

凍結工法を用いた大深度地中接合工事における施工管理について

川崎市建設局

野村 博和*

大成建設(株) 土木本部土木技術部

正会員 加藤 周三**

大成建設(株) 横浜支店

正会員 深澤 裕志***

正会員 加藤 健治*** 正会員 石原 和典

(株)精研

北川 貴由**** 須藤圭祐*****

1. はじめに

本工事は、泥水加圧式シールド工法によって既に完成している雨水貯留管本体（セグメント外径 12.1m、仕上がり内径 10.4m、土被り 41.8m）に、下水を取込むための取水施設（No.2 中間マンホール）を構築する工事である。このうち貯留管への取水設備であるドロップシャフト（ケーシング外径 3.5m、内径 3.3m）は、貯留管本体頂部に接合される構造であり（図 1 参照）大口径全旋回ボーリングマシンにより貯留管本体接合箇所手前 300mm まで建込んだ¹⁾。貯留管本体との接合作業は、大深度、高水圧下でのシールド開口作業となるため、その優れた遮水性と強度を併せ持つ安全確実な地盤改良工法として凍結工法を採用した。

2. 施工概要

前述したケーシング建込においては、シールドトンネル天端から 4.0m までハンマーグラブによる内部の掘削を行い、その外周には旋回建込みによる地山の緩み対策として C.B.充填を行った。ケーシング内は、背面からの土砂の吸い出しを防止するために地下水位まで水張りして建込みを行い、その状態のままシールドトンネルとの接合作業に必要な凍土造成を行った。

本工事の凍土造成には大きく分けて以下の 2 つの条件を満たす必要があった。

- 1) ケーシング外周の地山が、ケーシング内残土掘削により崩壊しない強固な止水壁であること
- 2) ケーシング外周及びシールドセグメント外周と造成凍土が、セグメント切断開口作業による貯留管本体の変形に追従する凍着力を要すること

以上のことを踏まえ、今回工事の凍土造成方法は、図 2 に示すとおりシールドトンネル内部から鉛直凍結管の埋設と貼付凍結管の設置を行い、そこにブラインを循環させて必要凍土を造成することとした。

凍結施工の対象土層は、シールド直上部が更新世の土丹層（約 3.0m）であり、その上部は旧多摩川の玉石混じり砂礫層（約 12.7m）である。土丹の凍結膨張圧（設計値 1030kN/m²）による影響は多大であり、シールドトンネルの健全性を確保するための対策が必要であった。特にセグメント切断開口時の挙動（トンネルの変形、セグメントの応力増加等）に対しては、細心の注意を必要とした。

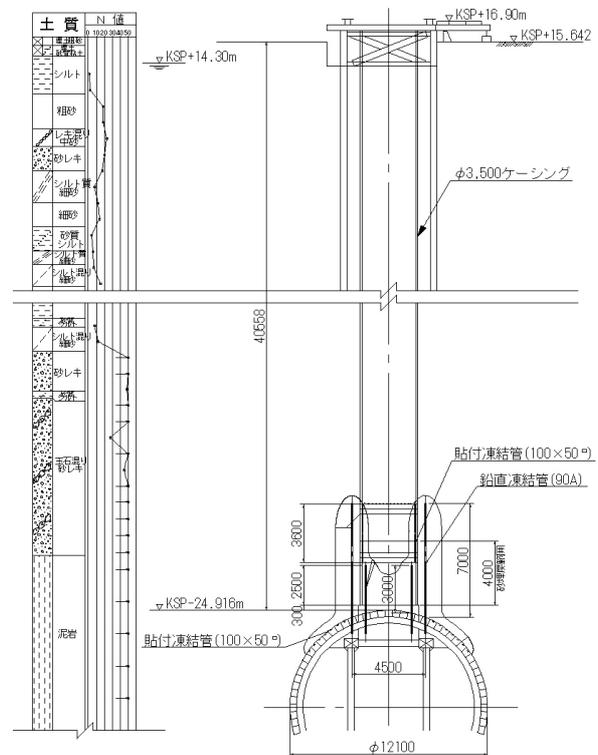


図 1 工事全体断面図（C-C 断面図）

<キーワード>大深度地中接合、凍結工法、凍結膨張圧、シールド開口

* 川崎市中原区宮内 1-21-31 TEL 044-751-2966

** 東京都新宿区西新宿 1-25-1 TEL 03-5381-5284

**** 東京都文京区小石川 1-12-14 TEL 03-5689-2357

*** 川崎市幸区矢上 450 TEL 044-433-5333

***** 大阪市中央区瓦屋町 2-11-16 TEL 06-6768-5039

3．凍結膨張圧対策工

凍結膨張圧による影響の抑制及び既設構造物防護対策として、主に次の1)～4)の対策を講じた。

- 1) 既設シールドトンネル内にリングビーム、柱、梁から構成される補強鋼材（184t）による補強
- 2) 貼付凍結管先行運転による鉛直凍結管運転により発生する凍結膨張圧の広域分散化
- 3) 地中温度管理による凍土の過剰造成抑制
- 4) 既設構造物挙動確認の為に動態計測管理

