資料２－４

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

中間取りまとめ

2025年9月4日

目 次

1．事故の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

2．周辺状況
2．1 道路及び地下埋設物の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
2．2 地質概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

3．下水道の概要
3．1 下水道の処理能力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3．2 下水道管の基礎諸元 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
3．3 下水道管（シールド一般部）の構造 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3．4 下水道管（シールドマシン残置部）の構造 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 12

4．調査、試験結果
4．1 事故の経緯 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
4．2 下水道管内の流況調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
4．3 硫化水素濃度 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 25
4．4 現地調査結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 28

5．原因究明の概要
5．1 道路陥没の原因 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 36
5．2 道路陥没のシナリオ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
5．3 陥没後の大規模崩壊の状況 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 53

6．今後の予定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 54

7．委員会活動の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

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)陥没の規模：最初に生じた陥没穴は幅約8m、深さ約5m程度
　　2つ目の陥没穴は1月29日午前1時3分頃に発生し、幅約11m、深さ約8m
　　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
　　幅約30m深さ約10mに拡大（図1.2）

4)事故の状況：1名乗車のトラック1台が転落



図1.1　事故の位置





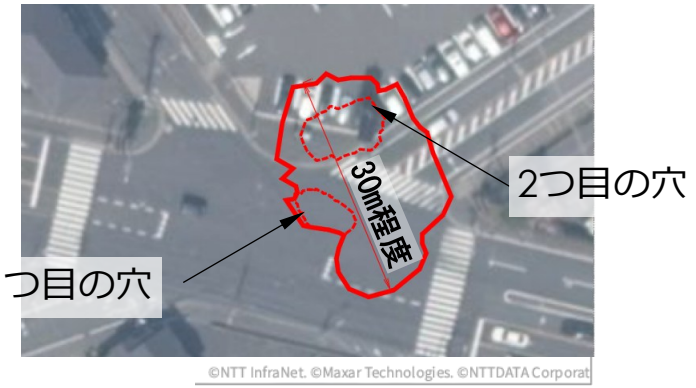
（1月28日09:49頃）





（1月29日01:03頃）

図1.2　道路陥没の拡大





（1月30日02:37頃）

2. 周辺状況　～道路及び地下埋設物の概要～

2．1　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　※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

3)地下埋設物：中川流域下水道（中央幹線）、八潮市雨水幹線など全9種類

中川流域下水道（中央幹線）の土被りは約10.6m（図2.1）

4)路面下空洞調査：地表面から路面下1.5m程度までの空洞調査を2020年11月に実施したが、今回の道路陥没箇所での空洞は見つかっていない。図2.1のチュウ４マンホール（以下「MH」という。）右下の黄色〇地点では、図2.2に示すような深さ約0.7m、大きさ1.1×1.4mの空洞が見つかったが、2021年4月に補修済みである。

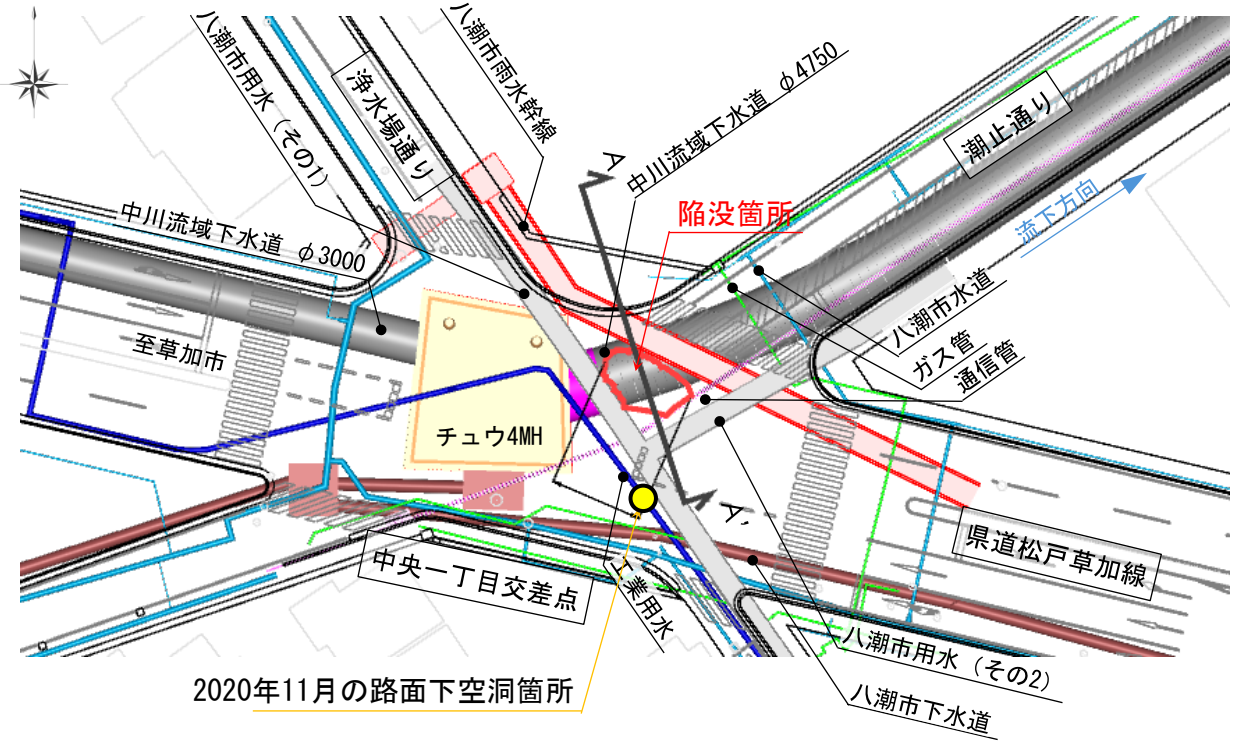
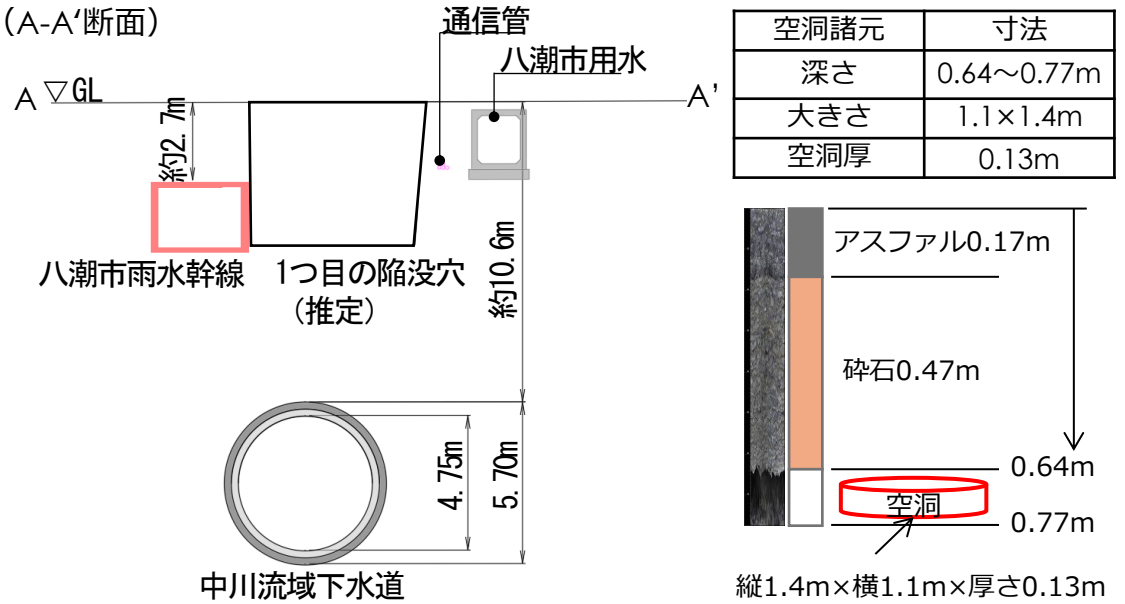


図2.1　地下埋設物

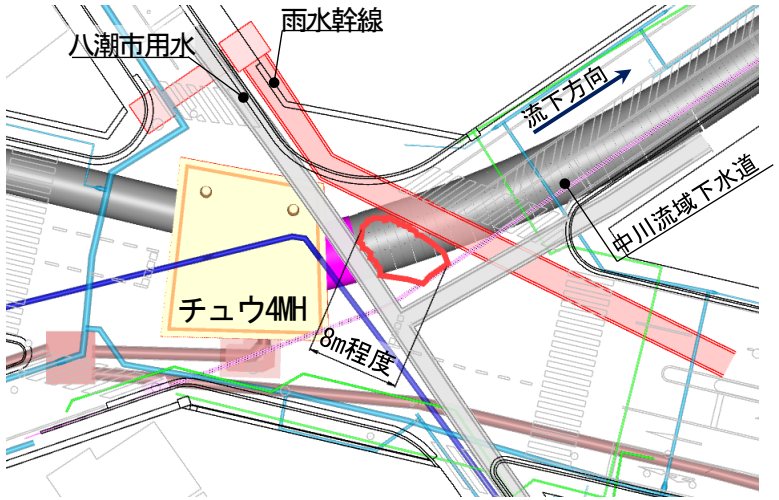


空洞諸元	寸法
深さ	0.64～0.77m
大きさ	1.1×1.4m
空洞厚	0.13m

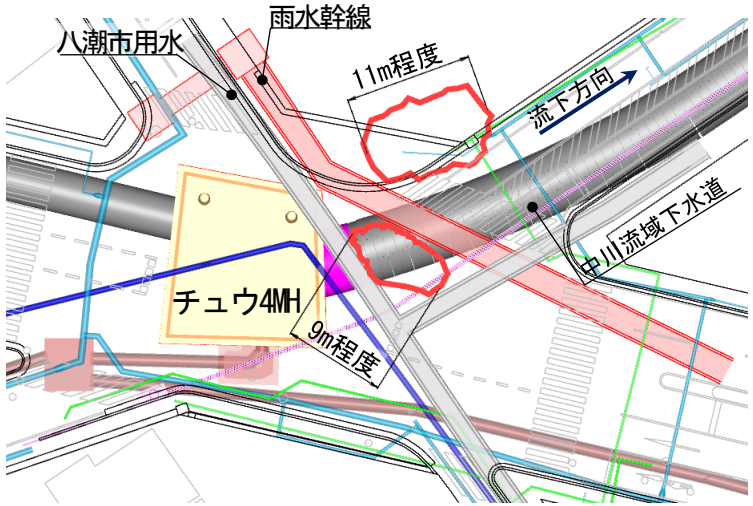
図2.2　路面下空洞調査結果

2. 周辺状況　～道路及び地下埋設物の概要～

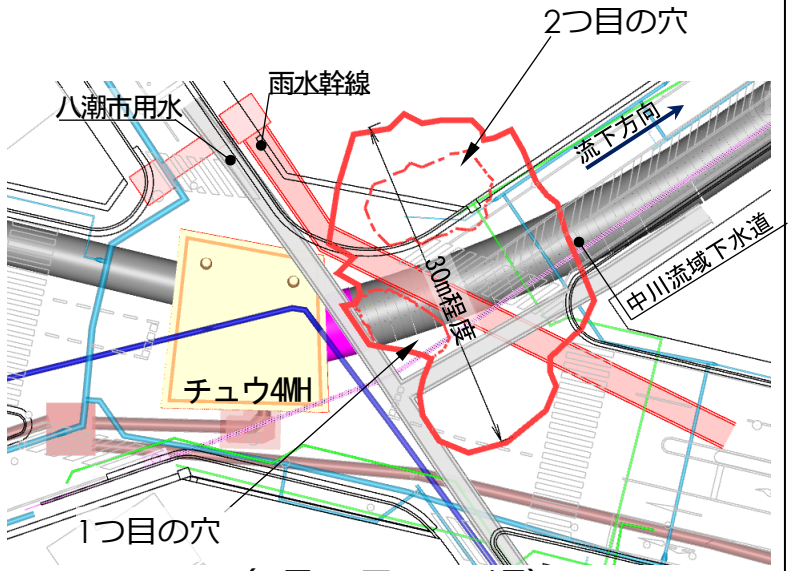
5)陥没穴と地下埋設物の位置関係：図2.3に示すとおり



（1月28日09:49頃）



（1月29日01:03頃）



（1月30日02:37頃）

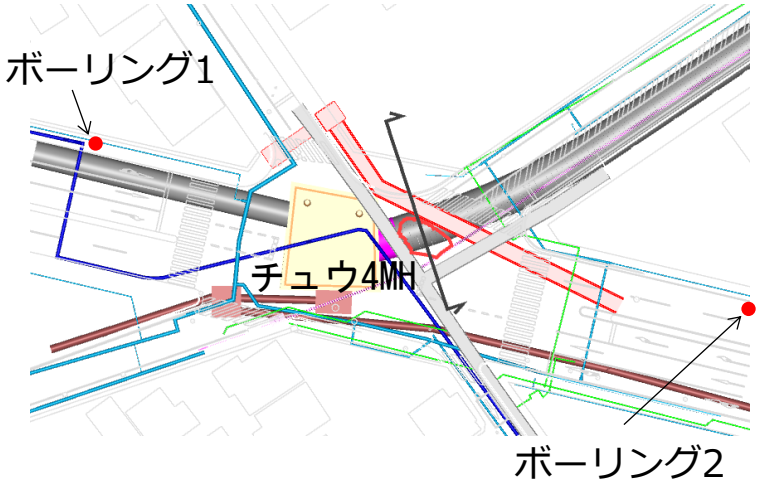
図2.3　陥没穴と地下埋設物の位置関係

2. 周辺状況　～地質概要～

2. 2　地質概要

1)当該箇所の地盤は、地表面(GL)からGL-7m付近までが「シルト質細砂」、 GL-7m付近から-11m付近までが「砂混じりシルト」で構成されている。（図2.4）

2)地下水位はGL－2.0m程度と高く、N値はほとんどが0～1であり、水で飽和した軟弱な地盤である。



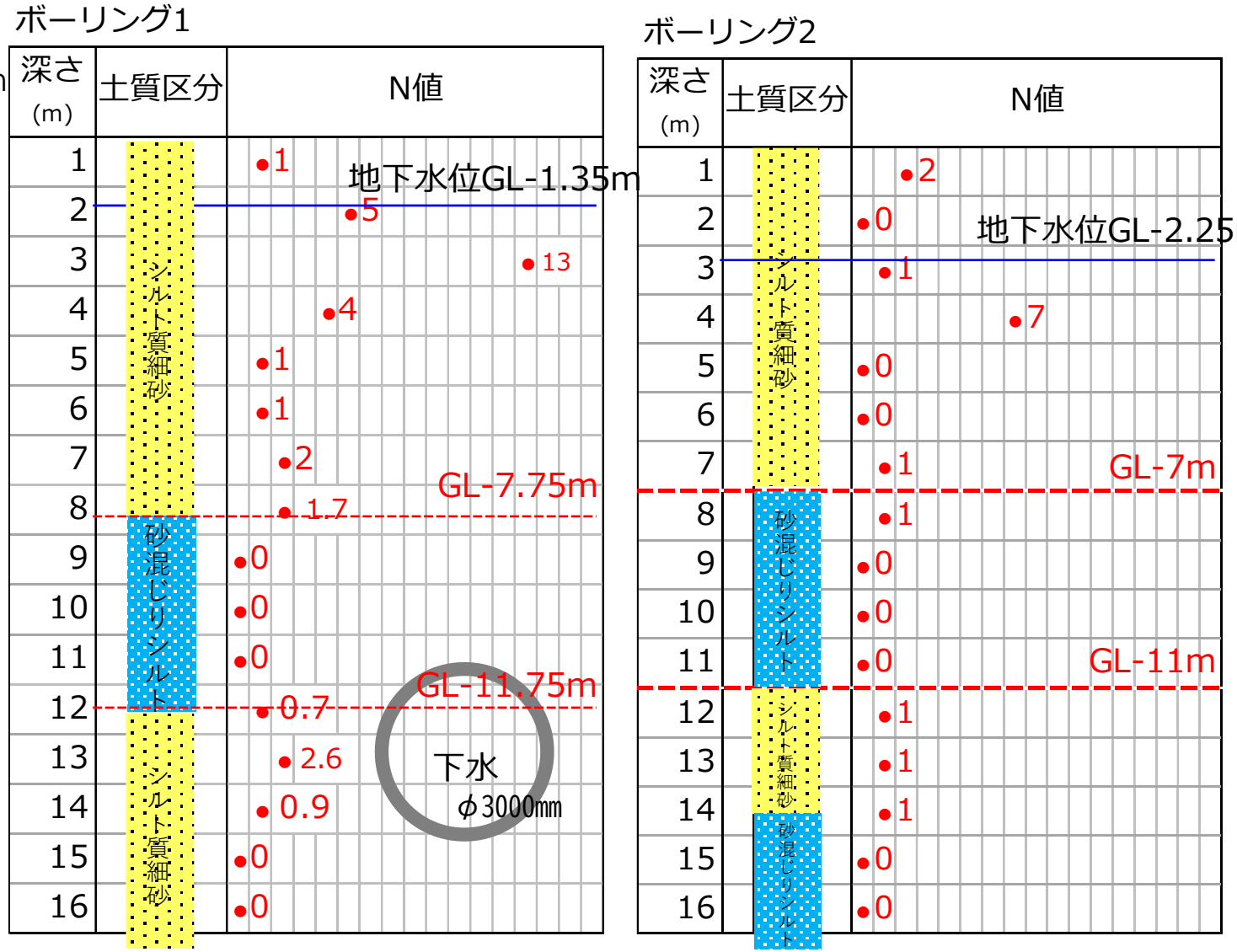


図2.4　ボーリング結果

2. 周辺状況　～地質概要～

3)ボーリング1の地表面(GL)からGL-7m付近までは細粒分含有率※が40%程度の「シルト質細砂」、 GL-7m付近から-11m付近までは細粒分含有率が95%程度の「砂混じりシルト」となっており、砂に比べると透水性が低く、やや粘土に近い性質を示す土である。（図2.5）

※細粒分含有率とは、土の全質量に対する粒径0.075mm未満の土の割合である。

4)ボーリング1の地表面(GL)からGL-7m付近までは最大粒径2mm の「シルト質細砂」、 GL-7m付近から-11m付近までは最大粒径0.85mmの「砂混じりシルト」と、ともに非常に細かい粒子の土である。（図2.5）

