

事故原因の推定に向けた議論 -設計・施工の経緯-

1. 全体経緯・・・・・・・・・・・・・・・・P1
2. 工法選定に関する経緯・・・・・・・・P1
3. 薬液注入に関する経緯・・・・・・・・P4

平成29年1月21日(土)

1 全体経緯

年度	設計	委員会	施工
H22	福岡地下鉄3号線導入空間検討(八千代E)		
H23	地下鉄3号線構造計画検討業務委託(日本シビックC)	H24.1.13第1回	
H24	福岡市地下鉄七隈線土木構造物実施設計(天神南駅三線部終端～ナトム構築終端)業務委託(八千代E)	H25.2.5第2回	
H25		H25.7.2第3回	12.5工事着手
H26		H27.3.23第4回	
H27		H27.9.1第5回	10.30ボーリング報告 11.16ボーリング報告断面変更提案
H28	福岡市地下鉄七隈線NATM大断面部変更設計業務委託(八千代E)	H28.8.30第6回	9.15施工計画書提出 10.4大断面掘削開始 10.26大断面拡幅掘削開始

以降、以下の項目について整理

2.工法選定に関する経緯	
2.1 平成22年度福岡地下鉄3号線導入空間検討(八千代エンジニアリング)	シールド工法
2.2 地下鉄3号線構造計画検討業務委託(日本シビックコンサルタント)	NATM工法+AGF
2.3 第1回技術専門委員会(H24.1.13)	NATM工法前提で報告
3.薬液注入に関する経緯	
3.1 福岡市地下鉄七隈線土木構造物実施設計(天神南駅三線部終端～ナトム構築終端)業務委託(平成24年度)(八千代エンジニアリング)	地表からの薬液注入(NATM)
3.2 福岡市地下鉄七隈線NATM大断面部変更設計業務委託(平成28年度)(八千代エンジニアリング)	地質調査結果に対する変更設計
3.3 第6回技術専門委員会(H28.8.30)	補助工法に関する審議
3.4 施工業者協議	

2 工法選定に関する経緯

2.1 平成22年度福岡地下鉄3号線導入空間検討 (八千代エンジニアリング)

(1) 特記仕様書

第11条(設計業務内容)
 地下埋設物資料など既存の関連資料をもとに、地形、地層、地質、地下水状況、更には道路、交通状況、沿道状況、他の事業計画状況、利用者の利便性等を十分考慮し、関係機関との協議を踏まえ、設計条件及び設計上の基本事項の整理・検討を行う。なお、地層、地質、地下水状況については「地下鉄3号線地質調査業務委託」の成果物等を使用すること。
 主な整理・検討項目
 (1) 近接する地下構造物等の位置関係(近接施工の影響検討を含む)
 (2) 平面、縦断線形
 (3) 駅および駅間部の構造(駅施設のレイアウト検討を含む)
 (4) 概略の施工方法

※特記仕様書より

(2) 検討結果

工法として、シールド切開きを選定している。

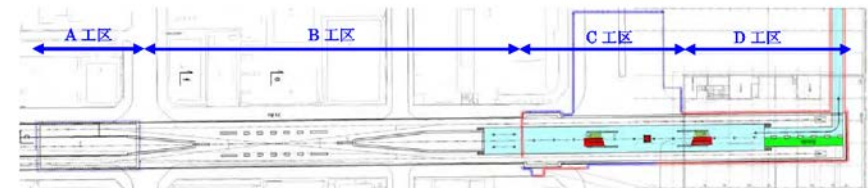
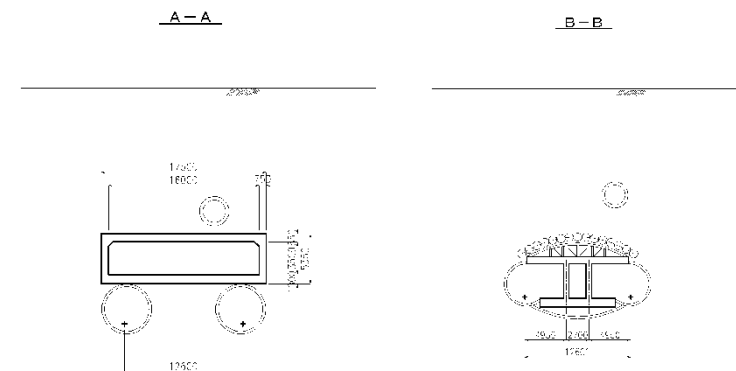


図7-4-1 工区の種類

※報告書p.7-55より

A区
軌道階をシールド、換気機械室を開削工法
B区
シールド切り開き



※図面構造一般図その8より

2.2 地下鉄3号線構造計画検討業務委託（日本シビックコンサルタント）

(1) 特記仕様書

第11条（設計業務内容）

1 設計業務

地下埋設物資料など既存の関連資料をもとに、地形、地層、地質、地下水状況、更には道路、交通状況、沿道状況、他の事業計画状況、利用者の利便性等を十分考慮し、設計条件及び設計上の基本事項の整理・検討を行った上で、概略の構造を決定する。なお、地層、地質、地下水状況については「地下鉄3号線地質調査業務委託」等の成果物等を使用すること。

主な整理・検討項目

- (1) 平面、縦断線形
- (2) 地層・地質・地下水条件
- (3) 周辺の環境
- (4) 道路交通条件
- (5) 本体の設計断面・条件の設定
- (6) 駅および駅間部の構造（駅施設のレイアウト検討、施設計画検討、階避難安全検証法による確認を含む）
- (7) 防水構造
- (8) 排水計画
- (9) 耐震計算
- (10) 近接施工の影響と対策案の提案
- (11) 施工計画（工事行程計画、道路占用計画、仮設・補助工法計画を含む）
- (12) 概算工事数量
- (13) その他

※特記仕様書より

(2) 設計者提出資料

1) NATM工法の導入（資料-1(1), (2)）

当初、前年度成果である“シールド切り開き案”に関する課題を整理し、前年度案に対して、NATMで施工した場合の検討を行った。これは、前年度に八千代エンジニアリングが実施したシールドで博多駅まで達するシールド切り開き案がシーサス区間での構造の成立性に課題があり、これに対し、シーサス区間～博多駅間をNATMで施工することを前提に、主に概略工期・工費の比較検討を実施した。その結果、NATMが優位となった。

