

### 3. 再掘削工法について

- (1) 工法選定にあたって ..... P1～P3
  - 1) 工法選定検討フロー
  - 2) 工法選定にあたっての現場条件
- (2) 工法比較 ..... P4～P9
  - 1) 各工法の比較
  - 2) 人工岩盤掘削
  - 3) 特殊シールド

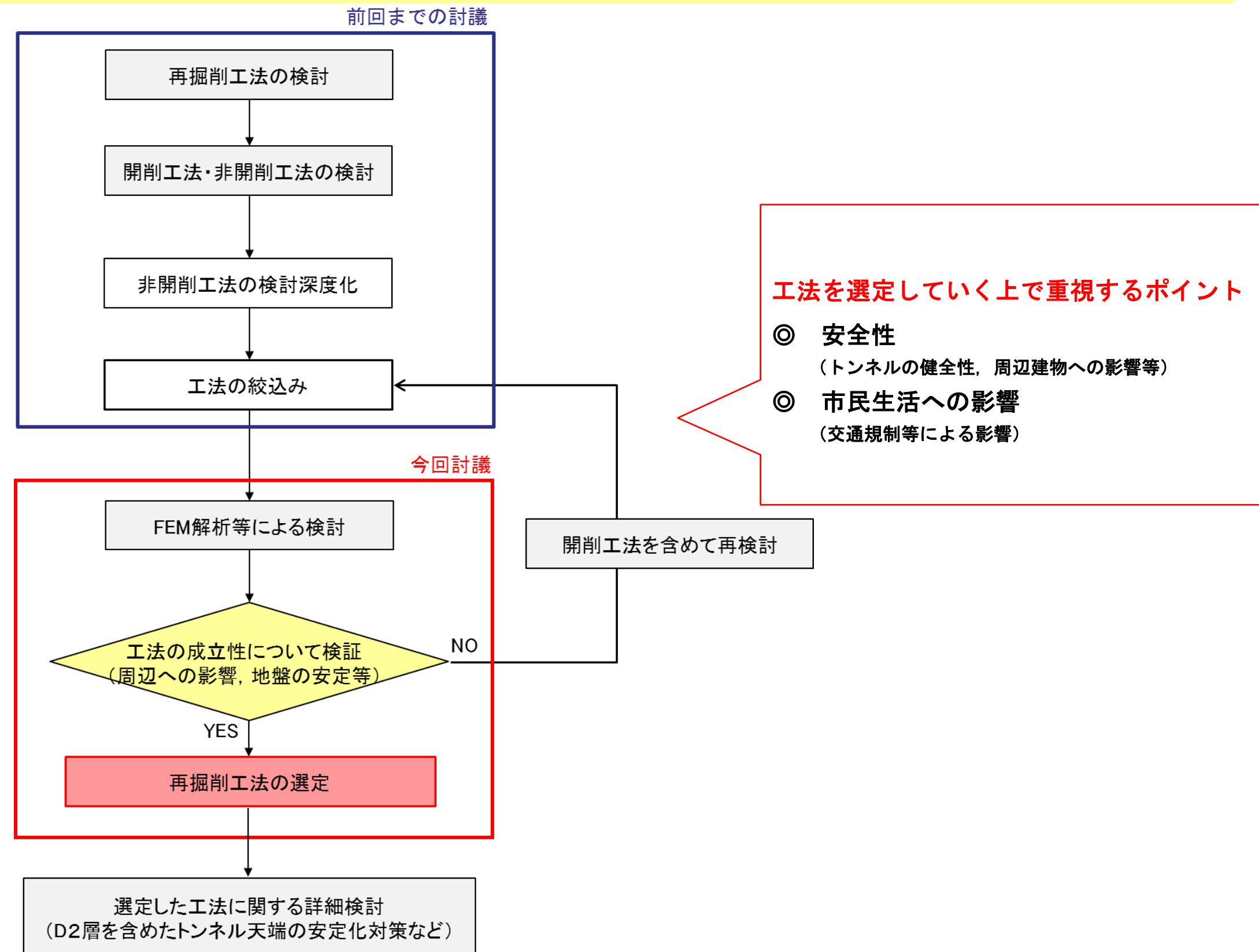
平成29年 11月 7日（火）

福岡市交通局

## (1) 工法選定にあたって

### 1) 工法選定検討フロー

大断面部の再掘削工法選定を進めていくうえで、前回の技術専門委員会を踏まえた検討フローを示す



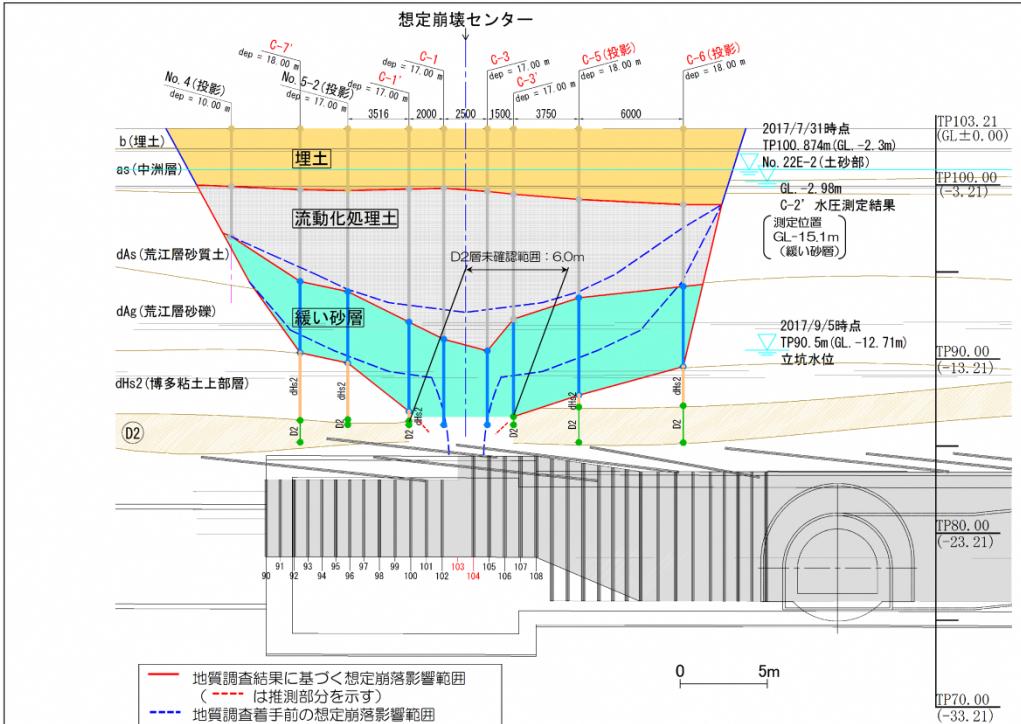
## (1) 工法選定にあたって

## 2) 工法選定にあたっての現場条件（想定陥没形状、地下埋設物敷設状況）

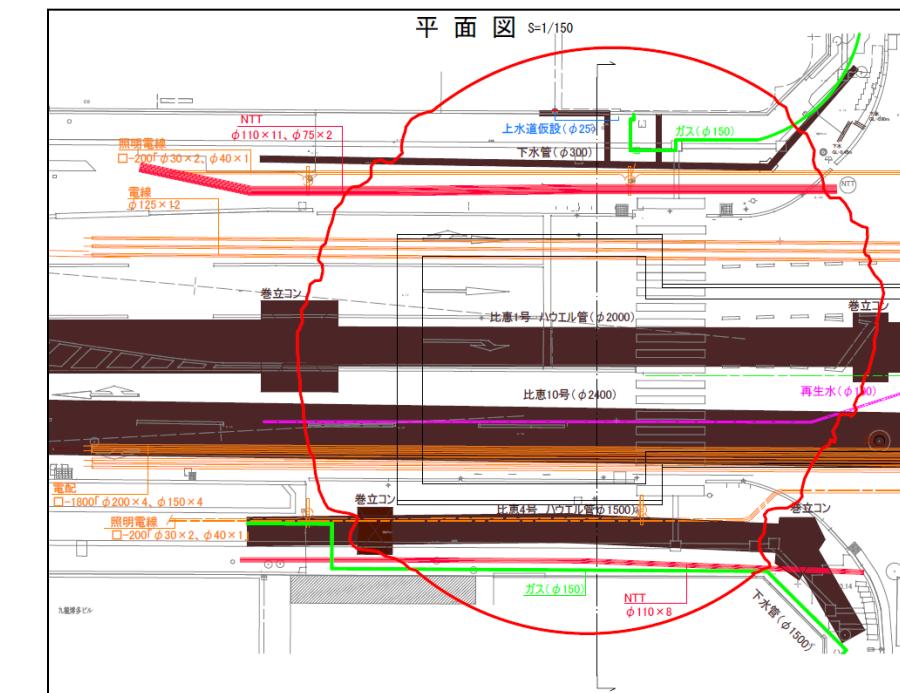
大断面部の再掘削工法の選定を進めていくうえで、想定陥没形状、地下埋設物敷設状況を整理した。

