

## 第 12 回 福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会 議事録

日時 平成 30 年 11 月 29 日（木） 14 時 00 分から

場所 福岡市交通局 4 F 大会議室

### 議事等

- 七隈線延伸事業の進捗状況について（報告）
- 道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について（報告）
- トンネル坑内水抜き・土砂撤去時の計測について（報告）
- 大断面トンネル部の再掘削計画について（討議）
- 3連トンネル部の掘削計画について（討議）

#### （事務局）

定刻となりましたので、ただいまより、第 12 回福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会を開催いたします。

はじめに、福岡市交通局理事より、ご挨拶を申し上げます。

#### （交通局理事）

開会に当たりまして、一言ご挨拶申し上げます。

本日は、委員長をはじめ、委員の皆様におかれましては、大変お忙しい中、お集まりいただき、誠にありがとうございます。

七隈線延伸事業につきまして、後ほど進捗状況等をご説明させていただきますが、安全第一で工事に取り組んでいるところでございます。本日は、七隈線延伸工事の進捗状況や、ナトム区間における現状及びトンネル坑内水抜き・土砂撤去時の計測計画についての報告を行うとともに、水抜き・土砂撤去後の掘削計画について、ご討議いただきたいと思っております。

交通局といたしましては、皆様から忌憚のないご意見をいただき、今後の施工計画に反映していきたいと考えておりますし、何よりも安全第一に七隈線延伸事業を進めてまいりたいと考えておりますので、どうぞよろしく願いいたします。

#### （事務局）

ありがとうございました。

本日ご出席いただいております委員の皆様につきましては、お配りさせていただいております座席表のとおりでございます。時間の都合上、これをもちましてご紹介に代えさせていただきます。なお、大阪市高速電気軌道株式会社の植林様におかれましては、

ご都合により本日はご欠席となっております。

それでは議事の都合上、頭撮りは以上とさせていただきます。報道機関の皆様は、ご退出をお願いいたします。なお、本日の議事につきましては、本日 19 時から福岡市役所本庁舎 10 階の記者会見室で記者会見を行いますので、どうぞよろしくをお願いいたします。

次に資料の確認をお願いいたします。A4 縦の資料として「議事次第」、「本委員会の資料の取り扱いについて（お願い）」、「座席表」、「委員名簿」、「予定スケジュール表」の 5 種類、A3 横 1 枚の資料として「第 11 回技術専門委員会での指導事項と対応状況」。

本日の報告・討議資料として、A3 横綴りの「(報告資料 1) 七隈線延伸事業の進捗状況について」、「(報告資料 2) 道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について」、「(報告資料 3) トンネル坑内水抜き・土砂撤去時の計測について」、「(討議資料 1) 大断面トンネル部の再掘削計画について」、「(討議資料 2) 3 連トンネル部の掘削計画について」。討議に関する参考資料として、A3 横綴りの「(参考資料 1・2)」。

以上でございます。資料の不足がございましたら、恐れ入りますがお知らせください。

本日のスケジュールでございますが、予定スケジュールのとおり、議事の途中で一度休憩を挟み、最後に本日のとりまとめをお願いしたいと考えております。

それでは、これより進行を委員長をお願いしたいと思います。委員長、よろしくをお願いいたします。

(委員長)

皆さんこんにちは。お忙しいところお集まりいただき本当にありがとうございます。今年に入ってから地盤改良がスタートしまして、その後、上の部分が終わったうえに、今日見ていただいたと思いますが、肝心のトンネルの中にボーリングをして、その状況が確認できたということ、それが新しい展開だろうと思います。その上で、これまで色々検討してきたところの内容については、要するに、地下水位を下げる問題、更に砂を撤去することにつきまして、今日は、最終的な詰めをさせていただくというのが、先ほどご紹介いただいた一つでございます。その後、今度はどうやって掘削をするのか。その掘削のあり方について、今日は詳しい検討結果が出て参りますので、それについて十分討議し、見ていただくという事になるかと思っております。このような内容について、今から審議をさせていただきたいと思っております。

例によって約三時間程度かかるかと思っておりますが、途中一回くらい休憩を入れるつもりですので、そのような形で進めさせていただきます。

それでは、お手元の次第でございますように、まずは、三つ報告事項と書いておりますが、実質の報告らしいものは最初のもので、あとは確認したり判定したり、若干の最終的な決断を出したり、という内容を含んでおりますので、まず、最初の「七隈線

延伸事業の進捗状況について」で切りたいと思いますので、簡単に説明をお願いします。

(交通局)

それでは、七隈線延伸事業の進捗状況につきましてご説明させていただきます。

資料1頁をお願いいたします。

こちらでは、全体スケジュールと土木本体工事の概要を示しておりますが、前回の委員会時点と内容が変わっておりませんので、説明は割愛させていただきます。

2頁をお願いいたします。

こちらは中間駅西・東工区の進捗状況につきまして、平面図、縦断図及び断面図で表しております。進捗状況としましては、出入口部を除く、駅舎部分の掘削が全て完了しまして、現在、地下4階層、3階層部分の構築を行っているところでございます。縦断図及び断面図に示します灰色で着色した部分が、コンクリートの打設が完了しているところでございます。なお、駅舎の始端部分の0通りから5通りにつきましては、コンコース階のみの構造となっております。地下1層階の構造ですので、既にこちらの部分につきましては、構造体として完成している状況でございます。また、中間駅西工区につきましては、平面図の紫色で囲っている部分がございますけれども、この部分につきましては、地上に防音ハウスを設置しておりまして、来年春を予定しておりますシールドの発進に向けた準備を鋭意進めているところでございます。

3頁をお願いいたします。

先ほどご説明しました、中間駅西・東工区の進捗状況につきまして、写真を添付させていただいております。上段の左から2枚につきましては、中間駅西・東工区の地上の占用状況でございます。現在、西工区は、はかた駅前通りの道路中央側に占用を取って工事を進めております。また、東工区は、出入口工事の関係により、道路の南側を占用して工事を進めております。上段の右側及び下段の左側につきましては、それぞれコンコース階及び軌道階の構築状況の写真となっております。また、下段の中央部分につきましては、シールド発進部のエントランスの状況、下段の右側につきましては、シールドマシンの組立状況を工場で検査・確認したときの写真になります。

4頁をお願いいたします。

博多駅工区の開削部の進捗状況を平面図と断面図で表しております。進捗状況としましては、地上より約21m掘削した位置をアンダーピニングの施工基面としまして、地下の構造物の仮受工事を進めており、JR地下街部の仮受はすべて完了し、現在、パイプルーフ部及び空港線連絡通路部の仮受を行なっているところでございます。仮受本数

としましては、全体 292 本の予定のうち、約 66%の 193 本が完了している状況で、各構造物の変位を注意深く監視しながら施工を進めているところでございます。

5 頁をお願いいたします。

上段左側の写真につきましては、博多駅工区の占用状況を表しております。現在、住吉通りの道路中央部を占用して工事を進めているところでございます。下段の左側につきましては、JR 地下街部の仮受がすべて完了したときの状況です。下段の中央部につきましては、パイプルーフの仮受状況を示している写真でございます。最後に、下段右側につきましては、空港線連絡通路部の仮受状況の写真になっております。安全を最優先に、確実に一步一步工事を進めているところでございます。

以上で、簡単ではございますが、工事の進捗状況についての説明を終わらせていただきたいと思っております。

(委員長)

何か質問はございませんか。

シールドマシンはもう工場で出来上がったのですか。いつ搬入される予定ですか。

(交通局)

西工区のシールドマシンについては、すでに工場で出来上がっております。来年春に発進する予定にしておりますので、年明けから現場への搬入となるかと思っております。

(委員長)

わかりました。他によろしいですか。それでは、以上で報告を終わりにさせていただきます。

次に、二つめの議題に移りたいと思っております。

これは報告、及び皆様方に確認をお願いしなければいけないのかなと思っております。要するに、道路陥没部におけるトンネル坑内の現在の状況を報告いただいて、確認するところを確認するというにしたいと思っております。それでは、説明をお願いします。

(交通局)

それでは、道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について説明いたします。まず、表紙に目次を示しておりますが、現在の状況と、計測の状況でございます。

現在の状況ということで、2 頁をご覧ください。

工事状況でございますが、左上のフローをご覧ください。これまで、大断面トンネル

部におきましては、高圧噴射攪拌工による地盤改良、その箇所機能確認調査、薬液注入工による地盤改良、さらに機能確認調査の順で施工を行い、現在、大断面トンネル坑内の地盤改良を行っていましたが、本日、予定通りに坑内の地盤改良が良好に完了したと先ほど報告を受けております。その次に年末までには、層別沈下計などの追加の計器を設置して、年明けからは、トンネル坑内の水抜きを開始していく予定でございます。左下に縦断図、右上に横断図、右下に平面図を示しており、各図における黄色いハッチは高圧噴射攪拌工法によるセメント系の改良体の範囲を示したものであります。緑色のハッチは、官民境界側の止水性をより高めるための薬液注入工法による改良体の範囲でございます。このように陥没箇所におきましては、人工岩盤の造成が完了している状態で、現在は、縦断図のピンク色のハッチで示す箇所について、坑内の改良が完了したというところでございます。これで、大断面トンネル内には土砂や水を引き込みにくい状況を作り上げていることとなっております。

3頁をご覧ください。

こちらは、道路陥没部の地盤改良の詳細を示してありまして、青色の円形の集合体が高圧噴射攪拌工による地盤改良範囲、赤いハッチが薬液注入工による地盤改良範囲、中央付近の黄色い三つの円形は大断面トンネル坑内地盤改良の平面範囲を示しております。黒い星印は、機能確認調査の位置で、崩落孔付近を特に入念に調査しております。

4頁をご覧ください。

地盤改良の機能確認調査につきまして、左の平面図に示す黒い星印の15箇所を確認を行っており、改良体は、盤として必要な強度 $1\text{MN}/\text{m}^2$ が確保されていることが確認され、改良体自体の止水性 $10^{-4}\text{cm}/\text{s}$ 未満であり、改良体とD2層の境界付近に水みちがなく、全体としての止水性が確保されていることを確認しております。

5頁をご覧ください。

ここでは、地盤改良体の機能確認調査結果につきまして、数値で示しています。左側の強度の(a)が、一軸圧縮強度試験の結果で、目標の $1\text{MN}/\text{m}^2$ を確保しています。(b)が、室内試験結果と地山での値は、亀裂が存在する地山の強度が小さくなることを考慮して、強度を低減するというトンネル標準仕方書の考え方から、各調査位置における、室内試験で得られたP波速度と原位置試験で得られたP波速度の比を二乗したもので、その中の最小値を低減値として、計算した準岩盤強度としての結果でも、 $1\text{MN}/\text{m}^2$ を確保していることがわかりました。(c)でございますが、一軸圧縮強度と供試体P波速度の相関式に原位置P波速度を代入して計算した結果でも、 $1\text{MN}/\text{m}^2$ を確保していることが確認できました。3つの方法で強度を確認した結果、所定の強度が確保できているという状態でございます。それから、右側の青いハッチの止水性ですが、透水係数の項目です。

(a)につきましては、1回目ということで、改良体のみの結果でございます。(b)は、2回目ということで、改良体と改良体を密着させたD2層をあわせての透水係数でございます。どちらにつきましても、目標の $10^{-4}$ cm/s未滿を確保していることを確認しています。

6頁をご覧ください。

ここでは、トンネル支保の吹付コンクリートが、どこまで存在しているのかを調査した結果を示しています。結果的には、平面的には捉えてはいないものの崩落孔中心から両側1.8mの位置、つまり幅3.6mの位置にトンネル支保が所定の深度に存在していることがわかりました。左上の平面図の中央に示す緑色の星印が調査位置でございます。左下の縦断図におきまして、左側のEの岩が先進導坑の天端を、右側が拡幅トンネルの天端を調査しております。これまでの地質調査の結果では、人工岩盤もなかったことから、深い深度での調査ができないこともあって、D2層の天端が幅6mに存在しているところまではわかっておりましたが、今回の調査で少し詳細に把握できています。右側には、それぞれのコア写真で、吹付コンクリートを確認できていることがわかります。

7頁をご覧ください。

ここでは、大断面トンネル中心部におきまして、トンネル坑内をボーリング調査した結果を示しています。結果は、トンネル天端付近までは堆積土砂で満たされていること、トンネル坑内の堆積土砂のN値は3~9であったということがわかりました。トンネル坑内にボーリングを進めていく際のトンネル天端において、アスファルト殻がG.L. -16m~G.L. -18mにかけて存在していることがわかっており、トンネル坑内にはアスファルト殻やコンクリート殻が少し存在していることがわかっています。このD-2というボーリングの孔内水位は、G.L. -19m付近の比較的細かい砂の層を抜けたところで、立坑の水位まで下がったことが確認されており、この付近が栓のような状態になっていて、水が分離されていたのかも知れません。

9頁をご覧ください。

トンネル坑内の掘削完了状況でございます。灰色部分が掘削済み、白い部分が掘削していない部分で、前回の委員会から変更はございません。また、現在までも、地下水位や地表面沈下に大きな変化は見られないことなどを右側の囲みに記載しております。