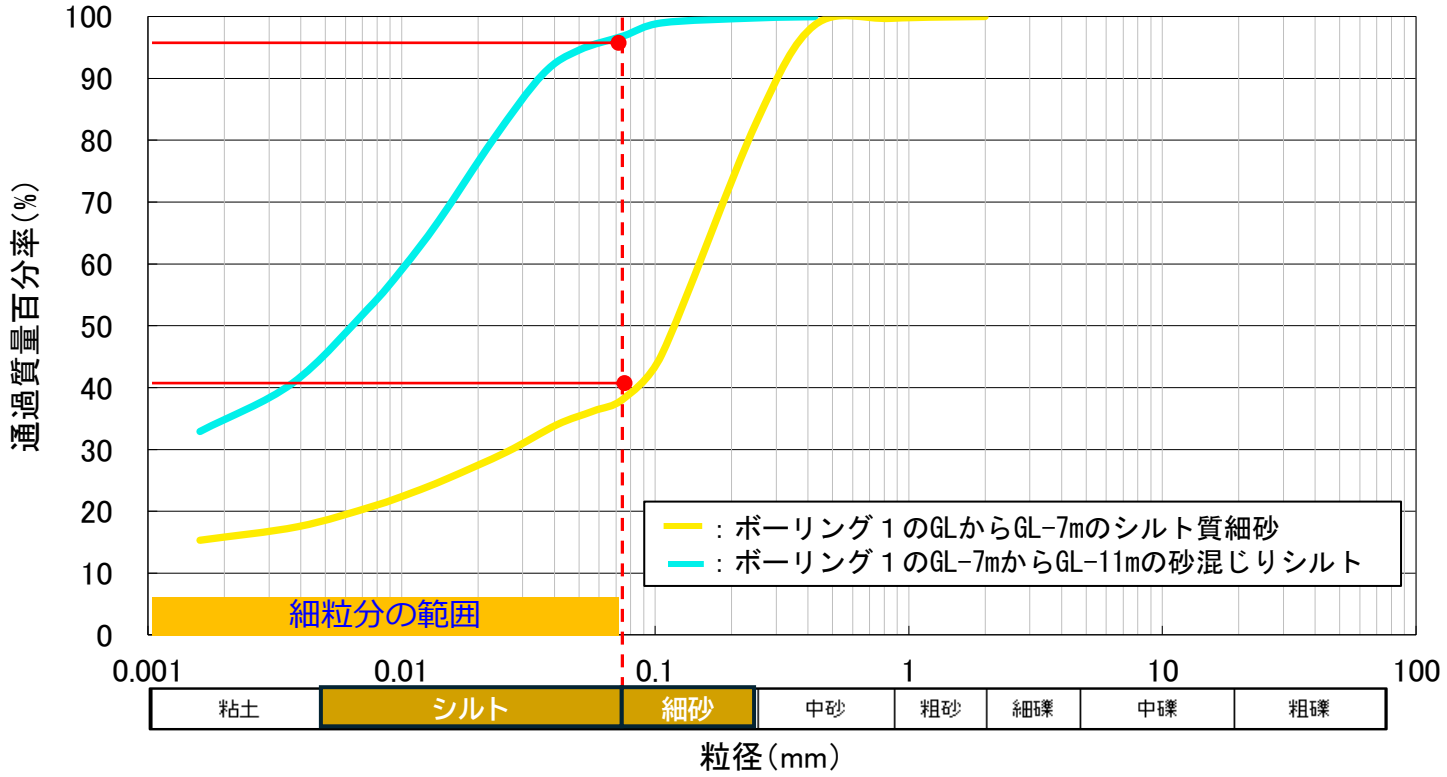


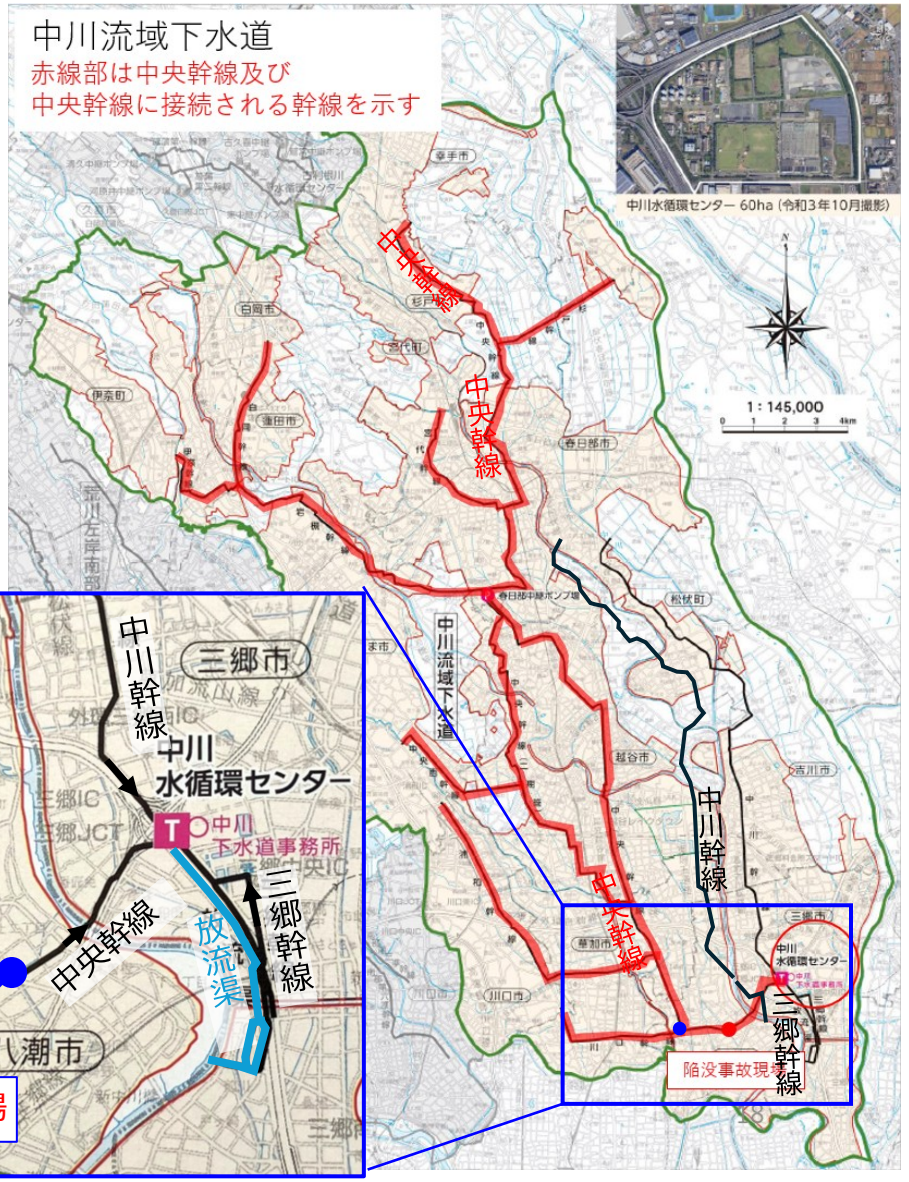
図2.5　現地土の粒径加積曲線

3. 下水道の概要 ～下水道の処理能力～

3. 1 下水道の処理能力 （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）
　　流域下水道の処理水量の規模としては全国3位の規模
2)主要な幹線：下水道管の路線を幹線といい、中川水循環センターは、
　　主要な3つの幹線（中央幹線･中川幹線･三郷幹線）で下水を
　　集めて処理
　　マンホール：下水道管の調査点検用として中川流域内の272箇所に設置
　　マンホール名称：中央幹線はチュウ、中川幹線はナカ、三郷幹線はミサを
　　用いてマンホール番号を付番
　　シールド管（全延長約107km）におけるMHの平均設置間隔 約0.7km
　　陥没事故現場のチュウ4MH～チュウ3MH間の距離 約0.6km
3)処理面積：16,618ha (14,308ha*)
4)処理人口：1,434,035人
　　(うち、中央幹線の処理人口1,228,555人*)
5)汚 水 量：日最大で 489,784㎥／日
6)管渠施設延長：121km (100km*)
7)普 及 率：83.3%
8)関係都市：11市4町 (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

*(　)内は、陥没事故の影響を受けた範囲を示す。



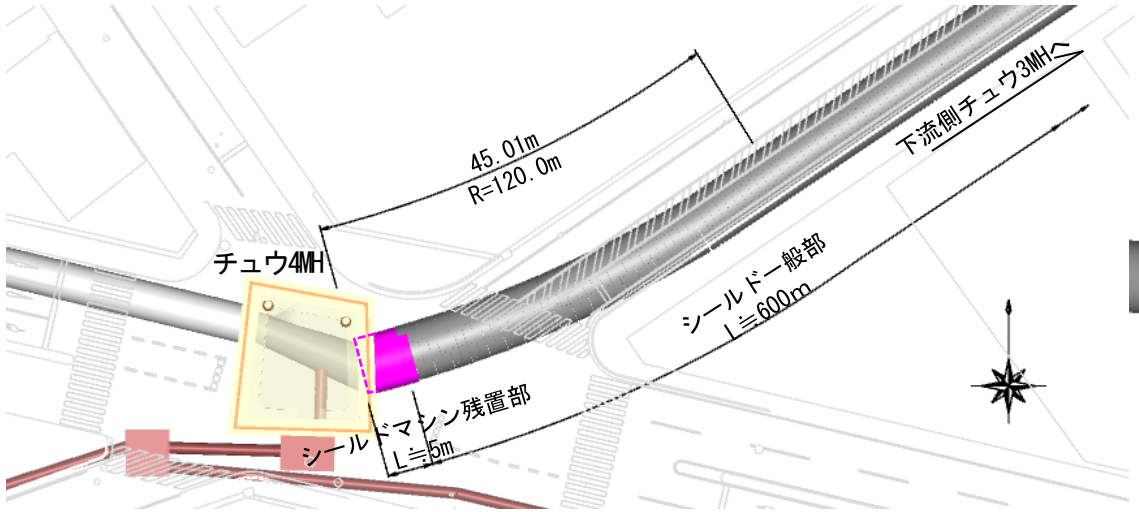
3. 下水道の概要 ～下水道管の基礎諸元～

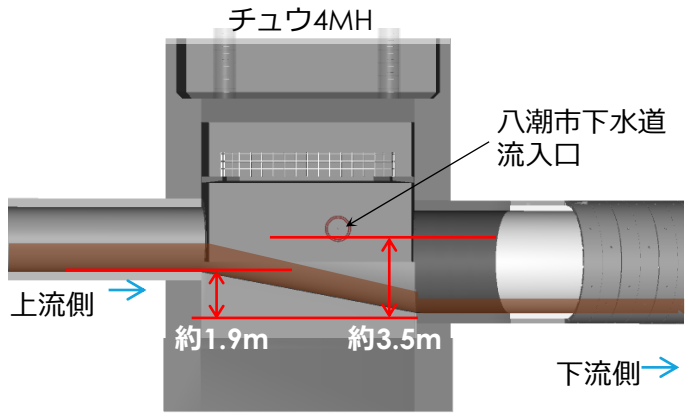
3. 2 下水道管の基礎諸元

1)整 備 年：1983年に整備（供用から42年が経過）

2)築造方法：シールド工法により築造

3)線　　形：下流に向かってカーブ（曲線半径R＝120m）あり、
チュウ4MH内で約1.9mの高低差があるほか、
八潮市下水道流入口と約3.5mの高低差あり。
下水道管は下流側からシールド一般部、シールドマシン残置部、
チュウ4MHの順に配置（図3.1）





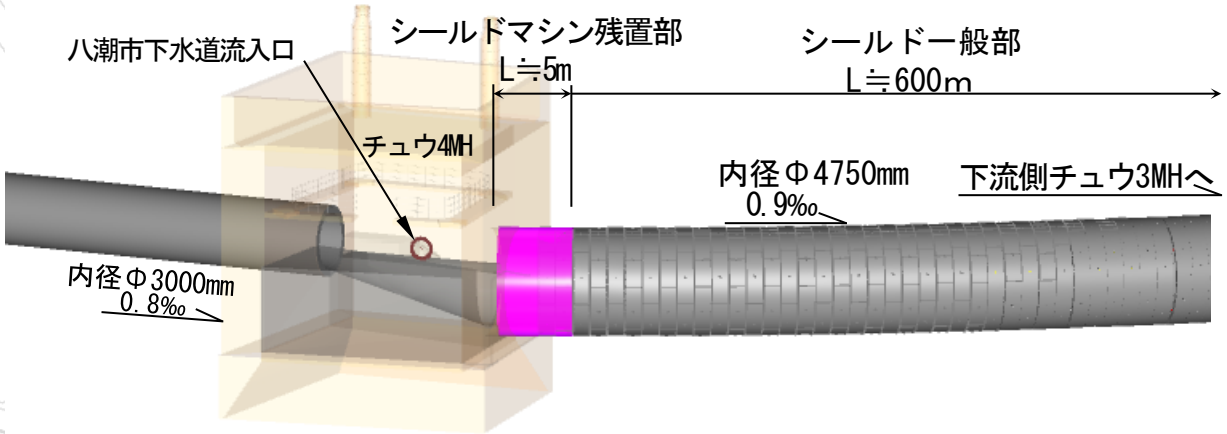


図3.1　下水道の線形

3. 下水道の概要 ～下水道管（シールドー般部）の構造～

3. 3 下水道管（シールドー般部）の構造

1)大　き　さ：内径4.75m、外径5.70mの下水道管。

2)構 成 部 材 ：土水圧に抵抗する鉄筋コンクリートの構造部材である一次覆工と、
防水、防食のために一次覆工の内側に巻かれる無筋コンクリートである二次覆工で構成。

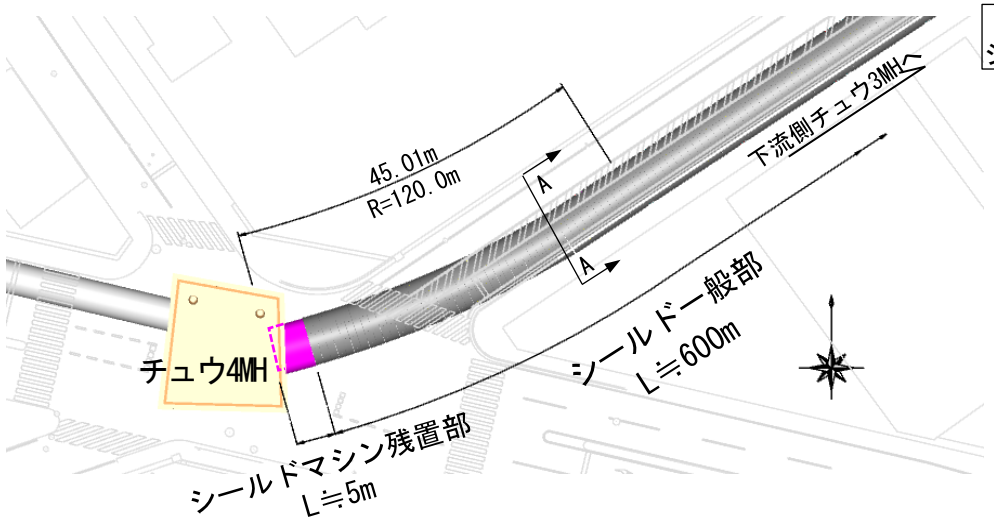


図3.2　シールドー般部の区間

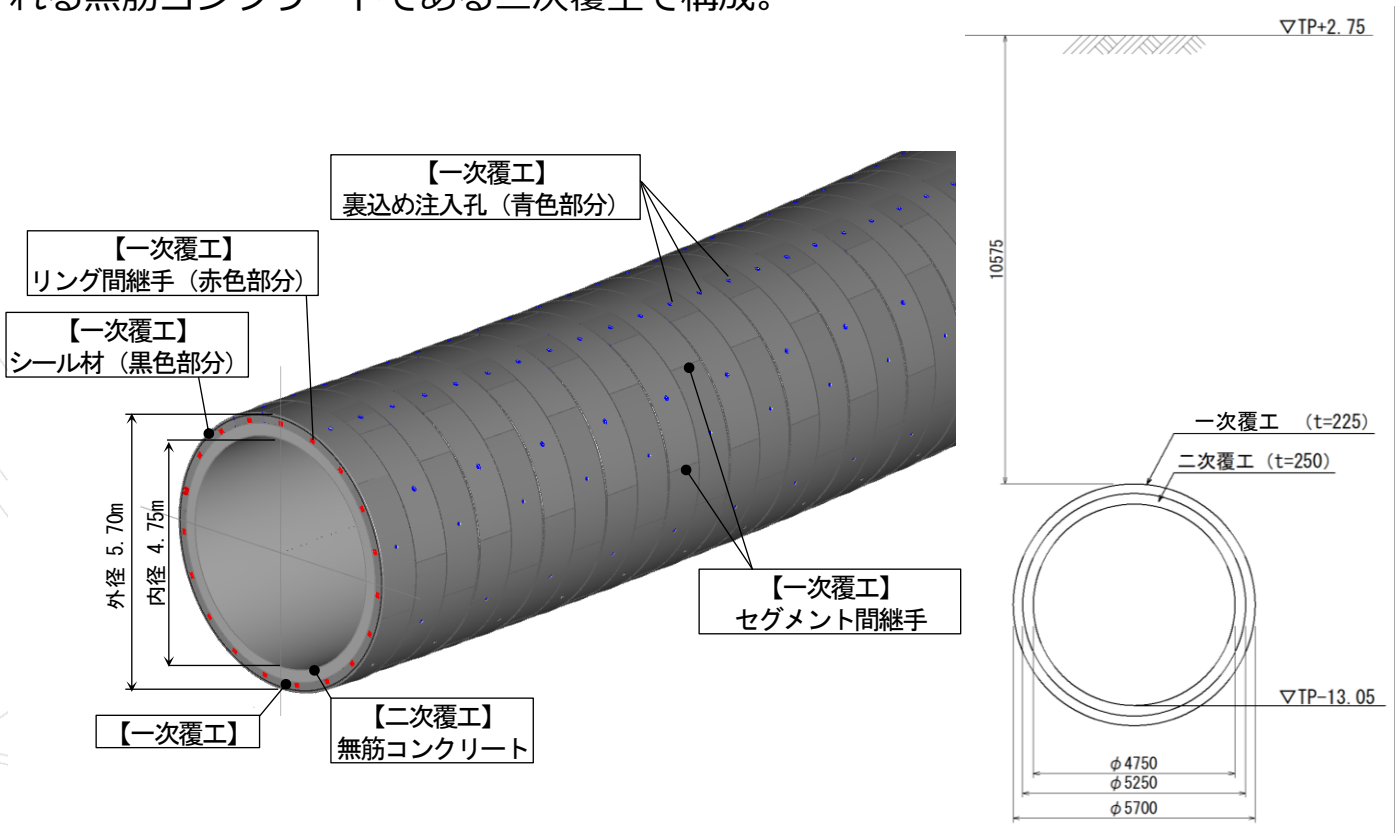


図3.3　シールドー般部の部材名

3. 下水道の概要 ～下水道管（シールドー般部）の構造～

3)構成部材の内容：下記①～⑧による。

①一次覆工は、下水道管の外側に配置され、 図3.4に示す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円筒形に組み合せることで周囲地盤からの外力（土圧・水圧）に抵抗。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で、下水道管の軸方向をリング間継手で結合。

②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。（図3.5）

③RCセグメントの組み合わせは2パターンで、パターン1とパターン2を交互に千鳥配置。（図3.6）

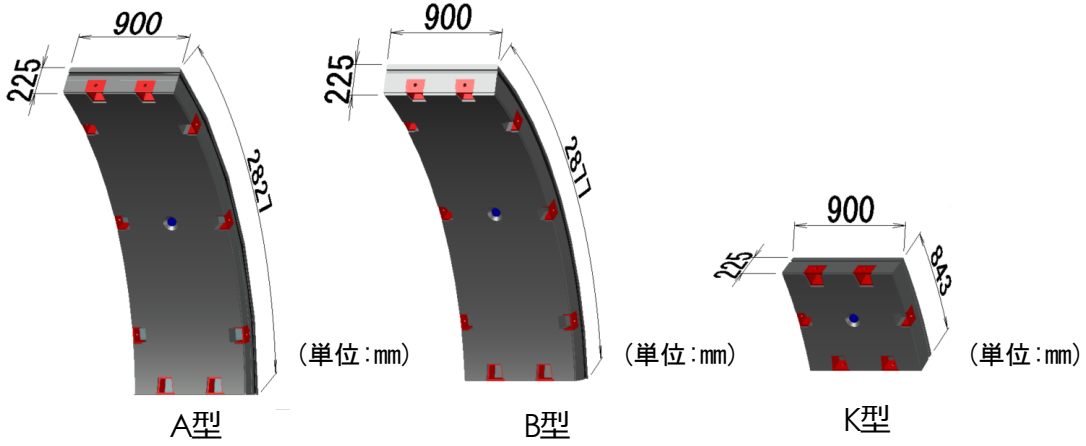


図3.4　RCセグメントの種類

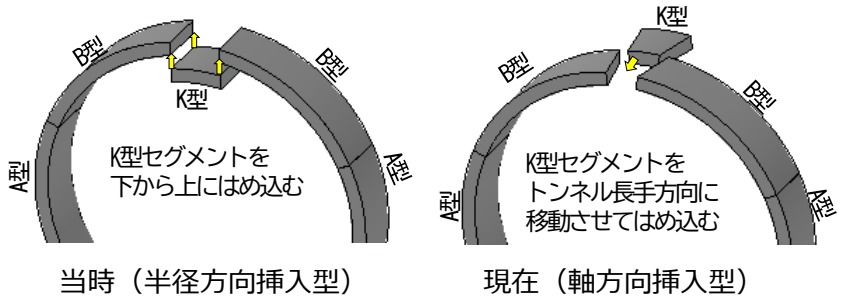
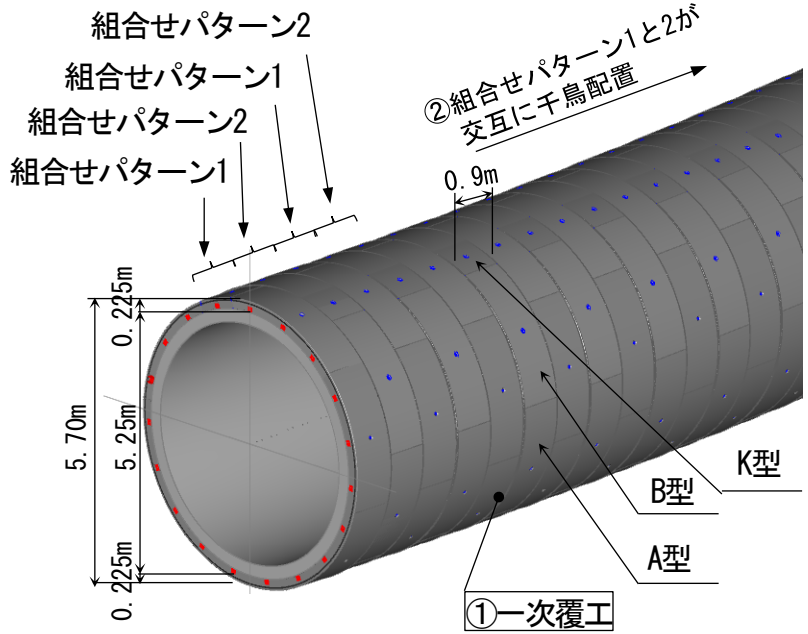


