3.　三方原用水二期地区

3.1 設計概要

３．１　設計概要

- 水路名：導水幹線水路
- トンネル名：５号バイパストンネル及び６号バイパストンネル
- 設計延長（基本設計時点）：
  ①５号バイパストンネル L=1,080m、取付水路 L=58m
  ②６号バイパストンネル L= 443m、取付水路 L=68m
- 設計流量：2.70m3/s（冬期流量 11 月～3 月）
- 設計位置（次頁参照）
- 断面：１円弧ホロ型 2r=1.8m ※水理検討結果に基づく最小施工断面として設計

3.2 現地調査

３．２　現地調査

（１）　調査実施日

平成２９年１２月１３日

（２）　調査箇所　三方原用水二期地区

静岡県　浜松市

（３）　調査内容

１）　調査箇所①　５号バイパストンネル上流側坑口（写真１）

（写真１：５号バイパストンネル上流側坑口）

・ヤードとしての広さは確保できる。

・進入路が少し狭い

２）　調査箇所②　５号バイパストンネル下流側坑口（写真２）

（写真２：５号バイパストンネル下流側坑口）

・作業場所近傍に希少植物が生息している。

・森林公園内を工事用道路として使用。

３）　調査箇所③　６号バイパストンネル上流側坑口（写真３）

（写真３：６号バイパストンネル上流側坑口）

・既設水路上の橋の設計荷重を調べる必要がある。

・森林公園内を工事用道路として使用。

４）　調査箇所④　６号バイパストンネル下流側坑口（写真４）

（写真４：６号バイパストンネル上流側坑口）

・坑口付近の土被りが少ない。

3.3 ５号トンネル下流坑口部での施工計画の留意点の整理

３．３　５号トンネル下流坑口部での施工計画の留意点の整理

（１）　概要

今回計画されている５号バイパストンネルは、浜松市の農業を支えてきた基幹的農業水利施設の５号トンネルの耐震化対策を行うためのバイパストンネルである。今回は５号バイパストンネル下流坑口部の施工にあたり、低土被りでのトンネル施工方法及び希少植物に影響を与えない施工計画の検討にあたっての留意点を整理する。

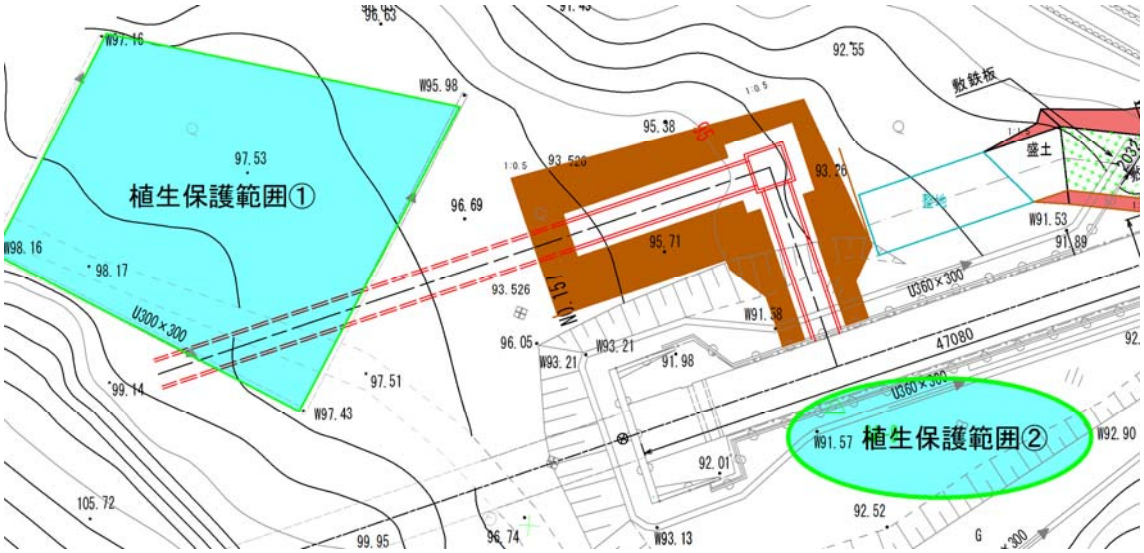


図 3-1　植生保護範囲位置図

（２）現場の諸条件

・無筋覆工に必要な土被りが確保できない
・希少植物（オトギリソウ等）の保護区域がある

（３）課題

・低土被りでのトンネル施工方法としては、土被り 3De 未満のトンネル施工方法の検討が必要。
・希少植物の保護区域への対策としては、左岸側の植生保護範囲の開削回避や右岸側の植生保護範囲の工事用進入路等の回避方法の検討が必要

（4）当初施工計画案

①低土被り区域施工方法

・鉄筋コンクリート覆工(D2 タイプ)の最小土被り 1.5De を確保
・D2 タイプ De＝2.84m（余掘り含む掘削直径）
・1.5De＝4.26m
・下流部トンネル敷高＝EL89.52m
・覆工外縁標高＝EL91.57m
・土被り 1.5De が確保できる地表面の標高＝EL95.83m＜現地盤標高＝EL96.69m

