

【トラブル事例：Kセグメントの拔出し】

1. 工事概要

- シールド工法 : 泥水式シールド
 シールド外径 : $\phi 10\text{m}$ ～
 施工延長 : 約 3km 付近 (トラブル発生箇所)
 土 被 り : 約 25m (トラブル発生箇所)
 地下水圧 : 約 0.3MPa (トラブル発生箇所、トンネル中心深度)
 土 質 : 細砂 (トラブル発生箇所)
 セグメント継手形式 : ボルトレス継手 (セグメント間 : コーンコネクター、リング間 SB 継手)

2. トラブル発生状況

- 発生時期 : 2018 年
- 平面 $R=895\text{m}$ 、縦断 $R=11,110\text{m}$ の複合曲線区間を施工中、 n リング目を半同時掘進組立し、掘進を完了後、残りの B セグメントを組むためにシールドジャッキを引き抜いたときに、 $n-1$ リング目の K セグメント (甲組・左上) が 10 mm ほど抜け出した。
- 幸いに、裏込め材が少し流入しただけで、土砂の流入はほとんどなかった。



3. トラブル発生原因

- 切羽圧や推力、テールグリス圧、裏込め注入圧に異常なし。
- 施工時荷重 (裏込め注入圧による軸力) に対する安全性は事前に確認済み。
 → 主な対策 : 挿入角度の緩和 (9.1 度→5.7 度)、リング間継手の増強 (M27 (10・9) × 2 本)
 緊急用に $\phi 38\text{-PC}$ 鋼棒による緊結治具を常備
- 前日の終わりから、まさに抜け出しが発生した上側と左側のテールクリアランスが小さくなっていった (通常 40~50 mm→トラブル時 26 mm) ことから、マシンとセグメントの競りによるセグメントリングの軸力増加が原因と推定。

4. トラブル対応

(1) 応急処置

- 直ちにシールドジャッキを再度押し付ける。
- PC 鋼棒で緊結して抜け出しを防止。
- その後、シールドジャッキを引き抜き、1595R 組立。
- 裏込め注入を実施 (→漏水も収束)。
- 翌日の掘進でシールド機の線形を修正し、クリアランスを確保。その後はトラブル無し。



(2) 再発防止対策

- ・油断せず、PC 鋼棒を必ず取り付ける。

(抜け出し防止の PC 鋼棒があったにもかかわらず、それまで一度も抜け出しが無かったため、油断して付けていなかった。)

- ・施工管理職員の再教育、テールクリアランス管理の再徹底。

職員がクリアランス管理を甘く見て、この程度なら大丈夫だろうと思い込んでいた。そのため、クリアランスが小さくなっているにも関わらず見逃し、その解消を行う掘進指示をしなかった。掘進指示書に固執せず（とくに夜勤）、少しでも競っている傾向があるなら直ちにシールド機の方
向修正を行うなど、臨機応変に対応する。

以上

トラブル事例①：急曲線施工時におけるテールブラシの反り返り

工事情報	<ul style="list-style-type: none"> シールド形式：泥水式 シールド外径：約 6.5m 土被り：約 40m
トラブル概要	急曲線区間 (R=30m) の掘進中に、テールブラシの反り返りが発生した。初期掘進時から発生していたシールドのバックリング現象と、当該区間において 50mm 縮径の鋼製セグメントを使用していたことが原因であると推測される。
対策	テール部に止水改良を行い、一部のセグメントを解体して、テールブラシの交換を行った。
得られた教訓	<ul style="list-style-type: none"> テールブラシは一度反り返ると止水性能を失い、裏込めや地下水の流入を容易に許してしまうため、掘進を停止して地盤改良等を行い、テールブラシを交換しなくてはならなくなることが多い。 縮径量が大きい場合はテールクリアランスに余裕ができて曲線施工が容易になるが、大きすぎると上記のようなトラブルにつながる。

トラブル事例②：テールグリス圧の不均等によるテールシール内への裏込め材の侵入

工事情報	<ul style="list-style-type: none"> シールド形式：泥水式 シールド外径：約 3.5m 土被り：約 30m
トラブル概要	8 系統あるテールグリスの注入管を元圧力で一括管理する方式を採用していたが、急曲線区間 (R=15m) で左右のテールブラシ内の容積およびテールグリス圧に大きな差異が生じ、テールグリス圧の低い箇所から裏込めが侵入した。
対策	<ul style="list-style-type: none"> シールド機テール内に上下左右 8 か所の圧力計を設置する。これにより、急曲線施工時のテールクリアランス偏りによる左右ブラシ室の圧力差が無いように管理する。 現状のグリスポンプに加え、更に 1 台増設する。2 台のポンプで注入することにより、即座にピンポイントで注入する事や、全体的な注入が可能となり、偏りなく注入する事が可能となる。
得られた教訓	高水圧下で急曲線施工（特に縮径セグメントを使用する場合）を行う際には、テールグリス圧の不均等が起りやすいため、事前にテールグリスの材料特性や注入圧の管理手法について十分に検討する必要がある。