

鉄道営業線下における凍結工法による軌道影響と対策について

西日本旅客鉄道(株) 正会員○水谷 哲朗 大鉄工業(株) 田中 紀行
西日本旅客鉄道(株) 藤井 昌隆 山口 善彰

1. はじめに

鉄道と交差する高速道路の側道整備に伴い、在来線4線区間の直下に、非開削工法である「URT 工法」によりボックスカルバート車道2線片側農道・歩道付(線路下の推進延長25m)を築造する工事を現在施工中である。本工事では地下水位よりも低いところにボックスカルバートを施工するが、飲料メーカーの大規模な工場が隣接しており、地下水の汚濁防止を考慮する必要があった。そこでURTエレメント推進時の止水対策として「凍結工法」を採用することにした。なお、線路下横断工事の非開削工法における止水対策として凍結工法を採用した事例はこれまでない。本稿では、凍結工法を用いた止水壁の構築による鉄道線路への影響と、その対策について述べる。

2. 施工概要

2.1 凍結工法

凍結工法とは、地盤中に冷却液を循環するパイプを埋設して、これに冷却液を流し、管の周囲を冷却して土中の間隙水を凍結させるものである。凍結工法は、通常シールド工事の補助工法等大深度で使用するが多い。当現場では、エレメント推進を行う地層が帯水層(Ag層)と遮水層(Dc2層)にまたがっている。凍土造成は、遮水層に凍土壁を1.0m貫入する形で造成し、掘削断面を締め切ることで地下水の流入を防ぐ計画とした。冷却管は $\phi=125\text{mm}$ の鋼管を使用し、1本の管が半径60cmの凍土を造成するものとして配列し

た。当初の計画断面図を図-1に示す。

2.2 計画概要

地盤の凍結を行った場合、地盤中に 20μ 以下の微粒成分を含むときは、凍結膨張及び解凍収縮が起こる。当現場でもこれによる地盤の変位が予測された。当初計画段階での凍上率と沈下率を表-1に示す。これをもとに、三次元凍上変位計算法¹⁾により軌道面レベルでの変位分布を計算すると、最大変位は凍上変位が3.7mm、沈下変位が12.4mmと求められた。凍上については、凍土の造成に45日程度かかるものとし変位も小さいことから軌道監視と軌道整備で対応可能であると判断した。また、沈下変位についても、自然解凍期間が1年程度かかることから凍上と同様に軌道監視と軌道整備にて対応可能であると判断した。

表-1 計画膨張率

	凍上率： η	沈下率： η'
表土	1.09%	4.18%
粘土	1.46%	4.92%
砂礫層 (Ag層)	0%	0%

また、当現場での凍結プラント運転管理については、冷却液の温度を -25°C とし、過度な温度低下が生じないように間欠運転とした。なお、凍土の温度管理については、測温管(冷却管より約60cm離れた位置)の温度を -5°C に維持するよう管理を行うこととした。

3. 軌道の変位と経過

3.1 軌道監視方法

軌道の変位を常時把握するために、現場にデジタルカメラ式の自動計測器を取り付けた。軌道変位の計測範囲は図-2に示すように、ボックスカルバート下端から 45° 線で囲まれる範囲とした。軌道変位の管理値は当社における管理基準に基づくこととし、一次管理値は10m弦の相対値で7mmとした。また、自動計測と並行して実施している手検測による軌道検測及び、営業列車(最高速度130km/h)による列車動揺測定による管理を

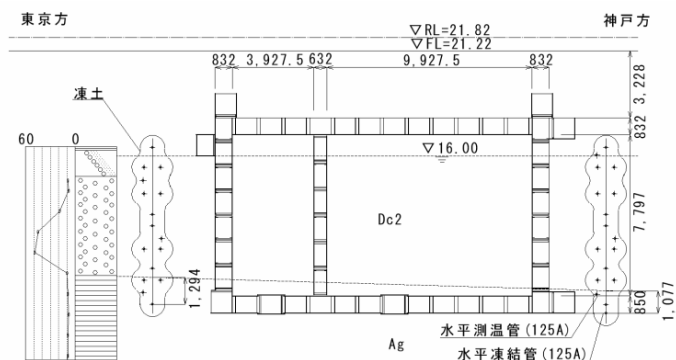


図-1 設計断面概要図

キーワード ボックスカルバート、凍結工法、鉄道営業線直下、軌道変位

連絡先 〒601-8411 京都市南区西九条北ノ内町 5-5 TEL: 075-682-8116 FAX: 075-682-8107

行った。さらに、地盤の急激な変位に対して列車走行の安全を確保する対策として、計測範囲の区間に簡易工事桁を設置し線路の補強を行った。(図-3)

