

感潮河川直下における沈埋トンネルの変状と対策

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 〇染谷 智紘
正会員 小瀬 喜巳

1. はじめに

都市部の鉄道トンネルにおいて、周辺環境や構造条件などによる影響が複合的に作用することによって急速に変状が進行することがある。特に、臨海部や感潮河川付近では、塩化物イオン濃度が高い漏水によって劣化が局所的に発生する箇所がある。また、塩害による変状箇所において、一部の断面修復材で著しい再劣化（マクロセル腐食）が報告されている。

そこで本稿では、塩害により劣化が生じる箇所における調査と対策の検討について報告する。

2. トンネルの概要

対象トンネルの概要を以下の表-1 と図-1,2,3 に示す。

表-1 トンネル諸元

取得年	1972 年（経年 49 年）
構造形式	RC 造ケーソン 9 基
地質	沖積層粘性土・砂質土
土被り	5m（No.5～6 接合部）

3. 変状概要

変状箇所は感潮河川直下に位置する No.5～6 ケーソン接合部の中壁にあり、2020 年 6 月に浮きの変状が確認され、その後、たたき落しを実施したところ、かぶり深さ 50 mm の位置で、主筋に著しい鉄筋腐食が確認された。その一方で、接合部の側壁や近傍の一般部にお

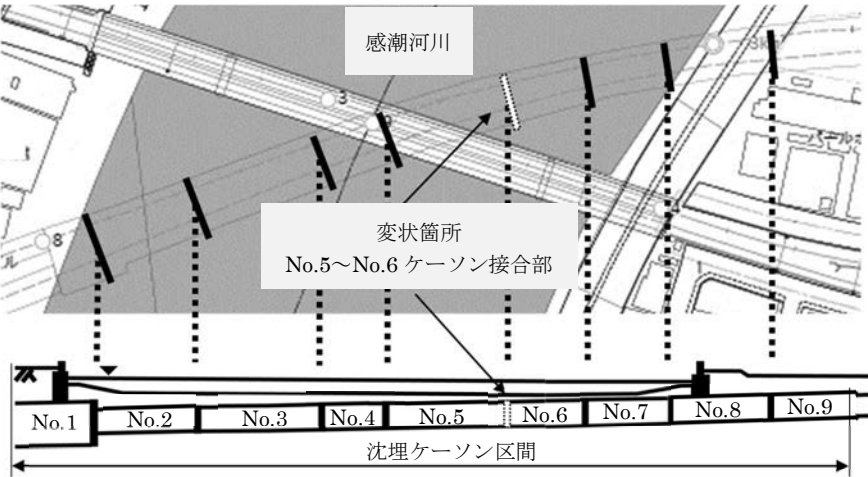


図-1 平面図ならびに縦断面図

る中壁や側壁では変状箇所のような浮きは確認されなかった。そして、外観状況について当該の接合部中壁において、主筋のみ目視で確認され、配力筋などは確認されなかったため、一般部と接合部が接合されているかどうかは不明であった（図-4 参照）。

また、当該の接合部における上床版から漏水が確認されたが、その他の部位においては確認されなかった。ただし、接合部の側壁に漏水跡はあった。

4. 現場調査および結果

No.5～6 ケーソン接合部の中壁について、変状原因を特定するため、下記の調査を実施した。

4. 1. 配筋およびかぶり深さ調査

変状箇所の接合部はコンクリート破面となり、主筋が露出して電磁波レーダによる非破壊探査が困難なため、近傍の一般部において、コンクリートの配筋状況とかぶり深さについて、非破壊探査を実施した。

鉄筋間隔については主筋、配力筋とも概ね設計通りに配置され、主筋のかぶり深さは 80～100 mm であった。また、施工基面から高さ 1m の位置で研り調査を行ったところ、かぶり深さが 100 mm の位置で主筋、配力筋等が接合されていることが確認された（図-4 参照）。

