

4

エコリチャージ工法による線路下横断工事の地下水対策

柳 博文*1・栗栖 基彰*2・西村 知晃*3

概 要

地下水位が高い地盤に地下構造物を構築する場合、地下水対策として薬液注入工法や地下水水位低下工法などの補助工法がある。今回、HEP&JES 工法による JR 横須賀線および東海道新幹線と都市計画道路との立体交差工事において、地下水対策が必要となり検討を行った。

検討の結果、薬液注入工法に比べて近接構造物への影響が少ない、地下水水位低下工法が採用された。また、当該箇所では、揚水した地下水処理に下水道を利用できないこと、周辺で地下水を利用していることから、揚水した地下水を地盤に還元することとした。揚注水を計画的に行うには、注水量を制御することが不可欠であることから、地盤中に加圧注水する「エコリチャージ工法」(循環型地下水低下工法)を採用した。

キーワード：地下水低下・リチャージ・線路下横断・地下水・揚水

COUNTERMEASURES AGAINST GROUNDWATER IN A TUNNELING PROJECT
CROSSING UNDER RAILWAY TRACKS USING AN ECO-RECHARGE METHOD

Hirofumi YANAGI *1, Motoaki KURISU *2, Tomoaki NISHIMURA *3

Abstract

. For the construction of a structure in ground with a high groundwater level, there are several auxiliary methods including the chemical injection method and the groundwater level reduction method. Since the project using the HEP & JES method at an intersection of a JR Yokosuka line, Tokaido Shinkansen line, and a city planning road at different levels required groundwater countermeasures, we examined possible methods.

As a result of our study, we determined to use a groundwater level reduction method which was expected to exert less impact than the chemical injection method on the neighboring buildings. Considering the condition of the sewer at the site, it was not permitted to be used for disposal of pumped groundwater, and since the residents in the neighborhood currently used groundwater, we adopted a method of returning the pumped groundwater into the in-situ ground. Because it was critical to control injection water quantitatively so that the groundwater might be pumped and returned effectively into the ground, we adopted an Eco-Recharge Method (recycling-type groundwater level reduction method) consisting of injecting the pressured water into the ground.

Keywords: Groundwater level reduction, recharge, crossing under railway tracks, groundwater, pumped water

*1 Manager, Foundation / Structure Research and Development Group, Engineering Department, Civil Engineering Division

*2 Manager, Under Ground Structure Engineering Group, Engineering Department, Civil Engineering Division

*3 Under Ground Structure Engineering Group, Engineering Department, Civil Engineering Division

エコリチャージ工法による線路下横断工事の地下水対策

柳 博文*1・栗栖 基彰*2・西村 知晃*3

1. はじめに

地下水位が高い地盤に地下構造物を構築する場合、地下水対策として薬液注入工法や地下水位低下工法などの補助工法がある。今回、HEP&JES 工法による JR 横須賀線および東海道新幹線と都市計画道路との立体交差化線路下にアンダーパスにて道路函体を構築、線路上にはこ線人道橋を新設し、現在の踏切を除却する工事)において、地下水対策が必要となり検討を行った。

検討の結果、薬液注入工法に比べて近接構造物への影響が少ない、地下水位低下工法が採用された。また、当該箇所では、揚水した地下水処理に下水道を利用できないこと、周辺で地下水を利用していることから、周辺地域への影響を考慮して、揚水した地下水を地盤に還元することとした。揚注水を計画的に行うためには、主に注水量を制御することが不可欠であることから、地盤中に加圧注水する「エコリチャージ工法」(循環型地下水制御工法)^{1,2)}を採用した。本稿では、本工法の適用結果について報告する。

2. エコリチャージ工法の概要

本工法の概要を図-1に示す。揚水した地下水を重力により復水する従来のリチャージ工法では、注水量をコントロールできないため、期待通りの効果が得られない場合があった。本工法では、揚水した地下水をポンプで加圧して地盤に戻すことで、井戸周辺の地盤を割裂させ注水量を増加させるものである。これにより、注水圧の増減により注水量を制御できるほか、注

