

不明障害物と遭遇したシールド施工の掘進管理

大成建設株式会社 正会員 ○小森 敏生 安藤 秀幸 山村 勇斗 大坪 宙夢

1. はじめに

シールド掘進中に地中障害物と遭遇すると、大幅な工期延伸や工事費の増大が発生するため、支障する諸物件について、詳細な事前調査を行う必要がある。しかし、支障物の有無を調査だけでは把握しきれない場合もあり、掘進中に不明障害物と遭遇する可能性がある。その障害物は、除去する必要があることがあり、その場合シールド掘進に悪影響を及ぼすため、様々な対策や対応の選定が必要となる。本稿では、不明障害物と遭遇したシールド施工の掘進管理について報告する。

2. 工事概要

本工事は、新設する下水処理場の管路施設を稼働中の既存下水処理設備を下越すために路線延長 $L=340\text{m}$ の区間をシールド工法にて構築する。掘削方式は泥土圧シールド工法で、シールド外径 $\phi 6,550\text{mm}$ 、排土機構はスクリーコンベヤー(以後 SC)・圧送ポンプ方式とし、一次覆工は、RC セグメント(内径 $5,800\text{mm}$ 、幅 $1,200\text{mm} \cdot 900\text{mm}$)である。土被りは $17\sim 20\text{m}$ 、シールド通過土層は N 値 $2\sim 6$ 程度の沖積粘性土層 (Ac1) と N 値 $20\sim 50$ 程度の沖積砂質土層 (As2) となっている。図-1, 2 にシールド(不明障害物付近)平面・縦断面図を示す。

既存下水処理設備及び近接構造物の供用中の構造物だけでなく、過去の施設履歴の基礎や支持杭などの調査、それ以外にもその施工時の残置物の調査も行った。調査では、シールドの掘削断面に支障となる障害物の存在は確認できなかった。

3. 不明障害物遭遇状況

不明障害物遭遇時は、256 リング(掘削延長 270m 付近、セグメント幅 900mm) から開始し、258 リングまで通常どおり掘進・

セグメント組立を完了した。しかし、258 リング掘進データでは、掘進長 700mm 付近から 780mm までの一時的に以下の状況がみられた。その間に、何らかの障害物と接触が発生していたと考えられた。

- ・カッタートルク： $1,200\sim 2,700\text{kN} \cdot \text{m}$ まで上昇 (※通常時 $800\sim 1,200\text{kN} \cdot \text{m}$)
- ・総推力： $13,000\text{kN}\sim 14,000\text{kN}$ まで上昇 (※通常時 $11,500\text{kN}\sim 13,000\text{kN}$)
- ・マシンローリングの変動：最大で $+0.15^\circ$ 【右回り】(通常時 0.05° 程度)

4. 不明障害物取り込み状況

不明障害物との接触直後は、不明障害物の取り込みが原因と考えられるカッタートルク・総推力の上昇はあったものの掘削は通常どおり施工できた。しかし、259 リング掘進中(掘進長 282mm)に SC が閉塞、回転でき

キーワード：シールドトンネル、不明障害物

連絡先：〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-14-10 TEL 06-6131-9626

