

第3回広島市下水道工事事故調査検討委員会 議事要旨

1 名称

広島市下水道工事事故調査検討委員会

2 開催日時

令和8年3月31日（火）9時30分～11時30分

3 開催場所

広島市下水道局千田庁舎3階会議室

4 出席委員氏名

(1) 委員（7名）

砂金伸治委員、金子治委員、小泉淳委員（座長）、杉本光隆委員、
畠俊郎委員、真下英人委員、松本幸司委員

5 議事

- (1) シールドマシン内部の調査計画について
- (2) 地盤沈下の状況と対策について

6 公開・非公開の別

公開

7 傍聴人の人数

- (1) 一般傍聴者 9名
- (2) 報道機関 15名（7社）

8 検討委員会資料名

- ・第3回広島市下水道工事事故調査検討委員会 次第
- ・第3回広島市下水道工事事故調査検討委員会 配席図
- ・委員名簿
- ・第3回広島市下水道工事事故調査検討委員会 説明資料

9 出席者の発言の要旨

【開会挨拶】

(下水道局次長)

- ・下水道局次長の小笹山でございます。
- ・第3回広島市下水道工事事務事故調査検討委員会の開催にあたり、一言ご挨拶申し上げます。委員の皆様方におかれましては、年度末のお忙しい中、本検討委員会にご出席いただき、誠にありがとうございます。
- ・昨年3月に開催いたしました第2回検討委員会では、地盤沈下を抑制するための地盤改良工法として高圧噴射攪拌工法が妥当であること、また、シールドマシン内部の調査に必要な止水対策として、凍結工法による施工が妥当であること、といったご意見をいただきました。これらのご意見を踏まえ、昨年7月には地盤沈下対策を実施するとともに、現在はシールドマシン内部の調査に向けた止水対策に鋭意取り組んでいるところであり、改めて委員の皆様のご助言とお力添えに、深く感謝申し上げます。
- ・本日の検討委員会では、止水対策に引き続き実施するシールドマシン内部の調査計画に加え、これまでの地盤沈下の状況及びその対策などについて、ご説明をさせていただきます。委員の皆様におかれましては、これまでと同様、専門的かつ中立的なお立場から、忌憚のないご意見・ご助言を賜りますようお願い申し上げます。
- ・最後になりますが、本市といたしましては、事故により被害を受けられた地域の皆様、一日も早く安心して日常生活を取り戻していただけるよう、必要な対策を迅速かつ着実に講じるとともに、事故原因の究明に全力で取り組んでまいります。その上で、安全を最優先とした再発防止策を徹底し、工事の再開へとつなげていく考えでございます。引き続き、委員の皆様のお力添えを賜りますようお願い申し上げます。本日はどうぞよろしくお願いたします。

【議事(1) シールドマシン内部の調査計画について】

(座長)

- ・それでは早速、議事に入ります。まずはシールドマシンの内部の調査計画。これで破損の状況がわかる。次に、住民の方々が一番心配しておられる地盤沈下について。現状はどうなっているか、今後どのようになるか、これらの点が議題になります。
- ・それでは議題(1)シールドマシン内部の調査計画について説明をお願いしたい。

(事務局)

- ・シールドマシン内部の調査計画についてご説明いたします。1ページをご覧ください。
- ・事故が発生した交差点部では現在、ページ右側上段の図のように、シールドマシ

ン内部への地下水の浸入を防止するため、マシン周囲の地盤を凍結する工事を行っており、予定では凍土の造成が完了する令和8年9月頃からページ左側に示すシールドマシン内部の調査フローに基づき、調査を行うこととしています。

- ・調査は、「発進立坑側で行う作業」と「交差点側で行う作業」があり、フロー図では、左側に「発進立坑側の作業」を、右側に「交差点側の作業」を示しています。
- ・また、大まかな作業の流れを水色の枠線で示しており、作業は「シールド内部水抜工」、「土砂撤去・搬出準備工」、「土砂撤去・搬出工」の順に実施する計画としています。
- ・それでは、ここから各工程について、フロー図に沿ってご説明します。
- ・まず、「シールド内部水抜工」についてです。
- ・この工程では、発進立坑側に超高揚程の排水ポンプを設置し、シールド内部に溜まった水を段階的に排水していきます。
- ・排水開始時は、とくに慎重に作業を行う必要があるため、まず、立坑水位を1メートル低下させた後、排水作業を一旦停止し、6時間から8時間程度かけて、復水の有無を確認します。
- ・復水がなく、凍結工法による止水効果が確認できた段階で、1回あたりの排水量を段階的に増加させ、排水を進めていきます。
- ・なお、排水開始から全ての作業が完了するまでの間、交差点側では、凍土の温度を常時監視し、温度上昇の有無を確認するとともに、地下水位及び地表面変位についても常時監視を行い、変動の有無を確認します。
- ・また、復水が確認された場合の対策として、発進立坑側には、直ちに注水ができるよう、注水設備をあらかじめ準備しておきます。
- ・さらに、交差点側には、直ちに地盤改良工が実施できる体制を確保しておきます。
- ・次に、「土砂撤去・搬出準備工」についてです。
- ・シールド内部に溜まった水の排水が完了した後、この工程で、シールド内部に立ち入るために必要となる、換気設備や照明設備などを復旧し、土砂撤去作業に必要な泥水ポンプなどを新たに設置します。
- ・その後、現在、マシン内部で水没しているバッテリー機関車やズリ鋼車など、土砂撤去作業に支障となる設備を撤去します。
- ・最後に「土砂撤去・搬出工」についてです。
- ・この工程では、土砂撤去作業と設備撤去作業を並行して実施します。
- ・まず、後続台車を移動可能な状態とするため、後続台車部の土砂撤去を行うとともに、垂直コンベヤーや立坑下天井クレーンなど、立坑設備の撤去を行います。
- ・次に、後続台車部の土砂撤去が完了し、台車の移動が可能となった段階で、後続台車を撤去しつつ、シールドマシン内部からチャンバー内部へと、切羽の方向に向かって順次土砂撤去を進めます。
- ・土砂撤去完了後は、シールドマシンの破損状況調査を行うとともに、土砂撤去に

使用した設備を撤去します。

- ・シールドマシンの破損状況調査の詳細については、後ほどご説明いたしますが、調査にあたっては、カメラなどを用いて調査状況の動画及び写真を記録し、次回の委員会にてお示ししたいと考えています。
- ・調査が完了しましたら、最後に出水箇所を閉塞する応急処置を行います。
- ・以上の一連の作業の完了と、出水箇所の確実な処置が確認できれば、交差点側で継続して行っている凍土の維持運転を停止し、凍土の解凍を行います。
- ・続いてページ右側をご覧ください。
- ・ここからは先ほどのフローにある代表的な作業をステップ図として視覚的にわかるように整理しています。
- ・まず、ステップ1、シールド内部水抜きについてです。
- ・こちらのステップは、シールド内部に張っていた水を超高揚程ポンプで排水し、その排水を処理するところまでを示しています。
- ・下段に示している分級フロー図とあわせてご覧ください。
- ・シールド内部の水は、超高揚程ポンプにより濁水処理設備へ移送して放流基準を満たした後、下水道へ放流します。
- ・また、超高揚程ポンプでは、粒径 8.5mm未満の細粒分が通過するため、その細粒分は濁水処理の過程で沈殿させ、スラッジとしてフィルタープレスで圧搾後、汚泥として搬出します。
- ・続いて2ページをご覧ください。
- ・上段ステップ2は、土砂撤去に必要な設備の設置および水没した設備の撤去の状況を示した図です。
- ・このステップでは、土砂撤去に必要な設備として仮設エレベーターやバキューム、照明などの設置を行うとともに、立坑に水没しているバッテリー機関車やズリ鋼車などを撤去することとしています。
- ・なお、ズリ鋼車の中には、シールド掘進時の排土が残っているため、防音ハウス内の天井クレーンを用いて立坑上まで移動させ、大きな玉石や、マシンの破損によって発生した鋼材の破片などの有無について、目視により確認した上で、バキューム車で搬出します。
- ・続いて、ページ左側下段のステップ3、後続台車部土砂撤去についてです。
- ・こちらのステップでは、後続台車部の土砂撤去の方法及び、撤去した土砂の処理方法を示しています。
- ・ページ右側上段に示している土砂分級フロー図とあわせてご覧ください。
- ・まず、後続台車部に堆積している土砂を、口径 50mmのバキューム設備を使用して立坑下に設置する回収タンクへと吸引します。
- ・ここでは、粒径 50mm未満の土砂を回収し、粒径 50mm以上の土砂の回収については、後ほどステップ5でご説明します。
- ・回収した 50mm未満の土砂は、回収タンクにおいて粒径 20mmを基準に分級を

