

第8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29年8月31日（木） 13:00～16:50

場所 福岡市交通局 4F 大会議室

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

（事務局）

皆さんお揃いになりましたので、第8回福岡市地下鉄七隈線建設技術専門委員会を開催させていただきます。本日司会を務めさせていただきます。福岡市交通局建設部建設課建設推進係長の原でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

始めに、福岡市交通局理事の山本よりご挨拶を申し上げます。よろしくお願いいたします。

（交通局理事）

みなさんこんにちは。山本でございます。本日は樗木委員長をはじめ、委員の皆様方におかれましては、大変お忙しい中ご出席いただきまして、誠にありがとうございます。また、皆様方におかれましては、本市の地下鉄事業、とりわけ七隈線延伸事業につきまして格別なご協力をいただきまして、厚く御礼申し上げます。

現在の延伸工事の状況でございますけれども、博多駅工区、ナトム区間につきましては、6月8日より地質調査に着手いたしまして、現地の調査は8割程終わっている状況でございます。

また、アンダーピニング区間につきましては、現在JR地下街の下でアンダーピニング工を、そして地下車路の下でパイプルーフ工を進めているところでございます。

そして中間駅工区につきましては、駅舎部の掘削工事を出入口工事と並行して行っているところでございます。

さて、本日は、現在調査中ではございますけれども、地質調査の状況につきましてご報告させていただくとともに、再掘削に向けた今後の進め方や、地盤改良の検討の方法などについて、ご討議いただければと思っております。

交通局といたしましては、委員の皆様方からの忌憚のないご意見をいただきまして、今後の検討に反映させ、安全を万全にして、着実に事業を進めてまいりたいと思ってお

りますので、よろしく願いいたします。

(事務局)

山本理事，ありがとうございます。

本日も出席いただいている委員のみなさまにつきましては，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。時間の都合上申し訳ございませんが，これをもちましてご紹介に代えさせていただきます。

本日は JR 九州施設部長の西川様におかれましては，業務の都合上，欠席となっております。

それでは議事の進行上，頭撮りの方は以上とさせていただきます。

報道機関のみなさまにおかれましては，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 18 時から，福岡市本庁舎の記者会見室で記者会見を行いますので，どうぞよろしくお願いいたします。

では次に資料の確認をお願いいたします。

よろしいでしょうか。

それでは，これより委員会の進行は樗木委員長の方をお願いしたいと思います。樗木委員長，よろしくお願いいたします。

(委員長)

北部九州の災害といい，その後の猛暑といい，皆様大変な思いをされているのではないかと思います。そうした中で，今日ご出席いただき，大変ありがとうございます。

これまで事前に，地質調査の途中で掘り上げたボーリングを見て頂いたりとか，あるいは事前説明として，集まっているいろいろ話を聞いたり，意見交換をしたりさせて頂いております。

大変迷惑をかけておりますけど，もうしばらくこういう状態で進めさせていただきたい。我々としても慎重に検討を進めて行きたいと思っておりますのでよろしくお願い致します。

今日は，先ほど説明ございましたが，地質調査の途中段階ですけども 8 割方すでに掘り上がっておりますので，その資料をもとにこれらをどう見るのか，またどう解釈するのか，その資料に基づいて地盤の安定のためにどの程度どういうことを考えればよいかといった大きな筋道を立てたいということと，そういうことを検討していくにあたって，地質調査の成果の解釈の仕方が人それぞれ違うとは思いますが，いつまでも違うという平行線のままでいいという訳ではないので，本委員会として，おおよそこんなことではないかというような意思の結集を行い，その上で地盤の安定問題や，更にはどういう再開掘削を進めていったら良いかという話がリンクしますので，多少，後段の方を議論させて頂いていただければと考えております。

前段は地質調査についての報告を受けてその解釈，後段はそれを受けた地盤の安定

処理の仕方の問題とか、それと絡んでどういう再掘削をするのか、おおよその考え方のまとめとか。こういう前段後段のまとめとなるのかと思いますので、よろしくお願ひしたいと思います。

それでは、最初に報告する事として、現在の陥没部のトンネル坑内の状況について、地下水等でございますけども、それについて簡単な報告をさせていただきます。交通局の方から説明をお願いします。

(交通局)

それでは一枚目の報告資料の内容を説明させていただきます。

ここでは、道路陥没部とトンネル坑内と計測の3つの状況を報告させていただきます。

1枚ページをめくって下さい。

2ページ目でございます。2ページ目は陥没後の時系列をまとめさせて頂きました。緑の囲いの部分は前回の委員会で報告させて頂いており、30日の前回委員会以降は、下の水色のハッチングでございまして、6月8日から地質調査に着手しまして、地質調査中でございます。

更に3ページ目をご覧ください。3ページ目はトンネル坑内の状況でございますが、前回の説明と変更はございません。グレーの部分は掘削完了の部分で、白抜き部分は掘削がまだ終わっていないところでございます。平面図の一番左端に陥没が起きた大断面トンネルという旗上げがございまして、ここにつきましては、10mほどの上半の拡幅掘削を残して、現在止まっている状況でございます。

4ページ目をご覧ください。4ページ目は、地下水の状況を説明させていただきます。

現在、立坑の水深は15.2m。それから土砂部の地下水については、大きな変化はございません。そして最後に、前回の委員会の時点から岩盤部の地下水が約2.5mの低下が確認されております。赤い文字で平面図に旗上げしているところに井戸(観測点)がございまして、それを下の地質縦断図にそれぞれポイントを落としております。青い実線の部分が陥没直前の岩盤の水頭などのラインでございまして、青い破線の部分が7月31日の岩盤の水頭などを結んだラインでございまして、土砂の水位につきましては水色のポイントで結んだ線でございます。詳細につきましては次のページで説明いたします。

5ページ目では各土砂層の水頭等の推移を示しております。11月26日の最大70mmの沈下後に立坑の排水ポンプを停止しまして、現在、地下水位は安定している状況でございます。5月10日時点で、一番下の赤いラインに沿って薄い紫色のラインが入っておりますが、これが立坑水位でございまして、5月10日時点から7月末までの間で約2.5m水頭が低下いたしております。要因については推定でございますが、博多駅側の開削工事においてアンダーピンニングの仮受け杭の掘削に伴い、排水を行ったことで、こういう変動がおこってきていると推測しております。土砂層の水位につきましては、上から3本目まで水色とピンクそれから草色、この3本目が土砂層の水位でございまして

て、ほぼ変化はございません。

続きまして6ページ目でございます。計測状況のうちの地表面の沈下の状況でございます。前回の委員会におきましては、青いラインが当初の地表面沈下でございましたが、2017年3月末、要するに立坑の排水を止めて水位を安定させたあとにつきましては、数ミリの隆起が見られたというところまで前回説明させて頂いております。今回は7月末における計測値を緑で表現しておりますが、さらに数ミリの隆起が見られており、隆起傾向にあるのではないかと推測されます。

最後に大断面部の地表面沈下の状態を7ページ目に示しております。大断面部は下の平面図でございます。1側点に3ポイントで地表面を計っておりますが、各グラフを見て頂くと、ほぼ横ばいで大きな変化はございません。時々波打っているのは、降雨による路面の水たまりの影響を受けたもので、ほぼ並行で変化がなく安定している状態でございます。報告資料につきましては以上でございます。

(委員長)

これはあとの地質調査にも関係しますので、細かい点についてはそこで一緒に合わせてご議論いただきたいと思いますが、今の範囲でわからなかった箇所があれば簡単に質問を受けておきたいと思いますが、いかがでしょうか。よろしいですか。それでは、ご確認いただいたものとしたしまして、次の議題に移らせて頂きます。

まず地質調査の結果についての中間報告でございます。では交通局からご説明をお願いします。

(交通局)

討議資料1番について説明いたします。地質調査結果中間報告につきましては、まず地質調査計画について一部変更がございましたので、その分が大きく一つと、二つ目は現在までに得られております調査結果を各種ご説明させていただきたいと思っております。

理事の方から説明がありましたが、8割程度の掘進が終わってございますが、地質調査の試験の結果等、総合的にはまだ大断面トンネル部につきましては半分くらいの結果の報告となっております。さらに標準トンネルから三連トンネル部につきましては2割程度の報告ということで、今回はそれを前提に報告させていただきます。

2ページ目をお開き下さい。前回委員会の討議を受けまして大断面トンネル部につきましては左の黄色い枠囲みの内の、目的の2番目の赤文字のところですが陥没範囲内についての不均質性をもっと詳細に確認すべきであるとのことをご意見をいただきまして、D2層以浅の物性値等の確認をさらに詳細に追加しております。ここが大きな変更のポイントでございます。

続きまして3ページをお願いします。全体の地質調査計画の位置や、内容をまとめて示しておりますが、今まで地下埋設物の試験掘削の結果などによって、平面的な位置を

少し変更したところがございます。また、右下、右端にある S-4 につきましては、位置的に地下埋設物の関係からトンネル断面内に 86mm が入ってくるという関係で、その分につきましては S-4' というものを左斜め下に位置を変更して、ここを掘削して井戸を設置するという変更などを行っております。それから、詳細につきましては以降で説明していきたいと思っております。

4 ページ目をご覧ください。4 ページ目では地質調査の大断面トンネル部について陥没形状を確認したものについて示しております。主に陥没形状の把握を行いました C-1 ~ C-4" までのボーリングについては、右側に、どのような試験をしたかの一覧を載せております。それぞれ○×で示しております。試験を実施した結果が○で表現しております。

左側の平面図を見ていただきたいと思っております。まず陥没形状を把握するために、C-1 と C-3 という、このボーリングを行いました。この幅は概ね 3 m でございますが、ここで地山を確認しようとしたところ、地山を確認できずに、さらにその外側に C-1' と C-3' と範囲を広げて、地山を確認していったという経緯がございます。さらにはこれを受けて、C-2' をやりましたが、これが出ずに、横断方向につきましては、C-2" というところで縦断方向よりもやや広めなところで地山を確認できたということで最後に C-4" を C-2" から見当を付けまして、ここで地山を確認したというような結果となりました。

続きまして、5 ページをお願いいたします。5 ページでは、先ほど冒頭に申し上げました、D2 層以浅の性状把握ということで、もともと C-5 と C-6 というのは当初の計画でございましたけれども、さらに詳細に調べるべきだということで、C-7 から C-11 までの 5 本を今回新たに増やしまして、右の表にまとめたような試験を行いまして、詳細に確認を行っているところでございます。

それでは 6 ページをお開き下さい。6 ページでは、標準トンネルから 3 連トンネルについて、変更点を赤文字で示して、少し詳細に説明しております。例えば、標準トンネルから 3 連トンネルでも流向流速の計測を行うだとか、本坑で低圧ルジオン試験を行うだとか、φ 66 の別坑で構内水平載荷試験を行うというような変更を行っております。これにより、より詳細な調査を行っているところでございます。

それでは続きまして地質調査の結果の方に行きたいと思っております。

8 ページをご覧ください。8 ページでは想定陥没形状ということで、平面図で示させていただいております。先ほどご説明いたしました地山が認められました C-1', C-3', C-2", C-4" を緑の線でイメージで形状を示しております。ご覧のとおり横断方向に縦長のような形状でございます。これが D2 層を確認したラインでございます。さらには D2 層の直上にあります博多粘土層 dHs2 層の確認は、C-2", C-1, C-4" ではできませんでしたが、残りは C-5 でしかできませんでしたので、イメージではありますが、このような形ではなかろうかということで線を描いております。左側と右側では形状が違っており