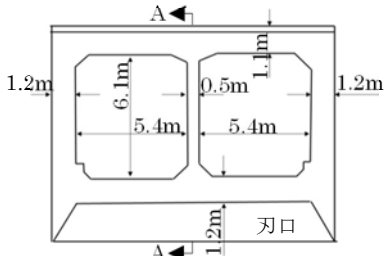


図-2 ケーソン標準断面図

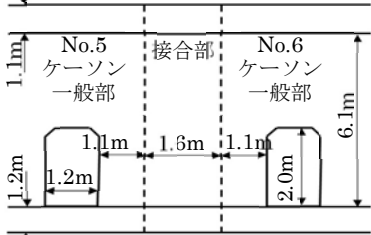


図-3 中壁部（A-A）一般図

キーワード 感潮河川、沈埋トンネル、塩害、鉄筋腐食、既設コンクリート構造物の診断

連絡先 〒101-0041 千代田区神田須田町 2-10-1 JR 神田総合事務所 3F 東京土木技術センター TEL 03-3257-1694



図-4 現場調査結果

4. 2. コンクリート強度の測定

躯体コンクリートの強度性状を確認するため、JIS A 1108 に準拠して当該箇所では $\phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ の試料を採取し、一軸圧縮強度を測定した。試料採取は、施工基面から約 1.0m の高さで、線別（上下線）、構造（一般部・接合部）、部位（中壁・側壁）ごとの計 8 箇所のうち 6 箇所（一般部の側壁を除く）で行った。

その結果、採取位置に関わらず測定値にばらつきがあり、躯体コンクリートの表層品質が一定でないことが確認された。

4. 3. 塩化物イオン濃度分析

躯体コンクリートへの塩化物イオンの浸透深さを把握するため、コアを採取し、JIS A 1154 に準拠して、かぶり深さ方向の塩化物イオン濃度の分布を測定した（図-5 参照）。

その結果、一般部で深さ 40 mm より深い位置に塩化物イオンはほとんど浸透していない一方で、接合部では鉄筋のある位置（測定深さ 80~100 mm）で概ね 3 kg/m^3 以上の塩化物イオンが浸透していた。これより当該の接合部にはコンクリート中の塩化物イオン含有量の限界値²⁾以上の塩化物イオンが浸透していることが確認された。

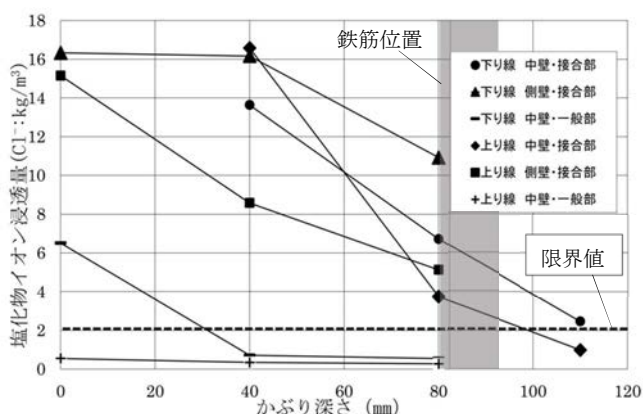


図-5 塩化物イオン浸透深さ

5. 変状原因の推定

財産図や現場調査結果をふまえ、変状は、当該の接合部において継目やひび割れから塩化物イオン混じりの漏水が躯体内に浸透し、かぶりが不足している箇所では鉄筋の腐食、体積膨張が生じてかぶりコンクリートの浮きが発生したと考えられる。

6. 対策工の検討

現場調査の結果より塩化物イオン混じりの漏水と、かぶり不足が主因と考えられ、塩化物イオンの遮断を目的として当該の接合部における止水注入工と断面修復工を対策工として選定した。止水注入工は漏水の再発防止の観点から、水膨潤形の高分子系材料（親水性ポリウレタン系樹脂や反応型アクリル系樹脂）を選定した²⁾。また、断面修復工については塩化物イオンが躯体コンクリート内に浸透し、鉄筋位置で限界値以上の濃度に達しているため、亜硝酸塩を放出して塩化物イオンを吸着する塩分吸着剤を混入したポリマーセメントモルタルあるいは、カルシウムアルミネート化合物により塩化物イオンを固相塩素化（フリーデル氏塩）する塩分固定剤を混入したポリマーセメントモルタルの使用を検討し、工事を計画する。

7. おわりに

臨海部や感潮河川付近における地下構造物の維持管理において漏水中の塩化物イオン濃度が高く、塩害による劣化が急速に生じた場合、診断のための調査ならびに性能の評価に基づいて対策の設計および工法の選定を行うことが極めて重要である。また、今後は散水試験³⁾など躯体コンクリートの表層品質を定量的に評価する検査手法の導入を検討する。

参考文献

- 1) 土木学会:2018 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編], pp355
- 2) コンクリート工学会:講座補修・補強材料入門①ひび割れ注入材 Vol.52, No.6.2014.6
- 3) 西尾壮平:散水試験によるコンクリートの表層品質評価におよぼす影響要因, 鉄道総研報告, Vol.34, No.10, pp.11-16.2020