

都 市 型 ト ン ネ ル 施 工 技 術 検 討 会

第 4 回 検 討 会

資 料
(概要版)

平成20年12月25日

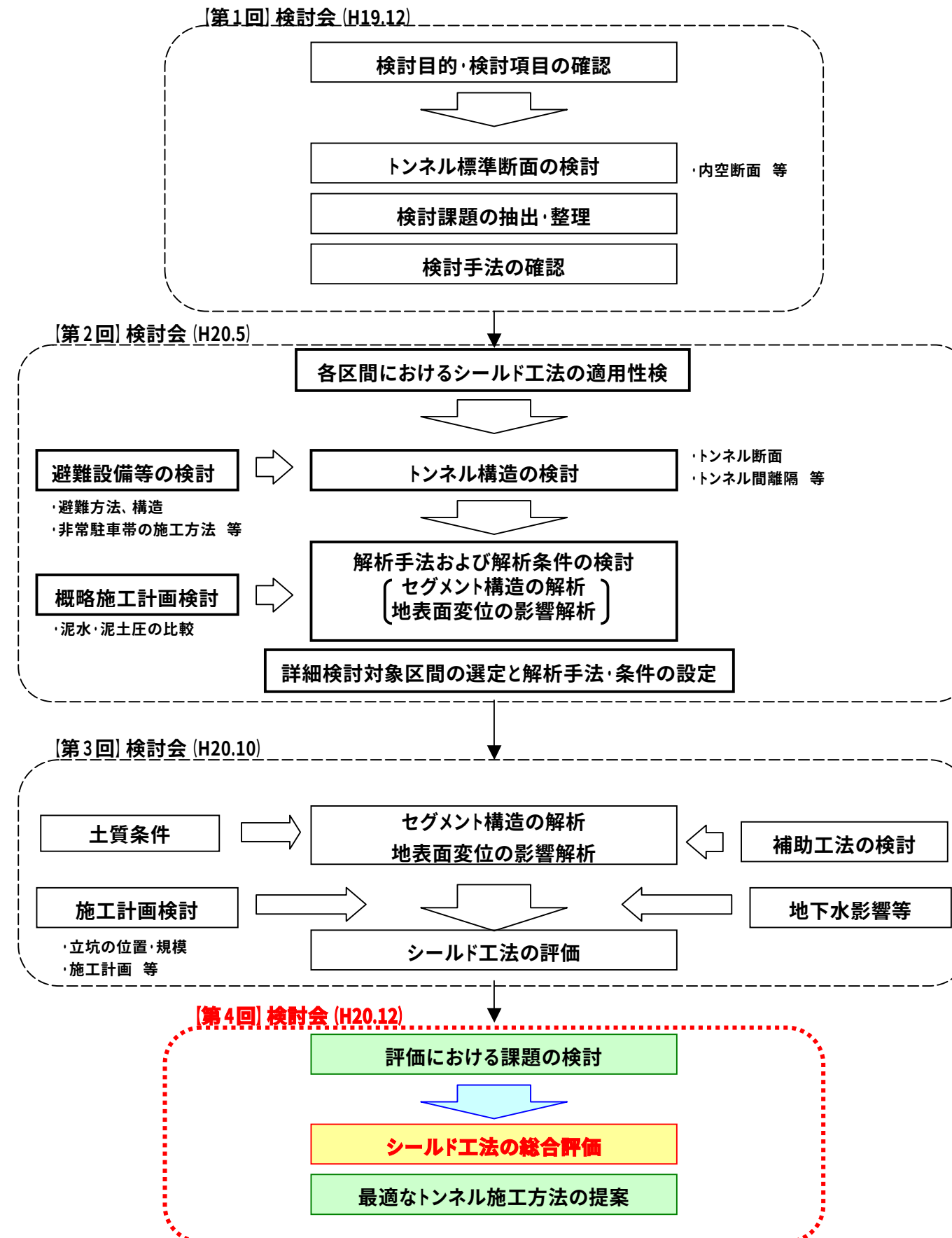
東日本高速道路株式会社 関東支社 横浜工事事務所

財団法人 高速道路技術センター

目 次

◆ 検討フロー	1
◆ シールド工法の適用に向けた設計・施工上の検討課題	2
1. 住環境ならびに周辺環境への影響抑制	3
2. 特殊構造部とその施工にともなう周辺への影響抑制	5
3. 工事中のモニタリングの実施	6
4. 既設の重要構造物に対する影響検討	8
5. 耐震性の検討	10
6. セグメントの細部構造検討	11

◆ 検討フロー



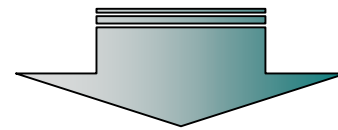
◆ シールド工法の適用に向けた設計・施工上の検討課題

【 桂台トンネルならびに公田・笠間トンネルへのシールド工法の適用に向けた設計・施工上の課題 】

これまでに、横浜環状南線で計画されている各トンネル区間に対してシールド工法の適用性を検討した結果、桂台トンネル、公田トンネル、笠間トンネル区間については、シールド工法の適用性があると判断された。

- 【 釜利谷地区 】 ・本線 4 本、ランプ 2 本の比較的短いトンネルに分割されており、シールド工法を採用した場合、それぞれのトンネルごとに発進・到達設備が必要となること、本線とランプとは断面が異なるため別のシールドマシンが必要となること等、施工の合理性、効率性が非常に低いため、シールド工法での施工には適さない。
- 【 庄戸トンネル区間 】 ・土被りが非常に小さく、一部区間ではシールド断面が地上に出てしまうこと、計画幅内ではトンネル間離隔を確保できないこと等から、円形シールドによる施工ができない。また、分岐・合流のため断面変化を行う必要があり、単一断面のシールド工法で施工することができないこと等から、シールド工法での施工には適さない。
- 【 桂台トンネル区間 】 ・全線にわたり地盤強度の大きい地盤を通過し、土被りも十分確保されており、シールド工法の適用性がある。
- 【 公田トンネル区間 】 ・全線にわたり地盤強度の大きい地盤を通過し、土被りも十分確保されており、シールド工法の適用性がある。
- 【 笠間トンネル区間 】 ・一部区間において沖積層を通過するものの、土被りを確保することによりシールド工法の適用性がある。

