

## 中流動覆工コンクリートの長期耐久性に関する考察

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○上谷 明生  
 正会員 中野 清人  
 正会員 山崎 哲也

### 1. はじめに

中流動覆工コンクリート<sup>1,2)</sup>は、図-1に示すように、従来の覆工コンクリートと高流動コンクリートの中間的な性状を有しており、材料分離抵抗性や流動性に優れたトンネル覆工専用コンクリートとして開発し、平成20年の「トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)」の制定を皮切りに適用の範囲を広げてきた。中流動覆工コンクリートを採用することの効果として、従来は狭小空間での棒状バイブレータを用いた窮屈な打込み作業であったものが、型枠バイブレータのみでコンクリートの締固めが可能になることによる作業性の改善や、充填不足による空洞・極端な巻厚不足の防止、密実な品質が得られる、天端部の縞模様がなく見栄えが良好となる等の利点が挙げられてきた。また、コンクリートの密実性が向上することで、ひび割れが少なくなる等の長期耐久性の向上が期待できる。

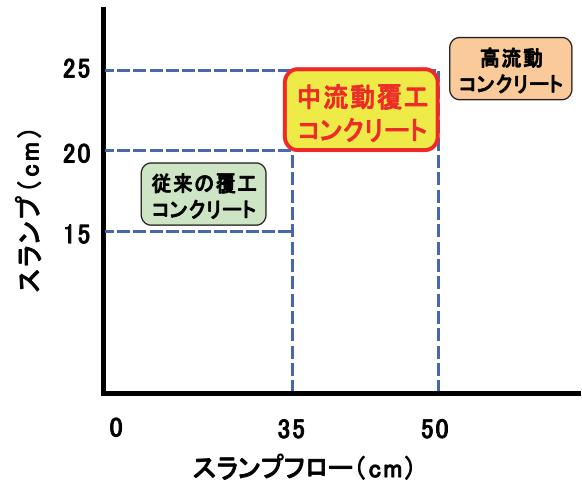


図-1 中流動覆工コンクリートの性能イメージ

しかし、長期耐久性の観点で、どの程度品質が向上しているのかを定量的に分析した事例はない。現在は「トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)」の制定から10年経過し、中流動覆工コンクリートを適用したトンネルも増え、5年に1度の定期点検も実施されてきている。

そこで、NEXCOの定期点検結果を一律に記録しているデータプラットフォームである、TMS(トンネルマネジメントシステム)を用いて定期点検データを分析し、ひびわれの発生状況について従来の覆工コンクリートと中流動覆工コンクリートを定量的に比較することとした。

### 2. 検討の方針

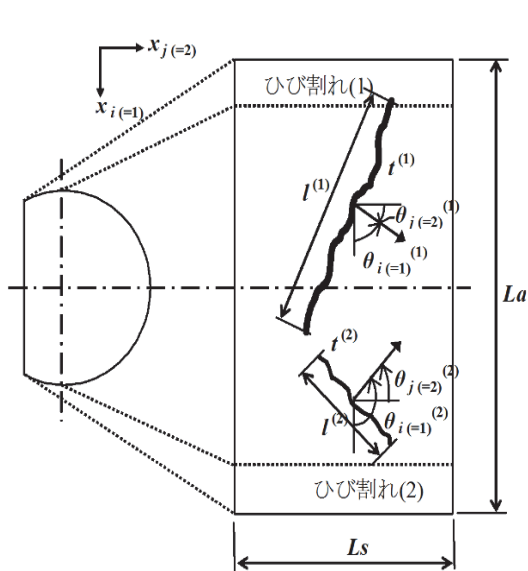
ひびわれの発生状況を分析するため、覆工コンクリートのひびわれを定量的に評価できる、TCI(Tunnel-lining Crack Index)<sup>3)</sup>を指標として検討した。TCIとは、ひびわれの密度や方向、幅を総括的に評価できる指標であるクラックテンソルを援用し、覆工の定量的健全性評価法として、研究が行われている指標である。TCIの基礎式を式-(1)に示すとともに、その概念図を図-2に示す。覆工コンクリートの劣化の指標 $F_0$ は、テンソルの不変量としてひびわれの総和として表される。分析対象のトンネルは、既往の工事記録を確認し、中流動覆工コンクリートが採用され、かつ、定期点検が実施されているトンネルを抽出した。これらのTCI( $F_0$ )を比較することでひびわれの発生状況に関して定量的な分析を行う。

### 3. 検討の結果

覆工コンクリートの品質が向上すれば、ひびわれが少なくなる。すなわちTCI( $F_0$ )が小さくなる。分析を行ったトンネルの数量・延長・スパン数と算出したTCI( $F_0$ )の平均値を、トンネル工法と覆工コンクリートの種別に体系化して表-1に示す。これらを比較するとひびわれの総量( $F_0$ )の平均値は中流動覆工コンクリー

