

地質調査の必要性について

東日本高速道路(株)横浜工事事務所

平成20年1月26日

本日の説明骨子

地質調査の概要

地質調査と環境保全の関係
(平成16年8月説明資料より)

庄戸トンネルの非開削工法検討状況
(平成19年7月説明資料より)

調査箇所の選定理由

その他

地質調査の概要

地質調査の概要

何を知りたいか？



土の中の状態、地盤の強さ、固さ、重さ、地下水の状態などを調べます。

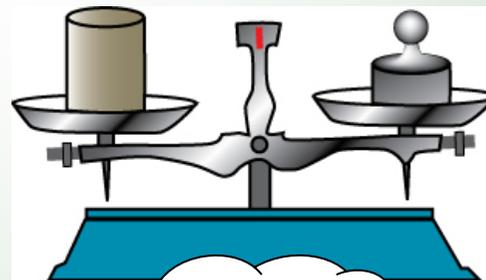
地盤の支持力

地盤の物性値

地下水の状況



地盤は強い
か？



沈下しな
いか？



液状化し
ないか？

地質調査の概要

何を知りたいか？

具体的には、地表から土の中に直径10cm程度の孔掘り、地盤の固さや地層の厚さを調べるとともに、地中の土を取り出して強さや重さを調べます。

地質調査の概要



項目	内容
土質・地質区分 地層構造の把握	ボーリング調査
	・採取した試料を直接観察し、地質構成・分布・性状を把握する。
地盤の性質の把握	標準貫入試験、孔内水平載荷試験、一軸・三軸圧縮試験、湿潤密度試験
	・掘った孔を利用して、地盤の硬さ、強さを把握する。 ・採取した試料から地盤の強さ、重さを把握する。
水理地質の把握	湧水圧試験、地下水位観測
	・地下水の有無・その箇所・透水性などを把握する ・滞水層内における地下水位の変化を把握する。

なぜ知りたいか？

トンネルの形状は、地盤の状況、土地の利用状況、換気方式、施工性等の現場の条件を考慮し決定します。また形状によりその施工方法も変わります。

	四角形	馬蹄形	円形
形状	 <p>(開削トンネルなど)</p>	 <p>(山岳トンネルなど)</p>	 <p>(シールドトンネル)</p>
断面積	小	中	大
施工方法	 <p>地表面から所定の深さまで地面を掘削し、トンネルを作った後、埋め戻す工法</p>	 <p>トンネルを横方向に掘りながら、鉄の枠やコンクリートで地山を支える工法</p>	 <p>鉄で作ったシールドと呼ばれる筒を置き、その筒の内側で前方を掘り進み、後方でコンクリート製の枠を組立てる工法</p>

なぜ知りたいか？

トンネルに必要な断面としては、車が走行する空間の他、交通安全・防災施設などを設置する空間の確保が必要となります。

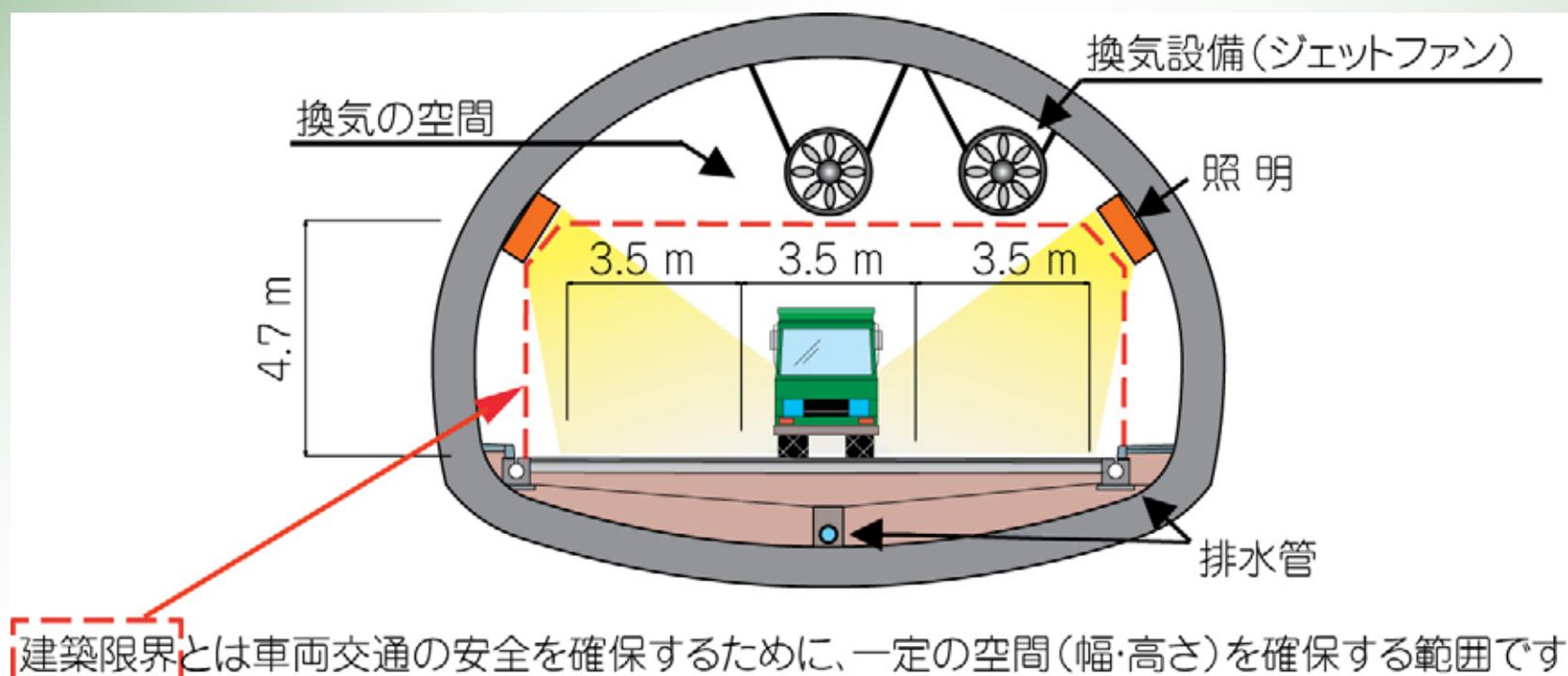
(主なもの)

