気泡シールド工法による玉石混じり砂礫層の掘進

仙台市　島　豊行
仙台市　仲道　雅大
清水建設㈱　正会員　酒井　俊一
清水建設㈱　正会員　○磯部　哲

1．はじめに

本稿では、仙台市発注の合流式下水道緊急改善事業の一環として計画、施工された、シールドトンネル掘削工事（φ3.80m、L=1369m）の施工記録を報告する。本工事の特徴は、全線に渡り最大径 750mm という玉石が存在する砂礫層を気泡シールド工法にて掘進することであり、特に JR 貨物線、東北本線、新幹線の下を通過するため、確実な切羽土圧管理、掘削土取込量管理により地盤変状を最小限に抑えることなどが求められた。

2．工事概要

図-1 に平面図、**図-2** に標準断面図を示す。また、**写真-1** に発進立坑掘削時に出現した玉石を示す。

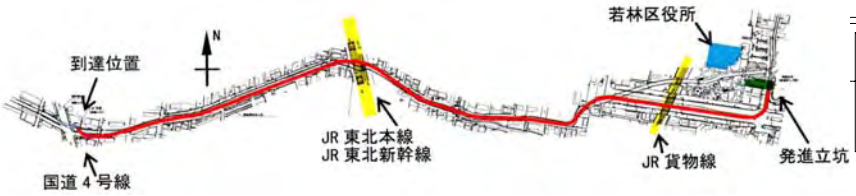


図-1　平面図

《工事概要》
工事名称：七郷堀幹線工事 1
工事場所：仙台市若林区
工法：土圧式（気泡）ｼｰﾙﾄﾞ工法
仕上り径：φ3,000mm
ｼｰﾙﾄﾞ機外径：φ3,930mm
ｾｸﾞﾒﾝﾄ外径：φ3,800mm
掘削延長：1368.97m
裏込注入：即時注入方式
ｾｸﾞﾒﾝﾄ：鋼製ｾｸﾞﾒﾝﾄ
土被り：5.7～13.0m
最小曲線半径：R=30m(3 箇所)

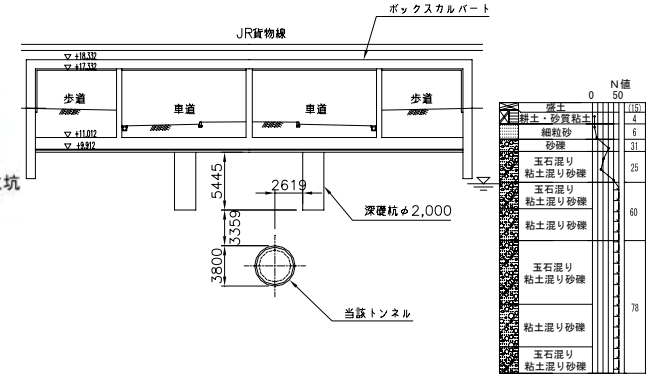


図-2　断面図（JR 貨物線下通過部）

3．技術的対策の計画

以下にシールドトンネル掘削に当り立案した、玉石に対する技術的対策について示す。

写真-1　玉石（最大径 750mm）

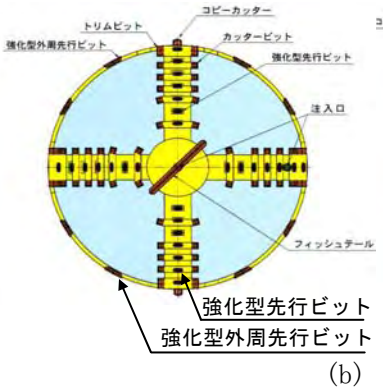
3.1　シールド機の仕様

①玉石との接触によるスクリュ破損防止のため、スクリュコンベヤ先端はチャンバ内に出さない構造とする（**図-3**）。(a)

②強化型掘削先行ビットを配置し、到達までビット交換が不要な構造とする。(b)

想定磨耗量は、玉石の強度及び混入率を基に、強化型掘削先行ビットで 46mm（許容値 50mm）、カッタビットで 18mm（許容値 20mm）とした。

③スクリュコンベヤを、礫径 400mm×330mm までは取込み可能な構造とする。(c)



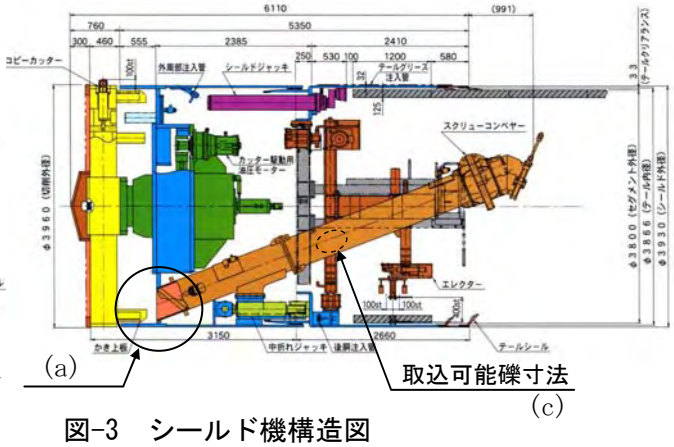


図-3　シールド機構造図

キーワード　シールド，気泡，玉石，排土管理，鉄道近接

連絡先　〒984-0813　仙台市若林区六十人町 96　清水建設・藤間建設・中田建設工業 JV　ＴＥＬ022-294-1951

3.2　地山の塑性流動化

切羽を安定化させるためには、玉石混じりの砂礫土をチャンバ内で確実に塑性流動化させ取り込むことが重要である。このため、事前に試験施工を行い、気泡材の配合は**表-1**（B タイプ）の通りとした。この特殊起泡材を約 6 倍に発泡させたものをチャンバ内に吐出し地山と混合させ、地山の塑性流動化を確実に行う計画とした。また切羽土圧の計測、掘削土砂性状のモニタ監視をリアルタイムに行うことで掘削地山に最適な気泡添加量を適宜決定することにした。