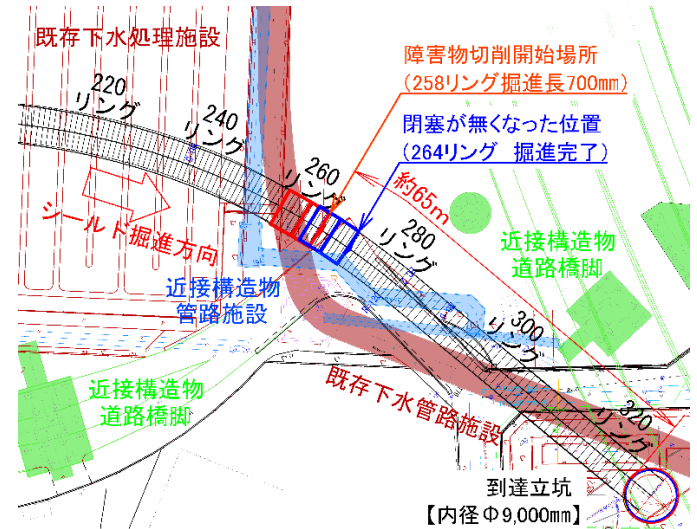


図-1 シールド(不明障害物付近)平面図

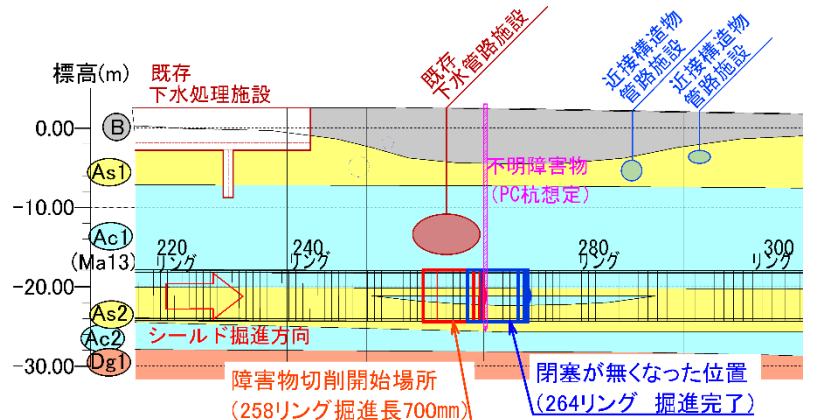


図-2 シールド(不明障害物付近)縦断面図

なくなり掘進不能になった。掘進データは、以下の状況がみられた。

- ・カッタートルク：1,000～2,000kN・mの間を変動
- ・総推力の微増：最初のみ14,000kN近くまで上昇、その後13,000kN程度で安定

上記を受け、圧送ポンプホッパー内の調査を実施した。不明障害物の切削物と考えられる丸鋼(Φ9mm)・コンクリート片を発見(写真-1)したことにより、不明障害物は杭径Φ400～600mm程度のPC杭と想定し、この切削物をSCに取り込んだことが閉塞、回転不能の原因と判断し、以下の対応を行った。図-3にシールド機全体組立図を示す。

5. 不明障害物取り込み時の対応策

掘進を再開するため、SCの閉塞解除、回転を再開できる対策を行った。SCの中の土砂の塑性流動性を良くするために高粘性の可塑状充填材をカッターチャンバー内とSC内へ注入し、スクリーモーターの上限圧を28MPaから35MPaに上げて、正・逆回転を繰り返し徐々に可動域を増やし正常にSCが回転できるようにした。

正常な排土が可能となった後、掘進速度を20mm/min以下(通常時40mm/min)に落とし、カッタートルク等の変動に注視し、新たな不明障害物を切削している状態では無いことを確認しながら掘進を進めた。

不明障害物への対応として、現場の諸条件から①SCや圧送ポンプホッパーでの閉塞解除を繰り返しながらこのままシールド掘進を継続する、②地盤改良を行い、地上もしくはシールド機内からチャンバー内に入り、障害物を除去する、という2つの選択肢があった。短期的には、②は大幅な工程遅延および追加対策費用が必要であるが、①は掘進再開直後、SCの正・逆回転の繰り返しで閉塞解除できたが、再度障害物が絡まることで、シールドマシンの故障が発生し掘進不可能となった場合、更に大幅な工程遅延および追加対策費用が必要となるリスクがあるため、諸条件に応じた慎重な選択が必要である。

直近のシールドマシンの掘進データより、259リング以降、チャンバー内の障害物が減ってきている状況から(表-1)、新たな障害物を切削していない状況と推察され、シールドマシンの故障が発生し掘進不可能となるリスクは小さいと判断し、①を選択し掘進を継続した。

6. シールド施工結果

259リング以降の掘削は、時折SCや圧送ポンプホッパー閉塞が発生したものの、徐々に頻度が減り、264リング(障害物と接触後6リング)で無くなり、到達立坑まで残り約60mを順調に掘削でき2021年10月無事到達した(写真-2)。回収できた不明障害物の切削物数量は、鋼線約70kg・コンクリート片約1.0m³であった。裏込め注入量は、不明障害物の切削物数量も考慮した取り込み土量を基に管理した。不明障害物と遭遇した後の掘削も、適正な泥土圧・排土量・裏込め注入量の管理でシールドを掘進でき、直上地表面の地盤変位は最大-3mm(許容値・±15mm)であった。大幅な工程遅延および追加対策費用を発生することなく工事を完了することができた。

参考文献 なし

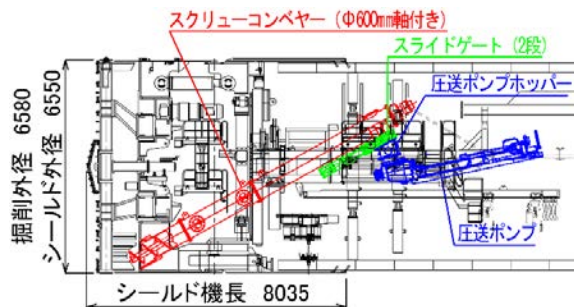


図-3 シールド機全体組立図



写真-1 不明障害物切削物

表-1 SC・圧送ポンプホッパー閉塞状況

掘削リング	258リング	259リング	260リング	261リング	262リング	263リング	264リング
セグメント幅	900mm	900mm	900mm	900mm	900mm	900mm	900mm
POポンプホッパー		▲387 ▲478 ▲598 ▲684 ▲788 ▲846	▲9 ▲306 ▲454 ▲748	▲250 ▲731	900(清掃)	▲421	▲340 900(清掃)
スクリーコンベヤー		■282 ■478 ■684 ■788	■105 ■169 ■603	■658	■860		
		閉塞(多)			閉塞(小)		閉塞無し

※数字は、閉塞発生時の実際の掘進長(1リングは900mm)
POポンプホッパー閉塞は、ホッパー内のコンガラ、PC鋼棒など障害物を清掃し解除
スクリーコンベヤー閉塞は、スクリーコンベヤーの正転・逆転の繰り返しにて解除

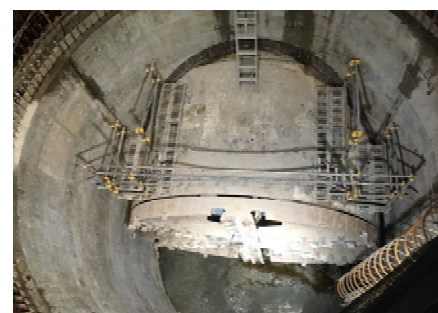


写真-2 シールド到達状況