

横須賀線芝浦立坑における塩害によるコンクリート劣化調査および対策

東日本旅客鉄道株式会社 東京土木技術センター

正会員 ○相部 佑太郎
塚本 清成 長尾 拓真

1. はじめに

芝浦立坑は、横須賀線東京トンネル内の新橋・品川間に位置しており、中央部に換気ダクトを有している。近年線路直上に位置する換気ダクト部において、コンクリートに浮きや鉄筋露出が顕著にみられている。現在、コンクリート片落下防止のためネット工による応急対策を実施しており、変状に対する恒久対策を検討している。本稿では、芝浦立坑におけるコンクリート躯体の変状調査、変状原因の考察および恒久対策工法について報告する。

2. 構造物概要及び変状概要

2.1 構造物概要

芝浦立坑は、横須賀線新橋・品川間に位置し、トンネルのシールド発進立坑として 1970 年に建設された。本立坑は、同時期に建設された芝浦変電所 (B2F～地上 3F 建) と B2F で接続している。

特徴として、立坑中央に上下線各 2 箇所ずつ、吹き抜け構造の換気ダクト (図-1) が設けられている。

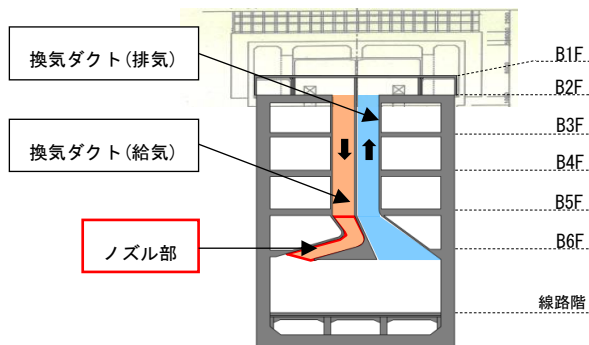


図-1 芝浦立坑 断面図

換気ダクトは給気、排気で異なった形状をしており、いずれも線路直上に開口している。また給気ダクト下部はノズルのような形状 (以下ノズル部) をしている。

2.2 変状概要

(1) 換気ダクト

換気ダクト内部は、平成 25 年度より昇降機を用いた近接目視検査を実施している。検査にて確認された主な変状は、コンクリートの浮き、鉄筋露出であり、部位によらず、換気ダクト全体に散見された。中でもノズル部に浮きが多くみられた (図-2)。



図-2 ダクト下部変状写真



図-3 芝浦立坑 位置図

これらの変状には、はつり落とす際にかぶりコンクリートが面的かつ広範囲に剥落する、鉄筋の腐食が著しく進行しており断面欠損している箇所が散見される等の特徴が見られた。これは、弊社が管理している湾や運河に近接している他トンネルにおけるコンクリート劣化変状と酷似していた。芝浦立坑も同様に海に近接している立地 (芝浦運河より水平距離約 100m) (図-3) のため、主たる変状原因は塩害ではないかと推測した。

(2) 立坑躯体その他

換気ダクトを除く立坑全体では、柱周囲および階段設置箇所のスラブ開口部周囲にダクト内部と同様の変状がみられた。また B2F における地下立坑部と地上変電所との接続部において、漏水が多量に発生していた。

3. 変状の詳細調査

今回当該劣化の主因が塩害によるものであるかの判定に加え、塩害の波及原因についての調査を行った。特にコンクリートの健全度の低下が著しいノズル部については、対策工の検討のため詳細に調査を実施した。

(1) 塩分含有量調査

立坑の各階の壁面および床版の上面下面についても計測を行った。計測はドリル法を用い、深さ 20mm 毎に、計 100mm 深まで実施した (図-4)。

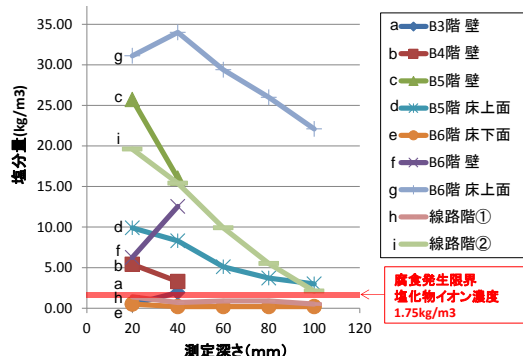


図-4 塩分量測定結果

Keyword: トンネル立坑, 塩害, 漏水

連絡先 〒101-0041 東京都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 TEL03-3257-1694