横浜環状南線の計画されている周辺地域は閑静な住宅地であることを重視しなければならないことから、周辺環境に対して適切な配慮が必要である。今後実施する設計および施工に際し、引き続き以下の事項について検討を行う必要がある。



1. 住環境ならびに周辺環境への影響抑制

シールド発進立坑の近傍は閑静な住宅地であることから、シールド工事用ヤードの計画に際しては住環境に配慮した対策を講じる必要がある。また、当該工事の実施に際して、道路の切廻しや既設埋設物等の移設が必要な場合は、関係機関と十分に協議し、最適な方法を選定する必要がある。

⇒ 大気汚染・水質汚濁の対策、騒音・振動の抑制対策 など

2. 特殊構造部とその施工にともなう周辺への影響抑制

非常駐車帯などの特殊な構造を有する箇所について、その構造および配置計画について検討する。

また、特殊な構造を有する箇所（特殊部）は一般部のシールドトンネル区間に比べて掘削する範囲が大きいため、施工中に周辺地盤への影響が懸念される。このため、施工に際しては、周辺地盤に及ぼす影響程度を予測し、安全かつ確実な施工法を選定すること。

⇒ 非常駐車帯の配置、影響予測解析、対策工の検討 など

3. 工事中のモニタリングの実施

当該工事の実施期間中は現場計測等を実施し、周辺環境が守られていることを確認すること。

⇒ ITを活用した計測施工監理体制、計測・観測方針の検討 など

4. 既設の重要構造物に対する影響検討

当該トンネル区間では、重要構造物（送電線鉄塔、いたち川、上下水道に代表されるライフライン、歩道橋基礎など）が点在している。当該シールドトンネルの構築にともない、これらが保有する性能・品質および機能を低下させることのない、適切な施工計画を立案すること。

⇒ 既設の重要構造物に対する影響程度の検討、対策工の検討 など

5. 耐震性の検討

当該地域は、三浦半島断層群や伊勢原断層帯を震源とするM7以上の直下型地震ならびにプレート境界型地震が発生する可能性がある。このため、桂台トンネル区間ならびに公田・笠間トンネル区間の地盤特性を考慮して大規模地震に対する影響を検討し、シールドトンネルの耐震性を評価すること。

⇒ 当該地域の地盤特性を考慮した耐震検討の必要性評価、耐震設計（必要に応じて対策工の検討） など

6. セグメントの細部構造検討

本検討会では、シールドトンネルの適用性を評価する指標として、当該トンネル特有の超近接かつ併設の条件を考慮した覆工構造を検討し、構造の成立性を評価した。ただし、細部構造には触れていないことから、実施工に向けて、想定される各種の荷重を考慮した構造設計を実施し、セグメントの細部構造を決定すること。

⇒ 施工時荷重の影響、セグメント分割・形状の設定、継手型式の選定 など

1. 住環境ならびに周辺環境への影響抑制

施工に際しては環境基準を遵守し、必要に応じて周辺環境への影響抑制対策を講じるものとする。当該事業の「工事中」において影響を予測・評価すべき環境項目を表-1.1に示す。

これらの環境項目に対して、立坑工事およびシールド工事において環境保全を遵守するための対策等を以下に記す。

なお、その他の区間（開削区間、橋梁区間、土工区間）についても、環境影響評価書に基づき必要な対策を講じる必要がある。

表-1.1 影響を予測・評価すべき環境項目

時 期	予測・評価すべき環境項目
工事中	土工、擁壁工、橋梁工、トンネル工、舗装工、運搬工によって
	<u>「大気汚染」、「水質汚濁」、「騒音・振動」、</u> <u>「地盤沈下」、「廃棄物」、「水象」、「地域社会」</u> に影響を及ぼすことが考えられる。

＊）出典：「高速横浜環状南線〔金沢区金利谷町～戸塚区汲沢町（横浜市区）〕環境影響評価書」（平成6年12月、神奈川県）

◆ 水質汚濁

環境保全目標：公共用水域の水質保全上支障を及ぼすものでないこと。

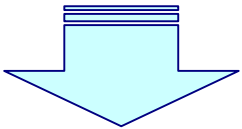
【遵守基準類とその対応（環境影響評価）】

(1) トンネル工、橋梁工（橋脚工事）、擁壁工等

掘削工事等に伴って発生する濁水による河川の水質（SS、pH）への影響が考えられるが、必要に応じ適切な濁水処理施設を設置し、神奈川県公害防止条例に基づく排水基準を遵守する。

(2) 土工（切土、盛土）

降雨時に濁水が発生し、河川の水質（SS）に影響を及ぼすことが考えられるが、できるだけ早期にのり面の緑化を行い、土砂の流出を防止するとともに必要に応じ、濁水を一時的に貯留し、土砂を沈殿させる処理施設を設置する。



【シールド工法に変更した場合の環境保全措置】

- ・ 環境影響評価に基づき、必要な対策を講じる。
- ・ 濁水処理設備を設置し、適切な処理（PH調整、SSの除去）を行う。

◆ 大気汚染

環境保全目標：現況大気質の保全に努める。

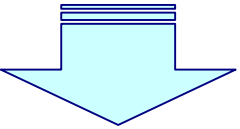
【遵守基準類とその対応（環境影響評価）】

(1) 工事に伴う粉じん及び排気ガス

掘削、盛土等の土工工事においては、粉じんの発生が考えられるが、工事に用いる建設機械は一般の工事に用いられるものであり、かつ点在的な稼働となるため、周辺に与える排出ガスの影響は小さいものと考えられる。

(2) 工事用車両からの排出ガス及び土砂運搬に伴う粉じん

一般街路（(主)原宿六ツ浦線、(主)横浜鎌倉線）を経由する路線での、工事最盛期の1日当り発生集中台数は、現況の一般車両台数と比較しても乗用車換算で3～11%程度である。このため、工事用車両の走行が周辺の現況大気質に与える影響は小さいものと考えられる。



【シールド工法に変更した場合の効果、環境保全措置】

- ・ 開削工法からシールド工法に変更することにより、掘削時に発生する粉じんが抑制される。
- ・ さらに、掘削土量が減り、土砂運搬車両台数が減少することにより、工事用車両から発生する排出ガスおよび土砂運搬に伴う粉じんが抑制される。
- ・ 排出ガス対策型建設機械の使用、土砂運搬時の飛散防止対策の実施、残土搬送設備の検討により、発生する排出ガスおよび土砂運搬に伴う粉じんが抑制される。

