

平成29年11月16日  
交通対策特別委員会

地下鉄七隈線博多駅（仮称）工区における  
道路陥没事故について

交 通 局



## 1. 事故の原因究明について

今回の事故の原因究明については、国土交通省からの助言を受け、国立研究開発法人 土木研究所にお願いし、同研究所において、事故の原因究明や再発防止策等について専門的見地から検討することを目的として、福岡市地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会（以下、「検討委員会」という。）が平成28年11月29日に設置され、平成29年3月30日にとりまとめが報告された。

### ○名 称

「福岡市地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会」

### ○委員構成

西村和夫委員長（首都大学東京副学長 都市環境学部 教授）をはじめ、学識経験者3名、研究機関4名、行政機関等4名の計12名により構成された。

### ○開催経緯

#### 第1回 検討委員会（開催地：福岡）

日 時：平成28年11月29日（火） 10：00～12：00  
（現地確認 9：00～10：00）

- 議事等
- （1）七隈線延伸事業概要および設計の経緯
  - （2）施工の経緯
  - （3）事故の概要
  - （4）現在実施している調査等

#### 第2回 検討委員会（開催地：東京）

日 時：平成29年1月21日（土） 13：00～15：00

- 議事等
- （1）追加調査結果の報告
  - （2）事故原因の推定に向けた議論
  - （3）設計および施工に関する問題点等の検討
  - （4）今後の施工に対する留意点や再発防止に向けた検討

#### 第3回 検討委員会（開催地：東京）

日 時：平成29年3月30日（木） 13：00～15：00

- 議事等
- （1）設計・施工の経緯
  - （2）事故発生要因とメカニズム
  - （3）工事再開に向けた留意点と今後の設計・施工に向けて
  - （4）委員会のとりまとめについて

## 2. 検討委員会のとりまとめ内容の抜粋（検討委員会報告書第1部概要より）

### （1）事故原因の推定

事故原因の究明に際しては、福岡市および施工会社（大成・佐藤・森本・三軌・西光建設工事共同企業体）ならびに設計会社（八千代エンジニアリング株式会社、日本シビックコンサルタント株式会社）より資料を提出して頂き、また、陥没事故発生後に当委員会の依頼に基づく追加ボーリング調査を実施して頂いた。さらに、本委員会では計3回の討議を行ったほか、委員相互での討議に多くの時間を費やした。

以下に事故原因の推定を示すが、崩落したトンネル現場に立入ることができないこと、また、委員会設置から4ヶ月という短い期間のとりまとめであったことから、関係者から提供頂いた資料に基づいて可能性の高い事故原因について推定したものとなっている。

### （2）福岡市地下鉄七隈線延伸工事との因果関係

一般的に、道路陥没の原因としては、地下埋設物によるもの、年月をかけて形成された地下空洞によるものなどが想定されるが、今回の道路陥没については、施工会社の社員がトンネル天端からの崩落を目撃し、トンネル坑内に流入した土砂の写真が存在すること、また、福岡市地下鉄七隈線延伸工事以外に原因となる地下埋設物関連工事を行っていなかったため、当該工事が道路陥没の原因となったと推定される。

### （3）道路陥没事故発生メカニズム

事故発生メカニズムについては、以下のように推定される。

- ①元来、堆積環境やその後の風化度合いにより強度や厚さにバラツキがある難透水性風化岩層の下部にトンネルが掘削された。トンネル天端から、当該地層とその上部の未固結帯水砂層との境界までは、約2mとなっていた。
- ②トンネルを掘削、又は断面を拡幅するにつれて、未固結帯水砂層からの高い水圧の影響も加わり、難透水性風化岩に緩みや亀裂が発生し、徐々に破壊し始めた、或いは、難透水性風化岩に潜在的弱部が存在して、いわゆる「水みち」が形成された。
- ③上記②によって、トンネル天端部が連続的に剥落、或いは漏水を伴いながら、破壊が進行し、遂に、未固結帯水砂層と地下水がトンネル内に流入し、またこれによって破壊が加速度的に進行し、最終的には大規模な道路陥没が発生させるに至った。

#### (4) 事故の原因

本委員会では、事故の原因について考えられる10の項目を抽出し、それらが要因となるか否かの可能性について評価を行った。要因は必ずしも1つではなく、様々な要因が複合的に作用し陥没に至ったと考えられるが、その中でも以下の2つの要因（A-①，②）については、可能性が高いものと推定した。

しかしながら、これらの要因を推定するに至った当該地層の状況等については、事故後の調査等により明らかになったものであり、当該工事の設計時点における地質調査の頻度等は通常の都市ナトム工事と比較して少ないとまでは言えないことから、事故前に正確に把握することは困難であったものとする。

また、事故後の調査は、陥没後における地層の状況を調べたものであり、事故前の状況とは必ずしも同じではない可能性もあるが、事故前の調査資料が少ないことから、当該調査等の結果も含めて推定したものである。

