロセスが明示されることである。十分な情報がない中で将来を見越して対策工を計画することは、非常に難しいことであるが、リスクという共通の価値観の中で議論することが有用である。

参考文献

- 1) 亀村勝美, 稲垣大介, 井尻裕二: 供用後のトンネル変状リスクへの対策工の選定法について, トンネル工学報告集第20巻, pp.251-258, 2010
- 2) 岡崎健治, 伊東佳彦: トンネルの供用開始後に生じる変状と経事変化に関する考察, トンネル工学報告集第21巻, pp.183-188, 2011

表-1 対策工、補修工コスト

	コスト(百万円)	内容	備考
c1	208	追加調査費	
c2	160	予想通りに変状が生じたが、対策工が不十分(設計、施工に不備)で多少の補修工を必要とした。	参考文献2)に示された試算表に基づきc1,c4,c5を設定。C2,c3については想定。
c3	400	予想を上回る変状が発生し、覆工の安定性が損なわれ補修・補強工を行った。この間の営業損も発生した。	
c4	568	変状なしと判断し、対策を講じなかったが変状が発生した。覆工の安定性が損なわれ大規模な補修・補強工を行った。この間の営業損も発生した。	
c5	131	対策工コスト	

表-2 検討ケース

Case	内容
1-1	<ul style="list-style-type: none"> ・変状の可能性は五分五分なので変状すると判断し対策を講じる(c5)。 ・対策工を行うに当たって予測を行うが、その予測通りの変状となる確率は0.5(追加調査等を行わないため、予測の精度は期待できない)。この場合、対策工はほとんど間違いなく(0.9)効果を発揮し、安定性に問題は生じない。 ・予測が外れた場合、対策工は頑張るものの最終的な安定性が確保できず、追加工事(c3)が必要となる。
1-2	<ul style="list-style-type: none"> ・変状の可能性は五分五分なので変状しないと判断し何もしない。 ・従って、変状が発生すると覆工の安定性が確保できず、大規模な追加工事(c4)が必要となる。

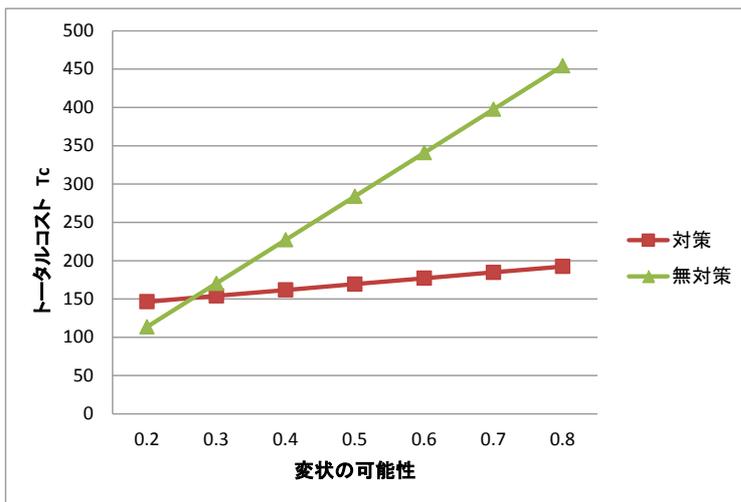


図-2 変状の可能性とトータルコスト