ます。

続きまして9ページに断面を描いております。これは縦断方向のイメージでございます。当初は、青い破線の形状ではなかろうかと考えておりましたが、今回の追加のボーリングで赤い実線の形が分かってきたというところでございます。下の方にD2層が薄く黄色で網掛しておりますが、この部分の上端面は二つ緑の点がございしますが、その上の点ですね、ここにD2層の上端面が確認できたということです。それからD2層の確認できた範囲は旗上げして示しておりますとおり、6mまでは確認できましたが、それより内側につきましては、確認できてないというふうに表現しております。

一方、水位でございますが、右側に示しておりますが、7月31日の時点で、大断面のすぐ近傍の土砂部の水位につきましては、GL-2.3mというところでございます。この断面上にはございませんが、C-2'で水圧を測定しております、結果で概ねGL-2.98mという数字が得られましたので、恐らく土砂部の位置につきましては、ほぼ間違いないだろうと考えております。

また、立坑の位置につきましては、GL-13.019mということで、ここに表現しておりますが、土砂部と立坑、いわゆる岩盤との水頭と思われる水位につきましては、約10m程の差があるというようなことで表現しております。

続きまして10ページは横断方向でございまして同様に整理しております。D2層の未確認範囲が11.6mであったというふうに表現しております。先ほどのC-2'というのがここで表現されておまして、ここで水圧を測ったところが黒い丸印で示しております。

続きまして11ページでございます。11ページでは緩い砂層等でLW塊、沈下後に緩い砂層に行った薬液注入の塊がどこにあるのかをピンクの点で示しております。それから異物、コンクリート殻やアスファルト、それから鉄などの異物が見受けられたのが茶色の点で示しております。概ね中心部に集まっているようには今のところは見えております。それから流動化処理土の中にもピンクの丸が入っております、薬液注入につきましては流動化処理土の中にも混入している状況が見受けられました。

続きまして12ページでございます。こちらも同様に横断方向で表現しております。やはり中央部分には塊がありまして、流動化処理土の中にも若干、LW塊が入っているところが見てとれると思います。

続いて13ページです。こちらでは、今のコンクリート殻や薬液注入の殻が1m毎にどれくらいの長さの割合で入っているかを%で数値を示しています。概ね30~50%で混入しているようです。一部、96%と高い数値を示していますが、中心部にこのような形で入っていることが分かると思います。

14ページですが、こちらについても、横断方向にこのような分布になっている状況です。

さらに、15ページになりますが、こちらでは針貫入試験を行って、これを一軸圧縮

強さに換算したもので、1 MPa を目安として、それ以下の割合を1 m 毎に整理しています。暖色になるほど、1 MPa 以下の割合が多いということで、比較的小さいというものになります。中央部は、概ね40~50、70~80 というのも見受けられます。このような分布で強度が表されています。

続きまして、16 ページになりますが、同じように横断方向を示しています。異物等の混入で今の一軸圧縮強さとどのような関係になるのかというのを17 ページ以降に示しております。

17 ページでは、左下の凡例を見てもらいたいのですが、コアを右と左に分けて、右は針貫入試験の1 MPa 以下の割合を示し、左は異物の混入割合を示しています。例えば、C-5 (投影) のところを見てもらうと、緩い砂層では、右側が赤で1 MPa 以下の割合は100%です。しかし、異物の混入はないという見方をしていきますが、中央付近では様々なパターンが見られると思います。色々な混ざり方をしていて、色々な強さが表現されているところです。

18 ページ目では、同様に横断方向に表現しています。

続いて、19 ページです。各ボーリングコーナーで行った流向流速の測定結果を示しています。総じて、規則性は確認できていないというふうに表現しています。流向流速については、流動化処理土のすぐ下の緩い砂層で水平方向について、測ったものです。陥没部の中心については、概ね北側を向っていますが、官民境界に近い C-8,C-9,C-10,C-11 は、南側を向いているということで、規則性は見受けられないような状況でした。速度については、1 日、40~90cm のスピードですが、これもかなりばらつきがあるという状況です。

続きまして、20 ページです。D 2 層の3次元的部分ということで、岩被りを推定しています。前回の陥没原因究明の検討委員会までのボーリングに、今回の分を合わせて、3 D 上で計算した結果ですが、概ね下の縦断図や横断図に示すとおりの厚みが確認できています。最小被りについては、1.89m、最大で2.72m という状況でした。また、今後、ボーリング結果は増えてきますので、この結果については、修正していきたいと考えております。

続いて、21 ページです。D 2 層の均一性の整理ということで、変形係数について、これまでの結果を示しています。変形係数は Dc2 層粘土系の分と、Ds2 層砂質系の分と上下段に分けて表を作っております。Dc2 層の変形係数につきましては、8~212MN/m² ということで分布しております。変形係数のグラフですが、既存の数値は赤い数字でございまして、今回の結果につきましては青い丸でその範囲内にあることがみてとれると思います。一部小さい側にはみ出ている分もあります。それから Ds2 につきましても、同様な感じで赤の範囲にありますけれども、一部は大きい方に出ている部分もあります。今からボーリングデータが出てきますので、それで結果が増えていくと思います。c (粘着力) φ (内部摩擦角) は、まだ表現できておりません。

22 ページは今の变形係数を平面上で表現しておりますが、特にこれも規則性は見受けられません。赤い部分が $Dc2$ で、黄色が $Ds2$ の値でございます。

それから 23 ページでございます。23 ページからは透水係数についてまとめております。上段が $Dc2$ でございますが、 $10^{-8} \sim 10^{-4}$ で分布しております。これも既存のデータの範囲内でおさまった結果が今回得られております。それから $Ds2$ につきましては、 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ ということで、若干外にはずれた形、範囲外に示しております。このような状況でございます。

24 ページにつきまして、これを平面上でプロットしましたが、こちらにつきましても陥没範囲内につきましては 10^{-6} がいくつかありますが、まだ今からデータが増えてきますので整理して、また何か見えてくるかもしれません。

次のページで 25 ページでございます。25 ページは D2 層におきまして、工学的評価をまとめたものがございます。特に①、左の D2 層の性状のバラツキにつきましては、コア観察の結果等で、3 つの特徴が今見られている状況です。リモナイト、ここに含まれている鉄分が酸化したものが茶色の部分でございますが、これが低角度で凝集していることや破碎とか強風化の状況があつて、せん断割れ目が発達しているというのが 2 番目。それから指圧で容易に破壊するという強風化砂岩の部分などの 3 つの特徴が見られました。あとはこれまで説明しましたものをこちらに表現しております。また、下の部分につきましては、低圧ルジオン試験を行った分で、検討委員会で行いました陥没部分の外側でやった SW というものの 10^{-5} の分のコアの状態、それから今回の C-5 のコアの状況を写真で一例を示しております。

続きまして 26 ページでございます。ここでは緩い砂層の一軸圧縮強さと透水係数などについて表現しております。一軸圧縮強さにつきましては、1MPa 以下のものが約 80% ということで比較的小さな値が出ているようなものがわかります。透水係数につきましては、概ね水を通しやすいと言われていた 10^{-4} より大きい 10^{-2} までの 70% くらいは通しやすいような値が出ているというふうになっております。下の段につきましては、緩い砂層の層厚を表現しております。

続きまして 27 ページでございます。こちらでは流動化処理土の一軸圧縮強さを表現しております。概ね 1MPa 以上のデータが得られまして、4MPa にだいたい集中しているのがわかると思います。一部緩い砂が混入していて、小さい部分もあるようでした。右側の写真を見ていただきますように白丸の部分が針貫入をした位置でございますが、中段の右側で 0.2 未満というのが、ここが緩い部分でございます。推定すると土砂等が落ちてきて、混ざったようではなかろうかと推測されます。

続きまして、28 ページでございます。

28 ページでは、 $dHs2$ 層いわゆる博多粘土層について、圧縮強さを表現しましたが、細粒分が 20% くらい含まれているようで、ここにつきましても 0.6MPa 以下ということで、比較的緩い感じの数値が得られました。

残存する dHs2 層の厚さにつきましては、想定陥没中心に近いほど厚さは薄いようでございました。

討議資料 1 につきましては、以上でございます。

(委員長)

ありがとうございました。

ただいまの通りでございますけれども、大まかに前段のほうはですね、地盤構造というか、地質構造と言ったほうが良いでしょうか、そういう状況がどうなっているかということについて、コアを見ながら整理をした結果を図にさせていただいた訳でございます。

後段のほうは、そのボーリング結果に基づいて各層の工学的な地表の評価をある程度させていただいて、こういうふうになっているけど、どう理解しますかという話です。

まずは、前段を先に議論いただいたらいいと思いますが、あえて冒頭に申し上げておきますと、これまで我々は道路陥没とか、トンネルの陥没とか、陥没とは全体を指しているわけですね。正確には崩落孔か崩落穴というか陥没とは少し違うわけです。そこら辺の言葉の表現を少し意識して色々と討議いただけると混乱せずに済むのではないかなと思っているのですが、そういうことでよろしいでしょうか。

最初の陥没孔全体の構造についてのボーリング結果を見て、最終的には縦断、横断の絵がございましたけれども、あの姿を我々としては理解をするというのが基本だと思うんですが、それでよろしいかどうかということでございます。まずは、こういうところを中心として、ご質問あるいは皆さん方の解釈といいますか、考え方だとかこういうのがあれば教えて頂きたいと思いますが、いかがでございましょうか。

9 ページ、10 ページは具体的な図、横断図、縦断図、あるいはその次の 12 ページ、13 ページに不純物の混入の状況等が書かかれてあります。このあたりが大きな参考になろうかと思いますが、この辺の解釈どうですか。

(委員)

9 ページの図の中に地下水位の数値を書かれていますよね。先ほど、その一つ前の資料のところで、地下水位の 27S-1 の地下水位は岩盤の水位にあるにも関わらず、地表の水位に近い位置にある。この図に入れるとしたらまずどのあたりに来るのかというのが一つ。

それから、今回の調査の中で 22E-2 という岩盤部の地下水頭を測っている観測井戸が入れられていると思いますが、ボーリングコアを掘られた時に、この位置での地下水位はどの程度あったのか、その 2 点を教えてください。

(交通局)

一点目でございますが、27S-1 というのは、報告書資料の中の 5 ページ目にあります

とおり、概ね交通局でいう 99m の位置でございますので、9 ページに落としますと、一番上の TP100.874m と書いてある-2.3m の約 1 m くらい下の位置に存在するというふうな結果になるかと思えます。

(委員)

深さ方向は分かりますが、縦断方向に対してどの位置になるのか、これ 9 ページ縦断方向の図ですよ。

(交通局)

はい。

(委員)

この立坑が一番端っこまで行ってるのですが、資料をみれば、離れた位置の深さは分かるんです。この 90 という、支保工からどれぐらい離れた位置にその位置が来るのかを知りたい。

(交通局)

27S-1 というのは、大断面トンネル棲から 8 メートルぐらい西側になりますが、8 ページを見ていただきますと、27S-1 というのが緑色で表現しておりますけども、このような位置にあるということになります。

(委員)

これは、8 ページと 9 ページの縮尺は同じですか。

(交通局)

同じです。

(委員)

この寸法分だけ左になるということですね。もう一つの方は。

(交通局)

22E-2 につきましては、今は分かりませんので、後で調べて報告したいと思います。確認ですが、22E-2 でよろしいでしょうか。

(委員)

はい。ちょうど 90 のところの位置です。ちょうど行き止まりの位置に平行な位置ぐ

らいに水位が出てくると思うんですよね。

(交通局)

ボーリング時の水位ということでよろしかったでしょうか。

(委員)

そうです。岩盤部の水位は観測井戸で今から測るんですよね。

(交通局)