行い、20mm未満で圧送可能な土砂は泥水ポンプにより、20mm以上で圧送が困難な土砂は、土砂貯留容器を用いて立坑上まで移送します。

- ・泥水ポンプにより圧送した粒径 20mm未満の土砂は、振動ふるいにより、粒径 0.65mm以上の粗粒分と 0.65mm未満の細粒分にさらに分級します。
- ・粗粒分については、残土ピットにおいて、目視確認及び磁性体検査を実施し、マシンの破損により発生した鋼材の破片などの有無を確認した後、搬出します。
- ・また、細粒分については、ステップ 1 と同様に、濁水処理設備を介して処理することとしています。
- ・さらに、土砂貯留容器を用いて立坑上まで移送した粒径 20mm以上の土砂についても、礫ピットにおいて目視確認および磁性体検査を実施し、鋼材片の有無を確認した後、搬出します。
- ・続いて、ページ右側下段のステップ 4 は後続台車設備の撤去状況を示した図です。
- ・後続台車部の土砂撤去がある程度完了し、台車の移動が可能となった段階で、バッテリー機関車により後続台車を立坑下まで牽引します。
- ・その後、立坑下からは防音ハウス内の天井クレーンを用いて立坑上まで揚重し、撤去します。
- ・続いて 3 ページをご覧ください。
- ・ページ左側、ステップ 5 はシールドマシン内部の土砂撤去状況を示した図です。
- ・バキューム設備で吸引できない粒径 50mm以上の土砂や、凍結工の影響により凍ったマシン先端付近の土砂については、人力による撤去を行った後、ベルトコンベヤーにより後方へ移送して土砂貯留容器に積み込み、坑内運搬車を用いて立坑下まで運搬します。
- ・立坑下からは、防音ハウス内の天井クレーンを用いて土砂貯留容器を立坑上まで揚重し、礫ピットへ土砂を投入します。
- ・その後、礫ピットにおいて、大きな玉石や、マシンの破損によって発生した鋼材の破片の有無について、目視及び磁性体検査により確認した上で、搬出します。
- ・続いてページ右側をご覧ください。
- ・こちらには、土砂撤去完了後に行うシールドマシンの破損状況調査のフローを示しています。
- ・フロー最上段の「撤去した土砂の調査」は、先ほどステップ図のところでご説明したとおり、マシンの破損によって発生した鋼材の破片が土砂に含まれていないかどうかを目視及び磁性体検査により調査するものです。
- ・続いてフロー中段、「シールドマシン破損部位の特定調査」は、1 次スクリーコンベアや隔壁・駆動部、シールド本体を対象として詳細な目視調査を行い、土砂流入の原因となった破損部位を特定するものです。
- ・なお、詳細な調査箇所については、次ページに整理しておりますので後ほどご説明いたします。
- ・また、ここでは、破損部位の周辺に、破損の原因となったと考えられる物体が存

在しないかも調査します。

- ・続いてフロー下段、「破損部材別原因調査」は、破損部位を特定した後、破損した部材の種類に応じて、詳細な調査を行うものです。
- ・破損した部材がボルトである場合の調査としては、「破断面調査」、「浸透探傷試験による亀裂確認」、「ネジ山部の状況調査」、「未脱落ボルトの緩みトルク確認」を予定しています。
- ・また、破損した部材が鋼材である場合の調査としては、「破断面調査」、「磁粉探傷試験による亀裂確認」、「超音波板厚計による摩耗計測」、「試験片の機械的試験」、「材料試験」を予定しています。
- ・さらに、破損した部材が溶接箇所である場合の調査については、破断面の調査として、「気孔の有無」、「溶け込み不良の有無」、「スラグ巻き込みの有無」などを予定しています。
- ・以上がシールドマシン破損状況調査の内容となりますが、これらの調査により原因が特定できない場合には、追加調査を検討することとしています。
- ・続いて4ページをご覧ください。
- ・このページは、先ほどご説明した「シールドマシン破損部位の特定調査」について、詳細な調査箇所を整理したものです。
- ・事故発生時の映像などから、破損が想定される部位は、大きく「1次スクリーコンベア」、「隔壁・駆動部」、「シールド本体」の3つが考えられます。
- ・これらの部位を構成する17の部材について、調査箇所の分類、調査内容の欄に示した調査を行う予定としています。
- ・個々の具体的な説明は、時間の都合上、省略させていただきますが、たとえば①の部材、1次スクリーコンベアの開口部蓋ボルトでは、ボルトの破損として、ボルトが破断・脱落し、蓋がずれて開口ができていないかを確認します。
- ・続いて5ページをご覧ください。
- ・このページは、先ほどご説明した「破損部材別原因調査」のうち、鋼材とボルトの調査内容の詳細を示しております。
- ・ページ左側は、摩耗や亀裂、破断面の調査について要点を整理しています。
- ・破断面の調査では、電子顕微鏡を用いて破断面を観察し、破壊形態が、過大な荷重や繰り返し荷重により、塑性変形が徐々に進行した結果として生じた「延性破壊」であるのか、あるいは急激な衝撃や荷重が加わったことにより生じた「脆性破壊」であるのかについて、考察することとしています。
- ・また、ページ右側は、材料試験や機械的試験の内容を整理しており、化学分析、引張試験などを実施することにより、材料そのものに欠陥がなかったか、また、材料が設計どおりの強度を有していたかを確認することとしています。
- ・以上でシールドマシン内部の調査計画について説明を終わります。
- ・よろしくお願いいたします。

(座長)

- ・ありがとうございました。シールドマシン内部の調査の計画について、ご質問、ご意見などあればお願いしたい。

(委員)

- ・1 ページのステップ1で、水抜き時に復水を確認した場合は緊急注水をして、その後にシールドマシン周辺地盤改良とあるが、具体的にどういうことを考えているのか。

(事務局)

- ・シールドマシン周辺地盤改良について、シールドマシンの周囲を凍結工法で止水しますが、水みちがしやすいのは、後方部になると考えているので、そこに仮に水みちができた場合に備えて、薬液注入工法による地盤改良を準備しています。

(委員)

