都市型トンネル施工技術検討会

第 1 回 検 討 会

資 料

平成19年12月21日

東日本高速道路株式会社 関東支社 横浜工事事務所 財団法人 高速道路技術センター

目 次

1	. 全体概要及び検討会の目的		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	. 検討項目と今後の進め方	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
3	. トンネル標準断面の検討	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
4	. 検討区間の特徴及び検討すべ	(き	課	題			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
5	. シールド工法の検討手法	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1(

1. 全体概要及び検討会の目的

1.1 概要

横浜環状南線は、横浜の都心部から半径約10km~15kmに位置する「横浜環状道路」の一部であり、横浜市内の交通混雑の緩和を図るとともに、横浜市郊外間の連絡を容易にする役割を担っている。また、東京の都心から半径約40km~60kmに位置する総延長約300kmに及ぶ「首都圏中央連絡自動車道(圏央道)」の一部でもあり、首都圏全体の渋滞を緩和し、活性化を促すものと期待されている。

当路線は、横浜横須賀道路の釜利谷JCTから一般国道1号の戸塚ICに至る延長約8.9kmの自動車専用道路であり、全体の約7割が地下式・掘割式の構造で計画されている。

当路線の概要は以下のとおりである。

<路線概要>

· 道路名 高速横浜環状南線

・路線名 一般国道 468 号(首都圏中央連絡自動車道)・区間及び延長 横浜市金沢区釜利谷町~戸塚区汲沢町 8.9km

・規格等 第1種第3級 設計速度80km/h

幅員 3.50m×6 車線

・計画交通量 47,300~55,100 台/日

<事業経緯>

平成 7年 4月 都市計画決定・告示

平成 7年 9月~ 測量・地質調査説明(建設省)

平成 11 年 11 月 ~ 設計・用地説明 平成 12 年 4 月 有料道路事業許可 平成 17 年 3 月 事業再評価

平成 17 年 10 月 道路関係 4 公団民営化 / 東日本高速道路 (株)

平成 18 年 3 月 事業変更許可 / 協定締結

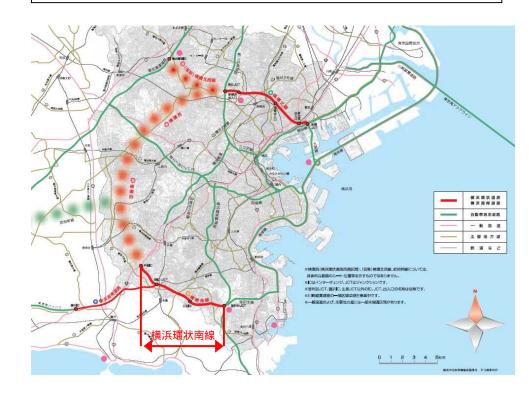


図 - 1.1 横浜環状南線概要図

1.2 検討会の目的

首都圏中央連絡自動車道(圏央道)の一部を構成する横浜環状南線(釜利谷JCT~戸塚IC間、延長約8.9km)は、住宅が密集する横浜市南部地域(一部は鎌倉市域)を通過するため、全体の約7割が地下構造(トンネル又は掘割)で計画されている。

そのため、トンネル工事の施工にあたっては、より安全で信頼性が高く、周辺地域に及ぼす影響を最小化できる、最適なトンネル施工方法を採用する必要がある。

近年、都市型トンネルの施工技術の進展は目覚しく、特に周辺地域に及ぼす影響を最小化できるシールド工法については、都市部の住宅密集地域におけるトンネル施工方法として期待できる技術の一つである。

本検討会では、横浜環状南線のトンネル区間におけるシールド工法の適用可能性に関する技術検討を実施するため、学識経験者及び専門技術者の指導・助言等を受けながら、最新の技術的知見を踏まえた、シールド工法の施工性・安全性、周辺環境等への影響等の技術検討を行うほか、現計画中のトンネル施工方法の比較検討を行い、より安全で信頼性の高い、最適なトンネル施工方法の提案を行うことを目的とする。