図3.5　施工当時と現在のK型セグメントの挿入方法の違い



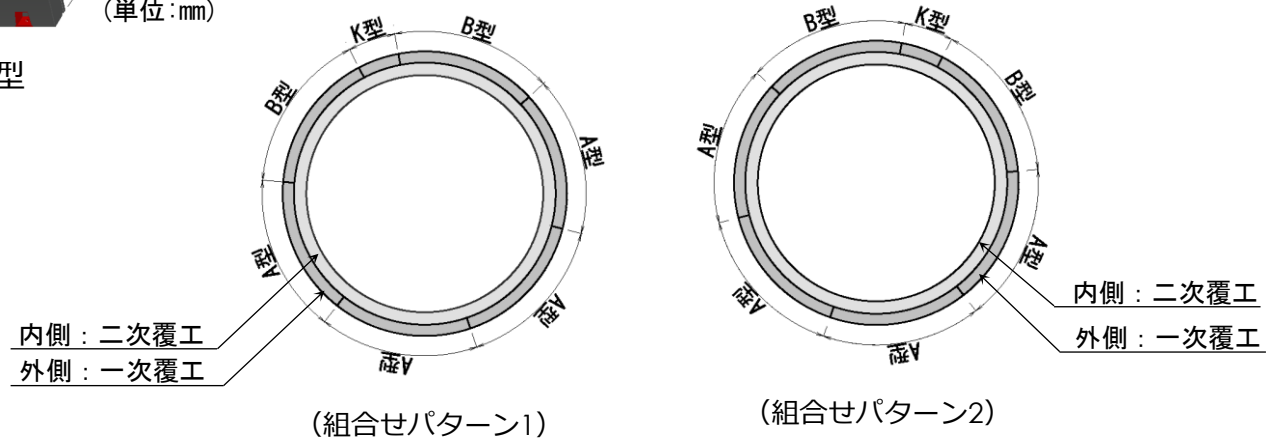
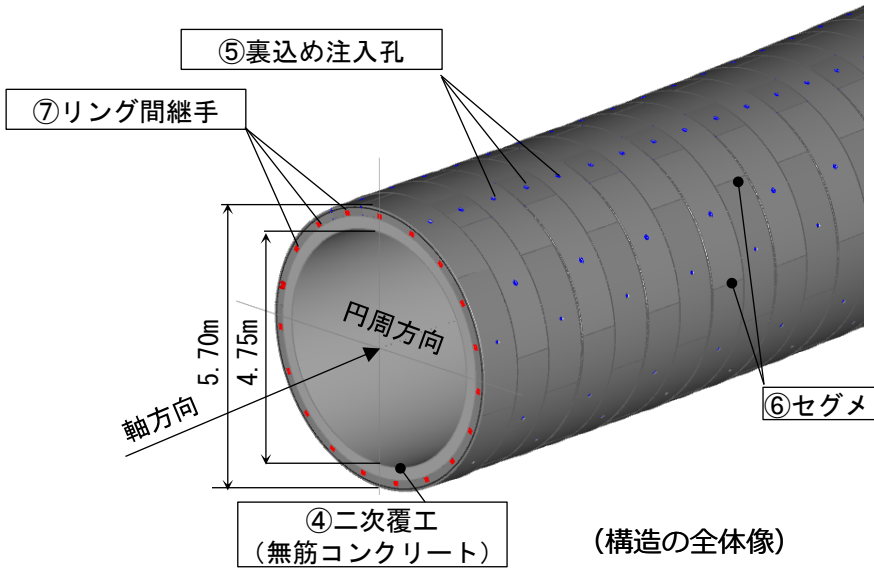


図3.6　RCセグメントの組み合わせ

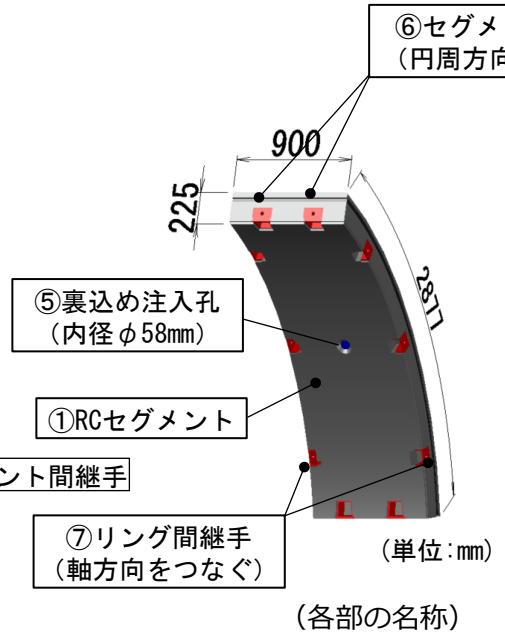
3. 下水道の概要 ～下水道管（シールドー般部）の構造～

④二次覆工は、防水等のため、一次覆工の内側に無筋コンクリートで施工されている。（図3.7）
⑤裏込め注入孔は、一次覆工と周辺地盤との隙間を充填するための孔で一次覆工施工後に、この孔から充填材を注入する。（図3.8）
⑥セグメント間継手は、隣り合うRCセグメントを円周方向に繋ぐためのもので、ボルトボックス内でボルトにより固定されることから、構造的に重要な役割を果たす。（図3.8及び図3.9）
⑦リング間継手は、RCセグメントを軸方向に繋ぐためのものである。（図3.8及び図3.9）
⑧フラットバーは、ボルトボックスの定着部材を兼ねつつ、一次覆工の構造部材としての役割を果たしている。



（構造の全体像）

図3.7　各部材の位置・名称



（各部の名称）

図3.8　RCセグメントの詳細

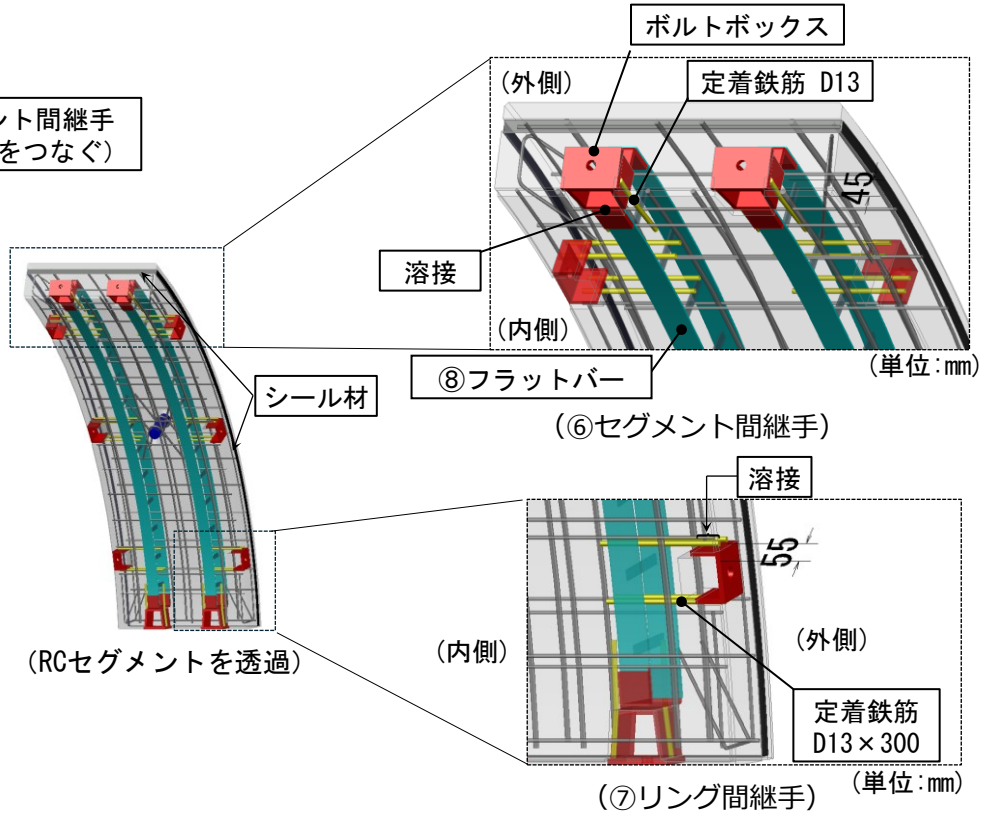


図3.9　継手の詳細

3. 下水道の概要 ～下水道管（シールドマシン残置部）の構造～

3．4　下水道管（シールドマシン残置部）の構造

1)シールドマシン残置部：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側にあるスキンプレート（鋼製の構造体）のこと。チュウ4MH内に一部が貫入した状態で残置されている。（図3.10及び図3.11）

2)長　　さ：約5m

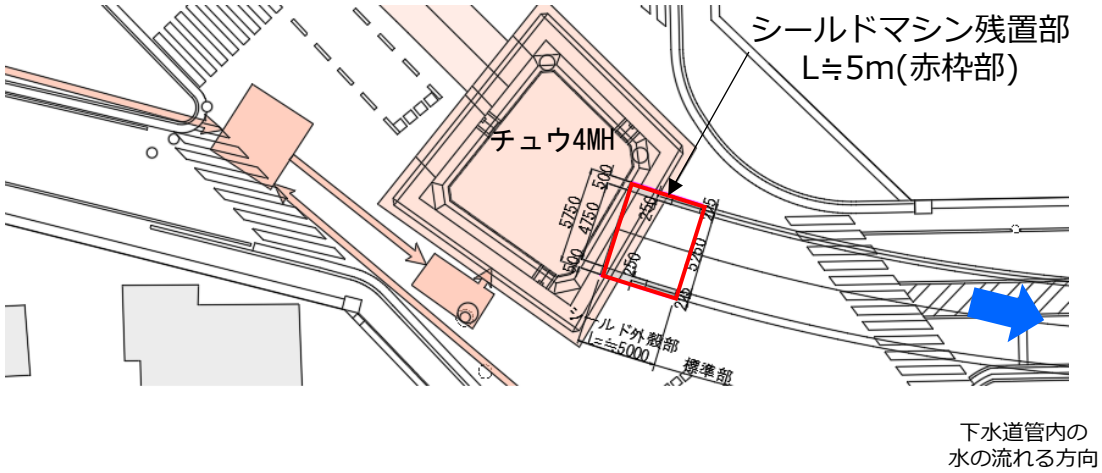


図3.10　シールドマシン残置部の平面図

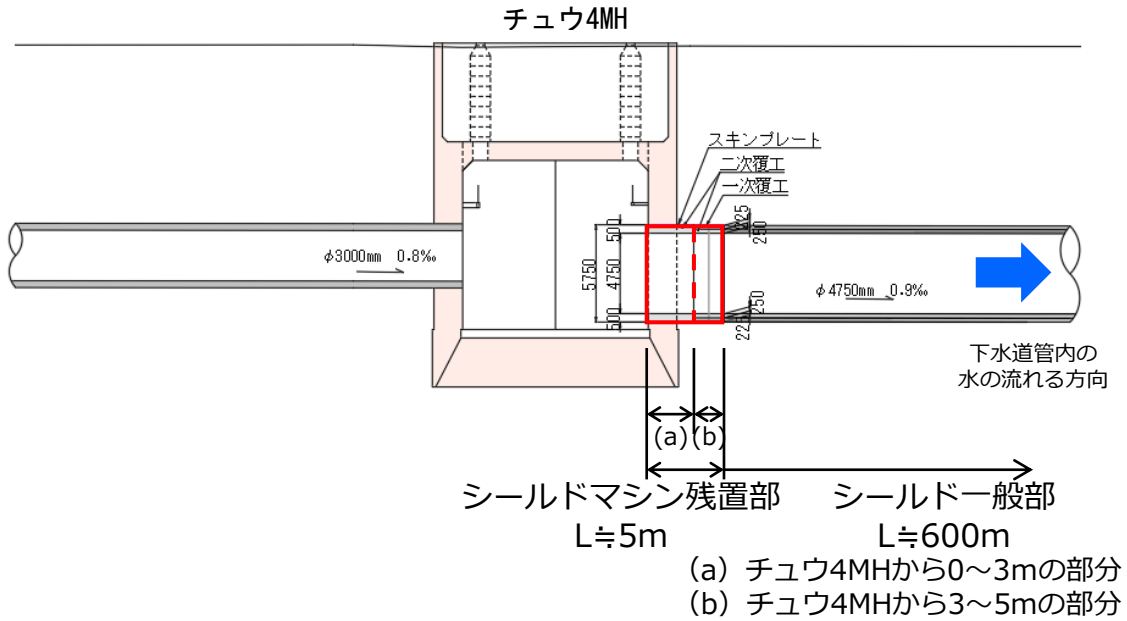
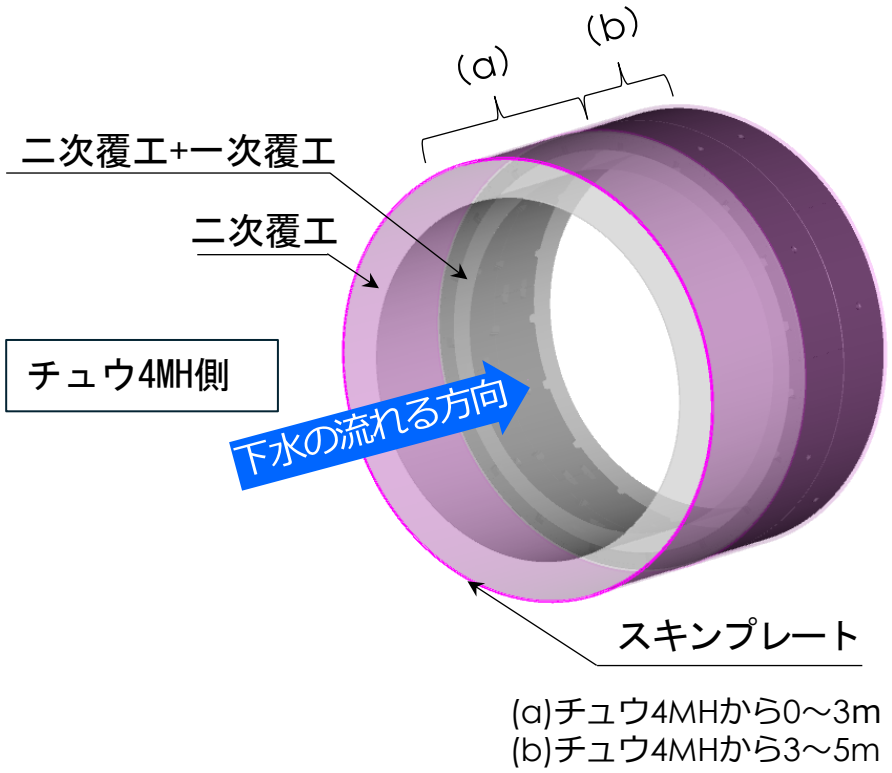


図3.11　シールドマシン残置部の縦断図

3. 下水道の概要 ～下水道管（シールドマシン残置部）の構造～

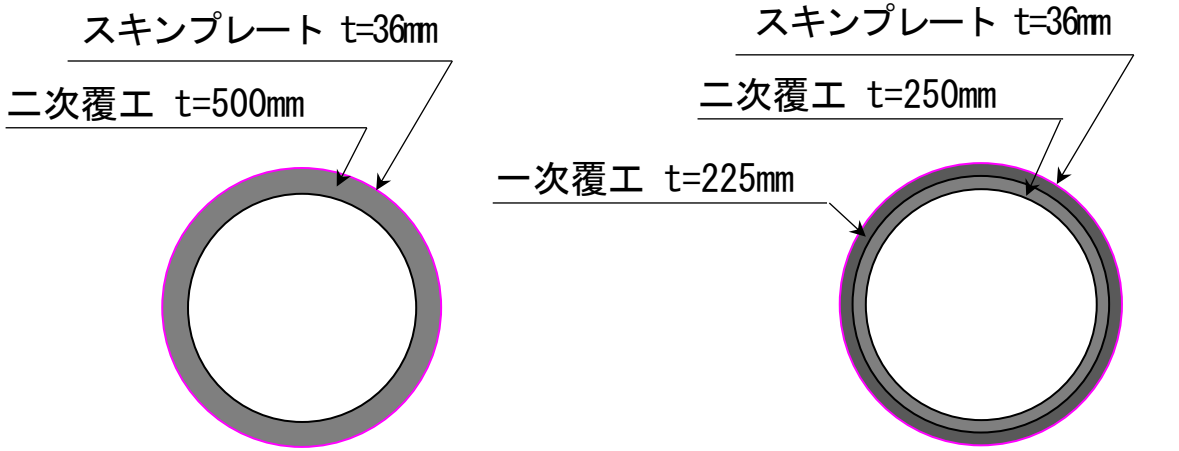
3)内　径・厚　さ：スキンプレートの内径は5.7mで、厚さ36mm

4)構　　造：(a)スキンプレート＋二次覆工で構成されている区間（チュウ4MHから0～3m）と、
(b)スキンプレート＋一次覆工＋二次覆工で構成されている区間（チュウ4MHから3～5m）に分かれている。
（図3.12及び図3.13）



(a)チュウ4MHから0～3m
(b)チュウ4MHから3～5m

図3.12　シールドマシン残置部の全体像



(a) チュウ4MH 0～3mの断面

(b) チュウ4MH 3～5mの断面

（寸法値は設計値）

図3.13　シールドマシン残置部の構造

4. 調査、試験結果 ～事故直後～

4. 1 事故の経緯

（1）事故直後（1月28日～31日）

救出活動を行った草加八潮消防への聞き取り、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ついての状況を時系列で整理した。

日　時	状　況
1月28日　09:49	■道路陥没発生、トラック1台が落下 ・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幅約8m、深さ約5mと推測（P37後述）
1月28日　09:55	■消防が現場に到着  草加八潮消防からの提供写真
1月28日　10:00頃	■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 ・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（P21後述）

救出期間

4. 調査、試験結果 ～事故直後～

（1）事故直後（1月28日～31日）

日　時	状　況	
1月28日　10:16頃	■消防隊員が陥没穴に進入（以下、消防のコメントより） ・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）	救出期間
1月28日　11:25頃	■消防隊員が陥没穴に再び進入（以下、消防のコメントより） ・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	■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	■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	■県職員が上流側のMH水位が上昇していること目視確認	
1月28日　16:00頃	■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	■25tクレーン2台目が到着	
1月28日　20:00頃	■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	■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	

4. 調査、試験結果 ～事故直後～

（1）事故直後（1月28日～31日）

日　時	状　況	
1月29日　00:00頃 ～01:00頃	■消防によると陥没穴の状況は以下のとおり（00:20頃） ・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 ・水が汚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 ■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（P21後述）	救出期間
1月29日　00:40頃 ～02:40頃	■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） ■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） ■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） ■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） ※地表面で南北約10m、東西6～7m（09:50目測） ■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）	
1月29日　02:50頃 ～04:00頃	■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) ■消防によると陥没穴の状況は以下のとおり ・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）	



草加八潮消防からの提供写真 ※
※プライバシー保護のため一部加工

4. 調査、試験結果 ～事故直後～

（1）事故直後（1月28日～31日）

日　時	状　況	
1月29日　17:45頃	■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	救出期間
1月29日　21:55	■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） ■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（P21後述）	
1月29日　23:23	■陥没穴の水位が上昇していることを消防が確認	
1月30日　02:35頃	■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） ■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 注）写真は翌朝に撮影	
1月30日　13:40頃	■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	■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（P22後述） ■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、県が陥没箇所周辺の地盤改良を開始	



