

V-30 仙台空港の鉄道地下構造物施工のための地下水対策

○ 鹿島建設㈱東北支店 正会員 河野 悦朗
 国土交通省東北地方整備局 正会員 三上 圭一
 塩釜港湾・空港整備事務所 茨城県土木部 小平田 浩司

JR東日本名取駅から仙台空港までの仙台空港アクセス鉄道(延長7.1km)のうち、当工事は仙台空港3,000m滑走路進入部手前を横断する地下部構造物を開削で施工する工事である。(写真-1 工事場所)

1. 工事内容

RC 函体 L=154m(内空H=6m, B=5m, ConV=3,300m³)
 基礎工 鋼管杭φ600 L=16m N=22本
 土工 掘削V=17,400m³, 埋戻V=7,700m³
 地下水対策工(揚水:スパーウェルポイント+補助工法)
 赤水対策:真空プレス型リチャージウェル工法)

2. 施工条件

(1) 地質、地下水

- ① 仙台平野の海岸部の砂質地盤で、沖積層を主とした細砂、粗砂、砂質土、砂礫の砂層がN値30前後でGL-20~-22mまで続いている。
- ② 下部には1m程度でN値5程度の粘土層がある。
- ③ 自然状態の地下水位は、地表面下約2mであり、比較的濃度の高い溶解性鉄(Fe(HCO₃))が存在。
- ④ 地下水が存在する地層の透水係数は、 $k=7.7 \times 10^{-3}$ cm/secと現場透水試験から得られている。

(2) 施工上の問題点

- ① 開削による掘削工事(地下水位低下工法)での計画揚水量は12,000m³/dayになることが想定された。
- ② 揚水した地下水を河川に放流する場合、水酸化鉄により排水基準を上回る「赤水」が発生することが予想され、沈澱・ろ過等の処理が必要で、工事費の増大が想定された。
- ③ 現場近くには空港施設(進入灯)があり「多量の水替え」による「地盤沈下」の影響が懸念された。

3. 地下水、復水対策

(1) 工法検討

以上の施工条件から、①「赤水対策」、②「周辺の地下水位の維持」、③「周辺の地盤沈下」に対する対策を踏まえ、開削工事

の複数の「地下水対策工法」について比較検討した。その結果、「スパーウェルポイント工法」(以下SWP工法)に「真空プレ

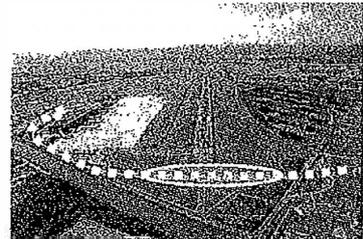


写真-1 工事場所

レス型リチャージウェル工法」(以下VPRW工法)を加えた併用工法で揚水をそのまま復水する工法を選定した。(図-1 標準断面図)

この工法の今回規模に相当する実績例が過去には無く、復水に対する課題が若干あるものの、上記三つの対策への効果、コスト低減、供用中空港、狭い施工ヤードという施工条件には有効であった。

一方、当工法を本工事に適用するにあたっては、以下のような取り組むべき技術的課題があり、施工段階において随時解決することが必要であった。

- ① 土地の制約から復水井戸総本数14本を40m程度の離隔距離を取る配置にしたが、井戸同士の干渉や長期施工による若干の赤水発生が復水能力の低下にどの程度影響が出るのか不明。
- ② これまでに12,000m³/day規模の鉄分を含んだ地下水を地中に戻した実績が無く、復水井戸側の目詰まりによる復水量の低下、送水圧力の増大等が予想され、揚水側に与える悪影響(掘削