### 想定陥没形状

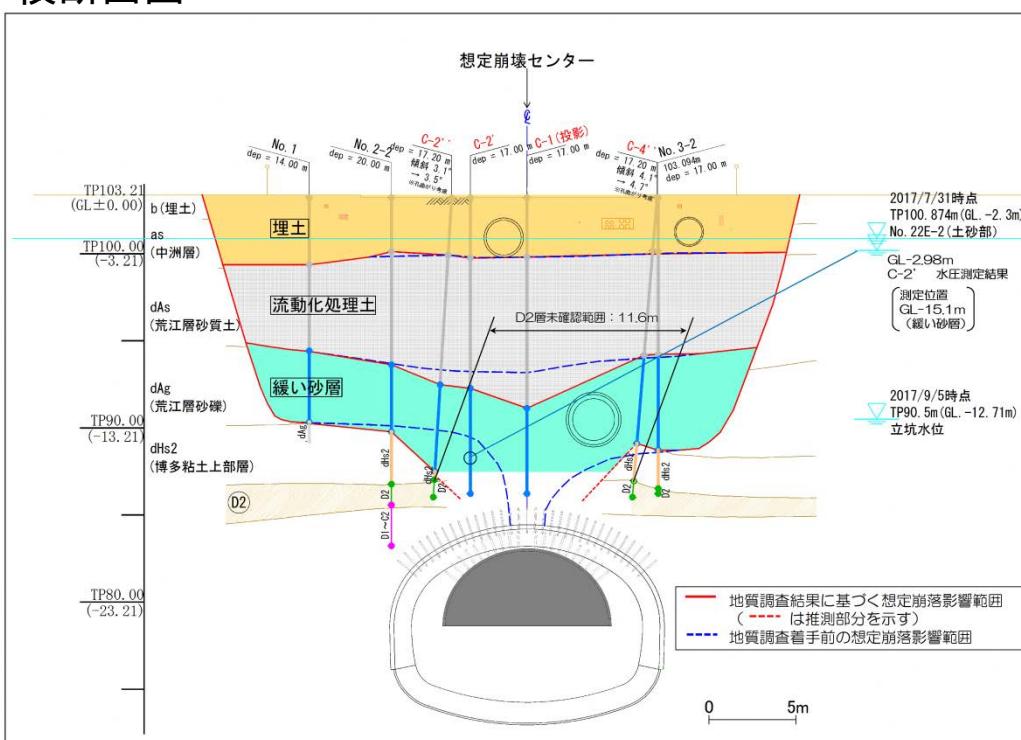
#### 縦断面図



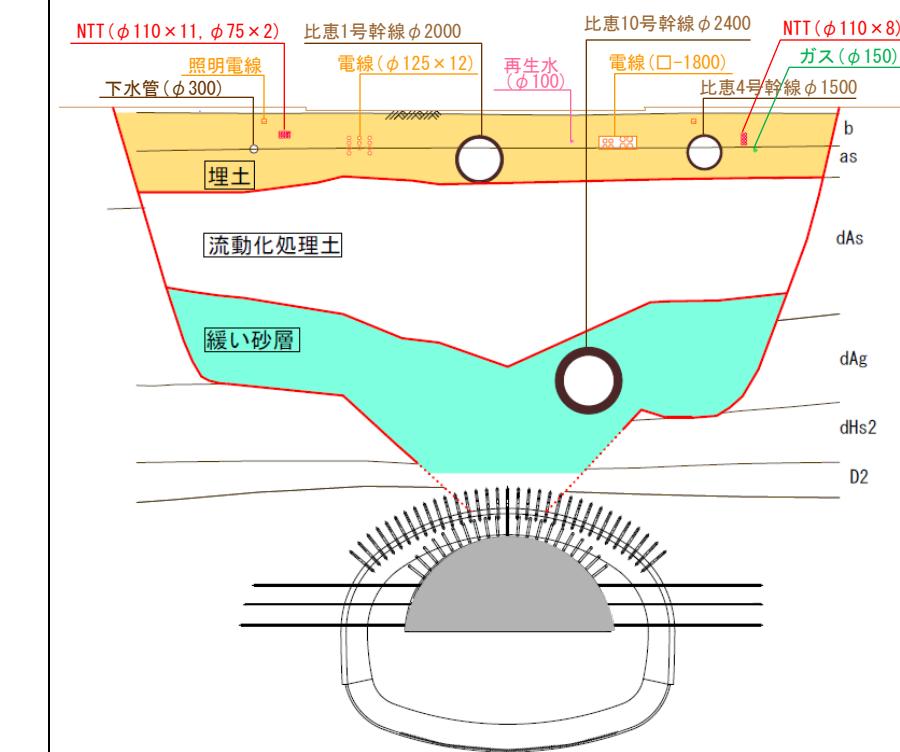
### 地下埋設物敷設状況



#### 横断面図



#### 横断図



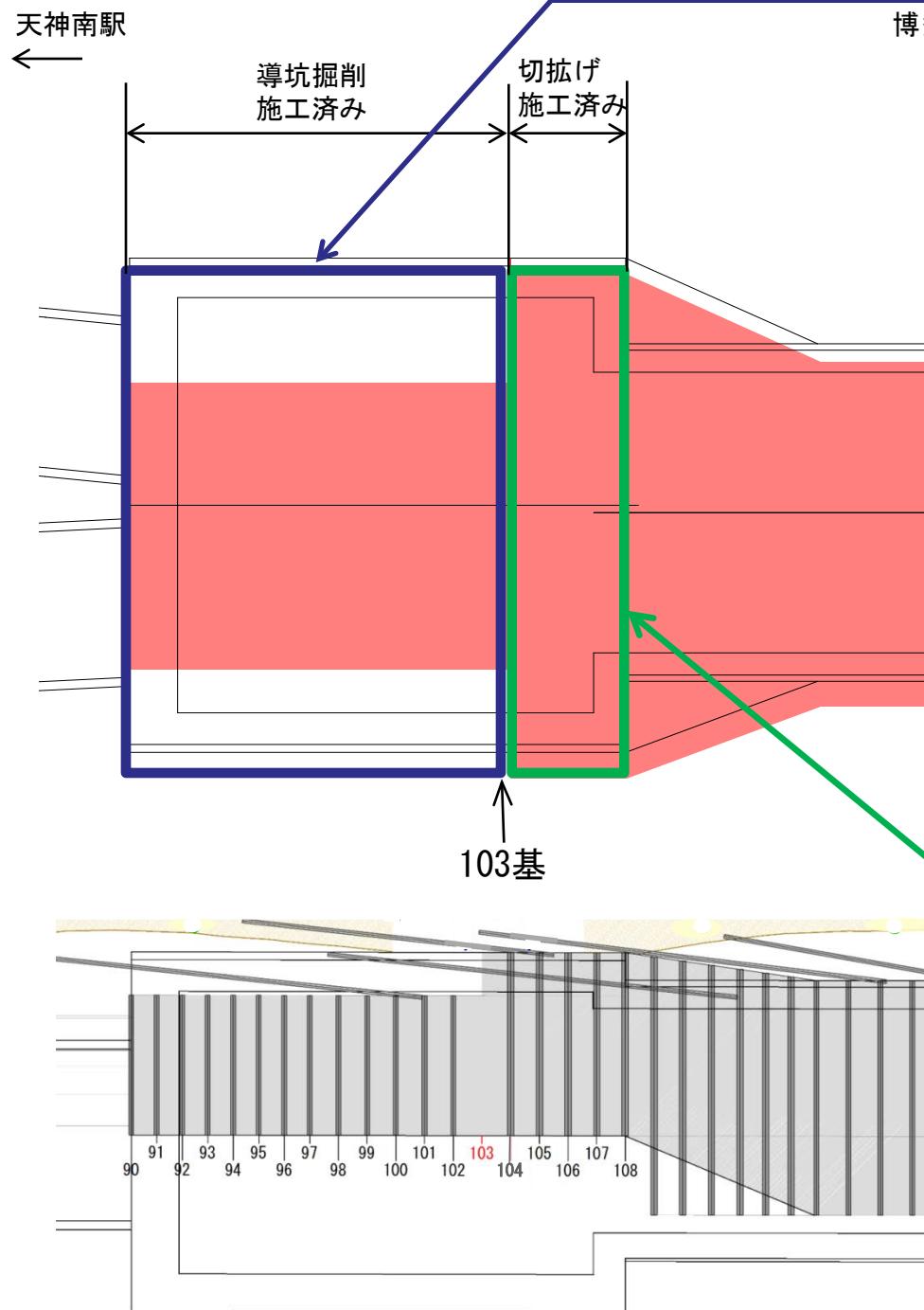
## (1) 工法選定にあたって

## 2) 工法選定にあたっての現場条件（陥没直前の状況）

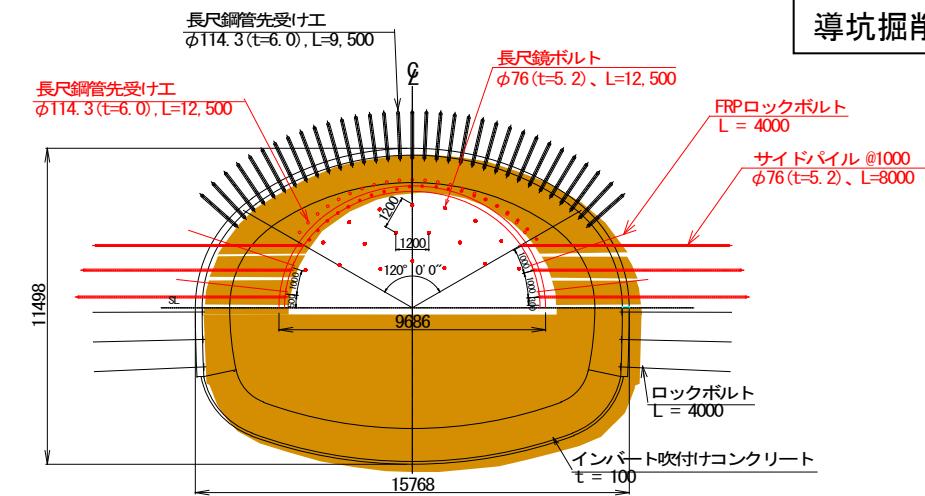
大断面部の再掘削工法の選定を進めていくうえで、大断面部の陥没直前の状況を整理した。  
なお陥没直前の掘削状況は、陥没した103基を境に中間駅側は「導坑掘削施工済み」、博多駅側は「切拡げ施工済み」である。

