

凍結工法を用いた大深度地中接合工事における計測管理について

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 ○正会員 伊豆田 久雄**** 吉田 聡志****

1. はじめに 本工事¹⁾は地下 41.8m における大深度・高水圧下での接合工事であり、土丹層を含む地盤の凍結による大きな凍結膨張圧の発生が予測された。このために、応力のみでなくトンネルの変形も計測して管理する施工を行った。また、類似地盤での横方向接続防護の凍結工事²⁾で用いられた計測管理手法の、上方向への接合防護工事への適用性の確認も目的とした。

2. 計測管理方法

凍土造成中にトンネルに付加される凍結膨張圧(設計値 1030kN/m^2)の影響は、本工事の場合には図1中の鉛直方向の支柱での軸力増加に最も顕著に現れる。また、凍結膨張圧によるトンネル全体の変形挙動、特にセグメント切断・撤去時の挙動は、トンネルの健全性を検証する上で重要な計測データとなる。これらのために、支柱軸力とトンネルの3次元変位の計測および計測結果の検討を行った。なお、セグメント切断・撤去時は開口付近における種々の部材間の内空変位をリアルタイムで計測し、凍結防護の安全性を確認しつつ接合工事を行った。

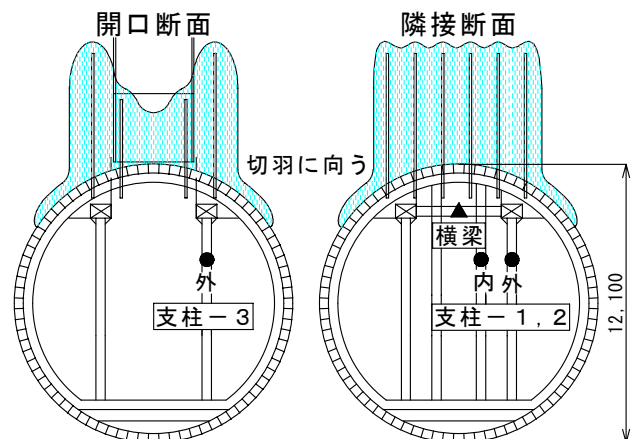


図1 計測位置（開口断面と隣接断面）

3. 計測結果

3-1 凍土造成の影響 凍結開始時を初期値としたトンネル形状の変化を図2に示す。トンネル断面は、開

	11月15日シャフト内運転停止後	1月8日 セグメント撤去直前	1月16日 セグメント撤去後	2月14日 運転停止2週間後
開口断面 (ST-3)				
隣接断面 (ST-1)				

図2 トンネル変形の経時変化

キーワード 大深度地中接合、凍結工法、凍結膨張圧、変形、計測管理

* 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

*** 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

口断面中央部と、開口隣接部（棲部）の2つである。凍結は10月9日に開始され、開口に必要な凍土壁の造成は37日目の11月15日に完了した。凍結膨張により、トンネル天端部は23～33mm下方に押され、トンネルは横に扁平になった。この時、支柱の軸力も最大値となり、図3のように、支柱3-外では1500kN程度の圧縮力が作用した。開口前に計測された軸力をフレーム解析に代入して発生していた凍結膨張圧を推定すると、図4のようにシャフト内($\sigma 1$)では約1000kN/m²、鉛直凍結管による凍土壁($\sigma 2$)では約700kN/m²、貼付凍結管による凍土壁($\sigma 3$)では約500kN/m²であった。なお支柱1の軸力増加は、貼付凍結管を二次覆工面に設置したために凍土造成が少し遅れ、他の支柱に比べて遅くなった。

3-2 開口作業の影響 シャフト内の水抜きと凍土掘削（一次、二次）により、開口部のトンネル天端は約20mm上方に戻り、支柱の軸力も徐々に減少した。1月9日からセグメントの主桁切欠と撤去が6日間かけて慎重に行なわれた。その結果、開口端でのセグメント間の内空変位は最大でも-3mm/日の縮みであった。この量は鉛直凍結管により造成された円筒形に近い凍土壁が、水平方向の土水圧+凍結膨張圧により内側に収縮する場合の想定値の範囲内である。このため、凍土壁の変形によりセグメントの内空変位は減少したものと考えられ、凍土壁とセグメント間の凍着部の健全性は開口作業中も維持されたと推察される。なお、切欠部を挟んだリブ間40cm程度の内空変位は、軸力解放による主桁の伸張により、1ヶ所の切欠作業で最大4mm縮まる場所もあった。

