

シールド工事における地中変位リアルタイム可視化技術の適用事例 —水平ボーリング削孔の施工実績—

鹿島建設(株) 正会員 ○吉迫和生 岩端一也 西嶋 徹 永谷英基
ケミカルグラウト(株) 釘本幹生 小池遼太郎

1. はじめに

都市部のシールド工事では、既設の重要構造物（地下鉄や共同溝のような地下構造物だけでなく、地上の幹線道路や鉄道など）に近接して掘進することが避けられない状況にある。これら近接構造物への影響や地表面の沈下は、シールド掘進時の切羽付近で生じる地盤変状に起因し、その地盤変状が伝わることで顕在化するものである。現状では、対象構造物の変位・傾斜測定や地表面沈下測量によってその影響を把握することがほとんどであるが、それでは変状発生後の事後確認になってしまう。そこで、早期に地盤変状の兆候を把握するために、これから掘進しようとするシールドトンネルの線形に沿ってトンネル直上の進行方向にあらかじめ変位計を設置し、地山変位の計測を行うことでシールド切羽周辺の地盤変状をいち早く検知し、施工管理にフィードバックする技術が有効となる。

本報告では、「上北沢給水所（仮称）から世田谷区船橋四丁目地先間配水本管（1100mm・1000mm）新設工事（シールド工事）」（表－1）において本技術を適用した事例のうち、変位計を設置するための水平ボーリング削孔の実績を報告する。

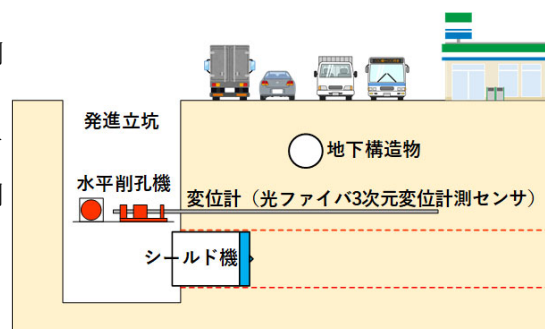
表－1 工事概要

工事名	上北沢給水所（仮称）から世田谷区船橋四丁目地先間配水本管（1100mm・1000mm）新設工事（シールド工事）
企業者	東京都水道局
施行者	鹿島・あおみ・新日本工業建設共同企業体
工 期	2019年9月27日～2022年12月19日（予定）
工事場所	東京都世田谷区上北沢5丁目～船橋4丁目

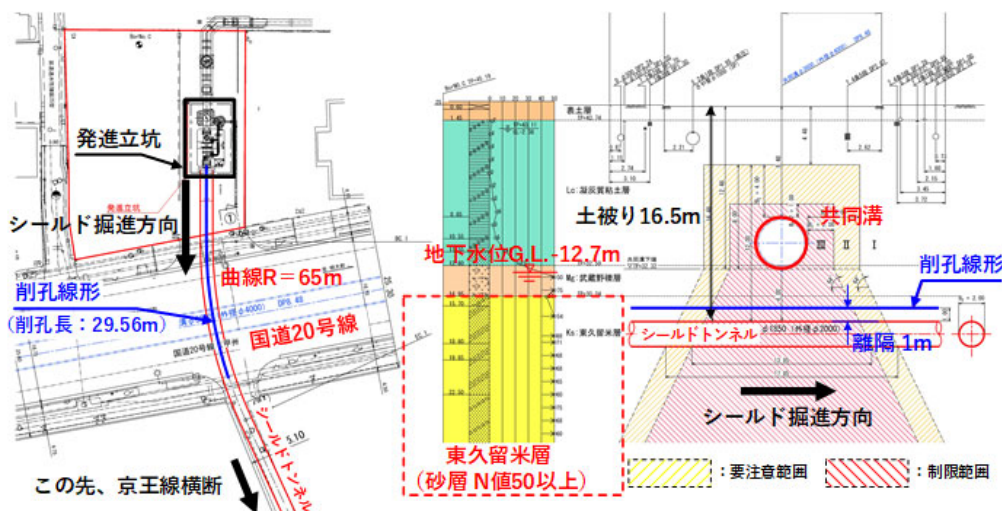
2. 施工概要

本技術のイメージを図－1に示す。シールド発進立坑からトンネル線形に沿ってトンネル直上（トンネル天端から1m程度）にあらかじめ変位計を設置する。これまでも同様の技術を適用した事例¹⁾があるが、今回、それらと異なる点は、①被圧地下水（約0.03MPa）下でシールド平面線形に沿って曲線での水平ボーリングを実施して変位計を設置したこと、②変位計として光ファイバ3次元変位計測センサを使用したこと²⁾にある。