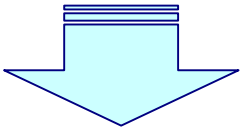
◆ 騒音・振動

環境保全目標：騒音（振動）規制法に基づく「特定建設作業に伴って発生する騒音（振動）の規制に関する基準」を遵守する。また、特定建設作業以外及び工事用車両についても極力影響を生じないようにする。

【遵守基準類とその対応（環境影響評価）】

道路用地境界における騒音レベルは85(dB(A))以下、振動レベルは42～72dBとなり、環境保全目標を満足する。

なお、工事の実施にあたっては、必要に応じて鋼製フェンスの設置、複数機械の同時稼働を極力避ける、さらに、低騒音工法、低騒音型機械を開発状況に応じて導入する等、騒音（振動）による影響を最小限にとどめるように配慮する。



【シールド工法に変更した場合の効果、環境保全措置】

- ・ 開削工法からシールド工法へ変更することにより、土留め工等による騒音・振動を低減できる。
- ・ 防音設備（防音建屋・防音壁）の設置により、騒音あるいは低周波音を低減できる。
- ・ 低騒音、低振動型機械の使用により、工事用車両あるいは機械等による騒音・振動を低減できる。
- ・ 工事施工中の騒音・振動調査を行う。

◆ 地盤沈下

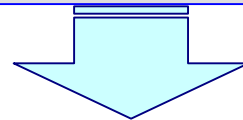
環境保全目標：住居等に有害な影響を与えないこと。

【 遵守基準類とその対応（環境影響評価） 】

軟弱地盤地帯と考えられる「公田谷部地区」、「笠間地区」、「田谷地区」を通過することとなるが、工事にともなう地下水の排出を最小限に抑える等、地盤沈下に係る保全対策を講じるため、周辺に与える影響は小さいものと予測される。

また、「庄戸・上郷地区」、「公田丘陵部」の各トンネル構造区間についても掘削に伴う地盤の緩み等を最小限に抑える保全対策を講じるため、周辺に与える影響は小さいものと予測される。

したがって、地盤沈下による有害な影響を周辺地域の住居等に及ぼすことはないと考えられる。



【シールド工法に変更した場合の効果、環境保全措置】

- ・ 一般的なNATM、開削工法に比べて地下水の排出がほとんどないため、地下水位の低下に起因する地盤沈下は非常に小さいと考えられる。
- ・ トンネル掘削による地盤変状も、想定されるトンネル施工法の中で非常に小さいと考えられる。
- ・ 工事にあたっては、住居等に有害な影響が生じていないことを確認するため、必要に応じて日常管理として工事着手前から工事終了まで地下水位の計測、地表面の沈下計測を行う。

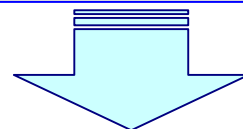
◆ 廃棄物（建設発生土）

環境保全目標：適切な廃棄物の処理・処分が行われること。

【 遵守基準類とその対応（環境影響評価） 】

掘削工事に伴う残土は約 410 万 m³(鎌倉市域を含む)である。残土の発生は、工事最盛期において全区間の合計で約 9 万 m³/月となるが、原則として、現場内に長期にわたり放置しない等、残土搬出を計画的かつ効率的に行うため、特定の路線に一時的に集中することはない。

また、搬出にあたっては、原則として、工事区域内道路、幹線道路を利用するものとし、また、残土運搬車両への飛散防止カバー設置等の実施、処分にあたっては他事業への造成材や埋立処分地への活用を行うことにより、周辺地域の生活環境に著しい影響を及ぼすことはないと予測される。



【シールド工法に変更した場合の効果、環境保全措置】

- ・ シールド工事から搬出される掘削土砂は開削トンネルに比べ削減される。
- ・ シールド工事から搬出される掘削土砂は法令等に基づき適切な処理を行う。
- ・ 一般残土および産業廃棄物については他事業への有効活用を含めて処分量の低減を図る。

◆ 水象

環境保全目標：水利用に著しい影響を生じないこと。

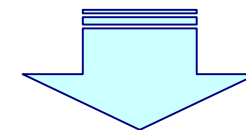
【 遵守基準類とその対応（環境影響評価） 】

工事中における水利用への主な影響として、計画路線による地下水脈の遮断、地下水位の低下によって引き起こされる井戸水の枯渇が考えられる。

高架構造、掘削構造及び開削トンネル構造で施工する際は、影響を及ぼす可能性のある地区について、あらかじめ井戸調査するとともに、止水性の高い土留め工法を採用すること等により、地下水位の低下を最小限にとどめる。また、地下連続壁等の施工をブロック状に行い、工事中の地下水脈の遮断に配慮する。

一方、山岳トンネル構造で通過する区間についても、止水性の高い工法を採用する。

従って、工事の実施が水利用に与える影響は小さく、環境保全目標は達成できるものと考えられる。



【 シールド工法による効果、環境保全措置 】

以下の理由により、工事の実施が水利用に与える影響は非常に小さいと考えられる。

- ・ シールド工法は止水性に非常に優れた工法であり、地下水のトンネル内への排出はほとんど発生しない。
- ・ 地下水脈の遮断についても、地表面から深い位置まで広範囲に連続して壁を構築することはないことから、その影響は非常に小さい。

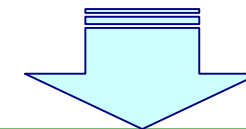
ただし、工事着手前および工事中には必要に応じて路線周辺の井戸調査等を行い、工事の影響を把握する。

◆ 地域社会

環境保全目標： 1. 地域住民等の安全性の確保
2. 道路交通の安全性の確保
3. 工事中の事故防止
4. 工事中の地域分断の回避

【 遵守基準類とその対応（環境影響評価） 】

工事に際しては、地域住民への説明会を通して理解と協力を得るよう努めるとともに、安全施工がなされるよう、慎重な検討と十分な施工管理を行い、工事及び周辺に対する安全性を確保するため、環境保全目標は達成できるものと考えられる。