4. おわりに 横方向接続と同様の手法²⁾で計測管理を行い、トンネルに作用する凍結膨張の影響の把握と、開口作業の安全性を確認しつつ、接合工事を無事終えることができた。

本工事は事例の少ない上方向への凍結工法による接合防護であり、得られた計測データとその検討結果は、今後の大深度での接合工事に役立つものと考えられる。

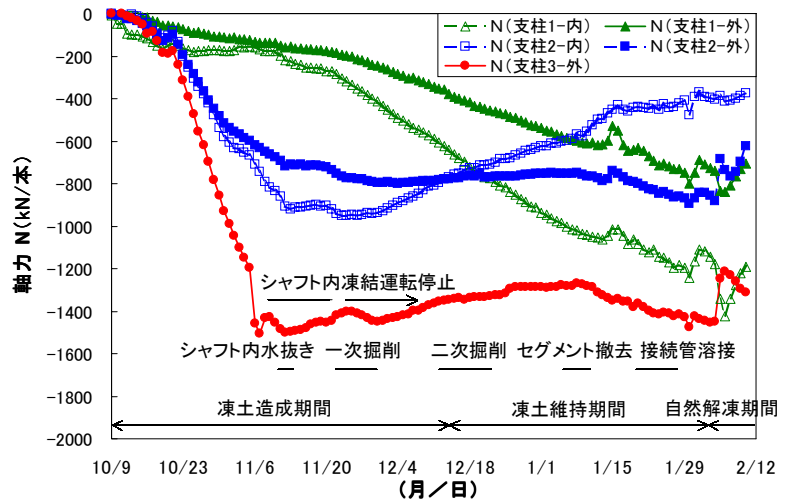


図3 支柱軸力の経時変化

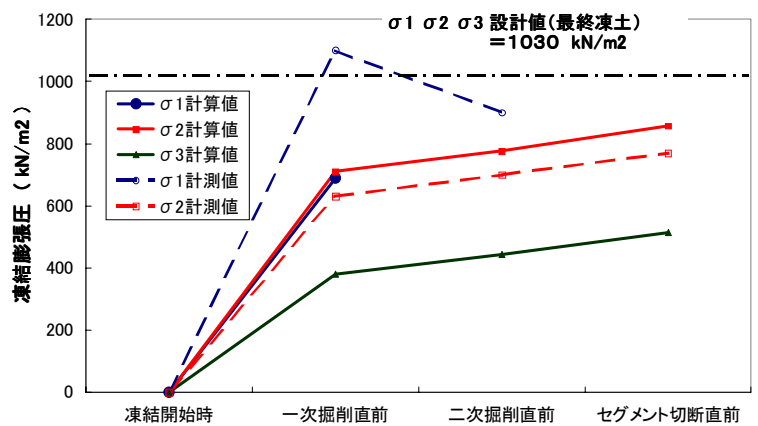


図4 凍結膨張圧の計算値と計測値(軸力から推定)の比較

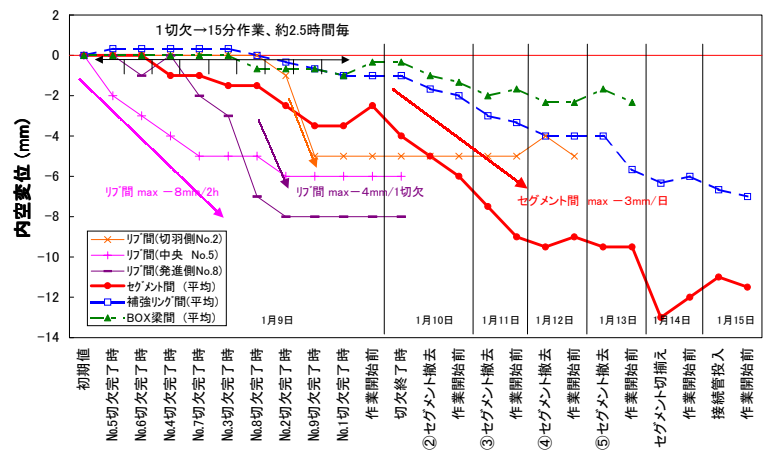


図5 切断・撤去による開口付近の内空変位の経時変化

参考文献 1) 野村・加藤・深澤・加藤・石原・北川・須藤: 土木学会第58回年次講演会, 2003.

2) 青木・伊豆田・森・深澤・石原: 土木学会第57回年次講演会, III-169, 2002.