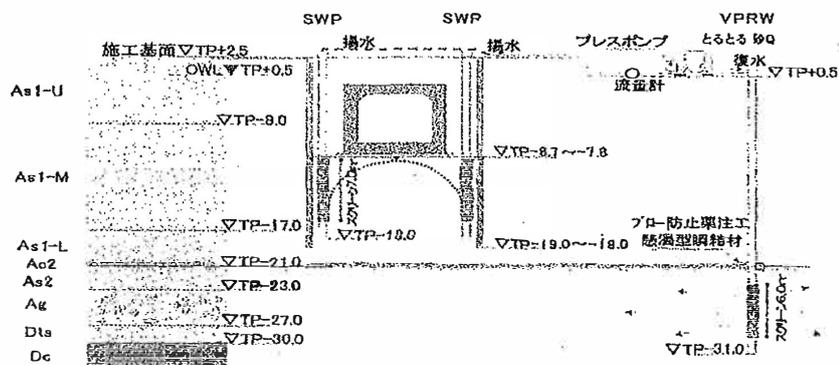


図-1 標準断面図

側の地下水位低下に必要な揚水量が減少しドライワークが出来なくなる。)も懸念される。

(2) 対応策

1) 現状把握・分析

- ① 隣接する井戸(離隔距離40m)において相互に0.02Mpa程度の圧力上昇が認められる一方、70m以上離れた地点においては目立った圧力上昇が無かったが、どの程度の赤水が発生し影響を及ぼすかは不明だった。
- ② 復水井戸の目詰まり原因にあげられる最も大きな要因として
 - i) 揚水の微粒砂の混入により復水井戸周りの土粒子間隙を塞ぐ。
 - ii) 地下水に含まれている溶解性鉄($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$)が同様に微量に混入した空気(酸素)により揚水時の水流で攪拌され酸化鉄化($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)し復水周辺地層に付着する。

2) 対策

- ① 砂除去装置に”とるとる砂Q”の設置及び酸化鉄除去の洗浄(スウィング洗浄)を頻繁に実施。
- ② 復水圧力の増大時はバイパス管で流量配分し、処理能力のある復水井戸で多く復水処理する。
- ③ プローが発生(薬注により構築した不透水部からの漏水)した井戸については再薬注による止水を実施。

4. 結果

「赤水対策」、「周辺の地下水位の維持」、「周辺の地盤沈下」に対する複合対策を踏まえた「地下水対策工法」では、以下のような結果になった。

1) 赤水対策

真空状態で揚水をそのまま復水しても、地下水に含まれる微量の酸素と水流の攪拌で微量の酸化鉄の赤水が発生するが、復水地盤周辺に散在する微量の酸化鉄は長期的には還元状態に戻ることがわかっている。

2) 地下水位の維持

揚水側ではSWP井戸の間隔が大きい箇所では0.5m~0.9mの水位低下不足が発生したため、補助井戸(SWP-Jr)を追加し、所定の水位を達成させた。

一方、処理水量が大きく、井戸毎に揚水量、復水量にばらつきがある他、復水井戸側の洗浄、プロロー発生等に対応するため、全ての復水管にバイパス経路を設け揚水を分散系統化し処理容量を向上させた。

復水の注入圧力では、最大0.28Mpaの井戸もあったが、多くの復水井戸では最大注入圧力が0.2Mpa以下であった。

揚水した地下水は、VPRW工法で復水圧管理と頻繁な洗浄作業により全て復水できた。

3) 地盤沈下

土留外側の地下水位低下を1.0m~2.0m程度で全工事期間維持したため、地盤沈下の問題は発生しなかった。

4) その他

最終段階に入った時期に、パッカーの役目をしている粘土層が薄いため注水圧に耐え切れず地表面へブローする井戸が出始めたが、復水井戸のバイパス管の切り替えで連続運転を可能にしつつ、ブローした井戸は薬注を再度行なって修復し、通常運転に戻した。

工事の目標である周辺の地下水位の低下量は小さく収まり(土留め鋼矢板近傍で1.0m低下したが、10.0mはなれた地点では自然地下水に戻っていた。)周辺地盤の沈下や井戸枯れが発生しなかった。

また、発生汚泥量も非常に少なく、井戸洗浄時に発生した汚泥のみの20m³程度であった。

以上のことから当初の目的を達成したものとする。

5. まとめ

開削工事で当初予想された①赤水処理、②周辺の地下水位の維持、③周辺の地盤沈下に対する対策として、VPRW工法、SWP-Jr工法、とるとる砂Q装置等の複合対策で地下構造物施工が完了できた。(写真-2 躯体構築状況)

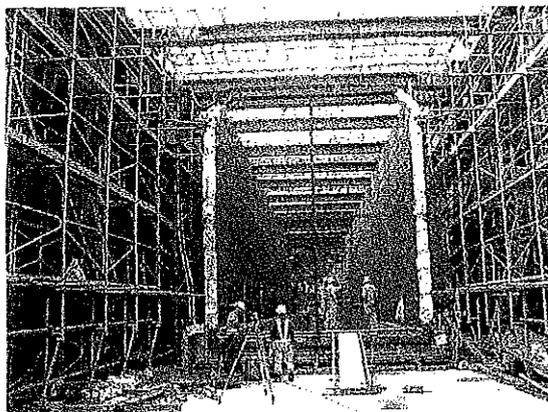


写真-2 躯体構築状況

今後、供用中空港で今回の工法を採用する場合は、復水の注入が高圧の場合の管理及び設備仕様についてさらに安全対策の検討が必要であると考えている。

以上