

田沢湖線における路盤陥没の原因推定と対策工の検討について

東日本旅客鉄道株式会社盛岡支社 正会員 ○山本 亮
正会員 相川 信之

1. はじめに

田沢湖線盛岡～赤湊間の約15km区間では、度重なる路盤陥没（以下、陥没）が発生しており、その度に列車の運休や遅れが生じている。当該線は東北新幹線と直接つながる線区であり、新幹線の安定輸送にも影響を及ぼすため、輸送障害を未然に防ぐことが求められる。そこで、平成21年度から地質調査や水位観測等の調査を行い、陥没の原因推定と対策工の検討及び施工を行ってきたので報告する。

2. 田沢湖線の陥没発生状況

当該区間は秋田新幹線開業前から陥没等が発生し、過去10年間では19件の陥没が発生しており、近辺で繰返し発生している場所も存在する（図-1）。当該区間の陥没は、比較的小規模なものが多く、発生した箇所は素地区間や低盛土区間で、線路下には伏び等の埋設物はなかった。



<図-1 位置平面図>

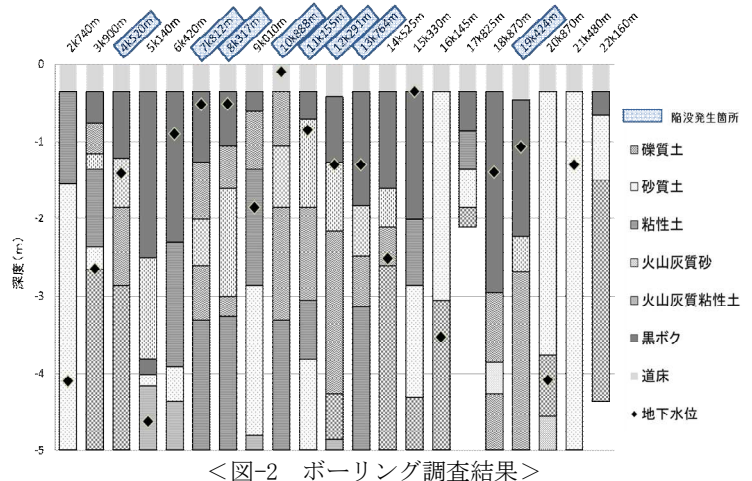
3. 田沢湖線の地形と地質

当該区間は岩手山南麓部にあたり、周辺は岩手山の火山噴出物や火砕岩類等の火山起源の地質で大半が構成されている。線路は雲石川に並行して東西方向に敷設されており、25%の急こう配区間も介在することから、水道となりやすい環境である。また、当該区間周辺には、田畑や谷地形が多く、線路脇に滞水している場所も見受けられる。

4. 田沢湖線における陥没の原因推定

当該区間の陥没発生箇所は、線路下に伏び等の埋設物がないこと、火山由来の地質かつ集水地形で水位が高い環境であることから、地盤と地下水が陥没の原因に関わっていると推定し、ボーリング調査及び土質試験、地下水位の観測を行った。

（1）ボーリング調査：陥没発生箇所や勾配変化点を中心に、全54箇所で行った。調査の結果、当該区間全体に黒ボクや火山灰質粘性土といった火山灰堆積物由来の土が、表層から3m以内の範囲を構成していた（図-2）。これらのN値は、黒ボクで0～2、火山灰質粘性土で0～11と非常に軟弱であった。



<図-2 ボーリング調査結果>

（2）土質試験：液性・塑性限界試験及び粒度試験より、当該区間の土質は軟弱で不安定な状態にあり、乱した時の泥濘化や強度低下、凍上が懸念されることが判明した。また、盛土の締固め試験

及び圧密試験の結果より、盛土の脆弱化や密度減少は生じているが、圧密は終息し過圧密状態であった。

（3）地下水位観測：ボーリング孔の一部で地下水位の観測を行ったところ、大半が地下水位の変動が大きい、または年間を通して地下水位が高い状況であった。特に陥没発生箇所は地下水位変動が大きく、また、繰返し陥没が発生している場所は、地下水位の変動が大きいことに加え、年間を通して地下水位が高い傾向であった。