- ・破損のメインの箇所がマシンだということは今までの話を聞いていて間違いないと思うが、水抜きする時に既設のセグメント辺りからの漏水の可能性は低いという理解でよいか。
- ・前回の委員会で、マシンの姿勢が上向いたと言われていたので、セグメントにも何らかのダメージがあるのではと気になっているが、セグメントはどういった形で確認するのか。

(事務局)

- ・4 ページの図面については、最初に出水した損傷部位の調査を想定し、調査箇所を列挙させていただいています。ご質問の中で意見があったように、ピッチング状態で、マシンそのものが少し上向いている状況も確認できているので、セグメントについても破損している可能性は考えられます。
- ・そのため、ピッチングが出水前に起きたのかはわかりませんが、セグメントについても、確認しながら進めていくこととなります。

(座長)

- ・その場合、凍結の範囲に問題はないか。

(事務局)

- ・万が一、凍結の範囲を超えた部分で、そういったひび割れなどにより水が入るようであれば、復水で水位が上がってくると思うので、原因のわからないような復水であれば、追加の地盤改良を進めていくことになると思います。そのため、水抜き完了後に、初めてひび割れなどの状況が判明するという事はないと考えています。

(座長)

- ・わかりました。水位を下げた復水するようであれば、まず地盤改良（薬液注入）で対応する。それでも復水するというようであれば、セグメントの方まで地盤改良を進める。このような手順となりますね。

(事務局)

- ・そうなると思います。

(委員)

- ・復水の話があったが、今の時点で、たとえば地下水や潮汐の関係で立坑内の水位変動は確認されているのか。それともほぼ一定なのか。

(事務局)

- ・広島はこの辺りの地盤は海拔 0mに近い地域であるため、潮位の影響を地下水が受け、その地下水の影響を受けて立坑内の水位も変動しています。
- ・立坑内の水位については現在でも自動計測しており、潮位の影響による水位の上下を確認しているので、水位を 1m 下げるより前に、まずは潮位の影響を受けない状態が確保できた段階で、凍結による止水効果を判断したいと思っています。

(座長)

- ・完全に止水できていれば潮位の影響はない。測温管によって凍結範囲、凍結状況を確認するとともに、潮位の影響がどうなっているかというのも 1つの目安になるので確認をお願いしたい。
- ・現在の施工状況について説明をお願いしたい。たとえば凍結管を打ち込んでいる最中であるなど。

(事務局)

- ・現在の施工状況について、まず鉛直方向の凍結管の設置状況につきましては 30%程度の出来高になっております。
- ・マシン底部については、マシンの横に立坑を築造して、水平方向に凍結管を打ち込むこととなります。マシンの横の立坑が 3月上旬に完成し、先週末から水平ボーリングに着工しており、全体として予定どおり進行しているという状況です。

(座長)

- ・凍結の開始および完了はいつになりますか。

(事務局)

- ・凍結管の立て込みを 6月に完了する見込みです。凍結に入りまして、7月、8月の 2ヶ月程度で凍土を造成する予定としています。
- ・先ほどの説明の中でも申し上げましたが、水抜きについては 9月頃から入りたいと考えているところです。

(座長)

- ・それでは、ほかに意見がないようなので、議事(2)地盤沈下の状況と対策について説明をお願いしたい。

【議事(2) 地盤沈下の状況と対策について】

(事務局)

- ・それでは「地盤沈下の状況と対策」についてご説明いたします。
- ・6ページをご覧ください。
- ・こちらのグラフは、民家における測点の地表面沈下の状況を示したものです。
- ・横軸が日付、縦軸が沈下量を示しており、沈下量については、測点ごとに計測開

始日が異なるため、2024年の11月を起点として補正しています。

- また、具体的な測点はお示しできませんが、左下の平面図に示す陥没中心からの距離に応じて測点を分類し、グループごとに色分けしたうえで、想定沈下曲線と対比して示しています。
- この想定沈下曲線は、今回の事故に伴う復旧工事が本格化する前の2025年2月までの沈下の挙動を基に設定したもので、グラフでは、破線で示しています。
- さらに、想定沈下曲線と実際の沈下量との乖離要因を考察するため、グラフの下部には、建屋解体や鋼矢板打設など、時期ごとの主な復旧工事の内容を記載しています。
- グラフ全体の傾向をご覧くださいと、2025年3月頃から7月頃にかけて想定を上回る沈下が見られます。
- その後、2025年の7月下旬を境にして、実測沈下量を基にした近似直線の傾きが小さくなり、沈下の進行が緩やかになっていることが確認できます。
- また、最近の沈下傾向については、グラフの右側欄外に1月以降の沈下速度として整理しています。
- そちらをご覧くださいと、陥没中心から半径50mより遠方では、沈下速度がほぼ0となっており、半径40mから半径50mの範囲でも、月に0.2mmから0.5mm程度で、沈下が収束傾向にあります。
- 一方で、半径30m以内の地点では、月に1mmから1.5mm程度の沈下が継続している状況となっています。
- 続いて7ページをご覧ください。
- こちらのグラフは、施工ヤード内における測点の地表面沈下の状況を示したもので、グラフの構成は先ほどご説明したものと同様です。
- グラフ全体の傾向としては、先ほどご説明した民家の測点と同様に、2025年3月頃から7月頃にかけて、想定沈下曲線と実測沈下量の乖離が大きくなっています。
- また、施工ヤード内では、継続して様々な工事を行っているため、最近の沈下傾向としても、全測点において、沈下が継続している傾向にあり、1月以降の沈下速度は月に1mmから2mm程度となっています。
- 続いて8ページをご覧ください。
- こちらのページでは、沈下がどの深さの地層で発生しているかを把握するために設置した、層別沈下計の計測結果をとりまとめています。
- ページ左側の図2.3に、設置概要図を示しています。
- この図にあるとおり、設置箇所は、陥没中心から半径10m、20m、30m地点の計3箇所、それぞれ5つの深さに測点を設けています。
- 続いて、ページ右側の図2.4に計測結果を示しています。
- 上から順に、陥没中心から半径10m、20m、30m地点の計測結果で、横軸が日付、縦軸が沈下量を示しています。

- ・また、各グラフ内の5色の線は、ページ左下の断面図に示す各計測深度を示した色と対応しています。
- ・最上段にある半径10m地点のグラフをご覧くださいと、地表面から沖積粘性土層上面までの測点である、赤・黄・緑の実線は、概ね同様の挙動を示しています。
- ・このことから、グラフ内に赤字で記載しているとおり、沖積粘性土層上面で生じている沈下が、そのまま地表面に現れているものと考えられます。
- ・半径20mおよび30mのグラフにおいても、程度の差はあるものの、同様の傾向が確認されています。
- ・このことから、地表面の土層よりも沖積粘土層での沈下が顕著であると判断できます。
- ・続いて、9ページをご覧ください。
- ・このページはこれまでの計測結果のまとめを記載しています。
- ・ページ左側上段にある図2.5のグラフは、最初にご説明した地表面沈下の計測結果から、代表的な測点を抜き出したものです。
- ・こちらのグラフに示す想定沈下曲線および実測沈下量から、本年2月時点の沈下速度をそれぞれ算出し、下段の表2.1に整理しています。
- ・表2.1の灰色で着色した左側の列が「当初想定していた本年2月時点の沈下速度」を、また、水色で着色した右側の列が「本年2月時点の実際の沈下速度」を示しています。
- ・この表に示す、半径10mから半径50mまでの全ての測点において、「実際の沈下速度」が「想定沈下速度」を下回っていることから、昨年7月に実施した地盤沈下対策工により、沈下の抑制効果が確認できます。
- ・また、表2.1の考察欄に記載しているとおり、半径40mから50mの測点においては、想定より沈下速度が減少しており、収束傾向にあります。
- ・一方で、半径30m以内の測点では、想定より沈下速度が減少しているものの、月に1mmから2mm程度の沈下が継続しています。
- ・続いて、ページ右側の図2.6は、層別沈下計の計測結果をとりまとめたもので、下段の断面図には、各深度の計測結果から算出した沈下速度を示しています。
- ・断面図中の黄色で着色した部分が、昨年7月に実施した地盤沈下対策工の範囲を示しており、その右側に位置する沖積粘性土層で主に沈下が継続していることが確認できます。
- ・これらの地表面沈下及び層別沈下計の計測結果から、沈下が継続している要因について、検討が必要であると結論付けました。
- ・続いて、10ページをご覧ください。
- ・ここからは、地表面沈下が継続している要因について、分析した結果を整理しています。
- ・はじめに、圧密未了領域による地表面沈下についてです。

