

PSIII-33 高水圧砂礫層における海底ドッキング工法の設計、施工

大阪ガス（株） 正会員 山下 修
 大阪ガス（株） 正会員 稲田 澄夫
 （株） 瀧池組 正会員 ○嶋田 護

1. はじめに

シールドトンネルのドッキングは、高い遮水性と十分な強度をもつ補助工法として凍結工法を採用するケースが多い。今回、大阪市南港で施工したシールド工事のドッキングは、海底下の $3.4\text{kg}/\text{cm}^2$ の水圧を有する砂礫層で行なわれた。本工事は、この様な高水圧下でしかも透水性の高い砂礫層で施工されるため、完璧な凍土壁の造成計画と施工管理が要求され、特に地下水流の影響対策と凍土壁造成の確認に留意した。以下、本文ではこのドッキング工の設計と施工について報告する。

2. 施工手順

ドッキング工は、以下に示す手順により施工した。

- ①両シールド機ドッキング地点到着後、カッタヘッド部を残しシールド機材を撤去する。
- ②砂礫層内の地下水流速を低減させるため、薬液注入を行なう。
- ③凍結管は、坑内からシールド機スキンプレータを削孔して埋設する。冷凍機は坑内に設置する。（図-1）
- ④凍土の造成を確認して、カッタヘッドを撤去しスチールセグメントを組立てる。
- ⑤トンネル下部の粘性土に対して、強制解凍を行なって沈下防止の薬液注入を行なう。スキンプレータ部にスチールセグメントを組み二次覆工を行なう。（図-2）

3. 凍土壁の設計

（1）凍土厚： 凍土に作用する荷重は土圧、水圧とし、断面計算はセグメントと同様剛性一様なリングとする慣用法で行なった。造成凍土範囲は図-1に示す

とおり、カッタヘッド解体による解放区間 1.6m に両側 1.0mを加えた 3.6mに対し、凍結管列より外側に1.1mの厚さをもつ凍土とした。なお、凍結管埋設角度は 25° ピッチは先端で80cmとした。また、マシンテール部止水に対し貼付凍結管により2.0mの範囲を凍結した。

（2）地下水流の影響と対策： ドッキング部凍土造成を妨げる地下水流の限界流速を求めると $1.5\text{m}/\text{day}$ となった。これに対し、事前に行なった2ヶ所の地下水流速調査結果によれば、 $1.2\sim 4.2\text{m}/\text{day}$ の流速が確認されており 凍土外周に 1.0m幅の薬液注入を行なっ

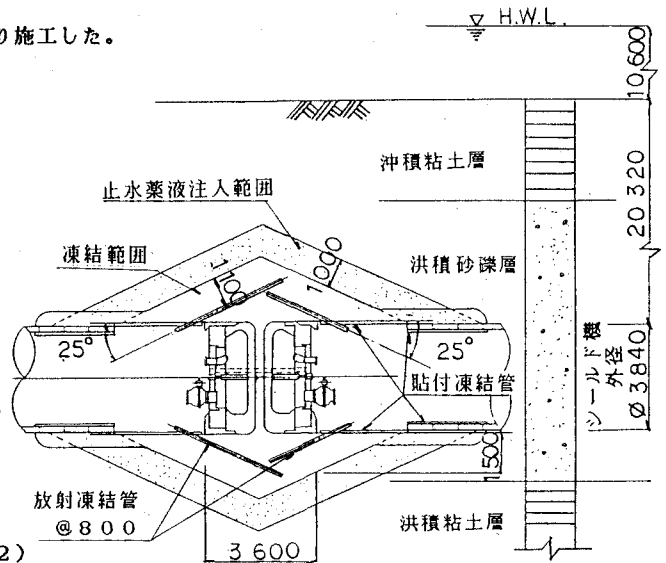


図-1 ドッキング補助工概要図

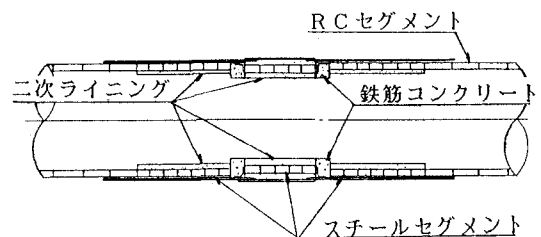


図-2 ドッキング工完了図

て対応した。

（3）凍上および解凍沈下： トンネル直下の砂礫層および粘土層によるトンネルの凍上・沈下量は、実験値より凍上率（沈下率）砂：0.6%（1.4%）、粘土：1.4%（4.6%）として、三次元凍上（沈下）変位計算法により行なった。これによりそれぞれ最大で15mmと50mmとなった。特に解凍沈下は、ドッキングを完了したトンネルに悪影響を与えるため、強制解凍を行なって解凍状況に合せた沈下防止対策として超微粒子セメントミルク注入を実施した。

