

八潮市で発生した道路陥没事故に関する
原因究明委員会報告書

2026年2月19日

八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会

はじめに

2025年1月28日、八潮市内の県道松戸草加線中央一丁目交差点内において、大規模な道路陥没が発生し、走行中のトラックが転落して運転手が死亡する事故となった。陥没地周辺では大規模な交通規制や24時間体制での作業及び陥没地からの臭いなど大きな影響があり、その影響の一部は今も続いている。

広域的にも、陥没発生直後から事故現場の下水量を減らすため、約2週間にわたり下水道の上流域約120万人に対して下水道の使用自粛が求められたなど、県民生活に甚大な影響が生じた。

こうした状況の中、今回発生した道路陥没事故の原因を工学的かつ客観的な見地から究明することを目的として、「八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会」（以下「本委員会」という。）は設置された。本委員会は、客観性の確保を徹底するため、第三者で構成され、予断のない議論を重ねてきた。

今回の最終報告は、工学的見地から、県が実施した点検・調査等に関する検証を行い、事故の再発防止に向けた提言を行うものであり、事故発生の責任の所在を明らかにすることを目的とはしていない。

本委員会では、当該下水道管の構造に関する情報を十分に調査した上で他の専門家の意見も参考にしながら、時間をかけた詳細な調査・評価を行うことができた。その過程で、これまでの実際の点検・調査業務においては、厳しい調査環境の中、極めて限られた時間、体制のもと判断を行うことが多いことも明らかになった。今後、点検・調査の実施者に過度な負荷を強いることのないよう、簡易で確実な調査方法の開発や、分かりやすい基準の確立など、効率的で円滑な点検・調査が行われる体制づくりが必要である。

本報告が参考となり、今回のような事故が二度と起こらないよう、基準の改正や技術開発が進められ、適切な維持管理体制の構築が図られることを祈念する。

2026年2月19日

八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会

委員長 藤野 陽三

目次

はじめに.....	1
1. 事故の概要.....	1
2. 本委員会の概要.....	2
2.1. 委員会の設置.....	2
2.2. 委員の構成.....	2
2.3. 委員会活動の概要.....	2
3. 陥没事故周辺状況.....	4
3.1. 道路及び地下埋設物の概要.....	4
3.2. 地質概要.....	5
4. 中川流域下水道の概要.....	7
4.1. 下水道の概要（2023年度末時点）.....	7
4.2. 下水道幹線の概要.....	8
4.3. 下水道管の諸元.....	9
4.4. 下水道管（シールド一般部）の構造.....	10
4.5. 下水道管（シールドマシン残置部）の構造.....	14
5. 本委員会が実施した調査の概要.....	16
5.1. 事故の経緯.....	16
5.2. 下水道管内の流況調査.....	25
5.3. 下水道管内の硫化水素濃度.....	30
5.4. 現地調査結果.....	34
6. 陥没事故を起こした要因.....	57
6.1. 道路陥没の要因.....	57
6.2. 道路陥没のシナリオ.....	59
6.3. 陥没後の大規模崩壊の状況.....	77
7. 埼玉県が実施した点検・調査等に関する検証.....	78
7.1. 管内部の腐食・損傷に関する点検・調査.....	78
7.2. 管背後の空洞に関する点検・調査.....	85
7.3. 適切な措置の可否.....	85
8. 八潮市道路陥没事故を受けた提言.....	87
8.1. 検討の視点.....	87
8.2. 事故の教訓を踏まえた留意点.....	87
おわりに.....	101

1. 事故の概要

1. 事故の概要

- ①日 時：2025年1月28日(火)午前9時49分頃
- ②場 所：主要地方道 松戸草加線（県道54号）中央一丁目交差点内（図1.1）
- ③地表から見た陥没の規模：最初に確認された陥没穴は開口部で長さ約8m、幅約4m、深さ約5m（以下「1つ目の陥没穴」という。）であった。2つ目の陥没穴は、2025年1月29日午前1時3分頃に発生し、開口部で長さ約11m、幅約7m、深さ約8mであった。また、2025年1月30日午前2時37分頃には、これらの2つの陥没穴が一つに結合して、開口部で長さ約30m、幅約20m、深さ約10mに拡大した（図1.2）。
- ④事故の状況：1名が乗車したトラック1台が1つ目の陥没穴に転落（2025年5月2日に運転手が救出され、同日に死亡を確認。）

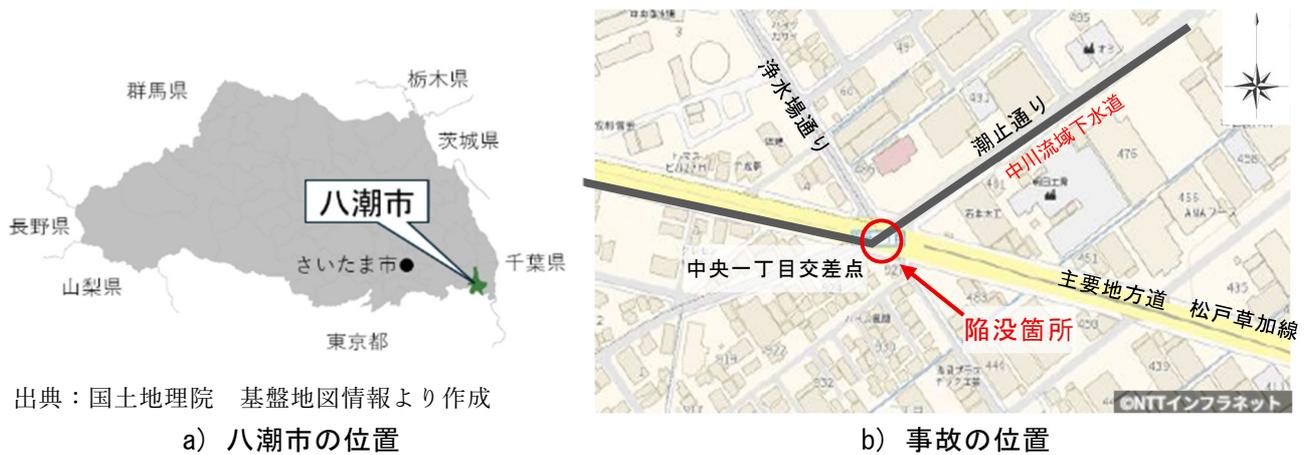


図 1.1 事故の位置

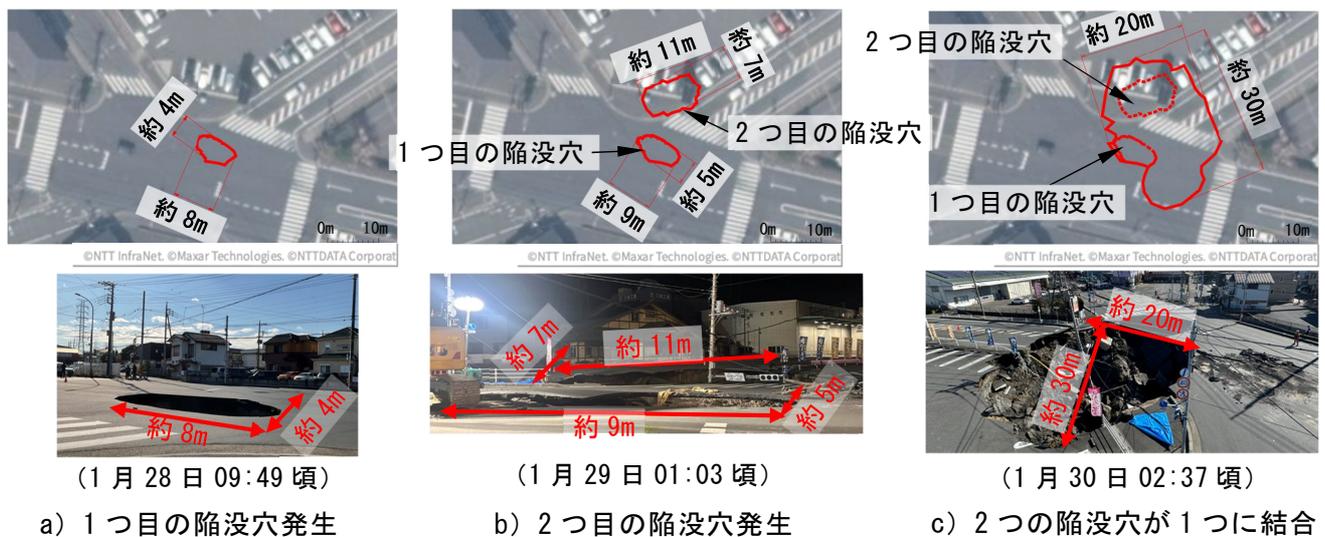


図 1.2 道路陥没の拡大

2. 本委員会の概要

2.1. 委員会の設置

事故の原因を工学的かつ客観的な見地から究明することを目的として、第三者による「八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会」が設置された。

2.2. 委員の構成

本委員会は、以下の委員で構成された。

委員長	藤野 陽三	城西大学	学長
副委員長	二羽 淳一郎	東京科学大学	名誉教授
委員	砂金 伸治	東京都立大学	都市環境学部 教授
委員	加藤 裕之	東京大学大学院	工学系研究科都市工学専攻 特任准教授
委員	桑野 二郎	埼玉大学	名誉教授
委員	桑野 玲子	東京大学	生産技術研究所 教授
委員	真下 英人	一般社団法人日本建設機械施工協会	業務執行理事 (施工技術総合研究所長)
委員	宮武 裕昭	国立研究開発法人土木研究所	つくば中央研究所 地質・地盤研究グループ長
委員	森田 弘昭	日本大学	生産工学部 教授

(委員長・副委員長以外 50 音順)

2.3. 委員会活動の概要

第1回委員会以降の本委員会の活動等は、下表のとおりである（表 2.1 及び表 2.2：P.3 を参照のこと）。

表 2.1 委員会活動の概要(その1)

活動日	活動内容
2025 年	
3 月 14 日	第 1 回委員会
3 月 25 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
4 月 2 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
4 月 4 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
4 月 11 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
4 月 14 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
4 月 21 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
4 月 28 日	現地調査及び意見交換
4 月 29 日	現地調査及び意見交換
5 月 1 日	土質ボーリングのコア観察
5 月 15 日	現地調査及び意見交換
5 月 20 日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
5 月 21 日	現地調査及び意見交換

救出期間

2. 本委員会の概要

表 2.2 委員会活動の概要(その2)

活動日	活動内容
5月29日	第2回委員会
6月9日	コンクリート強度試験（コア採取：6月6日）
6月12日	現地調査及び意見交換
6月17日	現地調査及び意見交換
6月20日	浸水試験完了 （東京大学生産技術研究所への試料搬入：5月19日）
6月21日	流出実験完了 （東京大学生産技術研究所への試料搬入：5月19日）
6月26日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
6月30日	現地調査及び意見交換
7月2日	現地調査及び意見交換
7月7日	コンクリートの化学分析試験（試料採取：6月6日）
7月10日	シール材の化学分析試験（試料採取：6月6日）
7月29日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
8月7日	構造解析完了（解析着手：5月20日）
8月8日	模型実験完了 （東京大学生産技術研究所への試料搬入：5月19日）
8月19日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
8月21日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
8月29日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
9月4日	第3回委員会
10月1日	現地調査及び意見交換
10月7日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
10月9日	現地調査及び意見交換
10月10日	現地調査及び意見交換
10月16日	現地調査及び意見交換
11月18日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
12月9日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
12月23日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
2026年	
1月21日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
1月29日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
2月6日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
2月12日	参加可能な委員による関係者からの意見聴取及び意見交換
2月19日	第4回委員会

3. 陥没事故周辺状況

3.1. 道路及び地下埋設物の概要

- ① 道 路 名：主要地方道 松戸草加線（県道 54 号）
- ② 交 通 量：9,585 台/日、うち大型車 2,293 台/日※
- ③ 地 下 埋 設 物：陥没穴の周辺には中川流域下水道（中央幹線）、八潮市雨水幹線など全 9 種類が埋設されている。このうち、中川流域下水道（中央幹線）は最深部に位置し、土被りは約 10.6m であった（図 3.1）。
- ④ 路面下空洞調査：地表面から深度約 1.5m までを対象とした路面下空洞調査を 2020 年 11 月に実施したが、今回の道路陥没箇所において空洞は発見されていない。チュウ 4 マンホール（以下「MH」という。）の南東地点（図 3.2：黄色の丸）の深さ約 0.7m の位置に、平面の大きさ 1.4×1.1m、厚さ 0.13m の空洞が見つかったが、2021 年 4 月に補修済みである（図 3.1）。

※出典：令和 3 年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査

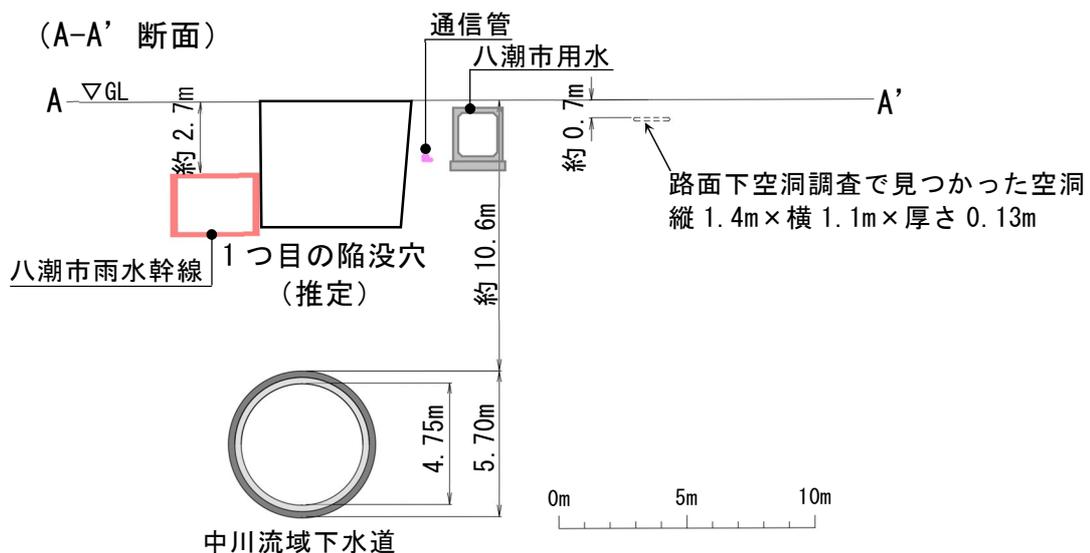


図 3.1 陥没箇所の中川流域下水道の土被り

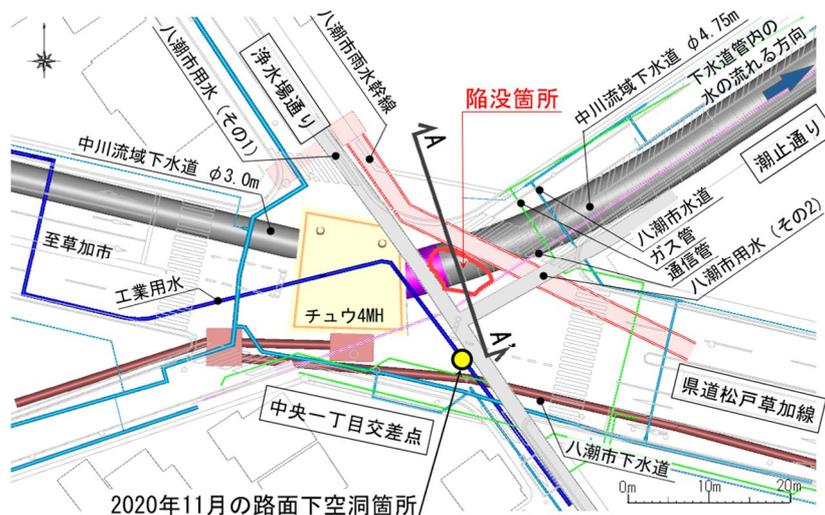


図 3.2 路面下空洞の平面位置

3. 陥没事故周辺状況

⑤ 陥没穴と地下埋設物の位置関係：以下に示すとおり（図 3.3）。

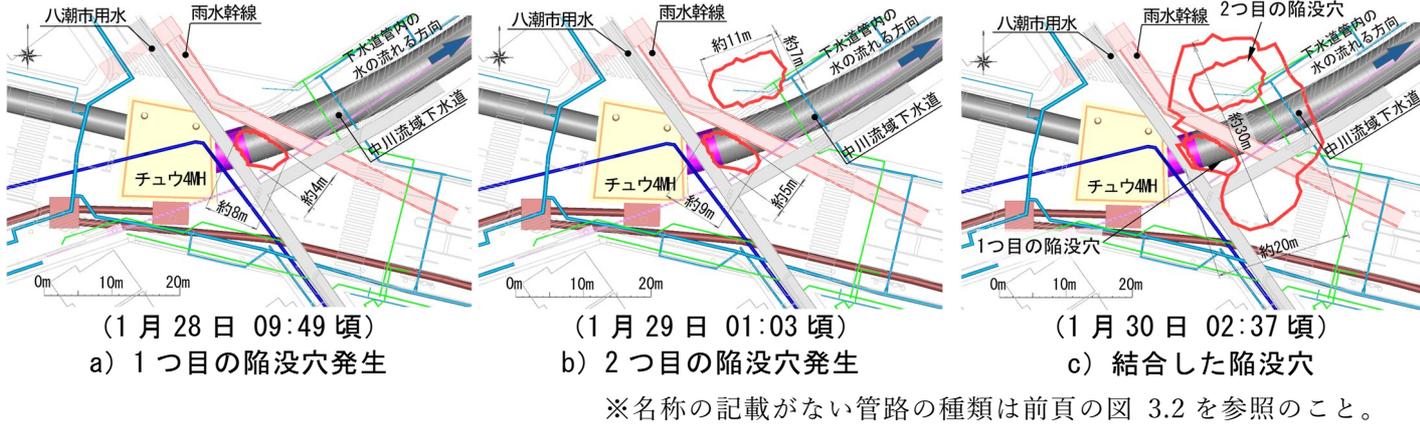
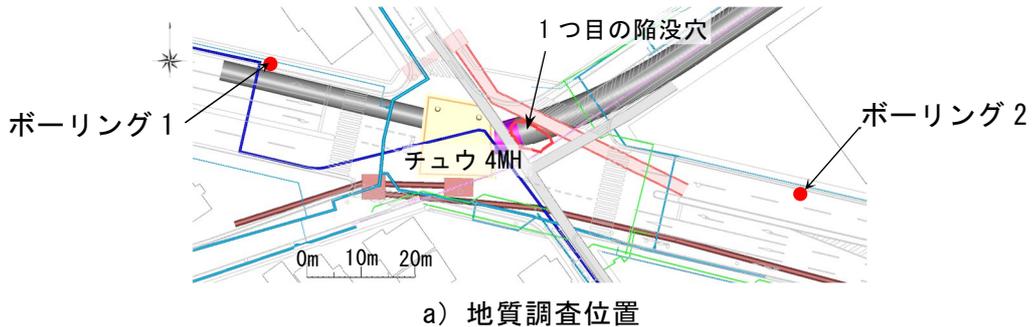


図 3.3 陥没穴と地下埋設物の位置関係

3.2. 地質概要

- ① 地層構成：地表面からの深度（以下「GL-」という。）7m 付近までが「シルト質細砂」、GL-7m 付近から GL-11m 付近までが「砂混じりシルト」で構成された地層である（図 3.4）。
- ② 地下水位：GL-2.0m 程度と高く、N 値は大半が 0～1 であり、飽和した軟弱な地盤である。



b) ボーリング柱状図（略図）

図 3.4 地質調査結果

3. 陥没事故周辺状況

- ③ 粒度分布：ボーリング1の「シルト質細砂」(GL-0～GL-7m 付近) は細粒分含有率※が約40%、最大粒径2mmである。また、「砂混じりシルト」(GL-7～GL-11m 付近) は細粒分含有率が約95%、最大粒径0.85mmである。いずれも非常に粒子が小さく、砂に比べると透水性が低い地盤である(図3.5)。

※土砂に含まれる粒径0.075mm以下の細粒分が占める質量の割合のこと。

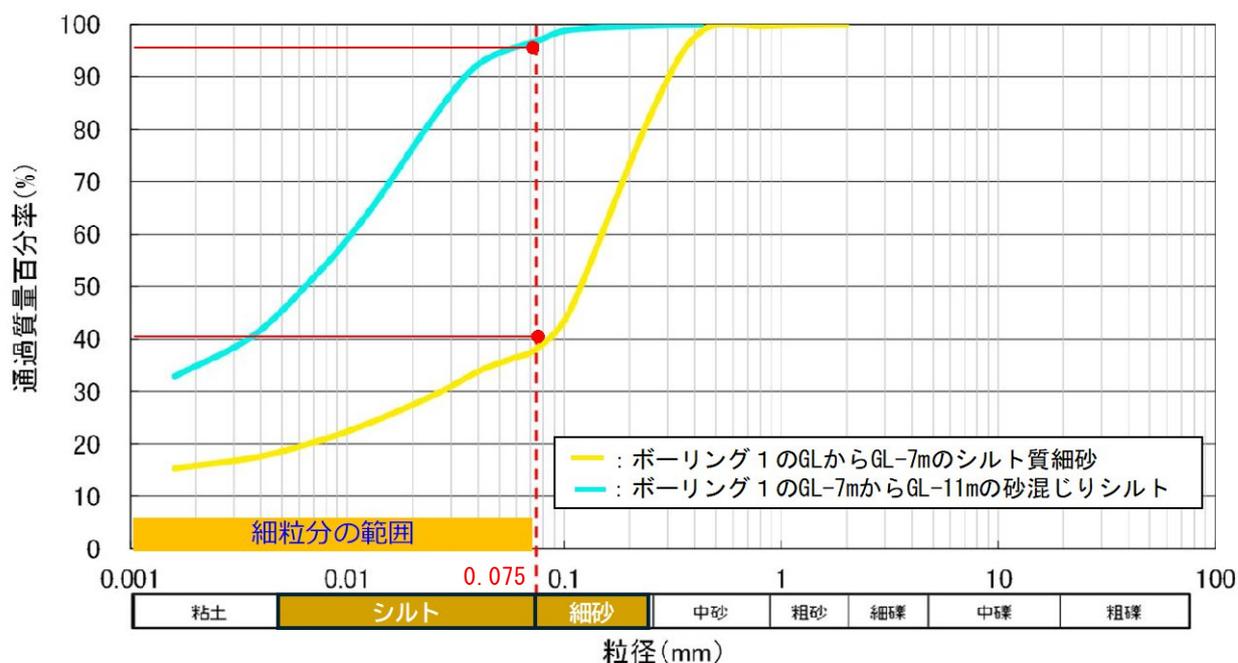


図 3.5 現地土の粒径加積曲線

4. 中川流域下水道の概要

4.1. 下水道の概要（2023 年度末時点）

- ① 名 称：中川流域下水道（複数市町の公共下水道の下水を処理）
- ② 処 理 場：中川水循環センター 処理能力 613,200 m³/日
[流域下水道の処理水量の規模としては全国 3 位]
- ③ ポ ン プ 場：春日部中継ポンプ場 1 箇所
- ④ 管 渠 施 設 延 長：121km（うち、事故の影響を受けた延長は 100km）
- ⑤ 処 理 面 積：16,618ha（うち、事故の影響を受けた面積は 14,308ha）
- ⑥ 処 理 人 口：1,434,035 人
（うち、事故の影響を受けた範囲の処理人口 1,228,555 人）
- ⑦ 普 及 率：83.3%
- ⑧ 関 係 都 市：11 市 4 町
（うち、事故の影響を受けた範囲は 9 市 3 町[下線を付した市町]）
さいたま市の一部、川口市の一部、春日部市、草加市、越谷市、
八潮市、三郷市、蓮田市、幸手市、吉川市、白岡市、伊奈町、
宮代町、杉戸町、松伏町
- ⑨ 処 理 水 量：日最大 489,784 m³/日

注）下水道幹線、処理場、ポンプ場の概要は次頁の図 4.1 を参照のこと。

4. 中川流域下水道の概要

4.2. 下水道幹線の概要

① 幹線：下水を集約し処理場へ導く主要な下水道管を幹線といい、中川流域下水道（図 4.1）は 11 幹線からなり、主要な 3 幹線（中央幹線・中川幹線・三郷幹線）によって中川水循環センターに下水を集めている。

② マンホール（MH）：中川流域下水道内に 272 箇所が設置されており、下水道管の点検・調査に用いられている。なお、MH の名称及び番号は、最下流の MH 番号を 1 とし、頭に幹線の頭文字を付して管理*されている。

※中央幹線はチュウ、中川幹線はナカ、三郷幹線はミサを用いている。

例) チュウ 1 MH：中央幹線の最下流から 1 番目の MH。

中川流域下水道の延長は約 107km、MH の平均設置間隔は約 0.7km である。

なお、チュウ 4MH～チュウ 3MH 間の距離は約 0.6km であり、陥没事故現場の下水道管はシールド工法により施工されている。

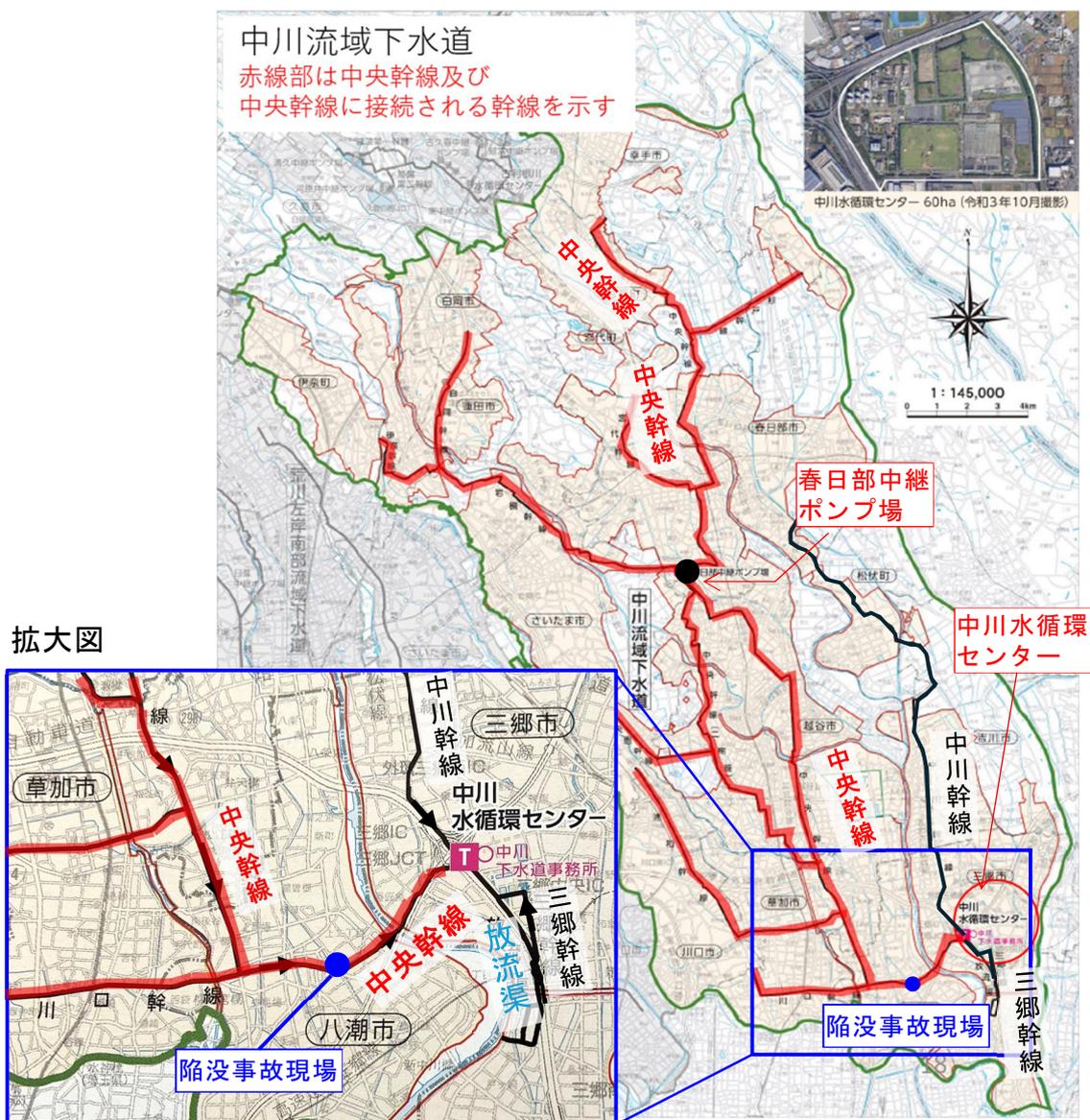


図 4.1 中川流域下水道の管内図と中央幹線及び中央幹線に接続する幹線の概要

4. 中川流域下水道の概要

4.3. 下水道管の諸元

陥没箇所位置する、チュウ 4MH～チュウ 3MH 間の下水道管の諸元を以下に示す。

- ① 整備年：1983年に整備（供用から42年が経過：事故発生時点）
- ② 施工方法：シールド工法により施工
- ③ 配置：下水道管は上流側からチュウ 4MH、シールドマシン残置部、シールド一般部の順に配置されている（図 4.2 及び図 4.3）。
- ④ 平面線形：チュウ 4MH の下流側は曲線区間（延長約 36.3m、曲線半径 $R=118.5$ m）、それ以降は直線である（図 4.2）。
- ⑤ 縦断線形：縦断勾配は 0.9‰と緩やかであるが、チュウ 4MH 内に約 1.9m の高低差がある。また、チュウ 4MH には八潮市下水道が接続しており、流入口からは約 3.5m の高低差がある（図 4.4）。

なお、下水道管の構造（シールド一般部、シールドマシン残置部）は、次節以降に述べる。

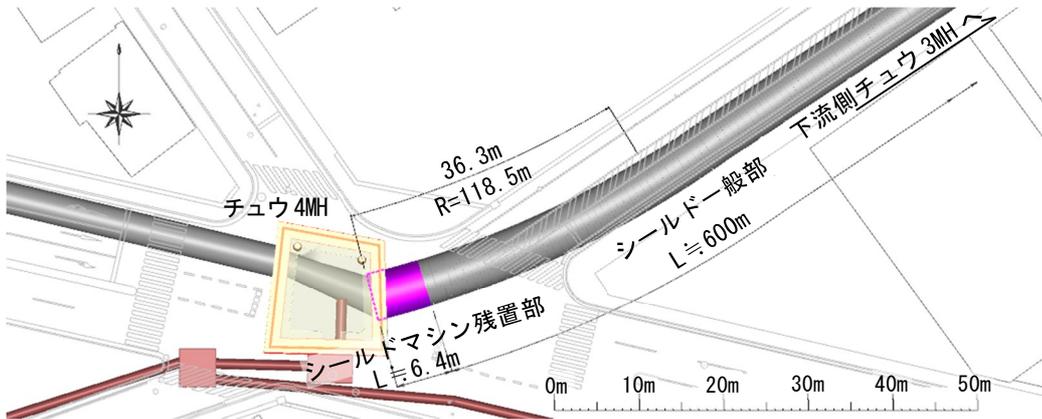


図 4.2 下水道管路の線形及び配置(平面)

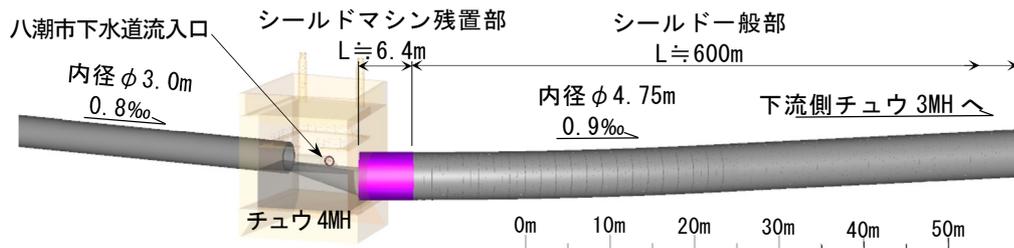


図 4.3 下水道管路の線形及び配置(側面)

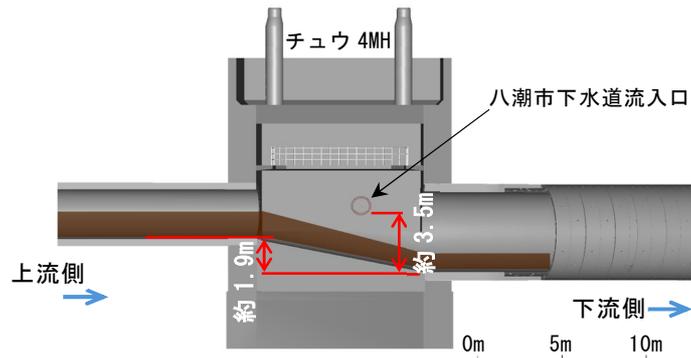


図 4.4 下水道管路の線形及び配置(チュウ 4MH 内・断面)

4. 中川流域下水道の概要

4.4. 下水道管(シールド一般部)の構造

4.4.1 構造の概要

陥没箇所の下水道管（シールド一般部）に関する構造の概要を以下に示す。

- ① 大 き き：内径 4.75m、外径 5.70m（図 4.5 a）
- ② 土 被 り：約 10.6m（図 4.5 b）
- ③ 構 成 部 材：一次覆工である RC セグメント（厚さ 225 mm）と、二次覆工である無筋コンクリート（厚さ 250 mm）で構成される（図 4.6）。一次覆工は土水圧に抵抗、二次覆工は防水、防食等のため一次覆工の内側に設けられる。

