

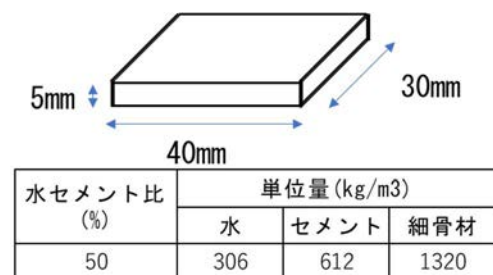
凍結防止剤散布環境下にある道路トンネル坑口部の覆工表層を対象とした塩分量の調査

山陰開発コンサルタント株式会社 非会員 ○青山 尚史
 松江工業高等専門学校 正会員 岡崎 泰幸
 松江工業高等専門学校 正会員 武邊 勝道
 山口大学大学院 学生会員 持田新太郎
 山口大学大学院 正会員 林 久資

1. はじめに

現在の日本国内における道路トンネルの多くは高度経済成長期に建設されたものであり、今後急速に老朽化することが懸念されている。その中でも、特に道路トンネル坑口部の覆工コンクリート（以下、覆工と称す）は劣化しやすい傾向にあることがわかっており、この要因の1つとして凍結防止剤の散布による影響が指摘されている¹⁾。凍結防止剤の多くは主成分が塩化物であり、コンクリート構造物の表層への浸透によって凍害を促進させることが知られている²⁾。このような凍結防止剤は一般的にトンネル坑内までは散布されないが、トンネル坑口まで散布された凍結防止剤が車両の走行によって坑口まで運ばれ、その付近において塩分が飛散していることが近年明らかとなっている³⁾。そのため、特に凍結防止剤を多く散布する寒冷地域では、道路トンネル坑口部の覆工にスケーリング劣化が顕著に発生することが問題となっている¹⁾。したがって、このような劣化を防ぐためには、凍結防止剤の散布による影響を把握・評価し、適切に対策を講じる必要がある。しかしながら、実際の道路トンネルを対象に凍結防止剤の散布が坑口部の覆工表層の塩分量に及ぼす影響を調査した事例はほとんどないのが現状である。

そこで、本研究では、凍結防止剤の散布が道路トンネル坑口部の覆工表層の塩分量に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、凍結防止剤が散布される冬季期間中の道路トンネル坑口部に複数の薄板モルタル供試体を設置した。そして、それらを冬季期間後に回収して塩分量の分析を行い、坑口部の各位置における塩分量の比較や塩分環境下でない供試体の塩



※養生については、実験室内の密閉容器内に静置し、28日間の気中養生を行った。

図-1 薄板モルタル供試体の寸法と配合

分量との比較を行った。

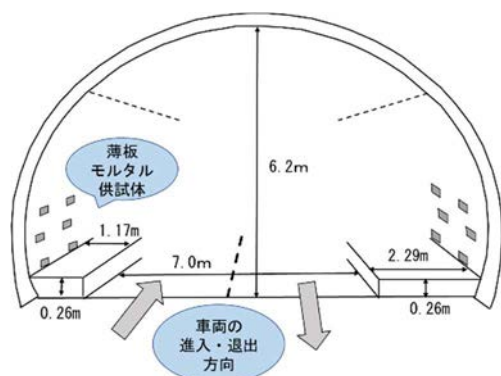
2. 現場観測と分析方法

本研究では、凍結防止剤散布環境下にある道路トンネル坑口部の覆工表層の塩分量を調査するために、図-1に示すような薄板モルタル供試体⁴⁾を作製し、道路トンネル坑口部の両側壁に図-2に示すように設置した。ここで、供試体の曝露期間は、凍結防止剤が散布される約3か月間（2019年12月12日～2020年3月13日）とした。また、観測対象としたトンネルを含む道路（二車線）区間での凍結防止剤散布量は概ね6.1kg/km/dayであった。そして、曝露終了後、これらの供試体と塩分環境下でない（密閉容器内に静置した）供試体を全量粉砕し、「JIS A 1154:2012 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に基づいて、供試体中の全塩化物イオンの定量を行った。ここで、定量方法はサプレッサ式のイオンクロマトグラフ法を用いた。定量後は塩化物イオン濃度（mg/l）を含有塩化物イオン量（kg/m³）に変換した。

