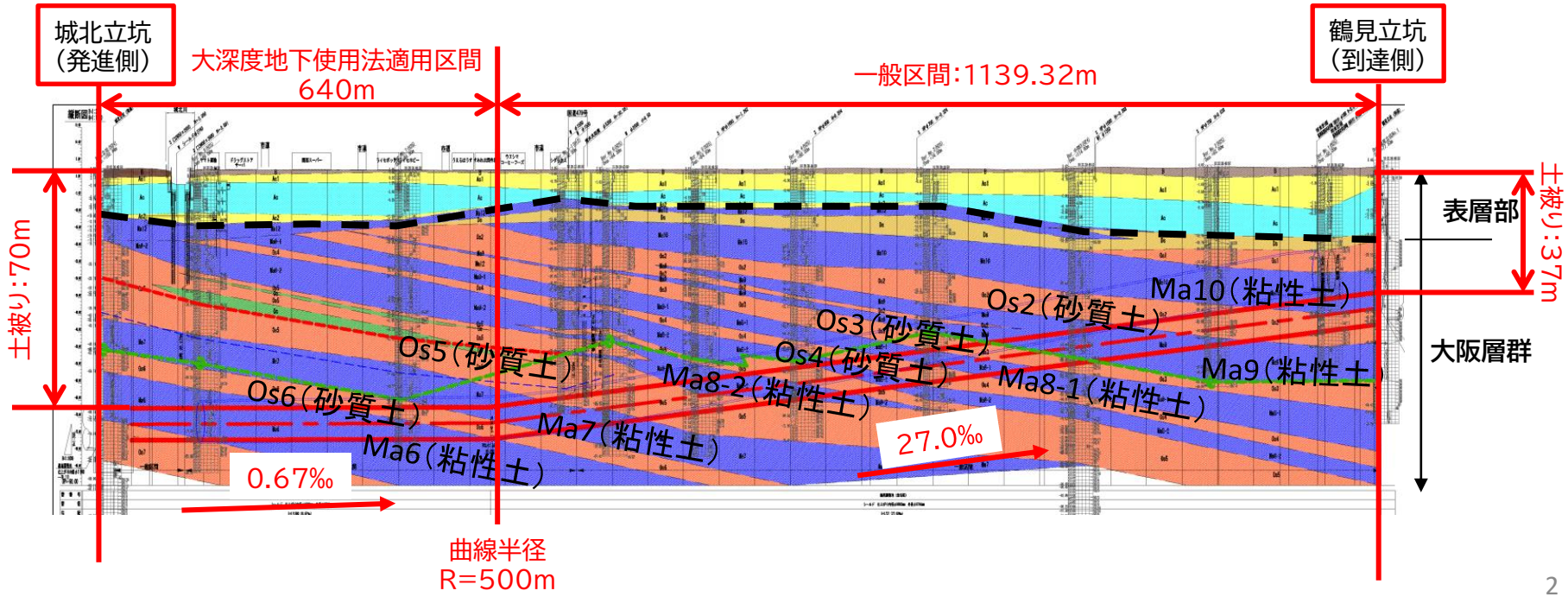


令和6年度 第1回 大阪府河川構造物等審議会

「シールドトンネル工事の安全・安心な
施工に関するガイドライン」を踏まえた
施工計画について

1. 工事概要

平面図・縦断図



1. 工事概要

工事工程および審議会スケジュールと審議事項

	令和6年度				令和7年度				令和8年度				令和9年度				令和10年度				令和11年度				令和12年度																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
河川構造物等審議会	第1回 諮問 (施工計画) ★				第2回				第3回 答申 (施工計画) ★				発進基地引渡																												
家屋調査					事前家屋調査																				事後家屋調査																
一次覆工																																									
・セグメント製作	調査 →				セグメント製作																																				
・シールド機製作・組立・解体	調査 →				シールド製作				現地組立								解体																								
・掘進工									施工計画 →				初期掘進 本掘進																												
仮設備工					防音設備他				仮設備工				段取替												撤去																
補助地盤改良工																	凍結工																								
到達部接続工																									到達部接続工																

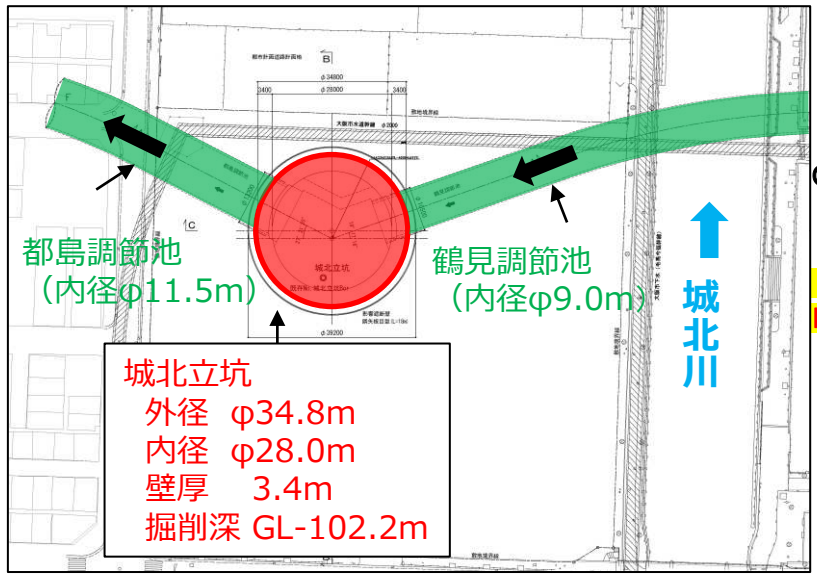
	第1回(令和6年7月3日)	第2回(令和7年2月頃想定)	第3回(令和7年8月頃想定)
審議事項	1 調査 2-1 覆工(セグメント)の設計 ・セグメント仕様決定 2-2 シールドの設計 ・シールドマシン形式、仕様決定	4 周辺の生活環境への配慮 ・家屋調査実施範囲 ・計測計画(地盤変状等)	3 施工 ・シールド施工計画 4 周辺の生活環境への配慮 ・騒音・振動対策 ・住民対応計画

※工程は関係機関協議等により前後する可能性がある。

1. 工事概要

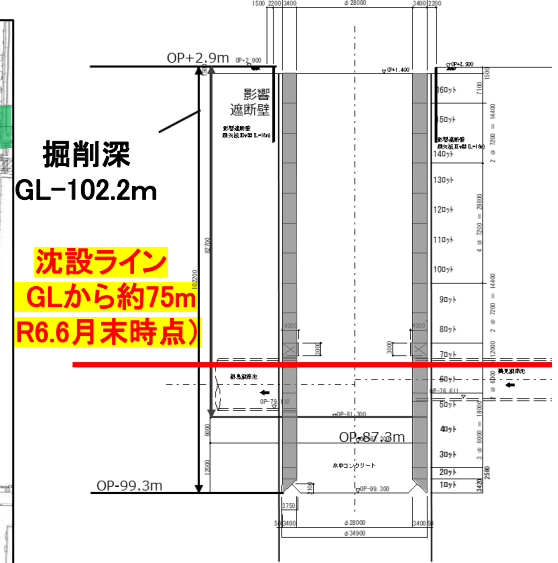
城北立坑の進捗状況

平面図



※ 黒矢印は水の流れを示す

進捗状況



※自動化オープンケーソン工法で施工
※16ロット中14ロット目を施工中

現場状況



⇒シールド通過層の掘削残土は、
サンプリングのうえ、地質調査結果との
比較を行い、設計や施工に活用。

工程表

年度	R6年度										R7年度									
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
ケーソン躯体構築	14ロット		15ロット			16ロット														
掘削・圧入		14ロット		15ロット					16ロット											
水中コンクリート													[Bar]							
底版コンクリート																[Bar]				
後片付け																				[Bar]

引渡し

2. シールドトンネル工事ガイドライン検討事項

審議事項

第1回審議会審議事項

本日の審議対象

- ① 覆工の設計 ・ セグメント仕様の決定
- ② シールドの設計 ・ シールドマシン形式、仕様の決定

第2回審議会審議事項

- ① 周辺の生活環境への配慮 ・ 家屋調査実施範囲の決定
- ・ 計測計画(地盤変状等)の決定

第3回審議会審議事項

- ① 施工 ・ シールド施工計画の決定
- ② 周辺の生活環境への配慮 ・ 騒音、振動対策の決定
- ・ 住民対応計画の決定

2. シールドトンネル工事ガイドライン検討事項

ガイドラインの審議項目

ガイドラインの審議項目のうち、第1回審議会項目は
 2. 調査(2-1 地質調査)および3. 設計(3-1 覆工の設計、3-2 シールドの設計)

※ ガイドライン1. は総則

項目		検討事項	審議時期
2 ・ 調 査	2-1 地質調査	・発注者が行った調査内容の確認、施工に必要な場合はさらに照査調査等を行う。	第1回 [p.11~13]
	2-2 支障物の調査	・発注者が行った調査内容の確認、施工に必要な場合はさらに照査調査等を行う。	第3回 予定
3 ・ 設 計	3-1 覆工の設計	構造耐力等を満足するセグメントを設計し、工事に使用するセグメントの選定を行う。	
	3-1-1セグメントの形状・寸法		
	(1)セグメントの形状・寸法	・形状・寸法等の検討	第1回 [p.15]
	(2)セグメントの分割	・分割等の検討	第1回 [p.15]
	(3)Kセグメント	・形状(挿入角度、継手角度) ・Kセグメント抜き出し防止対策の計画 - 抜き出し力の照査(滑剤の塗布等の影響を考慮)	第1回 [p.15、p.26]
	(4)Kセグメントの挿入代	・挿入代	第1回 [p.15]

2. シールドトンネル工事ガイドライン検討事項

ガイドラインの審議項目

項目		検討事項	審議時期
3 ・ 設計	3-1-2 セグメントの構造等		
	(1)セグメントの本体と継手	<ul style="list-style-type: none"> ・構造計算の実施 <ul style="list-style-type: none"> - 土圧、水圧、内水圧、地震時荷重を考慮 - 大深度区間においては建物荷重を考慮 - 淀川左岸線延伸部の併設による影響を考慮 ・施工時荷重を考慮した構造計算の実施 <ul style="list-style-type: none"> - テールグリス圧 - 裏込め注入圧/裏込め注入位置 - ジャッキ推力 <p style="text-align: right;">など</p>	第1回 [p.16～26]
	(2)RCセグメントの鉄筋量	・本工事では嵌合方式合成セグメントを使用するため該当しない	—
	(3)RCセグメントのシール溝	・本工事では嵌合方式合成セグメントを使用するため該当しない	—
	(4)シールドジャッキ偏心量の影響	・テールクリアランスの影響を考慮した安全性の検討	第1回 [p.24]
	(5)シールドの施工計画を考慮したセグメントの設計	・施工計画を考慮し、ジャッキ推力、裏込め注入による影響を考慮したセグメント設計を実施する	第1回 [p.23]
	(6)急曲線施工に対する対策	<ul style="list-style-type: none"> ・急曲線区間の局所的な施工時荷重を考慮したセグメント設計を実施する <ul style="list-style-type: none"> - シールドテールとの競り - テールブラシへの裏込め注入材の浸入、固結 	第1回 [p.22～23、25]

2. シールドトンネル工事ガイドライン検討事項

ガイドラインの審議項目

項目		検討事項	審議時期
3 ・ 設 計	3-2 シールドの設計	施工条件等を満足するシールド形式、シールドマシンを設計し、工事に使用するシールド形式、シールドマシンの選定を行う。	
	3-2-1 シールド形式の選定	<ul style="list-style-type: none"> ・安全で施工性に優れたシールド形式の選定 (掘削地盤、地下水圧、施工条件を考慮) ・適切な管理のための計器の装備 (切羽水圧計、流量計、泥水水圧計、密度計、ジャッキストローク計、速度計、油圧計、ガス探知器) 	第1回 [p.29~31]
	3-2-2 テールシール	<ul style="list-style-type: none"> ・テールシール構造 - シール段数、テールスキンプレート長 ・テールグリス材とテールグリス圧の確保方法 	第1回 [p.37]
	3-2-3 スクリューコンベヤー	・本工事では泥水式を採用するため該当しない	—
	3-2-4 形状保持装置	・形状保持装置の検討	第1回 [p.38]
	3-2-5 電気設備、油圧設備	・緊急時にも問題が生じない電機設備、油圧設備の計画	第1回 [p.39]
	3-2-6 シールドジャッキ	・ジャッキロッドの変形に対する安全性の検討	第1回 [p.40]

2. シールドトンネル工事ガイドライン検討事項

ガイドラインの審議項目

項目		検討事項	審議時期
4 ・ 施 工		契約書、仕様書等の内容を踏まえ、施工に必要な検討及び具体的な対策、管理方法等を決定する。 施工計画を作成のうえ対策を実施する。	
	4-1 泥水・添加材の調整と管理	・泥水品質管理計画	第3回予定
	4-2 切羽圧力の管理	・切羽圧力管理計画	第3回予定
	4-3 排土量管理	・排土量管理計画	第3回予定
	4-4 裏込め注入工	・裏込め注入管理計画	第3回予定
	4-5 線形管理	・線形管理計画	第3回予定
	4-6 シールドの姿勢制御	・クリアランス管理計画	第3回予定
	4-7 シールドトンネルの浮き上がり	・テールボイド内のセグメントリングの浮き上がり確認	第3回予定
	4-8 突合せ継手の使用	・本工事では嵌合式合成セグメントを採用のため該当しない	—
	4-9 セグメントの組立とシールドジャッキ操作	・セグメント組立時のシールドジャッキの解放パターンの検討	第3回予定
4-10 テールグリスの管理	・テールグリス量、圧力管理	第3回予定	

2. シールドトンネル工事ガイドライン検討事項

ガイドラインの審議項目

項目		検討事項	審議時期
4 ・ 施 工	4-11 掘進停止時の対策	・長期停止せざるを得ない状況となった場合に備えた対策	第3回予定
	4-12 異常の兆候の早期感知と迅速な対応	・トラブルの早期感知と対応方法をルール化した施工計画	第3回予定
	4-13 シールドトンネル内の作業従事者の避難	・作業従事者の避難基準	第3回予定
5 ・ 周 辺 の 生 活 環 境 へ の 配 慮		契約書、仕様書等の内容を踏まえ、施工に必要な検討及び具体的な対策を決定する。 施工計画を作成のうえ対策を実施する。	
	5-1 周辺の生活環境への影響のモニタリング	・家屋調査の実施範囲 ・地表面モニタリング ・地下水位計測 ・騒音・振動計測	第2回予定
	5-2 騒音・振動対策	・発進基地の防音ハウス計画 ・掘進時の騒音・振動低減策	第3回予定
	5-3 情報提供	・住民等への情報提供計画	第3回予定
	5-4 トラブル時の住民等への対応	・ //	第3回予定
6 ・ 配 慮 事 項 の 他	6-1 記録及びその活用	・各種データのとりまとめ、保管方法	第3回予定
	6-2 新技術の活用	・新技術の活用	第3回予定

3. 調査(地質調査)について

地質調査の確認内容

参考資料1 10～16頁参照
(土質定数の設定/設計荷重の設定)

【ガイドライン記載内容】

シールドトンネル工事の地質調査は、掘進対象地盤の地質状況及びその変化を把握するため、地形・地歴等を考慮した上で適切な計画のもとにボーリング調査等を実施すること。

また、地下水の状況及びその変化、可燃性ガスの状況等の必要な調査を実施すること。

注意すべき地質の分布範囲・性状等が不確実なことによる地質リスクに関する情報は、設計及び施工に確実に引き継ぐこと。

1.地質調査結果の引継ぎ

- ・ 工事区間(L=1.7km)における、約170m間隔、12箇所^①の土質調査結果
- ・ 地下水質の調査結果
- ・ 施工時の爆発事故の原因となるメタンガスについての調査結果

※ 土質調査内容

<原位置試験>

- ・ 標準貫入試験
- ・ 孔内水平載荷試験
- ・ 現場透水試験
- ・ 可燃性ガス試験

<室内試験>

- ・ 溶存ガス分析、遊離ガス分析、水質分析
- ・ 室内土質試験
(密度試験、含水比試験、粒度試験、液性・塑性限界試験、
湿潤密度試験、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、圧密試験)