以上のことより、植生保護範囲部①は有筋覆工により、非開削工法として対応する。

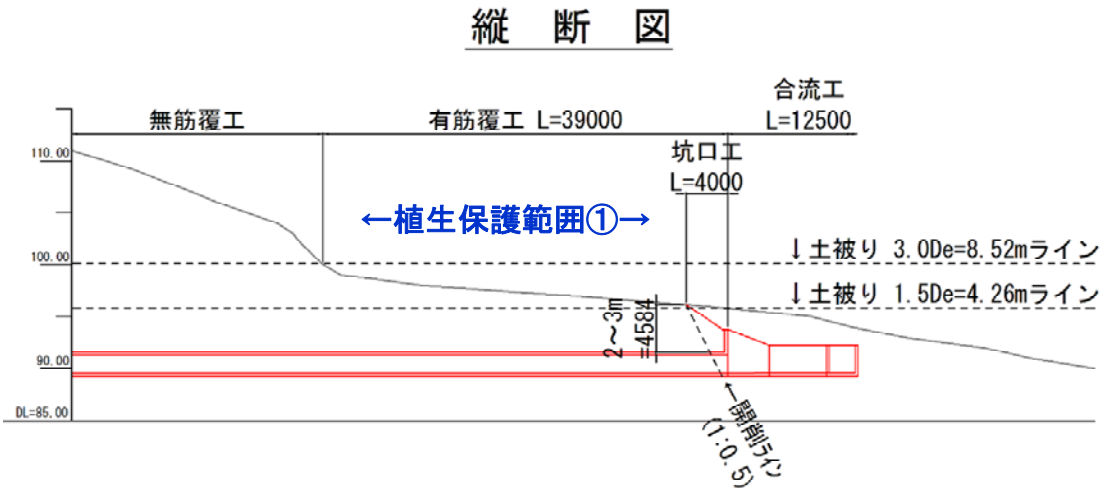


図 3-2　植生保護範囲位置図

表 3-1　トンネルの最小土被り厚さ(De)の標準

区　　分		岩トンネル	土砂トンネル
素掘り及びコンクリート吹付け断面		10 *De*、ただし最小 30m	—
無筋コンクリートライニング断面（無支保）		3 *De*	—
無筋コンクリートライニング断面（有支保）		2 *De*	3 *De*
鉄筋コンクリートライニング断面（有支保）	中間部	1.0 *De*	1.5 *De*
	坑口部	2m	3m

