地層間に巨礫を含む地盤における薬液注入工の設計・施工

東日本旅客鉄道（株）　正会員　○吉田　直人　東日本旅客鉄道（株）　正会員　髙見澤　拓哉
鉄建・加賀田組 JV　正会員　市川　智久　鉄建建設（株）　正会員　山内　真也

１．はじめに

鉄道近接工事において，地層間に巨礫を含む地すべり地帯で薬液注入工を実施した．本薬液注入工の目的は，地盤掘削時における巨礫の安定化を図り，軌道を含めた周辺地盤への影響抑制および施工中の掘削底面の安全性を確保することである．本稿では，施工実績の少ない巨礫を含む地盤における薬液注入工の設計および施工について報告する．

２．工事概要

本工事は鉄道と道路が単独立体交差する箇所に，3 径間連続鋼箱桁橋（L=58.4m+71.0m+58.4m）を架設する工事であり，JR 東日本で委託を受け施行を行っている（図-1）．このうち，P1R 橋脚，P2 橋脚付近の地盤は，流紋岩を主体とした貫入岩で構成されており，巨礫層を取り囲むように地すべりブロックが存在している．そのため，L2 地震時など地すべりが発生した際に下部工に大きな慣性力が作用することを防ぐために，周辺地盤と下部工の間に 1.6m の空間を設ける設計となっている（図-2）．この空間を確保するために，RC セグメントによる土留壁[1)]を構築するが，地盤を掘削する際に巨礫を安定化させるために薬液注入工を実施する．

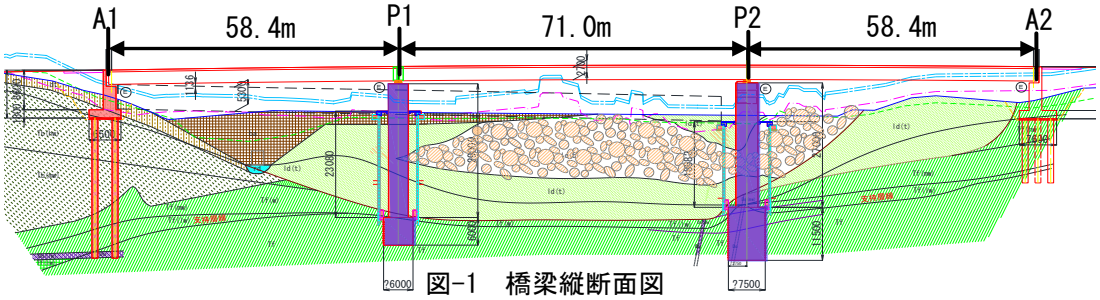

図-1　橋梁縦断面図

３．巨礫層における薬液注入工の設計

巨礫を安定化させる薬液注入工の設計にあたって，施工時における巨礫の挙動を想定し改良範囲を決定した（図-3，表-1）．想定した巨礫の挙動は，①沈下，②跳ね上がり，③滑動である．なお，巨礫の大きさは事前の地質調査結果報告より，最大 7m×13m とした．また，薬液注入工は巨礫層の空隙を充填すること，巨礫の挙動を抑制できる強度が必要なことから，瞬結性懸濁型グラウトを用いた二重管ダブルパッカー工法とした．以上の結果，必要改良体厚さは最大 1.5m（沈下，跳ね上がり時）となったが，最小改良範囲（掘削深度 10～15m）[2)]より，設計改良範囲を 2.5m＋0.5m（掘削内側）とした．

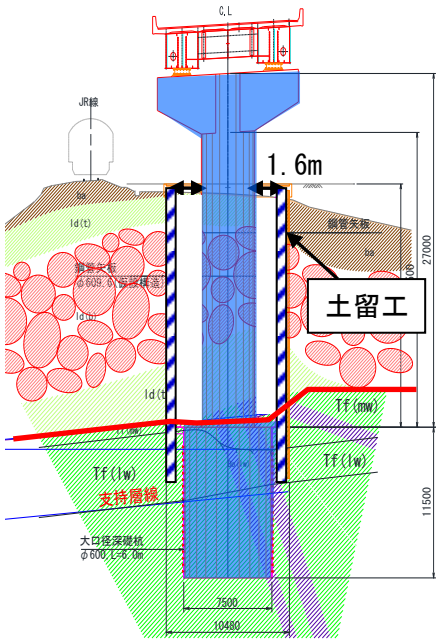

図-2　P2 断面図

４．巨礫層における薬液注入工の施工

本工事における薬液注入工の施工概要を図-4 に示す．使用した薬液は無機系瞬結性懸濁型注入材（q_{u28}=2600kN/m²）とし，ゲルタイムは 10 秒以下とした．設計注入率は 31.0%とし，注入量・注入圧（初期圧から＋0.5MPa を上限）を監視しながら施工を行うこととした．また，鉄道

キーワード：地すべり、巨礫、薬液注入
連絡先：〒950－0086　新潟県新潟市中央区花園１丁目１番３号　TEL025-245-2461
東日本旅客鉄道（株）　上信越工事事務所　新潟工事区

