

シールドトンネルの点検結果に基づく変状の実態に関する一考察

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○森本智, 日下敦, 石村利明, 砂金伸治

1. はじめに

シールド工法により構築されたシールドトンネルは、都市部を中心に多数のストックが存在する。これらのシールドトンネルにおいても山岳トンネル等と同様に、効率的に維持管理を実施する必要がある、そのためには変状の実態や原因、発生メカニズム等を把握することが重要である。本報文では、シールドトンネルの変状の実態を把握することを目的に、複数のトンネルで実施された点検結果をもとに、完成年の違いによる継手形状や止水材料、二次覆工の観点からグループに分類し、漏水、ひび割れの変状事例について整理・分析した結果について報告する。

2. 点検対象トンネル

本報文で対象としたトンネルにおいて行われた点検はシールド工法により構築された 14 本のトンネルの結果であり、総延長は約 10km にわたる。最も古いトンネルは 1969 年に完成しており、すでに 45 年以上が経過している。シールドトンネルを構成する部材は、セグメント、それらを連結する継手、およびセグメント間を止水するシール材等である。各部材は、建設当時の知見により設計されるため、それらの継手形状や止水材料等は建設時代により異なり、本点検対象トンネルにおいても様々であった。また、二次覆工については、一般的にセグメントの防食、トンネルの漏水の低減等を期待し施工するが、これらの点検対象トンネルにおいては 2000 年に完成したトンネルを境に省略されていた。

今回対象としたトンネルは直径が 3.8m から 7.3m 程度の共同溝であり、電気・通信等公益物件を収容するために中壁が設置されている場合が多い。中壁の構造は二次覆工がある場合はアーチ部と連続体として施工する場合が多く、二次覆工を省略する場合は別途設置する場合が多い。本報文で対象としたトンネルの変状事例に関しては、完成年の違いによる継手形状や止水材料について 3 グループに分類し整理した。表-1 に各グループに分類した点検対象トンネルの特徴を示す。主な分類は、グループ①は建設から 30 年以上経過し、継手形状が直ボルトで止水材料に非膨張性のシール材を使用した二次覆工があるトンネル、グループ②は 20 年以上経過し、継手形状が斜め直ボルトで止水材料に水膨張性のシール材を使用した二次覆工があるトンネル、グループ③は 2000 年以降に完成し、継手形状がくさび締結タイプで止水材料に水膨張性のシール材を使用した二次覆工が省略されたトンネルである。

表-1 点検対象トンネルの特徴

グループ	経過年	点検延長 (m)	セグメント厚 (mm)	主な継手形状	主な止水材料	二次覆工厚 (mm)
①	45 ～30	1,300	150～275	直ボルト	特殊合成ゴム ブチルゴム	200 ～250
②	25 ～20	4,400	250～325	斜め直ボルト	水膨張性	200 ～225
③	15 ～10	4,200	275～300	くさび締結タイプ	水膨張性	省略型

キーワード：シールドトンネル，変状，維持管理

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 TEL 029-879-6791

3. 変状の実態の整理・分析

変状の実態の整理は変状の規模に応じておおむね健全と考えられる【健全度 A】、注意が必要と考えられる【健全度 B】に分類した。変状の頻度は、上述したグループに対して漏水、ひび割れの変状箇所数を算出し、10m 長さあたりの頻度として表示した。この設定は、各グループともにセグメントの縦断方向の幅はほとんどが 1m であったが、点検対象が二次覆工となるグループ①,②の変状事例が多かったため、その施工目地の間隔程度(10m)としたものである。なお、グループ①,②は二次覆工を施工しているため、観察が可能な二次覆工表面を対象とした。健全度 A と健全度 B の具体の分類に関しては、漏水がにじみ・表面の湿り程度、ひび割れ幅が 0.6mm 未満の規模ものを健全度 A、漏水が滴水・流下以上、ひび割れ幅が 0.6mm 以上の規模ものを健全度 B と仮定した。なお、ひび割れ幅の閾値の設定は、点検時に採用された値である 0.6mm を、本分析においても仮定として採用したものである。