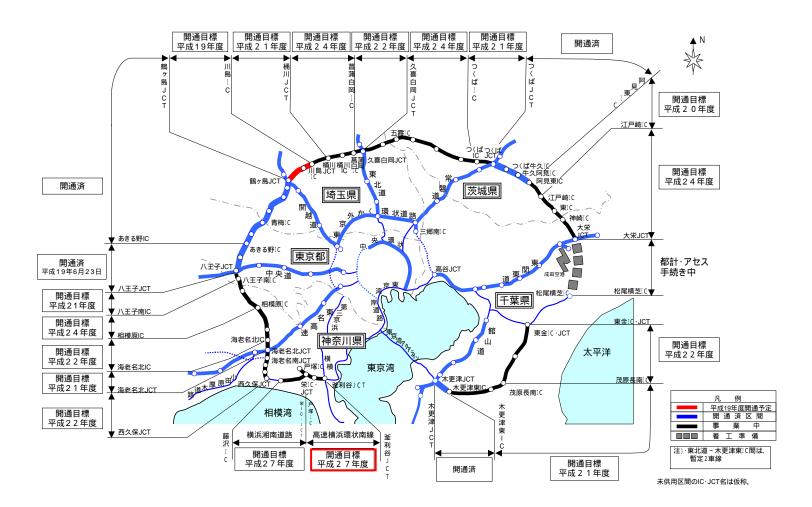
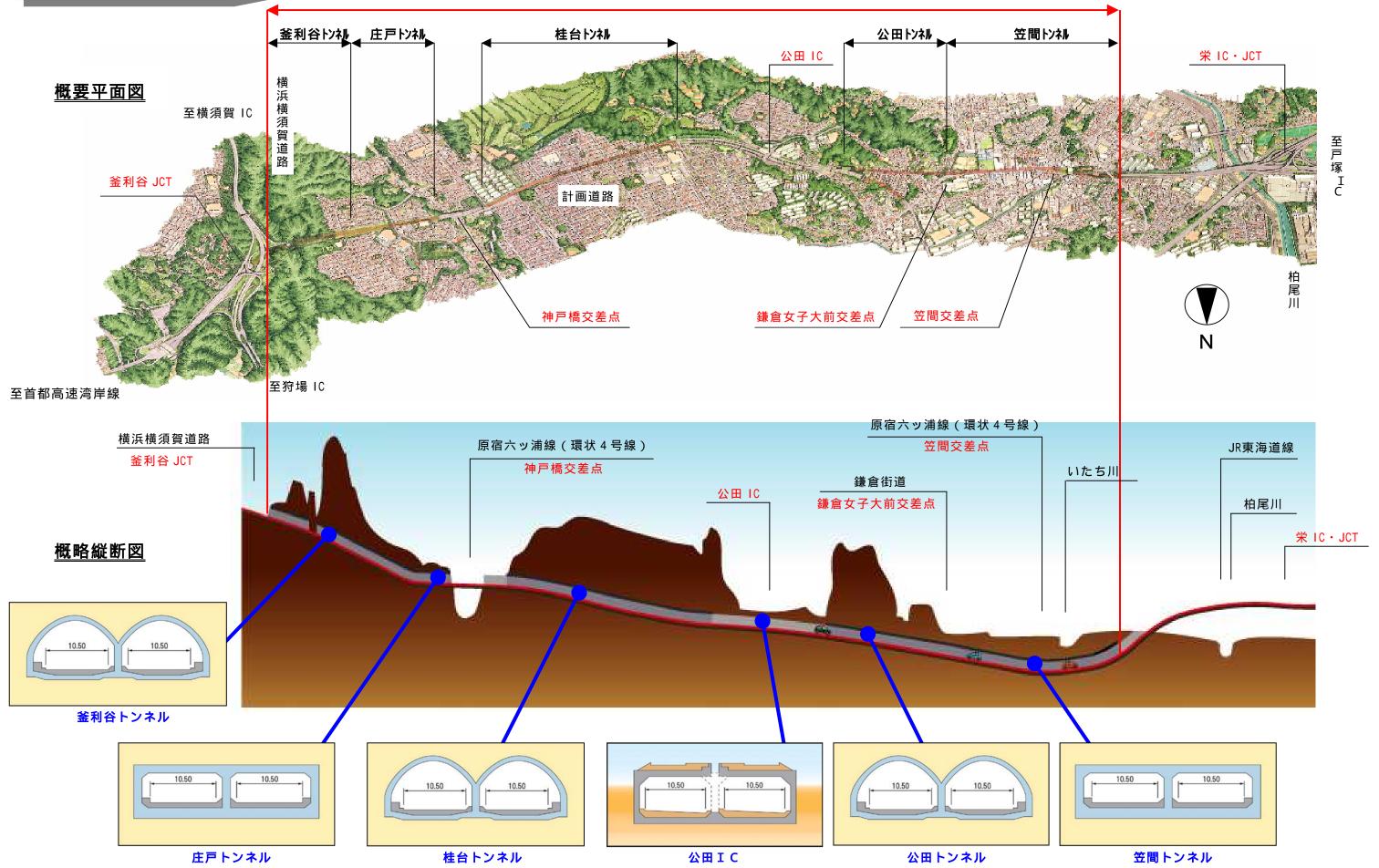


