

在来線路盤陥没の調査・対策について

東日本旅客鉄道株式会社

正会員 ○清水 保 藤田 智也

正会員 下垣 正宏 猿谷 賢三

明星大学理工学部

正会員 矢島 寿一

1. はじめに

これまでに開削トンネル上部で地表面の沈下とその対策が報告されてきた¹⁾。その中で、今回報告する区間は開削トンネルの上部を営業線（複線）が走っており、陥没が発生している区間で安全・安定輸送を脅かしている。当該区間は、昭和62年～平成元年にかけて対策工として薬液注入（CB）を行っているが、その後も表-1に示すように数度の路盤陥没が発生している（写真-1）。そこで、当該区間について資料調査及び現地調査を行い、陥没のメカニズムを解明することで効果的な対策を行ったことを報告する。

2. 資料調査

当該区間で最も特徴的な点は図-1に示すように線路下にトンネルが平行して走っていることである。工事史を見ると、トンネルはH鋼杭横矢板による開削工法で建設されている。

また、当該区間付近における地下水位は図-2に示すようにトンネルを挟んで左右で異なり、陥没発生が多い左側は水位が高くローム層と礫層付近まで上がっており、一方で右側の水位は低く礫層以下で変動している。これは地下水流が線路左から右に向かって流れていることに起因する。

3. 応急対策

まず、路盤の現状を知るために、空洞探査を行った。その結果、図-3中赤丸で示すように空洞と認められる箇所が点在していた。その中でも過去の陥没実績や浅い箇所での確認された緩み・空洞に重み付けを行い、優先順位を付け応急対策として強制振動を行った。その結果、表層付近の緩みを解消することができたが、同箇所にて再度陥没が発生した。そのため、道床・路盤を掘削し、土中の状況を確認したところ、写真-2に示すように、強制振動の跡の下部に大きな空洞を確認した。これは図-4に示すように、過去に注入した層の下部に大きな空洞ができていたことによるものと考えられる。これにより、注入層の下に空洞・緩みが存在していることが明らかとなった。なお、強制振動箇所について、入念なつき固めを行い、同様に碎石が抜ける箇所についてはクラッシュランによる埋め戻しを行った。

表-1 陥没実績

陥没発生日	発生場所	陥没規模(m)	対策工
H5 5月17日	上り 右	0.8 × 0.6 × 1.6	碎石埋め戻し
H5 7月7日	上り 右	1.0 × 0.5 × 0.3	碎石埋め戻し
H8 11月9日	下り 左	0.5 × 0.8 × 0.2	碎石埋め戻し
H19 7月31日	下り 左	0.6 × 0.6 × 0.9	強制振動
H19 9月6日	下り 左	0.5 × 0.5 × 0.3	碎石埋め戻し
H20 1月4日	下り 左	0.3 × 0.3 × 1.5	強制振動

