

## III-54 凍結工法の現場計測結果について

NTT関西支社

○ 島津富登志

正会員 鎌田 敏正

青谷 忠厚

## 1. はじめに

近年、都市の過密化等によりシールドトンネルの占用位置は大深度化する傾向にあり、高水圧下における作業を余儀なくされる場合が多くなっている。本報告は、通信ケーブルを収容するシールドトンネルの到達方法に凍結工法を採用したのに伴い、現場計測による数値的施工管理を実施したので、その結果等について述べるものである。

## 2. 工事概要

凍結工法はブライン方式を採用したが、その主な諸元を表1に示す。シールドマシンの土被りは約28m、間隙水圧は2.7kg/cm<sup>2</sup>であり、到達角度は17度である（図1参照）。

到達付近の土質柱状図は図2に示すとおりであり、シールド上部はN値10～20の粘土質シルト層、シールド断面の上部は粘土と砂の互層、下部はN値50以上の砂礫層（天満砂礫層）である。

## 3. 計測概要

凍結対象地盤は粘土質シルト、中砂、砂礫等の互層であり、凍結時における地盤の挙動に差異が生じることが想定されたため、地盤の温度変化並びにシールドマシンスキンプレート（以下、スキンプレートという。）の応力度を計測することにより、施工管理を実施した。

## (1) 地中温度

凍土の成長過程を把握するため、地中に測温管を設置し、温度管理を行った。計測位置は、図2に示すように各々土質の異なる計4ヶ所とし、1日3回の定時測定を行った。

なお、測温管には、3～4個の測温素子を挿入している。

## (2) スキンプレートの応力

凍土の成長過程の相違によるスキンプレートへの影響を管理するため、歪ゲージにより応力度を計測した。

なお、図3に歪ゲージ取付け位置を示す。

表1 主 要 諸 元

| 項 目     | 諸 元                        |
|---------|----------------------------|
| 方 式     | ブライン方式(CaCl <sub>2</sub> ) |
| 凍結管ピッチ  | 0.8m                       |
| 凍結管本数   | 22本                        |
| 測温管本数   | 4本                         |
| ブライン温度  | -25度                       |
| 凍 結 土 量 | 約145m <sup>3</sup>         |

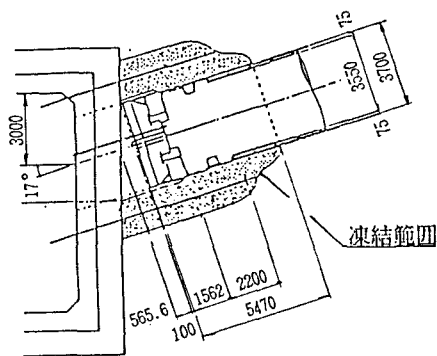


図1 凍結施工平面図(単位:mm)

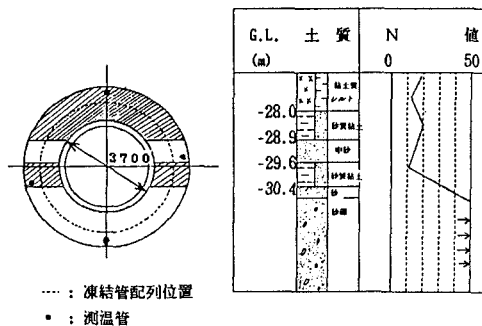


図2 到達付近の土質構成

## 4. 現場計測結果

## (1) 地中温度変化と凍土の成長過程

各土層の温度変化は、図4に示すように、粘土質シルト、中砂及び砂質粘土については、理論値に近い傾向を示したが、砂礫については、温度低下が顕著に現れている。また、地中温度の変化状態から凍土成長過程を想定すると図5のようになり、ほぼ8日目まで凍土リングが形成され、12日目まで全体にわたり凍土が成長したものと想定される。

なお、凍土成長想定図は、下式により推定した。

$$\theta_1 = \theta_c \left\{ 1 - \frac{\operatorname{erf} \left\{ \frac{x}{2(K_1 t)^{1/2}} \right\}}{\operatorname{erf} \left\{ \frac{\alpha}{2K_1^{1/2}} \right\}} \right\}$$

ここに、

$\theta_1$  : 凍土内温度       $\theta_c$  : 冷却面温度

$K_1$  : 凍土の温度伝播率     $t$  : 冷却時間

$x$  : 冷却面からの距離     $\alpha$  : 凍結進行定数

## (2) スキンプレート応力

スキンプレートの発生応力度は、図6に示すようにブライン供給開始後6日目頃から増加しはじめ、12～16日経過後はほぼ一定となっている。

この原因として、凍土に閉塞された未凍結領域の間隙水圧が、凍土の成長とともに上昇し、スキンプレートに作用したことが考えられるが、その他ゆるみ土圧や冷却に伴う温度低下等も影響したと想定される。

なお、引張応力度が最大約600kgf/cm<sup>2</sup>増加したことから、今後とも数値的施工管理に努める必要があると考えられる。

## 5. おわりに

今後、大深度地下利用が促進される傾向にあり、凍結工法は多くなってくるものと考えられ、施工の安全性上からも、さらに、数値的施工管理が重要になってくるものと考えられる。

## &lt;参考文献&gt;

- 1) 社団法人日本建設機械化協会編、地盤凍結工法—計画・設計から施工まで—、1982年
- 2) 戸部、秋元；凍土内温度分布計算式とその応用、冷凍、Vol 54, NO 622, pp3-11, 1979年

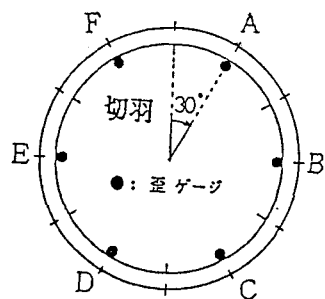


図3 応力測定位置図

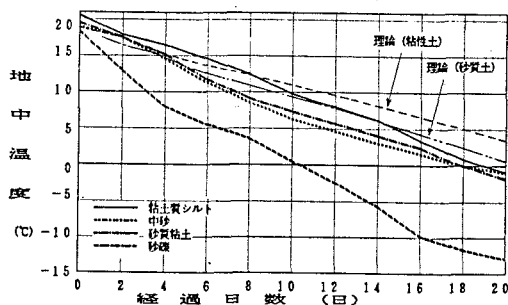


図4 地中温度変化

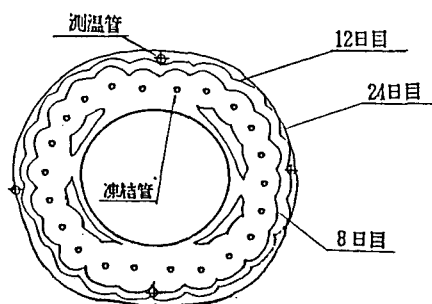


図5 凍土成長想定図

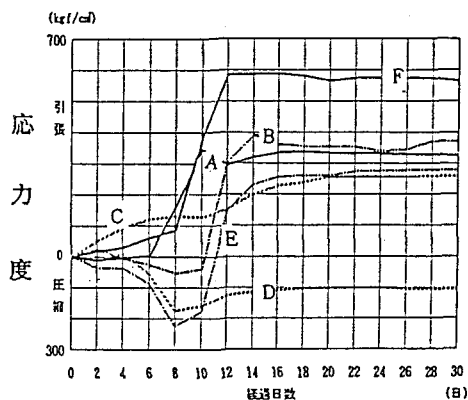


図6 スキンプレート発生応力度