図 - 1.2 圏央道概要図

1

路線概要図

検討対象区間



2. 検討項目と今後の進め方

2.1 検討項目

本検討会は、横浜環状南線のトンネル区間において、最新の技術的知見を踏まえたシールド工法の適用可能性について技術検討を行い、最適なトンネル施工方法の提案を行うものである。

また、シールド工法を採用した場合のトンネル施工技術に関し、下記の項目(~)について技術的な 検討及び評価を行うものとする。

トンネル構造の検討

シールド工法を採用した場合の課題を整理するとともに、3車線大断面シールドトンネルの断面及び構造、近接するトンネル間離隔での施工性・安全性、覆工構造への影響等について検討を行う。

地盤変位の予測

地表面への影響が予想される各トンネル区間の代表断面において、FEM解析を用いた地盤変位の 予測解析を行い、地盤変位の影響度を定量的に評価し、検討を行う。

補助工法の検討

地盤変位の予測結果等に基づき、地表面や既設ライフライン等への影響について、補助工法の必要性、適切な対策工の検討を行う。

地下水への影響

シールドトンネルの施工に伴う地下水への影響について検討を行う。

避難設備等の検討

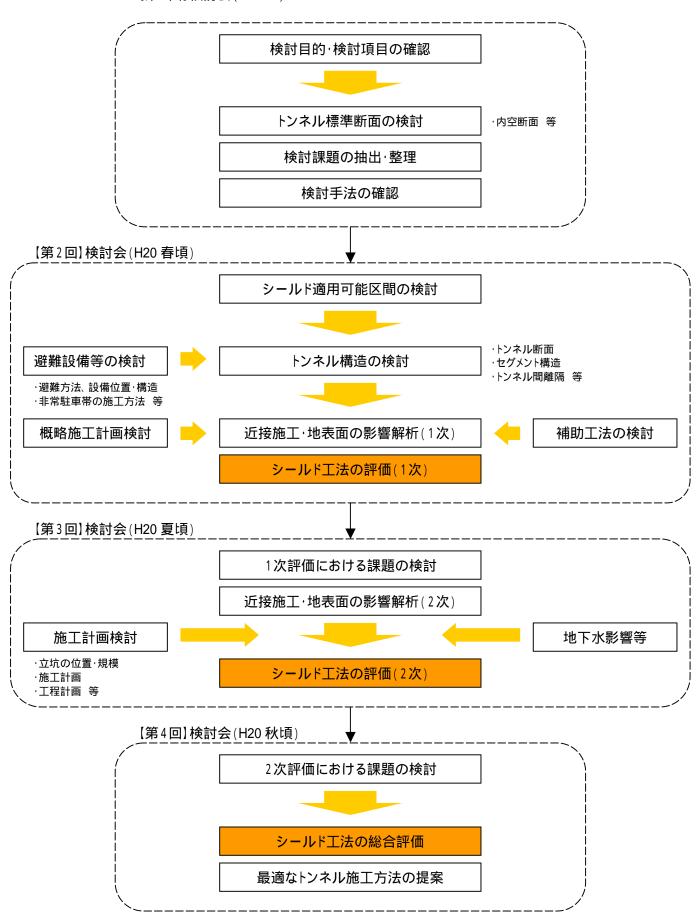
火災発生時等における避難方法等について検討するとともに、避難設備及び非常駐車帯の設置位置、 構造等について検討を行う。

施工計画の検討

シールド掘削機が発進・到達・回転等を行う立坑の位置及び規模、施工基地、工事用道路等の施工計画を検討するほか、工程計画についても検討する。

2.2 検討フロー

【第1回】検討会(H19.12)



3. トンネル標準断面の検討

3.1 標準断面の検討

3.1.1 内空断面の検討

(1) 基本条件

内空断面を設定する基本条件を表 - 3.1 に示す。内空断面の設定にあたっては、道路構造令及び東日本高速道路(株)の設計要領によるものとし、必要に応じて首都高速道路(株)の基準を準用する。