キーワード トンネル, 中流動覆工コンクリート, ひびわれ, 長期耐久性, TCI

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生一丁目4番地1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1629



$$F_{ij} = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^n (t^{(k)})^\alpha (l^{(k)})^\beta \cos \theta_{i^{(k)}} \cos \theta_{j^{(k)}} \quad \text{式-(1)}$$

$A$ : 覆工コンクリートの面積 ( $A=L_s \times L_a$ )

$L_s$ : 覆工コンクリートの縦断延長

$L_a$ : 覆工コンクリートの横断延長

$n$ : ひびわれの本数

$l^{(k)}$ : ひびわれ  $k$  の長さ

$t^{(k)}$ : ひびわれ  $k$  の幅

$\theta_{i^{(k)}}$ : ひびわれ  $k$  の法線ベクトルが  $x_i$  軸となす角度

$\theta_{j^{(k)}}$ : ひびわれ  $k$  の法線ベクトルが  $x_j$  軸となす角度

$\alpha$ : ひびわれ幅の重みづけに関する係数

$\beta$ : ひびわれ長さの重みづけに関する係数

図-2 TCI の概念図

トが最も小さく、品質が向上していることがわかる。

さらに、図-3に示すように、横軸に TCI ( $F_0$ )、縦軸に TCI ( $F_0$ ) の百分率 (= (各 TCI ( $F_0$ ) よりも小さいスパンの数量/全スパン数)  $\times$  100) をとった加積曲線を作成し、覆工コンクリートの種別ごとの TCI ( $F_0$ ) の分布を確認した。これは傾きが急になる範囲でデータが集中することを示しており、中流動覆工コンクリートの大半は、ひび割れがほとんどないもので構成され、品質にばらつきが少ないことを示している。このような観点でも中流動覆工コンクリートが最も有利であることが確認できる。

#### 4. まとめと今後の課題

点検データによる従来の覆工コンクリートとの比較を行い、品質が向上していることを定量的に分析することができた。しかし、1巡目の点検が完了した中流動覆工コンクリートのトンネルデータが少なく、今回の分析データでは地域性に偏りがある。そこで、1巡目の定期点検が完了するトンネルの TCI ( $F_0$ ) の分析を、さらに追加して実施する必要があると考えている。また、TCI ( $F_0$ ) のみでは利用者被害の観点で問題となる「浮き・はく離」の発生状況は分析することができないことから、点検展開図や覆工撮影画像を活用した詳細な分析を実施する予定である。さらに、コンクリートの密実性を評価する透気係数についても、覆工コンクリートの長期耐久性に相関があると考えられることから、追跡調査の実施を検討する。

#### 参考文献

- 1) NEXCO 中流動覆工コンクリート技術のまとめ 平成 23 年 12 月
- 2) 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社: 設計要領第三集 トンネル本体内建設編, 令和 2 年 7 月
- 3) 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・原因推定へのひびわれ指数 (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

表-1 分析対象のトンネルと TCI 平均値のまとめ

工法	覆工コンクリート種別	数量			平均値 $F_0(\times 10^{-5})$
		TN本数(tube)	延長(m)	スパン数	
矢板工法	普通コンクリート	16	18,564	1,809	12.83
NATM	普通コンクリート	38	43,083	4,125	6.42
	中流動コンクリート	12	16,036	1,393	0.80
合計		66	77,683	7,327	-

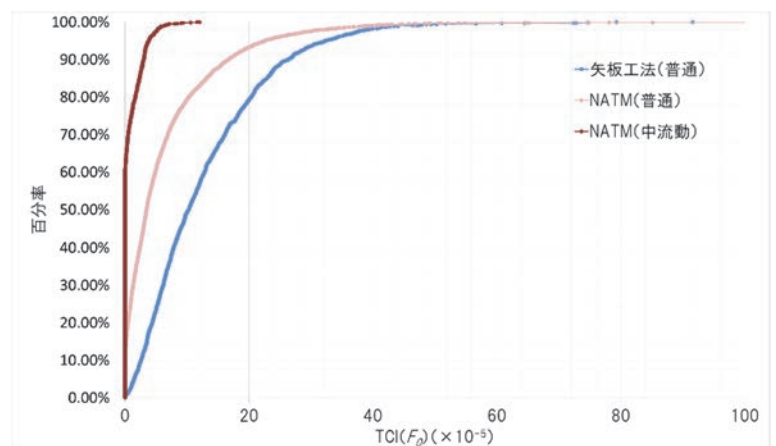


図-3 覆工種別ごとの TCI ( $F_0$ ) の加積曲線