水量の増加により井戸の施工本数を減らすことができる。また、従来のリチャージ工法に比べると目詰りが少ない。

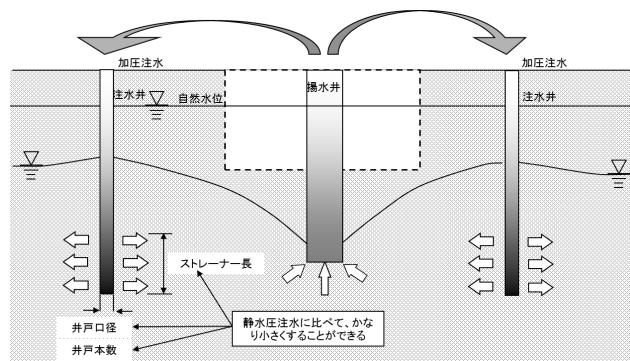


図-1 エコリチャージ工法の概要

3. 工事概要

施工箇所は、JR 横須賀線と都市計画道路の立体交差部であり、線路下を横断する幅 11.5m × 高さ 7.7m の一層一径間ボックスカルバートを構築する工事である。新設構造物が新幹線橋脚のフーチングに近接しているため、施工による影響を考慮して、HEP&JES 工法を採用した。

HEP&JES 工法は、小断面の鋼製箱型エレメントを順次掘進し、閉合することでボックスカルバートを構築する工法であるが、地下水位以下では掘進時に切羽が崩壊するため、地下水位を低下させる必要があった。その際、地下水位低下による圧密沈下が懸念されたが、過去の工事履歴を確認したところ、既に揚水により地下水位を低下させた実績があることから、当該地盤は過圧密状態にあり問題ないものと考えた。

4. 地下水低下計画

施工箇所の地盤条件を図-2に示す。地下水

*1 土木本部 エンジニアリング部 基礎・構造研究開発グループ グループリーダー

*2 土木本部 エンジニアリング部 地下構造技術グループ グループリーダー

*3 土木本部 エンジニアリング部 地下構造技術グループ

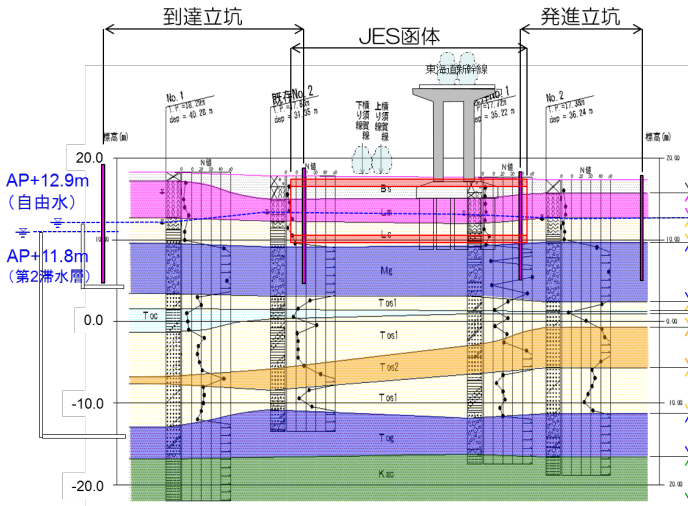


図-2 施工箇所の地盤条件

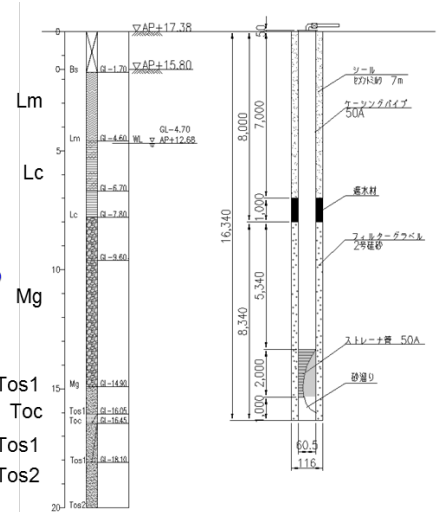


図-3 注水井構造

低下の対象は、礫層（透水係数 $k=3.0 \times 10^{-2}$ (cm/s)）（以下、Mg 層とする）である。地下水水位（不圧地下水）は、事前調査により A.P.+12.9m であり、構造物施工には水位を A.P.+8.76m（立坑床付けおよびボックスカルバート下端）まで低下させる必要がある（水位低下量-4.4m）。