4. 調査、試験結果 ～事故後から現在まで～

（2）事故後から現在まで（2月1日～9月4日）

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、現在までの状況を整理した。

日　時	状　況	
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	救出期間
2月5日	■飛行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	■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	■県が陥没穴からのキャビンの捜索活動終了	
2月11日	■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	■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、県が八潮市雨水幹線の仮復旧工事を開始	
4月25日	■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	■県が陥没箇所に滞留する下水のポンプ排水を開始	
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	
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、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	■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	
7月22日	■陥没箇所下流の地盤改良ができた箇所より、がれき等の回収を開始　※陥没箇所周辺地盤の地盤改良は未了	

4. 調査、試験結果 ～現在の状況～

（3）現在の状況（9月4日時点）

①陥没箇所のバイパス管（仮排水路）では3.8㎥/秒（228㎥/分）の下水が流下

②チュウ４MHの止水壁から陥没箇所に0.2㎥/秒（12㎥/分）の下水が漏れ出しており、ポンプ排水を実施

③崩壊した下水道管の延長は約14m

4. 調査、試験結果 ～下水道管内の流況調査～

4. 2 下水道管内の流況調査

4. 2. 1 調査目的

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、陥没箇所より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流入渠水位、②流入量（ポンプ流入量）、③沈砂重量、④浮遊物質の経時変化を調査した。

【参考】 ①流入渠水位は、水位計により自動的に連続計測しており、下水道管の水位の変化を推測できる。
②流入量は、流量計により自動的に連続計測しており、下水道管の流量の変化を推測できる。
③沈砂重量は、沈砂を貯留する保管施設（ホッパ）に取り付けられた重量センサで連続計測しており、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できる。
④浮遊物質（SS：Suspended Solidsの略称）の濃度（以下「SS濃度」という。）は、平日において、前日の11時から当日9時までの2時間ごと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おり、処理場に流下する下水への土砂の混入状況の変化を推測できる。

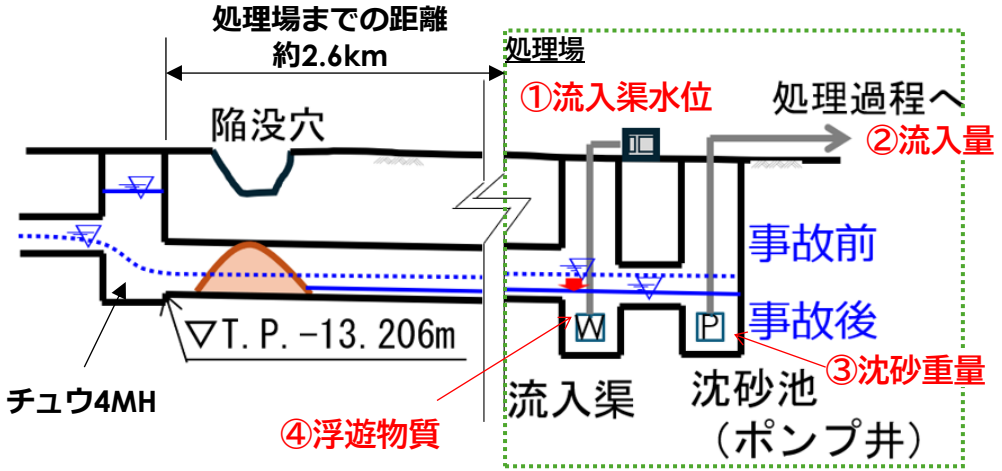


図4.1 下水道管内の流況調査のイメージ



（処理場までの距離）

4. 調査、試験結果 ～処理場における流入量と水位の変化～

4. 2. 2 処理場における流入量と水位の変化

以下のことから、事故発生の直前もしくは直後に下水道管が閉塞した可能性が高い。

1) 陥没箇所を通る中央幹線から処理場には、通常約230㎥/minとその他の幹線から約70㎥/minの合計約300㎥/minの下水が流入
2) 図4.2の中段に示すように、事故発生後に約300㎥/minから約70㎥/minまで流入量が減少
3) 減少した約230㎥/minの流入量は、陥没箇所を通る中央幹線の流量に相当
4) 図4.2の最下段に示すように、道路陥没後、流入渠水位が短時間のうちに1m程度低下

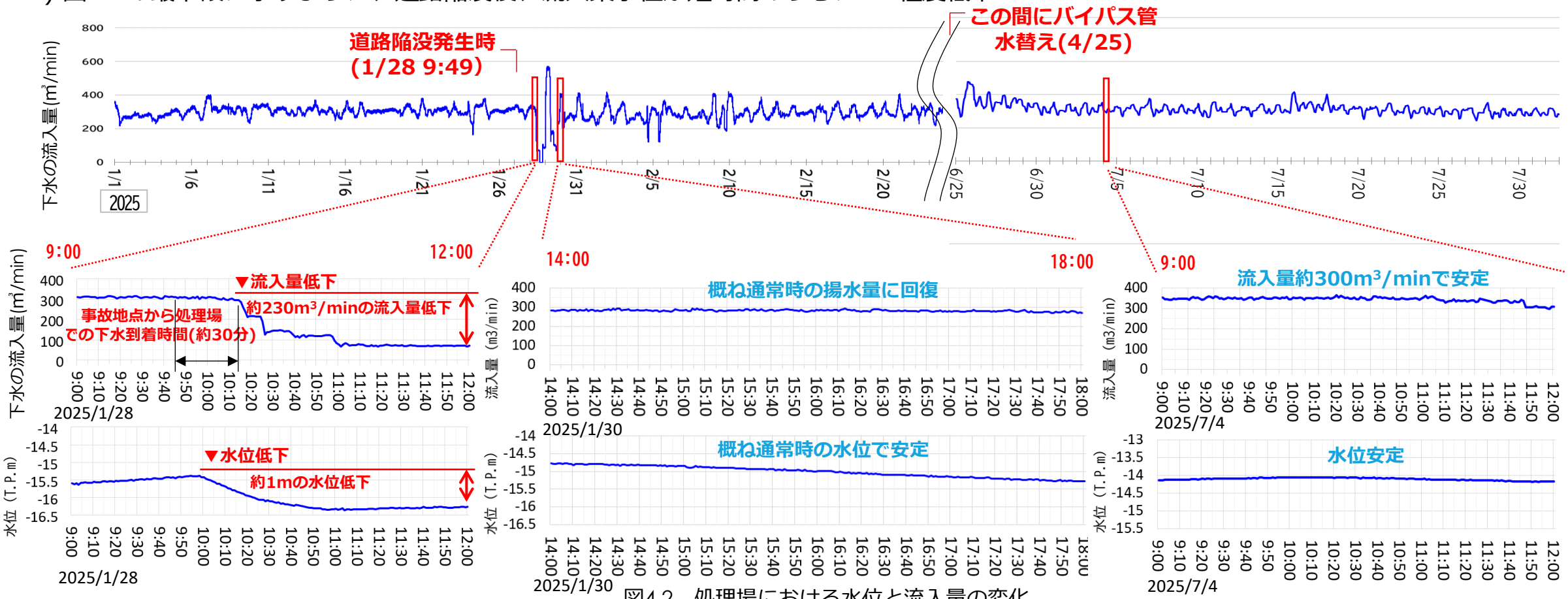


図4.2 処理場における水位と流入量の変化

4. 調査、試験結果 ～処理場における沈砂重量とSS濃度の変化～

4. 2. 3 処理場における沈砂重量とSS濃度の変化

以下の1)～5)から、下水道管内への土砂流出は事故発生後に急増しているが、それ以前にも土砂流出が断続的に発生していた可能性も否定できない。

1) 図4.3に示すように、管渠清掃や台風による沈砂重量の増加を除くと、2023年1月から事故前日までは沈砂重量の大きな増減なし
2) 事故発生日以降の1月29日から6月末までは、2023年1月から事故前日までは見られない沈砂重量の大きな増加あり
3) 図4.4に示すように、 2023年1月から事故前日までのSS濃度は約135mg/l前後で推移
4) 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

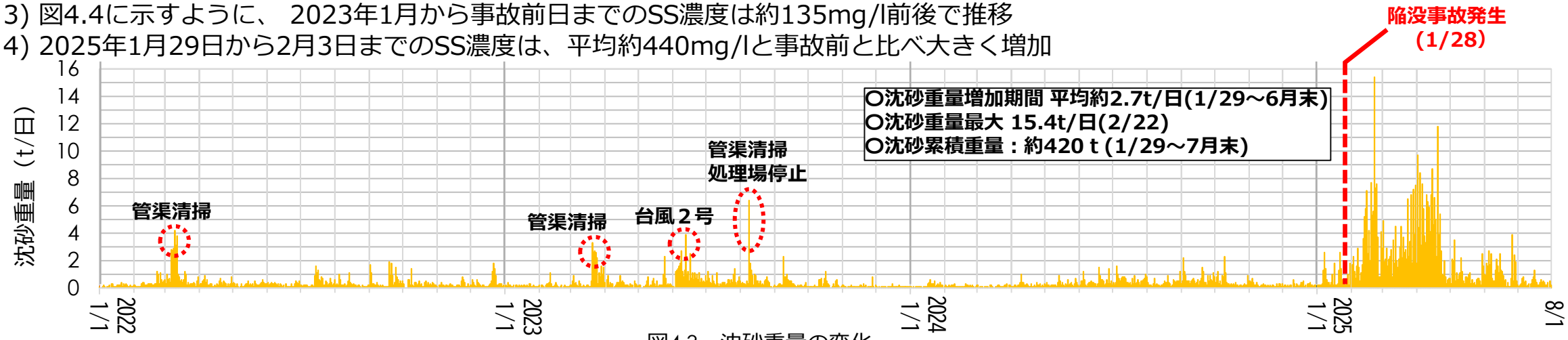


図4.3 沈砂重量の変化



図4.4 SS濃度の変化

4. 調査、試験結果 ～処理場における沈砂重量とSS濃度の変化～

[沈砂重量の変化(2015年1月～)]

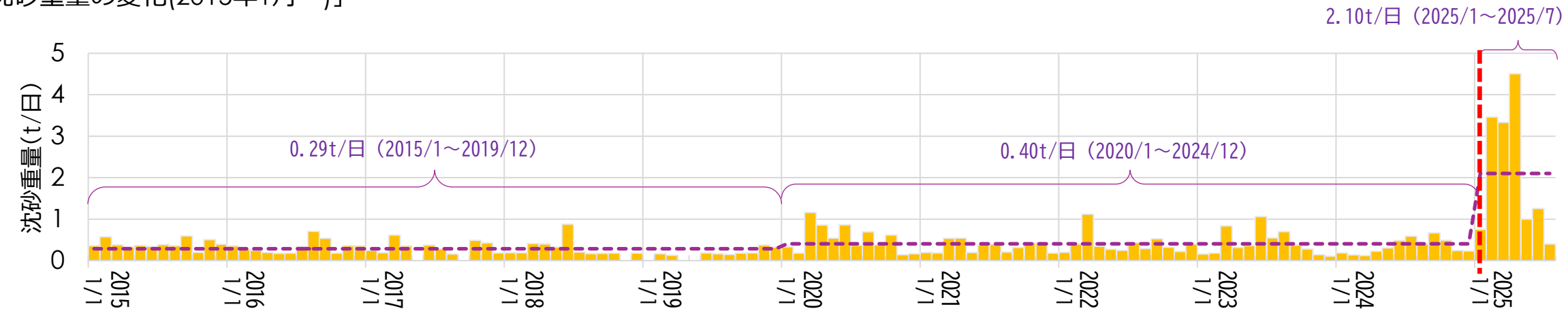


図4.5　沈砂重量の変化（2015年1月～2025年7月）

[SS濃度の変化(2015年1月～)]

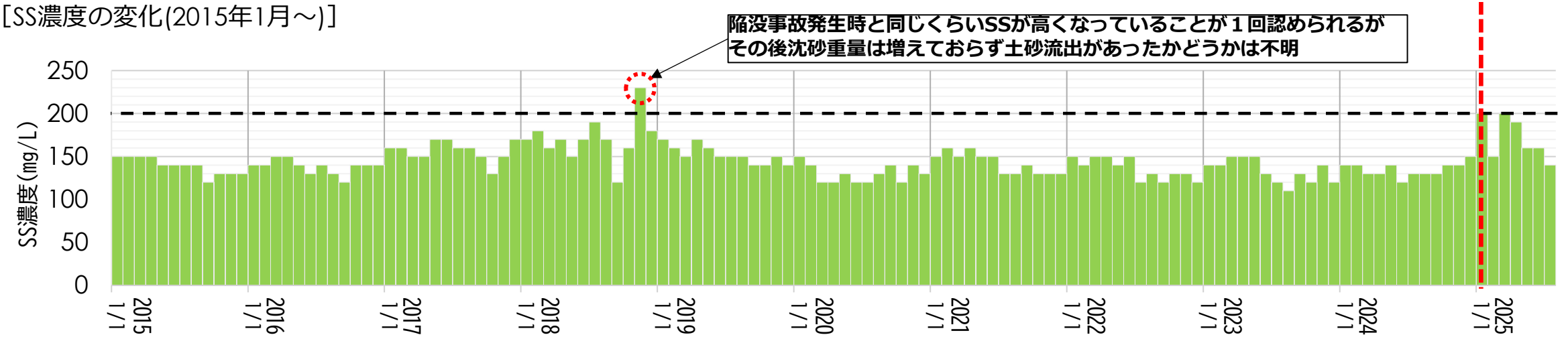


図4.6　SS濃度の変化（2015年1月～2025年7月）

4. 調査、試験結果 ～処理場における沈砂重量とSS濃度の変化～

5) 図4.7に示すように、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

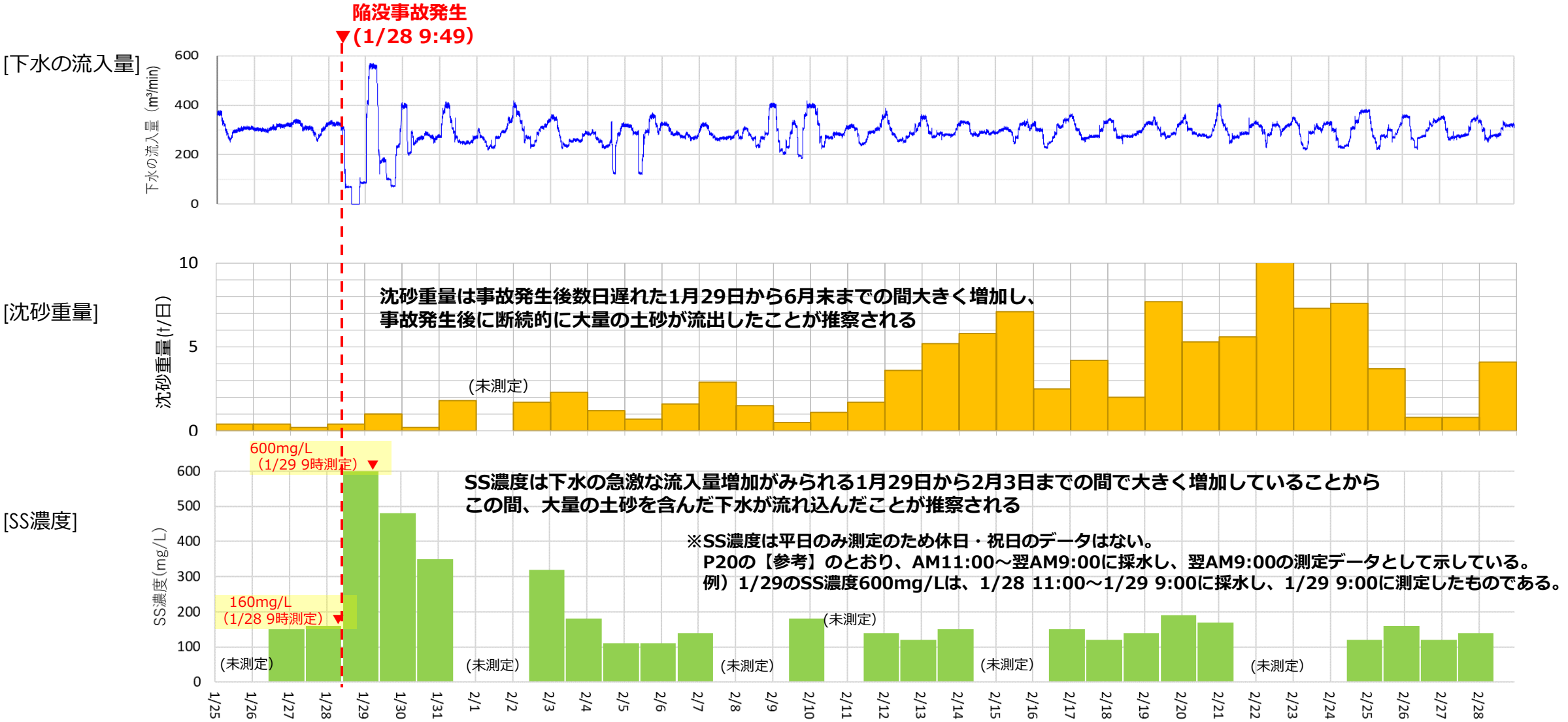


図4.7　事故前後の流入量と沈砂重量、SS濃度の変化

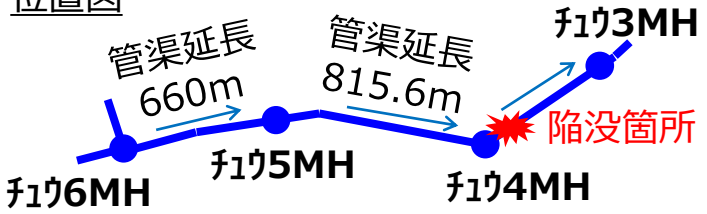
4. 調査、試験結果 ～硫化水素濃度～

4．3　硫化水素濃度

4．3．1　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※参考（次頁）が進み、下水道管渠が劣化しやすくなるため、中央幹線において2023年と2024年に硫化水素濃度の測定が行われていたチュウ4MH（陥没箇所の直上流）とチュウ6MH（陥没箇所から約1.5km上流）の硫化水素濃度を調査した。

位置図



4．3．2　硫化水素濃度

1）表4.1に示すように、チュウ4MHでは年平均で81～94ppm、チュウ6MHでは15～23ppmであった。

2）チュウ4MH における濃度は、地方共同法人日本下水道事業団が示す下水道施設の腐食環境の分類（表4.2）のうち「Ⅰ類」に該当しており、 2021年度の調査で著しい腐食が確認されたチュウ6MHよりも高い。（表4.1）

4．3．3　チュウ4MHの構造的特徴

1）チュウ4MH内は約2mの高低差があり、空中に硫化水素が放散しやすい構造（図4.8）

2）1983年に整備され、供用から42年が経過しており、長期間にわたり硫化水素に曝露されている環境

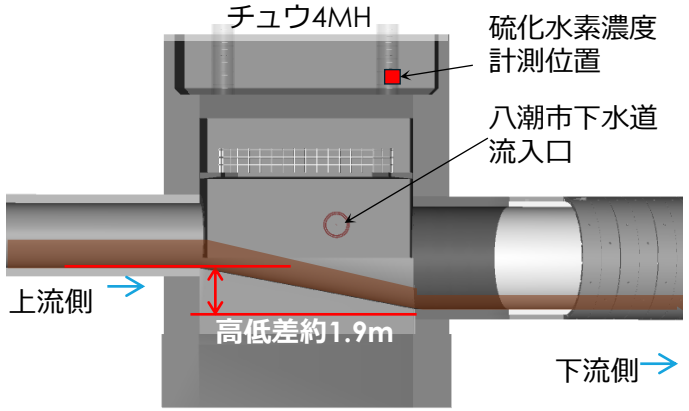


図4.8　チュウ4MHの構造的特徴

表4.1　硫化水素濃度（ppm）

	測定年	年平均	分類(表4.2)
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4.2　腐食環境の分類