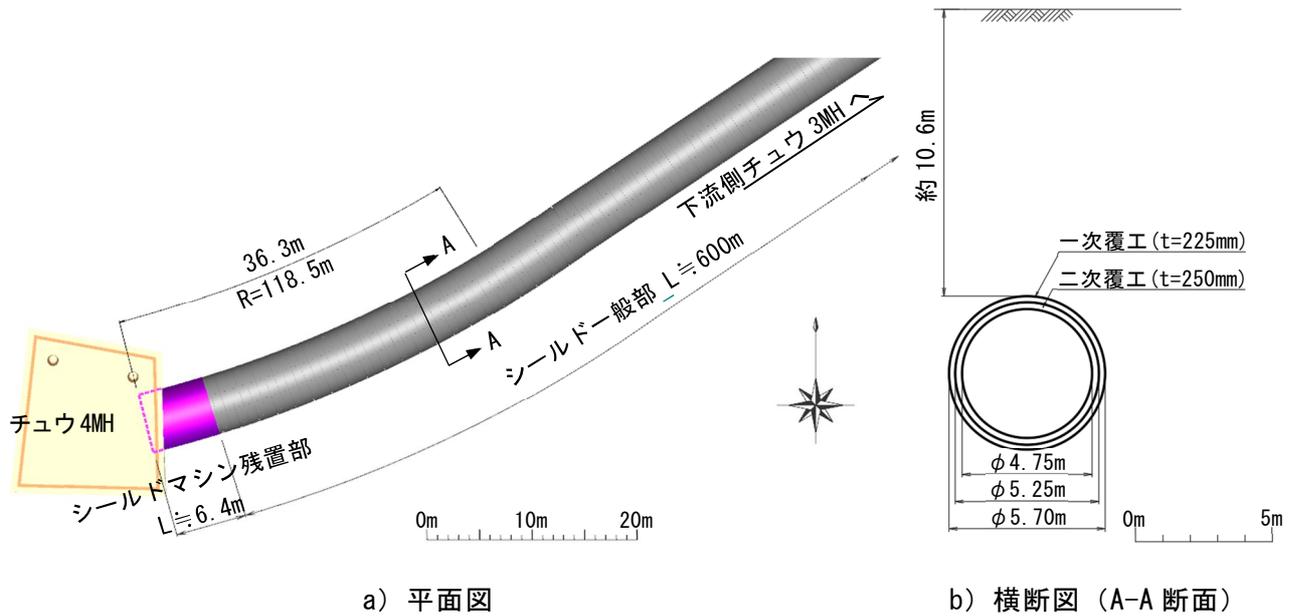


図 4.5 シールド一般部の概要図

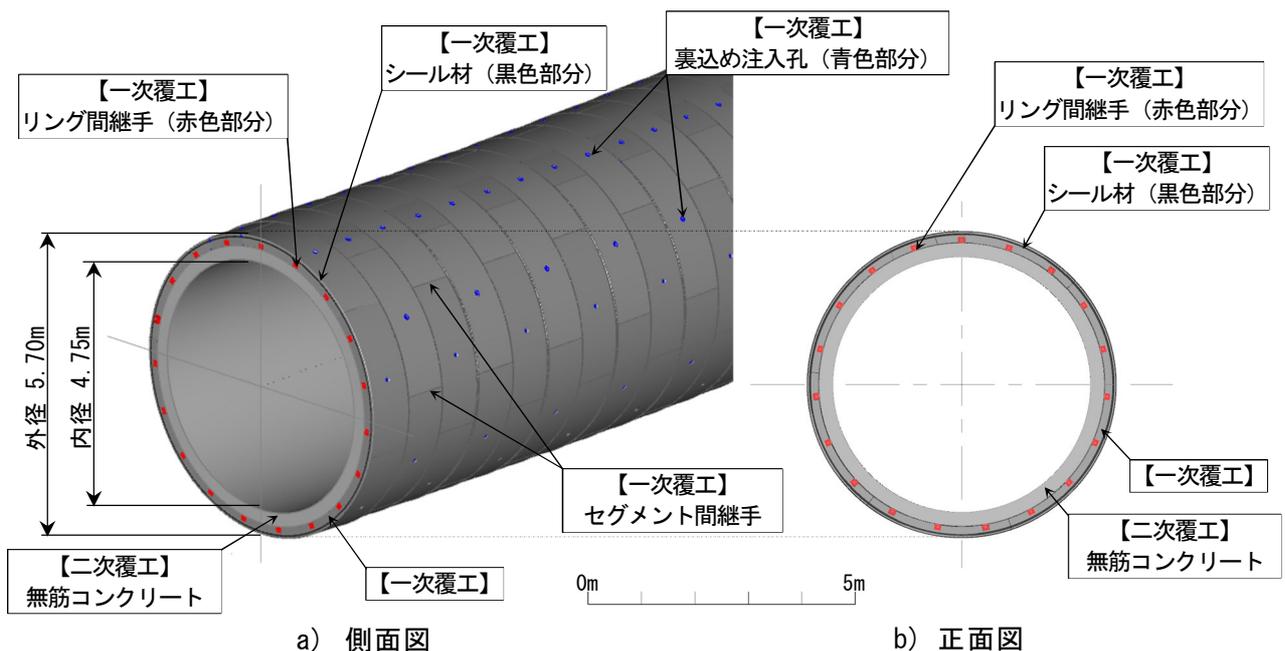


図 4.6 シールド一般部の構成部材

4.4.2 構成部材の詳細

下水道管を構成する詳細を以下に示す。

- ① 一次覆工：下水道管の外側に配置され、A型、B型、K型の異なる3種類のRCセグメントと呼ばれる部材をリング状に組立てる（図4.7）。RCセグメント同士は、下水道管の円周方向をセグメント間継手、軸方向をリング間継手で結合する（⑥、⑦：P.12に詳述）。

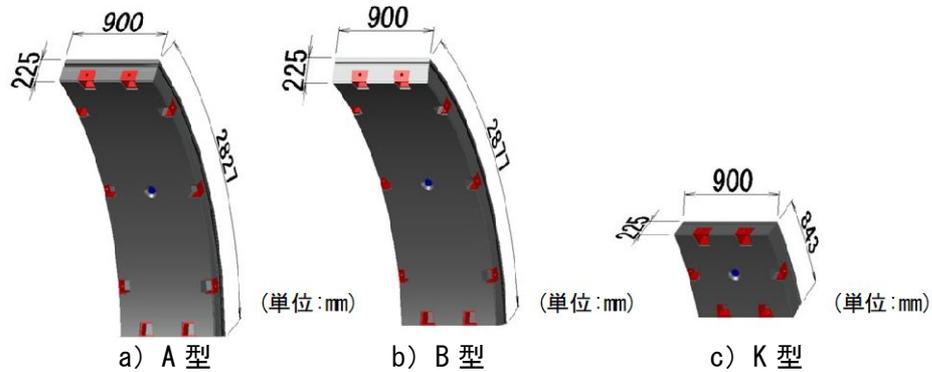


図 4.7 RC セグメントの種類

- ② K型セグメント：RCセグメントは下方から組立てられ、最後にK型セグメントにより閉合される。施工当時のK型セグメントの挿入方法は、半径方向挿入型である（図4.8 a）。なお、近年では軸方向に挿入する方法（図4.8 b）が主流になっている。

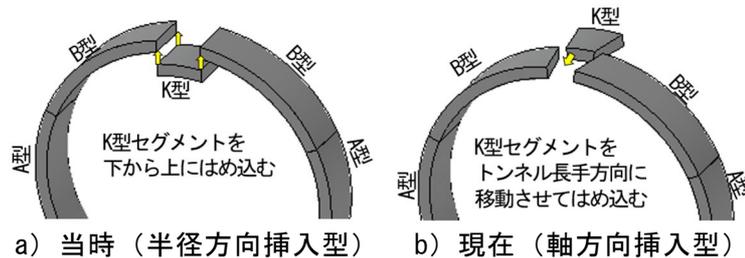


図 4.8 施工当時と現在のK型セグメントの挿入方法の違い

- ③ RCセグメントの組み合わせ：RCセグメントをリング状に組立てる際には2通りのパターンが用いられており、セグメント間継手が隣のリングと同一箇所にならないようにパターン1と2を交互に配置（千鳥配置）している（図4.9）。

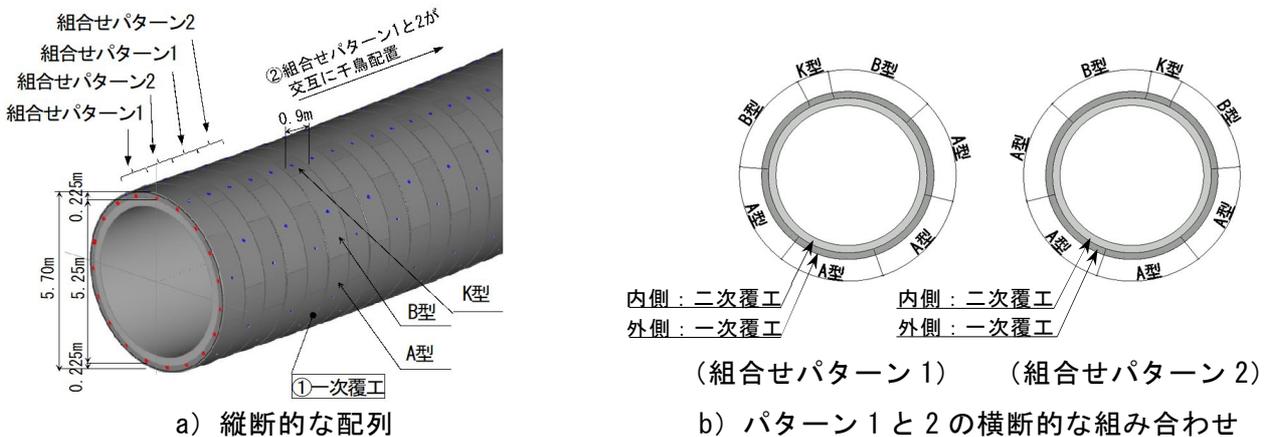


図 4.9 RC セグメントの組み合わせ

4. 中川流域下水道の概要

- ④ 二次覆工：防水、防食等のため、一次覆工の内側に無筋コンクリートが施工されている（図 4.10）。
- ⑤ 裏込め注入孔：一次覆工と周辺地盤との隙間を充填する材料を注入するための孔をいう。一次覆工の施工後、下水道管内部から充填材を注入した後キャップで塞ぐ（図 4.11）。
- ⑥ セグメント間継手：隣り合う RC セグメントを円周方向に繋ぐための部材をいう。隣り合う RC セグメントの端部に設けられたボルトボックスと、接合ボルトにより構成される。下水道管のリングを構成する RC セグメントを接合する唯一の部材であり、構造的に重要な役割を果たす（図 4.11 及び図 4.12：P.13 を参照のこと）。
- ⑦ リング間継手：RC セグメントを軸方向に繋ぐための部材をいう（図 4.11 及び図 4.12：P.13 を参照のこと）。
- ⑧ フラットバー（以下「FB」という。）：一次覆工に生じる引張応力を、鉄筋とともに負担する構造部材としての機能を果たす。また、セグメント間継手を構成するボルトボックスを、RC セグメント本体に定着する機能を兼ねる（図 4.12：P.13 を参照のこと）。

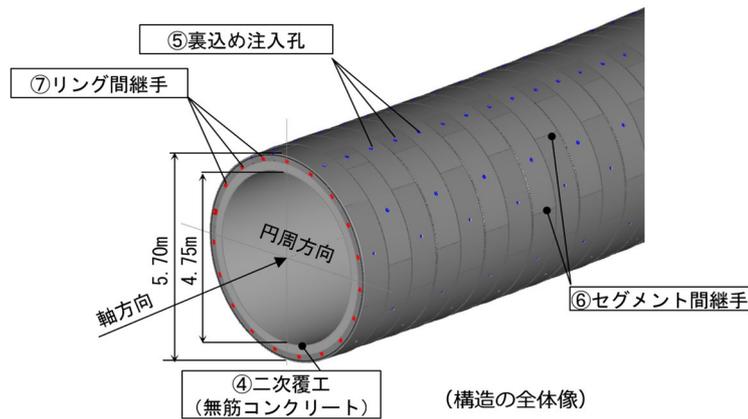


図 4.10 各部材の位置・名称図

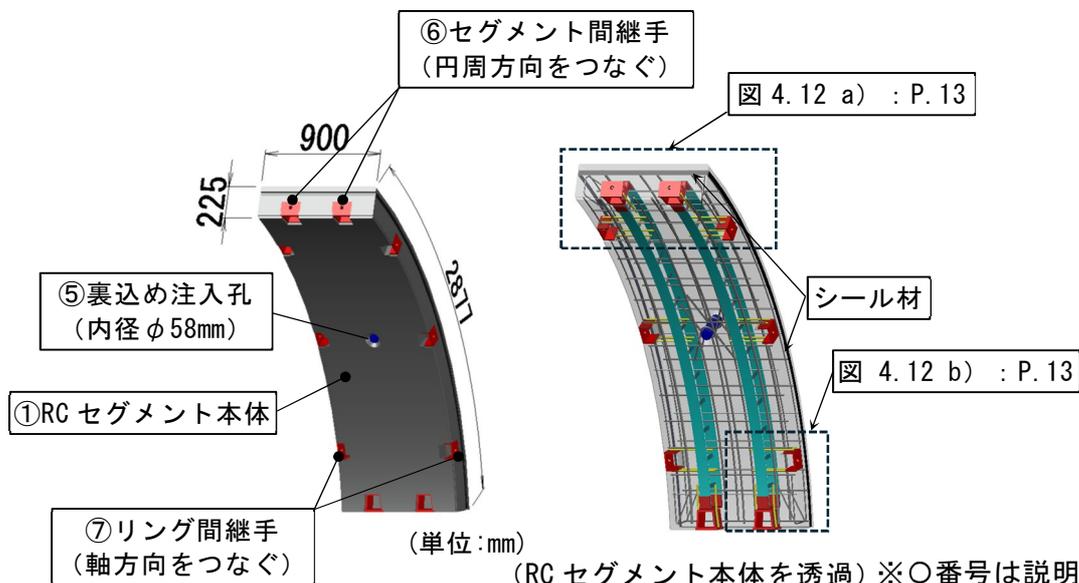
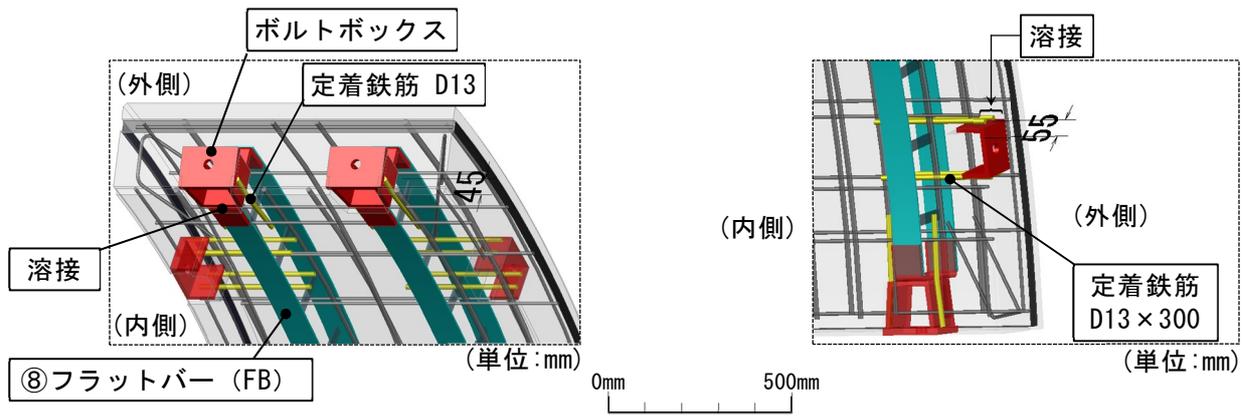


図 4.11 RC セグメントの詳細

4. 中川流域下水道の概要



a) セグメント間継手 (説明番号⑥)

b) リング間継手 (説明番号⑦)

図 4.12 継手の詳細

4. 中川流域下水道の概要

4.5. 下水道管(シールドマシン残置部)の構造

陥没箇所の下水道管(シールドマシン残置部)の構造を以下に示す。なお、シールドマシン残置部とは、シールド工法で地中を掘削する際に使用されるシールドマシンの最外縁にあるスキンプレート(鋼製の構造体)が残っている箇所のことをいう。また、スキンプレートは、チュウ4MH内に一部が貫入した状態で残置されている(図4.13及び図4.14)。次頁に詳細を示す。

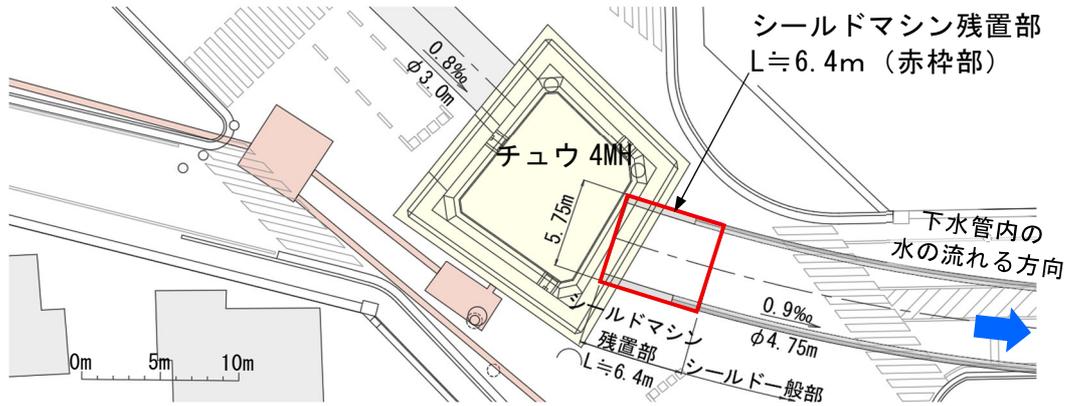
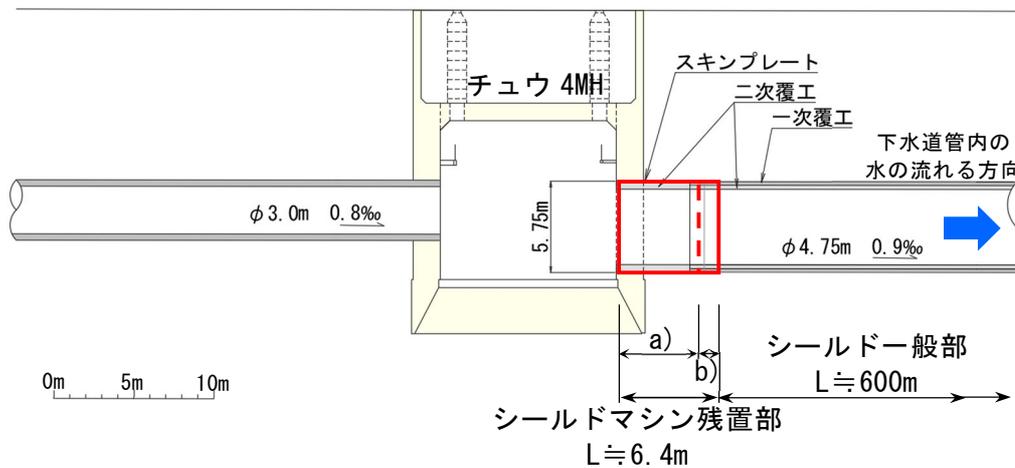


図 4.13 シールドマシン残置部の平面図



- a) チュウ4MH から0~5.2mの部分
- b) チュウ4MH から5.2~6.4mの部分
- ※ a)、b)の寸法は、現地調査結果による

図 4.14 シールドマシン残置部の縦断図

4. 中川流域下水道の概要

- ① スキンプレート：長さ約 6.4m、内径 5.7m、厚さ 36mm^{※1}（一部は 50mm^{※1}）の鋼製の構造体である。
- ② 構成部材：スキンプレートとその内側の二次覆工で構成される区間（a：チュウ 4MH から 0～5.2m^{※2}）と、スキンプレートとその内側の一次覆工及び二次覆工で構成される区間（b：チュウ 4MH から 5.2～6.4m^{※2}）からなる（図 4.15 及び図 4.16）。

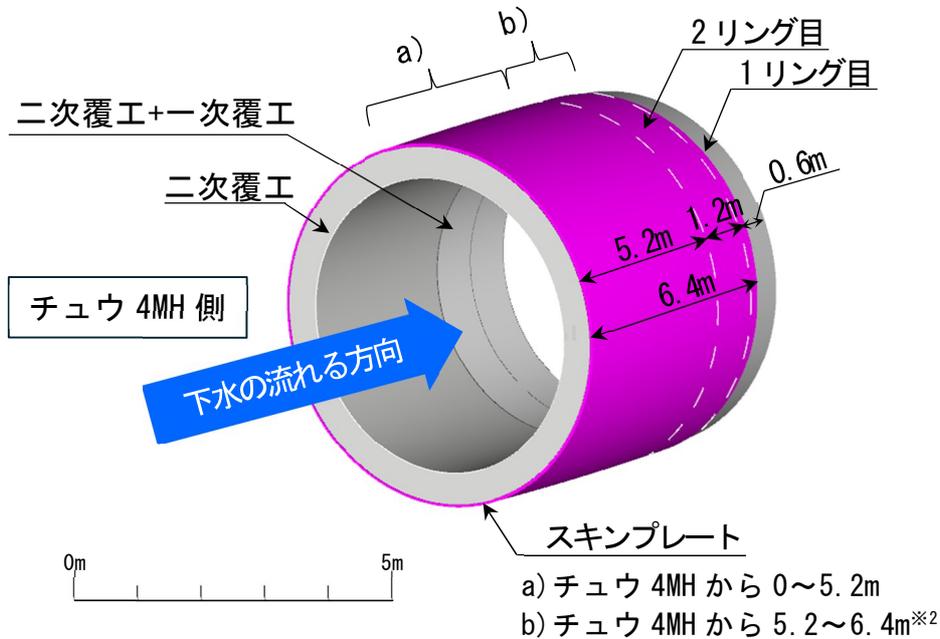


図 4.15 シールドマシン残置部の全体像

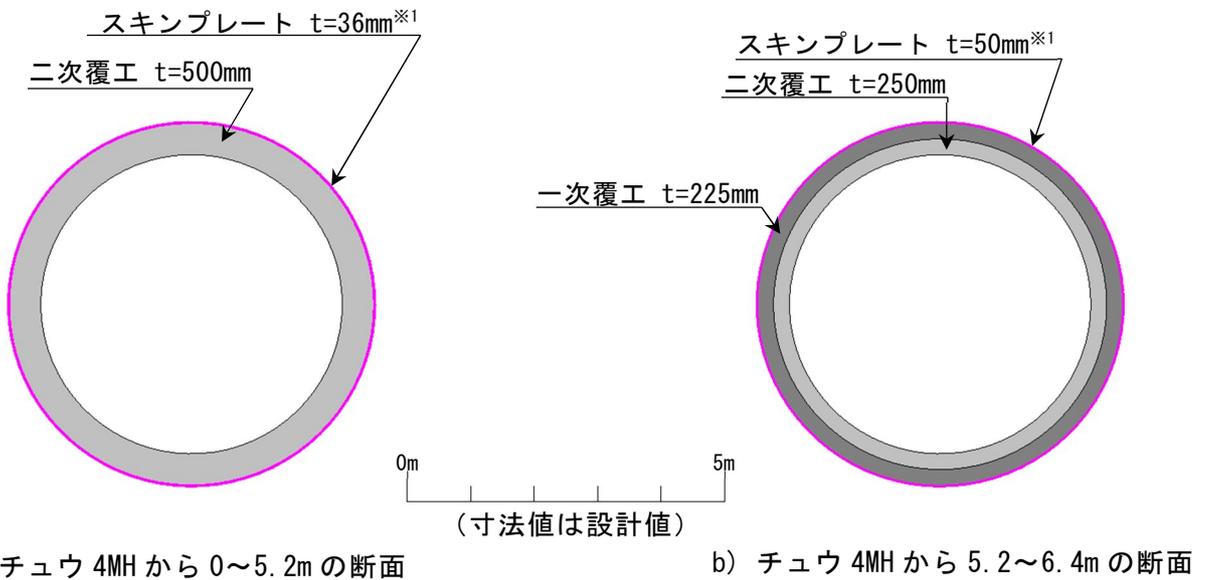


図 4.16 シールドマシン残置部の構造

※1：現地計測の結果による。スキンプレートの位置により、板厚が異なっていた。

※2：現地調査結果による。2リングある一次覆工のうち、1リング目（下流側）の約 60cm はスキンプレートからはみ出していた（詳細は写真 5.9 2025/11 撮影：P.38 を参照のこと）。

5. 本委員会が実施した調査の概要

5.1. 事故の経緯

5.1.1 事故直後(2025年1月28日～31日)

救出活動を行った草加八潮消防組合への聞き取り、流域下水道を管理している埼玉県から提供されたデータなどに基づき、事故直後(1月28日～31日)における陥没穴内部や事故現場周辺に関する状況を時系列で整理した(表5.1～表5.5:P.16～P.20を参照のこと)。

表 5.1 事故直後の経緯(2025年1月28日～31日:その1)

日時	状況	救出期間
1月28日 09:49	<p>■道路陥没発生、トラック1台が落下</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路陥没の大きさは、ドライブレコーダーや航空写真等から地表部で開口部が長さ約8m、幅約4m、深さ約5mと推測(図6.3、図6.4:P.58を参照のこと) 	
1月28日 09:55	<p>■消防が現場に到着</p>  <p>写真 5.1 1つ目の陥没穴 ～草加八潮消防組合からの提供写真～</p>	
1月28日 10:00頃	<p>■陥没箇所の下流にある中川水循環センターへの下水の流入量が徐々に減少</p> <ul style="list-style-type: none"> 通常であれば朝の6～12時頃までは下水道管を流れる流量が増える時間帯であるが、09:55から減り始める(図5.3c):P.26を参照のこと) 	

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.2 事故直後の経緯(2025年1月28日～31日:その2)

日時	状況	救出期間
1月28日 10:16頃	<ul style="list-style-type: none"> ■消防隊員が陥没穴に進入（以下、消防隊員のコメントより） <ul style="list-style-type: none"> ・陥没穴の底は土砂と水が混じった状態（土砂に混じっていた水が汚水か地下水かの判別は不明） ■コンクリート片が落下してきたため隊員は一旦退避（10:40頃） 	
1月28日 11:25頃	<ul style="list-style-type: none"> ■消防隊員が陥没穴に再び進入（以下、消防隊員のコメントより） <ul style="list-style-type: none"> ・四方から水が噴き出し、土の崩落が連続して起きている状況（噴き出している水が汚水か地下水かの判別は不明） ・陥没穴は雨水幹線のボックスカルバートの向こう側まで広がっていた ■崩落してきたため隊員は再び緊急退避（隊員2人が負傷）（11:30頃） 	
1月28日 12:35頃	<ul style="list-style-type: none"> ■消防隊員がはしご車のバケットに乗った状態で再び陥没穴に進入 	
1月28日 12:47	<ul style="list-style-type: none"> ■消防隊員が陥没穴に再び進入し、トラックが引き込まれないよう救助工作車のクレーンで引き出そうとした 	
1月28日 14:30頃	<ul style="list-style-type: none"> ■埼玉県職員が上流側のチュウ4MH水位が上昇していることを目視確認 	
1月28日 16:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ■消防からの依頼により中川下水道事務所が民間企業に手配した25tクレーン1台目が到着 ■トラックが引込まれ始める 	
1月28日 18:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ■消防からの依頼により中川下水道事務所が民間企業に手配した25tクレーン2台目が到着 	
1月28日 19:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ■消防からの依頼により中川下水道事務所が民間企業に手配した70tクレーン1台と60tクレーン1台が到着 	
1月28日 20:00頃	<ul style="list-style-type: none"> ■吊り上げ荷重の大きい60tクレーン1台と70tクレーン1台による吊り上げに変更 	
1月28日 20:30頃	<ul style="list-style-type: none"> ■トラック引上げ中に70tクレーンのワイヤーが破断したため中断 	

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.3 事故直後の経緯(2025年1月28日～31日:その3)

日時	状況	救出期間
<p>1月29日 00:00頃 ～01:00頃</p>	<p>■消防隊員によると陥没穴の状況は以下のとおり(00:20頃)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・陥没穴内の水量が増加し、臭気が発生するとともに、ガス検知器が鳴動(数値不明) ・トラックが引き込まれ、車両の向きが垂直に変化 ・水が污水か地下水か等の判別は不明 ・急にクレーンのフックが揺れたと同時に、堆積物とともにキャビンが奥へ持って行かれた <p>■0時～1時頃に陥没箇所の下流にある中川水循環センターへの下水の流入量が急激に増加(図 5.3 a): P.26を参照のこと)</p>	
<p>1月29日 00:40頃 ～02:40頃</p>	<p>■陥没地脇(その後、陥没が一体となった区域)の信号機が沈下(00:40頃)</p> <p>■クレーンのワイヤーを交換し、トラック引上げを再開(00:50頃)</p> <p>■陥没地脇(その後、陥没が一体となった区域)の電柱が沈下(01:00頃)</p> <p>■飲食店看板が落下し、2つ目の道路陥没※が新たに発生(01:03頃)</p> <p>※地表面で長辺方向 約11m(南北方向)、短辺方向 約6～7m(東西方向)であった(09:50目測)</p> <p>■警察等と協議した八潮市が住民に避難指示を発令(02:40頃)</p>	

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.4 事故直後の経緯(2025年1月28日～31日:その4)

日時	状況	救出期間
1月29日 02:50頃 ～04:00頃	<p>■トラックは荷台とキャビンが分断された状態で荷台部分のみ引き上げ(02:50頃)</p> <p>■消防によると陥没穴の状況は以下のとおり</p> <ul style="list-style-type: none"> ・陥没穴の中にキャビンは確認できず(03:10頃に確認) ・陥没穴の中に下水が滞留された状態(03:35頃に確認) ・1つの陥没穴として2つの陥没穴が内部でつながった状態(03:55頃に確認)  <p>写真 5.2 荷台部分の引き上げ状況 ～草加八潮消防組合からの提供写真※～ ※プライバシー保護のため一部加工</p>	
1月29日 17:45頃	<p>■消防隊員が陥没穴に進入するも、手掘りでの救出活動が困難のため退避</p>	
1月29日 21:55	<p>■MH からシューという音が発生したため、消防がガス検知器で硫化水素濃度を測定(硫化水素濃度は16ppm)</p> <p>■陥没箇所の下流にある中川水循環センターへの下水の流入量が増加(図 5.3 a): P.26 を参照のこと)</p>	
1月29日 23:23	<p>■陥没穴の水位が上昇していることを消防が確認</p>	
1月30日 02:35頃	<p>■2つ目の陥没穴に最も近い飲食店側の信号機が沈下(02:36)</p> <p>■大規模崩落が発生し、2つの陥没穴が一体化(02:37) この時に八潮市雨水幹線が崩落</p>  <p>写真 5.3 2つの穴が一体化した状態 ～草加八潮消防組合からの提供写真～</p>	

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.5 事故直後の経緯(2025年1月28日～31日:その5)

日時	状況	救出期間
1月30日 13:40頃	<ul style="list-style-type: none"> ■埼玉県が救出地点へのアクセスに必要な重機用スロープの造成を開始 	
1月31日	<ul style="list-style-type: none"> ■陥没箇所の下流にある中川水循環センターへ漂着する土砂の量が急増(図5.4:P.27を参照のこと) ■陥没穴のさらなる拡大や周辺地盤への影響防止を目的として、埼玉県が陥没箇所周辺の地盤改良を開始 	

5. 本委員会が実施した調査の概要

5.1.2 事故直後以降(2025年2月1日以降)

事故後の現場での活動等(土木的措置*・救出活動・復旧工事)について、関係者への聞き取りを踏まえ、2月以降の状況を整理した(表5.6~表5.7:P.22を参照のこと)。

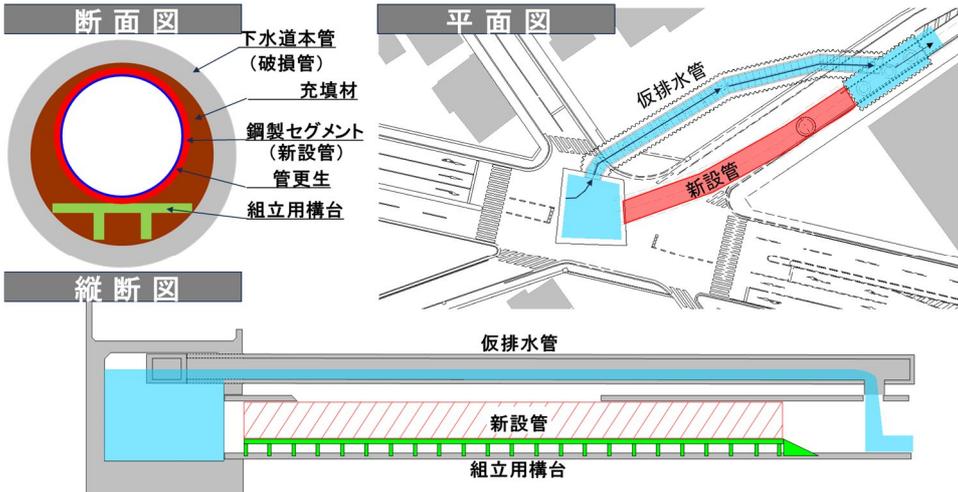
※土木的措置: 消防による救出活動への支援と損傷した下水道管の応急復旧とを兼ねた県主体の土木工事

表 5.6 事故直後以降の経緯(2025年2月1日以降:その1)

日時	状況	救出期間
2月4日	■ 陥没穴内に残っている八潮市用水ボックスカルバートのたわみを覚知	
2月5日	■ 埼玉県が飛行式ドローンにより下水道管内でキャビンらしきものを発見	
2月7日	■ 埼玉県が崩壊のおそれのある八潮市用水ボックスカルバートを撤去	
2月9日	■ 陥没穴からのキャビンの捜索活動終了	
2月11日	■ 埼玉県が土木的措置により、下水道管の破損箇所(キャビンが発見された箇所を含む)を仮排水路(バイパス管)で迂回*させ、キャビンの救出活動を行う方針を決定 ※迂回ルートはチュウ4MH→バイパス管→下水道管破損箇所下流	
2月14日	■ 埼玉県が1月31日から開始していた陥没箇所周辺の地盤改良完了	
4月16日	■ 八潮市からの復旧要望を受け、出水期に伴う内水氾濫を防止するため、埼玉県が八潮市雨水幹線の仮復旧工事を開始	
4月25日	■ 埼玉県がチュウ4MH下流側を角落しにて堰き止め、バイパス管へ水替え開始	
4月26日	■ 埼玉県が陥没箇所に滞留する下水のポンプ排水を開始	
4月28日	■ 埼玉県がチュウ4MH内からセグメント等の残存物を回収	
5月2日	■ 運転手の地上への救出(その後、死亡確認)	
5月16日	■ キャビンの引き上げ完了* ※警察が現場検証を実施	
5月29日	■ 埼玉県が陥没箇所に堆積したセグメント等の残存物の回収開始	
6月30日	■ 陥没箇所の下水道管内に堆積しているがれき等を回収するため、埼玉県が陥没箇所周辺地盤の崩壊による二次災害防止を目的とした地盤改良を開始	
7月19日	■ 埼玉県が4月16日から実施していた八潮市雨水幹線仮復旧が完了	

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.7 事故直後以降の経緯(2025年2月1日以降:その2)

日時	状況
7月22日	<p>■埼玉県が陥没箇所下流の地盤改良の施工が完了した箇所※より、がれき等の回収を開始</p> <p>※陥没箇所周辺地盤の地盤改良は未了</p>
8月20日	<p>■埼玉県が陥没箇所の掘削を開始</p>
10月25日	<p>■埼玉県が陥没箇所に堆積したセグメント等の残存物の回収完了</p>
10月27日	<p>■埼玉県が陥没箇所の掘削作業終了</p>
10月28日	<p>■埼玉県が新設管の架台設置作業開始</p>  <p style="text-align: center;">図 5.1 復旧工法イメージ</p>
11月13日	<p>■埼玉県が新設管のセグメント設置開始</p>
12月10日	<p>■埼玉県が新設管の管更生作業開始</p>
12月18日	<p>■埼玉県が新設管の鋼製セグメント設置終了</p>
2月3日	<p>■埼玉県が新設管の管更生作業終了</p>
2月16日	<p>■埼玉県がチュウ 4MH 下流側の角落し撤去及び新設管への水替え開始</p>

5. 本委員会が実施した調査の概要

5.1.3 事故後の埼玉県の初動対応

事故後の埼玉県の初動対応状況を整理した（表 5.8～表 5.9：P.24 を参照のこと）。

表 5.8 埼玉県の初動対応(2025年1月28日～3月25日:その1)

