

鋼矢板締切り併用セメント・ベントナイト注入による線路下陥没対策工事の施工

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○塚田 堅士 松丸 護
 土屋 尚登 中村 宏
 ユニオン建設株式会社 正会員 大島 亮

1. はじめに

複線在来線において、延長約4 kmに渡って陥没が多発している区間がある。そこで、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、数種の施工法について検討し¹⁾、当箇所の対策工法として選定した「鋼矢板締切り併用セメント・ベントナイト注入工法」の施工概要について報告する。

2. 設計

2-1. 鋼矢板の設置位置²⁾

図-1に施工の標準断面を、図-2に注入孔の標準配置をそれぞれ示す。

締切り用の鋼矢板は、地盤調査結果に基づき、鹿沼土層下端部より深く打込むようにした。また、鋼矢板の地上部付近の位置については、噴泥抑制を考慮する必要がある。当箇所の現状としては、まず噴泥現象は殆ど無いこと、次に陥没多発箇所であることから道床沈下箇所が多く、道床交換頻度が高く、道床碎石が厚い箇所であることが言える。また、軌道の側面部に水路や排水溝が存在することを考慮し、鋼矢板を地表面から0.5m低い位置で切断して、路盤部の湛水を抑制することとした。

2-2. セメント・ベントナイトの配合

セメント・ベントナイト(以下、CB)は、硬化時間が長く、水ガラスを含まないことから耐久性に優れた注入材料であるが、銘柄(成分等)の違い、また保存状態等によっても品質にばらつきが出やすい³⁾。当箇所では、土被りが小さい条件下での注入となるため、硬化時間が長いことに加えて、流動性に富む材料であることが必要である。そこで3銘柄のCBを用い、室内配合試験を実施して、以下の配合に決定した。

表-1 CBの配合等(1m³あたり)

普通セメント (C : kg)	ベントナイト (B : kg)	水 (ℓ)	B/C(%)	フロー値(P ロート : 秒)	一軸圧縮強さ (N/mm ²)	ブリーディング 率(%)
250	60 (TB-250:立花 マテリアル)	897	24	9.0	0.67(28日)	6.8
室内配合試験による						

2-3. 設計注入率

表-2に、各層の物理特性を示す。鹿沼土層は、間隙比が非常に大きく、透水係数も比較的高い。当箇所における注入の主目的は空隙充填であり、注入対象は、鹿沼土層およびその上層の旧表土層と第1ローム層とした。設計注入率は過去の事例等⁴⁾⁵⁾から、陥没発生に起因しており、全体を充填したい鹿沼土層で35%、空隙部分を充填したい旧表土層と第1ローム層で20%と仮定した。設計注入率は注入が不足しないための目安であるが、この数値は、特に旧表土層と第1ローム層においては、大きめの数値と思われる。