道路幅員及び建築限界

照明・案内標識

換気設備

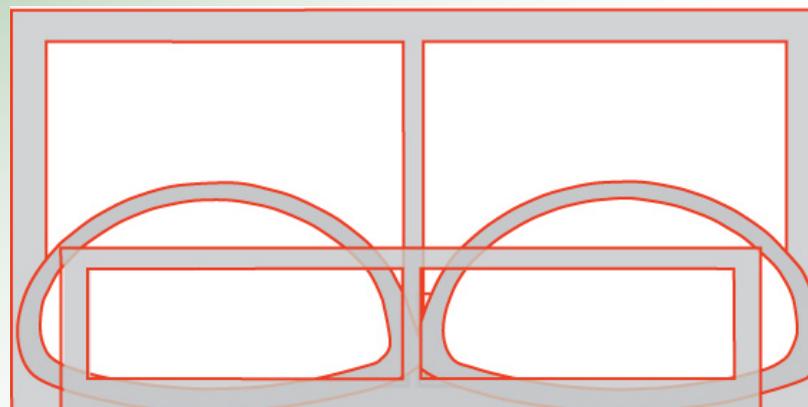
舗装・排水工など



建築限界とは車両交通の安全を確保するために、一定の空間(幅・高さ)を確保する範囲です。

なぜ知りたいか？

最適な換気検討を行うには、トンネル断面を決め、縦断勾配やトンネルの断面変化を考慮した検討を行います。



明かり部からの漏れ出し
に影響を与える主要因



車道内風速



車道内風速に影響を
与える主要因



上流側トンネルの
・断面積
・断面形状

なぜ知りたいか？

トンネルの設計は、概略の検討から詳細な検討へと段階を追って検討を行います。

・ 概略検討

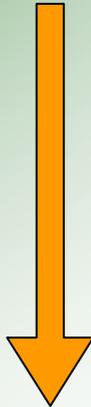
路線選定結果に基づき、トンネルの概略位置を決定。

基本的なトンネル諸元 (内空断面・換気方式・施工方法・坑口位置等) の決定。

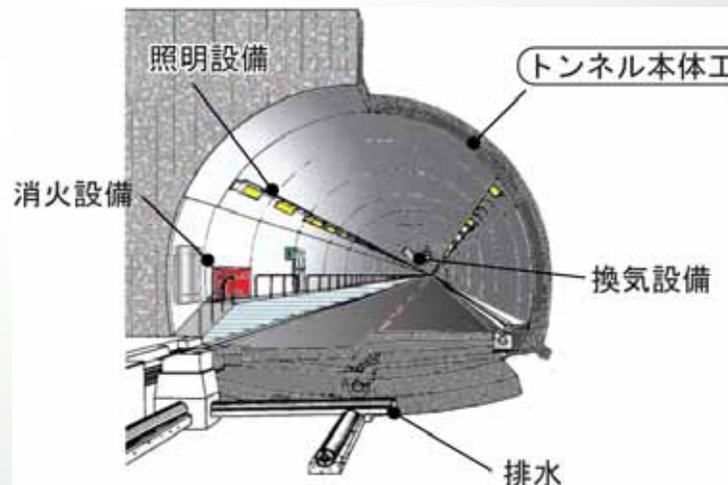
基本的なトンネル構造 (換気構造・トンネル標準断面・坑門形式等) の決定及び、概略の施工計画検討。

詳細なトンネル構造 (地山分類別トンネル断面・排水工等) の決定及び、工事に必要な詳細数量と施工計画の決定。

設計精度の向上



・ 詳細検討



トンネルの諸設備に関しては、各段階に応じて検討



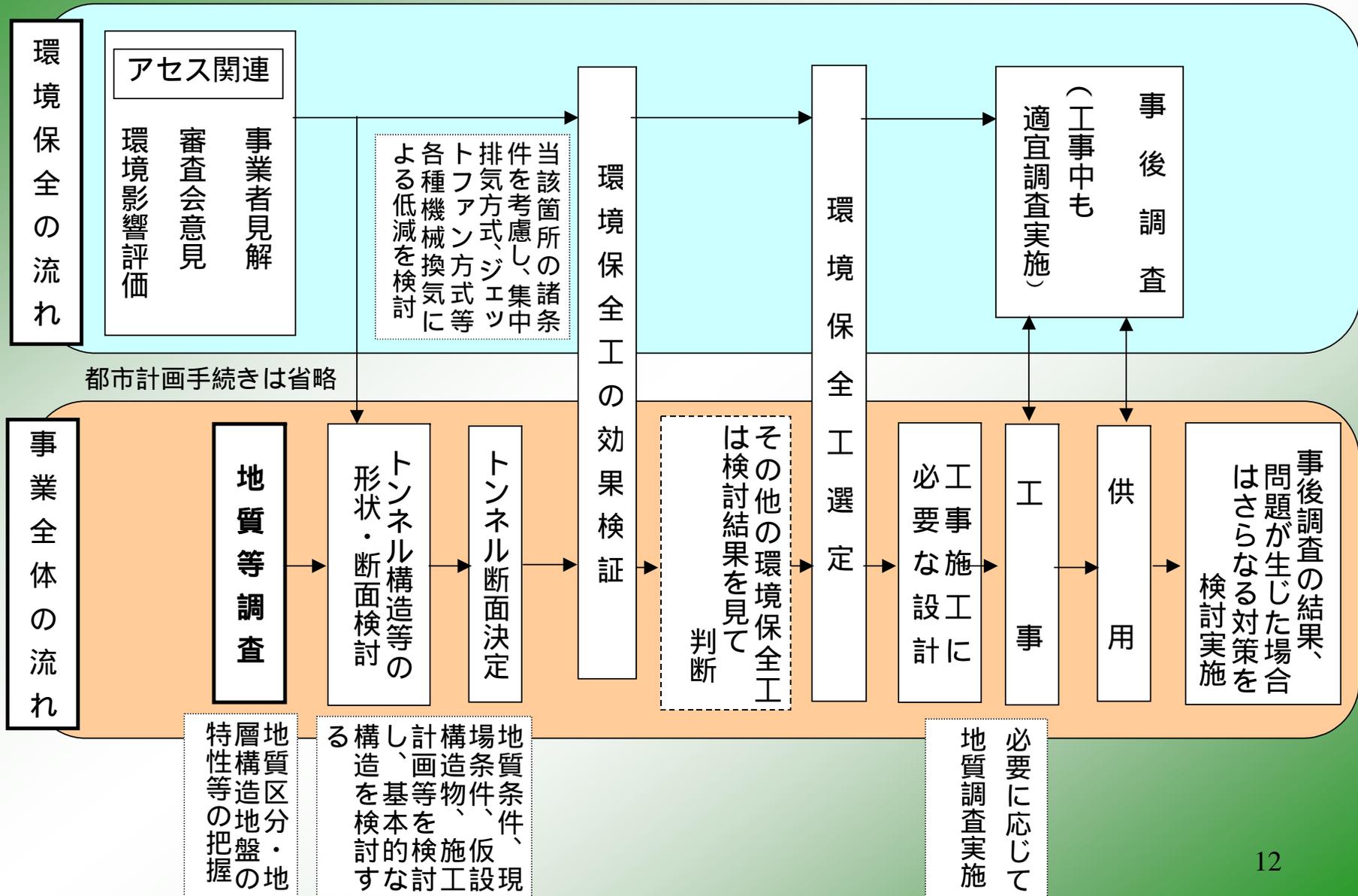
地質調査と環境保全の関係

(平成16年8月説明資料より)