活動日	活動内容
1月28日 10:00	■事故発生について、八潮市から埼玉県下水道局中川下水道事務所に連絡
1月28日 10:34	■中川水循環センターへの下水流入減少を確認
1月28日 10:45	■陥没現場周辺を通行止め ■春日部中継ポンプ場からの送水を停止
1月28日 11:12	■関係市町へ汚水流出抑制の依頼文送付
1月28日 14:00	■知事が定例記者会見冒頭で事故説明 ■草加八潮消防組合から埼玉県下水道局中川下水道事務所、埼玉県県土整備部越谷県土整備事務所に対し、クレーン手配の要請
1月28日 14:30	■中川下水道事務所から管路管理業協会に対し、バキューム車による汚水移送の支援要請
1月28日 17:15	■「流域下水道管に起因する道路陥没事故の発生及び下水道の使用制限について」記者発表 ■管路管理業協会のバキューム車が下水道管内の吸引作業を開始
1月28日 20:00	■関係市町に防災無線による使用制限呼びかけ実施を依頼
1月28日 21:00	■埼玉県下水道局より一般社団法人日本建設業連合会に派遣を依頼
1月28日 22:30	■国土交通省（本省・国土技術政策総合研究所・関東地方整備局）、埼玉県下水道局による対策会議実施
1月29日 02:07	■関東地方整備局と埼玉県下水道局による対策会議実施
1月29日 05:00	■危機管理防災センターで知事を交えた第1回危機対策会議を実施
1月29日 07:20	■関係市町の防災行政無線で再度使用制限のアナウンスを依頼
1月29日 13:00	■埼玉県下水道局から国土交通省（土木研究所）への専門家派遣の依頼
1月29日 14:00	■八潮市へ埼玉県リエゾンを派遣
1月29日 19:11	■八潮新都市建設事務所で第1回現地対策会議を実施
1月29日 23:20	■春日部中継ポンプ場から汚水の緊急放流開始
1月30日 15:30	■埼玉県企業局による汚水放流に対する希釈水の放流開始
2月 2日 13:15	■埼玉県 HP で使用制限を使用自粛に変更
2月 2日 14:00	■流域下水道管の破損に起因する道路陥没事故に関する復旧工法検討委員会（第1回開催）
2月 4日 11:34	■相談窓口の開設について HP 公開
2月 4日 16:00	■陥没部付近への影響を考慮し中断していた春日部中継ポンプ場からの硝酸カルシウムの注入を再開
2月 6日 18:00	■陥没部付近での硫化水素対策として春日部中継ポンプ場からポリ塩化第二鉄の注入を開始
2月11日 19:30	■災害救助法を1月29日に遡って適用決定

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.9 埼玉県初の初動対応(2025年1月28日～3月25日:その2)

活動日	活動内容
2月12日 12:00	■使用自粛のお願いを解除
2月22日 14:00	■陥没部周辺住民への「道路陥没事故に関する説明会」
3月 3日 14:00	■春日部中継ポンプ場から汚水の緊急放流を終了
3月20日 17:00	■流域下水道管の破損に起因する道路陥没事故に関する復旧工法検討委員会(第2回開催)
3月25日 14:30	■埼玉県企業局による汚水放流に対する希釈水の放流を終了

5.2. 下水道管内の流況調査

5.2.1 調査目的および調査項目

陥没箇所の下水道管における事故発生前後の下水の流況や土砂等の状況を把握するため、図 5.2 に示すように陥没箇所より約 2.6km 下流にある中川水循環センター（以下「処理場」という。）で観測されている①流入量（ポンプ揚水量）、②流入渠水位、③沈砂重量、④浮遊物質の濃度の経時変化及び⑤管内水位が管頂まで上昇した回数を調査した。

- ① 流入量の経時変化：流量計により自動的に連続計測している流入量（処理場）から、陥没箇所の下水道管の流量の変化を推測した。
- ② 流入渠水位の経時変化：水位計により自動的に連続計測している流入渠（処理場）の水位から、陥没箇所の下水道管における水位の経時変化を推測した。
- ③ 沈砂重量の経時変化：沈砂を貯留する保管施設（処理場の沈砂池にあるホップ）に取り付けられた重量センサで連続計測している沈砂重量から、下水道管を流れて処理場に到達した日毎（00:00～23:59）の土砂重量の変化を確認した。
- ④ 浮遊物質の濃度の経時変化：浮遊物質（SS：Suspended Solids の略称）の濃度（以下「SS 濃度」という。）であり、前日の 11 時から当日 9 時までの 2 時間毎に自動採水した下水を混ぜ合わせたものを、ろ過した後に重量を当日 9 時に測定して当日の平均値として観測している（平日のみ計測している）。SS 濃度から、処理場に流下する下水中の、沈砂池で沈降しない程度の微細粒子による土砂重量の変化を推測した。
- ⑤ 管内水位が管頂まで上昇した回数：下水道管水位が管頂まで上昇すると、コンクリートの化学的腐食や下水道管の管頂部に発生した管の内外を繋ぐ小さな隙間（P.57～P.59 参照のこと）を促進させる可能性があるため、下水道管の管頂までの水位が上昇した回数を調査した。

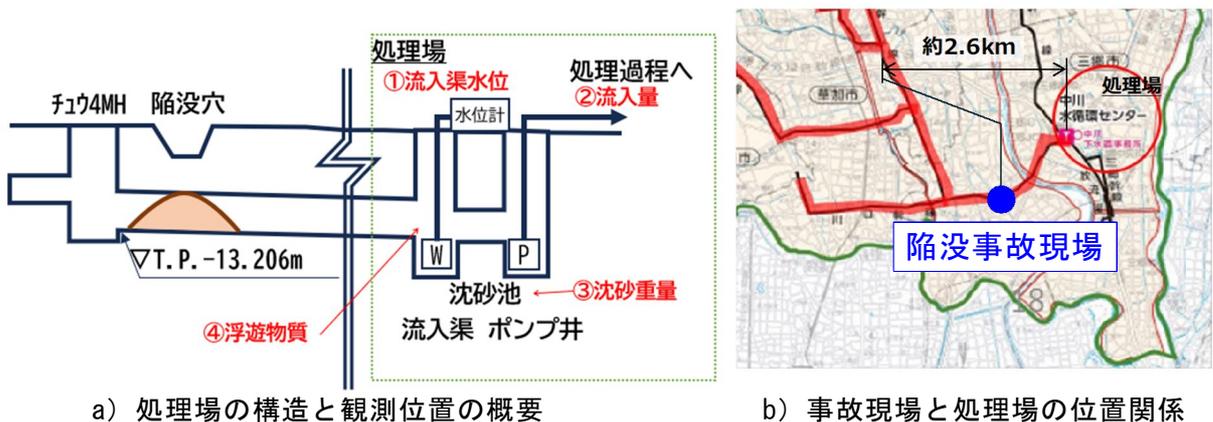


図 5.2 処理場の流況調査項目と観測位置のイメージ

5.2.2 処理場における流入量の変化

陥没箇所を通る中央幹線から処理場には、通常時において約 230 m³/分が流入していた。また、その他の幹線から約 70 m³/分が流入し、合計して約 300 m³/分の下水が流入していた（図 5.3 a）。

事故発生後には、通常時の約 300 m³/分から約 70 m³/分まで流入量が減少した（図 5.3 b）。なお、事故発生後に減少した約 230 m³/分の流入量は、陥没箇所を通る中央幹線の通常時における流量と同じであった。

5.2.3 処理場における水位の変化

処理場における水位の変化は、道路陥没が発生した後、流入渠水位が短時間のうちに約 1m 低下した（図 5.3 c）。

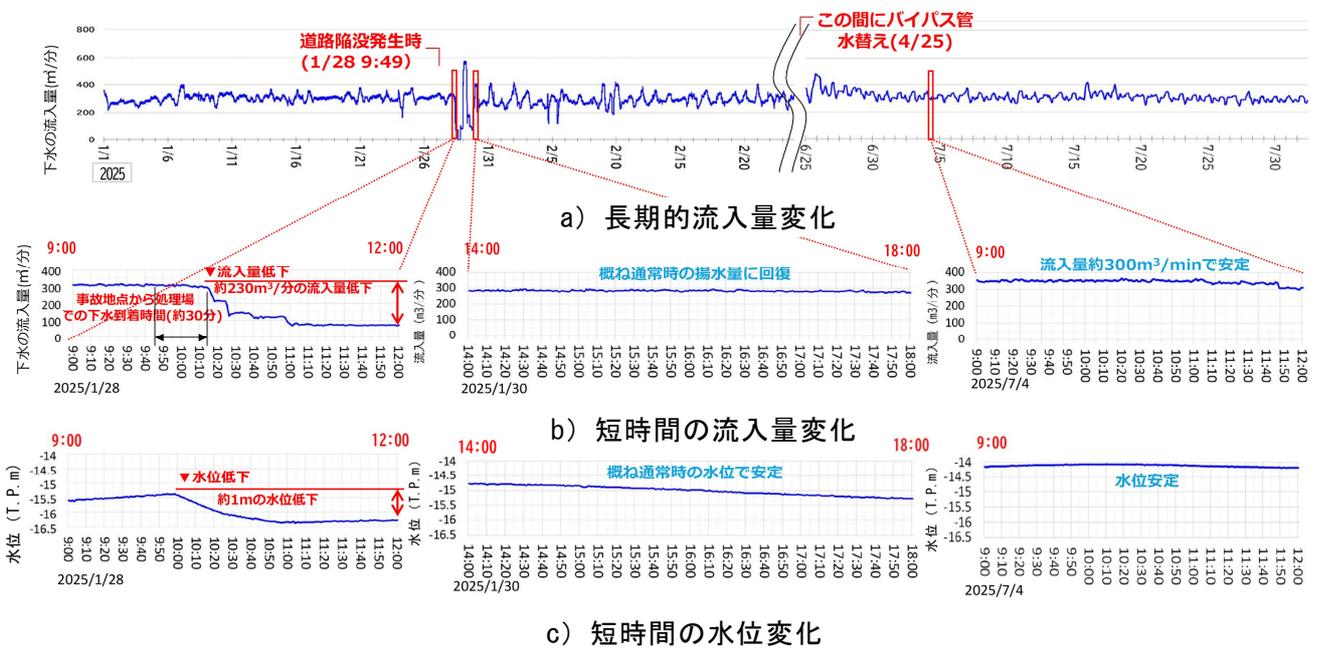


図 5.3 処理場における水位と流入量の変化

5. 本委員会が実施した調査の概要

5.2.4 沈砂重量の変化

処理場における沈砂重量は、管渠清掃や台風による沈砂重量の増加を除くと、2022年1月から事故前日まで大きな変化は見られなかった（図 5.4）。

事故発生日以降（2025年1月29日から同年6月末）では、それ以前（2023年1月から事故前日まで）には見られなかった沈砂重量の大きな増加がみられた。長期的には、2015年～2019年の5年間では日当たり平均0.29 t/日であった沈砂重量が2020年～2024年の5年間では日当たり平均0.40 t/日と増加していた（図 5.5）。

また、沈砂重量の増加が下水流量の増加によるものである可能性が考えられたため、下水流量（流入量）1m³当たりの沈砂重量の変化を確認したところ、2015年～2019年の5年間では平均0.67 g/m³であった沈砂重量が2020年～2024年の5年間では平均0.89 g/m³と増加していた（図 5.6）。



図 5.4 沈砂重量の変化

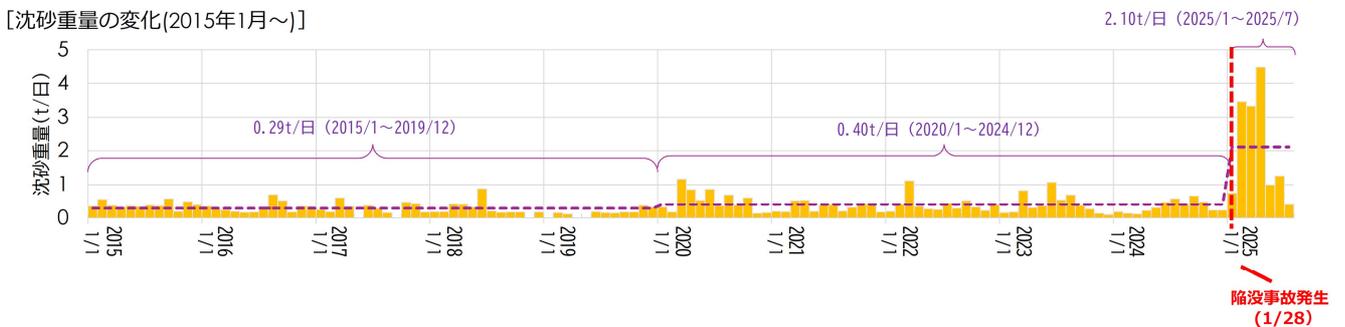


図 5.5 沈砂重量の変化(2015年1月～2025年7月)

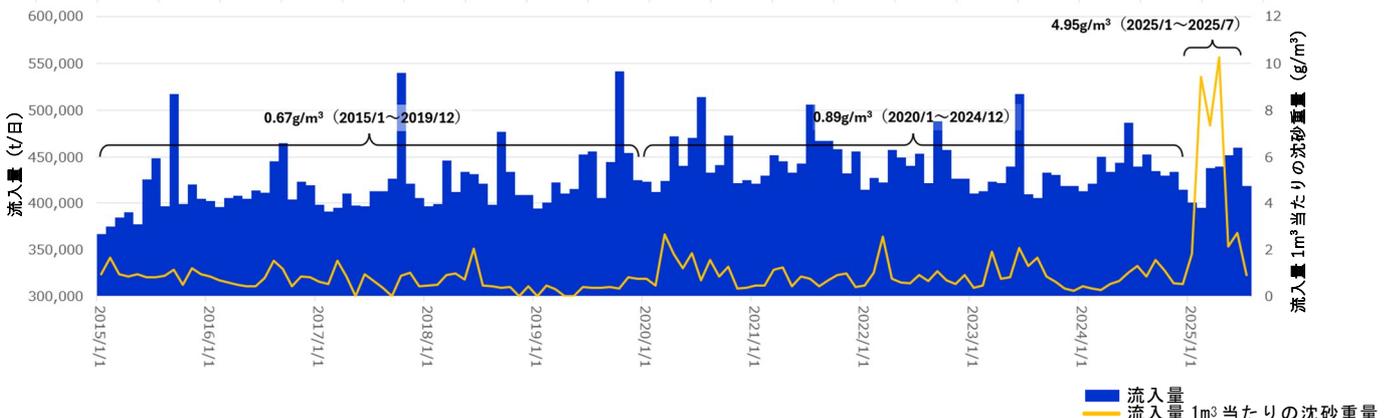


図 5.6 流入量 1m³ 当たりの沈砂量の変化

5.2.5 処理場における SS 濃度の変化

処理場における SS 濃度は、2023 年 1 月から事故前日（2025 年 1 月 28 日）までは、月平均で約 135mg/ℓ 前後で推移していた（図 5.7）。

事故発生後の 2025 年 1 月及び 3 月は月平均で約 200mg/ℓ に増加した（図 5.8）。特に、2025 年 1 月 29 日から 2 月 3 日までの SS 濃度は、平均約 440mg/ℓ と事故前と比べ大きく増加した（図 5.9）。

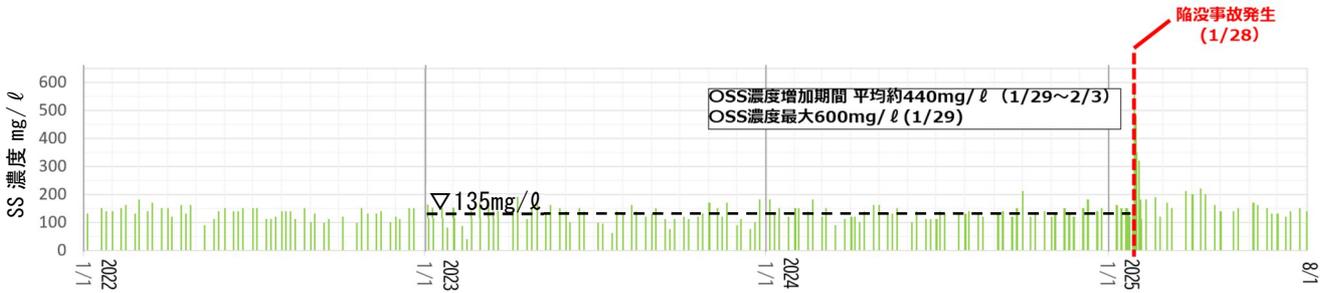


図 5.7 SS 濃度の変化

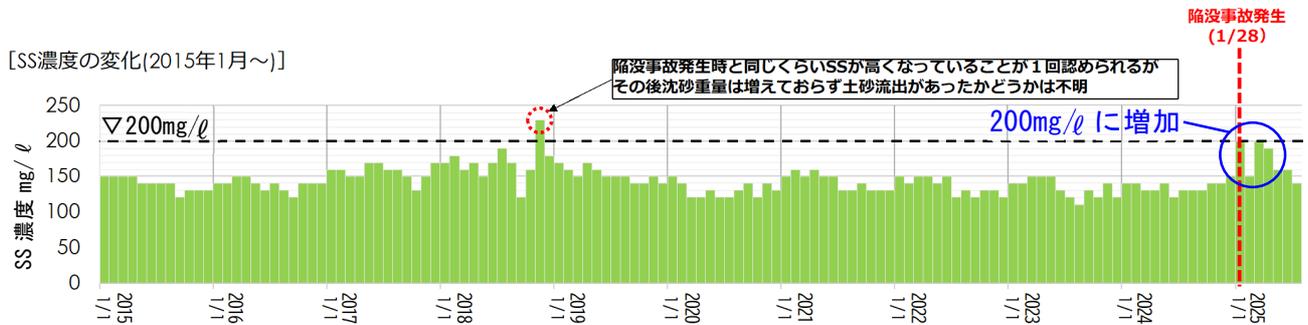


図 5.8 SS 濃度の変化（2015 年 1 月～2025 年 7 月）

5.2.6 沈砂重量とSS濃度の対比

SS 濃度は事故発生後から急増し、沈砂重量はそれから数日遅れて急増していた（図 5.9）。

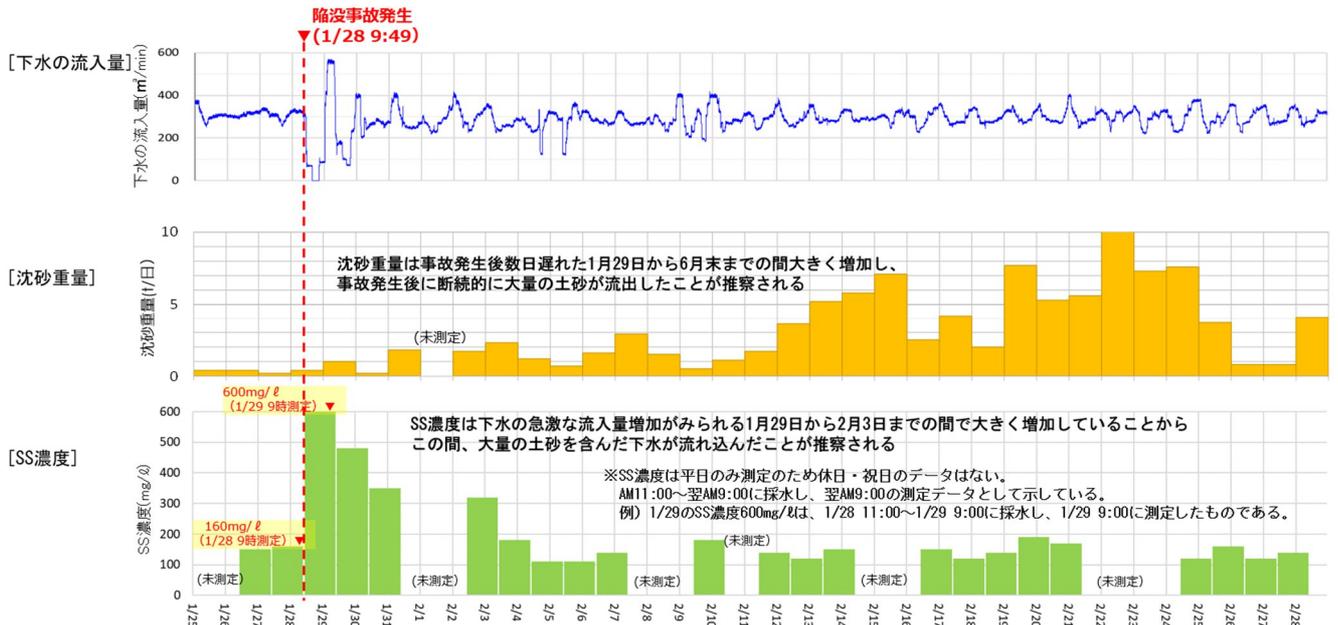
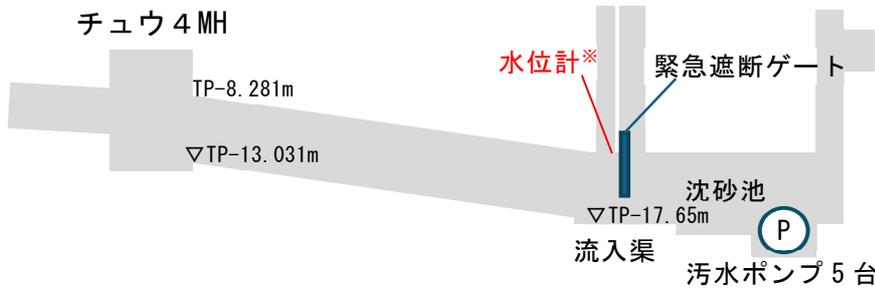


図 5.9 事故前後の流入量と沈砂重量、SS 濃度の変化（2025 年 1 月 25 日～2 月 28 日）

5.2.7 チュウ 4MH 付近の管内水位の上昇回数

処理場で計測している流入水の水位と、チュウ 4MH の水位の関係を下図に示す（図 5.10）。下水道管の水位は降雨等によって変動し、降雨量が多くなると事故が発生した箇所の下水道管において管頂まで水位が上昇することがある。

処理場の流入渠に設置された水位計の記録より、チュウ 4MH 付近の下水道管の水位が上昇し管頂高（TP-8.281m）に到達した回数を下表に示す（表 5.10）。



※この水位計でチュウ 4MH の水位を把握することができる

図 5.10 処理場に設置された水位計の位置とチュウ 4MH 付近の下水道管頂高の関係

表 5.10 チュウ 4MH 付近の下水道管の管頂高(TP-8.281m)まで水位が上昇した回数

年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度
上昇した回数	6 回	5 回	4 回	2 回	2 回

このような管頂までの水位上昇により満管状態になることによって、管頂付近の硫黄酸化細菌に栄養塩が供給され、腐食作用を促進した可能性がある。また、下水道管に発生した小さな空隙から下水が管外へ溢れ出し、満管状態であった管内の水位が低下する際に管外の土砂を連行した可能性もある（図 5.11）。

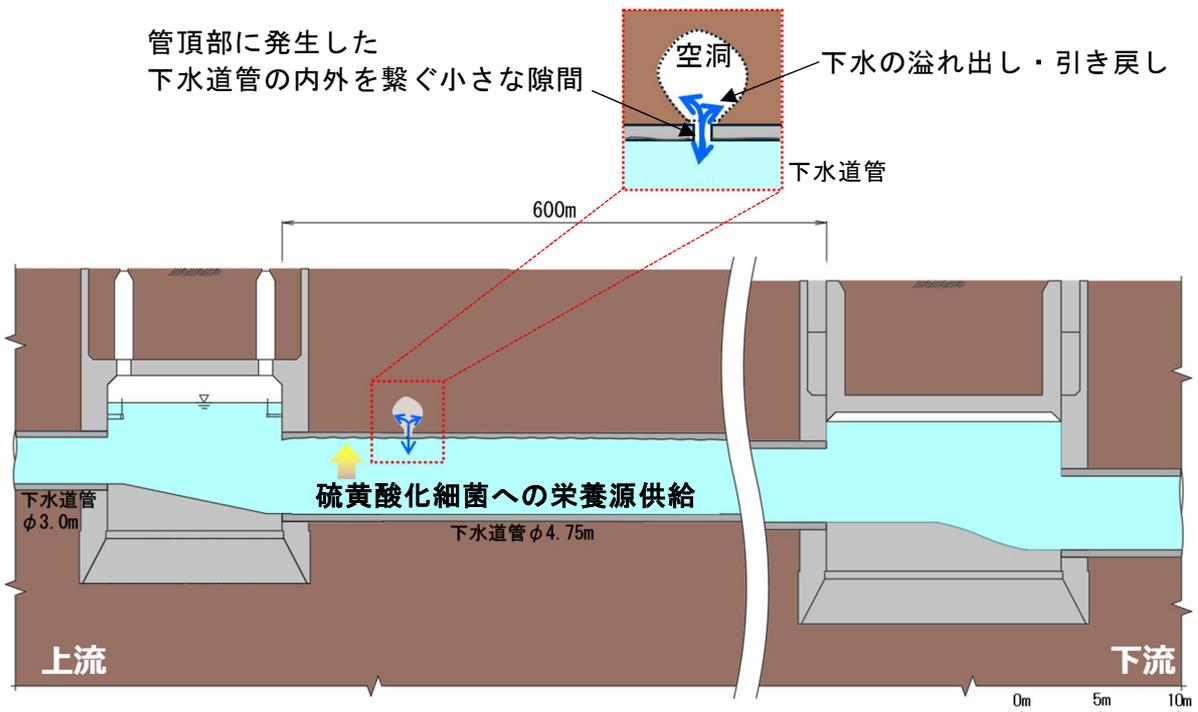


図 5.11 満管状態時におけるチュウ 4MH 付近のイメージ

5.3. 下水道管内の硫化水素濃度

5.3.1 調査目的

硫化水素濃度の高い環境下においては、コンクリートの化学的腐食が進み、下水道管が劣化しやすくなる。下水道管の劣化による空隙を通じた管外から管内への土砂流出により地盤内空洞生成拡大のリスクは高まる。中央幹線では、陥没箇所にもっとも近いチュウ 4MH と、陥没箇所から上流側に約 1.5km 地点のチュウ 6MH において、2023 年と 2024 年に硫化水素濃度の測定が行われていた（図 5.12）。

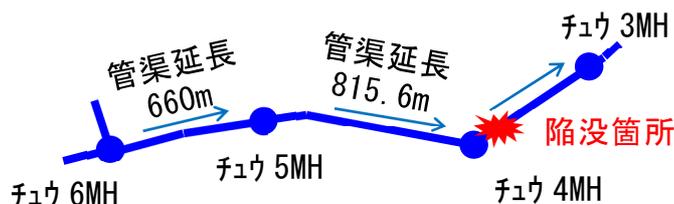


図 5.12 陥没箇所及びチュウ 4MH・チュウ 6MH の位置関係

5.3.2 硫化水素濃度

チュウ 4MH の硫化水素濃度は年平均で 81～94ppm、チュウ 6MH は 15～23ppm であった（表 5.11）。

チュウ 4MH の硫化水素濃度は、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」（地方共同法人日本下水道事業団：2023 年 3 月）における下水道施設の腐食環境の分類のうち、「I 類」に該当していた。なお、2021 年の調査で著しい腐食が確認されたチュウ 6MH は「II 類」に該当しており、チュウ 4MH の方が厳しい腐食環境にあった（表 5.12）。

表 5.11 硫化水素濃度 (ppm)

	測定年	年平均	分類(表 5.12)
チュウ 4MH	2023 年	94	I 類
	2024 年	81	I 類
チュウ 6MH	2023 年	23	II 類
	2024 年	15	II 類

表 5.12 腐食環境の分類

分類	腐食環境
I 類	年間平均硫化水素ガス濃度が 50ppm 以上で、コンクリート腐食が極度に見られる腐食環境
II 類	年間平均硫化水素ガス濃度が 10ppm 以上 50ppm 未満で、コンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境
III 類	年間平均硫化水素ガス濃度が 10ppm 未満であるが、コンクリート腐食が明らかに見られる腐食環境
IV 類	硫酸による腐食はほとんど生じないが、コンクリートに接する液相が酸性状態になりえる腐食環境

出典：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル（2023 年 3 月）P.47
地方共同法人日本下水道事業団より

5. 本委員会が実施した調査の概要

5.3.3 チュウ 4MH の構造的特徴

下水道管はチュウ 4MH 内において約 1.9m の高低差があり、硫化水素が放散しやすい構造である。また、チュウ 4MH には八潮市下水道が流入しており、約 3.5m の高低差がある（図 5.13）。

下水道管は 1983 年に整備され、供用から 42 年が経過（事故発生時点）しており、長期間にわたり硫化水素に曝露されている環境であった。

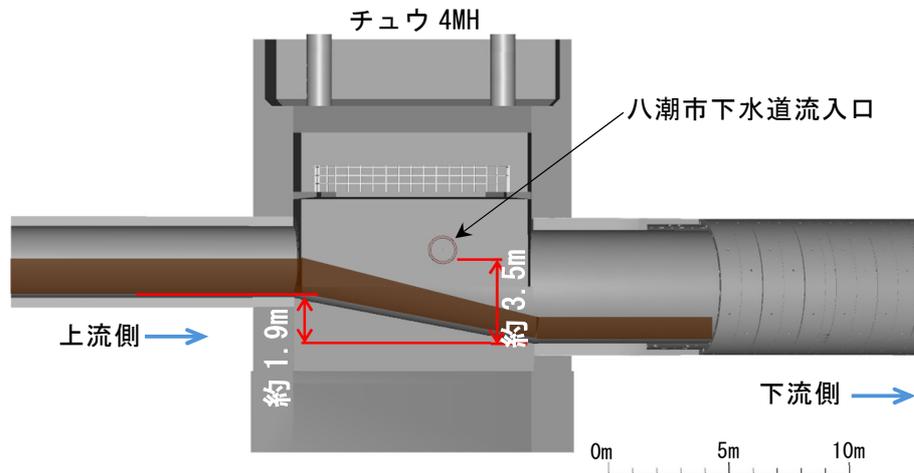


図 5.13 チュウ 4MH の構造的特徴

※参考 コンクリートの化学的腐食(森田弘昭委員作成資料)

硫酸イオン (SO_4^{2-}) の浸透によって、下記のようなプロセスでコンクリートの化学的腐食が進む(図 5.14)。

MH で発生した硫化水素は下水の流れに連行されて下流に移動する(図 5.15)。

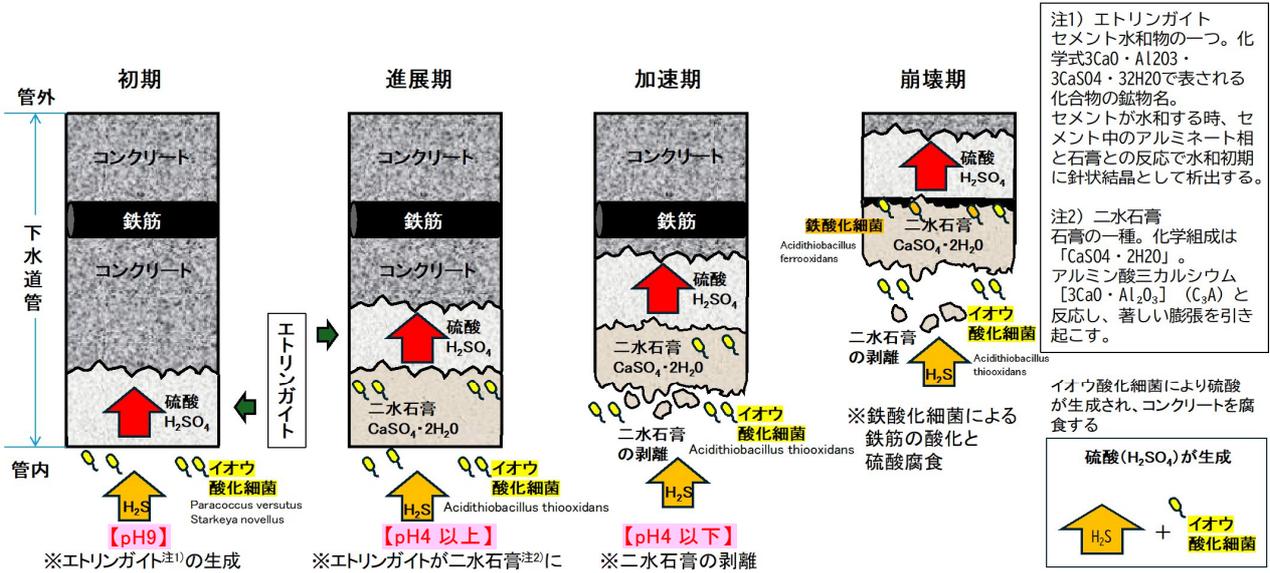


図 5.14 コンクリートの化学的腐食

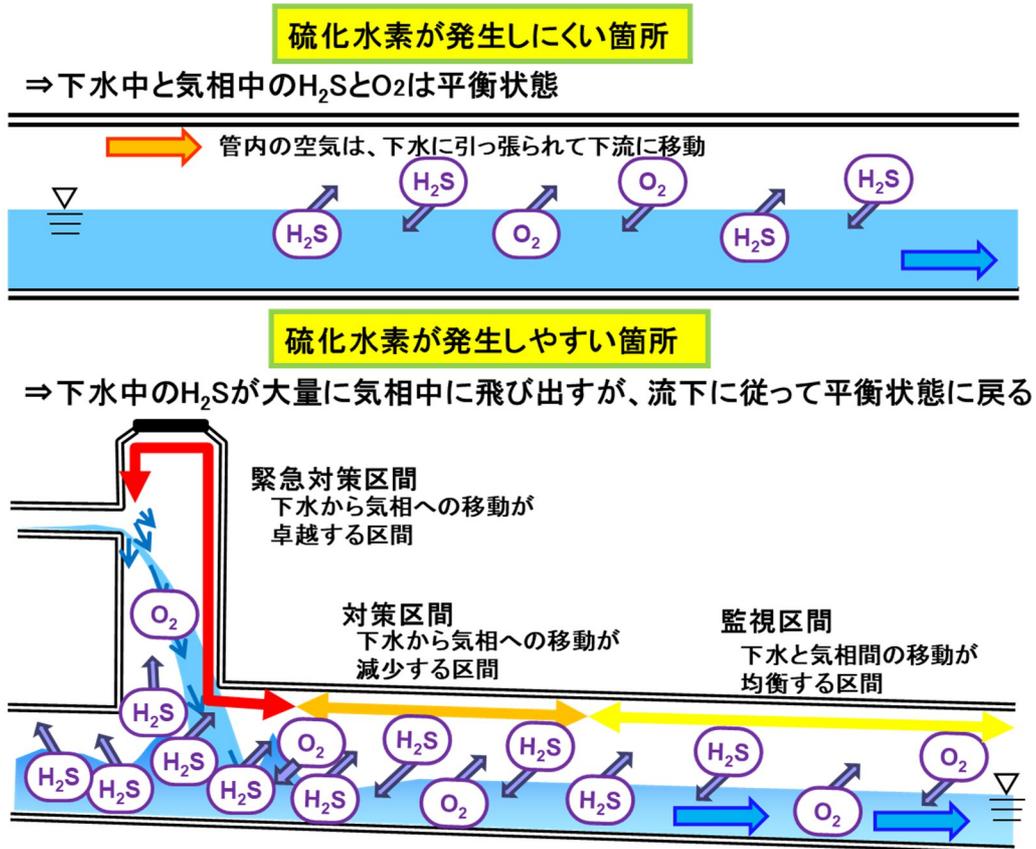


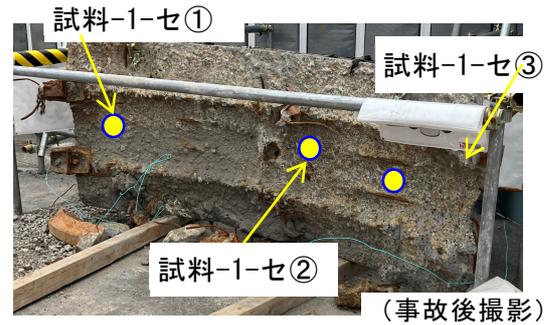
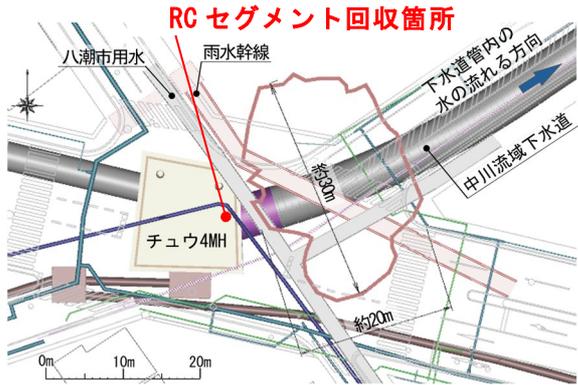
図 5.15 硫化水素の管渠内移動

