

凍結工法によるシールドトンネル接合工事について

東京都第三建設事務所 正会員 ○清水孝之 中村博之
 銭高組 正会員 渡辺 淳 黒川洋助

1. はじめに

東京都が建設を進めている神田川・環状七号線地下調節池事業は、水害が頻発している神田川中流域に「環七地下河川」を先行的に整備し、当面これを調節池として利用するもので、環状七号線の道路下に延長 4.5km、内径 12.5m のトンネルを建設し、神田川と善福寺川の洪水約 54 万 m^3 を貯留する計画である。本工事は、既に供用を開始している地下調節池に対して直交する形で、内径 6.4m の連絡管渠（シールドトンネル）を地中接合する工事である。接合位置は大深度高水圧という厳しい施工条件下にあり、また切断する調節池セグメントの開口率も大きいため、優れた遮水性と強度を併せ持つ凍結工法を防護工に採用した。本稿ではシールドトンネル接合工事のうち凍結工法について報告する。

2. 工事概要

- ・ 工事名：神田川・環状七号線地下調節池（第二期）
善福寺川取水施設工事（その5-2）
- ・ 発注者：東京都
- ・ 工事箇所：東京都杉並区堀ノ内二丁目地内
- ・ 工期：平成13年7月～平成15年6月

表-1 主要工事数量

到達防護工（凍結工法）	800 m^3
掘削工（凍土含む）	34 m^3
セグメント切断工	42 m^2
シールド機解体工	172 t
連絡管築造工（ ϕ 6.0m）	7.7m

3. 施工概要

図-1 に施工断面図と土質柱状図を示す。シールドトンネルを地中接合する位置は GL-42.5m という大深度になる。接合範囲の土質は、連絡管渠より上方はシルト混じり細砂（砂質土）、連絡管渠のスプリングライン以深は砂混じり固結シルト（粘性土）、また中間はそれぞれの互層となっている。

凍結対象地盤に粘性土が含まれているため凍結膨張圧の発生が想定され、既設調節池の健全性を確保する

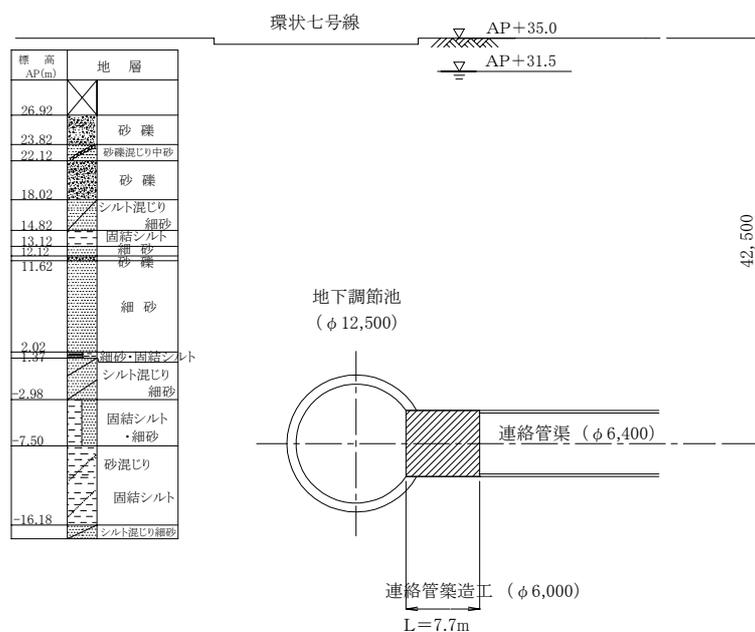


図-1 施工断面図

キーワード 凍結工法、シールドトンネル、大深度、地中接合、凍結膨張圧

連絡先 〒163-1024 東京都新宿区西新宿 3-7-1 TEL:03-5323-5761 FAX:03-5323-5768

ための膨張対策が必要であった。また、セグメント切断開口時の調節池セグメントの挙動把握と凍着切れ対策が重要なポイントでもあった。

施工手順については、①連絡管渠および調節池両側から凍土を造成（計画日数 95 日）、②凍土造成完了後の凍結維持運転中（計画日数 50 日）に、シールド機前面の解体、凍土の掘削、調節池スチールセグメントの切断および接合部の連絡管築造、③凍土の強制解凍（計画日数 23 日）という順序とした。

