

近接する線路への変状を抑制する薬液注入工の施工方法の研究

大鉄工業（株） 正会員 ○ 森近 修司  
西日本旅客鉄道（株） 大橋 優子

1. はじめに

本工事は、山陽新幹線の保守用車使用による保守工事の作業時間を確保するため、現在ある西神戸保守基地の南側に橋梁、盛土等を新設し、保守用線路を1線増線するものである。橋脚は2基あり、この基礎は、深礎杭（φ5.0m, L=18.0m）であり、止水のための補助工法として薬液注入工を施工した(図-1)。

本稿では、薬液注入工の施工における軌道変状抑制対策について報告する。



図-1 橋脚施工位置

2. 計測管理方法

薬液注入工の施工は、線路から離れている P2 橋脚を先行し、その後これより近接している P1 橋脚の順で施工した。この2基の橋脚に近接している新幹線本線は、軌道変状発生の際の軌道整備による対処が難しく、軌道変位を問題のない値に抑制して施工することが必要であった。このため、本線より近い下り出入線の線路とボックスカルバート側壁を自動計測管理システム(デジタルレールウォッチャー)にて変状が即時に確認できるよう5分毎で計測しながら薬液注入工の施工を行った(図-2)。

3. 薬液注入工の施工

(1) 薬液注入工の設計・施工管理

当現場では、周辺構造物へ与える影響が比較的小さいとされている二重管ダブルパッカ工法を採用した。薬液注入工の設計は、日本グラウト協会の薬液注入工設計資料<sup>1)</sup>(以下、協会マニュアル)に則り実施した。注入範囲は、地盤条件から求めた範囲(以下、算出値)と規定の最小改良範囲(以下、

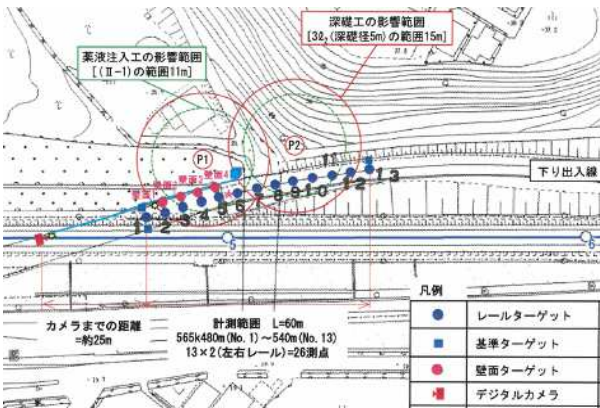


図-2 計測位置図

規定値)を比較し、協会マニュアルに基づき、規定値を採用した(表-1)。施工は、軌道変状が発生しにくいと考えられる線路側外縁部から線路の反対側に向けた順序で行った。同時注入孔数を4本とし、注入速度は、標準注入速度の8 L/minとした。

表-1 P2 橋脚の設計注入量、注入率

| 深度(m)      | 改良幅(m) | 土質      | 注入率(%) | 注入量(m3) |
|------------|--------|---------|--------|---------|
| 5.18～10.0  | 2.0    | 砂礫土N<50 | 36.0   | 49.717  |
| 10.0～15.0  | 2.5    | 粘性土N>4  | 24.0   | 7.389   |
| 15.0～19.06 | 3.0    | 砂質土N<30 | 40.5   | 30.716  |
|            |        | 砂礫土N≧50 | 31.5   | 171.369 |
|            |        | 合計      |        | 259.191 |

(2) P2 橋脚部の施工

P2 橋脚での一次注入時にボックスカルバートの側壁④にて累計 2mm の鉛直変位を観測した。軌道変状は生じていなかったため注入速度を 7 L/min に低減し作業を継続した。しかし、二次注入時に側壁④にて鉛直変位が管理値である累計 3mm に達したため作業を中断した。保線管理者と協議し、管理値を累計 4mm に引上げるとともに、注入速度を 6L/min に低減し作業を再開したが、測点④の鉛直変位が累計