岩盤部につきましては、K-1 というところで岩盤水頭を測る計画でございます。

(委員)

まだ測っていないですよね。

(交通局)

まだ今は測っておりません。電源等の準備中でございます。

(委員)

はい、分かりました。

(委員長)

22-E2 は5 ページにありますが、5 ページに土砂部と岩盤部のグレーの穴がありますよね。

(委員)

はい。

(委員長)

このことじゃないですか。

(委員)

そうです。

(委員長)

K-1 を測るまでもなく、陥没前の状態で測った時の結果があります。

(交通局)

22E-2 といいますのが、土砂部の水位と同じような動きをしておりました。岩盤部の分です。

(委員長)

それで K-1 に代えてやると、そういうことですね。

(交通局)

はい、そうです。

(委員)

そのデータは間違っていないかもしれない。というのは、最初そういうふうな話を委員会で聞いたかもしれないですけど。

例えば 27S-1 も、岩盤部と同じような地下水位示している訳ですよ。本当に間違っているのでしょうか。もう 1 度、再考した方がいいと思います。

(委員長)

K-1 でもやるよって言ってるから、その時に再確認したら良いと思います。間違っていないとは思いますが、念を入れておこうというようなことです。確かにこれくらいの値はあり得ると私も思います。

(委員)

私からは二つくらいあるのですが、よろしいでしょうか。

一つ目は 8 ページで、今回ボーリング調査をして、崩落孔の形状を再確認されて、実際よりも少し広がったというのが確認できたということですけれど、8 ページでいきますと、確認したのは、縦断方向と横断方向を確認されているということでいいですね。

私自身、心配するのは、こうやって実線の緑色で楕円を描かれると、例えば斜め方向とかは実際に確認をしているわけではないから、その結果が一人歩きしないように、点線にするとか、そういう工夫があった方がいいかもしれないなというのを思いながら聞いていました。

必ずしも楕円ではないかもしれない。もう少し凸状とかになっている可能性も否定は出来ないのです、そこは少し慎重に絵は描かれた方がいいのではないかとというのが一つです。

(交通局)

はい、わかりました。

(委員)

それからもう一つは、〇〇委員と重なるかもしれませんが、9ページで、立坑水位が、実際の土砂部と比べると、10mくらい低い値になっているということですよね。実際に6m、11mの穴が開いてる訳ですよね、ということは10mの水頭差がついているということになるので、このことは事前説明の時も少しお聞きしたような記憶あるんですけど、10mの水頭差がついていたとすると、浸透力がかなり穴に向かってかかっているというふうに考えるのが、通常の見え方かなと思います。この水頭差が何故ついているのかということや、これを少し考えた方がいいかなと思うんですよ。それは何かここに不透水層の役割を担う層が形成され、一時的に蓋をされているようなことが起こっているのか、もしつながって流れていたら、この水位はもう少し上がってもおかしくないような気もするんですね。そのあたりはどんなふうに解釈すればいいのでしょうか。

(交通局)

それも今後考えていく必要があると思っています。

先ほどの水頭差のご指摘についてよろしいでしょうか。10ページですけれども、水圧測定がちょうどGL-15m付近で行っております。12ページあたりをご覧くださいますと、そこに示している、ピンクの線がLWの塊です。事実関係だけでございますけれども、その測った位置よりも若干下の方までLWの層がいくつか入っているというのがありまして、水頭差をつくっている要因のひとつだろうと思っています。

例えばC-3とかC-3'のコア写真ですが、15mより深い位置で、LWの塊が入っているのが確認できますので、10mの水頭差が全てこれとは分からないですが、要因のひとつだろうと思います。

(委員)

これがどこで計測されたデータなのかということと、10mの水頭差が今後の改良のときにどういうふうに影響を及ぼすと考えたらいいのか、具体的に関わってくると思うので、なぜこういうことが起こっているのかをしっかりと分析した方がいいと思います。

(交通局)

LWの塊が一つの要因なんですけれども、もう一つは陥没部から連絡坑までに距離がありますので、トンネルの中がどうなっているのか状況がつかめていませんが、その両方の要因があると思います。

ご指摘のとおりどういう理由で水頭差がついているのか調べたほうがいいと思います。

(委員)

例えば距離が 20～30mあるとしたら、それがある意味、透水距離ですね。それに対する水頭差が 10mであれば、動水勾配がどれくらい出てくると思います。その透水勾配がわかれば浸透力の概算を見立てることができるため、その浸透力がかかった中でどうしたらよいかという議論につながるのではないかと思います。

(交通局)

もう少し検討はしたいと思います。

(委員)

少しよろしいですか。

(委員長)

その前に、今の〇〇委員の議論は大事なところなので、私だったらこう考えるというのを僭越ながら言わせていただき、そういう考え方でいいかを確認させていただきたいと思います。

(委員)

同じことなので先に言わせてください。9、10 ページのように水位を書き込むと、10 ページの横断図の中の立坑水位が、横断図の中心位置でも水位があるというように見えます。だからこの書き方が良くないと思います。立坑位置でこの水位であって、これずっと横に引っ張っているじゃないですか。そうするとトンネルの位置でもこの岩盤水位があるように見えるから良くないと思うんですよ。それは上の 22E-2 とすべて一緒です。それから縦断図も同じで、誤解を招く表現になっているので、修正された方がいいと思います。

(交通局)

それぞれ平面的な離れがありますから、その様にしたいと思います。

(委員)

先ほどの〇〇委員の1番目の質問に近いのですが、D2層の位置については、最初、C-1、C-3をやって出てこないの、調査範囲を広げてやることで、ある程度、D2層がないという確証が得られていると思います。

しかし、その上の層のdHs2層については、No.5-2やC-1等が投影になっています。特にNo.5-2については、今後どういう工法で再開するかに関わってきますが、ク

ラウン部、トンネルの一番高いところになるので、dHs2層の確認は本当にこの程度でいいのかと思いますが、その点については、どのようにお考えでしょうか。

(交通局)

現時点の考え方としまして、もともとの地質を投影で推測しているところがありますが、今後の施工方法の検討のなかでは、当然、地盤改良等も組み合わせていきますので、改良後の強度がどうなのかといったところが、安全な施工には重要になってきます。

もちろん、もともとの痛められていない残ったところはどうかといったことも把握しつつ、地盤改良等を行った上での盤としてどうかといったところも見ていきながらの検討が必要かと考えています。

(委員長)

要するに、この楕円は穴ではないということです。D2層の表面は確認できているが、境界線としてどうかということ、またD2層が確認できて、博多粘土層の確認もできていることから、その境界がこのあたりにあると思われるということです。

実際の陥没穴はもっと内側になり、小さい。

陥没して、D2層が崩落し、その上の博多粘土層が斜めに滑り落ちて、ぎりぎり残っている範囲が本当の陥没穴の影響範囲と言えらると思います。

そういうものをしっかり認識しながら、どういう範囲で補強をしていったらいいのか、そういう補強で成り立つのかといったことを、安全サイドで物事を考えていきたいというのがこの絵姿です。

確かに、このようなきれいな楕円になるかはまだ分かりません。

絵でもわかるように、変な形をしているかもしれないし、斜めになっているのかもしれない。D2層の存在を確認したコンターを見ると、少し斜めになっています。

そういうことを話し合いながら、折り重ねていって、最低限この範囲に穴が開いている可能性があるとの確認のもとにあり、実際の実物は見ることができないため、努力の結果、そういった解釈に至ったものであることを理解してもらいたいと思います。

要するに、緑色の楕円は穴ではなく、D2層が踏ん張って残っているところ。正確には穴の影響範囲ぐらいの言い方が正しいと思います。端の方には、亀裂が走っているところ等、弱いところがあるかもしれない。必ずしもD2層がきれいな状態で残っているとの保障がないと思います。

そういうことを考慮して、余分な補強策を考えなければならないという警告に受け止めてもらえればということです。それからもう一つですが、水頭差も話に挙がっていましたが、10mぐらいの差があるのであれば、そのとおりにないかという理論もあり、懸念もあると思います。確かに以前いただいた資料の中では、No.27-S1とか、もうひとつ北の方ではTP98.4という岩盤層の水位があります。そして、TP100.874が上の層

の土砂層の水位なんです。

要するに TP98.4 から TP90.5 という立坑の水位、8mぐらい水位が、これぐらい変わるのには当たり前かなと思っています。博多駅寄り側で、アンダーピニングというか、地下車路の下ぐらいに穴があって、そこから水を抜いています。計測値はもっと博多駅側 23E-4 あたりの数字をみると TP90.5 という数字です。この TP90.5 という数字は立坑の TP90.5 と合います。ということは、立坑がずっと続いているわけですね。だから水が少し流れています。距離が 300m ぐらいあるんですよ。さきほどの中間駅寄り側とこちらのアンダーピニング側の距離が 300m ぐらいある。だから 300 分の 8 だと思えば、 10^{-2} ~ 10^{-3} ぐらいのオーダーのゆっくりとした流れでそっちに流れていってる。水頭勾配からすると当たり前の形になっちゃう。その立坑の水位、外側で土留めの水位を測っておられますね。あの間は遮水されています。立坑と周りとの地盤との間は。そうすると、遮水のところのボーリング孔の岩盤層の水位は TP92.8 です。立坑の中の水位と外側の水位は 2.3m 違うんですね、こちらの周辺の地盤の岩盤の水位です。それより 2m くらい立坑の水も足りてる、ちょうど距離的に合います。アンダーに向けての距離と。層構造になったり、そうでない、それで上の土砂層がこれも流れているかもしれない可能性はあります。これは前の時に確か〇〇委員のご質問だったと思うんですが、雨量をちゃんと書いておけば、それを見れば、雨が降ってもあんまり変わらないですね。一定ということはやっぱり地表面は、排水、両サイド、雨水の排水溝があり、これでかなり処理されているわけですね、上は舗装されていて。ということだから、多少上層部であがってはいますけども、全体的な排水の効果もあって、そんなにあがるとかあがらんということはないなというのが、上の土砂層の水のところ。

緩い砂というのは、上に被っている流動化処理土層の下の事で、〇〇委員がよくご存知ですけど、上から土砂が落ち込んでいってそこに溜まった訳ですね。そこを注入しているから、その状態が、岩とは言わんけども、何となく目は詰まっている訳ですから、緩い岩層状態になっている訳です。

ということは、亀裂の間の走っている水を測っている訳です。

よって、測ってみると、あっち向いたりこっち向いたりしており、こんな絵が出る訳です。

そういう層の水位を測ったという意味で。そこは良いですかね。

これの流向流速を見ると 10^{-3} で、やや目詰まりした砂質粘土層的な状態になっている。

これで水の流れを止めている。

上の岩層の所も、流動化処理土層の所も止まっている訳です。

〇〇委員の方から簡単に説明を頂けるとありがたいのですが。

(委員)

流動化処理土層は、結構強度はバラついているみたいですけど、先ほどの説明だと、

かなり固い層なので透水係数は、かなり低いのではと思いますので、ちょっとしたキャップが、緩い砂層の上にあると。

それが上からの水を下に押し下げるとを若干邪魔しているところはあると思います。両サイドのセメントは比重が重たいので、真ん中に固まって、委員長がおっしゃるとおり、真ん中には、先ほどボーリングコアがありましたけど、かなり固い層になっているのではないかと思います。1万 KN/m² 出ていたので、両サイドは流れていきますから少し層になっている可能性はあると思いますし、ボーリングの結果を見ても1万だったり6千だったり色々ありますので、かなりバラつきはあるのかなと思います。

ただし、他の緩い層とか上の所に比べると遥かに透水係数は低いと思います。

(委員)