10頁をご覧ください。

計測状況でございます。地下水位の計測状況につきまして、上の黄色いハッチ部分に要点を記載しております。上段のグラフが土砂部の水位、下段のグラフが岩盤部の水頭で、これまでに特に大きな変動は生じておりません。土砂層水位は降雨の影響を受けて

おりまして、さらに高圧噴射攪拌工の影響を瞬間的に受けたりはしていますが、その他の変化はございません。岩盤水頭は、黄色いハッチの上から4段目に記載がありますけれども、開削部仮受杭の施工により、低下と回復を繰り返しています。右端の水色の矢印が示します赤い23E-4のラインが、他の岩盤水頭と比較して、傾きが大きいところが見られていますが、この井戸が他の井戸より深く、トンネルよりも深い位置のG.L. -35mまで削孔されておりまして、その位置に水みちが存在して、アンダーピニングの仮受杭の影響を受けやすくなっているのではと考えています。傾きが大きくなった時期以降は、仮受杭の施工頻度が多かった時期でもあります。最下段には、トンネル縦断に地下水位の状況とトンネル上部に遮水層であるD2層の分布を黄色いハッチで示しています。年明けから水抜き開始の予定でございますが、この黄色いハッチの遮水層より下の部分の水を抜くことになり、黄色いハッチより上の部分の土砂層の水はそのままの状態を維持する形となります。

11 ページをご覧ください。

地表面沈下の状況を示しています。下のグラフで、下に凸であるほど地表面沈下量が大きく、標準Ⅱ型部分が大きいことが見て取れます。

事故前からの履歴としては、右下の凡例で示しますように事故前の青色のラインよりも、昨年五月末の緑色や先月末のオレンジ色のラインが、1mmから4mm程度、全体的に隆起傾向にあることがわかります。水を抜いた場合、この隆起分の沈下は生じるかと考えています。

説明は以上となります。

(委員長)

ここは、皆さんに確認だけはしっかりとさせていただきたいと思いますので、若干、質疑等を行いたいと思いますが、まずは、どなたか疑問の点、聞き漏らした点等で、ここは聞いておきたいというようなことがあれば、お願いしたいと思います。

では、私から2頁の図面に関して、坑内地盤改良は終わったということですか。三本とも改良したということですね。

(交通局)

はい、三本とも改良しました。

(委員長)

横断幅は、どれくらいの範囲にそれが入っているということですか。

(交通局)

幅は5.5mでございます。横断方向に10数mくらいは改良できています。

(委員長)

これまで、楕円の影響範囲というのを設定して、その中の穴に入れているという組立てでやってきたわけですね。そうすると、穴の部分は全部埋まってしまったと。ほぼ影響範囲くらいに、だいたい壁状ですね、このトンネル坑内の地盤改良が進んでいると。これは高圧噴射と同じくらいの強度ですかね。

(交通局)

同じ工法を使っており、同じ強度になっています。

(委員長)

だから、止水性はしっかりやると同時に、多少の強度が出ていると。砂の中に入っているから、逃げてはいないんでしょうね。後で確認か何かするのですか。

(交通局)

施工中に確認をしております、排泥が順調に上がってきていることから外側に逸走していることはないと考えています。

(委員長)

はい、わかりました。それを一つ確認したかったということです。それから、2頁の右上のところの薬注の緑の線が上まで続いていますよね。他は途中で途切れていますが、これは他と意味が違うのですか。

(交通局)

いえ、流動化処理土の部分は注入を行っており、可能な限り注入しながら上まで造り上げていったということですので、改良体をこのよう造りたいということで施工を行ってきました。例えば、3頁では、赤い線の破線になりますが、流動化処理土が少し邪魔する部分もあるので、ここの部分は破線になりましたけれども、ここは注入を行っていきますので、やっていないわけではないという意味合いになります。

(委員長)

意味は同じですか。やったことは同じですか。

(交通局)



はい、同じです。

(委員長)

それを確認したかったのです。それともう一つ、2頁の右下の図で、赤い斜めハッチの大きい円みたいなのがありますよね、これはどういう意味ですか。

(交通局)

ここは、記載が少し小さくて見えにくいですが、噴射を確認した位置でございまして、ここに透明なパイプを入れ、そこにカメラを入れて、噴射が当たっているかというのをビデオで確認したところを示したものでございます。記載が小さくて申し訳ありません。

(委員長)

この表現は無くてもいいのですね。

(交通局)

はい、そうです。

(委員長)

何か特殊なことをやったのかと思って、確認しました。はい、わかりました。

(委員)

いくつか確認を含めてお聞きしたいんですけど、1つは4頁の必要な機能というところで、改良体の強度が $1\text{MN}/\text{m}^2$ というのは感覚的に解りますが、改良体の止水性を $10^{-4}\text{cm}/\text{s}$ という形で表記されています。事前に説明いただいた時は、たしか $10^{-5}\text{cm}/\text{s}$ との記載でしたが、この数字で十分だという理由、説明が要るのではないかと、私は思います。その点を1つお聞きしたいということと、5頁の一軸圧縮強度の試験結果についてなのですが、どれも $1\text{MN}/\text{m}^2$ 以上を満足しているので問題ないと思いますが、幅が約 $1.5\sim 10\text{MN}/\text{m}^2$ と、約7~8倍強度に違いが出ています。これは、どこに強いところがあるかということが分かるようにしておいた方が、いろいろな意味で良いのではないかと。随分、強度はあるのですが、かなりムラがあるということを確認して、整理していくというのが、今後、必要かなとも思っています。

(大成 JV)

まず一つ目のご質問ですが、事前にご説明した時と内容は同じなのですが、 $10^{-5}\text{cm}/\text{s}$ 以下という表記は少し間違っていました。主旨としては $10^{-5}\text{cm}/\text{s}$ オーダーを当初から確認しようとしていましたので、このような記載に変えたということです。

(委員)

それは事前に聞いていましたので、理解しています。同じように一軸圧縮強度の幅で書かれていて、止水性とか透水性の場合は、固定値で書いているので、おそらく幅があることから、幅で書いてくださいというようなお話をしていました。ただ、なぜ、 $10^{-4}$  cm/s を下回れば、止水性地盤として十分なのかという解釈が必要なのではないかと思います。もし、それを聞かれた時に、 $10^{-4}$  cm/s で止水性は十分ですという、ちゃんとした説明が必要になりますから、そこをちょっと教えていただきたいということです。

(大成 JV)

主には二点あります。

一つは D2 層の止水性です。去年、透水試験をした時に、D2 層の透水係数は概ね  $10^{-5}$  cm/s オーダーにありました。D2 層は概ね止水性があるという評価をしていますので、今回、地盤改良体についても  $10^{-5}$  cm/s オーダーであるということを目指しています。二つ目は、 $10^{-5}$  cm/s オーダーの物性値を使って、いろいろな解析・検討をしていますが、そういう結果に基づいて、地盤改良体の止水性の目標値を  $10^{-5}$  cm/s オーダーにしたといういきさつがあります。

(委員長)

強弱が少しばらついているので、明確にするというところを理解し、その上で心配しているのは、ある程度、弱点となるような部分が多少固まってどこかにありはしないか、分かるのかどうかということです。そういうところを含めて、 $10^{-4}$  cm/s 以下だとか、あるいは以上とかをはっきり確認すればいいのではないかという意味でいいですか。

(委員)

そうです。

あと、おそらく面的に調べられていますよね。同じように、たとえ弱部があったとしても改良した一つの構造体として、地下水が抜けたりすることを守るのだと思うのですが、それが見えるように工夫しておいた方がいいのではないかと思います。

(委員長)

いろいろな判断の時にも役に立つような資料になるように、参考意見として、検討しておいてください。ほかに、何かありますでしょうか。

(委員)

10 頁の岩盤部水頭の No. 23E-4 の変位について、開削部の影響で水位が変動している

ということですが、S-4' も同じように岩盤部水頭と思いますが、水位の変動がないのは何か複雑に水みちが成り立っているという理解になるのでしょうか。

(交通局)

報告資料3「3. トンネル坑内水抜き・土砂撤去時の計測について」の17頁をご覧ください。岩盤部水頭を計測している井戸の測定深度を示した資料があります。青い四角の部分が、岩盤部水頭を測っているところで、No. 23E-4は測定深度がおおよそ35m、他の測定箇所と比べるとおおむね7mくらい深い位置で測定しており、この井戸のみがこの深さということで、この特徴から水みちを拾っているのではないかと考えています。

(委員)

35mの深さの間に水みちができていだろうという考えでいいのでしょうか。

(交通局)

35mの位置に水みちができていのでないかと考えています。

(委員長)

要するに、他のところでは27~28mが普通、ここはおおよそ35mと他のところよりも8mほど深く、その間で起こっている可能性もあるわけですね。35mの位置とは限りませんよね。

(交通局)

そのとおりだと思います。

(委員長)

ではこれが深刻な問題なのか、そうでないのか、今後の管理のときに影響するのではないかと思います。そうかと言って、地下水だから1箇所くらいこんな所もあるのかなと。報告資料2に戻って10頁の絵を見てみると、雨の影響もあるんでしょうけど、ガタッと上がったり下がったりしていますよね。岩盤部水頭は2~3mくらいですか、緑の矢印のところとか、そのちょっと手前とか。これくらいの変動です。どうですか、一応これを確認したということで、次に進んでよろしいですか。この段階の中で、これはちょっと見直さないといけないよとかあればぜひ真剣に討議していただくということよろしいですか。では、それで進めさせていただきます。他にどうですか。これはここまで確認できたところですね。圧密沈下も見えるくらいの変動であると。リバウンドしたというのが。そういうことは前にも申し上げたとおりですね。よろしいですね。じゃあよろしければ、2の議題は以上の確認と、判断ということにさせていただいて、○

○委員のおっしゃったようなことは、現場の方で十分留意して下さいということにさせていただきます。

では、次の議題に移らせていただきます。次は「トンネル坑内の水抜き・土砂撤去時の計測について」ということで、これも報告と書いてありますが、報告プラス色々と皆様方に判定あるいはご判断、検討いただきたいということがございますので、そういう目で見たいと思います。では事務局から説明をお願いいたします。

(大成 JV)

では、トンネル坑内の水抜き・土砂撤去時の計測について説明させていただきます。

資料は報告資料3がメインになり、補足として参考資料1の18頁から30頁に地下水関連計測の評価基準の設定について載せております。説明は報告資料3で説明いたします。

2頁をお願いいたします。

2頁には坑内水抜きの方法といたしまして、上段にはトンネルの縦断面図、下段には横断面図と横軸に経過日数、縦軸には標高を載せています。これは前回委員会の図面と同じものになっており、計測値を更新したのみでございます。おさらいですが、上段の図面を見ていただいて、トンネル坑内の水を抜くという行為につきましては、立坑の水位が91.4mと記載していますが、これを75.2mまで下げて水を抜くという行為になります。期間として、下の図面になりますが、開始から概ね70日強の日数をかけて抜いていこうというものです。また、抜く途中には、水位保持期間というものを設けて、それまでの計測手法の妥当性の検証でありますとか、水抜きの速度の検証を行いながら進めてまいります。先ほどご説明ありました水抜きが年明けにスタートするというのは、まずステップ1、試験水抜きを開始するということです。

4頁をお願いします。

4頁には計測機器の平面配置図をのせています。赤い丸が地表面沈下、青がガス管の沈下、ピンクが層別沈下等、それぞれ計測機器の凡例を左に記載しています。平面図にはそれぞれの位置を示しています。主には層別沈下と地表面沈下、並びに地下水関連の計測を行いながら水抜きを行ってまいります。この平面的なレイアウトについても、前回委員会と変わっておりません。

5頁をお願いします。

左側に大断面部の縦断面図、右側に標準Ⅱ型部の横断面図を示しております。特に変位計測を強化しようと考えている2箇所について、層別沈下計並びに坑内に傾斜計をつける

ことで地盤のモニタリングを強化してまいります。

6 頁をお願いします。

ここからがどのような考えで計測を行っていくかの説明となり、まず全体の計測管理の概念を示します。水を抜くにあたって、破線で示しておりますが、主に三つのリスクタイプを想定しました。これら3つのリスクタイプに対して、どのような計測管理をしていくかですが、水抜き・土砂撤去に際しては、変位計測や地下水関連計測によって、地盤の安定性を確認することを基本とします。変位計測については、路面の走行性安定等の許容値やFEM解析に基づいて管理値を設定します。地下水関連計測については、予測値と計測値の差、すなわち偏差が、これまでの計測データで経験した範囲に入っているかどうかを指標として評価します。水抜きの時に実施する計測は、水抜き方法の妥当性の評価を行うためのものであり、変位計測ではトンネル周辺地山の挙動や監視、地下水関連計測では不安定化の予兆をターゲットにそれぞれ管理・評価していこうと考えています。

7 頁をお願いします。

坑内水抜き時や土砂撤去時に、どのような項目で計測管理していくかを○、△で一覧に示しております。○印は基準等を設けて計測を評価していくもの、△は基準等を設けないがデータの確認を行うものです。

