

シールド機の斜め到達時の凍結防護工

(株)大林組 正会員 ○福永 晋一
 (株)大林組 正会員 山本 裕三
 (株)大林組 南村 尚昭

1. まえがき

下水道管渠シールド工事（φ6560 泥土圧シールド）において、躯体完成済みの立坑への到達が構築法線に対して 50 度の角度となる設計であった。シールド土被りは約 23m であり、被圧帯水層下での到達であること、既設立坑へのシールド機の直接貫入が不可能であることから、到達防護工として地盤凍結工法が採用され、立坑側からの迎え掘りを行った。本稿は地盤凍結工施工のうち、地盤凍結による既設立坑躯体への影響計測について報告する。

2. 凍結による地山の膨張

地盤凍結工法は、地盤中に所定の間隔で凍結管を埋設し、これに冷却液（ブライナー塩化カルシウム溶液）を循環して、管周囲の間隙水を冷却し凍土を形成させ、さらに隣接する凍土を連結して遮水壁、耐力壁を作るものである。

造成凍土の各種強度に対する安全率は、これまでの地盤凍結工事の実績や凍土強度のデータから下限値を 2.0 以上として設計されている¹⁾。本施工では 50 度の斜め到達であり、造成凍土が欠円リング状になること、及び同種工事の施工実績より、安全率 2.5 以上として計画した。地盤凍結範囲は図-1 のように設定した。

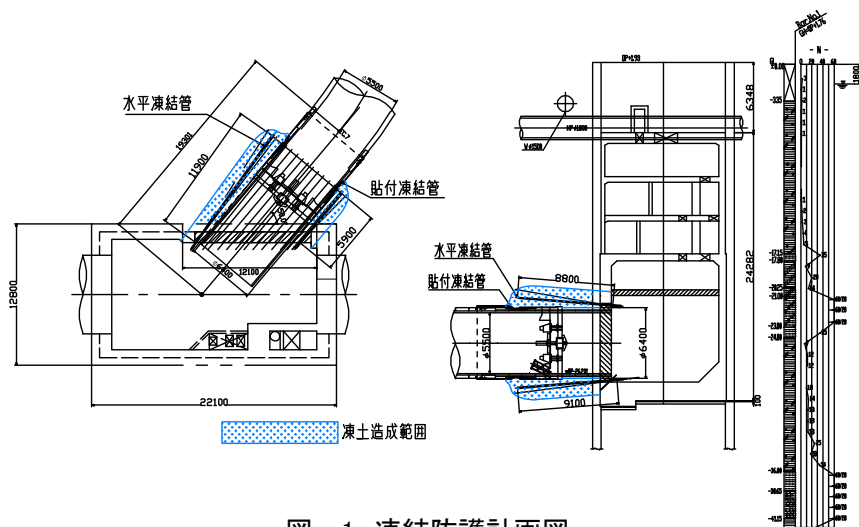


図-1 凍結防護計画図

地盤凍結工により凍土が造成される場合、一般に砂礫層では透水性が良く排水型凍結となるため、凍結膨張はほとんど生じない。一方、粘性土では土中の水分が排水されずに凍結するため、地盤の膨張が発生する。地盤が凍結膨張を起こす際の凍結面における応力増分は以下の理論式で計算される。

$$\text{応力増分 } \Delta \sigma = \frac{E}{1 + \nu} \cdot \frac{\zeta_r}{2} \cdot \frac{r_1^2 - r_0^2}{r_1^2} \quad (\text{高志 勤 : 1972 土木学会論文報告集 200 号})$$

ここで E : 未凍結地盤の変形係数(=42,000kN/m²)、ν : 未凍結地盤のポアソン比(=0.4)

ζ_r : 半径方向の凍結膨張率(=2.5%/100)、r₁ : 凍結面半径(12.15m)、r₀ : 冷却面半径(9.4m)

計算より、当工事の凍結による応力増分は Δσ = 151kN/m² となる。

キーワード シールド、斜め到達、地盤凍結工法、凍結膨張

連絡先 〒536-0024 大阪市城東区中浜 1-17-10 (株)大林組中浜シールド工事事務所 TEL 06-6167-1017

3. 既設到達立坑躯体の補強と計測

凍結膨張圧の影響解析をフレーム解析モデルにより実施した結果、既設立坑躯体の補強が必要になったことから、図-2のように補強切梁を設置した。フレーム解析モデルでの凍結膨張圧に対する、切梁軸力の計算結果を表-1に示す。