また、本工事の特徴は、①発進基地が国道20号線（重要構造物）に隣接し、シールド掘進の影響範囲であること、②国道20号線には共同溝（重要構造物）が埋設されており、シールド掘進の影響範囲で



図－1 本技術のイメージ



図－2 縦断線形および想定土質縦断図

キーワード：シールドトンネル、地盤変状、地中変位、変位計測、水平ボーリング

連絡先：〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株) 土木管理本部 土木工務部 TEL 03-5544-0668

あること、③掘進地盤が東久留米層の砂層で、発進防護の地盤改良（高圧噴射攪拌工）を抜けたところで地山の取り込みが発生しやすい条件であることなど、本技術を適用すべき条件がそろっている（図-2 参照）。

3. 水平ボーリング削孔の施工実績

(1) 曲線線形、および被圧地下水下での水平ボーリング削孔

水平ボーリング削孔の状況を写真-1 に示す。図-2 に示したように、シールド線形は発進直後の国道横断箇所曲線（ $R=65\text{m}$ ）となっており、変位計を設置するための水平ボーリング削孔も曲線施工が必要となる。従って、今回の削孔では曲がりボーリング工法³⁾を採用した。曲がりボーリング工法では削孔ロッドの先端部がソリ状になっており（写真-2）、このソリを地山に押し付けることにより削孔方向を制御する。

削孔対象地盤は N 値 50 以上の洪積砂質土（東久留米層）で、事前の土質調査の結果では発進立坑部での東久留米層の地下水位は G.L.-12.7m（T.P.+32.2m）程度、削孔深さでの地下水压は約 0.03MPa であった。削孔時には、立坑壁部にパッカー付きの口元管を取り付け、その中に削孔ロッドを通すことで漏水を防いだ。

(2) 削孔精度

計画平面線形は、開始から約 11m 地点までは直線、12m 地点から左方向へ $R=65\text{m}$ の曲線となる。計画縦断線形は直線とした。また、削孔開始から 5.6m 地点までは発進防護の地盤改良体（高圧噴射攪拌・薬液注入）区間を削孔し、その先が地山区間となる。削孔中は 2m 毎にジャイロを挿入して位置の確認を実施し、その結果を基に掘進方向を修正して掘り進めた。図-3 に削孔結果（ジャイロによる位置確認結果）を示す。最終的に計画線に対する最大のずれ量は、平面で右 76mm（削孔長 23m 地点）、縦断で下 179mm（削孔長 17m 地点）であった。縦断で一部下方に下がった位置があったが、シールド断面直上に変位計を設置するという目的には十分対応できた。



写真-1 削孔状況



写真-2 削孔ロッド先端部

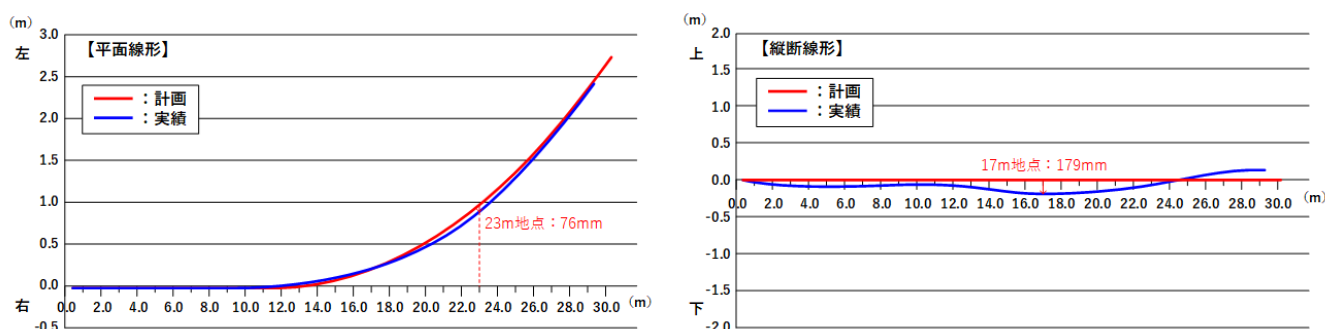


図-3 水平ボーリングによる削孔結果（ジャイロによる位置確認結果）

4. おわりに

被圧地下水下でシールド線形に沿った曲線形状を水平ボーリング削孔するという事例はまだ少なく、本事例が、今後の同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 真鍋ら：矩形シールド工法による小土被り発進、既設土留め壁近接並走掘進の実績，トンネル工学報告集第27巻，II-12，2017.11.
- 2) 永谷ら：シールド工事における地中変位リアルタイム可視化技術の適用事例—光ファイバを用いた地中変位計測実績—，土木学会第76回年次学術講演会，2021.9（投稿中）
- 3) 山崎ら：曲がりボーリングを用いた薬液注入による液状化対策の実証試験，土木学会論文集 No.756/VI-62，89-99，2004.3.