揚水工の計画を、以下のとおり行った。

① 揚水井

必要揚水量は、水位低下量より 5,920 (L/min) とし、計 16 本の揚水井を設置した。

② 注水井

前述のとおり、全揚水量を注水する。注水井の本数は、既往の実績に基づく注水圧と注水量の実績³⁾を参考として、注水量を 260 (L/min/本) とし注水圧を 260 (kPa) と想定した。その結果、必要な井戸本数は 22 本となった。図-3 に注水井の構造を示す。

③ 井戸の配置

計画井戸の配置を図-4 に示す。地下水は、発進側および到達側立坑部と線路下部で揚水し、発進側および到達側の作業ヤードに設置した注水井で戻した。揚水範囲の地下水水位は、井戸の配置に基づき、予め Theis 式などを用いて計画水位まで低下する揚水量、注水量を算定した。

施工中は周辺の観測井の実測値をフィードバックして、計算値とほぼ一致するように仮の透

水係数等を算出し、地下水位の低下に必要な揚水量、注水量を推定した。

5. 揚水工の運転

5.1 注水試験の実施

本工法の注水効果を確認するため、到達側の注水井の一部を先行設置し注水試験を実施した。注水試験では、注水量を一定時間保持しながら段階ごとに注水量を増加させ注水圧と注水量の関係を確認した。また、観測井で水位を観測した。図-5 に注水試験の結果を示す。過去の実績³⁾と比較して、想定よりも注水圧に対して注水量が多く、注水が容易な地盤であることが確認できた。注水井のケーシングパイプは 32A を使用していたが、注水量が増加することから管内の圧力損失を小さくするため、その後はケーシングパイプを 50A に変更した。

一方、発進側では、加圧注水すると注水井周りから地上に水が漏水し、注水量が増えない事象が発生した。原因は、上部の地盤が軟弱であったため、井戸の遮水構造が十分機能せず、井戸周辺の地盤に水みちが生じたと推定された。そのため、発進側では当初計画した一部の井戸は地下水涵養のため最低限の注水を行い、不足する注水量を補うために、図-6 に示すようにより深い東京礫層 (Tog 層) への注水井を追加した。追加した注水井は L=33.25m であり、注