委員長のおっしゃるのは分かるんですよ。

だけどそれは博多駅から見た場合で、逆から見るとかなりの動水勾配に私には見えるんですね。

(委員長)

それは距離的に丁度合うんですよ。

だから先ほど絵が良くないって指摘になったんですね。

それで誤解を招いています。

博多駅側の近い方のボーリング孔の距離と、立坑の距離と中間駅側のボーリング孔との距離とちょうど同じぐらいですよ。だからこういう値になっている。当然、穴で通っている訳ですから、影響なしではなくて、むしろこれくらいあって当たり前ではないかなと思います。

でも、そこは誤解がないようにしないと、間違える可能性があると思います。

(委員)

質問ですがよろしいですか。

21 ページに D 2 層の均一性の整理がされていて、D 2 層の中に Dc2 層と Ds2 層が二つあると。

そのボーリングの状況は 25 ページに書いてあって、Dc 2 層は、強風化している二つの砂のようなものと粘土のようなものがありますよと書いてあるんですけども、103 基の上側というか 20 ページに絵が書いてあるんですけども、これは 103 基上部ってというのは、どっちが卓越しているのか、それとも D 2 層の中に 2 種類、上面と下面があって、かなり複雑なのかもしれませんが、何となくイメージがわくような説明をして頂けないかなと。どんな感じですかね。

ボーリングコアの状態では、そこにある 25 ページに S2 では Dc2 が卓越しているん

ですかね。C-2'層とかC-2"が崩落した上部ではS2が卓越していると考えていいんですかね。そこを教えていただきたい。

(大成JV)

今のところ、傾向としては、つかめていない状態で近接のボーリング孔とかで、そういった地層と層状に繋がっていないか検討している段階です。その結果、平面で見るとランダムな形で分布しているという状況です。

(委員)

D2層がずっとあるけども、それこそランダムにあるということですかね。

(大成JV)

はい。D2の中のDc2とDs2につきましては、ランダムに分布しています。

(委員)

上と下になっているわけではなくて、その様な所もあればということですかね。なるほどです。ありがとうございます。

(委員長)

つづきまして、今後の手法について質問があれば、

(委員)

〇〇委員の話にも関係しますけれども、基本的にD2層というのは従前は止水性の高い層ということで私たちは判断して考えていたんですよ。

たとえば、23ページの結果を見ますと、D2層が、きちんと調べると粘性土が卓越した層と砂層が卓越した層に、ボーリングを見ると分けられますねと一つの結果を出されていると考えてよろしいんですよ。

そして、その時の透水係数を見てみますと、陥没事故前と陥没事故後というので、かなり2オーダーとか3オーダーとか違う結果で出てきているので、国の委員会で指摘された不均一性というのが、やはりあるということが確認されたと言う理解でいいんですかね。

数的にいうと、たとえば 10^{-5} とかになると止水性が高いとは言いづらいから、今後考えるときには、この層が止水性を持つという認識を持って議論するのはリスクがあるというふうに私は見たんですが。

そのあたりどの様なお考えですか。

(交通局)

ばらつきも確かに大きく、それぞれの箇所では透水係数がオーダーレベルで違うところ、今後もデータを増やして統計的に見ていく中では、そこを過信せずに取り扱うような方向で検討して行きたいというふうに思っております。

(委員)

薬液注入をやられたときに、目的はどうだったのでしょうか。例えば 11 ページのピンクのところの寸法を見てもどういうことをやったからこうなったのかわからないです。

どういう目的でやったのでしょうか。

(交通局)

緩い砂層というものが流動化処理土の下にあるのではないかというご指摘をいただきまして、そうした中で、11月26日に70mmの沈下を起こしました。

これを受けて、緩い砂層の中には、まだ間隙等があるのではないかということで、セメント系の薬液をそうした間隙に充填すると言う意味合いで、沈下を抑制するための薬液注入を行ったものであります。

(委員)

薬液注入の結果というものはこういうものかと思うんですけど、点々としていますね。もう少し面的なとか、しっかりした対策というふうには、このピンクの色を見て思えないですけどいかがでしょうか。

(交通局)

当時は盤として、細かい隙間に浸透していくような溶液型の薬液注入は検討しておりません。隙間を要因とする、沈下の抑制のために、隙間を充填することを目的としてございまして、このような点々として隙間に入っていったような結果として見えているところでございます。

(委員)

全然含まれていないC-5などは対象ではなかったという意味でしょうか。

(交通局)

当時の薬注の範囲は面的に陥没部をほぼ網羅するようなエリアで注入を行いました。やはり入りづらいところもあったようで、コアの中では、認められない部分もあったことは否めません。土の中で入りやすいところに入っていったという結果がそうなん

たのかなと思っています。

(委員)

特に C-5 が入ってなくて、C-6 に見られるということは、この外側でも対策を行おうとしていたんですね。

(交通局)

そうです。C-5 の周辺も含めて面的に打ってまいりましたが、やはり入りづらいところがあったのだと思います。

(委員)

C-1 や C-3 は下の方まで緩い砂層が入った状態であるという理解でよいでしょうか。

(委員長)

どうですか、ボーリングの途中で止めたわけですけども。

(交通局)

今回 6 月 8 日から始めたボーリングにつきましては、D2 層を貫通させないというのを前提にしております、概ね深さは 17m から 18m を狙いまして、その位置で D2 層が出るのか出ないのかというような調査の仕方をしました。

それで、C-1 と C-3 につきましては計画の 17m 程度で止めまして、ここで D2 層が出ないということであれば、おそらく下の方に D2 層があるのかないかは不明ではありますが、この位置ではないという事実だけを確認したというような調査結果として扱っております。

(委員長)

要するに落とすのが怖いですから、孔を下まであけるのに勇気がいるわけですよ。もちろん下げられたら一番いいんですね。トンネルの中がどうなったか、本当は一番知りたいですね。しかし、途中で孔を下まであけるのは、またそこから水が入ったりすると、上の支持層が壊れるという話も可能性としてあるので途中で止まったということでしょうか。

だから今後の展開の中では、ここをもっと固めて、安心できるような状態になって、少し下げる方法もあるんじゃないかというふうに思っておられるようですけど。貴重なご意見として心に留めといていただきたいと思います。

(委員)

19 ページの流向流速なんですけど、計測された位置のボアホールのカメラの画像と
いうのはあるんですか。

(交通局)

ないです。

(委員)

位置は何 m の深さというのは分かっているんですよね。そことコアを比べたりは、
できますよね。

(交通局)

できます。まだまとめてはいませんが、整理はできます。

(委員長)

そうしたら、あっち向いたりこっち向いたりしているのが分かるということですね。

(委員)

先ほど、委員長が言われたように、亀裂の影響で本当にそういうふうになっているの
ならば、という話を確認したかったのです。

(委員)

19 ページで一つお願いというか、これは水平方向の移動ですよね、〇〇委員が言わ
れたように、深さ方向の移動が分かればその差分として地下水の流れが 3 次元的に理解
できるのですが。

(委員)

分からないそうです。

(委員)

今回の場合、個人的には、水平方向の流速だけではなくて、下方向の流速が重要だと
思うので、そういった情報があるといいのではないかと思っています。

(委員長)

亀裂の状態とかいろいろ調べて、そういう解釈ができれば、出来る範囲でやってもら
うしかないかと思しますので、ご意見として承っておきたいと思います。

(委員)

26 ページなんですけど、緩い砂層というのは、ある程度の透水性を持った砂層という理解でいいんですかね。

それと、周りの地山の土砂部になるんですかね、砂質土とか砂礫と透水としては連続してるというような理解でよろしいのでしょうか。

(委員長)

連続してないと思いますけどね。

(交通局)

連続性は別として、そういうふうに透水しやすい層であるというふうには考えております。

(委員長)

陥没した時に上の土砂層が底に溜まったわけです。そこに注入して、要は座布団みたいなにして、上の流動化処理土を受けているわけです。

(委員)

おそらく遮水性を求めた注入じゃないと思いますので、間詰めをステップアップしながらやった注入だと思いますので。

(委員)

流動化処理土で埋め戻して開放した時の条件として、多分、流動化処理土を支えている地盤もかなり緩い、どうしても地山が崩れたところなので、補強する意味でも薬液注入をすることが開放の条件でした。

(委員長)

それを後段の方でぜひ議論していただければと思います。

(委員)

前回、事前調査の時に少し話をしたんですけど、なかなかやるのは難しいのかもしれないんですけど、水の流れがどうしてもやはり気になっておられる委員もおられるので、立坑の水位を若干、人工的に、壊れない範囲で移動させることによって、周りの水位がどう変動するかを見てあげると、繋がっているのか繋がっていないのかとか、どれくらい反応性があるのかとか、上下の流れとかも水位をしっかりと見ていれば、同時に計れば何となく見えてくる。立坑があるがゆえにできることなので、そういうふうなトライを、

実験的なことなんですけど何か薬液注入をする、地盤を固めていく段階においてしっかりやっておいた方が、後でボーリングとかですね。10m って結構な水位差なので、その水によって何かいたずらされないようにした方がいいかなというふうに思います。

(委員長)

今までの議論をしっかり書き留めていただいて、後段の議論においても大いに議論したいと思います。

ここで前段の方を終えて、これからが我々にとって正念場だということで、その前に休憩を少し入れさせていただきたいと思います。

(事務局)

それでは壁際にあります時計で35分まで休憩をさせていただきたいと思いますので、よろしくお願いいたします。

～休憩を挟み委員会再開～

(事務局)

定刻になりましたので、再開したいと思います。

(委員長)

再開の前の話になりますが、一つ抜けているところがありまして、地質の関係のところ、C区間、三連トンネルのところですが、ここの地質の解釈が今後大事になってきます。要するに炭質頁岩といいましょうか、その層の存在をどう解釈していくかということなんです。

これは前回も質問があったところであって、一応天井部、真ん中の部分、天井に近いところに炭質頁岩層があって、それが横方向に展開しているのかどうかというところのご指摘ですが、ボーリングの結果、横方向にも確認されておりますので、単に一部に炭質頁岩があると思わないで、しっかりした対策を考えるべきではないかというふうに思いますので、そこの確認だけしておいていただきたいと思います。

確かに1m厚ぐらいのものが出ているということですね。ボーリングについては、横断方向で行ったもので確認をされていますので、そのことだけ申し上げて、ここもしっかり頭の隅において後段に移っていただきたいというふうに思います。

それでは後段に入りたいと思います。後段は最初に今後の進め方についてお話しをしたいと思います。まず交通局から説明をお願いします。

(交通局)

討議資料の 2 と書いております資料でご説明いたします。まず表紙に目次を示しております。説明内容としまして 3 つの項目がございます。一つ目がトンネル再掘削までのフロー、二つ目が地盤改良の検討フロー、三つ目が再掘削工法についてでございます。

トンネル再掘削までのフローについて説明いたします。このフローは 5 月 12 日の同委員会でお示したフローでございます。

現在は地質調査を進めているところでありますが、青線で囲った範囲の地盤改良、地下水位低下工法の検討についても既に開始しております。

2 ページをご覧ください。このページでは地盤改良方法の選定に向け、どのような検討手順が望ましいか比較を行っております。

左側には、水抜きと再掘削の地盤改良を分けて行う A 案を記載しております。

右側には、水抜きと再掘削の地盤改良を合わせて行う B 案を記載しております。

A 案は、早期にトンネル坑内の健全性確認が行える点がメリットですが、デメリットとして、先に実施した地盤改良では再掘削時の改良体として強度が不足する場合、再度同じ箇所に地盤改良を行う必要が生じますが、この場合、先に実施した改良体が障害となり、必要な改良効果が得られない可能性があります。