（注）　① *De*：トンネル掘削断面の直径（m）（余掘りを含む）
　　② 土かぶり厚さはトンネル本体上端から地表までの高さ

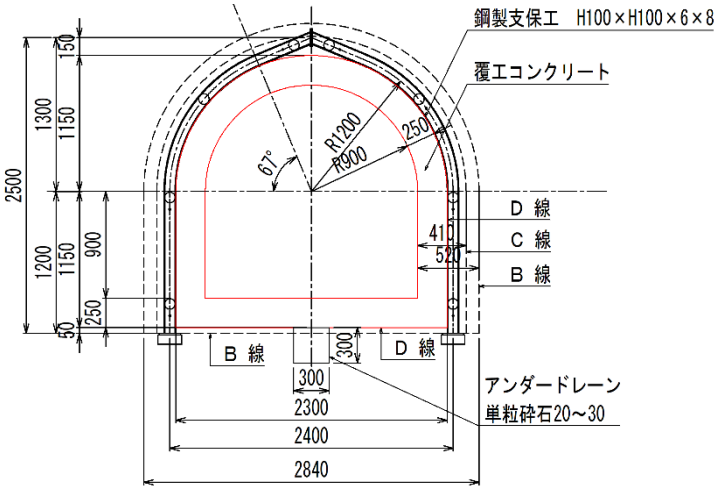


図 3-3　D2 タイプ標準断面図

②右岸側の工事用進入路等の回避

植生保護範囲②に対しては、既設水路の仮設橋を設置して、工事道路を迂回して対応する。

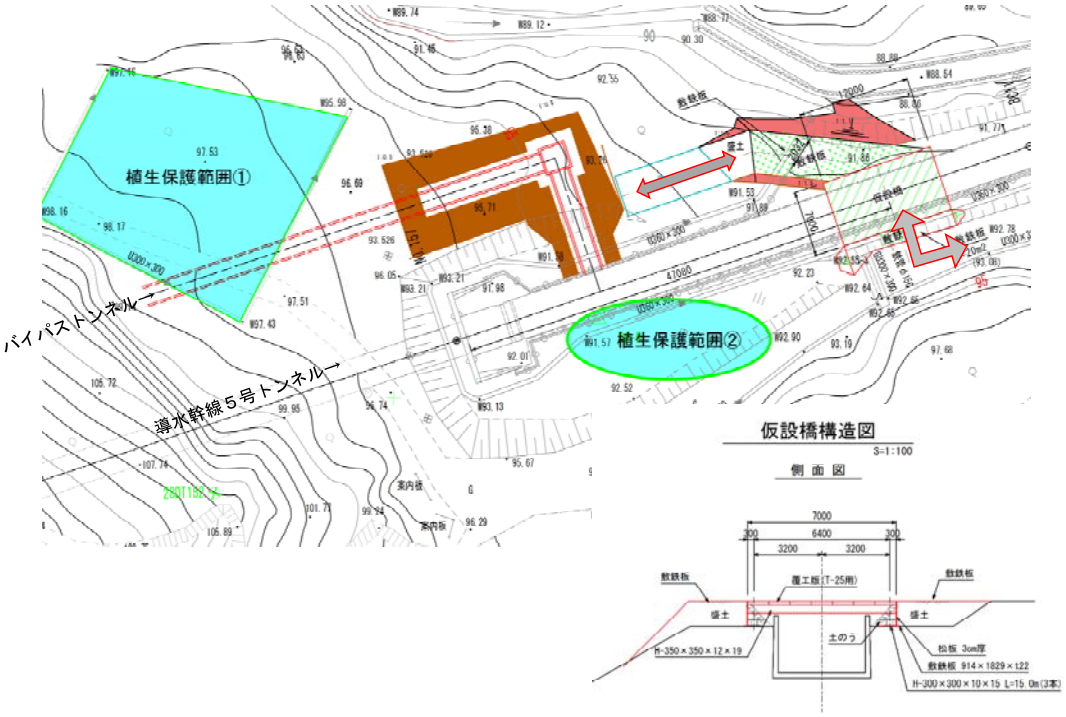


図 3-4　植生保護範囲②迂回計画図

当初の施工計画案に対し、現地調査委員会では下記の助言が得られた。

・仮設橋について、既設水路に影響が無い構造を検討すること。

・植生保護範囲については、粉塵の影響を受けない対策を検討してはどうか。

（５）検討結果の整理

現地調査委員会での助言を受け、以下の対策にて検討を行った。

・仮設橋の桁受け位置は既設水路の側壁に影響がない位置まで離すこととする。

・粉塵対策として、切土面を土木安定シートで防護する。

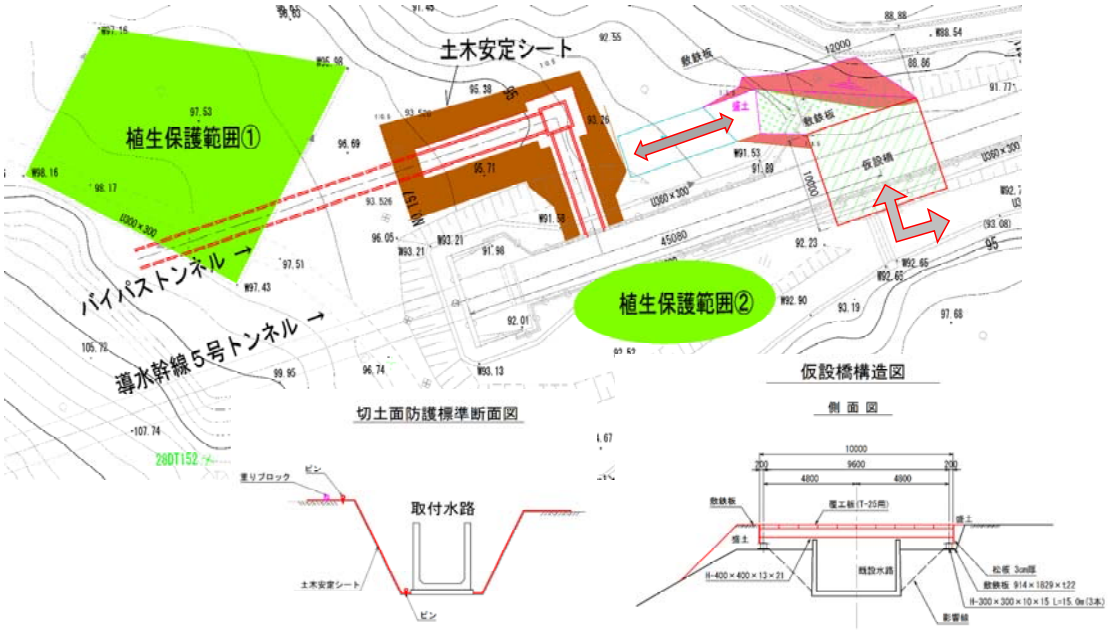


図 3-5　下流坑口部周辺仮設計画図

3.4 ５号バイパストンネル上流坑口部の工事用進入路における留意点の整理

３．４　５号バイパストンネル上流坑口部の工事用進入路における留意点の整理

（１）　概要

今回計画されている５号バイパストンネルは、浜松市の農業を支えてきた基幹的農業水利施設の５号トンネルの耐震化対策を行うためのバイパストンネルである。今回は５号バイパストンネル上流坑口部の工事用進入路について、既存の管理用道路等の施設への影響を最小限にとどめる路線計画の検討にあたっての留意点を整理する。

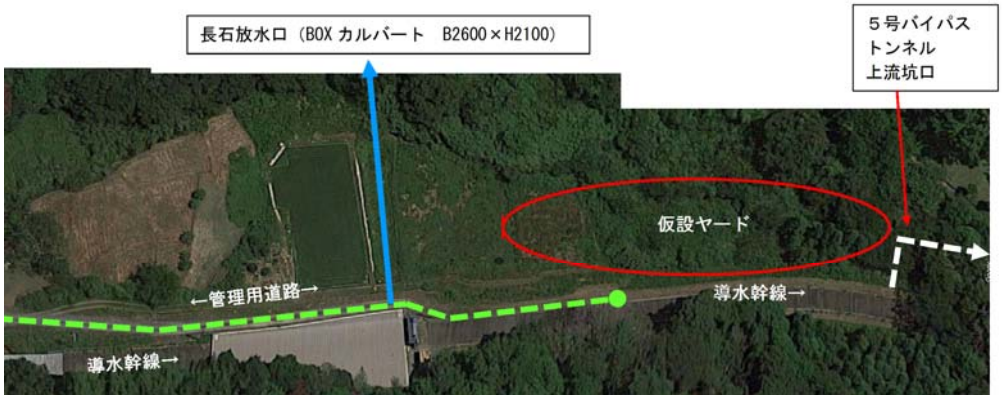


図 3-6　上流坑口部全体配置図

（２）現場の諸条件

・既設の管理用道路の幅員が不十分
・地形的に、工事用進入路は導水幹線水路の左岸側に限定
・〇長石放水口が進入路予定地に埋設

（３）　問題点

既存の管理用道路が設置されているが、幅員が不十分な上、既設積みブロック擁壁への影響が懸念される。また、地形的に工事用進入路の設置は導水幹線水路左岸側に限定される。そして、長石放水口が工事用進入路予定地に埋設されている等から、既設の管理用道路や長石放水口への影響を最小限にとどめる工事用進入路の路線計画が必要となる。

（４）当初施工計画案

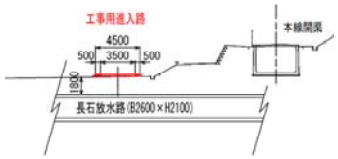
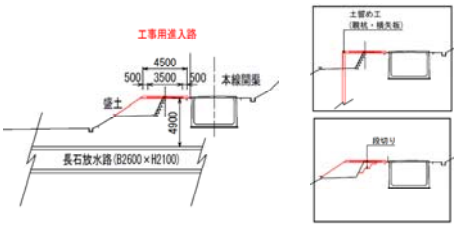
トンネル上流坑口部の仮設ヤードのアプローチとして２案が選定された。

１案は、既存の用地を利用するため、盛土量が少ない・縦断勾配が少なく走行性が良いがいいといった利点がある半面、長石放水口横断部の対策工法が必要・借地が必要となる。

２案は、長石放水口横断箇所は土被りが多く(H=4.9m)構造的に影響が少ない、借地が最小限に抑えられるといった利点があるが、既設ブロック積みへ手当てが必要、縦断勾配がきつく走行性が悪いといった欠点がある。

総合的に判断して、長石放水口への対策工が必要となるが、ブロック積みの手当が不要な分、施工性は良い１案が採用された。ただし長石放水路横断箇所の対策工法は、構造計算等の照査を前提に、盛土と仮設桟橋工法とで比較検討する。