## 道路陥没直前の支保工設置状況

### 大断面部



### 導坑掘削施工時



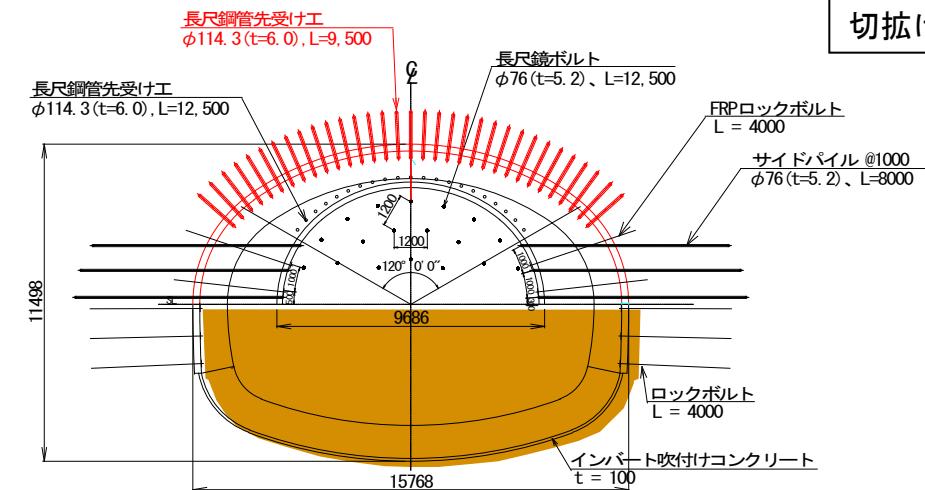
#### 支保工

- 吹付けコンクリート (t=20cm)
- 鋼製支保工 (H-150@800~900)
- FRPロックボルト (L=4m×6本)

#### 補助工法

- 鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm)
- 長尺鏡ボルト工 (L=12.5m×18本)
- 長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm, L=12.5m×21本)

### 切拡げ施工時



#### 支保工

- 吹付けコンクリート (t=25cm)
- 鋼製支保工 (H-200@800~900)