##### A-① 難透水性風化岩層の強度や厚さ

難透水性風化岩層の強度や厚さについては、過去に当該岩盤層が地上にあった影響等により強風化の弱部が各所に存在し、また、地層の上部に凹凸があるなど、不規則で複雑な地質構造となっており、上部に強度の低い層が存在していたことが事故後に実施した追加の地質調査等により明らかとなった。例えば大断面トンネル部において、当該地層の厚さを約2.79～3.67m確保できると見込んでいたが、その後の調査の結果、厚さは約1.90～2.28mしか確保できず、強風化が進んだ強度の低い上部の層が支配的になっていた可能性があることが分かった。

局所的に強度や厚さが不足する難透水性風化岩層について、当該工事の設計及び施工にあたっては強度や厚さを均質であると捉え、例えば安定解析に用いた変形係数（力を加えたときの変形しにくさを表す指標。変形係数が高い方が変形しにくい）については、（約14,000kN/m<sup>2</sup>から約700,000kN/m<sup>2</sup>のバラツキがあるところを）最終的には代表値として87,000kN/m<sup>2</sup>の値を用いるなど、バラツキの考慮が不十分なまま設計及び施工が行われ、結果的に地山の強度を実際よりも高く評価した設計となっていた。

##### A-② 地下水圧の影響

未固結帯水砂層の地下水位は地表から約2.5mの位置にあり、未固結帯水砂層から難透水性風化岩層の境界部に、水頭にして約10m（約1気圧に相当）以上の高い水圧が作用していた。上述のようにトンネル上部の難透水性風化岩層は不規則で複雑な構造であったが、設計及び施工にあたっては、その遮水性や水圧に対する耐力を十分であるとしていた。しかしながら事故後に追加した地質調査等によると、難透水性風化岩層の内部には、小断層や剥離面、多くの節理

や亀裂が存在していたと考えられ、結果的に地下水圧に対する安全性が十分ではなかった。

また、上記のような不規則で複雑な地質や高い地下水圧の条件下で施工する際には、施工時の地山の安定性を含めトンネル構造の安定性を極力損なわないよう慎重な設計、施工を行う必要があったが、施工中における以下の2つの変更（B-①，②）は通常的地質状況では要因となる可能性は低いものの、上記のA-①，②のような厳しい地質条件下においては、その影響度合いを強めることとなり、結果的に事故発生の副次的な要因となった可能性が高いものと推定した。

### B-① トンネル断面形状の変更

難透水性風化岩のトンネル上部の層厚を確保するためにトンネル天端を約1.2m下げたことで、扁平率(内空高さ÷内空幅)が0.625から0.532となった。それに対し、安全性は確保されるものとの解析結果を得ていたが、アーチアクションによる効果(※)が減少することとなり、結果的にトンネル構造の安定性を低下させることとなった。

※ 石のブロックをアーチ状に組むとブロック相互に圧縮力が働き、ブロック同士を接着していなくても梁の構造を保つことができる。アーチ形状が寝てくると圧縮力が弱まり、やがて梁の構造を保てなくなる。トンネルは石のブロックを組んで作るわけではないが、掘削による場合も同様の効果が期待できる。

### B-② すりつけ区間における補助工法の施工方法の変更

当該工事区間は、標準断面トンネル(I型)の13K413M700 (No.115付近) 地点から大断面トンネルの13K407M700 (No.108) 地点へのすりつけ区間(延長6m)であり、断面を拡幅(高さ約2.5m, 幅約5m)する区間であった。補助工法としては注入式長尺鋼管先受工法(AGF工法)が採用されていたが、すりつけ区間においては、鋼管の打設位置の制約と難透水性風化岩層を突き抜けないように挿入角を小さくする必要から、長尺鋼管の完全二重化が困難となる部分が存在することとなり、さらに支保工を設置するため、鋼管の根本部を切断しなければならなかった。その結果、鋼管の縦断的なラップ長(重なり合う長さ)が短く或いはラップしていない状態となり、当該補助工法に期待する効果が十分発揮されなかった。また、鋼管からの注入は岩盤の亀裂への注入であり、十分な地山改良効果が発揮されなかった可能性があった。

### 3. 事故要因を受けての発注者としての反省点と対応

これらの要因が発生した背後には、3者（発注者、設計者、受注者）の間での意思疎通や認識に齟齬があったことが遠因となっていると考えており、交通局自らの振り返りにより、発注者として反省すべき点として、今後、以下のとおり対応を行っていく。

- ① 業者の提案に基づき、設計の変更や補助工法の変更を行う場合には、業者との間でより踏み込んだ深い協議を行い、課題を見極めること。
- ② 工事の監督にあたっては、施工計画書に従った現場作業が行われているかどうか、きめ細かく確認を行うこと。
- ③ 重要な計測管理にあたっては、計測の確認頻度や手法等について、業者との間でよりきめ細かく協議し、認識の共有を図ること。

