

複数トンネルを対象とした補修優先度の比較

山口大学大学院創成科学研究科 学生会員 ○北村 彩絵
 山口大学大学院創成科学研究科 学生会員 中島 彰吾
 山口大学大学院創成科学研究科 正会員 進士 正人

1. はじめに

道路法の一部改正に伴い,道路トンネルの定期点検は平成26年度から5年に1回の頻度を基本として実施されることとなった¹⁾。その点検結果に基づきトンネル覆工の健全度評価が行われているが,評価基準は定性的な指標もあり,現場技術者の総合的な判断によるばらつきも懸念されている。また,複数回にわたる同一トンネルの点検結果も,前回の点検結果との比較に留まっており,経年的な健全度評価の変化は検討されていない。そこで,本研究は既往研究²⁾で提案されている Tunnel-lining Crack Index (以降, TCI と称する)を,2つの既設トンネルにおける過去複数回分の変状展開図に適用し,TCIの経年変化を踏まえた定量的な補修優先判定を試みたものである。

2. 覆工ひび割れ指数 (TCI) の概要²⁾

岩盤工学の分野では,岩石の不連続面の方向,幅およびその密度が岩盤物性(変形係数・透水係数)に大きく影響するため,これらの影響を力学的に評価する指標としてクラックテンソルが提案されている。そして,トンネル覆工のひび割れ評価指数として,このクラックテンソルを援用した TCI が提案されている。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,横断成分のテンソル量を示すものである。トンネル覆工の劣化指標は,テンソルの一次不変量として縦断・横断成分の和($F_0=F_{11}+F_{22}$)を採用し,この F_0 を TCI の評価値とする。また,本研究では式(1)の α , β は 1.0 とした。

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

- A: 覆工コンクリートの面積 ($A = L_s \times L_a$)
- $t^{(k)}$: ひび割れ k の幅
- L_s : 覆工コンクリートの縦断延長
- $\theta_i^{(k)}$: ひび割れ k の法線ベクトルが i 軸となす角度
- L_a : 覆工コンクリートの横断延長
- $\theta_j^{(k)}$: ひび割れ k の法線ベクトルが j 軸となす角度
- n : ひび割れの本数
- α : ひび割れ幅の重み付けに関する係数
- $l^{(k)}$: ひび割れ k の長さ
- β : ひび割れ長さの重み付けに関する係数

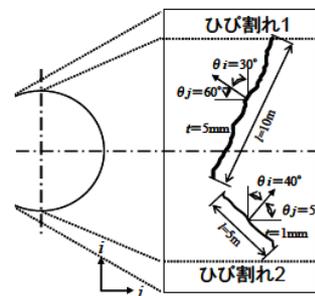


図-1 TCI の概念図

3. 対象トンネルにおける TCI 算出結果と考察

本研究の研究対象トンネルの概要を表-1に示す。各トンネルにおける複数回の覆工展開図から,式(1)を用いてスパン毎の TCI を算出した。さらに,2つのトンネルの経年変化傾向を把握するため,A,Bトンネルそれぞれの TCI 平均値の経年変化を図-2に示す。図-2から,Aトンネルでは平成14~19年度にかけて TCI が緩やかに増加,平成19~22年度ではほぼ変化がなく,平成22~25年度では再び増加傾向にあることがわかる。一方,Bトンネルでは平成13~25年度にかけて全体的に増加傾向にあることが見て取れる。実際,A,Bトンネルにおいて平成14~22年度の間には補修対策工が実施されており,TCI算出にあたって補修されたひび割れ幅・長さをゼロとするので,補修により TCI が若干減少している。一方,平成22~25年度で再び増加傾向にあることから,A,Bトンネルの覆工の健全度は年々低下傾向となることが定量的に示されている。よって,A,Bトンネルにおける TCI は平成25年度以降も全体的に増加傾向になることが予測されるため,経年的なデータを踏まえた補修優先度の判定基準を策定する必要があると考えられる。

キーワード TCI(Tunnel-lining Crack Index),クラックテンソル,経年変化,覆工展開図,健全度
 連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学大学院創成科学研究科 進士研究室
 TEL0836-85-9332

表-1 対象トンネルの概要

	工法	竣工	延長(m)	スパン数	変状展開図
Aトンネル	矢板工法	1981	837	80	H14, H19, H22, H25
Bトンネル			347	32	H13, H22, H25

