

線路下陥没対策工法の選定に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○水野 光一朗 松丸 護
塚田 堅士 土屋 尚登 中村 宏

1. はじめに

複線在来線の素地区間において、延長約 4 kmに渡り陥没が多発している区間がある。その中で、平成 9 年以降に全体の約 6 割の陥没が発生した、延長 330mの箇所(全 33 回中 21 回発生)を対象とし、第 1 次対策を実施することとした。本稿では、過去に実施された陥没対策事例をもとに、当箇所における対策工法の検討した結果について報告する。

2. 陥没発生の概要 1)~3)

陥没多発区間の一般的な地質断面を図-1に示す。地表面(軌道のレール頂部高さ-0.5m程度)から深さ 2 m 付近に間隙比が極めて大きい鹿沼土層(Kp)が存在し、列車荷重および地下水流動により、鹿沼土層およびその上層の第 1 ローム層(Lm1)が流失すること等により、陥没が発生する挙動が考えられている。

3. 過去に実施された陥没対策工法について

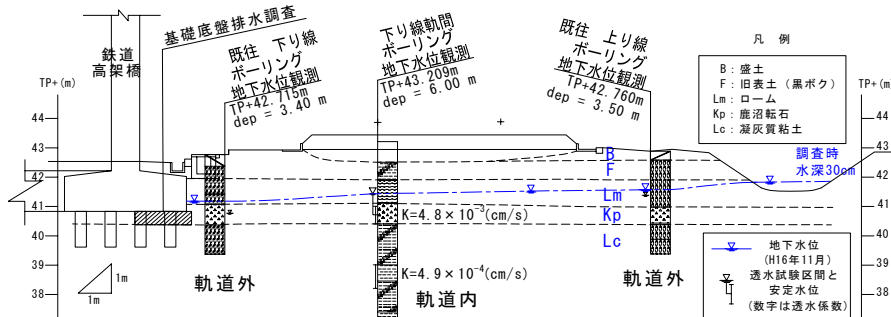


図-1 陥没発生区間の地質断面



写真-1 陥没発生状況

過去に実施された陥没対策事例を以下で述べる。ここで当箇所の主要な施工条件は、線路閉鎖による実作業時間が概ね 90 分である。

3-1. 強制沈下工法

本工法は、軌道上走行用に改造された専用車両（以下、軌陸車）のクレーン部の先端に、H型鋼を取り付けて、軌道砕石部から路盤部へ、振動を与えながらH型鋼を貫入し、間隙を埋める施工方法である(写真-2)。施工終了後、沈下した部分に砕石等を補充する。



写真-2 強制沈下工法

本工法は、都心部の災害復旧にも用いられ⁴⁾、路盤(浅層)部の締め固めには効果があると思われるが、貫入深さに比例して地盤の先端・周面抵抗が増大し、改良効果が低減すると考えられる。また、当箇所において、架線支障を避けるため 2 本継ぎとした、長さ 3.0 mのH型鋼を用いて、鹿沼土まで貫入する試験施工を行ったが、H鋼の継足しと取外しに多くの時間を費やし、効率的に鹿沼土まで貫入する施工を行うことは困難であった。

3-2. 浅層攪拌改良工法⁵⁾

本工法は、文献 5) 第 5 条に示されるように、セメント系、石灰系等の施工法と実施例がある。当箇所用には、軌陸車を用いた機械攪拌工法、噴射攪拌工法等を検討したが、線路閉鎖での作業時間が短く、鹿沼土まで改良する施工を行うことは困難と判明した。

3-3. アースオーガーを用いた砕石置換工法⁶⁾

本工法は、軌陸車のクレーン部にアースオーガーを取り付けて、正回転時には掘削を行い、オーガーを引き

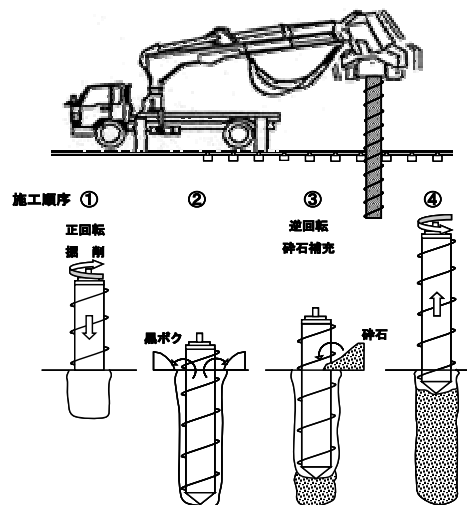


図-2 アースオーガー置換工法

キーワード：陥没 注入 置換 鹿沼土

連絡先 〒330-9555 埼玉県さいたま市大宮区錦町 434 番地 4 東日本旅客鉄道株式会社 大宮支社設備土木課 TEL048-642-7406

上げる時に、逆回転しながら碎石に置換を行う工法である。

実施例(図-2および図-3)では、線路閉鎖による作業時間が150分程度の条件下で、置換深さを地表面から0.5～1.5mとして実施された。施工の前後で簡易動的コーン貫入試験を実施し、施工後の貫入強さは施工前より大きいことを確認している。また対策箇所において、陥没は再発していない。

本工法は、周囲の地下水の流動に対し、影響が最も小さい施工法であるが、長期的に見て地盤の土粒子の流失を完全に防止することは困難である。また当箇所においては、作業時間が90分程度と短いこと、必要な改良深さが地表面から3.0m程度と過去の実績の2倍程度となることから、オーガーを長くし、継手を設ける等の改造が必要であるが、この改造により施工効率が落ちることが懸念された。

