

泥土圧シールド工法における添加材に及ぼす地下水の影響について

前田建設工業(株) 正会員 ○白川元彦 高本賢司 田嶋裕二

1. はじめに

「大石排水区大石 2 号貯留管下水道工事」は、新潟市東区において緊急度の高い施策として進めている「雨に強い都市づくり」の一環として、これまでの集中豪雨により発生した浸水被害を教訓に計画された浸水対策用雨水貯留施設を泥土圧シールド工法にて新設する工事である。本稿では、地下水に含まれる鉄分に起因した添加材の劣化について報告する。



図-1 路線簡略図

2. 工事概要

図-1 路線簡略図

本工事は、外径φ3.78m シールド機を使用し、仕上がり内径φ3.25m、管路延長 2002.91m のトンネルを、1.7‰の上り勾配で掘進・構築する。土被りは、8.0m～11.0mである。平面線形は、最小曲率半径 R=30m をはじめとする 14 の曲線を含む線形から構成される(図-1)。掘進対象土質は、全線・全断面、沖積砂質土層(細砂・中細砂が主体)で、均等係数は 2.22～9.20 と小さい。また、N 値は 24～68、透水係数は $1.5 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ である。

3. 添加材に用いる混練水の検討

泥土圧シールド工法に用いる添加材(ベントナイト, ポリマー)は, 水に含まれる不純物(Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{4+} 等の塩類)や pH などによって性質が著しく変化することが知られている(【昭和 50 年 発行 地下連続壁工法 設計・施工ハンドブック 5.4.3 水】より).



当初、添加材の混練水として地下水が計画されていたが、現地踏査時、隣接工事で使用していた井戸ポンプ廻りが赤くなっていたこと、また、地下水を利用した融雪設備を設置している店舗駐車場の舗装が赤茶色に変色していたことから、これらは地下水に含まれる不純物に起因するものと推定した（写真-1）。



写真-1 地下水揚水時に使用した
塩ビ管(内部に鉄化合物が固着)

そこで、地下水の水質分析試験を行ったところ、マグネシウム、カルシウム、ナトリウム、塩化物イオンの含有量は、いずれも水道水基準値内であり、pHは6.6であった。しかし、鉄については、水道水水質基準値(0.3mg/L以下)の約90倍の数値である28mg/Lが検出された。このことから、舗装が赤茶色に変色していた原因は、地下水に含まれた鉄イオン(Fe^{2+})が空気に触れることで酸化し、赤褐色の水酸化第二鉄($\text{Fe}(\text{OH})_3$)となって舗装に沈着したことによるものと考えられた。この鉄分が要因となり添加材の能力を最大限発揮させることができない可能性があったことから、地下水の添加材に対する影響(性能ロス)を確認するため、ポリマー系材料およびベントナイト系材料について、それぞれ地下水および水道水を用いて試験練りを実施し、粘性値(CPS)について比較した。

この結果、ポリマー系材料については、地下水練りの場合、初期(作液直後)は水道水練りの値に対し約 2 割減、1 週間経過後は約 1 割減となった。また、ベントナイト系材料については、地下水練りの場合、初期(作液直後)は水道水練りの値に対し約 2 割減、1 週間経過後は約 3 割減となった(図-2)。

キーワード 泥土圧シールド，添加材，混練水，地下水分析，鉄分，試験練り

連絡先 〒950-0916 新潟県新潟市中央区米山 3-2-11 新潟米山 MKD5ビル2階 新潟大石シールド作業所 TEL 025-240-7095

以上の試験結果より、本工事の場合には、作液時の性能ロスを最小限に抑え、添加材の安定した品質を確保するために、地下水ではなく水道水を用いる必要があると判断した。

4. 実際のシールド掘進における添加材の配合

施工にあたっては、水道水とボーリング調査時に採取した試料で試験練りを行い、ベントナイト系材料：ポリマー系材料＝8：2、添加量 23%で施工を開始した。しかし、平均カッタートルクが最大常用トルクの約70%と高い値となったため、掘進速度は約 15mm/min の低速とせざるを得なかった。再度、掘削残土で試験練りを行い、添加材配合はベントナイト系材料：ポリマー系材料＝8：2、添加量 35%とした。これにより、平均カッタートルクは約 60%と多少低下したものの、掘進速度を上げることはできなかった。そこで、掘進時にスクリーコンベアから直接掘削土を採取し性状を確認したところ、粘性不足による土砂分離傾向がみられた。このため、スクリーコンベアから採取した掘削土性状を確認しながら添加材の配合調整を行ったところ、ベントナイト系材料：ポリマー系材料＝6：4、添加量 45%にて土砂分離傾向が解消し、平均カッタートルクも最大常用トルクの約50%まで低下することができ、掘進速度も約 30mm/min で掘進可能となった。