表 3-2.　工事用進入路比較表

		第１案	第２案
概要図			
特徴	長所	・盛土量が少ない ・縦断勾配が少なく走行性が良い	・長石放水口横断箇所は土被りが多く(H=4.9m)構造的に影響が少ない。 ・借地が最小限に抑えられる
	短所	・長石放水口横断部の対策工法が必要となる ・借地が必要となる	・ﾌﾞﾛｯｸ積みへの腹付け盛土が生じ、路体の一体性を確保するにはﾌﾞﾛｯｸ取り壊し→段切盛土、若しくは土留め工が必要 ・縦断勾配 12%程度が必要で走行性が悪い
施工性		長石放水口への対策工が必要となるが、積みﾌﾞﾛｯｸの手当が不要な分、施工性は良い	積みﾌﾞﾛｯｸの撤去復旧、若しくは土留め壁の設置が必要で、施工性に劣る。
経済性		第２案より安価と想定される。	積みﾌﾞﾛｯｸ対策、盛土費用が嵩むと想定される
判定		採用 ※ただし長石放水路横断箇所の対策工法は、構造計算等の照査を前提に、盛土と仮設桟橋工法とで比較検討する。	－

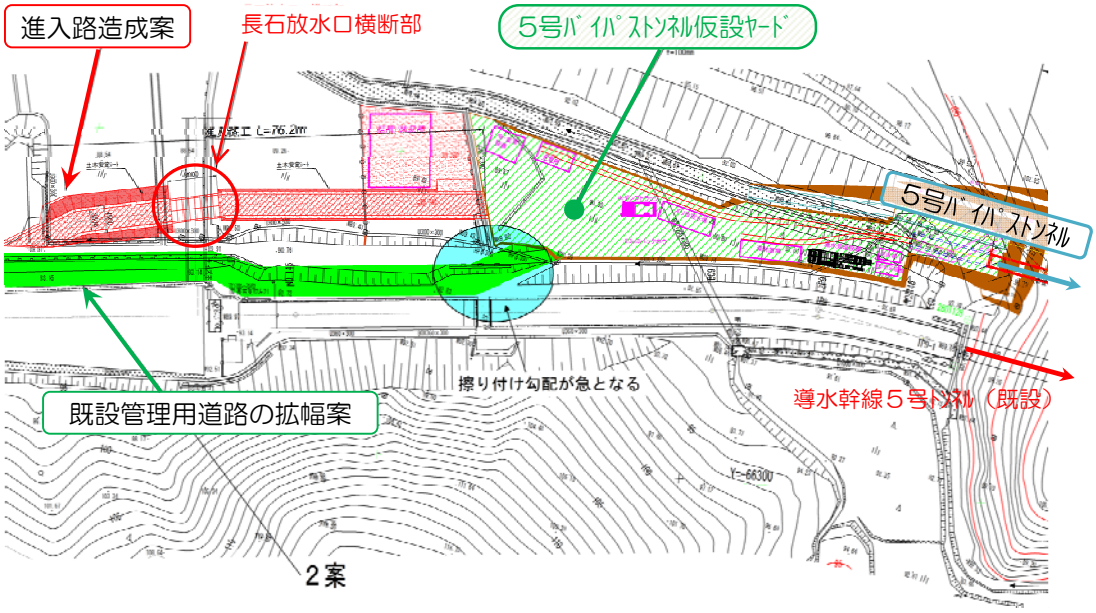


図 3-6　上流坑口部仮設進入路計画図

当初の施工計画案に対し、現地調査委員会では下記の助言が得られた。

・長石放水口を横断する箇所について、放水口の構造を確認すること

（５）検討結果の整理

長石放水口横断部の構造を確認し、H=1800mm の盛土荷重と車輌荷重(T-25)で構造照査した結果、許容応力度を満足したため、進入路案は第１案とし、横断部の進入路構造は盛土構造とする。

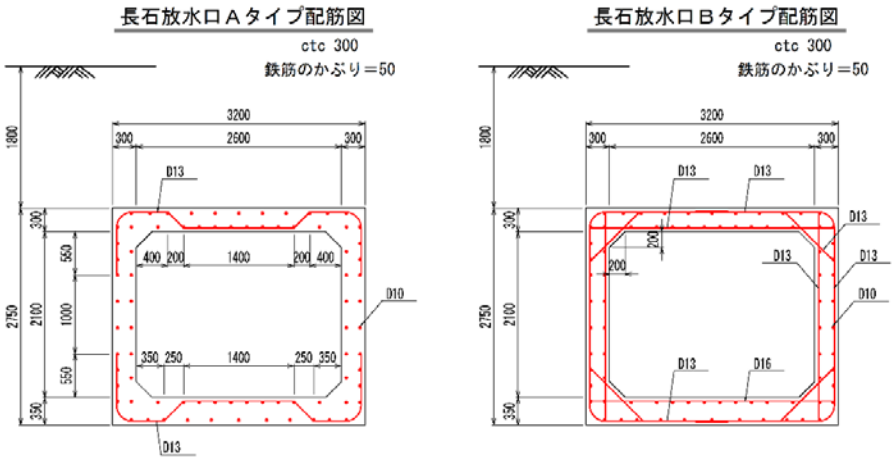


図 3-7 長石放水口配筋図(A､B の交互配筋)

表 3-3　構造照査結果

	照査位置	コンクリート 圧縮応力度 σc (N/mm2)				コンクリート せん断応力度 τ (N/mm2)				鉄筋 σs (N/mm2)				使用鉄筋	
頂版	左隅角部	4.60	≦	8.00	OK	0.38	≦	0.84	OK	152	≦	157	OK	D13@150	
	支間部	4.36	≦	8.00	OK	0.25	≦	0.42	OK	143	≦	157	OK	D13@150	
	右隅角部	4.60	≦	8.00	OK	0.38	≦	0.84	OK	152	≦	157	OK	D13@150	
側壁	上隅角部	4.59	≦	8.00	OK	0.20	≦	0.84	OK	127	≦	157	OK	D13@150	
	支間部	0.52	≦	8.00	OK	0.14	≦	0.42	OK	-1	≧	-157	OK	D13@300	
	下隅角部	4.84	≦	8.00	OK	0.27	≦	0.84	OK	128	≦	157	OK	D13@150	
底版	左隅角部	3.62	≦	8.00	OK	0.37	≦	0.84	OK	121	≦	157	OK	D13@150	
	支間部	3.82	≦	8.00	OK	0.21	≦	0.42	OK	114	≦	157	OK	D13@300	D16@300
	右隅角部	3.62	≦	8.00	OK	0.37	≦	0.84	OK	121	≦	157	OK	D13@150	