8 頁をお願いします。

ここからが計測項目に対する管理基準値の設定方法の説明になります。主要な5項目、変位2項目、地下水3項目についての説明になります。まずは8頁の地表面沈下についてですが、計測点は平面図に示しております通り、本坑の上に全64点、連絡坑の上に全32点の計測点を考えております。

9 頁をお願いします。

これら地表面計測の目的は、左の b) に目的を記載しておりますが、道路など地表面に有害な変形が生じていないということを確認する目的で実施します。管理基準の設定については、c) 道路の走行安定性を確保するということを念頭に、道路の走行性から決められた基準値 30mm を管理指標として管理しようと考えております。右側の表には管理基準値として、管理区分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにおいて各々の管理基準値を 15mm, 24mm, 30mm と記載しております。水抜きをスタートした後、これらの値に基づき、地表面沈下を管理するという計画しております。

10 頁をお願いします。

10 頁には層別沈下計の設置位置ならびに代表的な設置断面図を載せております。大断面部には、トンネルの天端付近の D2 層の挙動を計測できる位置に 4 箇所設置します。また、標準から 3 連部には道路、トンネル脇に、南北に挟むように設置をしており、深いものではトンネル下端まで層別沈下計が入っております。

11 頁をお願いします。

これは先程、ご説明させていただいた図と同じですけれども、特に大断面部については、トンネル縦断方向について D2 層を含め上部地盤の挙動を確認する層別沈下計を設けています。

12 頁をお願いします。

層別沈下計の計測管理の目的は、b)に記載しておりますが、D2 層のひずみが限界ひずみの中央値に達し、その領域が土砂部まで連続していないかを確認することを目的としています。つまり、水抜きにおいて遮水層として期待している D2 層、この挙動を確認しようということを目的にしています。管理基準値の設定方法ですが、FEM 解析によって水抜き時の D2 層の変位量を予測した後に、トンネル支保あるいは D2 層の変位が、ある管理限界値に達するときの各々の点における層別沈下量を基準にしようと考えています。具体的な基準値の設定は、右の表に示しています。管理限界値とは、今ご説明したトンネルおよび周辺地盤で許容される変位限界値となります。管理基準 I であれば管理限界値の 50%、II は 70%、III であれば 90%というところに管理基準を設けて管理をしていこうと考えております。また、各々の管理基準を超えた場合の対応を合わせて右に示してございます。

13 頁ならびに 14 頁をお願いします。

13 頁ならびに 14 頁には、この地中の変位に関する管理の具体的な数値や今ご説明した管理基準値の設定についての詳細な説明を載せてございます。13 頁には、管理基準値の一覧表を、14 頁には、限界ひずみを用いた管理基準値の設定方法について記載しております。ここまで二項目が変位に関する計測および計測管理の仕方になります。

15 項をお願いします。

ここからが、地下水関連の三項目に関する計測の考え方並びに管理方法、評価方法についての説明になります。まず、土砂部の地下水位ですが、観測井は概ねトンネル上部を網羅するように 10 箇所設置されており、これらの計測を強化しながら、水抜きを進めます。

16 頁をお願いします。

16 頁には管理の評価の考え方を示していますが、まず、b)に計測の目的を記載しております。土砂部水位は、立坑水位低下による影響が極めて小さい状態を保持しているかを確認することを目的に計測を行います。また、どのような値の場合にどのような状態か評価することにおいて、ここでは境界値というものを定義しております。それらの設定方法ですが、過去 24 時間の降雨量から現在の土砂水位を予測し、次に予測と現在の計測値の差、すなわち偏差を算出します。その評価指標として、これまでの計測結果に基づき、過去経験した偏差量の中にあるかを確認するというものです。

詳しくは、参考資料 1 の 19 頁から 21 頁をお願いします。

これらの頁に設定方法を記載しております。レベルⅠは、直近三ヶ月のデータに基づく最大偏差量となります。レベルⅢは、2017 年一月以降、過去二年弱の計測値の最大偏差量となります。以上、過去のデータに基づき、評価レベルを設定しましたが、水抜きを進捗と共に最新データを用いて、随時見直しながら計測の評価を高めていこうと考えております。

報告資料 3 に戻りまして、17 頁をお願いします。

17 頁には、岩盤部水頭の計測平面図を載せております。ここでは、観測井 7 箇所ですべて岩盤部の水頭を計測しているということを記載してございます。

18 頁をお願いします。

岩盤部水頭の計測目的ですが、岩盤部水頭が立坑水位と連動する範囲内の挙動であるかを確認することを目的に計測します。これは、先ほども少し議論がありましたが、岩盤部水頭が概ね立坑水位に連動しているという計測データの特徴から、このような目的を設定しました。境界値の設定方法ですが、まず、立坑水位から岩盤部水頭の値を予測します。その予測値と現在の計測値の差、すなわち偏差量を算出いたします。この偏差量が、過去経験したバラツキの範囲内にあるかどうかを評価しようという試みです。先ほど同様、レベルⅠ、Ⅱ、Ⅲというものを偏差量から設定しました。この岩盤部水頭も同様に、一旦過去のデータに基づき、評価基準を設定しましたが、水抜きをスタートした後に、最新のデータを用いて、これらも随時見直し、評価をブラッシュアップしながら、水抜きを進めていくという考えにいます。

19 頁をお願いします。

19 頁は排水量についてです。坑内水抜きにあたっては、主に立坑からポンプを使って排水をいたしますので、排水量は立坑付近での計測 1 箇所になります。これらの管理、評価の仕方について、20 頁に記載しております。

20 頁をお願いします。

まず、計測の目的として、b) 単位時間当たりの排水量、これは湧水量に相当しますが、立坑水位と連動する範囲の量であるかを確認することを目的に行います。これは、水位を低下させる中で水位を維持している期間中、湧水量が安定したときに、その湧水量が過去経験した値と似たような値にあるかを評価しようとするものです。境界値の設定方法としては立坑水位から排水量（湧水量）を予測します。まず、予測値と計測値の差、すなわち偏差量を算出します。この偏差量が過去経験したバラつきの範囲内にあるかどうかということの評価します。これらも土砂部地下水位並びに岩盤部水頭と同様、レベルⅠ、Ⅱ、Ⅲというものを偏差量に基づき設定をしています。これらについても水抜きを進捗とともに最新のデータを用いて評価基準をブラッシュアップしながら水抜きを進めようと考えています。

以上、坑内水抜きにおいて、変位計測二項目、並びに地下水位断面計測三項目における管理並びに評価の方法についての説明を終わります。

(委員長)

ありがとうございます。

それでは今の水抜きについて、確認することは2頁のようなステップを踏みながら、水位を低下させていく時に、どのようにそれが安全か安全でないかをきちんと見ていくかということにつきる訳です。それが地表、あるいは層別も含めてですが、それと水の動きと両面がある訳ですが、意味合いがちょっと違うので、いろいろと工夫しようということで、従来にない仕組みづくりを提案していただいています。皆様方の意見をぜひ賜っておきたいというように思う訳です。

それでは、最初に地表面沈下等の方からいきましょうか。今の考え方でいいのか、どうか、話をいただけたらばと思うのですが、いかがでしょうか。地下水を抜くから、水位が変動するわけです。それによって、地山が膨れたり、縮んだりしていく、そういうのをどういうふう基準づくりするかということです。掘削時の地山変位というのと違う訳です。それだけにちょっと四苦八苦して、こういう提案になってきている訳です。

それと、ここでデータを使うにしても、データがあるのが、陥没した後、水位がどんどん上に上がっていく方の過去2年間のデータです。今度は強制排出するので、そうすると下に下ろしていくほうです。その時の変動が、水位が上がっていくのと同じかどうかと言われると、この委員会からもご意見出ましたけど、違うんじゃないかと、そうするとデータがないのです。だからデータを使うというイメージもなかなか難しいのですが、変位の方に関しては、これまでのものをベースにしていけばいいんじゃないかという基本思想に立っております。その辺をどうですか、皆さん、ご意見ございませんか。



(委員)

基本的にこの方法でたぶん排水とかは構わないと思うのですが、もし基準値を超えたあとの対応みたいなどころのシナリオというのは作られてないのでしょうか。

(委員長)

どうですか。

(大成 JV)

基準値を超えた時の対応としましては、例えば、地表面沈下については、9頁に基準値超過時の対応を記載しています。ここでは、計測目的として道路の走行安定性に着眼していますので、管理区分Ⅰを超えれば、計測管理での強化、区分Ⅱを超えれば路面補修の検討や地下水低下速度の低減、区分Ⅲを超えれば路面補修の実施、並びに地下水低下スケジュールの変更や復水、というようなシナリオを描いております。

(委員長)

地表面沈下の方は内容が周辺に影響を与えない、地下埋設物に影響を与えない、そういう判断で管理基準を決めていくわけですね。だから今までの掘削の時と基本的にはあまり変わらない数値でもあるし、対応方針でもある。問題は聞きたいのはその後の方だろうと、では進めていただきたい。

(委員)

水抜いた後の地表面の反応というのが必ず時間遅れが生じる訳じゃないですか。だから、期間をとりながら様子見ながらじわじわといかれると思うのですが、通常の掘削の場合は縦方向の進行方向に切羽が立っているわけだから、その部分の応力解放はされないわけですね。だけど、今回は上から空洞全部に対して応力解放が生じてくる現象じゃないですか。そこが多分現象として違うと思うんですよ。

下部の下の所に確かにベンチみたいに水圧がかかっていると思うのだけど、それと浸透の圧力がかかってくるはずだから、抜いて復水を止めるという作業で、果たして沈下が止まるのかということ止まらないような気がするんですよ。

抜いて変動が大きいのが起こったら今度は100%注水しなくてはいけない気がする。水位保持のままだと、破壊が進行するという懸念があって、その時にどうするか、人が入れる状態になってしまえばひと安心なのでしょうけど、そのあたりが気にはなるところです。

(委員長)

どうですか。一番大事なところだと思います。

(大成 JV)

〇〇委員のおっしゃったように注水の可能性は十分考えておく必要があります。そのため、現場には100m<sup>3</sup>程度の水を準備しておきます。一日の水位低下量は35cm程度ですから、緊急的にそれくらいの水位を回復できる水をストックしておき、かつ排水停止後の湧水量によって復水を図ることを考えています。

(委員長)

〇〇委員どうでしょうか。

(委員)

まかり間違ってもこういうことはないと思いますが、2頁で、ステップ7を過ぎたあたり、一気にトンネル坑内が空洞となった時に、仮に地盤改良の遮水が1箇所、アリの一穴のようにドバっといってしまった時、同じことがまた起こる可能性が無きにしもあらずといえますか、その時にどう対応するのか。

水を回復するスピードは、水が抜けるスピードより遅いと思うので、その時に二次災害というか、またもう一回陥没が起きてしまう可能性も考えておかなければならない。そこはこういうふうに対応しますみたいなものを作られておくと良いかと。あくまでも推論で申し訳ないですけど。

(委員長)

対策がどんなのがあるかというのが皆さん思いつかない。ある程度もっておかないといけないということは分かるのですが、私も考えあぐねていますが、こういう経験ないでしょうか、皆様どうですかね。

(委員)

私も当然経験ないので、何かに基づいてこうだというお話はできないが、私が考えるには、基本的に地山をいじらないので、支保が何かの原因で破れたとき以外は水が確実に抜けるだろうと思います。陥没箇所は蓋をちゃんとしていますし、今日資料でボーリングデータも見ましたが、あれくらいであれば想定内なので抜いて行ってその挙動を見ていけば抜けるんだと思います。ただ、その時抜けない状況が起きた時は、まずは復水させたいので、開削工法を含め、対策を検討すべきじゃないかと思います。

(委員長)

〇〇委員、どうですか。似たような意見ですか。他に何かご意見ありますか。

(委員)

対策案は全く思いつかないんですけど、事前に止める、交通遮断するとかしかないと思うんですけど、管理値を絶対値にしているんで、例えば10分で超えたのか、1日かけて超えたのか、進行の速度を追えるような形にするといった対策はあるのかなと思います。

(委員長)

〇〇委員、どうぞ。

(委員)

〇〇委員も先ほど仰ったんですけど、水を抜くプロセスで、その結果として起こるイベントというのは時間遅れが必ずあるんですよ。なので、例えば、沈下が起こった時というのは、内部で何か変状が起こっている可能性もあるんじゃないかと思ったりします。だから、変動、変化のスピードを抑えることは必要ですが、資料に書かれているのは数値だけですので、例えば変化の様子が見える化するようなタイムラインといいますか、そういったものも考えた方がよろしいんじゃないかと思います。こういう時にどういう対応をしているか、災害の時とか必ずやるようなことがあるじゃないですか。そういったものをリアルタイムに見える化（指標化）できるようにしておけば、リスクを少しでも減らすことができるという気がします。

(委員長)

それでですね、皆様もお気づきかと思いますが、12頁を開いて下さい。事前説明資料からは変わっていますが、管理基準をどう決めるかって時に、水を抜く時に即座に、次の手を打てるかという、こういう状況がなかなか読めないわけで、ある程度続く可能性がある、そういうことも念頭に置くと、事前説明の時にいただいた資料では、管理基準値として、限界ひずみで壊れるときの値（100%）を管理基準Ⅲとしており、それから基準Ⅱを80%、基準Ⅰを50%というような考え方をされていましたが、どうも壊れるという考え方は、そこからまた進行するという考え方、そこで水を止めたとしても、ギリギリのところに設定しすぎではないかと。