B 案は、トンネル坑内の健全性を確認できる時期が A 案よりも遅いことがデメリットとなりますが、メリットとして、トンネル坑内が地下水等で満たされている比較的安定した状態で全ての地盤改良を行うため、より安全な施工となります。

また、A 案に比べ、改良効果の確実性も高くなると考えております。

以上の理由から、地盤改良時や再掘削の安全面に着目すると、B 案が優れていると考えております。

3 ページをご覧ください。

このページには、地盤改良工法や補助工法の選定に向けた検討フローを示しています。左端には、前ページの A 案、B 案で地盤改良等の検討時期と施工時期の関係を示しています。

フローの上半分は水抜き・土砂撤去時の検討内容、下半分は掘削時の検討内容を示しております。

また、左右で施工エリアを区分しております。

左上の大断面トンネル部の水抜き・土砂撤去時の検討内容としましては、大断面トンネル部には陥没によってトンネル上部に穴が生じたことから、水抜き・土砂撤去前の地盤改良が必須となりますが、右側の標準から 3 連トンネル部では、地山、支保工の安定性の検討や沈下量が許容値以内であるのかについて検討を行う黄色ひし形の判断フローが追加となっております。

下の青点線枠内には掘削時の検討として、まずは再掘削工法の検討・選定があり、FEM 解析等による検討で地山やトンネルの安定性・沈下量が許容値以内であるのかについて検討を行います。

アウトつまりはNOとなる場合は、記載のとおり、地盤改良を含めた追加対策工の見直しを行い改めて検討することとなります。

これらの計算を経て、条件を満たす地盤改良工法及び補助工法の中から選定していくこととなります。

4ページをご覧ください。2ページ及び3ページでのご説明から、再掘削方法についても、現段階から検討を始める必要があると考えております。

今回の討議では4ページのお示ししておりますとおり、開削工法と非開削工法について、留意点や市民生活への影響の違い等について比較を行っております。

留意点につきましては、「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報告書」に記載の工事再開に関する主な留意点を参考に整理しております。

開削工法は土留を設置し、地表面から直接掘り下げて構造物をつくり、埋戻す工法です。

留意点の欄に記載しております1つ目の項目として、

当該箇所には地下埋設物が数多く設置されておりますので、これらの位置関係を考慮しつつ、移設が可能なものについては、必要に応じて移設を行い、土留を設置していくこととなります。しかしながら、移設が困難な埋設物については、土留を設置することができないため、土留が歯抜けの、いわゆる欠損となることから、欠損箇所を含めた土留めの安全性検討が必要となります。

2つ目として、大断面トンネルの掘削時にサイドパイルと呼んでおりますトンネル横方向に設置した鋼管やトンネル支保工を撤去し、掘り下げることとなりますが、これらを撤去する際の安全性について検討する必要があること。また、下水管等を掘削した構内で吊ったり、受けたりして支える必要がありますが、地下埋設物自体が有している強度の範囲内での対応が可能なのか等、安定性について検討する必要があります。

3つ目として、開削工事に伴い、周辺建物に影響を与える恐れがあることから、土留支保工に発生する変位を抑えられるよう、剛性を高める等の事前の対策や地表面の変位計測等、安全面を考慮した対策を講じる必要があります。

留意点の下の参考欄には、安全面に直接影響しない項目についてメリット、デメリットとして記載をしております。

右側に示しております非開削工法につきましては、横穴式に地中を掘り進み、トンネルを造る工法です。

留意点の欄に記載しております1つ目の項目として、

地下水の影響や周辺地山、残置支保工の状況の把握、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ります。

2つ目として、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ります。

4ページ目の資料につきましては、やや簡潔なものとなっておりますので、現場状況、

記載の留意点に対するリスクやその対応策等について、補足説明をさせていただきます。

まず、当該現場の地下埋設物の状況ですが、下水道、水道、ガス、電気、通信の地下埋設物が輻輳して埋設されております。

このため、この箇所を開削工法で施工する場合、移設が必要な埋設物については、移設に期間を要することが見込まれます。

また、下水道の比恵10号幹線については、埋設位置が地表面から約11mと深いことや管の外径が約3.2mあり大口径であること、さらには道路用地内に移設先が確保できないことから、移設は困難と考えております。

比恵10号幹線とトンネルの位置関係は4ページの断面図に記載の通りとなっております。

続きまして、考えられるリスクについてご説明します。

まず、最初に大規模な土留欠損部の地盤改良で未改良部ができるというリスクがあると考えております。これについては、D2層は強度や透水性にバラツキがあることがわかっていますが、中間駅付近での施工で地盤改良に未改良部が発生した事例もあることを踏まえ、現実的な改良が困難であると考えており、リスクが大きい項目になると考えています。

2つ目として、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、破損するリスクがあると考えております。これについては、掘削済のトンネル上部で土留を止める形となりますが、このような施工については実績が少なく、岩盤の強度にバラツキが確認されていることから、より慎重な検討が必要と考えています。

3つ目として、用地境界付近まで設置しているサイドパイルを土留壁施工に伴い切断することとなりますが、切断に伴い、周辺地山を乱し、周辺建物に影響を与えるリスクがあることから、これについても、より慎重な検討が必要と考えております。

4つ目として、掘削範囲内に出現する大きな重量の雨水幹線（比恵10号幹線）が露出し破損するリスクがあると考えております。

5つ目として、高い土圧・水圧により土留壁が変位し、周辺建物や地下埋設物に、施工済のトンネルに影響を与えるリスクがあると考えております。

6つ目として、土留壁を設置するために使用する大型重機が、同荷重により不安定な状態となるリスクがあると考えております。

続いて、非開削工法のうち、人工岩盤掘削のリスクとその対策についてご説明します。

1つ目として、周辺地山が変位し、周辺建物や地下埋設物に影響を与えるリスクがあると考えております。

2つ目として、高い地下水位に対する止水対策が不十分でトンネル坑内に地下水が流入するリスクがあると考えております。

3つ目として、雨水幹線や異物等の影響により未改良部ができることで、トンネル上部の地盤が緩み、トンネル掘削時にトンネルが変形するリスクがあると考えております。

この未改良部発生に伴うリスクについて、先ほどご説明した開削工法ではリスクが大きい項目として考えておりますが、非開削工法ではリスクが小さい項目と考えております。その理由としまして、

土留欠損部については、一枚の壁として成立させる必要があります、壁の外側にもう一つ壁を造ることで更に安全性を高める考え方等を採用しなければリスクの低減が困難であると考えていること、

一方、非開削工法における未改良部発生に伴うリスクについては、遮水性確保の観点からは、陥没部を囲む形状の遮水壁を形成することで、2重の安全策を講じることが可能であることなどから、リスクの低下を図ることが可能であるため、発生するリスクの評価について差が生じているものでございます。

非開削工法のうち、特殊シールドのリスクとその対策についてご説明します。

先ほど人工岩盤掘削でご説明しましたリスクの1つ目から3つ目までは、特殊シールドについても同じようにリスクがあると考えています。

それ以外のリスクとしまして、シールドマシンで掘削する範囲に設置済のトンネル支保工が干渉するため、シールド掘削前にトンネル支保工を撤去する手順が必要となりますが、この際、トンネルが変形するリスクがあると考えております。これについては、トンネル坑内を確実に充填することである程度、影響を抑えることが可能であると認識しておりますが、それでも一定のリスクが残ると考えております。

それぞれの工法で考えられるリスクとその対応策の説明については以上となりますが、最後に開削工法につきましては、配布資料4ページの平面図の下に注記として「土留壁構築時の占用形態は成立しない可能性がある」と記載している理由としまして、補足説明をさせていただきます。

開削工法で土留壁を設置する場合、一定の広さの作業ヤードが必要となります。杭打機サイズや土留を吊りこむクレーンの転回等を考慮した場合、作業ヤードの幅は11メートル程度必要となります。交差点に近い側での作業となる場合、車線を北側もしくは南側に振る必要がありますが、交差点の反対側には移設が困難な地下車路があるため、交差点内で10m程度の車線変更が必要となり、安全性を確保した交通処理が困難であると考えております。

ご説明は以上となります。

(委員長)

それでは今の話を議論いただきたいところですが、最初に手順として、こういう検討フローでやりたいというのを、要するに2ページです。

冒頭でも申し上げましたように、水抜き、土砂撤去の前準備と、それから掘削と切り離してやろうとしても無理なところがあるかなというのと、それから双方に関連して掘削をどうするかということとの連携した話にならざるを得ないという話です。

ここに対して何かご質問をお聞きしておきますがいかがでしょうか。

(委員)

すいません。再掘削の方法を考えると水抜きと地盤改良のところですが、地下水低下というのは、変わると思うんですね。先に地盤改良と水位低下工法が先にあって、後から再掘削を考える、その前段階にどちらかというところから再掘削方法を考えた後で、という話の方がストーリーが通るような気がするんですが。

(委員長)

それはこれからそうしようと思っているところで、先ほどの最後の4ページのところの話をして市としてこちらにいらっしゃる方に今日は聞きたいというのが趣旨でございますので。

(委員)

当初A案ということで前のご提案があったということですが、このときは陥没してない三連トンネルの方を早く水を抜きたいということだったと思いますが、水を抜くことが遅れることによって、特に問題はないということでしょうか。

(交通局)

2ページのメリット、デメリットにも書かせていただいておりますが、やはり、早く確認できることが望ましい一方で、安全性という観点からは、水を抜いてしまってから再度改良を更に加える場合、先に行った改良体が悪さをしてしまうということが考えられます。このため、再掘削工法までを一旦見通した上で、必要な改良を一括で行っていくスタンスで検討が必要と考えております。

(委員)

分かりました。ずっと水没させておくと、何かどんどん弱っていくようなものがあるというわけではないと。

(委員長)

それは炭質頁岩という所の圧密問題があって、水位が増したために、圧密していたのに今膨れ上がっているんですね。それが地表面の変位に表れてきていますので、早く水は抜きたいとなります。

そういうことなんだけれども、抜くとすればもう同時抜きかなというところもあって、それから調査期間がかかりますので、調査の前にこういった議論を先に行って、検討いただいで、スマートに、スピーディーではなくて、再開に向けて進めて行くという手順

にしたらどうだろうかと思います。

(交通局)

少し補足させていただきますと、当初、前段で水抜きと改良から入って行って、次に工法とそのときの改良としておりましたが、水抜きの時の改良は、それほど時間がかからないというイメージを当初持っておりました。

ただ、今、委員の方々から色々ご議論いただく中では、水を抜くためだけでもかなりの改良が必要だということが徐々に見えてきておまして、結論はどちらになるか今後の話ですけれども、工法の方も、別途それなりに継ぎ足しの改良は要るんですけれども、それほど差が無いといえますか、全体を包括した改良と、水抜き・土砂撤去との差があまりなくなっているんじゃないか、僅かな差であれば、最終形まで見通した中できちっと改良をやって、そして水抜き・土砂撤去をやった方が良いのではないかと。

だからその辺で少し考え方を、一緒にやった方が合理的でもあるし、改良効果の方の技術的な話もあるようなので、それぐらいの差であれば、トンネルの健全度を確認する行為に走る差はそれほどないというふうに思っております。

(委員長)

ご意見あれば、どうぞ、言っていただいて。

(委員)

みなさんの共通認識は、おそらく、開削工法での再開はないのではないかとということではないかと思えます。確かに、比恵 10 号幹線の話もありますし、既に標準トンネルもここまでできている訳ですよ。ロックボルトだって打込んである訳ですよ。ちょうど、大断面部との境のところに。

