ひび割れ指数(TCI)を用いた覆工に発生するひび割れ形態の整理

(株)高速道路総合技術研究所*) 正会員 海瀬 忍 水野希典 パシフィックコンサルタンツ(株)**) 正会員〇前田洸樹 重田佳幸 倉持秀明

1. はじめに

トンネル覆エコンクリートの長期耐久性を評価するため,覆工の耐久 性に影響を与えるひび割れ発生原因に着目し,材料分離に関する検討, 養生効果に関する検討をする上で,実際のトンネルにどのようなひび割 れが発生しているかを把握する必要がある.

そこで、本報告では、ひび割れ指数(TCI) (以下, TCI と呼ぶ.)を 用いて、代表的な工法である矢板工法(上半先進,側壁導坑)および NATM で施工されたトンネルについて、覆工に発生する標準的なひび割れ形態 を定量的に整理した.

2. TCI について

2-1 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"が用いられてきた¹⁾.一方,既往の研究²⁾において、 覆エコンクリートのひび割れ評価指標として、この"クラッ クテンソル"を参考に、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 1-1 に示す.式(1)により求まる F₁₁, F₂₂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 の変状程度の評価値とし、さらに F_{11} 、 F_{22} 、 F_{12} 、 F_{21} の各 成分を用いてひび割れの特徴を把握できる.

2-2 本検討で用いる TCI

本検討では、標準的なひび割れ形態を把握するため、F₀と F₁₁/F₂₂を用いる. ① F₀の平均値 u と標準偏差 σ から標準的なひび割れ発生規模を把握する.

② F₁₁/F₂₂から標準的な縦横断方向に発生するひび割れ形態を把握する.

3. 検討概要

3-1 検討方法

検討フローを図 3-2 に示す.まず,NEXCO 管轄トンネルのうち 3 工法 で施工されたトンネルの全スパンについて, $F_0 \ge F_{11}/F_{22}$ を算出し,各工法 ごとに F_0 の平均 u+標準偏差 σ , F_{11}/F_{22} の平均値 a を算出する.次に,3工 法ごとに抽出した計 6 トンネルの各スパンで F_0 , F_{11}/F_{22} を算出する.それ ぞれで求めた TCI の値を比較し,式(2)を満たせば,標準的なひび割れ形 態であると判定する.

 $F_0 < u+\sigma$ かつ $F_{11}/F_{22} \Rightarrow a \cdots 式(2)$

キーワード	: トンネル	覆工	ひび割れ	TCI
連絡先:*)	〒194-8508	東京都	町田市忠生1	-4-1
**)	〒101-8462	東京都千代田区神田錦町 3-22		

 $x_{i(e_1)}$ $x_{i(e_1)}$ $t^{(1)}$ $t^{(1)}$ $\theta_{i(e_1)}$ $\theta_{i(e_1)}$ $\theta_{i(e_1)}$ $\theta_{i(e_1)}$ $\psi_{i(e_1)}$ $\psi_{i(e_1)}$ $\psi_{i(e_1)}$





表 3-1 対象トンネル

工法	トンネル	延長(m)	供用年	地質		
矢板工法 上半先進	А	374	1982	凝灰岩		
	В	540	1982	流紋岩		
矢板工法 側壁導坑	С	406	1985	花崗岩		
	D	392	-	泥岩		
NATM	Е	556	2003	砂岩頁岩		
	F	399	2005	花崗岩		

TEL 042-791-1629FAX 042-791-2380TEL 03-5989-8321FAX 03-5989-8329

3-2 対象トンネル

分析の対象とするのは、代表的な工法である矢板工法(上 半先進、側壁導坑) NATM の3工法のうち、それぞれ2トン ネルとする.各工法別に標準的なひび割れ形態について整理 する.対象トンネル一覧を表3-1に示す.

4. 分析結果

図 4-1 に A トンネルにおける各スパンの F₀および F₁₁/F₂₂の分布を示す.このとき,式(2)を満たすスパンを抽出し,

その展開図を図 4-2 (左側) に示す. この手法により, A~Fトンネルにお いて,式(2)を満たすスパンを抽出し,そのひび割れ展開図を図 4-2,図 4-3 および図 4-4 にそれぞれ示す.スパン中央の点線は天端中央を示している. この抽出されたひび割れパターンが,3工法それぞれの標準ひび割れパター ンであると考えられる.各工法別に以下に示す。

4-1 矢板工法(上半先進) A, B トンネル

天端付近に2条の縦断方向ひび割れが発生する. それに伴い,数本の横断 方向ひび割れを確認した.

4-2 矢板工法 (側壁導坑) C, D トンネル

天端から側壁にかけて2条もしくは細かい縦断方向ひび割れが発生する. 上半先進に比べると、本数は少ないが、横断方向ひび割れが発生している.

4-3 NATM E, Fトンネル

天端に1条の縦断方向ひび割れが発生しており、わずかではあるが、S.L. 周辺に横断ひび割れが発生している.

4-4 標準的なひび割れ形態

以上より,3工法における標準的なひび割れ形態は,図4-5に示すような ひび割れであると考えられる.上半先進は,天端付近の2条の縦断方向ひび 割れに加え数本の横断方向ひび割れが発生する.側壁導坑は,左右アーチ肩 部に2条の縦断方向ひび割れが発生する.NATMは,天端中央付近に1条の 縦断方向ひび割れが発生する.

5. まとめ

本検討では、矢板工法(上半先進、側壁導坑)および NATM で施工され たトンネルの覆工に発生する標準的なひび割れ形態について、TCI を用いて 定量的な評価を行った.その結果、上記3工法について、標準的なひび割 れ形態を確認することが出来たと考えられる.今後は、F12=F21 (TCI にお ける方向成分)を用いて、ひび割れの発生方向を考慮した標準的なひび割 れ形態を整理したいと考えている.さらに、ひび割れの特徴として、ひび 割れの発生位置と方向の関係を分析することにより、より標準的なひび割 れを整理できると考えられる.

【参考文献】

1) 土木学会岩盤力学委員会トンネル変状メカニズム研究小委員会:トンネルの変状メカニズム, 2003

2) 中野清人,佐伯 徹,重田佳幸,大場 諭,西村和夫:トンネルの変状評価・原因推定へのひび割れ指数(TCI)の適用可能 性について,トンネル工学報告集第20巻,pp.239-243,2010.11





図 4-2 標準ひび割れ(上半先進)



図 4-3 標準ひび割れ (側壁導坑)