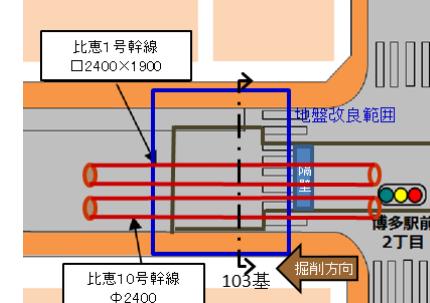
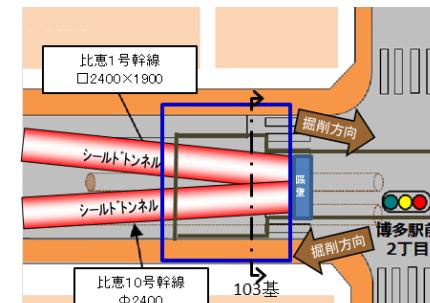
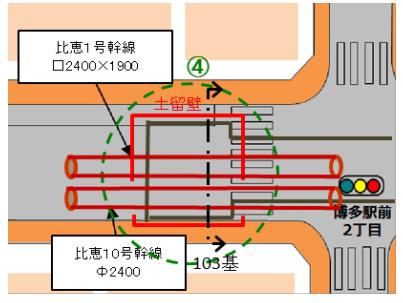
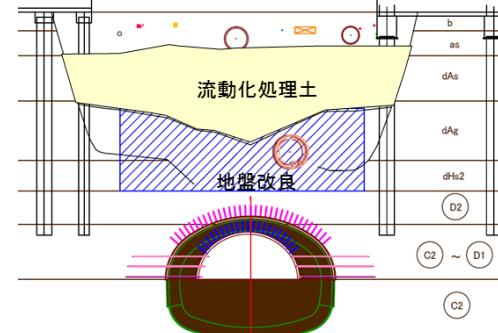
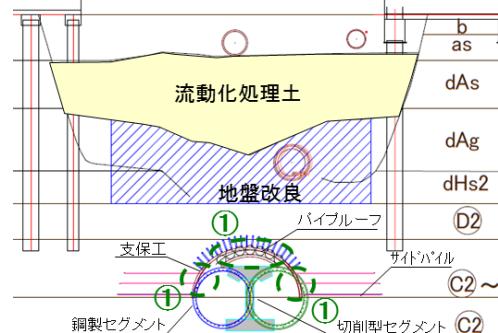
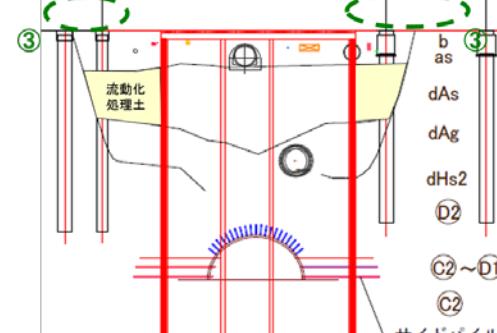
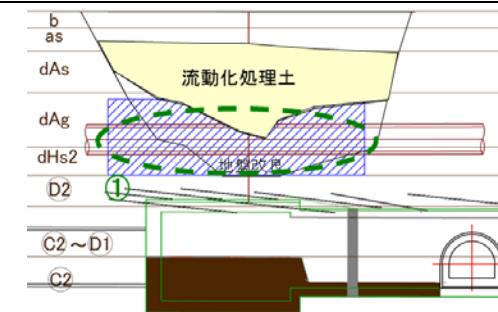
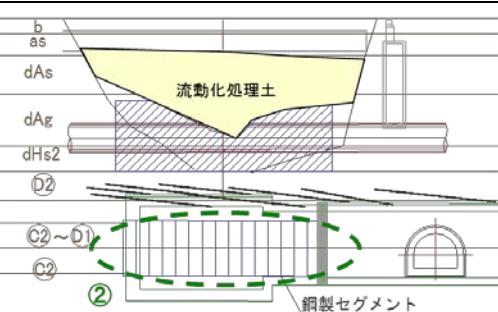
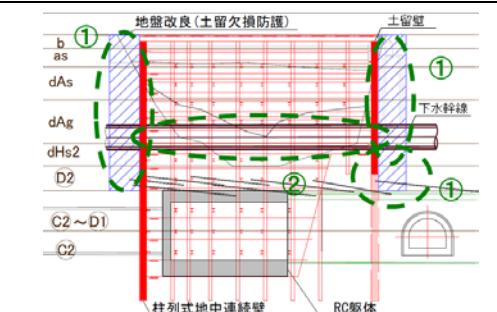
#### 補助工法

- 鏡吹付けコンクリート工 (t=5cm)
- 長尺鋼管先受け工 (φ114.3mm, L=9.5m×33本)
- サイドパイル工 (φ76mm, L=8.0m×6本)

再掘削工法における安全性・市民生活への影響について、比較を行う。

(各案の具体的なリスクやその対策については、次項以降参照)