5. 本委員会が実施した調査の概要

5.3.4 事故現場から回収された RC セグメントの腐食の状況

事故後に現場から回収された RC セグメントに腐食が認められたことから、コンクリートの化学分析試験を行い、腐食の原因を調査した（図 5.16、写真 5.4）。

- ① 回収された RC セグメントは、当初の厚さ 225mm（図 4.7：P.11 を参照のこと）に対して、最大で約 155mm、平均では約 125mm 減少（以下「減厚」という。）していた。
- ② 残存した管内側の異なる 3 箇所から試料を採取したところ、いずれも残存部表面から 7mm の深さまで硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）が浸透していた。
- ③ この結果、一次覆工が硫化水素による化学的腐食を受けていたことが確認された。



注) 回収された RC セグメントは、シールドマシン残置部には RC セグメントが残っていることから、シールド一般部の RC セグメントと考えられるが、どこに据え付けられていたかは定かでない。

図 5.16 試料を採取した RC セグメントの回収位置

写真 5.4 試料採取位置
(残存物 No.1: 5.4.3、P.42 を参照のこと)

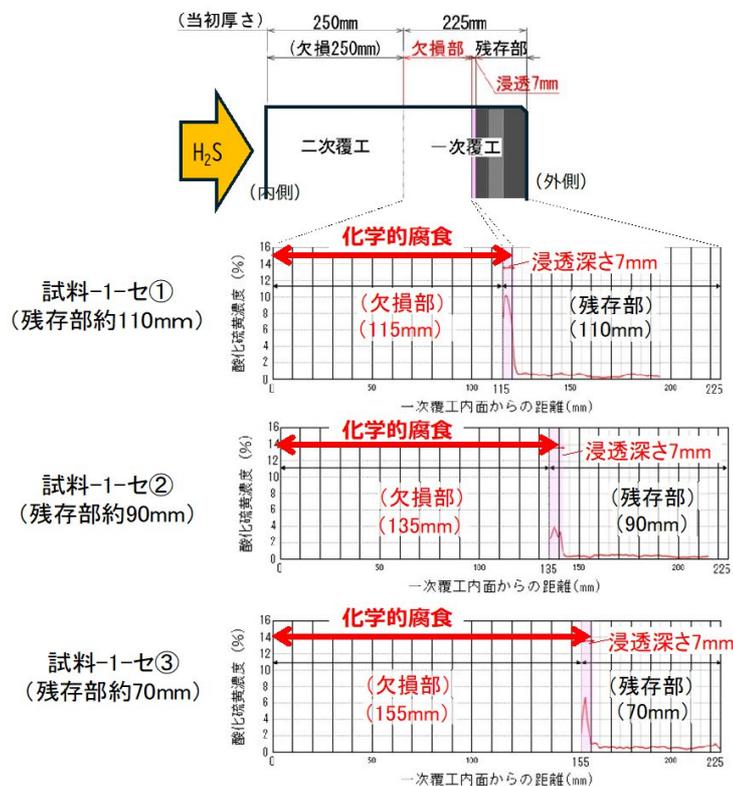


図 5.17 化学分析試験の結果

5.4. 現地調査結果

事故現場では、下水道管の破損箇所を迂回する仮設バイパス管が整備されたが、当初は完全に下水を迂回させることが出来ていなかったため、立入場所が制限されていた。

このため、事故発生後に回収した RC セグメントの状況及び飛行式ドローンによる下水道管内部の撮影結果（事故発生後）をもとに、事故の全体像を推定することを目的とした詳細調査を実施した。

また、その後、下水道管の崩壊部の内部に立ち入ることが可能となったため、下水道管の残存物の回収とシールドマシン残置部における詳細調査を追加で実施した。

5.4.1 下水道管の損傷状況

下水道管の損傷状況を区間毎に整理した結果を下表に示す（表 5.13）。また、併せて平面図も示す（図 5.18）。

表 5.13 事故後の下水道管の損傷状況

区間 (図 5.18 を参照のこと)		範囲	下水道管の 損傷の状況
A	シールドマシン残置部	チュウ 4MH から 6.4m 程度まで	二次覆工欠損及び 一次覆工損傷
B	シールド 一般部	下水道管崩壊部	チュウ 4MH から 6.4~20m 程度まで
C		下水道管腐食部	チュウ 4MH から 20~50m 程度まで
D			二次覆工一部損傷
E			チュウ 4MH から 50m 以上
			二次覆工残存

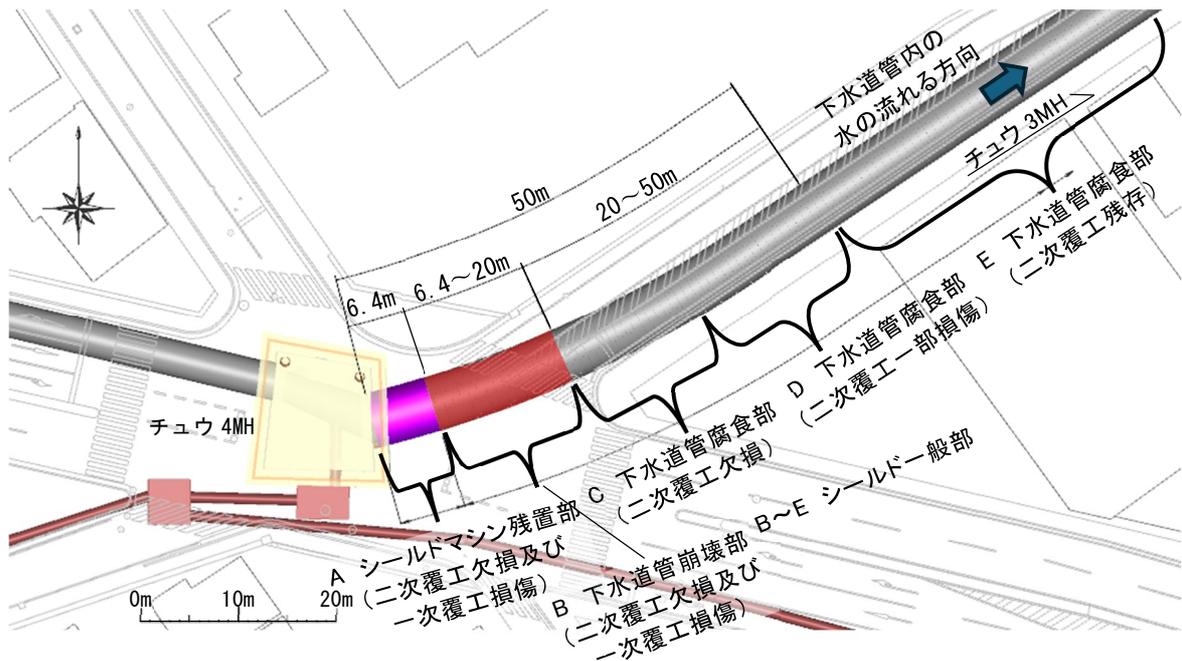
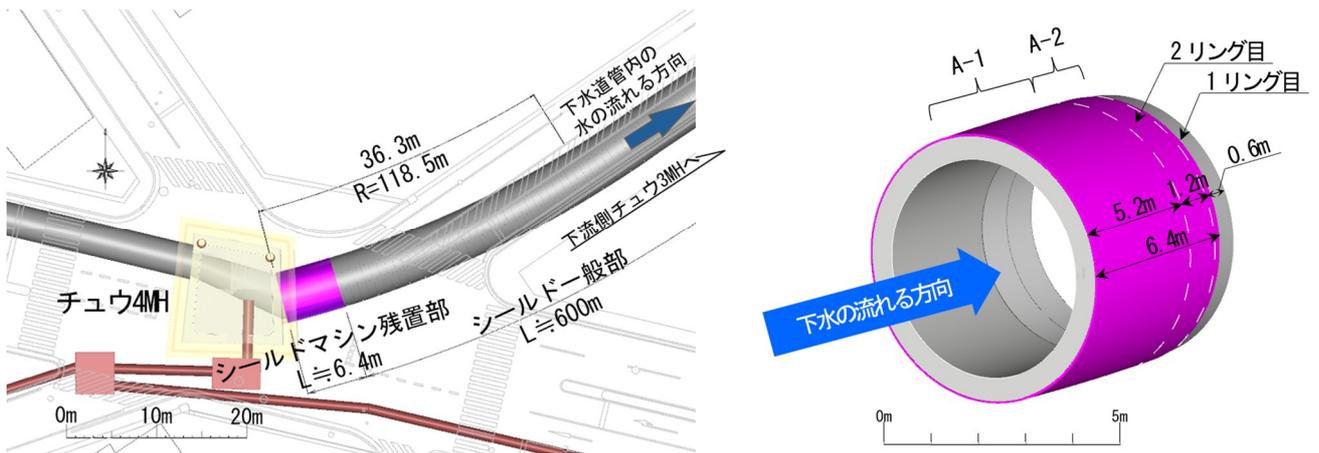


図 5.18 下水道管の区間と範囲の解説図

5.4.2 区間毎の損傷状況

(1) シールドマシン残置部(区間 A)

シールドマシン残置部は、上流側にあるスキンプレートとその内側の二次覆工で構成されている区間 A-1 (5.2m) と、下流側にあるスキンプレートとその内側の一次覆工及び二次覆工で構成されている区間 A-2 (1.2m) に分かれている (図 5.19 b))。



a) シールドマシン残置部の位置図

b) シールドマシン残置部の詳細図

図 5.19 シールドマシン残置部の詳細図

a) 区間 A-1 の詳細 (スキンプレートと内側の二次覆工で構成されている区間)

事故後の調査で確認した二次覆工は、上半部がほぼ欠損しており、二次覆工の外側にあるスキンプレートが一部箇所露出していた (写真 5.5)。



(事故後撮影：撮影日 2025/11)

写真 5.5 シールドマシン残置部内部(区間 A-1)における二次覆工の欠損(下流側から望む)

5. 本委員会が実施した調査の概要

また、シールドマシンが到達しているチュウ 4MH とスキンプレートの接続部分は構造的弱部と考えられるが、陥没部のがれきや土砂を撤去した後に行った調査時の観察ではシールド工事の際に地盤改良された密な地盤が確認され、亀裂などの土砂流出の痕跡は見られなかった。



(事故後撮影：撮影日 2025/10)

写真 5.6 シールドマシン残置部と周囲の改良地盤の状況(下流側から望む)

5. 本委員会が実施した調査の概要

b) 区間 A-2 の詳細 (スキンプレートと内側の一次覆工及び二次覆工で構成されている区間)
 事故後の調査で確認した二次覆工は、全体的にほぼ欠損しており、一次覆工についても、通常では RC セグメント内に埋設されているはずの FB が露出し折れ曲がった状態でぶら下がっていた (写真 5.7)。また、コンクリートがある程度残存しているものの、上流側のリング間継手部分のコンクリートが帯状に欠損している RC セグメントもあった (写真 5.8 及び図 5.20)。

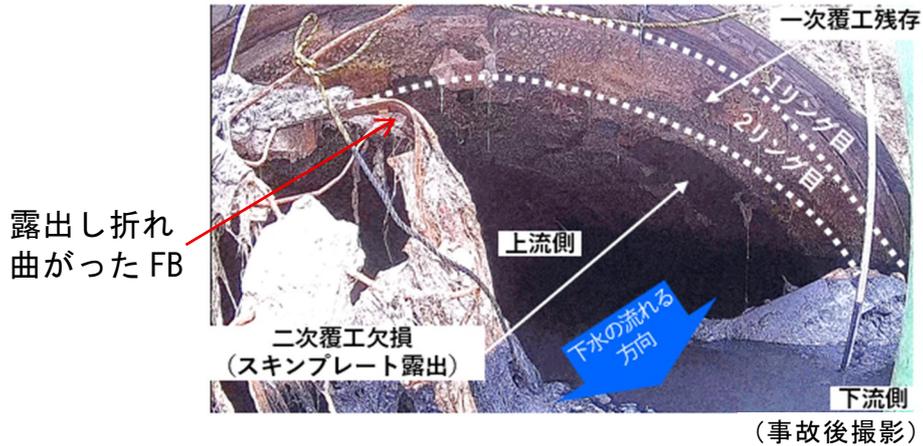


写真 5.7 シールドマシン残置部内部の事故後の状況(下流側から望む)

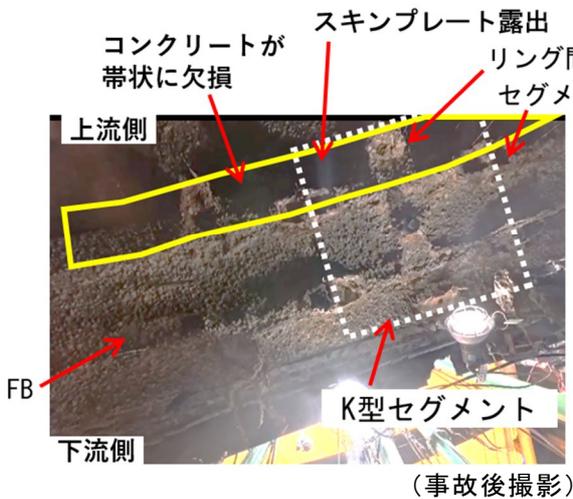


写真 5.8 シールドマシン残置部内上部の RC セグメントの詳細

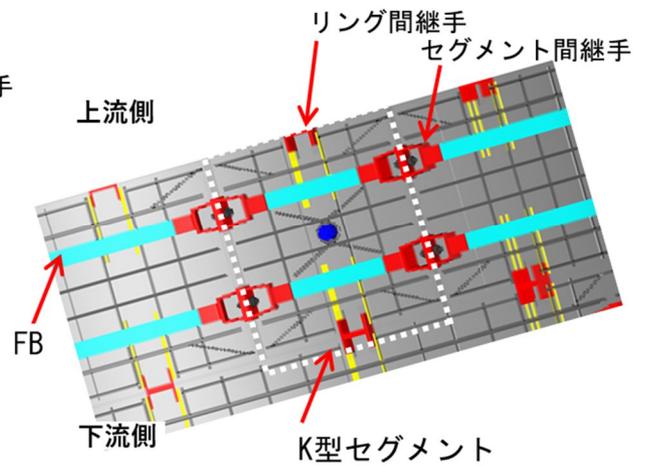
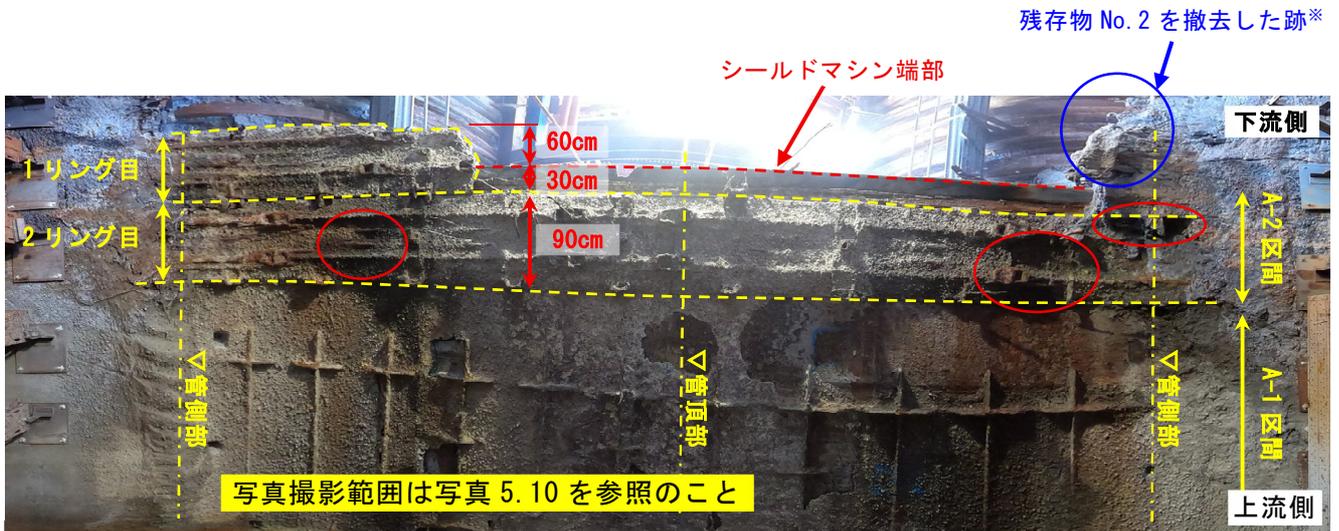


図 5.20 シールドマシン残置部内上部の当初形状

5. 本委員会が実施した調査の概要

事故後の調査で確認した1リング目のRCセグメントは、シールドマシン残置部の端部に配置されており、セグメント幅90cmのうち約60cmがスキンプレートの外側（地山内）に位置していた。また、1リング目、2リング目のRCセグメントは、いずれも一部のコンクリートが溶出していた（写真 5.9）。



凡例：○はA-2区間のうちコンクリートが溶出した箇所（事故後撮影：撮影日 2025/11）

※写真 5.9 を撮影した時点では既に撤去しているが、シールドマシン残置部の端部には破壊したRCセグメント（写真 5.10）が垂れ下がっていた。

写真 5.9 シールドマシン残置部に残存していたRCセグメントの損傷状況（展開図）下から上部を撮影

復旧工事において後に撤去・回収している（一部を残存物 No. 2 として回収：写真 5.19、P. 53 を参照のこと）

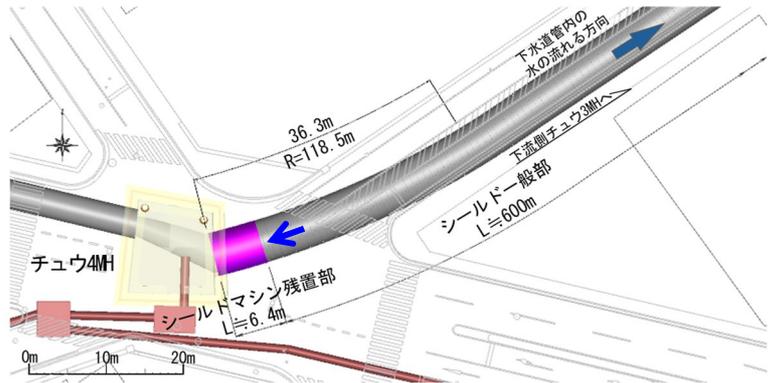
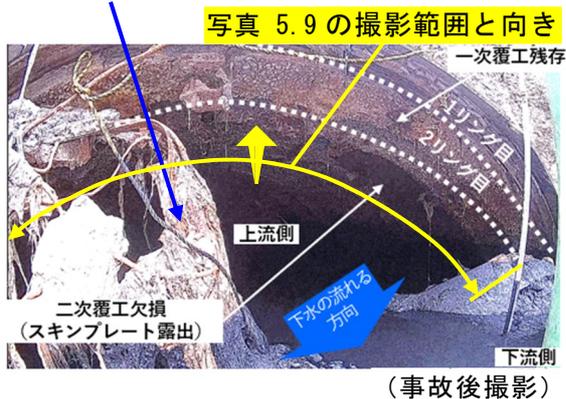


写真 5.10 シールドマシン残置部に残存していたRCセグメント（1リング目）の状況

図 5.21 写真 5.10 の撮影位置図

5. 本委員会が実施した調査の概要

(2) シールド一般部(区間 B～E)

a) 区間 B (下水道管崩壊部) : チュウ 4MH から下流 6.4～20m 付近

事故後の調査で確認したシールドマシン残置部から下流の約 14m の部分については、下水道管が崩壊していた。また、同区間の最下流に当たり、崩壊しつつもかろうじて形状を保っていた RC セグメントは、セグメント間継手が折れ曲がり大きく変形していた(写真 5.11)。

また、事故後に下水道管内における障害物の除去(崩壊した RC セグメントや流入土砂)が完了した後に、下水道管の下半部を確認したところ、二次覆工が残存していた(写真 5.12)。管底部は健全であり、管底から高さ約 30cm より上部は骨材が露出しているものの、十分な厚さが残っていた(写真 5.13)。

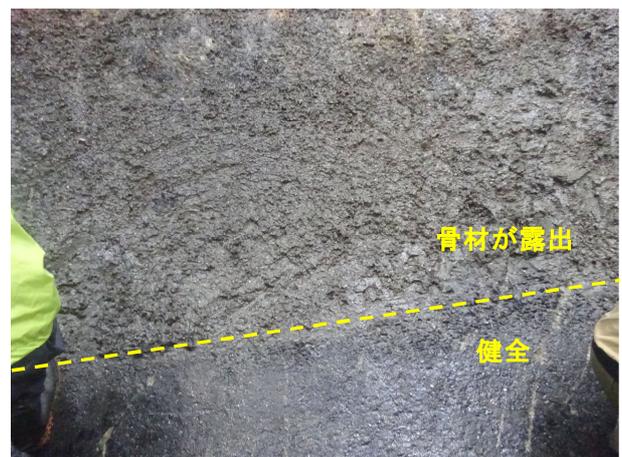


写真 5.11 チュウ 4MH から下流 10m 付近の状況
(上流側から望む・事故後撮影 2025/5)



(事故後撮影 2025/10)

写真 5.12 下水道管下半の二次覆工の外観



(事故後撮影 2025/10)

写真 5.13 下水道管下半部の二次覆工
の外観(骨材露出・健全部の境界)

5. 本委員会が実施した調査の概要

b) 区間 C (下水道管腐食部) : チュウ 4MH から下流 20~50m 付近

事故後の調査で確認した二次覆工は、コンクリートの化学的腐食が進行して上半部がほぼ欠損していた。一次覆工は、コンクリートの表面が剥落しており、セグメント間継手及びリング間継手のボルトボックスが露出していた。セグメント間継手の定着部材である FB まで露出している状況だった (写真 5.14)。



写真 5.14 チュウ 4MH から下流 20~50m 付近の状況 (下流側から望む・事故後撮影 2025/2/5)

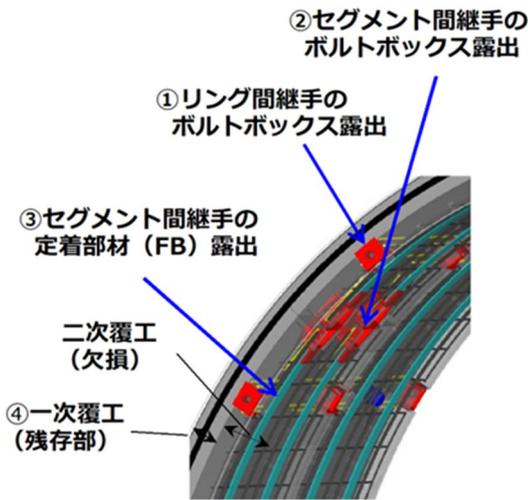


図 5.22 写真 5.14 の状態を再現したイメージ図

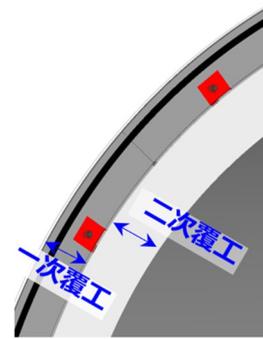


図 5.23 RC セグメントの欠損前の状態

5. 本委員会が実施した調査の概要

c) 区間D（下水道管腐食部）：チュウ 4MH から下流 20～50m 付近

事故後の調査で確認した一次覆工は、インカーブ側において化学的腐食が進行し、コンクリートの表面（かぶり部分）が側部を中心に一部で剥落しており、鉄筋や継手の表面が露出していた（写真 5.15 a）。コンクリートの化学的腐食は進行しているが、平面曲線部のアウトカーブ側において、一部の二次覆工は残存していた（写真 5.15 b）。



写真 5.15 チュウ 4MH から下流 20～50m 付近の状況
(上流側から望む・事故後に撮影 2025/5)

d) 区間E（下水道管腐食部）：チュウ 4MH から下流 50m 以上

事故後の調査では、コンクリートの化学的腐食が一部で進行していたが二次覆工は残存していた（写真 5.16：2025/2/5 撮影）。



写真 5.16 チュウ 4MH から下流 100m 付近の状況
(下流側から望む・事故後に撮影 2025/2/5)

5.4.3 回収した下水道管の残存物

(1) 全体一覧

事故後の調査で回収した下水道管の残存物の一覧として、回収した位置と回収日を下表に示す（表 5.14）。なお、回収日はいずれも 2025 年である。

表 5.14 回収した下水道管の残存物一覧表

番号	回収位置*	回収日	備考	番号	回収位置*	回収日	備考
No.1	チュウ4MH内	4/28		No.18	マシン残置部	9/23	K型
No.2	6.4m地点	5/29	破片の一部	No.19	10m地点	9/29	K型
No.3	15m地点	5/29		No.20	6.4~20m地点	10/3	破片の一部
No.4-1	15m地点	8/5		No.21	65m地点	10/13	
No.4-2	15m地点	8/5		No.22	65m地点	10/13	
No.5	15m地点	8/5	K型	No.23	65m地点	10/13	
No.6	30m地点	9/12		No.24	15m地点	10/14	下半(コア)
No.7	30m地点	9/12		No.25	15m地点	10/14	下半(コア)
No.8	6.4m地点	9/16	破片の一部	No.26	10m地点	10/21	
No.9	マシン残置部	9/16	破片の一部	No.27	10m地点	10/21	
No.10	マシン残置部	9/16	破片の一部	No.28	10m地点	10/21	
No.11	6.4~20m地点	9/18	K型	No.29	10m地点	10/21	
No.12	6.4~20m地点	9/18	破片の一部	No.30	10m地点	10/21	
No.13	6.4~20m地点	9/18		No.31	マシン残置部	10/25	
No.14	6.4~20m地点	9/18					
No.15	15m地点	9/19	破片の一部				
No.16	15m地点	9/19	破片の一部				
No.17	マシン残置部	9/23	破片の一部				

※回収位置はチュウ4MHからの距離を示す（*部）

【着色の凡例】

- ：シールドマシン残置部（チュウ4MHから6.4m地点まで）
- ：下水道管崩壊部（チュウ4MHから6.4~20m地点）
- ：下水道管腐食部（チュウ4MHから20m地点以降）

※着色は説明図と整合させている。

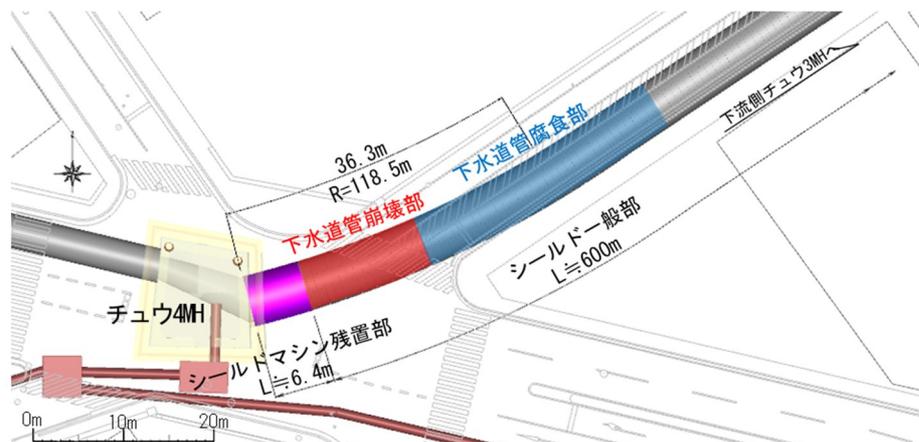


図 5.24 回収位置の説明図

5. 本委員会が実施した調査の概要

(2) 残存物の総括

事故後の調査で回収された残存物の劣化状況を区間ごとに下表に整理した（表 5.15）。ここでは、それぞれの回収場所において、劣化の程度が顕著な残存物を対比して示したものであり、残存物の全容は次頁以降を参照のこと。

表 5.15 残存物の総括表

回収場所	チュウ 4MH 内	シールドマシン残置部			シールド一般部			
					下水道管崩壊部		下水道管腐食部	
回収位置*	—	0m	0m	6.4m	15m	15m	30m	
番号（代表）	No. 1	No. 17	No. 18	No. 2	No. 3	No. 19	No. 7	
RC セグメントの種類	A または B	A または B	K	B	A または B	K	A または B	
RC セグメントの劣化状況	残存厚	最小 60mm 程度	最小 30mm 程度	最小 0mm (中央部が貫通)	— (鋼材のみ)	最小 110mm	最小 0mm (中央部が貫通)	最小 80mm 程度
	外面側鉄筋 (地山側)	—	先端が尖り破断 (硫化水素腐食)	やせ細り (硫化水素腐食)	—	—	やせ細り (硫化水素腐食)	—
	セグメント 間継手	2 箇所脱落 (2 箇所残存)	1 箇所脱落 (1 箇所残存、他欠損)	4 箇所脱落 (残存無し)	—	2 箇所脱落 (2 箇所残存)	3 箇所脱落 (1 箇所残存)	2 箇所脱落 (2 箇所は断面欠損)
	リング 間継手	3 箇所脱落 (3 箇所残存)	3 箇所脱落 (残存なし)	2 箇所脱落 (残存無し)	—	2 箇所脱落 (2 箇所残存、他欠損)	2 箇所脱落 (残存無し)	2 箇所脱落 (他欠損)
	裏込め 注入孔	空隙あり (土砂詰まり)	空隙なし	充填材で閉塞	—	土砂詰まり	充填材で閉塞	充填材で閉塞
	シール材	一部が塊状に残存	一部が残存(少量)	一部が残存(少量)	—	残存(亀裂・ほつれ)	一部が残存(少量)	一部が残存(少量)
外観写真								

注) 回収位置 (*部) はチュウ 4MH からの距離を示す。また、「赤字」は他の残存物と比べて劣化の程度が顕著な箇所を示す。

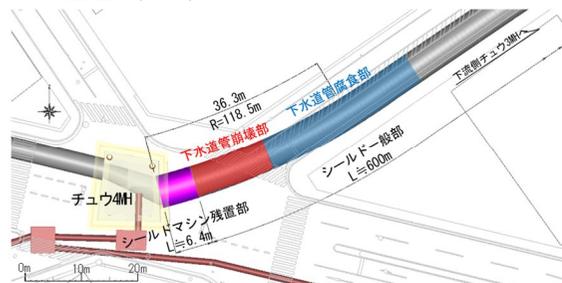
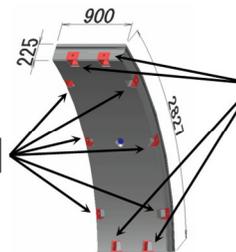


図 5.25 回収位置の説明図

【A 型, B 型】

リング間継手：6 箇所



セグメント間継手：4 箇所

【K 型】

セグメント間継手：4 箇所

リング間継手：2 箇所

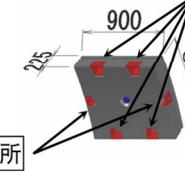


図 5.26 継手の形状(健全状態の場合)

5. 本委員会が実施した調査の概要

(3) シールドマシン残置部で回収された残存物の概要

a) 残存物の回収位置

シールドマシン残置部内で事故後に回収された残存物は8ピースあった（表 5.16）。その状態を下図に示す（図 5.27）。

表 5.16 シールドマシン残置部内の残存物

番号	回収位置*	回収日	備考
No.1	チュウ4MH内	4/28	
No.2	6.4m地点	5/29	破片の一部
No.8	6.4m地点	9/16	破片の一部
No.9	マシン残置部	9/16	破片の一部
No.10	6.4m地点	9/16	半分欠損
No.17	マシン残置部	9/23	破片の一部
No.18	マシン残置部	9/23	K型
No.31	マシン残置部	10/25	

※：回収位置はチュウ4MHからの距離を示す（*部）

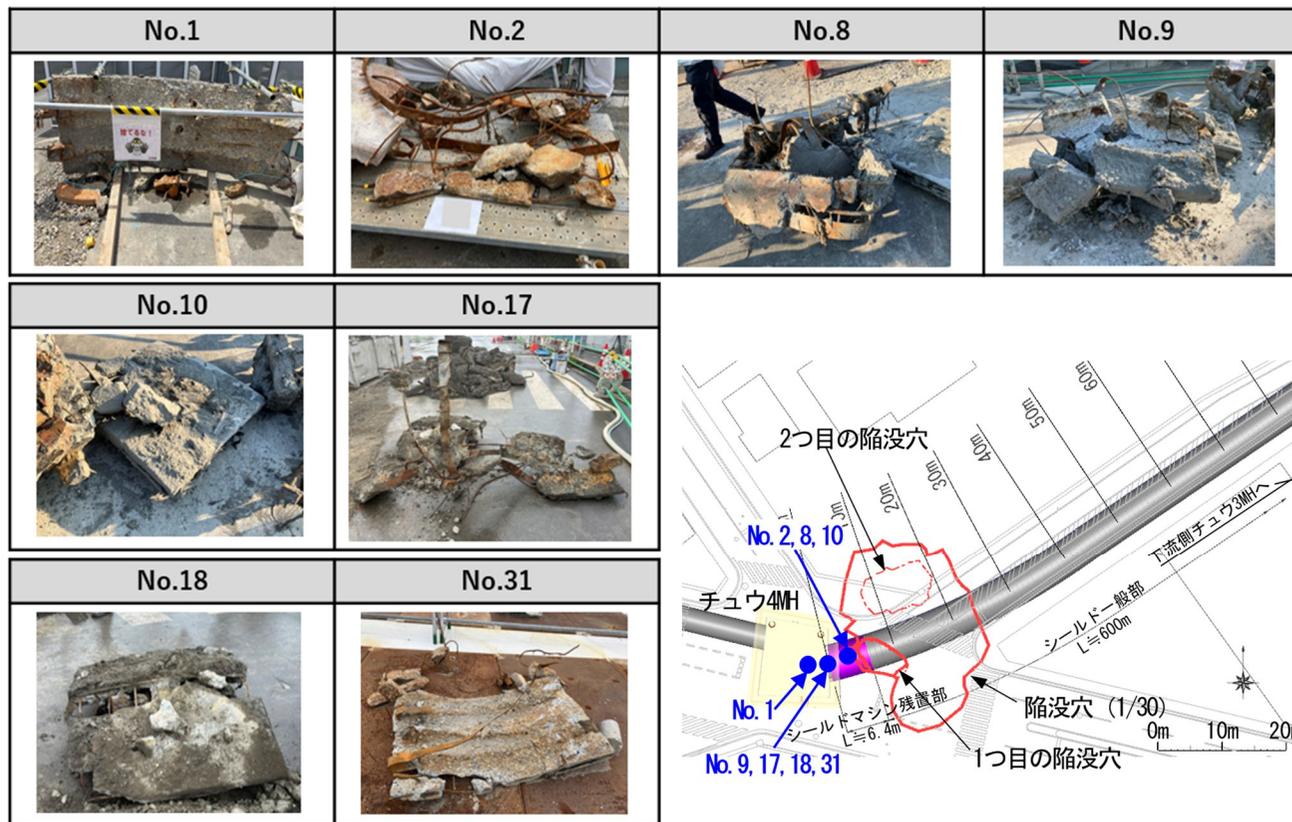


図 5.27 シールドマシン残置部で回収された残存物の概要

5. 本委員会が実施した調査の概要

b) 残存物の状態に関する一覧表

表 5.17 残存物の状態一覧表(区間 A:シールドマシン残置部)