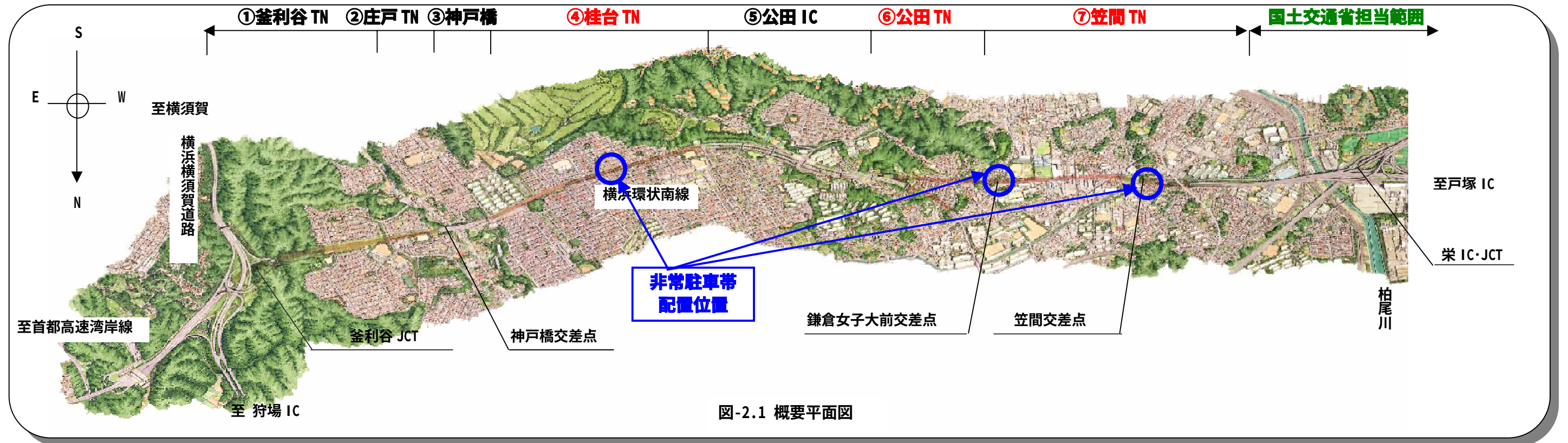
【 シールド工法による効果、環境保全措置 】

- ・ 笠間地区を開削工法からシールド工法に変更することにより、現道の切り回しが不要となるため、地域分断等の影響が軽減され、安全性が向上する。
- ・ 立坑周辺部など工事用車両の出入口付近では、第三者への安全性を確保するため、適切な対策を行う。

2. 特殊構造部とその施工にともなう周辺への影響抑制

2.1 非常駐車帯部

東日本高速道路(株)の設計要領を適用した場合、長大な道路トンネルでは、避難・防災施設として非常駐車帯を 750m 程度の間隔で設置することになる。横浜環状南線においても、トンネル延長から桂台地区に 1 箇所と笠間地区に 2 箇所程度の非常駐車帯を設置する計画である。



2.2 周辺への影響

非常駐車帯の施工は本線シールドトンネルの構築後に拡幅施工を行うなどして対処する必要がある。この拡幅施工にともなう影響は本線シールド施工による影響に付加されるため、非常駐車帯周辺地域では周辺地盤へ与える影響が大きくなると考えられる。

とくに沖積層が存在する笠間地区では掘削による地盤変状が発生しやすい状況にある。このため、非常駐車帯の拡幅施工法を選定するにあたっては、拡幅に伴う地下水への影響が最小限となる代表的な施工法に対して施工中ならびに完成後における非常駐車帯部構造を考慮した FEM 解析を実施し、周辺への影響を把握するとともに必要に応じて適切な対策工の検討を実施する。

