

地下トンネル区間における道床コンクリート変状と対策について

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○佐藤 和久 西日本旅客鉄道(株) 正会員 三宅 篤
西日本旅客鉄道(株) 正会員 重富 康児 西日本旅客鉄道(株) 正会員 一條 健吾

1. はじめに

近年、当社における複線地下トンネル区間上り線の道床コンクリートに変状が確認された。今回、変状原因の調査および対策工事を行い、その後の分析調査についても実施したので併せて報告する。

2. 変状概要とその原因

(1) 変状概要

写真－1に示すような断面が侵食された跡が、淀川水系を潜る区間に次いで深い区間の下り勾配の終点部付近にあった。



写真－1 道床コンクリートの変状

この道床コンクリートの経年は15年程度であり、さらに劣化範囲が広がると、道床コンクリートの断面が減少し、道床横抵抗および縦抵抗が低下し、列車運行に影響することが懸念された。

(2) 変状原因調査

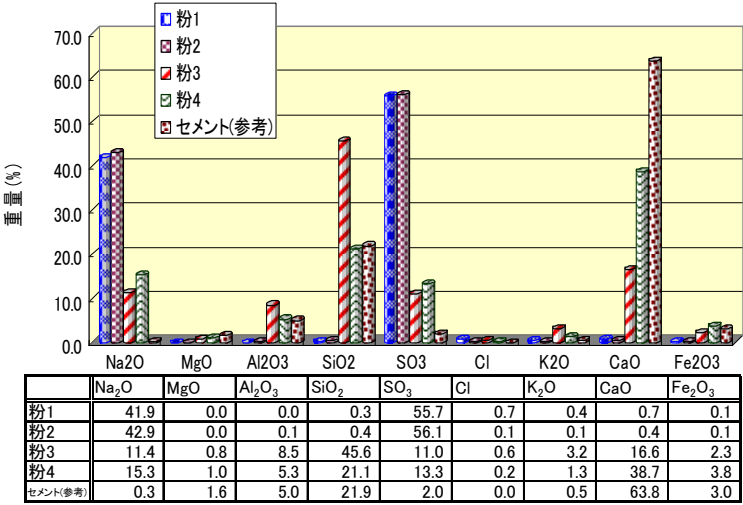
採取した堆積物の採取状況を表－1に、析出物の成分分析結果を図－2に示す。酸化ナトリウムと三酸化硫黄の2種からなる物質として、析出物は硫酸ナトリウムであると推定される。

次に、側溝の滞水の採取箇所を表－2に、成分分析結果を表－3に示す。成分分析の「水1」～「水3」の線路側溝から採取した水には析出物と同様に大量のナトリウムイオンと硫酸イオンが含まれていることが分かった。

析出物および、滞水の成分分析より、両者とも硫酸およびナトリウムの成分が多く含まれていることが分かった。これは周辺に見られる海成粘土層の影響及び

表－1 析出物の採取状況

試料名	採取場所	状況等備考
粉1	上り線2k685m付近右線路側溝	コンクリート表層の白色析出物(乾燥)
粉2	上り線2k650m付近右線路側溝	滞留した水際に析出した白色結晶(飽和状態)
粉3	上り線2k690m付近左線路側溝	コンクリート表層および砂状の細粒部
粉4	上り線2k685m付近左線路側溝	微粉が凝集したような淡い白色の固形物



図－1 析出物の成分分析結果

周辺に施工された薬液注入工が影響したと推測される。したがって、桜橋トンネルの道床コンクリートの劣化は、硫酸ナトリウムによる化学的腐食が原因であると推定される。硫酸ナトリウムは、水和物の生成に伴い、

表－2 滞水の採取状況

試料名	採取場所	状況等備考
水1	上り線2k358m付近右線路側溝	側溝内に滞留 側壁の水際には白色結晶が析出
水2	上り線2k450m付近左線路側溝	側溝内に滞留 周囲には白色結晶が大量に析出
水3	上り線2k650m付近右線路側溝	側溝内に滞留 側壁の水際には白色結晶が析出
水4	西天満換気所連絡通路	天井より滴下する漏水を容器にためて採取

約4倍に体積膨張する。硫酸ナトリウムがコンクリート内部に浸透して乾湿を繰り返すことにより、硫酸ナトリウムの結晶成長圧または水和膨張圧により、表層が剥離し、断面が減少していくと考えられる。

表－3 滞水中の各イオン濃度(ppm)およびpH

試料名	Na ⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	pH
水1	5,300	0.6	190	180	340	8,200	11.2
水2	4,400	0.2	280	91	390	9,100	9.3
水3	8,000	0.3	360	130	630	15,000	8.2
水4	4,700	0.3	4,400	1	3,400	420	10.0
海水	9,000 ～11,000	1,000 ～1,500	400 ～800	200 ～500	18,000 ～20,000	2,000 ～3,000	7.8 ～8.2

3. 対策工法

劣化部分の補修及び硫酸ナトリウムの浸透を防止するための対策として、道床横抵抗力および縦抵抗力の低下が懸念された下り勾配の終点部から上り勾配に変化する延長約 60m 付近を中心に腐食したコンクリートを一定の深さまでは取り取り、耐酸性、コンクリートの付着性に優れたスラブ軌道補修用樹脂(表-4 参照)を注入し、断面修復する工事を平成 20 年度～22 年度にかけて行った。