2.設計条件の確認

- ・ ボーリングデータより算出した土質定数を設計に反映
- ・ 地下水位観測データ及びセグメント計算採用ボーリングデータ水位を設計に反映

受注者に以下の地質調査結果を引き継ぎ、設計照査書において、適正に照査が行われていることを確認。

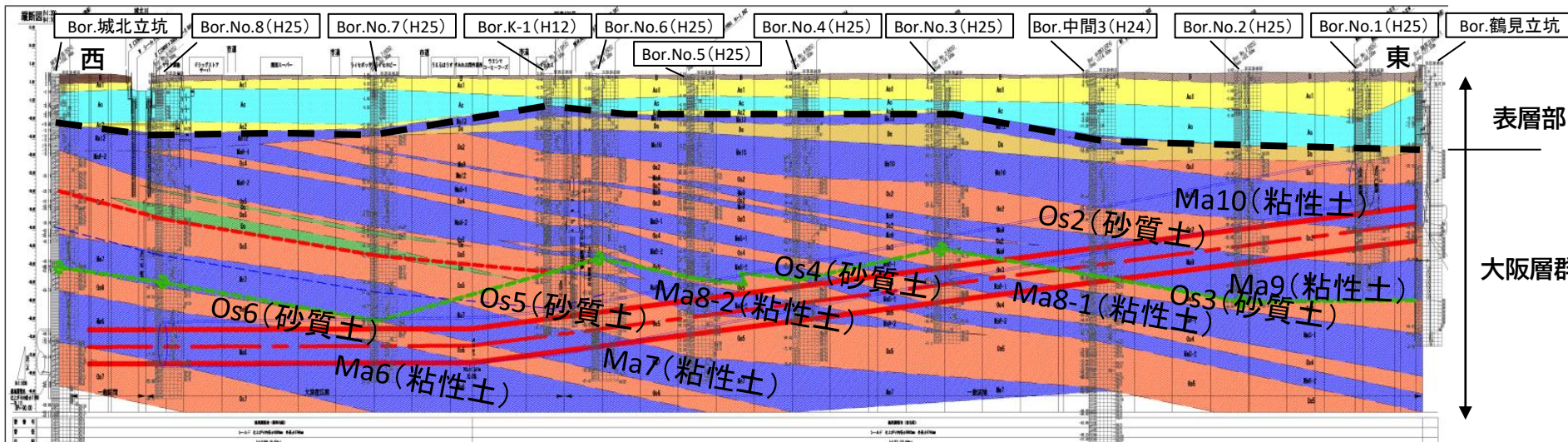
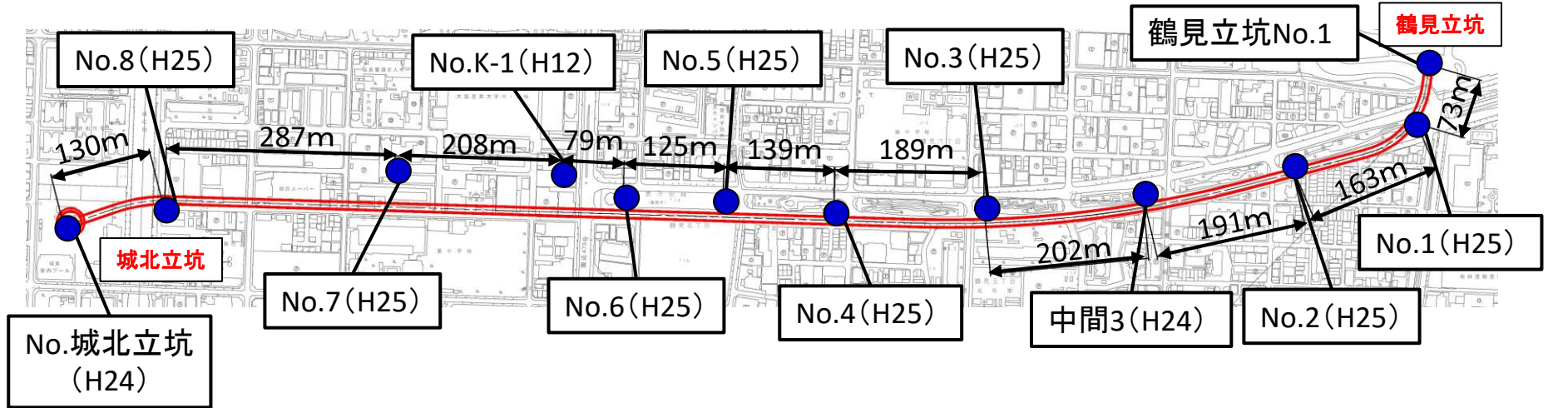
- ①工事区間(L=1.7km)における、約170m間隔、12箇所^①の土質調査結果
- ②シールド通過層は互層であること。各層の地下水位および被圧水頭、地下水質の調査結果
- ③施工時の爆発事故の原因となるメタンガスについての調査結果



3. 調査(地質調査)について

地質調査の確認

参考資料1 10~16頁参照
(土質定数の設定/設計荷重の設定)

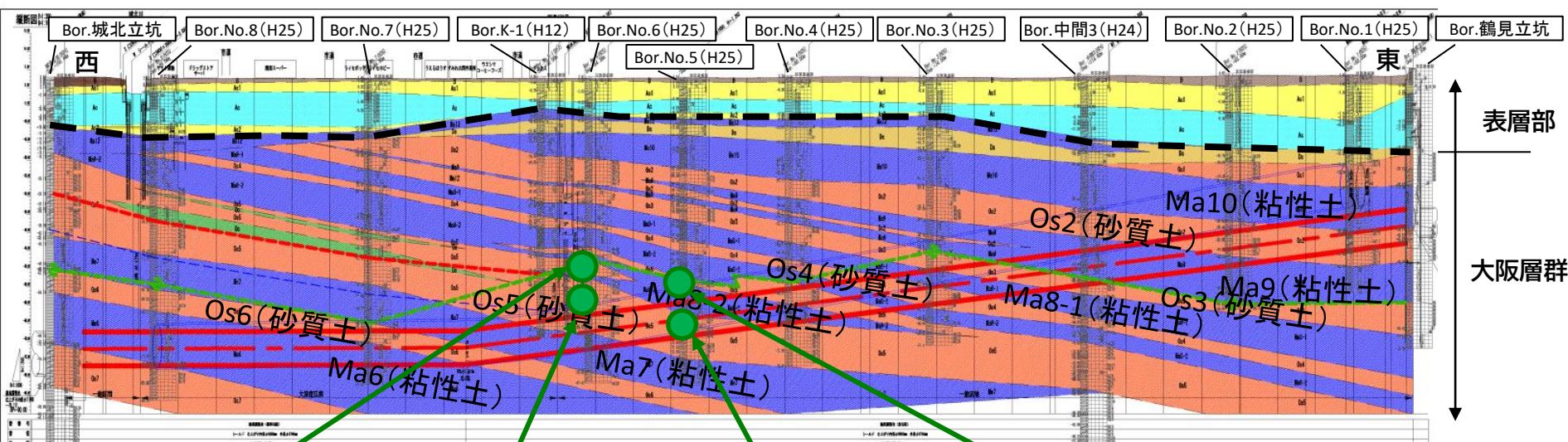


土質調査結果から土質定数および水圧が適正に設定され、工事に使用するセグメントやシールド機の構造設計に反映していることを確認。

3. 調査(地質調査)について

地質調査の確認

メタンガス対応について



Os5層(GL-47.5~48.0m) メタン4ppm(0.0004%) (遊離ガス)	Os5層(GL-56.5~57.5m) メタン5ppm(0.0005%) (遊離ガス)	Os5層(GL-66.3~67.0m) メタン13ppm(0.0013%) (遊離ガス)	Os5層(GL-56.2~57.0m) 2ppm(0.0002%) (遊離ガス)	※1ppm=0.0001%
---	---	--	--	---------------

大阪市可燃性ガス対策技術基準

- ① 管理基準濃度 (I) … 検出濃度 5%以上
- ② 管理基準濃度 (II) … 検出濃度 1.5%以上 5%未満
- ③ 管理基準濃度 (III) … 検出濃度 1.5%未満 0.5%以上

可燃性ガスの検出濃度は0.0002~0.0013%であり、
管理基準濃度未満

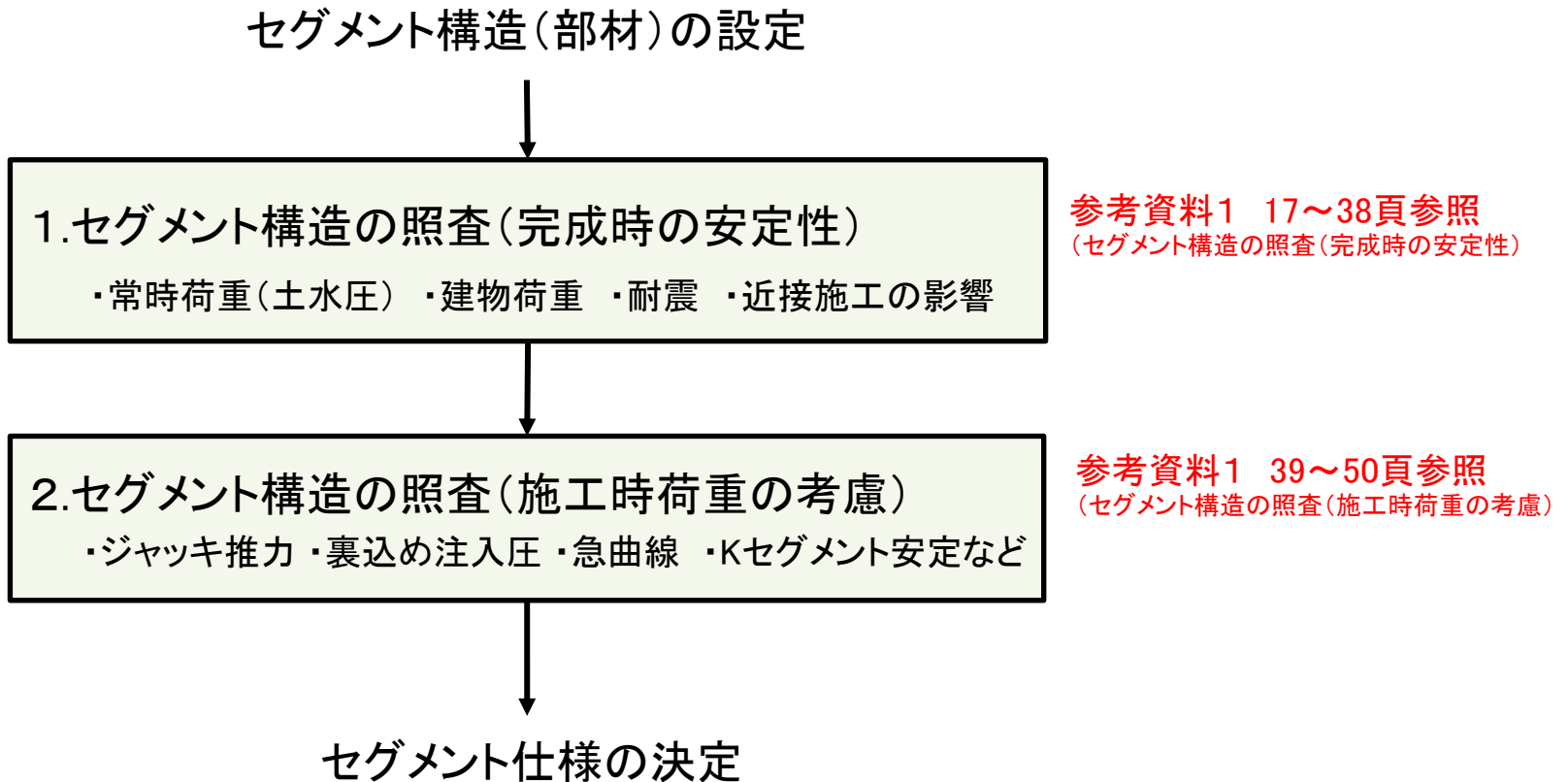
受注者から、メタンガスについては、通常の換気設備で十分拡散される程度のものであると考えるため、
防爆対応は不要と判断している旨の報告を受けた。

4. 覆工設計について

① 覆工設計のフロー

【ガイドライン記載内容】

セグメントの形状・寸法の決定にあたっては、構造計算のほか、類似工事等の実績も参考にして検討すること。セグメントの分割は、リングとしての構造的な安定性、製作性、施工性のほかに、Kセグメントの安定性に配慮して決定すること。



4. 覆工設計について

参考資料1 2～9頁参照
(セグメント構造図)

②セグメントの形状寸法

項目	大阪府発注時 セグメント形状寸法・仕様		工事に使用するセグメント形状寸法・仕様	
セグメント径	外径φ10,000mm、内径φ9000mm		外径φ10,000mm、内径φ9000mm	
セグメント高さ(厚さ)	500mm(外径比=5.0%) (外径比=セグメント高さ/セグメント外径)		500mm(外径比=5.0%) (外径比=セグメント高さ/セグメント外径)	
セグメント幅	1800mm		1800mm	
セグメントリングの分割	8分割		8分割	
Kセグメント	挿入方向	軸方向	挿入方向	軸方向
	挿入角度	8度	挿入角度	8度
	継手角度	無し	継手角度	無し
	挿入代	600mm	挿入代	600mm
セグメント種別	合成セグメント(嵌合式継手) (特殊型鋼+鉄筋・無筋コンクリート)		合成セグメント(嵌合式継手) (特殊型鋼+鉄筋・無筋コンクリート)	

→ セグメントの形状・寸法等は、設計照査書において、土質条件、土被り等の荷重条件等が適切に設定され、地震時荷重の構造耐力を満足し、製作性、施工性およびKセグメントの安定性照査結果をもとに決定されていることを確認。

4. 覆工設計について

③セグメント構造の設定

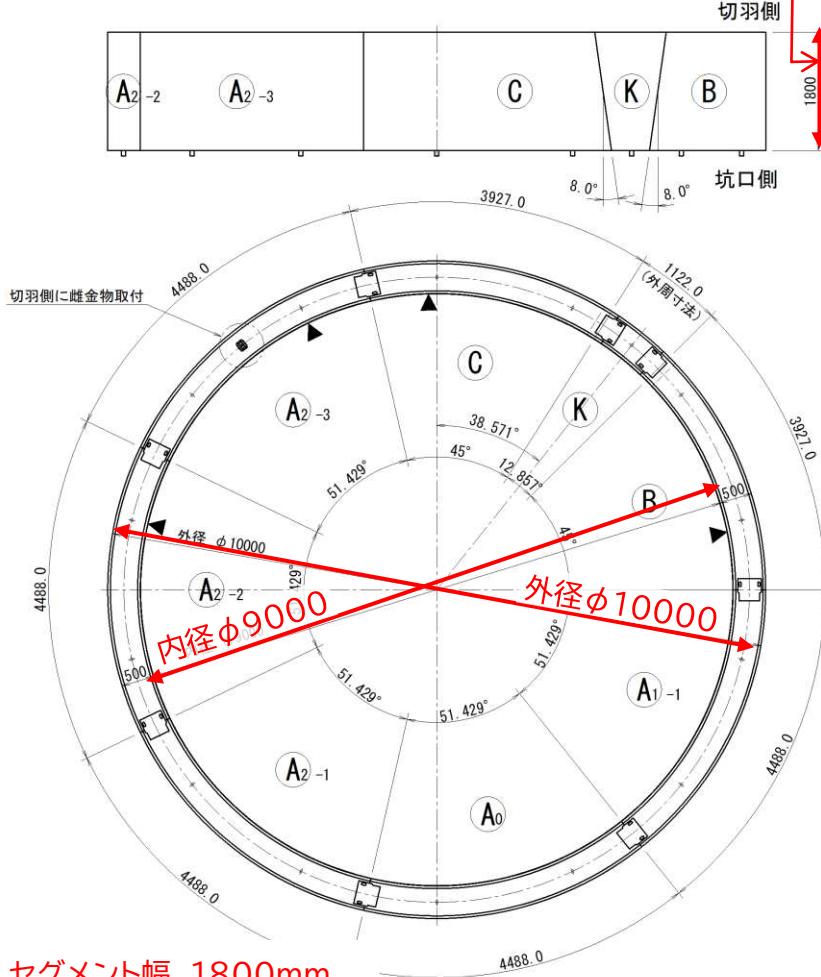
参考資料1 2~9頁参照
(セグメント構造図)

合成セグメント構造図 Aタイプ(1)

外径φ10000 (内径φ9000) × (鋼製桁495+防食代5) × 幅1800 フランジ40 × 165
(大深度区間用)