## 4. 事故の再発防止策について

### (1) 事故再発防止策

1) 工事再開と今後の設計施工に向けて

原因究明の検討委員会から示された、事故再発防止対策の留意点に対して、工事再開にあたっては次のとおり対応していく。

: 検討委員会報告書記載内容

: 交通局としての対応事項

#### 1 工事再開に関する主な留意点

本委員会での事故原因の推定を踏まえ、福岡市が地下鉄工事を再開するにあたっては、主に以下の項目について留意し、必要な調査等を行う必要がある。

##### ① 地質、地下水の状況把握

- 難透水性風化岩層の強度や厚さについては、過去の風化の影響等により強風化の弱部が各所に存在し、また、地層の不整合面に凹凸があるなど、不規則で複雑な地質構造となっていたことが事故後の調査で明らかとなった。このため、事故後に実施されたボーリング調査の結果や、過去において周辺部で実施された地質調査の結果等も踏まえるとともに、陥没箇所について埋め戻した流動化処理土、薬液注入された周辺地盤等、事故後の措置も考慮しつつ、再度、地質、地下水の状況を把握する必要がある。

- ・難透水性風化岩の強度や厚さを確認するため、地質調査データ等を収集する(事故後実施、過去実施)。
- ・追加の地質調査を実施し、地質、地下水位等の状況を詳細に把握する。

##### ② トンネル坑内の水抜き及び土砂撤去に関するもの

- 現存するトンネル坑内の水抜きや土砂撤去にあたっては、現在は安定していると推測される力学的な均衡が再び変化し、トンネル部や周辺地盤の崩壊に至る恐れがあるため、地下水位等の計測を行うことによって力学的安定性について観測、評価しつつ、周辺へ影響が生じないように慎重に行う必要がある。
- 崩壊部と健全部を分離する位置、地盤改良(固結)や埋め戻しが必要となる場合の区間・範囲の検討(土砂をどこまで存置させるのかの前提も含む)、事前の地盤改良(固結)や埋め戻しなどの方法を検討する必要がある。
- 坑内地下水と上部未固結帯水砂層内地下水との不連続性について把握するため、現在の地下水位が、岩盤部のものか土砂部のものかなど水頭変動の要因の確認が必要である。
- 崩落部地盤およびその周辺地盤の改良により、すでに施工されている支保工を含むトンネル本体に影響を与えないことの検討が必要である。

- ・トンネル部や周辺地盤の力学的安定性を確認するため、各地層の沈下や地下水位等の計測を行い、周辺地盤や支保工の安定性の観測・評価を行う。
- ・崩壊部と健全部を分離する位置や地盤改良範囲の検討を行う。
- ・観測井を設置し、坑内・岩盤部・土砂部それぞれの地下水位を確認することや、排水後に土砂部と岩盤部の水質を確認することで、地下水の不連続性を把握し、土砂層からの水みちが形成されていないことを確認する。
- ・支保工を含むトンネル本体に与える影響が小さい周辺地盤の改良工法の採用と注入圧力等の管理方法を検討する。



### ③ 再掘削工法の選定に関するもの

- 工法選定については、都市NATMの他に、シールド工法等の他の工法や新技術の活用も含め、安全面を重視する必要がある。
- 周辺の地下水位をあらかじめ低下させる可能性も含め検討する必要がある。
- 埋め戻し流動化処理土、薬液注入された周辺地盤、既設支保工等の状況を確認し、現在の地質状況を踏まえ、施工時リスクの評価する必要がある。
- 再掘削を開削工法にて行う場合には、
  - ・ 埋設物の存在を考慮しつつ、土留め支保工が設置できない箇所への対策を含めた土留め支保工の安全性の確認を行う必要がある。
  - ・ 開削時に、既存トンネルの支保工の撤去等を行う場合には、その安全性について検討する必要がある。また、既設構造物(下水管等)の切り回しや防護等を行う場合には、その可否や埋設物の安定性について検討する必要がある。
  - ・ 周辺建築物へ影響を与える恐れがあることから、土留め支保工の剛性を高める等の事前の対策や地表面の変位計測など、安全面を考慮した対策を講じる必要がある。
- また、再掘削を非開削工法にて行う場合には、
  - ・ 地下水の影響や周辺地山、残置支保工の状況の把握、汚水流入による有毒ガス発生の可能性、再掘削の加背割、支保工、補助工法等について、安全面を考慮した対策を講じる必要がある。
  - ・ 陥没箇所に残置されることになる信号機等の埋設物は、状況に応じて適切に処理する必要がある。

#### <工法選定>

- ・ 工法選定については、都市ナトム工法以外の他の工法や新技術の活用も含め、安全面を重視し、幅広く検討を行う。
- ・ 地下水位低下工法の課題を詳細に抽出し、採用について検討を行う。
- ・ 事故後の対策(埋め戻し流動化処理土、薬液注入)や、最新の地質調査結果、既設支保工の状況等を踏まえ、想定される施工時のリスク評価を行う。

#### 【開削工法の検討】

- ・ 開削工法による検討においては、土留め支保工や土留め欠損防護について、安全な施工方法の検討を実施する。
- ・ 既設地下埋設物の防護対策の検討を行う。
- ・ 計測及び観測体制の充実を図る。