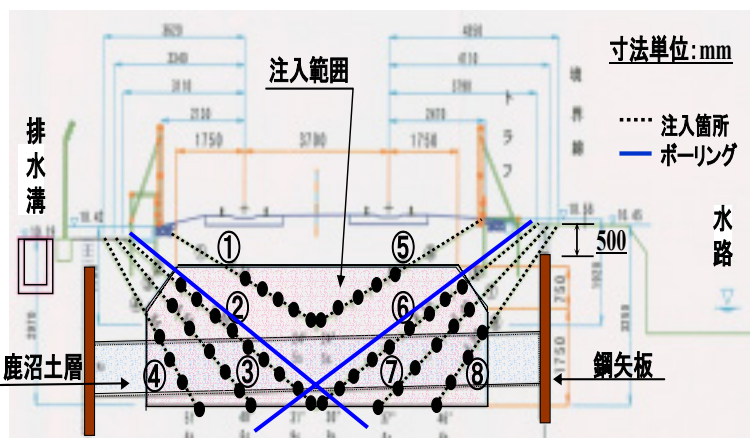


図-1 施工標準断面

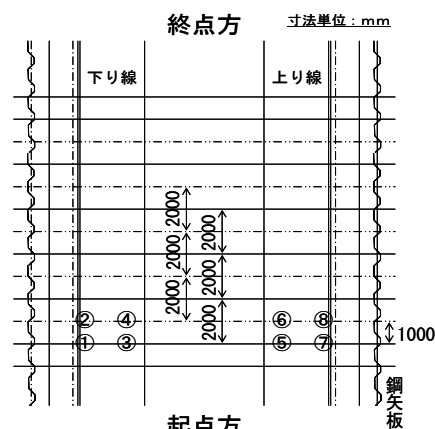


図-2 注入孔標準配置

3. 施工

施工および施工管理は、以下により実施した。

- 1) 鋼矢板締切り後、CB注入を実施する。鋼矢板締切りは昼間作業とし、注入は夜間作業とする。
- 2) 注入は、単管ロッド工法で1ショット注入とする。
- 3) 図-2より、①③⑤⑦でひとつの注入断面とし、②④⑥⑧でもうひとつの断面とする。この2断面を線路方向に1m離して施工する。また、①③⑤⑦断面および②④⑥⑧断面とも、線路方向に2m間隔で施工する。
- 4) 注入圧力は、土被りが小さいことから、削孔後の通水確認時の圧力+0.2Mpaを上限(目安)とする。
- 5) 注入時に、軌道変位の計測を実施する(レベル測量・糸張り)。管理値は、軌道の鉛直変位量(隆起)が3mm程度で警戒値、5mm程度で工事中止値とする。
- 6) 注入各ステップにおける注入終了の判断の目安については、以下による。
 - ① 注入圧力が概ね上限値以内で、軌道の鉛直変位が大きくなり、設計注入量が注入できた場合
 - ② 軌道の鉛直変位が管理値に達する等、十分に空隙が埋められたと判断できる場合
 - ③ CBが注入されず、削孔部に逆流してくる等、空隙が無いと判断できる場合
 なお②と③の場合、必ずしも設計注入量まで注入されていない場合でも、注入終了と判断する。

4. 施工結果および注入効果の確認

注入後、効果確認のためのボーリングを行い、成分分析、一軸圧縮試験、ボーリングコアの目視確認を実施した。その結果を以下にまとめる。

- (1) 表-3より、CBはかなりの部分が鹿沼土に注入されている。なお、各ステップごとの注入量から、総注入量の約70%が鹿沼土に注入された。実施工における鹿沼土の注入率は、約24%である。
- (2) 表-4より、鹿沼土層では注入前よりも一軸圧縮強度が大きく増している。
- (3) 写真-1より、確認用のボーリングコアには殆ど隙間がなく、十分に空隙を充填できている。

表-3 成分分析結果(酸化カルシウム計量後、セメント量に換算) 【換算セメント量 単位[kg/m³]】

諸元	上り線					下り線				
深度GL-	1.20m	1.70m	2.00m	2.60m	3.50m	1.00m	1.60m	2.00m	2.40m	3.50m
セメント量	4	5	48	37	9	3	11	10	4	6
土質	ローム	ローム	鹿沼土	鹿沼土	粘土	ローム	鹿沼土	鹿沼土	粘土	粘土

表-4 鹿沼土の一軸圧縮試験結果(qu :kN/m²)

線別	注入前	注入後
上り	—	114.7~169.5
下り	45.7~81.5	91.5~179.0



写真-1 ボーリングコア(フェノールフタレイン反応後)

5. おわりに

現在、第1次対策330mのうち110m終了(2006年4月14日現在)したところであり、工事を継続して進めながら、第2次対策を検討中である。なお、陥没多発区間の延長約4kmの中で、注入を実施していない箇所に対し、優先順位を決めて、H型鋼を用いた強制沈下を実施し、当面の間対処することとしている。

<参考文献>

- 1) 水野ほか 線路下陥没対策工法の選定に関する1考察 2006年度第61回土木学会年次学術講演会(投稿中)
- 2) 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
- 3) 中村ほか 裏込注入材選定におけるセメント・ベントナイトの配合に関する1考察 1999年度第34回地盤工学会研究発表会
- 4) 設計マニュアル第4巻 IV仮説構造物編 注入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
- 5) 武蔵野線新小平駅 災害復旧工事誌 1992年 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 東京電気工事事務所