

TCI によるトンネル変状対策工の優先度付けの試み

(株)ダイヤコンサルタント 正会員 ○重田 佳幸
 山口大学大学院 学生会員 古賀 克也
 山口大学 工学部 正会員 進士 正人
 大成建設(株) JI0-会員 亀村 勝美
 臨床トンネル工学研究所 JI0-会員 中川 浩二

1. はじめに

道路トンネルにおける維持管理は、点検、調査、対策の手順で行われている。点検は、管轄する全トンネルを対象として、変状の程度や状況の把握を目的として行われている。現在の点検時における評価は、覆工表面の変状現象に対し3段階の判定区分により行なわれている。しかし、この判定基準は定性的で、健全度評価は点検技術者の経験や能力に左右される。そのため、同一の評価がなされた場合は差異の判断ができず、維持管理計画の立案において困難を要する場合もある。そこで、本研究は、覆工コンクリートに発生したひび割れ情報から求められる TCI (Tunnel Lining Crack Index) を用い覆工健全度の評価への適用性について検討を行った。

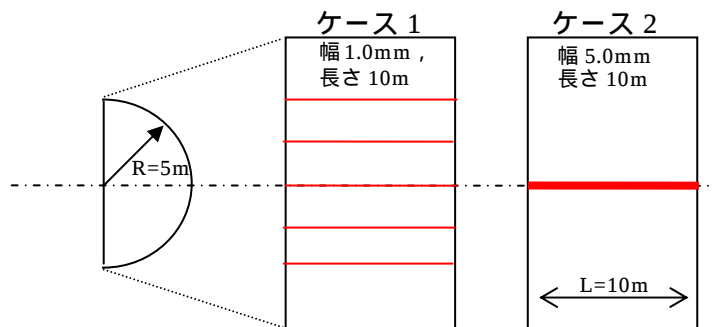
2. ひびわれ評価の現状

道路、鉄道におけるひび割れに対する評価の目安は、ひび割れ最大幅・長さによる評価^{1), 2)}と、ひび割れ密度による評価³⁾がある。

極端な例を用いてひび割れ最大幅・長さによる評価とひび割れ密度による評価の比較を行った。その結果を図-1に示す。ここで、各基準の判定区分がことなるため、表-1のように評価ランクを便宜上設定して比較した。ケース1は、ひび割れ幅が1mmで長さ10mのものが5本発生した場合、ケース2は、ひび割れ幅が5mmで長さ10mのものが1本発生した場合である。評価ランクをみると、ケース1では、ひび割れ幅は小さいが本数が多いため、密度による評価では、b(早急に対策が必要)であり、最大幅による評価では c~d(継続監視~対策の必要なし)である。一方、ケース2では、ひび割れ幅は大きいものの本数が少ないため、ケース1とは反対の評価となった。このため、技術者の経験や能力により評価が異なる場合があると考えられる。

3. 技術者によるひび割れ評価の傾向

ひび割れ幅、長さ、ひび割れ密度と技術者の評価を比較し各要素への影響度の把握を行った。図-1に各ひび割れ要素と技術者による評価の比較を示す。この図より、ひび割れの最大幅、密度についてはそれぞれの数値が大きくなるほど技術者は危険と判断している傾向が窺えた。一方、ひび割れの長さには前者と同様の傾向はみられない。このことから、技術者は最大幅と密度に重点を置き、評価を行っているものと考えられる。



	ケース 1	ケース 2
ひび割れの最大幅, 長さ	c ~ d	a ~ b
ひび割れ密度	b	c

図-1 各基準による評価の比較

表-1 評価ランクと各基準の評価

評価ランク	一般道	鉄道	JH	内容
a	3A	AA		緊急に対策が必要
b	2A	A1・A2		早急に対策が必要
c	A	B		継続監視
d	B	C		当面は対策の必要なし

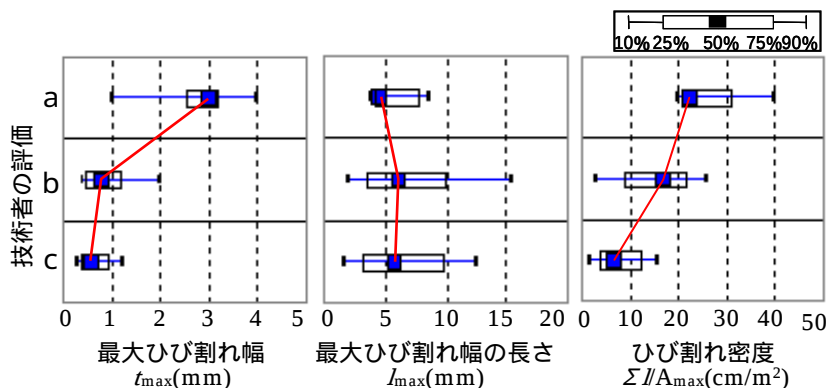


図-2 ひび割れ要素と技術者評価の比較

キーワード TCI(Tunnel Lining Crack Index), トンネル, 維持管理, ひび割れ, 覆工コンクリート

連絡先 〒331-8638 埼玉県さいたま市北区吉野町 2-272-3 (株)ダイヤコンサルタント TEL 048-654-1829

4 .TCI (Tunnel Lining Crack Index) の概要

効率的な維持管理を行うには、点検時のデータを用いて、健全度の定量的・客観的評価を行う必要がある。

そこで、図-3 に示すようなひび割れデータ（延長，開口幅，密度，方向）に着目し，岩盤工学で研究が進められているクラックテンソル理論に基づき，式(1)に示す TCI の算出式を導いた^{4)・5)}。