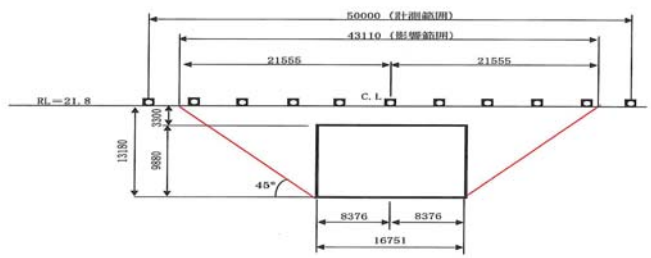


図-2 計測器設置範囲



図-3 簡易工事桁設置状況

3.2 地層分布の相違

凍結管の埋設に際し、粘土層の高さが当初計画より発達立坑側で最大 1.8m、到達立坑側で最大 2.0m 低く、また線路横断方向にも傾いていることが確認された。そのため、凍結管の増設を行い、粘土層への貫入長を確保した。帯水層については巨礫を多く含む砂質土層であり、地下水位も計画通りであった。

3.3 変位と経過

上床エレメント推進後、立坑の掘削を行い、凍結管を埋設し冷却運転を行った。軌道の隆起は凍土壁の完成頃から、起終点側とも凍土壁の直上で 4 線すべてに発生し、軌道整備を定期的実施することとなった。鉛直変位の累積量は最大 40mm と、計画値の約 10 倍に達する箇所もあり、また凍土壁の直上では不等隆起に伴う軌道の通り変位も発生した。不等隆起の原因としては、線路横断方向の地層分布の不均質や、土かぶりが少ないために築造された凍土壁の上面の不陸の影響をうけたことが考えられる。また、計画以上の隆起の原因として、砂礫層に細粒分が計画より多く含まれていたことと、土粒子間の地下水が凍結したことにより、膨張率が表-1 の計画膨張率と比べて大きかった可能性

が考えられる。

4. 軌道変位発生の方策

計画よりも変位量が大きく発生したことから、軌道監視を強化するため、各種検測管理値を引き下げて 1 次管理値を設定し、軌道変位の発生に対して早期に軌道整備が行えるようにした。(表-2)

表-2 軌道変位管理値変更一覧（1 次管理値）

測定方法	当初	変更
自動計測	相対値 7mm	絶対変位 4mm
軌道検測	相対値 7mm	相対値 5mm
動揺測定	V=0.25g H=0.20g	V=0.20g H=0.15g

また凍土壁への対策としては、凍結管の管理温度を 3℃上げて -22℃としている。これにより、凍土壁をわずかに解凍させることによって、隆起した軌道を再沈下させるとともに、凍結の過度な進行を抑えることによって、軌道変位の抑制を図っている。自然解凍に時間がかかるため、効果の確認はできていないが、上記の対策以降の軌道変位については、表-2 に示す 1 次管理値の範囲内で推移している。現在下床版エレメントまで推進が完了しているが、今後も継続して効果を確認していく予定である。

5. おわりに

本工事は、土かぶりが浅く外気の影響も受けやすい箇所であることと、軌道直下であり地上への影響を小さくする必要がある特殊な条件下での施工である。施工の結果、軌道変位が想定以上に発生したため、軌道監視強化および冷却液の温度を 3℃高く設定したところ、現時点では顕著な軌道変位は発生していない。

今後の対策として、計画段階での現場での各種条件を考慮した凍上予測の修正を行う必要がある。現在、現場土質のサンプリングを行い、凍上試験を行っている。この結果より、計画段階での凍上量の修正想定値と実施工の比較を行い、凍結工法における凍上量の予測と対策についての適正化を進めたい。

参考文献 1) 戸部暢ほか: 凍上変位計算法 (三次元)、土木学会第 34 回年次学術講演概要集、Ⅲ-123、pp.243-244、1979