

打設後 12 年が経過したトンネル覆工コンクリートのひび割れ幅と深さに関する考察

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京（株）

土木技術部

正会員○笹本 直之

〃

〃

大窪 克己

〃

八王子道路事務所

正会員

平野 紘司

1. はじめに

トンネルの覆工コンクリートにひび割れが発生した場合、原因は外力と外力以外に分類される。その原因を把握するためには、複数の調査を組み合わせ、総合的な評価を行うことが一般的である。

NEXCO中日本の調査要領には、覆工の変状原因を推定する調査項目のひとつに「ひび割れ深さ」がある。また、我々は過去の研究¹⁾や調査²⁾において、坑内環境の影響により、均一な厚さの覆工であれば天端縦断方向にひび割れが発生することを確認している。

今回、2012年に開通した新東名高速道路トンネルの天端縦断方向に生じたひび割れ幅と深さの関係について考察する。

2. 調査箇所概要

調査箇所概要を表-1に示す。ひび割れは、覆工天端付近の縦断方向にスパンをまたぐ形で入っている。ひび割れが発生したスパンの割合は、Cパターンで施工された全70スパンの内96%（67スパン）である。最大ひび割れ幅で2mmを超す箇所も確認されている。

ひび割れ発生の原因は、車両通行による坑内温度・湿度変化や単位水量の多いコンクリート配合に起因すると考えられる乾燥収縮であることを、既往資料調査・詳細点検および詳細調査から推定した。

3. ひび割れ幅と深さの計測方法

対象トンネルは、建設時に出来形確認のため、各スパンの天端に3箇所ずつ検査孔（φ100程度）を設けている。その検査孔をまたぐひび割れ（写真-1）の幅と深さを計測した。ひび割れ幅計測は、クラックスケールとコンベックスを用いた。ひび割れ深さ計測は、検査孔内を目視し、コンベックスを用いた。また、覆工厚計測も同様である。計測時期は、2017年10月と2018年2月の計2回行った。

4. 計測結果

図-1に、2017年7月下旬から2018年3月上旬に電気式の亀裂変位計と温度計にて計測したひび割れ幅と温度の経時変化を示す。結果は、ひび割れ幅は夏期から冬期にかけて、約1.4mm拡大することが確認できた。

図-2に坑内温度とひび割れ幅変位量の関係を示す。結果は、寄与率（R²）が0.991となり、ひび割れ幅は坑内温度変化と高い相関性があることが確認できた。

図-3に2017年10月の実測覆工厚（400～540mm）に対するひび割れ深さの割合（以下、「ひび割れ到達割合」という）とひび割れ幅の関係を示す。ひび割れ到達割合が1.0の場合は、ひび割れが覆工を貫通していることを示す。結果は、寄与率（R²）が0.7749となり、高い相関性を確認できた。調査日は坑内温度が17～20℃であった。

図-4は2018年2月のひび割れ到達割合とひび割れ幅の関係を示す。結果は、寄与率（R²）が0.6739となり、こちらも高い相関性を確認できた。調査日は坑内温度が6～12℃であった。

表-1 調査箇所概要

項目	内容
工法	NATM
延長	3km以上
形状	3心円 扁平大断面
内空断面積	約190m ²
スパン長	12.5m/スパン
支保パターン	Cパターン
設計覆工厚	400mm
調査数	15ヶ所
補強筋有無	無し
覆工コンクリート繊維補強	ポリプロピレン製 非鋼繊維
覆工打設年	2005年頃



写真-1 検査孔とひび割れ

キーワード：トンネル、ひび割れ深さ、ひび割れ幅、外力、乾燥収縮、温度応力、維持管理
連絡先：〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハイウェイエンジニアリング東京(株) TEL:03-5339-1721