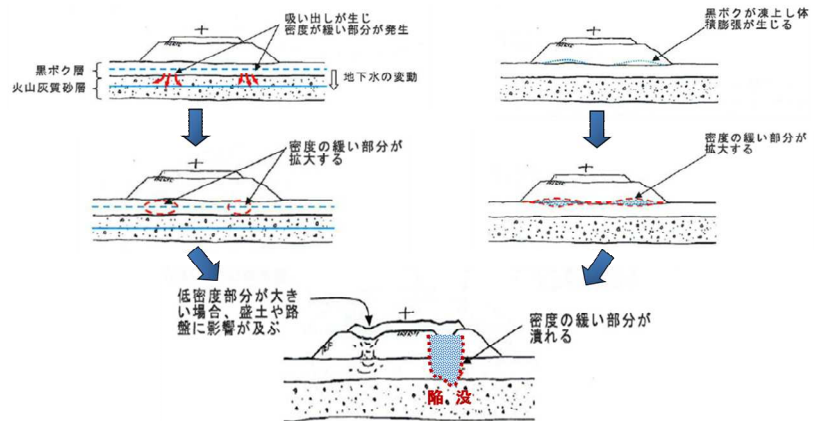
キーワード 路盤陥没、黒ボク、火山灰堆積物、路盤置換工、強制振動

連絡先 〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通1番41号 東日本旅客鉄道株式会社盛岡支社 TEL 019-625-4065

(4) 陥没のメカニズム：ボーリング調査及び土質試験、地下水位観測の結果より、陥没のメカニズムを次のように推定した。①地下水位の変動が大きいケースでは、黒ボク等が地下水位低下時に、下の砂層へ吸出され低密度化する。さらに地下水位変動の繰返しにより低密度部分が徐々に拡大し、列車荷重等により陥没が発生する。②一方、年間を通して地下水位が高いケースでは、黒ボク等が冬期に凍上を起こし、膨張・低密度化する。凍結・融解が繰り返されることで低密度部分が徐々に拡大し、融雪後の地下水位低下に伴い

①地下水位の変動による吸出し

②黒ボク等の凍上による膨張・低密度化



<図-3 路盤陥没発生メカニズム>

黒ボク等の細粒分が吸出され、列車荷重等により陥没が発生する。以上により、田沢湖線における陥没の原因は、地下水位の変動による低密度化、黒ボク等の凍上による低密度化といった2つの要因によって形成された低密度部分が、経年により徐々に拡大し、列車荷重等により陥没が発生するものと推定した(図-3)。

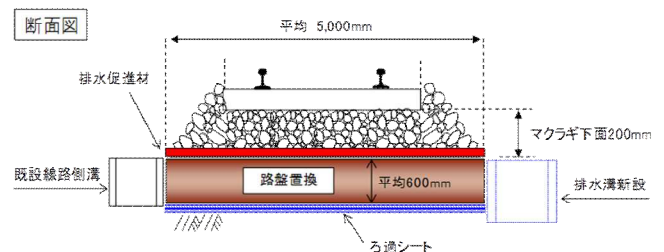
5. 対策工の検討

推定した陥没のメカニズムより、吸出しと凍上の両者を防止する対策工を選定しなければならない。対策工の案として、①路盤置換工、②混合処理工、③砕石置換工、④薬液注入工の4案が挙げられる。これら4案について、施工性やコスト等について比較・検討を行った結果、砕石置換工は施工性と経済性の面で、薬液注入工は効果の面で不利であることから、当該区間の陥没対策は、路盤置換工もしくは混合処理工を選定した。

陥没発生歴がある場所や、黒ボク層内に地下水が介在した箇所については、地下水位の変動により陥没につながる危険性が高いことから、短期間で確実に効果が期待できる置換工を最優先で実施することとした。次に、地下水位が年間を通して高い場所や凍上区間では、強制振動による混合処理工または強制振動を選定した。

6. 路盤置換工の施工

田沢湖線小岩井構内10km888m付近は、陥没が過去2回発生しており、盛土材に黒ボクの混入が確認されている。また、地下水位が年間を通して非常に高く、下り急勾配の流末地点であることも影響し、降雨による水位変動も見られることから、置換工と排水こうを施工した。置換工の施工深さは、水道凍上深を参考にマクラギ下面から800mmと設定し、底面にはろ過シートを敷設して吸出し防止を図り、道床と路盤材の間には排水促進材を挿入した(図-4)。



<図-4 路盤置換工(断面図)>

7. 路盤置換工の効果検証

置換工の施工、排水こうの新設により、施工基面付近での滞水も解消され、路盤状態は良好である。また、軌道検測車による、施工直後及び施工半年後の波形は同じような傾向を示しており、軌道の平面性に大きな変化は見られなかった。これらのことから、置換工と排水こうの施工により、軌道及び路盤が良好な状態に保たれていることが確認された。

8. おわりに

田沢湖線の陥没対策として置換工の優位性が確認できたことから、優先順位の高い箇所については、順次、置換工を施工する計画を進めている。また、対策工の完了までは降雨後等の巡回や類似箇所の経過観察を続け、陥没要注意箇所の解消に向けて引続き取り組み、安全・安定輸送の確保に努めていきたい。

<参考文献>

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物