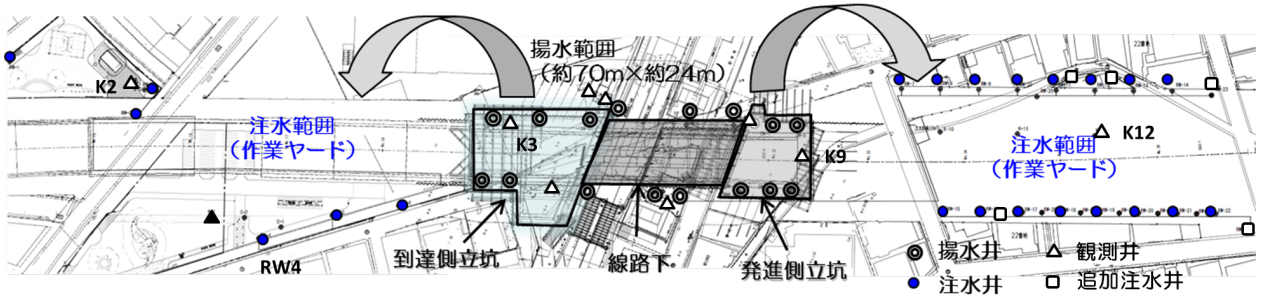


図-4 揚水井と注水井の配置

水試験の結果 400～600kPa で 200～300 (L/min/本) の注水量となった。

5.2 地下水低下状況

図-7に、総揚水量と総注水量の経時変化を、図-8に観測井(K3, K9, K2, K12)の地下水位の経時変化を示す。2013年9月の運転開始以降、立坑内(K3, K9)の地下水位は低下しているが、発進側、到達側作業ヤード(K2, K12)の地下水位には大きな変動がみられない。さらに、全揚水量と全注水量はほぼ同じ変動になっており、周辺の地下水位を安定させながら注水量を制御することができている。

5.3 注水井の目詰まり

図-9に注水井 No.4 の注水圧と注水量の経時変化を示す。注水圧に短期的な増減があるのは、貯水タンク残量により注水圧を自動制御しているためである。注水開始より、非常に良く注水しており、注水量の上下動はあるものの安定した注水ができていた。しかし、時間の経過とともに注水量が徐々に低下し、注水圧は上昇する傾向が見受けられた。この現象は地下水に含まれる鉄分などがスクリーンや配管、ポンプにスケールとなって付着堆積し、目詰まりを引き起こしていたと考えられる。通常のリチャージ工法でも、このような現象は発生しており、細粒分とスケールによる目詰まりが生じ、注水量が低下するため頻繁に逆洗浄を行う。本工法では、加圧注水しているため細粒分は井戸外に出され目詰りは生じないが、スケールによる目

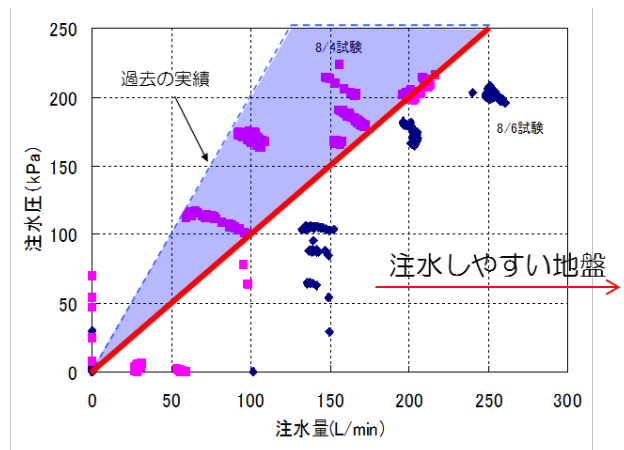


図-5 到達側注水試験結果

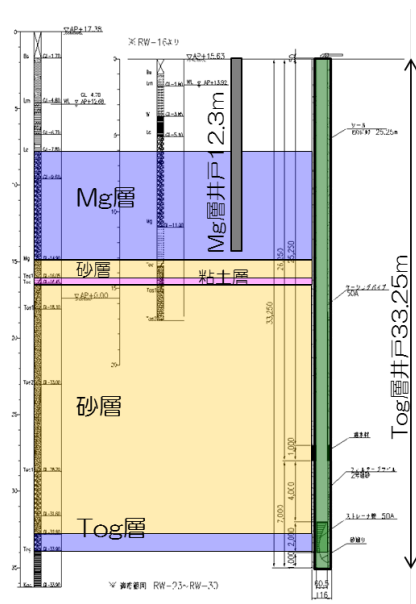


図-6 東京礫層への注水井の追加

詰まりは生じている。写真-1に1年以上経過したポンプ内のスケールの発生状況を示す。管内の通りがスケールによって塞がれ、配水の効率が悪くなっていることが確認された。したが

