

章	項目	ヒアリング等で確認した内容	これまでの議論
1. 総則	1-1. 目的	<ul style="list-style-type: none"> ・シールドトンネル工事の更なる安全性向上。 ・周辺地域の安全安心の向上。 	
	1-2. 適用範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・国交省が所管する事業分野におけるシールドトンネル工事への適用を想定。所管外の工事においても参考となると想定。 ・本書に無い事項は既往の技術図書(土木学会トンネル標準示方書等)を参照。 	
	1-3. リスクの想定と対応の考え方		<ul style="list-style-type: none"> ・掘削時に通常と異なる事象につながる可能性のある兆候を早期に認識するための対策について、これまでの事例を参考に確実に確認することが重要である。 ・排泥管が閉塞した場合など、掘削時に通常と異なる事象が発生した場合にとるべき施工の各段階(切羽の安定、掘削土の過剰な取込の確認、空隙の確認、グラウトなどの応急対策等)でとるべき対応策の留意点を明確にすることが必要である。 ・重大トラブルが発生した場合には、直ちにシールドマシンを停止し、必要に応じて、発生メカニズムを解明するとともに追加の地質調査を実施しそれを踏まえた必要な対策を検討するべきである。
2. 調査	2-1. 地質調査	<ul style="list-style-type: none"> ・当該砂質土層は、通常の状態ではN値50以上の極めて安定した層であるが、拘束圧が解放され地下水の浸透力を受けると流動性が高くなるおそれがある。地質調査結果ではN値50以上であることから、地山の崩落はないと誤認された可能性がある。(第1回鉄運機構ヒアリング) ・地山の塑性流動性、止水性の確保が困難等の地盤条件下で地表面陥没発生。(第1回NEXCO東日本ヒアリング) ・両事例では、シールド工事を原因として空洞が形成された砂質土層において、シールド直上でシールド幅内ではN値が大幅に低下した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工中に土質が変化した場合など、シールドの切羽の安定を確保するための対策や掘進する地盤の性状に適合した泥水式シールドでは泥水の土質と密度、泥土圧シールドでは添加材を改めて検討する観点が必要である。 ・再確認として、シールド工事にあたっては、事前に地盤の性状の把握・評価を実施し、その結果を施工段階に引き継いでいくことが重要である。
	2-2. 支障物件調査	<ul style="list-style-type: none"> ・予期せぬ支障物に接触しマシンが停止する事例が複数あり。(第2回アンケート結果) 	
	2-3. 水底の探査		
3. 設計	3-1. 覆工の設計		
	3-1-1. セグメントの形状寸法		
	(1)セグメントの本体と継手		
	(2)セグメントの形状・寸法		
	(3)セグメントの分割		
	(4) Kセグメント		
	(5) Kセグメントの挿入代		
	3-1-2. セグメントの構造細目		
	(1)RCセグメントの鉄筋量		
	(2)RCセグメントのシール溝		
	(3)シールドジャッキ偏心量の影響		
	(4)シールドの施工計画を考慮したセグメントの設計		
	(5)急曲線施工に対する対策		
	3-2. シールドマシンの設計		
	3-2-1. シールド形式の選定		<ul style="list-style-type: none"> ・地盤に応じたシールド形式を選定する必要がある。
	3-2-2. テールシール		
	3-2-3. スクリューコンベヤからの噴発防止		
3-2-4. 形状保持装置			
3-2-5. 電気設備、油圧設備			
3-2-6. シールドジャッキ			

章	項目	ヒアリング等で確認した内容	これまでの議論
4. 施工	4-1. 突合せ継手の使用		
	4-2. セグメントの組立とシールドジャッキ操作		
	4-3. 裏込め注入工		
	4-4. シールドトンネルの浮上り		
	4-5. 泥水・添加材の調整	・拘束圧が解放されると流動化しやすい地下水水位下の砂質土層に対し泥水密度が不十分であった(第1回鉄運機構ヒアリング) ・細粒分が少なく、均等係数が小さく、礫が卓越して介在する地盤で夜間休止時に掘削土の塑性流動性・止水性が低下。(第1回NEXCO東日本ヒアリング)	・施工中に土質が変化した場合など、シールドの切羽の安定を確保するための対策や掘進する地盤の性状に適合した泥水式シールドでは泥水の土質と密度、泥土圧シールドでは添加材を改めて検討する観点が必要である。(再掲) ・添加材の選定について、圧力が高くなる大土被りも含め、掘進を進める上で変化する条件に適応していくことが重要である。
	4-6. 切羽圧力の管理	・陥没事象の事後分析においてカッター回転不能時にチャンパー内の圧力勾配分布の乱れを確認。(第1・2回NEXCO東日本ヒアリング)	・チャンパー内の土砂の塑性流動性と止水性の確認について、客観的に評価できる手法を取り入れることが望ましい。
	4-7. 線形管理		
	4-8. テールグリスの管理		