このことから、本業務は、発注者との協議のうえ、当初からNATMを前提として検討を実施している。〔H23.6〕

2) NATM区間施工法比較（資料-2）

上記に基づき、NATMの施工を計画するうえで、立坑位置、施工方向等に着目した検討を実施した。その結果、NATM立坑については施工基地を含め交差点に影響のない位置に設け、これと隣接してシールド立坑についても、はかた駅前通りに開削工法により施工する案を計画した。〔H23.6〕

3) NATM立坑位置、地上⇒地下へ変更（資料-3）

その後、発注者との協議により、はかた駅前通りに立坑を開削工法で施工する案が変更され、NATM立坑は中間換気所が計画されている明治公園内に設置し、シールド立坑はNATMによる地中拡幅により施工する計画となった。

※設計者提出資料より

5) NATM対象区間の成立性（資料-5(1)～(3)、資料-6(1), (2)）

上記、NATM対象区間における構造物が、地質縦断面図に示す岩盤内に位置すること、および岩盤性状を確認した。

発注者協議のもと、同様の地盤状況における施工実績（福岡市高速鉄道 博多・福岡空港間建設史、福岡市交通局（発注者より受領））から、NATMは課題があるものの成立するものと判断した。〔H24.1〕

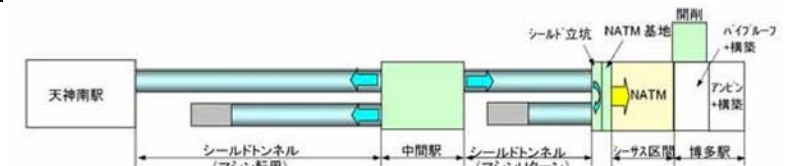
強風化岩に対する天端の安定確保が課題であると考え、発注者へは地盤変状解析による対策工（補助工法）を含めた安全性の確認について提案したが、詳細設計で実施することになった。

※設計者提出資料より

(3) 検討結果

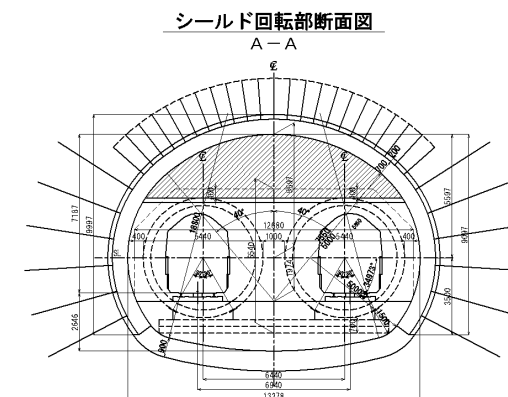
工法として、NATMを選定している。支保工や補助工法AGF-P（無拡幅）ウレタン系注入材を選定している。

全体施工法



※報告書p.6-3-5より

大断面部



※図面NATM部断面図より

NATM部の支保工・補助工法

3) 支保パターン設定

支保パターンは、内空幅に合わせて提案されている「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 平成15年11月 (社)日本道路協会」に示される支保パターンを適用する。

本トンネル計画地の地質は、砂岩・泥岩を主体としており、トンネル天端付近までは上砂、強風化砂岩を呈しており、以深はN値50以上の比較的硬質な地質である。また、博多駅前の市街地での施工となり、トンネル直上には、比較的交通量の多い「はかた通り」があることから、施工時の沈下の危険性がある。このため、支保構造は、地質と沈下抑制を考慮して支保構造を密に設置できる「道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 平成15年11月 (社)日本道路協会」に示す「D Iパターン」計画する。

なお、支保構造部材については、詳細設計において、沈下解析後に再検討を実施することを提案する。

※報告書p.6-4-20より

本設計における対象地盤の地質状況は基本的に均一と思われることから、先行変位の抑制に優れており、経済性にも優れている③案注入式長尺鋼管フォアパイリング (AGF-P工法)を用いる計画とする。

※報告書p.6-4-31より

以上の点から、本設計では施工性、経済性に優れている無拡幅方式で、施工実績が最も多い“AGF-P工法”を選定する。

※報告書p.6-4-34より

本設計におけるAGF-P工法の基本的配置計画を下記に記載する。

- ・施工打設 : 600mmピッチ 120°
- ・鋼管 : φ114.3mm×6.0mm、L=12.5m、ネジ式鋼管継手
(先頭鋼管×1本、中間鋼管×2本、端末塩ビ管×1本)
- ・施工方法 : 1シフト9.0m掘削
- ・鋼管打設倍 : 8~10°

5) 注入材について

注入材料は、地山条件等を十分考慮した上で、目的に適合する材料の選定を行うことが重要である。

表6.4.7 注入材の効果・特性

注入材種別	効果・特性
ウレタン系注入材	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント系注入材に比べ岩塊間を固結させる接着力が大きい ・靱性に優れているので、切羽天端崩落を確実に防止できる ・確実な限定注入が可能である ・ゲルタイムが短いため、湧水の影響を受けにくい ・リークに対してはインターバル注入で容易に対応できる ・比較的高価
セメント系注入材	<ul style="list-style-type: none"> ・ウレタン系注入材に比べ岩塊間を結合させる接着力が小さい ・靱性は小さいが、注入された部分を「硬く」することができる ・ゲルタイムの調整等、コントロールが難しい ・リークへの対応が難しい ・湧水に対しては注入材の劣化や流出等の可能性がある ・比較的安価

