

TCI を用いた既設トンネル覆工の経年変化に関する研究

山口大学大学院理工学研究科 学 ○中島彰吾 株式会社道路建設コンサルタント 正 濱砂 宏
 株式会社道路建設コンサルタント 正 嶋田秀治 株式会社道路建設コンサルタント 正 水野準也
 山口大学大学院理工学研究科 正 森本真吾 山口大学大学院理工学研究科 正 進士正人

1. はじめに

トンネルは通常、完成後の改築が一般に困難であり、日頃の維持管理や保守が重要である。一般に維持管理の手順としては、定期的な点検・調査を踏まえた覆工の健全度評価～補修・補強の要否検討～対策実施の流れとなっている。覆工の健全度評価は管理を行う各機関で定められているものの例え¹⁾、多くの評価はトンネルの劣化状態を定性的な表現に基づいた分類方法しか示されていない。そのため、効率的な維持管理を行うためには、定量的かつ客観的な手法による健全度評価の適用が望まれている。

本研究は同一の山岳トンネルにおける複数年のひび割れ展開図に対し、重田らが提案している TCI (ひび割れ指数)²⁾ を適用し、覆工の経年変化に伴うひび割れの健全度変化についてその定量化を試みたものである。クラックの進展状況を定量的かつ定年的に把握し、得られたデータから将来予測ができれば、危険箇所の推定だけでなく今後の効率的な維持管理が可能になると考えられる。

2. TCI の概要

岩盤工学の分野では、岩盤中のひび割れ(節理)の密度や方向、幅が岩盤物性(変形係数・透水係数)に大きく影響するため、これらの影響を総括的に定量化できる指標のクラックテンソルが提案されてきた。この考え方を応用し、覆工コンクリートのひび割れ評価指数として、このクラックテンソルを参考に TCI が提案²⁾されている。TCI の基礎式を式(1)に示すとともに、その概念図を図-1 に示す。式(1)により求まる F_{11} , F_{22} は、それぞれ TCI の縦断成分、横断成分を示すものである。覆工コンクリートの劣化の指標 F_0 は、テンソルの不変量として縦断・横断成分の和($F_0=F_{11}+F_{22}$)として表され、この F_0 を TCI の評価値とする。

$$F_{ij} = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^n (t^{(k)})^\alpha (l^{(k)})^\beta \cos \theta_i^{(k)} \cos \theta_j^{(k)} \quad (1)$$

A: 覆工コンクリートの面積 ($A=L_s \times L_a$)

L_s : 覆工コンクリートの縦断延長

L_a : 覆工コンクリートの横断延長

n : ひび割れの本数

$l^{(k)}$: ひび割れ k の長さ

$t^{(k)}$: ひび割れ k の幅

$\theta_i^{(k)}$: ひび割れ k の法線ベクトルが x_i 軸となす角度

$\theta_j^{(k)}$: ひび割れ k の法線ベクトルが x_j 軸となす角度

α : ひび割れ幅の重み付けに関する係数

β : ひび割れ長さの重み付けに関する係数

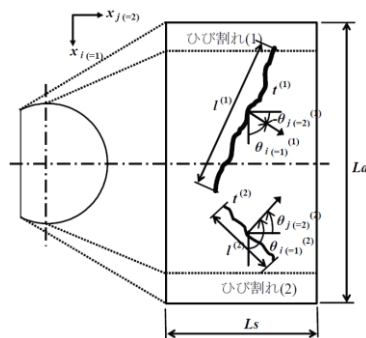


図-1 TCI の概念図

3. 対象とするトンネルの変状展開図と健全度判定

本研究で対象とする A トンネルは竣工後 30 年以上経過する在来工法で施工された 2 車線道路トンネルである。A トンネルでは複数年にわたり、かつ定期的に目視点検を行っており、標準的においては「Ⅱa (予防保全の観点から計画的に対策)～Ⅲ (早期に対策)」と判定される。その一例を図-3 に示す。なお、本研究で利用したデータは平成 15 年および 18 年に作成された変状展開図のうち、補強対策などが施されていない同一のスパンを抽出した。

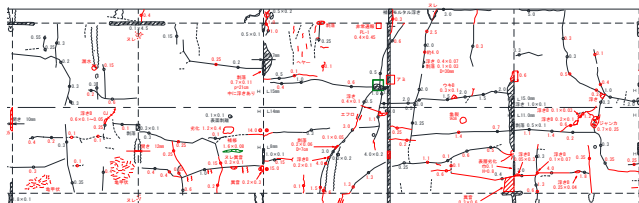


図-2 平成 18 年の変状展開図 (一部)

キーワード トンネル, 覆工, TCI, クラック, 経年変化, 変状展開図

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16 番 1 号 山口大学工学部 社会建設工学科進士研究室
 TEL 0836-85-9332