4. 補修優先度判定手順と結果

(1) 補修優先度判定手順

本研究では A, B トンネルにおける過去複数回分の TCI データを用いて, 補修優先度の判定を試みた。

判定には, 過去 4 回分の経年変化データにおける TCI 増加量の時間を変数として各スパンを 2 次曲線で近似し, その近似曲線を 2 回微分することによって算出される加速度項を採用した。本研究ではこの算出された加速度項を TCI 加速度と称する。また補修優先度の順位付けは, この TCI 加速度の大きさ順とし, 今回は対象トンネル総合の順位付けを行ったため 1~112 位の補修優先順位が決定した。

(2) 補修優先度判定結果

(1) で述べた方法で補修優先度判定を行った結果を図-3 に示す。今回の結果から, 竣工年が同じトンネルにおいても各スパンによって経年変化傾向が異なることがわかる。さらに, 劣化が著しいスパンから優先的に補修を行い, 劣化が少ないスパンに関しては, 定期点検による経過観察を実施する対応でよい場合もあると考えられる。ここで, 図-2 では B トンネルよりも A トンネルの TCI 平均値が高く, B トンネルの補修優先度は A トンネルより低く見受けられるが, 図-3 では優先順位の高いスパンは A トンネルより B トンネルの方が多結果となった。これは, 将来 B トンネルは A トンネルの TCI よりも高くなる可能性があることを示している。以上から, 将来の補修優先度判定を行うために TCI 加速度を採用することは有効な手法であると言える。また, TCI 加速度で補修優先順位を決定することは, トンネル間だけでなくスパン毎の比較が可能となるため, メンテナンスの効率化を図ることができると考えられる。

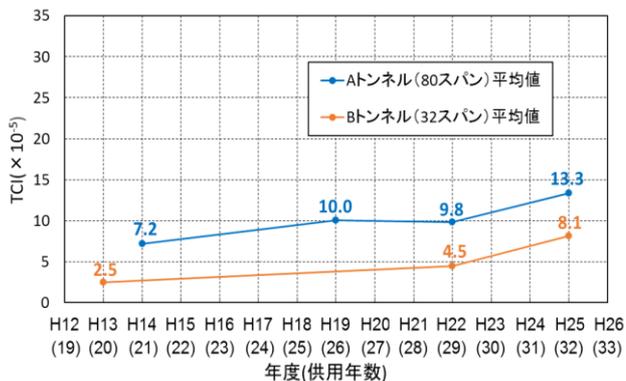


図-2 対象トンネルにおける TCI 経年変化傾向

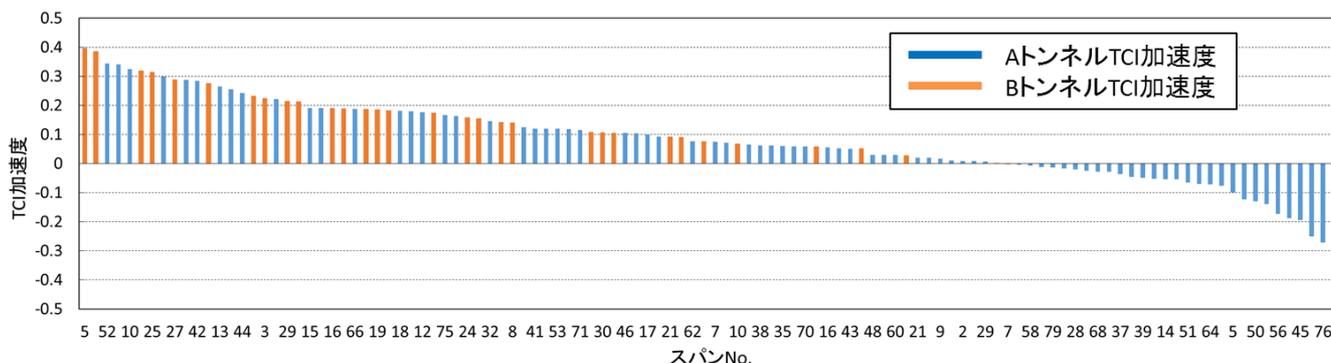


図-3 対象トンネルにおける補修優先度判定

5. 結論と今後の課題

本研究では, A, B トンネルにおける過去複数回分のデータを用いて TCI を算出し, その算出結果から補修優先度判定を行った。TCI 算出結果では, 今後も A, B トンネルにおける TCI は増加傾向になることが予測されることがわかった。また, A, B トンネルそれぞれの平均値の経年変化では予測できなかった劣化の加速度に注目することで, 今後の健全度の低下傾向を示唆した。今後は, 同トンネルにおける現場技術者の総合判定結果と TCI 算出結果を照合し, 妥当性を検証することが課題である。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路トンネル定期点検要領, pp.1-2, 2014.6
- 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.62 No.4, 628-632, 2006.10