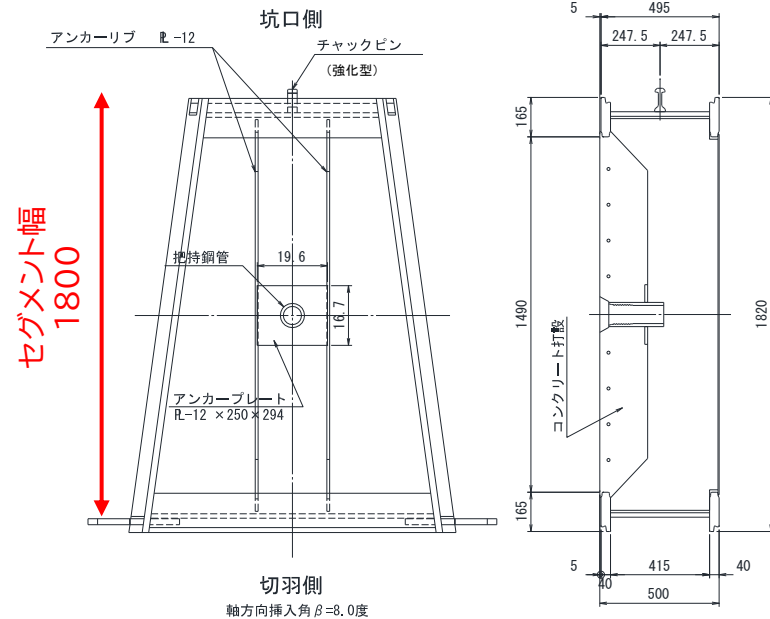
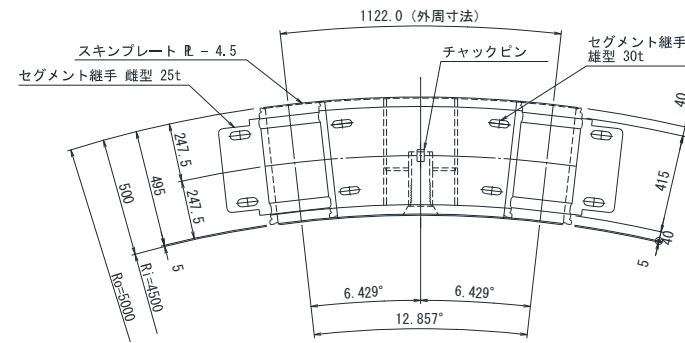
セグメント配置図

セグメント幅
1800



セグメント幅 1800mm
分割数 8分割

K型セグメント S=1/15



4. 覆工設計について

④セグメント構造の照査(完成時の安定性)

参考資料1 10～38頁参照
(土質定数・設計荷重の設定/セグメント構造の照査)

【ガイドライン記載内容】

3-1-2セグメントの構造等(1)セグメントの本体と継手

セグメントの本体と継手は、完成時の安全性の確認はもとより、施工状況を考慮した設計を行い、万一の場合にも重大なトラブルや事故につながらないように安全性の確保に配慮すること。

荷重条件と照査の組み合わせ

条件		①大深度区間	②一般緩み区間	③一般全土圧区間	ケース	管内の状態	土圧		地下水位		内水圧	自重	地盤反力	
		土被り:大 土質:硬質地盤	土被り:大 土質:硬質地盤	土被り:中 土質:中位地盤			大	小	最高	最低				
土圧の考え方		土水分離						1	空水の状態	○		○	○	○
鉛直土圧	土圧大	緩み土圧と最低土圧の大きい値 最低土圧:1D	緩み土圧と最低土圧の大きい値 最低土圧:1.5D	全土圧		2	空水の状態	○			○		○	○
	土圧小	0.175D	0.175D	0.175D		3	満水の状態	○			○	○	○	○
内水圧		平常時・異常時共に城北立坑部の地盤高 OP+2.9m(路線内の最低地盤高)						4	満水の状態		○	○	○	○
外水圧	最高地下水位	観測水位と地表面水位の最高値 OP+2.3m												
	最低地下水位	観測水位と地表面水位の最低値 OP-4.06m												
建物荷重		考慮する	考慮しない	考慮しない										
上載荷重		緩み土圧で考慮されている	緩み土圧で考慮されている	10KN/m2										
水平土圧		鉛直方向土圧に側方土圧係数を乗じる												

※準拠図書:「地下河川(シールドトンネル)内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引きH11.3(先端建設技術センター)」、
「下水道施設の耐震対策指針と解説2014(日本下水道協会)」「下水道施設耐震計算例-管路施設編-2015(日本下水道協会)」、
「大深度地下使用技術指針・同解説H30.3(国土交通省)」

※本表は、令和4年度第1回大阪府河川構造物等審議会資料より抜粋

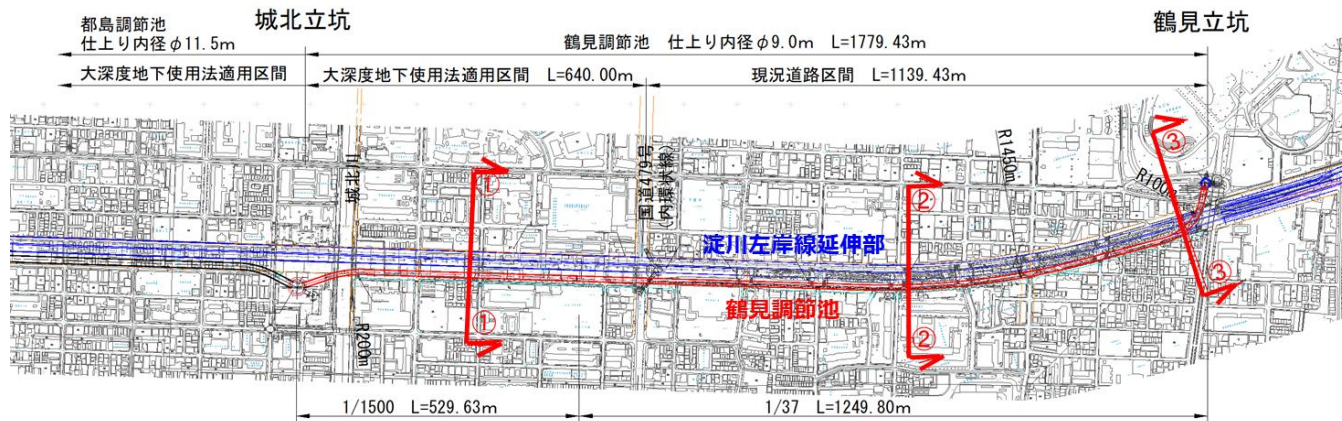
4. 覆工設計について

④セグメント構造の照査(完成時の安定性)

荷重条件
(淀川左岸線延伸部)

参考資料1 23~28頁参照
セグメント構造の照査(淀川左岸線延伸部の影響検討)

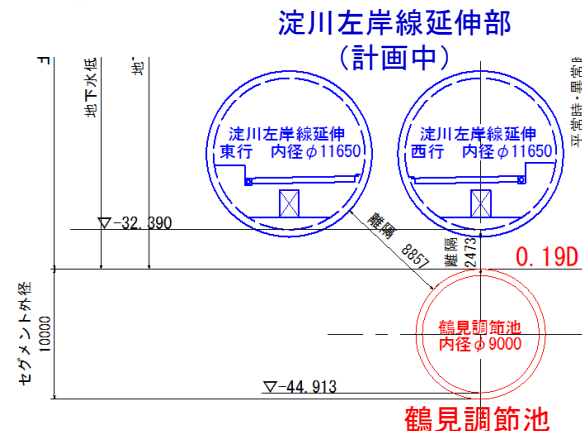
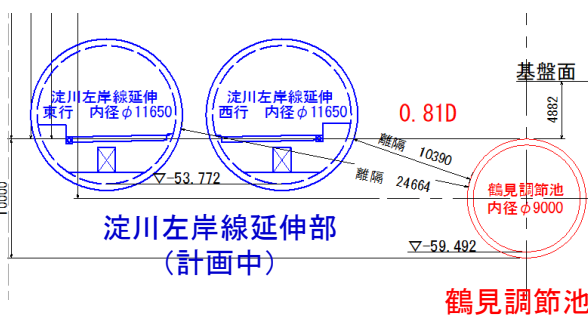
FEM解析により算出した淀川左岸線延伸部の施工による応力増分を荷重条件としてセグメント構造設計に反映。



断面①-①

断面②-②

断面③-③



応力解放率

応力解放率

応力解放率

鶴見調節池	淀川左岸線延伸部
12%	13%
⇒応力増分率:-3.7%~0.5%	

鶴見調節池	淀川左岸線延伸部
13%	13%
⇒応力増分率:-2.0%~1.1%	

鶴見調節池	淀川左岸線延伸部
12%	13%
⇒応力増分率:-50.1%~1.3%	

4. 覆工設計について

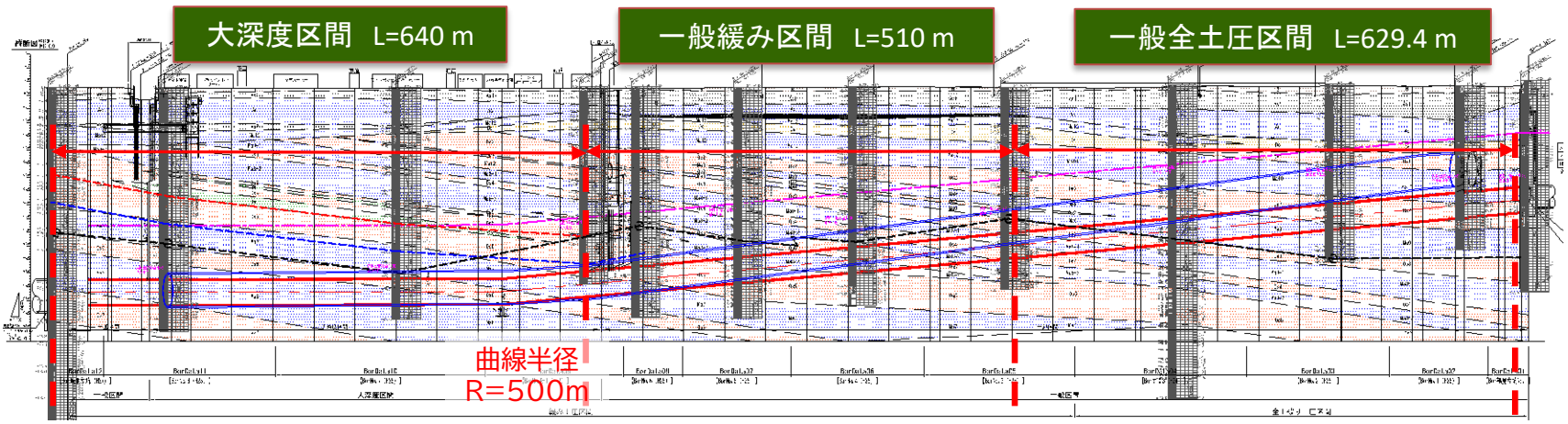
セグメント構造選定結果



○合成セグメントの鋼材(H鋼)種別

ランク	フランジ幅※	フランジ厚
標準鋼材	140 mm	36 mm
厚肉部材	155 mm	40 mm

※嵌合部を考慮した幅(フランジ製品幅-10mm)



設計照査書において、地盤条件、地下水位、供用後の内水位、大深度地下の建物荷重、上載荷重、地震時(レベル1地震動、レベル2地震動)の荷重が適切に設定され、これらに対する構造耐力も満足していることを確認。

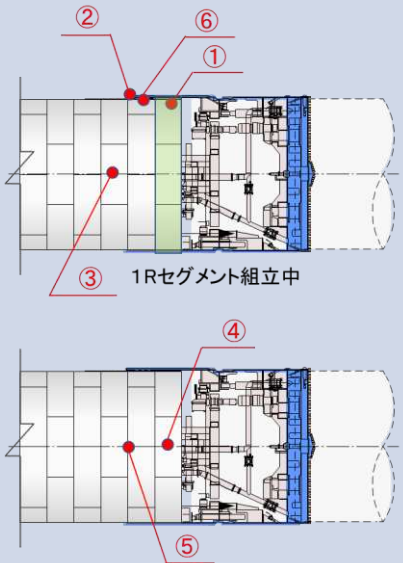
4. 覆工設計について

⑤セグメント構造の照査(施工時荷重の考慮)

参考資料1 39～50頁参照
(セグメント構造の照査(施工時荷重の考慮))

【令和4年度審議会での決定事項】

セグメントの組立中に作用する施工時荷重や拔出し防止の対策は、セグメントやシールドマシンの仕様等により異なることから、受注者が実施する設計時には、実機による再検討のうえ必要な対策を行うことを契約書、仕様書等で義務付けます。

	項目	ガイドライン	受注者としての対応	施工時荷重作用位置	頁
①	セグメント組立直後の自重に対する検討	3-1-2(1)	発生応力度が許容値以内であることを確認		[p.21]
②	テールグリス圧による拘束圧を考慮した検討	3-1-2(1)	発生応力度が許容値以内であることを確認		[p.22]
③	裏込め注入圧を考慮した検討	3-1-2(1)(5)	発生応力度が許容値以内であることを確認		[p.23]
④	シールドジャッキ偏心量を考慮したジャッキ推力作用時の検討	3-1-2(1)(4)	発生応力度が許容値以内であることを確認		[p.24]
⑤	曲線施工時の検討	3-1-2(6)	発生応力度が許容値以内であることを確認		[p.25]
⑥	Kセグメント安定検討	3-1-1(2)(3)	発生応力度が許容値以内であることを確認		[p.26]

設計照査書において、完成時に作用する荷重だけでなく、施工時に作用する荷重(テールグリス圧、裏込め注入圧、シールドジャッキの偏心に伴うジャッキ推力、曲線施工時の局所的な荷重等)についても検討され、許容値以内であることを確認。

4. 覆工設計について

⑤-1 セグメント組立直後の自重に対する検討結果について

参考資料1 39～40頁参照
(セグメント組立直後の自重に対する検討)

セグメント組立直後は、自重による垂れや変形が生じる場合があるため、自重に対するセグメントの構造成立性を検討。

検討方法

図に示す荷重モデルにより、セグメント組立直後の自重によるセグメント本体や継手部に発生する応力度を算出し、セグメントの健全性を確認した。なお、地盤ばねは、常時検討に用いる値の10分の1(2016年制定トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説 p.97より)の値として検討した。

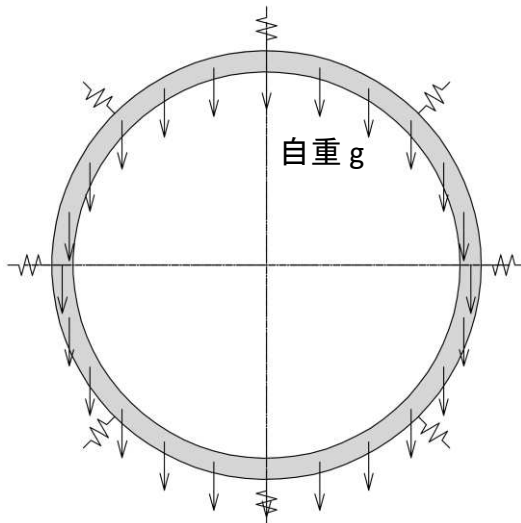


図1 荷重モデル

表1 荷重表

自重	g	kN/m ²	14.0
----	---	-------------------	------

表2 照査結果(本体)

			発生応力度	許容応力度
コンクリート (設計基準強度 $f_{ck}=42\text{N/mm}^2$)	σ_c	N/mm ²	0.9 (圧縮)	24.0
外側フランジ (SM490Y)	σ_{sf}	N/mm ²	13.4 (圧縮)	352.5
内側フランジ (SM490Y)	σ_{sf}	N/mm ²	20.2 (引張)	352.5

表3 照査結果(セグメント継手)

			引張力	許容引張力
継手金物 (SM490Y)	Pa	kN	145.0	225.0



設計照査書において、セグメント本体および継手部に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認。

4. 覆工設計について

⑤-2 テールグリス圧による拘束圧を考慮した検討結果について

参考資料1 41～42頁参照
(テールグリス圧による拘束圧を考慮した検討)

施工時にセグメントに作用するシールドテール内でのテールグリス圧による拘束圧に対するセグメントの構造成立性を検討。

検討方法

テールグリス圧を等分布荷重として作用させ、セグメント本体(コンクリートおよび鋼板)および継手部に対する応力度照査を行った。なお、テールグリス圧はセグメントに作用する最大水圧を用いて算出した。