4. TCI 算出結果

図-3 に平成 15 年、18 年、26 年の各スパン（全 22 スパン）における TCI の経年変化の推移を示す。平成 15 年と 18 年の比較において、ほとんどのスパンで TCI の増加が見られる。この TCI の増加は経年変化により覆工のクラックが進展していることを意味しており、覆工の安全性が低下したと言える。しかし、図-3 の傾きが示すように、必ずしも TCI の高いスパンが常に高い割合で TCI が伸びているわけではなく、スパンごとにクラックの経年進展状況が異なっている。クラックの進展が今後も線形に増加すると仮定すれば、平成 18 年のデータに 15 年との差分を加えることによって、数年後の TCI を予測することが可能となり、図-4 に示すような対策などの優先順位付けを行う資料として利用が可能と考えられる。

図-3 の平成 18 年と 26 年の比較において、平成 18 年までに増加が見られたものに対して軽減、または減少するスパンが認められる。TCI の減少が見られるスパンでは平成 18 年から平成 26 年の間で対策工が施されており、その影響でひび割れ幅が狭くなったと考えられる。コンクリートは時間の経過とともに劣化が進みひび割れが進展していくと考えられるものの、本研究で対象とした A トンネルでは写真-1 に示すようなセントル補強工が施されている。トンネル内をアーチ状に支保部材（H 鋼）で支えることで、トンネル覆工に内圧を生じさせる（図-5）。それにより、ひび割れ幅が小さくなり TCI が減少したと考えられる。

5. まとめ

TCI は覆工コンクリートのクラックを数値化できるため、経年的な TCI の蓄積により覆工の安全性の変化・将来予測などの把握が可能となる。また、以前の TCI と現在 TCI の差分を対比させながら、変状状態・進行度を根拠とした対策優先順位付けに資するデータを得ることも出来ると考えられる。また、対策工の効果を定量的に評価する可能性が見出せた。今後は、一般的なトンネルにおいても、複数年かつ定期的な覆工展開図が蓄積されるため、これらの利用方法に関して考察を深めていきたい。

参考文献

- 1) （社）日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧
- 2) 重田佳幸，飛田敏行，亀村勝美，進士正人，吉武勇，中川浩二：ひび割れ方向性を考慮した覆工コンクリートの健全度評価法，土木学会論文集 F，Vol.62No.4，pp.628-632，2006.

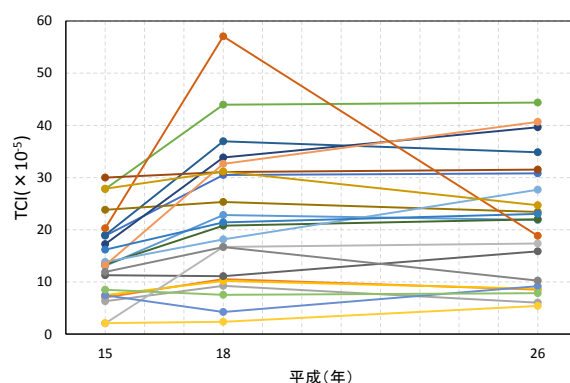


図-3 A トンネルの平成 15～26 年の TCI 変化推移

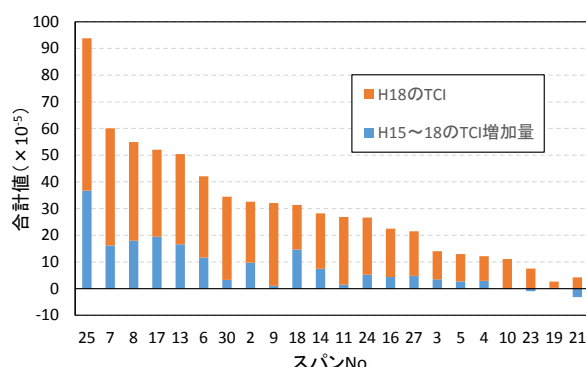


図-4 TCI を用いた平成 18 年の対策優先順位付け



写真-1 A トンネル内の対策工の様子

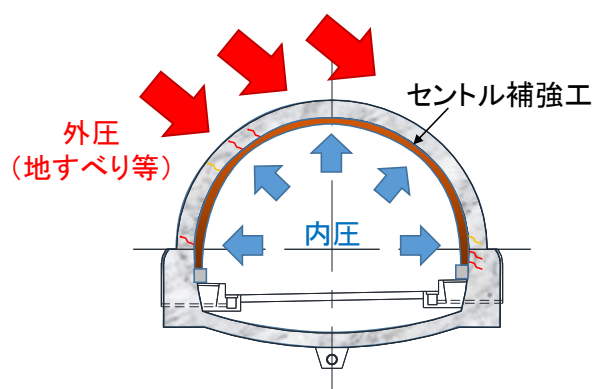


図-5 対策工の効果のイメージ図