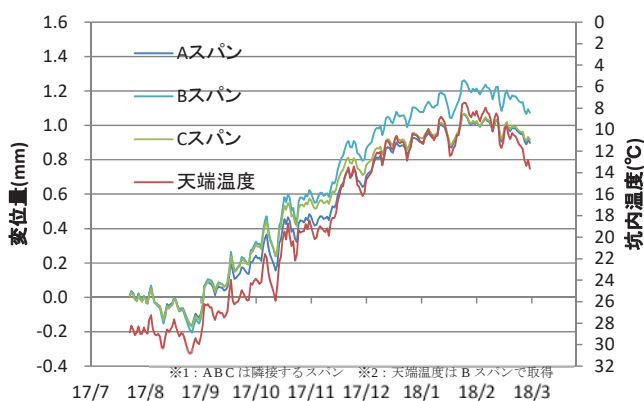


図-1 ひび割れ幅の経時変化

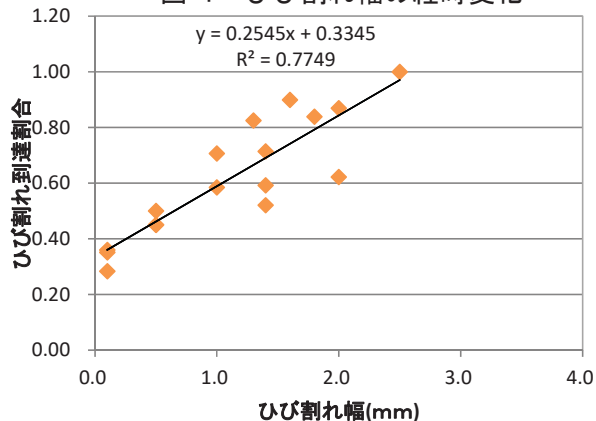


図-3 ひび割れ幅とひび割れ到達割合の関係

(2017 年 10 月計測)

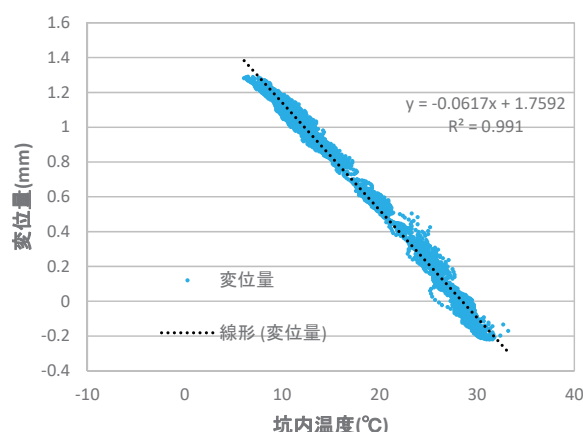


図-2 B スパンの坑内温度とひび割れ幅の変動の関係

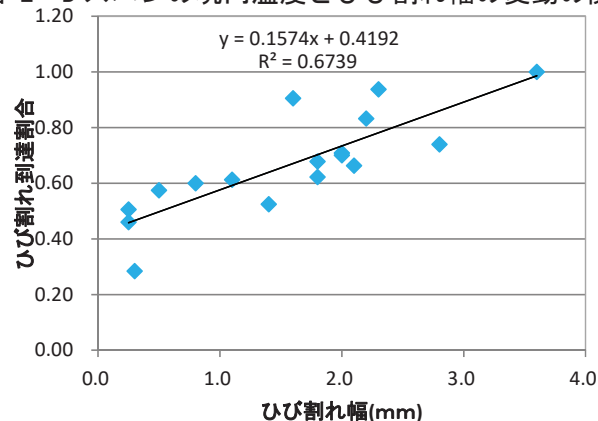


図-4 ひび割れ幅とひび割れ到達割合の関係

(2018 年 2 月計測)

5. 考察

図-1 と図-2 の結果から、夏期から冬期に向かい坑内温度が低下する影響を受けて、覆工が敏感に体積収縮した結果、ひび割れ幅が拡大していると考えられる。

図-3 と図-4 からひび割れ幅とひび割れ到達割合はいずれも相関性が高いことから、ひび割れ幅が拡大すると、ひび割れ深さも大きくなっていると考えられる。

一方、一次近似の傾きが図-3 よりも図-4 の方が緩やかであることは相違点である。この理由は、覆工表面から深部に向かい、坑内温度の影響が及びにくくなるためと考える。つまり、坑内温度の変化で覆工の体積変化は表面から生じる。そのため、ひび割れ幅は敏感に反応する。しかし、ひび割れ深さに影響する覆工深部は、通年で安定していると言われている地中温度の影響も受け、坑内温度の影響を受けにくく体積変化が起こりにくいと考えられる。また、覆工深部になる程、軸力が大きくなり引張応力に抵抗しているためと考える。

当初は、ひび割れ幅の大きさとひび割れの原因が乾燥収縮と温度応力である場合、貫通している可能性もあると考えていた。しかし、幅が 2.5mm 未満であれば貫通している可能性が低いと確認できたことは、補修工法の選定に役立つ可能性があると考えられる。

今回は別途超音波を利用したひび割れ深さを調査している。しかし、非鋼繊維が覆工コンクリートに混入されていることが影響しているのか、正確なデータは取得できなかった。

6. おわりに

トンネルに変状が発生した場合の原因把握には、多大な労力と時間を要するが多い。本報告が、トンネル変状調査の効率化の一助になることを期待する。

【参考文献】

- 1) 菅原健太郎ほか: 矢板工法で施工された覆工のひび割れ発生に関する解析的考察 トンネルと地下(令和元年 11 月)
- 2) 笹本直之ほか: 高速道路トンネル覆工コンクリートの性状に関する一考察 土木学会第 74 回年次講演会(令和元年 8 月)