

アンケート調査結果に基づくシールド設計・施工における注意事項

シールド工事現場でのトラブル事例やその対応についてのアンケート結果を踏まえて、シールドの設計・施工における注意事項を下記に取りまとめた。

① 軸方向挿入型 K セグメントの拔出し現象について

軸方向挿入型 K セグメントを採用する場合は、設計段階において拔出しの有無や対策について十分な検討を実施し、必要により K セグメント拔出し現象に対して抵抗力のあるセグメントの継手・形状寸法の採用などの措置を講ずること。また、施工中において、K セグメントの拔出しの兆候が認められる場合は、既存のセグメントリングに固定する等の対策を早急に講じること。

【解説】

軸方向挿入型 K セグメントは、トンネル内（半径方向）への K セグメントの拔出しを防止して安定したセグメントリングを構成することに寄与するが、組立直後からテール脱出までの間に K セグメントがシールド切羽側（トンネル軸方向）に拔出す現象が生じている施工事例がある。この現象は、締結力等の小さいリング継手やセグメント継手の構造を採用している場合、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、分割数が少なく K セグメントの挿入角度が大きい条件等で発生している。

このため、設計段階から K セグメントの拔出しの可能性の有無や対策について十分な検討を行い、拔出し現象に対して抵抗力のある継手の採用や K セグメントの挿入角度の低減など、適切な K セグメントの形状寸法や継手構造の選定などによって K セグメントの拔出しを防止するための配慮が必要である。施工段階では、K セグメントの挙動に注意し、拔出しの兆候が認められる場合には、組立て後におけるセグメントの把持金物を利用した治具（PC 鋼棒、レバースロック等）による K セグメントの固定や、掘進時における K セグメントへのジャッキ追従などの対策を実施することが必要である。

② コストを優先したセグメントの設計について

現場条件に応じたリスクを想定し、適切な安全性を有するトンネル設計を行うこと。特に、セグメントの設計はコストを優先することで安全性と品質を犠牲にすることがあってはならない。

【解説】

セグメントの形状・寸法および配筋は、一般に構造計算等で設計するが、施工時荷重の大きさや作用状態に不明確な点があることから、類似工事の実績も十分勘案して決定する必要がある。

特に、海底横断や河川横過での条件下において、万一事故が発生した場合には大量出水など大きな被害が発生することが考えられるとともに、大深度、高水圧など軸力が卓越する条件で薄いセグメントを採用する場合や、施工速度を増大させるために幅広セグメントを採用する場合などは、施工時荷重に対してリスクが増大することが考えられる。

このため、現場条件に応じたリスクを想定し、適切な安全性を有するトンネルの設計を行う必要があり、決して、コストを優先したセグメントの設計をして、トンネルの安全性・品質を犠牲とするようなことがあってはならない。

③ シールドトンネルの浮上りについて

設計段階では施工時および完成後のトンネルの浮上りに対する検討を行い、施工段階においては、トンネルの浮上りについての確認を常に怠らないこと。また、トンネルの浮上りが懸念される場合は、セグメントの継手や裏込め注入方法を適切に選定すること。

【解説】

海底横断、河川横過のトンネルなどの地下水位が高く、土被りが小さい場合などでは、施工時および完成後の浮力によるトンネルの浮上りが懸念されることから、適切な安全率を確保できるようにトンネルの浮上りに対する安定性を確認する必要がある。

特に、施工時においては、裏込め注入材の注入時期が遅れると、テール脱出後のセグメントリングがテールボイド内で浮上り、セグメント本体および継手部に過大な力が作用する場合がある。このため、設計段階から施工時のトンネルの浮上りに対する検討を行い、シールドの掘進と同時あるいは直後の裏込め注入の実施に努めるとともに、施工設備等の関係で早期の裏込め注入ができない場合には上記現象を十分考慮したうえで、セグメント本体および継手構造の設計を行う必要がある。また、施工段階においては、テールクリアランスの計測や坑内測量の結果などからトンネルの浮上りが生じていないかを確認し、浮上りによるリング間のずれなどトンネルの安全性に問題が生じないように留意することが重要である。

④ 急曲線施工について

急曲線施工ではセグメントとシールドテールとのせり、およびテールブラシへの裏込め注入材の固着を要因とする局所的な施工時荷重が作用することがある。このため、セグメント本体や継手の損傷を防止するため、設計・施工において十分な対策を講ずること。

【解説】

急曲線施工におけるセグメントには、シールドジャッキの片押しや、シールドテールでのせりなどにより、セグメントリングに大きな偏圧が作用するなど、一時的に大きな施工時荷重が作用することがある。特に、シールドテールとのせり、および、テールブラシへの裏込め注入材の固着による局所的な荷重や過度なセグメントの拘束力が発生する場合には、セグメント本体や継手部に損傷が生じている施工事例が多い。

このため、急曲線施工では以下に留意した設計・施工を実施することが必要である。

- ・セグメントは急曲線区間だけでなくその前後の区間においても大きな偏心荷重を受けることがあるため、急曲線区間を含む前後の一定区間においても適切なセグメントの構造・形式、幅・厚さなどの形状、および継手構造となるよう検討する。
- ・急曲線区間を有するシールドトンネルの施工にあたって、シールド機は、高い操作性ならびに適切なテールクリアランスを確保するとともに、シールド掘進時のシールドジャッキによるセグメントへの偏圧を防止するため、中折れ装置を検討するだけでなく、シールドジャッキのシリンダーの小型化や配置等を検討する。
- ・急曲線区間はシールド機とセグメントリングとのずれや変形により、テールブラシ内に裏込め注入材が侵入し、テールブラシ内で裏込め注入材が固結しないような工夫等を検討する。
- ・急曲線区間で外径を縮小した鋼製セグメントを用いる場合は、テールシール内での裏込め注入材の固着が生じやすくなり、急曲線区間通過後に通常の外径に戻した際の RC セグメントへの損傷が考えられるため、その対策を十分に検討する。

以上