

TCI を用いた山口県の道路トンネル覆工のひび割れ進行性の分析

山口大学大学院創成科学研究科 学生会員

○相緒春菜

山口県 非会員

中村剛 山田賢

山口大学大学院創成科学研究科 正会員

森本真吾 進士正人

1. はじめに

山口県が管理する道路トンネルの多くは1965年以降に建設されているため、全トンネルの約1割が既に供用開始後50年経過しており、このようなトンネルの高齢化に伴って維持管理面においては「事後保全型」から「予防保全型」への転換が見直されている¹⁾。また、現在山口県が管理する129本のトンネルにおいて1回目の定期点検が完了し、2回目が順次実施されている。このような膨大な数のトンネルにおいて、今後も限られた予算で繰り返し定期点検を実施していくためには、効率的なトンネル覆工の健全度判定手法が求められている。

そこで、本研究は今後の維持管理の効率化を目的に、山口県内の複数の既設トンネルに覆工ひび割れ指数²⁾ (以降、TCI と称する)を適用することで、経年変化に伴うひび割れの進行性の定量的な分析をし、トンネル点検優先度の考察を行う。

2. 対象トンネルにおける TCI 算出結果と考察

本研究では、山口県が管理する道路トンネルのうち過去2回以上の点検記録があるトンネル計9本を対象とした。各トンネルの詳細を、表-1に示す。これらのトンネルに、覆工コンクリートに発生したひび割れの定量的評価手法として、クラックテンソルの考えを用いて提案されたTCIを適用した。TCIが大きいほどひび割れ量が多く、覆工の健全度は相対的に低いことを意味する。ここでは対象とした9本のトンネルのうち、特徴的な経年変化を示したBトンネルのTCI算出結果を点検年別に図化し、局所的なひび割れ発生要因について推察した。

Bトンネルのスパン毎のTCI算出結果を図-1に示す。BトンネルはスパンNo.17におけるTCIの増加が顕著に認められる。Bトンネルの地質は堅硬緻密な泥質～珪質片状ホルンフェルスであり地山強度と

表-1 対象トンネルのデータ

トンネル名	全長(m)	スパン数	建設年(年)	工法	点検年(年)
A	358	40	1971	矢板工法	1999, 2008, 2016
B	273	29	1971		1997, 2008, 2016
C	318	58	1958		2011, 2017
D	178	44	1958		2010, 2017
E	45	6	1958		2011, 2016
F	166	17	1978		2012, 2016
G	334	33	2001	NATM	2011, 2016
H	708	68	2008		2011, 2016
I	587	58	1991		2012, 2016

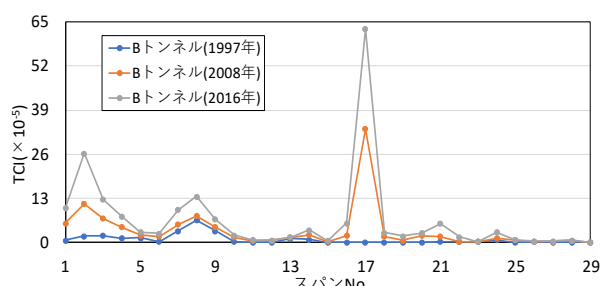


図-1 B トンネルの TCI 算出結果

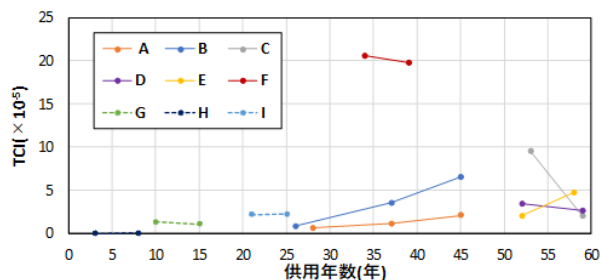


図-2 1 スパンあたりの平均 TCI の経年変化

しては問題ないと考えられるが、スパン No.17 地点は土被りが約55mと最大であり、付近に断層が存在することから、TCI急増に関しては土被りもしくは断層の影響を受けていると推察できる。同様に、他の8トンネルにおいてもそれぞれTCIの経年変化の分析を行った。

3. TCI によるひび割れ進行性の分析

図-2に本研究で対象とした全9トンネルにおける1スパンあたりの平均TCIの経年変化を示す。この図より、A,B,EトンネルはTCIが増加しており、健全性が低下傾向にあることがわかる。また、供用年数が50年を超える3トンネルのうち、C,Dトンネル

キーワード TCI(Tunnel-lining Crack Index), 経年変化, ひび割れ進行性, 定期点検, 優先度

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

は既に一部で補修工事が実施されているが、E トンネルでは補修記録がなく TCI が増加傾向にあることから、E トンネルは今後特に注意して監視すべきトンネルであることがわかる。しかし、図-2 に示す平均推移だけでは図-1 に示す B トンネルのスパン No.17 のような TCI の急増が不明瞭になってしまうことが懸念されるため、次項では着眼点を変えることで考察を行った。