#### 【非開削工法の検討】

- ・ 非開削工法による検討においては、調査ボーリングによる地盤強度の確認や安全性確保を最優先とした掘削方法の検討を実施する。
- ・ 計測及び観測体制の充実を図る。(トンネル坑内の有毒ガス発生時の対応を含む)
- ・ 残置埋設物について、状況に応じて適切に対応するため道路管理者等と協議を行う。

## 2 類似する条件下での都市ナトム及び地下空間での工事における留意点

今回の事故は、トンネルを施工する地盤の強度や厚さが局所的に不足する難透水性風化岩であることに加えて、高い地下水圧が作用する厳しい条件においてトンネル施工の安全性が実際より高く評価されたことが要因であると推定した。また、こうした厳しい条件下における設計変更が結果的にトンネル構造の安定性を低下させる副次的な要因となったものと推定した。これらのことから、都市ナトムの工法選定そのものが誤っていたということではなく、また、直接的に都市ナトムそのものの信頼性が損なわれるものではない。さらに、これまでの技術的な基準等の見直しに直接的に繋がる事項はない。

しかしながら、今回の事故の教訓を活かし、二度とこのような事故を発生させないように、類似した条件下において都市ナトムによるトンネルを計画・施工する場合など地下空間での工事について、留意すべき点は以下の通りである。

### 2.1 計画・調査、設計について

#### ① 計画・調査

- ボーリング等の地質に関するデータは地下空間の限定的な情報であり、たとえ多くの調査を実施しても地下空間を詳らかに把握することには限界があることから、施工の安全性を事前に完璧に確保することには自ずと限界がある。しかしながら、今回の事故の規模や影響を鑑みると、地下空間の安全な利活用を図るためには、地下空間に関する情報を出来るだけ収集するとともに、その時々最新の技術を用いて、リスクを可能な限り低減させた、より安全性を確保した設計・施工に努めるべきである。そのため、地下空間に関する調査については地質の成り立ちや不均質性等を踏まえ段階的かつ効果的・効率的に行うとともに、その目的に照らして必要かつ十分なものでなければならない。加えて、過去において周辺部で実施された地質調査等を官民間問わず情報収集し、利活用できるようにする必要がある。
- 土被りが確保されていても未固結層とその下部にある岩盤との境界では、風化により地山強度にばらつきがみられたり、岩盤の侵食等による起伏により不均一な層厚となっている場合があるため、地質調査を十分に行う必要がある。
- 都市ナトムは、断面自由度や経済性などの利点があるが、地山条件や周辺環境状況によっては、リスクが高くなることを十分鑑み、リスク対策に必要な調査、想定されるリスクに対する適切な対応等についても検討する必要がある。

## ② 設計

### (解析に用いる地山のモデル化)

- 地下工事の安全性を確保するためには、地質の持つ不均質性を適切に捉え、危険側とならないような物性値の採用や地層厚の検討や、物性値を変化させた複数の計算を行って結果を評価すること(パラメトリックスタディ)の採用を検討するなどの取り組みを設計及び施工に反映させるとともに、今回のような不規則で複雑な地質構造や高い地下水位などの安全性に対するリスクを可能な限り把握し低減するよう努める必要がある。また、数値解析によって得られる結果は必ずしも万能ではないとの認識に立ち、十分な知見・経験等も加えて総合的な工学的判断を行うことが重要である。

### (トンネル断面形状)

- 採用するトンネル断面形状が扁平となる場合には、周辺地山や支保工の安定性について入念に検討する必要がある。特にトンネル天端の地盤に遮水性を期待する設計を行う場合は、扁平断面の天端部近傍の地山はアーチアクションの効果が減少することから、地山の安定性に加え遮水機能が十分に確保できるよう検討する必要がある。

### (施工法の検討)

- 地下水位が高い場合には、水圧による影響をあらかじめ最小化できるよう、工法の選定、水位の低下や地盤改良等の必要な措置について十分に検討する必要がある。
- 地下水位低下が困難な場合、水圧や土圧に耐える遮水層の厚さや遮水のための薬液注入等補助工法の施工範囲を検討し、遮水層の安定性を確保する必要がある。

### (注入式長尺鋼管先受工の設計)

- 注入式長尺鋼管先受け工法は、トンネル周辺地山の掘削時の緩みを抑制する工法であり、大きな水圧が作用する地盤の遮水効果は期待できないことを踏まえる必要がある。
- 注入式長尺鋼管先受工法のラップ長の設定においては、切羽・天端の安定性を十分に確保できるように設定し、その際、周辺地山への注入材の注入状態(浸透注入、亀裂注入)、改良効果、設計上必要な最小ラップ長の要求性能を試験施工にて確認する必要がある。