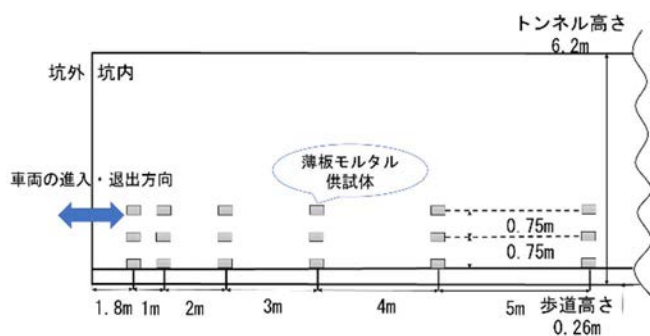
キーワード 道路トンネル、坑口部、覆工表層、凍結防止剤、塩分量

連絡先 〒690-0876 島根県松江市西生馬町14-4 松江工業高等専門学校

TEL 0852-36-5224

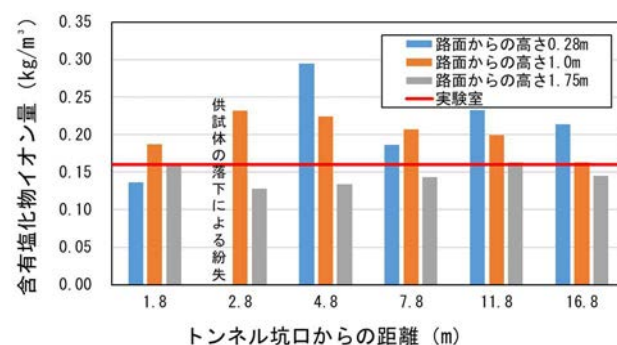


(a) トンネル坑口部の断面図

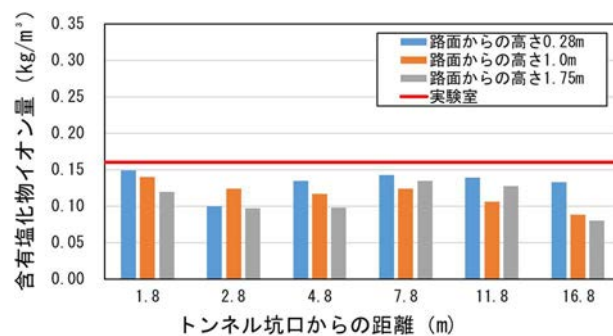


(b) トンネル坑口部の縦断面図

図-2 薄板モルタル供試体の設置位置



(a) 坑口部左側壁



(b) 坑口部右側壁

図-3 トンネル坑口部の各位置における含有塩化物イオン量

3. 実験結果と考察

図-3 に、実験で得られた坑口部側壁の各位置における薄板モルタル供試体の含有塩化物イオン量を示す。ここで、図中には、塩分環境下でない（実験室内の密閉容器内に静置した）供試体の実験結果（図-3 内の実験室）も示している。

図-3 から、左側壁に設置した供試体の分析結果の半数が塩分環境下でない供試体の分析結果を超過していることがわかる。そして、それは特に、路面からの高さ 1m 以下に設置した供試体の場合であることがわかる。一方で、右側壁に設置した供試体の分析結果は、そのすべてが塩分環境下でない供試体の分析結果を下回っていることがわかる。以上の結果から、車両が坑内に侵入する側の坑口部の側壁は、車両の走行によって凍結防止剤由来の塩分が到達しやすく、特に路面からの高さ 1m 以下の場合、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けやすいことがわかった。一方で、車両が坑外へ退出する側の坑口部の側壁は、凍結防止剤由来の塩分が到達しにくいことがわかった。

また、図-3(a) から、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けている供試体（路面からの高さ 1m 以下の供試体）は、坑口または路面から距離が離れるほど、含

有塩化物イオン量が低い傾向にあることがわかる。したがって、坑口および路面から距離が離れた側壁ほど、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けにくいと考えられる。一方で、坑口と路面に近い位置に設置した供試体でも、含有塩化物イオン量が低いケースが存在することがわかる。これは、供試体の表面に付着した塩分が坑口から入る降雨や積雪などによって洗い流されたためと考えられる。したがって、降雨や積雪の影響を受けやすい坑口付近の側壁については、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けにくいと考えられる。ただし、右側壁に設置した坑口と路面に近い供試体に関しては、含有塩化物イオン量が低くなるケースを確認できないことから、対象とするトンネル周辺の風向などによって塩分の影響の大小が変化するものとも考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、凍結防止剤が散布される冬季期間中の道路トンネル坑口部に複数の薄板モルタル供試体を設置した。そして、それらを冬季期間後に回収して塩分量の分析を行い、各位置における塩分量の比較

や塩分環境下でない供試体の塩分量との比較を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) 車両が坑内へ侵入する側の坑口の側壁は、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けやすく、その反対側の側壁は、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けにくい。
 - 2) 坑口および路面から距離が離れた側壁や、降雨や積雪の影響を受けやすい坑口付近の側壁については、凍結防止剤由来の塩分の影響を受けにくい。
- 今後は、観測対象のトンネルを増やしてより多くの分析を行うことにより、凍結防止剤由来の塩分の影響をより詳細に調査していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 国土交通省 東北地方整備局：コンクリート構造物の品質確保の手引き(案)(トンネル覆工コンクリート編)，2016.
- 2) 庄谷征美，月永洋一：東北地方のコンクリート構造物の凍害について，コンクリート工学，Vol.42，No.12，pp.3-8，2004.
- 3) 木村恵子，曾根真理，並河良治，桑原正明，角湯克典：凍結防止剤散布と沿岸環境，国土技術政策総合研究所資料，No.412，2007.
- 4) 和田拓馬，佐伯竜彦，斎藤豪，山下将一：薄板モデルを用いた橋梁の塩害環境評価，セメント・コンクリート論文集，Vol.70，No.1，pp.413-420，2016.