

開削トンネル工事における盤ぶくれ対策とリスクアセスメント

(株)大林組 正会員 ○鈴木 成 正会員 中瀬 和彦 正会員 石田 聡史
正会員 刈屋 好男 正会員 山田 祐樹 正会員 中道 洋平

1. はじめに

本工事は、東京都中央防波堤地区の開発に伴う将来的な交通需要の増加に対応し、都心への走行時間の短縮や地域の慢性的な渋滞緩和などを目的とした臨港道路南北線事業の一環の工事である。当社施工工区は、海上部（沈埋トンネル）へのアプローチ部であり、海に面する埋立地に最大掘削深さ約 22m の開削トンネルを構築するものである。本稿では、当工事で行った盤ぶくれ対策とリスクアセスメントについて述べる。

2. 工事概要と盤ぶくれ対策

工事概要を表-1 に示し、地質構成を図-1 に示す。なお、各帯水層の被圧地下水位は、設計上 HWL の AP+2.10m と設定している。最深部の掘削底面は GL-21.8m、ソイルセメント連続地中壁 (TRD 工法) の根入れは GL-45.0m の Tc1 層、地下水位低下の対象層は GL-48.4m の Tg 層である。

当初盤ぶくれ対策は、連続地中壁下部の Ts1 層と Tg 層の水位をディープウェル（以下、DW と呼ぶ）で揚水し、公共下水に排水する計画となっていた。工程の制約上、連続地中壁の施工を先行させ、その後、Tg 層の水理定数の把握と DW の揚水能力の確認を目的とした簡易揚水試験を行った。その結果、Tg 層の透水係数は当初推定値の約 40 倍であり、必要揚水量（場外排水量）が当該地域の下排水能力を超過する、海域へ放流するにも放流基準値を超過するという問題が発生し、追加施策が必要となった。場外排水量を削減するためにはリチャージウェル（以下、RW と呼ぶ）による復水が有効であるが、透水性が高く、復水量が確保できる層は、揚水層と同一の Tg 層のみであった。そこで、施工済みの連続地中壁の外側に薬液注入にて難透水改良地盤を構築することで、揚水量を削減し、かつ Tg 層に復水を行うことにより場外排水を削減する対策を提案した。ただし、復水により、掘削領域周辺の水位が上昇するため、揚水量が増加し、十分な効果が得られないことが懸念された。そのため、事前の安全確認試験により、効果の確認を行いながら施工を進めることとした。

3. ディープウェルの本数決定

DW の本数、配置の決定にあたり、解析には当社開発の 3 次元地盤/地下水連成解析コード GRASP3D を使用した。今回の検討では、3 次元の飽和・非定常浸透流解析を行った。解析結果における Tg 層の地下水位コンター図を

表-1 工事概要

項目	内 容
工事名称	東京港臨港道路南北線10号地その2地区陸上トンネル築造工事
発注者	国土交通省 関東地方整備局（港湾空港部）
施工場所	東京都江東区有明4-6
工期	平成28年4月25日～平成31年3月15日
工事内容	開削トンネル
主要工種と数量	掘削工 (158,752m ³)、本体工 (U型擁壁区間155m、スリット区間40m、ボックス区間260m)、仮橋工 (1,050m ²)、土留工 (4,753t)、鋼矢板打設 (256m)、連続地中壁工 (32,701m ²)、撤去工、高圧噴射攪伴工、計測工
その他	濁水処理管理工、仮設工