	No. 1	No. 2 (破片化)	No. 8 (破片化)	No. 9 (破片化)	No. 10 (半分欠損)	No. 17 (破片化)	No. 18	No. 31
回収位置※1	チュウ 4MH	6.4m 地点※2	6.4m 地点※2	マシン残置部	6.4m 地点	マシン残置部	マシン残置部	マシン残置部
RC セグメントの種類	A または B	B	A または B	A または B	A または B	A または B	K	A または B
覆工コンクリート (最小厚)	60mm	70mm	40mm	115mm	140mm	30mm	0mm (中央部が貫通)	40mm
セグメント間継手 (脱落-残存数)※3	2-2	-	0-3 (1箇所は断面欠損)	2-2	2-0 (2箇所は断面欠損)	1-1 (2箇所は断面欠損)	4-0	3-0 (1箇所は断面欠損)
リング間継手 (脱落-残存数)※3	3-3	-	0-1 (5箇所は断面欠損)	3-1	2-0 (4箇所は断面欠損)	3-0 (3箇所は断面欠損)	2-0	3-0 (3箇所は断面欠損)
裏込め注入孔 (閉塞状況)	空隙あり (土砂詰まり)	-	完全に貫通	充填材で閉塞	-	完全に貫通	充填材で閉塞	完全に貫通
シール材	一部が 塊状に残存	-	一部が残存 (少量)	一部が 塊状に残存	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)
外観写真								

※1：回収位置はチュウ 4MH からの距離を示す。

※2：残存物 No.2 は、シールドマシン残置部の端部に残された残存物を復旧工事により撤去したものである。

No.8 もシールドマシン残置部(下流側の端部付近)で回収したものであるが、No.2 の一部であるかは不明であった(施工者ヒアリングにより確認)。

※3：RC セグメントの当初形状は以下の通り。「脱落」は RC セグメント本体から継手が外れ落ちた状態を意味する。

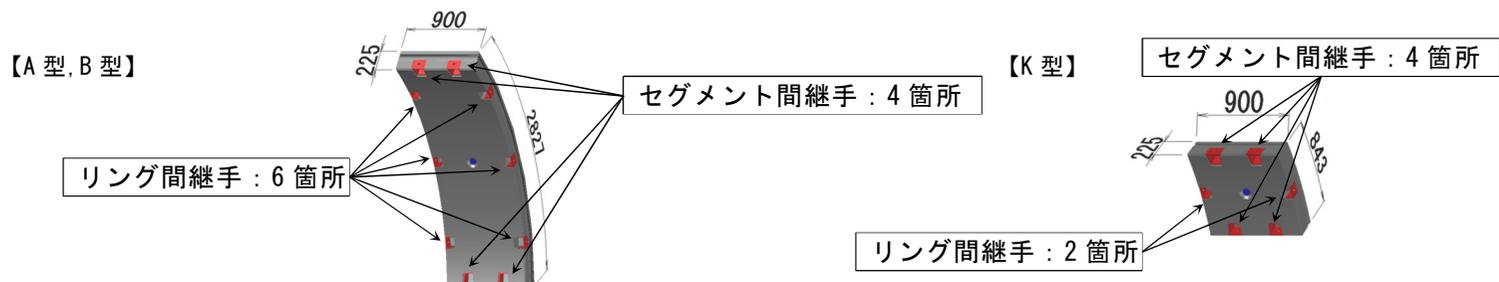


図 5.28 継手の形状(健全状態の場合)

5. 本委員会が実施した調査の概要

(4) チュウ 4MH から 6.4~20m地点で回収された残存物の概要

a) 残存物の回収位置

チュウ 4MH から 6.4~20m 地点で事故後に回収された残存物は 17 ピースであった。ここでは、そのうち No.3~No.16 について示す (表 5.18)。また、その状態を下図に示す (図 5.29)。

表 5.18 チュウ 4MH から
6. 4~20m 地点の残存物(その 1)

番号	回収位置*	回収日	備考
No.3	15m地点	5/29	
No.4-1	15m地点	8/5	
No.4-2	15m地点	8/5	
No.5	15m地点	8/5	
No.11	5~20m地点	9/18	K型
No.12	5~20m地点	9/18	破片の一部
No.13	5~20m地点	9/18	
No.14	5~20m地点	9/18	
No.15	15m地点	9/19	破片の一部
No.16	15m地点	9/19	破片の一部
No.19	10m地点	9/29	K型
No.20	5~20m地点	10/3	破片の一部
No.26	10m地点	10/21	
No.27	10m地点	10/21	
No.28	10m地点	10/21	
No.29	10m地点	10/21	
No.30	10m地点	10/21	

※1：回収位置はチュウ 4MH からの距離を示す (*部)

※2：下半のコア削孔部 (No.24、25) は除く

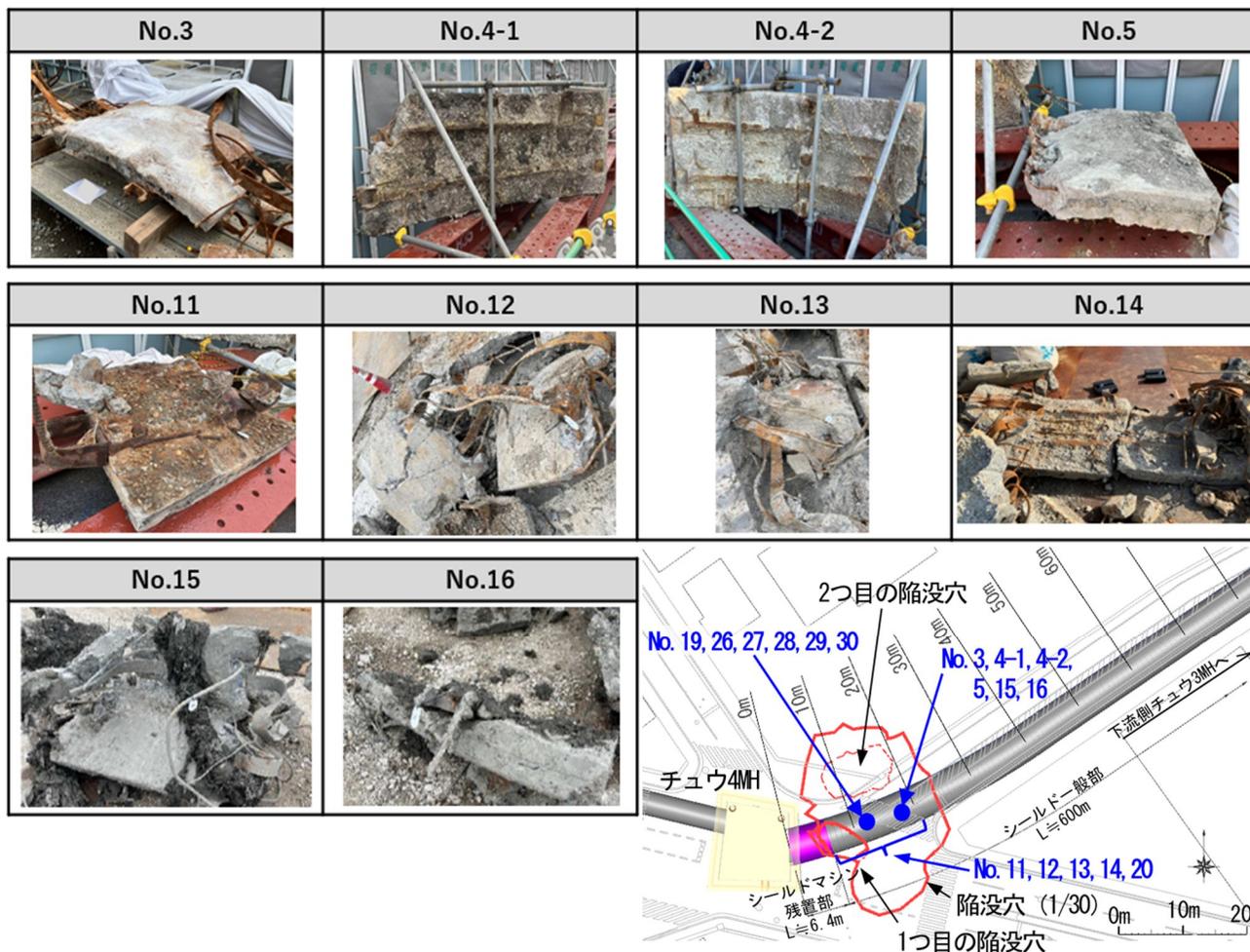


図 5.29 チュウ 4MH から 6. 4~20m 地点で回収された残存物の概要 (1/2)

5. 本委員会が実施した調査の概要

ここでは、事故後に回収された No.19～No.30 について示す（表 5.19）。その状態を下図に示す（図 5.30）。

表 5.19 チュウ 4MH から
6.4～20m 地点の残存物(その 2)

番号	回収位置*	回収日	備考
No.3	15m地点	5/29	
No.4-1	15m地点	8/5	
No.4-2	15m地点	8/5	
No.5	15m地点	8/5	
No.11	5～20m地点	9/18	K型
No.12	5～20m地点	9/18	破片の一部
No.13	5～20m地点	9/18	
No.14	5～20m地点	9/18	
No.15	15m地点	9/19	破片の一部
No.16	15m地点	9/19	破片の一部
No.19	10m地点	9/29	K型
No.20	5～20m地点	10/3	破片の一部
No.26	10m地点	10/21	
No.27	10m地点	10/21	
No.28	10m地点	10/21	
No.29	10m地点	10/21	
No.30	10m地点	10/21	

※1：回収位置はチュウ 4MH からの距離を示す（*部）
 ※2：下半のコア削孔部（No.24、25）は除外した

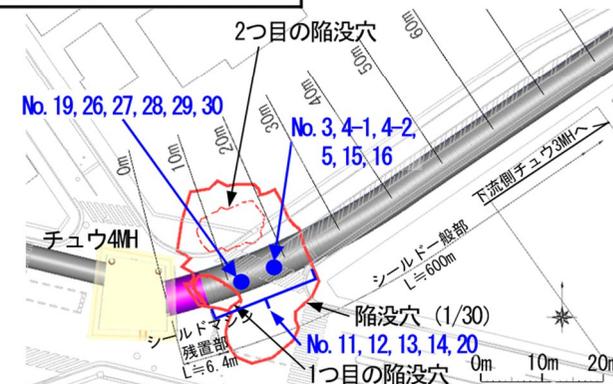
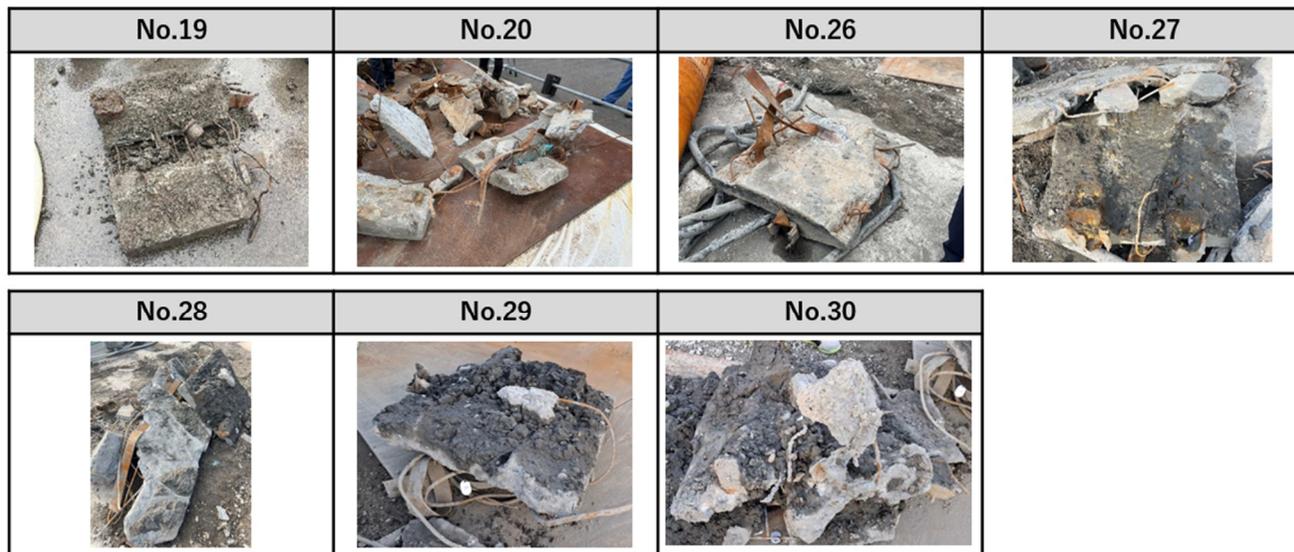


図 5.30 チュウ 4MH から 6.4～20m 地点で回収された残存物の概要（2/2）

5. 本委員会が実施した調査の概要

b) 残存物の状態に関する一覧表

表 5.20 残存物の状態一覧表(区間 B:チュウ 4MH から下流 6.4~20m 付近 - その 1)

	No. 3	No. 4-1	No. 4-2	No. 5	No. 11	No. 12 ^{※2} (破片化)	No. 13 ^{※2} (破片化)	No. 14
回収位置 ^{※1}	15m 地点	15m 地点	15m 地点	15m 地点	6.4~20m 地点	6.4~20m 地点	6.4~20m 地点	6.4~20m 地点
RC セグメントの種類	A または B	A または B	A または B	A または B	K	A または B	A または B	A または B
覆工コンクリート (最小厚)	80mm	80mm	90mm	110mm	75mm	80mm	95mm	95mm
セグメント間継手 (脱落-残存数) ^{※3}	2-2	3-0 (1 箇所断面欠損)	2-0 (2 箇所断面欠損)	2-0 (2 箇所断面欠損)	2-2	1-3	2-0 (2 箇所断面欠損)	2-2
リング間継手 (脱落-残存数) ^{※3}	2-2 (2 箇所断面欠損)	2-3 (1 箇所断面欠損)	3-2 (1 箇所断面欠損)	1-1 (4 箇所断面欠損)	1-1	4-0 (2 箇所断面欠損)	2-0 (4 箇所断面欠損)	2-4
裏込め注入孔 (閉塞状況)	土砂詰まり	土砂詰まり	充填材で閉塞	欠損	完全に貫通	断面欠損	充填材 一部残存	充填材で閉塞
シール材	残存 (亀裂・ほつれ)	残存 (亀裂・ほつれ)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	消失	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)
外観写真								

※1：回収位置はチュウ 4MH からの距離を示す。

※2：No.12、No.13 は損傷が激しく、保管場所での照合が困難であり詳細が不明。

※3：RC セグメントの当初形状は以下の通り。「脱落」は RC セグメント本体から継手が外れ落ちた状態を意味する。

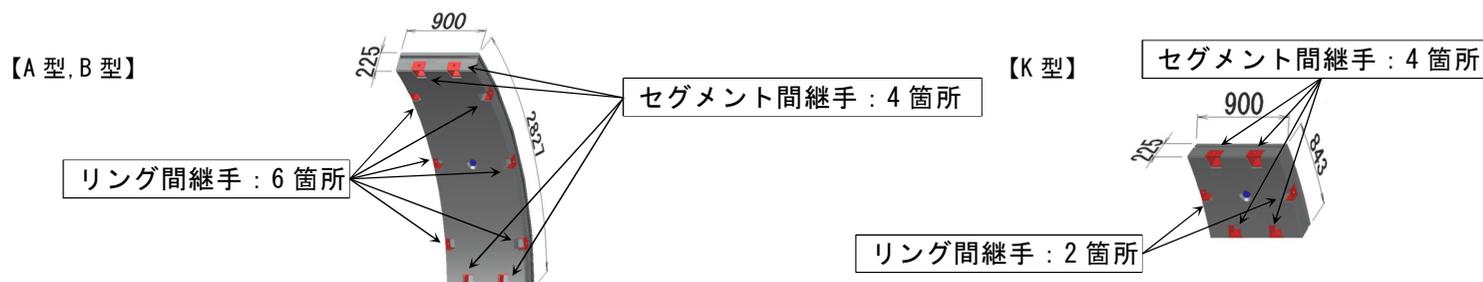


図 5.31 継手の形状(健全状態の場合)

5. 本委員会が実施した調査の概要

表 5.21 残存物の状態一覧表(区間 B:チュウ 4MH から下流 6.4~20m 付近 - その 2)

	No. 15 ^{※2} (破片化)	No. 16 ^{※2} (破片化)	No. 19	No. 20 ^{※2} (破片化)	No. 26 ^{※2} (破片化)	No. 27 ^{※2} (破片化)	No. 28 ^{※2} (破片化)	No. 29 (破片化)	No. 30 ^{※2} (破片化)
回収位置 ^{※1}	15m 地点	15m 地点	15m 地点	15m 地点	10m 地点	10m 地点	10m 地点	10m 地点	10m 地点
RC セグメントの種類	A または B	A または B	K	A または B	A または B	A または B	A または B	A または B	A または B
覆工コンクリート (最小厚)	—	80mm	0mm (中央部貫通)	35mm	120mm	50mm	85mm	80mm	70mm
セグメント間継手 (脱落-残存数) ^{※3}	1-2 (1 箇所断面欠損)	2-2	3-1	3-0 (1 箇所断面欠損)	2-0 (2 箇所断面欠損)	0-2 (2 箇所断面欠損)	3-0 (1 箇所断面欠損)	0-2 (2 箇所断面欠損)	2-1 (1 箇所断面欠損)
リング間継手 (脱落-残存数) ^{※3}	0-2 (4 箇所断面欠損)	1-2 (3 箇所断面欠損)	2-0	4-0 (2 箇所断面欠損)	0-2 (4 箇所断面欠損)	2-0 (4 箇所断面欠損)	4-0 (2 箇所断面欠損)	1-1 (4 箇所断面欠損)	2-0 (4 箇所断面欠損)
裏込め注入孔 (閉塞状況)	—	—	完全に貫通	充填材 一部残存	欠損	欠損	充填材で 閉塞	欠損	欠損
シール材	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	残存	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (ほつれ)	一部が残存 (ほつれ)
外観写真									

※1：回収位置はチュウ 4MH からの距離を示す。

※2：損傷が激しいため詳細が不明。

※3：RC セグメントの当初形状は以下の通り。「脱落」は RC セグメント本体から継手が外れ落ちた状態を意味する。

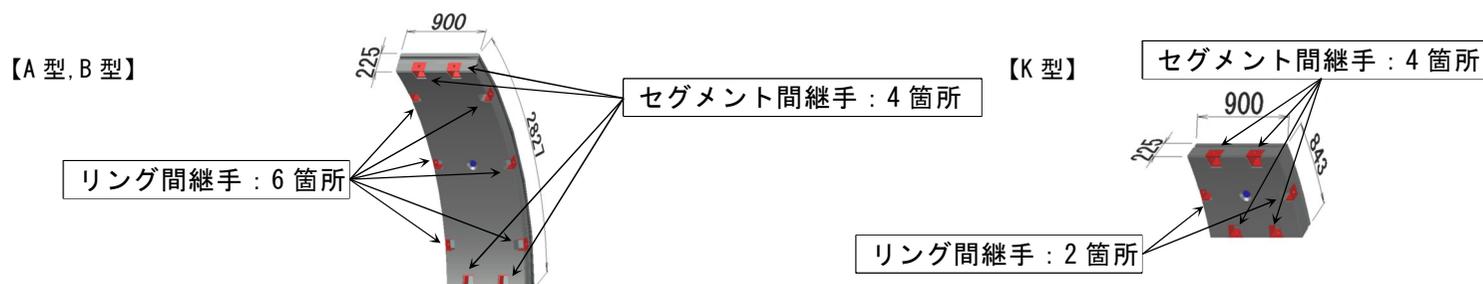


図 5.32 継手の形状(健全状態の場合)

5. 本委員会が実施した調査の概要

(5) チュウ 4MH から 20m地点より下流側で回収された残存物の概要

a) 残存物の回収位置

チュウ 4MH から 20m 地点より下流側で事故後に回収された残存物は 5 ピースであった (表 5.22)。その状態を下図に示す (図 5.33)。

表 5.22 チュウ 4MH から
20m 地点より下流側の残存物

番号	回収位置*	回収日	備考
No.6	30m地点	9/12	
No.7	30m地点	9/12	
No.21	65m地点	10/13	
No.22	65m地点	10/13	
No.23	65m地点	10/13	

No.6	No.7	No.21	No.22
			

No.23


※：回収位置はチュウ4MHからの距離を示す (*部)

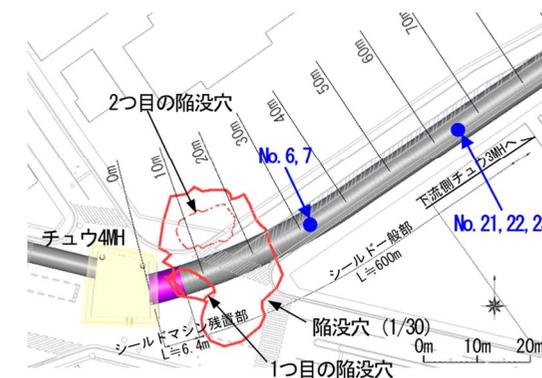


図 5.33 チュウ 4MH から 20m 地点より下流側で回収された残存物の概要

5. 本委員会が実施した調査の概要

b) 残存物の状態に関する一覧表

表 5.23 残存物の状態一覧表(区間 C:チュウ 4MH から 20m 地点より下流側)

	No. 6	No. 7	No. 21	No. 22	No. 23
回収地点※ ¹	30m 地点	30m 地点	65m 地点	65m 地点	65m 地点
RC セグメントの種類	A または B	A または B	A または B	A または B	—
覆工コンクリート (最小厚)	80mm	80mm	60mm	80mm	45mm
セグメント間継手 (脱落—残存数)※ ²	2-0 (2 箇所断面欠損)	2-0 (2 箇所断面欠損)	2-1 (1 箇所断面欠損)	1-1 (2 箇所断面欠損)	—
リング間継手 (脱落—残存数)※ ²	3-1 (2 箇所断面欠損)	2-0 (4 箇所断面欠損)	4-0 (2 箇所断面欠損)	4-1 (1 箇所断面欠損)	—
裏込め注入孔 (閉塞状況)	— (母材欠損)	充填材で閉塞	充填材で閉塞	充填材で閉塞	—
シール材	一部が残存 (少量)	一部が残存 (少量)	一部が残存 (ほつれ)	一部が残存 (ほつれ)	—
外観写真					

※¹: 回収位置はチュウ 4MH からの距離を示す。

※²: RC セグメントの当初形状は以下の通り。「脱落」は RC セグメント本体から継手が外れ落ちた状態を意味する。

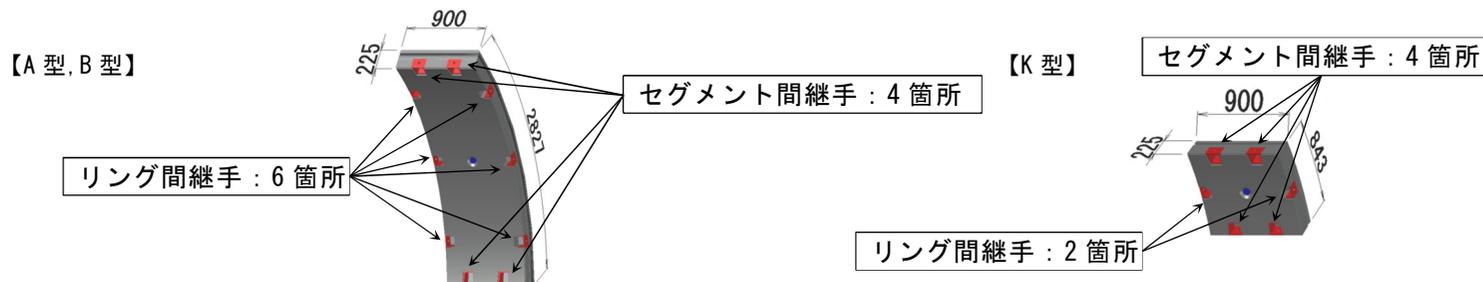


図 5.34 継手の形状(健全状態の場合)

5.4.4 代表的な残存物の特徴

(1) 残存物 No.1

事故後に回収された残存物 No.1 は、チュウ 4MH 内において回収されたもので、RC セグメントは、硫化水素による化学的腐食によってコンクリートが薄くなっていた。また、RC セグメント間継手及びリング間継手ともに、破損あるいは脱落していた（写真 5.17：P.52 を参照のこと）。

(2) 残存物 No.2

事故後に回収された残存物 No.2 は、シールドマシン残置部と地山の境界に配置されていた RC セグメントの一部であり、セグメント幅 90 cm のうち、約 60cm が地山側に位置していた。その上、右半分のコンクリートがなくなっていた（写真 5.18 及び写真 5.19：P.52 を参照のこと）。

(3) 残存物 No.3

事故後に回収された残存物 No.3 は、陥没箇所の下流側で回収されたことから、シールド一般部を構成していた RC セグメントと考えられる。半分近くのコンクリートがなくなっていて鉄筋がむき出しになり、セグメント間継手が露出していた（写真 5.20：P.52 を参照のこと）。

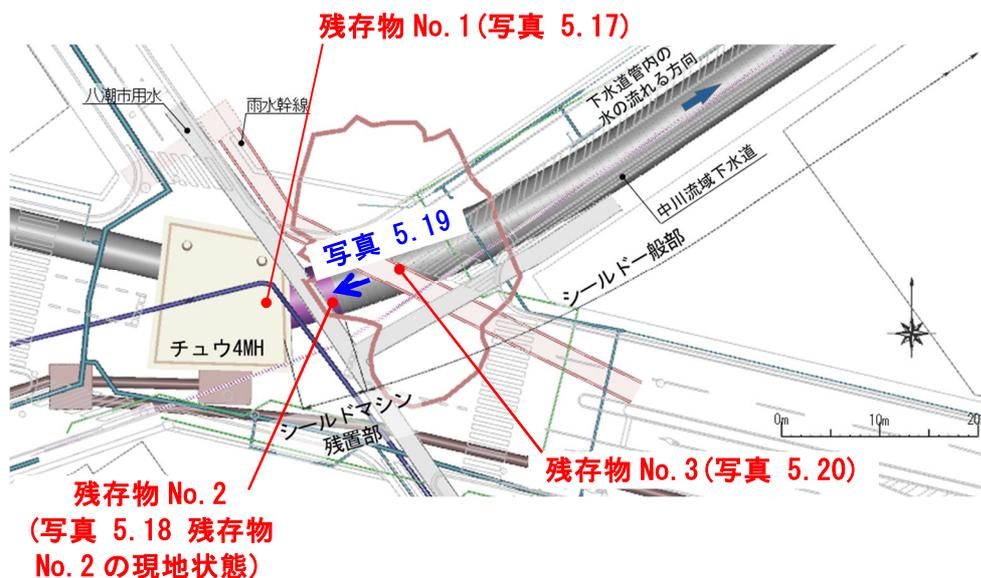


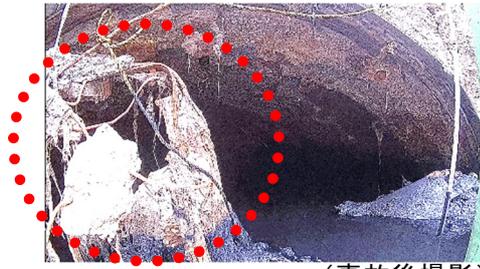
図 5.35 残存物回収箇所及び写真撮影方向位置図

5. 本委員会が実施した調査の概要



(事故後撮影)

写真 5.17 残存物 No.1



(事故後撮影)

写真 5.18 残存物 No.2 の現地状態
(下流側から上流側を望む)



(事故後撮影)

写真 5.19 残存物 No.2

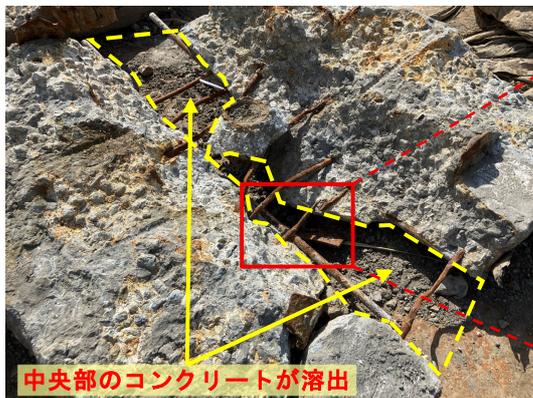


(事故後撮影)

写真 5.20 残存物 No.3

(4) 残存物 No.18

シールドマシン残置部において事故後に回収された K 型セグメントであり、シールド一般部を構成していたと考えられる。中央部のコンクリートが硫化水素による化学的腐食を受けて大きく減厚し、鉄筋の先細りが生じるほど鉄筋が腐食していた (写真 5.21)。



中央部のコンクリートが溶出

(事故後撮影)

a) 残存物 No. 18 の外観



痩せて細くなった鉄筋

(事故後撮影)

b) 化学的腐食の状態

写真 5.21 中央部が著しく腐食していた K 型セグメント

(5) RC セグメント本体および継手部

事故後に回収された下水道管の部材の一つ（残存物 No.1）は、一次覆工の内側にあるはずの二次覆工（厚さ 250mm）が欠損し、一次覆工を構成している RC セグメント（厚さ 225mm、図 5.36）において残存していたコンクリートの厚さは大半が 100mm 以下（厚みが 125mm 以上減少）であった（写真 5.22）。RC セグメント本体に定着しているはずのセグメント間継手（図 5.37）は、ボルトボックスと FB 部の溶接が外れ、隣接する RC セグメントのボルトボックスとボルトで結合した状態で RC セグメント本体から分離し脱落していた（写真 5.23）。また、回収された RC セグメントの中には、残存していたコンクリートの最小厚さが 30mm 程度（厚みが 195mm 減少）のものも見られた（残存物 No.17、写真 5.24）。



写真 5.22
回収した RC セグメントの厚さ
(残存物 No. 1)



写真 5.23
回収したセグメント間継手
(残存物 No. 1)

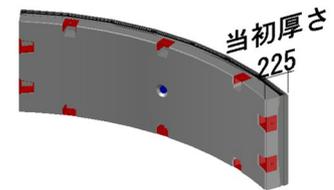
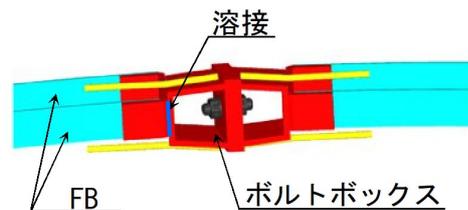


図 5.36
RC セグメントの設計厚さ



写真 5.24
回収した RC セグメントの厚さ
(残存物 No. 17)

(当初のセグメント間継手の状態)



(回収された状態)

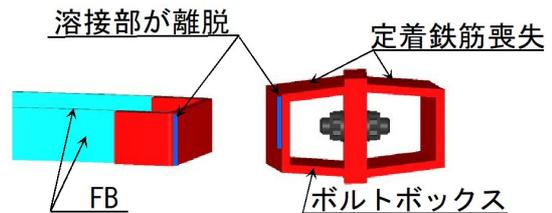


図 5.37 セグメント間継手の構造
(健全な場合のボルトボックスと FB の結合)

(6) 裏込め注入孔

事故後に回収された下水道管の部材（残存物 No.1）の裏込め注入孔の状態を以下に示す（写真 5.25）。

シールド工事の施工時に、RC セグメントと周辺地盤との間にできる隙間を埋めるため「裏込め注入孔」から充填材を注入することから、正常な状態では裏込め注入孔は充填材で充填されているはずであるが、土砂が詰まっているものと一部空隙が生じているものを確認した。



写真 5.25 裏込め注入孔の空隙(残存物 No.1)

5. 本委員会が実施した調査の概要

(7) シール材

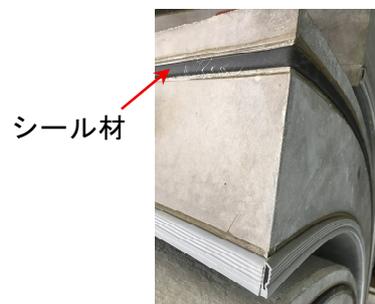
シール材は、RC セグメント間の止水確保を目的として RC セグメント周囲に貼付けるもの（写真 5.27）であるが、事故後の調査で確認した RC セグメント周囲には、シール材が塊状になっている箇所が部分的に確認された（写真 5.26）。



シール材が塊状となっている箇所

(事故後撮影)

写真 5.26 シール材の状態(残存物 No.1)



シール材

写真 5.27 RC セグメント組立て前のシール材

6. 陥没事故を起こした要因

6.1. 道路陥没の要因

地下に空洞ができる原理については、土砂が重力作用によって下方に移動することで地下に空洞が発生することから、1つ目の陥没穴の深さ5m程度*より深い位置に吸い込み口がないと道路陥没は発生しない。

したがって、以下の①及び②より、今回の道路陥没は、埼玉県が管理する中川流域下水道の硫化水素によって腐食した下水道管に起因するものであると考えられる。

- ① 1つ目の陥没穴は、下水道管の直上で発生した（図6.1）。
- ② 陥没深さより深い地下埋設物は下水道管のみであり、かつ土砂を引き込む可能性のある他の要因（他の地下工事、坑道跡、自然生成の水みち）は確認できない（図6.2）。

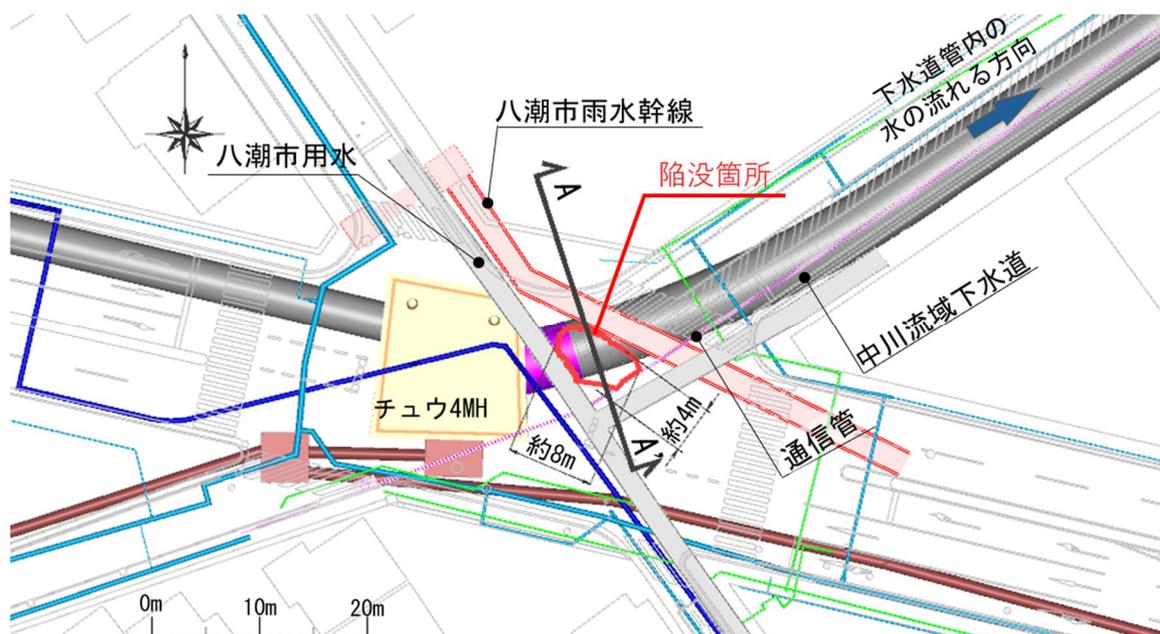


図 6.1 1つ目の陥没穴と地下埋設物との位置関係(平面図)

