

道路トンネルにおける背面空洞の評価とその分布特性

四国建設コンサルタント 法人会員 ○内田 篤宇

中山 雄介 谷原 武 岡田 和之 重永 雄大 佐藤 瑠海 大村 史朗

1. はじめに

2012年笹子トンネルで発生したトンネル天井版の崩落事故以来、老朽化したインフラ整備のあり方が見直され、重要なインフラを5年に一度点検し、診断、修繕などの措置、記録を繰り返す「メンテナンスサイクル」が構築された。トンネルにおいても、このメンテナンスサイクルに基づき全国で点検、点検結果に基づいた修繕設計が行われ、修繕工事も多く実施されているが、その課題は多い。

本検討では、トンネル修繕に用いられる工法のうち、現時点で覆工背面空洞量の予測精度が低いことから修繕工事で工程、費用に予期せぬ変更が発生することが多い、覆工背面の空洞充填工に着目し、現行の調査手法や空洞量算出方法をまとめたうえで、充填量の実績、トンネル点検結果、トンネル施工工法等に基づき、空洞の充填量、分布特性等を考察した。また今後の展望や提案・検討事項についてもとりまとめた。

2. 調査対象と修繕工事における課題の抽出

本検討の調査対象は、徳島県内のトンネルのうち、当社が調査・補修設計を実施した20本と、発注者から資料を借用した2本の、計22本である。工法は、図-1に示すとおり、矢板工法17本、山岳（NATM）工法5本である。

矢板工法では、コンクリートを引抜き管方式で打設するが、管より上方の充填が十分に行えない場合がある。また山岳（NATM）工法では、吹上方式を採用したことで空洞は大幅に減少したが、覆工巻厚を少なく打設した場合等がある。その他供用中の地山状況等によっても空洞が発生する場合があり、その修繕のため空洞充填工が必要となる。ただし修繕設計時の空洞調査においては覆工背面を目視できないため、工事時に実充填量が大きく変化し、工程、費用等に予期せぬ変更が発生する事例も多い。よって本検討ではこの覆工背面の空洞調査に着目し、精度を左右する要因を検討した。

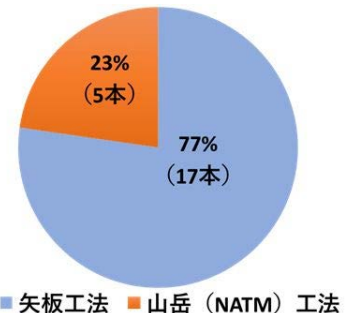


図-1 調査対象の施工工法

3. 背面空洞量の調査・算出方法

既設トンネルの空洞量について、当社では非破壊調査を用いて、以下の方法で調査、算出している。

- ①空洞が発生しやすいトンネル天端付近で、測線を縦断方向に3本設定。測線上でレーダ探査を実施。
- ②各測線で探査した空洞分布について、各測線1箇所ずつコアを抜き、ファイバースコープで空洞を観察、計測。計測値により空洞分布の校正を実施。
- ③校正後の空洞分布を横断面図に展開し、各横断における空洞面積から、平均断面法により空洞体積を算出。
- ④最終的には、算出した空洞体積に補正率3.00を乗じ、工事発注用の充填量とする。（県内統一）

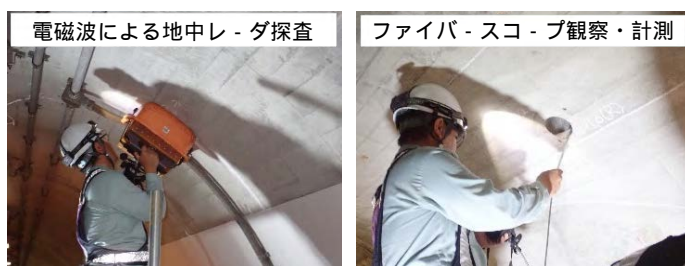


写真-1 非破壊検査実施状況

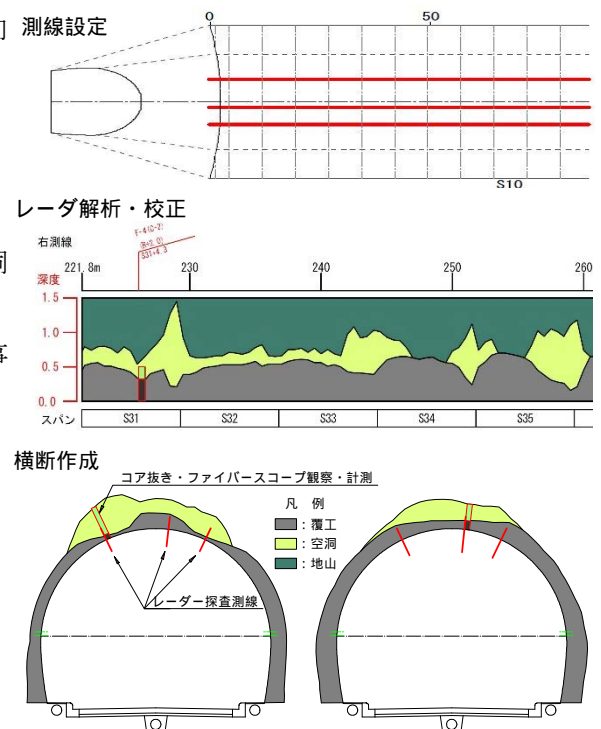


図-2 非破壊検査の概要

4. 算出した空洞量と実充填量の関係

算出した空洞量(補正率3.00含まず)について、施工年代による傾向を検討した結果を、図-3に示す。1970年代までは算出した空洞量が増加するが、1980年代以降は空洞量が大きく減少することを確認した。これは、1980年代から施工管理が入念に行われたものとも考えることもできる。