表-4 樹脂の性状

用途	スラブ軌道てん充補修材
外観	半透明赤紫色液体
配合 (重量費)	型枠工法 ビニルエステル樹脂 100 硬化触媒 3 珪砂 100
比重	1.52
硬化時間	20±5分/20℃
コンクリートとの付着強さ	26.5kgf/cm ²
ショア-硬度C	80～95

4. 対策実施後の効果の確認

平成 20 年度に対策工事を施工してから 2 年後、再劣化がないかの目視調査を実施した。修繕を行った線路側溝に堆水している箇所があったが、変状は見られなかった。そして、修繕した樹脂に劣化因子の化学成分が浸透していないかを確認するために、修繕箇所のコアを採取し、EPMA 分析を行った。

(1) 分析概要

分析元素は、変状箇所に硫酸ナトリウムの成分が含まれていたことから、Na, S, そして、海水が浸入している可能性を考慮し、Cl の 3 元素とした。

(2) 分析試料

採取したコアから、EPMA 分析試料 4 試料を作製した。詳細を表-5 に示す。なお、分析コアは、平成 20 年度に対策工事をを行った箇所から採取したものである。

表-5 分析試料(分析位置 4 試料)

No.	分析位置	コア採取箇所
①	補修樹脂表面から高さ80mm	道床コンクリート部
②	補修樹脂とコンクリート部との接触面を中心に高さ80mm	道床コンクリート部
③	補修樹脂表面から高さ80mm	左線路側溝部
④	補修樹脂とコンクリート部との接触面を中心に高さ80mm	左線路側溝部

(3) 結果

試料 No.①, ③については、補修樹脂に分析元素 3 元素の浸透は認められなかった。試料 No.②については、補修樹脂と既存コンクリートとの接触面に分析元素の浸透は認められなかった。試料 No.④で補修樹脂との接触面から既存コンクリート部にかけて S(硫黄)の浸透と Cl の内部移動が認められた。これは、補修樹脂による対策工事施工に劣化したコンクリートのはつりがやや足りなかったと考えられ、Na の浸透は見られ

なかったことから、硫酸ナトリウムによる劣化は今後もないと考えられる。Cl については、S が浸透したためにその部分が中性化したためではないかと考えられる。

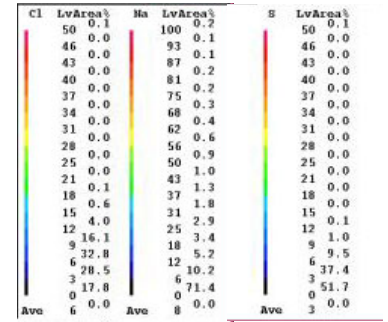


図-2 各分析元素の濃度分布指標

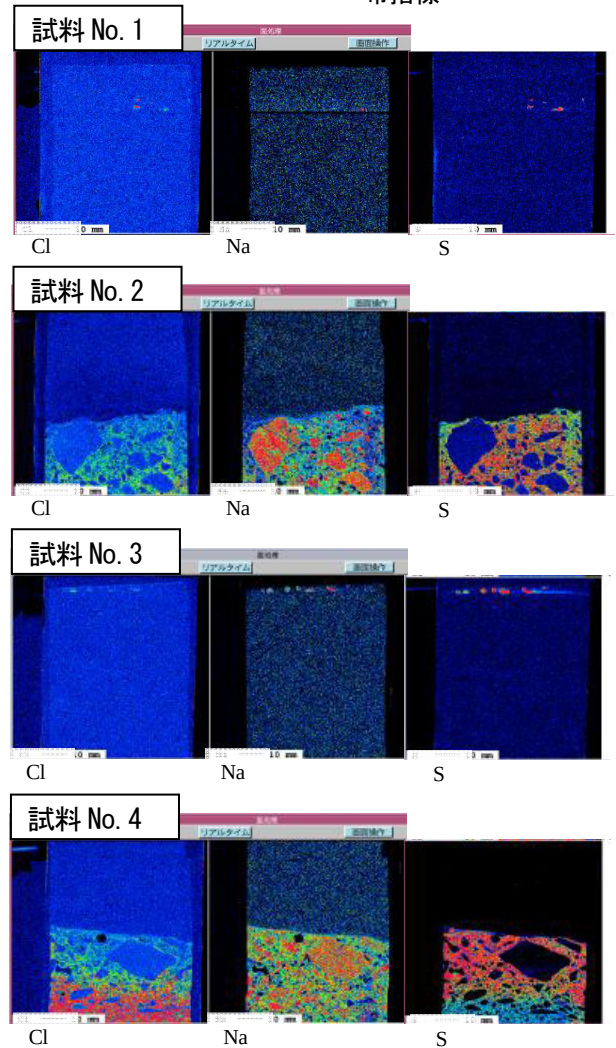


図-3 試料 No. 1～No. 4 の EPMA 分析結果

5. まとめ

- ・道床コンクリートの変状は、コンクリート表層に浸透した硫酸ナトリウムに起因し、水和物生成過程で生じる膨張圧の影響と考えられる。
- ・上記の成分は、周辺粘土層の影響及び周辺の薬液注入工事の影響と推定される。
- ・対策工事後の再変状はなく、対策は効果的である。今後周辺において同様の劣化が発生する可能性があり、劣化への早期対応に向けて検討を進めたいと考えている。