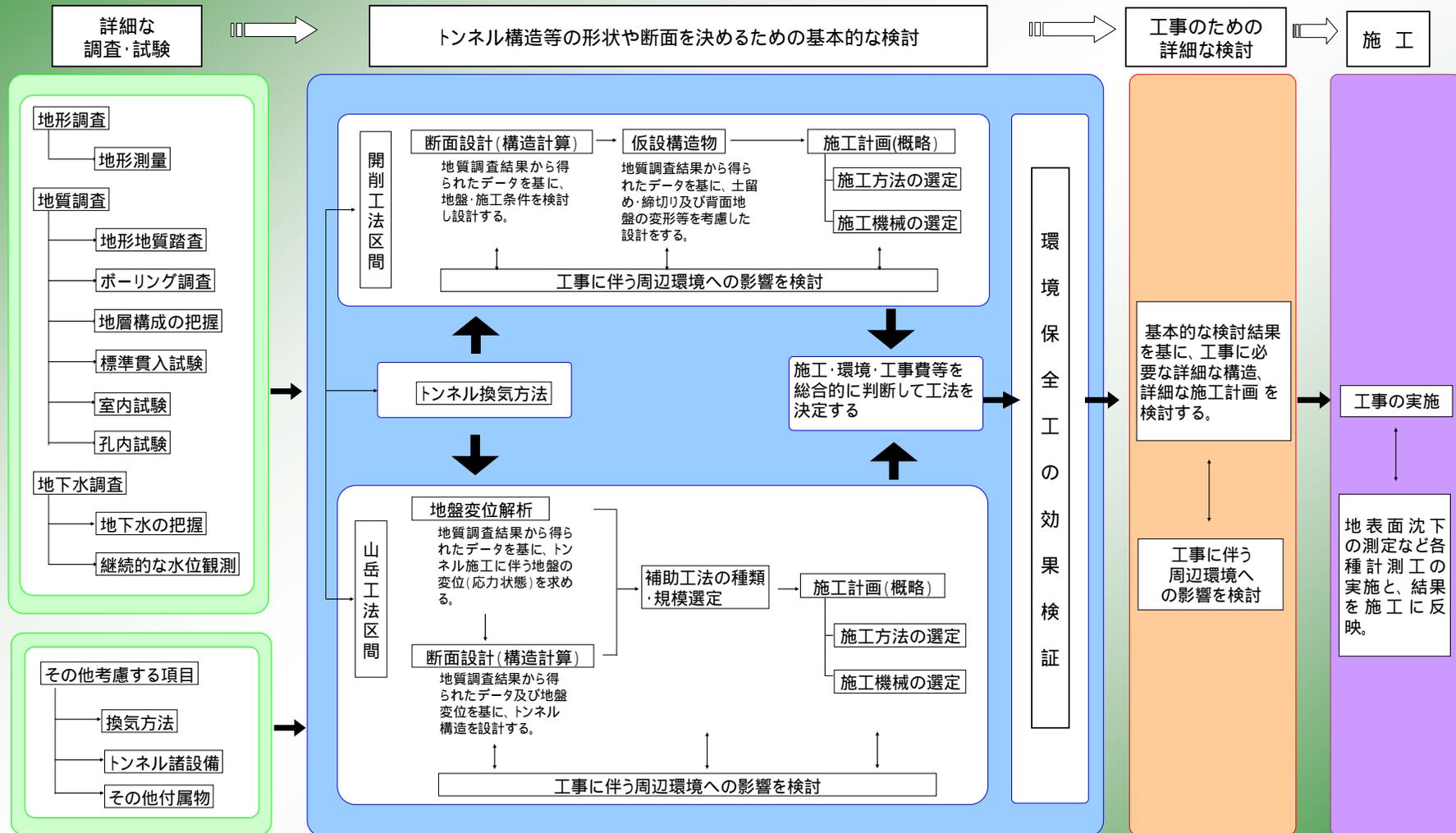
地質調査と主な環境保全の関係

環境保全項目	地質調査で得られる結果との関係
きれいな大気	地層の構成や地盤の硬さのデータを基に、トンネルの構造・工法を選定します。トンネル断面を踏まえた、適正な換気設備や効率的な換気方法を検討します。
静かな環境	地盤の硬さのデータを基に、トンネル掘削により発生する、騒音や振動の抑制に必要な防音施設の種類・規模の検討。低騒音型作業機種種の編成や、作業手順などを検討します。
安定した家屋	地層を構成する地質の種類や地盤の硬さ、水の透し易さ、地下水の状況のデータを基に、トンネル掘削時の地表面への影響のシミュレーションを行い、最適な対策工を検討します。
リサイクル	地層を構成する地質の種類や地盤の硬さのデータを基に、トンネルの掘削土を、他の建設事業への有効利用の計画を検討します。

地質等調査から供用までの流れ(概略)

