

2つのブライン温度で余剰凍土厚抑制 -高速横浜環状北西線 U ターン路築造工事-

(株)安藤・間	東京支店土木部	正会員	岩崎 広幸
(株)安藤・間	建設本部土木技術統括部機電部		井上 善博
(株)精研	凍結本部	正会員	○小椋 浩
(株)精研	凍結本部		平山 智史

1. はじめに

高速横浜環状北西線シールドトンネル建設工事は、東名高速道路（横浜青葉インターチェンジ）と第三京浜（港北インターチェンジ）を結ぶ横浜環状北西線（延長約 7.1km）のうち、横浜市緑区北八朔町の発進立坑から都筑区東方町の到達立坑までの約 3.9km の青葉行き（内回り）トンネル（外径 ϕ 12.4m, 内径 ϕ 11.5m）を泥水式シールド工法にて築造するものである（図 1）。本報では発進立坑より約 1.4km 地点に施工された U ターン路で採用された、パイプルーフ併用凍結止水工法について報告する。



図 1 横浜環状北西線概要

2. 凍結工概要

凍結工は高速横浜環状北西線シールドトンネル建設工事のうち U ターン路築造工事において採用された。U ターン路は青葉行きおよび港北行きの両シールド間を $7.0\text{m} \times 10.2\text{m}$ の矩形断面で接続するもので、土被り 60m 下で行われる。土質は、凍結対象域の約 8 割が $N > 50$ の泥岩層であり、大きな凍結膨張圧が懸念された。そこでパイプルーフを構造部材として土水圧を受け、凍土はパイプルーフ間の止水を行うパイプルーフ併用凍結止水工法として施工した。凍結工の全体イメージ図を図 2 に示す。これは掘削部周囲に $\phi 318.5\text{mm}$ のパイプルーフを 750mm ピッチで 52 本埋設し、そのパイプ

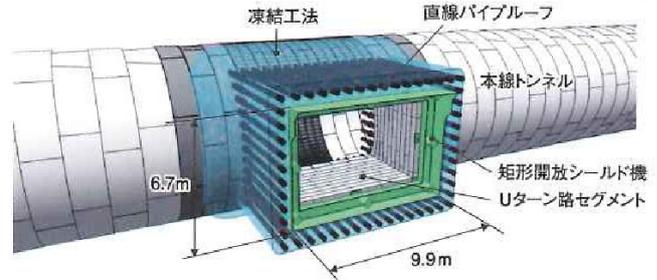


図 2 パイプルーフ併用凍結工イメージ図

ーフ内に長さ 8.85m（平均）、径 65A の凍結管を 2 本ずつ計 104 本設置し、止水凍土壁を造成する。凍結管ピッチは離れたところで 600mm となり、計画凍土厚は片側 450mm としパイプルーフ間を止水するものである。

凍土造成は、ブライン温度： -30°C 、初期地中温度： $+18^{\circ}\text{C}$ 、容積含水率： $P=0.5\text{m}^3/\text{m}^3$ 、凍土造成日数はパイプルーフ間の止水凍土で 11 日、凍着面の貼付凍結管部 0.85m の凍土造成は 41 日となった。冷凍機容量は 160kW 型冷凍機 1 台と 75kW 型冷凍機 1 台の計 2 台として計画した。

3. 凍土厚抑制方法

施工に際して前述のごとく大きな凍結膨張圧の発生が予想されたため、凍土維持期間中の凍土厚増加を極力抑制する必要がある。維持期間中の凍土厚抑制方式には以下のものがある、①ブライン温度上昇、②凍結管の間引き運転、③温水管の設置による凍土厚制御があるが、本現場においてはこのうちの③の温水管設置が上部で困難な事より①の方法で制御を行うものとした。ブライン温度上昇については、セグメントと凍土の凍着部分の温度を低く保ったままパイプルーフ部分のブライン温度のみを上昇させる必要があるため、熱交換器を使用して 2 つの温度のブラインを作る事とした。図 3 にシステムの概略図を示す。

これは、凍着部の貼付凍結管循環ラインとパイ

キーワード 凍結工法, 凍土厚抑制, 凍土, 凍結膨張圧

〒112-0002 東京都文京区小石川 1-15-17 (株) 精研 凍結本部 TEL.(03)5689-2351 (代表)

プルーフ内凍結管循環ラインを分け、冷凍機で-30℃に冷却したラインを貼付凍結管循環ラインと熱交換器に供給（低温側）、パイプルーフ内凍結管循環ライン（高温側）のラインを熱交換器に循環し、熱交換器に入る低温側ラインの流量を手動で調整し-10℃～-15℃の高温ラインを作成するものである。従来であれば、熱交換器部分に温調器、電磁バルブ等を設置しライン温度を調整するが、このシステムとすることで安価に2温度のラインを作ることができた。また、温度的にも精度よく容易にコントロール可能であった。