- ・沖積粘性土層の沈下が継続していることから、地盤沈下対策工の範囲外に圧密未了領域が残っている可能性を想定し、その確認を目的とした追加のボーリング調査を実施しました。
- ・調査は、図 2.7 に示す 13 地点においてボーリングを実施し、サンプリングを行った上で、室内土質試験により、圧密未了状態の有無を確認する方法で行いました。
- ・また、調査位置については、沈下挙動及び層別沈下計との対比のため、南側の B 通りと E 通りに集中して選定しています。
- ・なお、北側については、仮に圧密未了領域が存在していた場合でも、北側の再建構造物が杭基礎と想定されること、また、実施済みの地盤改良体に遮られ、南側民地への影響を抑制できることが想定されるため、今回は調査対象外としました。
- ・こうした前提のもと実施した追加調査の結果、図 2.7 に赤色で示す、No.R7-4、R7-5、R7-7 の計 3 箇所で圧密未了領域が確認されました。
- ・確認された 3 箇所を基に範囲を想定すると、黄色で着色した部分に圧密未了領域が残っていると考えられます。
- ・続いてページ右側をご覧ください。
- ・上段の図 2.8 に圧密未了領域が確認された深度を示しています。
- ・上側の D-E 断面は、左下の平面図において、上側から左下方向を結んだ断面です。
- ・この断面上では、No.R7-7 の沖積下部粘性土層において過圧密比、OCR0.84 という値が確認されました。
- ・また、中段の D-B 断面は、左下の平面図において、図面上側から右下方向を結んだ断面です。
- ・この断面上では、No.R7-4 の沖積上部粘性土層と沖積下部粘性土層、また、No.R7-5 の沖積下部粘性土層において、OCR0.88 から 0.92 という値が確認されました。
- ・また、ページ下段の図 2.9 には、今回の追加調査により、圧密未了領域が確認された 3 箇所と、昨年の地盤沈下対策前に圧密未了領域が確認されていた陥没中心部の 1 箇所を合わせた、合計 4 箇所の「圧密降伏応力と地中応力の関係図」を示しています。
- ・こちらの図をご覧くださいますと、今回の追加調査で確認された圧密未了領域は、OCR が 0.84 から 0.92 であり、陥没中心部で確認されていた圧密未了領域の OCR0.55 と比較すると、圧密未了の程度が小さいことが分かります。
- ・陥没中心部ほど顕著な圧密未了の状態ではないものの、現在沈下が継続している一因になっているものと考えられます。
- ・続いて、11 ページをご覧ください。
- ・ここからは、復旧工事の影響による地表面沈下について、4 つの影響に分けて検討しています。
- ・まず、①掘削の影響についてです。
- ・こちらは今回の事故により損傷した既設下水道管の復旧を開削工法により実施し

たことから、掘削に伴う鋼矢板の変形が、地表面沈下に及ぼした影響を解析により算出したものです。

- ・ 検討フローは、図 2.10 に示すとおりで、まず、実際に現地で計測された鋼矢板頭部の変位量に基づき、弾塑性法による逆解析を行って土質定数の見直しを行いました。
- ・ 見直した土質定数をページ下段の表 2.2 に赤字で示しています。
- ・ 次に、見直した土質定数を用いて構築した、2次元有限要素法モデルに対して、図 2.11 に示す、鋼矢板変位量を強制変位として与え、背面地盤の沈下量の算出を行いました。
- ・ ページ右側上段の図 2.12 に解析結果、下段の図 2.13 に解析結果から整理した影響範囲の平面図を示しています。
- ・ 上段の図 2.12 の右側の表に示すとおり、掘削の影響による沈下量は、鋼矢板直近で、20mm程度となります。
- ・ また、鋼矢板から 5m離れた地点では 10mm程度、10m離れた地点では 4mm程度、15m離れた地点では 1mm程度の沈下が生じたものと考えられ、20m離れた地点で沈下量がほぼ 0 となっていることから、鋼矢板から 20mの範囲までは、掘削による影響を受けていたものと考えられます。
- ・ 続いて、12 ページをご覧ください。
- ・ 次に、「②鋼矢板引抜き」の影響についてご説明します。
- ・ 今回の復旧工事で設置した鋼矢板のうち、南側については、民地への影響を抑制するため、残置しましたが、北側については、引抜きが必要であったことから、引抜き時の影響を把握するため、地表面計測を実施しました。
- ・ 計測箇所は図 2.14 に示す、A 通り側と C 通り側の 2 か所で鋼矢板から 2mおきに測点を設け、計測を行いました。
- ・ その結果を図 2.15 に示しています。
- ・ この図は、横軸が鋼矢板からの距離、縦軸が沈下量を示しており、沈下量は鋼矢板近傍で 15mm程度、10m離れた地点で 5mm程度となっています。
- ・ なお、本工事では、鋼矢板引抜き時の沈下抑制対策として、引抜きと同時にベントナイトモルタルを充填するジオテツ工法を採用していることから、この値は、対策を講じなかった場合と比較して抑制されているものと評価しています。
- ・ また、影響範囲については、引抜いた鋼矢板から北側へは 15m程度、南側へは残置している鋼矢板までとなっています。
- ・ 続いて、ページ右側からは、「③工事振動」の影響についてご説明します。
- ・ こちらは、資料掲載の文献に基づき、重機や運搬車両の走行による振動が地表面沈下に及ぼす影響を検討したもので、検討ケースを表 2.3 に示しています。
- ・ 検討ケース 1、2 はバケット容量 0.45m³のバックホウと 4t ダンプトラックを、実際に現地で走行させて計測した振動データを用いて検討を行っています。
- ・ 検討ケース 3 は参考までに、10 t ダンプトラックの振動を想定した値で検討を行