図-3 側壁④鉛直累計変位 経時変化図

キーワード 薬液注入工，線路近接，改良厚，注入率

連絡先 〒532-8532 大阪市淀川区西中島9丁目3番15号 大鉄工業株式会社 土木支店 TEL06-6305-2810

4mm に達した（図-3）．再び作業を中断し，1 日の注入孔数を 2 本に減らし，施工は完了した．

4. 新幹線本線の変状を抑制する注入方法の検討

(1) P1 橋脚部施工における課題

さらに線路に近接した P1 橋脚部を安全な施工とするため，現地状況に適した注入範囲と注入率を慎重に決定する必要があった．P2 橋脚部の施工は，注入順序や注入方法，注入材料，注入圧力管理方法に大きな問題はないと考えられた．ボックスカルバートの側壁が隆起した原因の一つとして地盤条件に適した注入量より多かったことが考えられた．

(2) 注入範囲の検討

協会マニュアルでは，周辺環境や薬液注入工の目的によらず一定の設計手法を提示している．一方，（公財）鉄道総合技術研究所の設計施工マニュアル<sup>2)</sup>（以下，総研マニュアル）では，計画時に注入の目的を明確にすることが重要であることが記されており，軌道近接を考慮した最低限の止水目的を果たすための規定値が示されている．

両マニュアルの改良幅の考え方を以下に示す．協会マニュアルでは，薬液注入工の目的が止水か地盤強化かにかかわらず，注入位置が深くなるほど改良幅が広がる階段状の断面形状としており，深度 0 ～5m で 1.5m，深度 15m 以上では 3.0m に及ぶ．一方，総研マニュアルでは，止水目的の場合，深度にかかわらず最小改良幅を一律 1.5m としている（図-4）．



（左）協会マニュアル （右）総研マニュアル

図-4 注入範囲(規定値)

P1 橋脚の改良幅の設定にあたり，主働土圧と水圧による外力と地盤のせん断抵抗力の平衡条件から必要改良幅を算出した．その結果，必要改良幅は最大で 1.18m であり，最低限の止水目的を果たすため総研マニュアルが示す最小改良幅 1.5m を採用した．

(3) 注入率の検討

注入率は，両マニュアルではマニュアル参照値を用いて土質と N 値より注入率を設定できると記載さ

れているが，これにて設定すると注入量が過剰となることが考えられた．総研マニュアルでは，想定よりも土粒子が密実に詰まっている場合があることから，「表 II-2-1 現位置試験，室内試験項目」を参照し，土の湿潤密度試験から算出した間隙率を用いることを推奨している．そこで室内試験により間隙率を求め，現地地盤条件における適切な注入率を算出することにした．

算出結果を表-2 に示す．砂礫（N 値= 0~50）と粘性土では試験値がマニュアル参照値の 7 割以下となった．砂礫（N 値 > 50）では試験値とマニュアル参照値でほぼ差がなかった．

表-2 注入率（試験値・マニュアル参照値）

| 土質 | N値   | 試験結果   |        | 注入率    |          | 試/参    |
|----|------|--------|--------|--------|----------|--------|
|    |      | 間隙率    | 充填率    | 試験値    | マニュアル参照値 |        |
| 砂礫 | 0~50 | 27.30% | 90.00% | 24.60% | 36.00%   | 68.30% |
|    | 50~  | 33.70% | 90.00% | 30.30% | 31.50%   | 96.30% |
| 粘土 | 50~  | 41.40% | 40.00% | 16.60% | 24.00%   | 69.00% |

(4) 注入量

注入範囲を改良幅 1.5m に変更した場合，試験値より算出した注入量は 106.4 m<sup>3</sup> となり，同改良幅に対してマニュアル参照値より算出した注入量（131.5 m<sup>3</sup>）の 8 割程度，当初計画（260.0 m<sup>3</sup>）の 4 割程度まで注入量を削減できることが明らかになった．本結果より，室内試験より求めた間隙率を用いて注入率を算出することで合理的な施工計画を策定できる可能性があると考えられた．

4. まとめ

協会マニュアルと総研マニュアルを比較し，軌道近接箇所の止水を目的とした薬液注入工について，注入範囲と注入率に着目して検討した．P1 薬液注入後に効果確認として透水試験を行った結果，透水係数は  $4.05 \times 10^{-7}(\text{m/sec})$  であり，必要な止水効果が確認できた．また，深礎杭掘削においても止水効果が確認され，軌道に影響を及ぼさず無事施工完了した．

今後もこの方法の適用は考えられるが，現状の施工実績は少なく，採用に当たっては十分な調査・検討を行う必要があると考えている．

参考文献

- 1) 日本グラウト協会：薬液注入工設計資料（令和 3 年度版），2021 年 6 月
- 2) （公財）鉄道総合技術研究所：注入の設計施工マニュアル，2011 年 10 月