凡 例	○	△	▲
リスク または 影響の大きさ	小	中	大

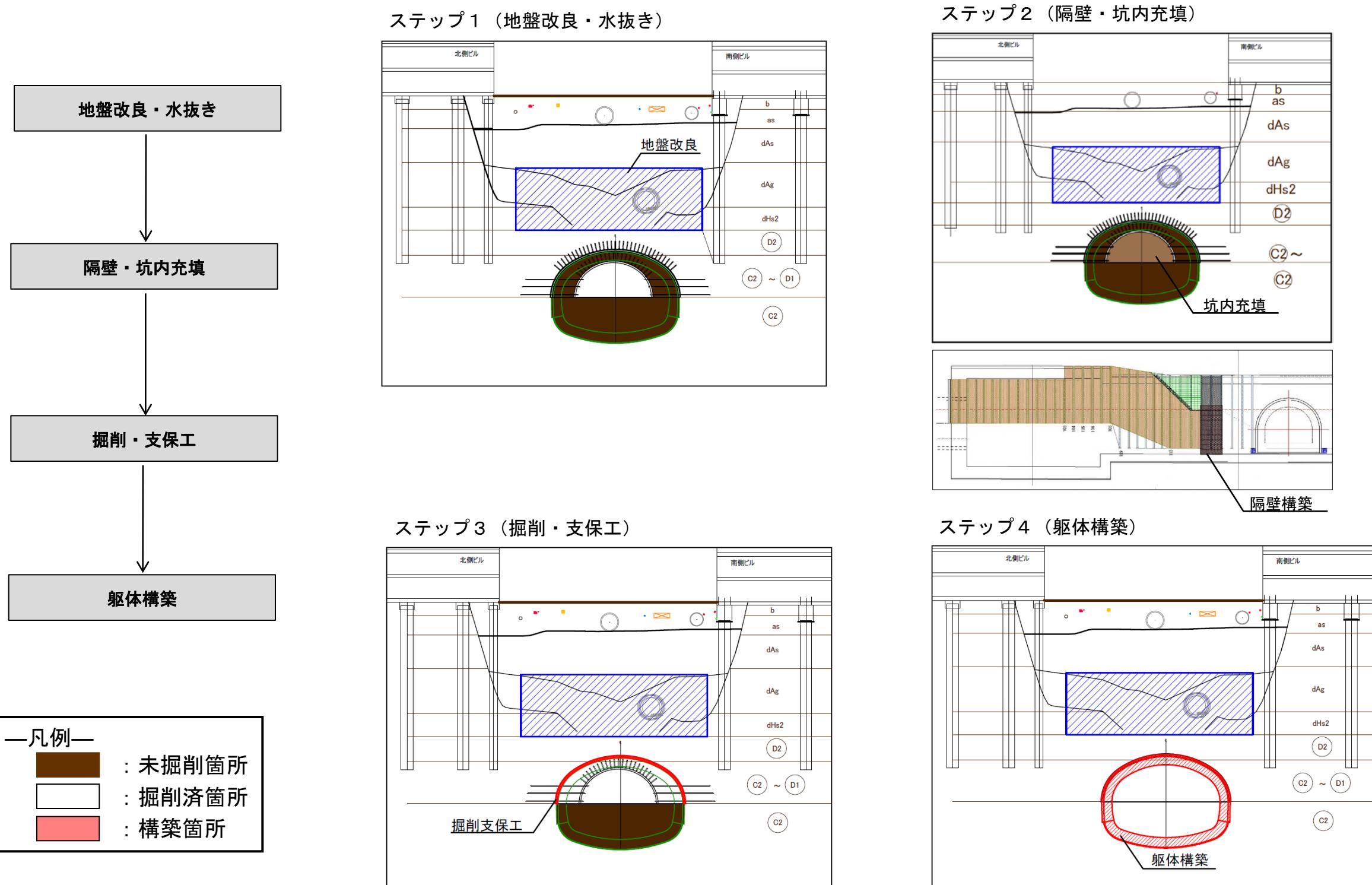
大分類	非開削工法			開削工法 (参考)	
案	人工岩盤掘削			特殊シールド	
施工概要	地上から地盤改良を行い、人工岩盤を形成して横穴式に地中を掘り進み、トンネルを造る			シールド区間を延長し、延長した区間で2本のシールドトンネルを非開削にて連結させトンネルを構築する方法で、標準トンネル部でナトム区間と接続する	地表面を上から直接掘り下げて、構造物を造り、埋戻して復旧する
特色	既存トンネル支保工を可能な限り使用することが可能			密閉型のシールド工法であるため、切羽を開放せずに施工することが可能 (事前の準備工を除く)	
施工イメージ	平面図				※土留壁構築時の占用形態は成立しない可能性がある
	断面図 (陥没した103基断面図)				
	縦断図				
	へ想定されるリスク	水や土砂が流入するリスク ① 地盤改良不足により掘削時に地山が緩み、水や土砂が流入する	△ 支保工の切削によりトンネルが変形し、水や土砂が流入する ① 地盤改良不足によりパワーフルフ施工時に地山が緩み、水や土砂が流入する	△ 土留欠損部のD2層の地盤改良が困難であり、掘削時に地山が緩み、水や土砂が流入する ① 土留壁はトンネル上部までの設置となるため、土留壁の安定性が失われ、背面土砂が流入する	▲
へ想定されるリスク	地表面沈下や地下埋設物に影響を与えるリスク	—	○	○	△
へ想定されるリスク	周辺建物に影響を与えるリスク	—	○	○	△
へ想定されるリスク	その他のリスク	—	○	△	○
市民生活への影響	—	○	—	○	△

※「—」の項目については、考えられるリスクが少ないことを示す (次項以降参照)

## （2）工法比較

## 2) 人工岩盤掘削（施工ステップ）

地上から地盤改良を行い、人工岩盤を形成して横穴式に地中を掘り進み、トンネルを造る人工岩盤掘削について、施工及びリスクとその対策を整理する。



※上図はイメージを示したものである

上図は陥没した103基の断面を示す

## (2) 工法比較

### 2) 人工岩盤掘削（リスクとその対策）

※図はイメージを示したものである

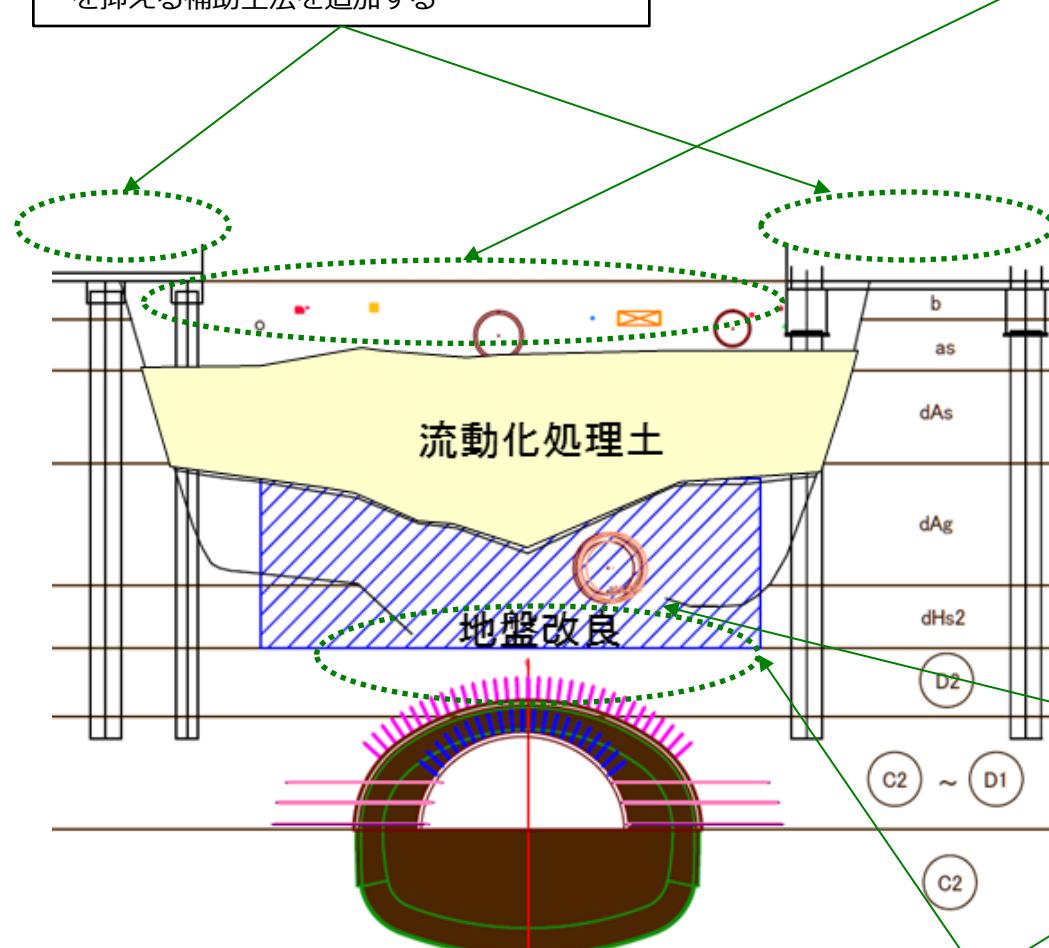
人工岩盤掘削におけるリスクとその対策について整理する  
(水抜き・土砂撤去時のリスクとその対策は別途整理する)

