

V-299

凍結工法を併用した地中接続について

NTT 東京支社 正会員 平山 和幸
 NTT 東京支社 戸谷 祐一
 NTT 東京支社 長田 勝夫
 協和エクシオ(株) 正会員 水野 良一

1. はじめに

近年、都市部における地下構造物構築工事では、既存の構造物を拡幅あるいは他の構造物と接合するケースが増えている。特に大深度での拡幅・接合工事では、既存構造物に与える影響は大きい。

本工事は凍結工法を採用し地中にて既設シールドトンネルを拡幅するものであるが、ここでは凍結工法を併用した対策実施を施工結果に基づき報告するものである。

2. 工事概要

本工事は、霞が関から東銀座ルート of 既設シールドトンネル（セグメント外径 $\phi 4,550\text{mm}$ ）に、一期工事で路下式ニューマチックケーソン（外径 $\phi 6.35\text{m}$ 深さ 40m ）を既設シールドトンネル直上 2m まで沈設し、二期工事で既設シールドトンネルおよびケーソン刃口周辺を凍結工法による地盤改良を行い既設シールドトンネルとニューマチックケーソンを接合するものである。現場は、中央区銀座のオフィスビルが連立する極めて狭隘な施工環境である。（図1）

3. 土質概要

当該地域は表層下に洪積土層である東京層が分布し、以深に東京礫層、江戸川層の層順をなしており概ね均等係数が $U_c = 3$ 以下の極めて均一な細砂層である。地下水位は $G L - 13.0\text{m}$ 付近にあり、ケーソン最下部においては被圧水 $P_w \approx 2.4 \text{ kgf/cm}^2$ といった高い値を示している。なお、透水係数は $K_w = 3.3 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 、流向 $S30^\circ W$ 、流速 2.8cm/day 、塩分濃度 1.9ms/cm （ 0.12% ）である。（図2）

4. 凍結計画

土質概要の土質状況から、凍結対象土の条件を細砂とし容積含水率を 0.4 、地盤温度を 18°C とした。

(1) 凍土造成の計画

側壁部・下床部は、凍土に作用する土圧+水圧を台形荷重とし、凍土平均温度を -11°C として凍土で固定された矩形板を計算モデルとして試算し、計画凍土厚を 3.1m とした。（図3）

(2) 凍結日数と負荷の算定

凍結管の配置は、 $4^B, 3.1/2^B$ 管を 0.8m ピッチに列状に埋設した。管列凍結の凍結速度の計算は、凍結開始より隣接凍結管の凍土が継がるまでを二

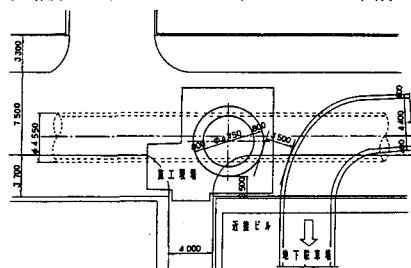


図1 立坑位置状況図

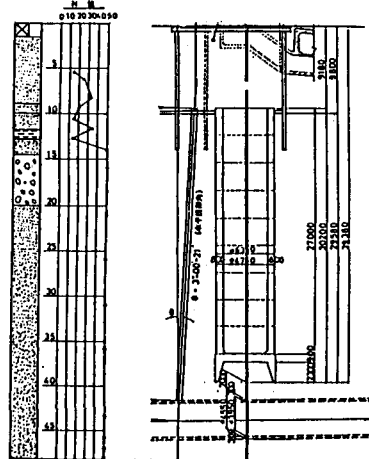


図2 土質状況図

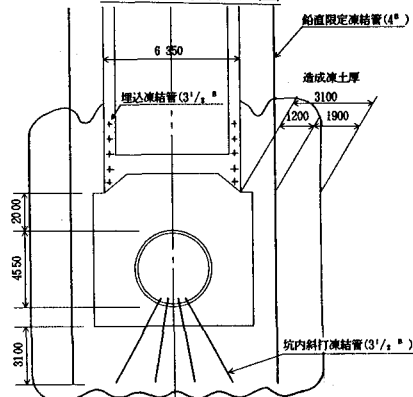


図3 凍土造成図

次元理論で求め、凍土壁が形成された後は、凍結管列の平均温度を冷却温度として一次元理論で求め、計算結果は図4の様になり、必要凍土造成日数は、106日となった。

次に凍結設備は、図5の通りで冷凍機100HP, 200HP 2台の計300HP で計画した。

5. 凍土内掘削と管理

本工程に先がけ、既設トンネル内に水準測量点を設け、凍土造成開始からトンネル拡幅完了までの期間について内空変位の管理目標値（表1）を設定し、測定しながら施工に当たった。掘削開始前の状況ではトンネル軸方向レベルで最大21mmの起伏が観測され内空変位量としては水平方向で17.6mm縮み、鉛直方向で8mmの縮みが観測された。