3-1. ひび割れ進行部の全域性と局所性

それぞれのトンネルによってひび割れが全域的に、また局所的に進行している場合がある。これを図-2 に示す TCI の平均推移のみで把握するのは困難と考えた。そこで、図-3 にトンネルの全域的な進行性を示すと考えられる TCI 平均年間増加率と、局所的な進行性を示すと考えられる増加量最大スパンの TCI 勾配の 2 項目による分布図を示す。ここで、増加量最大スパンにおいては初回点検時の TCI に 0 が含まれる場合があり、増加率の計算ができないケースがあったため、進行性を示す他の尺度として TCI 勾配を採用している。平均年間増加率は図-2 における各トンネルの初回点検時から第 2 回もしくは 3 回点検時までの TCI 増加率を点検間隔年数で除した値である。ここで増加率を用いたのは TCI の増加量に着目するためである。例えば、図-2 の B,E トンネルの勾配はそれぞれ 0.379,0.375 とほとんど差はないが、増加量は B トンネルの方が大きいため、年間増加率を求めるとそれぞれ 43.2%,13.1%と大きく異なる。

図-3 において、破線の矢印で示すように右斜め上にプロットされるトンネルほど、ひび割れが全域的にも局所的にも進行しているため点検優先度は高くなると考えられる。また、点検優先度ではほとんど差がない A,E トンネルにおいて A トンネルは全域的、E トンネルは局所的なひび割れの進行が見られる等といった特徴の違いを把握することができる。

3-2. ひび割れ量と進行性

図-4 にトンネルのひび割れ量を示す直近点検時におけるスパン平均 TCI と、進行性を示す TCI 平均年間増加率による分布図を示す。この図より、F トンネルは他のトンネルと比較してひび割れ量は多いが、進行性は低く慢性的な挙動を有することがわかる。一方、B トンネルのひび割れ量は F トンネルの 3 分の 1 程度であるが、進行性は高いため急性的と判断

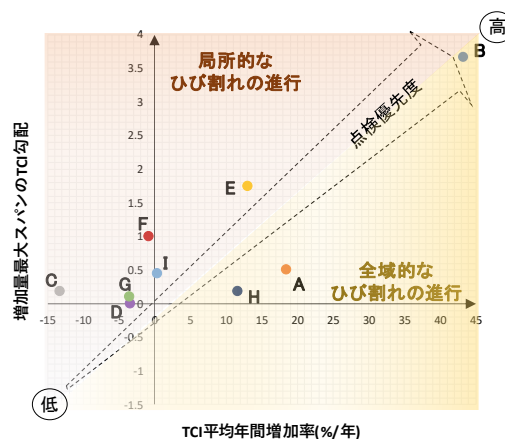


図-3 ひび割れ進行部の全域性と局所性

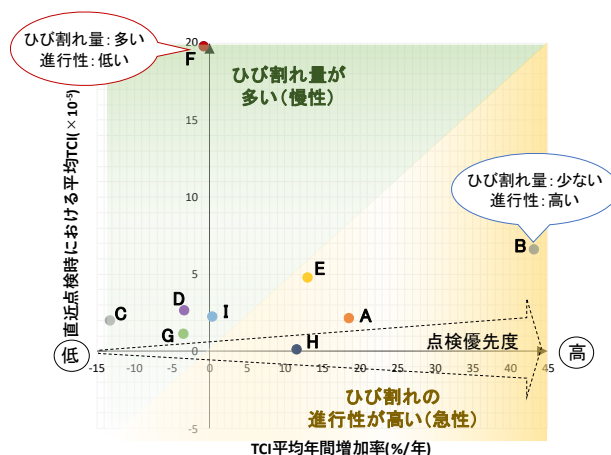


図-4 ひび割れ量と進行性の相関図

でき、点検が優先されると考えられる。このように進行性を重視すると、必ずしもひび割れ量が多いトンネルほど点検優先度が高くなるとは限らないことがわかる。

4. 結論と今後の課題

本研究では、山口県内の複数の既設トンネルに TCI を適用し、ひび割れ発生要因の推察と進行性の分析を行った。トンネルによってひび割れが局所的に進行しているトンネル、ひび割れ量は多いが進行性は見られないトンネル等様々な特徴を把握することで、今後のより効率的な維持管理のサポートが可能であると考えられる。

今後は、他のトンネルにおいても TCI を適用し、TCI の経年変化によるひび割れ発生状況と進行性の類型化を目指す。

参考文献

- 1) 山口県土木建築部道路整備課：山口県トンネル長寿命化修繕計画（案），2016.3
- 2) 重田佳幸：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，pp.628-632，2006