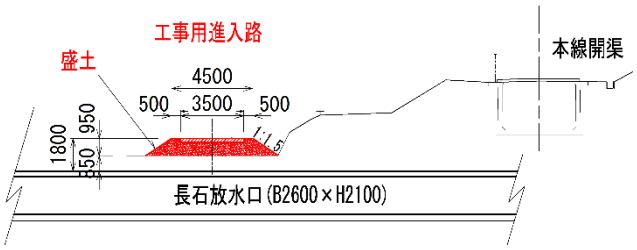


図 3-8　盛土構造図

（合同委員会助言）

・土厚が小さい施工時にクラックが発生する可能性があるので注意すること。

3.5 その他検討テーマ以外の課題の整理

３．５　検討テーマ以外の課題の整理

また、今回の検討テーマ以外として得られた助言とその対応方針について下記に示します。

①下流部の坑口の耐震解析を行うのであれば、どのような解析をするのか明確にしておいた方がよい。

（対応方針）

H22 年度三方原用水二期地区大規模地震対策検討委員会において耐震照査及び解析の手法について検討、承認されている。

・耐震照査準拠基準：土地改良施設耐震設計の手引き」（平成 13 年 2 月）

・耐震照査の実施と保有すべき耐震性能（トンネル）

表 3-4 耐震照査一覧表

構造区分	地中構造物		
構造種別	トンネル		
重要度	B 種	A 種	
目標とする構造物の耐震性能	健全性を損なわない	健全性を損なわない	致命的な損傷を防止する
耐震設計で考慮する地震動	レベル 1	レベル 1	レベル 2〔東海・東南海・南海３連動地震〕
耐震設計法に用いる算定式	地盤変位振幅	地盤変位振幅	地盤変位振幅
耐震設計法	応答変位法及び震度法	応答変位法及び震度法	応答変位法及び震度法
照査法	許容応力度法	許容応力度法	限界状態設計法
備　　考			

・レベル２地震動

対象地震動：東海・東南海・南海３連動地震（大規模地震、海溝型、発生確率大）

海溝型→タイプⅠ地震動：プレート境界型　とする。

タイプⅡ地震動：内陸直下型

・解析モデル：二次元フレーム解析

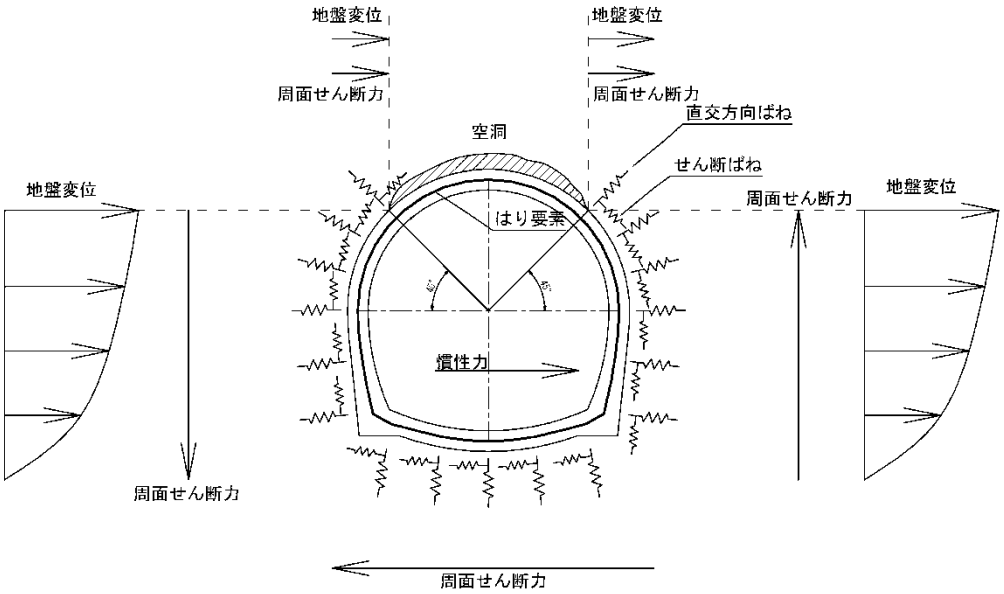


図 3-9　フレーム解析荷重条件図

トンネル覆工は無筋構造物であり、限界状態設計法で照査できないため、部材に発生する縁応力が、限界値（圧縮応力、引張応力）以下であれば、耐震性能を有すると判断する。

結　論

各トンネル（１～６号）における解析結果より、トンネル天端の地盤がＶｓ≧400m/s ならば耐震性能を有する。

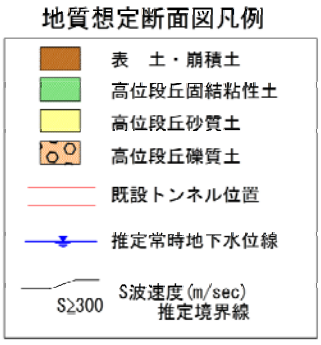
Ｖｓ＜400m/s の箇所を補強する。

（合同委員会助言）

・応答変位法を使って地震によりせん断的な力が入る場合、空洞があった方が安全となる計算方法もありますので、慎重に計算していただきたい。

②耐震性の検討を行う箇所については地盤定数のＣ・φの定義を明確にした方がよい。

（対応方針）



地質時代			地層区分	記号	土質・岩質	設計N値	弾性波伝播速度 Vp km/sec	弾性波伝播速度 Vs m/sec	トンネルタイプの分類 岩石区分群	トンネルタイプ	設計用地盤定数 γt kN/m3	C kN/m2	φ deg	E0 (変形係数) kN/m2
新生代	第四紀	現世	盛土 表土	Vs1	非常にゆるい砂	1.0	Vp<0.42	Vs<100	δ群③		17.0	0.0	25.0	2.8
		更新世	高位段丘堆積物	Vs2-G	中位の締りの礫	19.0	0.42≦Vp<0.84	100≦Vs<200		D2	19.0	0.0	35.0	52.0
				Vs3-G	密な締りの礫	32.0	0.84≦Vp<1.26	200≦Vs<300	δ群②	D1	20.0	25.0	40.0	88.0
				Vs3-S	密な締りの砂	34.0					20.0	25.0	41.0	92.0
				Vs3-C	硬い粘性土	25.0					19.0	200.0	0.0	68.0
				Vs4-G	非常に密な締りの礫	50.0	1.26≦Vp<2.09	300≦Vs<500		C	21.0	30.0	45.0	140.0
				Vs4-C	非常に硬い粘性土	50.0					20.0	400.0	0.0	140.0
				Vs5-G	非常に密な締りの礫	60.0	2.09≦Vp	500≦Vs		B2	21.0	50.0	45.0	160.0