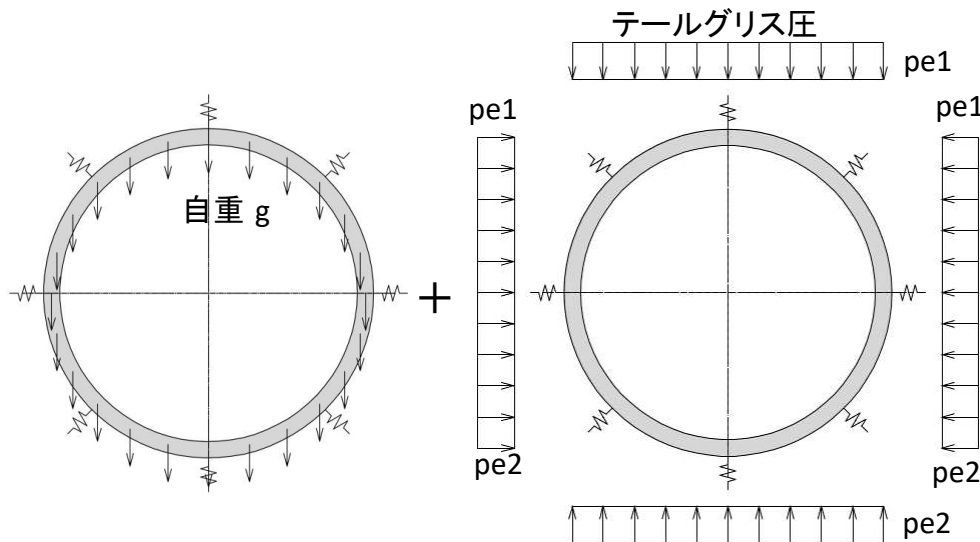


図1 荷重モデル

表1 荷重表

自重	g	kN/m ²	14.0
テールグリス圧	pe1	kN/m ²	432.0
	pe2	kN/m ²	432.0

表2 照査結果(本体)

			発生応力度	許容応力度
コンクリート (設計基準強度 f _{ck} =42N/mm ²)	σ_c	N/mm ²	3.5 (圧縮)	24.0
外側フランジ (SM490Y)	σ_{sf}	N/mm ²	26.9(圧縮)	352.5
内側フランジ (SM490Y)	σ_{sf}	N/mm ²	53.2 (圧縮)	352.5

表3 照査結果(セグメント継手)

			引張力	許容引張力
継手金物 (SM490Y)	Pa	kN	— (全圧縮)	225.0

設計照査書において、セグメント本体および継手部に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認。

4. 覆工設計について

⑤-3 裏込め注入圧を考慮した検討結果について

参考資料1 43～45頁参照
(裏込め注入圧を考慮した検討)

施工時にセグメントに作用する裏込め注入圧に対するセグメントの構造成立性を検討。

検討方法

図1に示す荷重モデルを用いて、裏込め注入圧作用時のセグメント本体(コンクリートおよび鋼板)および継手部に対する応力度照査を行った。

検討に用いる荷重は、本工事で作用する最大地下水圧および裏込め注入による増分圧(300kN/m²)を作用させた。なお、裏込め注入圧は裏込め注入孔の配置を考慮して、セグメント頂部(90度範囲)に作用させた。

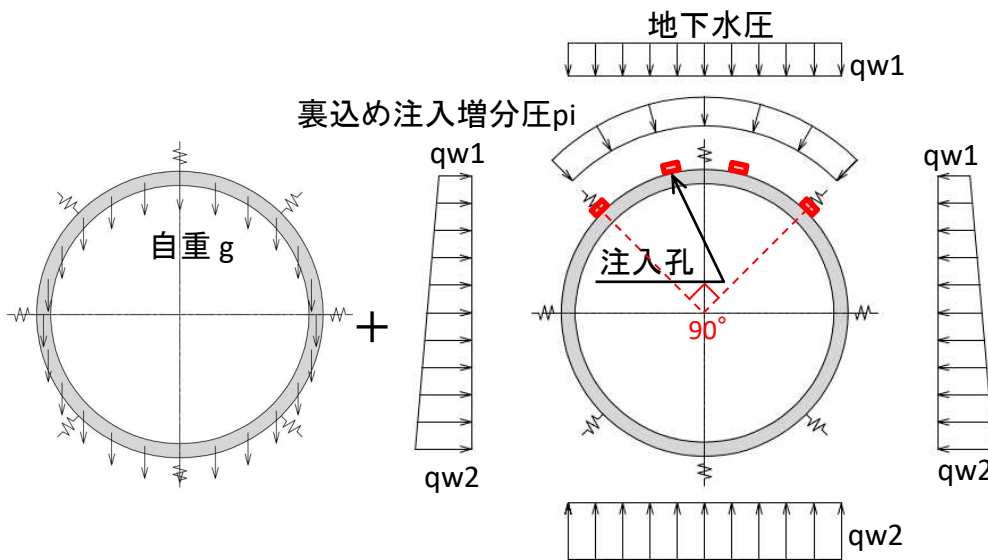


図1 荷重モデル

表1 荷重表

自重	g	kN/m ²	14.0
地下水圧	qw1	kN/m ²	696.2
	qw2	kN/m ²	791.2
裏込め注入増分圧	pi	kN/m ²	300.0

表2 照査結果(本体)

			発生応力度	許容応力度
コンクリート (設計基準強度 f _{ck} =42N/mm ²)	σ _c	N/mm ²	17.0 (圧縮)	24.0
外側フランジ (SM490Y)	σ _{sf}	N/mm ²	132.3(引張)	352.5
内側フランジ (SM490Y)	σ _{sf}	N/mm ²	255.1(圧縮)	352.5

表3 照査結果(セグメント継手)

			引張力	許容引張力
継手金物 (SM490Y)	Pa	kN	— (全圧縮)	225.0

設計照査書において、セグメント本体および継手部に発生する応力が短期許容応力度以下であることを確認。

4. 覆工設計について

⑤-4 シールドジャッキ偏心量を考慮したジャッキ推力作用時の検討結果について

参考資料1 46～47頁参照
(シールドジャッキ偏心量を考慮した
ジャッキ推力作用時の検討)

シールドテール内でのセグメントリング位置の偏りにより、セグメントに偏心した軸圧縮力が作用することがあるため、テールクリアランス(最大偏心量55mm)を考慮したセグメントの安全性を検討。

検討方法

工事に使用するシールドマシンの最大ジャッキ推力(2,700kN)に対してセグメントの健全性を確認した。ジャッキ推力とセグメント図心の半径方向偏心距離 e については、シールドマシンのテールクリアランス分セグメントがずれて組み立てられたことを想定し、55mmと設定した。

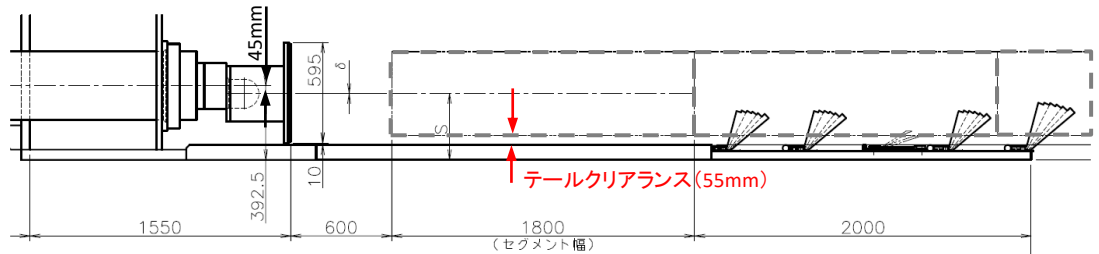
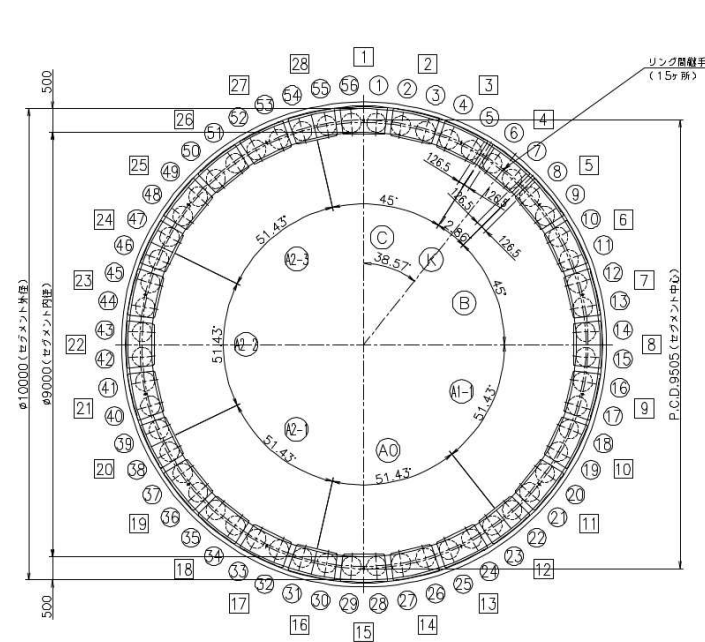


表1 検討条件

シールドジャッキ推力※	kN	5400
ジャッキ偏心量	mm	55

※スプレッダー1枚あたりシールドジャッキ2本

表2 照査結果

			発生応力度	許容応力度
コンクリート (設計基準強度 $f_{ck}=42\text{N/mm}^2$)	σ_c	N/mm^2	19.0 (圧縮)	24.0



設計照査書において、セグメントに発生する応力が、短期許容応力度以下であることを確認。

4. 覆工設計について

参考資料1 48頁参照
(曲線施工時の検討)

⑤-5 曲線施工時の検討結果について

曲線施工では、セグメントに局所的な施工時荷重が作用することがあるため、曲線区間においてシールドジャッキ選択を考慮したセグメントの構造成立性を検討。

検討方法

テールブラシに裏込め注入材が浸入、固結する等により、シールドテール部との競りが発生した場合を想定し、曲線施工時のシールドジャッキ選択を反映してセグメントの構造成立性を確認した。検討は、本工事の計画線形(曲線半径 $R=100\text{m}$ (平面)、 200m (平面)、 500m (縦断))の中で、曲線半径が一番小さい $R=100\text{m}$ で行う。

なお、テールブラシでの裏込め注入材の固結防止対策は、「5.シールド設計について(p.37)」に示す。

表1 検討条件

ジャッキ推力*	kN	87,500
シールド機外径	m	10.290
ジャッキ合力偏芯量	m	2.361

※シールドジャッキ5400kN,追従圧500kNとして算出

表2 照査結果 (リング継手)

せん断力	S_T	kN	60,735
せん断応力度	τ	N/mm^2	96.9
許容応力度 (SM490Y)	τ_a	N/mm^2	202.5

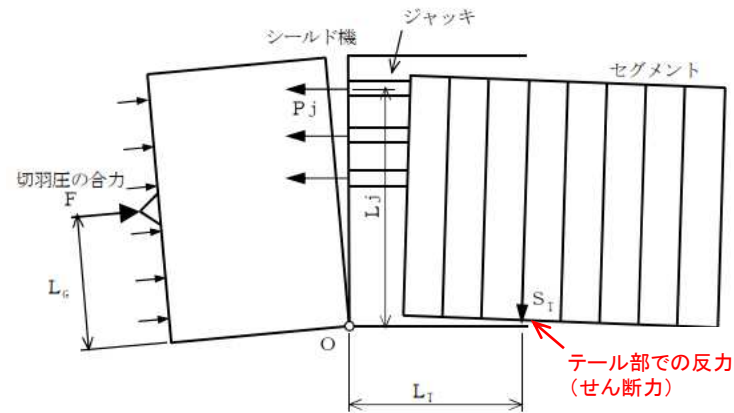


図1 テール部の競りに対する検討

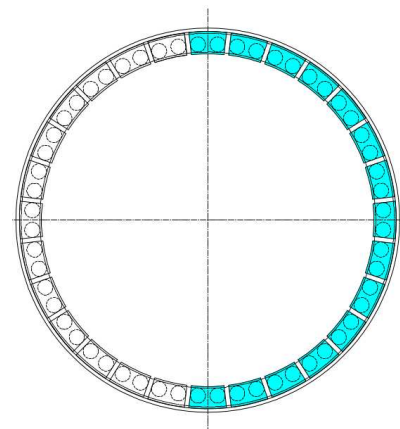


図2 ジャッキパターン



設計照査書において、テール部の競りに伴うせん断力に対して、セグメントの構造が成立することを確認。

4. 覆工設計について

⑤-6 Kセグメント安定検討結果について

参考資料1 49～50頁参照
(Kセグメントの安定検討)

軸方向挿入型のKセグメントでは、セグメントのリング方向の軸圧縮力によってKセグメントが抜け出す可能性があるためKセグメントの抜出しに対する検討を実施。 ※摩擦係数は0.1を採用

検討方法

Kセグメント部ジャッキ引抜時に作用する施工時荷重として、テールグリス圧が支配的と考えられるため、テールグリス圧によるKセグメントの抜出し作用荷重を算定し、Kセグメントの抜出し対策を実施する。

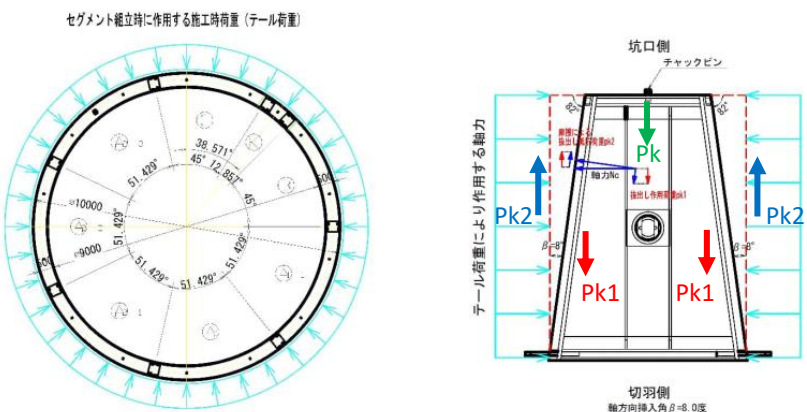


図1 検討モデル

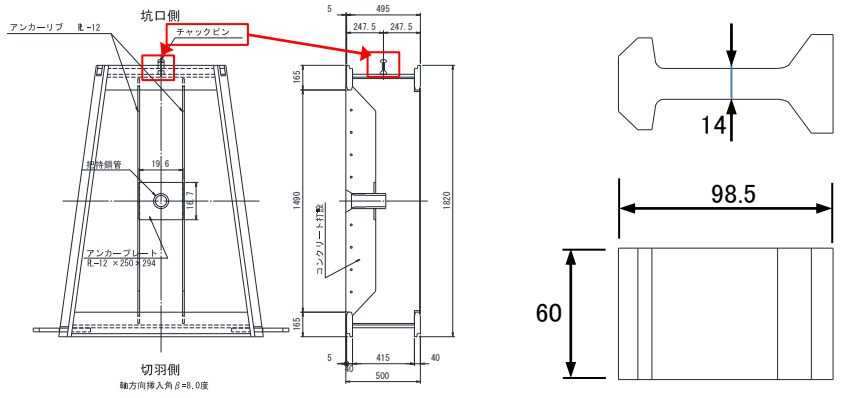


図2 Kセグメントチェックピン詳細図

表1 荷重表

テールグリス圧	q	kN/m ²	432.0
---------	---	-------------------	-------

表2 検討結果

抜出し作用荷重	Pk1	kN	509
摩擦による抜出し抵抗荷重	Pk2	kN	362
Kセグメント抜出し作用荷重※	Pk	kN	294
[Kセグメント抜出し作用荷重をチェックピンのみで抵抗する場合]			
チェックピンの発生応力度	σ_p	N/mm ²	350.0
チェックピンの許容応力度 (SM490Y)	σ_{pa}	N/mm ²	360.0

※チェックピンに抵抗させる必要がある荷重 $Pk = 2 \times (Pk1 - Pk2)$

設計照査書において、Kセグメントの推定抜出し力に対して、強化型のチェックピンを使用することで、抜け出し防止対策となることを確認。
また、摩擦係数が期待できない場合の対策についても確認(防止治具(PC鋼棒)の設置)。

4. 覆工設計について

覆工の設計のまとめ

	①大深度区間	②一般緩み区間	③一般全土圧区間	④曲線部
セグメント厚	500mm	500mm	500mm	500mm
セグメント幅	1,800mm	1,800mm	1,800mm	900mm
主要部材ランク	厚肉鋼材	標準鋼材	厚肉鋼材	厚肉鋼材
フランジ厚	40mm	36mm	40mm	40mm
フランジ幅	155mm	140mm	155mm	155mm



設計照査書において、地盤条件、地下水位、供用後の内水位、大深度地下の建物荷重、上載荷重、地震時(レベル1地震動、レベル2地震動)の荷重が適切に設定されており、これらに対する構造耐力を満足していることを確認。