それで、事前説明時に各委員の意見を聞いたのちに、事務局と私で相談させて頂いて、管理基準Ⅲを90%に下げています。ただし、90%がいいのかもう少し下げるといいのか、これは分かりません。限界ひずみで判定される限界値を少し低く抑えて管理基準Ⅲを決めて、あとの時間的なファクターで変化していく伸びしろ、それがこの10%位でいいのか、80%くらいにしておけるとか、対策が取れるのか取れないのかで決まってくるのではないかと、それから、様子を見ていくと。それから仰っている、変化の速度を

追いながら、直線回帰をしながら、その勾配をずっと見ていけば 直線回帰式の  $Y=aX+b$  の  $a$  が速度ですから、それをもって変化を見ていくことができると。その組み合わせを何回もどんどん叩き込んでいけば、途中段階のチェックはかなり精度よく出てくると。

ただし、対策はこんなことやったって同じなんですね。もう水を止めるしかないですよ。どこかから水を入れて、もっと早期に水位回復を図るとか。というのは陥没したときに、途中から水の汲み上げを止めましたよね。そこからの回復スピードが一つはデータとしてある訳ですね。これは 10m ぐらいで急速に水位が上がっていますので、あのスピードで入れるということはできる訳ですね。それには大量の水が要るかもしれませんし、入っていくかどうかも知りません。とにかく水位回復を図るということで、少しずつ水位の変位速度が低下していきだろうと、その伸びしろを 10% 見ている。

しかし、管理基準Ⅲにならないように一所懸命やるしかないんですよ。また、管理基準Ⅱに達したぐらいから、水位を止めてですね、少し経緯を見ていって、できるだけ低下速度を小さくして限りなくゼロにしていくというようなことをここでやるべきだろうと思います。その結果、Ⅲのところでもってこれれば良い。どうですか。

(委員)

ずっと継続してモニタリングはされるんですよ。もし、過去の傾向から推測できないような事象が少しでも起こったら、少し排水スピードをゆっくりするとか、止めるとか、そういうような仕方で、そして最低限これぐらいまでにしておくといったことを具体化しておくことが現実的な気がします。

(委員長)

だから、ここで書いてある管理基準Ⅱが大きな意味を持つのではないかなと思います。ここで対策を打たなければならない。

(委員)

線形な加速的でなくても、じわじわ続いている間の時には、水位保持の期間を今、一週間とっているじゃないですか。そのとき、その一週間を伸ばすことも考えなくてはいけないんじゃないかと思うんですよ。あとは、さっき言いました排水した水をどこかに貯留するようなスペースを確保しておくとか、よっぽどひどい時は、例えば逆に発泡剤みたいなものを叩き込むかというようなことも考えられるんですよ。管を上から通して、水に反応するような発泡剤みたいなやつで抑えるとか。

(委員長)

立坑から連絡孔の入り口をふさいでくれればいいわけでしょ。そんなことができますか。以前に陥没したところのトンネル天端付近に圧力がかかっているのではないかという

話で、そこにウレタンか何かを入れるとか入れないとか話を聞いた覚えがあるが。そういう意味では、万一のときはできないことはないのでは。

(大成 JV)

ウレタンは基本的に水があると発砲しません。以前お話ししたのは、トンネルの中から作業する際、すなわち掘削中、前方に空洞がある場合にウレタンを注入するという話になります。先ほど出た水を貯めておくという話ですが、土砂のピットに100m<sup>3</sup>程度は常時置いておいて、少し前の立坑水位にすぐに戻せるという対策を持っておくことを考えています。坑内水抜き前の水位まで戻すとなると、必要な注水量が非常に多くなります。そのため、実は自然復水が早いというか、それが一番効率的というか手っ取り早いと考えています。管理基準Ⅱを超えた場合ですが、普通の管理であれば、Ⅱを超えるとⅢに行かないように対策を打つ必要があります。水位低下速度を下げてみたり、水位を維持したりして、どういうふうに変形が収まるのか、それとも続くのかといった傾向を見て、このまま水抜きを続けるのか、少しスピードを落とせば傾向が収まるのかといった判断を行い、極力、管理基準Ⅲには行き着かないように少しずつでも水を抜いていくことを想定しています。

(委員長)

それなら、管理基準Ⅰを超えた段階でそのような準備に入ってほしい。

(大成 JV)

管理基準Ⅰを超えた場合には管理強化ということで、経時変化をもう少し詳しく見る、すなわちレベルⅠを超えたら変化速度や変化の度合いといったものを見ましょうという意味で、強化という書き方をしております。

(委員長)

管理基準ⅠとⅡの間で措置をして、極力Ⅱを超えないという発想で運用するといった強化策しかないのではないかと。

(委員)

もうひとつ懸念しているのは、トンネルの中に土砂がたまっているじゃないですか。ある程度水をじわっと引きずり出すんだけど、ある程度の土砂を引きずり込んで、立坑の手前のところまで持ってきておかないと、水の抜けるスピードが復水の時よりもかなり遅くなる可能性もあると思います。土砂の上の部分ですね。普通に水だけ抜いてれば、トンネルの形が歪じゃないですか、連絡坑とか細くて、奥が太くて、土砂は大断面の方からまっすぐ奥の方に入って、こっちに土砂があるじゃないですか。

そうすると、拡幅の大きいところに土砂がかなり溜まっていて、そのところがダムみたいになって、栓になっている可能性もちょっとあるかなと思って、そこがちょっと気にはなるところではあります。その時に、水を抜くスピードがぐーっと遅れたり、不均質な部分が出る可能性があるかなと。それが、抜けない抜けないといって水をどんどん抜いていたら、一気にダムを破壊される事も起こったりしないかなと思っているので、多少の土砂も少し取るような対策も少し考えとかないといけないのかなと思います。そういうことが起こってきた時の、想定ですけどね。

(委員長)

土嚢を立坑から下に叩き込んだらどうか。立坑の連絡坑の高さくらいまで土嚢を上から落とし込むとか、そういう方法は出来ないですか。

(大成 JV)

水位に関しては、現在の計画ですけども、開削側の方からエア抜き用の穴を開ける時に、棲側の水位を測るので、それと立坑の水位がどれくらい違うのかというのは確認できるかと思います。立坑水位に比べて坑内の水位が高ければ、坑内に水が溜まっていることも考えられます。また、あまり差がつき過ぎると土砂が動くことも考えられます。基準を設定するのはなかなか厳しいですが、坑内水位と立坑水位の差がどれくらいあるのかも確認しながら水を下げていこうと考えています。

(委員長)

じゃあ、結論を出しましょう。要するに、用心しながらやっていかないといけない事ははっきりしている。変位のスピードをきちんと見ながら、管理基準をある程度考えて、管理していきますと。その時の提案として、例えば、層別沈下について言えば13頁のような発想で行うにしても、管理基準Ⅰを超えたら、そこから慎重に慎重に作業を進める体制に移ってくださいと。そして、管理基準Ⅱを超えないように超えないように努力をしていけば、Ⅲまではいかなくて済む可能性は十分あり得ると。それでも心配なようであれば、さっきから仰っているような、何としてでも、水の流れだけは止めるという対策を取りましょうと。水の流れを止めるには、水位を上げて、更に圧力を加えるか、土嚢と言いましたけども、連絡坑との間に何らかの仕切りを設けるなど、水の流れをある程度コントロールするというようなかたちになるのではないかと。それには、地上から行える方法があるのかどうか色々工夫していくしかないかと。私はそういう風に思います。よって、このときの管理基準値の使い方は掘削の時と異なるということを確認して、この管理基準値を定めようという風にしたらどうですかということを確認したいと思うんですけどいいでしょうか。反対意見がございますか。地中変位とか傾斜計の傾斜とか、いろいろあると思うんですけど、層別沈下とか、この岩盤あるいは地山内の変動、

同じ変位でも、ちょっと解釈の仕方が管理基準に対する管理の仕方がちょっと違うよ、ということをしかりと認識しましょう、ということはおききたいと思います。

それでは、次の水位、水の方についてはどうでしょうか。

水はどこまで変動したら、どうなるのかというのは、先ほど説明のあった水平ボーリングで穴をあけて、気圧の変動と同時に水位変化をそれで見るといいとして、10 頁におけるこれまでの地下水の観測で、土砂部水位も岩盤部水頭もそうですが、あるところで、ググーンと、下がったり上がったりしていますよね。これぐらいの動きをしても、今までは大丈夫なんですよね。だから、こういうことを考えたうえで、理解・解釈をすると、ここでは、厳密に適応するような基準にはならないと思います。数字を決めようとしても、その解釈がぼやっとしてくるのではないかと。だから難しい。例えば、レベル I を超えそうだったら、ちょっと様子見で、スピードダウンして変位とか何とか、その辺を逆に詳細に見返して、総合判断で考えるしかないというふうに思うんですが、どうでしょうかね。

(委員)

水位は可変なものだから、割とフレキシブルに状況を見ながら、対応すればいいと思うんで、これくらいで十分のような気がするんですよね。地表面変位とかと違ってですね。

(委員)

こういうことしかできないのかもしれないけど、岩盤部水頭と土砂部水位を計られているので、要は浸透力が働くっていうのは、動水勾配が大きくなるっていうことだから、その二つの水位の差を常に見て、普通堤体とかだったら 0.3 を超えると、とてもリスクがあるというような評価になるので。もっとも起こり得る浸透距離というのは、この前説明されたと思います。その時の水頭差は測っているんで、一つの指標として、見ておくというのでもいいかもしれないという気がします。いかがですか。水位は、変動しますよね。ですが、その変動の仕方が、浸透力の変化と連動するようなことはないのでしょうか。

(委員長)

その辺、見解は、どうですか。

(大成 JV)

〇〇委員がおっしゃる D2 層に対する浸透破壊に関する基準をいろいろ考えたときに、どういう指標を使ったらいいのか、なかなか答えが出ない。そのため、このような管理

になっているのですが、もう一度そういう指標について考えてみたいと思います。

(委員)

水位差というか、水頭差というのをずっと地下水の変動と岩盤部水頭の変動として計測できるわけですから、そうした場合、全水頭差というのはリアルタイムで出ますよね。そういうのを見て、何か、これまでどれくらいになっているかはわからないですか。

(委員)

地表水の部分は、降雨のところに敏感に反応するので、それで管理しようと思うと、雨が降ると、また水を増やさなくちゃいけないという現象が起こるんじゃないですか。だから、これまで過去に、掘っていて事故が起こる前のところの水頭差までの範囲なら許容範囲なんですよ。

(委員)

だから、そういうのを見ていた方がいいんじゃないかということです。

(委員)

それに連動してこの幅を合わせるとなると非常に難しい。

(委員)

いいえ、合わせなくていいですよ。許容範囲を超えるか超えないかということだけは確認していたほうがいいんじゃないかということです。

(委員)

なるほど、そういうことですね。

(委員長)

報告資料2の10頁、このことですよ。上が土砂部水位の変化、下が岩盤部水頭の変化、約二年のグラフをどう見るかということです。土砂部水位の方は下の動きとちょっと違う動きになっているんですよ。土砂部水位は、急にストンと水位が落ちるとするのは問題ですから、そうなるかならないかの判断である程度いいのではないかと私は思います。

ところが、岩盤部水頭はトンネル坑内と連動、それから周辺で博多駅のほうとの関係もある。やっぱりこの変動はある程度見ておかなければならないということですね。それでも、グラフではところどころ短期間で水位が落ちてはいますが、このぐらいの変動は経験済みですね。この変動がどのくらいかというと、「④開削施工の影響」のところ



では、わずか10日間ぐらいで1.5m程度水位が低下しているときもある。でも、今回の水抜きスピードは、この変化よりも速いんですよ。そのスピードがどうなのかということもあるのですけれども、これぐらいの変動は起こりうるというふうに見るから、そこをしっかりと考えて。

(委員)

これより前の掘削をしていた時の水位変動の方が大事になるのかなと思っていましたよね。これは、陥没したあとのですよ。

(委員長)

そのデータはないよね、掘削時の岩盤部水頭。

(大成JV)

あります。2点くらい。

(委員長)

それは、どのくらいか。どの場所なのか。

(交通局)

掘削中の地下水の下がりなんですけども、連絡坑から入りまして、中央坑を行っている途中、23E-4のところなんですけど、約17m下がっております。それが50日かかっておりますので、一日平均すると30cmから35cmくらいかなというスピードで掘削時に下がっております。

(委員長)

そのくらいまで大丈夫だということは、ここに提案してある方法ぐらいでいいと。どうですかね。皆様方も水には苦勞されている、そういう時は、早く下がっていくのに期待します。水抜き穴までボーリングしたり、迂回路を作ったりして、いろいろやっていますよね。それと、このとき、土砂層の砂を引き込むことが一番怖いわけで、そういうことが起こっていないかどうかということに注意して、水の方の管理をしていってください、ということにしましょうか。

よろしいですか。

(委員)