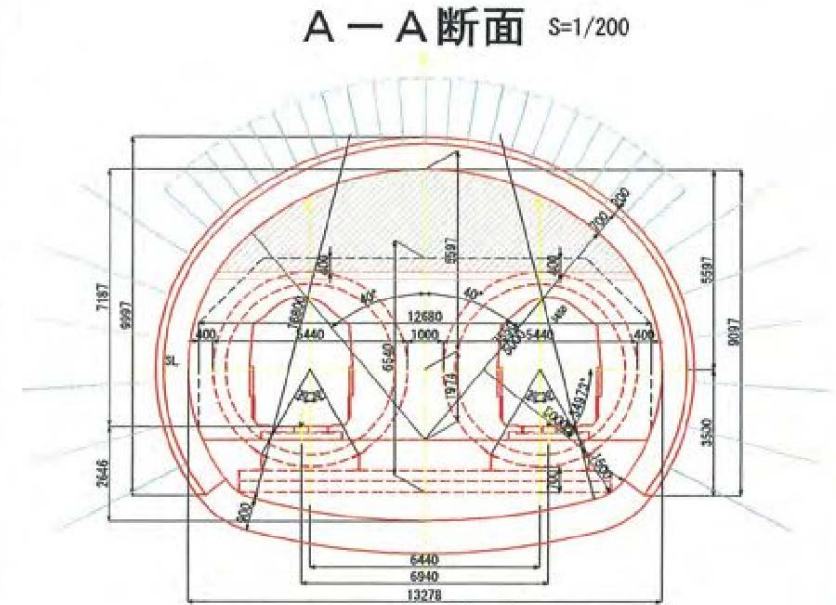
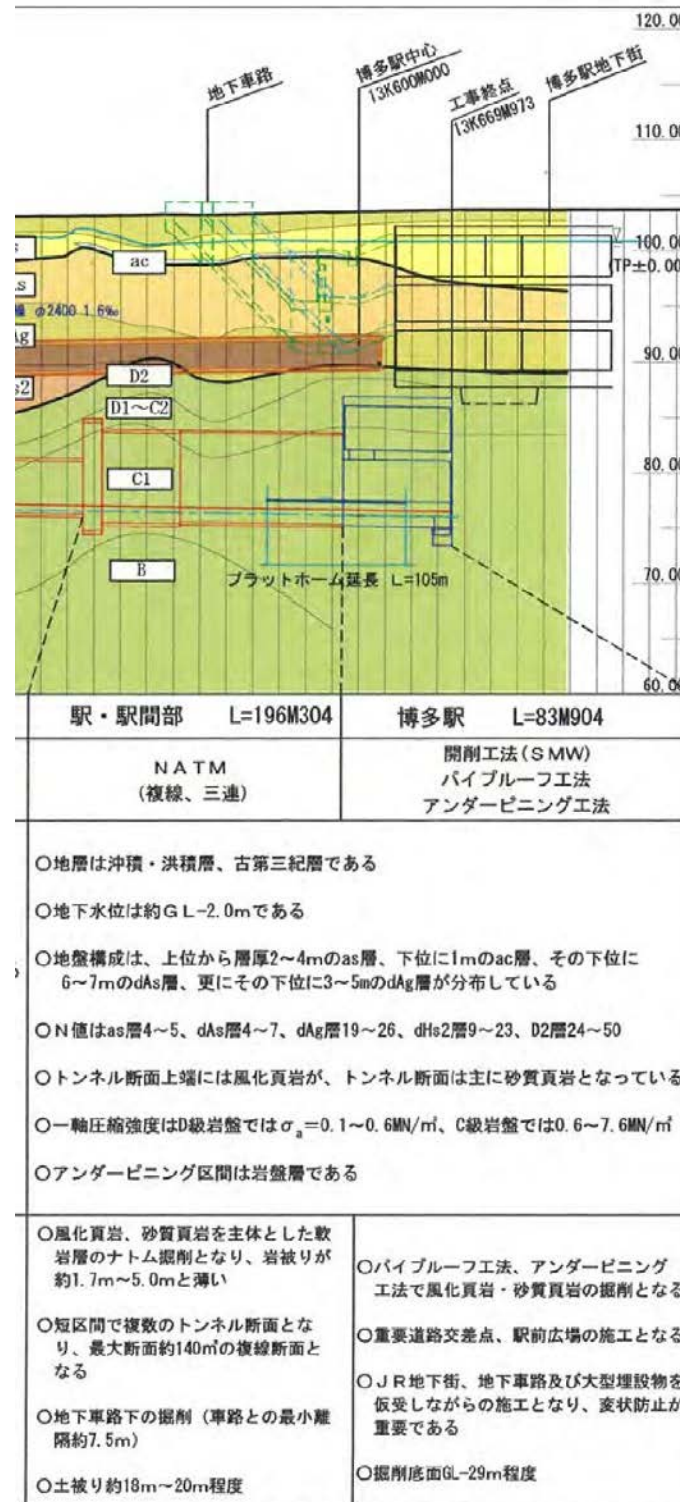
出典 注入式長尺先受工法 (AGF工法) 技術資料 (五訂版)
2006年12月6日 ジェオフロンテ研究会

注入材に関しては、施工箇所地下水位が高いことから、ゲルタイム短く、湧水の影響を受けにくい「ウレタン系注入材」を選定する。

※報告書p.6-4-34より

2.3 第1回技術専門委員会 (H24.1.13)

NATM工法として審議されている。



※第1回技術専門委員会資料より

3 薬液注入に関する経緯

3.1 福岡市地下鉄七隈線土木構造物実施設計 (天神南駅三線部終端～ナトム構築終端) 業務委託 (平成24年度) (八千代エンジニアリング)