また、完成時だけでなく、施工時荷重に対しても構造耐力を満足し、安全性が確保されていることを確認。

5. シールド設計について

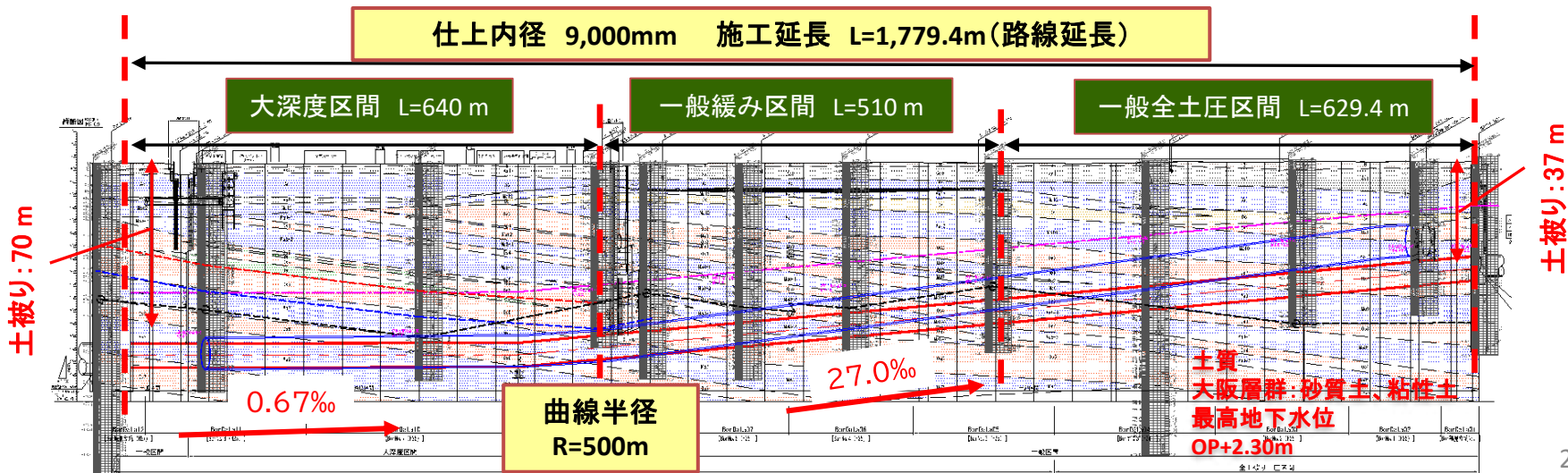
①シールド形式の選定

【ガイドライン記載内容】

安全性の確保と周辺環境への影響の最小化を最優先とし、切羽の安定を保つことができるよう、掘削地盤への適応性を十分に検討すること。

それに加え、断面形状及び寸法、施工延長、トンネルの土被りや地表の状況、工事用地等の諸条件を考慮し、経済的に施工できることも含め、総合的な観点でシールド形式を選定し、それに応じた設計を行うこと。

施工条件



5. シールド設計について

②シールド設計のフロー

1.シールド形式の選定

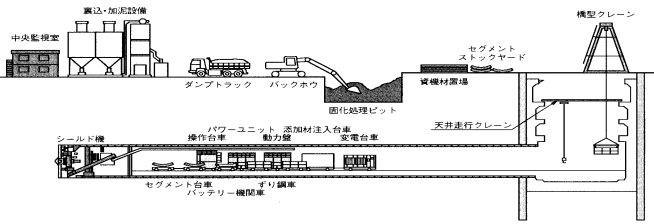
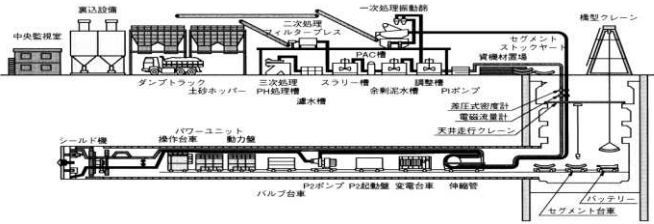
- ・ 泥水式
- ・ 防爆仕様無し

2.シールド機の仕様検討

- ・ シールド機本体(外径、長さ、テールシール)
- ・ 掘進機構(カッター駆動装置)
- ・ 推進機構(推進能力、シールドジャッキ、配置)
- ・ 付属機構(同時裏込め注入装置)
- ・ セグメント組立て機構(形状保持装置)
- ・ 電気設備、油圧設備

シールド機の仕様決定

5. シールド設計について

		泥土圧シールド	泥水式シールド
工法概念図			
切羽安定機構		泥土圧により地山の土圧および水圧に対抗する スクリーコンベアの排土機構により、切羽圧と排土量を調節	泥水圧により地山の土圧および水圧に対抗する 切羽面に不透水性の泥膜を形成し泥水圧を有効かつ均等に作用
現場条件		<ul style="list-style-type: none"> ・発進立坑の寸法 : 内径:28.0m、外径:34.8m、深さ:GL-84.2m ・発進立坑のヤード面積 : 約9,130m² ・可燃性ガスの有無、濃度区分 : 遊離ガス有り(メタンガス最大0.0013%)、①大阪市建設局基準 ⇒ 管理基準濃度未満 ②(社)日本トンネル技術協会基準 ⇒ 7点=ランク(Ⅱ) ※大阪市建設局基準では管理基準濃度未満であり、防爆対策が不要と判断されているが、局所的な調査結果であり、日本トンネル技術協会の評価では本工事の施工規模を考慮すると危険性が高くなる可能性もあるため、環境計測等の対策が必要と判断	
可燃性ガスに対する安全性		ボーリング地点以外にメタンガス濃度が高い地山が存在した場合には、軌道方式やベルトコンベヤー方式で運搬中の掘削土砂から坑内全域にメタンガスが発散するリスクがある また、土砂圧送ポンプ方式を採用した場合には、土砂運搬時の発散は発生しないが、圧送可能な土砂性状とする必要があり、地上での土砂積込時の施工性が低下する	△ ボーリング地点以外にメタンガス濃度が高い地山が存在した場合でも、掘削土砂は密閉された状態で流体輸送されるため、運搬中の土砂から坑内全域にメタンガスが発散するリスクはない
大深度・大断面对策	掘削制御(切羽の安定制御)	掘削土砂の塑性流動性と止水性を確保するために、地盤に適した添加材を選定・注入管理して、スクリーコンベア等の排土機構を掘進速度に応じて制御することで、切羽の安定を保持できる	○ 泥水の物性(比重、ろ過特性、粘性、砂分含有率等)を調整し、土水圧に対抗した泥水圧を保持することで、切羽の安定を確保できる また、カッターヘッドの形式が面板形となっており、地山崩壊を防止するなど切羽安定の保持機能も有している
	高水圧対策	最大水圧0.74Mpaに対するスクリーコンベアの必要長は40m以上となる 本工事の発進立坑内空(28.0m)は、スクリーコンベアの必要長以下であるため、初期掘進時では立坑内空以下にスクリーコンベアを分割し、圧送ポンプを接続するなどの対応を行う また、半径R=100mの曲線区間でセグメントの干渉を避けるため、スクリーコンベアを分割したり、中折れ式の設備として対応する	○ 流体輸送設備の圧力管理により水圧に対抗するため、高水圧下においても標準の設備での対応が可能であり、本工事の発進立坑内空(28.0m)でも問題ない また、半径R=100mの曲線区間においても、設備干渉の問題はない
	掘削土排出対策	垂直ベルトコンベアを採用することで、大深度立坑(H=82.7m)でも、連続的な排土が可能 可燃性ガス対策として、垂直圧送が必要な場合には、圧送可能な土砂性状とする必要があり、地上での土砂積込時の施工性が低下する	△ 大深度立坑(H=82.7m)でも、標準設備で対応可能(流体輸送)
	地上ヤード	一般的に、泥水式よりもコンパクトな地上設備で対応できる	○ 土砂を泥水から分離する必要があるため一般的に、泥土圧より広い設備ヤードが必要だが、本工事では必要面積が確保できているため問題ない
	セグメント搬入計画	連続的に土砂が搬出できる垂直ベルトコンベア設置を用いることで掘進サイクルに影響なくセグメント搬入が可能	○ 掘進サイクルに影響なくセグメント搬入が可能
総合評価		大深度・大断面の施工実績がある 可燃性ガス対策および掘削土搬出の施工性を考慮すると、泥水式シールドの方が優位である	△ 大深度・大断面の施工実績がある 通常のシールド設備において、可燃性ガス対策ができ、掘削土搬出の施工性も確保できる泥土圧シールドに比べて地上設備に広い設備ヤードが必要だが、本工事では必要面積が確保できているため問題ない



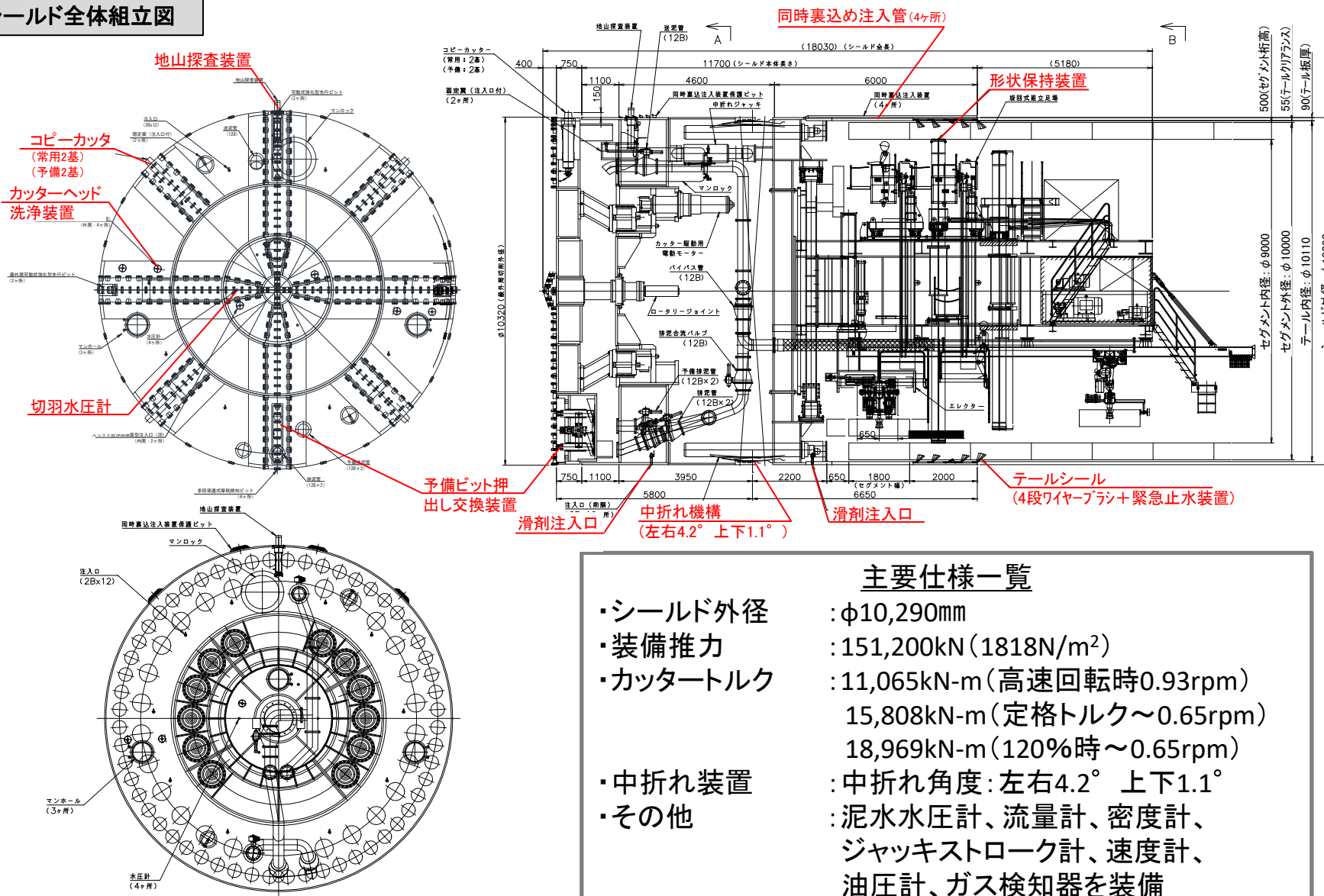
大深度、大断面对策の適用性等を総合的に勘案し、「泥水式シールド工法」を選定。

5. シールド設計について

②シールド機主要仕様

参考資料1 52頁参照
(全体組立図)

シールド全体組立図



主要仕様一覧	
・シールド外径	: $\phi 10,290\text{mm}$
・装備推力	: $151,200\text{kN}$ (1818N/m^2)
・カッタートルク	: $11,065\text{kN}\cdot\text{m}$ (高速回転時 0.93rpm) $15,808\text{kN}\cdot\text{m}$ (定格トルク $\sim 0.65\text{rpm}$) $18,969\text{kN}\cdot\text{m}$ (120% 時 $\sim 0.65\text{rpm}$)
・中折れ装置	: 中折れ角度: 左右 4.2° 上下 1.1°
・その他	: 泥水水圧計、流量計、密度計、 ジャッキストローク計、速度計、 油圧計、ガス検知器を装備

5. シールド設計について

③シールド機設計の施工時検討項目

参考資料1 61～64頁参照
(泥水式シールド仕様一覧表)

	項目	ガイドライン	受注者としての対応	頁
1	裏込め注入方法	3-1-1(1)	<u>同時裏込め注入装置を採用</u> 高水圧下において、セグメントへの貫通孔の設置が不要で、テールボイドの確実な充填ができるシールドからの同時裏込め注入装置を採用	[p.35]
2	中折れ装置	3-1-1(4)	<u>左右4.2°、上下1.1°の中折れ装置を採用</u> カーブシミュレーションによる必要角度に対して余裕を持たせた仕様とすることで、本工事に線形条件に対応できる中折れ装置を採用	[p.36]
3	テールシール	3-2-2	<u>4段+緊急止水装置を装備</u> 大断面・高水圧に対応するためブラシ式テールシールを4段装備する。またテールシールが損傷した場合等に備えて緊急止水装置を1段装備する。 <u>テールグリス自動注入方式による注入量・圧力管理</u> 自動注入装置を装備し、テールグリスの所要注入量を確実に確保する。また、複数ある注入口の圧力を個別監視し、テールクリアランスの偏りがあった場合等にも圧力低下した注入口へ個別にテールグリス自動注入し確実に充填	[p.37]
4	形状保持装置	3-2-4	<u>上下拡張方式の形状保持装置を装備</u> 大口径・大深度の実績を考慮し上下拡張方式を採用	[p.38]
5	電気設備、油圧設備	3-2-5	<u>非常電源装置・蓄圧器の装備</u> 非常電源装置・蓄圧器を装備し出水やセグメントの大規模な損傷等による電源喪失時も、通信機能や制御機能を確保する、また装備した蓄圧器により送排泥バルブの開閉動作も可能とする <u>漏水等を考慮した防水性能を有した電気設備の採用</u> 主要な電気機器は一定の防水機能を有すものとする	[p.39]

5. シールド設計について

③シールド機設計の施工時検討項目

参考資料1 61～64頁参照
(泥水式シールド仕様一覧表)

	項目	ガイドライン	受注者としての対応	頁
6	シールドジャッキとスプレッダーの偏心量によるジャッキロッドの変形に対する安全性	3-2-6	<u>発生応力度が許容値以内であることを確認</u> 偏心量による曲げ荷重が作用した場合においても、ジャッキロッドやセグメントの発生応力度が許容値以内であることを確認	[p.40]
7	カッター機構	その他の取組	<u>予備ビット押し出し交換装置の採用</u> 大深度掘進における想定外のビット損傷に備えて、予備ビット押し出し交換装置を採用	[p.41]
8	開口率	その他の取組	<u>土質条件を踏まえた開口率の設定</u> 粘性土の付着防止や掘削土の取込み性の向上を考慮し設定	[p.41]
9	固着対策	その他の取組	<u>固定翼、攪拌翼、カッターヘッド洗浄装置を装備</u> カッターチャンバー内土砂の沈降防止および排泥管取り込み口の閉塞防止を目的とし、隔壁外周部に固定翼2ヶ所、カッター背面の最外周部に攪拌翼8ヶ所を配置 カッターヘッド(面板)に土砂が付着した場合の対策として、カッターヘッド部に洗浄装置9ヶ所、また隔壁部に洗浄用の注入口6ヶ所を設置	[p.42]
10	地盤の緩み測定	その他の取組	<u>シールド機天端部に、油圧ジャッキ貫入式の探査装置を装備</u> シールド機天端部の地盤の緩みを探査するため、油圧ジャッキ貫入式の探査装置を前胴部へ1基装備	[p.43]