a. トンネル掘削時に周辺地山が変位した場合、  
周辺建物に影響を与える

- 地質調査結果を踏まえた変位解析を行い、施工に伴う変位を把握する
- 有害な変位とならないよう、掘削時の変位を抑える補助工法を追加する

b. トンネル掘削時に周辺地山が変位した場合、  
地下埋設物に影響を与える

- 地質調査結果を踏まえた変位解析を行い、施工に伴う変位を把握する
- 必要に応じ、地下埋設物を移設・防護する



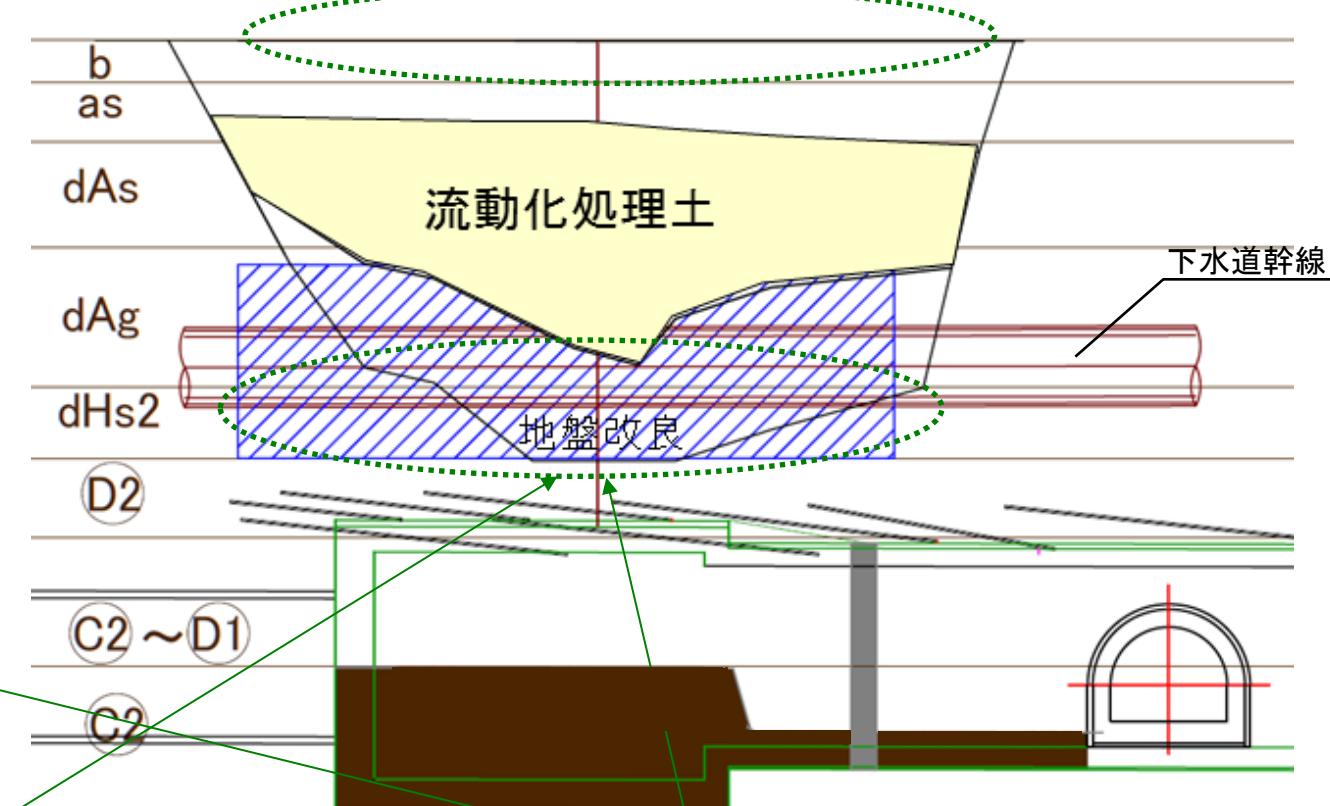
c. 高い地下水位に対する止水対策が不十分な場合、  
トンネル坑内に地下水が流入する

- 遮水壁により、地下水の流入リスクを排除する

凡例			対応策	市民生活への影響
リスク	リスク	リスク		

発生した場合の損害の大きさではなく、対応策を実施することによって、リスク発生の確率を大幅に下げることができるか、あるいは発生した場合の損害自体を軽微なものにできるかといった視点でリスクの大小を評価した。

e. 地盤改良の際には、道路占用が生じるが、その後は、地上での作業が少ないため、道路交通への影響が小さい



d. 雨水幹線や障害物の影響により未改良部  
ができた場合、トンネル掘削時にトンネル  
の上部が緩みトンネルが変形し、水や土砂  
が流入する

- 遮水壁により、地下水の流入リスクを排除する
- 未改良部の発生を抑えるために、地盤改良を組み合わせるなど施工方法を工夫し、確実性を増す

## (2) 工法比較

### 3) 特殊シールド（施工ステップ）

大断面部については、西行線と東行線の軌道線形が接近する区間であるため、通常のシールド工法では、先行して設置されたシールドセグメントが後行で設置するシールドセグメントに干渉し、対応できない。