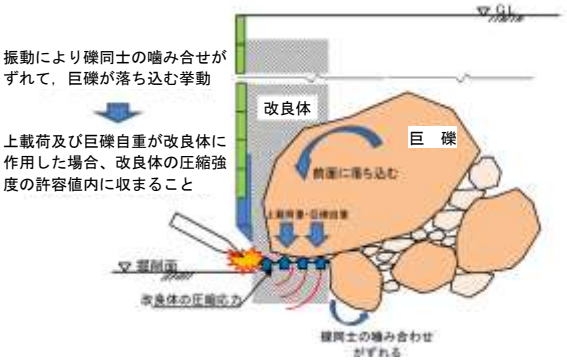

図-3 巨礫の挙動（沈下）

表-1 薬液注入工の改良範囲（設計）

検討ケース	想定した挙動	必要改良体厚（m）
ケース1	沈下	1.5
ケース2	跳ね上がり	1.5
ケース3	滑動（改良体外）	0.96
ケース4	滑動（改良体内）	0.8

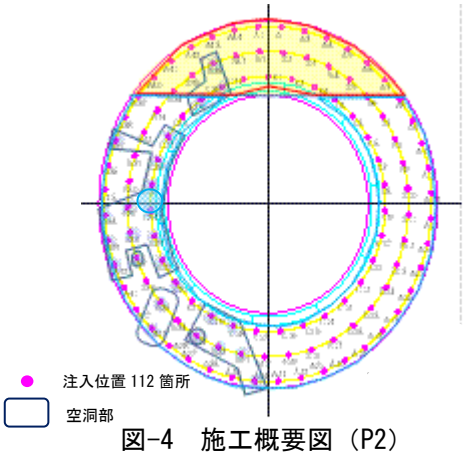

図-4 施工概要図（P2）

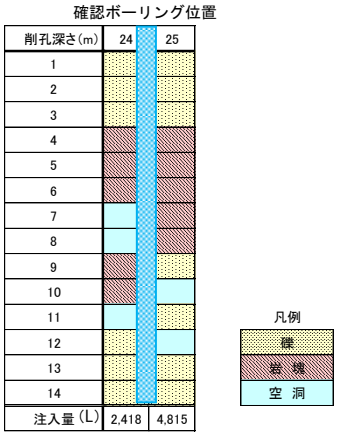

図-5 削孔・注入状況（P2）

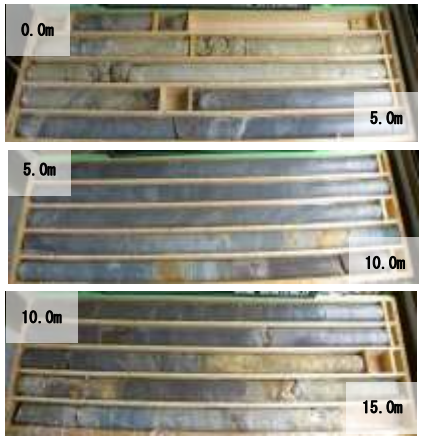

図-6 確認ボーリング結果（P2）

近接範囲（軌道中心から 3.5m）での注入作業となることから，リンク式軌道計測器を設置し，軌道変位を 24 時間監視のもと施工を行うこととした．なお，軌道管理は軌道整備基準値の 4 割の値（高低 8 mm，通り 8 mm）を警戒値と定めた．図-5 に削孔時に確認した地盤状況と薬液の注入量の一例を示す．地盤状況は概ね事前の地質調査と相違のないことが確認された．注入作業の初期においては，注入圧力がほとんど上昇せず，すべり面と想定された層で設計の約 180%の量の薬液が注入される結果となった．しかし，徐々に注入作業が進むにつれ，120%前後の注入量に落ち着き，口元リークにより注入作業を終える箇所もあった．また，注入作業が進むにつれ，徐々に軌道変位が生じた．軌道変位は注入している側から軌道を持ち上げ，押し出す方向に発生した．これは，薬液により地盤内の空隙が充填され，注入圧力により地盤全体に圧力が作用したことが要因と考えられる．しかし，列車運行に影響を与えるような急激な軌道変位はなく，安全に施工を行うことができた．

５．注入効果の確認

注入効果の確認のため，液注圧試験および確認ボーリングを実施した．図-6 に確認ボーリングによって採取したコアを示す．確認ボーリングの結果から，巨礫間の空隙に薬液により充填されていることが確認され，計画通り注入作業を実施できたと判断した．

６．まとめ

本稿では，地層間に巨礫を含む地盤において，巨礫を安定化させることを目的とした薬液注入工の設計・施工について報告した．以下に得られた知見を示す．1）掘削時の巨礫の挙動を想定し，巨礫を安定化させるための改良範囲の考え方を提案した．2）注入作業の進捗に応じて，注入圧・注入量の管理を見直しながら施工を実施することで，確実に改良を実施することができた．3）軌道管理の実施により，列車運行の安全を確保しつつ，確実な注入を実施することができた．

参考文献

1） 地層間に巨礫を含む地盤における掘削土留工の設計について：土木学会第 72 回年次講演会（平成 29 年 9 月）
2） 薬液注入工法の理論・設計・施工：2009 年 7 月，地盤工学会