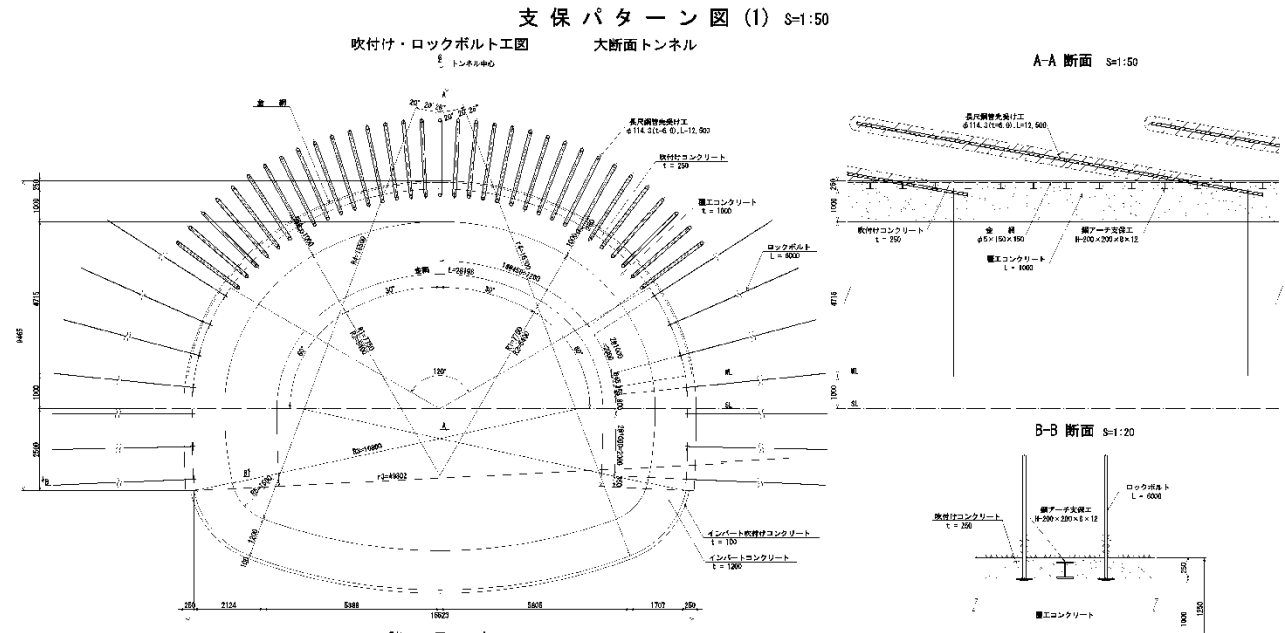
(1) 特記仕様書

- 2) ナトム設計
- (1) 現地調査
設計・検討を行うのに必要な現地の状況を調査する。
 - (2) 本体工設計
設計にあたっては、現地調査の結果を十分認識し、既存の地形図、地質図及び設計条件をもとに安全性や経済性に留意して、地形図上に示された路線について、工事に必要な設計を行うものとする。
ア 一次支保の設計 (支保パターン、補助工法等含む)
イ 施工計画書の作成、トンネル工事に伴う仮設備計画 (排水工等)、工事における問題点を列挙し、施工方法、施工機械、工程等について検討するとともに、工事における課題点を列挙し、対策を検討する。
ウ 乗降場の設計
 - (3) 二次覆工の断面設計及び防水工の設計
シールド回転立坑部、複線トンネル部、移行断面部、乗降場断面部、作業坑 (標準部) 及び作業坑 (断面移行部) について行う。また、断面設計についてはウォータータイトトンネルとして行う。
 - (4) 立坑設計
ナトム基地となる立坑の設計 (円形、矩形の比較検討を行う) 及び換気塔の設計を行う。
 - (5) 坑外設備計画
立坑部における坑外設備計画を行う。
 - (6) FEM解析
ア 解析はトンネル解析用プログラムによって計算するものとし、地山条件を層分割として解析が可能な性能を有するもので、有限要素法による弾塑性解析とする。
イ トンネルの縦断方向、掘削加背割の施工順序が表現できるものとする。
ウ 解析箇所については、甲の指示する箇所について行う。
エ 地山部材、支保部材の要素分割及びモデル化については、甲の承諾を受けること。
 - (7) 補助工法等の設計
トンネル本体の注入工、地下水位低下工 (ディープウェル工等)、近接構造物防護等の必要性の検討とその設計 (施工計画等含む) を行うこと。
 - (8) 計測計画
トンネル本体、掘削影響範囲内の道路及びビル、家屋並びに地下埋設物等について、管理基準値を設定するとともに計測計画を作成する。

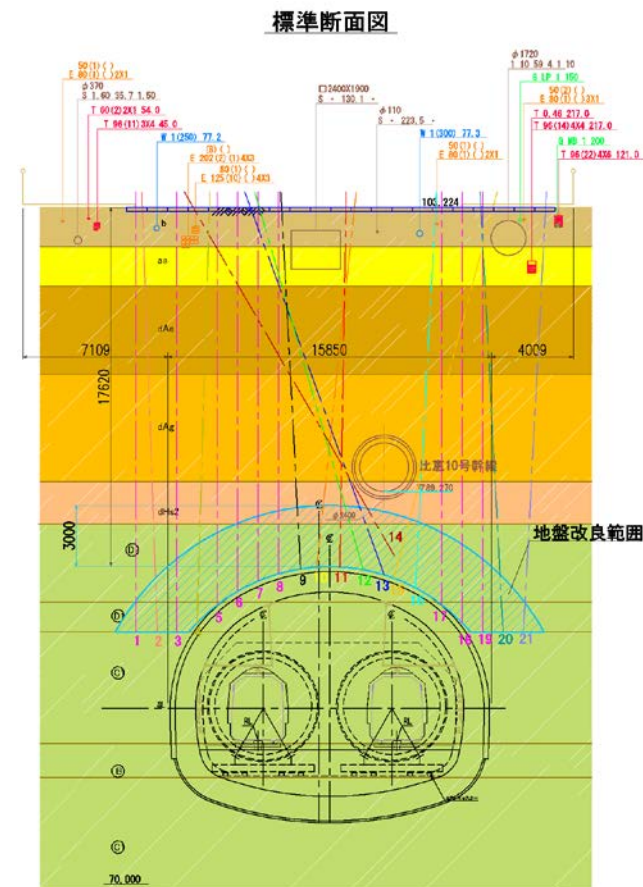
※特記仕様書より

(2) 検討結果

補助工法を選定しており、AGFおよび地表からの薬液注入を採用している。



※図面支保パターン図 (1) より



※図面地盤改良工図より

3.2 福岡市地下鉄七隈線NATM大断面部変更設計業務委託 (平成28年度) (八千代エンジニアリング)

(1) 特記仕様書

第10条 (設計業務内容)