- ・ 設計要領 第三集 トンネル編 平成 18 年 4 月 東日本高速道路(株) (本要領のうち、表中では(1)トンネル本体工建設編を"設計要領(1)"、(3)トンネル内装工を"設計要領(3)"として称す)
- · 設計要領 第四集 幾何構造編 平成 18 年 4 月 東日本高速道路(株)
- ・ 道路構造令の解説と運用 平成 16 年 2 月 社団法人 日本道路協会 (以下、道路構造令と称す)
- ・ 道路トンネル非常用設備設置基準・同解説 平成 13 年 10 月 社団法人 日本道路協会
- ・ トンネル標準示方書 平成 18 年 7 月 土木学会
- ・ 首都高速道路 トンネル構造物設計要領(シールド工法編) 平成 15 年 5 月 首都高速道路公団 (以下、首都高速要領と称す)

表 - 3.1 内空断面の基本条件

項目			<u>农 - 3. 1</u> 設定値	説明							
T				H/U -7.3							
幅	車線幅員	3500mm		設計要領(1)p.8の表2.3.1に基づき設定する。							
員	路肩(左右)幅員		750mm								
建築限		・高さ	: 900mm(700mm)	設計要領(1)p.8の表2.3.1に基づき設定する。							
	上部隅角部		: 750mm	高さは、規定値700mmに将来のオーバーレイ等を考慮した余裕代							
		ТЕ	. 700111111	200mmを加えた値とする。							
		• 声道	部:4700mm	設計要領(1)p.8の表2.3.1に基づき設定する。							
		千 但 1	(4500mm)	建築限界の規定値4500mmに、将来のオーバーレイ等を考慮した							
界	高さ		(430011111)	余裕代200mmを加えた値とする。							
	同C	・肩部	: 3850mm	建築限界の規定値4500mmから上部隅角部の規定高さ700mmを差							
				し引いた値に、路肩部のオーバーレイ等を考慮した余裕代50mm							
				を加えた値とする。 設計要領(1)p.8の図2.3.4に準拠。							
==	5年11日 クロ甘べく	・高さ	: 4100mm + 50mm	監視員通路の壁前面及び監査廊縁石の前面で、高さ4.1mを確保							
	両制限令に基づく 	・覆工	内面との余裕:	し、オーバーレイ及び施工に対する余裕等の50mmを考慮した高							
対原	ŗ,	50mm ²	程度以上	さとする。 設計要領(1)p.18の図2.3.10(b)に準拠。							
			施工余裕代: 50mm	首都高速要領を準用する。							
	築限界と覆工内面と	450		 シールドの施工誤差要因のうち、影響の大きいマシンの蛇行							
建築				量の施工実績を調査して設定されている。							
のき	余裕代	150mm	内装及び耐火								
			工設置代:	<u>首都高速要領</u> を準用し、設置余裕代として100mmを設定する。							
			100mm	内装工の浮かし幅は10cm以下							
		・高さ	: 2000mm	設計要領(1)p.177~178の監視員通路に基づき設定する。							
E/-→	日日、子の	・幅 : 750mm		監視員通路前面には、30mmの内装余裕を見込む。							
監介	見員通路	・設置	高さ : 900mm								
		・内装余裕代:30mm									
				首都高速要領を準用する。							
非常	常用設備の設置空間		: 940mm	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・							
		・幅 :480mm		ある仕様寸法を参考とした。							

