

(Ⅵ－5)

凍結工法における土留壁工の設計と管理

鹿島建設(株)

正会員 河野 健吾

〃 〇石川 伸

1. はじめに

最近シーールド工事の発進・到達並びに地中接合部等の防護工として凍結工法が採用される工事が増加している。今回凍結工法により造成した凍土を土留壁として用い、凍結サンプリングを目的とした立坑(内径 4.0m、深さ 20.0m)の工事を行った。本報文は、同種工事が国内でも例の少ないことから、凍土による円形立坑の土留の設計施工の概要及び施工管理の問題点等について事例紹介するものである。

2. 立坑土留工法の選定

立坑掘削の土留工法については、立坑深さが 20 m と深い上に、地下水位が高い (GL-5.0 m) ため、連壁、SMW、鋼矢板工法等が考えられた。更に当工事では、凍土を土留壁とする工法も考えた。これは凍結サンプリングのために設置する冷却機等の凍結プラントを活用すれば、コスト的に他工法と競争できると考えたからである。各工法を比較検討した結果、工期・工費的には鋼矢板工法が最も優れるが、止水のために併用する薬注が、サンプリング対象地盤に悪影響を与えるため、工期・工費・止水性・試料品質・施工条件等を総合的に判断し、凍結土留壁工法を選定することとした。

3. 設計概要

図－1 に凍土による土留壁工の概要図を示す。凍土による土留工の設計に関する基本的な考え方としては、地下水位下においては地盤を環状に凍結させた土留壁を築造し、土圧に対抗させた。地下水位面上はライナープレートにより土留を行った。なお、ライナープレートは凍土の肌落ち防止のために掘削底面まで補強リングなしで設置した。

3－1 土留壁にかかる側圧

側圧を計算する際の側圧係数は簡略化し、安全側の考えから、砂質土については静止土圧が作用するものとし、また、GL-10.65 ～GL-17.7 m 位置のシルト層は凍結膨張圧を考慮して土圧を計算した。なお、土質の不均一性や、掘削底面の傾斜等を考慮し、偏圧として土圧の 20 % を三角形分布で載荷させた。

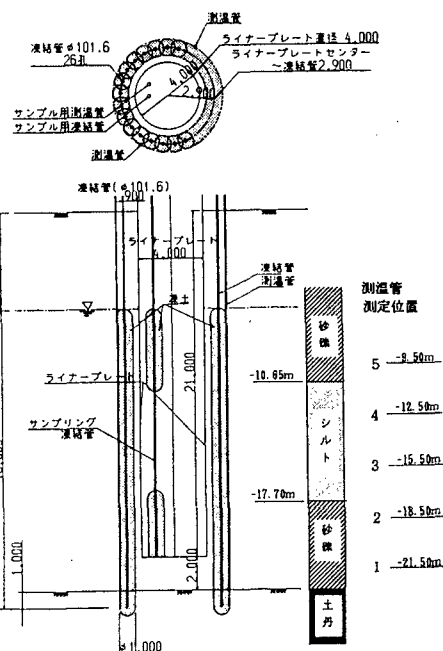
3－2 地下水

実施工に先だち、①地下水位、②塩分濃度の 2 点についてチェックボーリングを行い確認した。一般に、塩分濃度が、凍土の強度を大きく左右する事がわかっている。しかしながら、GL-6.0 m 付近の塩分濃度を測定した結果、今回の施工区域における地下水の塩分濃度は無視しうるものであった。

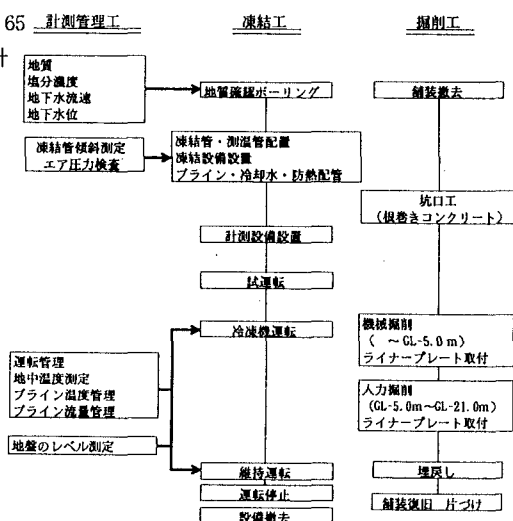
3－3 凍土厚

凍結管 ($\phi = 101.6\text{mm}$ 、長さ: 23.5 m) は、凍結日数 30 日において、有効厚さが $t = 100\text{cm}$ になるように立坑の周囲に円形状に配置した。

なお、凍結管の設置に当たっては、管内に傾斜計を挿入し鉛直方向の精度を確認した。



図－1 凍結工法による土留壁工概要図



図－2 計測管理及び施工フロー概要図

3-4 凍土の強度

凍土の強度は、表-1の設計基準強度を安全率2で除して許容応力度とした。

4. 施工及び計測管理

図-2に計測管理及び施工フロー図を示す。計測管理としては、土留壁となる凍土の外側に2本の測温管を配置し、①土留壁となる凍土の造成管理、②2本の測温管計測値の相違から、地下水の流れの有無の観測を行った。図-3に温度測定結果を示す。

