

H25.2.5			
	平		

国土建第353号  
平成25年2月5日

一般社団法人日本トンネル専門工事業協会会長 殿

国土交通省土地・建設産業局建設業課長



シールドトンネル施工技術安全向上協議会における  
シールド設計・施工に関する注意事項について

昨年2月に倉敷市で発生したシールドトンネル工事現場での事故を受け、国土交通省として、シールドトンネルの設計・施工技術について、安全面等の向上を図るため「シールドトンネル施工技術安全向上協議会」を設置し、専門家による検討を進めているところです。

昨年7月23日には同協議会により「シールドトンネル設計・施工中の現場への注意事項が取りまとめられ、その内容について通知したところです。（平成24年7月27日付け国土建第157号）

さらに、シールド工事を行う建設会社へのアンケート調査から、設計・施工のトラブル要因を整理し、課題の抽出を行ってきたところです。

今般、同協議会において、「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」がとりまとめられ、2月5日付けで、大臣官房技術調査課長、総合政策局公共事業企画調整課長、港湾局技術企画課長及び航空局空港安全・保安対策課長より地方整備局企画部長等あて通知（別紙1参照）され、大臣官房技術調査課長より都道府県担当部長等あて参考送付（別紙2参照）されましたので、送付いたします。

貴会におかれては、貴会傘下の建設企業等に対し周知方お願いいたします。

(別紙 1)

国官技第 262 号  
国総公第 129 号  
国港技第 99 号  
国空安保第 559 号  
平成 25 年 2 月 5 日

各地方整備局企画部長 あて  
北海道開発局事業振興部長 あて  
各地方整備局港湾空港部長 あて  
北海道開発局港湾空港部長 あて

国土交通省 大臣官房 技術調査課長

総合政策局 公共事業企画調整課長

港湾局 技術企画課長

航空局 空港安全・保安対策課長

シールドトンネル施工技術安全向上協議会における  
シールド設計・施工に関する注意事項について

昨年 2 月に倉敷市で発生したシールドトンネル工事現場での事故を受け、国土交通省として、シールドトンネルの設計・施工技術について、安全面等の向上を図るため「シールドトンネル施工技術安全向上協議会」を設置し、専門家による検討を進めているところである。

昨年 7 月 23 日には同協議会により「シールドトンネル設計・施工中の現場への注意事項」が中間報告としてとりまとめられ、その内容について通知したところである。(平成 24 年 7 月 27 日付け国官技第 125 号、国総公第 59 号、国港技第 44 号、国空安保第 202 号)

さらに、シールド工事を行う建設会社へアンケート調査から、設計・施工のトラブル要因を整理し、課題の抽出を行ってきたところである。

今般、同協議会において、「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」がとりまとめられたので、別添のとおり通知する。設計・施工中のシールドトンネル事業においては安全性向上の観点からこれを参考とされたい。

(別添)

※別添資料は、下記 URL に掲載していますので、添付は省略いたします。

- ・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

国土交通省 HP 内

<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/250131kyougikai04.pdf>

【参考】

- ・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

国土交通省 HP 内

<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/250131kyougikai03.pdf>

(別紙2)

国官技第262号の2  
平成25年2月5日

都道府県等 担当部長等あて

国土交通省大臣官房技術調査課長

シールドトンネル施工技術安全向上協議会における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について

標記について、別添のとおり各地方整備局等に通知したので、参考までに送  
付する。



## 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、社団法人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、突合わ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、レバーブロック、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。

#### 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。
- ・ 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。

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、シールドマシンテール部とのせ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に反映していない。

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たトンネル。

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中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き上がるため、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せ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。

## 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、レバールック等）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定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】

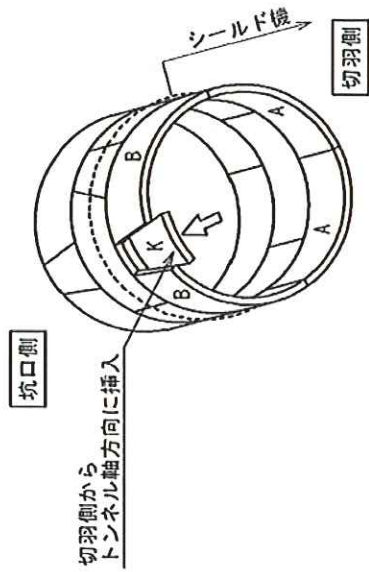
急曲線施工におけるセグメントには、シールドジャッキの片押しや、シールドテールでのせりなどにより、セグメントリングに大きな偏圧が作用するなど、一時的に大きな施工時荷重が作用することがある。特に、シールドテールとのせり、および、テールブラシへの裏込め注入材の固着による局所的な荷重や過度なセグメントの拘束力が発生する場合には、セグメント本体や継手部に損傷が生じている施工事例が多い。