ポンプの位置は、立坑の中の一番下にあると思っていいんですか。それとも、もっと深いところにポンプがあるんですか。最大、どれくらいまで下げられるのかなと。

(大成 JV)

今計画しているポンプの位置は、掘削時に立坑内へ入っていただいた方々はわかると思いますが、エレベーターを降りたところの架台の上に据えて、泥などを吸わないようにします。高さとしては、立坑底盤から 5m ほど上がったところに据える予定です。

(委員)

新しいポンプを設置するということですね。元々あったポンプは。

(大成 JV)

元々あったポンプは、立坑に水没しています。

(委員長)

よろしいですか。

(委員)

今、D2 層にかかる水頭差というのは、今の状況で、最大どのくらいを見えていますか。

(大成 JV)

トンネル坑内の大気圧が開放されますので、D2 層に作用する水頭差は約 18m です。

(委員)

最大かかるわけでしょ。それで、その時の可能性がある浸透距離というのは。

(大成 JV)

大断面部で、最短で約 7m くらいだったと思います。3 連部で約 5m です。ただし、3 連部では支保工を巻いていますので、浸透距離という表現が適用できるかどうかわからない部分があります。

(委員長)

せっかく作っている支保が支えている。それは、どのくらいの圧力で、D2 層や Dh 層にかかっているかというのは、十分配慮しながら基準は決めてきた、解析もしてきたつもりだけど、なおかつ慎重にそこは更に検討を進めてくださいということ。何か他にいい方法とかあればということですが、変位の速度とか、あるいは、水の急変だとか、いろいろあれば、油断することなくやってくださいとしか言いようがないと思います。仮に管理基準 I に達した時も、あとの処置を慎重に行うような体制に移し替えてください

と。そして、一方、できるだけ管理基準Ⅱを超えないというような対応でお願いしたいということだと思います。

よろしいですか、以上で報告資料1, 2, 3が終わりますけれども、この後はトンネル掘削の計画でございますので、ここで休憩を10分入れましょう。15時55分まで休憩にいたします。

<休憩時間（15時45分～15時55分）>

（事務局）

それでは時間となりましたので、委員会を再開させていただきます。  
委員長よろしくお願ひいたします。

（委員長）

それでは事務局から説明をお願いいたします。

（交通局）

それでは、大断面トンネル部の再掘削計画について説明いたします。

まず、表紙に目次を示しておりますのでご覧ください。説明内容として、再掘削検討フロー、対策を踏まえた評価、補助工法の検討、再掘削方法でございます。

1頁をご覧ください。

大断面トンネル再掘削に向けた検討フローを記載しています。再掘削の検討にあたっては、「福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する委員会 報告書、平成29年5月」に記載の工事再開に関する主な留意点を踏まえ、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ていくこととしております。

また、前回の技術専門委員会での討議を踏まえ、人工岩盤の造成や崩落孔直下のトンネル坑内が改良された状態を踏まえ、安全に施工するために適切な補助工法・加背割を検討することとしております。

2頁をご覧ください。

この頁では、左側に道路陥没前の状況を、右側に地盤改良が完了した現在の状況を示しております。地盤改良を実施し、D2層と同程度の強度及び止水性を持つ人工岩盤を

造成することで、力学的には、 $1\text{MN}/\text{m}^2$ 以上の層の厚さが約2mから15.6mとなっており、土砂層からの高い水圧に対する対策として、浸透距離を約2mから7.5mと改善することができていると認識しております。

これらのことを踏まえつつ、次の頁以降で適切な補助工法について説明をさせていただきます。

3頁をご覧ください。

大断面トンネルの再掘削については、トンネル上部の地盤改良を実施したことで、安全な掘削が可能であると考えておりますが、さらに安全に掘削するために、原因究明の検討委員会報告書に記載されている留意点を踏まえ、加背割、補助工法、支保構造について検討しています。

まず、断面を区分して掘削する区画割を加背割と呼んでおりますが、この加背割に期待される効果としまして、表の二列目に記載しておりますとおり、トンネル上部の抜け落ち防止や天端安定化として有効であることに加え、加背割の形状によっては、施工中の扁平率を改善する効果があります。留意点としましては、掘削断面をより小さくした場合、小型の施工機械を使用する必要性が生じます。

次に、補助工法としまして、AGF等の先受工や早期断面仮閉合が挙げられます。先受工に期待される効果としまして、切羽安定対策や天端の安定対策として有効で、早期の断面仮閉合については、地山の変更抑制効果が得られることから、抜け落ち防止効果があると考えております。

表の三段目の支保構造につきましては、高強度の吹付コンクリートや鋼製支保工の厚さを増すことによる支保工のランクアップがあり、期待される効果としまして、抜け落ち防止に対する一定の効果があると考えております。留意点としまして、鋼製支保工を増厚する場合、掘削断面積を増加させる必要性が生じます。この支保構造の検討につきましては、今後実施していく詳細な構造検討の計算結果を踏まえ、必要に応じ実施していくことを計画しています。

表の一段目と二段目に記載している検討項目につきましては、次頁以降に比較表として整理していますので、引き続き説明をいたします。

4頁をご覧ください。

補助工法の検討のうち、加背割の検討につきまして説明します。大断面トンネルの掘削時に天端が不安定化し、抜落ちが生じないようにするには、どのような加背割とすべきか、また、トンネルをより安定した状態で掘削するにはどのような加背割望ましいのか、比較しています。

一番左に記載しています中央導坑先進は、陥没前に採用していた加背割で、図の中に記載している①②は掘削順序を示しています。

比較項目は、抜け落ち防止効果を評価する指標として、横幅を高さで割った縦横比と、掘削中に吹付を施工する前のやや不安定となる天端の長さとして、図の中の L1, L2 で示していますように、時計の針の 10 時の方向から 2 時の方向までの範囲の弧の長さを整理しています。カッコ内の数値は、中央導坑先進における数値を 1 とした場合、他の案がどの程度優れているのか、具体的には数値が小さいほど優れていることとなるものですが、定量的に比較できるよう記載しています。

次に、トンネルの安定性を評価する指標として、分割した加背割ごとの切羽面積のうち条件が良くない値、つまり面積が大きい値を抽出し、比較しています。具体的には、中央導坑先進のケースでは①の面積が約 34m<sup>2</sup>、②の面積が約 41m<sup>2</sup>となっていることから、比較の元とする掘削断面積を 41 m<sup>2</sup>とし、中壁分割のうち面積の大きい①の 42 m<sup>2</sup>、と比較した結果、カッコ内の数値が 1.02 となっています。

最後に、鋼製支保工の変形リスクとしまして、※2に記載しておりますとおり、掘削時の鋼製支保工の背面が固い地盤である場合、鋼製支保工が外側に変形しようとする動きが拘束されることから、表の右側に記載している頂設導坑先進では、鋼製支保工の変形リスクが生じないと整理しています。

以上の比較から、施工中における扁平率の課題が改善するとともに、抜落ち防止や切羽の安定性についても向上する頂設導坑先進を採用したいと考えています。

5 頁をご覧ください。

補助工法の検討のうち、先受工の検討について説明します。先受工は切羽安定対策や天端の安定対策として有効な補助工法ですが、幅広く検討するため、トンネル標準示方書に記載されている工法を対象として、本現場への適用性について整理しています。

具体的な工法としましては、フォアポーリング、長尺フォアパイリング (AGF)、パイプルーフ、水平ジェットグラウト、スリットコンクリートがありますが、上から三段目のパイプルーフについては、施工可能な空間を別途準備する必要がありますが、現場条件を踏まえると、安全に切掘ることが困難であることから適用が困難であると評価しています。また、その下の二つの工法につきましては、未固結地山、言い換えるとトンネル天端が土砂層に位置している現場条件を対象としており、D2 層のようにある程度強度を有した地山には適用できない工法であるため、適用性がないものと評価しています。

以上の整理から、本現場で適用可能な先受工はフォアポーリングと AGF となりますが、天端の安定だけではなく、地表面や地下埋設物等に対する対策としても有効である AGF を採用することで、より安全に施工できると考えています。なお、AGF の注入材については、試験施工を実施し、より有効な注入材を選定することを計画しています。

6 頁をご覧ください。

切羽安定対策や天端安定対策として有効な AGF について、より安全に施工するため、施工時からの変更検討項目を整理しています。まず、トンネル横断方向の間隔ですが、施工時は標準の間隔 450mm で施工しておりましたが、計画案としましては、300mm の間隔とすることで、天端の緩み、抜け落ち防止効果を向上させることとしています。トンネル縦断方向の間隔についても、横断方向と同様により密にすること、更に根元部の支持が可能となるよう、孔を開けた鋼製支保工を使用することを計画しています。また、注入材料については、ウレタンとシリカレジンを用いた試験施工を実施し、より有効な材料を選定することとしています。

7 頁をご覧ください。

前回の技術専門委員会で、大断面トンネルの天端を下げる案について、討議いただいておりますので、技術的な課題等についても整理するようご指導いただいておりますので、検討結果につきまして説明いたします。まず、天端を下げる案の概要としまして、概要欄に記載のとおり、掘削済みの中央導坑の天端程度の高さに抑えた形状とするものです。

参考資料 2 の 19 頁および 20 頁をご覧ください。

19 頁に記載しておりますとおり、施工ステップとしましては、左右坑の拡幅前に中央部の天井と床のコンクリートを構築後、中央部に仮設の柱を設置する案です。20 頁にはこの時の課題について記載しています。この中でも、構造計算を行った結果、仮設中柱撤去時における有害なひび割れが発生するリスクがあると考えています。

討議資料 1 の 7 頁にお戻りください。

施工性やメンテナンス性の欄に参考資料でご説明した内容の要旨を記載しています。この検討のまとめとしましては、下の赤ハッチに記載しておりますとおり、仮設柱を撤去した際に有害なひび割れが発生するリスクがあることや施工性の面で課題があると認識しています。

8 頁をご覧ください。

大断面トンネルの再掘削方法の検討結果をまとめた頁です。人工岩盤が所定の機能を満たしていることが確認できたことから、前年度の委員会で討議いただいた人工岩盤掘削による施工が可能であると考えており、断面形状につきましては、図でお示ししておりますとおり、平成 28 年の施工時と同様の形状を想定しています。加背割につきましては、頂設導坑先進を採用することとし、補助工法として、打設間隔を 300mm とした AGF の採用を計画しています。なお、早期断面仮併合につきましては、地盤状況等を踏まえ、実施していきたいと考えています。安全性の評価としましては、記載のとおり、地下水

対策や天端安定化対策として適切に対応できていると考えています。

ご説明は以上となります。

(委員長)

はい。それで大断面の所の再掘削計画、今のご説明でございますが、このような内容を検討したうえで、結果的に、加背割や補助工法の在り方について、提案を受けたわけですが、それでいいかどうかということ、最終的に皆様方で考えていただければということですが、何か質疑等ございますか。

(委員)

ナトムに加背割について私自身経験がなくて、詳しくわからないので、ちょっと論点が適切じゃないかもしれないんですけども、加背割の変更について、特により安全に再掘削をするために、今回この加背割を採用するということには異論はないんですけども、もともと中央導坑先進で掘削をしても十分に安全性があって、掘削ができるということ判断したのは委員会だと思うんですね。その時に、なぜより安全なこの頂設導坑先進というのを採用しなかったのかという議論が、ひょっとしたら出てくるかもしれないと思います。おそらく、中央導坑先進の方が工程的にも、あるいは経済的にも優位で、トータルとして、当時は中央導坑先進を選択したんだけど、今は工期だとか費用だとかよりも安全性を優先して考えるから、この頂設導坑先進を採用したんだということ、この資料の中で、あるいはこの委員会の中でしっかり確認しておいた方がよろしいんじゃないかなと思います。

(交通局)

ありがとうございます。今の件に関係し、参考資料の16頁に頂設導坑先進の施工ステップの資料を載せていますので、こちらを簡単にご説明させていただいたうえで、今回、すでに中央導坑を一旦掘った状態であるという条件も加味して、整理が出来ればと考えています。

(委員)

そこは参考資料ではなくて、討議資料の中で、総合的に考えて今回は4番(Ⅳ)を選ぶんですよということと、もともと、事故が起こる前にこの委員会で1番(Ⅰ)を選択したことについても合理的な判断があったんです、というところをしっかりと表現された方がよろしいのではないかと思います。

(交通局))

ご指摘のとおりその方向で修正をさせていただきたいと思います。

詳細につきまして、参考資料 16 頁を簡単にご説明させていただきます。ステップ図は左上の①が中央導坑の現況になります。次に、右側の②ですが、中の土砂を取った上で、頂設導坑として中央導坑の上部を拡幅掘削し、③で仮設の柱を設置することを計画しています。その後、④で左側の拡幅、⑤で右側の拡幅を計画しています。これまでも標準的な上半先進よりも、安全性の高い中央導坑先進にて掘削しておりましたが、今回の案は既に掘削済みの中央導坑がある中で、いかにより安全に掘削していくのかということ を考慮した点が当初の考え方と異なっています。

(委員)

内容については異論ありません。先ほど申しあげました通り、もともと委員会でこの中央導坑先進を選択した合理性がしっかりあって、その後条件変更し、工期だとか費用については1番(I)の方が優れているんだけど、安全性を最優先して、今回は4番(IV)に変更するんだというところのロジックをしっかりと組み立てられておいた方がよろしいかなと思います。よろしくをお願いします。