また、測定した凍土温度より造成されている凍土壁厚を算定した結果を図-4に示す。凍土の造成は粘性土よりも砂質土の方が早く、また、砂質土では深度の深い方が凍土成長が早くなっている。

外側凍土厚の平均値と、理論値を対比させたものを図-5に示すが、ほぼ理論値に沿った凍土造成過程がみられる。

5. 施工上の問題点

凍結管列より外側に造成される凍土については、理論値に近いものが造成されたが、内側（内部掘削側）の凍土は、予想を超える凍土が造成され、掘削能率に問題が生じた。この理由としては、内側においては冷熱の伝達効率がよいことと同時に冷熱が発散されにくいこと、及び内部で行われたサンプリング用の凍結管の影響であるものと思われる。図-6に造成された凍土のイメージ図と、掘削到達日及び同日プラント運転状況を示す。

なお、凍土の造成の抑制方法としては、ブライン温度を上げることとなるが、開雲に上げると土留壁の崩壊につながるため、運転の管理基準を設定した。凍土の土留壁としての強度は、①凍土の厚さ、②凍土の平均温度によって決まるので、この強度が各深度の外力に対抗し得るようにブライン温度を管理した。

表-1 凍土の設計基準強度

	砂質土	粘性土
圧縮	45 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²
曲げ	27 kgf/cm ²	18 kgf/cm ²
せん断	18 kgf/cm ²	15 kgf/cm ²

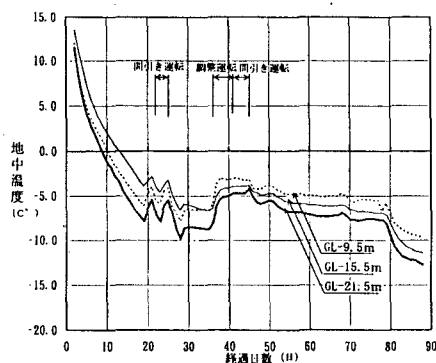


図-3 凍土温度測定図（凍結管A）

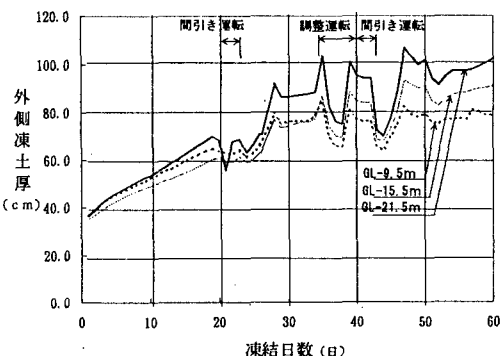


図-4 凍土厚算定図

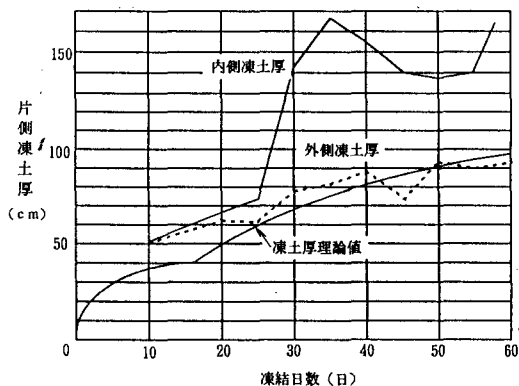


図-5 実測値と理論値の対比

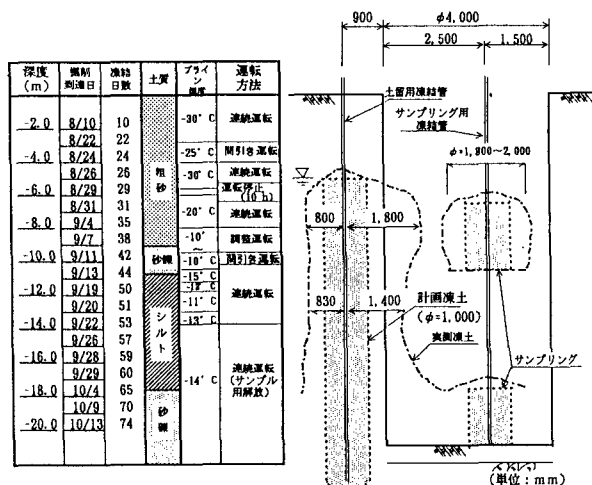


図-6 凍土造成図

6. おわりに

凍結による土留壁工の実績は少なく、今回の施工でも若干の問題点が発生したが、凍結による土留工が十分に成立することが判った。なお、凍結管を改良し、深度あるいは土質によって凍土の造成を容易に管理できるようになればより経済的で、高品質の土留壁を築造することが出来るものと思われ、将来は新しい分野での活用が望まれる。