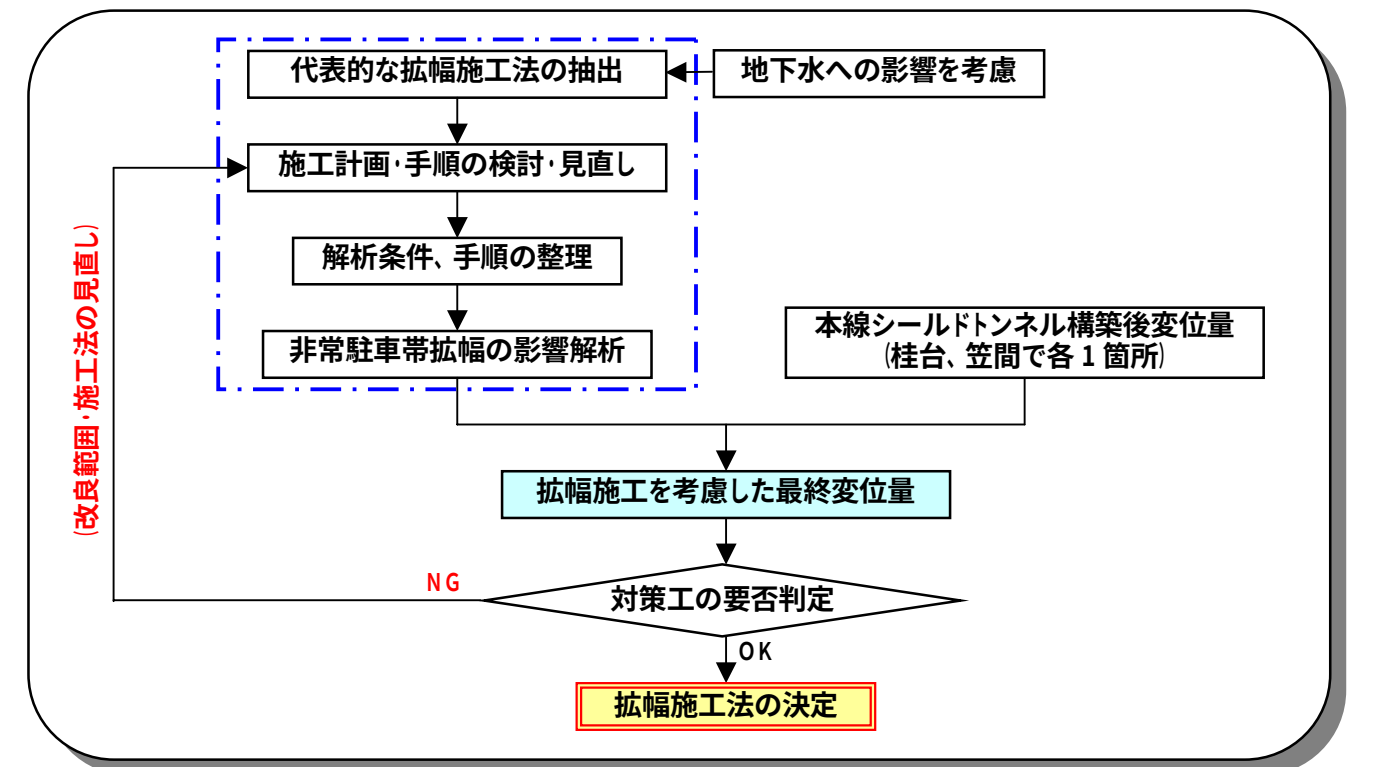


図-2.2 非常駐車帯の拡幅施工を考慮した影響解析方針

3. 工事中のモニタリングの実施

3.1 計測施工管理システムの構築

桂台トンネル区間ならびに公田・笠間トンネル区間は、全線にわたり本線トンネル同士が非常に近接しているとともに、住宅密集地域の下を通過する区間が存在する。また、重要構造物との近接施工、換気所や非常駐車帯等の切開き施工等を行う必要があり、とくに笠間地区は地盤変状の発生が懸念される沖積層が存在している。このため、環境保全および施工中の安全性を確保する目的で、事業関係者、地域社会ならびに構造物管理者と情報を共有して現場計測管理を実施することが望ましい。

I. 横浜環状南線のシールド工事特性

- ① 大断面併設施工
- ② トンネル離隔 2m 以下の超近接施工
- ③ 住宅地に近接または住宅密集地域の下を通過
- ④ 重要構造物（いたち川、埋設物など）との近接施工
- ⑤ 特殊構造部の施工（非常駐車帯など）

II. 横浜環状南線の事業特性

- ① 円滑な事業の実施と透明性の確保
- ② 地域社会への積極的な広報活動

III. 公共事業に対する主な社会的要請事項

- ① 地域社会との合意形成
・ 広報や閲覧などによる情報開示、アカウンタビリティなど
- ② 環境保全に対する十分な配慮
- ③ 施工品質の保証と施工監理の質的向上、安全性、経済性の管理、事業のスピード化
- ④ 省資源・リサイクル対策、環境負荷低減対策 など

・現場計測による施工監理
・速報性のある現場情報の説明・開示 が重要

そのためには、

IT(情報技術)を活用した合理的な計測施工監理体制 が望ましい。

- ① IT は、「いつでも」・「どこでも」・「だれでも」が基本理念であり、広報や情報伝達には最適。
- ② 工事へのIT活用のメリット：「リアルタイムによる現場情報の入手」、「遠隔地からの技術支援、技術指導が可能」、「現場情報の効率的な蓄積・活用」、「データ処理の効率化」など

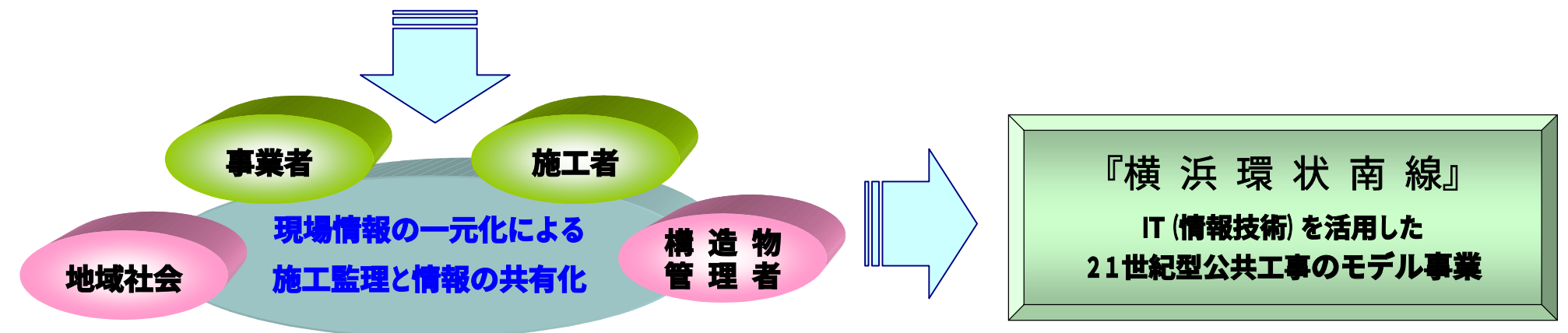


図-3.1 計測施工管理システム構築の基本コンセプト

3.2 工事中のモニタリング実施項目(案)

「環境影響評価書」によると、「工事中」において影響を予測・評価すべき環境項目として、表-3.1 のとおり選定している。
円滑な事業の実施と透明性の確保、ならびに、地域社会への積極的な広報活動を実施するためには、環境影響評価書に基づいて当該シールドトンネルの施工期間中におけるモニタリングの実施が望ましい。
シールド区間での、モニタリングの実施項目(案)を図-3.2 に示す。その他の区間(開削区間、橋梁区間、土工区間等)については、別途詳細な検討が必要である。