そういうことも踏まえると、白紙の状態で考えろと言われれば、開削工法については、アウトではないのではないかと思っているところではありますが、工事が既に進んでいると現場状況を考慮すると開削工法は難しいのではないかなと思えます。

多分、みなさん、その前提で議論されているのではないかなというふうに思えます。その意味で、事前にお伺いした時に申し上げたのは、開削工法はリスクが、非開削工法に比べて大きいということをもっと、しっかりと詰めてくださいという話をしたつもりですし、本日はそれなりに反映していただいたのですが、しっかりと説明をして頂いた方がいいかなとは思っています。

(委員)

開削に関しましては、〇〇委員と同じ意見でして、埋設物処理はできると思えます。過去に 4 m 以上の下水を欠損で取り込んだこともありますし、路下杭を打つ、あるいは

地盤改良でこういう対応は可能だと思いますが、今のトンネルのロックボルトですかね、その存在がある中での土留め施工が、これは不可能って言えるんじゃないかと思うんです。

いろんなリスクを挙げられるというよりも、これは決定的に、あれがあったら、土留め施工ができないということでもいいんじゃないかなと思います。ロックボルトの上で土留めを止めて、また工夫されるのであれば、別ですが、そういうことはできないでしょうから。あと、欠損の問題というのは、いろいろな工夫をすることによって対応可能だと思いますので、一番、致命的なことで、開削工法については整理される方がいいのではないかなと思います。

(委員)

私も開削工法がベターではないかと考えていたのですが、いろんな状況を考えて、何が一番いいかというのは、別の判断も入ってきますから、総合的に判断して非開削工法でということはあると思います。

一方、最大限、水を抜くっていうことを、非常に重視すべきだと思っていて、今回、陥没したところとそれ以外を、何か遮断する方法を補助的に考えなきゃいけないと思うんですが、その上で、早く水を抜いていくように考えるべきかなと思います。

アンダーピニング部の施工が進んでいきますので、陥没部の水をしっかり止めないと、そちらの方に影響及ぶと三連トンネルの部分だけでなく、アンダーピニング部にも影響が及ぶと思いますので、陥没したところだけでなく、全体に水をどう止めるかが重要だと思います。

三連部の地山の考え方なんかも十分踏まえたうえで、補助的な工法を採用して非開削でやるというのは十分ありえるかなと思いました。

(委員)

私も事前のご説明があった時に、開削ができるのであれば開削がいいのではないかという話をさせていただいたんですが、その時に難しいというお話がありまして、そのあたりの難しい理由をきちんと整理することが必要なかと思いました。その理由等のお話は今日していただきました。

もう一つ、工期的に難しいというようなことも難しい理由として言えるのかと思います。

(交通局)

事業者としては早く事業を進めたい現状はあるにはありますが、今回の議論に関しては安全と工期、お金は天秤にかけませんと議会でも答弁しておりますし、今回のナトム の復旧に関しては、そこは議論に入れずに、技術論の中でどれを安全にやるかという

ころにもっていきたいと思います。

(委員長)

実際に現場経験のある方々にこういう話をしたうえで、ご意見を聞いたら、この博多工区に関連して言えば、開削というのはかなり難しいというご認識をいただいた。

何か追加してご意見ございますか。

(委員)

開削はないだろうとずっと思っていましたけど、今日の説明を聞いても頭に入ってこないんですよ。〇〇委員や〇〇委員がおっしゃっていましたけど、リスクにも決定的なリスクもあるし、副次的なリスクもあるわけで、その辺をもう少し整理して説明しないと社会に対してそうですかというところにいかないんじゃないかという気がして、今日聞いていて思いました。

たとえばリスクにもいろいろなリスクがあると思います。技術的なリスクとか、社会的なリスクとか、素因から見たリスクとか、うまく整理をされて国の機関では副次的・主たるとかというふうに分けられたと思うんですが、説明するんであれば工夫が必要ではないかなと思ったところです。

(委員長)

はい。十分心して、説明できるように仕分けはちゃんとやるということですよ。他にないですか。

(委員)

二つの工法で一番は安全面だと思いますので、非開削のほうで考えたのはいろいろ議論があった地下水の話がクリアにならないと本当にできないんじゃないかなということですよ。

完全に止水できるかというところがポイントだろうと思います。そこを保証できるということやっていくことが大事だと思います。

開削のほうはかなりリスクも高いということですけど、こちらの非開削のほうでもそういうことが無理であれば、開削でどうするかということの本気で考えていくということではないかなと思います。

(委員長)

〇〇委員の意見が筋が通っているように思えます。

要するに、色んな人の意見を聞きますと、開削の難しさという点をご指摘いただいて、その中の重要項目として、比恵 10 号幹線のような埋設管の存在や、下のトンネルの間

題等を挙げていただいて、その辺の意見の整理をしてやるというのが、〇〇委員の話だろうと思います。そういうことも踏まえて、今の委員の方のご意見をまとめれば、私の認識ですが、開削のほうは少し横に置いて、非開削のほうでしっかりと計画立案をしてみ、安全性、技術的な困難さというのを克服できるかどうかをやってみて、どうしても不可能ということになれば、話が元に戻るということになりそうだ、という認識で今後の作業を進めるという意見です。

これを事業者がどう受け止めるかということですが、そういう認識でよろしければ、後段の方の結論のひとつはそうなります。

それからいくつか意見が出ましたが、地質状態も詳しく見ていただいて、少し突っ込んだ意見もその中で頂いて、地盤改良の工法も少し議論したいと思っています。

非開削でいくとすれば、安全に水位を止めながら、或いはトンネルをつぶさないようにしながら、やっていけるのかというのが最大の眼目であろうと思うのですが、どうやったらいいいのか、という大きな方向で議論を頂きたいと思います。ここでは地盤改良の検討フローしか出てないのですが、フロー自体には我々にはあまり意味はないので、先ほどのような意味で考えたときに、どういう補強、範囲、注意すべき点などの議論を今から30分ほど使わせて頂いて、皆さんのご意見を頂きたいと思います。その時に、穴がどう開いているのか、どういうところにD2層が出てきて、その影響がどのくらい出ているのか、今の状態を見たときに緩い砂と書いてあるところが丈夫であるか、流動化処理土はこれで大丈夫なのか、その周辺はさらに問題がないかとか、そのあたりについて、ご意見をいただければと思います。

〇〇委員は上の流動化処理土や下の緩い砂のあたりをどう見てあるのか。今回の対策を考えるにあたって、処理の仕方がどうあるべきか、今までやってこられたので、多少のことは言えるのではないかと思いますがいかがでしょうか。

(委員)

質問したいのですが、トンネルの設計段階では薬液注入ありきで話が進んでいた、D2層に薬液注入は難しい。D2層を壊すことになるから、D2層を守りながら施工するという方針で進んでいた。

今回の地盤調査をしてD2層の穴が開いたところ以外の部分をうまく使いたいというのはあると思う。

D2層を今後どのようにして利用していくのか、どういう手順で、どこの層から薬液注入或いは地盤改良をしていくつもりなのか地盤改良の方針を聞かせてほしい。

(委員長)

現段階で答えられる範囲で回答をお願いします。

(交通局)

陥没した箇所でのD2層の取扱いは、遮水性は期待しないと考えています。緩い砂層その他周辺で止水することがより安全であると考えております。

他のD2層は地質調査の結果を見ながら有効に機能するものは活用するように検討することが必要と考えています。

(委員長)

D2層は凸凹があって信頼性を増すために悪いところを探って注入することが出来るのか、できなければ全体的に対策を施すことになるのだが、それでも不安なら下から支えるしかないと思います。

D2層の取扱いと下のトンネルの抱えている問題はセットです。その前段階として検討することは、D2層の上部で水を止めるしかないということであると思います。

現状は、薬液注入の入り方は不純物の出方から鑑みると完全ではないと思います。このため、再注入というのは一つの考え方であると考えています。少なくともトンネルを施工するところの全てを改良する必要はあると思います。

しかし、建物の杭基礎への影響があったらいけないので上の方は絞らざるをえない。下にラップ型に開くのは斜めに注入すれば多少できるかなという状況ですが、どうなのですか。

(交通局)

委員長、地盤改良の資料を用意しているので、説明をさせてもらえたらと思いますがよろしいですか。

(委員長)

そうですね。そしたら参考に簡単な説明をしてもらえればと思いますが。討議資料3ですね。ではお願いします。

(大成JV)

それでは討議資料3について説明させていただきます。

まず2ページですが、これは先ほど交通局が説明されたフローと同じものでございます。大きく分けまして大断面トンネル部、つまり道路陥没して、トンネル部に穴があいたのが存在する範囲、それと標準、3連トンネル部の二つ地域に分けて、検討していこうと考えています。縦方向には、先ほどから討議いただいています水抜きの影響に対する検討、並びにその後の掘削に対する検討の各々の検討フローに分けて行っています。現在の状況ですが、道路陥没部の概略的に検討の試算を始めているところでございまして、その部分が赤の枠で囲ったところでございます。

次ページの3ページですけれども、これはいまから討議いただく、地盤改良の種類、一般的なものについて記載しています。左から薬液注入工法、高圧噴射攪拌工法、凍結工法とそれぞれについて、工法概要とメリット、デメリット等々を記載しています。

4ページ以降は、それぞれの地盤改良を行うにあたって、地盤をどのように安定させるかということとどのように検証するかという検討方法について、簡単な計算からFEM含めて9項目を考えています。これについて、ご説明します。

(大成JV)

それでは、最初にありましたフローの赤枠で囲った概略検討に該当しますけれども、そこに関して9項目を3つに分けていまして、4ページに排水時に地盤改良工法を考える上で、地盤改良体自身の安定性の検討を4項目載せております。まずは陥没した上部の改良体が、押抜きせん断しないかどうかの検討を行います。続きまして、曲げ・引っ張りが改良体の下端に作用しないかどうかの検討、あとは、浸透破壊が起こさないか、これは地盤改良体を通ってくる水を対象としておりますが、そういった検討を行っております。あと、4つ目はFEM解析の検討になりますが、これは地盤改良体だけではなく、トンネル周辺の岩盤の安定性にも関わってきますので、次のページで詳細を示していますので、次のページで説明をさせていただきます。

5ページは、地盤改良体の下にあるD2層、またはトンネル周辺にある岩盤の安定性の検討ということで3つ項目を挙げています。

全体で言うと5番目の検討項目が、地盤改良体を通るのではなくD2を通ってくる水に対しての浸透破壊に対する検討であります。

続きまして、6番7番が、FEM解析を用いて行っていく検討ですけど、ここでは、擬似連成解析として、まずは、浸透流解析を行って、水の動きを確認した後、その結果を力学のFEM解析に取り入れ、トンネルの変形、応力分布の再配分状況を確認し、トンネルの周辺の安全率がどうか、トンネルの変形がどうかというところを検討しております。

手順1、手順2と違うソフトを使っている関係で擬似連成となっているが、今後は、一つのソフトで行う連成解析で行います。

6ページは、トンネルの支保工の健全がどうかという検討であります。支保工自体が吹付コンクリートの透水性によっては、支保工の背面に水圧が残ると考えられますので、残った残留水圧が支保工に作用した場合、支保工が大丈夫かどうかの検討を行っております。

最後は、今の水を下げていく際に立坑から下げていきますが、連絡坑と本坑の天端の高さが異なり、本坑の方が高い位置にいる。実際、連絡坑の天端まで水が下がるまでは本坑の中に空気が入らないことになるので、負圧の検討も行っております。

以上、9項目検討項目をあげています。今後、地山の調査結果が出てきたら、本格的

に検討を進めていきたいと考えていますが、検討項目に過不足がないか意見を頂ければと考えております。

(大成 J V)

