

在来トンネルにおける背面空洞の判定

四国建設コンサルタント 会員 谷口 剛史 同左 会員 藤本 芳伸
 同上 会員 西森 幸弘 同上 会員 村上 聡

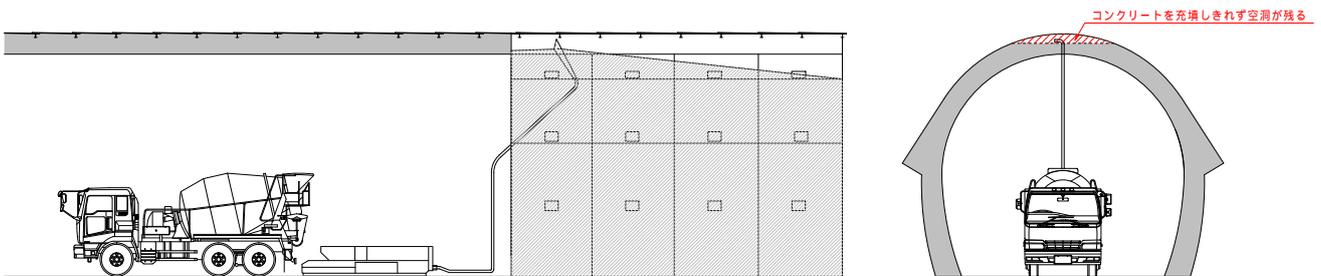
1. はじめに

平成 24 年 12 月に発生した中央自動車道の笹子トンネル天井板崩落事故（約 130m にわたって落下）を受け、全国的に社会資本の老朽化対策に対する意識が高まり、高度経済成長期に集中的に整備されたトンネルや道路構造物を効率的に維持・管理していくかが課題となっている。その中でも、「在来（矢板）工法」で施工されたトンネルにおいては、NATM 工法に比べ坑内変状が著しく、トンネル本来の機能を維持すべくアセットマネジメントによる維持管理が急務となっている。

さらに、四国においては、今後発生が予想される東南海・南海地震による被害低減対策の必要性が高まるなか、平成 26 年 4 月の「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」を受け、国土交通省は平成 26 年 6 月に定期点検要領を策定した。これにより、トンネル点検は基本「近接目視」を 5 年に 1 回、健全性診断の「4 段階評価」を行うことになった。また、診断結果より「措置が必要」とされる変状について、補修対策を検討し保全整備が進められており、このような状況を踏まえ、トンネルの補修対策の大半を占める「覆工背面空洞対策」における背面空洞の評価手法について、施工時の「工事費変更抑制」の考え方から提案する。

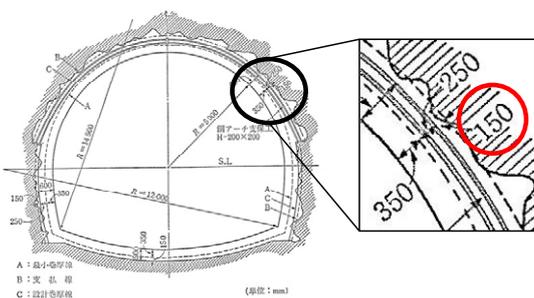
2. 在来トンネルにおける空洞発生原因

空洞の発生要因としては、大きく分けて 2 つ推測される。1 つは、人的施工管理不良：覆工背面の空洞は天端付近に多く（大きく・厚く）見られ、施工時の「コンクリートの充填不足」によるものが大きい。トンネルのコンクリート打設は「上方吹上げ方式」と「引抜き管方式」があり、「上方吹上げ方式」が圧送管の利便性（切替の容易さ）から多く採用されており、本方式は支保工に向けて吹上げ充填する方法が採られているため、コンクリート自重とブリージングにより天頂付近の設計巻厚を確保することが難しく、矢板と覆工背面に空洞が残ってしまう「施工管理不良」が空洞発生の原因と考えられる。



【図-1 打設手順】（「上方吹上げ方式」）

もう 1 つは、在来（矢板）トンネルの構造的要因：在来（矢板）トンネルの構造は、覆工背面に鋼アーチ支保工を用い、地山と支保工の隙間に矢板を掛け施工時の地山の安定を図るもので、覆工背面には矢板を設置するスペース（余掘部、設計余掘厚さは $t=15\text{cm}$ 以上）がある。この余掘スペースに設置された「木製矢板の経年劣化（腐食）」が空洞発生の原因と考えられる。【図-2 構造模式図】



