

ヒアリング③ ※このページはアンケート結果より事務局が作成  
事例1-7・1-10（掘進停止再開、支障物対応に関する事例）

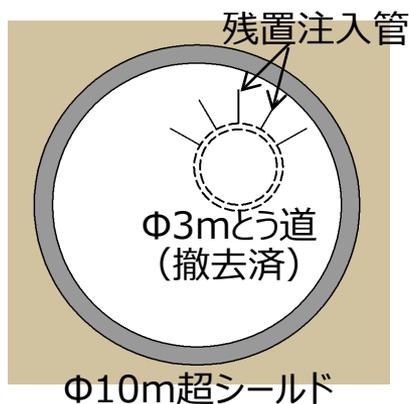
シールド概要	地表部への 予期せぬ影響	トラブル発生状況	トラブル対応・工夫事例
<p>泥水式シールド</p> <p>シールド径： Φ10m～</p> <p>土被り： 13.7 ～34.1m</p> <p>地下水位： GL-6.0 ～12.0m</p> <p>地質概要： 砂質土・粘性土 ・礫層</p> <p>地表部の土地利用： 道路</p>	<p>無</p>	<p>・シールド掘進に先行して平行して存在していた既設とう道(φ3m)が撤去されていたが、その外周に薬液注入用の鋼管(φ40mm程度)が残置されており、シールド掘進中にこの支障物を取り込み、排泥管の閉塞を繰り返した。 注入管が出現した区間:約500m 掘進一時停止:約200回</p> <p>・シールドが地下鉄函体に近接して下部を横断するに当たり、地下鉄函体の側部に注入用の深礎立坑(φ5m)を設置して水平方向に防護薬液注入が施工されていた。この立坑は本シールドの直上に位置していたため、シールド通過前に流動化処理土で埋め戻されていたが、シールドがこの部分を通り抜けることから装備していた地山崩壊探査装置(油圧式)が伸びるようになり、地山の緩みまたは空洞があるものと予想された。</p>	<p>・排泥管への注入管の閉塞に伴い、一時的な切羽水圧の上昇が見られ、地上部への泥水噴出、切羽崩壊等の懸念があったため、以下の対策を実施した。</p> <p>・掘進中に送排泥ポンプ圧力を監視し、切羽水圧に急激な変動が生じないように、予備排泥管バルブの開放、送排泥パイパスバルブ開放の操作を行い切羽水圧の安定を図った。</p> <p>・ポンプ圧力変動の上下限値を定め、早期に排泥管や排泥ポンプに閉塞する支障物(注入管)を除去し急激な閉塞を防止した。</p> <p>・支障物が存在していた区間の裏込め注入工については圧力管理(切羽水圧+100kPa)を徹底した。</p> <p>・支障物の影響区間の測量、監視を強化し、裏込め注入管理を確実に実施したことで、地盤変状、管理値を超える沈下は発生しなかった。</p> <p>・対策として、地山探査装置のストロークよりシールド上部の緩み(空洞)範囲を想定し、通常の裏込め注入量にこの体積を加えてリングごとの目標注入量を設定し、裏込め注入を行った。</p> <p>・結果として、地山探査装置が伸びた範囲と裏込め注入率が大きくなった範囲がほぼ一致し、緩み(空洞)範囲を充填できたものと考えられた。また、シールド掘進前後の計測においても、地下鉄函体、地表面に大きな変状は見られなかった。</p>

シールドトンネル工事における  
トラブル事例と改善点

2021年 11月

# ■トラブル事例 整理番号 1-7 ①トラブル概要

シールド概要	地表影響	トラブル発生状況
泥水式シールド シールド径 Φ10m～ 土被り 14m～34m 地質 砂・粘土・礫 (洪積層)	無し	シールド路線に干渉するφ3mの既設とう道が事前に撤去されていたが、その外周部に薬液注入用と思われる約40mm径の鋼管が地中に多数残置されていたことで、シールド掘進中にこの支障物（鋼管）を取り込み、排泥管等の閉塞を繰り返した。 <u>鋼管が出現した区間：約500m</u> <u>掘進一時停止：約200回</u> ※トラブル発生時期：2005年度



シールド断面概要図



排泥ポンプ閉塞状況



回収された支障物 (注入用鋼管)