表-1 凍結膨張圧計算結果

状 況	荷重条件	結果 (補強切梁の軸力)
凍結完了	土水圧+凍結膨張圧	1, 4 7 9 k N

実施工時における地盤凍結時の切梁軸力の最大値は約 1,260kN であり、ほぼ解析値に近く、事前の解析値以下となった。立坑躯体に凍結の影響によるひび割れ等の発生も無く、立坑躯体の安全性を確保することができた。

図-3に工事期間中の補強切梁の軸力経時変化図を示す。計測結果から、地盤の凍土造成が進捗するに従って、切梁軸力の増加が見て取れる。鏡切り後にも軸力の増加が見られることは、凍土造成完了後の凍土維持期間においても、地山の凍結が進んでおり、その影響と見られる。よって、凍土圧の影響を照査する場合には、凍土維持期間を含めた検討が必要であると考えられる。

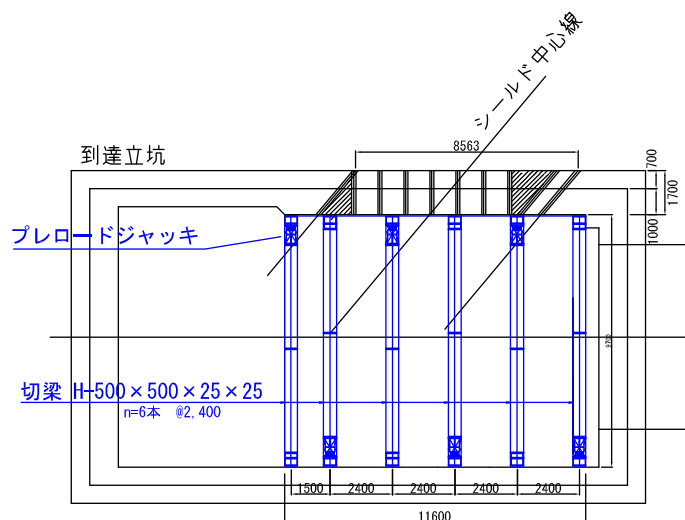


図-2 到達立坑補強切梁架設平面

切梁軸力(kN)

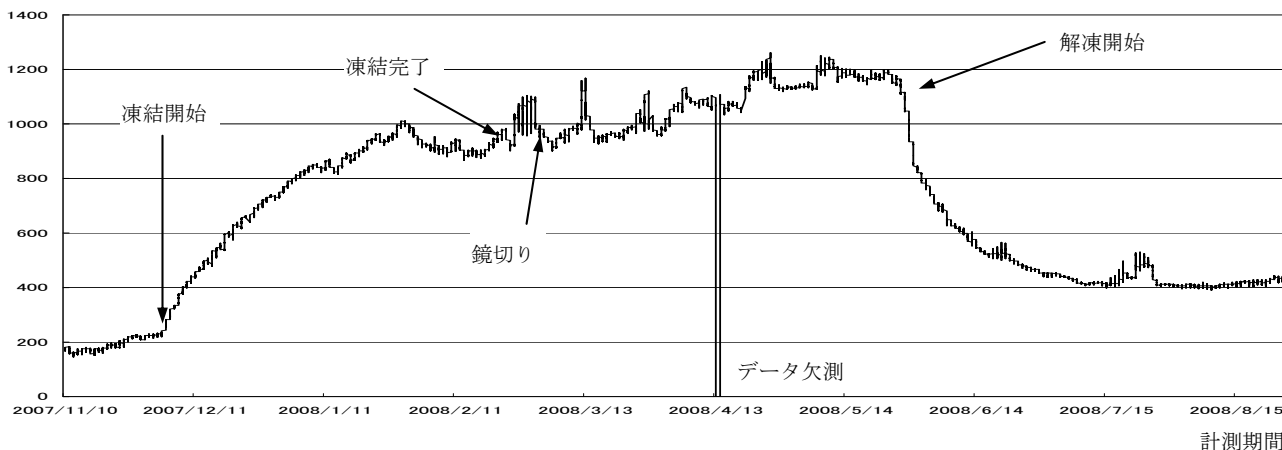


図-3 補強切梁軸力変化図

4. まとめ

本施工では、補強切梁に発生した軸力の最大値は、当初の解析値に近い値となった。凍結膨張による地盤の挙動については未解明の部分も多く、これを正確に予測することは難しい¹⁾とされている。本施工において、実測値が解析値より小さくなった原因については、到達立坑付近の地層がシールド機の上半部は砂礫層、下半部は粘性土層であったため、粘性土層の凍結膨張圧が砂礫層に分散し、躯体への影響が若干緩和されたためと考えられる。

参考文献

- 1) 地盤凍結工法－計画・設計から施工まで－ 社団法人日本建設機械化協会