

構造物近接環境下での粘性土層を対象とした凍結工法によるトンネル接続事例

前田建設工業(株) 正会員 松尾 琢夫
 前田建設工業(株) 正会員 ○及川 照靖
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

当該工事は、川崎市上下水道局発注の工事であり、大師河原排水区および大師臨港排水区の浸水対策、合流改善を目的とし、既設大師河原 6 号幹線(仕上り内径 $\phi 3000\text{mm}$)と既設大師河原貯留管ケーソン立坑を凍結工法による土止めおよび止水効果により接続するものである。施工箇所は東京湾に繋がる大師運河に約 70m と至近であり、高流速・高塩分濃度の環境に加え、凍結工の対象層は粘性土層であり、近接する大師河原貯留管(仕上り内径 $\phi 5000\text{mm}$)へ作用する凍土圧の影響が懸念された。

2. 施工概要と施工数量

施工概要図を図 1 および図 2 に示す。立坑最深部を施工ヤードとし、水平凍結管 27 本および水平測温管 4 本を埋設し凍土造成を行った。また、シャフトとの破断防止のための凍着確保を目的として、6 号幹線内には貼付凍結管 159 本を設置した。造成凍土厚は、既設シールドマシン残置部が最大で、 $T=2.0\text{m}$ である。凍土造成には、100 型(モーター出力 75kW)凍結ユニットを使用した。なお、凍土造成に先立ち、地下水流速の測定を実施したところ、陸側から海側への流向で最大で 1.74m/day が観測された。一方で、凍結管列が閉塞するための限界流速を算出したところ 1.21m/day と算出されたため、地下水流速抑制を目的とした流速抑制壁を、地上部から二重管ダブルパッカ工法にて凍土造成箇所の地下水上流側に施工した。施工後の流速測定では 0.23m/day への流速の抑制と凍土造成箇所を迂回するような流向の変化が確認されたため、凍土が造成可能と判断した。凍土造成完了後は、連続コアボーリングによる立坑壁の鏡切り後に人力掘削により既設シールドマシンを露出させ、小割ブロックによる既設シールドマシンの分割撤去後、鋼製セグメントによる 1 次覆工、耐凍害性の裏込注入の後、2 次覆工コンクリートを打設した。

3. 凍土圧低減を目的とした対策工

凍土造成箇所と近接構造物である既設大師河原貯留管の間は粘性土層が存在し、凍土造成に伴い発生する凍土圧が鋼製セグメントおよび二次覆工コンクリートに影響を及ぼすことは明らかであった。そのため、当

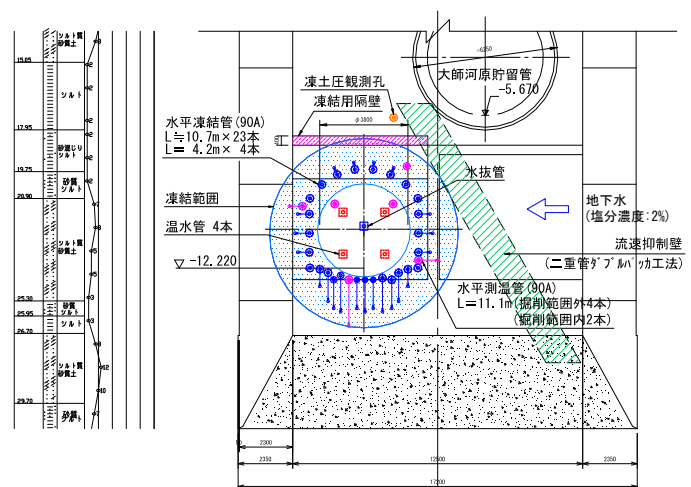


図 1 正面図

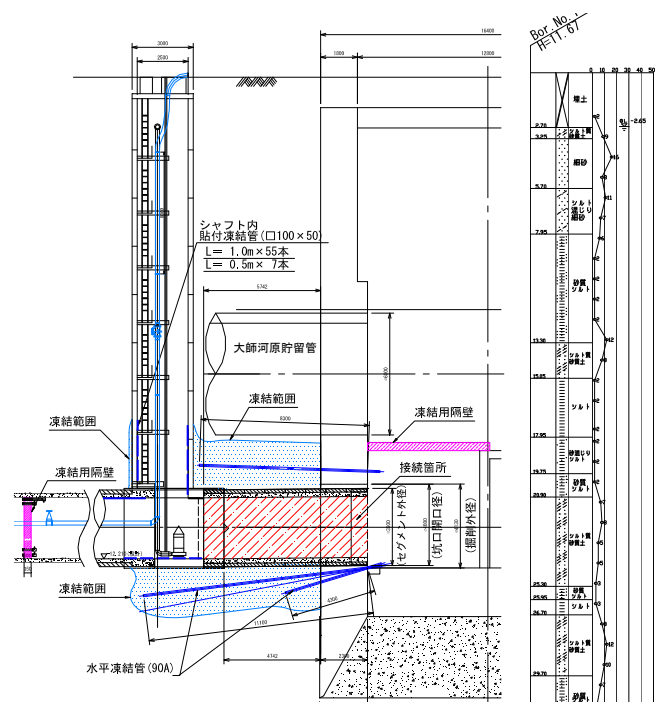


図 2 断面図

キーワード 凍結工, ケーソン立坑, シールドトンネル, 近接構造物, 地下水流速抑制, 臨海部

連絡先 〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 1-12-7 前田建設工業(株) 東京土木支店 TEL 03-3222-0826