次に、算出した空洞量(補正率3.00含まず)と施工時の実充填量との比率を検討した結果を、図-4に示す。算出した空洞量の5倍以上充填されたトンネルもあるが、算出した空洞量と実充填量の比の平均は約3.56であり、現在徳島県内のトンネル修繕設計業務にて用いられている補正率3.00より若干大きいことを確認した。

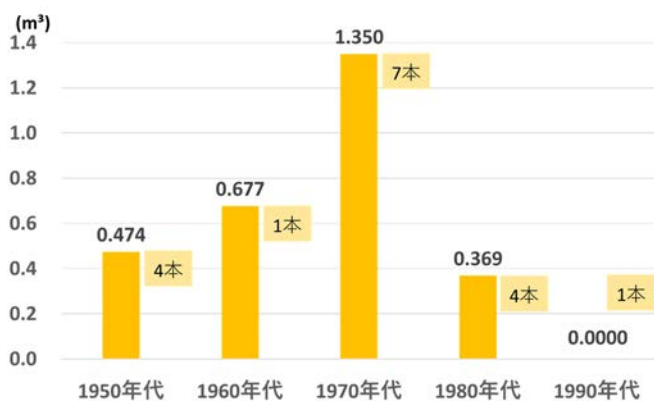


図-3 施工年代による算出した空洞量の推移(トンネル延長 1m 当たり)

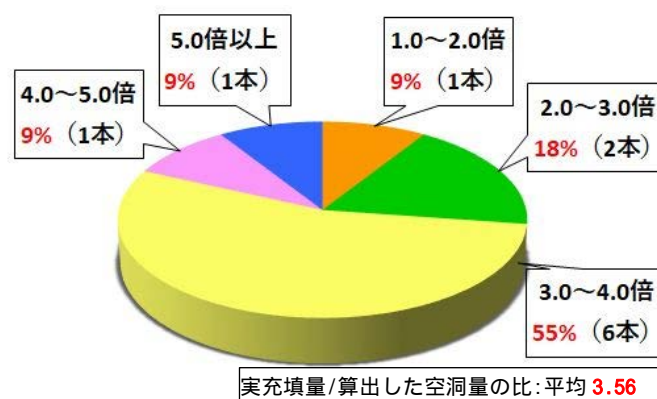


図-4 想定空洞量に対する実充填量の比率

5. トンネル縦断方向への分布特性

図-5に、トンネル縦断方向への、スパン毎の、算出した空洞量、実充填量、点検で確認された漏水箇所数の関係を示す。検討の結果、充填量とトンネルの漏水箇所数には、有意な相関はないことを確認した。

また同じく図-5からは、同一トンネルであるにもかかわらず縦断方向に実充填量が大きく変化することを確認した。このことは、空隙が施工方法によるものではなく、その他要因により発生している可能性を示唆する。この傾向は他のトンネルでも同様であった。

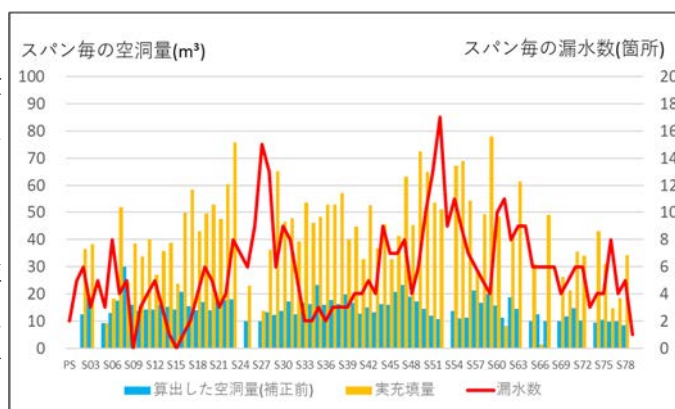


図-5 トンネル縦断方向の空洞量及び漏水箇所の分布

6. おわりに

背面空洞の充填量について、修繕工事における実充填量が算出した空洞量の3.56倍に及ぶことを確認した。これは、トンネル全体の空洞量をトンネル天端付近の3測線で算出する、現行の算出方法の課題とも考えられる。今後は、レーダ探査測線のトンネル側面への追加や、校正に用いるコア抜き、観察、計測を行う箇所数の増加を提案するほか、調査内容が増加する場合の対応として、覆工面を高速で削孔、調査可能な新技術の活用を提案する等、より精度高い調査を短期間に実施できる方法を提案していきたい。また、現在徳島県内のトンネル修繕設計業務で用いられる空洞充填量の補正率3.00についても、3.50等に変更する必要があるか、調査対象を広げて検討していきたい。

また背面空洞の分布特性については、本検討では、実充填量と漏水箇所数との相関は少ないことを確認したが、同時に空洞の発生原因がトンネル施工方法のみではない可能性を示唆する結果を得た。空洞の発生原因は、その他地質構造、風化や変質の状況、不連続面の状態、RQD、また土被り等との関連もあると考える。今後はこれらのデータ収集、解析を進め、空洞充填工における充填量算出精度の向上につなげていきたい。

参考文献 土木研究所資料 道路トンネル変状対策工マニュアル(案) 平成 15 年 2 月 (独立行政法人 土木研究所)
道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和 2 年度版 令和 2 年 8 月 (公益社団法人 日本道路協会)
トンネル管理技術者のための維持管理に関する Q&A 令和 2 年 12 月 (一般社団法人日本トンネル技術協会)