

末広支線における大深度対応技術

加藤 義宗¹・金田 則夫²・松田 和繁²・佐々木 博文²

¹ 横浜市下水道局北部下水道建設事務所 (〒222-0031 横浜市港北区太尾町 1798)

² 正会員 (株)熊谷組 首都圏支社 横浜工事事務所 (〒231-8321 横浜市中区桜木町 1-1-67-7F)

キーワード：大深度, 高水圧, NOMST, 遮水壁, 凍結工法, プレキャスト

1. はじめに

横浜市は、市北部を流れる鶴見川の浸水対策として、10年に1回程度の大雨(60mm/h)に対応できる雨水貯留管(新羽末広幹線)の整備を進めている。末広支線下水道整備工事は新羽末広幹線の最下流部に位置する、最大土被り64.2m、地下水圧約0.64N/mm²の大深度・高水圧シールドトンネルである。

本工事では、大深度施工の技術的課題を克服するため種々の大深度高水圧対応技術を計画し施工したので、ここに報告する。

2. 工事概要

発進立坑築造工：連続地中壁 壁厚1.2m 壁長96.8m

内径φ12.5m 掘削深さ72.6m 正16角形

シールド工：泥水式シールド工法 掘削外径φ4,680mm

仕上内径φ3,750mm 掘削延長1,809m

上部既設管接続工：接続管φ2,600mm(鋼管)

凍結工法併用による地中横坑接続

特殊人孔築造工：管理用階段等コンクリート構造物のプレキャスト化施工

上流幹線接続に伴う向入れ準備工：

凍結工法併用によるマシン解体、耐圧壁設置およびグラウト充填工

エア－抜き管工：φ1,300mm オールケーシング工法
施工深度GL-60m(トンネル上部地中接合)

3. 大深度対応技術の概要

末広支線で適用した主な大深度対応技術は次の通りである。

- ① NOMSTと遮水壁を組み合わせたシールド発進¹⁾
- ② 高水圧対応のシールド設備と一次覆工¹⁾
- ③ 凍結工法にともなう凍結膨張圧対策
- ④ 大深度人孔のプレキャスト化施工
- ⑤ オールケーシング工法による大深度エア－抜き管施工

本報文中では、上記技術のうち③および④について報告する。

4. 凍結工法にともなう凍結膨張圧対策

(1) 施工概要

シールド掘進部の地盤は、透水係数約10⁻⁵cm/sec、地下水圧0.64N/mm²が確認された、亀裂が発達した固結シルト層であることから、上部既設管接続(図4-1(1))および上流幹線向入れ準備工(図4-1(2))の補助工法として凍結工法を用いた。

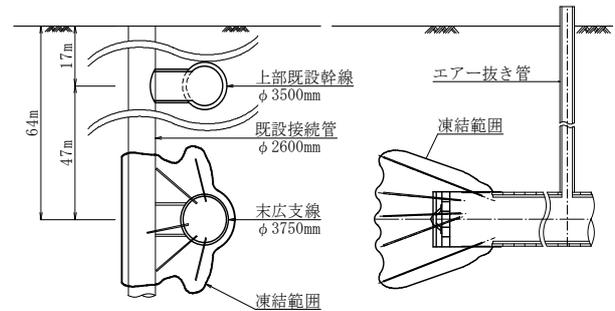


図4-1 (1) 上部既設幹線接続 (2) 上流幹線向入れ準備

凍結対象地盤が固結シルト層であることから、過大な凍結膨張圧(以下膨張圧)がトンネルに作用することが予測されたため、膨張圧とトンネルの挙動について事前予測し、管理値を設定して施工中は計測管理を実施した。

本報告では、先に施工した上部既設幹線接続工での事前予測および予測値と実測値の比較について記述する²⁾。

(2) 事前解析

膨張圧の算定は、「二次元円筒モデルによる凍結膨張圧の算定式」を用いた。凍結管列がつながるまでは凍土成長により凍結膨張変位の方向性を考慮し、施工ステップ毎にトンネル内凍結管と貼付凍結管の造成領域を分離し、それぞれの膨張圧を算定した。

(3) トンネルの挙動と凍結膨張圧

施工中の計測データより、膨張圧は、凍土造成開始とともに20日後までに約2N/mm²まで上昇したものと推測された。設計膨張圧2.5N/mm²近傍となったため、地山抜き取りおよび凍結運転制御を実施することで、膨張圧は約1.5N/mm²に低減することができ、トンネルの変形を抑制することができた。

凍土造成開始20日後の事前変位予測と実測値の比

較を図 4-2 に示す。予測値と実測値では、センター付近の変位が異なるが、全体的に一致した結果となり、事前解析の妥当性が確認できた。

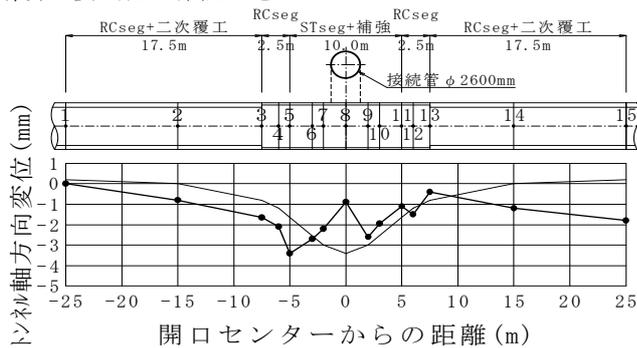


図 4-2 予測値と実測値の比較(縦断方向)