## ■トラブル事例 整理番号 1-7 ②トラブル発生前、③発生時

### 【地盤調査状況】

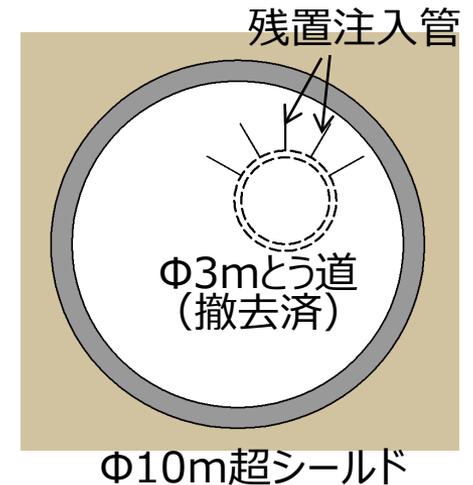
- ボーリング調査の本数は多く、地質状況は十分に把握できていた。

### 【支障物の調査状況】

- シールド路線に干渉する「既設とう道」の位置、構造は十分に調査され、とう道の本体は別工事で事前に撤去されていた。
- 「既設とう道」の仮設物の情報が無く、注入用鋼管の正確な状況を事前に把握できなかった。

### 【トラブル発生時の状況】

- 排泥管への注入管の閉塞に伴い、一時的な切羽水圧の上昇が見られ、地上部への泥水噴出、切羽圧変動による崩壊等の懸念があったため、次に示す対策を実施した。



シールド断面概要図

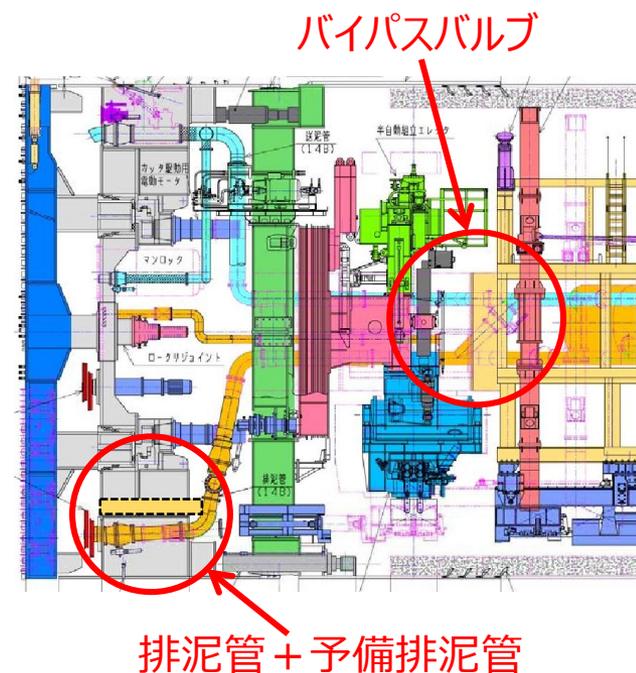
## ■トラブル事例 整理番号 1-7 ③トラブル発生時（対応内容）

### 【対応内容】

- 切羽圧の変動防止①：予備排泥管の使用、送排泥バイパスバルブの断続的な開放操作により切羽水圧の急激な変動を防止し、切羽の安定を図った。
- 切羽圧の変動防止②：排泥ポンプ圧力の変動を監視し、異常時は速やかにシールドを停止して、排泥管やポンプの閉塞物をこまめに回収することで急激な圧力変動を防止した。
- 泥水比重調整：泥水比重を高め周辺地盤への逸水防止を図った。
- 裏込め注入管理：裏込め注入量を増やし、圧力管理（切羽水圧 + 100kPa以上）を徹底して入念な注入を行った。
- 地表面測量・監視の強化：影響区間の測量、監視の頻度を増やし、シールド通過3ヶ月後までこれを継続した。

### 【恒久対策】

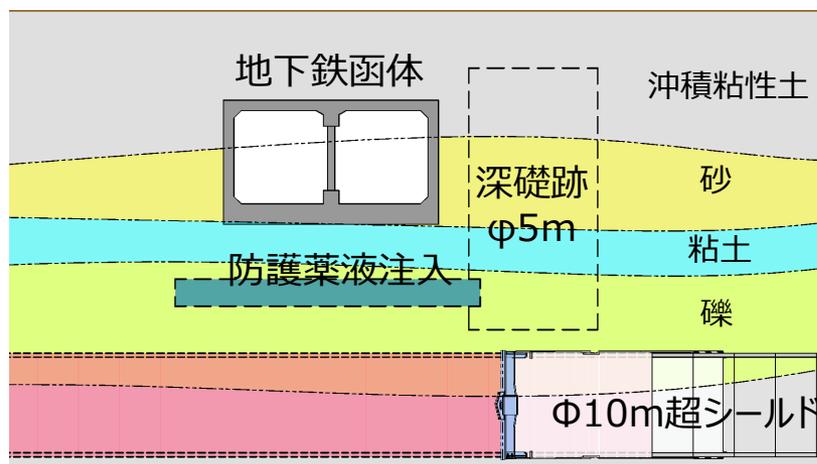
- 切羽圧の変動防止及び裏込め注入の入念な管理により、恒久対策の必要無し。



シールド機概要図

# ■トラブル事例 整理番号 1-10 ①トラブル概要

シールド工事概要	地表影響	トラブル発生状況
泥水式シールド シールド径 Φ10m～ 土被り 14m～34m 地質 砂・粘土・礫 (沖積・洪積層)	無し	既存地下鉄直下のシールド近接施工にあたり、地下鉄函体の側部にΦ5mの深礎による仮設立坑を設置して防護薬液注入が施工された。この仮設立坑は流動化処理土で埋め戻されていたが、シールドがこの直下を通過する際に地山崩壊探査装置の伸びが測定され、仮設立坑跡の地盤に緩みが確認された。 ※トラブル発生時期：2004年度