: 首都高速要領準用

	:	今後の検討により縮小の可能性がある項目
--	---	---------------------

(2) 建築限界及び車両制限令

(a)建築限界等

道路構造令に規定する3車線断面の建築限界、監視員通路、非常用設備等の設置空間を確保する。

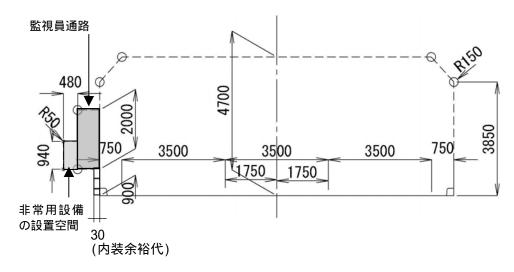


図 - 3.1 建築限界等の確保

(b) 車両制限令

車両制限令に定める車高規制(背高コンテナ等の通行)に対応するため、路肩部の内空断面を確保する。

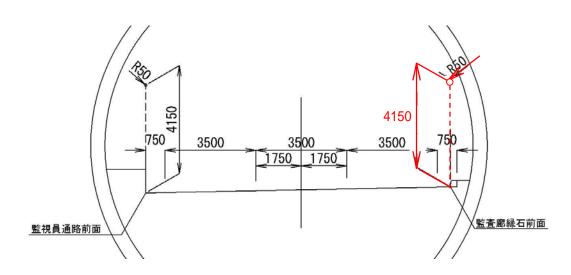


図 - 3.2 車両制限令への対応

(3) 必要内空断面

シールドトンネルの必要内空断面は、対象区間の横断勾配に対し、建築限界、監視員通路、施工余裕代等が包含できる断面とする必要がある。

本検討においては、前述の与条件を踏まえた最大径として必要内空断面を検討する。その結果、必要内空 断面は 14.2m となる。

なお、内空断面の縮小については今後の検討課題として整理する。

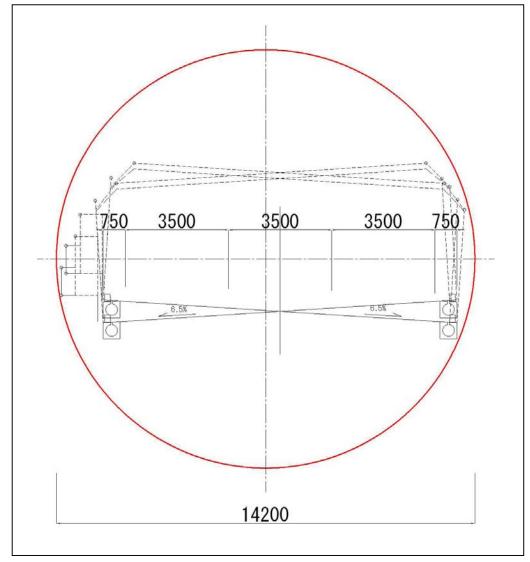


図 - 3.3 必要内空断面

3.1.2 セグメント厚の概略検討

(1) 施工実績によるセグメント厚の検討

R C セグメントを採用したシールドトンネルの施工実績から、セグメント外径(Do)とセグメント厚(h)の関係(外径比)を整理すると、図 - 3.4 のとおりとなる。

このうち、国内の実績($Do=10 \sim 13m$)に着目すると、セグメント外径とセグメント厚の関係は $h/Do=3.5\% \sim 4.0\%$ となっている。

横浜環状南線において、RCセグメントの平均的な外径比を適用した場合、セグメント厚は h=550mm となる (外径比=3.7%)。

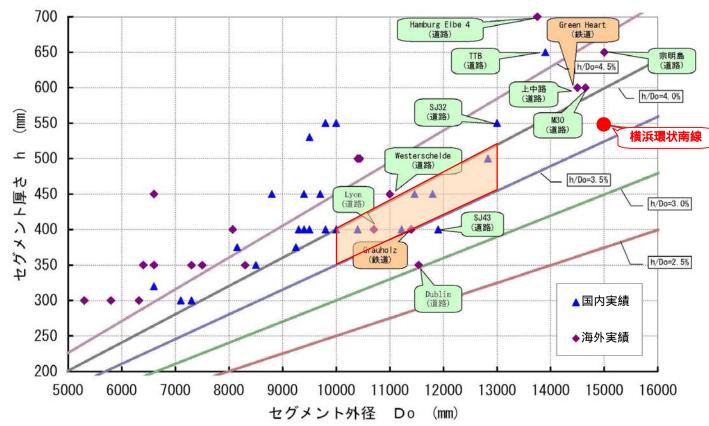


図 - 3.4 セグメント外径とセグメント厚さの関係(RC)

しかしながら、RCセグメント(h=550mm)を適用した標準断面について検討したところ、用地幅の狭い区間においてはトンネル相互が干渉した。

このため、セグメント厚の縮小が期待できる合成セグメントの可能性について検討する。

合成セグメントの施工実績から、セグメント外径とセグメント厚との関係を整理すると、 $h/Do=2.5\%\sim3.0\%$ となっている(図 - 3.5)。

横浜環状南線において、合成セグメントの平均的な外径比を適用した場合、セグメント厚は h=400mm となる (外径比=2.7%)。

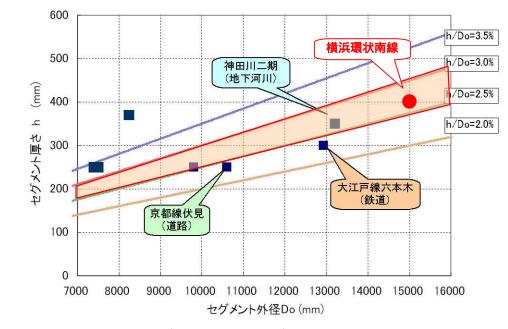


図 - 3.5 セグメント外径とセグメント厚さの関係(合成)