っています。

- また、地盤の物性値は、事故発生後の陥没部における試験結果を用いて行うものとし、図 2.16 に示す流れで沈下量を算出しました。
- 沈下量の算出結果については、次ページでご説明しますが、影響範囲については、図 2.17 に示すとおり、重機などの走行端から 3m程度になると想定しています。
- 続いて、13 ページをご覧ください。
- ページ左側、図 2.18 に各ケースにおける工事振動による地表面沈下の解析結果を示しています。
- 重機の走行ルートや走行回数については、正確に把握することができないため、繰り返し回数はあくまで目安となりますが、100 回および 1000 回走行時の地表面沈下量の算出結果を下部の表に示しています。
- 本検討結果はあくまで参考値ではありますが、重機が繰り返し走行することにより、数十mm程度の沈下が発生し得るということが確認されました。
- このことから、復旧工事近傍の測点において、想定沈下曲線と実際の沈下量が大きく乖離した要因の 1 つとして、工事振動の影響があったものと考えられます。
- なお、重機の繰り返し走行による沈下量は、グラフに示すとおり、初期に大きく、その後は対数的に増加する傾向を示すため、今後の影響は限定的になっていくものと考えています。
- 続いて、ページ右側の「④地下水」による影響についてご説明します。
- こちらは、工事ヤードの南北に 2 箇所を観測井戸を設け、地下水位や潮位変動などを計測することで地表面沈下との相関を確認したものです。
- 図 2.19 に、今回設置した 2 本の観測井戸の位置及び設置深度を示しています。
- こちらの図では、北側に設置した浅層の観測井戸を「浅①」、南側に設置した浅層の観測井戸を「浅②」として示しており、いずれも上部の砂質土層を対象とした設置深度としています。
- また、こちらの図に流向・流速調査の結果も併せて示しています。
- 「浅①」の流向は北向き、「浅②」の流向は東向きとなっています。
- 続いて、図 2.20 には地下水位の計測結果と潮位を示しています。
- 両観測井戸には約 15 c m の水位差が確認されており、下水道管復旧工事において残置した鋼矢板が、地下水の流動に一定の影響を及ぼしている可能性があるものと考えられます。
- また、地下水位については、潮位の周期的な変動との関連性は確認されていません。
- なお、図 2.21 に降雨量を示していますが、昨年末から、まとまった降雨がなく、降雨の影響については判断できない状況です。
- これらのことから、現時点では、地下水の水位や流向などが地表面沈下に及ぼす影響は確認されていません。
- 続いて、14 ページをご覧ください。

- ・先ほどまでの検討結果をページ左側上段、表 2.4 に沈下要因のまとめとして整理しています。
- ・また、ページ左側下段の図 2.22 のグラフには、各沈下要因を、それぞれが発生したと考えられる時期に当てはめて整理した結果を示しています。
- ・地表面沈下は、圧密未了領域による影響が継続的に作用する中で、復旧工事の各時期における作業内容に応じて、重機振動、掘削および鋼矢板引抜きの影響が加わって発生したものと整理しています。
- ・また、それぞれの要因の影響範囲を重ね合わせた結果を、ページ右側上段の図 2.23 に示しています。
- ・圧密未了領域及び復旧工事の影響については、図に示すような範囲で生じたものと想定されます。
- ・続いて、15 ページをご覧ください。
- ・ここからは、今後発生する沈下量について予測した結果を整理しています。
- ・はじめに、工事による影響についてです。
- ・現地では、復旧などを目的とした大規模な工事は既に完了していますが、事故原因を究明するための調査を行うにあたり、凍結工法による止水作業を実施することとしています。
- ・これを踏まえ、ここでは、凍結工法が地表面沈下に及ぼす影響について、検討を行いました。
- ・検討方法の詳細は資料に示しているとおりですが、土質に応じて凍土の範囲を数個の直方体に分割し、それぞれの凍上率を算定した上で、各直方体の変位を重ね合わせ、地表面変位を求めています。
- ・ページ左側下段、図 2.24 に今回の検討における凍土分割図を示しています。
- ・今回の検討では、凍土範囲を 16 個の直方体に分割しました。
- ・また、ページ右側上段、表 2.5 に算定した凍上率の一覧を記載しています。
- ・なお、解凍沈下率は、一般的な値である凍上率の 2 倍としています。
- ・以上を踏まえた検討結果が、ページ右側下段、図 2.25 になります。
- ・中段に検討結果の概要を記載していますが、今回実施する凍結工法により、シールド中心部では、最大で 1.5mm の凍上と 3mm の解凍沈下が生じ、差し引き 1.5 mm の沈下が生じることが想定されます。
- ・また、シールド中心部から 40m 離れた地点では、0.7mm の凍上と 1.3mm の解凍沈下が生じ、差し引き 1mm 以下の沈下量に収まっています。
- ・このことから、凍結工法による影響範囲は概ね 40m と想定されます。
- ・続いて、16 ページをご覧ください。
- ・次に、圧密未了領域による影響について、ご説明します。
- ・今回、追加調査によって確認された圧密未了領域について、特段の対策を講じなかった場合に想定される将来的な圧密沈下が、民地へ及ぼす影響について、検討を行いました。

- ・図 2.26 に解析モデル図を、図 2.27 に検討位置の平面図を示しており、それぞれの図の黄色の着色部分が圧密未了領域を示しています。
- ・検討方法の詳細は、資料に記載のとおりですが、今回の検討では、まず将来的な上載荷重の増加を考慮した圧密未了領域の沈下量を算出しました。
- ・その結果が表 2.6 に示したものとなります。
- ・D-E 断面では、地中の圧密未了領域において 5.1 c m の沈下が、また、D-B 断面においても、同じく地中の圧密未了領域で 8.2 c m の沈下が生じるものと想定されます。
- ・次に、表 2.6 で示した沈下量が再現されるよう、解析モデルに線膨張係数を設定し、温度変化を与えることで地表面沈下の算出を行いました。
- ・その結果をページ右側、図 2.28 に示しています。
- ・また、今後想定される家屋への影響として、陥没中心部からの距離に応じた残留沈下量および傾斜を算出し、その結果を表 2.7 に整理しています。
- ・結果として、すべての地点で「小規模建築物基礎設計指針」に示される基準値内ではありますが、陥没中心から半径 40m 内の地点では、圧密未了領域の対策を講じなかった場合、残留沈下量が 10mm 以上となることが想定されます。
- ・続いて、17 ページをご覧ください。
- ・先ほどまでの検討結果をページ左側上段、表 2.8 に沈下予測のまとめとして整理しています。
- ・まず、圧密未了領域による影響についてです。
- ・こちらは、先ほどご説明したとおり、対策を実施しなければ、陥没中心部から半径 40m 内で残留沈下量が 10mm 以上と想定されます。
- ・次に、凍結工法による影響についてです。
- ・こちらは、最大でもシールド中心部で 1.5mm 程度、中心から 40m 地点では、1 mm 以下の沈下に収まり、影響は微小なものとなっています。
- ・続いて、工事振動による影響についてです。
- ・重機や運搬車両による振動は今後も一定程度ありますが、今後は施工ヤードが縮小されるため、民家への影響は、ほぼ無いと考えています。
- ・最後に地下水の影響についてです。
- ・地下水と沈下の関連性については、現時点では確認できませんが、今後も計測を継続することとしています。
- ・以上を踏まえた、今後の沈下の影響範囲を重ね合わせた結果を、ページ右側の図 2.29 に示しています。
- ・圧密未了領域、凍結工法および工事振動の今後の影響については、図に示すような範囲で生じるものと想定されます。
- ・続いて、18 ページをご覧ください。
- ・次に、追加対策についてご説明します。
- ・圧密未了領域による民地への影響を、早期かつ確実に収束させるため、追加対策