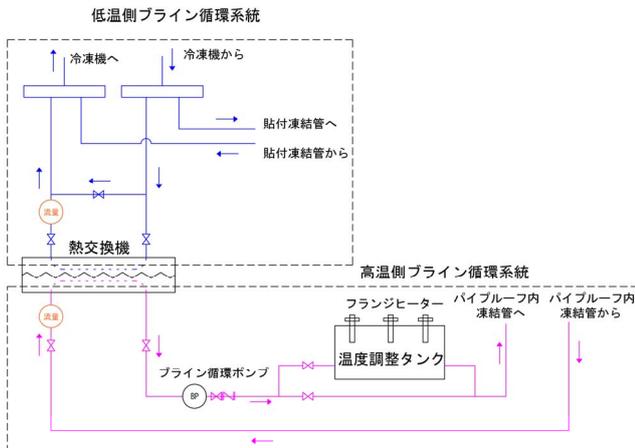


図3 システム概略図

4. 凍結工の施工

2018年9月に現地に乗りこみ、凍結プラント設置と並行してライン配管、冷却水配管を行った。パイプルーフの施工に合わせて凍結管・測温管の設置を行い、先行して凍着部の凍結運転を開始した。引き続き2019年3月7日にパイプルーフ内凍結管の運転を行い、所定の11日間の凍土造成運転の後、刃口シールドのマシン組立、セグメント撤去を経て掘削・六面鋼殻の組み立てを行った。

凍土維持運転開始より5日後の3月23日よりパイプルーフ内凍結管循環ラインのライン温度を上昇させ余剰凍土厚抑制運転を行った。図4にライン温度の推移と片側凍土厚の関係を示す。

最終片側凍土厚の予想は、間引き運転においては1.43m、当初計画のライン温度は-15℃で計画されており、この場合には1.15mと予想された。実施工におけるライン温度は、更なる抑制効果を期待して、凍土の安全性を確認しながら-10℃～-15℃で推移した。これにより、最終片側凍土厚は0.7m～0.8mとなり、間引き運転の場合の50～55%、当初計画のライン温度-15℃に対して60～70%に抑制された。

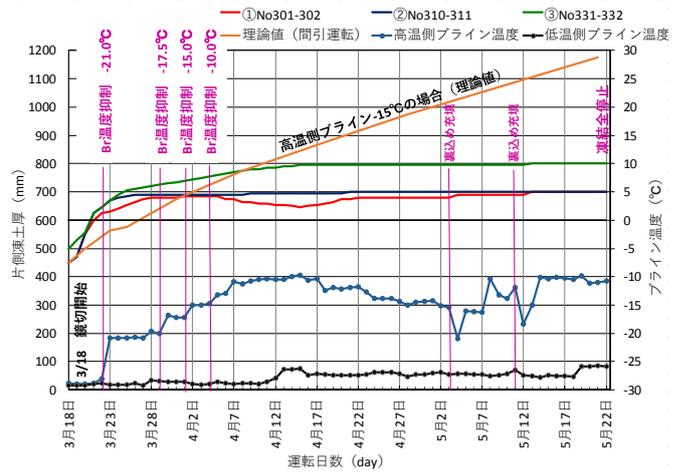


図4 凍土成長-抑制運転比較

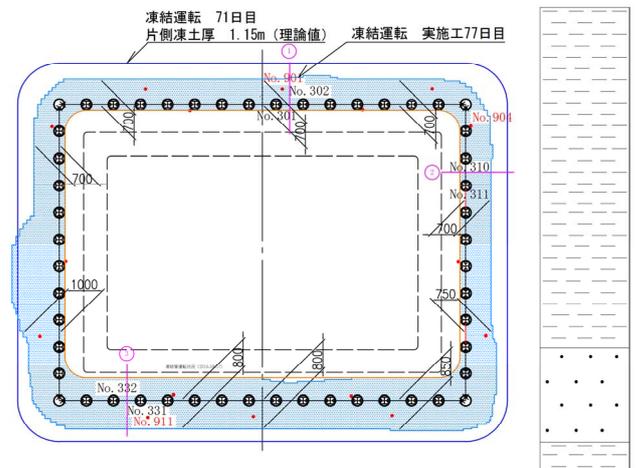


図5 凍土予想図

この余剰凍土厚抑制運転により無事にUターン路の構築を完了することができた。図5に凍結工完了時の凍土予想図を示す。

5. まとめ

- 本報では、高速横浜環状北西線シールドトンネル建設工事のうちUターン路築造工事において凍土維持期間中の余剰凍土抑制運転について報告した。以下にこの工事から得られた成果を列挙する。
- ・熱交換器を使用することで容易に2温度のラインを作ることができた。
 - ・手動の温度調節を採用したが、非常に精度よく高温ラインを作成することができた。
 - ・2温度のラインでの余剰凍土抑制運転により最終の片側凍土厚が50～70%に抑制された。

文献 1) 大畝丈広, 富田一隆, 掘浩之, 下村義直, 高松伸行: 地盤凍結工法における温水管を用いた凍土成長の抑制とその効果, 第74回土木学会年報, VI-180, 2019