5. 大深度人孔のプレキャスト化施工

(1) 施工概要

大深度人孔築造において、従来の現場打ち RC 構造とした場合に生ずる工程管理、品質管理、安全管理等の課題を克服し、施工の合理化・省力化を図るため、管理用階段および送気ダクトの RC 構造物をプレキャスト(以下 PCa)化して計画・施工した。PCa 構造物施工写真を図 5-1 に、構造概要を表 5-1 に示す。



図 5-1 施工写真

表 5-1 構造概要

部材	標準寸法・数量	重量
階段ボックス	(内寸)幅 1.9m×長さ 5.0m×高さ 1.3m 積み上げ高さ 62.8m(50 段)	652t
階段板	幅 0.95m×長さ 3.925m 設置段数 24 段	67t
送気ダクト	(外寸)横 2.8m×縦 3.0m×高さ 2.6m 積み上げ高さ 52.0m(21 段)	264t
振れ止め材	H-350×350×12×19×5 段 (リング梁毎) ケミカルアンカー (R25×8 本) 固定	
コンクリート強度		
	階段ボックス, 送気ダクト(一般部)	$\sigma_{ck}=40\text{N}/\text{mm}^2$
	送気ダクト(リング梁部)	$\sigma_{ck}=60\text{N}/\text{mm}^2$
継手: インサート継手		
	階段ボックス	M24×6 本
	送気ダクト	M24×7~11 本

PCa 構造物の設計では、自重と載荷重のみで軸力に見合う部材面積を確保し、地震時においては地震時慣性力と強制変位を考慮した自立性の検討を行い、補強材を立坑リング梁位置に振れ止め材として配した。また、地震時応力に対する締結ボルトの検討も行った。

(2) 鉛直精度の確保

階段ボックスは、積み上げ高さ 62.8m で鉛直誤差

20mm 以内という据付精度が求められた。そのため、施工においては特に以下のような対策を実施した。

①部材(製品)精度を確保するため、1 ブロックあたりの型枠精度を $-2\sim+1\text{mm}$ 、継手位置偏差量 $\pm 2\text{mm}$ の管理値により製作した。

②施工中は垂直レーザーを最下部に据え、各段毎の測定管理を実施した。

(図 5-2)

③据付時の調整には、部材 4 隅でライナープレートによる高さ

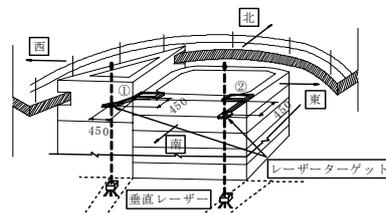


図 5-2 垂直レーザーイメージ図

調整を行い、空隙部に部材と同等の硬化強度を発現するエポキシ樹脂を含浸させたスポンジを敷設し、均一な充填を図った。(図 5-3)

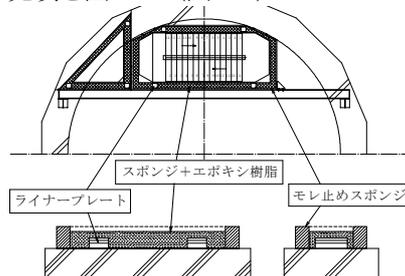


図 5-3 高さ調整イメージ図

(3) 工程の改善

本工事において従来の現場打ちで 1 回のコンクリート打設高さを 5m とした場合、約 12.7 ヶ月の工期を要するが、構造物の PCa 化により、準備・仕上げを含めて 3.3 ヶ月で施工を終え³⁾、約 1/4 の工期短縮を実現できた。

(4) 安全性の確保

部材の組み立てに必要な足場は、あらかじめ地上部で部材内部に設置し、部材ごと立坑内に吊り込む方法を採用した。構造物外側に沿って枠組足場を組む場合に対して、足場の数量は約 1/4 に減らせることができ⁴⁾、高所での危険作業を大幅に改善することができた。

6. おわりに

末支線は平成 4 年 11 月～平成 12 年 10 月の約 8 年に渡る工事であった。当初より都市部シールドトンネルとしては例のない大深度高水圧施工であったが、種々の対応技術によって、高品質の構造物を完成することができた。本工事が今後ますます増大する大深度地下利用技術の発展に寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) 山岡泰弘他：大深度立坑から NOMST でシールド発進、トンネルと地下、1995. 6, pp41~49
- 2) 大久保一文他：大深度の接続工における凍結膨張圧の影響、トンネル工学研究論文・報告集第 8 巻、1998 年 11 月, pp355~360
- 3) 大久保一文他：大深度人孔のプレキャスト化施工、下水道研究発表会、1999. 12
- 4) プレキャストの良さを引き出す、日経コンストラクション、2000. 8. 25, pp67~68