## 2.2 施工について

### ① 設計照査と追加調査、施工法変更の提案

- 近接構造物等の施工上の制約、地上への影響などについて照査を行い、必要に応じて設計の変更・施工に必要な調査等を行う必要がある。
- 設計変更が必要な場合は、設計の考え方を十分把握し、現場条件を踏まえて有効な変更案を作成する必要がある。
- 都市ナトム（地下街）の施工段階において、地山および地下水の状況を把握して照査を行い安全性の確認を行う必要がある。
- 掘削断面の分割については、周辺環境、近接構造物への影響に配慮し、適切な補助工法との組合せ及び断面の早期閉合や施工機械の組合せについて検討する必要がある。

### ② 補助工法の施工と管理

- 設計上の補助工法に期待している要求性能について、対象地盤に対して十分に満足していることを試験施工で確認する必要がある。また、試験施工により要求性能を満足するための適切な管理目標値を設定し、施工管理において適切に管理する必要がある。
- 注入式長尺鋼管先受け工法は、トンネル施工時における切羽・天端の安定性を確保するための補助工法であり、遮水性については別途対策を検討する必要がある。

### ③ モニタリング

- 変状の発生を敏感に捉え、非常時を想定した詳細なモニタリング計画を作成するなど、体制を充実させる必要がある。


- ・追加の地質調査や地下水位調査を実施し、設計変更や施工に活用する。
- ・設計の変更や補助工法の変更を行う場合には、業者との間でより踏み込んだ深い協議を行い、課題を見極めたうえで、変更案を作成する。
- ・施工段階においては、地質、地下水位等状況を詳細に把握し、安全性の確認を行う。
- ・掘削断面の分割方法について、最新の地質情報及び各計測状況を踏まえ、必要に応じて見直しを行う。
- ・補助工法の特性を十分に理解し、試験施工による改良効果などの確認方法を検討する。
- ・計測及び観測体制の強化として、層別沈下計の設置など変状の発生を敏感に捉える計測方法や管理基準値超過時のアラーム機能の採用について検討する。

### 3 設計・施工等以外の配慮すべき事項について

トンネル工事の設計・施工にあたっては、以下の事項にも配慮する必要がある。

#### ① 設計・施工における意思疎通

- 調査、設計、施工にあたっては、関係者は、最終的にどのように使用されるかも含めてその目的を十分に踏まえるとともに、必要に応じて追加調査や設計変更を行い、リスクの低減に努める必要がある。
- 調査、設計、施工の各段階で得られた情報や知見については記録に残し、関係者間で十分共有するとともに、調査から設計、設計から施工と言った次の段階に適切に引き継ぐ必要がある。設計思想を発注者や施工者へ確実に伝達するため、3者(発注者、設計者、施工者)協議の実施が重要である。
- 特に、トンネル工事においては、地下空間の情報が限定的であることから不確定要素が多いため、発注者、設計者、施工者等の関係者が協力し、互いに知恵を出し合いながら困難を乗り越えていくべきであり、調査、設計、施工の各段階で得られた情報や知見については関係者間で十分共有するとともに、適切に調査から設計、設計から施工といった次の段階に引き継ぐこと
- 難易度が高くリスクを多く包含する工事においては総合的な判断も求められることから、日頃の関係する技術者の技術力向上はもとより、工事中においても然るべき場を設け、関係者間における現場状況の共有と真摯な技術的議論、その結果のフィードバックにより、高度な技術的知見を設計・施工に反映させるとともに、地質・地盤条件が複雑な我が国においては、関連する知見等を全国的に収集・活用できるしくみが必要である

- 
- ・調査、設計、施工の各段階で得られた情報や知見を記録に残し、各種会議<sup>\*</sup>の活用により関係者間で十分に共有することで、設計、施工方法の検討に関する議論の充実化を図り、リスクの低減に努める。(※三者協議会、週間工程会議、現場立会、変更協議等)
  - ・当該現場で得られた専門的な知見を広く世の中に共有できるよう、学会発表など情報発信に努める。

## ② 技術的検討の場の活用

- 技術的検討の場については、設計・施工に関する課題の抽出等、初期の段階からその活用を検討する必要がある。
- 技術的検討の場の活用にあたっては、専門家からの具体的な指摘に対し、詳細に対応を検討し、その対応状況の説明を行うことで双方向のやりとりとすることで、技術的な示唆を設計・施工に活用していくことが重要である。
- 発注者、調査者、設計者、施工者の各者が技術レベルの向上に努めることが重要である。



- ・技術専門委員会等での議論を踏まえた報告及びPDCAサイクルの確立。
- ・資格取得励行, 積極的な各種講習会, 研修会への参加, 建設現場での研修, 技術継承。

## ③ 地下構造物の建設に対する信頼性向上

- 今回のような事故は、地下構造物の建設に対する信頼を失うことに繋がりがねないものであり、本検討委員会で提言された留意点を踏まえつつ、同様の事故の発生を未然に防ぐことが重要である。