5. おわりに

添加材作液時に地下水を使用する際は、地下水含有成分による添加材の性能阻害が原因で、泥土圧シールド掘進時の施工性の低下、およびトラブル発生が考えられる。

混練水も材料の一つであることを再認識し、地下水を使用する際は、水質分析および試験練りを実施することが必要である。また、切羽に注入添加された後に地盤中の地下水に触れることで性能ロスが少なからず生じることも想定される。

今回、その対策として、スクリーコンベアから掘削土を直接サンプリングし、これを基にした添加材配合の随時調整や、掘進速度の低減により対応し、平成 30 年 6 月に掘進は終了した(写真-2)。

平成 30 年 1 月は新潟市でも稀な豪雪に見舞われた。当該地域では、融雪のため個人や企業の消雪井戸より地下水を汲み上げており、観測井戸で地下水位を計測すると、夏季に比べ約 2m 水位が低下していた。このため、掘進にあたっては、夏季に比べシールド機のトルク・推力等の負荷が大きい状態となった。添加材試験練り時には適正配合であったとしても、間隙率、地下水位変化、地下水流速等の地盤諸条件も考慮して添加材配合管理を行う必要がある。

最後に今回の報告書が今後のシールド現場において問題解決の一助になれば幸いである。

謝辞

本工事の施工にあたり、新潟市下水道部東部地域下水道事務所の関係各位には、様々なご助言を頂きました。ここに記して深く感謝申し上げます。

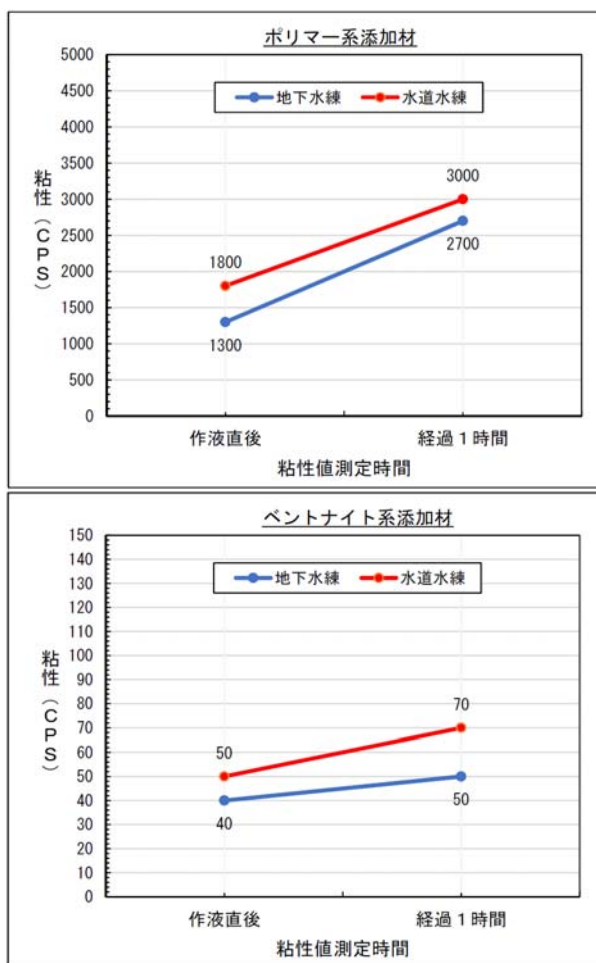


図-2 添加材 粘性値推移比較図

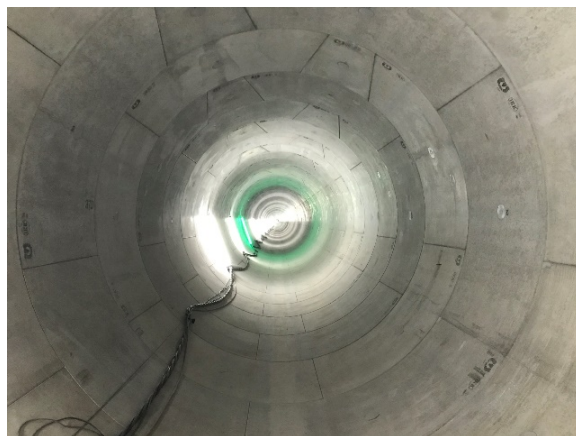


写真-2 坑内状況