合成セグメントを適用した場合の標準断面図を図 - 3.6 に示す。

本検討では、トンネル相互の離隔が確保され、用地幅の狭い区間においても干渉しない合成セグメントを基本案とし、最終的なセグメント構造については、今後の詳細な検討により決定するものとする。

なお、シールドトンネルの二次覆工については、最新の技術動向、施工実績等を踏まえ、当該トンネルに おいては省略するものとする。

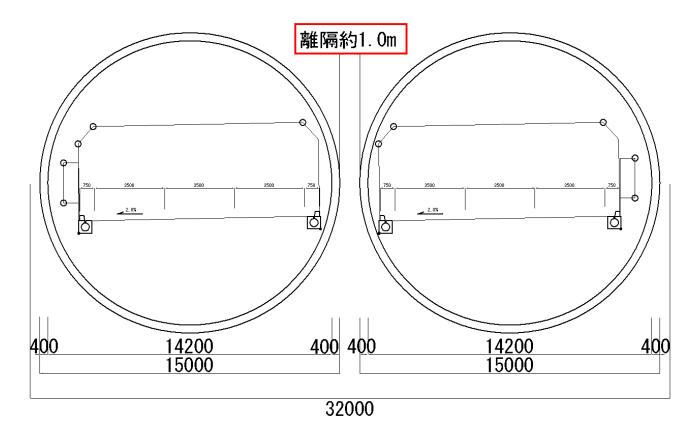


図 - 3.6 標準断面図

3.1.3 大断面シールドトンネルの施工実績

国内外の大断面シールドの施工実績を図 - 3.7 に示す。

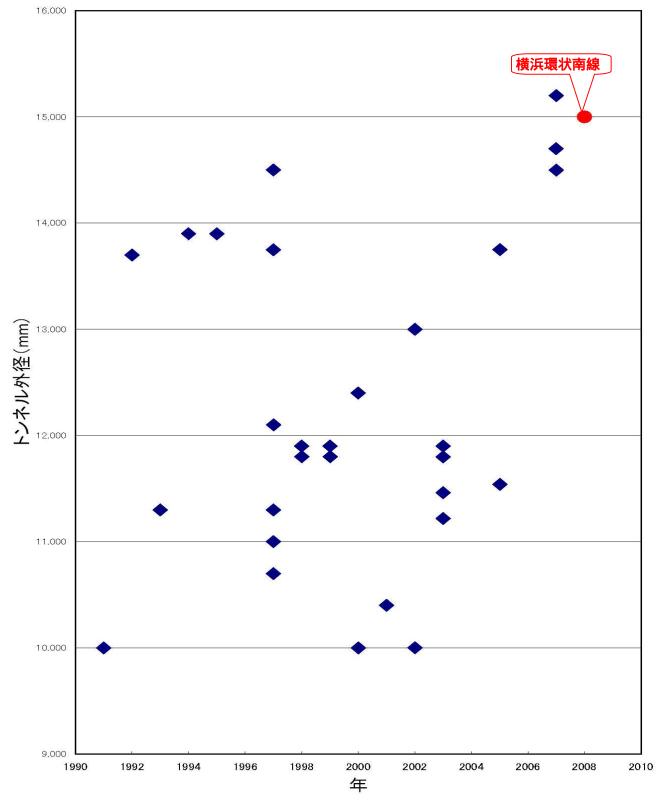


図 - 3.7 大断面トンネルの施工実績

4. 検討区間の特徴及び検討すべき課題

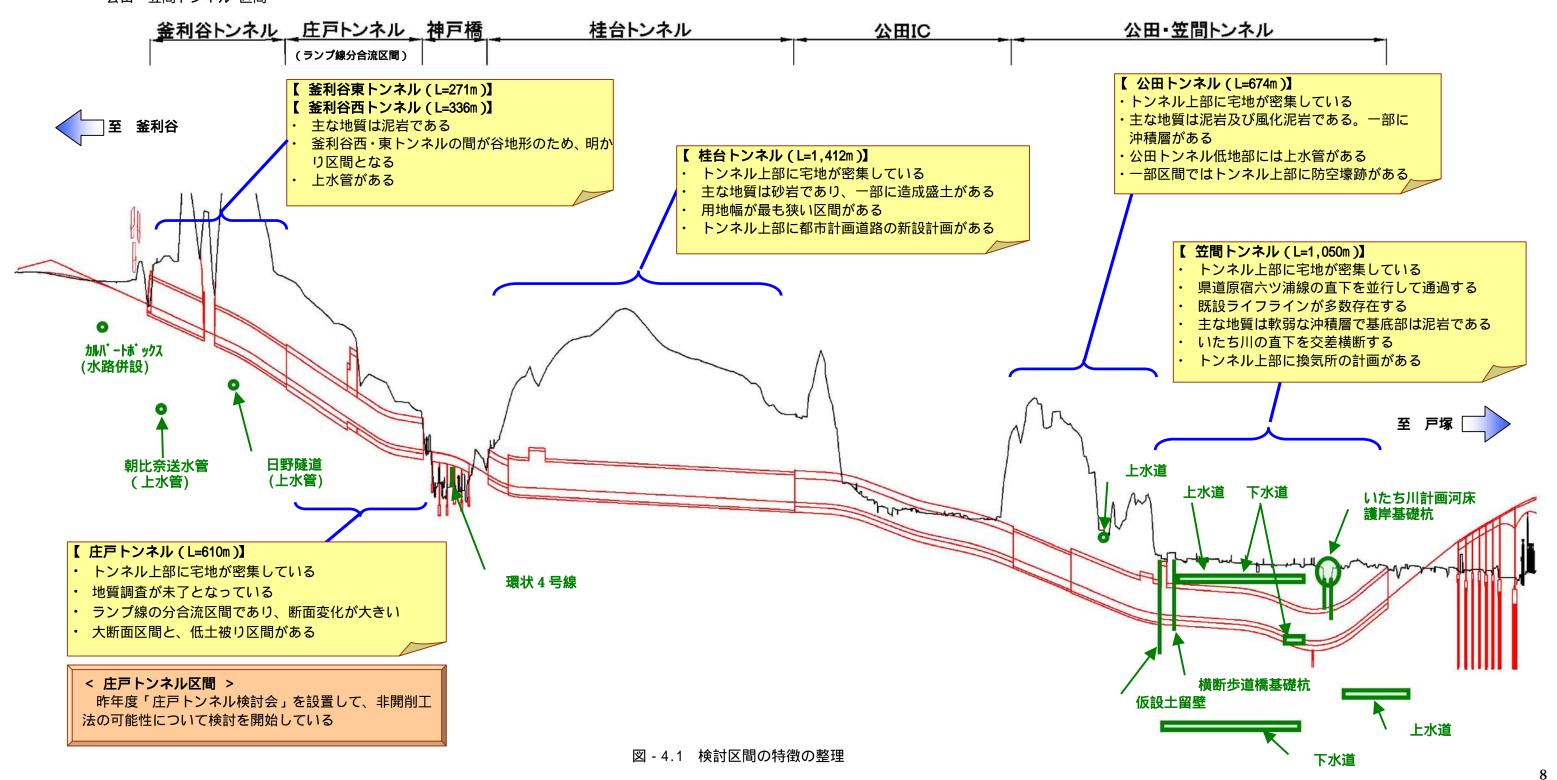
4.1 検討区間の特徴の整理

検討区間の特徴を現計画の縦断図に整理した(図-4.1)。

現計画の縦断イメージ

釜利谷トンネル区間 庄戸トンネル 区間 桂台トンネル 区間

公田・笠間トンネル 区間



