

小口径シールドにおける土砂ポンプ圧送について

久米 満里*
Mitsuri Kume

1. はじめに

路線延長L=1369 mのφ2130小口径シールドで土砂圧送ポンプによる排土方式を採用し施工を行った結果について報告する。

2. 工事概要

工事名：比恵（博多駅東1丁目外）地区 下水道築造工事

工事場所：福岡市博多区博多駅東1丁目外地内（図-1）

工期：平成21年5月21日～平成24年3月28日
発注者：福岡市

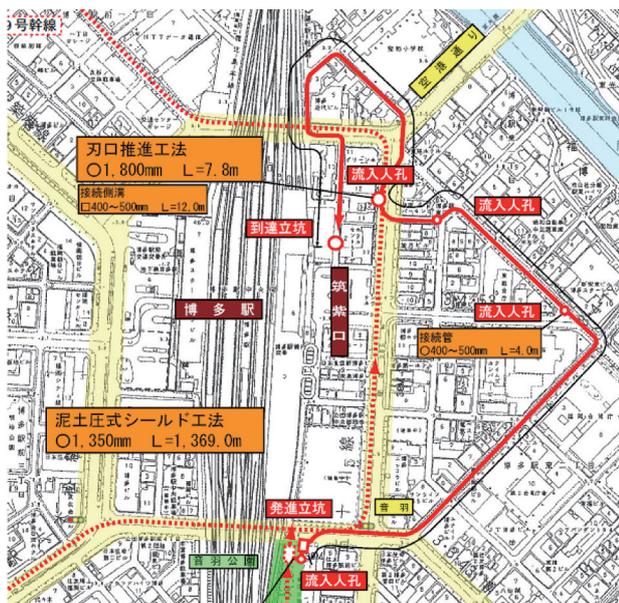


図-1 位置図

工事内容

- 路線延長：L=1369.000 m
- 一次覆工延長：L=1363.380 m
- シールド機外径：φ2130 mm (写真-1)
- 平面線形：直線延長 L=1092.840 m
 - R=15 m L=193.988 m (計 11 箇所)
 - R=25 m L=39.295 m (1 箇所)
 - R=50 m L=42.877 m (1 箇所)
- セグメント種別：鋼製セグメント

- セグメント外径：φ2000 mm，幅 900 mm
- ：φ1980 mm，幅 300 mm
- 土被り：H=6.5 m～8.8 m
- 地下水位：GL-2.50 m～3.80 m
- 地盤改良工：二重管ストレーナ複相式注入



写真-1 シールド機

3. 土質条件

掘削対象土は砂を主体とし、細粒分（シルト・粘土）含有率は、4.5%～44.9%と変化する。

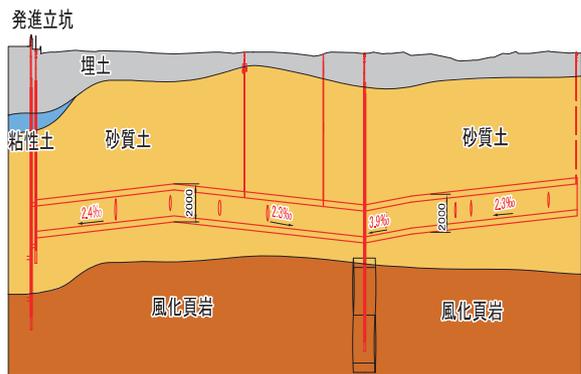


図-2 土質縦断面

4. 施工上の課題

以上の施工条件から以下の課題が挙げられる。

- ①セグメント内径がφ1844 mmと狭小スペースとなるため、標準施工方法である掘削土のズリ鋼車運搬方式では、離合箇所が設けられず、路線後半での施工サイクルが低下する。
- ②路線後半に急曲線が集中しているため、ベルトコンベアの段取替により掘進進捗にロスが生じる。
- ③坑内安全通路と軌条設備の境界に手摺を設置するスペースがないため、急曲線では、バッテリー機関車から切羽側に連結するズリ鋼車や運搬台車先端の視界が確保できず、安全性に問題がある。

5. 掘進設備計画

(1) 排土機構の検討

上記課題について施工性、安全性を検討した結果、ズ

*九州（支）比恵シールド（出）

リ鋼車を必要とせず、掘削排土のサイクルに影響されずに坑内資材運搬が可能となるポンプ圧送方式を採用することとした。その結果、ズリ鋼車のけん引負荷がなくなることにより、バッテリー機関車の規格を小さくすることができた。小口径シールドでは、軌条設備と歩行者専用通路を独立して確保できないため、バッテリー機関車の小規格化は、坑内通行時の安全確保に有効であるといえる。