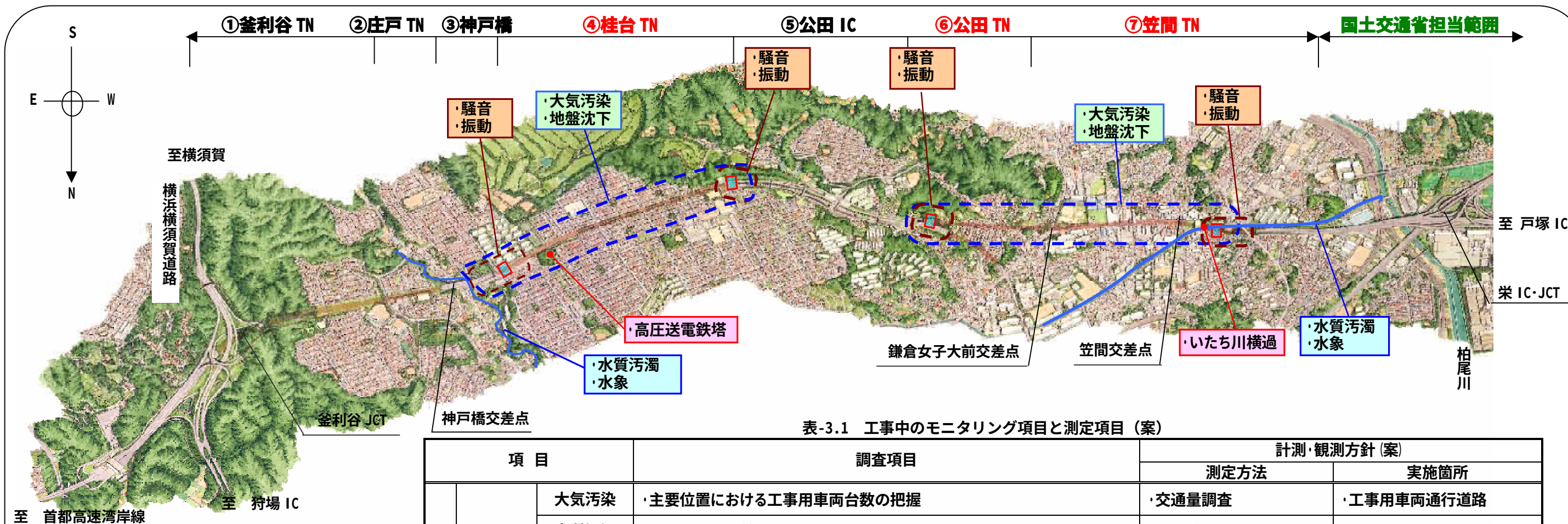


表-3.1 工事中のモニタリング項目と測定項目(案)

項 目			調査項目	計測・観測方針(案)	
				測定方法	実施箇所
環境影響評価項目	生活環境 (公害等)	大気汚染	・主要位置における工事用車両台数の把握	・交通量調査	・工事用車両通行道路
		水質汚濁	・濁水処理施設等の排出口で処理水の水質	・水質成分分析	・排出口付近
		騒 音	・工事用車両の走行および建設機械の稼働による騒音レベル	・騒音測定	・立坑近傍、開削部 ・工事用車両通行道路
		振 動	・工事用車両の走行および建設機械の稼働による振動レベル	・振動測定	・立坑近傍
		地盤沈下	・トンネル区間周辺の地下水の水位、地盤変位 ・重要構造物ならびに家屋等の損傷の有無等	・地表面変位測定 ・地中変位、傾斜測定 ・家屋状況調査	・沿線の任意箇所
	自然環境	水 象	・いたち川ならびに生活井戸、およびトンネル区間周辺における地下水の水位、地下水の水質等	・水位(水圧)測定 ・水質成分分析	・立坑近傍の河川 ・地下水は、路線周辺の任意箇所
その他	影響監視 (管理)	既設構造物	・住居および既設構造物への影響確認	・変位、傾斜測定	・対象構造物
		河 川	・いたち川護岸への影響確認	・護岸変位、傾斜測定	・いたち川横過部

図-3.2 工事中におけるモニタリングの基本計画(案)

4. 既設の重要構造物に対する影響検討

桂台トンネルおよび公田・笠間トンネルに近接する主な既設重要構造物として、表-4.1 の構造物が挙げられる。
周辺の既設重要構造物に対しては、図-4.1 に示すフローに従って、シールド施工による影響検討を行い、必要に応じて対策工を実施する必要がある。
近接施工の対象となる主な構造物の例は表-4.1 および図-4.2 に示すとおりである。