8 ページですが、今の説明が地盤改良体に対する検討になりますが、更なる安全策として、例えば大断面付近の坑内を充填する工法であるとか、例えば、土砂部の地下水位を下げると言ったような方法も併せて検討を行っている状況であります。

(委員長)

検討方法を提案いただいてこういう内容で検討を進めるというところの見通し、あるいは、より付け加えることがあればそれを中心に聞きたいとの交通局の意見ですが、いかがでしょうか。

(委員)

先ほど、薬液注入など工法の選択を3つ出されていますが、その前に、先ほど委員長が言われたように、壊れたところと壊れてないところ、上から対応すべきところ、トンネルの中から対応すべきところ、など大きな対応の方向性をあげた上で、こういう場合の時にはこういう工法があり得ると言われた方が理解が深まると思います。

トンネルは壊れた場所と地下車路の場所では話が違う。上が真っ平らなトンネルとか。そういった場所によっての対応方法も考えていくというような文言をどこかに加えた方がいいような気がします。

(委員長)

そのように考えてください。

(委員)

多分、例えば地盤改良ということになると、先ほど委員長が言われてたんですけども、遮水性をどう確保するかということと、支持力性をどう担保するかという、大きく二つだと思っただけです。そこに、〇〇委員がおっしゃったような、安全性をどれくらい担保するのかということじゃないかと思っただけです。そういう視点で行くと、例えば支持力性は、改良体にどれくらいの強度を期待するのかというところに落とし込めると思いますが、遮水性というのは、どれくらいの透水性以下に落としていくのかということだと思っただけです。その中に、難しいと思うのは決して均質ではないので、その平均値は好ましくないと思っただけですよ、やっぱり水は流れやすいところを流れるし、弱いところを流れるということがあるから、やはりある程度リスクというか安全性を担保して、たとえば一番最悪での状況を踏まえた地盤改良のありようみたいなものを少し検討い

ただけるといいかなというふうに思ったりしています。

それから、大断面のところなんですけど、先ほど委員長がおっしゃったように、圧密の問題がもしかしたら関わるかもしれないと。

3連トンネルですが、炭質頁岩が1 mくらいの厚さにあるかもしれない。そういった場合に、怖いのはやっぱり今回は除荷の問題なんで、変形がほとんど起こらずに一気に壊れるというパターンがやっぱり圧倒的に多いわけなんですよね。だからコントロールが中々難しいというところがあるように思えます。

例えば炭質頁岩とかの圧密の問題がすごく懸念されるんだったら、例えば圧密係数や圧縮、膨潤指数のような係数を、押さえておいたりすると、どれくらいの圧密や圧縮、膨張が起こるのかというのが把握できて、そうすると、どれくらいの期間だったら、影響のない範囲になりそうだという、目安みたいなものができそうな気もするので、そういった情報も是非とっていただけるといいかなと思います。地下水を下げたときも、また問題なんです。膨張だけじゃなくて沈下の問題もあるから、そういう意味でも圧密係数や圧縮、膨潤指数のような基本的な地盤定数は、もしそこが重要になるのだったら、押さえておくといいかなと思いました。

(委員長)

後段は、以前、施工時に圧密を排除して、地表面沈下の管理基準を決めた経緯があります。だからその時に、多少そういう検討を、確かそういう解析をされたはずですよ。圧密を。だから管理基準を少し変えてくださいという議論で出たはずですよ。だからそのあたりを思い出して、やられるといいと思いますよ。ということで、今のことを意識して、検討事項の中に入れておいてください。

(委員)

その話は基盤の比較的硬い岩盤のD2層とかその辺の話なので。

今回の陥没っていうのは、流動化現象なんですよね。普通トンネルの穴があ幅でしか空いていないのに、上部があれだけ広がるというのは上部が流動化しているからあれだけ広がった原因なので。そこを止めるために何をするのか、そのために物を混ぜて、流動化を防ぐという概念も一つあると思うので、それもきちんと入れておいた方が、こういう考えで入れるんだということも含められておいた方がいいと思います。

(委員長)

要するに土砂層のところを詰めるということになりますね、簡単に言うと。ある方法で、ある高さで。特に炭質頁岩は天頂部にあるから危ないと言えば危ない。

そういう意味では、分かりました。

他にどうですか。

(委員)

私、非常に詳しい訳ではないですけど、流動化処理土は、やはり、あくまで私の認識では仮設なんですけど、これを永久に使うかどうかという事は、やはり考えるべきではないかと思っています。

(委員長)

ものにもよると思いますが、永久的ということはないでしょうね。

(委員)

今回、地盤改良ということですが、乱されたところを地盤改良するということで、確実なものができるのかどうか、水みちを完全に塞ぐということが出来るかどうか、かなり難しいのではないかと思いますので、事前説明の時もお話をさせていただいたんですが、地下水位を、特に陥没のところについては、低下させるということが必須なのかと思いますので、十分検討を進めていって頂きたいと思います。

私達も、都市ナトムではないですが、山岳ナトムの工事で、崩落を起こしたことがあります。原因としては、高水頭の地質が前面にあることがわからない状態で、近づいて行ったら、一気に水が差ってきて、それと一緒に土砂が崩落して来るというのが、崩落の通常のパターンです。そういうことが起こらないように確実に施工するには、地下水を下げておくということが必要かと思います。

(委員長)

たくさんあるわけではないと思いますが、どれくらい先まで見通してやればいいのかというのは、なかなか分かりませんが、やはり数十mという単位くらいですか。

(委員)

なかなか、近づいても分からなくて、水平ボーリングもたくさん行っんですけど、なかなか水脈に当たらないことがあります。

(委員長)

探りか何か入れているのでしょうか、20mか30mか。

(委員)

はい。探りも行うのですが、たまたま違う方向に水があるというようなこともありますので、先程、〇〇委員もおっしゃっておられた通り、一番弱いところから水は来ますので、事前に対処するとすれば、水位を下げてしまうというのが確実だと思います。

(委員長)

凍結工法というのは、割と広い範囲でできるのですか。

実績はありますか。

(委員)

凍結工法は、お金もかかるし、難しいのではないかと思いますがいかがでしょう。

(委員長)

福島原発のところですかね、あそこは効果がなかなか出なくて。凍結は難しいかな。

(委員)

締切っていないだけなので、今回締め切ってしまうと、たぶん止まります。

(委員長)

トンネルの中だと、凍結しやすいのでしょうか。

(委員)

簡単に言えば、D2層をどうするかということですよね。D2層まで手を加えるのであれば、凍結の方が楽だと思います。D2層の上だけで、水と安定性が確保できるというならば、そこは個人的な意見としては、要らないのかなと思います。

そこを下からどういうふうにD2層を支えるのか。そこが出来るのであれば、凍結までは行わなくていいのかなという感覚ではいます。

(委員長)

この場合、用心すべきところは用心するというのが基本だと思うし、いきなりそこを考えないで十分検討してくださいという意見だったと思います。

(委員)

今回陥没したところは、間違いなく地表部から水がつながっているわけで、今回、地盤改良を行っても水を止め切れるかどうか難しいことを考えると、陥没したところと立坑部分の縁を切るというのが大事だと思っています。

そのために何か補助工法ということで考えないといけないと思っています。水の縁が切れるのであれば、通常の方法で3連トンネル部分を施工は出来るようになると思います。その中では、横断方向に凍結工法で壁を作ってしまうとかいうのはあり得るのかなと私は思っています。

都営地下鉄の工事でも、凍結工法を用いて止水し、しっかり工事が出来ているとの事例がありますので。縁を切るのをどうするのかというのを十分検討していただければと思います。

(委員長)

標準断面の箇所では壁ができるといいと考えます。できなければ大断面部とパイロットトンネルの先端を固めてしまう。立坑との関係で連続しないような工夫をすべきだと思います。

(委員)

連絡坑を掘った時にF3断層がありました。

大断面から先のことを検討する必要があると思います。地下水が奥の方が高い原因がF3断層にあるという懸念があると思います。

(委員長)

今回のボーリング調査には、それを確認したものはありますか。

(交通局)

立坑の半分半分で地層が変わっている記憶があります。連絡坑でも、破碎されている箇所があり、その点を結ぶとF3断層は立坑から大断面の少し先の西側方向に向かってあると想定しています。

(委員)

とにかく工事の認識として、地下水を下げる(時間的、空間的に水圧と土圧をどう考えるかという)ことが重要と考えます。

かなりの浸透力がかかるということを前提として工事をしないと、とても怖いと感じます。前半に〇〇委員おっしゃっていましたが、立坑の水位を上げて水頭差を減らしたうえで改良工事をするというようなやり方が、工法としてあるのか無いのか、私には分からないんですが、そうした考え方のやり方があれば、力学的には合理的なような気がします。

(委員長)

今の段階で答えようがなければよろしいですよ。ひとつそういうご意見があったという事で留めておきたいと思います。よろしいですか。

よろしければ、そろそろまとめをしたうえで、記者発表のときにこういうことを議論したんじゃないかと公表しますので、その確認を兼ねた議事要旨のようなものを作らせ

て頂きたいと思いますけれども、よろしいでしょうか。

(交通局)

今の4番目につきまして、解析等の検討項目に漏れ、抜けが無いかということに関しましてはいかがでしょうか。

(委員長)

漏れは無かったけれども、考え付くことは色々やりなさいということ。

(委員)

検討をする前に、どれくらいの強度のものを作るかというのは検討されるんですか。

(交通局)

計算上は今の計算は1MN/m²で持つかという試算を一度しております。その結果を踏まえ、概ねの目標強度も見えてくると考えています。

(委員)

その1メガを、3つ工法がありますけれども、それが実現できるかという検討はされるんですか。

(交通局)

室内試験を実施中であり、それぞれの工法の配合試験結果から適用性の可否が見えてくると考えています。

(委員)

コアサンプリング試験で取った土を使って、薬液注入の薬液で固めて試験中ということですね。

もうひとつ質問ですが、最後の補助工法のところで、可逆性のグラウトというのはゲル化させるということでしょうか。

トンネルの大断面部と掘っているところに緩く堆積している空洞部をゲル化させるというイメージでいいですか。

(大成JV)

具体的な検討はまだまだこれからなんですけれども、トンネルの天端に緩い砂層があって、そこがもしかしたら空洞になっているかもしれない、そこにゲル化させたものを詰め込んで、圧力が逃げないような状態にして中に何か手当てできないかと考えていま

す。

(交通局)

既存の七隈線の別府工区付近においても、空洞に対して同様の手法で施工を行ったこともあり、それも参考にして検討していきたいと思っております。

(委員)

寒天みたいにすると掘りやすいかなと。

(委員)

解析のことで、特に意見が有る訳じゃないんですが、気になるのはこういう解析をどういう目的で使うのかということの考え方をはっきりさせた方がいいんじゃないかと思うんですよ。

これはあくまで解析なので、絶対的なものではあり得ないから、どういうふうにこれを使おうとしているのか、というのをうまく伝えた方がいいんじゃないかと。

(委員長)

解析は一種の検証に使うくらいのデータで、信用性という意味では、本当に出来るかというのは、いろいろ定数の使い方その他によって、答えや使い方は違ってきますので。これは100%安心できないと思いますね。それよりはみなさんがたの推察・推考のほうに役に立つと思いますね。解析をあんまり期待されると、ということですね。

(委員)

そういうことをしっかり認識してしっかりやったほうがいいと思います。

(委員長)

そういう注意もありますので、解析はあくまでも検証の為にやっていると認識しながら取り組んでいくと。それ以上に、どうやったら安全で安心な施工になるのか。効果が出るのか。