· 避難方法等 検討区間の特徴を踏まえ、課題を抽出した(図-4.2)。 ・避難設備及び非常駐車帯の設置位置、規模・構造 立坑の設置位置、規模・構造等 現計画の縦断イメージ ・ 地下水への影響検討 · 施工計画、工程計画等 釜利谷トンネル 庄戸トンネル 神戸橋 桂台トンネル 公田IC 公田・笠間トンネル (ランプ線分合流区間) 【 釜利谷東トンネル (L=271m)】 【 釜利谷西トンネル (L=336m)】 ・ 山岳区間としての検討 【 桂台トンネル (L=1,412m)】 ・ 本線とランプの併設影響の検討 ・ 地表面への影響検討 ・ トンネル上下線が近接する区間の影響検討 至 釜利谷 【 公田トンネル (L=674m)】 ・ 地表面への影響検討 【 笠間トンネル (L=1,050m)】 ・ 地表面への影響検討 既設ライフラインへの近接影響の確認 カルバ・ートホ・ックス ・ 軟弱地盤での影響検討 (水路併設) 朝比奈送水管 上水道 日野隧道 (上水管) (上水管) 上水道 下水道 いたち川計画河床 護岸基礎杭 【 庄戸トンネル (L=610m)】 環状 4 号線 ・ 地表面への影響検討 ・ 断面変化が大きい区間の対応 ・ 大断面区間の対応 ・低土被り区間の対応 「非開削工法」の可能性は、地質調査が未実施 のため、検討未了 横断步道橋基礎杭 仮設土留壁 上水道 下水道