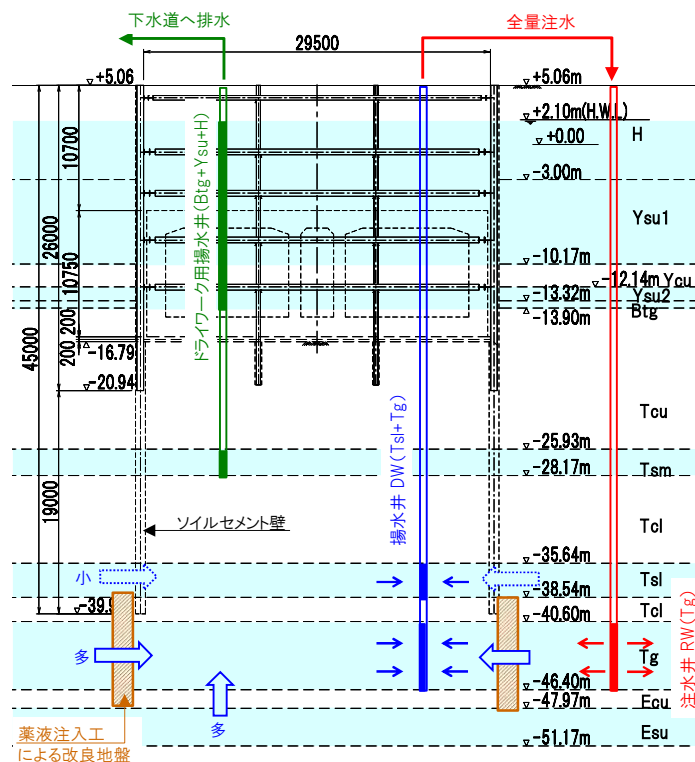


図-1 地質構成と盤ぶくれ対策模式図

キーワード 盤ぶくれ、ディープウェル、リチャージウェル、リスクアセスメント

連絡先 〒220-0011 神奈川県横浜市西区高島2-14 (株)大林組 並木橋改良工事事務所 TEL 045-620-6801

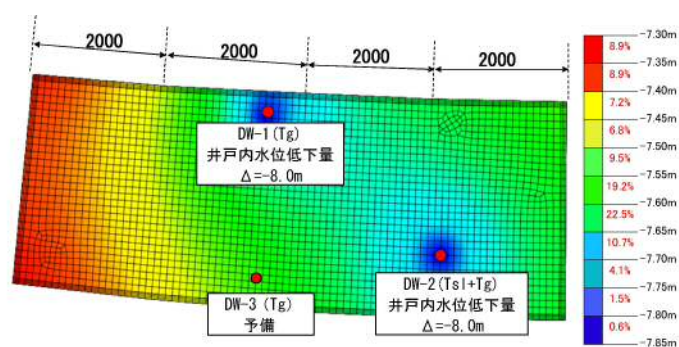


図-2 Tg 層におけるコンター図

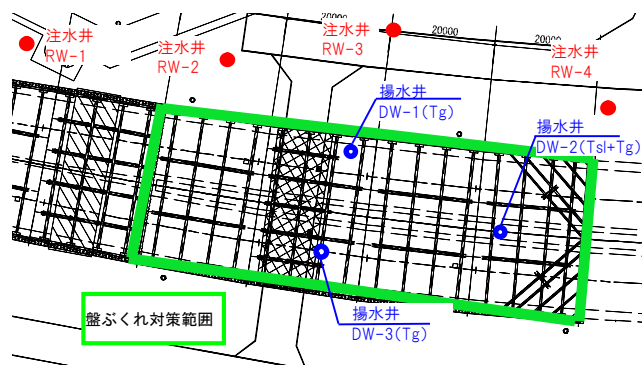


図-3 井戸配置平面図

図-2に示す。薬液注入による難透水改良地盤で囲まれた掘削領域内に、2本のDWを設置し、各井戸から約 $0.2\text{m}^3/\text{min}$ 揚水することにより、所定の地下水低下量を確保できると推定された。実施工においては、ポンプの故障等の不測の事態を考慮し、DWを1本追加した。DWを設置し、所定の水位低下が得られ、盤ぶくれを防止できるかを確認するために安全確認試験（1回目）を実施した。試験の結果、必要水位低下量を確保するためには、2本合計約 $0.8\text{m}^3/\text{min}$ （井戸内水位制御のため、潮位変動等の影響を受け、揚水量は変化）の揚水が必要であることがわかった。揚水量が解析値と比較して増加した要因として、Ecu層とEsu層の層厚のバラつき、Esu層からの地下水流入などが生じたためだと推測される。

4. リチャージウェルによる復水の検討

DWより揚水した地下水は、場外排水量の低減を目的に、全量RWにより復水させることとした。一般的には、揚水層と復水層が同一となる場合には、井戸同士の干渉を考慮し、配置間隔を決定する必要がある。本工事では薬注で仕切られた領域内から揚水し、領域外へ復水するため、少ない離隔での配置が可能であった。上記の安全確認試験の結果を受け、RWの必要注水能力を $0.9\text{m}^3/\text{min}$ と設定した。RW構築後、単井戸復水試験を行った結果、RW1本あたりの注水能力は $0.20\sim 0.25\text{m}^3/\text{min}$ であったため、RWは4本必要であると判断した。決定した井戸配置図を図-3に示す。また、RW設置後、復水を行いながら安全確認試験（2回目）を行った結果、掘削領域内の水位上昇量は1m程度であり、設定したDWの本数により揚水可能であることを確認した。

5. リスクアセスメント

Tg層は透水性が高く、ポンプ停止後約5分で井戸内水位が回復してしまうため、トラブル等に対して即時に対応する必要がある。対応策を以下に示す。

① 警報メールによるトラブル時の早期把握

DWは、水位計を設置しリアルタイムに井戸内水位を計測することとした。何らかのトラブルが発生したことにより井戸内水位が上昇した時には、職員の携帯電話にメールを自動発信し、異常時の対応を即座に行えるようにした。

② 停電時の対応

商用電源が停電した場合には、自動起動発電機により、DWの揚水を維持(RWも含む)できるようにした。発電機の連続稼働時間は約12時間であり、その時間内に復旧させることとした。

③ ポンプ故障時

ポンプが故障した場合には、観測井として利用していた予備のDWを稼働させ、2本のDWで揚水する。故障した箇所によって予備のDWの設定水位は異なり、稼働開始や設定水位の変更は手動操作が必要だったため、トラブル発生後、多少の時間を要した。そこで、DWのケーシングにオーバーフロー管（φ200mm）を所定の高さに取付け（図-4）、ポンプトラブルにより井戸内水位が上昇した場合には、オーバーフローさせ水位の上昇を抑制した。

6. おわりに

本工事では、複数の制約条件のあるなか、早期に技術的な検討、施工、検証、再検討（PDCAサイクル）を行ったことにより、当初工程通りに工事を終えることが出来た。

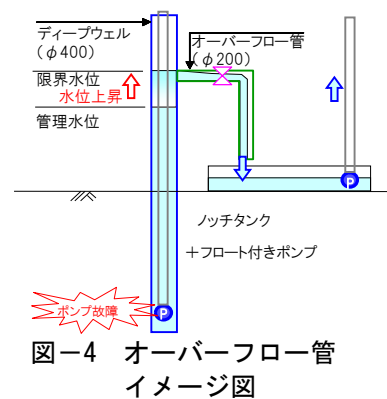


図-4 オーバーフロー管イメージ図