が必要と判断しています。

- そのため、表 2.9 において、追加対策として考えられる 4 つの案を比較しました。
- 一番左の追加地盤改良案は、すでに実施している地盤沈下対策と同様の、高圧噴射攪拌工法を用いて、圧密未了領域を固化し解消する案になります。
- 懸念点としては、直上の下水道管への影響が考えられますが、圧密未了領域を確実に解消でき、ほかの案と比較して周辺地盤への影響も少ないものと考えています。
- また、期間も 1 か月と、比較的短期間での実施が可能な案となります。
- 続いて、左から 2 つ目のペーパードレーン排水案は、ペーパードレーンにより、圧密未了領域の排水を促進して圧密未了領域を解消する案になります。
- 懸念点としては、圧密未了領域の圧密進行に伴い、地表面沈下が発生してしまうことが考えられ、確実性では圧密進行をコントロールできないといった問題があります。
- 続いて、左から 3 つ目の圧密脱水工法案は、スーパーウェルポイントにより上部砂層の地下水位を低下させて、圧密未了領域に作用する有効重量を増加させることで、圧密未了領域を解消する案になります。
- 懸念点としては、先ほどと同様に、圧密未了領域の圧密進行に伴い、地表面沈下が発生してしまうことが考えられます。
- また、この案は、遮水のために鋼矢板や薬液注入が必要となりますが、遮水が不完全な場合には、周囲の地下水位まで低下し、周辺地盤に沈下を引き起こす可能性があります。
- さらに、確実性の点でも先ほどと同様に、圧密進行をコントロールできないといった問題があります。
- 続いて、一番右の載荷盛土案は、圧密未了領域の上部に載荷盛土を行い、圧密未了領域に作用する有効重量を増加させることで、圧密未了領域を解消する案になります。
- 懸念点としては、直前に説明した 2 案と同様に、圧密未了領域の圧密進行に伴い、地表面沈下が発生してしまうことが考えられます。
- また、道路上に盛土を行う必要があり、施工期間も長期化することから、道路開放に遅れが生じるおそれがあります。
- さらに、確実性の点でも同様で、圧密進行がコントロールできないといった問題があります。
- 全体を総括すると、施工期間が短いこと、圧密未了領域を確実性に解消できること、すでに実施している地盤沈下対策で効果が確認できていることから、追加地盤改良案が最も適しているものと考えています。
- 続いて、19 ページをご覧ください。
- 最後に今後の対応になります。
- 圧密未了領域による民地への影響を早期かつ確実に収束させるため、追加対策と

して、図 2.30 に示す赤色の着色範囲を、高圧噴射攪拌工法により地盤改良し、圧密未了領域の解消を図ります。

- ・また、追加対策後は、引き続きモニタリングを実施し、追加対策の効果や工事による影響を確認していきます。
- ・以上で、「地盤沈下の状況と対策について」の説明を終わります。
- ・よろしくお願いいたします。

(座長)

- ・説明ありがとうございます。当初考えていたよりも沈下が大きくなる要因は復旧工事であるということと、一部圧密未了領域があるということ。
- ・今後、凍結などの影響もあるが、それはあまり大きくないので、この圧密未了領域に対策を講じるということだと思う。
- ・説明のあった、表 2.9 のペーパードレインによる排水案、圧密脱土工法案および載荷盛土案はすべて水を抜くこととなるが、水を抜くと周りにも影響を与えるので、追加地盤改良案がよいという説明だったと思う。
- ・ご質問、ご意見などあればお願いしたい。

(委員)

- ・座長の意見のとおりだと思うが、沈下状態について、想定よりも早く沈下したのは工事の影響である。
- ・あと、地盤沈下対策工により、沈下が抑制されており、地盤改良による効果は出ていると思う。
- ・18 ページの追加対策のところ、圧密未了領域にどのような対策をするかについて、一番左の追加地盤改良案は、地盤のヤング率を上げて沈下を抑制する。
- ・そのほかの3案、ペーパードレイン排水案、圧密脱土工法案、載荷盛土案は、圧密を促進して、圧密を早めに終了させる対策となる。
- ・そこから考えると、当然だが、ヤング率を上げる追加地盤改良案が最も沈下が抑制され、最も早く終了するので、その案が妥当だと思う。
- ・あと、教えてほしいのが、11 ページで、土質定数を弾塑性法による逆解析を行い見直していると説明していたが、表 2.2 にある変形係数が約2倍となっている要因はなにか。

(座長)

- ・逆解析の結果で、変形係数が倍くらいになっているが、いかがか。

(工事受注者)

- ・この解析に関しては、鋼矢板土留めを施工ステップで解析していくタイミングにおいて、実際に計測した変位に合うように逆解析を行って、変形係数を逆算したものです。当初の想定していた変形係数よりも大きくなったのは、計算上、変位が出過ぎてしまったため、それを調整するために、このような定数になったというところですか。

(委員)

- ・そうすると、当初に想定した変形係数が小さすぎたと考えてよいか。

(工事受注者)

- ・そのとおりです。

(委員)

- ・建物への影響について、建物は硬い杭の上に建つわけではないので、変形は避けられない。人体への影響、人間がわかるかどうかなのか、あるいは基礎や壁が壊れないかなど、というような観点から日本建築学会の指針で基準値が定められている。
- ・この基準値以内であれば、ほとんどの人は傾斜を感じないし、建物も壊れない。なおかつ、圧密未了の追加対策も実施することから、建物への影響としては、ほぼ安心なものだと思うが、やはり念には念を入れて、少なくとも 30m もしくは 40m 以内の家屋に関しては、当然持ち主の方のご許可が必要だと思うが、建物の基礎や壁の状況、ひび割れの観測を工事期間中は続けた方がよいと思う。

(座長)

- ・貴重なご意見いただきました。いかがでしょうか。

(事務局)

- ・現在、中心部に近い家屋について、定期的な測量などを行っておりまして、建物への影響が出ている家屋も多数ございます。
- ・工事による影響ですけれども、現場の道路復旧が 1 つのタイミングだと思います。少なくともそこまでは、計測を継続していきたいと考えております。

(委員)

- ・1000 分の 3 も人が感じないレベルです。それを超えてくるとだんだん敏感な人は感じてくるが、これは間違いない基準だと思う。

(座長)

- ・1000 分の 3 というのが 1 つの目安であるため、今後も計測を続けてほしい。

(委員)

- ・16 ページの表 2.6 に圧密未了領域の沈下量が出ているが、解析と実現象がなかなか合わないところもある。
- ・解析上は、先ほども話にあったように、追加地盤改良により圧密未了領域を解消すると、地盤の変形係数は上がると思うが、この表 2.6 の圧密未了領域の沈下量は、今出てる数字からどれくらい下がるのか。
- ・変形係数が上がることの効果が出てくると思う。

(工事受注者)

- ・ご指摘のとおり、変形係数が上がると変形量は小さくなっていくものと推定されますが、計算上は地盤改良を行うと圧密に伴う変形は生じないという形になります。
- ・地盤改良体として改良体の強度に応じた変形係数を設定し、上載荷重を乗せるのですが、そうすると、ほとんど地盤改良体は変形しないという結果になることが

想定されます。

(座長)

- ・今、地元の方々が心配されているのは、9 ページ。
- ・たとえば半径 20m の地点の当初想定沈下速度では月に 2.5mm になっている。それであれば半年で 15mm、1 年で 30mm 下がるのかと、そういうような話になると思う。
- ・圧密沈下というのは、ここにある破線で描かれている曲線のように動く。沈下はだんだん収束をしていくということ。この辺りについて何かご意見があればお願いしたい。

(委員)

- ・先ほど委員からのご質問、工事受注者からの回答がありましたが、改良体の真上の沈下量の計測データがないのは、改良体の部分の沈下がほぼ収まっているからという理解でよいのか。

(事務局)

- ・改良体の真上は工事を継続して施工しているところなので、なかなか測点が設置できず、測点を設置しても、結局は工事の影響による沈下が計測されてしまい、改良体の効果が判断できる沈下量は計測できていません。