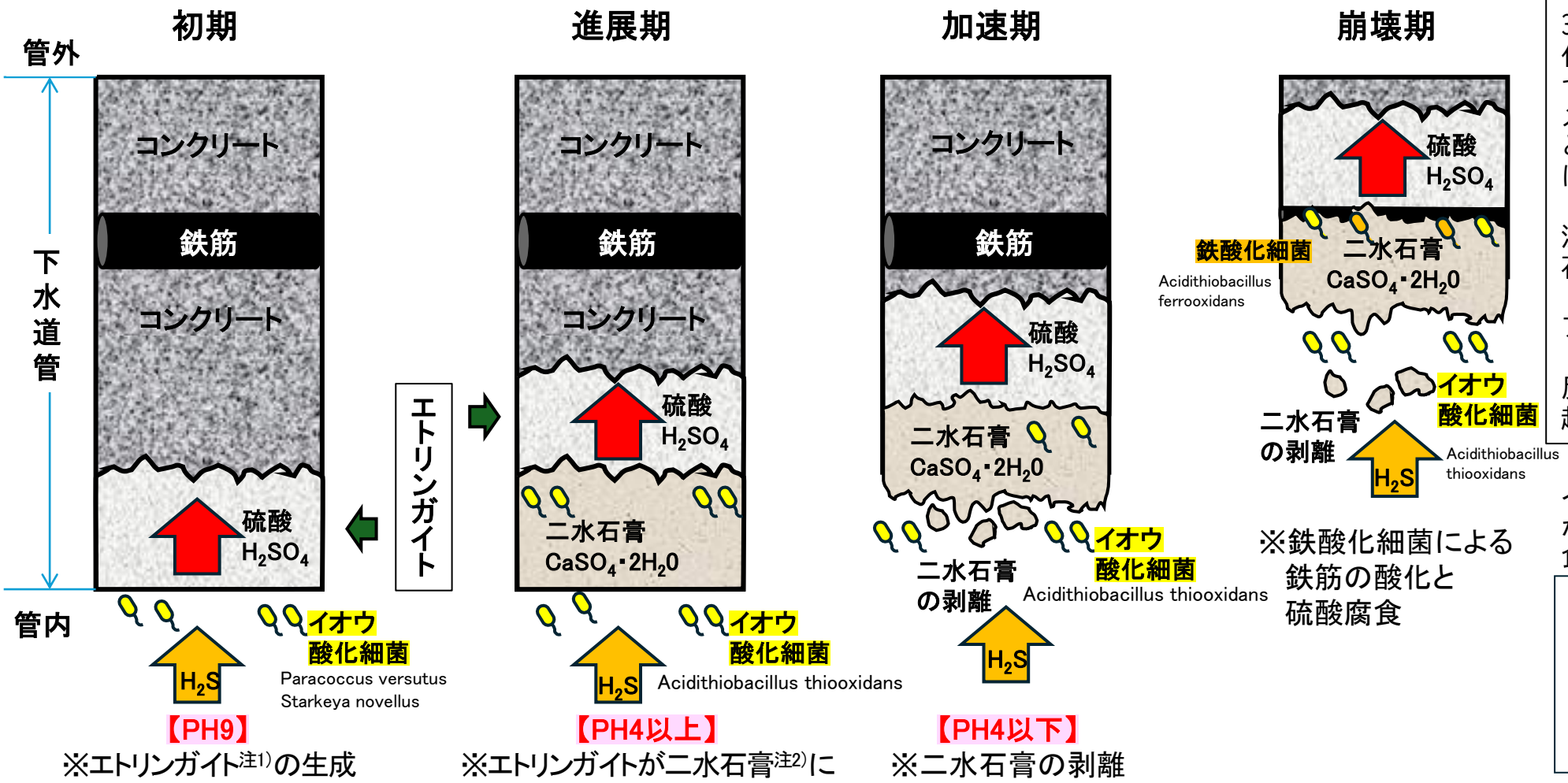
分類	腐食環境
Ⅰ類	年間平均硫化水素ガス濃度が50ppm以上で、コンクリート腐食が極度に見られる腐食環境
Ⅱ類	年間平均硫化水素ガス濃度が10ppm以上50ppm未満で、コンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境
Ⅲ類	年間平均硫化水素ガス濃度が10ppm未満であるが、コンクリート腐食が明らかに見られる腐食環境
Ⅳ類	硫酸による腐食はほとんど生じないが、コンクリートに接する液相が酸性状態になりえる腐食環境

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）P47　地方共同法人日本下水道事業団より

4. 調査、試験結果 ～コンクリートの化学的腐食～

※参考　コンクリートの化学的腐食（森田弘昭氏作成資料）

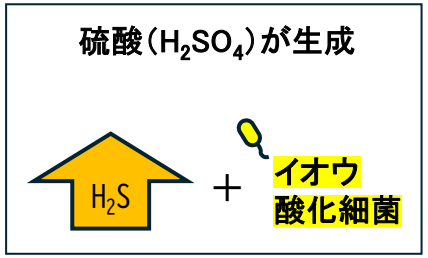
硫化水素（H_2S）の浸透によって、下記のようなプロセスでコンクリートの化学的腐食が進む。



注1）エトリンガイト
セメント水和物の一つ。化学式3CaO・Al2O3・3CaSO4・32H2Oで表される化合物の鉱物名。
セメントが水和する時、セメント中のアルミネート相と石膏との反応で水和初期に針状結晶として析出する。

注2）二水石膏
石膏の一種。化学組成は「CaSO4・2H2O」。
アルミン酸三カルシウム［$3CaO \cdot Al_2O_3$］（C_3A）と反応し、著しい膨張を引き起こす。

イオウ酸化細菌により硫酸が生成され、コンクリートを腐食する

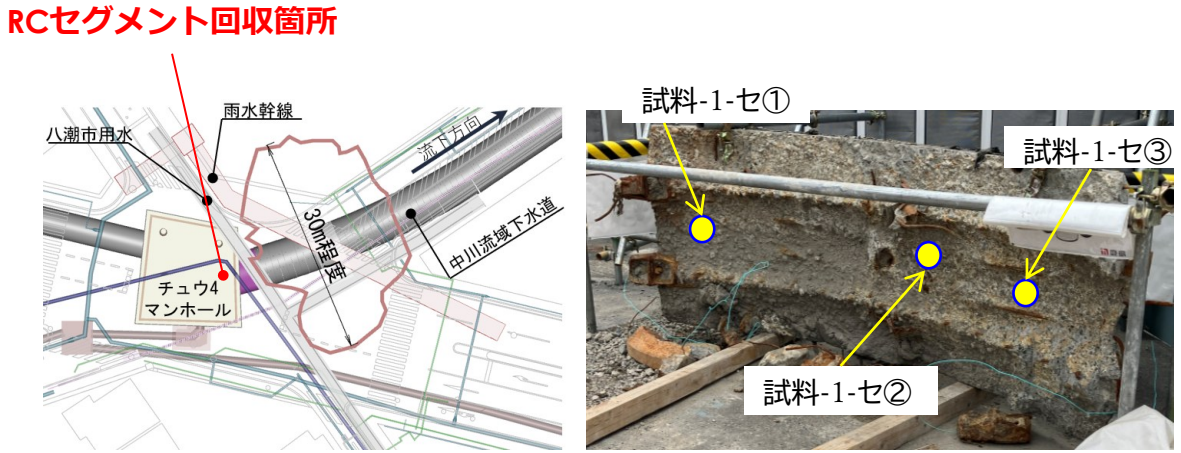


4. 調査、試験結果 ～回収セグメントの化学的腐食～

4．3．4　事故現場から回収されたRCセグメントの化学的腐食の状況

①事故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。

②回収されたRCセグメントは、当初の厚さ225mmに対して、最大165mm、平均で125mm程度欠損しており、その残存した表面の異なる3箇所から試料を採取したところ、いずれも7mmの深さまで酸化硫黄（SO_3）が浸透していたことから、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を確認した。



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定かではない

図4.9　試料採取位置

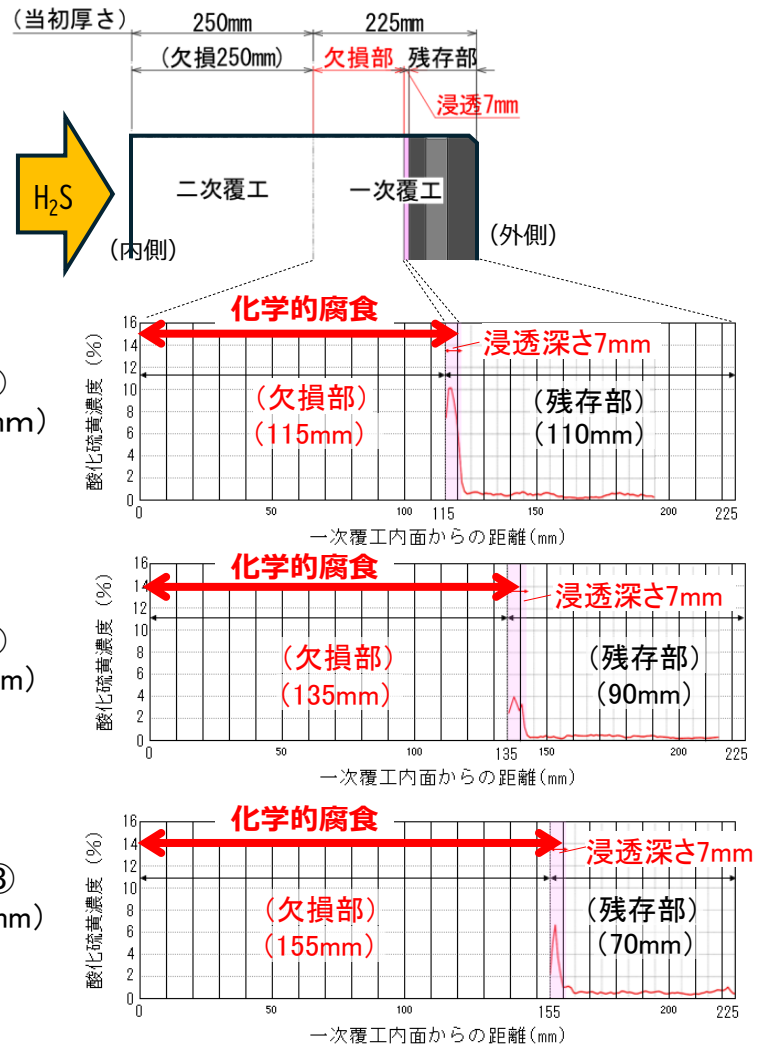


図4.10　化学分析試験の結果

4. 調査、試験結果 ～下水道管の損傷の状況～

4. 4 現地調査結果

事故現場は、下水道管の破損箇所を迂回するバイパス管を整備したが、現在も下水が流れており立入場所が制限されている。

このため、回収したRCセグメントの状況及びUAV（無人航空機）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。

4. 4. 1 下水道管の損傷の状況（位置は図4.11を参照）

記号	区　間		範　囲	下水道管の状態
A	シールドマシン残置部		チュウ4MHから5m程度まで	二次覆工欠損
B	シールド一般部	下水道管崩壊部	チュウ4MHから5～20m程度まで	二次覆工欠損
C		下水道管腐食部	チュウ4MHから20～50m程度まで	二次覆工欠損
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

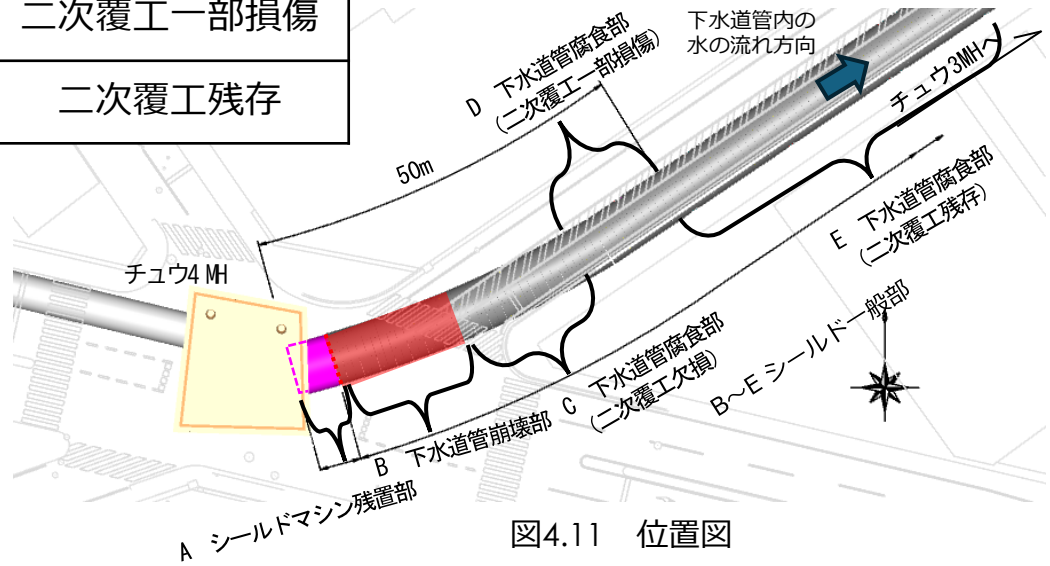


図4.11　位置図

4. 調査、試験結果 ～シールドマシン残置部の状況～

4. 4. 2 下水道管の内部状況

1）シールドマシン残置部

A）チュウ4MHから下流5m付近（シールドマシン残置部）写真①

シールドマシン残置部は、①スキンプレート＋二次覆工で構成されている区間（上流側）と、②スキンプレート＋一次覆工＋二次覆工で構成されている区間（下流側）に分かれている。

① スキンプレート＋二次覆工で構成されている区間：

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で露出していた。（下半部は確認できていない。）

② スキンプレート＋一次覆工＋二次覆工で構成されている区間：

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フラットバーが露出し折れ曲がった状態でぶら下がっていた。（写真①）

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一帯は帯状でコンクリートが欠損しているRCセグメントもあった。（写真②）

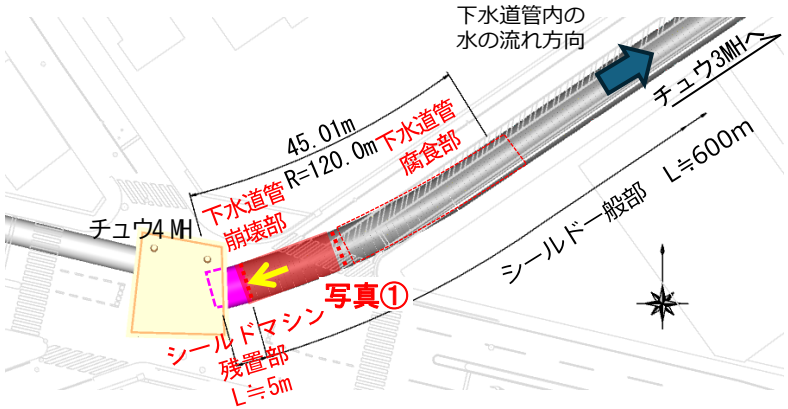
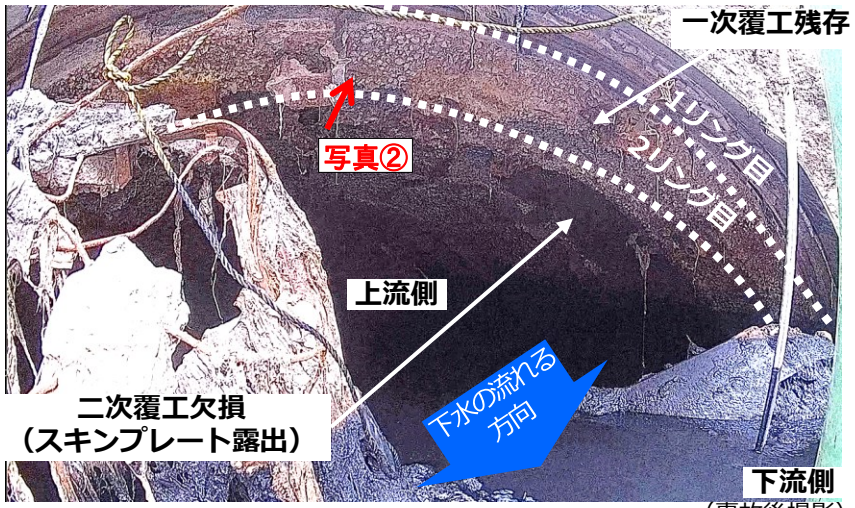
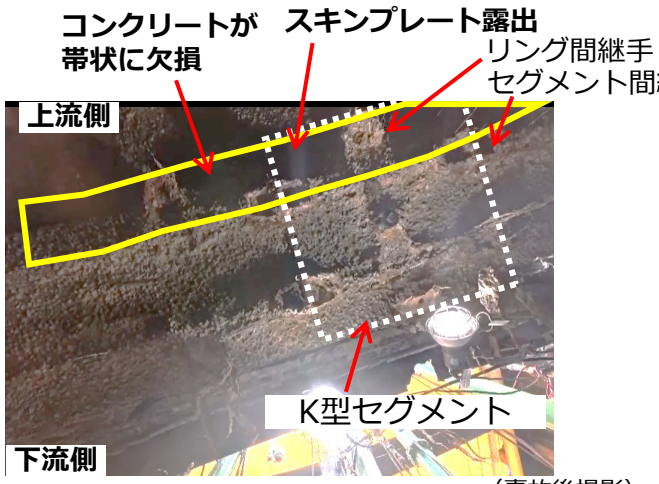


図4.12 位置図



写真① シールドマシン残置部内部（事故後撮影）



写真② シールドマシン残置部内のRCセグメント詳細（事故後撮影）

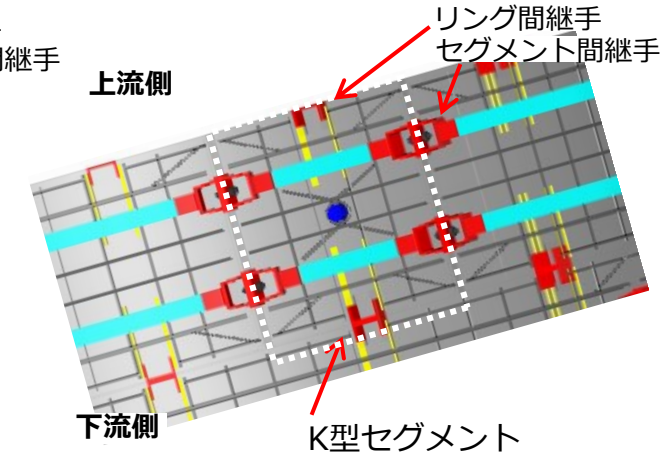


図4.13 写真②の当初形状

4. 調査、試験結果 ～下水道管崩壊部の状況～

2）シールド一般部

B）チュウ4MHから下流5～15m付近（下水道管崩壊部）写真③

①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。

②崩壊しつつも、かろうじて形状を保っている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。

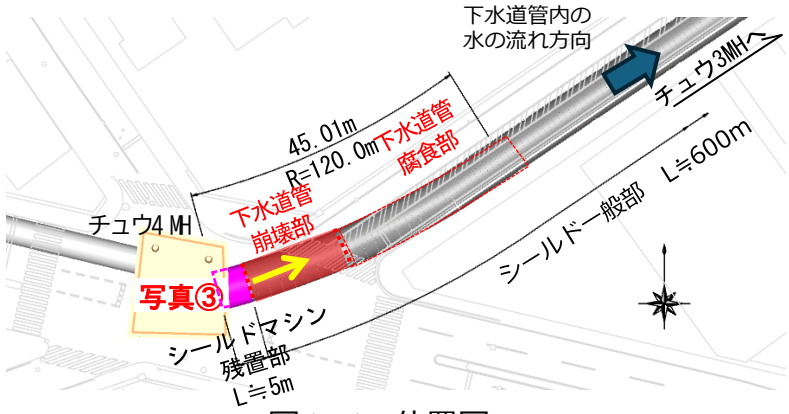


図4.14　位置図



写真③　チュウ4MHから下流10m付近の状況
（事故後に撮影・撮影日 2025/5）

4. 調査、試験結果 ～下水道管腐食部の状況～

2）シールド一般部

C）チュウ4MHから下流20～50m付近（二次覆工欠損箇所）写真④

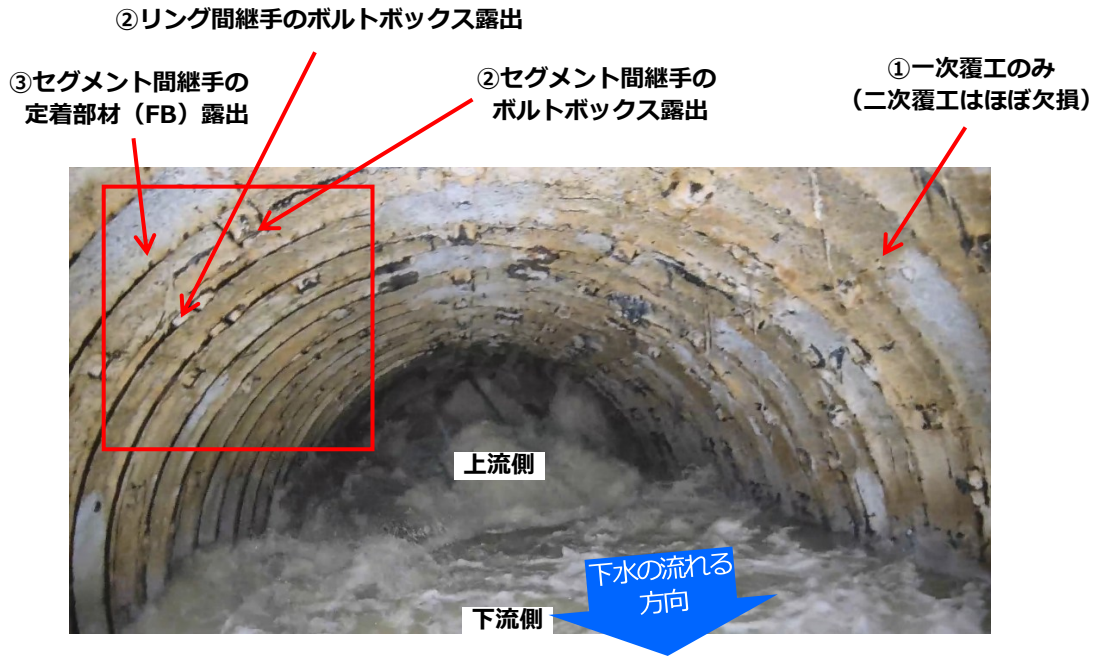
①コンクリートの化学的腐食が進行して二次覆工の上半部がほぼ欠損していた。
（下半部は確認できていない。）