## 5. ナトム区間の取組み状況について

### (1) 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会の開催

ナトム区間の取組みについては、検討委員会のとりまとめ結果を踏まえ、安全な地盤改良の方法や、範囲、トンネル坑内の水抜き土砂撤去、並びに再掘削工法について、適宜、福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会（以下、「技術専門委員会」という。）を開催し、技術的な意見や助言をいただきながら、地質調査や、検討を進めている。

道路陥没した大断面トンネル部の安全に留意した再掘削工法や、地盤改良について、平成29年11月7日に開催した技術専門委員会において、最終的なとりまとめが行われた。

#### ○名 称

「福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会」

#### ○委員構成

樗木武委員長（九州大学名誉教授）をはじめ、学識者4名、行政機関等5名の計10名により構成している。

なお、検討委員会からとりまとめられた事故の主たる要因として、地質に関する事項が示されたことから、今年度より、地質等の専門的知見を有する2名を増員している。

#### ○概要等

第7回 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会（交通局会議室）

日 時：平成29年5月12日（金） 13：00～17：00

議事等：1）七隈線延伸事業の進捗状況について

2）七隈線延伸事業に係る道路陥没事故報告

3）事故の再発防止策及び今後の取組みについて

主な議論：

1）追加の地質調査や、計測機器の設置について、了解を得た。

2）地盤改良や、水抜き・土砂撤去の検討については、地質調査の結果を踏まえて討議する。



第8回 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会（交通局会議室）

日時：平成29年8月31日（木） 13:00～16:50

- 議事等：1) 道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について  
2) 地質調査結果（中間報告）について  
3) 今後の進め方について  
4) 地盤改良について

主な議論：

- 1) 地質調査によって、想定される道路陥没形状や、難透水性風化岩（D2層）の強度等にバラツキがあることを報告した。
- 2) 地盤改良は、再掘削工法を踏まえ検討する。
- 3) 再掘削工法については、地下には、掘削途中のトンネルや、大口径の地下埋設物があり、「開削工法」での再掘削は難しい。それぞれのリスクを整理した上で、まずは「非開削工法」について検討を進め、再度、議論する。

第9回 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会（交通局会議室）

日時：平成29年10月4日（水） 13:00～17:15

- 議事等：1) 道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について  
2) 地質調査結果（中間報告その2）について  
3) 再掘削工法について  
4) 地盤改良について

主な議論：

- 1) 最新の地質情報を基に、想定される道路陥没形状や、難透水性風化岩（D2層）の強度等にバラツキがあることを報告した。
- 2) 再掘削工法については、リスク等を整理した結果、「開削工法」の採用が困難であることが改めて確認された。
- 3) 「非開削工法」については、確実に地盤改良を行えば、『人工岩盤掘削』や有利であるが、『特殊シールド』についても、施工手順等を整理し、次回の技術専門委員会で更に議論を深め、最終的にとりまとめを行う。
- 4) 地盤改良について、室内試験や分析の結果を踏まえ、更に検討を進め、次回の技術専門委員会で討議し、最終的にとりまとめを行う。



第10回 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会（交通局会議室）

日時：平成29年11月7日（火） 10：30～16：00

議事等：1）道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について

2）地質調査結果について

3）再掘削工法について

4）地盤改良について

1）道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について

道路陥没部の状況の変化を把握するため、道路の仮復旧以降、地下水位や、道路面の高さについて、24時間体制でモニタリングを実施している。

技術専門委員会には、一部、岩盤層の地下水位について、アンダーピニング部\*の施工に伴う影響と推測される変動が見られたが、トンネル坑内は依然として地下水に満たされており、岩盤層、及び土砂層の地下水位や、道路面の高さについて、大きな変化は生じていないことを報告した。

道路陥没箇所は安定した状態であると判断されるが、24時間体制でのモニタリングを継続し、状況の変化を注視していく。

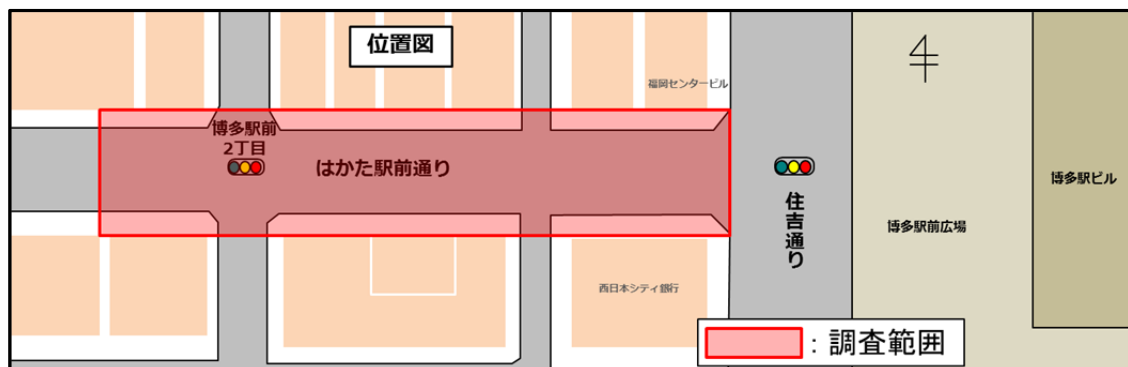
※アンダーピニング部については、道路陥没事故の発生以降、一旦、工事を中断した後、安全性を高めるための保全措置を行っていたが、安全を再確認し、6月29日より工事を再開している。