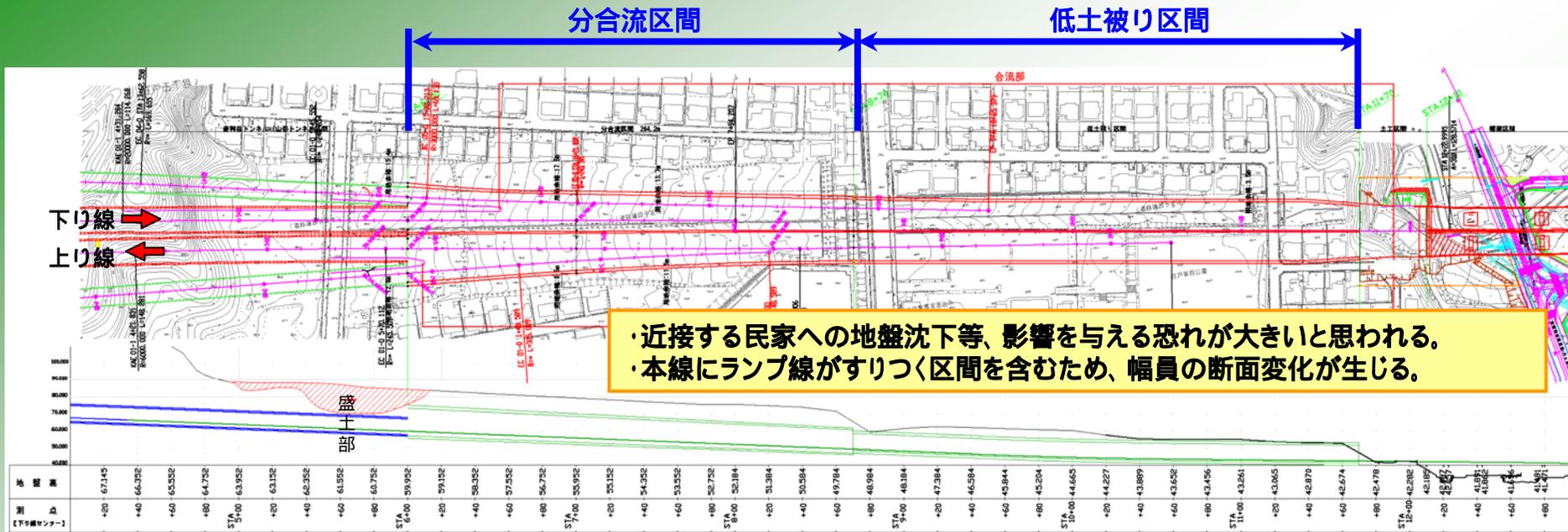


検討の流れ

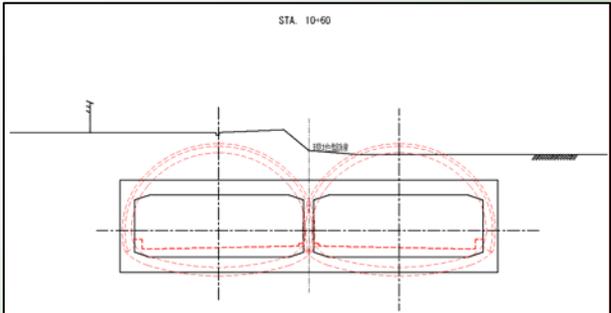
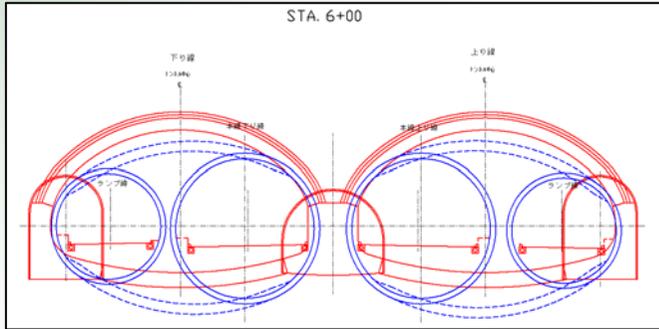


庄戸トンネルの非開削工法検討状況 (平成19年7月説明資料より)

検討区間の整理



・近接する民家への地盤沈下等、影響を与える恐れが大きいと思われる。
 ・本線にランプ線がすりつく区間を含むため、幅員の断面変化が生じる。

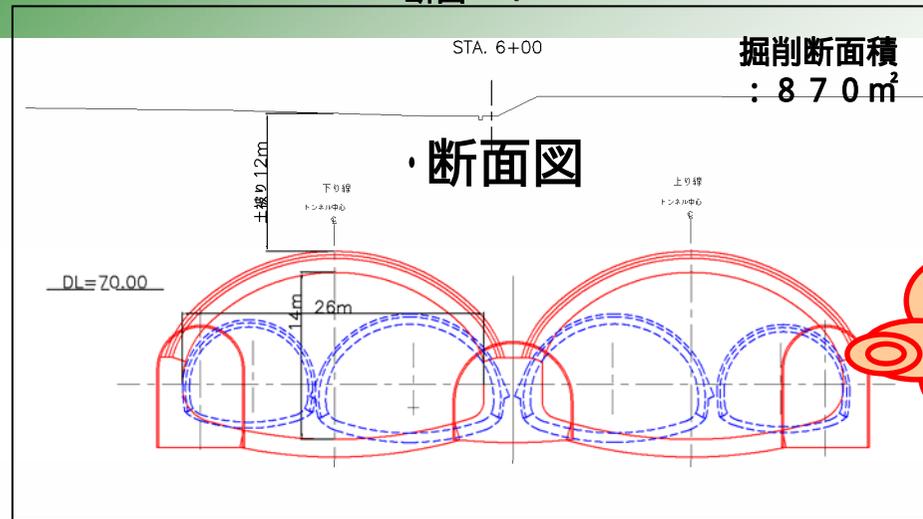


< 馬蹄形断面 >
 分合流区間を非開削で施工する場合は、山岳トンネル工法およびシールド工法での施工が考えられるが、シールド工法の場合、一度施工した覆工を取り壊し、山岳トンネル工法により拡幅を施す必要があるため、山岳トンネル工法（馬蹄形断面）をベースに検討を進める。