1 設計業務

・ 既往の設計成果及び現場での調査結果等の関連資料をもとに、設計条件及び設計上の基本事項の整理・検討を行った上で、本業務を実施する。なお、本設計については「福岡市地下鉄七隈線土木構造物実施設計(天神南駅三線部終端～ナトム構築終端)業務委託」等の成果物を使用すること。

1) 構造修正設計 (大断面)

・ 土質調査した結果を踏まえて、シールドマシンUターン部としての使用するNATM大断面部の形状を変更し、設計計算書・構造図・配筋図・数量計算書等の修正を行うものである。

2) 支保工修正設計 (大断面)

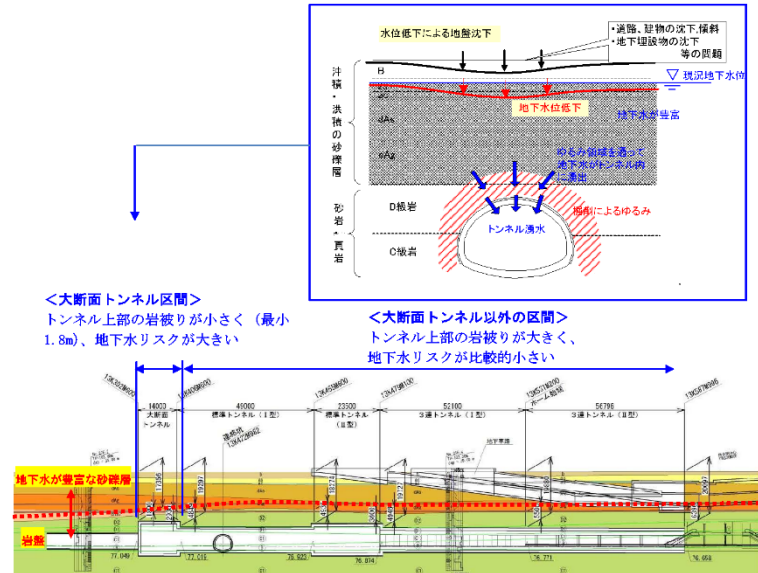
・ 1)に関連する支保工に関して、修正を行うものである。

※特記仕様書より

(3) 検討結果

薬液注入の有無、掘削工法の選定、これまでの掘削で得られている地盤定数・地下水状況等を十分配慮して、地下水対策について慎重に判断する必要性を示唆している。

<大断面トンネル区間の地下水リスクの概要>



<大断面トンネル区間>
トンネル上部の岩被りが小さく(最小1.8m)、地下水リスクが大きい

<大断面トンネル以外の区間>
トンネル上部の岩被りが大きく、地下水リスクが比較的小さい

(2) 設計者提出資料

補助工法の設計は、記載無し。

平成28年度	福岡市地下鉄七隈線NATM大断面部変更設計業務委託 (6/10~10/7)	ナトム工法 (特記仕様書と条件)	補助工法の設計は特記仕様書には規定されていない。
7月8日	第1回打合せ		
8月23日	第2回打合せ ※扁平化後の断面形状を決定 ※右記の委員会へのyecの関与は無し。		
8月30日			

※設計者提出資料より

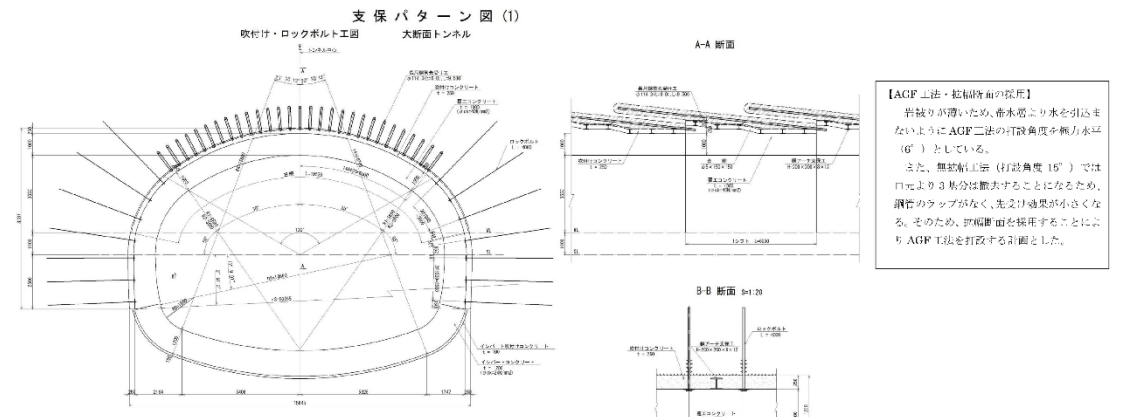
当初設計においては、大断面部は岩被りが少ないことからFEM解析を行い、薬液注入工が必要なもの整理していた。その他の断面については、岩被りが5m程度以上あるため、地下水のリスクは少ないものとし、薬液注入工は計画していない。

標準部等の実施工で既に掘削した箇所において、SLより下半での漏水は多いものの、上半では少ない状態であることが報告されているが、薬液注入工の有無や掘削工法によって、大断面掘削時のゆるみ範囲も変化することが考えられる。

以上のことから、施工時の計画立案にあたっては、薬液注入工の有無・掘削工法の選定・これまでの掘削で得られた地盤定数・地下水の状況等に十分配慮し、地下水対策について慎重に判断する必要がある。