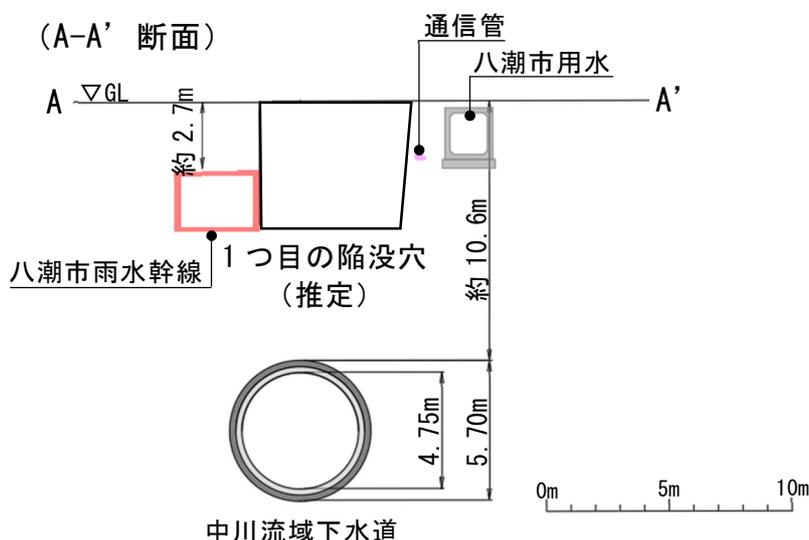
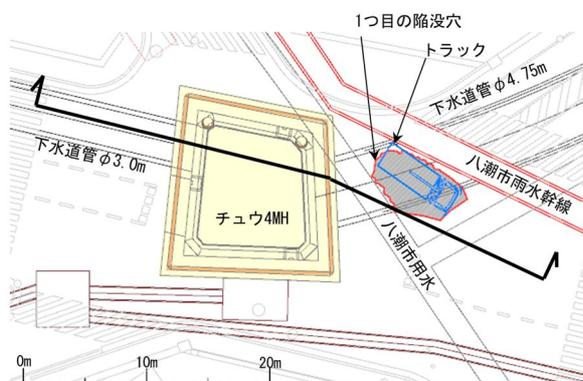


図 6.2 1つ目の陥没穴と地下埋設物との位置関係(A-A'断面)

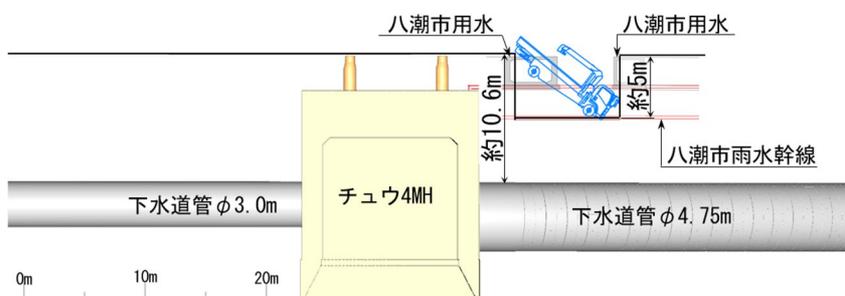
6. 陥没事故を起こした要因

※深さ 5m 程度と推測した根拠

1つ目の陥没穴は、事故の瞬間を捉えたドライブレコーダーの映像を元に、映像と同様の見え方となるトラックの落下角度と落下深さを割り出した結果から推定した（図 6.3 及び図 6.4）。



a) 1つ目の陥没穴とトラックの位置関係(平面図)



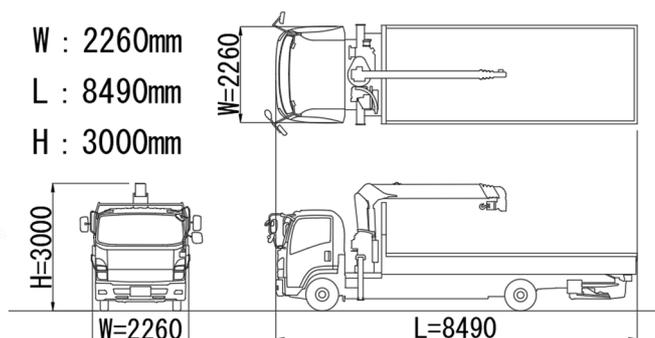
b) 1つ目の陥没穴とトラックの位置関係(断面図)

図 6.3 道路陥没深さの推定



TBS NEWS DIG
(<https://www.youtube.com/watch?v=yyPhssDAvTg>) より

a) 落下直後のトラック荷台の見え方



b) トラックの推定サイズ

図 6.4 落下直後の荷台の見え方とトラックの推定サイズ

6.2. 道路陥没のシナリオ

6.2.1 想定される3つのシナリオ

本委員会で議論したのは、以下の3つのシナリオである。

シナリオ1：小規模空隙から空洞が発生し、陥没に至り、その後下水道管が崩壊

下水道管に**小規模の空隙**（裏込め注入孔の空隙、シール材の劣化や、RCセグメント本体または継手部における損傷や劣化によって生じた空隙）が生じたことで、そこから年単位の時間をかけて**下水道管上部の土砂が流出して地中に空洞が発生・成長**した。ここまでは、シナリオ1、2で共通である。

この空洞が路面近くに達し、道路陥没に至った。なお、下水道管の崩壊は、道路陥没後に発生した。

シナリオ2：小規模空隙から空洞が発生し、その後下水道管が崩壊して陥没に至る

下水道管に**小規模の空隙**（裏込め注入孔の空隙、シール材の劣化や、RCセグメント本体または継手部における損傷や劣化によって生じた空隙）が生じたことで、そこから年単位の時間をかけて**下水道管上部の土砂が流出して地中に空洞が発生・成長**した。ここまでは、シナリオ1、2で共通である。

その後、コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下していたRCセグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手が脱落するなどして下水道管が崩壊し、さらに土砂が下水道管に流出して空洞が拡大して、道路陥没に至った。

シナリオ3：下水道管が崩壊して、急激に陥没に至る

コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下していた**RCセグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手が脱落**するなどして**下水道管が崩壊**し、下水道管に大きな穴が空いたことで土砂が下水道管に流出し、**短時間**で道路陥没に至った。

6. 陥没事故を起こした要因

6.2.2 各シナリオの概要

シナリオ 1：小規模空隙から空洞が発生し、陥没に至り、その後下水道管が崩壊

下水道管に小規模の空隙（裏込め注入孔の空隙、シール材の劣化や、RC セグメント本体または継手部における損傷や劣化によって生じた空隙）※参考1が生じたことで、そこから年単位の時間をかけて下水道管上部の土砂が流出して地中に空洞が発生・成長した。

この空洞が路面近くに達し、道路陥没に至った。なお、下水道管の崩壊は、道路陥没後に発生した。

シナリオ 1

	1	2	3
ステップ	<ul style="list-style-type: none"> 化学的腐食によって二次覆工が損傷 一次覆工が露出して化学的腐食が進行 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模な空隙から土砂が下水道管に流出 	<ul style="list-style-type: none"> 地中に小規模な空洞が発生
イメージ図			
	4	5	6
ステップ	<ul style="list-style-type: none"> 空洞が成長※1 	<ul style="list-style-type: none"> 年単位の時間をかけて路面近くに到達 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞がある一定規模に達すると、路面を支える力が失われ、道路陥没※2
イメージ図			

※1 陥没穴周辺から土砂が崩れ落ちて、一旦空洞下部に堆積する。その後、地下水の流動によって下水道管に流出する。これを繰り返して空洞が成長する。

※2 2025年1月28日 9:49 事故発生

図 6.5 シナリオ 1 のステップ図

6. 陥没事故を起こした要因

シナリオ 2：小規模空隙から空洞が発生し、その後下水道管が崩壊して陥没に至る

下水道管に小規模の空隙（裏込め注入孔の空隙、シール材の劣化や、RC セグメント本体または継手部における損傷や劣化によって生じた空隙）※参考1が生じたことで、そこから年単位の時間をかけて下水道管上部の土砂が流出して地中に空洞が発生・成長した。

その後、コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下していた RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手が脱落するなどして下水道管が崩壊し、さらに土砂が下水道管に流出して空洞が拡大して、道路陥没に至った。

シナリオ 2

ステップ	1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> 化学的腐食によって二次覆工が損傷 一次覆工が露出して化学的腐食が進行 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模な空隙から土砂が下水道管に流出 	<ul style="list-style-type: none"> 地中に小規模な空洞が発生
イメージ図			
ステップ	4	5	6
	<ul style="list-style-type: none"> 空洞が成長※1 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞の成長が継続※1 RC セグメントの耐荷力が低下した状態 	<ul style="list-style-type: none"> 下水道管の崩壊※2 道路陥没※3
イメージ図			

※1 陥没穴周辺から土砂が崩れ落ちて、一旦空洞下部に堆積する。その後、地下水の流動によって下水道管に流出する。これを繰り返して空洞が成長する。

※2 下水道管の崩壊は、RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手の脱落が考えられる。

※3 2025年1月28日 9:49 事故発生

図 6.6 シナリオ 2 のステップ図

6. 陥没事故を起こした要因

シナリオ 3：下水道管が崩壊して、急激に陥没に至る

コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下していた RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手が脱落するなどして下水道管が崩壊し、下水道管に大きな穴が空いたことで土砂が下水道管に流出して、短時間で道路陥没に至った。

シナリオ 3

	1	2	3
ステップ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化学的腐食によって二次覆工が損傷 ・ 一次覆工が露出して化学的腐食が進行 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 化学的腐食により RC セグメントの耐荷力が低下していた下水道管が崩壊※1 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 下水道管の崩壊により、上部地盤が短時間で下水道管に流出し、道路陥没※2
イメージ図			

※1 下水道管の崩壊は、RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手の脱落が考えられる。

※2 2025 年 1 月 28 日 9:49 事故発生

図 6.7 シナリオ 3 のステップ図

6.2.3 各シナリオを裏付ける要因

(1) シナリオ 1、2 を裏付ける要因

a) 小規模な空隙の発生

シールド構造で築造された下水道管に生じた小規模な空隙等から土砂が流出して空洞が発生・成長し、年単位の時間をかけて路面近くに達した可能性が考えられる。

- ① 事故発生後に行った下水道管内部の調査において、二次覆工がほぼ欠損していることを確認した。この調査結果より、陥没の時点では下水道管上部の土砂と下水道管の内部を隔てるものは一次覆工のみであったと考えられる。
- ② この状態で一次覆工に小規模でも空隙等があれば※参考1、下水道管に土砂が流出し、地中に空洞が形成される可能性がある※参考2。
- ③ 回収した RC セグメントの調査により、裏込め注入孔に 20×40mm 程度の空隙があったこと、シール材が塑性（硬化）状態になっていたこと、複数の残存物でコンクリートの著しい劣化を確認したことから、これらが下水道管への土砂の流出経路※参考1になった可能性がある。
- ④ 現地で採取した試料（土砂）を用いて、東京大学生産技術研究所で行った複数の土質試験で、裏込め注入孔の空隙（20×40mm）のような小規模な空隙であっても土砂が流出し、空洞が形成されることを確認した※参考2。

b) 空洞の成長

事故に至った空洞は、地中深くに発生し年単位の時間を掛けて成長した可能性がある。

6. 陥没事故を起こした要因

- ①現地土を用いた空洞模型実験^{※参考3}では、空洞が発生、時間をかけて成長し陥没まで至った。
- ②処理場で回収された沈砂重量は事故前に顕著な増加が認められず、急激な空洞拡大の兆しは見られなかった。
- ③2020年度の路面下空洞調査（地下約1.5mまでの空洞を検知可能）で空洞は確認されておらず、この時点では空洞は存在しないか、もしくは空洞の上端は地表下2mより深かったと考えられる。
- ④事故後、処理場には累計で約420tの土砂が漂着している。一方で、陥没後の現地測量によると陥没内で土木作業が始まる前の陥没穴の規模は、約5,000t程度と推定される。また、下水道管崩落部や下流側の下水道管に崩落土が堆積しているとしてもその量は約3,400tと推定される。この他、SS（浮遊物質）内に含まれる土砂量510tを含めたとしても土砂流出量合計3,910tとなる^{※参考6}ため事故以前に何らかの空隙が生じ長い年月をかけて相当量の土砂が流出し空洞を形成した可能性が高い。
- ⑤1つ目の道路陥没により生じた穴の地表面の面積と、推定した深さから土砂量（流出量）を仮定した（図6.8）。また、その土砂量が到達するまでの期間を試算した結果、少なくとも1年程度以上の時間を要して成長したと思われる（図6.9）。なお、試算は土砂の発生源を全て当現場と仮定して行った。

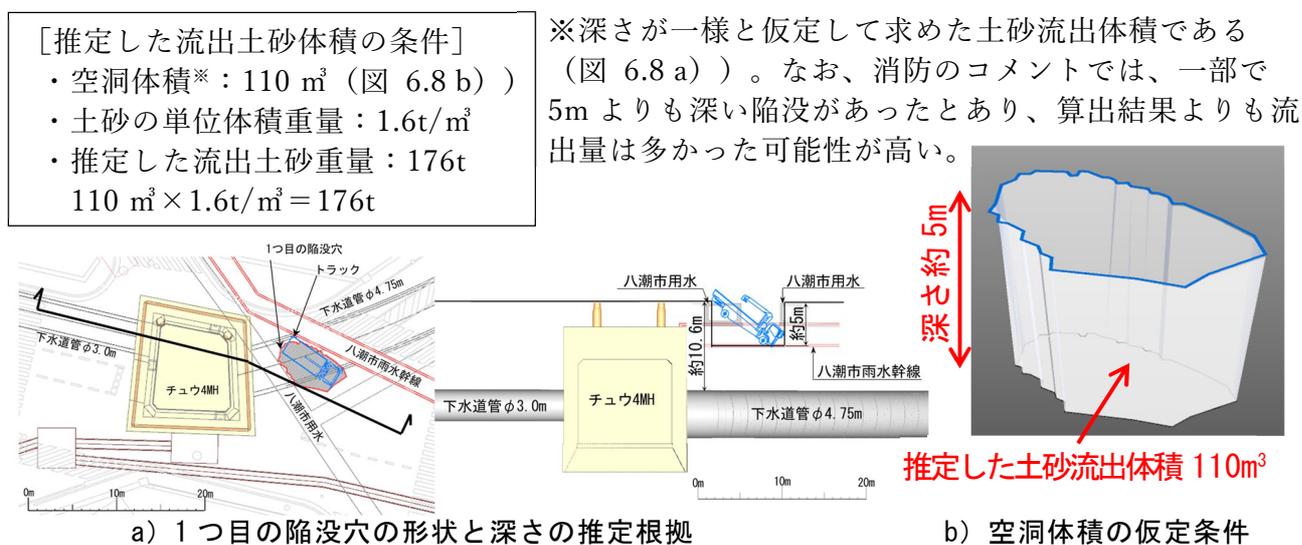


図 6.8 流出した土砂量の試算

6. 陥没事故を起こした要因

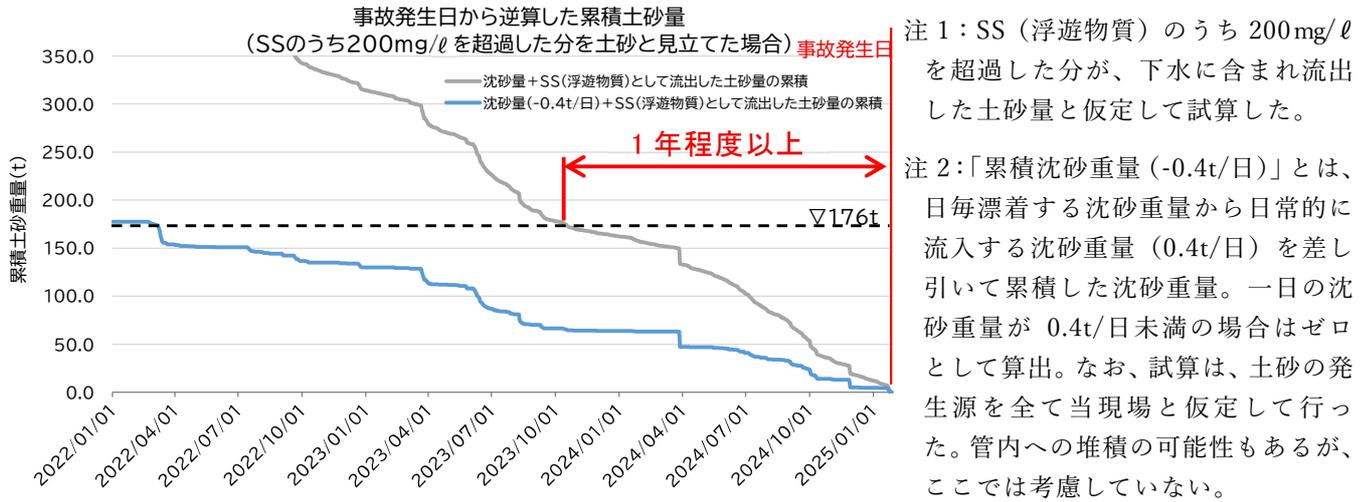


図 6.9 陥没前に処理場に漂着した累積土砂量と流出土砂重量との関係

6. 陥没事故を起こした要因

※参考 1: 流出経路となり得る小規模な空隙として考えられるもの

1) 裏込め注入孔内の充填材空隙



写真 6.1 裏込め注入孔内充填材の空隙(残存物 No.1)

2) 一次覆工の RC セグメントシール材の塑性化

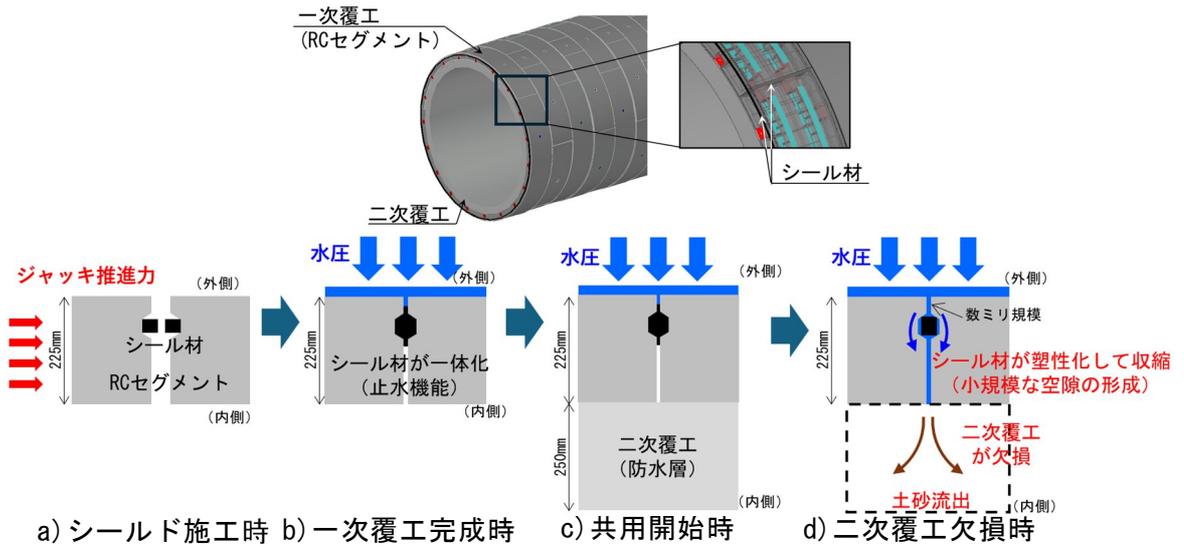


図 6.10 シール材の塑性による空隙イメージ

3) 一次覆工のセグメント間継手の空隙

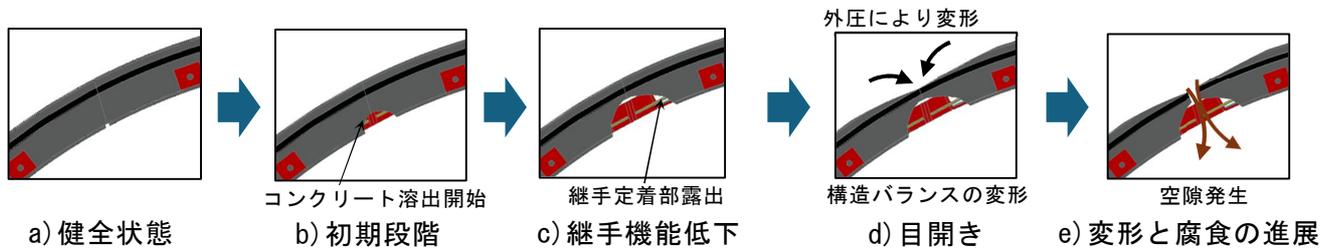
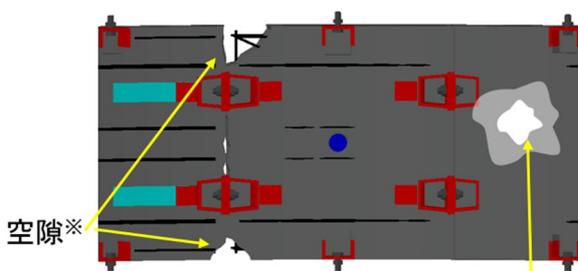


図 6.11 セグメント間継手の空隙イメージ

4) 一次覆工の RC セグメント本体の空隙



※継手付近以外の箇所にも空隙が生じた可能性もある。

図 6.12 RC セグメント本体の空隙イメージ



写真 6.2 シールドマシン残置部における二次覆工コンクリート(厚さ 475mm)の消失^{注)}

注) 厚さ 250mm の二次覆工が消失していたため、RC セグメント本体 (二次覆工と合わせて 475mm) に空隙が生じていた可能性が考えられる。

※参考 2: 土質試験

1) 浸水試験

- ①目的：現地の土が、小規模な空隙であっても水の浸入によって移動・流出する性質を持つかどうか、その流動化の有無を検証した。
- ②試験内容：試料土を水浸させて、土の形状保持時間を測定した。
- ③試験材料：現地から採取した土を使用した。
(シルト混じり砂：細粒分含有率 40%)
- ④試験結果：以下に示す通り、およそ 1 時間程度で形状が崩れた (写真 6.3)。
現地の土は、長く浸水しているとバラバラになったため、小さな空隙でも流れ出す特性を有していることが確認できた。

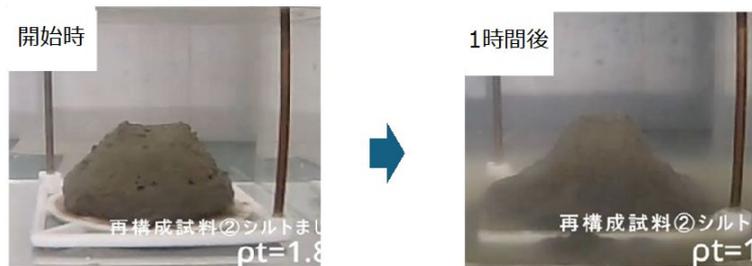


写真 6.3 浸水試験結果

2) 流出実験

- ①目的：現地で確認された小規模の空隙のうち、裏込め注入孔にあった空隙をチューブでモデル化し、容器内の土砂に水を与えたときに、空隙（チューブ）から流出する可能性を検証した。
- ②実験内容：実験容器に土を詰め、上部から水を流し入れて、現地で確認された裏込め注入孔の空隙（約 20×40mm、奥行：約 100mm）を模擬したチューブ（Φ20mm、長さ 100mm）から土が抜け出すか実験した。
- ③実験材料：現地から採取した土を使用した。
(シルト混じり砂：細粒分含有率 40%)
- ④実験結果：現地の土は細粒分が多いため、水がチューブに到達するまでに時間がかかるが、到達後は水と共に流れ出す結果となった。裏込め注入孔にあった空隙が完全飽和の土に接していると、土砂は流れ出す可能性があることが確認できた (写真 6.4)。



写真 6.4 流出実験結果

6. 陥没事故を起こした要因

※参考 3: 空洞模型実験

①目的：現地で採取した土を使用して、小規模な空隙から空洞が発生・成長し、最終的に地表面の陥没に至る可能性を検証した。

②実験内容：横幅 60cm、高さ 30cm、奥行き 10cm の土槽の下部に下水道管に生じた空隙を模した幅 5mm^{*}のスリットを設置して、地下水がある状態を再現するため土槽の下部から給水し、土砂の流動を実験した（写真 6.5）。

※幅 5mm は、実験器具で再現できる最小の幅

③実験材料：以下に示す材料（2 ケース）を使用した。

ケース 1：現地の土を模した細粒分含有率 40%の土砂

ケース 2：現地から採取した土（シルト混じり砂：細粒分含有率 40%）

④実験結果：

ケース 1：最初に鉛直方向に伸びるような煙突状の空洞が形成され、その後徐々に横方向に拡大して、最終的に陥没した。空洞は地下水面よりも下の土が重力で落下することで土が流出して形成された。小規模な空隙から、空洞が発生・成長し、陥没に至る可能性が確認できた（写真 6.6）。

ケース 2：初期空洞の形成過程において、時間を要しながら徐々に空洞上部の土が崩壊し、空洞が成長する傾向が確認された。その後、模型上部に陥没が生じた（写真 6.7：P.67 を参照のこと）。実験では、空洞の成長に時間を要した。

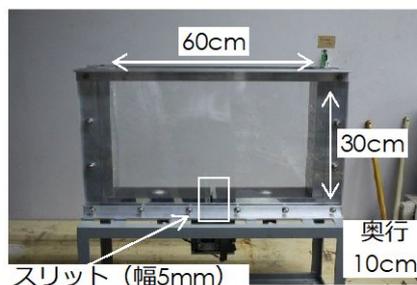


写真 6.5 実験に用いた土槽

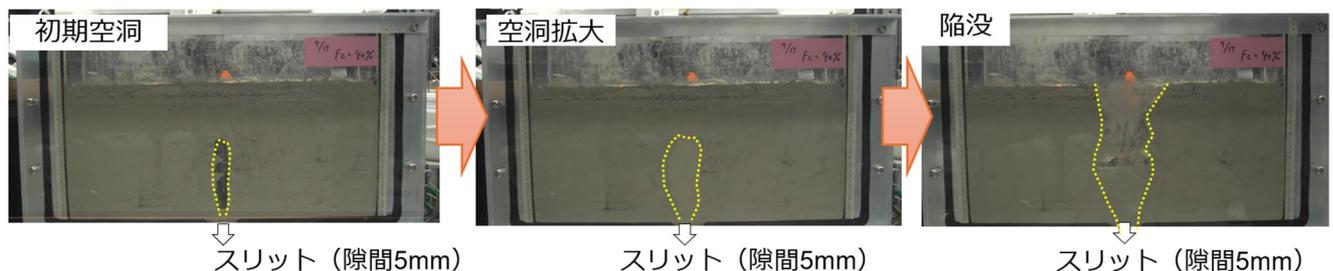


写真 6.6 空洞模型実験結果（ケース 1）

6. 陥没事故を起こした要因

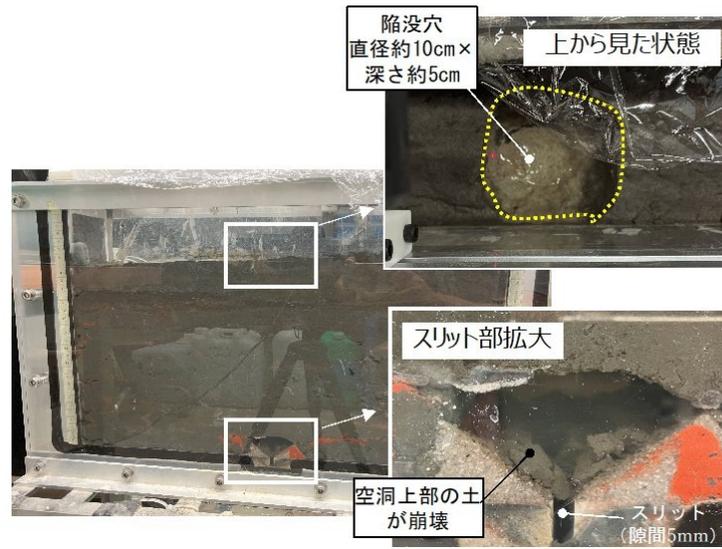


写真 6.7 空洞模型実験結果(ケース2)

6. 陥没事故を起こした要因

(2) シナリオ 2 を裏付ける要因

RC セグメントが、コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下して、RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手が脱落するなどして、さらに土砂が下水道管に流出・空洞が拡大し、道路陥没に至った可能性が考えられる。

- ① 陥没箇所周辺では二次覆工がほとんど欠損していた。
- ② コンクリート厚さ 225mm の RC セグメント本体が最大で 195mm 欠損（残存厚 30mm）し、残存厚さは平均で 100mm 程度まで薄くなっていた。
- ③ チュウ 4MH から回収された RC セグメントを用いて、RC セグメント本体残存部分の化学分析試験を行った結果、残存部のコンクリートも表面から 7mm の深さまで硫酸イオン (SO_4^{2-}) が浸透しており、コンクリートが化学的腐食を受けていた。
- ④ 回収した RC セグメントは継手が多くの箇所で脱落していた。本来なら、定着鉄筋はセグメント間継手で 45mm 程度、リング間継手で 55mm の深さでコンクリートに埋まっているが、コンクリートの残存厚さが平均で 100mm 程度だったことから、継手部分のコンクリートも欠損していたと考えられる（図 6.14）。
- ⑤ 同様の現象が陥没箇所直下の下水道管の RC セグメントでも起こっていたとすると、RC セグメントの耐荷力が著しく低下して RC セグメント本体が破壊した可能性、あるいはセグメント間継手のボルトボックスが脱落した可能性が考えられる。

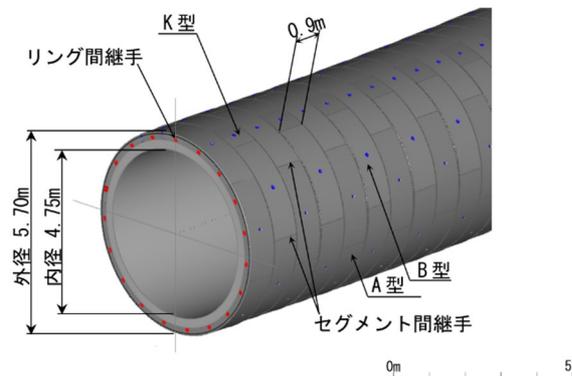


図 6.13 一次覆工の構造

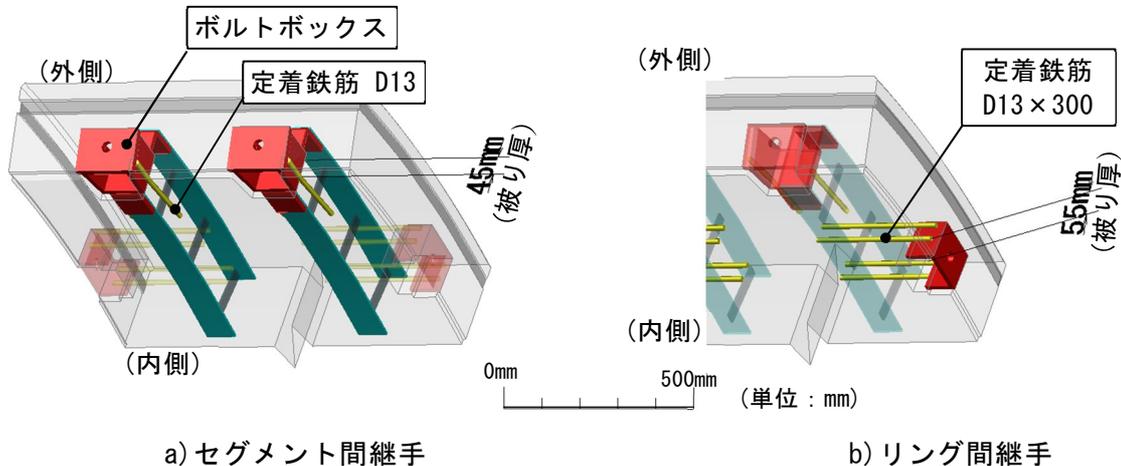


図 6.14 定着鉄筋の被り厚

(3) シナリオ 3 を裏付ける要因

コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下していた RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手が脱落するなどして下水道管が崩壊し、下水道管に大きな穴が空いたことで土砂が下水道管に流出して、短時間で道路陥没に至った可能性が考えられる。

- ① RC セグメント本体の厚さを 55mm（減厚 170mm）にして構造解析を行ったところ、コンクリートの圧縮応力度が設計基準強度を超過^{※参考 4}した。
- ② RC セグメント本体がコンクリートの化学的腐食によって平均で 100mm 程度まで薄くなっていた状態で、構造解析を行ったところ、セグメント間継手が応力超過を起こし、セグメント間継手（ボルトボックス）の脱落が生じる結果^{※参考 5}となった。
- ③ RC セグメント本体の破壊あるいはセグメント間継手の脱落によって、下水道管の崩壊に至る可能性が考えられる。

6. 陥没事故を起こした要因

※参考 4: 構造解析(その 1) RC セグメント本体の破壊

1) 目的

回収された RC セグメントはコンクリートが著しく減厚していたことから、コンクリートの化学的腐食による劣化によって耐荷力が低下した RC セグメント本体がどの程度薄くなれば破壊に至るかを検証した。

2) RC セグメントの状況の変化(健全時と減厚時)

- ・健全時：RC セグメントは、外側と内側の FB 及び主鉄筋とコンクリートにより、RC セグメント本体に発生する力に対して抵抗する。
- ・減厚時：コンクリートの厚さが減少すると、内側の FB 及び主鉄筋が露出・腐食・脱落する。RC セグメントは、RC セグメント本体に発生する力に対して、外側の FB 及び主鉄筋と残存するコンクリートのみで抵抗する。

