

はく落防止対策工の変状状況整理とシート工の変状要因分析

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○松山彰宏，森本 智，日下 敦，石村利明，前田洸樹
国土技術政策総合研究所 落合良隆

1. はじめに

現在供用中の道路トンネルの変状現象として NATM、矢板工法ともに覆工のうき・はく離が多く確認され、これらに対しては利用者の安全性を確保するための措置の一環として、はく落防止対策工が多く適用されている。¹⁾ しかしながら、定期点検においてははく落防止対策工自体の変状も確認されており、更にその変状状況や変状要因、耐久性に関しては不明な点が多いのが現状である。

本稿では、国管理の道路トンネルにおいて「道路トンネル定期点検要領」²⁾に基づいて実施された1巡目定期点検結果（平成26年度～平成30年度）を対象として、はく落防止対策工の変状状況を整理するとともに、そのうちのシート工の変状要因に関する分析結果について述べる。

2. 1巡目定期点検結果を用いたはく落防止対策工の変状状況の整理

整理対象トンネルは、1巡目定期点検が行われた国管理の1,590トンネル、総延長1,024kmのうち、山岳工法の1,425トンネル、総延長785.4kmであり、はく落防止対策工の種類が確認できる変状事例を対象とした。

図-1 に点検結果総括表より変状が確認されたはく落防止対策工の種類と変状事例数を示す。シート工の変状が623事例確認され、最も多い結果となった。次いで、ネット工が275事例、鋼板接着工が257事例、鋼材補強工が161事例、金網工が16事例確認された。

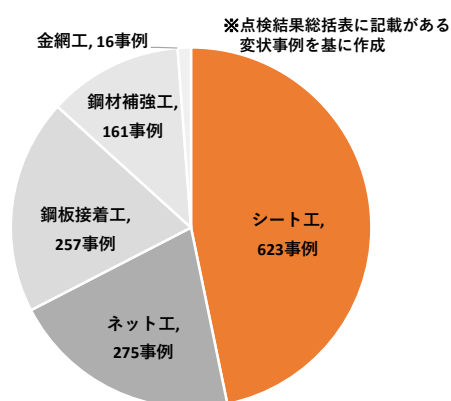


図-1 はく落防止対策工の変状事例数

図-2 に最も多くの変状が確認されたシート工を対象に変状現象毎の対策区分について整理した。最も多く確認された変状現象は、シート工のうきの428事例であり、そのうち矢板工法の割合が多い。また、対策区分Ⅲのシート工のうきはNATMで7事例、矢板工法で26事例確認され、矢板工法に関してはある1トンネル（以下、Aトンネル）で25事例を占めていることが確認された。

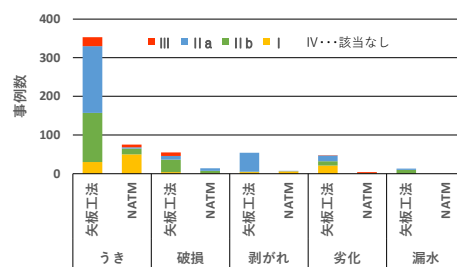


図-2 シート工の変状現象と対策区分

3. シート工の変状要因に関する分析

3-1. 分析対象及び分析方法について

上記の整理結果を踏まえて、Aトンネルを対象としたシート工の変状要因に関する分析を行った。分析にあたってはトンネル管理者から協力を得て、過去の定期点検結果と対策工の設計資料を踏まえて実施した。なお、過去の定期点検結果に関しては、「道路トンネル定期点検要領（案）」³⁾に準じた2回の定期点検（平成22年、平成24年）と「道路トンネル定期点検要領」²⁾に準じた1回の定期点検（平成26年）の計3回を参考にした。

Aトンネルは昭和49年に矢板工法で建設された延長737m（89スパン）のトンネルであり、シート工はトンネル内に101箇所存在し、平成26年定期点検時点で対策後約14年が経過している状態であった。また、シート素材はガラス繊維であり、横断目地跨ぎ部での自由長は考慮されておらず、横断目地跨ぎ部及び幅1.5mm以上のひび割れや漏水が確認されている場合は、導水処理として溝切工を適用した上でシート工を施工している。なお、本分析では変状要因として横断目地伸縮と漏水に着目した。そのため、Aトンネルにおける全てのシート工を分析対象とし、変状写真及び変状展開図よりシート工の対策部位（一般部、横断目地跨ぎ部）、石灰分析出を含む漏水状況（シート工表面の漏水有無）を整理し、シート工の変状要因を分析した。