(委員)

- ・19 ページで追加の改良範囲が提案されており、沖積基底層まで入れない理由はわかるが、上部粘性土層の途中で止めている理由がわからない。
- ・改良に伴う地表面への影響を懸念して、この範囲に設定しているのか。根拠があれば確認したい。

(事務局)

- ・10 ページに示すように、追加ボーリング調査とサンプリングによる室内土質試験を行っています。沖積粘性土を複数箇所サンプリングしており、室内土質試験の結果から、圧密未了領域の範囲を決定しています。追加対策改良範囲の上側で改良していない粘性土については、OCR が 1 以上あるため、圧密未了状態ではないと判断しています。

(委員)

- ・マシンのトラブルによって周辺地盤がシールドマシン内に引き込まれた状況が違うため、同じ土層ではあるが圧密の状態が違うので、過圧密比が低いところを集中的に改良する計画を立てているということでしょうか。

(事務局)

- ・そのとおりです。

(委員)

- ・過圧密比で整理するのは非常に合理的だと思うし、対策工法で地盤改良というのも問題ないと思う。
- ・工事による影響については、前回の時にもかなり話題になったと思うが、追加の

地盤改良をしている間の沈下は、少なくとも工事振動はもう無いはずだから、民家への影響は小さいと考えてよいか。

(工事受注者)

- ・地盤改良中の挙動に関しては、以前の施工の際にも周辺で計測を行っておりましたので、今回も同様に計測をしながらの施工となります。
- ・さらに、工事振動、重機に関しても、周辺での走行は以前の工事の際よりも少なくなっていると思いますので、想定される沈下というのは、あまり民家の方には発生することがないと考えています。

(委員)

- ・前回よりも民家に近いところでの施工になるが、モニタリングもするということなので妥当だと思う。

(座長)

- ・10 ページの図に示している OCR0.84、0.88、0.92、これより上の OCR が 1 以上になっているということよいか。

(事務局)

- ・そのとおりです。

(座長)

- ・それを示せば、18 ページの追加地盤改良を、沖積粘性土層の上端までやらなくてよいという説明になる。

(事務局)

- ・10 ページの図 2.9 の R7-5 と R7-4 に OCR を赤字と黒字で示してしまして、赤字の箇所は OCR が 1 未満となっていますが、黒字の箇所もサンプリングを行い、室内土質試験により、OCR が 1 を超えていることを確認しています。

(座長)

- ・委員が言われたのは範囲と高さの問題だと思う。図 2.8 に OCR が 0.84、0.91、0.92、0.88 とあるが、図で言うと 0.88 の右側、0.92 または 0.84 の上側。ここでは OCR が 1 を超えているということか。

(事務局)

- ・OCR の関係図を、圧密未了領域確認箇所しか載せていませんが、図 2.7 の平面図に示していますように、ボーリングそのものは 13 地点で行っておりまして、このうち青色で示す地点は、全て深度で OCR が 1 以上となっております。

(座長)

- ・範囲の問題と合わせて、高さの問題もあり 18 ページの追加地盤改良範囲が、この赤で囲った部分でよいのか、それとも沖積粘性土層全体にした方がよいのか、という話になるが、この辺りはいかがか。

(事務局)

- ・先ほど申しあげましたように、平面位置についての圧密未了領域の確認を全 13 地点のボーリング調査で確定させ、深さ方向についても沖積粘性土層を対象にサ

ンプリングを複数箇所行っており、OCR が 1 未満となる深度と 1 以上となる深度を確認しているため、基本的にはその確認された深度と平面位置が追加地盤改良範囲と考えています。

(委員)

- ・我々はわかるが、地元の方々にご説明する場合、たとえば図 2.8 に OCR が 1 以上となる箇所のデータも示した方が、わかりやすくなると思うので、修正を検討いただきたい。

(事務局)

- ・10 ページの図 2.9 ですが、説明が不十分な点がありましたので、補足して説明させていただきます。
- ・図 2.9 の一番左側に示している R7-7 については、OCR0.84 のみ記載しています。これは沖積粘性土層の最下部をサンプリングし、室内土質試験を行った結果ですが、R7-5 と R7-4 ではそれぞれ 3 深度分の OCR を記載しています。
- ・R7-7 だけ 1 深度分となっていますが、これは、平面図で示している青色の R7-1 のボーリングにおいて、沖積粘性土層の最下部のサンプリングが実施できなかったため、その対応として追加で R7-7 のボーリングを行ったことによるものです。このため、R7-7 は 1 深度分のみの結果となっています。

(座長)

- ・了解しました。この検討委員会では了解したが、委員が言われるように、図 2.8 でも OCR が 1 以上の範囲を示してほしい。また、18 ページの追加地盤改良を実施する圧密未了領域の幅、高さ、奥行きや改良の形はあるが、何mなのかわかるようにすれば、地元の皆様にも、改良する範囲や理由がわかりやすいと思う。合わせて修正してほしい。

(委員)

- ・R7-7 や R7-1 は図 2-8 では描かれているので、そこに黒色の点なら黒色の点で示して、土質試験した結果を入れるだけでも、見た目でもどこまでが OCR の低い範囲かがわかる。

(座長)

- ・ぜひ、対応をお願いしたい。

(委員)

- ・今の話だが、16 ページの図 2.26 に圧密未了領域の範囲を描いているので、これをもう少し強調すればよいと思う。

(委員)

- ・なので、図 2.8 のところで圧密未了領域の範囲を入れていない理由がわからない。

(座長)

- ・地元の方々にはできるだけわかるように、ご理解いただけるようお願いしたい。

(事務局)

- ・先ほど座長からご指摘のあった点について、9ページをご覧ください。左上の沈下計測結果のグラフに沈下速度を示してしまっていて、たとえば下から二番目、R20の実測値で言いますと、月に1.5mm沈下するという結果が出ています。ですが、先ほど座長からもご指摘いただきましたが、この沈下は今後、掛け算的に増えていくものではなく、収束方向に向かって徐々に小さくなっていくので、月に1.5mmであるからといって、10か月で15mmになるということではないと考えております。

(座長)

- ・そのとおりであり、徐々に沈下速度は遅くなる。そのため、4月から先のグラフを1年、2年先まで描いて、最後には平らになるということを示すと、地元の方々には安心されると思う。
- ・月に何mmと示すと掛け算したくなる。6か月で何mm、10年で何十mmかというような話になってしまう。圧密沈下は10年も経てばほぼ0になる。そういう、沈下曲線の行き先を図で示すとわかりやすいと思う。
- ・沈下の対策としては、圧密未了領域の改良を行うということ。これで地盤沈下はほぼ止まると思う。

【議事全般について】

(委員)

- ・議事(1)について、4ページを見ると、調査箇所分類にボルトの破損や鋼材の破損とあって、それに対してどのような調査をするかを5ページに記載しているが、その5ページに記載している調査は、4ページに記載している調査箇所すべてに対してではなく、不具合があった箇所に対して実施すると考えてよいか。

(事務局)

- ・ご質問のとおりです。

(委員)

- ・もちろんそうだと思うが、この状態で見ると、4ページに記載している一覧表の分類に示していることが5ページに記載されており、調査箇所すべてで調査を行うイメージになってしまうと思い、それを危惧して申し上げた。

(事務局)

- ・4ページは、今後、マシン内部に入れる状態になった際に、こういった観点でマシンの各部材を見ていくかという事前準備段階だと思っていただければと思います。
- ・4ページの観点で、各部材を見て、不具合がありそうだという部分について、5ページの調査を実施していくことになると思っています。