5. シールド設計について

③シールド機設計の施工時検討項目

参考資料1 61～64頁参照
(泥水式シールド仕様一覧表)

	項目	ガイドライン	受注者としての対応	頁
11	滑剤注入口	その他の取組	<u>前胴部・後胴部に滑剤注入口を配置</u> シールドが前進する際のスキンプレートと周辺土砂の摩擦に起因する振動現象や推力の増大を抑制するため、スキンプレートと地山との間への滑剤等の注入を目的とした注入口を前胴部・後胴部に各10ヶ所配置	[p.44]

5. シールド設計について

③-1 裏込め注入装置

一般的に、裏込め注入工は、同時注入と即時注入の2種類の方法があるが、高水圧下に置いてセグメントの貫通孔が不要で、掘削中においてテールポイドの確実な自動充填が可能な**同時裏込め注入装置**を、**洗浄等のメンテナンスを考慮し4基**装備する。

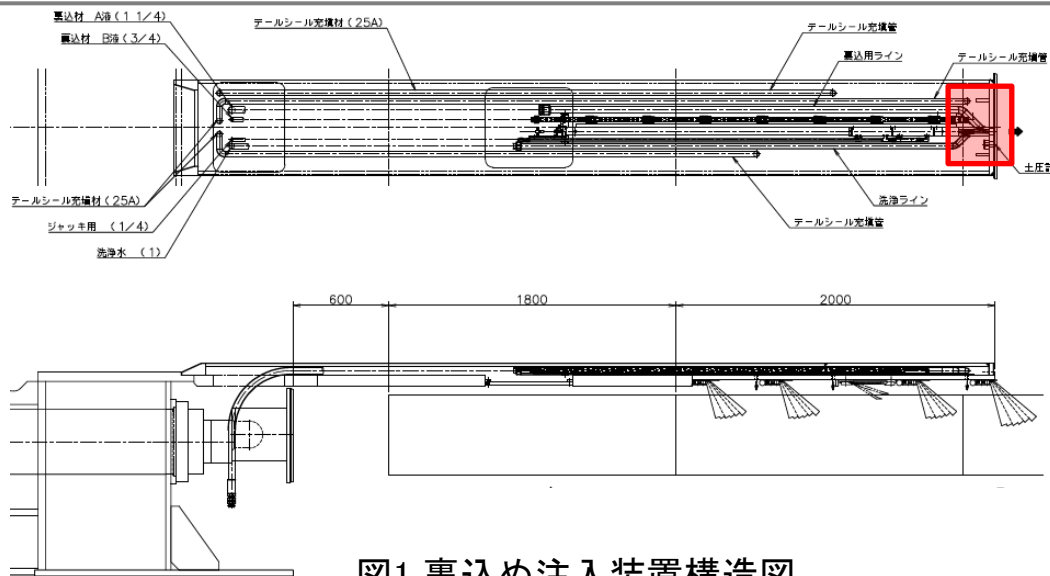


図1 裏込め注入装置構造図

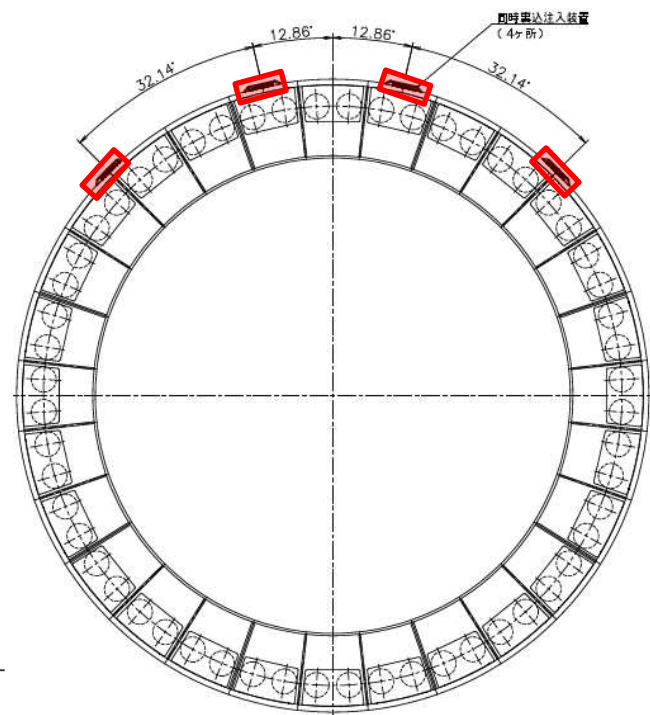


図2 裏込め注入装置配置図

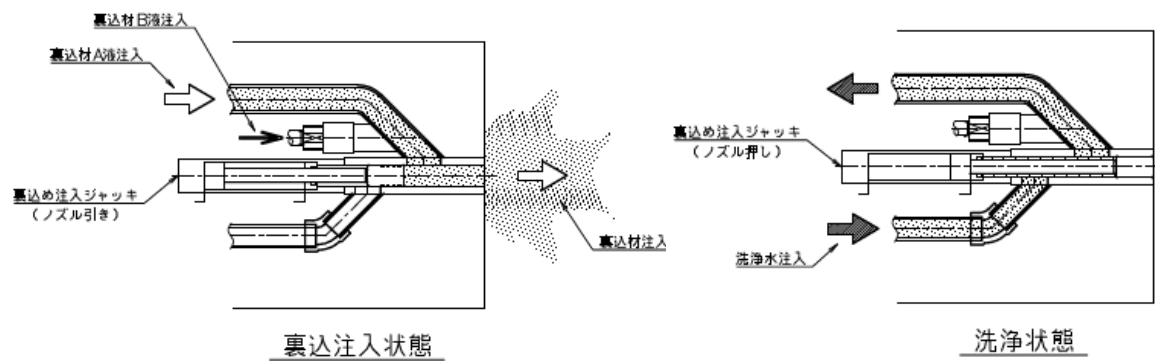


図3 裏込め注入時の先端構造



仕様検討書において、地盤条件や土被り等を踏まえた、裏込め注入装置が装備されていることを確認。

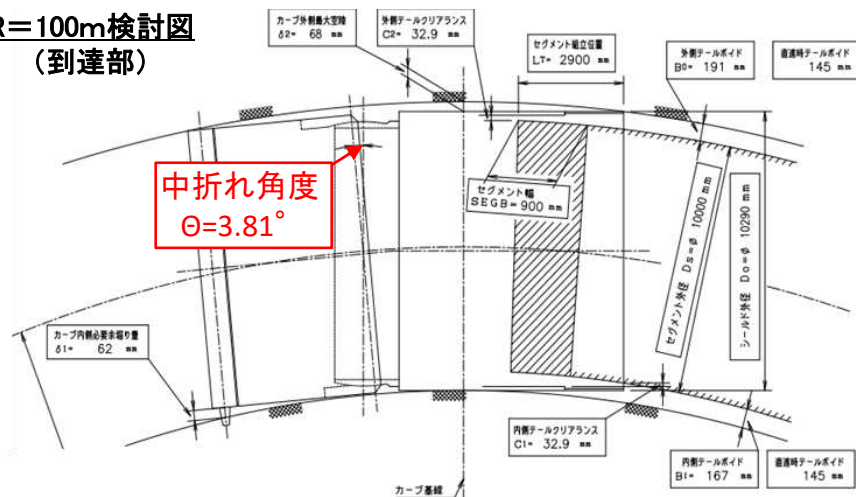
5. シールド設計について

③-2 中折れ装置 カーブ施工検討図

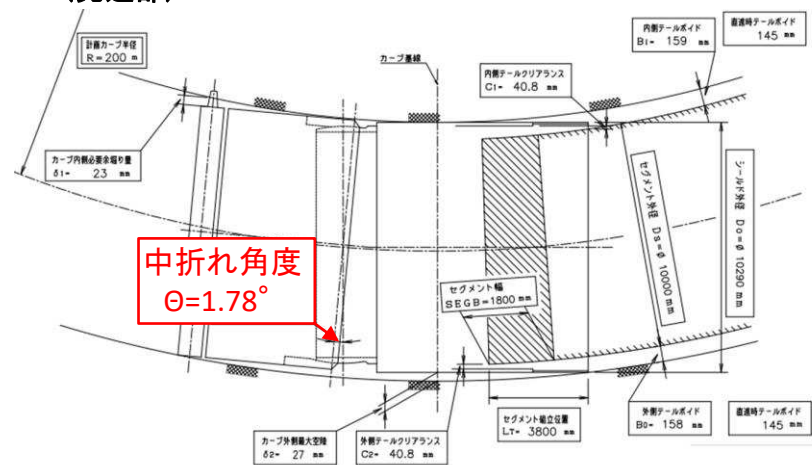
参考資料1 56~58、60~61頁参照
(カーブ検討図/中折れ装置)

カーブシミュレーションを行い、本工事の線形条件に対応できる**左右4.2°**、**上下1.1°**の中折れ装置を採用。分割したシールド本体の前胴部と後胴部を中折れ装置で屈曲させることで、曲進時の余掘り量を低減させるとともに、前胴内側に地盤反力による推進分力を発生させることで曲がりやすくする。曲線施工におけるシールドマシンのシミュレーションを下記に示す。

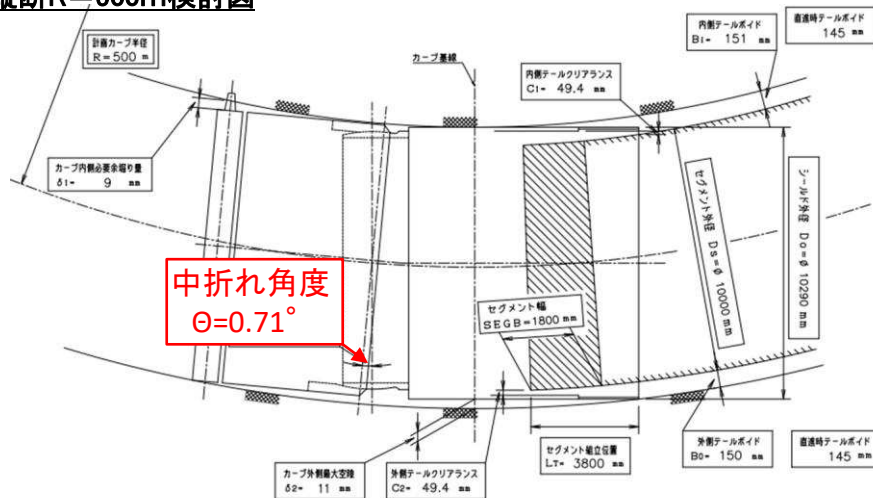
R=100m検討図
(到達部)



R=200m検討図
(発進部)



縦断R=500m検討図



仕様検討書において、カーブ施工シミュレーション結果である、平面中折れ角度3.81°、縦断中折れ角度0.71°に対して、余裕代を考慮した中折れ装置が装備されていることを確認。

5. シールド設計について

③-3 テールシール

テールシールの段数は高水圧下(0.5MPa以上)においての実績が最も多い**4段**とする。当工事では高水圧0.7MPaに対応するため、テールシールの損傷などの不測の事態に備え、**緊急止水装置**を1段装備し、これらの配置を考慮したテールスキムプレート長とする。
 テールグリスの給脂は**自動注入方式**を採用し、テールシール間各3室へ複数の注入口から自動注入する。注入口の**圧力は常時監視**し、テールクリアランスの偏り等があった場合にも、圧力低下した箇所へ**個別に注入**できる仕様とする。さらに、テールブラシ内に裏込め注入材が浸入した場合に備えて、**硬化遅延型のテールグリス**を選定することで、テールシールの性能低下を防ぐ。

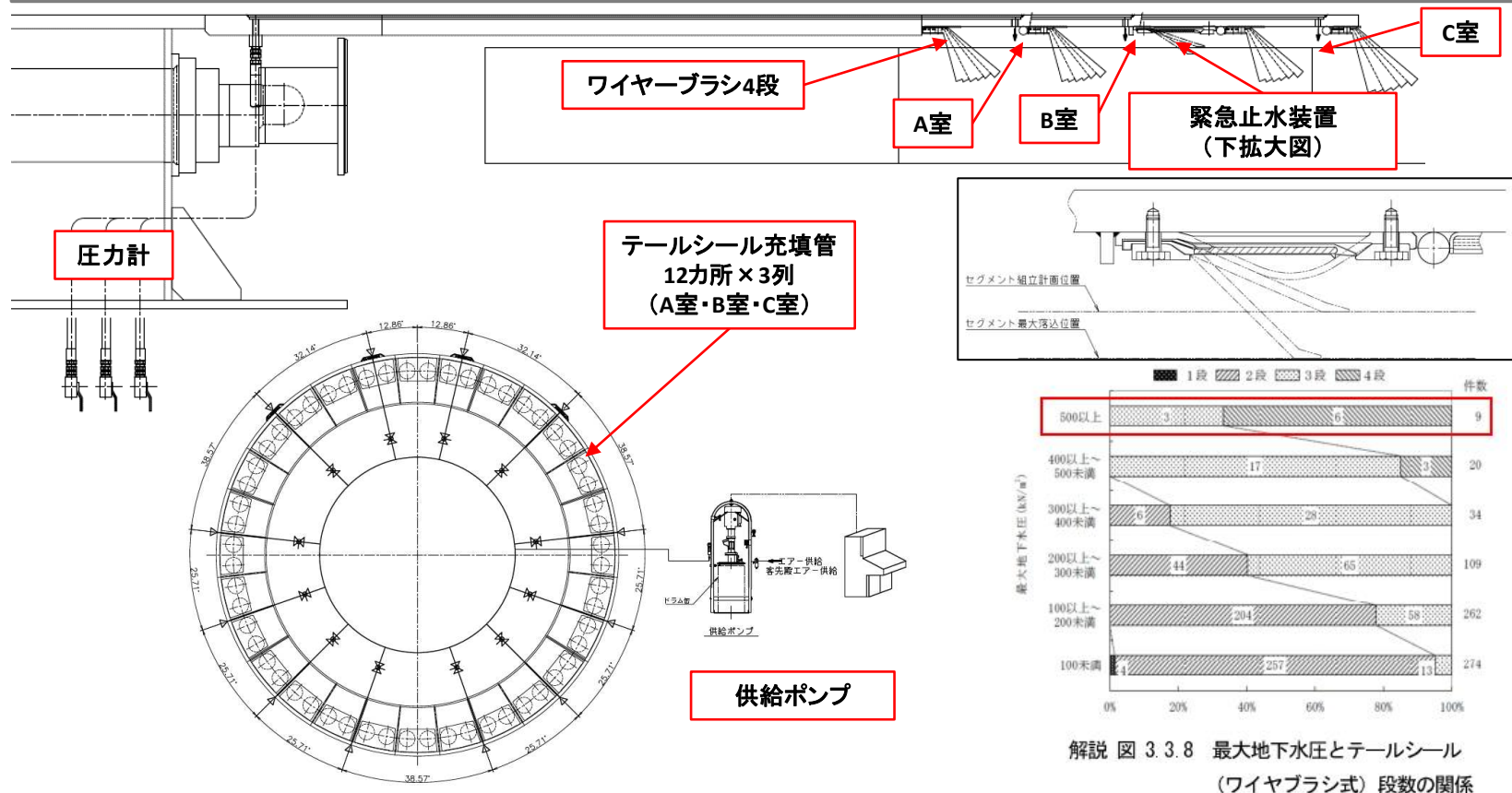


図1 テールシール構造図

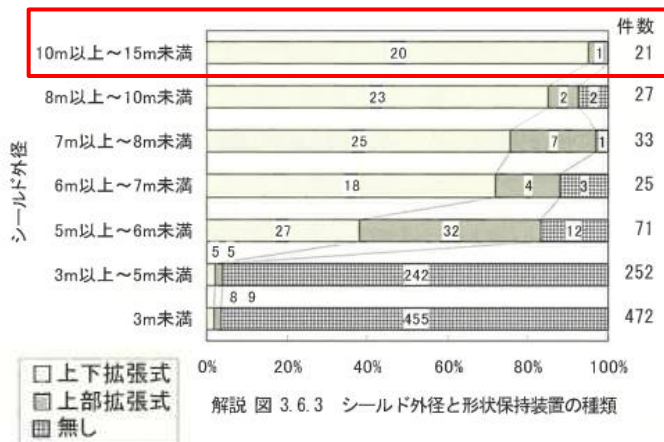
2016年制定トンネル標準示方書[共通編][シールド工法編]同解説 抜粋

仕様検討書において、高水圧下の現場条件を踏まえてテールシールを4段設置するとともに、損傷等の不測の事態も踏まえて緊急止水装置も装備されていることを確認。

5. シールド設計について

③-4 形状保持装置

大断面・大深度であることから形状保持装置を装備する。方式は**10m以上の大口徑で最も実績のある上下拡張方式**を採用する。上下拡張方式とは、シールド後方作業デッキにて支持された形状保持部材を油圧ジャッキにて上下方向に伸縮すると共に前後方向に摺動する機構をいう。本装置は上下に拡張した形状保持部材でテール部に組み立てられたセグメントの**真円を保持**しながら掘進をおこない、直前に組み立てたセグメントの形状を保持し、セグメントの組立ての補助装置として装備する。なお、セグメント2リング分の重量に相当する押し広げ力とする。