②一次覆工は、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。

③セグメント間継手の定着部材であるフラットバー（FB）まで露出している状況だった。



図4.15　位置図



写真④　チュウ4MHから下流20～50m付近の状況
（事故後に撮影・撮影日 2025/2/5）

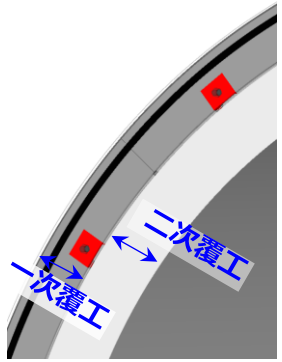


図4.16　写真④の欠損前の状態

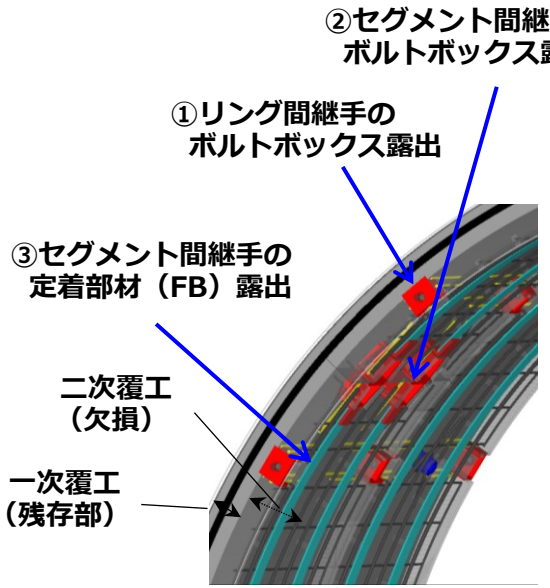


図4.17　写真④の透過図（現状）

4. 調査、試験結果 ～下水道管腐食部の状況～

2）シールド一般部

D）チュウ4MHから下流20～50m付近（二次覆工一部残存箇所）写真⑤

①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。

②一次覆工は、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。

E）チュウ4MHから下流50m以上（二次覆工残存箇所）写真⑥

①コンクリートの化学的腐食は一部進行しているが二次覆工は残存していた。

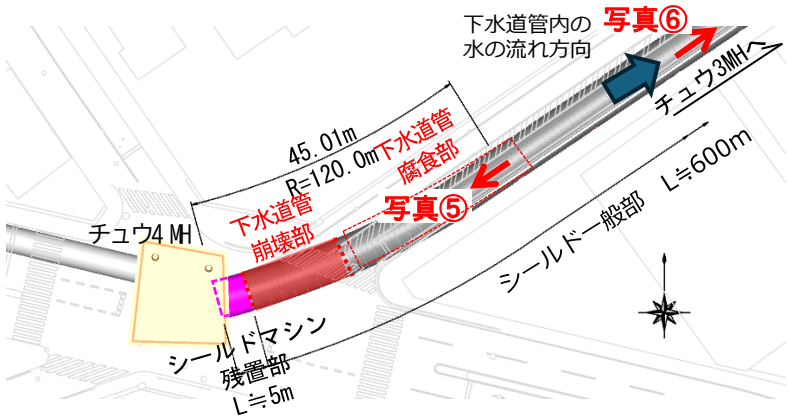
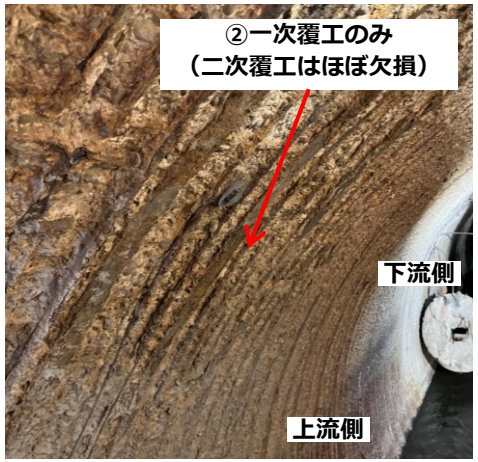
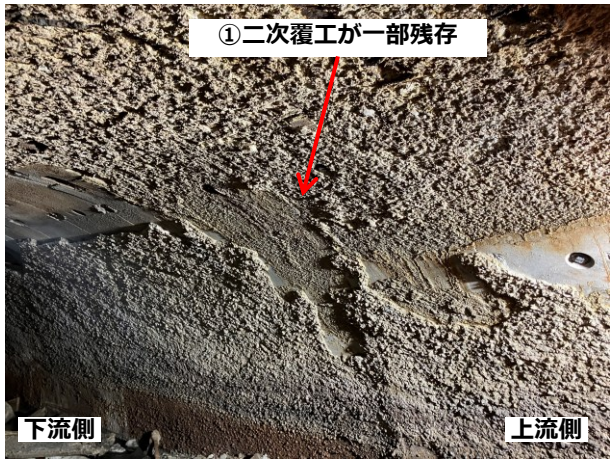


図4.18　位置図

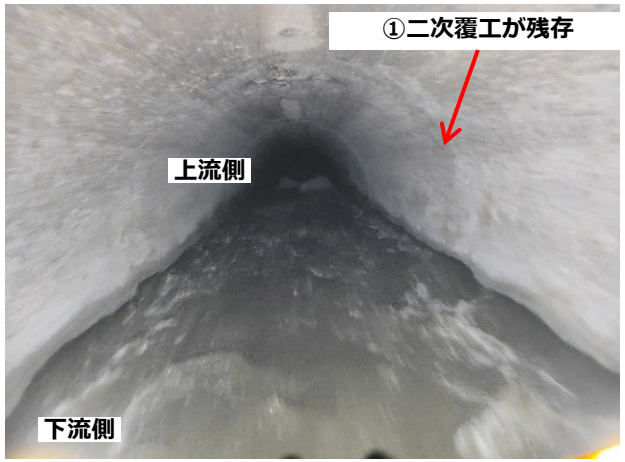


インカーブ側



アウトカーブ側

写真⑤　チュウ4MHから下流20～50m付近の状況
（事故後に撮影・撮影日 2025/5）



写真⑥　チュウ4MHから下流100m付近の状況
（事故後に撮影・撮影日 2025/2/5）

4. 調査、試験結果 ～回収セグメントの状況～

4. 4. 3 回収したRCセグメント

1）回収RCセグメント1（写真①）

a）回収RCセグメント1は、チュウ4MH内から回収されたものである。
b）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。
c）RCセグメント間継手及びリング間継手共に、破損あるいは脱落していた。

2）回収RCセグメント2（写真②及び④）

a）回収RCセグメント2は、シールドマシン残置部内に組まれているRCセグメントの一部であった。
b）大半のコンクリートがなくなっていた。

3）回収RCセグメント3（写真③及び⑤）

a）陥没箇所の下流側において回収されたので、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。
b）RCセグメントは、半分近くのコンクリートがなくなっ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。

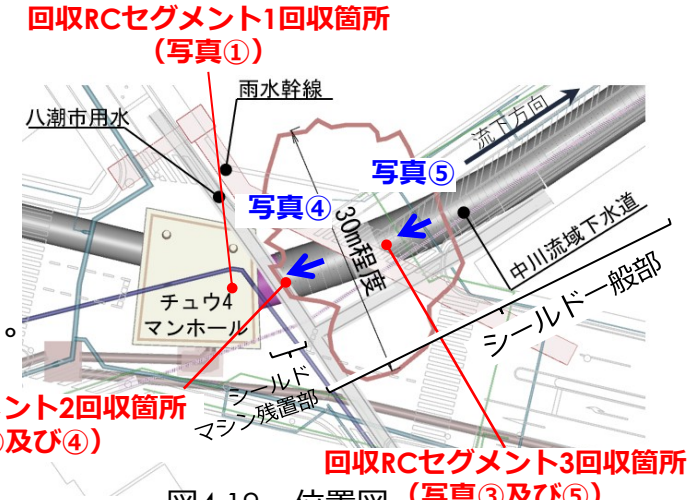


図4.19 位置図



（事故後撮影）
写真① 回収RCセグメント1



（事故後撮影）
写真② 回収RCセグメント2



（事故後撮影）
写真③ 回収RCセグメント3



写真④（P29）



写真⑤

4. 調査、試験結果 ～回収セグメントの注入孔・シール材の状況～

4）回収RCセグメント1の外観状況の詳細

a)シールド工事の施工時には、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
従って、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、土砂が詰まっていたり一部空隙が生じているものを確認
このことから、周囲の地盤から下水道管内へ流出する可能性があることを確認（写真⑥）

b)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
シール材が塊状になっている箇所を部分的に確認
このことから、止水機能が低下し、周囲の地盤から下水道管内へ流出する可能性があることを確認（写真⑦）

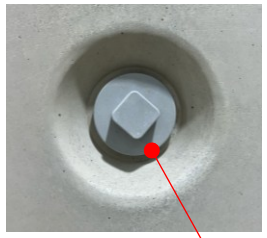


（事故後撮影）

裏込め注入孔
（注入孔の内径：φ58mm）

裏込め注入孔
内の空隙

写真⑥　裏込め注入孔の空隙



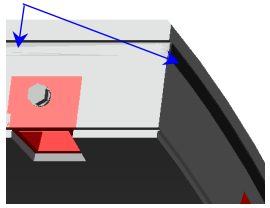
裏込め注入孔の正常な状態（キャップで締められている）
（一般的な施工時の状態）

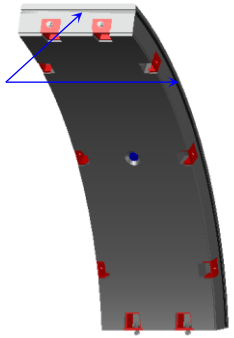


（事故後撮影）

写真⑦　シール材の状態







4. 調査、試験結果 ～回収セグメントの厚さ・継手の状況～

4）回収RCセグメント1の外観状況の詳細

c)本来一次覆工の内側にあるはずの二次覆工が欠損

d)一次覆工を構成しているRCセグメントの厚さは本来225mm
　残存していたコンクリートの厚さは平均で100mm程度（厚みが125mm減少）、最小で60mm程度（厚みが165mm減少）（写真⑧）

e)本来RCセグメントと一体化しているはずのセグメント間継手は、ボルトボックスとフラットバー部の溶接が外れ、隣接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セグメントから分離し脱落（写真⑨）

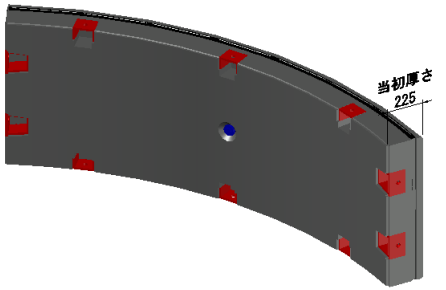
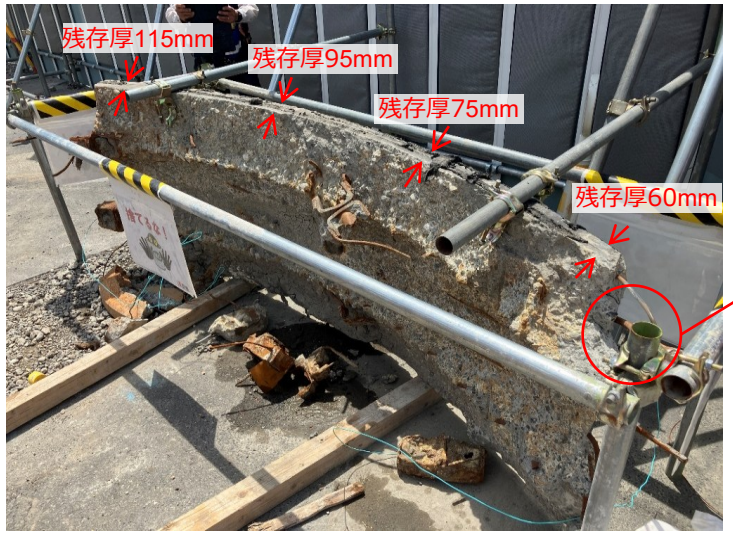


図4.20　RCセグメントの
設計厚さ



（事故後撮影）

写真⑧
RCセグメントの実際の厚さ



（事故後撮影）



（事故後撮影）

写真⑨
回収したセグメント間継手

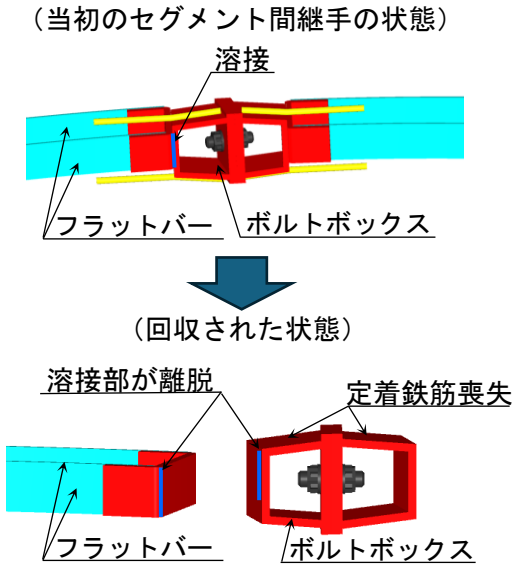


図4.21　セグメント間継手の構造

5. 原因究明の概要　～道路陥没の原因～

5．1　道路陥没の原因

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、当初発生した深さ5m程度（※）の陥没穴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。

従って、以下の①及び②より、**<u>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。</u>**

① 最初に発生した陥没穴は、下水道管の直上で発生した。（図5.1）

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ほかの要因（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5.2）

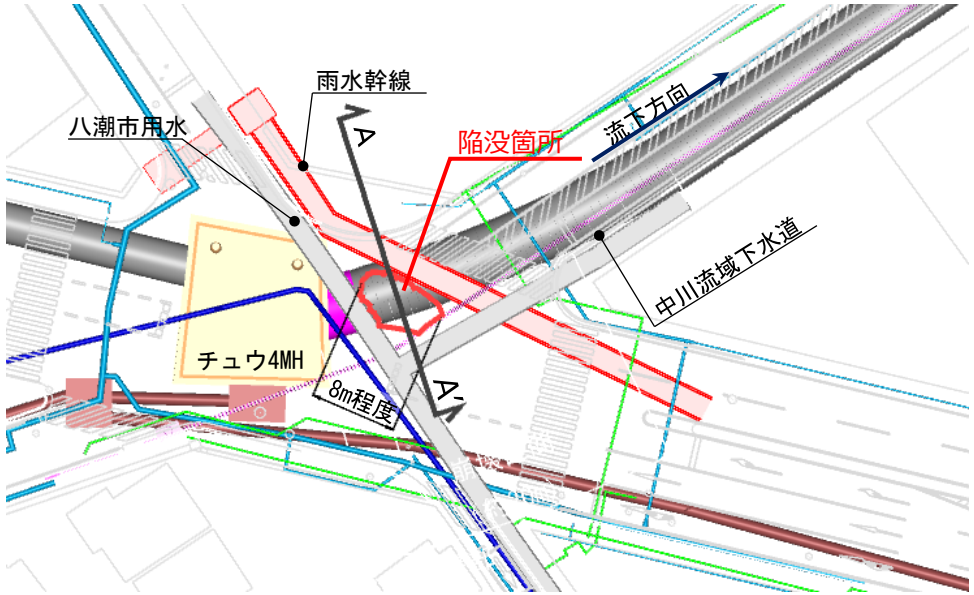


図5.1　陥没穴と地下埋設物との位置関係（平面図）

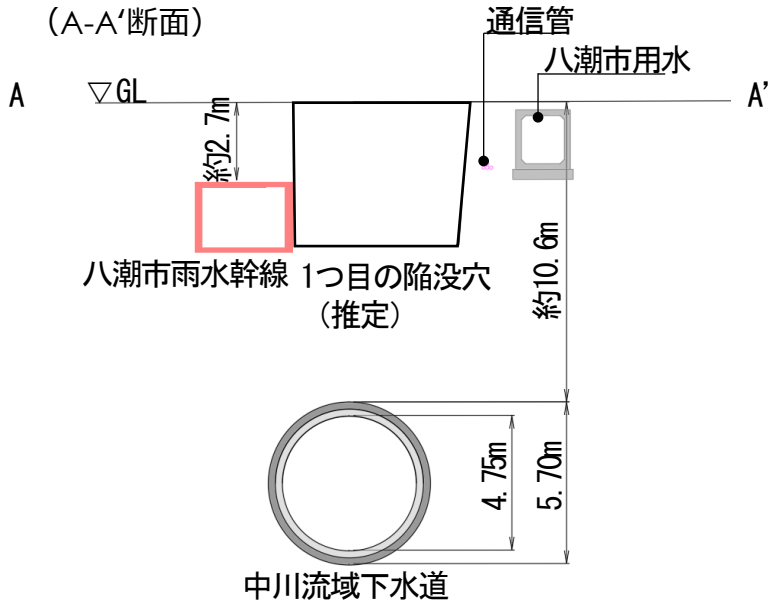


図5.2　陥没穴と地下埋設物との位置関係（断面図）

5. 原因究明の概要　～最初に発生した陥没穴の深さ～

（※）深さ5m程度と推測した根拠
　最初に発生した陥没穴は、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5.3及び図5.4）

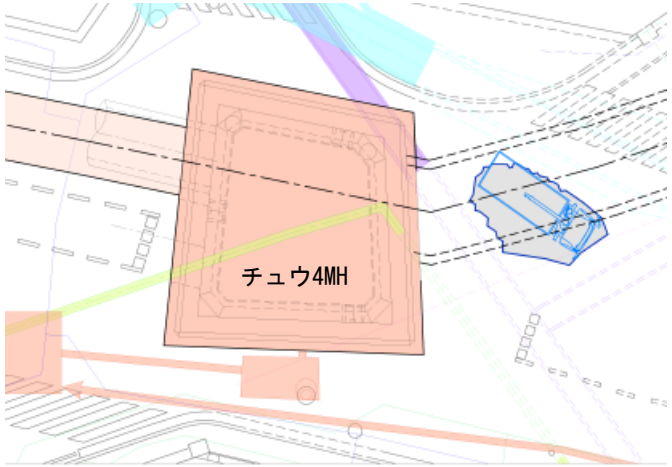


図5.3　道路陥没深さの推定

落下直後のトラック荷台の見え方



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

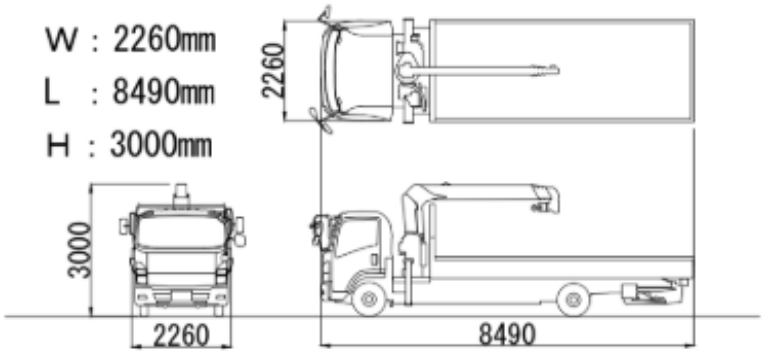


図5.4　トラックの推定サイズ

5. 原因究明の概要　～想定される3つのシナリオ～

5．2　道路陥没のシナリオ
5．2．1　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・拡大し、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。
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。
この空洞によって下水道管に作用する土水圧が変化して荷重バランスが崩れ、コンクリートの化学的腐食により劣化していた下水道管のセグメント間継手が脱落あるいはRCセグメント本体が破壊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り劣化していた下水道管のセグメント間継手が脱落あるいはRCセグメント本体が破壊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。