(委員長)

要するに、2頁のところから従来の状況を書いていますから、そのところに今おっしゃったことを書き加えておいた方がいい。本来のナトム工法の効率的な施工を追求するときに手段としてはこれで充分であったと思うけれども、D2層の状況、こんな層が薄くなってきているわけですね、だんだんここまで来て、そこで落ちたわけですから、その辺の不透明感もあって、今回の再開にあたっては、事故後の措置として4番(IV)に変更するわけですから、一言書いておく必要があるということをおっしゃっているので、赤ハッチのところに書かれるかは分かりませんが、事務局で十分検討しておいてください。

(委員)

6頁のAGFのことで、先ほどのコア観察のときにもお聞きしたのですが、コアの中にもAGFが入っていて、かなりしっかりと硬くなっているのですが、あれを見ているとやはり施工で入れる時に何らかの力が働くのですよね。D2層が厚くないところにそれが入っているというのは、逆の意味では、もしかしたら弱部を作ってしまう可能性もあるような気が私にはしたのですが。それと、もう一つは、止水性がないと言われたのですよ。だから止水目的ではなくて、構造的に強固にしていこうという意味でAGFをさらに今回は増強するということなので、その辺の確認を本当にやって頂きたい。ただ、大断面のところは上にかなり安定したものがあるという意味では、D2層が薄くなっているという危ない状況ではないかなとは思っています。要するに、前もAGFを使っていて、また



今回もということで、先ほどの〇〇委員のお話を通じるところはあると思うのですが、その辺の理由というのはしっかりとさせていただければと思います。

(交通局)

2頁の図面を用いまして、今の考えをご説明させていただきたいと思います。右側の図が地盤改良を実施後のものです。この図面のAGFの位置は頂設導坑先進の場合も概ね同じ位置になります。ご指摘の通り、D2層に対して、鋼管をたくさん打ち込みますと傷めてしまうというデメリットがあるというのは認識しておりますが、AGFの上の部分は抜け落ちさせないことをAGFに期待する効果としまして、AGFよりも下の方が落ちることは他の施工現場でも確認されております。今回AGFを施工することで、AGFの上の部分は落とさないで、下の部分は落ちることを許容するといった考え方で、浸透距離というのを図の中に入れておりますが、抜け落ちを起こすとどうしても浸透距離が短くなってしまうというリスクに対しまして、少しでも浸透距離がより短くならないようにといった目的で、止水性はD2層には期待しないこととなりますが、抜け落ち防止という話から、施工をしたほうがよいと考えております。止水性そのものにつきましては、大断面部につきましては、この地盤改良体で直上の土砂層からの水みちについては基本的に止まっている。想定されるとするならば、サイドからくるものということで、AGFに止水性は期待しないで施工していこうと考えています。

(委員長)

AGFの信頼性や効果といったところで、こういったD2層が比較的薄かった時の議論と、今回とを比べたら、AGFであっても万能ではなく、使える条件とかがあるのではないかと思います。それに対して今回問題なく使えるかどうかも含めて説明していただけますか。

(大成JV)

同じような説明になるかもしれませんが、大断面の掘削にあたって、着目するのはやはりトンネル天端の安定性ならびに地下水対策、この2点だと考えます。まず地下水対策につきましては、2頁の表を見ていただきますと、従来は主としてD2層の止水性に期待し、AGFを補助的に使っていました。ところが今回は高圧噴射を主として止水体としながらAGFを補助的に使うということで、主となる止水機能を持つものがD2層から地盤改良体へ変わっています。一方、強度については、従来もAGFに天端の安定性を期待していました。今回もそういう意味では同じ工法ですが、地下水に対する考え方が、陥没前と今回とでは大きく異なっています。

(委員)

最終形でうまく施工できたらきっと安定したものになるだろうというのはあるけれど、やっていく過程において何か事を行った場合には、止めるというか違うことも考えていかなければならないと私は思うのですが、いかがですか。

(大成 JV)

確かにこのような施工方法を選びますけれど、当然トンネル掘削にあたっては、計測以外に切羽を観察しながら掘削を進めますので、地山を見て、〇〇委員が言われるように AGF が悪さをしていると判断すれば、違う方法を考えなければならぬと考えます。

(委員長)

ここから先は、通常の判断と同じ理屈にはなりますよね。今回と同じように、出来るだけ水が出ないように、染み出し、その他が少しでもあれば、掘削ピッチを縮めてみるとか、吹き付けが固まる状況を見て次に進むとか。注入は D2 層にはなかなか効きませんけどね。確かに水みちなんかがあって、そこを埋めるという意味で注入することもあるかもしれませんが、少なくともこの先そういうのがあるかということについては、人工岩盤で水を止めてしまっているわけで、D2 層と人工岩盤との隙間はあるのか、そういうところに出来るのかどうか、よく見ながらやっていかないといけない。

それと、AGF が少し寝ているかなという印象があるところから、少し上向きにしてある。それと AGF から周りの岩盤に注入をして接着するのでしょうか、それが少し圧力をかけても出来るのなら、それも効果があるようにするとかですね。それからピッチを少し縮めてあるのですね。そういうことで D2 層が極力壊れないようにそういう配慮をして提案してある。一体化をさせるという意味と、水を止めるという意味と、水がもともと来ないようにするという三点ぐらいがここで被さっているということでの今回の提案ではないかと思えます。

(委員)

今回は、ウレタン又はシリカレジンを書かれていますけど、第 3 者委員会ของときに、AGF 周りの注入がうまく効いていなかったのではないかという指摘あったと思うのですが、そのところについては、材料を変えてみるとか工夫はされるのでしょうか。

(大成 JV)

当然、第 3 者委員会で AGF の注入材と D2 層とのなじみについて指摘されていますので、どういう注入材が地山に適するのか、試験施工にて確認し、実際の施工に入るといふ手順を考えています。

(委員)

2頁のところですね、今さらなんですけど、右図の浸透距離7.5mというのはちょっとこれおかしいんじゃないかと思います。左図の時はD2層上からのトンネル天端のところが最短距離になるので約2m、でも右図は、もうちょっと右側のところが最短の浸透距離になるんじゃないかと。やはり、約7mとか約6mで表現したほうが私はいいと思います。

(委員長)

ここよりも、もっと短いところがあるという意味ですか。

(委員)

はい。

(交通局)

ご指摘のとおり、約7.5mの表現に訂正させていただきます。この赤の矢印の描き方ですが、実はD2層の下のD1層に関しては浸透破壊しない強度があるという整理ができるため、D2層と掘削面がタッチする最短距離を作図しているつもりですが、頂部から線を描いているように見えていますので、修正したいと考えています。

(委員長)

じゃあ、修正お願いします。他にどうですか。

(委員)

報告資料2の6頁で、縦断図の黄色の箇所に支保工は存在し、この間は高圧噴射の改良体に置き換えられているということですが、ここを掘削するときは支保工が崩れている可能性もあるので注意が必要だと思います。ここを先ほどの頂設導坑で掘削していくのか、お考えがあればお聞かせいただきたいと思います。

(交通局)

詳細は詰めていく必要がございますが、基本的には、上にAGFのような補強が必要と考えていますのと、崩落孔の部分及びその下のトンネル坑内は高圧噴射攪拌工を実施しており、切羽はある程度の強度がある状態になっていると想定しています。今後、施工計画を検討していく中で詳細を詰めていく必要があると認識しております。

(委員)

高圧噴射は円形に改良されていますので、崩落孔中心のすでに掘削してある部分は、支保工の下部まで改良されている可能性はありますが、それより少し手前は改良中心か

らずれており、支保工下部まで改良されていないという状態があり得ると思いますので、そういうことも踏まえて検討を進めて頂ければと思います。

(委員長)

崩落孔のところが一番慎重にということ、今の配慮だと思いますので、その前後も含めてですね、今の計画でそのままいけるか、ちょっと更なる工夫が必要なのか、その辺はもう一度検討しておいてくださいということですね。

はい、わかりました。他にどうですか。

(委員)

コア観察の時に、コンクリートの上のD2層の関係を見ていると、崩落したところのD2層のほうは本当に薄かった。それをいうと、この討議資料1の2頁の図と若干違う印象になっています。2頁の右の図で、コンクリートの部分とその上のD2層の厚さの部分ですね。しかも、D2層ですからもうかなりボロボロになっているようなところもあって、だから気になるといえばこの高圧噴射のところのD2層の間の部分というか、先ほども言われていたけれど、透水係数も小さいと言われたんですけども、ここが弱部になる可能性はあるなということ。それと、もう一つは左右の薬液注入のところ、これは十分にもう薬液が注入されていて均質なものになっていると考えてよろしいんですよね。その二点です。

(大成JV)

地盤改良体側部の薬液注入の一番大きな目的としましては、様々な障害物が混ざり込んでいる地盤改良体側部から、中に入り込むような水の流れを断つということです。

地盤改良はこの図の範囲で実施していますが、これも様々な障害があることを前提にしています。そこで、人工岩盤全体の止水性を高めることが薬液注入の目的です。

(委員)

石炭の層があって、そこに薬注をいれると、薬液が通りやすいところばかり通って、全然石炭層に浸透してないという、あの状況を見るとですね、はたして、どんな状況なのかっていうのはあります。普通、砂の層でわりと均質な地盤に薬液を注入するとわりとこうしっかりとした固体が、均質なものが出来上がるっていうのはわかるんですが、異物もいろいろ入っているようなところの薬注の結果っていうのがですね。もしかしたら一部通りやすいところがあるという可能性はあるなということ、その辺の調査ができればお願いしたいと思います。透水性をみる必要があるのかなと思います。

(大成 JV)

〇〇委員からご指摘いただいた通り、このあとの中の掘削をする前に、調査ボーリング等を坑内から実施し、出水がないか確認をしていきます。また、掘削過程や AGF を先行して打つ過程で確認をしながら進めたいと思います。

(委員長)

要するに水が出ないように工夫していくしかないわけですね。一応ここまで水は止めたつもりですけど、完全に止まってないこともあるので、今おっしゃったように監視しながらしっかりやって、場合によっては増し打ちをやったり、或いは支保工間隔を縮めたり、とにかく少しでも水が出そうだと心配であったら、慎重な手法体制に移していくことが大事だと思います。それから、場合によっては先行した中央坑みたいなものも、先の方を注入しながら水を止めてしまうという方法もとらざるを得ないとか、そういったこともあり得るということですが、これは掘削の段階で十分監視体制と対策は考えられていくという風に理解できるのではないかと、心配なところは十分注意してやっぺいこうということだと思います。完全に止まったかと言われると誰も答えきれないのではないかなと思います。よろしいですか。

それでは、加背割方式を導入して慎重な掘削をする、そのための一つの考え方が、補助工法のガッシリしたのを D2 層に作り上げていって、掘削中の透水状況の確認と対応策を常に頭にいれながら掘削をしていく、というストーリーについてはよろしいでしょうか。少し心配しすぎで、やりすぎなどがあるかもしれないが、とにかく事故を二度と起こさないことが大前提でこういう慎重な対応策を提案しているということですが、よろしいですか。では、そういうことで最後の詰めはやってもらうとしても、おおよそのところは確認したということにさせていただきます。

そしてもう一つ最後に残りますが、3連トンネルについて、事務局から説明したうえで討議いただければと思います。

(交通局)

それでは、3連トンネル部の掘削計画について説明いたします。討議資料 2 と書いてあります資料になります。

表紙に目次を示しておりますのでご覧ください。説明内容としまして、掘削検討フロー、現在の状況、リスクの評価、補助工法の検討でございます。

1 頁をご覧ください。

3 連トンネル掘削に向けた検討フローを示しております。検討にあたっては現在の状

況を整理したうえで大断面トンネルと同様にリスク評価を行い、続いて主として岩盤層に期待する掘削を行うのか否かについての判定を経て、Noとなる場合は、地下水対策を実施するなどとしています。

2頁をご覧ください。

3連トンネル掘削時のリスクを整理するうえで、現在までの掘削状況等について整理しております。3連トンネルについては全長が約109mございますが、平成28年11月の時点で中央坑の掘削が完了してコンクリート製の桁や鋼管の柱が完了している状況となっております。

3頁をご覧ください。

中央坑掘削時の状況を説明いたします。頁の上段には、本坑トンネル掘削時のトンネル天端の沈下量を赤色の点線で示しており、地表面沈下量をオレンジ色及び青色の線で示しています。沈下量は、標準Ⅱ型に比べて小さい値となっていることが確認できます。頁の中段には、平面図を示しており、矢印のA-A'、B-B'、C-C'については、次頁の横断図と対応しています。切羽の写真及び状況を平面図の下にお示ししておりますとおり、264基付近では、切羽の安定を図るため、鏡面長尺ボルトとして、長尺の鋼管を切羽の前方へ施工する必要があったことなど、区間によって地山の状況が異なっていることに留意する必要があります。

4頁をご覧ください。

左右坑掘削時の検討にあたり、中央坑掘削時との違いを整理しています。横断図には、左右坑上部の岩被りと、D2層に作用する土砂層からの水圧をイメージしたいただくため、土砂層水位からどの程度深い位置にD2層の上面があるのかを記載しています。