この課題を解決するために、設置済みのシールドセグメントを切削しながら施工できる特殊シールドについて、施工及びリスクとその対策を整理する。

地盤改良・水抜き



隔壁・坑内充填



トンネル支保工撤去



パイプルーフ



先行シールド掘進工

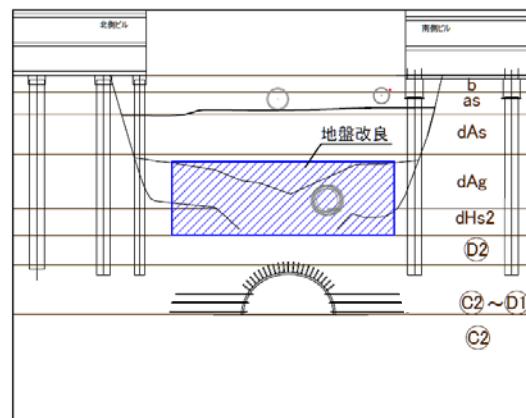


後行シールド掘進工

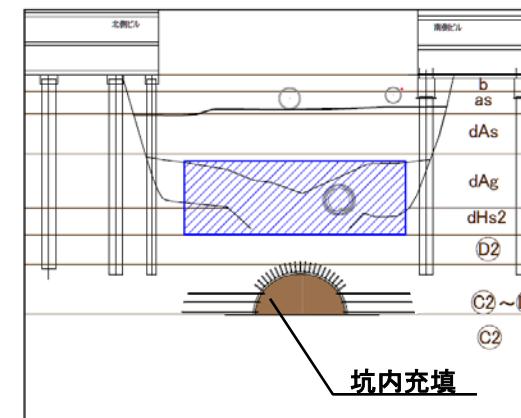


切抜げ・接続

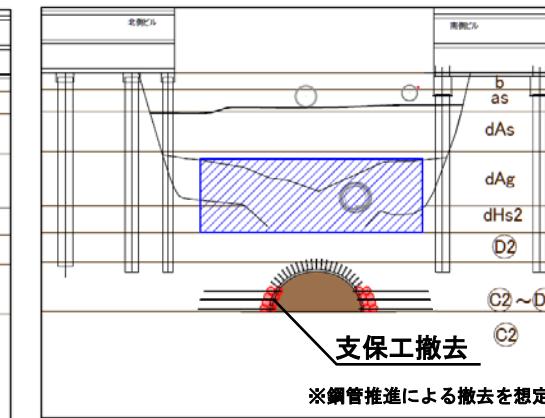
ステップ1（地盤改良・水抜き）



ステップ2（隔壁・坑内充填）

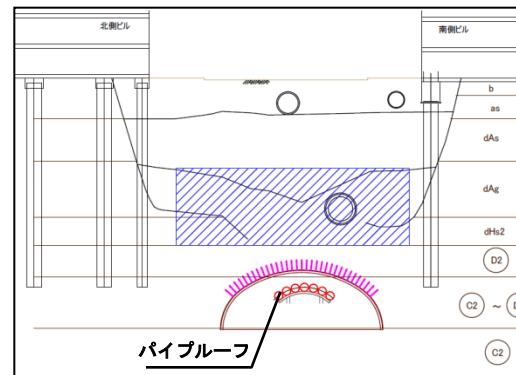


ステップ3（支障するトンネル支保工撤去）

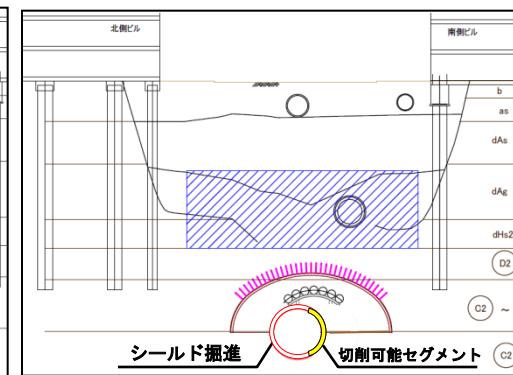


※ステップ図はイメージを示したものである

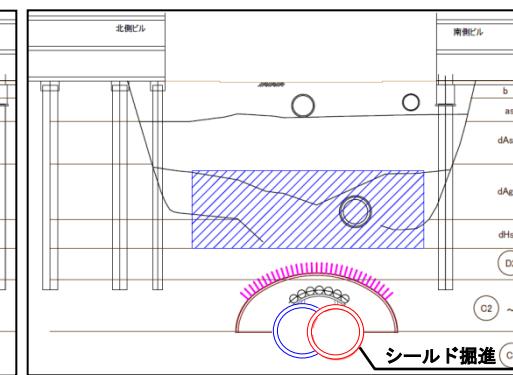
ステップ4（切抜げ用パイプルーフ）



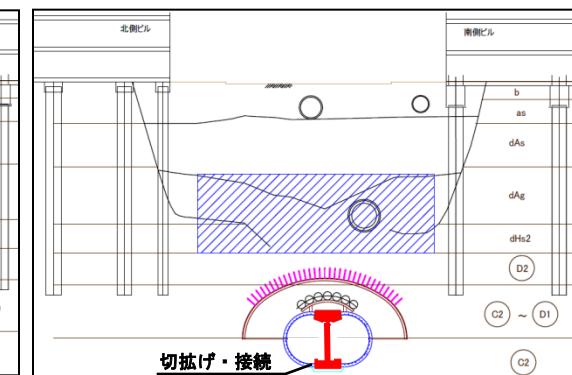
ステップ5（先行シールド掘進工）



ステップ6（後行シールド掘進工）

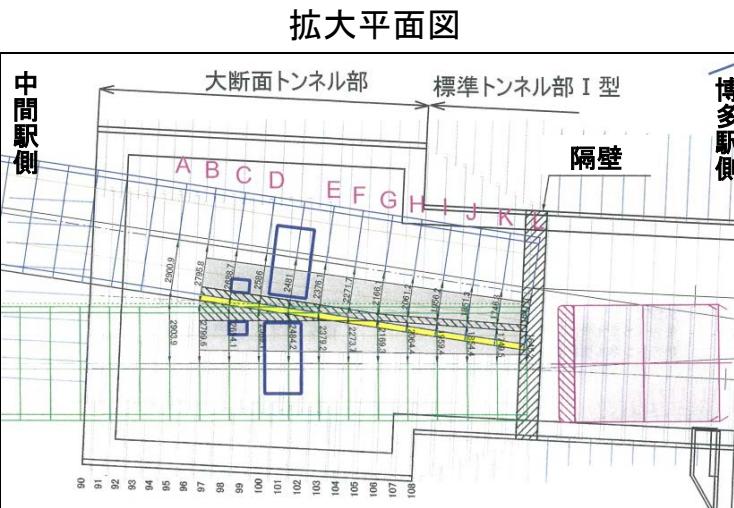


ステップ7（切抜げ・接続）

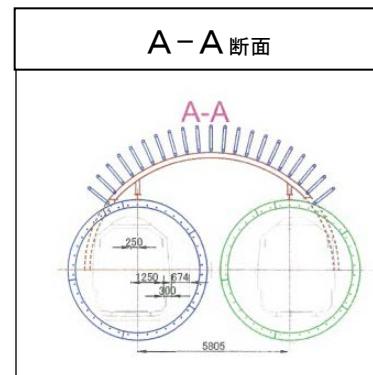


上図のステップ1～3は陥没した103基の断面、ステップ4～6は切抜げ支保工との位置関係が分かるよう、より博多駅側の断面を示す

拡大平面図

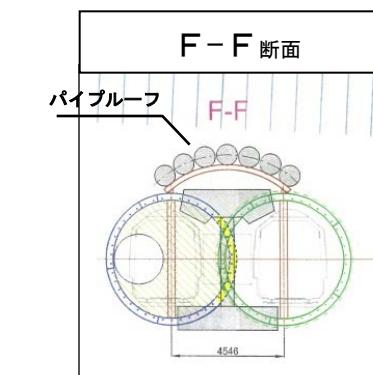


A-A 断面



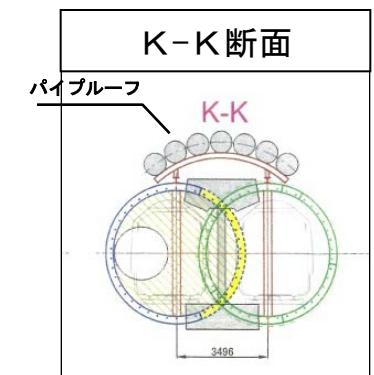
※二つのシールドトンネルが離れており、干渉せずに円形トンネルの築造ができる。

F-F 断面



※二つのシールドトンネルが干渉することから、円形トンネルを削りながら、掘削することになる。

K-K 断面



※二つのシールドトンネルが干渉することから、円形トンネルを削りながら、掘削することになる。

## (2) 工法比較

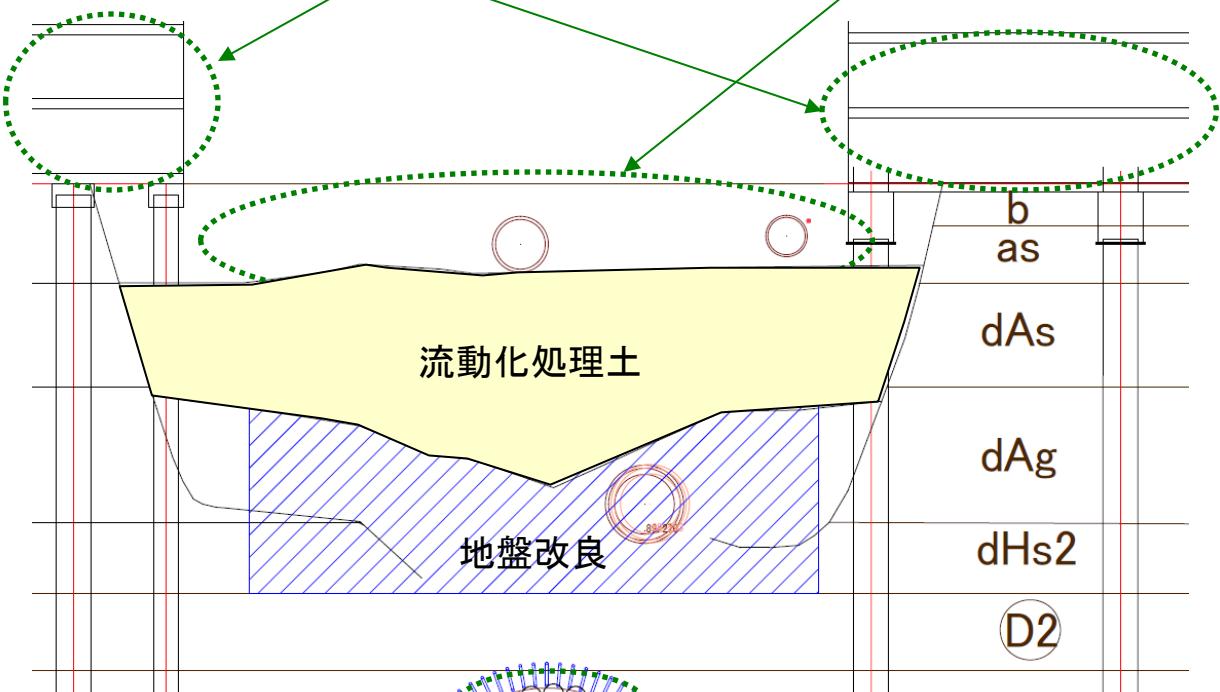