2）地質調査について

平成29年5月12日に開催した技術専門委員会で、再発防止策を踏まえた調査・設計・計測、並びに準備工について、討議していただき、陥没箇所の形状や、地質状況を詳細に把握し、安全な地盤改良、トンネル坑内の水抜き、土砂撤去の施工方法、及び再掘削工法を検討することを目的とした地質調査に6月8日から着手し、工事を再開した。

地質調査は、9月29日に全32本の現地調査が完了し、現地調査が完了した箇所から順次実施していた室内試験や分析については、10月27日に完了した。

○調査範囲



## ○地質調査結果

全ての地質調査結果に基づき、想定される道路陥没の形状や、難透水性風化岩（D 2層）の性状、強度、水の通しやすさ（透水係数）等について、工学的評価を行い、バラツキがあることを技術専門委員会へ報告した。

技術専門委員会では、今後の施工に資することを目的として、難透水性風化岩（D 2層）の強度等については、代表値による標準的な評価に加え、局所的な値も踏まえた検討を行い、より安全な設定となるよう解析に反映していくなどの意見が出された。

### 3) 再掘削工法について

全ての地質調査結果、及び前回の技術専門委員会からの意見を踏まえ、「非開削工法」である、『人工岩盤掘削』と『特殊シールド』について、施工手順等を整理し、安全性や、想定されるリスクの比較など工法選定に関する検討結果を報告した。

技術専門委員会では、安全性、市民の都市活動への影響を踏まえ、現実性が求められる都市部で事故が発生した現場における対策として、非開削工法を前提に討議された結果、以下のとおりとりまとめられた。

- 人工岩盤掘削工法については、難透水性風化岩（D 2層）を適切に評価した上で、人工岩盤化した区間を掘削する工法であり、懸念される事項に十分配慮し、かつ監視体制および受発注者間の情報共有の強化を図ることで安全に施工できると考えられる。
- 一方、特殊シールド工法については、陥没箇所は異物があるなど複雑な地盤状況であること、メガネ型となる区間の中間柱構築までの期間が不安定な構造となること、新技術であるため未経験の工法であること等の理由により、積極的採用は難しい。
- 想定されるリスクについて、討議した課題をひとつひとつ解決できるよう、格段の努力をするとともに、人工岩盤掘削工法における緻密な施工計画を立て、確たる施工に繋げること。

#### 4) 地盤改良について

全ての地質調査結果，及び前回の技術専門委員会からの意見を踏まえ，トンネル坑内の水抜き，及び再掘削に必要となる地盤改良の方法や，範囲について，検討した結果を報告した。

技術専門委員会では，大断面トンネル部の地盤改良について，地盤の強度と止水性を向上させるため，「高圧噴射攪拌工法」と「薬液注入工法」を採用し，陥没範囲を包含するように改良するとともに，水抜き作業をより安全に行うため，掘削途中の大断面トンネル坑内を充填することや，地下水位を低下させる補助工法を併用することが確認された。