既設トンネル該当土質

図 3-10　土質乗数図

※設計用地盤定数は基準書及びN値から推定したものであり、粘性土は「非圧密非排水状態」を、砂・砂礫層は「圧密排水状態」を想定している

（合同委員会助言）

・地盤定数は使う場面で違うので、きめ細かく考えた方がいい。

③地質縦断図やボーリング結果があれば示してほしい。また、地盤の透水性や地下水の状況はどのようになっているのか。

（対応方針）

・導水幹線５号トンネルの地質想定縦断図を示す。
・地下水位の想定線としてボーリング終了時の孔内水位を結んだ線を記載した。
・孔内水位の観測日をボーリング位置に記載した。観測時期は 7/30～11/9 間である。（年度は H22～H29 年度）

以下の理由により、バイパストンネル掘削位置にはトンネル施工に支障となる地下水はないものと考えられる。

1) ボーリングの削孔長がトンネル位置よりも浅い時の孔内水位は高く、トンネル付近まで削孔した場合はトンネル付近の孔内水位となっている。上流部はトンネル上部に固結粘性土・火山灰層の記載がないが、ボーリング H25-7、H25-8 では、トンネルより上部に層厚 1.2～2.0m の粘性土層があり、この層により孔内水位が高くなったと考えられる。下流部はトンネル上部に固結粘性土・火山灰層があり、この層により孔　　内水位が高くなったと考えられる。
2) ボーリング H29-2 のトンネル位置で湧水圧試験を実施したが平衡水位は確認できなかった。
3) H29 年 11／16 に５号トンネル内部を踏査した結果、バレル目地からにじみが確認されたのは全 125 箇所中で２箇所のみであった。
4) 前歴事業での５号トンネルの施工時は湧水がなく施工できている。