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。

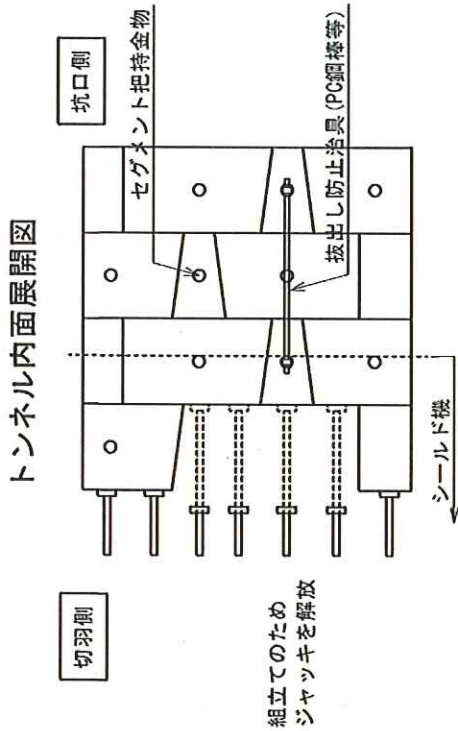
- ・セグメントは急曲線区間だけでなくその前後の区間においても大きな偏心荷重を受けることがあるため、急曲線区間を含む前後の一定区間においても適切なセグメントの構造・形式、幅・厚さなどの形状、および継手構造となるよう検討する。
- ・急曲線区間を有するシールドトンネルの施工にあたって、シールド機は、高い操作性ならびに適切なテールクリアランスを確保するとともに、シールド掘進時のシールドジャッキによるセグメントへの偏圧を防止するため、中折れ装置を検討するだけでなく、シールドジャッキのシリンダーの小型化や配置等を検討する。
- ・急曲線区間はシールド機とセグメントリングとのずれや変形により、テールブラ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

① 軸方向挿入型Kセグメント

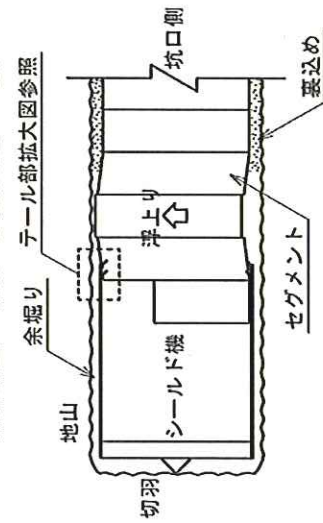


Kセグメント抜出し防止対策(事例)



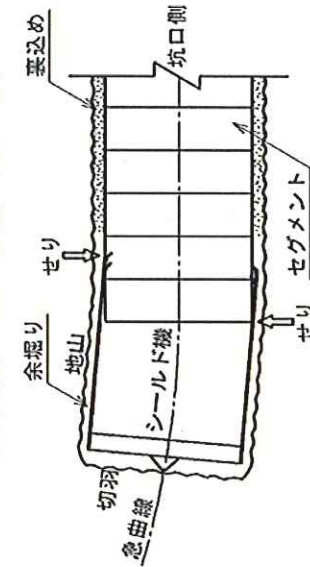
③ トンネルの浮上り

(縦断面：横から見たところ)

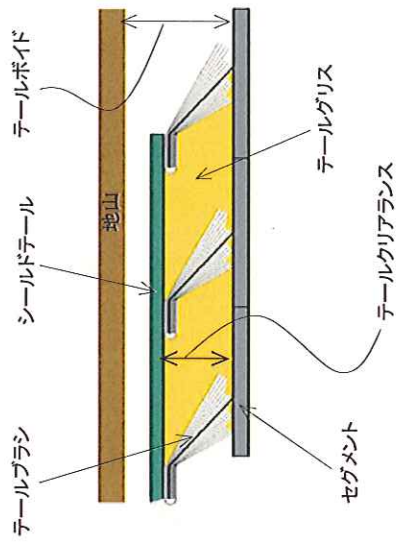


④ テールとセグメントのせり

(平面図：上から見たところ)



テール部拡大図



※本資料は、今回の注意事項を説明するためのイメージ図であり、挙動などの表現は極端に示しております。