ひび割れ最大幅と延長に関連する係数は，技術者が健全度評価を行う際にひび割れ幅または密度を重視していることから，ひび割れ幅に 2 乗，延長に 1/2 乗の重み付けを行なった。なお，F11 値はクラックの横断成分，F22 値はクラックの縦断成分を意味しており， $F0=F11+F22$ は TCI の不変量であり考慮した範囲内の劣化量の総和としてみなすことができる。

$$F_{ij} = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^m (t^{(k)})^2 (l^{(k)})^{1/2} \cos\theta_i^{(k)} \cos\theta_j^{(k)} \quad \text{---式(1)}$$

ここで，A : 対象とする覆工の面積

n : 対象とする覆工に存在するひび割れの本数

$l^{(k)}$: k番目のひび割れの延長

$t^{(k)}$: k番目のひび割れの幅

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

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

5 .TCI と技術者の評価との関係

トンネル覆工健全度評価への適用性を確認するため，複数のトンネル（12 トンネル，691 スパン）において TCI を算出し，技術者の評価と比較を行った。図-4 に技術者の評価と TCI の関係を示す。この図から，TCI が大きくなるにしたがい技術者評価が悪い方向に推移している傾向が窺える。このことから，健全度評価への適用の可能性があるものと考えられる。また，健全度評価においては，変状進行性の有無が重要な要素として挙げられる。TCI は，考慮する範囲内の全てのひび割れ情報を 1 つの指標としていることから，変状進行性の評価においてもより客観的に評価できるものと考えられる。

6 .対策工優先度への適用性の検討

維持管理計画における対策工の優先順位を検討する際の基礎資料として適用性について検討を行った。そこで，詳細な調査が行われた 12 トンネルについて技術者の評価による優先度と TCI の比較を行った。図-5 に対策工優先度と TCI の関係を示す。この図は，各スパンで求めた TCI の最大値をそのトンネルの代表値として取り扱い，TCI の大きい順に並べたものである。グラフの下段の a～c は技術者による評価である。技術者評価が悪い（緊急性が高い）場合に TCI は大きい値を示すことは前節の結果と同様であるが，技術者の評価が c のトンネルについても TCI を用いることで優先順位を付けることが可能となることがわかる。

7 .おわりに

以上に示したように TCI は，維持管理計画の際の基礎資料として用いることが可能であると考えられる。ただし，TCI はひび割れに関する指標であり，浮き，剥離・剥落や漏水等の他の変状については別途考慮する必要がある。今後の課題として研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所：トンネル補強・補修マニュアル，1990 年 10 月
- 2) (社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，1993 年 5 月
- 3) 日本道路公団：設計要領第三集 トンネル本土工保全編（変状対策），1998 年 10 月
- 4) 亀村勝美，須藤敏明：トンネル覆工劣化度評価のためのデータ解析の試み，土木学会第 57 回年次学術講演会，pp.213-214，2002 年 9 月
- 5) 大場諭，亀村勝美，重田佳幸，進士正人，中川浩二：トンネル覆工健全度評価のためのクラックテンソルの適用性の検討，トンネル工学研究論文・報告集 第 13 巻，2003 年 11 月

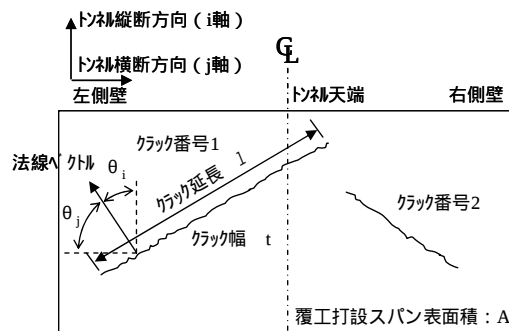


図-3 トンネルひび割れモデル

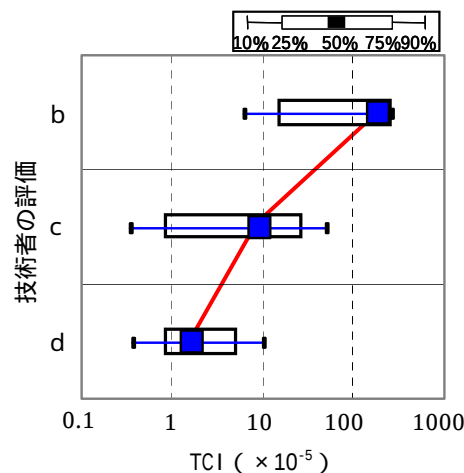


図-4 技術者の評価と TCI

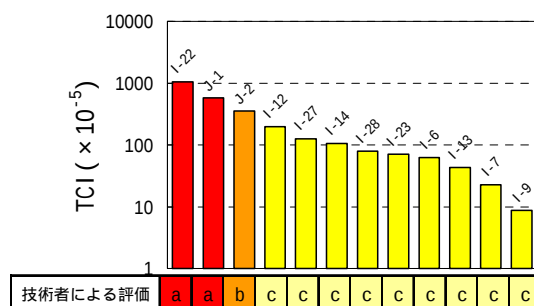


図-5 対策工優先度と TCI