横断図の下の説明欄①及び②に記載しておりますとおり、掘削断面積は中央坑の約3分の1程度となっていることや、天端が約1.9m低い位置となっている一方で、右坑の上部には下水管が位置しています。

また、③④に記載しておりますとおり、中央坑掘削に伴う地山のゆるみが生じている中で、左右坑の掘削を行う必要があることや、地下車路の影響によって沈下量が少なくなっている可能性があることを考慮しておく必要があります。

⑤⑥には、中央坑掘削時よりもD2層の岩かぶりが薄い箇所が想定されることや、Dhと記載している炭質頁岩層が左右坑上部にも存在する可能性が高いことを踏まえ、掘削を慎重に進めていく必要があると認識しています。

5頁をご覧ください。

3連トンネルの中央坑については安全に掘削が完了していますが、今後、左右坑を掘

削していくにあたり、より安全に施工するため、リスクについて整理しています。

地下水対策の必要性としまして、3連トンネル左右坑上部は土砂層、D2層、Dh層で構成されています。主にD2層が遮水層として機能していると想定されるため、D2層上面には土砂層からの高い水圧が作用することとなります。D2層の層厚が薄い場合や風化等によって水を通しやすくなっている箇所がある場合、浸透破壊が発生し、連続的に土砂層の水がトンネル坑内に流入してくるリスクが想定されるため、地下水対策の検討が必要と認識しています。

続いて、天端安定化対策の必要性としまして、D2層、Dh層の局所的に弱い箇所があることで、トンネル天端部が力学的に不安定となり、抜け落ちが発生することなどによって浸透距離が短くなる可能性が考えられることから、天端安定化対策について検討が必要と認識しています。それぞれのイメージ図を右側にお示ししています。

6頁をご覧ください。

3連トンネル左右坑上部の遮水層として機能していると考えられるD2層、C2層の層厚が場所毎にどのようになっているのかについて整理しています。この図は、中央坑の掘削状況や追加のボーリング調査から想定したものととなりますが、上段に記載しています3連トンネル右坑の図をご覧くださいとわかりますように、岩被りは4.9mから6.0mありますが、灰色で示しておりますDh層が40cmから2.3cm挟まれていると考えています。3連トンネル左坑につきましても、記載のような状況を想定しています。

以上から、リスク評価としては、中央坑よりもD2層が薄くなる箇所があることや、Dh層が天端付近に出現すること、D2層及びDh層の不陸や不均質性等を踏まえ、掘削計画を策定する必要があると認識しています。

7頁をご覧ください。

前頁までの評価を踏まえ、補助工法による止水対策について検討を行っています。ここでは、遮水層の機能強化を行う止水対策と、土砂層の地下水位を低下させる排水対策について、当該現場の条件を踏まえた上で、地上から、又はトンネル坑内から施工が可能であるかについて整理しています。

まず、地上からの施工のうち、止水対策につきましては、地下車路があるため、工事に必要作業帯の確保が困難であることや、地下構造物が支障となり、確実に遮水層の機能強化が出来ない箇所が生じるため、採用できないと考えています。

次に、地上から実施する排水対策につきましては、地下構造物が支障となるため、止水壁を構築することが困難な状況の中で土砂層の水位を低下させることとなりますので、周辺の地盤沈下を発生させることや、くみ上げた地下水を流し込む排出先の確保が困難であるため、採用できないと考えています。

坑内からの施工のうち、排水対策につきましては、地上からの施工が出来ない理由に

加え、トンネル坑内に土砂層の水や土砂を引き込むリスクがあるため採用できないと考えています。

唯一残る方法としまして、坑内からの止水対策があると考えており、具体的には、下段の表に記載していますとおり、薬液注入工法や AGF 工法、パイプルーフ工法が想定されます。

このうち、薬液注入工法につきましては、昨年実施した薬液の浸透試験の結果から、博多粘土上部層と呼んでおります Dh<sub>s2</sub> 層については、薬液注入の止水効果が得られないことが確認されています。Dh 層に対する薬液注入の効果については試験施工を実施した結果、限定的であることが確認されていますので、次の頁で説明いたします。

中段に記載の AGF 工法につきましては、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から、止水に対する効果は期待できないと認識しています。

下段に記載のパイプルーフ工法につきましては、パイプルーフにジョイントがない工法で施工する場合は鋼管同士の隙間からの湧水が発生する可能性があります。隙間が僅かである場合、管周りのグラウト等を適切に実施することで止水に対する防止効果が期待できると認識しています。このパイプルーフ止水性を確保する工夫につきましては、参考資料 2 の 25 頁に記載していますので後ほどご覧ください。

以上の整理から、止水対策としては、パイプルーフ工法が有効な対策であると考えています。

8 頁をご覧ください。

補助工法の検討としまして、Dh 層に対する薬液注入の試験施工を実施し、その効果について整理しています。試験は博多駅工区のアンダーピニング工法で施工中の連絡通路部で実施しています。試験の概要や結果の詳細につきましては、参考資料 1 の 32 頁に記載していますので、あわせてご覧ください。

試験結果につきましては、討議資料 2 の 8 頁左側に要約した内容を記載しています。また、右側には注入区間の付近に薬剤が浸透しているのか確認するため、溶液型については薬剤と反応すると黄色に変色する試薬を、懸濁型については、赤色に変色する試薬を用いて確認を行っていますが、掲載している写真のとおり、溶液型で 30cm の区間で反応があった以外は、薬剤が浸透した形跡が確認できない状況であることがわかりました。また、透水係数を調査する過程で判明したこととしまして、水深 16m 程度の水圧を Dh 層に作用させると、透水性が著しく変化する性状であることが確認されたことから、水圧に対して十分な抵抗性を持っているとは評価できないことがわかりました。

以上の試験結果から、主たる地下水対策や天端安定対策として炭質頁岩層に対する薬液注入工は積極的な採用は難しいと考えています。

9 頁をご覧ください。



補助工法の検討のうち、天端の安定化対策として有効な先受工について比較検討しています。検討工法につきましては、大断面トンネル部と同様の工法を対象とし、本現場への適用性を整理しています。3連トンネル部は大断面トンネル部と異なり、中央坑または開削部からパイプルーフを施工することが可能であるため。パイプルーフ工法についても適用性があると考えています。

総合的な評価としましては、本現場で適用可能な先受工はフォアポーリングと AGF、パイプルーフですが、天端の安定だけではなく、地表面や地下埋設物等に対する対策としても有効である AGF またはパイプルーフを採用することで、より安全に施工できると考えています。

10 頁をご覧ください。

補助工法の検討のまとめの頁となります。地下水対策に有効な補助工法につきましては、左側に記載しておりますとおり、パイプルーフ工が有効と考えています。天端安定化対策に有効な補助工法につきましては、右側に記載しておりますとおり、AGF工またはパイプルーフ工が有効と考えています。

下段の赤い枠の中に記載しておりますとおり、①地下水対策及び②天端安定化対策がともに必要な範囲においてはパイプルーフ工を採用することで、3連トンネル左右坑を安全に掘削することができると考えています。

C岩等の強固な層での掘削においては、地下水に伴うリスクのうち、浸透破壊が発生するリスクは極めて低いと評価できるため、AGF工または鋼管同士の隙間が開いているパイプルーフ工を採用した場合であっても安全に掘削することができると考えています。

11 頁をご覧ください。

地下水対策及び天端安定化対策が必要な区間に対して実施する補助工法と、天端安定化対策が必要な区間に対して実施する補助工法を各々 2 案示し、比較しています。

まず、地下水対策と天端安定化対策が必要な区間については、面的な補助工法が必要となりますので、左に二案記載しておりますとおり、地下水対策に有効となるよう連続してパイプルーフを施工し面的に地下水を止める考え方で補助工法を検討しています。

横パイプルーフ工法はトンネルの横方向にパイプルーフを施工する案であり、安全性の欄に記載しておりますとおり、高い地下水圧に耐えられるとともに、天端の安定性向上も期待できると考えています。課題としましては、鋼製支保工を切断する際に、荷重を安全に受替える必要があることが挙げられます。

左から二列目に記載しております縦パイプルーフ工法は、左側に記載の横パイプルーフ工法と同様の安全性があると考えておりますが、施工方法としてトンネル縦断方向で断面がより大きい側からの施工となるため、適用区間が限定されるという課題がありま

す。具体的には、3連トンネル終端部となる駅接続区間約10m及び3連トンネル始端部となる3連I型の一部区間で適用可能と考えています。

表の右側には、地下水対策は不要ですが、天端安定化対策が必要な区間に対する補助工法の案を記載しています。

このうち、右から二列目に記載している横パイプルーフ工法は、トンネルの横方向にパイプルーフを施工する案ですが、イメージ図に記載しておりますとおり、鋼管同士の隙間が開いている形でパイプルーフ工を施工する点が異なっており、線的な補助工法として整理しています。安全性の欄に記載しておりますとおり、力学的な面では効果が期待できることを概略の計算で確認しています。

最後に、一番右側に記載しています AGF 工法につきましては、左右坑トンネル切羽付近から前向に AGF を施工する方法であり、隣に記載の線的な横パイプルーフ工法と同様に、力学的な面では効果が期待できると考えています。基本的には、面的な補助工法を適用する区間と、線的な補助工法を適用する区間が混在する場合は、課題の欄に記載しておりますとおり、パイプルーフと AGF が干渉する区間では力学的安定性の向上効果が限定的になることとすとか、物理的に干渉するので施工ができないケースが考えられますので採用できない工法であると認識しています。

12 頁をご覧ください。

採用を計画している補助工法をまとめた頁となります。ご覧のとおり、補助工法については、トンネル上部からパイプルーフ（鋼管）を打設する方法を採用することとし、その使い分けとしまして、地下水対策と天端安定化対策が必要な区間では、面的な横パイプルーフ工法を基本とし、現場条件によって縦パイプルーフ工法を採用することを計画しています。

地下水対策は不要ですが、天端安定化対策が必要な区間に対する補助工法につきましては、表の右側に記載しておりますとおり、線的な横パイプルーフ工法を採用することを計画しています。また、欄外に記載しておりますとおり、中央坑掘削時の切羽状況を踏まえ、鏡吹付コンクリートや長尺鏡ボルト等、切羽を安定させるための補助工法も必要に応じて実施することを想定しています。

13 頁をご覧ください。

この図は3連トンネルの左右坑掘削時において、地下水対策及び天端安定化対策が必要となる区間と、地下水対策は不要であるが天端安定化対策が必要となる区間を示したものです。概ね1m以上の層厚のC2層が天端付近にある区間を黄色の矢印で示しており、この範囲については、地下水に伴うリスクのうち、浸透破壊が発生するリスクは極めて低いと評価できると考えていることから、前頁に記載した補助工法を使い分けることを計画しています。

簡単ではございますが、ご説明は以上となります。

(委員長)

それでは、この議題についてご意見賜りたいと思います。いろいろ検討してもらいましたが、要するに注入という概念が、D2層やDh層でなかなか使えないということ、それで、結局パイプルーフかAGFでやらざるを得ないなど。そのことが一つと、それから一番心配なのは、Dh層が天井部にでてくるとそうでないところがあると、工夫してやるという方法を考えないと。それから、大断面のD2層は心配されましたけど、そこと比べてD2層はちょっと厚いですよね。5mくらいあるのですよ。そういうところが抑えるポイントかなと思って聞きましたが、いかがでしょうか。

(委員)

12頁で課題と思われるところについて、説明させていただきます。通常の本工法でのパイプルーフでは、2.の縦パイプルーフという工法が使われると思いますが、この工法ですと、本工法で必要になってくるグラウンドアーチの形成を補助する形になります。しかし、1.や3.の横パイプルーフで面的に受ける場合では、トンネル上部のグラウンドアーチを形成する箇所を縁切りしてしまうところが課題になるかと思えます。岩とパイプルーフの一体化という問題に対して、パイプルーフ施工時には余掘り部分があり、鋼管と地山の間は隙間がある状態となり、構造的にフリーな状態になります。この状態でトンネルを掘ると、トンネルの天端とパイプルーフの間でのグラウンドアーチは形成が阻害され、パイプルーフ下の岩塊は貼り付く力が無く、落下することが懸念され、本工法の考え方からすると、危うい状況が想定されます。そこで、グラウンドアーチではなく横方向のパイプルーフの屋根で支えるという考え方での設計についても、今後検討が必要かと思えます。

もう一点、注入試験を炭質頁岩でされたということですが、注入材がかなり逸走しているのではないかと思います。その場にはほとんど残っていなかったとのことであれば、色々と対策を取って、注入材をそこに留めさせる検討はまだできるかと思えます。土質地盤に対する注入ではなく、ここでは岩盤注入、止水性を高めるグラウチングのような注入になるかと思えますが、考え方を考えてもう少し検討すれば止水性を高めることはまだ可能ではないかと思いました。

(交通局)