シールド縦断図 (地下鉄交差部)

# ■トラブル事例 整理番号 1-10 ②トラブル発生前、③発生時

## 【地盤調査状況】

- ボーリング調査は近傍で実施されており、地質状況は十分に把握できていた。

## 【トラブル発生時の状況】

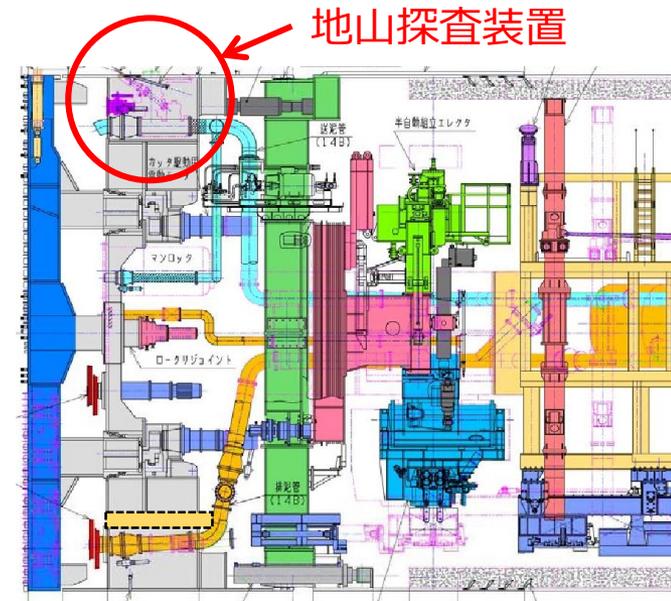
- シールドが深礎立坑跡の直下を通過する際に地山探査装置の伸びが測定され、シールド直上部の地盤に緩みが確認された。

## 【対応内容】

- 泥水比重調整：泥水比重を高め周辺地盤への逸水防止を図った。
- 地山探査：地山探査装置によりシールド機頂部の空隙の有無を全リング計測して、裏込め注入管理に反映した。
- 裏込め注入管理：地山探査装置の計測値に応じて、裏込め注入量を増やし、圧力管理と合わせて入念な注入を行った。
- 測量・監視の強化：地下鉄及び立坑跡周辺部の計測、監視の頻度を増やし、シールド通過3ヶ月後までこれを継続した。

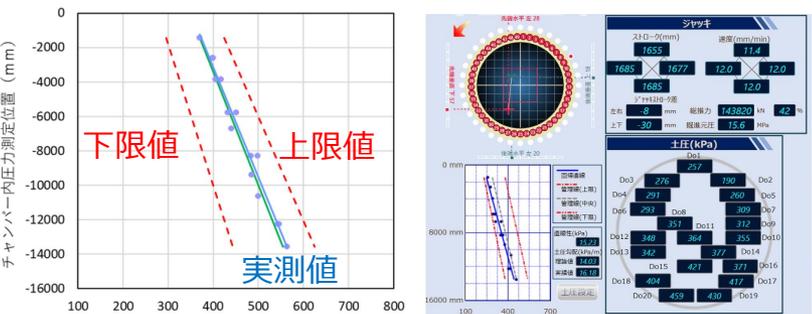
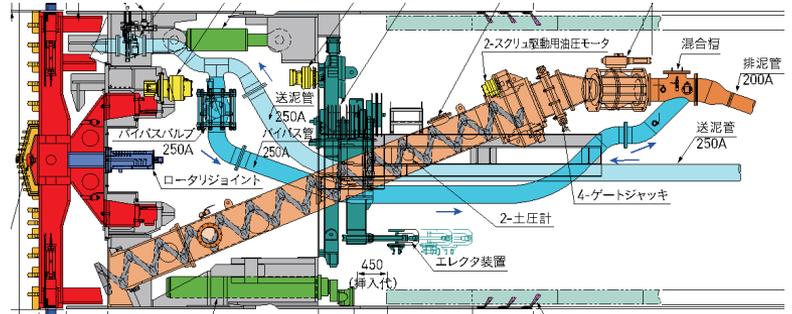
## 【恒久対策】