4. 凍土管理

（1）カッターヘッド内の水圧測定

放射状に設置した凍結管列の凍土が継続すると、2つのシールドマシン間をそろばん玉状にかこみ閉塞域を形成する。その後、凍土成長につれ閉塞域内の水圧が上昇するが、この内水圧が大きすぎるとシールドマシンが後退したり、セグメントにクラックを生ずるなどの悪影響を及ぼす。そこで、バルクヘッド内に圧力ゲージと圧抜管を設置し、計測管理した。その結果を、図-3に示す。

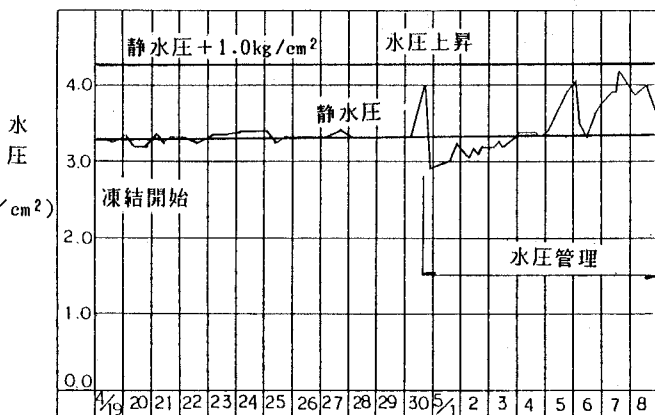


図-3 内水圧測定図

バルクヘッド内水圧は、凍結開始後しばらくは潮の干満の影響を受け $3.2\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 3.4\text{kg}/\text{cm}^2$ の間を上下していたが凍結開始11日目より急激に上昇し始めた。これにより凍土壁の閉塞が確認できた。凍土壁閉塞後は、内水圧が静水圧 $+1.0\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下になるよう圧抜管より間隙水を水抜き減圧を行ない管理した。

（2）シールド機解体中の凍土管理

マシン解体作業は、ガス切断器等の多量の火気を使用する。これにより、トンネル坑内の温度上昇および凍土の局所的な融解が発生し、凍土が崩壊する恐れがある。そこで、下記の4つの対策をたて凍土管理を行なった。

- ①凍土平均温度 -13°C を維持するために、ブライン温度を -25°C 以下に保つ。
- ②貼付凍結管により内部からの冷却を行なう。
- ③マシン、セグメント内面に断熱材を取付け凍土温度上昇を防ぐ。
- ④地中温度・坑内温度管理を十分に行ない、上昇が認められたら解体作業中止などの措置を行なう。

5. あとがき

本工事の施工結果をまとめると以下の通りである。

- ①凍結工法は、遮水性が非常に高く、高水圧下でも安全確実な工法である。特に、今回の対象土層は砂礫層であったため、強度的にすぐれた有利な断面が形成できた。
- ②凍結工法に対する地下水流の影響を十分把握する必要があった。地下水流調査を行ない凍土壁設計に反映させた。
- ③凍結対象土層が砂礫層であったこと、および、土被りが大きかったことにより凍上・解凍沈下による有害な影響は全くなかった。一般的に凍上・沈下の大きい地盤に対しては事前の検討と対策立案が重要である。以上、高水圧砂礫層内でのドッキング工の施工結果が今後の同様工事の参考になれば幸いである。

（参考文献）（1） 富沢，加藤，加藤 「凍結地中接合による凍土閉塞後のバルク室水圧の挙動について」

土木学会第43回学術講演会（昭和63年10月）

（2） 高志

「凍結管列の凍結結合に対する地下水流の影響について」

土木学会論文報告書 第161号 1969