4.2 検討すべき課題の抽出

< 全区間共通の検討課題 >

・ 断面縮小の可能性

図 - 4.2 検討すべき課題の抽出

5. シールド工法の検討手法

5.1 セグメントの構造検討

5.1.1 検討の目的

シールドトンネルの覆工構造は、土・水圧荷重、近接施工の影響(施工時の付荷荷重)等を考慮して、は リ・ばねモデルによる単設断面力に、FEM解析により求めた併設時の増分断面力を加算し、これを設計断 面力として定量的に求める。

5.1.2 セグメント構造検討フロー

以下に、セグメント構造解析フローを示す。

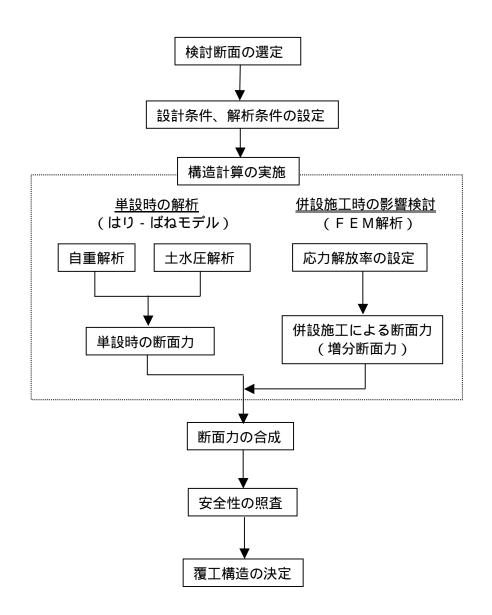


図 5.1 セグメント構造検討フロー

5.2 地盤変位の影響検討

5.2.1 検討の目的

シールドトンネルの施工に伴い、周辺地盤に及ぼす影響をFEM解析により定量的に検討する。

5.2.2 影響検討フロー

以下に、影響検討フローを示す。

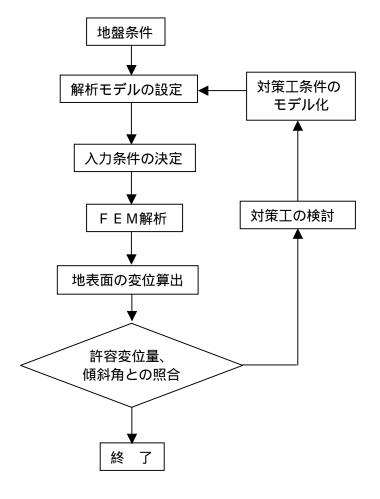


図 5.2 影響検討フロー

5.3 近接施工の影響検討

5.3.1 検討の目的

トンネル間の離隔が最も厳しい条件に対して、FEM解析によりトンネル間地山の安定性の確認を行う。

5.3.2 近接影響検討フロー

本解析は、近接・併設シールドトンネルの構築に伴う地山応力の変化に着目した検討であるため、シールド掘進時に加えて、セグメント組立時の応力解放も考慮した解析を行う。以下に、解析フローを示す。

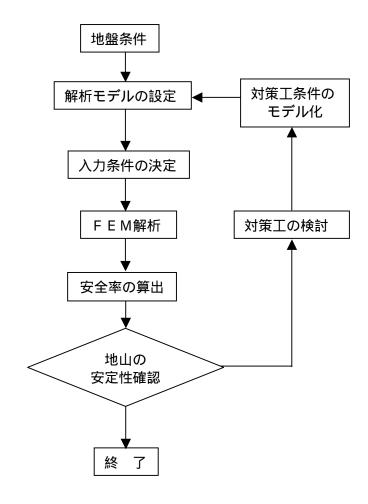


図 5.3 近接影響検討フロー