表-1　特殊気泡材標準配合（1m³ 当り）

		単位	Bタイプ
配合	特殊起泡剤(OK-1)	L	10
	起泡添加剤(OK-2)	Kg	12
	水	L	978
性状	pH		7.3
	比重		1.00
	粘性（20℃）	cp	300

3.3　掘削土量計測システム

玉石混じり砂礫層でのシールド掘進に当り掘削土量の管理は非常に重要である。本工事では、ロードセル式荷重計にて直接ずり缶の重量を計測し、リアルタイムに掘削土量を算出、確認することで、取込過多など掘進トラブルの早期発見に努めることにした。**図-4** に掘削土量計測システム概要を示す。

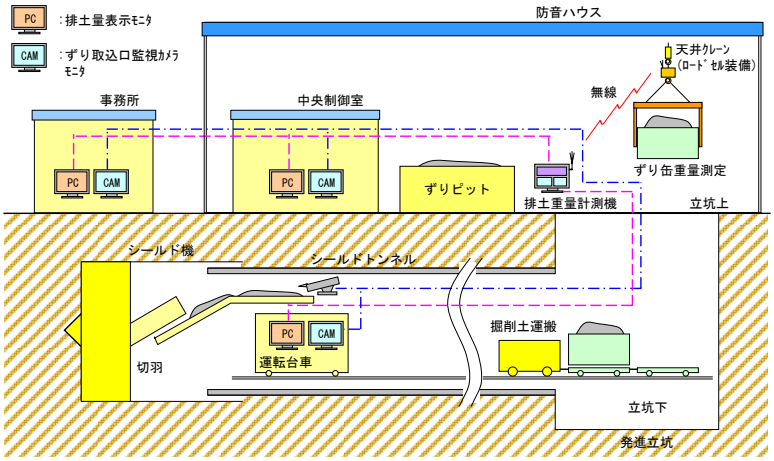


図-4　掘削土量計測システム

4．施工結果

シールドトンネル掘進は平成 19 年 5 月に開始し、平成 20 年 1 月に無事完了した。課題であった玉石混じり砂礫層の掘削についても前述の技術的対策により、安定した切羽土圧管理、掘削土量管理を実施することができた。**写真-2** に掘削状況、**図-5** に切羽土圧測定結果を示す。切羽土圧は左右のばらつきもなく安定しており、良好に塑性流動化されたことを示している。途中、スクリュコンベヤ取込口に玉石が蓋状に詰まり、掘進不能になったことがあったが、現場加工した長尺の削岩設備をスクリュコンベヤ内に通して直接玉石を破砕する対策を講じ、閉塞を解除した（**写真-3**、**図-6** 参照）。また JR 線下通過時には軌条面に沈下計を設け自動計測を実施したが、計測された沈下量は一次管理値である±4mm を下回り、既設 JR 構造物へ影響を与えることなく施工することができた。

写真-2　掘削状況

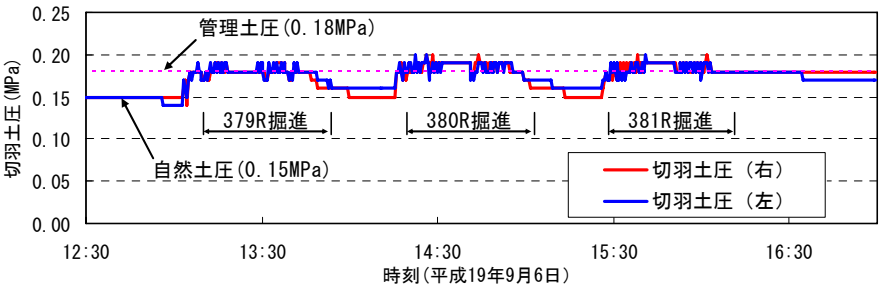


図-5　切羽土圧測定結果

写真-3　破砕した玉石

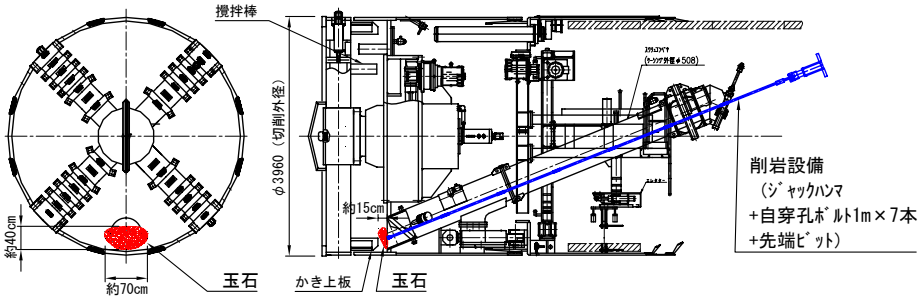


図-6　玉石破砕状況

5．おわりに

本工事は現在、二次覆工コンクリートの施工中であり、平成 21 年 3 月竣工予定である。本稿にて述べた内容が今後の類似工事の参考となれば幸いである。