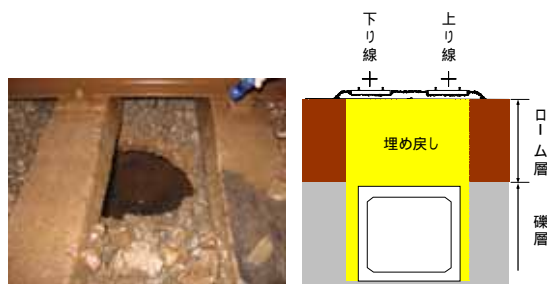


写真-1 陥没例

図-1 断面図

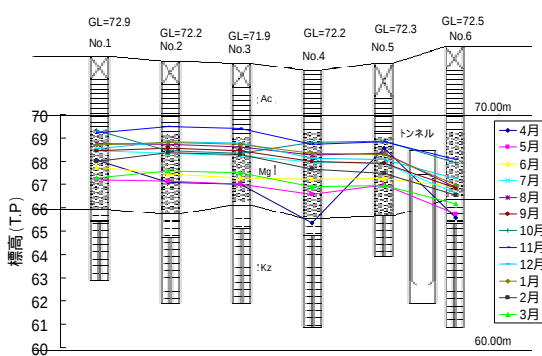


図-2 地下水位の変動（平成18年度）

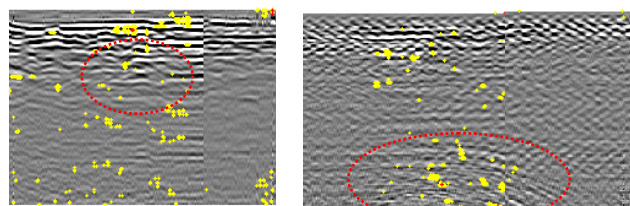


図-3 空洞探査結果例



写真-2 掘削による空洞確認

キーワード 路盤陥没 空洞対策 注入

連絡先 〒192-0073 東京都八王子市寺町 61 東日本旅客鉄道(株)八王子支社八王子土木技術センター

T E L 042-621-1291 E-mail : tamo-shimizu@jreast.co.jp

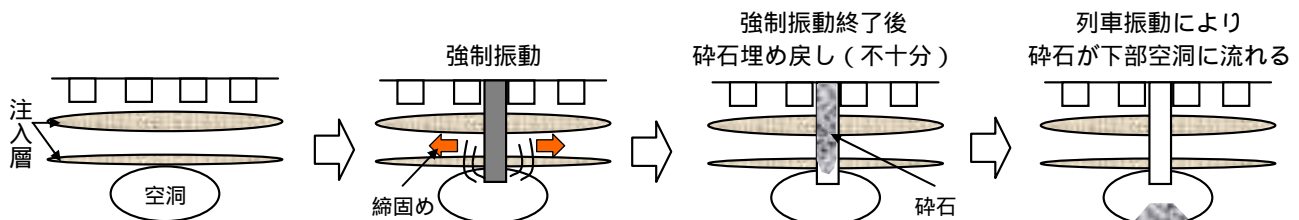


図-4 強制振動後の陥没発生メカニズム

その後、強制振動の効果を確認すべく、路盤の状況を確認すべく再度空洞探査を行った。空洞探査の結果は、前回大きな空洞・緩みが確認されていた箇所については解消することができていたが、細かい緩み等はまだ確認されたため、7～9月の雨季において安全・安定輸送を確保するために、吊桁を施工した（写真-3）。

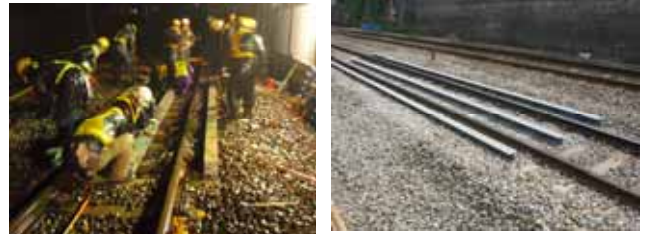


写真-3 吊桁施工

4. 陥没発生メカニズム

陥没の発生後、応急対策として強制振動を施工したが、まだ細かい緩み等は解消できておらず、これらの対策として、注入工を考えた。その際、過去の注入工では空洞発生を防止することができなかったため、陥没発生メカニズムを考え、効果的な注入工を行うことを考えた。

陥没発生メカニズムを解明すべく、土質調査及び地下水調査を行った。土質調査から、当該区間の地質は、資料と同様に、全体的に多孔質はローム層が GL-0.5m～-5.5m 程度まで存在し、その下には礫層があることを確認することができた。また、地下水位は付近の変動と類似しており、季節変動を伴っていた。その変動は、ローム層と礫層の境界を跨ぎ変動していた。陥没は7月～11月の地下水位が高い時期に多く発生していることから、次のようなメカニズムを仮定した（図-5）。

トンネル左側の地下水位が上昇することでローム層（埋め戻し土含む）に達し、その地下水位により細粒分が吸い出される。これにより、ローム層と礫層の間に空洞ができ、これが列車振動等により崩れることで空洞の応力が再配分され、緩みを伴いながら空洞は拡大していく。そして、空洞は浅い位置に達し、均衡が崩れ、道床と共に落込み陥没が発生すると考えられる。

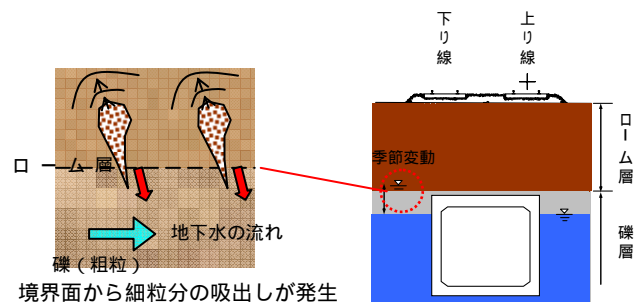


図-5 陥没発生メカニズム

5. 対策工

上記メカニズムを元に細粒分の吸出しが生じるローム層と礫層の境界に、地下水による逸走を防止したゲルタイムの短い注入材を選定した。また、列車振動の影響を考慮し、荷重分布角を30°と仮定し、図-6に示すように注入範囲を決定した。

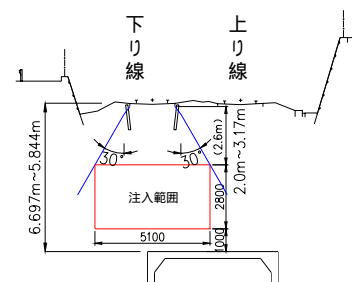


図-6 対策工

6. まとめと今後の課題

陥没発生箇所について、応急対策を行い、その中で陥没発生メカニズムを仮定することで効果的な対策工の選定ができた。現在、注入を行っているが、完了後、ボーリングにより計画範囲に確実に充填できているかを確認する必要がある。今後は、注入工による改良体は永久構造物ではないため、引き続き状況を注意深く見ながら恒久対策を講じていく必要があると考える。

参考文献

1) 栗林ほか 開削トンネル周辺のゆるみに対する工法選定と対策について、第35回関東支部技術研究発表会、2008年