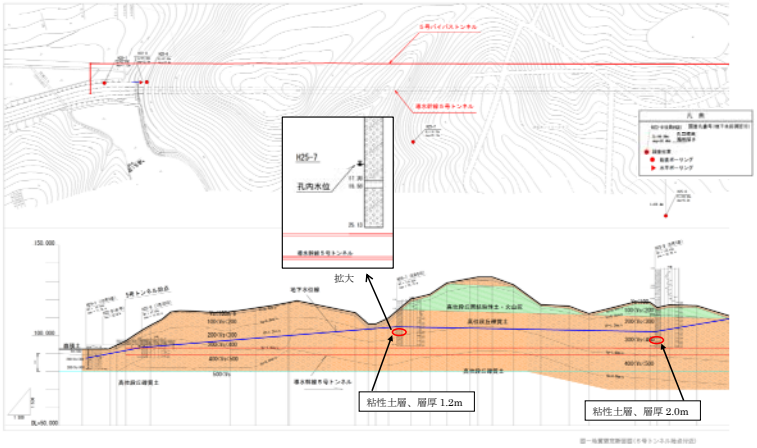


図 3-11　地質想定縦断図（1/4）

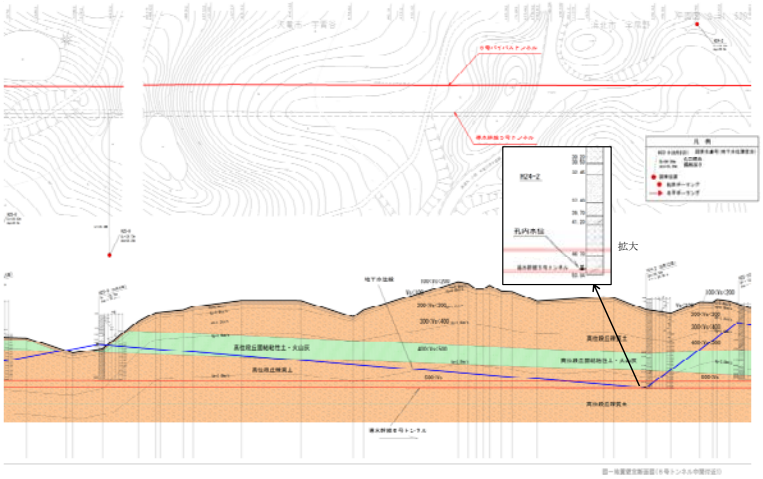


図 3-12　地質想定縦断図（2/4）

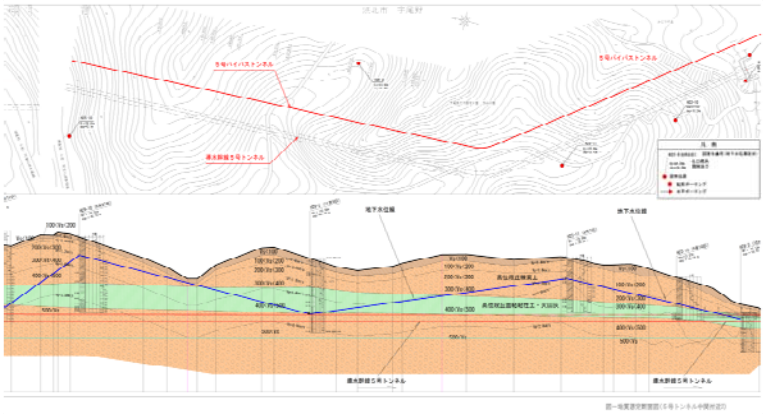


図 3-13　地質想定縦断図（3/4）

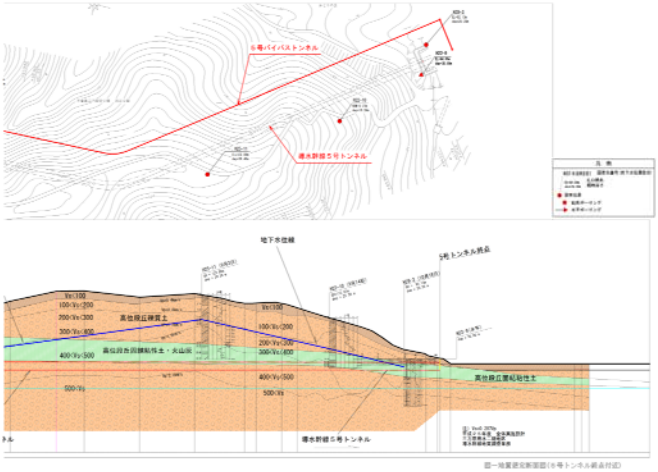


図 3-14　地質想定縦断図（4/4）

④覆工コンクリートについて、骨材の配合やスランプ等流動性については、施工性を考慮に入れた検討をしてほしい。

（対応方針）

覆工コンクリートの配合については、土地改良事業計画設計基準「水路トンネル」P254～P255 に以下のように示されている。

・使用材料及び配合設計に用いる標準条件は、原則として土木学会制定のコンクリート標準示方書に準拠するものとし、配合例は以下とする。

表 3-5　コンクリートライニングの配合例

表-5.5.1　無筋コンクリートライニングの配合例

	設計基準強度 (N/mm²)	粗骨材最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	備　考
トンネルアーチサイド	18	40	12±2.5	4.0±1	AE コンクリート
トンネルインバート	18	40	8±2.5	4.0±1	AE コンクリート

表-5.5.2　鉄筋コンクリートライニングの配合例

	設計基準強度 (N/mm²)	粗骨材最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	備　考
トンネルアーチサイド	21	25	12±2.5	4.0±1	AE コンクリート
トンネルインバート	21	25	8±2.5	4.0±1	AE コンクリート

D2タイプ配筋図

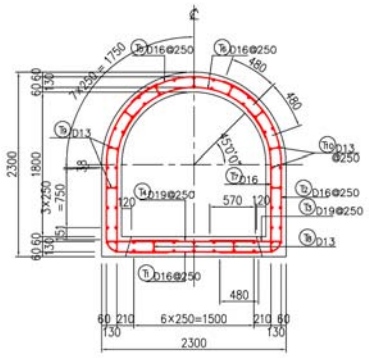


図 3-15　D2 タイプ配筋図

※水路トンネルの１日当たりのコンクリート打設量は、多い場合でも 50m3 程度であるため、生コンクリート使用を原則とするが、工事着手前に製造者名・製造設備・運搬距離及び配合基準に基づく示方配合等を承諾事項とする。