要するに止水と支持と二つのキーワードで。いつも言っていますけれども、そういう組み立てが大事なんじゃないかと。

(委員)

色々な検討をされていて、これでいいかというのはなかなか難しいんですけども、果たしてこれから先どういうことが起きるのか、起こりそうか、ということを場面ごとで考えながら解析による事前検討を行ってほしいですね。

施工時にそれを観測施工しながら活かしていくというのもあるかと思しますので。そういうことにも繋がるような検討が必要ではないかと思っています。

(委員長)

全般的なご意見として伺いしておきます。

少しまとめないといけないんですけどもよろしいでしょうか。

3時間以上に及ぶ議論なので、項目の端折りみたいになります。あくまでも記者会見の時に配る程度の議事要旨という捉え方で私の方でまとめさせていただきます。

それを交通局でまた筆を起こして頂くと。作成に若干待つて頂くとします。

一つは報告事項ですから、トンネル坑内の報告があったということでもいいかと思いません。

そのうえで、議事が3項目ございました。

まず一番目、地質調査の中間報告と、その解釈について、お話を頂きました。地質とか地盤構造について。地質地盤構造については、これまでこういう事故が起こる前段階から公表され、第三者委員会で追加調査をされて、かなり詳細なトンネル及びその周辺の地質、地盤構造が明らかになっていったわけです。

荒江層、中洲層、頁岩に至るまでの層です。そういう状況は、特に変わったことはなかった。これは特に議論しませんでしたけれども、報告の中でその前提で色々と説明を頂いておりますが、そのようなことでよろしいでしょうか。

そのうえで、現状がどうなっているかというのを、細かいボーリングを沢山やって調べたというのが今回公表する地質、地盤構造ですね。

ですから壊れる前の状態が間違いないか確認した上での今回の状況だということで整理を頂いたと。

そうすると、その時に当然ながら流動化処理層があって、それからその下に落ち込んでいた緩い砂層が、緩い砂というのは気になりますが、座布団を敷いたようにあって、

その下に博多粘土層、それからD2層。その二つの重要な層ですけども、その二つの状況を確認しながら地盤状況を把握したということになると思います。

壊れたところが直接分かったわけではないということだけ、しっかり分かっておいてもらわないといけません。

楢田などの図として出て行ったときに、配り忘れということがご意見としてございましたが、そういう意味では陥没したところの、さらに崩落したおよその範囲を囲む影響した範囲かなと思います。

それがD2層の存在と、その上の博多粘土層の存在で、ある程度形状が掴めますというのが今日の状況だろうと思います。

これが強い、弱いの話は別ですよ。どうもそういう状態だということだけは確認できたというのが、最初の事項でございます。

(委員)

地盤状況と申しますと、埋設物とかそういうのもありますので、陥没箇所の地下の状況くらいがよろしいんじゃないかと。土だけではありませんので。

(委員長)

では陥没範囲の地下の状況を把握したとします。

それから調査法で言えばもう一つ重要だったのが、炭質頁岩のところの層の地下水の存在です。これは横断方向も広がっているということを前提として、今後考えていくべきだとこの二つが重要な項目だったというくらいで留めておきたいと思います。

それから地下水について議論を頂きました。

地下水はご承知の通り、上層と岩盤層のどこで縁が切れているかという問題ですけれども、これは100%まだ確認はできていませんというのがご指摘の意見の中であったので、ここでも言い切る訳にはいきませんが、できるだけその確認を今後とも慎重に進めて頂きたいと。そのうえで対策が色々違ってきますよということです。

上の地下水の状況、下の陥没の地下水の状況、流れの速さ、こういうのも含めてですけども、こういうのを把握して頂きたいというのがご意見でありました。

しかし陥没層のところの流動化処理層、それからその下の緩い砂層で、薬液注入処理をしたということの影響もあって、多少の差異は出ているというのは場合によっては言ってよろしいですか。

これが地下水の関係であり、先ほどの話だったということです。

それから、もう一つ地質については流動化処理層、それから下の緩い砂の注入層のところは注入液の行き渡りは、かなり行き渡っているけれども、完璧といえるまではまだいないということだったかと思います。

だから今後の対策の中でもそのことを認識して、考えて頂きたいという話だったというふうにまとめさせていただきます。

その次の地質調査の関係ですが、各層の強度とか、透水性だとか、そういう定数の見方について整理、確認頂いたということでございます。そこで一番問題になったのがD2層の状況がどうなっているのかというのがどうしてもみなさんの心配の種でした。

ここでの調査ではDc2層とDs2層とかいう言葉が出てきましたけれども、必ずしも全てが連続的に一括りに出来るというのは問題があるかもしれないということで、定数を確認するときに、そのあとの取り扱いも含めて、解析等では十分検討して頂きたいと思います。

しかし大方の結果は、これまでのボーリングで貫入試験等、色々行って頂いて、このグラフにも出てきておりますけれども、それで確認頂くのを基本とすると。これが多いか少ないかというのは議論には出ませんでしたけれども、私が打合せの時に他の方の

意見も聞いていて、そういう話が出ました。

やはりこういう調査では、気象現象と同じで少サンプルで行くしかないですね。だからその時の取り扱い方なので、やや厳しい目で見て頂きながら、資料の扱いや把握の仕方をして頂きたいという注意点がありましたというのが地盤調査のところの話であったかと思います。

以上を踏まえて、次は再掘削に向けての検討について後段は話をして頂きました。これは地質の中間報告を受けての段階ですから、まだ確定してはおりませんが、そういう範囲で議論を頂いたということでございます。

その際に検討のプロセスをまず再確認をしたということですが、再確認にあたっては、これまで水抜きと補助工法や地盤の安定等を切り離そうという理論もあったけれども、それは難しそうで、循環する概念があるのではないかというふうに整理ができたと思います。

循環でどちらが先かということはありませんけれども、とにかく循環だということに留めておきます。

その第一段階として今日のところで議論頂いたことはまず施工方法です。施工方法について、大きな方針を頂いたというふうに思います。それは非開削か、開削かということでの議論だったということでございます。

これは発表の時に注意が必要ですが、開削工法は上から掘り下げるわけですので、そういう意味では掘り下げが可能かどうかというのを十分検討させて頂いたということです。

大きな問題はやはり上から水を落とさずに、止水がきちんとできる工夫が可能かどうかということでした。それから下のトンネルで既に掘っているわけですから、そこに影響を与えないで上から掘り下げるという事の難しさというのが、非常に浮き彫りにして頂いたということでした。

そういうことを踏まえてみた場合、今の時点で最初から開削ありきで検討するには問題有りかなという指摘が強く出たと私は理解しますが、よろしいですか。そういうことをうまく、これは交通局からも説明してもらいたい。

非開削の方が最初の段階ではやれるではないかと、先ほどの地質構造等を見た時にです。それから非開削でやるときの薬液注入の工夫とか色々と方法論が既に議論として出ておりましたが、そういうことを踏まえると、可能性としてはあるよということですね。でも用心はしないとイケない。今までの事故例から見ても決して油断は許さないと。だから非開削で用心を重ねて検討していかなければいけないというご指摘だったと思います。

次にそのことを踏まえたうえで、非開削のことを頭に置いたうえで、どのように地盤の安定を図ればいいのかということでご意見を頂いたということが最後の議論だったと思います。

その最後の議論の中では、色々ある補助工法の中で一番扱いにくいのはD2層であるとかその上の部分を含めて、どのように安定処理を図るのか、止水及び支持層の両方面を考えて安定処理をする。それができなければ、トンネル内にさらに支持層を下して支持層と止水、これを立坑との関係も踏まえて、止水、土砂の流動化も含めて検討すべきだということがあったと思います。その隔壁の造り方も考えられるかということも踏まえてですけど、そういう議論があって検討すべきだというようなご意見をいただいたというのが最後だったと思います。

そして最後の最後に検討するにあたっては、色々な検討の結果をどう使うのかということも踏まえて、よくフィードバックさせながら、やっていかないと。見落とししたり、あるところは強調させてみたりするかもしれないから、そのような検討の仕方を工夫して下さいということと、それからこの先このようなことをやったら、何が起こるかということもよく想像してやりなさいよというお話も頂きました。

非常に難しいと思いますけれども、やはり二度と起こしてはならない、冒頭の話にもありましたが、当然、そういった認識を強く持つべきであると思いますから、あえて留意事項として頭の隅に置くというのは肝に命じてはどうですかということになったということです。

工学的より少し解説になったかもしれませんが、以上まとめとします。

(委員)

いいと思います。

(委員)

非開削が優れている理由をしっかりと考えた方がいいっていうのは皆さん言われておりました。そこをしっかりとすべき。

(委員)

開削工法での再開が厳しいという意見が出たということを使うべきではないでしょうか。

今後の詳細な調査結果や対策を確定してからでないと工法選定は難しいところがありますが、今の状況から、開削工法で再開することは先ほど色々意見が出ましたが、厳しいという意見が出たということぐらい言って頂いても構わないと思います。

(交通局)

今回理由も聞かれると思うので、既にトンネルがある中でというのを言った方がわかりやすいと思います。

(交通局)

議事要旨について、まとめましたので、そちらについてご確認をお願いしたいと思います。

まず、1番目のトンネル坑内の現在の状況等についてのところにつきましては、道路陥没部やトンネル坑内の現在の状況について事故発生時から現在までの地下水位や地表面の計測状況を確認したということでまとめております。

2番目につきましては、地質調査中間報告について、これまでの地質調査により想定される陥没の形状や現地で実施した試験から得られた強度や水の通しやすさに関する報告があった。2ポツ目が今回示された地盤の強度や透水係数の値等の工学的評価については、今後得られる地質調査のデータを揃えた上で、再度討議することとなった。3ポツ目が砂層と岩盤層の地下水の連続性について、引き続き、慎重に確認を行い、今後の検討に反映していくという形で、まとめておりますが、よろしいでしょうか。

(委員長)

はい。

(交通局)

3番目につきましては、今後の進め方について、地盤改良については、トンネル坑内の水抜きだけではなく、再掘削工法を踏まえた検討を行うことが確認された。2ポツ目については、大断面部については、再掘削工法については、現地状況を考慮すると、開削工法での再開は厳しいとの意見が出された。開削工法、非開削工法のそれぞれのリスクを整理したうえで、まず、非開削工法について検討を深め、再度、議論することとなったというふうにとりまとめましたが、よろしいでしょうか。

(委員長)

はい。

(交通局)

最後の4番目ですが、地盤改良について、地盤改良工法や改良範囲を決定するための検討フロー等について意見交換を行った。非開削工法を行う上でD2層上部の安全性の確保について、補助工法も含め対策を検討していくべきとの意見が出たというふうにとりまとめましたがよろしいでしょうか。

(委員長)

はい。

(交通局)

ではこのような形で概要として、お出ししようと思います。皆様有難うございました。

(委員長)

以上意見がなければ、これで確認いただいたということで、進行を事務局にお返しします。

(事務局)

委員長どうもありがとうございました。閉会にあたりまして、建設部長の角より御挨拶を申し上げます。角部長よろしく申し上げます。

(交通局建設部長)

本日は長時間のご議論ありがとうございました。地質調査も10月頃までにはすべてのものが出てくるということですので、その辺りを次回以降、今日のご議論を深めさせていただきたいと思います。

今日頂いたご意見について、しっかり反映させていく所存でございますのでお手数かけますけれども、こういったやりとりをタイトなスケジュールではありますが、行っていただきながら、ゴールにたどり着きたいと思っておりますので、今後ともよろしくお願いいたします。

(事務局)

みなさまありがとうございました。本日の資料について、郵送をご希望される方は机の上においていただければ対応させていただきます。長時間ありがとうございました。