2016年制定 トンネル標準示方書[共通編]
[シールド工法編]同解説 抜粋

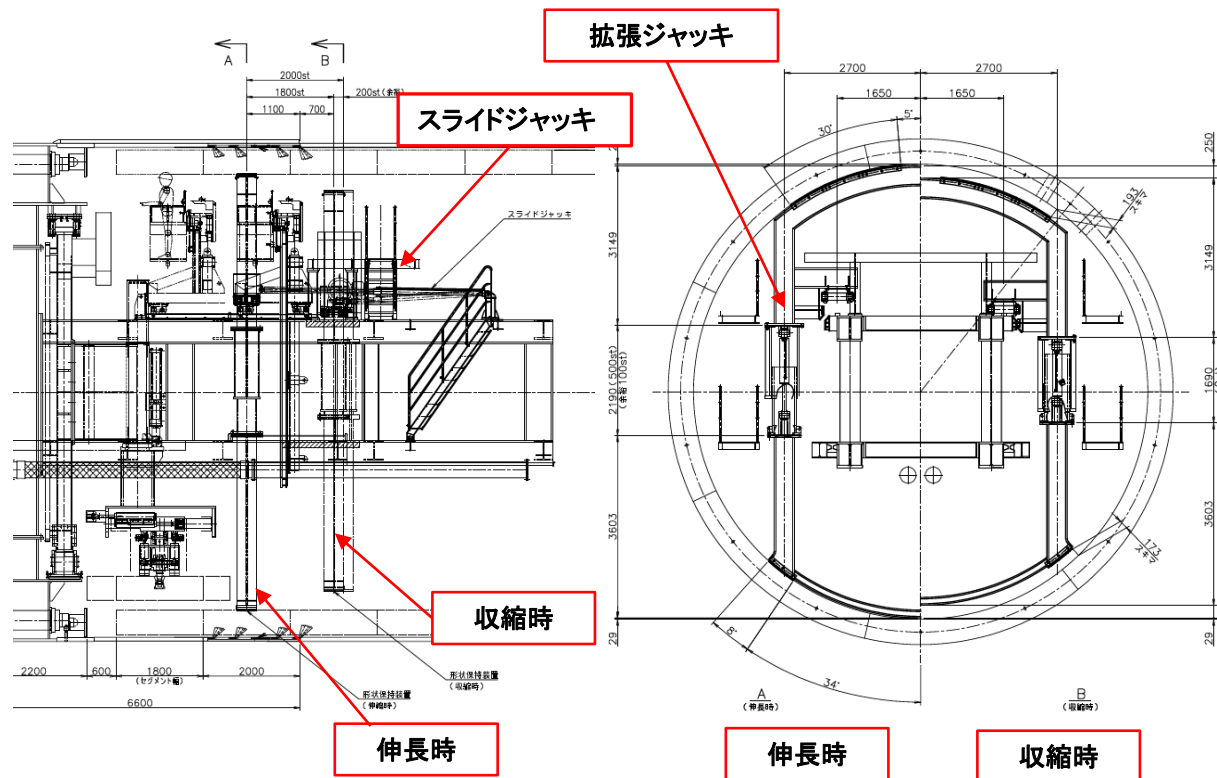


図1 形状保持装置側面図

図2 形状保持装置断面図

仕様検討書において、シールド外径等を踏まえた、形状保持装置が装備されていることを確認。

5. シールド設計について

③-5 電気設備、油圧設備

電源装置・油圧設備は緊急時に対応すべく以下の装備を行う。

【電源設備】

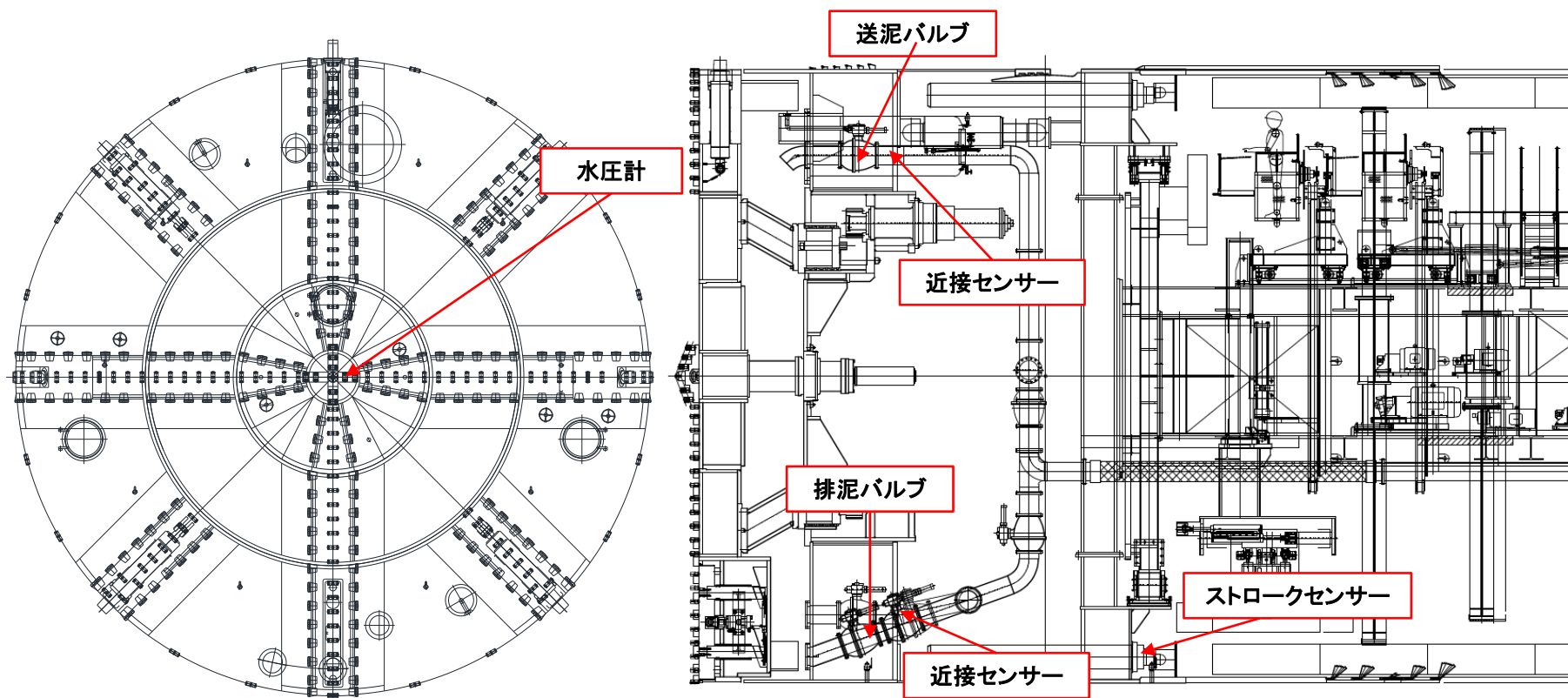
非常電源設備:緊急時の**電源喪失時**において、シールドマシンの計測器などの**制御機能および通信機能を確保する**。

防水性能:**主要電源機器**は漏水などを考慮し、**一定の防水性能を有したものとする**。

(例 電気盤:IP44相当 電動機:IP55 近接センサー:IP65 各ストローク計:IP53)

【油圧設備】

蓄圧器:マシン後方デッキへ**蓄圧器を装備**し、電源喪失時等においても油圧駆動の送排泥バルブを**操作できる機構を装備する**。



仕様検討書において、緊急時(電源喪失時等)を踏まえた、電気設備・油圧設備が装備されていることを確認。

5. シールド設計について

③-6 シールドジャッキ

参考資料1 68～69頁参照
(シールドジャッキの偏心に対する検討)

スプレッター中心とジャッキ中心が偏心している場合は、その推力により曲げモーメントがジャッキロッドに作用するため、偏心による曲げモーメントがジャッキロッドに与える影響について検討を実施。

検討方法

図1に示すように、ジャッキロッドをはりとしてモデル化し、切羽側を固定端、坑口側は、セグメントリングの押し広げ力に対する剛性を円環ばね(支点ばね)として設定した。想定する荷重はジャッキの装備推力の2700kNとし、偏心量45mmを考慮した曲げモーメントを作用させる。

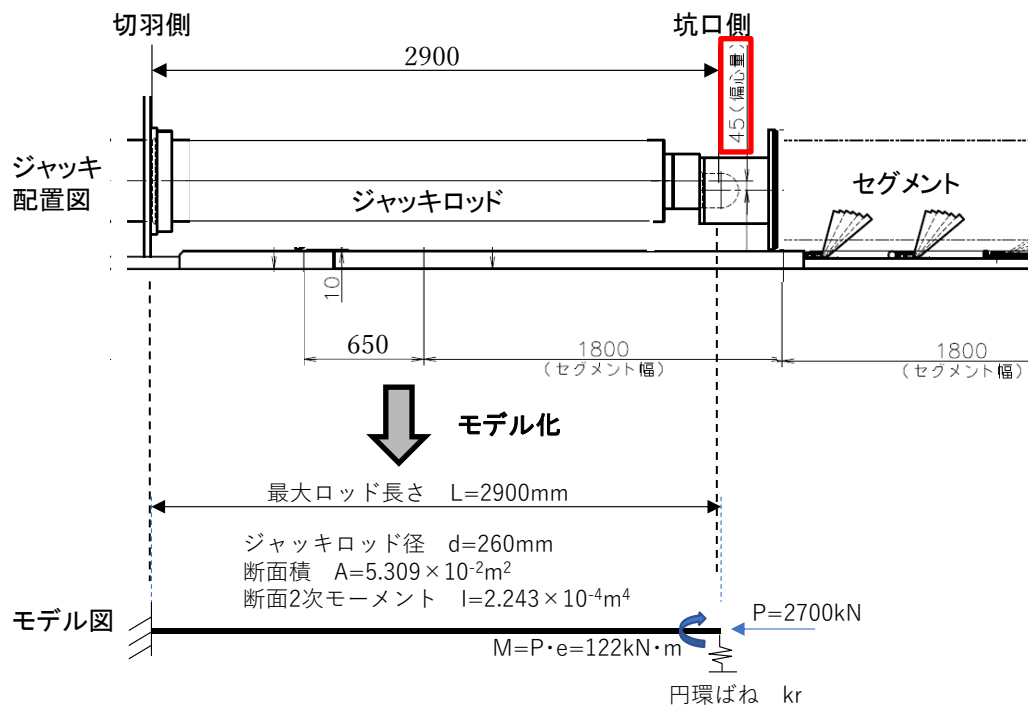


図1 シールドジャッキの検討モデル図

計算結果

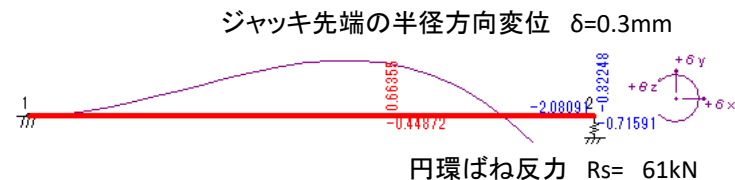


表1 ジャッキロッドの応力度照査結果

発生応力度	σ_s	N/mm ²	121.6
許容応力度	σ_{sf}	N/mm ²	490.0

表2 セグメント本体の検討結果

引張応力度	σ_t	N/mm ²	0.67
ひび割れ強度	f_{tk}	N/mm ²	2.78

表3 セグメント継手の検討結果

引張力	P	kN	136.0
許容引張力	P_a	kN	225.0

仕様検討書において、スプレッターとジャッキの偏心に伴うジャッキロッドの変形に対する安全性が検討されていることを確認。

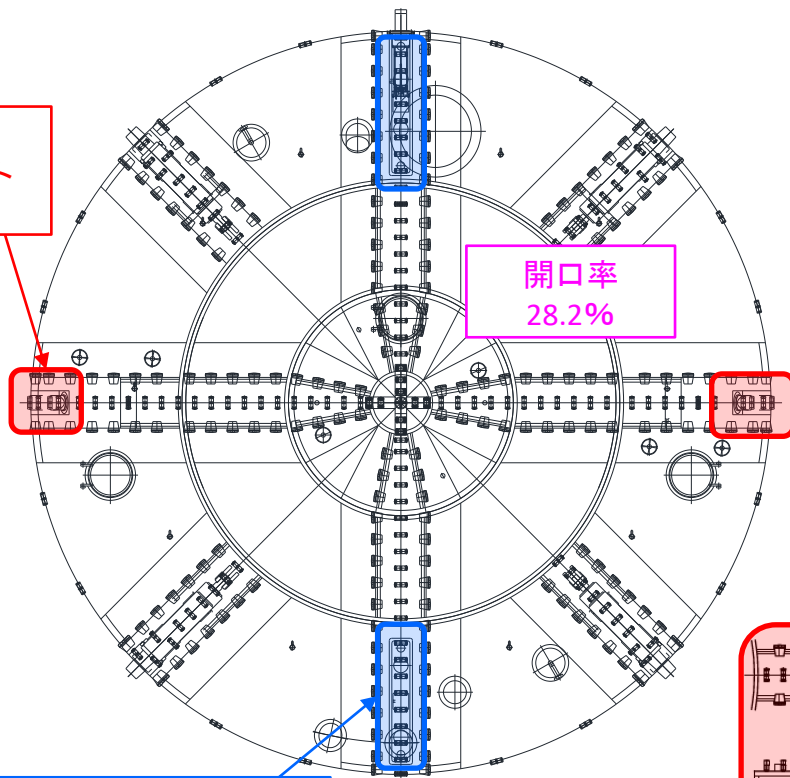
5. シールド設計について

③-7 カッター機構 ③-8 開口率

想定外のビット損傷に備え、ビットの摩耗が懸念される外周部のビットは予備ビット押し出し交換装置を装備する。外周部のビットへ摩耗検知装置を装備し、想定外の摩耗・損傷があった場合に、予備ビットを押し出せる機構とする。

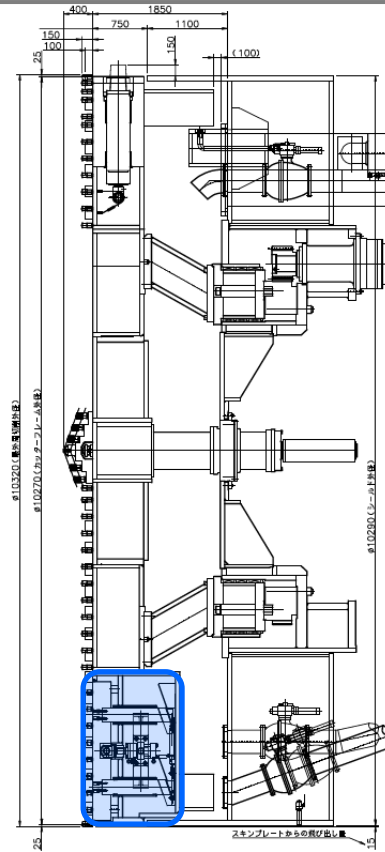
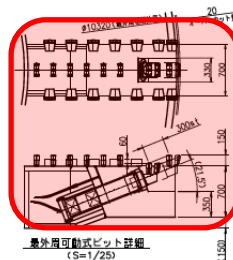
泥水式の開口率は、「2016年制定トンネル標準示方書[共通編][シールド工法編]同解説」では、10～30%とされている。本工事においては、粘性土の付着防止や掘削土の取込み性の向上を考慮し28.2%の開口率とする。

最外周可動式
強化型先行ビット
(2基)



開口率
28.2%

可動式強化型先行ビット(2基)



仕様検討書において、摩耗だけでなく、想定外の損傷も踏まえたビットが装備され、また、土質条件を踏まえた開口率が検討されていることを確認。

5. シールド設計について

③-9 固着対策

参考資料1 53～54頁参照
(洗浄装置計画図)