< 矩形BOX断面 >
 馬蹄形あるいは円形の断面では土被りが確保できず、構造的に成立しないため、矩形BOX断面をベースに検討を進める。

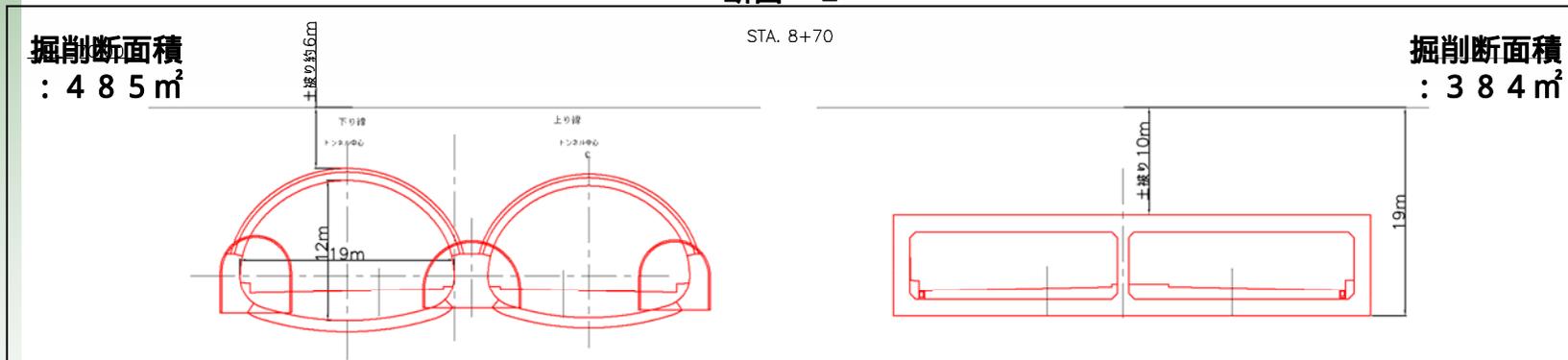
検討断面図

断面 - 1

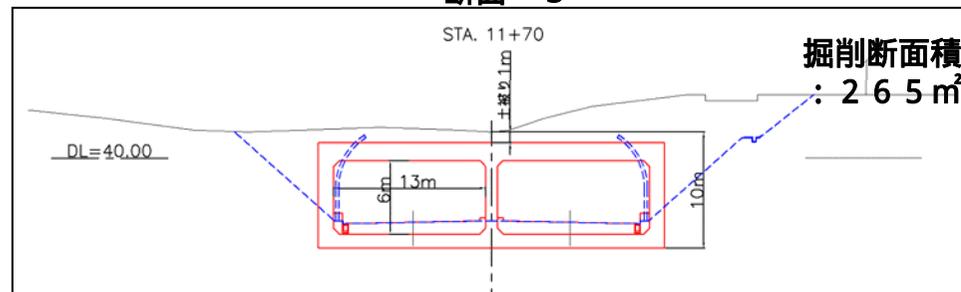


・分合流区間は、超大断面となるので、最近の切羽安定化対策技術の動向などを踏まえ、掘削方法を慎重に検討すべき。

断面 - 2

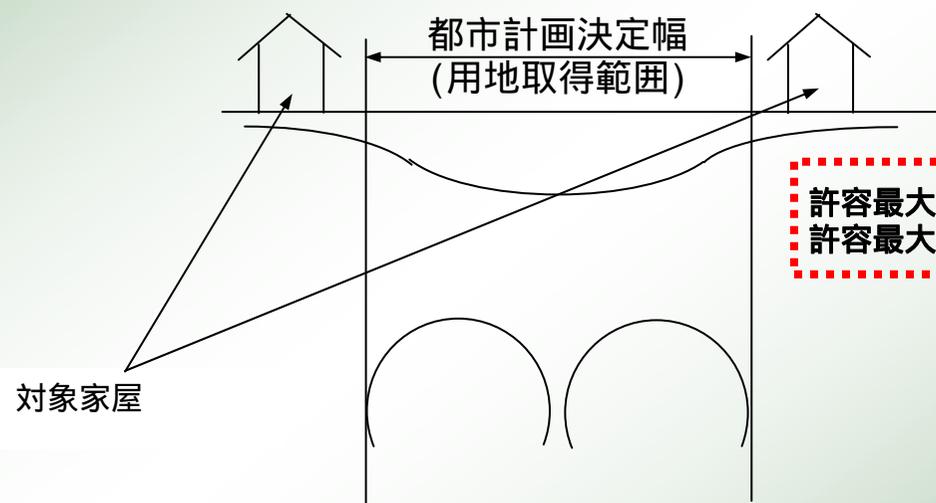


断面 - 3



設計時管理基準値の設定

対象	文献名		管理基準値	採用値
家屋	1	地中構造物の建設に伴う近接施工指針	日本トンネル技術協会 H11.2	沈下：25 mm 傾斜角：1/1000rad 採用値については、 左表の値を考慮した。
	2	構造物等に近接した山岳トンネルの設計施工に関する研究報告書	日本トンネル技術協会 H4.3	
	3	土質基礎工学ライブラリー-34 近接施工	土質工学会 H1.9	