### 3) 特殊シールド（リスクとその対策）

※図はイメージを示したものである

特殊シールドにおけるリスクとその対策について整理する  
(水抜き・土砂撤去時のリスクとその対策は別途整理する)

a. トンネル掘削時に周辺地山が変位した場合、周辺建物に影響を与える

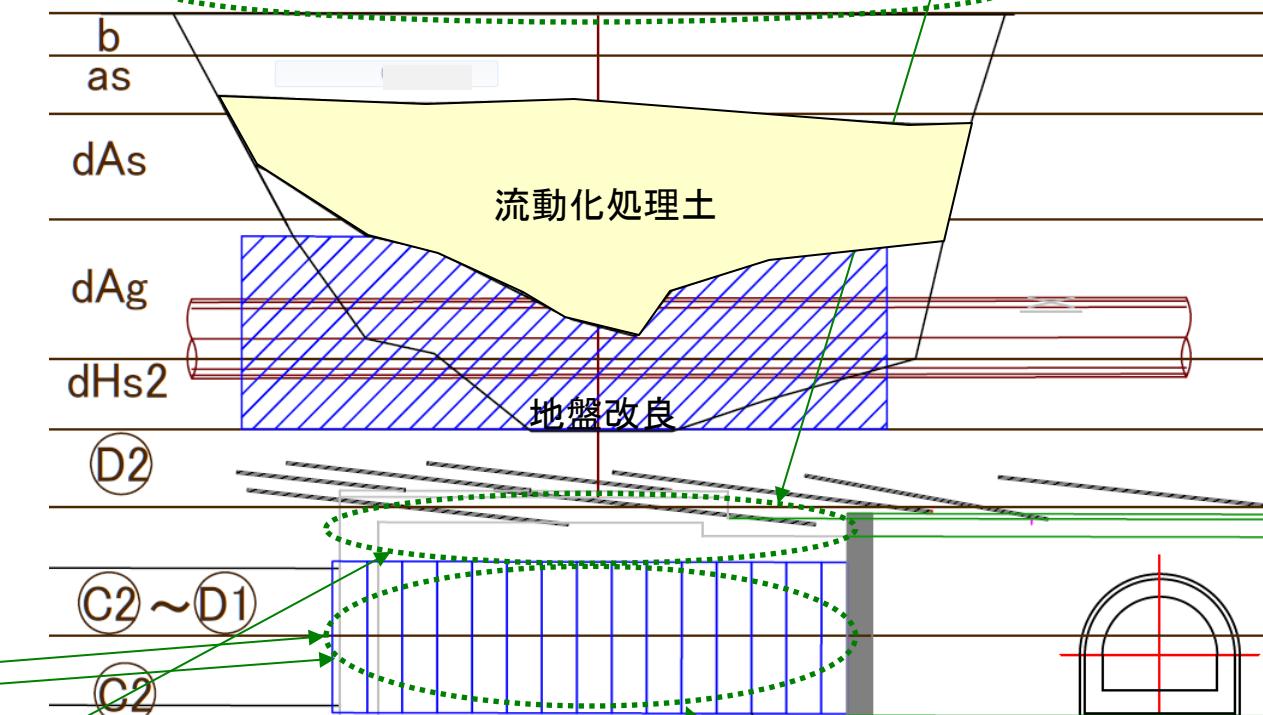
- 地質調査結果を踏まえた変位解析を行い、施工に伴う変位を把握する
- 有害な変位とならないよう、掘削時の変位を抑える補助工法を追加する



b. トンネル掘削時に周辺地山が変位した場合、地下埋設物に影響を与える

- 地質調査結果を踏まえた変位解析を行い、施工に伴う変位を把握する
- 必要に応じ、地下埋設物を移設・防護する

g. 地盤改良の際には、道路占用が生じるが、その後は、地上での作業が少ないため、道路交通への影響が小さい



d. トンネル上部の荷重を支えるトンネル支保工の切断によりトンネルが変形した場合、水や土砂が流入する

e. 支保工撤去のための鋼管推進工施工において、鋼管引抜時に地山が緩んだ場合、トンネルの変形や連鎖的な湧水が発生する

- FEM解析により施工に伴う変位を把握する
- 事前の坑内充填を確実に実施することで影響を抑制する

f. 雨水幹線や障害物の影響により未改良部ができた場合、シールド切抜けのためのパイプルーフ施工時にトンネル上部の地盤が緩みトンネルが変形し、水や土砂が流入する

- 遮水壁により、地下水の流入リスクを排除する
- 未改良部の発生を抑えるために、地盤改良を組み合わせるなど施工方法を工夫し、確実性を増す



発生した場合の損害の大きさではなく、対応策を実施することによって、リスク発生の確率を大幅に下げることができるか、あるいは発生した場合の損害自体を軽微なものにできるかといった観点でリスクの大小を評価した。

c. 高い地下水位に対する止水対策が不十分な場合、シールド掘進時にトンネル坑内に地下水が流入する

- 密閉タイプのシールド工法を採用することで、リスクの低減を図る
- 隔壁設置後、トンネル坑内を充填しリスクの低減を図る

- シールド掘進を止め、人力により障害物を撤去する必要がある

## (2) 工法比較

### 3) 特殊シールド

特殊シールドにおける施工は下図のとおり15のステップを経る必要がある。

ステップ3、4では、リスクを伴う作業を鋼管の本数分、繰り返し実施することとなる。