カッターチャンパー内土砂の沈降防止および排泥管取り込み口の閉塞防止を目的とし、隔壁外周部に固定翼2カ所、カッター背面の最外周部に攪拌翼8ヶ所を配置する。また、チャンパー内の泥水密度を把握するための泥水採取口を設ける。
カッターヘッド(面板)に土砂が付着した場合の対策として、カッターヘッド部に洗浄装置9ヶ所、また隔壁部に洗浄用注入口6ヶ所を設ける。

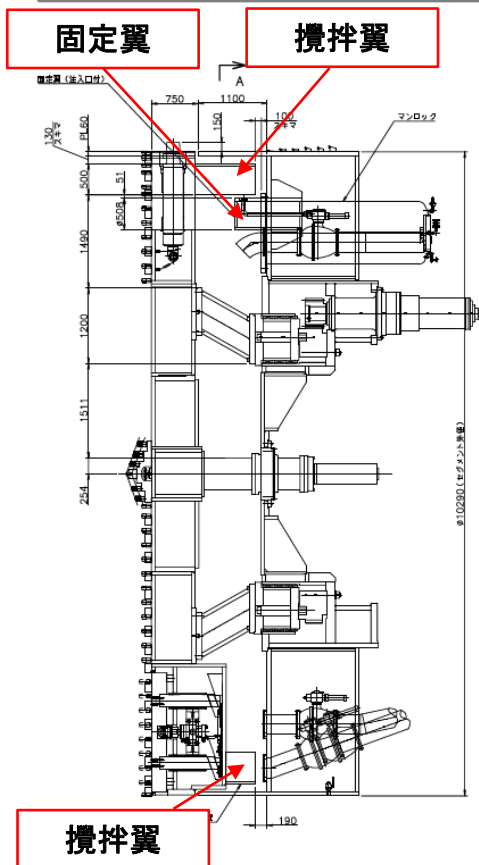


図1 固定翼・攪拌翼配置図

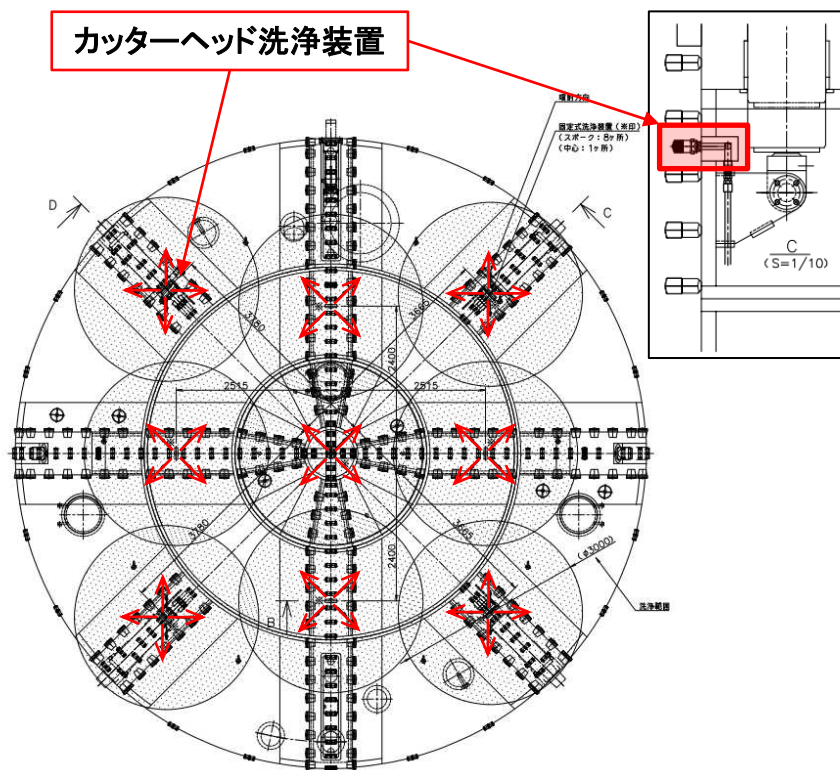


図2 カッターヘッド洗浄装置配置図

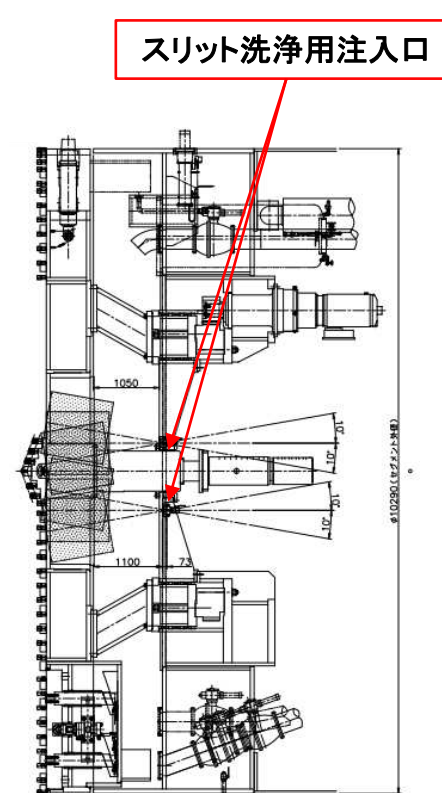


図3 洗浄用注入口配置図



仕様検討書において、カッターヘッドへの土砂付着対策に関する装置が装備されていることを確認。

5. シールド設計について

③-10 地盤の緩み測定

参考資料1 55頁参照
(地山探査装置計画図)

シールド機天端部の地盤の緩みを探査するため、油圧ジャッキ貫入式の探査装置を前胴部へ1基装備する。装置先端には土圧計を装備し、貫入時の土圧と油圧ジャッキ作動圧を計測することで地山の状態を判断する。

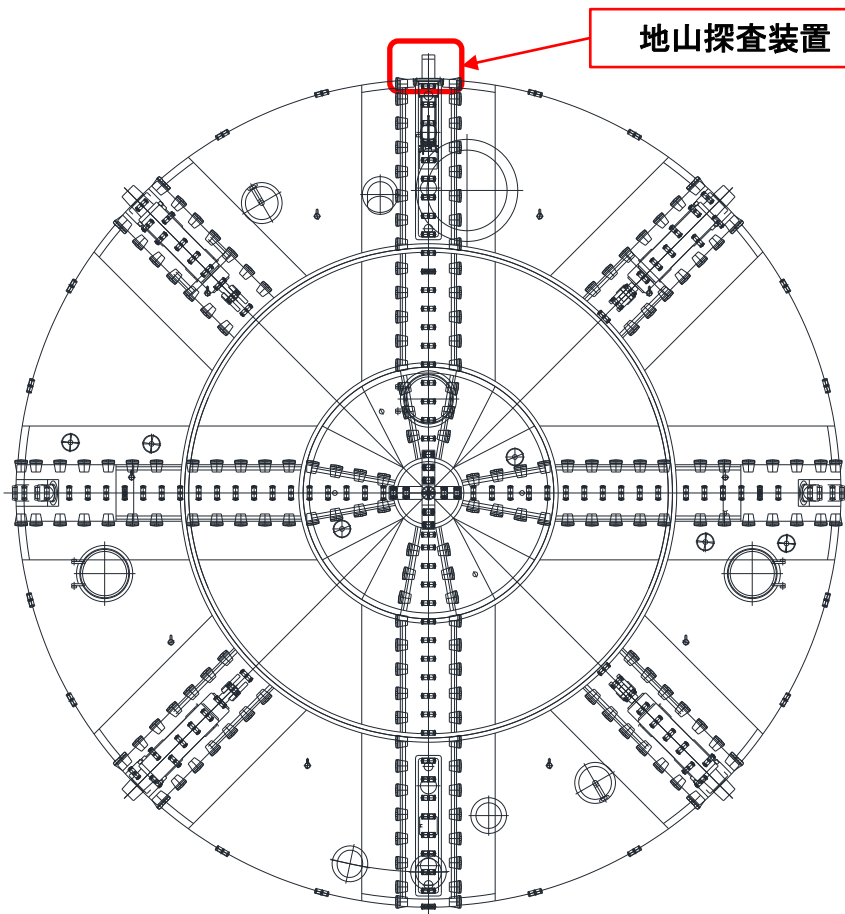


図1 正面図

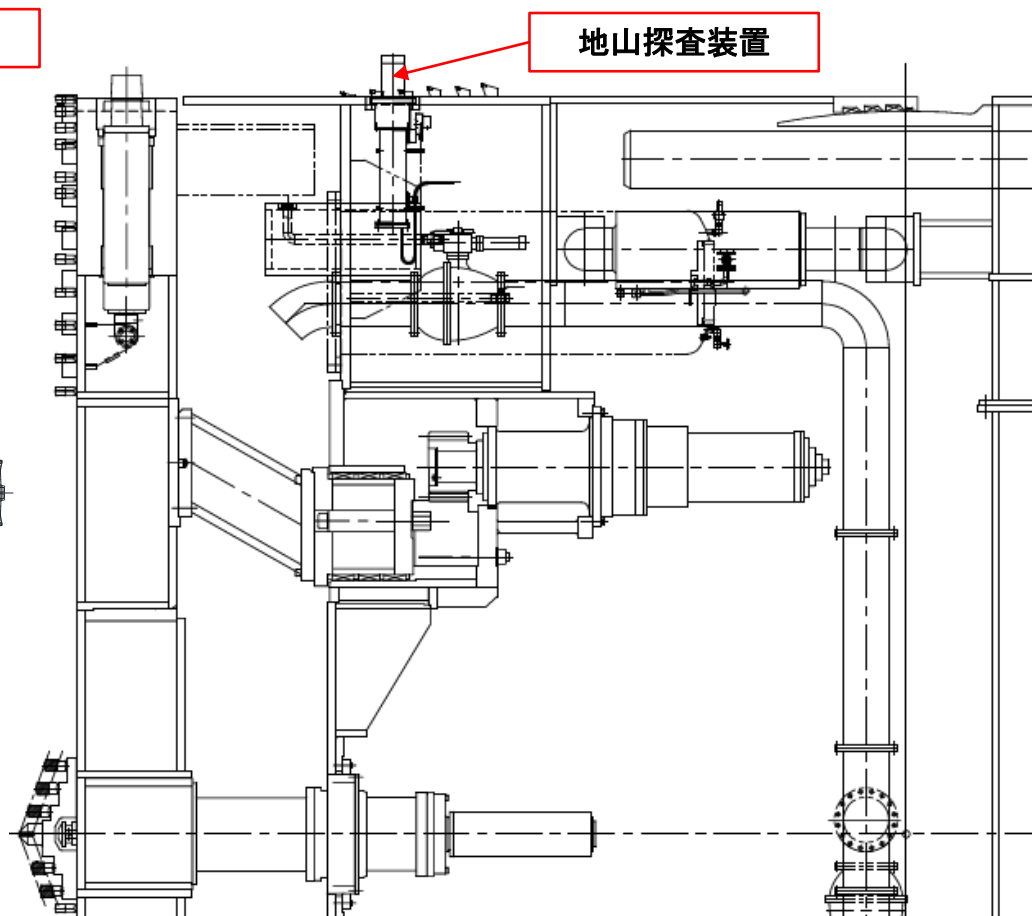


図2 側面図

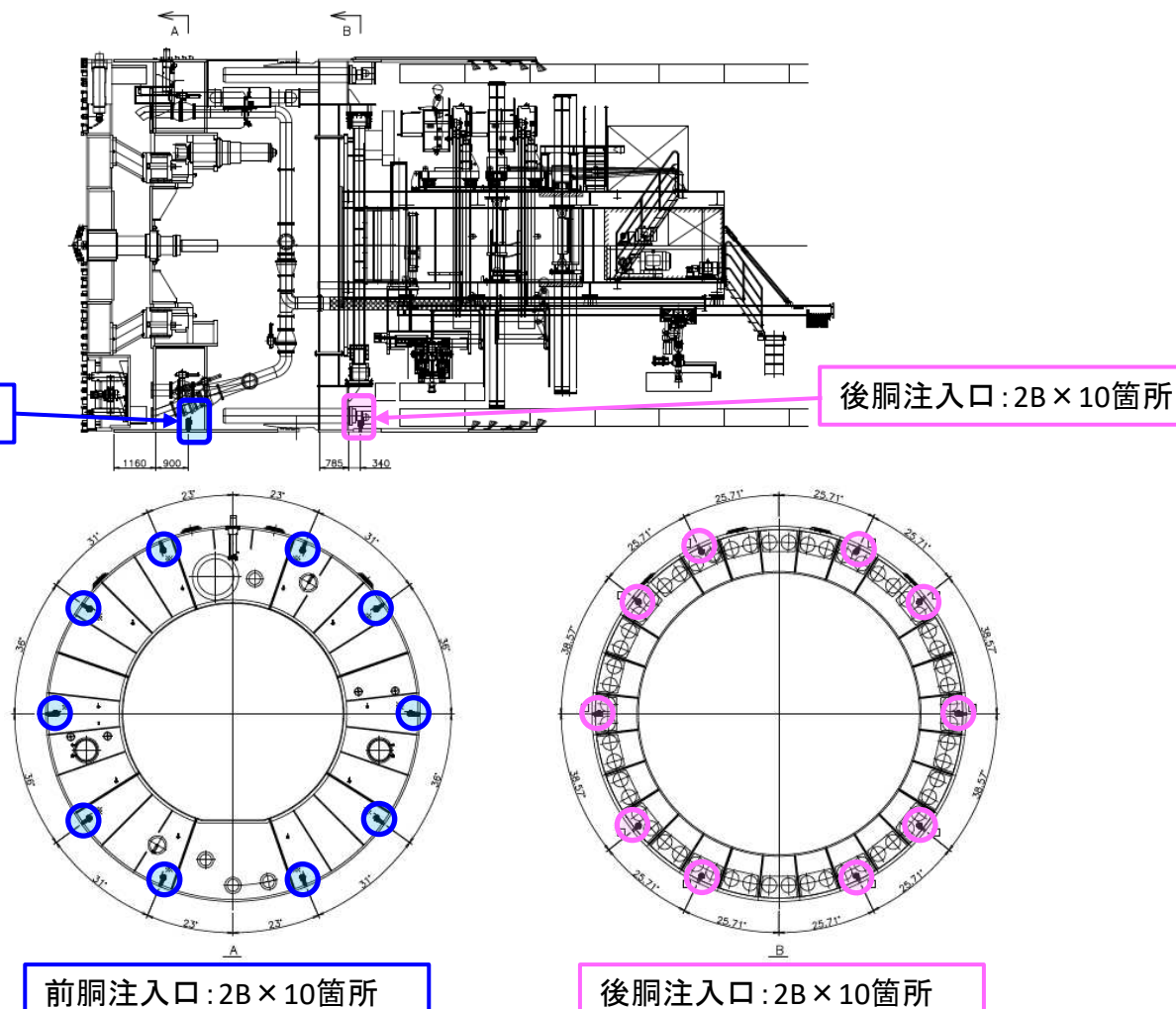


仕様検討書において、掘進時に地山の状態を監視できる装置が装備されていることを確認。

5. シールド設計について

③-11 滑剤注入口

シールドが前進する際のスキンプレートと周辺土砂の摩擦に起因する**振動現象**や**推力の増大**を抑制するため、スキンプレートと地山との間への**滑剤等**の注入を目的とした**注入口**を前胴部・後胴部に各10箇所配置する。



仕様検討書において、振動現象や推力増大の抑制対策に関する装置が装備されていることを確認。

5. シールド設計について

シールドマシン主要仕様対比表

	大阪府発注時仕様	受注者(施工者)仕様
装備推力	140000KN	151200KN
シールドジャッキ	2500KN × 2550st × 34.3MPa × 56本	2700KN × 2500st × 32MPa × 56本
伸長速度	40mm/min	45mm/min
駆動トルク	14461KN-m	15808KN-m
中折れジャッキ	4500KN × 600st × 34.3MPa × 24本	4600KN × 700st × 32MPa × 24本
中折れ角度	左右4.0°、上下1.0°	左右4.2°、上下1.1°
形状保持装置	上下拡張式	上下拡張式
形状保持装置(保持ジャッキ)	800KN × 900st × 21MPa × 2本	800KN × 600st × 21MPa × 2本
テールシール	テールブラシ4段 + 緊急止水装置	テールブラシ4段 + 緊急止水装置
同時裏込め注入管	4箇所	4箇所
カッターヘッド(面板)洗浄装置	—	あり
地山探査装置	—	あり
滑剤注入口	—	あり