※報告書p. 20より

支保工の形状を変更している。補助工法は、最小拡幅のAGFとしている。



※報告書p. 25より

3.3 第6回技術専門委員会（H28.8.30）

変更に関して審議している。

4) 大断面部の施工方法					
③掘削方法					
<p>【先進導坑工法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○地質状況を確認することができる。・標準トンネルⅠ、Ⅱ型区間での実績がある。 ○地表面沈下及び坑内変位の計測結果、地質状況に応じた適切な補助工法を選定することができる。 <p>【先進導坑の補助工法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○長尺鋼管先受け工：岩被りが小さいことに起因する坑内変位と地表面沈下抑制 ○長尺鏡ボルト工：切羽の自立性確保と切羽前面の土質把握と地下水位の状況確認、水抜き ○高強度吹付け、鏡吹付コンクリート工：切羽及び切羽側面の崩落対策 <p>【拡幅掘削の補助工法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○長尺鋼管先受け工：扁平断面であることや岩被りが小さいことに起因する坑内変位と地表面沈下抑制 ○サイドパイル工：切羽側面の地山の補強による坑内変位と地表面沈下の抑制 ○高強度吹付け、鏡吹付コンクリート工：切羽及び切羽側面の崩落対策 					
断面図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>掘削断面積：約34m²</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>上半拡幅時の掘削断面積約 41m²(先進坑除く)</p> </div> </div>				
支保パターン	<table border="1"> <tr> <td>計画</td> <td>高強度吹付けコンクリート工 (t=20cm) 鋼アーチ支保工 (H150) GFRPロックボルト (L=4m)</td> <td>計画</td> <td>高強度吹付けコンクリート工 (t=25cm) 鋼アーチ支保工 (H150)</td> </tr> </table>	計画	高強度吹付けコンクリート工 (t=20cm) 鋼アーチ支保工 (H150) GFRPロックボルト (L=4m)	計画	高強度吹付けコンクリート工 (t=25cm) 鋼アーチ支保工 (H150)
計画	高強度吹付けコンクリート工 (t=20cm) 鋼アーチ支保工 (H150) GFRPロックボルト (L=4m)	計画	高強度吹付けコンクリート工 (t=25cm) 鋼アーチ支保工 (H150)		
切羽安定対策	<table border="1"> <tr> <td>計画</td> <td>鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm) 長尺鏡ボルト工 (L=12.5m)</td> <td>計画</td> <td>鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm)</td> </tr> </table>	計画	鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm) 長尺鏡ボルト工 (L=12.5m)	計画	鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm)
計画	鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm) 長尺鏡ボルト工 (L=12.5m)	計画	鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm)		
沈下抑制対策	<table border="1"> <tr> <td>計画</td> <td>長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm、L=12.5m) (打設角度6°)</td> <td>計画</td> <td>長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm、L=9.5m) サイドパイル工 (φ76mm、L=8.0m)</td> </tr> </table>	計画	長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm、L=12.5m) (打設角度6°)	計画	長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm、L=9.5m) サイドパイル工 (φ76mm、L=8.0m)
計画	長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm、L=12.5m) (打設角度6°)	計画	長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm、L=9.5m) サイドパイル工 (φ76mm、L=8.0m)		

※第6回技術専門委員会資料より

3.4 施工業者協議

協議書を提出している。以下の協議が行われている。

工事業務 大成建設JV

1. 協議簿（特に薬液注入に関するもの）

協議簿については、コンサルが作成した協議録以外は作成しておりませんので、薬液注入に関する協議を2014年2月17日から開始してきたやり取りと協議資料を提出します。

大断面部施工までの経緯

①2014年2月17日 大断面トンネルの止水工法の変更
導坑を掘削して、導坑内から止水注入を行う提案 (JV)
※図面等の提出無しで口頭だけの説明であるため、設計変更に合意したわけではありません

②2015年10月21日～26日 大断面部調査ボーリングを実施

③2015年11月26日 大断面部調査ボーリングの最終報告

④2016年1月20日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第1回）
大断面部トンネル概略変更形状を提案。(JV)

⑤2016年1月28日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第2回）
大断面部トンネル変更形状概略検討報告書を説明・提出。(JV)

⑥2016年4月13日 大断面トンネルの止水工法の変更
導坑内から止水注入を行う提案 (JV) から鏡ボルトに変更することの提案 (JV)
※図面等の提出無しで口頭だけの説明であるため、設計変更に合意したわけではありません

⑦2016年4月28日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第3回）
交通局、JVの2者会議
大断面トンネル形状変更設計業務を発注するために必要な項目を確認。

⑧2016年7月8日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第4回）
交通局、設計コンサル、JVの3者会議

⑨2016年8月23日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第5回）
交通局、設計コンサル、JVの3者会議

⑩2016年8月30日 第6回 地下鉄七隈線技術専門委員会
大断面トンネル変更形状について技術専門委員会へ説明。

⑪2016年9月13日 協議書提出
大断面トンネル形状変更に伴う支保工及び補助工法等の協議書提出。(JV)

⑫2016年9月15日 施工計画書提出
大断面トンネル形状変更に伴う支保工及び補助工法等の施工計画書提出 (JV)

⑬2016年9月27日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第6回）
交通局、設計コンサル、JVの3者会議
大断面トンネル掘削時の再予測解析と管理基準値の設定。(JV)
変更設計業務委託報告。(建設コンサルタント)

