

既設トンネル覆工の定量的健全度評価

山口大学大学院 学 古賀克哉 大成建設(株) 正 亀村勝美
 山口県 正 安村成史 山口大学工学部 正 進士正人
 三井共同建設コンサルタント 大場 諭 山口大学工学部 正 中川浩二

1. はじめに

鉄道や道路トンネルが果たすべき最も重要な機能は、安全な空間の確保である。しかし、現在供用中のトンネルの中には覆工や路盤に変状が発生し、トンネルの機能が阻害され、維持管理対策工が必要とされているものが多数存在する。

トンネル覆工の代表的な変状としては、クラック、漏水、変位・変形、剥離・剥落などが挙げられる。特に覆工に発生したクラックの情報は、トンネルの健全度を判定する目安として非常に重要視されている¹⁾。その健全度評価基準は管理を行う各機関で定められているが、トンネルの劣化状態を定量的かつ客観的に評価することは難しく、技術者の経験的判断によるところが大きい。そのため、効率的な維持管理を行うために、定量的かつ客観的な健全度評価手法が望まれている。

本研究では、岩盤力学の分野で用いられているクラックテンソル理論²⁾に基づき導出したTCI³⁾(覆工ひび割れ指数; Tunnel lining Crack Index)により、覆工コンクリートの劣化度の定量化を試みる。そして、その結果と現場技術者による健全度判定結果を比較することで、定量的かつ客観的な健全度判定への適用性を検討する。

2. TCIの概要

効率的な維持管理を行うために、点検時に得られるクラックデータ(延長, 開口幅, 密度, 方向)を用いて、覆工健全度の定量的評価を行う必要がある。

そこで、岩盤工学で用いられているクラックの密度, 方向, 規模を定量化したクラックテンソル理論に基づき、TCIの算出式を導いた。式(1)にTCIの算出式、図-1にTCI算出式におけるクラックデータの取り方を示す。ここで、 $F_0 = F_{11} + F_{22}$ は考慮している範囲内の劣化量の総和としてみなすことができ、 F_{11} 値はクラックの横断成分、 F_{22} 値はクラックの縦断成分を意味する。

式については、既往の研究で $\alpha = 2$, $\beta = 1/2$ と重み付けを行うことにより、TCIの値の範囲に差が生じ、現状評価の指標として十分に適用できる事が示されている⁴⁾。

$$F_{ij} = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^m (t^{(k)})^{\alpha} (l^{(k)})^{\beta} \cos q_i^{(k)} \cos q_j^{(k)} \dots (1)$$

ここで、 α : クラックの開口幅に関連する係数
 β : クラックの延長に関連する係数

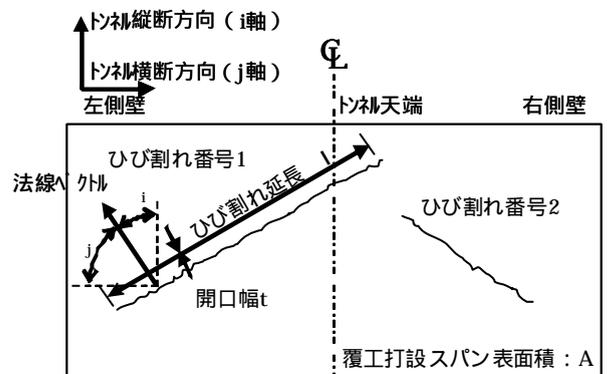


図-1 TCI算出式におけるクラックデータの取り方

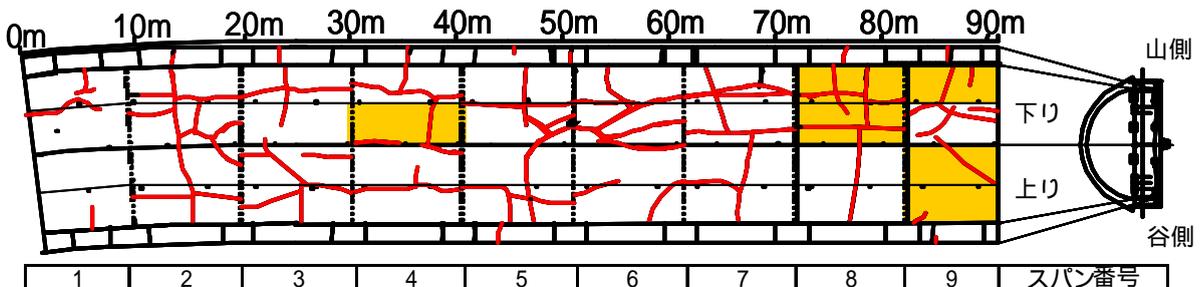


図-2 Aトンネルの変状展開図

ハッチ部分はTCIの比較的大きい部分 (100×10^{-5} 以上)を示す。

キーワード: トンネル覆工コンクリート, 定量的健全度評価, クラックテンソル, TCI

連絡先: 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 TEL:0836-859332 FAX:0836-85-9301

3. TCIを用いたトンネル健全度評価の検討

TCIと現場技術者により判定された健全度評価結果の相関を検討する。そこで、図-2に示すAトンネル(道路トンネル)の変状展開図を用いて、以下のような条件下でTCIの算出を行った。