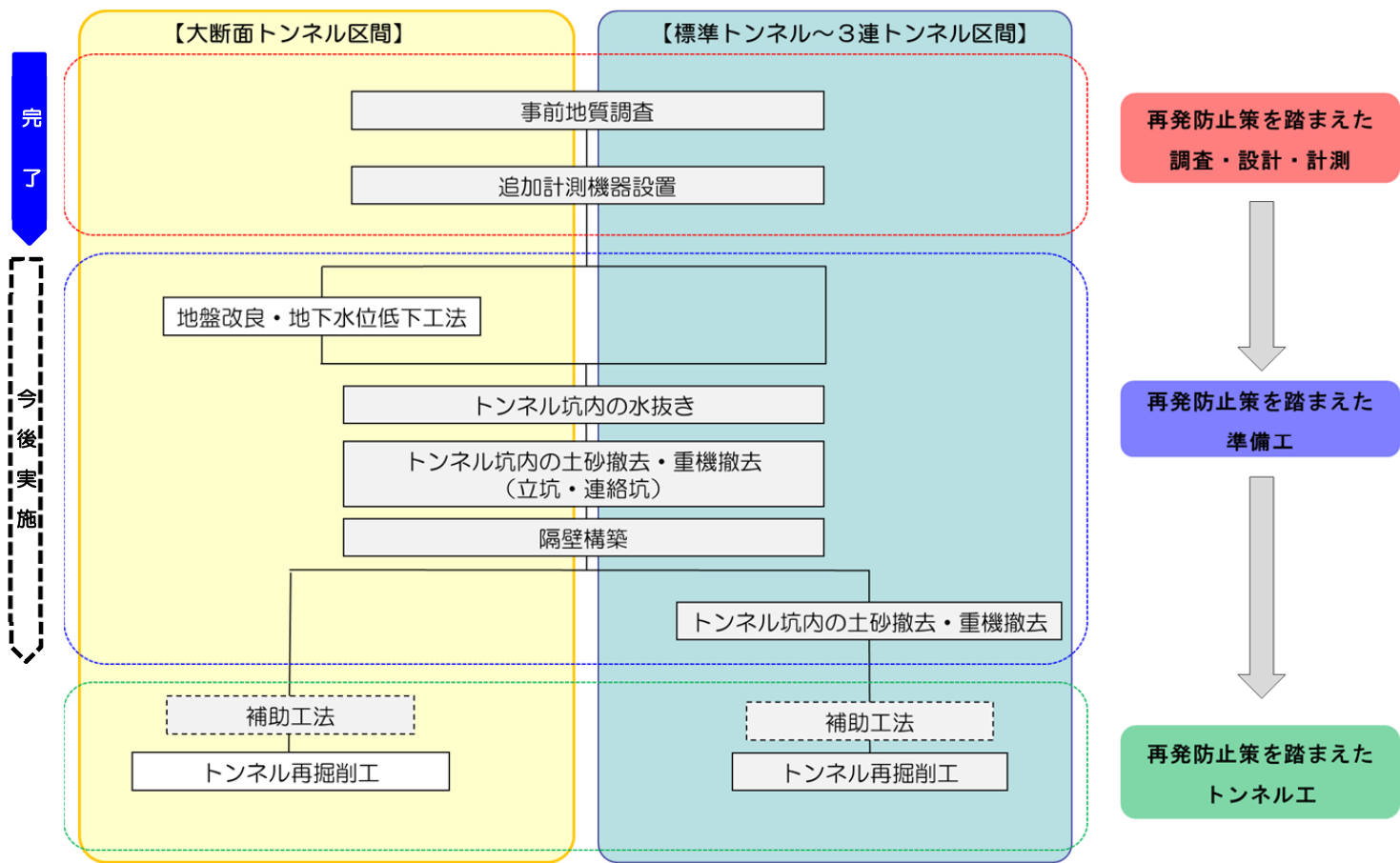
また，標準トンネル～三連トンネル部については，計測を行いながら慎重に水抜きを行う必要があるとの意見が出された。

#### (2) 今後の取り組みについて

技術専門委員会からの最終的なとりまとめを踏まえ，安全に留意した大断面トンネル部の再掘削工法，及び地盤改良の方法や，範囲について決定し，地盤改良工事に着手するために必要な手続きを進めていく。

今後とも，適宜，技術専門委員会を開催し，技術的な意見や，助言を伺いながら，検討を進め，安全を第一に取り組んでいく。

■ナトム区間の工事再開フロー図



## 6. 補償対応の状況について

### (1) 補償損害賠償の負担等について

道路陥没事故によって生じた損害に対する賠償の負担等について、地下鉄七隈線博多駅（仮称）工区の安全・円滑な工事再開に資することを目的に、土木研究所において設置された検討委員会のとりまとめや関係法令等に基づき、大成JVと協議を行った結果、以下のとおり合意した。

#### 1) 合意の主な内容

- ① 交通局と大成JVとは、検討委員会の報告書で示された道路陥没事故の原因に関する指摘を真摯に受け止め、事故の原因に関する反省に立ち、工事再開に関する留意点をふまえて、今まで以上に情報を共有し、互いに協力しながら、安全を最優先に工事の再開に取り組む。
- ② 被害者に対する賠償金及び原状回復費用については、大成JVがその全額を負担する。
- ③ 被害者への対応及び損害賠償に関する協議については、引き続き、交通局と大成JVが協力して誠実に行う。
- ④ 交通局は、工事の工程、並びに工事再開後の安全確保のための対策、及び工法について、適正に設計変更を行うとともに、その結果生じる諸費用について、適切に負担する。

#### 2) 合意の期日

平成29年5月31日

## (2) 補償対応について

被害者への対応については、できるだけ早く賠償金の支払いを終えるよう、交通局と大成JVで協力しながら、損害賠償基準に基づく損害賠償協議を進めている。

今後とも、被害者の皆様へ誠実に対応していく。

### ○損害賠償協議の進捗（11月10日時点）

範囲	賠償請求	賠償額提示	賠償額合意
建物及び工作物への 損害 [ライフライン復旧費用を含む]	9	9 (100%)	9 (100%)
避難勧告及び交通規制により建物が使用できなかったことによる損害	177	177 (100%)	172 (97%)
ライフライン停止による損害 [停電や通信回線の停止による損害]	251	251 (100%)	248 (99%)
件数合計	437	437 (100%)	429 (98%)
金額合計	—	4億9,710 万円余	4億8,947 万円余

※上記のほか、賠償請求を準備中の方が14件おられる。

※ライフライン復旧費用については、仮復旧に係る費用を賠償したものであり、本復旧完了後には、別途本復旧費用の賠償が発生する。