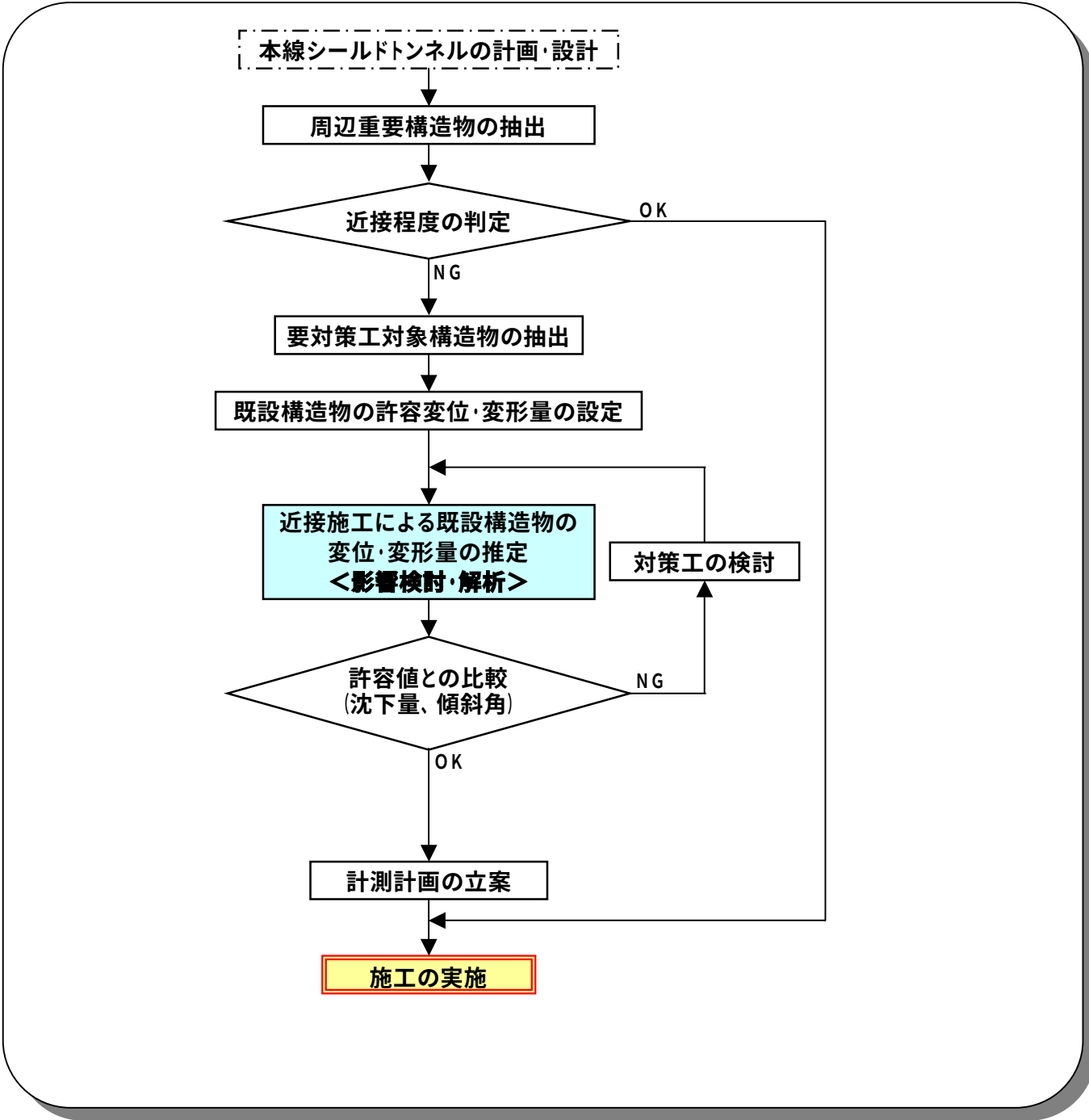


図-4.1 既設構造物に対する近接施工の影響検討方針

5. 耐震性の検討

5.1 検討方針

桂台トンネルおよび公田・笠間トンネルは、ほぼ全線にわたり地盤強度の大きい堅固な地盤（耐震検討上の基盤面）を通過するため、一般的には耐震性に問題がないと考えられる。

しかし、一部区間において、地盤強度の小さい沖積層を通過することなどから、地震動による揺れがトンネルに影響を及ぼすことも考えられる。

このため、耐震検討を実施し、地震によるトンネルへの影響の有無を把握するとともに、必要に応じて対策を行う。

また、立坑部や非常駐車帯部等といった他の箇所についても同様に耐震性の検討を行うこととする。

5.2 検討条件および手法

1) 検討条件

耐震設計の基本方針や設計地震動等に関する事項については、「日本道路協会 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成14年3月」に準拠することとする。

なお、当該トンネルにおける耐震設計上の基盤面は、地質調査結果から以下のとおり設定する。

- ・ 桂台トンネル区間 … 砂岩・泥岩互層 (Nalt), 砂質泥岩・砂質泥岩主体層 (Ns-m), 凝灰質砂岩主体層 (Nts), 砂岩層 (Ns), 泥岩～泥質砂岩主体層 (Nm-s)
- ・ 公田・笠間トンネル区間 … 泥岩・砂質泥岩層 (Oc)