	4-9. 排土量管理	・当初の掘削土量管理手法では過剰な土砂の取込みを認知できなかった。(第1回鉄運機構) ・一部の気泡材が回収できず掘削した地山重量を過小に評価し土砂を過剰に取込み。(第1回NEXCO東日本ヒアリング)	・過剰な土砂の取り込みを早期に感知できるような排土量管理が重要である。 ・排土量管理について、過剰な土砂の取り込みを各リングで掘削中に早期に感知するため、仮定を置きつつも、測定可能な項目の活用などにより、従来よりも短時間で排土量を評価する手法の可能性を検討することが重要である。 ・特に、掘進停止後に再開する場合に、継続的な掘進時よりも慎重に排土量を管理することが重要である。
	4-10. シールドの姿勢制御		
	4-11. マシン停止時の対策	・排泥管閉塞後の掘進・停止の繰り返しや閉塞物除去作業時にシールドマシン上部の砂質土層が泥水に長時間さらされるとともに閉塞に伴う圧力変動を受けることにより不安定化し、天端部より砂質土層が流動的に切羽内に流入し陥没事象が発生。(第1回鉄運機構ヒアリング) ・夜間停止後の再開時にカッター回転不能となる閉塞が発生し、その解除のために行った作業に起因して陥没事象が発生。(第1回NEXCO東日本ヒアリング) ・やむを得ずシールドマシンを停止する場合の保全措置(添加材の選定、チャンパー内攪拌、地盤改良体や屈曲部での停止の回避)。(第2回NEXCO東日本ヒアリング)	・シールドマシン停止前後で切羽の状況が変化する可能性があることから、掘進再開時の留意点を明確にすることが必要である。 ・シールドマシン掘進停止から再開にあたり、慎重な対応が必要であることを認識することが重要。
	4-12. 異常の兆候の早期感知と対応	・排泥管閉塞後の掘進・停止の繰り返しや閉塞物除去作業時にシールドマシン上部の砂質土層が泥水に長時間さらされるとともに閉塞に伴う圧力変動を受けることにより不安定化し、天端部より砂質土層が流動的に切羽内に流入し陥没事象が発生。(第1回鉄運機構ヒアリング)(再掲) ・夜間停止後の再開時にカッター回転不能となる閉塞が発生し、その解除のために行った作業に起因して陥没事象が発生。(第1回NEXCO東日本ヒアリング)(再掲)	・掘削時に通常と異なる事象につながる可能性のある兆候を早期に認識するための対策について、これまでの事例を参考に確実に確認することが重要である。(再掲) ・事故は突然発生するわけではない。異常の兆候を段階的に把握する施工管理システム(①地盤の性状、②切羽圧力の管理、③掘削土の過剰取込の監視、④空隙への認識・対策)があり、どこかに不具合があると事故が起きる。 ・排泥管が閉塞した場合など、掘削時に通常と異なる事象が発生した場合にとるべき対応策の留意点を明確にすることが必要である。(再掲)
	4-13. 避難		
5. 周辺環境への配慮	5-1. 周辺環境への影響のモニタリング	・地表面変位(水準測量、GNSS、合成開口レーダ)、振動・騒音をモニタリング。掘進後概ね1ヶ月程度まで周辺を巡回監視。(第2回NEXCO東日本ヒアリング) ・地表面変位(水準測量、人工衛星)、振動をモニタリング。掘削前後の期間徒歩による巡回監視、掘進完了区間もしばらく車両による巡回監視。(第2回JR東海ヒアリング)	・掘進に伴う地表面変位について、新技術の活用も含め、掘進前の段階から平面的にモニタリングしていくことが重要である。
	5-2. 騒音・振動対策	・スキンプレートと地山との間に滑材を充填(室内試験で抑制効果を確認)、状況に応じて掘進速度を調整。(第2回NEXCO東日本ヒアリング) ・実証実験等により振動の地中伝達の傾向を把握し必要に応じて対策を実施。(第2回JR東海ヒアリング) ・特に気にされる方に対し一時滞在先を提供。(第2回NEXCO東日本ヒアリング) ・特に気にされる方へは個別に対応。(第2回JR東海ヒアリング)	・掘進時の振動について、建築物の基礎を通じて伝播するなど、条件により伝わり方が異なる可能性があることにも留意が必要である。 ・騒音、振動は、感じ方の個人差が大きく測定値が法的に問題なくても、人によっては感知し問題となる場合もあるため、計測はしつつも現場ごとの丁寧な対応が必要。
	5-3. 情報提供	・HPや現場付近の掲示板を活用し、掘進状況、計測結果をお知らせ。マシン直上付近で振動、騒音の値をお知らせ。施工データの適切な公表。(第2回NEXCO東日本ヒアリング) ・説明会に加え、地元で説明する場を設定。工事お知らせチラシの配布。工事の進捗状況をHPに掲載。(第2回JR東海ヒアリング) ・緊急時の対応をまとめた「トンネル工事の安全・安心確保の取組」パンフによりお知らせ。(第2回NEXCO東日本ヒアリング)	
	5-4. トラブル時の対応	・陥没事象発生後、速やかな応急措置、影響範囲の調査などを実施。人的被害、近隣家屋の被害はなし。(第1回鉄運機構ヒアリング) ・陥没事象発生後、速やかな応急措置、影響範囲の調査、住民説明会、家屋補償等に関する相談窓口の設置などを実施。(第1回NEXCO東日本ヒアリング)	
6. その他の配慮事項	6-1. 不確実性への配慮		・地表面陥没等の異常が発生した付近で、シールドを掘進する場合は、同じ事故を引き起こさないよう追加の地盤調査や監視及び対策の体制を強化するなど細心の注意を払うことが必要である。
	6-2. 記録		・再確認として、シールド工事にあたっては、事前に地盤の性状の把握・評価を実施し、その結果を施工段階に引き継いでいくことが重要である。(再掲)
	6-3. 新技術の活用		・掘進に伴う地表面変位について、新技術の活用も含め、掘進前の段階から平面的にモニタリングしていくことが重要である。(再掲)