（合同委員会助言）

・他地区の事例を収集して検討していただきたい。

⑤５号バイパストンネル上流坑口部への工事用進入路の線形について、最低限のダンプ走路の確保や 20t の低床トレーラーが入ることを想定した検討を行うこと。

（対応方針）

５号バイパストンネル上流坑口部への工事用進入道路は、10t ダンプは通過可能である。

20t 低床トレーラーは盛土を行い、スイッチバックで通過することとする。

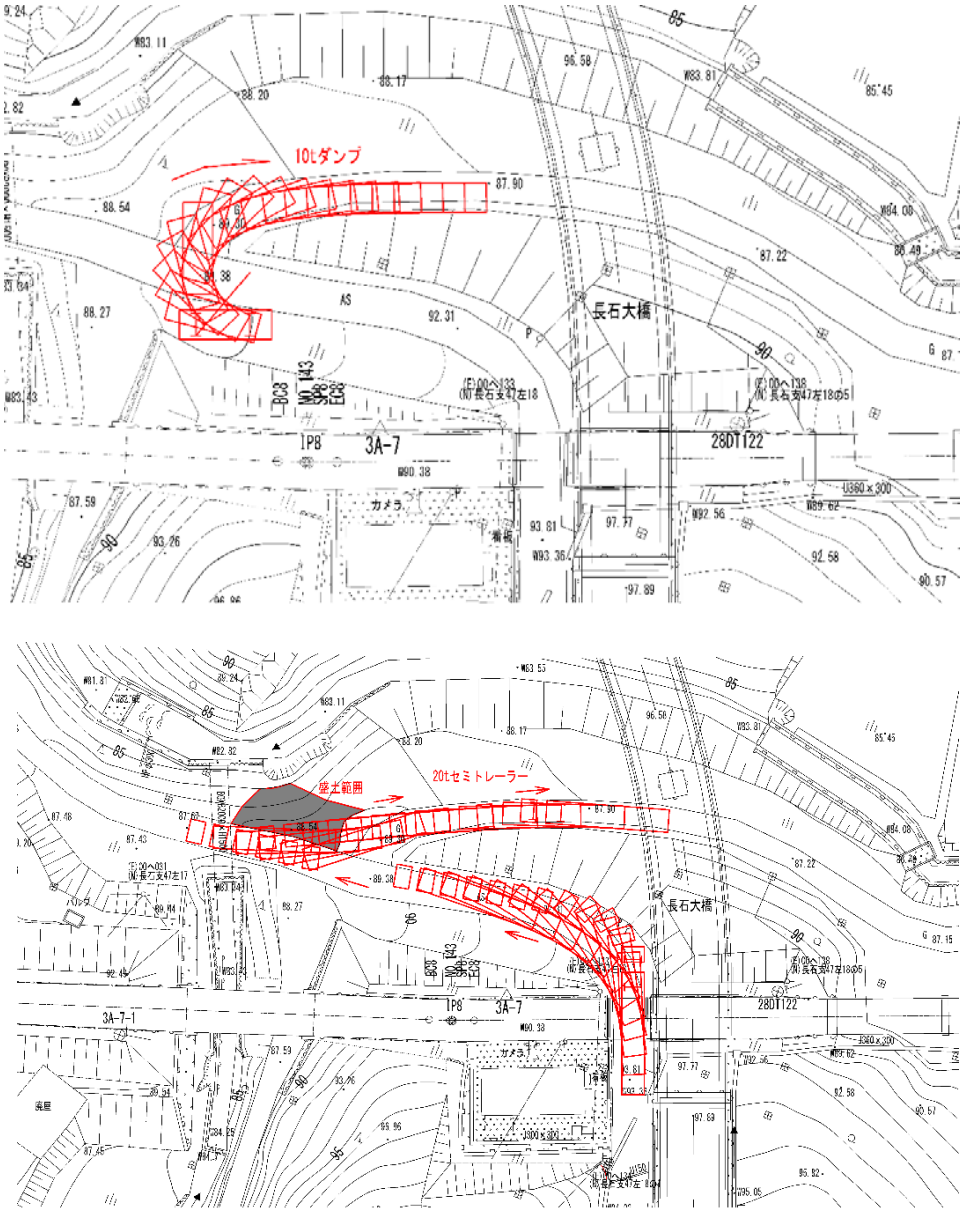


図 3-16　工事用進入路軌跡図

⑥工内で退避できる区間を 300～400m に１ヶ所は設ける必要がある。また、坑口のズリの仮置き場において、ピットの深さを１日の作業量を考えて計画する必要がある。また、縦断勾配と地質を考慮して坑内の排水についても配慮する必要がある。

（対応方針）

退避所の設置間隔はサイクルタイムより検討する。ズリピットの規模は昼夜施工量を考慮して決定する。逆勾配のため坑内排水はポンプ使用を検討する。

⑦５号トンネル上流坑口部付近の排水ヒューム管について、漏水の可能性があることから、工事に支障がないよう取り扱いに留意してほしい。

（対応方針）

５号バイパストンネル工事中のヒューム管からの排水は、バイパストンネル坑口付近でヒューム管を付け替え、排水路も一部を切り回すこととする。

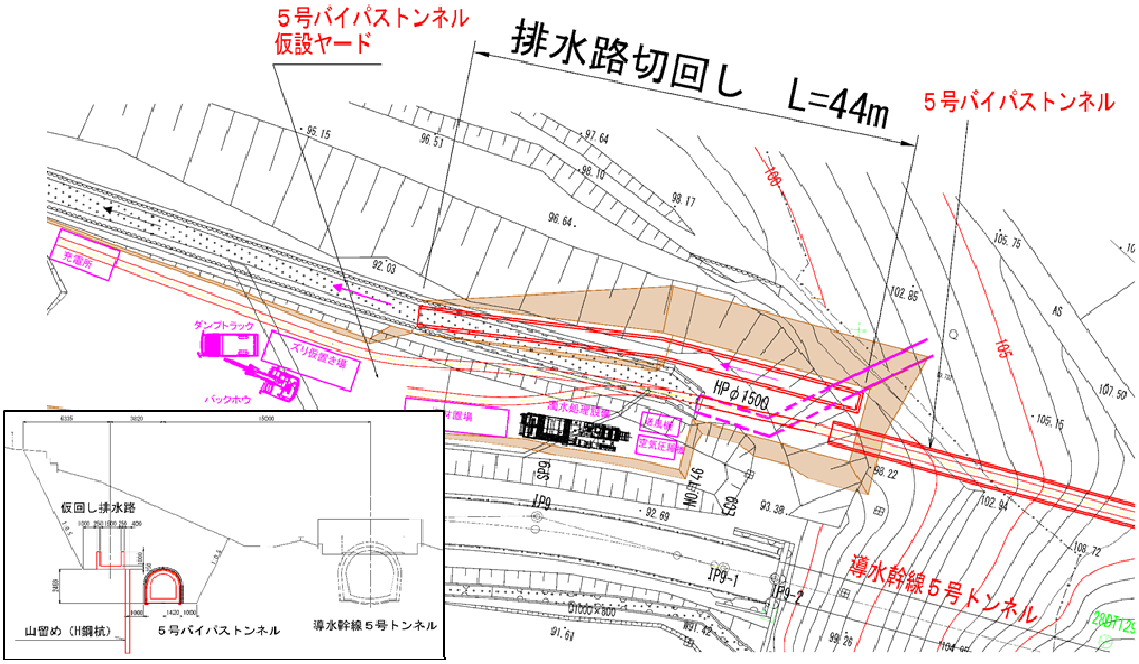


図 3-17　排水路切回し計画図

⑧耐震性の検討にあたって、内陸活断層型の地震を考慮してはどうか。

（対応方針）

三方原用水二期地区の施設の近傍には活断層がなく、同地区は海溝型地震の発生区域となっている。また、1923 年以降、同地区では震度 4 が 1 回観測（2009/8/11、気象庁震度データベース）されているのみで導水幹線は大きな地震を受けていない施設である。

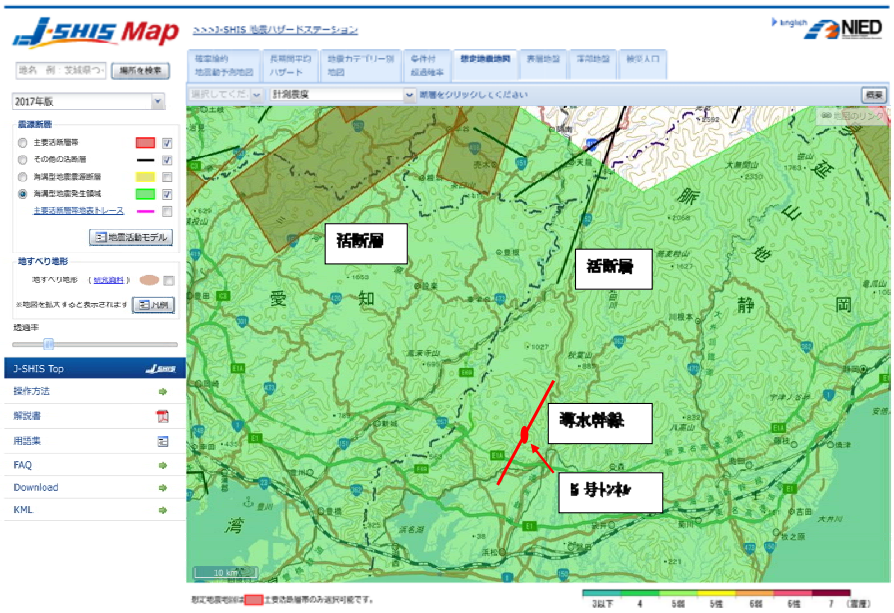


図 3-18　活断層分布図