(2) 土砂圧送設備配置計画

シールド機スクリーコンベアから P0 ポンプまでは、ノンタックホース 7m を使用した。後続台車は、スペースの制約から片側配置となるため、シールド油圧設備台車、土砂圧送設備台車を含め延長 100 m を超えた。伸縮管台車は、一般的に最後端の配置となるが、伸縮管台車の圧力損失が水平距離換算で約 100 m であるため P1 ポンプ台車を最後端とすることで、ポンプ圧送効率を図った。(図-3 参照)

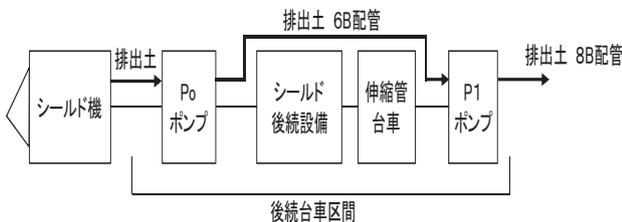


図-3 後続設備概要図

6. 切羽添加材の選定

土砂圧送は、材料分離を起こした場合、配管閉塞を引き起こすため、土砂性状を管理することが重要となる。泥土圧シールドで求められるチャンパー内での塑性流動化管理の他、土砂圧送のための分離抵抗性の確保等、切羽添加材注入管理の重要性が大きくなる。

切羽添加材は、ポンプ圧送性を考慮し、複合高分子を使用することとした。切羽添加材の配合設定にあたり、発達進坑掘削時にシールド掘削深度の土砂をサンプリングし、目標スランブを 12 cm~15 cm として切羽添加材配合試験を行った。(表-1 切羽添加材試験結果参照) 試験結果からチャンパー内の攪拌効率や、地山の含水比等、配合試験の条件との誤差を考慮し、発達時は、濃度 5 kg/m³、注入率 30% の設定とした。

7. 施工結果

発達から 15 m 区間はズリ鋼車による排土を行い、排出土の性状から切羽添加材の微調整を行い、ポンプ圧送の適正を判断した。本掘進区間では、掘削地山の細粒分含有率や含水比の変化により、排土性状に変化が見られ、鉤物系の切羽添加材を併用するなど、切羽添加材の注入率や濃度の調整に苦慮した。

掘進進捗は、表-2 に示すとおり、急曲線部においても安定した掘進進捗を確保することができた。

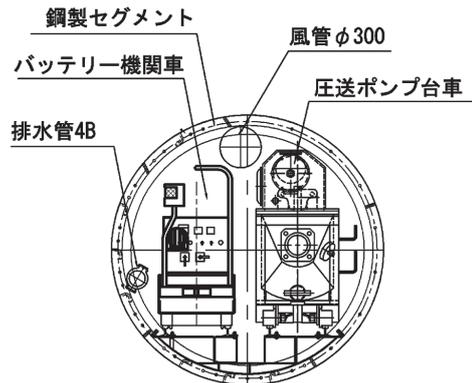


図-4 後続台車部坑内断面図



写真-2 坑内後続台車区間

表-1 切羽添加材試験結果

配合	6.0 kg/m ²		4.0 kg/m ²	
注入率	20%	25%	20%	25%
スランブ値	10 cm	20 cm	2 cm	16 cm
スランブ写真				
ペーセン断値	1.71 kPa	0.91 Pa	4.26 kPa	0.91 kPa

表-2 掘進進捗

	直線	R=15 m	備考
セグメント幅	0.9 m	0.3 m	
最大日進量	16.0 m	8.4 m	
平均日進	13.8 m	6.1 m	掘進日当り(昼夜)
稼働日平均	6.9 m		発達~到達
暦日平均	5.3 m		発達~到達

8. おわりに

路線後半に集中する急曲線施工や、都市部での輻輳する地下埋設物等多くのリスク要因を含む条件下での一次覆工は、平成 22 年 12 月に完了した。今後の類似施工の参考になれば幸いである。

最後に本工事の計画から施工にあたり、多大なるご指導をいただきましたトンネル委員会ならびに関係各位に深く感謝し、お礼申し上げます。