⑭2016年10月4日 大断面トンネル掘削開始

⑮2016年10月6日 大断面トンネル形状変更に関する打合せ（第7回）
交通局、設計コンサル、JVの3者会議

⑯2016年10月26日 大断面トンネル拡幅掘削開始

2. 設計変更した場合変更協議資料等
設計変更手続きは行っていません。

※福岡市提出資料より

薬液注入を行う旨の提案、協議がなされている。

①について

原設計での止水対策

岩覆りの薄い大断面トンネルのみ、止水注入をする設計である。

対策：大断面トンネルの止水方法の変更

導坑を掘削して、導坑内から止水注入を行うように変更する。

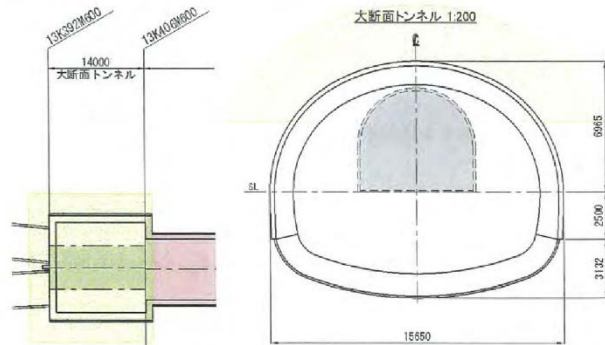


図 2.5 止水注入の変更（大断面トンネル：導坑を掘削し、トンネル内から注入）

⑥について

博多駅工区（NATM部）検討・協議項目一覧

項目	変更概要	変更協議理由	状況
1-1 断面形状の変更	大断面トンネル形状を変更して天端高さを下げる。 【構造設計図 6】他	ボーリング調査の結果、トンネル天端岩覆りが当初設計より薄く、土砂部からトンネル坑内への地下水を引き込むリスクがあるため	・断面形状変更に伴う概略設計済（実施 JV） ・設計部、工事事務所 了解済 ・西工区（銭高 JV）シールド回転可能 確認済 ・交通局殿による修正設計 6/14 決定済 ・6月までに掘削断面形状決定、11月までに設計完了
1-2 掘止め構造変更	当初設計の柱・梁構造から面構造へ変更する 【構造設計図 71~75】	当初設計構造では施工困難なため ・柱部が 400mm と細く、2mm の防水シートを設置することが不可能。 ・鉄筋が過密で鉄筋のピッチは最小で 43mm であり、鉄筋のあき（48mm 以上）を満足していない。 ・柱部の継手は圧接であり、シートを痛める。	・変更設計書提出済。 ・設計部、工事事務所 了解済 但し ・断面形状変更に伴い再度修正設計が必要
1-3 補助工法 B 薬液注入工の変更	当初設計では掘上から薬液注入工を実施することとしているが、坑内からの実施に変更する 【標準図 44】	当初設計では施工困難であり、加えて今後道路改修の予定有 ・埋設物が干渉し、地上からトンネル周辺へホーリングでアクセスしづらい箇所が発生し、目的とする地盤改良の品質確保が困難 ・薬液注入工を廃止し、錠ボルトに変更する予定。	・設計部、工事事務所 基本事項了解済 ・詳細計画の説明は未実施

⑪について

表1 掘削・掘工

No	区間	増減	補助工法等	仕様等
1	標 I	増	長尺鋼管先受け工	L=3.0m、φ=17.5mm
2	標 I ~ 大断面掘り付け	減	注入式コアホーリング工	L=3.0m、φ=17.5mm
3	大断面	増	長尺鋼管先受け工	φ114.3、L=12.5m、n=27、N=1/2T
4	大断面	増	上半ロックボルト工	L=4.0m、φ=42本/m
5	大断面	減	薬液注入工	掘削補助工 B