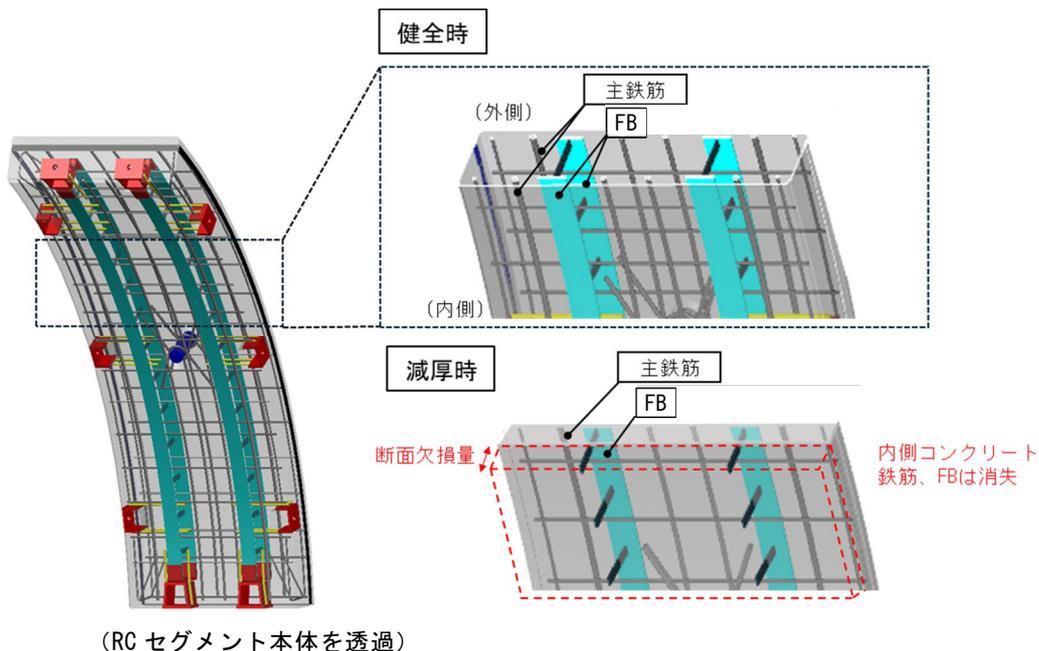


図 6.15 RC セグメント本体の状況の変化

3) RC セグメントの応力度照査結果

コンクリートが 170mm 減厚した場合における、鋼材とコンクリートの応力度と安全率を以下に示す。コンクリート応力度の安全率が 1.0 を超過 (圧縮強度を超過) することから、崩壊に至ることが確認された。

- ・ 計算結果 減厚範囲, 負曲げ最大 : $\sigma_c / f'_{ck} = 49.5 / 45.0 = 1.10$
(減厚 : 170mm) $\sigma_s / \sigma_y = 139.7 / 235.0 = 0.59$

ここに、 σ_c : コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)

f'_{ck} : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

σ_s : 鋼材の引張応力度 (N/mm²)

σ_y : 鋼材の降伏強度 (N/mm²)

※参考 5: 構造解析(その 2) セグメント間継手のボルトボックスの脱落

1) 目的

セグメント間継手のボルトボックスが RC セグメント本体から脱落して回収されたことから、ボルトボックスの脱落が構造計算上起こり得るか検証した。

2) セグメント間継手と RC セグメント本体の接続状況の変化(健全時と減厚時)

- ・健全時：ボルトボックスは周辺コンクリートで拘束されており、継手部に生じる力に対して、ボルトボックスの周辺コンクリートとコンクリートへの定着鉄筋が抵抗する。
- ・減厚時：コンクリートの厚さが減少（平均 125mm 減）すると、定着鉄筋が露出し、コンクリートの付着による抵抗力が失われる。ボルトボックスは完全に露出し、継手部に生じる力に対して、FB 端部と一体化した鋼板とボルトボックスとの溶接部のみで抵抗する。

3) セグメント間継手接続部の応力度照査結果

減厚時におけるセグメント間継手接続部の応力度照査の結果、FB 端部と一体化した鋼板とボルトボックスとの溶接部の応力度が許容値を超過するため、ボルトボックスが脱落（抜け出し破壊）することが確認された。

- ・計算結果：溶接部の安全率 = 1/676.7

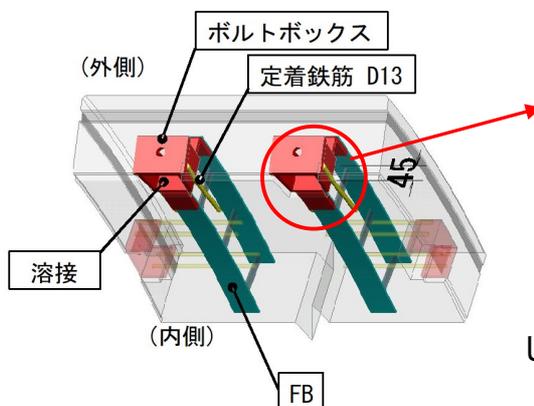


写真 6.8 RC セグメント本体から脱落した状態で回収されたセグメント間継手

図 6.16 セグメント間継手の詳細と脱落した継手

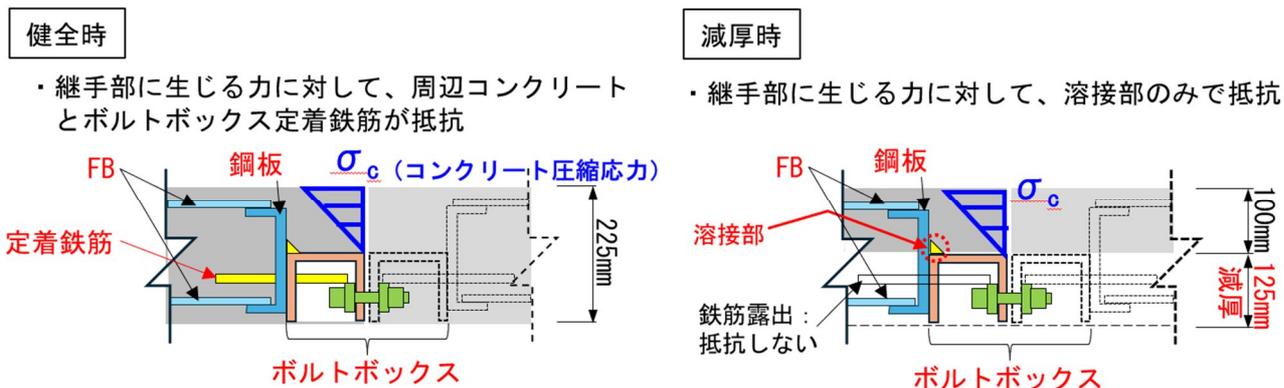


図 6.17 セグメント間継手と RC セグメント本体の接続状況の変化

6.2.4 有力と考えるシナリオ

本委員会では、シナリオ 1 もしくは 2 が陥没のプロセスとして有力であると判断した。その根拠は次のとおりである。

- ① 下水道管が硫化水素を起因とする化学的腐食を受けて劣化していたことは、回収した RC セグメントや下流部の下水道管内部の状態から間違いない。
そのため、一次覆工に小規模な空隙が生じれば、下水道管内へ土砂が流出する環境にあった。
- ② 一次覆工の裏込め注入孔の空隙、シール材の劣化や継手部・RC セグメント本体の損傷によって生じた空隙が回収した RC セグメント等から確認されたため、小規模な空隙があった可能性は十分に考えられる。
- ③ 現地土を用いた複数の実験によって、小規模な空隙でも土砂が流出し、空洞が形成されることを確認したことから、小規模な空隙でも空洞が発生・成長した可能性は十分に考えられる。
- ④ 事故後、処理場には累計で約 420t の土砂が漂着している。一方で、陥没後の現地測量によると陥没内で土木的措置が始まる前の陥没穴の規模は、約 5,000t と推定される。また、下水道管崩落部や下流側の下水道管に崩落土が堆積しているとしてもその量は約 3,400t と推定される。この他、SS（浮遊物質）内に含まれる土砂量 510t を含めたとしても土砂流出量合計 3,910t となるため、事故以前に何らかの空隙が生じ長い年月をかけて相当量の土砂が流出し空洞を形成していった可能性が高い。
- ⑤ 上に示すように、空洞の成長期間は、事故後に沈砂重量や SS 濃度の急激な増加が認められたが、事故後の量を積算した結果、空洞から推定する土砂量より少量であったため^{※参考 6}、空洞は事故前からゆっくり時間をかけて成長した可能性が高いと推定した。
- ⑥ 回収した RC セグメントは化学的腐食によって著しく減厚しており、耐荷力が低下していた。また、継手がほとんどの箇所で脱落していた。陥没箇所直下の RC セグメントで同様の現象が起こっていたとすると、RC セグメント本体が破壊もしくは継手が脱落した可能性が十分に考えられる。
- ⑦ シナリオ 1 と 2 の違いは、下水道管の崩壊するタイミングが陥没前もしくは陥没後であるかの違いであるが、土砂流出の状況などから明確に特定することはできない。
- ⑧ シナリオ 3 では、下水道管の崩壊時に短時間で下水道管内に土砂が流出したことになり、推定した土砂流出体積約 110 m³（現地土砂は単位体積重量 1.6t/m³であり、重量換算すると 176t に相当）の土砂が下水道管内に一気に流れ込むことになる。流出した土砂は、通常であれば陥没直後から数日で処理場に漂着するが、176t の土砂は事故から 2 か月近くが経過して漂着している（図 6.18：P.74 を参照のこと）。

以上のことから、シナリオ 3 の可能性は低いと考える。

6. 陥没事故を起こした要因

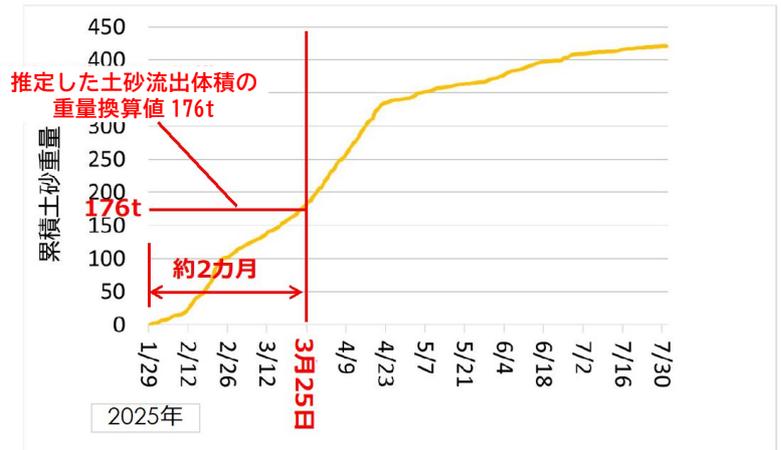
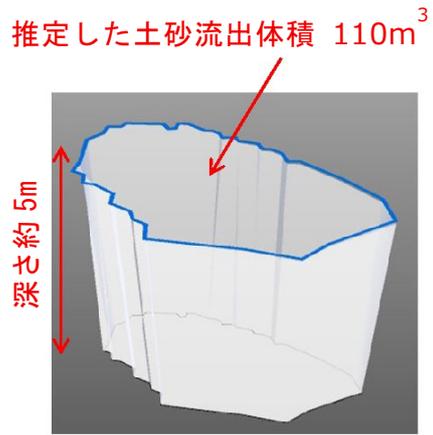


図 6.18 事故後の累積土砂量

6. 陥没事故を起こした要因

※参考 6:1月30日時点の陥没穴の規模と事故以降に漂着した土砂重量

1月30日時点で一体化した陥没穴の重量を試算し、事故後の下水道管内の堆積土砂重量+処理場に漂着した土砂重量+SS（浮遊物質）内土砂重量と突合することで、事故前から陥没穴が存在していた可能性を検証した。

1) 1月30日時点の陥没穴の形状及び土砂重量

- ・体積：3,300 m³（レーザー測量を元に陥没穴体積をCADで計測、図 6.20）
- ・重量換算：3,300m³×1.6t/m³=5,280t（約 5,000t）

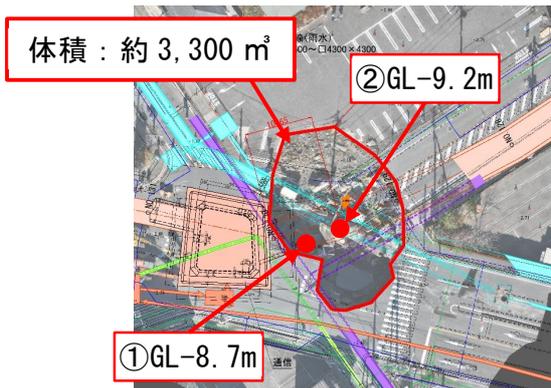


図 6.19 航空写真(1/30 時点)

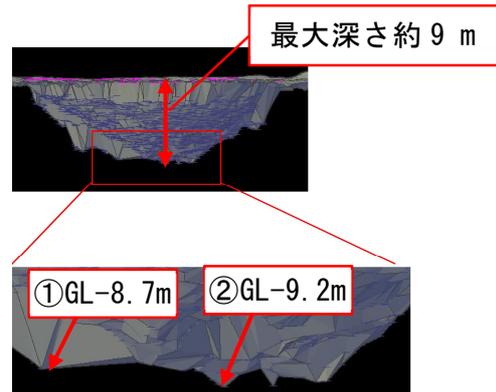


図 6.20 レーザー測量による陥没穴の検証

2) 事故後における下水道管内の堆積土砂重量

- ・約 3,000t
(処理場付近の緩勾配 (0.4‰) である 700m 区間に深さ 1m で一様に堆積と仮定)

3) 処理場に漂着した累計土砂重量

- ・2025年1月28日～2025年7月30日時点で約 420t（土砂の発生源を全て当現場と仮定し試算）（図 6.21）

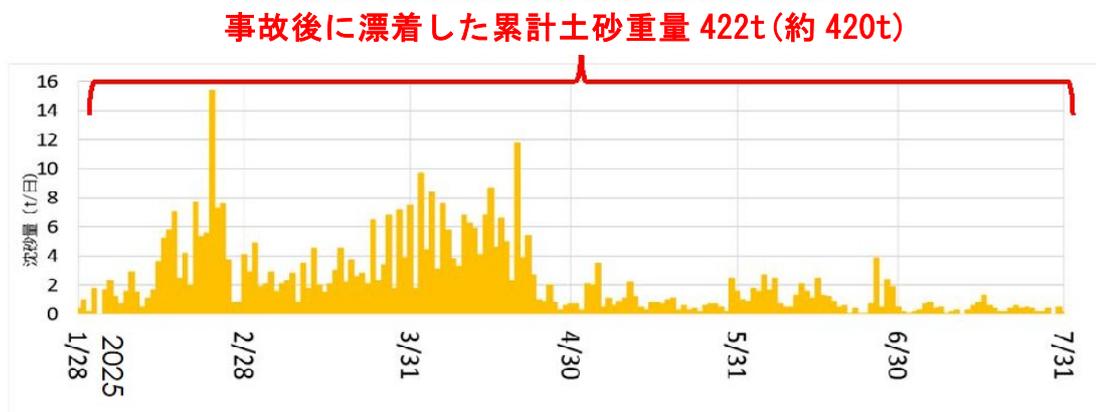


図 6.21 事故後に処理場に漂着した累計土砂重量

6. 陥没事故を起こした要因

4) SS（浮遊物質）に含まれる土砂重量

- ・ 2025年1月29日～2025年2月3日の期間で約510t（図6.22、表6.1）



- ・ 2025年1月29日～2025年2月3日の200mg/lを超過した分のSS濃度が流出土砂の影響であると仮定。
- ・ 上記に下水の日当たり流入量を乗じて、下水に含まれた状態で流出した土砂量を推定した。

図 6.22 SS(浮遊物質)として下水に含まれて流出した土砂量の推定

表 6.1 SS(浮遊物質)として下水に含まれて流出した土砂量の推定根拠

日付	SS濃度			下水の流入量 m ³ /日	推定土砂量 (t)
	計測値	計測値-200mg/l			
	mg/l	mg/l	kg/m ³		
1/29	600	400	0.40	402,000	161
1/30	480	280	0.28	402,000	113
1/31	350	150	0.15	424,000	64
2/1	350	150	0.15	402,000	60
2/2	350	150	0.15	440,000	66
2/3	320	120	0.12	398,000	48
				合計	約510

5) 陥没穴の土砂重量との比較

陥没穴の土砂重量約5,000tに対して、下水道管内の堆積土砂重量約3,000t、処理場に漂着した累計沈砂重量約420tとSS（浮遊物質）に含まれる土砂重量510tを合計しても陥没穴の土砂重量が多いことから、事故に至る前から土砂が流出していた可能性が高いと考えられる。

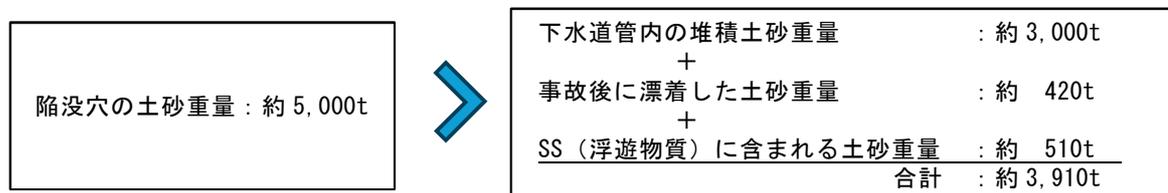


図 6.23 陥没穴の土砂量と下水に含まれて流出した土砂量の比較

6.3. 陥没後の大規模崩壊の状況

陥没後、下水道管は約 14m にわたって大規模に崩壊した。この原因として以下のことが考えられる（写真 6.9）。

- ① 硫化水素を起因とするコンクリートの化学的腐食によって構造的な耐荷力が低下していた下水道管に作用する土水圧が空洞の拡大に伴い変化した。
- ② 陥没に伴う舗装材の落下による衝撃力が作用した。
- ③ 八潮市雨水幹線のボックスカルバートや飲食店の看板の落下による衝撃力が作用した。

なお、下水道管の閉塞は、処理場における水位低下の記録（図 5.3：P.26 を参照のこと）から、事故後数十分間に生じたと考えられる（図 6.24）。

道路陥没に伴う周辺構造物の損壊状況

- ① 飲食店の看板の落下
飲食店の看板が、崩壊した下水道管内で発見された。
- ② 八潮市雨水幹線（ボックスカルバート）の落下

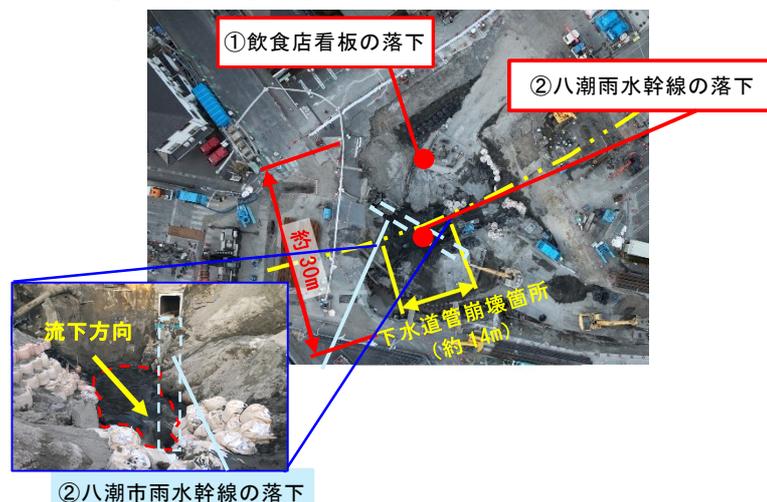


写真 6.9 陥没後の大規模崩壊の状況

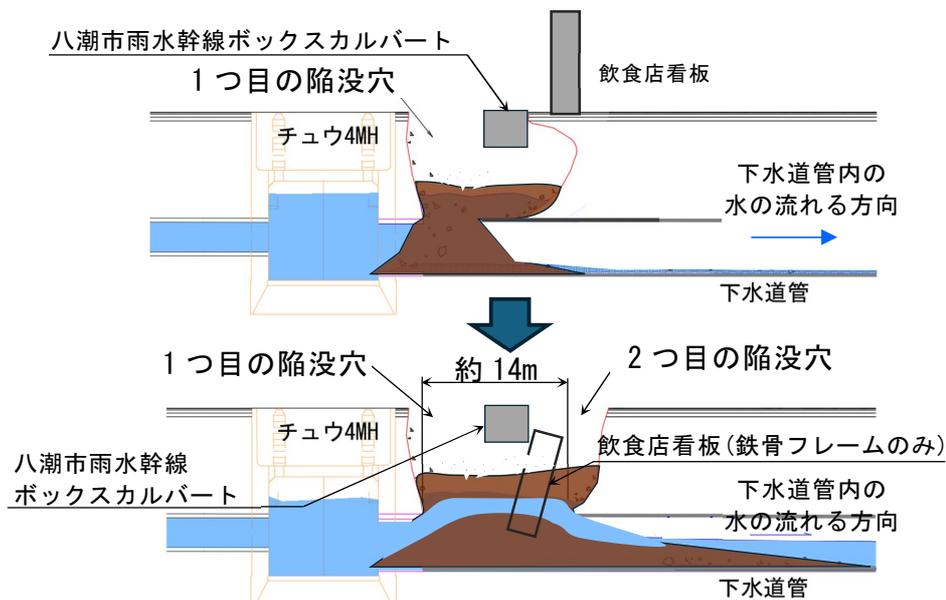


図 6.24 陥没後に起きた大規模崩壊のイメージ

7. 埼玉県が実施した点検・調査等に関する検証

埼玉県においては、調査会社への委託による管内部の調査が5年に1回の頻度で実施されており、事故前に陥没箇所を含むチュウ4MHからチュウ3MHの区間を対象とした調査は、直近で2021年度に実施されたものであった(図7.1)。

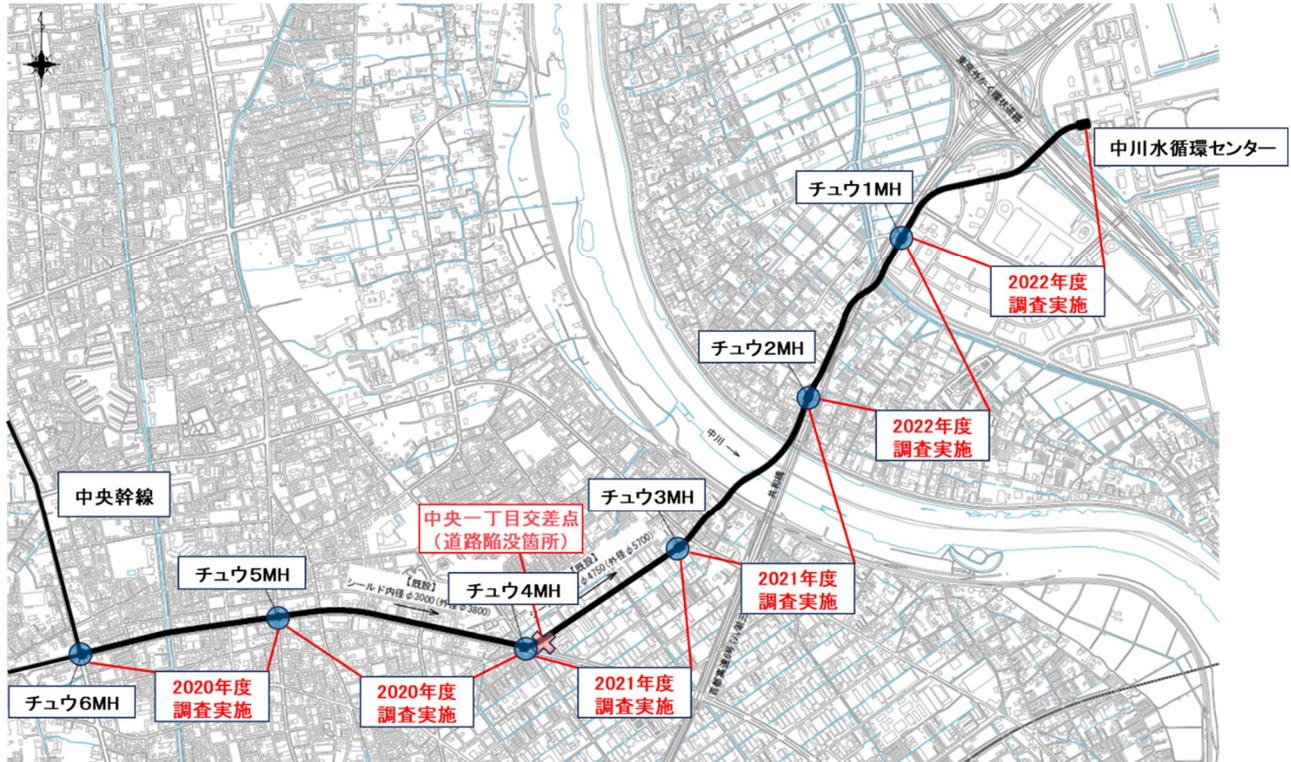


図 7.1 調査区間及び事故前の直近の調査年度

当該区間においては、硫化水素濃度が高く腐食が懸念されることから、硫化水素発生抑制のための上流のポンプ場における薬剤注入やMHの防食工事などの対策が実施されている。これらの対策の実績に加え、2021年度の調査時においてMHの腐食の進行が確認されていたことから、点検・調査にあたっては他の区間より注意深い対応が必要であったと考えられる。

このような観点も踏まえ、本章では、今回の陥没箇所の下水道管において埼玉県が実施した点検・調査等が適切に行われていたかどうかを検証する。

7.1. 管内部の腐食・損傷に関する点検・調査

今回の事故の主原因と考えられる管内部の腐食・損傷に関する点検・調査について、「調査方法」及び「評価」の観点に分けて検証する。

7.1.1 調査方法

チュウ4MHからチュウ3MHの区間において2021年度に実施された調査の方法が適切であったのかを考察する。

当該箇所は、高低差により流速が速く、また、常時流量が多く流れを止めることができず、調査の基本となる「人による潜行目視」ができない環境であった。そのため、浮流式テレビカメラ調査機器が採用され、その調査機器は、当時としては光量、画質ともに一般的な性能を有していた。しかし、調査機器を投入直後の約8秒間は流況が激しく、水しぶきにより映像の取得が十分にできていない区間があった。管内部の流速から推測するに、陥没直下の下水道管の映像は水しぶきや流れの影響で取得できていなかった（図7.2）。また、映像が取得できていた区間においても、他の調査区間と比較して鮮明と言えない映像となっている（写真7.1）。

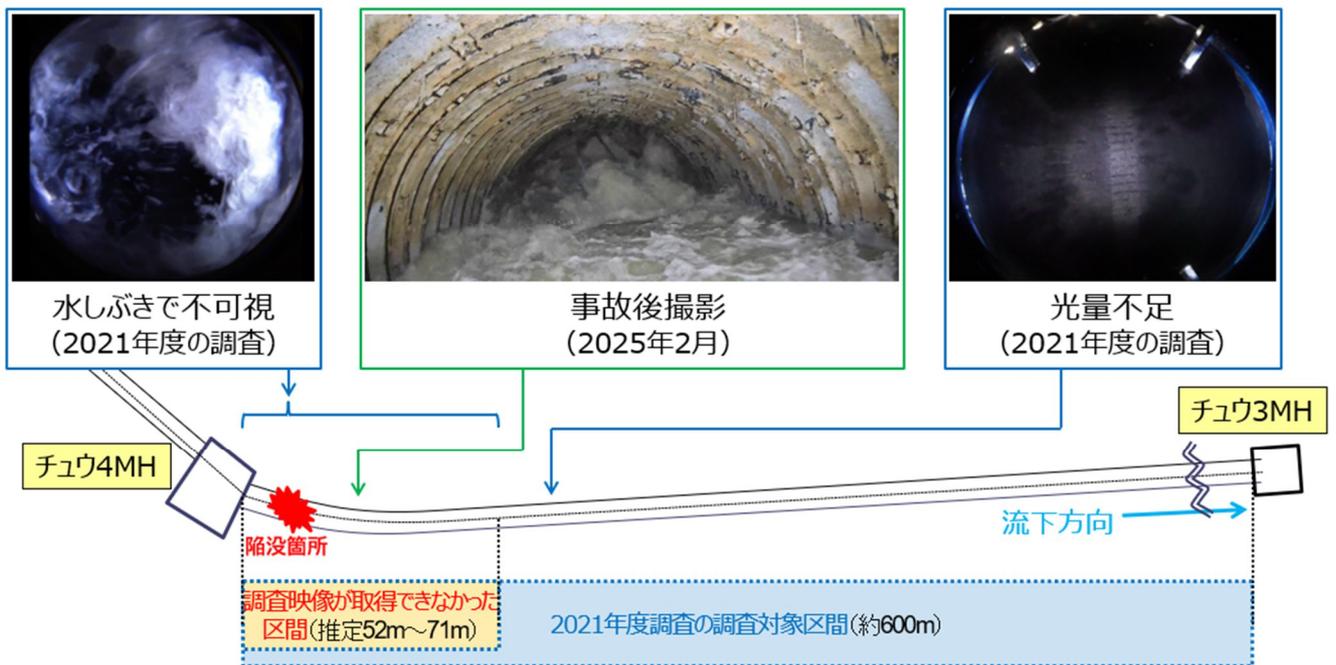


図 7.2 調査映像が取得できなかった区間



写真 7.1 鮮明な調査画像の例
(2021年度に埼玉県内の他の調査区間で実施された調査)

7. 県が実施した点検・調査等に関する検証

映像が欠落した箇所や不鮮明な箇所においては、他の調査機器を用いるなどして再調査を試みるべきであったが、映像が欠落した場合の対応についての埼玉県の規定もなく再調査は行われなかった。また、事故後の2025年2月に実施された飛行式ドローンを用いた調査では管内状況の鮮明な撮影に成功しているが、2021年度の調査当時は飛行式ドローンによる調査は一般的ではなかった。

これらのことから、当時の技術では、当該調査区間のより鮮明な映像を得ることが可能であったとは言えないと考えられる。ただし、今後は映像が不鮮明あるいは欠落した箇所においては、まず欠落した範囲の情報（位置・原因）を記録した上で、光量や画質の改善を図った調査機器による再調査や飛行式ドローン等による再調査を徹底するなど、可能な限りの調査が実施されるよう埼玉県の調査基準を改善すべきである。それでもなお鮮明な映像取得ができない場合は、埼玉県においては、周辺状況と比較して腐食度を推測した評価を行うか、「評価不能」もしくは「要注意箇所」と報告書に記載することを義務付け、専門家の意見を聞くなどして、その対応方針を改めて議論すべきである。

7.1.2 評価

2021年度の調査映像において、陥没箇所の管内部の状態（RCセグメント本体）を正しく評価できていたのかを考察する。

腐食の程度を示す評価基準については、国土交通省発行の「ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き（案）」（2013年9月）（以下「国の手引き」という。）において、重度（機能低下、異常が著しい）を「ランクA」、中度（機能低下、異常が少ない）を「ランクB」、軽度（機能低下、異常が殆どない）を「ランクC」とするランク付けが例示されている。埼玉県が定める「管路施設の維持管理要領」（以下「維持管理要領」という。）においても、腐食の進行が大きい方から順に、鉄筋露出状態を「ランクA」、骨材露出状態を「ランクB」、表面が荒れた状態を「ランクC」と評価することとされており、これは国の手引きで示されている調査項目の例と同様である（表7.1）。

表 7.1 管の腐食に関する調査判定基準

ランク 項目	ランク A 重度：機能低下、異常が著しい	ランク B 中度：機能低下、異常が少ない	ランク C 軽度：機能低下、異常が殆どない
管の腐食	鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態

本委員会では、鉄筋配置など下水道管の構造を理解した上で、当時の調査報告書及び調査映像を再確認し（写真7.2及び写真7.3：P.83を参照のこと）、さらに他の区間の調査映像と比較するなどして、評価の妥当性を検証した。

7. 県が実施した点検・調査等に関する検証

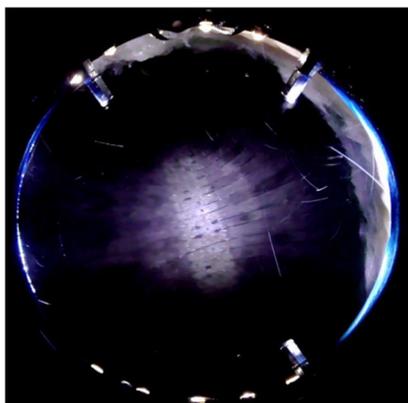


写真 7.2 調査報告書掲載画像
(2021年度の調査、陥没箇所より下流)

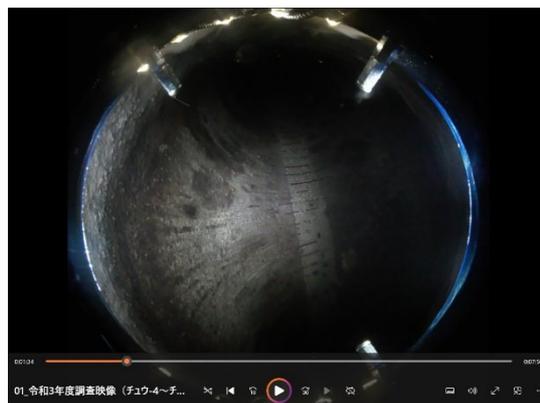


写真 7.3 調査動画から今回抽出した画像
(2021年度の調査、陥没箇所より下流)

以下、映像が取得できた区間と取得できなかった区間に分けて整理する。

(1) 映像が取得できた区間の評価(当時の調査画像の再評価)

陥没箇所の下水道管はシールド工法によるトンネル構造(以下「シールド構造」という。)であり、一次覆工はFB等の鋼材及びコンクリート、二次覆工はコンクリートのみで構成されている。なお、埼玉県が管理する下水道管の総延長439kmのうちシールド管は約55%、そのうちFBが用いられたシールド管は約12%である。

今回、シールド構造の詳細情報を認識した上で当時の調査映像を再確認した。映像では、規則的に並ぶ黒い線が確認され、施工時の構造図と重ね合わせして比較すると、黒い線の間隔と鋼材の間隔とが一致した(写真7.4及び図7.3:P.84を参照のこと)。裏込め注入孔やセグメント間継手の位置においても、それと推測されるものが確認された。また、管頂部に白い帯状のものが視認され、これは二水石膏と考えられ、コンクリートの化学的腐食の進行が認められた。一方、「ランクB」の判定根拠となる骨材露出は確認されなかった。

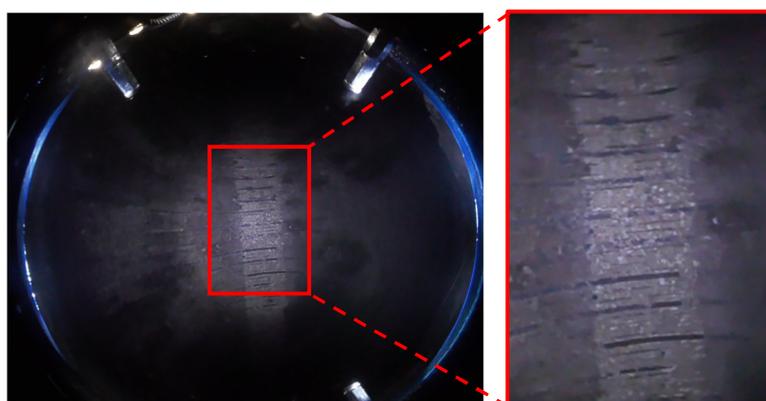


写真 7.4 管頂部の拡大画像

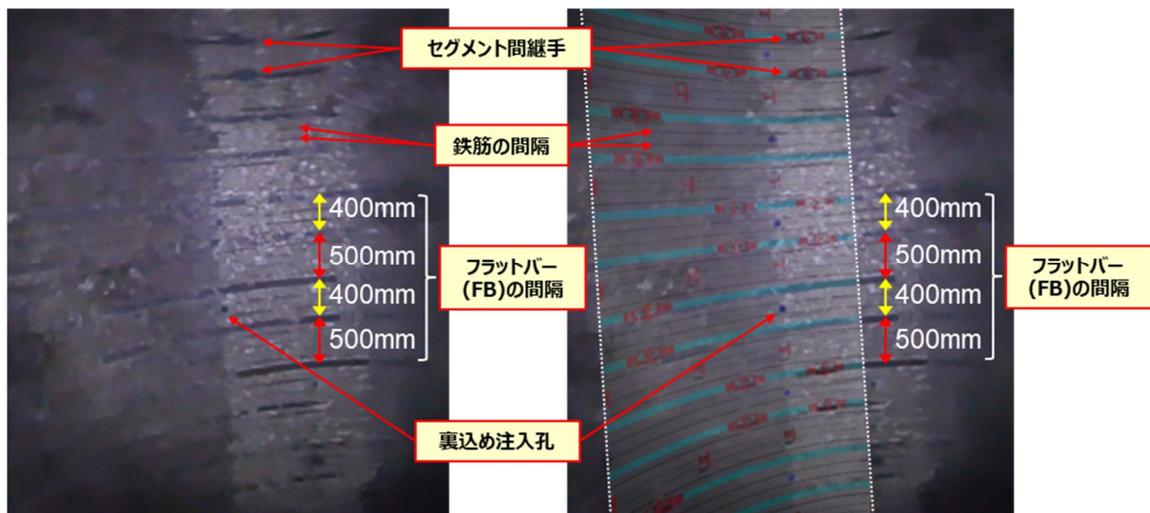


図 7.3 管頂部における構造図との重ね合わせ
(左：調査画像、右：鋼材配置との重ね合わせ)