ありがとうございます。この件につきまして、考え方を説明させていただきます。

一点目の横パイプルーフにつきましては、参考資料2の23頁をご覧ください。〇〇委員がおっしゃったとおりでございます、図のように、横パイプルーフを施工いたしま

すと、横パイプルーフ下の灰色に着色している三角形の部分は落ちてしまうことを想定しています。また、AGF と異なり、隙間を開けずに面的にパイプルーフを施工しますと、縁が切れてしまうことが避けられないと考えています。このため、トンネルの左右方向に先受けを行い、先受け部分で支持する考え方が必要になると考えております。

ご指摘のアーチアクションの問題につきましては、トンネルを一間ずつ掘削し、鋼製支保を設置していくステップを踏んでいくことで対応していくことを想定していますが、今後しっかり検討を進める必要があると認識しています。

二点目に薬液注入につきましては、炭質頁岩は強度や性状にバラツキがあることがこれまでの調査で確認されておりますが、薬液注入を施工することで、止水性や強度を向上させることが可能であれば、パイプルーフのように止水効果のあるものを使わなくても掘削が可能ではないかという観点から、試験施工を実施しております。

この試験施工を行う際の条件として、中央坑は掘削済であるため、注入箇所付近に近接し吹付コンクリートがあるという実施工での施工環境を考慮し、注入圧力を初期圧プラス 1 MPa に抑えて実施しています。この結果、討議資料 2 の 8 頁の写真のとおり、薬材が必要な箇所には行き渡っていない結果が得られたことから、薬液注入を実施し、炭質頁岩の止水性を向上させることが、今回の現場では厳しいという整理をさせていただいた状況でございます。

(委員)

ありがとうございました。12 頁にある工夫の使い分けは、今後検討していくということですか。

(交通局)

はい。そう考えております。

(委員)

はい。ありがとうございました。

(委員長)

縦方向のパイプルーフ。これはそんなに長くは出来ないだろうということで、精度とか色んな事考えるとですね。それと断面が変化していくところ、3 連トンネルとか、ちょっと難しいかなという気がする。それで、やれるところはやろうという意気込みではありますよね。それが端っこの 10m くらいとか、駅側も 10m くらいやるんですかね。

(交通局)

駅側の断面が大きい区間の約 10m については、開削側からの施工が可能ですが、途中

から断面が小さくなりますので、適用が難しいと考えています。また、中間駅側についても、標準Ⅱ型の断面が大きくなっている区間から駅側に向けて10mから20m程度の区間は施工が可能と考えていますが、それ以上の延長となると、施工精度の確保の面から適用が難しいと考えています。

(委員長)

出来るか出来ないかよく検討しないといけないけど、とにかくやれるところは、おっしゃるようなイメージで考えて、その途中のできないところはどうかという。それで、パイプルーフを繋いでいくという方法も無い事はないと思うんですよね。途中、ある区間だけは横パイプで工夫しながら掘って、縦パイプが入れられるような空間造つといて、やっていくというような事も発想としてはあり得るかなと思うんですけど、そんな小細工いるのかなと思ったりもします。色々考えて、この横の方がパイプをたくさん使い、縦の方が少なくて済むんですよね。そんなところで、それでもこういう方法を採ってみようかという発想なんですけど、どうなんですかね。その辺り、やはりいろいろと心配ですよね。ただ条件として違うのは、普通、縦パイプ使う時は、掘ってないところがずっとあって、そこに突っ込んでやっていくから、ある程度安心施工でというんですか。これも中央坑が全部掘られてる訳ですよね。それがあって、横に広げるといって、両サイドに3連トンネルを広げるといっての施工だから、それが通常のトンネル掘る時の縦パイプだとかとは若干違うなということ、こういう横からも作業が出来るという条件を活かしたらどうだろうと。その代わり、どうやって固定するかということですよ。手前の方はコンクリートの柱が立っているから、そこの上で固定すれば出来るんじゃないかというので、さっきの参考資料2の方に描いてありますけども、その先の方は岩盤の中で安定してもらわないといけないわけですよね。そこに横に掘るから、そのパイプルーフの下はある程度のとこまでは崩落してしまうと。上半掘削時に支保工をしっかり作ったうえで埋めてしまう努力は必要かなと。そして下半に行くということではないかと思いますが、どうですかね。実際に施工されるほうで、その辺のイメージや工夫というか、仰っていたただけのことはありますか。

(大成JV)

横のパイプルーフにつきましては、会社内でも議論がありまして、グラウンドアーチができにくいのではないかという議論も当然ありました。ただ、結果的には、横パイプルーフで切羽到達時の土水圧に耐えられるものにしておく方が安全だろうという考えにいたりました。ただし、今回はNATMトンネルなので、設計的にどう考えるかということが問題となります。いわゆる、都市土木のパイプルーフというよりは、先受け工の仕様が少し大きくなったようなもので、切羽到達時の土水圧に耐えられるようなものをイメージしています。そのため、支保が建ったあとは、グラウンドアーチが少ないなり

にも、土荷重に耐えられるような支保構造にしておけばよいと考えています。今後、詳細設計をする段階で整理する必要がありますが、あくまでも今回のパイプルーフは、切羽到達時の土水圧に耐えられるようなもの、地下水が入ってこない構造体をしっかりと面的に作っておきたいという考えで提案しております。思想的には、そういうイメージで今回のアイデアを出した次第です。

(委員長)

どうですかね。均一な地山があつてアーチができれば、確かに仰っているようなことが考えられます。このような土被りで、上に水圧がかかっているし。都市（ナトム）の宿命でしょうね。

(委員)

参考資料2の23頁のように、ここまで奥まで入れ、天井で持たせるお考えであればなんとかなるかと思います。

(大成JV)

要するに、横パイプルーフと縦パイプルーフで、おそらく設計荷重の考え方が変わると思っております。横パイプルーフですと、委員長が言われたように、掘削幅が広がり、パイプルーフに作用する荷重が大きくなることで、必要な支持面積が広がるような気がします。縦パイプルーフですと、パイプルーフに作用する荷重は、一進行長とそこからの緩みの範囲になるかと思えます。よって、パイプルーフにかかる荷重の分担幅は、縦と横で変わると思えます。

(委員)

こういう形で進めるということですが、設計上問題無いように検討をお願いします。

(委員長)

はい。なおかつ詰める必要がある、提案ではないけど、このままでいいかどうかは本当に自問自答しながら詰めてください。

(委員)

同じ質問かどうかわかんないですけど、先ほどの加背割りは、参考資料2の16頁に掘削してこうなっているというイメージがあつたけど、横のパイプルーフを打ったあとに切抜けていく手順みたいなのができるといいかなと。もしその横を打って、掘ると炭質頁岩が落ちた場合、支保工を建てても、その後ろに緩みの部分が生まれますよね。トンネルの大きさよりも、更に落ちてしまった場合、AGFとか打ってないけれど、ルーフ

があるから落ちないんですかね、私は専門家ではないので分らないんですけど、横パイプルーフがあって、横を掘っていくと、掘っていくことによってですね、落ちたりしないんですかね。

断面よりも広く崩落してしまっていて、AGFを打っていると先に向かってトンネルの形があるので、それに支保工を当てていけば掘れるんでしょうけど、横にあるので、やっぱりイメージ的には屋根の下を掘っているっていう感じになりますよね。その時に上には縁が切れているわけですから、掘った時にバサッと落ちてしまったらトンネルの掘削の面積よりも更に大きく落ちてしまったときにどうされるのかなと。落ちないんですか。それだけ固いんですかね、空洞が出来るような感じがするんですけど。斜めに45度に切っていますよね、そここのところが落ち込まないのかなと。緩まないのかなと。

(大成JV)

施工しながらにはなるとは思います、炭質頁岩が崩落し、その崩落がトンネルの奥に拡がっていくこともあるかと思しますので、そういう場合には鏡ボルト等で縫い、注入をして、炭質頁岩の崩落が拡がらないような工夫は必要だと思います。そうしないと、今はオーバーハング部で生じた崩壊が止まらなくなってしまうので、早めの対策が必要だと思います。

(委員長)

横方向にこのトンネルを掘ってくる訳ですから、掘るときにボルトみたいなのが突っ込んであると違って来るんですね、まあ場所にもよるし、壊れ方にもよるんじゃないかと思うんですけど、確かにここがこう落ちた上にもっと広がってしまったら大変なことになるよね。だから、そここのところの仕方をもうちょっと考えてみてください。

(委員)

想像が出来なかったので、参考資料2の16頁みたいな作っていただくとありがたいですね。

(委員長)

そういう工夫は、場合によっては必要になるかもしれないから。炭質頁岩の脆さによりますけどね、どのくらい脆いやつなのか。

(委員)

ボーリングのコアを見ると、Dh層がかなりボロボロだったので、何かちょっとしたきっかけでドサッと落ちそうな気がしてならないんですけど。

(委員長)

まあ、注入が難しいというのは分かって貰った訳ですね。だからそういう補助工法というのは、この頁岩とか炭質頁岩のところでも、工夫すれば何か出来るかもしれないという話で、これから詰められるのか分かりません。

それは横に置いて、取り敢えずパイプルーフ的なイメージのもので受けながら、掘削をするのは、あり得るかと思えます。あとは、それが本当に安全かということです。縦パイプルーフについては、皆さん経験があって、自信がある中で皆さんおっしゃっているかと思うのですが、横パイプルーフについては、経験がないと思えます。受けるという概念については、そのような工法もないことはないわけですから、途中、途中で受けを作っていく、柱も作っていくという構造もありだと思えます。

(交通局)

少しよろしいでしょうか。今回のパイプルーフは、頁岩について、すでにボーリングで調べ尽くしているものの、アリの一穴のようなものが怖いということで、これに対して防水的な被膜（バリア）を面的につくるのが一つの目的です。加えてもう一つ、開削的な考えになりますが、鋼管を並べていくことで、肌落ちなどの局所の出水に対して、鉄板を溶接したりするなど、地中に人工的な支えを先につくっておくことで、いろんな対処ができると思っています。

(委員長)

手前から中柱を下に立てることもできますよね。そして少し掘って横に広げていくと。このようなスタンスを立てられれば、横も広げることができますよね。横が鏡面という概念です。これをベースにさらなる検討を行って、慎重に施工してくださいということでもよろしいですか。この炭質頁岩については、どのような性質なものかどうかは、皆さんつかめていないですよ。これまでに中央抗を掘るときに出てきて、天井から落ちたということもあるという話です。そこが切れ目になって落ちるということは十分考えておかなければならないと思えます。

ということで、これがベースの考えになるのは、皆さんも同じだとは思いますが、パイプルーフで行うのか、AGFに切り替わるのか、また、さらなる支えが必要なのか等、先ほど鉄板を張るなどの話もありましたが、そのような可能性も出てくると思えます。状況によっては、横パイプルーフは、水を抜いた箇所のある一か所だけ試験施工を行うことも可能性としてあると思えます。そのようなことも場合によっては、あり得ることも考えておいてくださいということです。よろしいでしょうか。今回、考え方が示されて、この方向性で進めてくださいということで、本日の結論としたいと思います。

今日は、冒頭の話の中でも、管理基準の概念というのが、やはり従来にない発想が必



要だということで、いろんな慎重なご意見が出ました。それから、この後段のほうの掘削、大断面のほうの掘削の方向はほぼ固まったような感じですが、3連のほうについては、慎重な詰めが必要ということで、場合によっては試験施工だってあり得るんじゃないかという風に私はあえて申し上げましたが、そんな発想までも含めたうえで、十分な検討を詰めてくださいということです。そういう、答えの見つけ方が難しい課題にチャレンジしているんだということを認識して頂いて、現場でしっかり考えてください。これをまとめにしたいと思います。

今夜、事務局のほうで記者会見をされるということですが、議事要旨は、今日の後のほうの議論やら振り返り、作成しようと思います。私と事務局に任せてもらえないでしょうか。本来の議事録についてはまた今までと同じように皆さん方に、きちんと見て頂いて、それがこの委員会の議事録だということになります。それでよろしいですか。

(各委員)

はい。

(委員長)

ありがとうございました。じゃあ私のほうの司会はこれで終わりたいと思います。あと、事務局に返しますのでよろしくお願いいたします。

(事務局)

委員長、そして委員の皆様、ありがとうございました。閉会にあたりまして、交通局建設部長よりご挨拶をさせていただきます。

(建設部長)

委員長におかれましては議事の進行ならびに意見のとりまとめにご尽力いただきまして、心よりお礼申し上げます。また、委員の皆様におかれましては、長時間にわたり、大変熱心にご議論いただきまして誠にありがとうございます。

来年の一月、年明けからはですね、いよいよトンネル内の水抜きに入ってまいります。本日皆様から頂いたご意見を踏まえまして、計測管理あたりもしっかり行いながら、またリスクが生じた場合の対応の準備等もしっかり行ったうえで、慎重に進めてまいりたいと考えております。

またナトム区間における大断面トンネル部の再掘削計画、および3連トンネル部の掘削計画につきましても、皆様から頂いたご意見をしっかりと踏まえ、安全を最優先に進めてまいりたいと考えております。

その他の工区につきましても、安全に留意しながら進めてまいりたいと思っております。

すので、委員の皆様におかれましては引き続き、ご指導ご助言をよろしくお願いいたします。

これをもちまして第12回技術専門委員会を閉会させていただきます。ありがとうございました。