凍土造成時のシールドトンネルには、土水圧に加え凍結膨張圧により大きな断面力が生じており、セグメント開口時には、開口部セグメントの断面力が隣接セグメントや補強部材及び凍土に再配分される。それらの断面力の伝達は、凍土を介して行われるところが大きいことから、急激な断面力の再配分を行うと凍土壁がその変形に追従できず、凍土壁とセグメントとの凍着が切れ、セグメント開口部から出水する恐れがある。

以前、類似地盤にて横方向接続防護の凍結工事を行い、その時にシールドトンネルの変形を極力抑えるセグメント切断手順を考案し^{2) 3)}、十分な成果が得られたことから、今回も同様の方法で開口作業を行った。

その手順の最初は、シールドトンネルに初期変形を起こさせることである。そのため、初めに開口部中央位置のセグメント主桁部分に切り欠きを入れ、その効果を切り欠きの巾を測定することによって確認した。このことは、それまで開口部セグメントが受け持っていた断面力を他の構造部材に漸次的に伝達させることによって、内空変位の変化を緩やかなものにするを狙いとしているが、万が一急激な変形が生じて凍着が切れてもセグメントスキムプレートは切断していないので、トンネル内に出水することはないという利点がある。その後まず中央部セグメントを撤去し、その両側のセグメントを撤去することにより、開口部セグメントの断面力が隣接セグメントや補強部材及び凍土に徐々に再配分させることができ、開口部セグメント他の急激な変形を抑制することができたものである。

以上の詳細な説明及びその他の対策については、講演当日に発表することにする。

4．おわりに

凍結工法を用いた大深度高水圧下でのシールド地中接合作業は、凍結膨張圧対策とシールド開口作業手順が重要なポイントであるが、今回それらの方法とその効果を確認することが出来た。特に、シールドセグメント切断は非常に多くの危険要素を含んでいるが、今回の切断方法はその危険を最小限に低減し、無事に開口作業を終了できたことから、今後の類似工事の参考になるであろうと考えられる。

参考文献：

- 1) 加藤・深沢・加藤・石原：第30回土木学会関東支部技術研究発表会,2002.
- 2) 青木・深沢・石原・伊豆田・森：土木学会第57回年次講演会，-168,2002.
- 3) 青木・伊豆田・森・深沢・石原：土木学会第57回年次講演会，-169,2002.

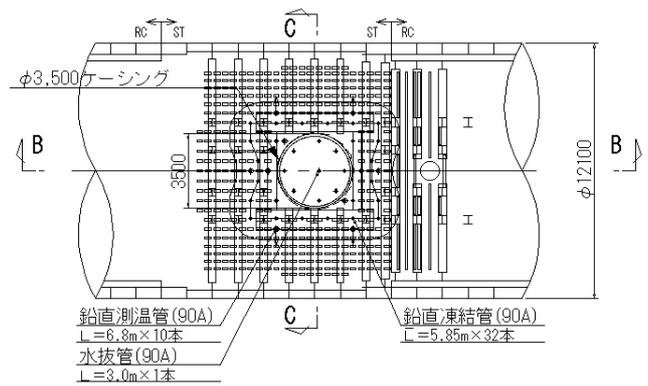


図2 接続箇所平面図（A-A断面図）

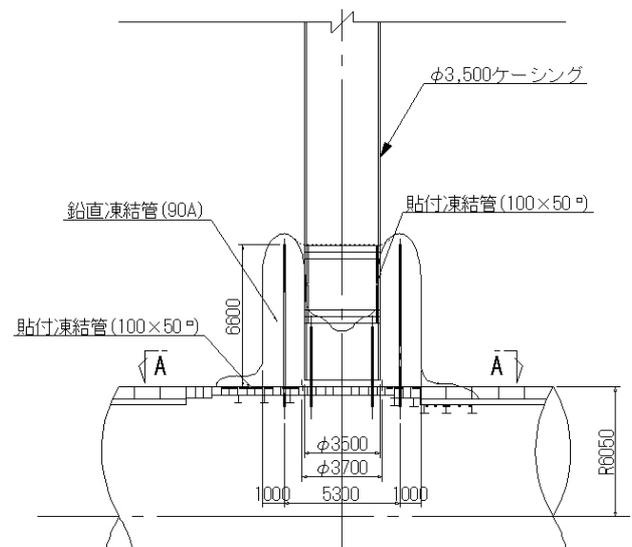


図3 接続箇所断面図（B-B断面図）