結果は B4F より下層で腐食発生限界塩化物イオン濃度を上回る値が計測された。また測定深さが深くなるに連れて塩化物イオン濃度が低くなる傾向がみられた。床上面については採取時に滞水等はなかったが、過去に滞水していたと思われる跡が見られた。このことから、漏水や滞水により、塩化物イオンが躯体に徐々に浸透することで、塩害が進行していったと推察できる。

(2) 漏水内塩分量測定器調査

立坑内で発生している漏水に含まれる塩分含有量を、簡易塩分量測定器を用いて計測を行った。結果は、B2F の変電所との境界で発生している漏水が最も値が大きく、0.5%であった。海水塩分濃度の 7 分の 1 程度ではあるが、塩分が漏水に含まれており、漏水が塩分の供給源であると考えられる。

(3) 塩害の進行原因

調査結果より、立坑全体として塩害の兆候が見られ、特にノズル部で変状が進行していることがわかった。以下に変状が進行した理由について考察する。

B2F の漏水箇所については排水溝が整備されており、集水後に線路下の貯水槽まで縦排管にて導水している。しかし、排水溝にできた貫通クラックや、ケーブルダクト等の開口部を通じて、下層階に漏水が波及した。加えて、排水溝等が十分に整備されていない箇所に漏水が到達したことにより、滞水が発生したと考えられる。

次に、ノズル部の変状が著しかった理由について考察する。前述した漏水の経路で B6F のノズル部と床面スラブとの接合部(図-5)に水が到達する。構造上弱点となる接合部に漏水が進入、滞水することにより、鉄筋が腐食した。鉄筋の腐食膨張圧によりコンクリートが剥離し、接合部に隙間ができたことにより、線路階に漏水が侵入したと考えられる。加えて、送風により漏水が飛散したことや、乾湿を繰り返し高濃度に塩分が浸透していたことも、変状を広範囲にさせた要因だと考える。

4. 対策工の検討

4.1 ノズル部改良工

塩害と変状が進行しているノズル部については、従来工法である繊維シートによる剥落対策では、塩害劣化の進行は抑制できないことから、対塩害を主眼に置いた対策案の検討を実施した。対策工の選定にあたって、ノズル部のコンクリートを鋼板に置き換える案(①案)とノズル部の劣化したコンクリートを打ち替える

案(②案)の2案を検討した。

①案は鋼材を用いることで高い耐久性は期待できるが、資材搬入路が狭隘であることから鋼材を細分化する必要がある。そのため板厚や加工精度による形状変更により、既設ダクトと吸排気の空気の流れに相違が生じる恐れがあった。②案は、除塩コンクリートやエポキシ樹脂塗装鉄筋を採用する等により、高い耐久性が期待できる。また既設形状と同形状とすることができるため、空気の流れに相違が生じないというメリットもある。よって、②案であるコンクリート打ち替え案を今回採用した。

②案に際しては、A部とB部で施工箇所の区別を行った(図-5)。A部は躯体の厚さが確保されていることから、塩分含有箇所を撤去した後、遮塩モルタルを用いての吹付工を実施する。鉄筋が消失している箇所は、エポキシ樹脂塗装鉄筋を新たに配筋する。B部はコンクリート厚が薄いことから、A部のような部分的な改良は困難であると判断し、コンクリートを新たに打設する工法とした。

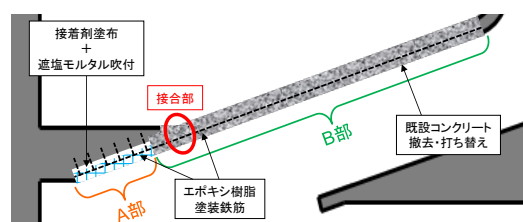


図-5 ノズル部改良概略図

4.2 漏水対策

塩害の発生および進行原因を考察した結果、塩害進行を抑制するためには塩分供給の一因である漏水に対しても対策を講じる必要がある。特に B2F の漏水箇所は水量も多いため、注入材による止水工に加え、既設排水設備の改良を行い、適切に導水する計画を立案する。

5. おわりに

弊社では、同種構造かつ立地条件も同様な立坑が複数存在する。今回の調査で得られた知見を活用し、他立坑の補修の参考としたい。そして検査時は、塩害の要因である漏水の有無を把握し、適宜止水工事等を実施していくこととしたい。

参考文献

- 1)地下鉄トンネルにおける塩害発生条件の検討,コンクリート構造物の補修・補強・アップグレード論文報告集,第11巻,p.147,2011.10
- 2)コンクリート標準示方書「維持管理編」,p.174,2013.8