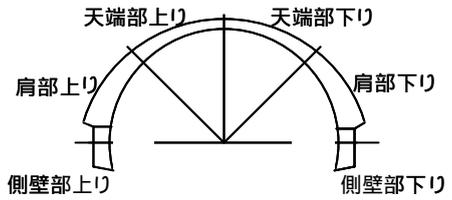


図-3 覆工断面図と各部位

- ・縦断方向は打設スパン毎，横断方向は6分割(図-3参照)
- ・変状展開図から読み取れる情報のみを用いることとし，クラックの深度方向に関しては一定であると仮定
- ・クラックは約2m間隔で採取
- ・クラック幅については，そのクラックの最大開口幅を採取

表-1 Aトンネルにおける健全度判定結果

スパン番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
クラック	A	A	A	A	2A	2A	2A	3A	2A

Aトンネルの現場技術者による健全度判定結果を表-1に、各部位におけるTCIの分布を図-4に示す。比較した結果、現場技術者の危険と判断した部位ではTCIが大きくなる傾向を示した。このように、TCIはクラックについての健全度評価として用いることが可能である。

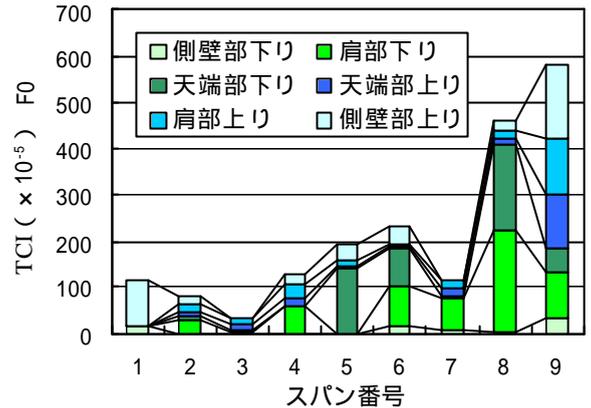


図-4 TCIの算出結果(Aトンネル)

また、図-5に示すように、TCIの算出結果を横断、縦断と方向成分に分けると、縦断の山側(下り路線)が大きいことが判る。このように、片側肩部に縦断方向にひび割れを生じているといった、Aトンネルの変状原因である偏圧の傾向を顕著に表している。このことから、方向成分で分けることによって変状原因の簡易的な推定を行うことが可能と考えられる。

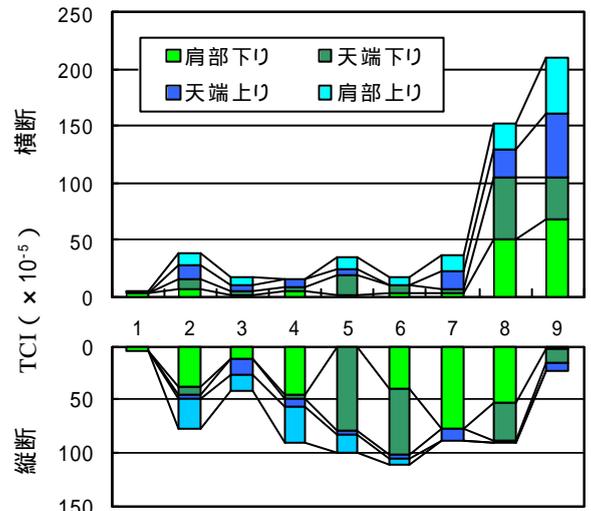
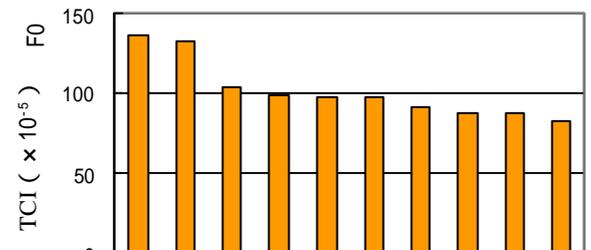


図-5 TCIの方向成分による算出結果 (Aトンネル)

次に、B,Cトンネルについても同様にTCIを算出した。その算出値を基に、A~Cトンネルを対象とした、各部位における詳細な相互比較を行った。その結果、図-6に示す。このように、トンネル覆工におけるクラックについての維持管理優先順位を行うことが可能である。



トンネル名	B	B	A	B	A	B	A	B	B	B
スパン番号	16	17	8	42	5	1	8	25	2	17
部位										

図-6 TCIの算出結果による順位付け

4. 結論

本研究では、TCIにより覆工コンクリートの劣化度の定量化を試み、健全度判定への適用性を検討した。本研究で得られた知見を以下に列記する。

TCIを健全度評価として用いることは可能である。

TCIの方向成分を分析することにより、変状原因を推定する際の情報として使える可能性がある。

TCIは連続値として評価できるので、メンテナンスの順位を顕著に表現できる。

現在の段階では、TCIが従来の評価の代替になる可能性は示せたが、健全度判定を行うための基準値が定まっていない。今後はこの基準値を明確にしていくことが必要である。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，1993.11.
- 2) (社)日本材料学会：岩の力学 基礎から応用まで，1993.12.
- 3) 亀村勝美：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回年次学術講演概要集，pp.213-214，2002.9.
- 4) 大場諭，中川浩二：トンネル覆工健全度のためのクラックテンソルの適用性の検討，土木学会第58回年次学術講演概要集，pp.91-92，2004.9.