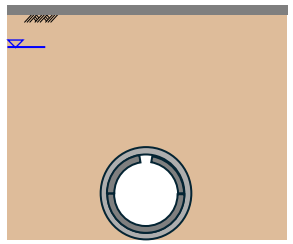
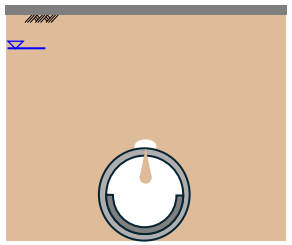
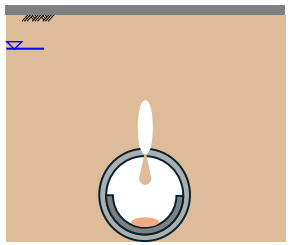
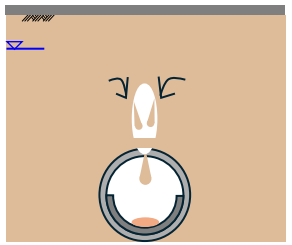
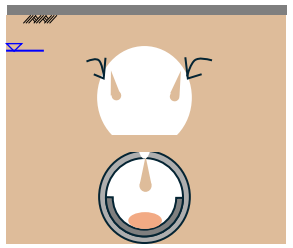
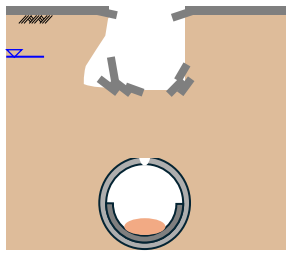
5. 原因究明の概要　～シナリオ1の概要～

5．2．2　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・拡大し、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	4	5	6
ステップ	・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	・小規模な空隙から土砂が下水道管に流出	・地中に小規模な空洞が発生	・空洞が成長　注）	・年単位の時間をかけて路面近くに到達	・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（9:49段階）
イメージ図						

注）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。

5. 原因究明の概要　～シナリオ2の概要～

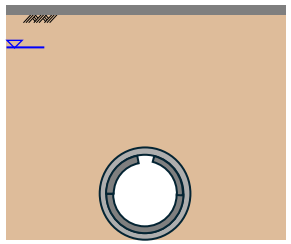
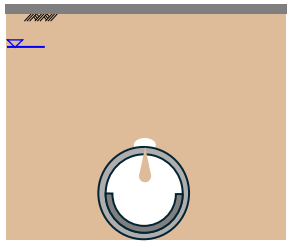
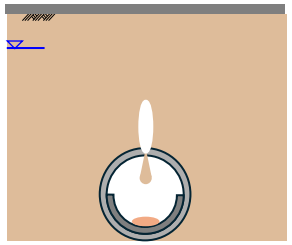
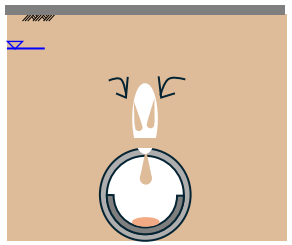
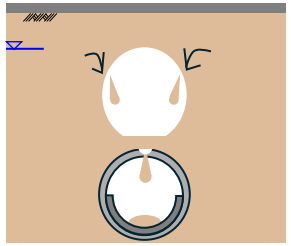
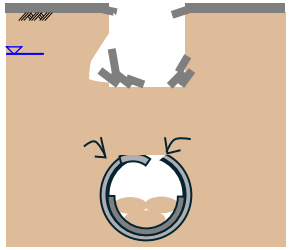
5．2．2　各シナリオの概要

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。

この空洞によって下水道管に作用する土水圧が変化して荷重バランスが崩れ、コンクリートの化学的腐食により劣化していた下水道管のセグメント間継手が脱落あるいはRCセグメント本体が破壊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

	1	2	3	4	5	6
ステップ	・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	・小規模な空隙から土砂が下水道管に流出	・地中に小規模な空洞が発生	・空洞が成長　注1）	・空洞によって下水道管に作用する土水圧が変化し、荷重バランスが崩れた	・化学的腐食で構造的な耐荷力が低下していた下水道管が崩壊　注2） ・道路陥没（9:49段階）
イメージ図						

注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。
注2）下水道管の崩壊は、セグメント間継手の脱落や、RCセグメント本体の脱落が考えられる。

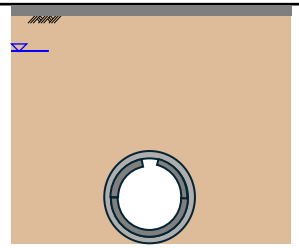
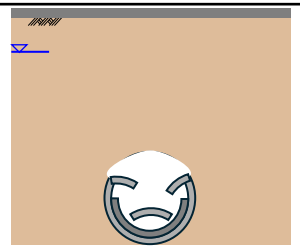
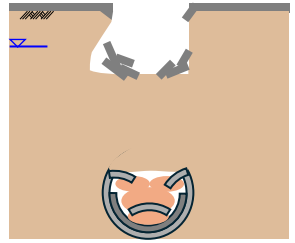
5. 原因究明の概要　～シナリオ3の概要～

5．2．2　各シナリオの概要

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り劣化していた下水道管のセグメント間継手が脱落あるいはRCセグメント本体が破壊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

ステップ	1	2	3
	・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	・化学的腐食で構造的な耐荷力が低下していた下水道管が崩壊　注）	・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（9:49段階）
イメージ図			

注）下水道管の崩壊は、セグメント間継手が脱落あるいはRCセグメント本体の破壊が考えられる。

5. 原因究明の概要　～シナリオ1、2を裏付ける要因～

5．2．2　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

①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。

a)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。

b)この状態で一次覆工に小規模でも空隙等があれば、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。

c)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、スキンプレートに達するコンクリートの欠損部があり、セグメント間継手部やRCセグメント本体でもコンクリートが溶出した可能性が否定できない。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。

d)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※参考2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。

5. 原因究明の概要　～シナリオ1、2を裏付ける要因～

②空洞の成長

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

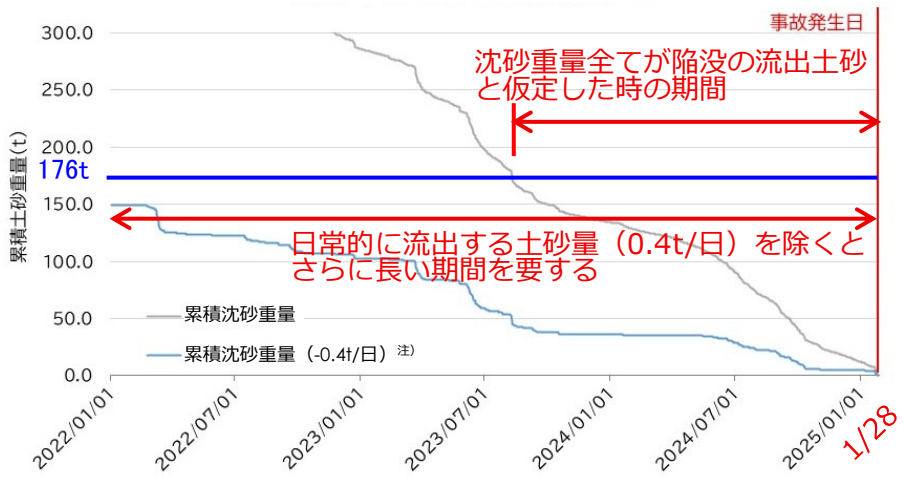
a)現地土を用いた空洞模型実験※参考3では、空洞が発生、時間をかけて成長し陥没まで至った。

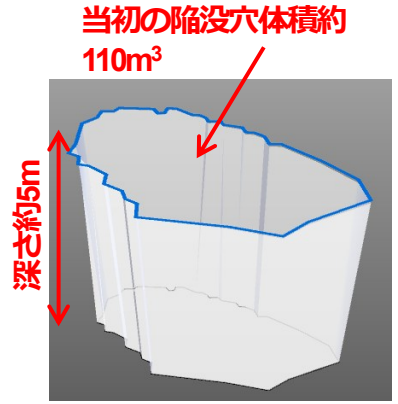
b)処理場で回収された沈砂重量は事故前に顕著な増加が認められず、急激な空洞拡大の兆しは見られなかった。

c)2021年度の路面下空洞調査（地下約2m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。

d)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と推測される。このため、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。

e)陥没で下水道管に流出した土砂は、処理場に漂着することから、当初の陥没穴の体積に相当する土砂量が処理場に到達するまでの期間を試算すると、1年以上を要して成長したと思われる。（図5.5）
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。





[当初の陥没穴体積の推定条件]
・推定空洞体積：110m³（左図より推定※）
・土砂の単位体積重量：1.6t/m³
・推定空洞に到達するために流出した土砂重量：176t
110m³×1.6t/m³＝176t
※深さが一様と仮定した場合の当初の陥没穴の推定空洞体積
消防のコメントでは、一部で5mよりも深い陥没があったとあり、算出結果よりも空洞は大きかった可能性がある。

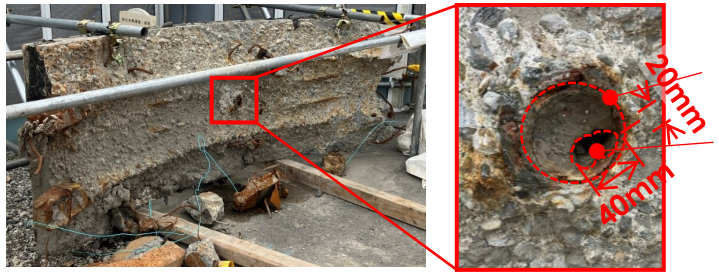
注）「累積沈砂重量（-0.4t/日）」とは、日毎漂着する沈砂重量から日常的に流入する沈砂重量（0.4t/日）を差し引いて累積した沈砂重量。一日の沈砂重量が0.4t/日未満の場合はゼロとして算出。
なお、試算は、土砂の発生源を全て当現場と仮定して行った。管内への堆積の可能性もあるが、ここでは考慮していない。

図5.5　陥没前の処理場に漂着した累積土砂量と当初の推定陥没体積との関係の試算

5. 原因究明の概要 ～小規模な空隙の候補～

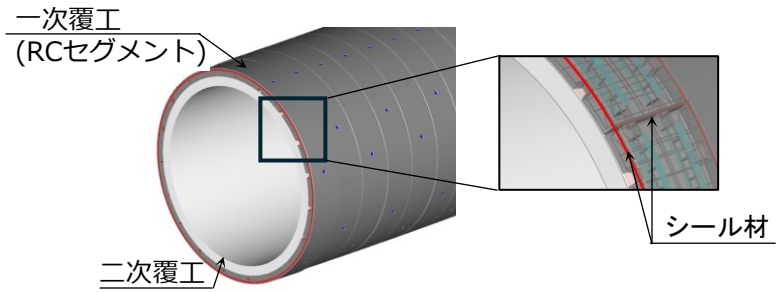
※参考1　流出経路となり得る小規模な空隙として考えられるもの

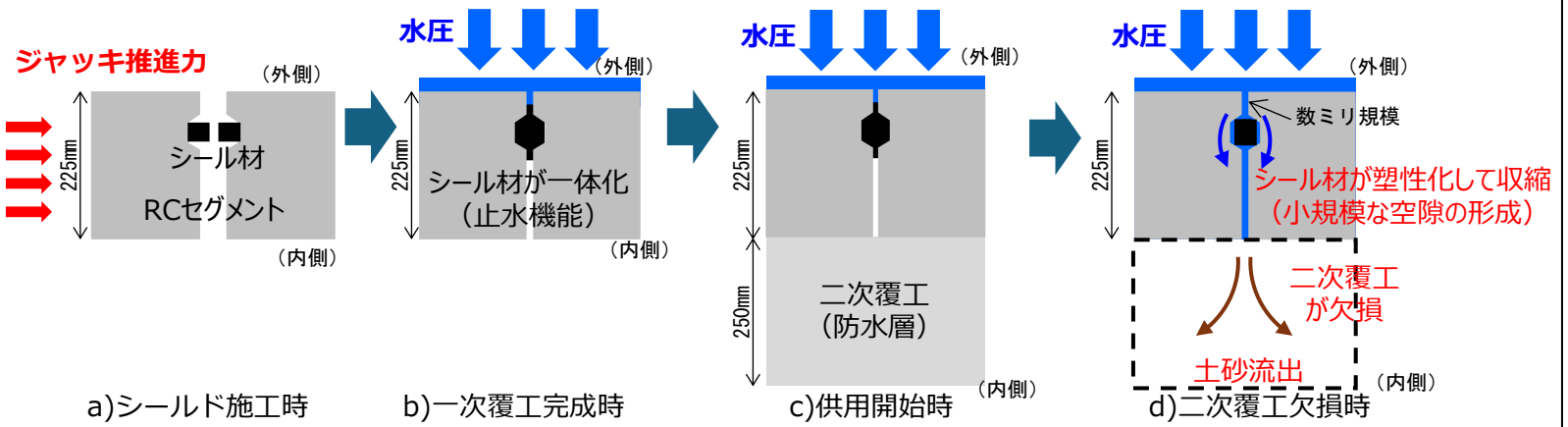
①裏込め注入孔内の充填材空隙



裏込め注入孔
（注入孔の内径：φ58mm）
裏込め注入孔内の空隙

②一次覆工のRCセグメントシール材の塑性化

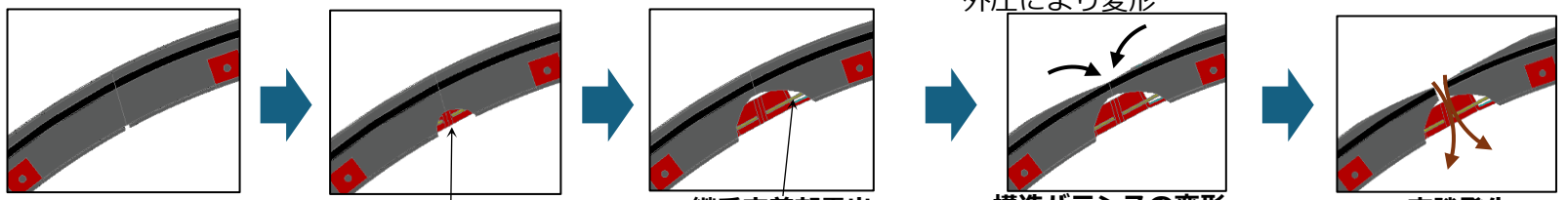




a)シールド施工時　b)一次覆工完成時　c)供用開始時　d)二次覆工欠損時

図5.6　シール材の塑性による空隙イメージ

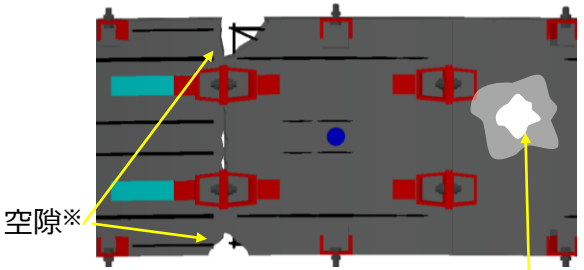
③一次覆工のセグメント間継手の空隙



a)健全状態　b)初期段階　c)継手機能低下　d)目開き　e)変形と腐食の進展

図5.7　セグメント間継手の空隙イメージ

④一次覆工（RCセグメント本体）の空隙



※継手付近以外の箇所に空隙が生じた可能性もある。

図5.8　RCセグメント本体の空隙イメージ

5. 原因究明の概要　～土質試験～

※参考2　土質試験

「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

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

③試験材料：現地から採取した土を使用
（シルト混じり砂：細粒分含有率40%）

④試験結果：図5.9に示す通り、およそ1時間程度で形状が崩れた。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。

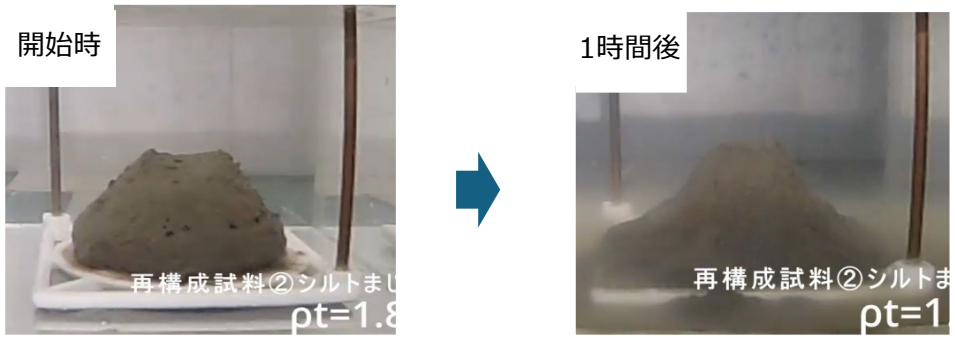


図5.9　浸水試験結果

「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としてモデル化し、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

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

③実験材料：現地から採取した土を使用
（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。



実験容器を上から見た様子



図5.10　流出実験結果

5. 原因究明の概要　～空洞模型実験～

※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

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。※幅5mmは、実験器具で再現できる最小の幅

③実験材料：2ケース実施。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%）を使用。

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。

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。実験では、空洞の成長に時間を要した。

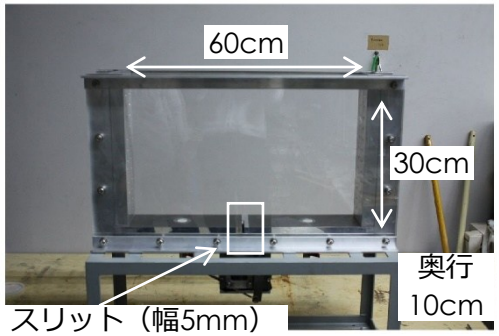
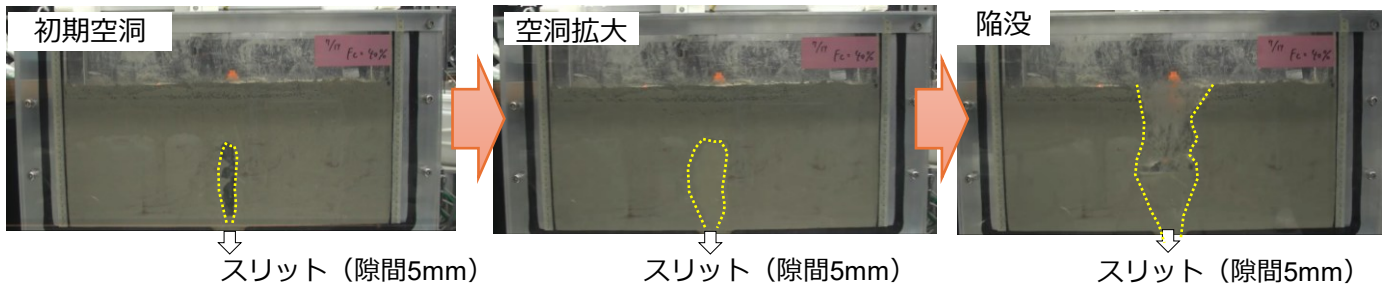
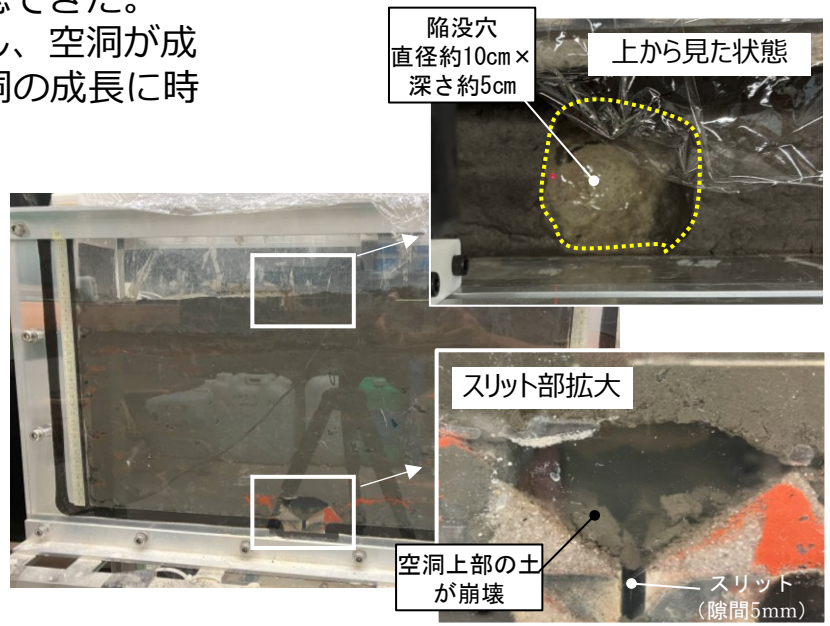