許容最大沈下量 25mm以下
許容最大傾斜角 1/1000rad以下

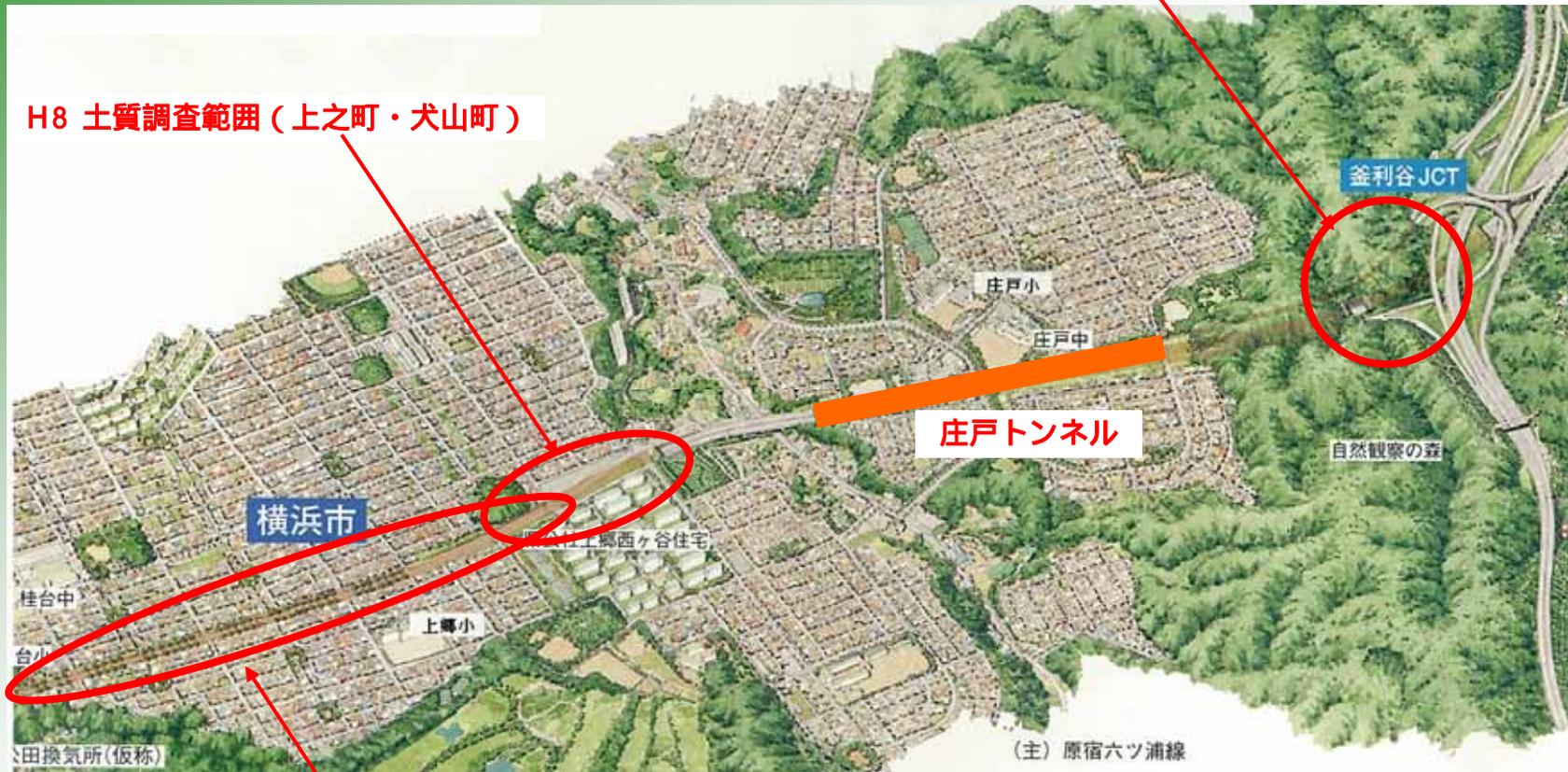
対象家屋と許容値

- ・家屋への影響に関しては不等沈下が問題である。
- ・沈下量の絶対値ではなく傾斜角が問題である。

解析に用いた周辺の土質調査

H13 土質調査範囲（釜利谷）

H8 土質調査範囲（上之町・犬山町）

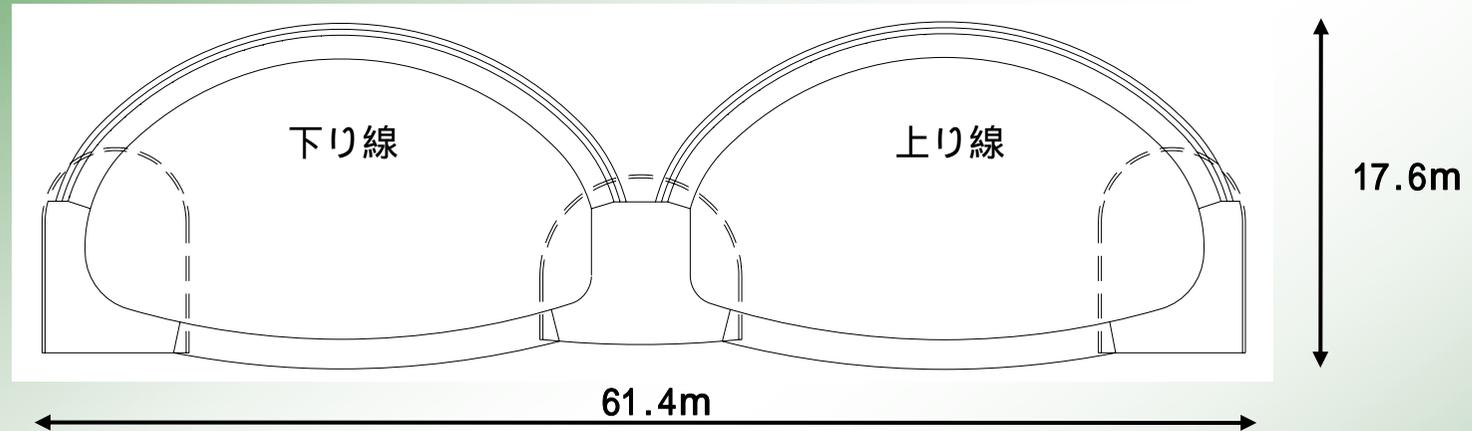


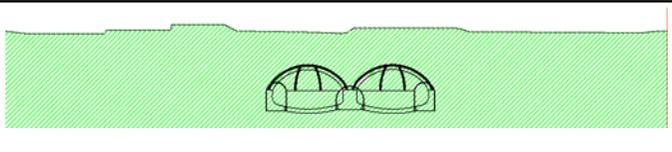
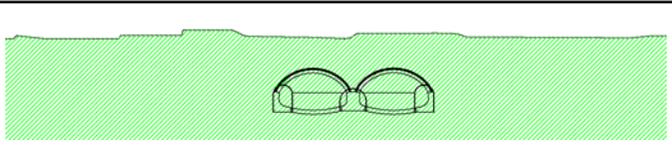
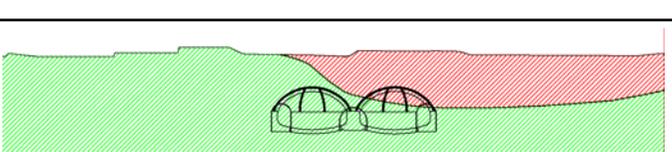
H14 土質調査範囲（桂台）

物性値

	単位体積重量 (kN/m ³)	変形係数 (N/mm ²)	粘着力 (N/mm ²)	内部摩擦角 (°)	ポアソン比
盛土層	18.1	7	0.02	15	0.40
基盤層	19.6	200	0.20	30	0.35

沈下予測の解析断面と解析ケース



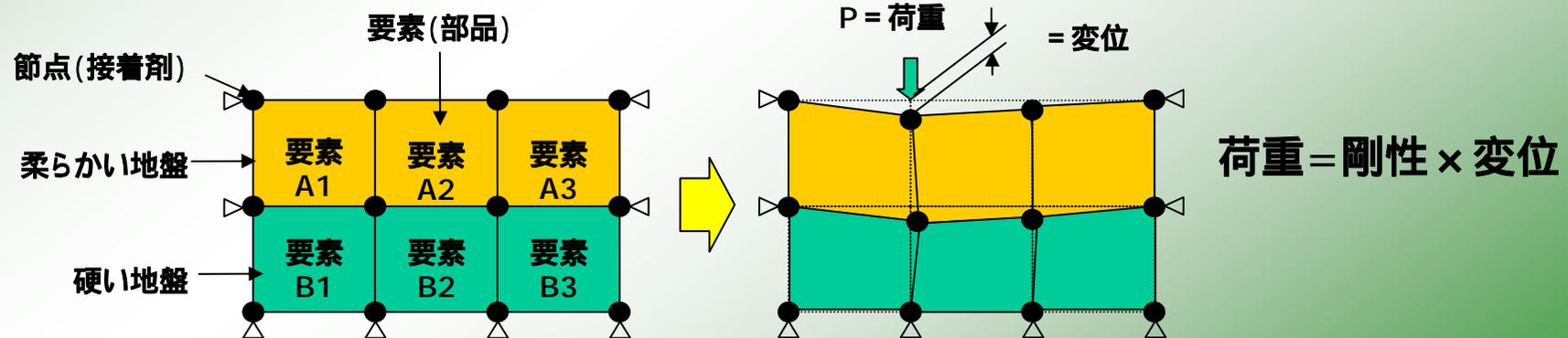
概 要			
ケース1 (頂設導坑有)	基盤層を均一地山と仮定し解析	代表的地山（基盤層）における、トンネル形状、加背、支保機能を検討する。	
ケース2 (頂設導坑無)	基盤層を均一地山と仮定し、上半全断面を一度に掘削する	ケース1と同地山条件で頂設導坑の機能を確認する。	
ケース3 (盛土層)	盛土層ありの断面と仮定し解析	STA6+00に見られる盛土地山での本トンネル掘削の挙動を確認する。	