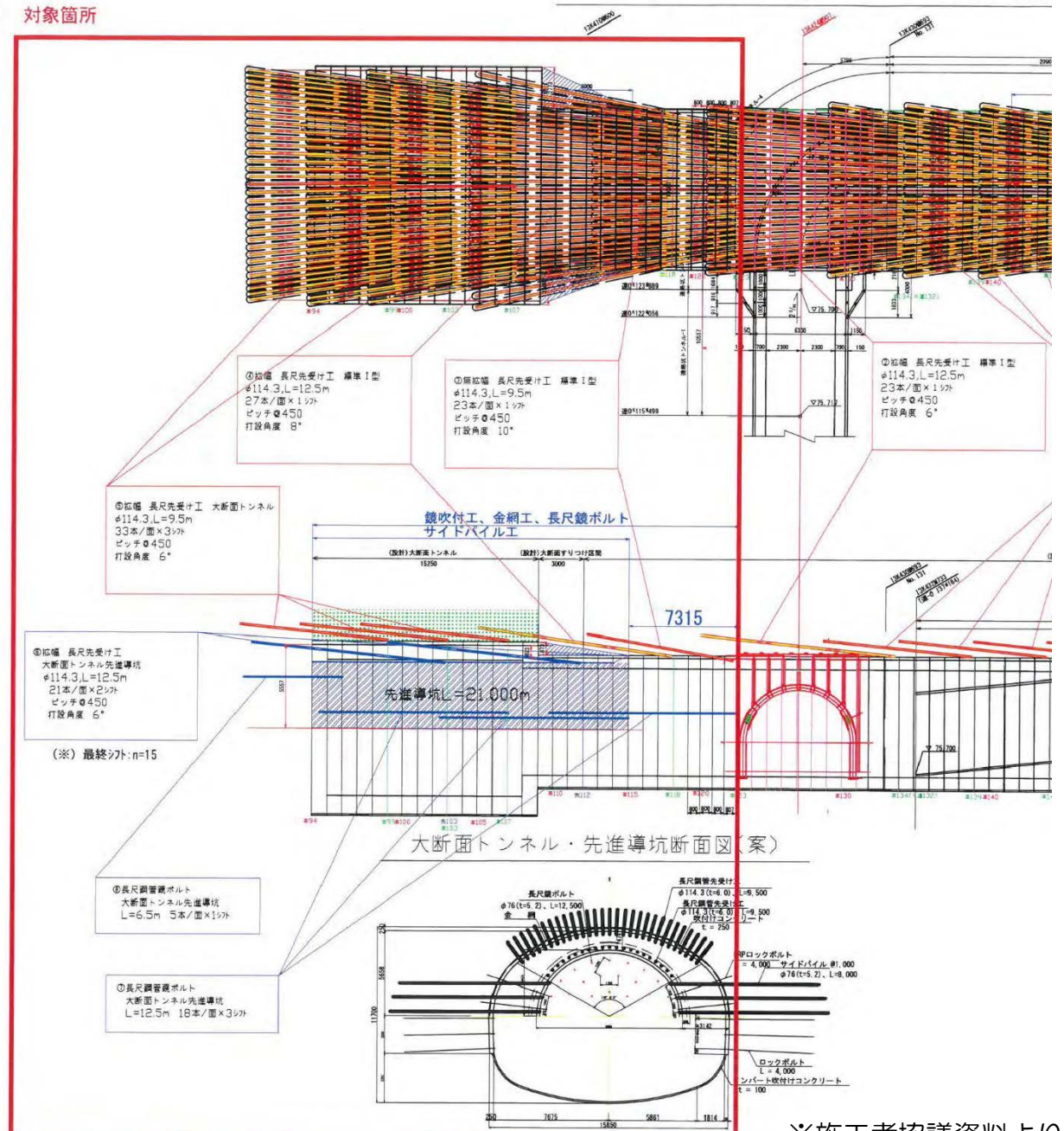
表2 掘削・掘工

No	区間	増減	補助工法等	仕様等	
1	標 I	本坑・上半	増	長尺鋼管先受け工	φ114.3、L=9.5m、n=23、N=1/2T
2	標 I	本坑・上半	増	長尺鋼管先受け工	φ114.3、L=12.5m、n=27、N=1/2T
3	標 I	本坑・上半	増	掘り削孔工	L=12.5m、φ=1、N=1/2T
4	標 I	本坑・上半	増	錠吹付（上半）	t=5cm、36N/mm ² 、毎基
5	標 I	本坑・上半	増	長尺鋼管先受け工	φ76.3、L=12.5m、n=18、N=1/2T
6	標 I ~ 大断面掘り付け	先進導坑	増	長尺鋼管先受け工	φ114.3、L=12.5m、n=27、N=1/2T
7	標 I ~ 大断面掘り付け	先進導坑	増	錠吹付（上半）	t=5cm、36N/mm ² 、毎基
8	標 I ~ 大断面掘り付け	先進導坑	増	長尺鋼管先受け工	φ76.3、L=12.5m、n=18、N=1/2T
9	大断面	先進導坑	増	長尺鋼管先受け工	φ114.3、L=12.5m、n=27、N=1/2T
10	大断面	先進導坑	増	錠吹付（全断面）	t=5cm、36N/mm ² 、毎基
11	大断面	先進導坑	増	長尺鋼管先受け工	φ76.3、L=12.5m、n=18、N=1/2T
12	大断面	先進導坑	増	長尺鋼管先受け工	φ76.3、L=9.5m、n=5、N=1/2T
13	標 I ~ 大断面掘り付け	本坑・先進導坑から打設	増	サイドパイル工	φ76.3、L=7.0m~9.0m、n=6本/m
14	標 I ~ 大断面掘り付け	本坑	増	錠吹付（上半）	t=5cm、36N/mm ² 、毎基
15	大断面	本坑・先進導坑から打設	増	サイドパイル工	φ76.3、L=7.0m~9.0m、n=6本/m
16	大断面	本坑	増	長尺鋼管先受け工	φ114.3、L=9.5m、n=23、N=1/2T
17	大断面	本坑	増	掘り削孔工	φ50、L=9.5m、φ=1、N=3/2T
18	大断面	本坑	増	錠吹付（上半）	t=5cm、36N/mm ² 、毎基
19	掘削部	先進導坑、本坑	増	錠吹付（先進導坑全断面、本坑上半）	t=30mm、18N/mm ²
20	掘削部	本坑	増	錠吹付（本坑下半（インバート））	t=20mm、18N/mm ²
21	掘削部	先進導坑（シールド断面外）	増	FRP網工（インバート除く）	FRPグリッド
22	掘削部	本坑（シールド断面外）	増	金網工（インバート除く）	溶接金網
23	掘削部	先進導坑（シールド断面外）	増	錠ボルト（インバート除く）	FRP-L=4.0m、φ=42本
24	掘削部	本坑（シールド断面外）	増	錠ボルト（インバート除く）	TD24 L=4.0m、φ=16本

2.1 <先進導坑掘削時の補助工法の提案理由>

先進導坑の岩覆りは 5m 程度で他の区間（例えば標Ⅱ区間）での岩覆り（5~6m）より小さく、天端部の地山も不良な地山である。このため、トンネル掘削に伴い緩みが発生し土砂層の地下水を低下させる可能性がある。先進導坑においては、天端部および切羽前方の地山の緩みを抑制することが重要となる。一方、当初設計で計画された薬液注入工は、地下埋設物が支障となること、対象地山が粘土質であることから、当初設計で想定した品質は得られないと判断される。代替の対策として、天端部および切羽前方の地山の緩みを抑制する目的で、長尺鋼管先受け工、高強度錠吹付コンクリート工、長尺錠ボルト工を補助工法とすることを提案する。

AGFの配置、ラップ状況について協議されている。



※施工者協議資料より

※委員会資料に一部誤記があったため、事実に基づき訂正した箇所を含む。

施工計画書には、考えられるリスクを想定し、その対策が記載されている。

⑫について

③ 天端崩落

(リスク) 天端部の強風化岩が崩落する可能性がある。

天端崩落時には、下記のリスクを伴う。

- ・周辺地山の沈下を助長する。下水幹線やガス管の沈下を助長する。
- ・崩落範囲が滞水土砂層まで及ぶ可能性がある。地表陥没の誘因になる。
- ・作業時の危険性が大きい。

(応急対策) 崩落状況を確認した上で、応急対策として、吹付コンクリートを吹き付ける、注入式ロックボルトを打設する対策を状況に応じて実施する。

(以降の対策) 以降の対応を発注者と協議する。

- ・AGFの注入量を増大する。注入管理方法については、現在の方法で十分か、または注入量を増加するべきか(図7.5)、先進導坑掘削時に試験施工する。試験施工結果に基づいて、以降の注入管理方法を確定する。
- ・AGFの打設間隔を450mmから300mmに変更する。
- ・毎切羽、切羽面の天端部から注入式鏡補強ボルト(中空FRP、L=3m)を崩落が予想される範囲(切羽観察結果から設定)に打設する(打設ピッチは例えば450mm)。

⑥ 地表陥没

(リスク) 天端部の強風化岩の上の滞水砂層が坑内に流出が大規模で地表陥没が発生する。

その場合、下記のリスクを伴う。

- ・道路が一部不通となる。第三者の早急な退避が必要となる。
- ・地下埋設部が損傷を受け機能が停止する。
- ・坑内での早急な退避が必要となる。

(対策) 坑内への流出土砂が多量、または土砂流出が止まらない場合等で、地表陥没の可能性があると判断された場合には、至急、交通局工事事務所に緊急時の連絡を行う。また必要に応じて関係機関にも緊急時の連絡を行う。また、地表部で陥没の可能性が高く人命に係ると判断された場合には、警察に連絡すると同時に、J-V職員および工事作業員が誘導棒を持って現地に直行し、歩行者や車の誘導を行う。

※施工者協議資料より