キーワード 1巡目トンネル定期点検結果、はく落防止対策工、シート工、変状要因、横断目地伸縮

連絡先 〒305-8516 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

3-2. 分析結果

図-3 に過去 3 回の定期点検結果より整理した A トンネルにおけるシート工のうきの発生状況を示す。まず、漏水がシート工に及ぼす影響の観点から、対策部位別に漏水の影響を検討した。最新の平成 26 年定期点検結果に着目すると、シート工のうきは「一般部漏水なし」では 33 箇所のうち約 12% の 4 箇所、「一般部漏水あり」では 16 箇所のうち約 6% の 1 箇所が発生している。同様に「横断目地跨ぎ部漏水なし」では 43 箇所のうち約 40% の 17 箇所、「横断目地跨ぎ部漏水あり」では 9 箇所のうち約 33% の 3 箇所が発生している。また、平成 22～26 年の定期点検結果（対策後約 10 年以降の 5 年間）におけるシート工のうきの推移に着目すると、「一般部漏水なし」では 0 箇所から 4 箇所、「一般部漏水あり」では 0 箇所から 1 箇所に増加している。同様に「横断目地跨ぎ部漏水なし」では 4 箇所から 17 箇所、「横断目地跨ぎ部漏水あり」では 1 箇所から 3 箇所に増加している。これらの比較の結果、漏水によりシート工のうきの発生数が増加する傾向は確認できなかった。これは、導水処理として適用された溝切工がシート工における漏水を防ぐことで、漏水によるシート工の劣化リスクを軽減していることが要因の一つであると考えられる。

次に、横断目地伸縮がシート工に及ぼす影響の観点から、漏水状況別に対策部位の違いの影響を検討した。最新の平成 26 年定期点検結果に着目すると、シート工のうきは、「一般部漏水なし」では 33 箇所のうち約 12% の 4 箇所、「横断目地跨ぎ部漏水なし」では 43 箇所のうち約 40% の 17 箇所が発生している。同様に「一般部漏水あり」では 16 箇所のうち約 6% の 1 箇所、「横断目地跨ぎ部漏水あり」では 9 箇所のうち約 33% の 3 箇所が発生している。また、平成 22～26 年の定期点検結果におけるシート工のうきの推移に着目すると、「一般部漏水なし」では 0 箇所から 4 箇所、「横断目地跨ぎ部漏水なし」では 4 箇所から 17 箇所に増加している。同様に「一般部漏水あり」では 0 箇所から 1 箇所、「横断目地跨ぎ部漏水あり」では 1 箇所から 3 箇所に増加している。これらの比較の結果、横断目地跨ぎ部においてシート工のうきの発生数が増加する傾向が確認され、この傾向は特に「横断目地跨ぎ部漏水なし」で顕著であった。更に、横断目地跨ぎ部におけるシート工の変状メカニズムの観点から、図-4 に示す当該変状の状況写真に着目すると、横断目地に沿ってシート工が劣化している黒い跡が確認された。これは横断目地跨ぎ部にて自由長が無いため、横断目地伸縮を緩和できずに局所的に大きなひずみが発生したことによって、当該箇所がシート工の弱部となりうきが発生したと想定される。

4. まとめ

1 巡目定期点検結果を対象とした既設のはく落防止対策工の変状状況整理により、対策の緊急性が高い変状としてはシート工のうきが最も多く、特に矢板工法の横断目地跨ぎ部にて多く確認された。これらの変状状況を分析した結果、本分析においては横断目地伸縮の影響を受けたと想定されるうきが多く確認されており、横断目地跨ぎ部へのシート工の適用可否については、慎重に判断する必要があると考えられる。また、これらの変状に関しては自由長が適用されていないことによる影響が大きいと想定され、特に対策後約 10 年以降に変状が進行している傾向が確認された。このことから、同様な箇所に対しては点検時において特に注視し、近接目視に加えて触診や打音検査を行い、慎重にシート工の状態を把握することが重要であると考えられる。

今後は分析対象トンネルを増やすとともに、異なる条件下で適用されたシート工の変状状況との比較を行い、シート工の変状要因や耐久性について客観的な分析を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) (公社) 日本道路協会：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
- 2) 国土交通省道路局国道・防災課：道路トンネル定期点検要領 平成 26 年 6 月
- 3) 国土交通省道路局国道課：道路トンネル定期点検要領（案）平成 14 年 4 月

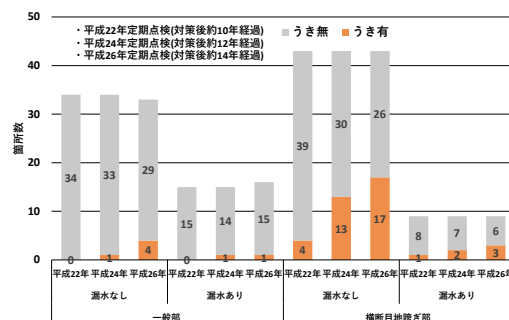


図-3 シート工のうきの発生状況

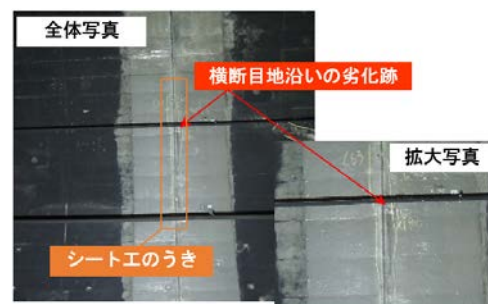


図-4 シート工のうきの状況写真