

## 4. シールド工事に関するアンケート調査

### 4.1 要旨

本協議会では、倉敷市の事故に関する検討のほかに、全国のシールド工事現場でのトラブルやヒヤリハットの事例を収集し、シールドトンネルの設計・施工上の課題を抽出するために、シールドトンネルを施工する建設会社へアンケート調査を実施した。アンケート調査の結果から、複数の建設会社からいくつかの類似したトラブルやヒヤリハットの事例が確認されたため、再発防止に向けた検討を実施するにあたりアンケート結果の整理を行った。

### 4.2 シールド工事を行う建設会社からのアンケート調査による結果とりまとめ

#### (1) 調査の目的

全国のシールド工事現場でのトラブル等の発生事例やその対応例などをもとに、シールドトンネルの設計・施工のトラブル要因を整理し、シールドトンネルの設計・施工上の課題を抽出し、今後の改善点の検討に資するものである。

#### (2) 調査方法

シールド工事に関して、(一社)日本建設業連合会を通じてシールドトンネルを施工する建設会社に対して、これまでの事故やトラブル、事故につながるようなヒヤリハット、事故につながる危険性のある事柄について、幅広く自由記述によるアンケートを実施した。自由記述のなかで、問題意識が多くあった項目について詳細なアンケートを実施し、計 8 社から回答を得た。

#### (3) 調査結果

アンケート調査の結果から、複数の同様な内容の回答が得られたものと、少数意見ではあるが重要と思われるものを抽出して整理した。

#### ① 軸方向挿入型 K セグメントの抜出しについて

##### 1) 抜出し現象が発生している事例

- ・K セグメントのシールド切羽側（トンネル軸方向）への抜出し現象は、シールド掘進中に発生している事例もあるが、主にセグメント組立時に K セグメントを押さえていたシールドジャッキを緩めた時に発生している。
- ・K セグメントの抜出し現象は、引張剛性または締結力が小さいリング継手や、突合せ継手等の締結力が小さいセグメント継手を採用したセグメント等で発生した例が多い。そのほか、大深度・高水圧等の条件下で高い裏込め注入圧が必要な場合、大口径・幅広セグメント等で裏込め注入圧の受圧面積が大きい場合、セグメントリングの分割数が少なく K セグメントの挿入角度が大きい場合等の条件で K セグメントの抜出し現象が発生した例が見られる。

##### 2) 実施した抜出し防止対策の事例

###### ア. 施工段階における対策事例

- ・K セグメントを組立済みのリングに PC 鋼棒、レバブロック、ターンバックル等の治具とセグメントの把持金物を利用して固定する。
- ・セグメント継手面（K セグメントと B セグメント間）の摩擦力を増加させる。

- ・シールド掘進時には K セグメントをシールドジャッキで常に押せるジャッキ配置とする。
- ・独自に K セグメントの抜出しを防止するためのマニュアルを設けて対応する。

#### イ. 設計段階における対策事例

- ・セグメントのリング継手とセグメント継手の剛性、引抜き耐力および締結力を向上させる。
- ・K セグメントの挿入角度を低減する。

### ② コストを優先したセグメントの設計について

#### 1) 施工現場でリスク増大を感じさせる場面・事象事例

- ・類似実績工事と比較してセグメント厚さを薄くし、幅を広げたとき。
- ・厚さが薄いセグメントを使用し、施工時荷重によってセグメントに損傷が生じたとき。
- ・幅が広いセグメントを使用し、シールドテール部との競り等の施工時荷重の作用によってセグメントに損傷が生じたときや、トンネル坑内でセグメントの取回し時に隅角部の欠けが生じたとき。
- ・高水圧や過大な裏込め注入圧によって鋼製セグメントに変形が生じたとき。

#### 2) リスクを増大させる設計事例

- ・大深度、高水圧の設計条件で厚さが薄いセグメントを採用した。
- ・過剰な幅広セグメント（工事コスト縮減や施工速度増大等の理由から）を採用した。
- ・実績値を逸脱したセグメント（鉄筋量、幅、厚さ）を採用した。
- ・継手の評価や土質評価等の誤った判断、不適切な線形採用等の設計ミスが発生した。
- ・施工時に起こり得る条件や事象を設計で反映していない。

### ③ シールドトンネルの浮上りについて

#### 1) セグメントの「浮上り」が発生する現場条件

- ・東京湾横断道路（大断面、海底横断）と同様な大断面で小土被りのトンネル。
- ・大断面で比較的薄いセグメントを採用しているトンネル。
- ・海底横断、河川横過の中大口径のトンネル。
- ・泥水式シールドによって施工されるトンネル。

#### 2) セグメントの「浮上り」確認方策

- ・テールクリアランスの計測、掘進管理測量、坑内測量によって確認する。
- ・坑内のセグメント高さの計測・測量等によって確認する。
- ・同一セグメントにおいてセグメント組立後とテール通過後の高さの経時変化の計測によって確認する。

#### 3) 「浮上り」対策事例

- ・トンネル内に施工中インゴット（ウェイトとなる重量鋼材）を設置する。
- ・裏込め注入材の施工時期が遅れると、テールボイドに存在する泥水や地下水で浮力を受けることとなり、トンネル断面の重量が浮力より軽い場合はシールドトンネルがテールボイド内で浮上るため、これを防止するため同時裏込め注入を行う。

④ その他（アンケート回答にあった現場で発生したヒヤリハット）

- ・急曲線施工時において、テールとセグメントとの競りによってリング継手にせん断力が発生すること、ならびに、セグメント本体やセグメント継手に過大な曲げモーメントが発生して損傷したとき。裏込め注入材がテールブラシに固着した場合にはその影響は増大する。