地元協議会にご提示した、具体的な解析結果は割愛しています。

FEM解析について

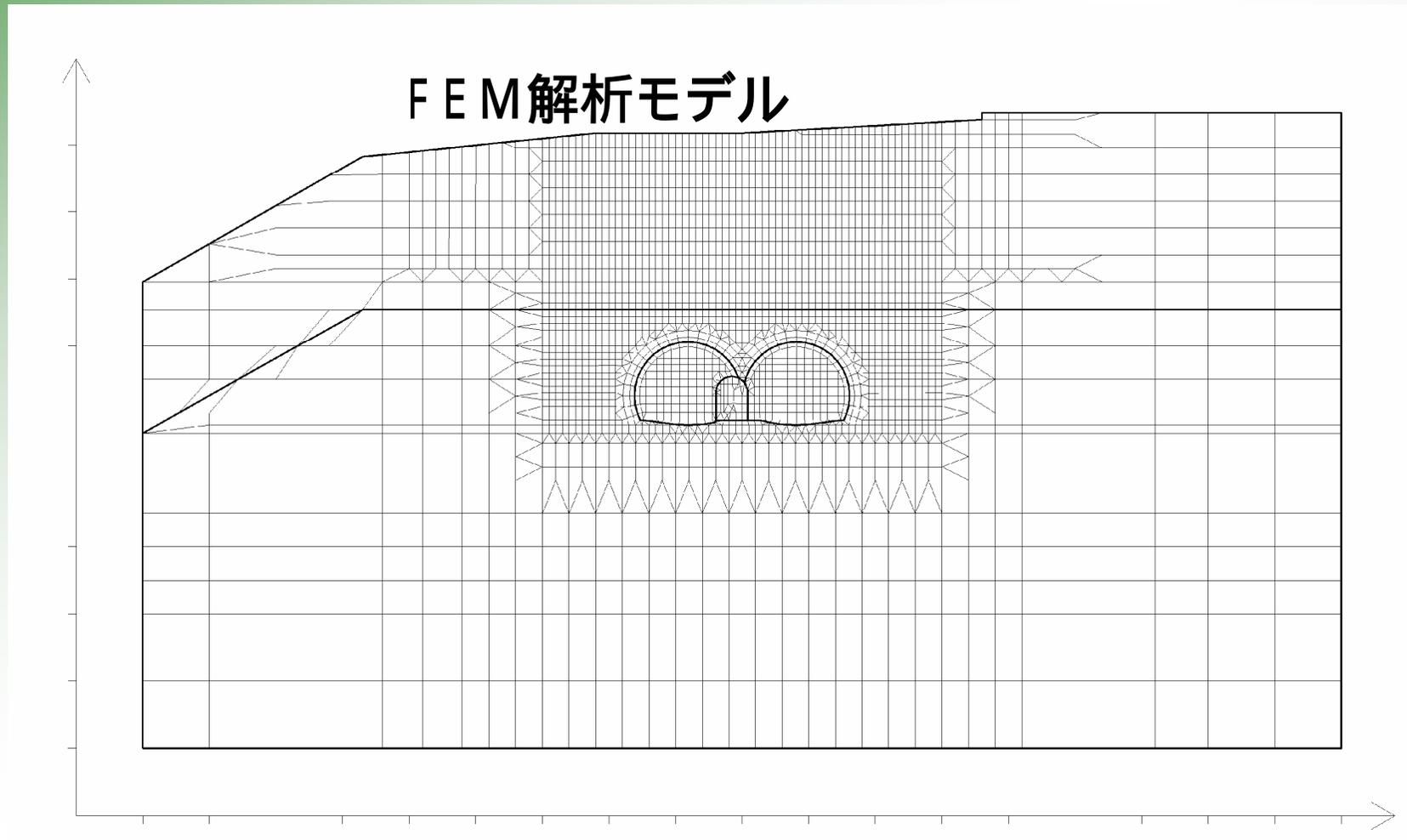
FEM解析(有限要素法)とは？

- FEM解析は、二次元計算領域(ここでは地山やトンネル支保部材)を四辺形や三角形の集まりにより表し、個々の三角形、四角形は有限の大きさを持つものであり、要素と呼ばれる。
- 要素の頂点は、節点と呼ばれ、要素の辺からなる網状のものがメッシュと呼ばれる。
- 要素の形状と大きさを自由に決められることが出来るため、境界形状などに合わせて要素分割を行うことができる。



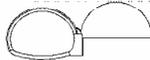
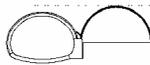
有限要素法の解析領域と解析結果のイメージ図

FEM解析モデル(イメージ)



FEM解析手順について(イメージ)

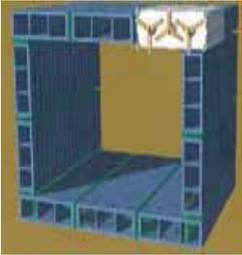
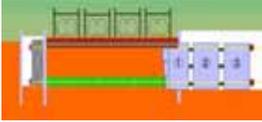
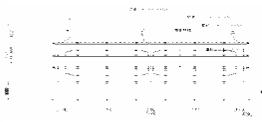
無対策時 概略施工手順(=FEM解析手順)

CASE-1 (無対策時)		CASE-1 (無対策時)			
STAGE-1		・初期応力解析	STAGE-9		・先進坑インバートコンクリート打設 ・先進坑二次覆工コンクリート打設
STAGE-2		・導坑掘削 (解放率 $\alpha = 40\%$)	STAGE-10		・後進坑上半掘削 ($\alpha = 40\%$)
STAGE-3		・導坑支保工設置 (解放率 $\alpha = 60\%$)	STAGE-11		・後進坑上半支保設置 ($\alpha = 60\%$)
STAGE-4		・センターピラーコンクリート打設 ・先進坑上半掘削 ($\alpha = 40\%$)	STAGE-12		・後進坑下半掘削 ($\alpha = 40\%$)
STAGE-5		・先進坑上半支保設置 ($\alpha = 60\%$)	STAGE-13		・後進坑下半支保設置 ($\alpha = 60\%$)
STAGE-6		・先進坑下半掘削 ($\alpha = 40\%$)	STAGE-14		・後進坑インバート掘削 ($\alpha = 100\%$)
STAGE-7		・先進坑下半支保設置 ($\alpha = 60\%$)	STAGE-15		・後進坑インバートコンクリート打設 ・後進坑二次覆工コンクリート打設
STAGE-8		・先進坑インバート掘削 ($\alpha = 100\%$)			

非開削工法と開削工法の比較

・用地幅の制約上、断面を拡げる等の余裕のない箇所では、採用は難しい。

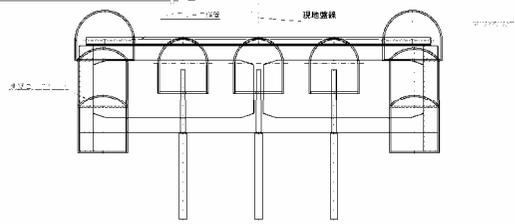
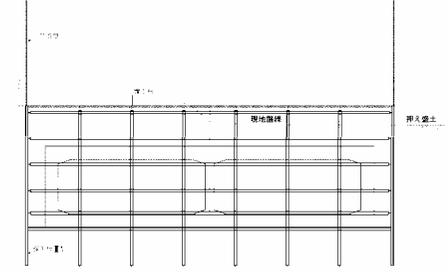
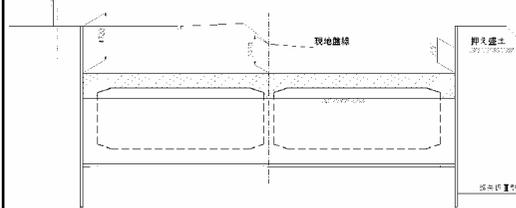
非開削工法と開削工法の比較(1)

		(1) 非開削					
		MMST工法	ハ-モニカ工法	E S A工法	アソルモ-ル工法	URUP工法	HEP & JES工法
概要図							
追従性	平面曲線				×		×
	縦断曲線			×	×		×
	断面変化		×	×	×	×	×
メリット		鋼殻を部分的に本体利用することにより、ほぼ現計画の用地幅に収まる。	基礎杭、切梁支保工等の仮設が不要である。 余堀りが少ない。	基礎杭、切梁支保工等の仮設が不要である。	パイプルーフ以外の作業は開削工法とほとんど同じであり、実績が多い。	神戸側発進立坑が不要である。 平面、縦断的にも曲線施工が可能。	エレメントを本体部材として利用できる。

・部分的にMMSTを使う方法は考えられるが、全てをMMSTで計画するのはコストが膨大となり現実的でない。MMSTも地下水の問題は同じであり、地表面沈下の問題は残る。
 ・MMSTは軟弱地盤を有する低土被り部を施工する為に開発された工法であり、それを採用しなければならないほど悪い地盤ではない。

非開削工法と開削工法の比較

非開削工法と開削工法の比較(2)

		(2) 開削 + 非開削	(3) 開削	
		開削工法 + 導坑先進工法	開削工法 + 順巻き工法 + 防音壁 + 覆工	開削工法 + 逆巻き工法 + 防音壁
				
環境対策	地盤沈下	・宅地部との境界部分に遮断壁等の構造物が無いため、沈下・陥没等が生じた場合は近接家屋への影響が予想される。	支保計画により影響を低減できる。	本設利用の支保計画により影響を低減できる。
	騒音・振動等	非開削区間は地中施工のため影響は少ない。	覆工板・防音壁により音を遮断する。桁受け桁と土留め芯材間に緩衝材を設け、振動伝達を低減する。	頂版により音を遮断する。頂版構築までと埋戻し時は別途防音対策を施す。
実績		施工実績は無く、設計手法が確立されていない。	一般的な工法で、技術的な問題は無い。	逆巻き工法による躯体構築の施工実績はあり、技術的な問題は少ない。
追従性	平面曲線			
	縦断曲線			
	断面変化			
メリット		側壁本体を土留め壁として利用できる。中間杭を打設するので切梁腹起こし等の仮設が不要。	施工実績が多い。	施工性に優れ、周辺へ与える影響も少ない。