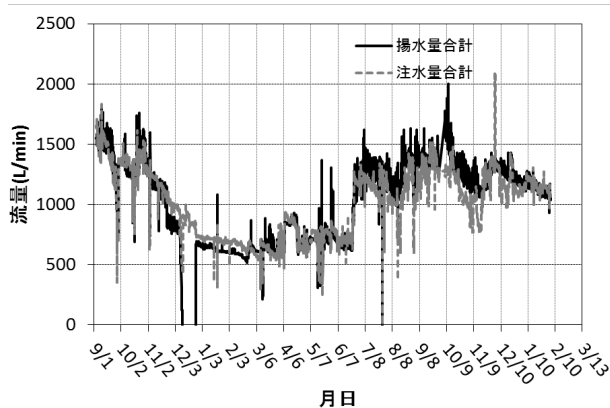


図-7 揚水量と注水量の経時変化

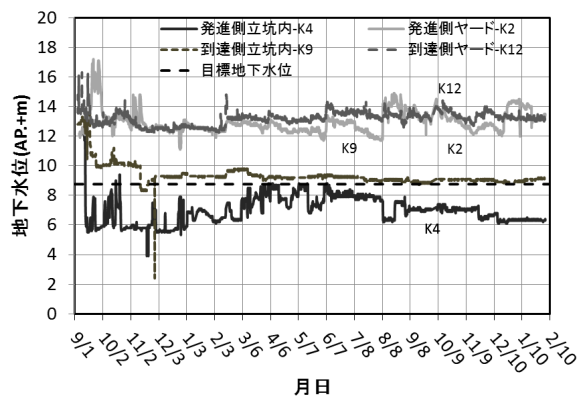


図-8 地下水位の経時変化

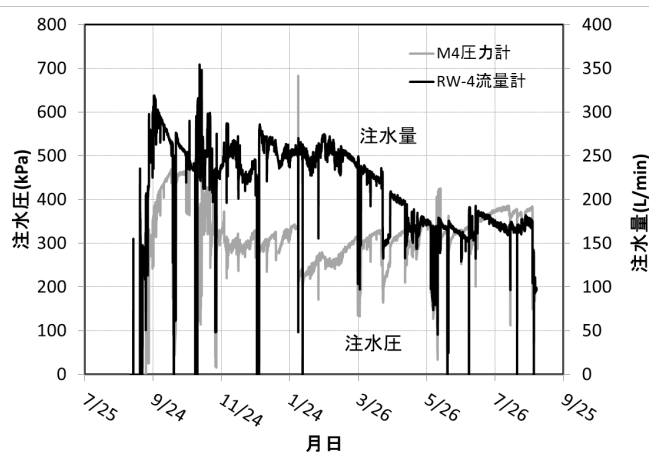


図-9 RW4の注水量と注水圧の経時変化



写真-1 スケール付着状況 (ポンプ内)

って、今回のような鉄分を多く含んだ地下水では、本工法でも定期的な逆洗浄を行い、注水効率の回復を図っていく必要がある。

6. まとめ

線路下横断工事における地下水対策として、エコリチャージ工法を採用し、適用した結果を示した。

今回の適用により、以下の事項を確認した。

- (1) 安定した揚水・注水により、施工に必要な地下水位低下を得ることができた。
- (2) 局所的に加圧注水で地下水が地上に漏出する事象が発生したが、深層部の東京礫層に注水することで、必要な注水量を確保することができた。
- (3) 地下水に鉄分などが含まれる場合は、定期的な井戸の洗浄が必要になる。

今後は、事前調査において、注水に適した地

盤をどのように判定するか、また、地下水に含まれる鉄分などを除去し、スケールの発生を防止し、洗浄をできるだけ少なくすることが課題である。

参考文献

- 1) 小泉秀之ほか：効率的なりチャージウェルの開発－高圧注水試験－，土木学会第 60 回年次講演集，6-210，2005.9
- 2) 香月一仁ほか：循環型地下水制御工法（エコリチャージ）における高圧注水試験，土木学会第 61 回年次講演集，6-232，2006.9
- 3) 吉井恭一郎・本田諭・小泉秀之・高橋俊徳・佐藤敏光：線路下横断工事における加圧リチャージ工法による地下水対策工，日本地下水学会秋季講演会講演予稿，pp.92-93，2014.11