(座長)

- ・ここでは、マシンの話のみ記載しているが、セグメントに異常はないのかというご指摘があったので、セグメントに関しても確認していただきたい。

(事務局)

- ・承知しました。
- ・先ほど、セグメントに損傷があった場合には、復水がどうなるかという話があったと思います。15 ページの図 2.24 の断面図を見ていただきますと、凍土の造成範囲は、シールド前面の約 4.7m 前方から後方に約 16m となり、セグメントが 4 リングは凍土の範囲に入ります。ピッチングの影響で、セグメントに破断やひび割れが生じるのは、この辺りだと思われるので、そこは凍土の範囲には入っていると考えています。

(座長)

- ・必ずしも出水につながった事象であるか不明だが、マシンの頭が上がっていることは確かだろう。そうすると、テール部は下がっている。
- ・テール部が下がっているのであれば、セグメントに損傷を与えてないとは限らない。今後のこともあるので、こういった事象が起きた時にセグメントに何の問題も起きてないのか、確認事項として入れておいてほしい。
- ・シールドマシンの調査の方は、まず水を抜き、土砂を撤去し、後続台車などを撤去する。凍土や大きい粒径の土砂は手掘りにより撤去する。こういった手順で切羽まで行き、先ほどもあった各項目を調査し、セグメントの異常も確認をする。
- ・このように原因を究明する。そこまでよいか。

(事務局)

- ・セグメントの異常含めて確認する。

(座長)

- ・今後の沈下に関して、圧密未了領域、OCR が 1 となる地点を境にして、1 未満となる領域を地盤改良をする。
- ・また、復旧工事などが始まる前の沈下曲線は綺麗な曲線であった。当初考えた改良範囲で沈下が収まる予定だったが、復旧工事などの影響で、沈下曲線が大きく下がり、また曲線を描いている。地元の方々には、沈下により大きな影響は出ているが、最後は徐々に止まるというようなイメージで考えていただけるように説明をするということによいか。

(委員)

- ・先ほど座長から、今の沈下状況が将来どうなるか、2 年後、3 年後まで示した方がよいという話があり、沈下の速度が落ちてくるのはおっしゃるとおりだと思う。ただ、別の見方をすると、先ほど委員がおっしゃったように、追加で地盤改良すると、今よりもっと状態が良くなる。そこを考えると、現在の、地盤改良前の傾向を延長して 2、3 年先まで描いてしまうと、それよりもっと良くなるため、そこについてはコメントを付けた方がいいと思う。

(座長)

- ・そのとおりです。ただ、地盤改良をして沈下が持ち上がるほどのことは、おそらくなく、その時にもまた下がる。

- ・最初に考えた沈下曲線があり、その沈下曲線はおそらく合ってると思う。ところが復旧工事があって、大きく下がって、またこの傾きに乗ってきて、今度部分的に改良すると、またちょっと下がるかもしれないが、というような概念図で私はよいと思う。
- ・たとえば住宅に近い30m付近を取り出してみて、今までにこういう経緯があって、今後また凍結などがあり、地盤改良でも少し下がるかもしれないが、最終的にはこのようになります。ここのところは沈下曲線から差が生じるくらいの話にして、何mmとは書かず、止まるというイメージを書いておいた方がよいということ。

(事務局)

- ・その件について、何か対策をしなかった場合の沈下の予測という表現にさせていただけたらと思います。

(座長)

- ・了解しました。、その辺りはお任せする。要は単純に掛け算をしないでほしいというイメージをしっかりと見ていただく。それが重要だと思う。

(委員)

- ・今の話ですと、おそらく半径20m以内に関して、圧密未了領域は改良されるので、そこは実質的に沈下量が抑えられると思う。
- ・一方で、30m～40mの範囲になると、おそらく今でも復旧工事以外の部分は圧密曲線に乗っていると思うので、その部分は20m以内で対策をしたことによって、抑えられる可能性はあると思う。
- ・ただ、基本的には二次圧密の状態が続いていて、ある程度の期間をもって収束していくことは予測できると思うが、その点について、どのように考えているのか教えてほしい。

(事務局)

- ・今、委員がおっしゃられたのは、何か土質定数を用いて予想できるのではないかとということですか。

(委員)

- ・30mの範囲のところもボーリングをしている。ここで言うと20m～30mの範囲なので、たとえば10ページの図2.7の、R8-3、R7-6のところは、もう過圧密比が1を超えているということになってると思う。ほぼ圧密が終了している状態だということは、物性値的にも出てると思うので、その値を使って、仮にこの同じ値が緑色(半径30m)の範囲の中にあつたとしても、最大での沈下量というか、ほぼ収束しているということは説明できると思ったので、その辺りが気になる。

(事務局)

- ・今まさにおっしゃられたように、物性値そのものがOCR上は1以上、いわゆる正規圧密から過圧密状態に至っていることが確認できていますので、基本的には10ページの図2.7の、今回追加でボーリングを行った外側については、これ以

上の沈下は基本的には起こらないというか、これ以上の荷重をかけない限りは起こらない状態だとは思いますが。

- ・ただ、将来的な予測値については、土質の計算値として算出することがなかなかむずかしいところがありまして、基本的には計測結果を用いたトレンドで、実測値による沈下曲線により予測していくしかないと考えています。

(委員)

- ・ありがとうございます。今回調査した R8-3、R7-6 など、20mの範囲のところではほぼ過圧密状態になっているから沈下はしないはずで、それでもまだ何らかの影響が出ているがずっと続くわけではないというところを説明してもよいと思う。それを数字で出すのがよいか、土質力学的に過圧密状態だからというのがよいかの判断はお任せする。
- ・ただ、工事に伴って緩んだ地盤の沈下の動きが収束に向かっていることが、ご理解いただけるような説明をした方がよいと思っている。

(事務局)

- ・おっしゃられるとおり、ご安心していただくために、いろんな情報を用いて、ご説明を丁寧にしていくしかないと思います。

(座長)

- ・この圧密未了領域が改良されたとしたら、少しトレンドを見る必要があるが、30m、40m、50mこの辺りはもう沈下が終了したと言えるかもしれない。その辺りのトレンドをしっかり押さえること。

(事務局)

- ・承知しました。

(委員)

- ・追加対策の改良範囲の概要図を描くと、実態はこのようにしか描けないと思うのですが、実際の沖積基底層との層境が直線の想定というのは、疑ってかかってもらった方がよい。
- ・実際、追加対策の深さ方向は、おそらくボーリングなり、何らかの削孔に関するデータを取られると思うので、その結果を見て最終的に判断しつつも、多少安全目にした方がよいと思う。その改良の効果は得られるとは思いますが、きちんと深さの方向で改良効果が担保できているかというところで、少し精度が変わるため、そこは施工時での判断になると思うが、頭に置いておいてほしい。

(座長)

- ・了解しました。ありがとうございます。

(委員)

- ・内容が繰り返しになるかと思うが、シールドマシンの確認や、それに伴う凍結工法など、慎重に実施する、影響もそんなにないだろうという説明ではあったが、慎重にモニタリングを継続して実施していただきたい。

(座長)

- ・いずれにしろ、周囲の状況や計測データをきちんと見て施工して欲しい。よく見ないでまあ大丈夫だろうで施工せず、慎重に工事を進めてほしい。
- ・ほかご質問、ご意見等あればお願いしたい。
ー委員意見なしー