該部においてφ40.5mm ロッドを使用したエアオーガーによる地山抜取り工を実施し、凍土圧の低減を図った。地山抜取り工の実施は、低温環境下においても凍結せず、圧縮性の非常に低い生分解性グリースを充填した凍土圧観測孔における圧力変化と、既設大師河原貯留管のインバートレベルの変化から判断した。孔数5孔に対してそれぞれ7回、計35回の地山抜取り工を実施し、最終的に対象地盤1.3m³に相当する地山抜取りを完了した。図3に示すように、凍土造成期間ならびに凍土維持期間における大師河原貯留管の隆起量は最大で6mmであったが、地山抜取実施後には、大師河原貯留管の隆起が収束する傾向が明確に確認された。さらに、掘削範囲内への温水管の設置は、掘削工程短縮のための未凍土部の確保を目的とするとともに、未凍土部を凍結させようとする凍土の性質を利用した既設構造物側への凍土圧の低減を期待している。

4. シャフトと既設幹線との泣別れ防止策

凍土造成順序および強制解凍順序をエリア毎に区切り、シャフトと既設幹線の泣別れ防止を図った。凍土造成時には、水平方向への凍土圧によりシャフトと既設幹線の接合部を支点とした曲げが発生し、接合部の損傷による漏水の発生が懸念されたため、水平凍結管による凍土造成運転開始から7日間先行して貼付凍結管を運転することにより、凍着を確保した状態で水平凍結管による凍土造成を開始し、泣別れを防止できた。また、今後実施予定の強制解凍過程については、水平凍結管の内下部の11孔における温水循環を先行させ、かつ貼付凍結管による凍着は確保した状態で接続部下部に空隙充填を実施することで、泣別れの防止を図る予定である。

5. 接続部からの漏水防止および出水に備えた対策

接続部の内、既設大師河原6号幹線側は鋼製セグメントの主桁を既存のシールドマシンに全周溶接により接合し、坑口側は立坑躯体裏全周に水膨張ゴム、また、セグメント外周には粘着性を有するゴム状止水板を貼付し漏水の防止を図った。出水に備えた対策としては、①凍結工の施工箇所となる立坑最深部上に仮設スラブを設置し、万一の出水時には材料投入開口および進入用開口のハッチを閉鎖することにより、立坑全体の浸水防止を図る隔壁とし、②材料投入開口用ハッチには2吋バルブを2箇所設置し、大師河原ポンプ場内の放流渠内に設置した緊急給水用ポンプから配管することで、出水時には緊急注水を実施し、土粒子を引き込む限界流速の到達前に隔壁内を満水にできる体制を確立し、凍結工に係る全工程を実施した。

6. おわりに

原稿執筆現在は、鋼製セグメント設置、2次覆工まで完了し、今後強制解凍ならびに空隙充填のためのCB注入を順次実施予定である。強制解凍実施前に2次覆工を完了する事例は珍しいと思われるが、強制解凍により発生が予想される接続部の沈下およびそれに伴い実施する空隙充填による接続部に作用する注入圧が、2次覆工へ与える影響と接続部および坑口部における漏水発生の有無を十分注視しながら施工を継続していく次第である。

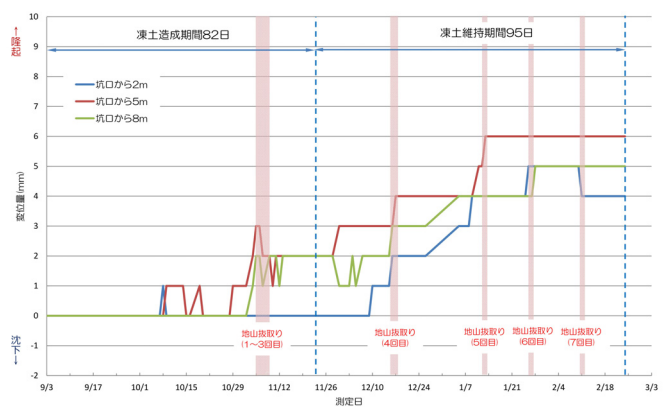


図3 既設大師河原貯留管におけるインバートレベルの変遷



写真1 凍土造成状況



写真2 凍土掘削完了