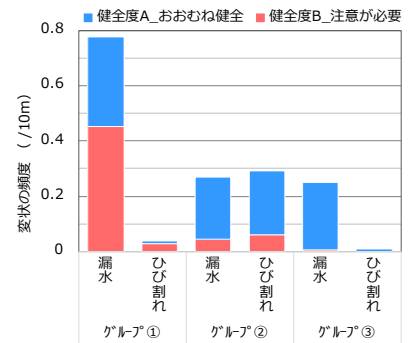


図-1 変状の発生頻度

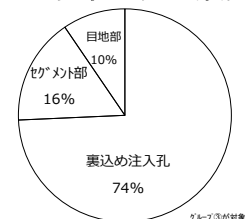


図-2 漏水の発生箇所

図-1 に変状の発生頻度を示す。漏水の発生頻度は、シーリング材が非膨張性であるグループ①が 0.78 と高く、水膨張性であるグループ②,③は 0.26 程度と低いことがわかる。また、滴水・流下以上の漏水が発生し注意が必要と考えられる健全度 B に分類された頻度は、グループ①が 0.45 と最も高く、一方、グループ②,③は 0.04, 0.01 と低い値となった。図-2 に二次覆工を省略したグループ③の漏水発生箇所を示す。漏水は 7 割以上が裏込め注入孔からのもので、その規模はどれもにじみ程度の小さいものであった。

ひび割れの発生頻度は、二次覆工があるグループ②が 0.29 と高く、一方、二次覆工が省略されるグループ③では、0.01 未満となった。ここで、グループ①は 0.04 と低い値であったが、これは点検の際、ひび割れから漏水が発生していた場合、漏水に分類しているためと考えられる。また、0.6mm 以上のひび割れが発生し注意が必要と考えられる健全度 B に分類された頻度は、グループ①,②が 0.05 程度で、グループ③は確認されなかった。ただし、二次覆工が省略されたグループ③についてひび割れの頻度が小さい理由は、二次覆工の有無やトンネルの表面の部材における鉄筋の有無等による構造的な違いか、建設年次が他に比較して新しいものであるのかなどの検討は今後必要である。

4. まとめ

シーールド工法により建設されたトンネルの変状の実態を把握するため点検結果の整理・分析を行った。本点検対象トンネルにおいては、30 年以上前に建設された非膨張性シーリング材を用いたトンネルで漏水が多く発生しており、そのうち 6 割程度は滴水・流下以上の規模であったことが明らかとなった。漏水の発生はシーールドトンネルの各種部材に用いられる鋼材の腐食を促進させることから、維持管理を実施するうえで重要な要素となる。一方、それ以降に建設された水膨張性シーリング材を用いたトンネルでは、漏水の事例は確認できるものの、その規模は小さいことが確認された。また、ひび割れは 20 年以上前に建設された二次覆工があるトンネルにおいてある程度の頻度で発生しており、ひび割れ幅が 0.6mm を超える規模の事例も確認された。一方、近年に建設された二次覆工を省略したトンネルは、セグメント本体のひび割れの事例はごくわずかでその規模は小さいことが確認された。本報文では、限られた延長の点検結果であることや、二次覆工がある場合は背面の観察ができないことから、セグメントや継手部の劣化状況、漏水箇所などの把握ができていない。維持管理を行ううえで、変状の原因が外力、あるいは材質劣化などに分類することは極めて重要である。また、現時点では変状事例が少なかったグループ③においても、経過年が増加するに伴う変状の発生が懸念される。今後は、より多くの点検結果の蓄積、長期にわたる観察を実施するとともに、変状の発生原因の推定などについて分析し、効率的な維持管理手法の確立に資する検討を行っていきたいと考えている。