余掘： $t=15\text{cm}$
 矢板及び支保工を入れるための掘削幅

『S52トンネル標準示方書(山岳編)P.52』

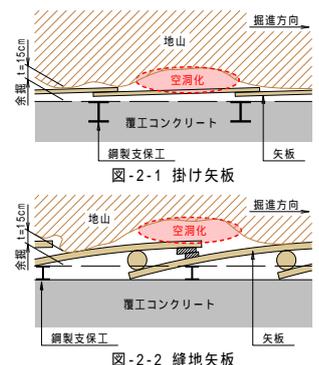


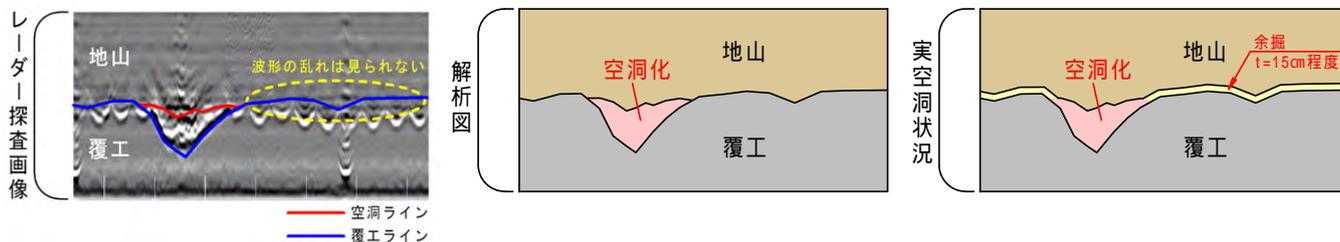
図-2-2 縫地矢板

3. 調査（レーダ探査）精度と問題点

既設トンネルにおいて、前項の空洞状況を把握する手法として、「局所破壊調査」（コア抜き調査）と「非破壊調査」（地中レーダ探査）があり、トンネル全体を把握する上では、後者の「非破壊調査」（レーダ探査）を用いて調査を行うことが多い。しかし、レーダ探査の課題点として、実際には空洞が存在するのにレーダ解析結果では「空洞無し」（ゼロ）と評価してしまい、施工時の局所破壊（コア抜き）により空洞の存在が確認され、結果、対策費用の大幅な変更増となる。この要因としては、以下のような事項が考えられる。

- 要因：覆工厚が厚い場合は、電磁波が減衰し空洞の反射波が得られにくいことがある。
- 要因：地下水が多く見受けられる場合は、木製矢板の含水比が高い状態となり、電磁波速度（誘電率）が上がり、現状にあった補正が難しく正しい地山状態が把握しにくいことがある。
- 要因：トンネル施工時に空洞部へ礫充填を行っている場合は、礫による電磁波の乱反射が起こり、明瞭な空洞の反射が得られにくいことがある。

レーダ探査の課題の回避策として、「局所破壊調査」（コア抜き背面観察）を併用するのが一般的であるが、延長が長いトンネルにおいては、全てのスパンに背面観察を行うことは時間的、労力的（金銭的）にも困難であり、上述の状況発生が起こり得るのが現実である。

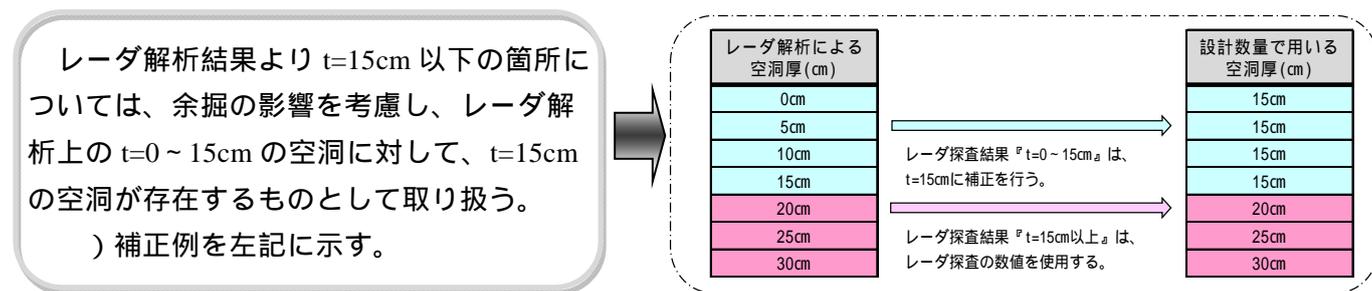


【図-3 レーダ解析と実空洞状況の対比図】

4. 現場と設計との誤差抑制の提案（補正方法）

施工数量の誤差を抑制する上で重要なのが、在来（矢板）トンネルの構造的から、「空洞は必ず存在する」との認識を持つことである。補修設計においては、補修対策を要する空洞高さ（30cm以上）が確認されたスパンにおいて、空洞充填材を如何に現場数量に合うように算定（追加調査等による施工ロスをなくすために設計数量を補正）できるか、また、大きな契約変更なく工事が遂行出来ることを目指している。

下記に、現在までの設計で有効だった補正方法についての提案を述べる。



5. まとめ

在来（矢板）工法のトンネルにおいては、必ずと言っていいほど空洞は存在する（矢板工法では「空洞ゼロ」はありえない）。その空洞厚さは、設計余掘厚さの設計巻厚+15cm以上余掘しており、木製矢板の経年劣化（腐食）から空洞化とし取り込まれることも考慮した厚さに設定することが重要である。レーダ解析で空洞を確認出来なくても、空洞注入による補修を必要とするスパンにおいては、設計当初からスパン全長に最低 15cm 以上の「空洞相当量」を見込んでおくことで、設計と現場との整合誤差は抑制される。

今後の課題としては、より精度を上げるため、岩種特性から地山側（岩盤内）への注入口を把握すべく、岩種別データを集計しデータベース化を図り、岩種による補正率を定め、国、自治体、市町村と情報を共有することで精度高めていきたいと考えている。