2) 検討手法

トンネル横断方向および縦断方向の耐震検討は、トンネルの標準的な耐震検討手法である応答変位法によることとする。

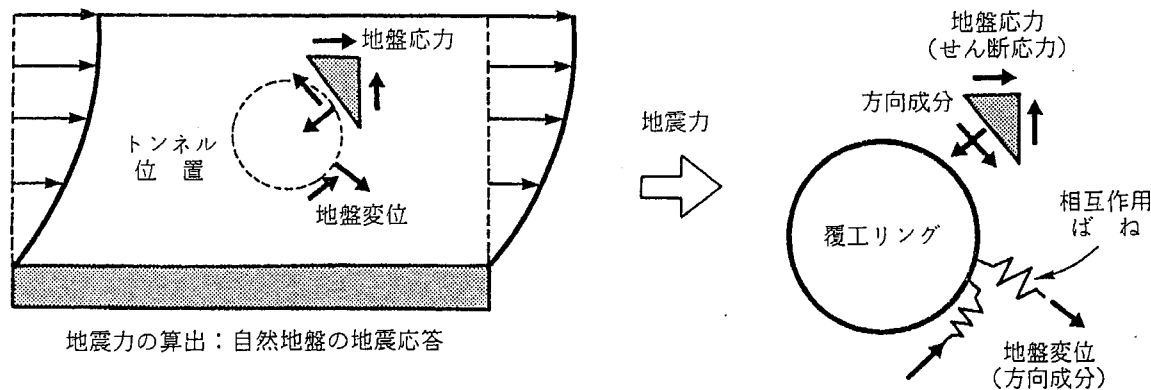


図-5.1 応答変位法による作用荷重の概念図（トンネル横断方向）

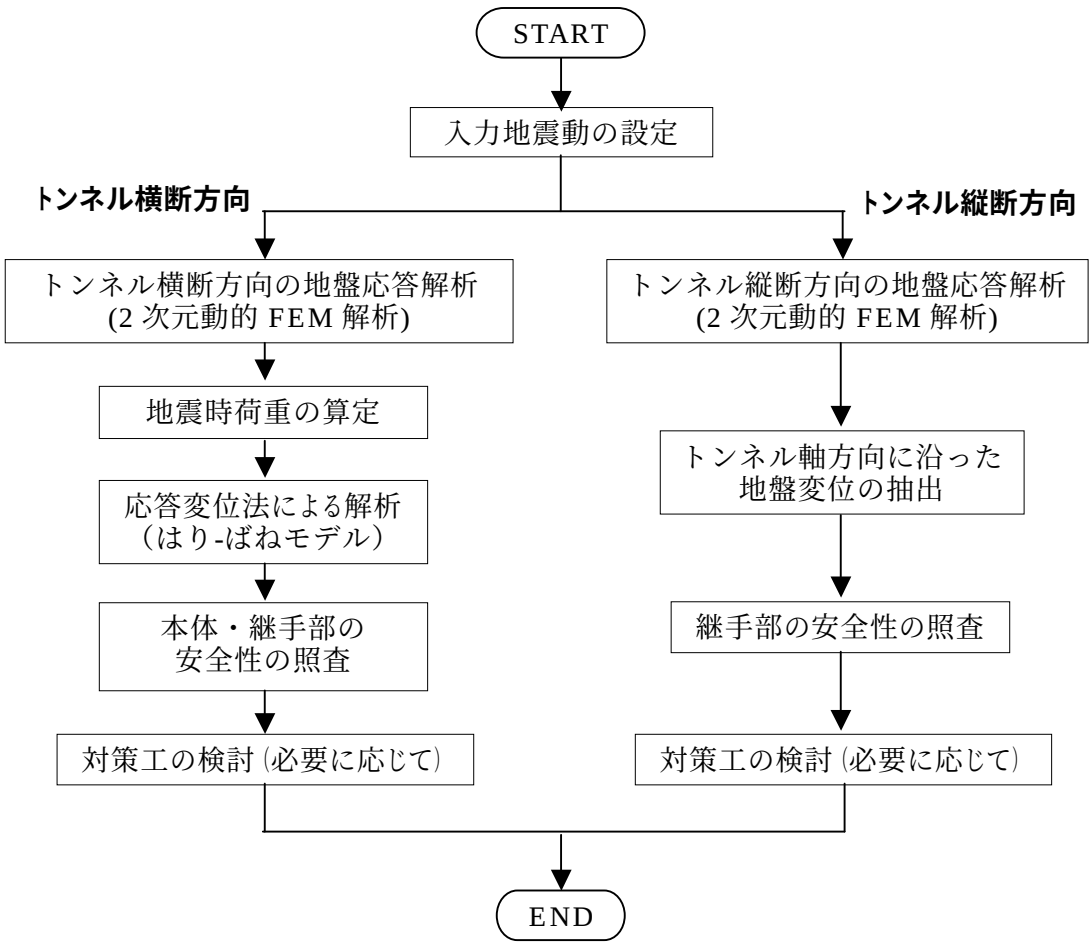


図-5.2 耐震検討のフロー

5.3 照査

セグメント本体の発生応力度および継手部の目開き量について、地震動レベルに応じた照査値を設定し、照査を実施する。

6. セグメントの細部構造検討

6.1 検討方針

第3回の検討会において、当該トンネル特有の超近接かつ併設の条件を考慮した覆工構造の成立性を評価した。しかしながら、セグメント幅、分割・形状、継手型式の選定などの細部構造についてはまだ、検討を実施していない。
そのため、今後は影響が予想される施工時荷重を考慮した構造設計を実施し、セグメントの細部構造を検討する必要がある。

6.2 影響が想定される施工時荷重の抽出

シールドトンネルでは近年、セグメントに作用する施工時荷重の影響が問題となってきた。特に、横浜環状南線のような大断面で、かつ、トンネル間離隔が極めて小さい条件において、これらの施工時荷重がトンネル構造物の耐荷性能ならびに耐久性能に影響を与える可能性が考えられる。
以上のことから、これまでの覆工構造の検討では考慮されていない施工時荷重を、今後の設計へ反映することが重要である。

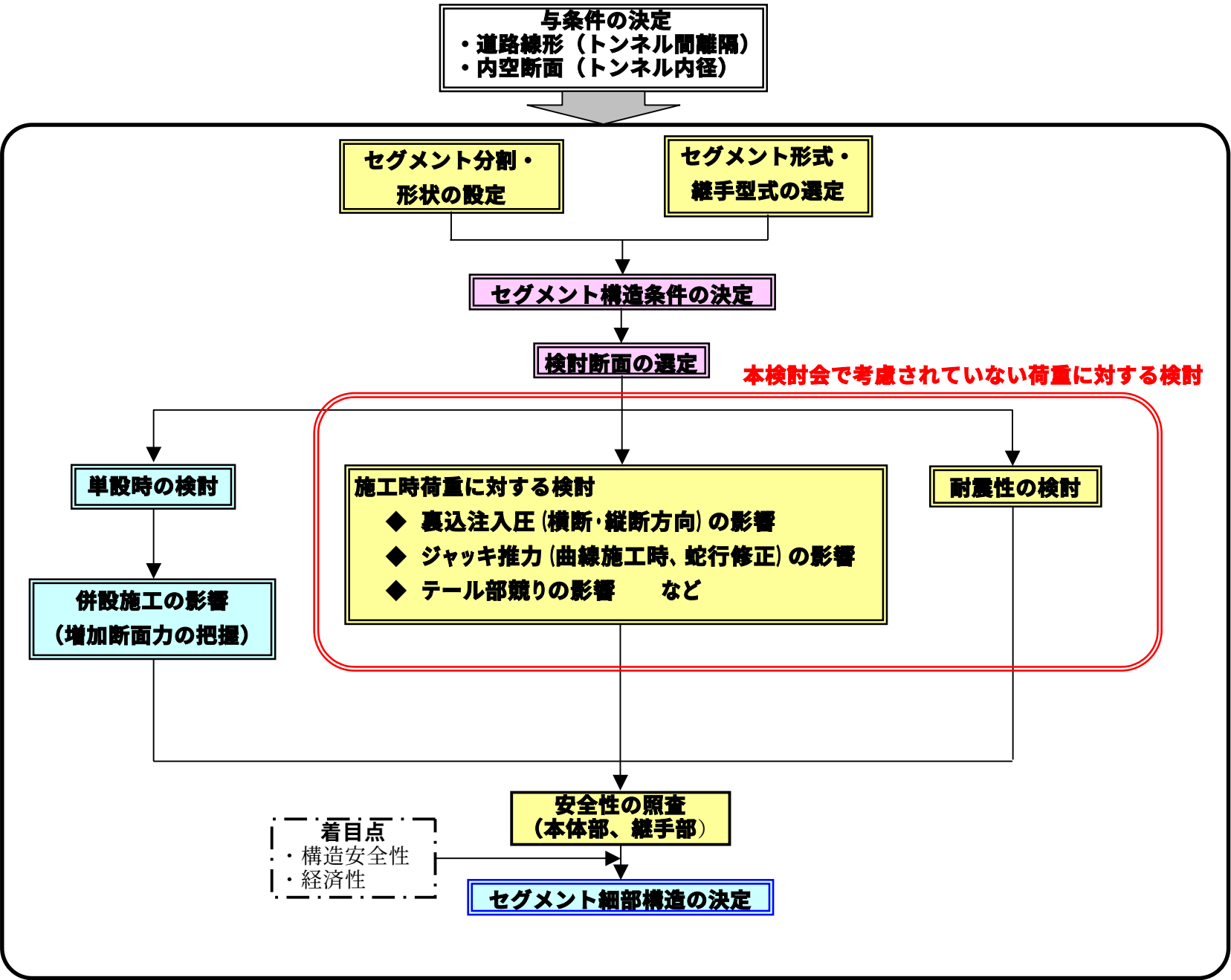


図-6.1 セグメント細部構造の検討フロー