- 地山探査装置の計測と裏込め注入の入念な管理により、恒久対策の必要無し。

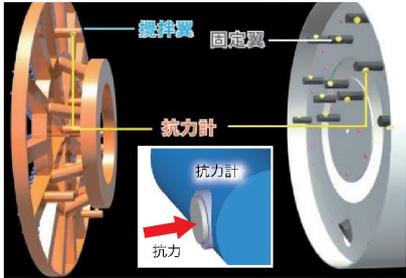
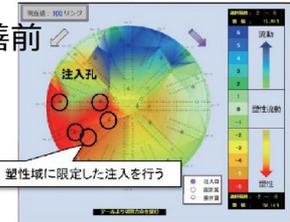
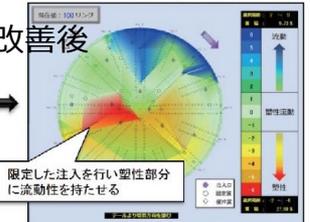


シールド機概要図

# ■その他 シールドトラブル防止のための改善策（1/4）

目的	対象	改善策・対応技術	内容・説明図等
切羽安定 圧力制御	泥水泥土 共通	<b>切羽圧リアルタイムモニタリング</b> 複数の切羽圧力計のデータを可視化して、理論圧力の上下限值以内であることや切羽圧勾配の直線性をリアルタイムで管理する	 <p>切羽圧勾配グラフの例</p> <p>管理モニターの例</p>
切羽安定 閉塞防止 逸水防止	泥水	<b>複合式シールド</b> 泥水式シールド工法で逸水や崩壊が懸念される地盤で、泥水式から泥土圧に変換できるシールド方式（スクリーコンベヤ装備）	 <p>複合式泥水式シールドの例</p>
切羽安定 閉塞防止	泥水泥土 共通	<b>カッター閉塞制御板</b> 巨礫や硬質粘土塊による閉塞が懸念される地盤において、カッターのスリット部に制御板（仕切り板）を設置することで取り込みを制御し、排泥管等の閉塞を防止する。	 <p>閉塞制御板の例</p>

# ■その他 シールドトラブル防止のための改善策（2/4）

目的	対象	改善策・対応技術	内容・説明図等
<p>切羽安定 圧力制御 塑性流動</p>	<p>泥土</p>	<p><b>塑性流動性モニタリング (抗力計)</b>                      チャンバー内の攪拌翼、固定翼に抗力計を配置することで、チャンバー内土砂の硬軟 = 塑性流動性をリアルタイムで判定し改善状態を確認するシステム</p>	<p>塑性流動化モニタリング 抗力計の配置例</p>  <p>改善前</p>  <p>改善後</p>  <p>塑性流動化管理モニターの例</p>
<p>切羽安定 圧力制御 塑性流動</p>	<p>泥土</p>	<p><b>特殊起泡剤</b>                      緻密化した気泡で砂礫地盤や高水圧にも適用できる特殊起泡剤</p>	<p>特殊起泡剤</p>  <p>起泡剤なし</p>  <p>特殊起泡剤混合</p>  <p>礫質土の起泡剤混合の例</p>

# ■その他 シールドトラブル防止のための改善策（3/4）

目的	対象	改善策・対応技術	内容・説明図等
切羽安定 崩壊探査	泥水泥土 共通	<b>電磁波レーダー地山探査装置</b> 電磁波レーダーでマシン外周部の余掘・空洞の大きさ測定し裏込め注入管理に反映	<div data-bbox="1108 239 1541 459"> <p>電磁波レーダー地山探査装置の概要</p> </div> <div data-bbox="1143 474 1317 494">シールド機スキンプレート</div> <div data-bbox="1136 516 1483 773"> <p>計測結果の例</p> </div>
切羽安定 崩壊探査	泥水泥土 共通	<b>超音波式地山探査装置</b> 超音波式計器でマシン外周部の余掘・空洞の大きさ測定し裏込め注入管理に反映	<div data-bbox="1066 816 1588 1068"> <p>超音波地山探査装置の概要</p> </div> <div data-bbox="1136 1110 1541 1330"> <p>計測機器の例</p> </div>

## ■その他 シールドトラブル防止のための改善策（4/4）

目的	対象	改善策・対応技術	内容・説明図等
<p>周辺環境 振動抑制</p>	<p>泥土</p>	<p><b>胴体注入によるシールド掘進時の振動防止</b> シールド機胴部より、ベントナイト溶液や高分子剤等の滑剤を連続的に注入充填することで、シールド掘進時に発生する摩擦による振動発生を抑制</p>	<div data-bbox="1151 282 1740 529" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1232 539 1682 576">シールド機胴体注入の概念図</p> <div data-bbox="1112 601 1750 1086" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="1126 1096 1808 1133">滑剤の摩擦抵抗低減効果の室内試験（例）</p>