

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 ○染谷 智紘

正会員 小瀬 喜巳

1. はじめに

都市部の地下構造物において、周辺環境や構造条件などの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場合がある。

そこで本稿では、塩害により劣化が生じる沈埋トンネルにおける現場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50年）
延長	264m（ケーソン区間）
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

2020年6月に本トンネルの随時検査を実施し、沈埋ケーソンのNo.5～No.6接合部中壁において浮き（縦3×横2m）の変状が確認された。その後、浮き箇所のたたき落しを実施したところ、かぶり厚さ50mmの位置で、主筋の著しい鉄筋腐食が確認された。そして、その一部の箇所でケーソン一般部と接合部の鉄筋の接続状況が不明であった。また、当該接合部の上床版からの漏水が確認されたが、その他の部位では確認されなかった。

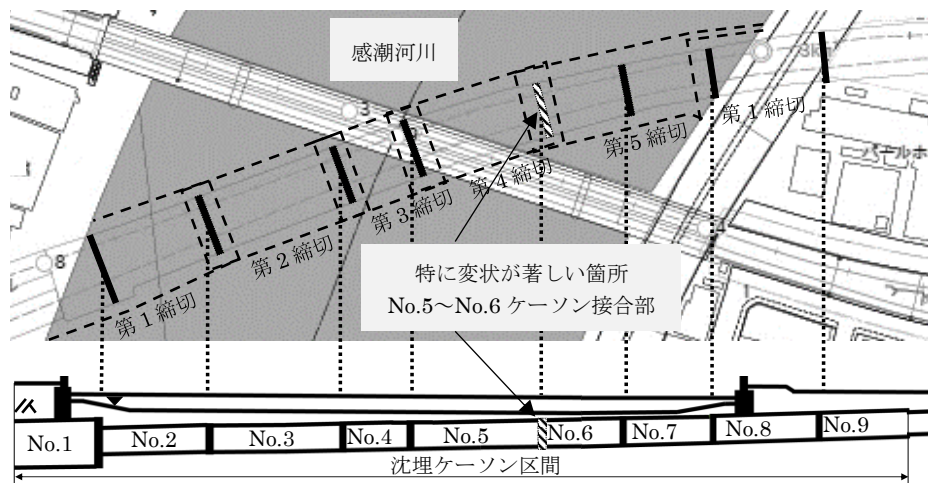


図-1 平面図ならびに縦断面図

4. 文献調査

工事誌によると、本トンネルは河川の流れや船舶の運航を阻害しないように、縮切築島ケーソン工法で施工され、第5次縮切まで分割して施工された。そして、当該の変状箇所は第4次縮切と第5次縮切の境界に位置し、接合部の継手工は縮切鋼矢板を打ち込み、一般部同様、圧気ケーソン工法で掘り下げ、順次逆巻工法でコンクリート打設を繰り返した。

5. 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、以下の調査を実施した。

5. 1. 配筋およびかぶり深さ調査

変状箇所のコンクリート表面は破面となり、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。その結果、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80～100mmであることが確認された。

さらに、接合部と一般部の境界において矧り調査を行った。施工基面からの高さを3水準（1.5, 3.0, 4.5m）設定し、一般部と接合部の配力筋の接続状況を確認した。その結果、いずれの設定高さも配力筋は接続されて

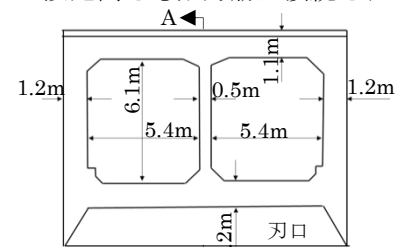


図-2 ケーソン標準断面図

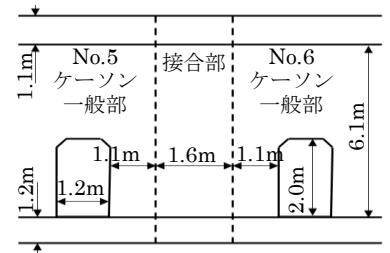


図-3 中壁部（A-A）一般図

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2-10-1JR神田総合事務所3F東京土木技術センターTEL 03-3257-1694

いることが確認された。また、かぶり深さは、高さ 1.5m の位置（健全部）では 100 mm、高さ 4.5m の位置（変状部）では 50 mm であることが確認された。（図-4 参照）。

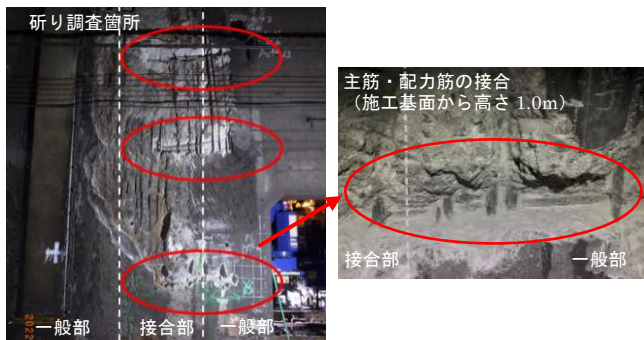


図-4 斫り調査結果

5. 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、施工基面から高さ約 1.0m 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ることが確認され、表層品質が一定でないことがわかった。

5. 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 kg/m^3 以上の塩化物イオンが浸透していることが確認された。

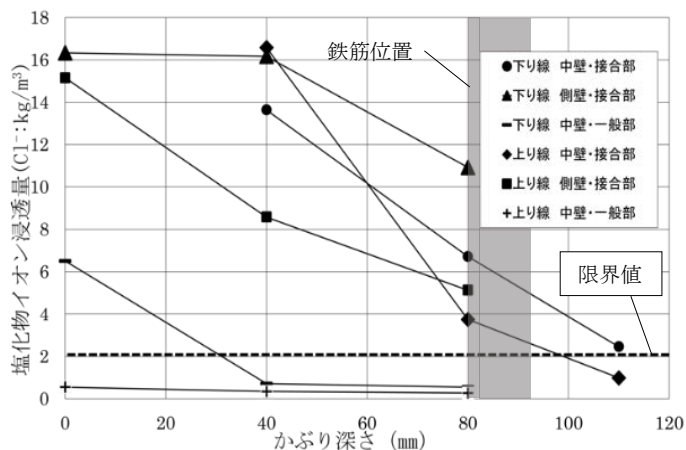


図-5 塩化物イオン浸透深さ

6. 変状原因の推定

工事誌や財産図、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コンクリート内に浸透し、かぶり不足など施工時の影響に起因して鉄筋の腐食、体積膨張が生じ、かぶりコンクリートの浮きが発生したと考えられる。

7. 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。

8. おわりに

今回の随時検査で当該箇所以外の接合部についても目視・打音調査をした結果、著しい変状は確認されなかった。ただし、一部の接合部において上床版からの漏水が確認されたため、引き続き通常全般検査などで経過観察する必要がある。

今後、供用開始から長期間経過した臨海部や感潮河川付近の地下構造物において塩害による劣化が確認された場合、外的要因と内的要因が複合的に作用して変状を著しく進行させることを前提として、現場調査によって躯体コンクリートのかぶりの状態を確認して、健全度を評価することが極めて肝要である。

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