

袋付セグメントを使用したシールド急曲線掘進の施工例

株式会社 大林組名古屋支店 有方 正, 岡本 正弘

1. まえがき

「新鳴海雨水幹線下水道築造工事」は平成12年9月11～12日にかけて愛知県を中心に発生した東海豪雨を教訓にした「緊急雨水対策事業」の一環として行われている。工事は名古屋市緑区内にある上下水道局鳴海下水処理場内に発進立坑を設け、仕上がり内径3.0mの雨水管を天白区野並二丁目までの延長2,941m（土被り20～26m）をシールドトンネルで施工する工事である。路線の大半は交通量の多い、主要地方道名古屋第二環状線下での施工であり、途中急曲線（ $R=15\text{m}$ ）が3箇所計画されていた。この内、掘進対象の土質が固結シルト層の1箇所を除く、砂礫質土の2箇所については地上からの地盤改良後にシールド掘進を行う設計となっていた。この2箇所は交通量の多い幹線道路の交差点で、地下埋設物が多数あり、地上から地盤改良を施工するには、交通対策を含めた入念な安全対策が必要であった。

これらの問題を一気に解決するため、地上での作業を一切排除できる工法として、袋付セグメントを使用した「充填式シールド急曲線工法」を採用することにより、無事急曲線部の一次覆工を完了した。

2. 工法変更に至る経緯

変更対象となる急曲線部（ $R=15\text{m}$ ）は砂礫層を掘進する為、曲線内側余掘り部の地山崩壊に対応させる為、シールド掘進以前に地上より地盤改良（二重管ストレーナー工法）を行う設計であったが、施工箇所は交通量の多い幹線道路交差点であり、また、大規模なスーパーマーケットの正面出入口で人通りも多いため、地上から地盤改良を施工するには、入念な第三者対策が必要となる。また、道路の地下にはNTT、都市ガス等の埋設配管が多数敷設されており、地盤改良工施工前には徹底した試掘調査が必要となる等、安全管理面で問題となった。

所内での計画検討会において、問題となる地上での作業を一切行わない、「充填式シールド急曲線工法」が当現場での諸条件に合致し、施工可能と判断、発注者の承諾も得られた為、詳細計画を行った。

当現場で「充填式シールド急曲線工法」を行う上での検討項目及び結果は以下のとおりである。

- ① 土質条件 シールド推力に対する地盤反力が確保できる砂礫土層の地山

IP.2 砂礫層 N値 50 以上、IP.5 シルト混り砂礫層 N値 15 以上 …… OK

- ② 線形条件 密閉型シールド機の外径と最小曲線半径

当現場の4m級で $R=15\text{m}$ の施工実績がある …… OK

- ③ 土被り 当工事では土被り20m程度と厚く、上部にシルト層があり地上への影響は少ない…OK

3. 充填式シールド急曲線工法

1) 工法の概要

充填式シールド急曲線工法は、シールド急曲線施工において、コピーカッターによる余掘り部にシールド機スキンプレートからゲル状の充填材を注入することにより、地山の緩みを防止しながら掘進する工法で、袋付セグメントを用いることにより、急曲線を掘進するうえで不可欠な余掘り部への裏込め注入材の流入を防ぐと共に、シールド推進力の反力補助を目的に行うもので、シールド機通過後に充填材を裏込め材注入材と置き換える工法である。

2) 工法の特徴

- ① 路上作業を行わない為、地上の周辺環境への影響がほとんどない。
- ② 充填材の注入は掘進と同時に行う為、掘進工程への影響が少ない。
- ③ ジャッキ推力によるセグメントの変位が少ない。

袋付セグメントにより、地山と密着し早期に安定するため、ジャッキ推力によるセグメントの軸方向の変位を抑えられ、急曲線部の線形を確保する事が出来る。

4. 使用材料

充填式シールド急曲線工法の施工に特に必要となる材料の検討を行う。

1) 充填材

① 充填材の機能

- a. 急曲線区間の余掘り部の地山の緩みを防止すること。
- b. 砂礫層では礫の肌落ちを防止できること。
- c. シールド機の推進に支障とならないこと。
- d. 裏込材の注入に伴い、坑内に排出しやすく置換性が良いこと。

② 充填材の条件

- a. シールド機の推進に影響を与えないように充填材は硬化しないこと。
- b. シールド掘進に伴う余掘り部とテールボイド部に確実に充填できるように、また、裏込材との置換では坑内への排出が容易な流動性を有すること。
- c. 地下水等で希釈されないこと。
- d. 礫の肌落ちを防止するように、充填材は適当なせん断強さを有すること。
- e. 充填材作液等、施工管理が容易であること。
- f. 無害であること。

上記機能、条件を満たす2液混合タイプ（1.5ショット、ゲルタイム10～15秒）の充填材料（ベントナイト+添加剤）及び配合を決定した。

2) セグメント

セグメントの形状寸法は急曲線（R=15m）に対応させるため、直線部より外径を20mm小さくし、3780mm、1リング幅を曲線外周で300mm（テーパー量72mm）としていたが、充填式シールド急曲線工法を行うにあたり主桁部材の厚みを増し以下のように補強した。

鋼製セグメント（標準） 主桁厚 22mm、中心幅=264mm、外径=3780mm、桁高 125 mm、6分割

袋付セグメント 主桁厚 25mm、中心幅=264mm、外径=3731mm、桁高 100 mm、6分割

また、袋付セグメントと標準セグメントとの使用比率は、セグメントの変位をより少なくするために、1：1として早めに地山へ密着するようにした。

5. 使用機械

ベントナイト溶液のプラントは地上に設置し配管を通してシールド機後続台車のA液槽へと送り、添加剤は坑内でハンドミキサーにて混練り後、B液槽へ貯留する。充填材の注入には各々モノポンプを使用し掘進と同時にミキシングノズルを介して混合した後、シールド機内前部より余掘り部に注入する。

6. まとめ

当工事の受注時、道路占用を含めた安全面で急曲線2箇所における地盤改良工の施工

計画が最大の難問であった。発注者にとっても幹線道路の車線規制（2車線→1車線）は地元住民および通行車両からの苦情は覚悟のうえでの工事であったが、「充填式シールド急曲線工法」を採用し、無事に急曲線掘進作業を完了出来たことは十分評価できるものであり、今後のシールド急曲線施工においても、施工箇所の土被り、土質等の条件が合致するような場所であれば、設計に組み込まれていくものと思われる。