次にトンネル軸方向セグメントを掘削に伴い撤去したところ、0.3mm 沈下した。これは、セグメント自体の応力解放によるものと判断した。

以上の掘削経過を経て床付けに至ったが、この間上部ケーソン（自重1200t）は、ケーソン刃口周辺部に造成した凍土の凍着力とケーソン上部に取り付けた支持床版で保持する計画とした。

また、拡幅部掘削完了後に打設するコンクリートについては、学識経験者の指導に基づき、 $W/C \leq 40\%$ としたマッシュコンクリート構造物のため普通コンクリートの採用および初期凍害防止を目的として、耐寒用特殊混和材の添加とコンクリート打設面へのシート養生をした。接続部の躯体コンクリート打設完了後は凍結運転を停止し、凍結管を利用しホットブラインを循環しながら凍土を強制解凍し、既設トンネル下部に発生したボイドに無収縮モルタルを注入することで、凍土解凍沈下による既設シールドトンネルへ与える影響を防いだ。また、構造物側壁部へは裏込注入を実施し、躯体からの漏水も無く、躯体の沈下も見られず工事を無事完了することができた。

6. おわりに

凍結工法を併用した地中接続が完了し、早くも6か月を過ぎようとしている。この間立坑内部及び周辺地山等の挙動は安定状態を示してる。本工事は、既設シールドトンネルとケーソンをの地中にて接合という他に施工事例のないことから、事前段階では不安を抱えることも多くあった。しかし、関係各位の協力の基に万全な対策を実施した結果無事故で完成することができた。今後とも安全を最優先させる土木技術の研究開発に力を注いでいきたいと思います。

図4 凍土成長及び凍結負荷曲線

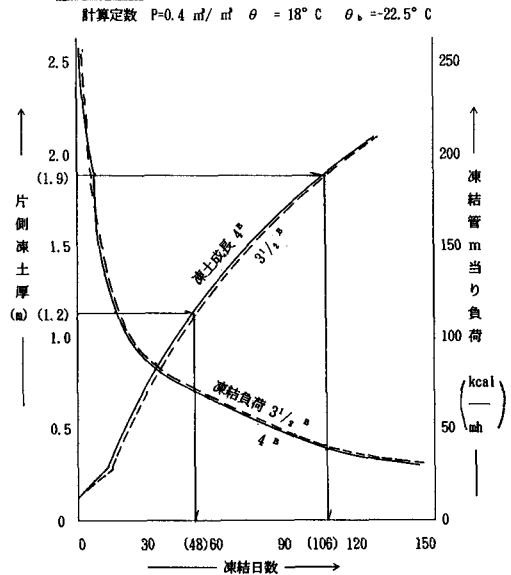


図5 凍結負荷曲線

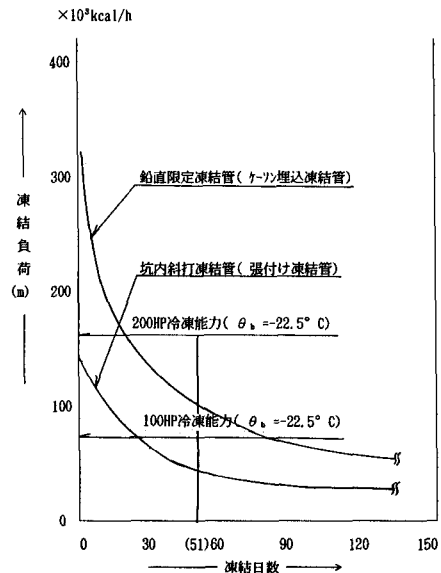


表1 管理目標値

トンネル軸方向	沈下 5 mm
内 空 変 位	± 4 5 mm NTT規格