これらのことから、映像で確認できる黒い線を鋼材と判断するとともに、管頂部にみられる白い帯状の部分を硫化水素によりコンクリートが劣化した二水石膏と判断し、これを鉄筋露出と解釈して「ランク A」と評価できたと考えられる。

しかしながら、埼玉県及び関係者が、当時、「ランク A」と評価できなかった要因としては以下のことが挙げられる。

- ① 当時は、点検・調査を担当する調査会社の技術者（以下「点検者」という。）にシールド構造の詳細が共有されておらず、鋼材の配置構造と比較した評価を行うことまでは想定されていなかった。
- ② 評価基準はシールド構造を考慮した基準になっておらず、また、調査会社が参照しているマニュアル類においてもシールド管の判定事例が示されておらず、鉄筋コンクリート管の事例を準用していた（図 7.4：P.85 を参照のこと）。
- ③ 取得できた映像が不鮮明であり、骨材露出や二水石膏の存在が十分に認識できなかった。
- ④ 画像解析のための十分な時間や労力がなく、また、シールド構造やコンクリートの化学的腐食に関する高度な知見を有する点検者でなくても判断できる一般的な基準もなかった。
- ⑤ 映像が取得できた当該区間が「腐食のおそれの大きい箇所」として選定されておらず、より注意深い評価ができなかった。
- ⑥ 評価基準との適合性の観点に拘った評価が行われており、他の要素から腐食の程度を重度と判断することまでは想定されていなかった。

7. 県が実施した点検・調査等に関する検証

第3節 視覚調査

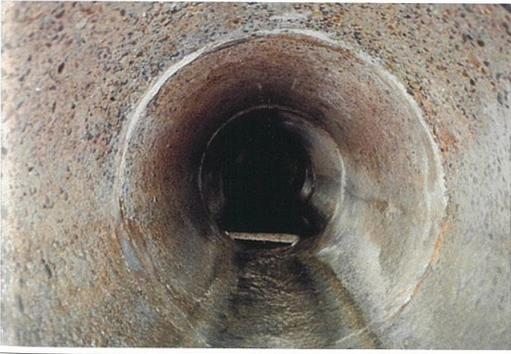
§5.3.3 判定モデル写真

- (1) 管きよ
- (2) マンホール蓋

【解説】

(1) 管きよ

表 5.3.3. (1) 管きよの判定モデル写真 (1/10)

管の腐食 鉄筋コンクリート管等	上下方向のたるみ 鉄筋コンクリート管等
<p>【ランクA】 鉄筋露出状態</p> 	<p>【ランクA】 内径以上 (管きよ内径 700mm 未満)</p> 
<p>【ランクB】 骨材露出状態</p> 	<p>【ランクB】 内径の1/2以上 (管きよ内径 700mm 未満)</p> 
<p>【ランクC】 表面が荒れた状態</p> 	<p>【ランクC】 内径の1/2未満 (管きよ内径 700mm 未満)</p> 

「下水道管路管理マニュアル-2023-」(公益社団法人日本下水道管路管理業協会)より抜粋

図 7.4 マニュアルで示されている判定事例

今後は点検者の能力又は主観に過度に頼ることなく、適切かつ客観的な評価が行われるよう、シールド構造を考慮した基準の整備や効果的な点検・調査方法の確立などが強く望まれる。

(2) 映像が取得できなかつた区間(陥没箇所)の評価

2021年度の調査では、前述のとおり流況の乱れや水しぶきにより映像が取得できなかつた区間があったが、この区間も含めてMH間全体で「ランクB」と評価されていた。

当該区間は、高濃度硫化水素の発生源である段差のあるチュウ4MHの直下であり、腐食の進行も確認されたことから、より注意深く調査するべきであった。また、映像が取得できなかつた区間の取扱いについて、当時の維持管理要領及び発注仕様書には記載がなかつた。なお、現行の維持管理要領(2022年12月改訂)においては「スパンの一部に調査困難な箇所がある場合は、当該箇所を除いて調査を実施する。」とされているが、映像が取得できなかつた場合は調査を実施しなくてよいとも捉えられかねない。また、評価結果については、従来の「ランクA」、「ランクB」又は「ランクC」での評価以外に例えば評価不能や判断保留というようなランクを新たに設けること、又は、その周辺の過去の調査結果等の情報も総合的に加味して「要注意箇所」として特記することも考えられるため、今後は映像が取得できなかつた箇所の評価が適切に行われるよう、基準を改善すべきである。

埼玉県においては、陥没箇所よりも約16km上流に位置する春日部中継ポンプ場において薬剤注入による硫化水素発生抑制対策を実施するなど、当該流域における腐食の懸念は把握されていた。また、陥没箇所の直上流のチュウ4MHにおいて1997年に防食工事が実施されていた。さらに、2021年度の調査時においては、MHにおいて腐食の進行が確認されていた。これらのことに加え、過去の調査で得られた周辺箇所の映像や、硫化水素濃度が高い環境下で腐食が進行している状況から、「要注意箇所」と判断して対応策を検討すべきであった(図7.5)。



図 7.5 過去の調査で得られた周辺箇所の映像の比較

なお、陥没箇所の管路について、過去の調査結果や防食工事の実績から硫化水素による腐食が懸念されることは認識されていたにもかかわらず、埼玉県は、「腐食のおそれの大きい箇所」には選定せず、通常の調査を行い、不具合を見つけられなかった。また、埼玉県が改善を進めることとしている点検・調査が実施できない「点検困難箇所」にも選定されていなかった。もし、「点検困難箇所」もしくは「腐食のおそれの大きい箇所」として選定し、通常以上の意識を払って検討すれば、管内部の腐食・損傷のリスクの高まりを推測できたと考えられる。

7.2. 管背後の空洞に関する点検・調査

今回の事故における陥没のプロセスとしては、陥没に至る前に下水道管の小規模な空隙から地中に空洞が形成されたシナリオが有力であることから、管背後の空洞に関する点検・調査について考察する。

現在の地表からの電磁波探査技術では深さ 1.5m 程度が限界であり、当該下水道管の深さまで検知できないほか、陥没箇所のような常時流量が多く流れを止めることができない大口径の下水道管の内部から管背後の空洞探査を行う実用的な技術もない。また、路面において小規模な陥没の兆候がなく、空洞の成長速度も不明であったため、適切なタイミングで調査を行うことは困難である。地表からのボーリング調査で地下深くの空洞を発見する方法も考えられるが、当時は通常行われる方法ではなかった。

これらのことから、当時の技術では、空洞が地表近くに上昇することを予測・観測し、陥没を未然に予測することが可能であったとは言えない。今後は空洞の形成が懸念される場所においては様々な調査方法を模索すべきであり、特に深部に位置する管背後の空洞を検知できる有効な技術の開発が望まれる。

なお、公益社団法人日本下水道協会発行の「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案)」(2013年6月)では「下水道管路施設の巡視・点検・調査は、施設の状況を適切に監視し、把握するため、各種調査方法の特性を理解した上で、それぞれの目的に適した巡視・点検・調査手法を選定し、または組み合わせて、効率的かつ効果的に行う必要がある。」とされており、管背後の空洞については点検・調査の対象とは明示されていない。今後は、道路管路者と下水道管理者とが連携した、管背後の空洞の点検・調査手法の確立が望まれる。

7.3. 適切な措置の可否

仮に管内部における著しい腐食・損傷や管背後の空洞が発見されていた場合における陥没事故を回避する適切な措置について考察する。

7. 県が実施した点検・調査等に関する検証

大口径で常時流量が多く流れを止められない、かつ流速が速いという流況において、管内部からの補修方法の適用は困難である。地盤改良、通行止めや下水道管の複線化（別線の整備）などの対策も考えられるが、通常行われる規模の措置ではなかった。

このような条件下で適用可能な管路の補修技術はなく、仮に管内部における著しい腐食・損傷や管背後の空洞が発見できたとしても、直ちに有効な措置を講ずることは困難であったと考えられることから、今後は、このような環境下においても適切な措置を行える有効な技術の開発が望まれる。

8. 八潮市道路陥没事故を受けた提言

8.1. 検討の視点

今回のような人命にかかわるような事故では、人命の救助が最優先される。その中での原因究明は初動の段階において、救助救命に支障の無いように行わなければならなかった。また、機能回復には長い期間を要するため、原因究明のための調査、証拠の保全なども計画的に行わなければならない。このような大規模な事故が発生した場合の人命救助、機能回復、原因究明の進め方について、計画的かつ合理的に進めるための基本的な考え方が検討されるべきである。

ここでは、今回の事故で得られた教訓を踏まえ、再発防止のための工学的・技術的な留意点を挙げる。埼玉県では、これらの留意点を踏まえた取組を進めるとともに、その実効性や効果の検証等を行うためのフォローアップを適切に行うことが望まれる。

なお、埼玉県だけでは対応が困難なものも含まれるため、国や他の都道府県との連携も必要である。

8.2. 事故の教訓を踏まえた留意点

以下の①～⑨について、次頁以降で教訓及び今後対応すべき視点を整理する。

(1) 改善すべき点検・調査の基準

- ① 映像未取得区間も含めた局所的評価
- ② 映像未取得区間における再調査
- ③ 埼玉県が定める「点検困難箇所」の見直し
- ④ 映像未取得区間に関するリスクコミュニケーション
- ⑤ シールド構造を考慮した評価基準の整備

(2) 施設管理における情報共有・体制のあり方の改善

- ⑥ 過去の調査結果や防食工事実績等の蓄積・共有
- ⑦ 施設管理における体制の充実

(3) 新技術の開発

- ⑧ 点検・調査等に関する技術開発
- ⑨ 補修・補強に関する技術開発

(1) 改善すべき点検・調査の基準

①映像未取得区間も含めた局所的評価

【教訓】

化学的腐食の判定は、埼玉県の評価基準において、判断可能な映像が取得できていない箇所があったとしても当該区間を含む MH 間で映像が取得できた箇所の状況から評価することになっており、映像が未取得もしくは不鮮明な区間について局所的対応策を検討する仕組みとなっていなかった。

2021 年度の調査では、調査機器を投入直後の約 8 秒間は流況が激しい箇所であり映像の取得ができていなかったにもかかわらず、映像が取得できた箇所の状況から当該箇所を含む MH 間全体（映像の取得ができていない箇所も含む）の腐食の評価を行っていた。なお、埼玉県では、下水道管の調査時において箇所毎に化学的腐食の状況を確認しており、1 箇所でも「ランク A」の不具合が確認されれば当該箇所を含む MH 間全体で対策を検討することとされている。

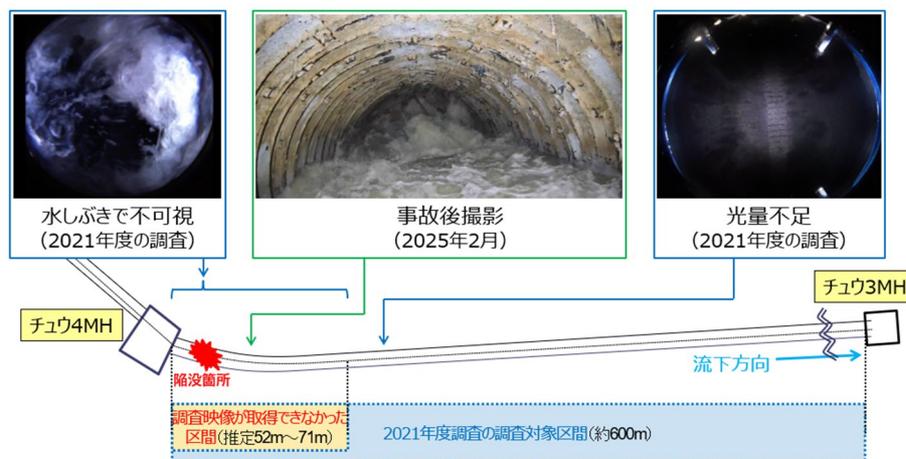


図 8.1 調査映像が取得できなかった区間

今後対応すべき視点

- 埼玉県は、映像の取得ができていない箇所も含めた区間全体での評価を見直して、映像未取得区間があった場合には、MH 間全体の評価に映像未取得区間の評価を付け加えること。
- 埼玉県は、1 箇所でも局所的な不具合が見つかった場合において当該箇所を含む MH 間全体で対策を検討する現在の仕組みを継続すること。

②映像未取得区間における再調査

【教訓】

2021年度の調査では、水しぶきにより管路内状況が確認できない箇所があったなど鮮明な映像は取得されていなかったにもかかわらず、再調査等の追加の対応が行われていなかった。

陥没箇所の下水道管は、高低差があり流速が速く、また、常時流量が多く流れを止めることができず、調査の基本となる人による潜行目視ができない環境であった。そのため、2021年度の調査では浮流式のテレビカメラ調査機器が使用されていたが、陥没箇所の映像は取得されていなかった。事故後の2025年2月に飛行式ドローンを用いた調査により陥没箇所の管内の状況を確認することに成功しているが、2021年度の調査当時は飛行式ドローンによる調査は一般的な調査方法ではなかった。また、映像が取得されていなかった箇所について、別の調査機器を用いて再調査を試みるという基準にはなっていなかった。

今後対応すべき視点

○ 埼玉県は、判断できる映像が取得できていない区間においては、映像未取得区間の位置情報、取得できなかった状況・理由などの情報を収集分析した上で、調査関係者と情報共有を図りながら光量・画質の改善や他の手段を再考し、再調査を実施するなど映像の取得に努めること。それでもなお取得できない箇所については「要注意」もしくは「評価不能」と記録することを義務付け、専門家の意見を聞くなどして、その対応方針を改めて議論すること。

③埼玉県が定める「点検困難箇所」の見直し

【教訓】

陥没箇所の下水道管は、陥没箇所の直上流のMH内の高低差のため流速が速く、また、常時流量が多く流れを止めることができず、調査ができない状況であったにもかかわらず、「点検困難箇所」として選定されていなかった。

埼玉県は、2019年度から10年程度の期間で実践すべき目標として定めている「埼玉県下水道局経営マネジメント目標」において点検・調査が実施できない「点検困難箇所」の改善を進めることとしており、「点検困難箇所」として指定された箇所において、順次、点検・調査の実施を可能とするための工事に着手している。しかし、今回の陥没箇所の下水道管は「点検困難箇所」に選定されておらず、調査を可能とする対策工事の検討にも着手していなかった。

今後対応すべき視点

○ 埼玉県は、「点検困難箇所」の定義を直ちに見直して、映像未取得区間を当該箇所として適切に選定し、調査を可能とする対策を検討すること。

④映像未取得区間に関するリスクコミュニケーション

【教訓】

硫化水素濃度が高く化学的腐食が懸念される箇所であったにもかかわらず、判断可能な映像が取得できない区間があったことに関する情報共有が不足していた。

2021年度の調査では、調査機器を投入直後の約8秒間は流況が激しい箇所であったため映像の取得ができていなかった。陥没箇所の下水道管は硫化水素濃度が高く化学的腐食が懸念される環境であったことから、映像が未取得である場合は要注意箇所として扱うべきであるが、その情報が関係者間で十分に共有されていなかった。

今後対応すべき視点

○ 埼玉県は、腐食のおそれ大きい箇所において、映像未取得区間や通常は見られないような状態の箇所、判断に迷う箇所などの情報を調査関係者（埼玉県、埼玉県下水道公社、調査会社）の間で共有し、調査関係者が評価の妥当性を議論するなど、適切な評価を下せる仕組みづくりを行うこと。

⑤シールド構造を考慮した評価基準の整備

【教訓】

点検・調査時にシールド構造の詳細が把握されていなかった、また、評価基準がシールド構造を考慮したものではなかったことから、適切な対応・判断が取れなかった。

過去の点検・調査時においては、調査関係者においてシールド構造に関する高度な知見を有している者がおらず、点検・調査時にシールド構造の特徴（RC セグメントで構成される一次覆工と二次覆工による二重構造、RC セグメントの継手部の存在、裏込注入孔の存在など）に関する情報共有もなされていなかった。

また、埼玉県(point検・調査の評価基準は、埼玉県が定める維持管理要領において日本下水道協会発行の「下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案)」(2013年6月)を出典としているが、同指針に示される調査判定基準では、対象とする管路は「鉄筋コンクリート管等(遠心力鉄筋コンクリート管を含む)及び陶管」とされており、シールド構造の管渠について明確な基準が示されていなかった。

今後対応すべき視点

- 埼玉県は、下水道管路の構造に関する情報を調査関係者(埼玉県、埼玉県下水道公社、調査会社)の間で適切に共有する仕組みづくりを行うこと。
- 埼玉県は、シールド構造に適応した評価基準(一次覆工の構造詳細、二次覆工の評価等)づくりについて国と連携すること。

(2) 施設管理における情報共有・体制のあり方の改善

⑥過去の調査結果や防食工事実績等の蓄積・共有

【教訓】

過去の調査結果（腐食の進行度合いや硫化水素濃度、周辺の状況等）や防食工事実績等の蓄積・共有が十分ではなく、適切な対応・判断が取れなかった。

また、道路の空洞調査や周辺のインフラの状況等の情報共有も十分でなかった。

過去の調査結果や防食工事の実績からチュウ 4MHの硫化水素濃度が高いことが認識されていたはずであるが、陥没箇所の管路について、埼玉県は、国が示す基準には該当しないと判断し、「腐食のおそれの大きい箇所」には指定していなかった。

また、陥没箇所よりも下流部の映像が取得できている箇所について、各調査年度の点検・調査映像の管頂部分を比較すると、管壁の色合いや状態が異なっていた。このことから、調査が困難な箇所においても、その周辺の映像が取得できている箇所の調査結果を、同箇所でも過去に実施した調査結果と詳細に比較することによって、化学的腐食の進行度合いが推測できた可能性がある。

 <p>管頂部が腐食している</p>	 <p>管頂部が腐食で凹凸状となり石灰化している</p>	 <p>管頂部の石灰化が進行している</p>
<p>2011 年度調査</p>	<p>2016 年度調査</p>	<p>2021 年度調査</p>

図 8.2 各年度の調査画像

今後対応すべき視点

- 埼玉県は、過去の調査結果や防食工事実績等の整理を行うとともに、埼玉県と埼玉県下水道公社の役割分担を明確化し、体制面も含め、今後、情報の蓄積・共有を継続する仕組みづくりを行うこと。
- 道路管理者と地下埋設物の管理者は連携して、互いの維持管理に関する情報を共有する仕組みづくりを行うこと。
- 埼玉県は、「腐食のおそれの大きい箇所」の指定箇所及び同箇所における評価基準を見直すこと。

○ 埼玉県は、「腐食のおそれの大きい箇所」については、点検・調査が困難な場合、その周辺の映像が取得できている箇所で過去に実施した調査結果を用い、化学的腐食の状況を比較する仕組みづくりを行うこと。

⑦施設管理における体制の充実

【教訓】

過去の点検・調査業務に関わる埼玉県や関係機関の担当者においては下水道管路の点検・調査に関する実務経験の豊富な者が少ないなど体制が十分とは言えなかった。

また、点検・調査業務の業務報告書の検査[※]は、下水道管路の点検・調査に関する実務経験がない検査員が対応していた。

さらに、埼玉県において多くのシールド工法による下水道整備が行われていた時期から30年以上が経ち、シールド構造等の知識を有していた埼玉県の職員の多くが既に退職している。

※埼玉県が管理する下水道管路の点検・調査業務は、埼玉県からの委託により埼玉県下水道公社が発注しており、業務終了後、埼玉県下水道公社の職員が業務の履行状況を確認するため、業務報告書の記載内容を検査している。

a) 点検・調査業務の体制(2021年度の調査)

過去の点検・調査業務において、埼玉県及び埼玉県下水道公社の担当者においては、下水道管路の点検・調査に関する実務経験の豊富な者が少なく、また、下水道管路の点検・調査に関する資格を保有していなかった。さらに、道路管理者と下水道管理者との間で、互いの維持管理に関する情報（管路の劣化状況や路面の変状など）が共有されていなかった。

表 8.1 点検・調査業務の体制（2021年度の調査）

所属・役割		下水道に関する実務経験		下水道管路の点検・調査に関する資格の有無
			管路の点検・調査	
埼玉県	事務所長	13年	1年	無
	担当部長	2年	2年	無
	担当者	2年	2年	無
埼玉県 下水道公社	支社長	16年	0年	無
	担当者	2年	2年	無
	検査員	27年	0年	無
調査会社	照査技術者	28年	28年	下水道管路管理総合技士 [※]
	主任技術者	11年	11年	下水道管路管理専門技士 [※]
	作業責任者	4年	4年	下水道管路管理主任技士 [※]
	現場代理人	9年	9年	下水道管路管理主任技士 [※]

※下水道管路管理技士：公益社団法人日本下水道管路管理業協会が認定している管路施設の管理業務の履行に係る資格（区分：総合技士、主任技士、専門技士）であり、発注時における資格要件の一つとされていた。

b) 点検・調査業務の概要(2021年度の調査)

出水期の急激な増水による事故を避けるための非出水期の短期間に集中した工期設定や、限られた予算枠の中で実施されていた。

(参考) 2021年度の点検・調査業務の概要

業務名：管渠調査業務委託（2）

契約金額：15,000,000円（税抜）

工期：令和4年1月26日～令和4年3月25日（58日間）

対象延長：2,862.778m

今後対応すべき視点

- 埼玉県は、今後の点検・調査業務について、適切な業務量を把握した上で、国などと連携して必要な体制づくりや職員のスキルアップに努めること。
- 埼玉県は、点検・調査業務の報告書について、外部の専門家の照査を受ける仕組みを検討すること。
- 道路管理者と地下埋設物の管理者は連携して、日頃の点検・調査について情報共有する体制を構築すること。

(3) 新技術の開発

⑧点検・調査等に関する技術開発

【教訓】

2021年度の調査では、水しぶきにより管路内状況が確認できない区間があったほか、光量不足により映像が鮮明ではなかった。

また、化学的腐食や地中深部の空洞を検知する他の手段がなかった。

a) 調査機器の性能向上

2011年度及び2016年度において実施した調査方法では、調査機器を下流側から上流側に遡上させたが、水流に阻まれ望遠撮影となり、調査映像が取得できていない箇所が生じた。

2021年度については、2011年度及び2016年度において実施した調査の課題を踏まえ、上流側から調査機器を流下して調査する方法としたが、水しぶきにより管路内状況が確認できない箇所があったほか、光量不足により映像が鮮明ではなかった。

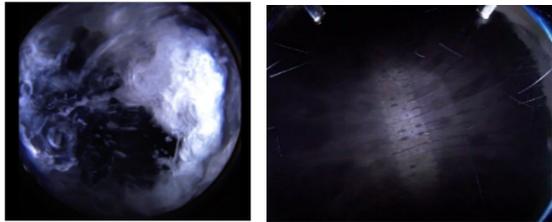
赤点線枠より上流側が映像取得できなかった区間		
		
2011年度調査 (チュウ 4MH 手前 41m から上流側を撮影)	2016年度調査 (チュウ 4MH 手前 35m から上流側を撮影)	2021年度調査 (左：水しぶきで不可視、右：光量不足)

図 8.3 各年度の調査画像

b) 化学的腐食の検出及び診断技術

過年度における調査方法は、日本下水道協会発行の「下水道維持管理指針実務編」(2014年9月)や発注仕様書に基づき、テレビカメラ調査等で得られた結果を、調査判定基準によりランク付けしていた。

下水道管内の打音検査や部材厚の測定等を行っていたら、コンクリートの化学的腐食を発見できた可能性もあるが、激しい流況下にある下水道管内において、潜行目視によるそうした調査は技術的に不可能であった。

c) 地中深部の空洞を発見できる地中探査技術

今回の陥没に至るシナリオとして、小さな空隙から土砂流出が発生し空洞ができ、その空洞が徐々に大きくなり最終的に陥没に至った可能性が考えられる。

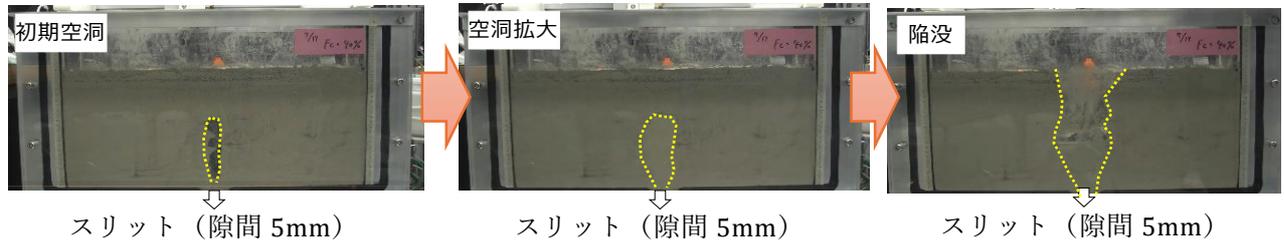


図 8.4 空洞模型実験結果画像

しかしながら、路面下空洞調査を 2020 年 11 月に実施し、チュウ 4MH 南東の図 8.5 の黄色丸地点では、深さ約 0.7m、大きさ 1.1×1.4m の空洞（2021 年 4 月に補修済み）が見つかったが、それ以外の地中空洞は見つかっていない。この調査技術では地表面から路面下 1.5m 程度までの探査が限界であり、それ以深の地中深部の空洞を発見できるものではなかった。

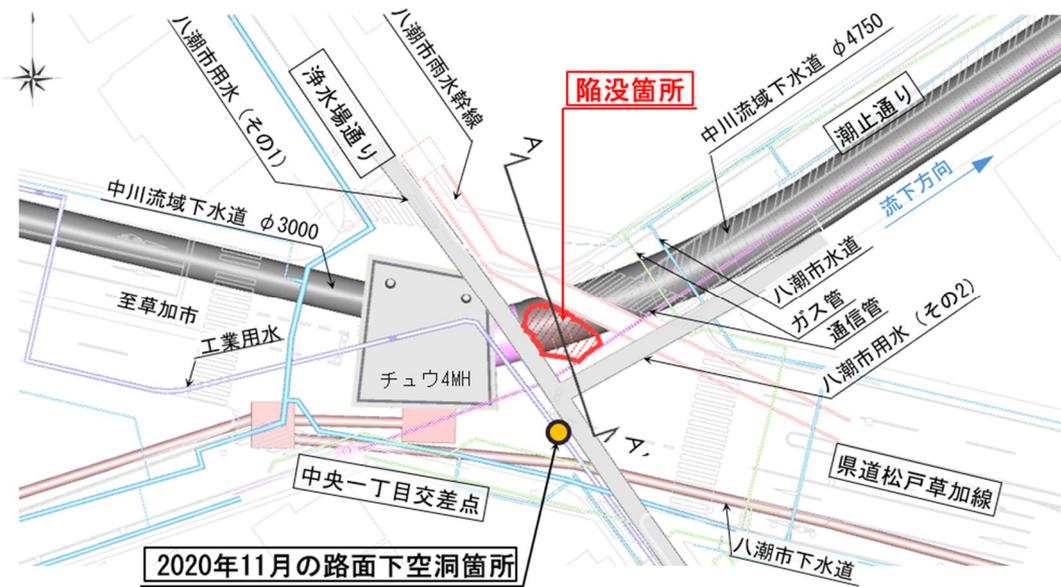


図 8.5 路面下空洞調査箇所

d) 新たな検知技術の開発

陥没箇所より下流に位置する処理場で観測された沈砂重量は、2015年1月～2019年12月の5年間では平均0.29t/日であったのに対し、2020年1月～2024年12月の5年間では平均0.40t/日に増加していた。今後は、沈砂重量の変化と空洞の成長との相関を明らかにすることにより、空洞の前兆を捉えられるようになる可能性がある。

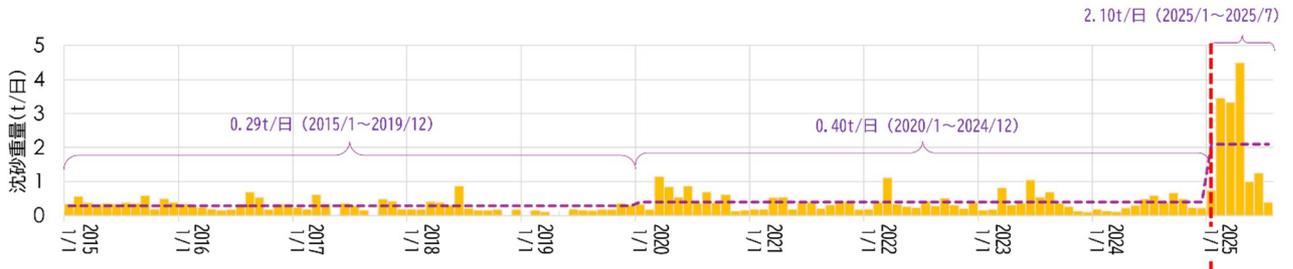
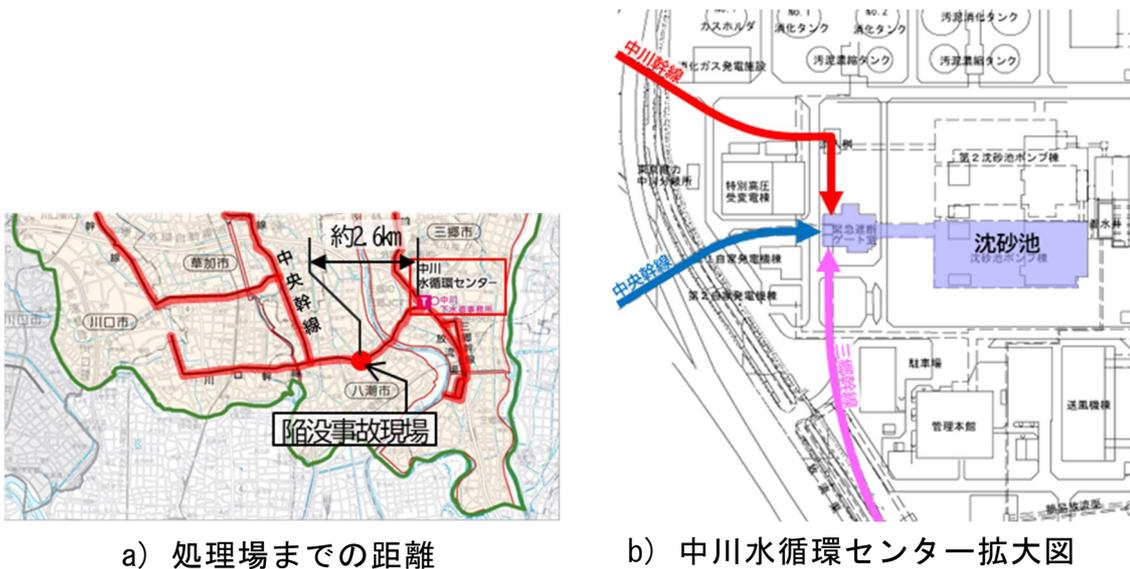


図 8.6 沈砂重量の変化 (2015年1月～2025年7月)



a) 処理場までの距離

b) 中川水循環センター拡大図

図 8.7 陥没箇所と中川水循環センターの位置

今後対応すべき視点

- 期待される技術開発として以下の例が挙げられる。
 - ・ 下水道管内の過酷な状況下においても鮮明な映像が取得できる調査機器
 なお、近年は飛行式ドローンの性能が向上しており、活用の標準化を検討すること
 - ・ 画像を適切かつ客観的に診断する技術
 - ・ 化学的腐食を詳細に把握するための触診技術、下水道管の内径や部材の厚さを測定する技術
 - ・ 深部に位置する管背後に発生した空洞を検知できる探査技術
 - ・ 沈砂重量など下水道に関する各種データを活用した検知技術

⑨補修・補強に関する技術開発

【教訓】

流況が激しい箇所や流下を止められない箇所での補修・補強方法が確立されていないかった。

国土交通省国土技術政策総合研究所発行の「下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究」（2022年3月）では、供用中の下水道に対して適用可能な更生工法が整理されている。これによると、供用下で施工できる工法は限定的であり、適用可能な場合であっても流速 1.0m/s 以下など、施工条件に厳しい制約を伴うことが示されている。

表 8.2 更生工法の適用可能な施工条件

工法分類		工法名	供用中の施工			
			可否	流速	水深	
更生工法	自立管	さや管工法	RPC 工法	可	1.0m/s 以下	0.2m 以下
		製管工法	SPR-SE 工法	可	1.0m/s 以下	30%以下
	複合管	製管工法	3S セグメント工法	可	水深300mm 以内:1.0m/s 水深300mm 超:0.2m/s	φ800~1,500mm:30%以下 φ1,650~3,000mm:500mm 以下
			SPR 工法	可	1.0m/s 以下	30%以下(上限 60 cm)
			ダンビー工法	可	1.0m/s 以下	30%以下かつ 0.4m 以下
			パルテム・フローリング工法	水替え 必要	1.36m/s 1.10m/s	0.68m 0.35m
			ストリング工法	可	0.6m/s 以下	内空高の 17%以下 かつ最大 250mm

今後対応すべき視点

- 現状において補修・補強を困難にしている条件を明確化し、これら条件を克服できる技術開発が必要である。併せて、管の老朽化損傷の防止のみならず空洞に留意しながら陥没防止の観点から行える対策について整理を行うことが望ましい。

おわりに

本委員会は3月14日に発足したが、事故現場での救出活動や下水道管の復旧工事に時間を要し、実際の下水道管内の現地調査は5月以降となった。

こうした条件の中にあって、本委員会では可能な限りの証拠品収集や化学分析試験、構造解析や模型実験などを進め、アクセス可能になった後、現地調査は12回実施し、30回を超える委員間の意見交換会や関係者への意見聴取も行った。また、今回の事象を説明するには、下水道・トンネル・コンクリート、地盤・地質など多岐の分野にわたる検討が必要であり、慎重かつ丁寧な議論を重ねてきた。

その結果、最終報告書の取りまとめに事故後1年以上を要することになった。

本委員会で議論した内容が広く情報共有され、更なる今後の議論に生かされることを願う。

2026年2月19日

八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会

委員長 藤野 陽三