3-4. 矢板締切り併用注入工法⁷⁾

本工法は、地盤の土粒子の流失、および注入時の注入材の流失を防止する目的で、鋼矢板を線路方向に打込んで締切り、その中に注入を実施する施工法である。

実施例では、注入方法は単管ロッド工法、注入材はセメントベントナイトモルタルを用い、図-4に示すように線路方向に1.0m間隔で注入された。また、対策箇所において陥没は再発していない。

本工法は、地盤の土粒子の流失を防止する点で、最も理に適っている。鋼矢板打込みが昼間作業可能であること、斜め注入として、注入の事前作業を線路閉鎖前に実施することで、当箇所の実作業時間90分程度の大部分を注入作業に充てることができる。

4. まとめ

これまで述べてきたことを、表-1まとめる。

表-1 陥没対策工法の比較検討結果

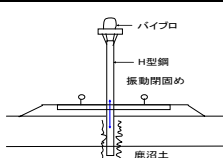
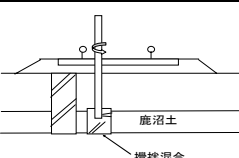
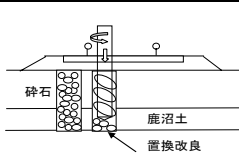
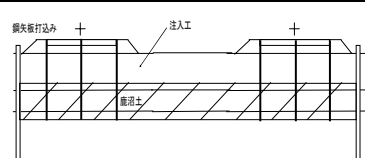
工法	強制振動工法	攪拌改良工法	碎石置換工法	◎鋼矢板締切り併用注入工法
略図				
概要	H鋼を用いた振動締固め	攪拌混合(セメント系固化材)	オーガー逆転時に碎石置換	鋼矢板締切り後、セメントベントナイトを注入
長所	・施工が比較的容易 ・注入材等の施工材料不要	・施工できれば対策効果大	・対策効果は大きい ・周辺地下水への影響小さい	・対策効果は大きい・施工比較的容易 ・土粒子流失防止で最も理に適う
短所	・長期耐久性について疑問 ・当現場で効果的的施工不可	・当現場では施工不可。	・長期的には土粒子が流失 ・施工法改造必要で工事費大	【付記】締切りによる周辺地下水への影響は無い。上り側水路から線路側への流入水を遮断する効果はある。

表-1から、鋼矢板締切りによって周辺地下水の水枯れ等を引き起こす等の懸念は無いと判断し、当現場では鋼矢板締切り併用注入工法を選定することとした。なお、その他の施工法についても、陥没深さや実作業時間等の施工条件が適合すれば、選定可能と考えられる。本報告が同種工事の参考となれば幸いである。

<参考文献>

- 1)水野ほか 線路下陥没現象についての地盤工学的1考察(その1) 2005年度第40回地盤工学会研究発表会
- 2)水野ほか 線路下陥没現象についての地盤工学的1考察(その2) 2006年度第41回地盤工学会研究発表会(投稿中)
- 3)中村ほか 線路下陥没現象についての地盤工学的1考察(その3) 2006年度第41回地盤工学会研究発表会(投稿中)
- 4)御茶の水駅付近災害検討委員会 報告書 1994年5月 東日本旅客鉄道株式会社 施設電気部
- 5)維持管理マニュアル第2巻 II補修・補強編 営業線路盤改良の設計施工マニュアル 2004年12月 東日本旅客鉄道株式会社
- 6)小林ほか 軌陸式アースオーガーを用いた路盤改良工事 1999年9月 土木学会第54回年次学術講演会
- 7)鈴木 裕 路盤かんぼつ災害復旧工事 鉄道土木9-6 1967年6月

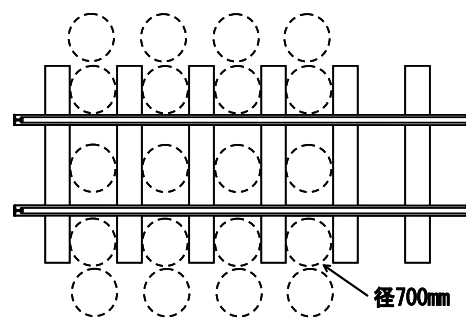


図-3 オーガー置換部配置例

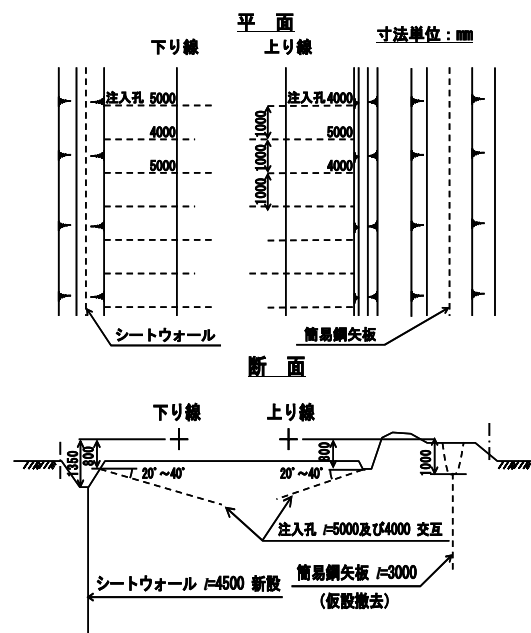


図-4 締切り併用注入実施例