庄戸トンネル検討会における論点

- 更なる検討のためには、現地の土質調査が必要。桂台などのデータを利用するのは距離的に離れすぎている。
- 地盤に及ぼす影響を考える上で、地下水の状況が大きな要素となる。ボーリングを行っていないので地下水の状況が分からない。十分な把握と検討が必要。
- 周辺の地表面沈下を抑制するために、躯体と官民境界との間のスペースを利用した対策工法も可能であれば検討の対象と考えるべきである。
- 地表面沈下の面から見ると、完全非開削が最適とは限らない。特に盛土部では、地盤のゆるみを抑制する効果が高いのであれば、地上から土留めを行うなどの補助工法も検討すべきである。
- 既存の工法をそのまま適用するというのはこのトンネルでは非常に難しい。開削+非開削など、それぞれを組み合わせた複合型の施工方法についても検討する必要がある。
- 工法の選定にあたっては、コストなどの社会的に受け入れられるものであるかを考慮しながら行わなければならない。

庄戸トンネルの非開削工法の今後の検討フロー

仮定の与条件に基づく概略検討

地質調査

実測を踏まえた与条件に基づく更なる検討

- ・構造検討(工法の組合せ等の検討)
- ・施工方法検討
- ・地質調査結果を用いた沈下予測結果の見直し

検討方針

- ・庄戸トンネル特有条件(大断面、低土被り、不良地山、用地条件、近接環境等)に対し、既存技術のみでは最良の工法を選択すること難しいため、独自の工法検討が必要。
- ・既存技術の組合せ等、柔軟な思考の基に、工法検討を行う。
- ・通常の工法に比べ工事費が非常に高価な技術は、技術とはいえないので、工期・工費も含めた比較検討を行う。

比較検討・検証

- ・構造選定
- ・施工法選定

調査箇所の選定理由

調査箇所の選定理由

釜利谷ジャンクションや神戸付近での既往の調査で確認されている地質との連続性を把握するとともに、宅地造成時の盛土箇所の深さ、地質状況、また地下水の状況などを確認するために必要な箇所を選定しました。



至公田

至釜利谷

位置	選定理由
1	釜利谷ジャンクション側で実施した既往調査で確認されている地層構成の連続性を把握するため選定しました。また、宅地造成時に旧谷部を埋め立てた盛土層の存在が既往資料で確認されていることから、盛土箇所の地質状況、地下水の状況、盛土の深さなどを把握するため選定しました。
2・3	宅地造成時に旧谷部を埋め立てた盛土層の存在が既往資料で確認されていることから、盛土箇所の地質状況、地下水の状況、盛土の深さなどを把握するため選定しました。
4	既往資料により土被りの比較的深い区間の代表的な地層が確認できると想定され、この区間の地層構成を把握するため選定しました。また、この箇所での実施により盛土範囲の西側への広がりについても確認が可能であると考えています。
5	土被りの比較的深い区間の代表的な地層が確認できると想定され、No.3と合わせこの区間の地層の連続性を把握するため選定しました。
6	既往資料により土被りの浅い区間の代表的な地層が確認できると想定され、この区間の地層構成を把握するため選定しました。
7	土被りの比較的浅い区間の代表的な地層が確認できると想定され、No.5と合わせこの区間の地層の連続性を把握するため選定しました。

至
公
田



至
釜
利
谷

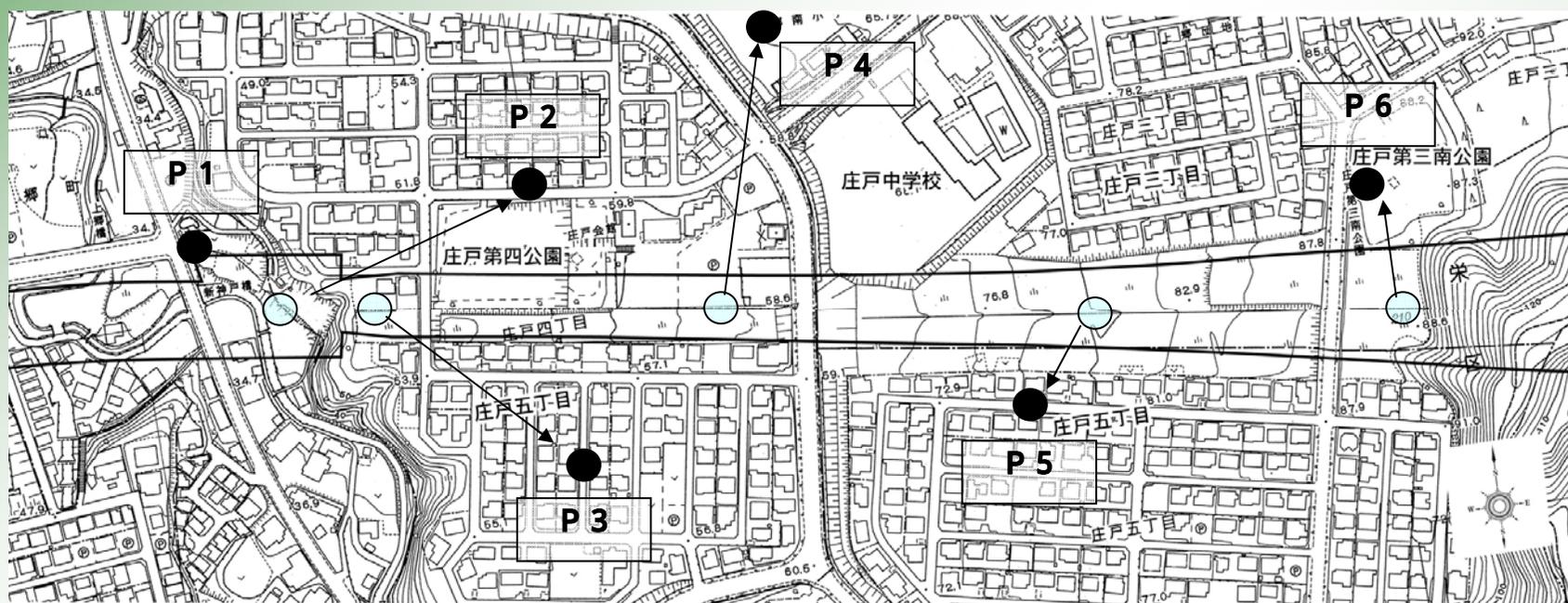
その他

大気調査計画 (H20.1.20提示)

その他

* 事業評価の付帯意見「環境影響の照査を継続的に
行うこと」に基づき、神戸橋周辺で環境測定を実施

* 地域の概況把握のためにカプセル調査を実施



P1 : 環境測定候補地

P2~6: カプセル調査候補地

調査方針

1. 常時観測装置について

工事着手前の大気現況把握のために行います。

測定期間) 平成20年度より、24時間365日

測定箇所) 神戸橋近傍

測定項目) NO_x (NO 、 NO_2)、SPM、風向、風速

2. カプセル調査について

地元の皆様との協働により行います

案1) 地元調査と同時期で行い調査箇所を相互補間

案2) 地元調査と同箇所で行い調査期間を相互補完

都市型トンネル施工技術検討会 (HPよこかんみなみ)

検討区間の課題の抽出