4. 凍結工法による到達防護工

(1) 凍結防護工の概要

凍結工法は、地盤中に所定の間隔で凍結管を埋設し冷却水を循環させることにより、土中の間隙水を氷結させて凍土柱を形成し、さらに隣接する凍土柱を連結することによって凍土壁を作るものである。

当工事の凍土造成は、図-2に示すように連絡管渠のシールド機内部から放射状に凍結管を埋設し、さらに貼付凍結管を連絡管渠シールド機と調節池セグメント（組込凍結管を含む）に設置して、そこに冷却したブライン（不凍液）を循環させて、設計必要凍土厚（ $t=2.5\text{m}$ ）まで造成することとした。

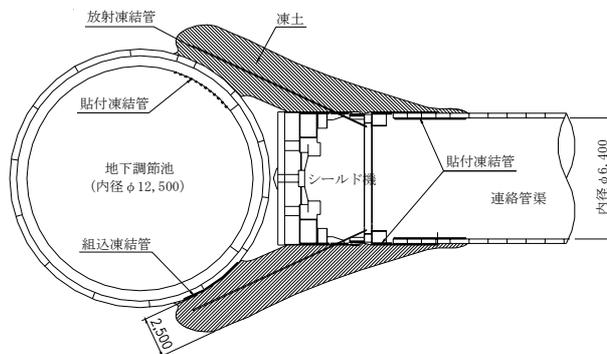


図-2 凍結防護工側面図

(2) 凍結膨張圧対策

凍結工の事前検討によると、連絡管渠のスプリングラインより下方の粘性土層の位置では 1330kN/m^2 の凍結膨張圧が生じると予想された。無対策のまま施工した場合には、既設調節池や連絡管渠に大規模な補強が必要となる。そこで、以下のような対策を採用し、凍結膨張圧を 891kN/m^2 （設計値）まで軽減させることとした。

- ① 凍結管を1本おきに埋設し、この凍結管による凍土造成を先行させ、併行して後行凍結管を埋設することで周辺地山を荒らして、膨張圧を低下させる。
- ② 凍土外側に地山抜き取り工を実施して膨張変位を吸収させ、膨張圧の発生を軽減する。
- ③ 凍結維持運転中は、凍土外側の地山抜き取り孔内に温水管を設置し、温水を循環させることで不要な凍土造成を制御し、膨張圧の増加を抑える。

この軽減した凍結膨張圧に対して、調節池についてはセグメント開口時の補強も兼ねて延長 $2.5D$ （ D ：連絡管渠トンネル外径）の範囲にリング補強したダクタイトセグメントを配置し、また、連絡管渠セグメントについてはリング間に弾性ワッシャーを設置した。

(3) 解凍時の対策

粘性土の場合には、凍土解凍時に地山収縮により空隙が生じる。そこで接合終了後に凍土を速やかに解凍させることとし、さらに接合部の下部を対象に空隙充填注入を実施した。

5. まとめ

大深度高水圧下の地中接合工事では、強度と止水性に優る凍結工法が今後も採用されるものと思われる。ただし、本工事のように凍結範囲内に粘性土層がある場合には様々な対処が必要となる。本稿では主に膨張圧の軽減策について記したが、施工管理上のポイントとなる①凍結中の計測管理、②調節池および連絡管渠の動態観測、③調節池セグメント切断開口時の変形抑制対策等については、文献¹⁾にて詳細に報告している。

最後に、難易度の高い当工事が無事に施工終了するまで、多方面から多大なご協力を頂いたことに感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 清水、味吉、佐藤、友近、中筋、斎藤、松原：凍結工法によるシールドトンネル接合工事の施工管理について、土木学会第59回年次学術講演会、2004.9.