図5.11　実験に用いた土槽



空洞の形成、陥没の状況（ケース1）



空洞の形成、陥没の状況（ケース2）

図5.12　空洞模型実験結果

5. 原因究明の概要　～シナリオ2を裏付ける要因～

（2）シナリオ2を裏付ける要因

空洞発生後に、この空洞によって作用する土水圧のバランスが崩れるなどして、コンクリートの化学的腐食により劣化していたセグメント間継手の脱落、あるいは、RCセグメント本体の局所的な破壊などにより、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回収したRCセグメントは継手が全ての箇所で脱落していた。本来なら、定着鉄筋は図5.14に示す通り、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はずが、コンクリート厚さ225mmのRCセグメントが最大で165mm欠損し、残存厚さは平均で100mm程度まで薄くなっていたことから、継手部分のコンクリートも欠損していたと考えられる 。

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の深さまで酸化硫黄（SO_3）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、コンクリートの化学的腐食によってセグメント間継手のボルトボックスが脱落して構造的な安定が失われた結果、RCセグメントが脱落した可能性も考えられる。

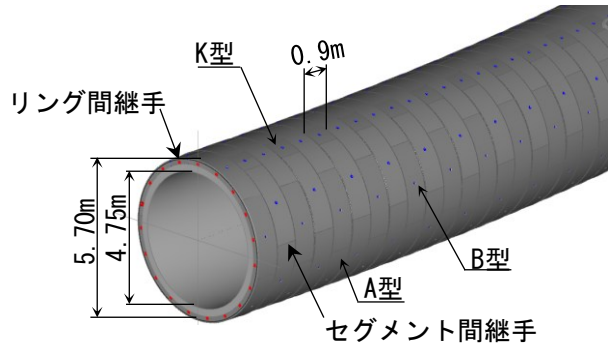


図5.13　一次覆工の構造

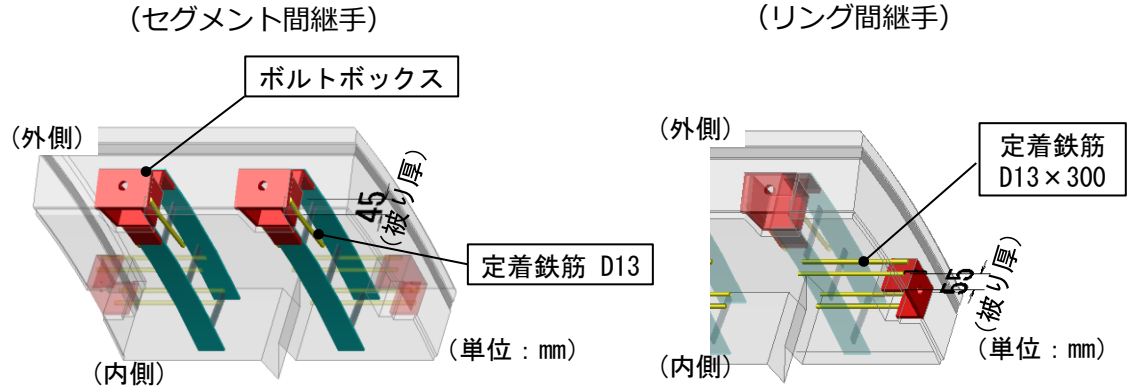


図5.14　定着鉄筋の被り厚

5. 原因究明の概要　～シナリオ3を裏付ける要因～

（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り劣化していた下水道管のセグメント間継手が脱落あるいはRCセグメント本体が破壊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。

①RCセグメント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4となった。

②セグメント間継手の脱落に伴って、下水道管の崩壊に至る可能性が考えられる。

5. 原因究明の概要　～下水道管が崩壊に至る構造解析～

※参考4　下水道管が崩壊に至る構造解析

（1）目的

セグメント間継手のボルトボックスがRCセグメントから脱落して発見されたことから、下水道管が崩壊して急激に陥没に至るシナリオ3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、フラットバー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、フラットバー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

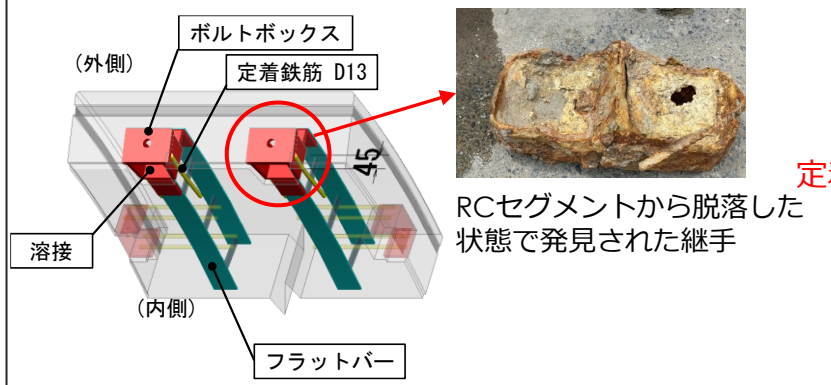


図5.15　セグメント間継手の詳細と脱落した継手

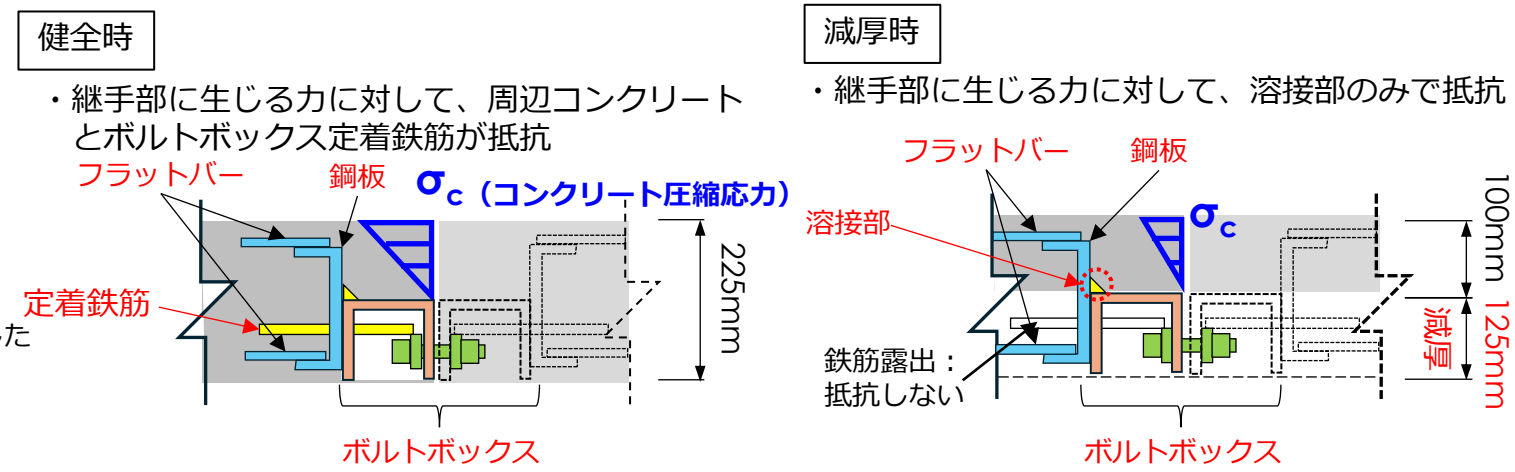


図5.16　セグメント間継手とRCセグメントの接続状況の変化

5. 原因究明の概要　～有力と考えるシナリオ～

5．2．3　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と推測される。このため、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、次頁のように事故後の量を積算しても空洞より少量であったため、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セグメントでは、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。

5. 原因究明の概要　～有力と考えるシナリオ～

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

2)事故後における下水道管内の堆積土砂重量
・約3,200t（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

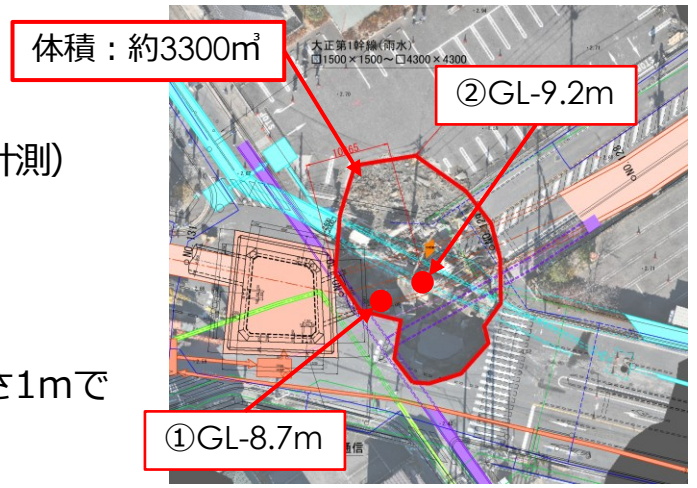


図5.17 航空写真（1/30時点）

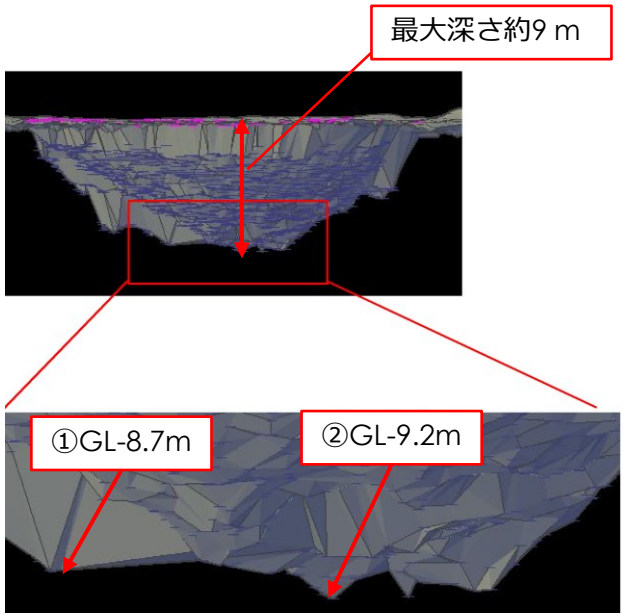


図5.18 レーザー測量による陥没穴の検証

3)処理場に漂着した累計土砂重量
・1/28～7/30時点で約400t（なお、土砂の発生源を全て当現場と仮定し試算。）

4)陥没穴の土砂重量との突合

陥没穴の土砂重量：約5,000t　＞　下水道管内の堆積土砂重量：約3,000t ＋ 事故後に漂着した土砂重量：約400t

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と処理場に漂着した累計沈砂重量約400tを加えた重量と合わせ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。

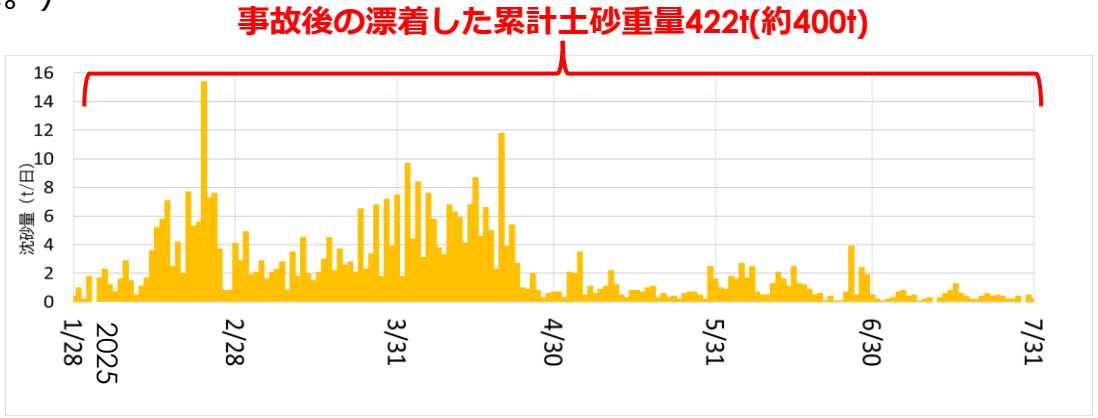
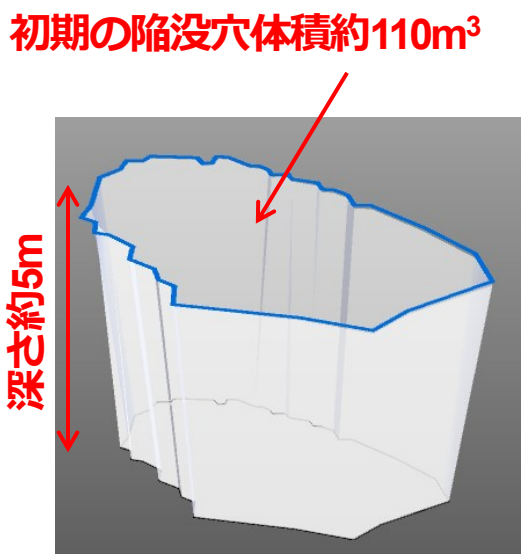


図5.19 事故後に処理場に漂着した累計土砂重量

5. 原因究明の概要　～有力と考えるシナリオ～

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、最低でも初期の陥没穴の土砂量約110㎥（重量換算で176t）の土砂が下水道管内に一気に流れ込むことになる。流出した土砂重量は、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の土砂の漂着には事故から2か月近くが経過している。したがって、シナリオ3の可能性は低いと考える。



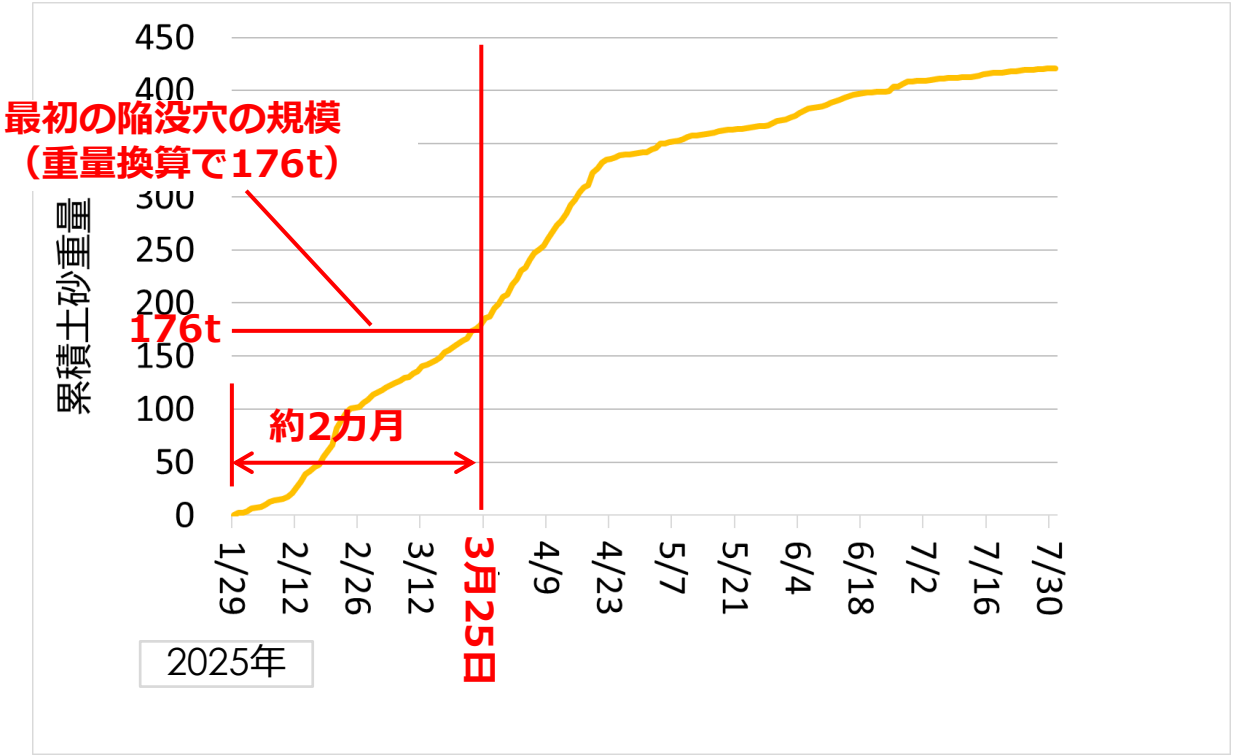


図5.20　事故後の累積土砂量

5. 原因究明の概要　～陥没後の大規模崩壊の状況～

5. 3　陥没後の大規模崩壊の状況

陥没後、下水道管は14mに亘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。

①化学的腐食によって構造的な力が弱まっ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が落下による衝撃力が作用した。

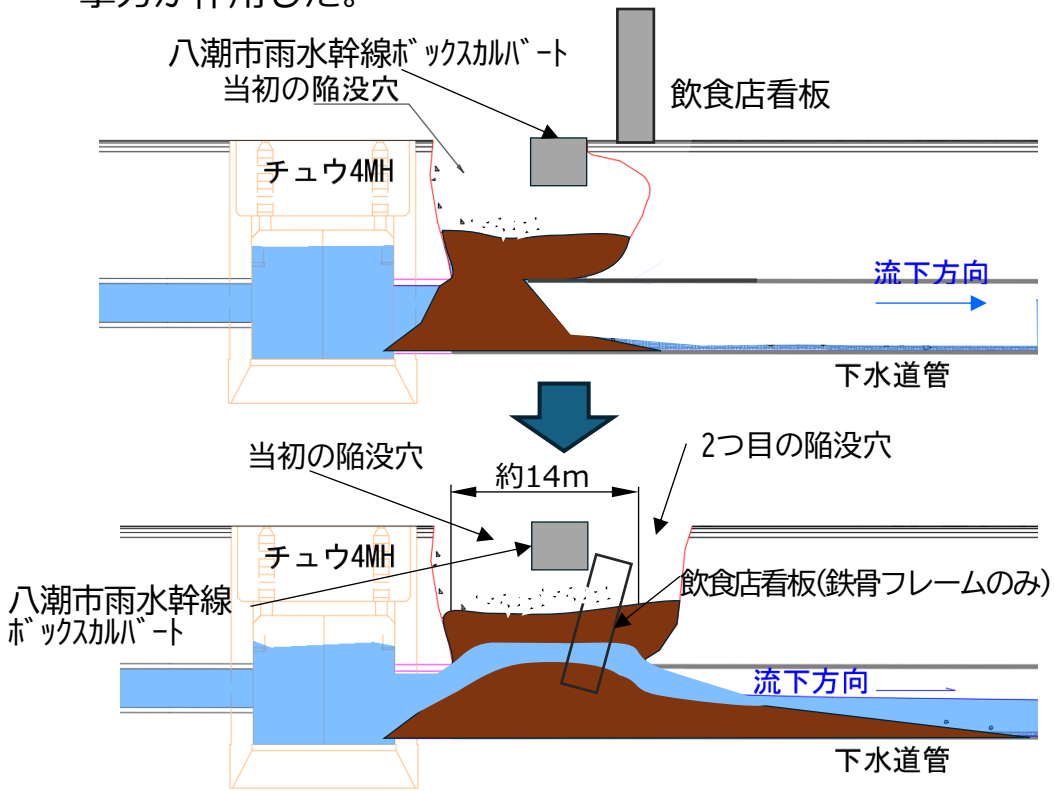


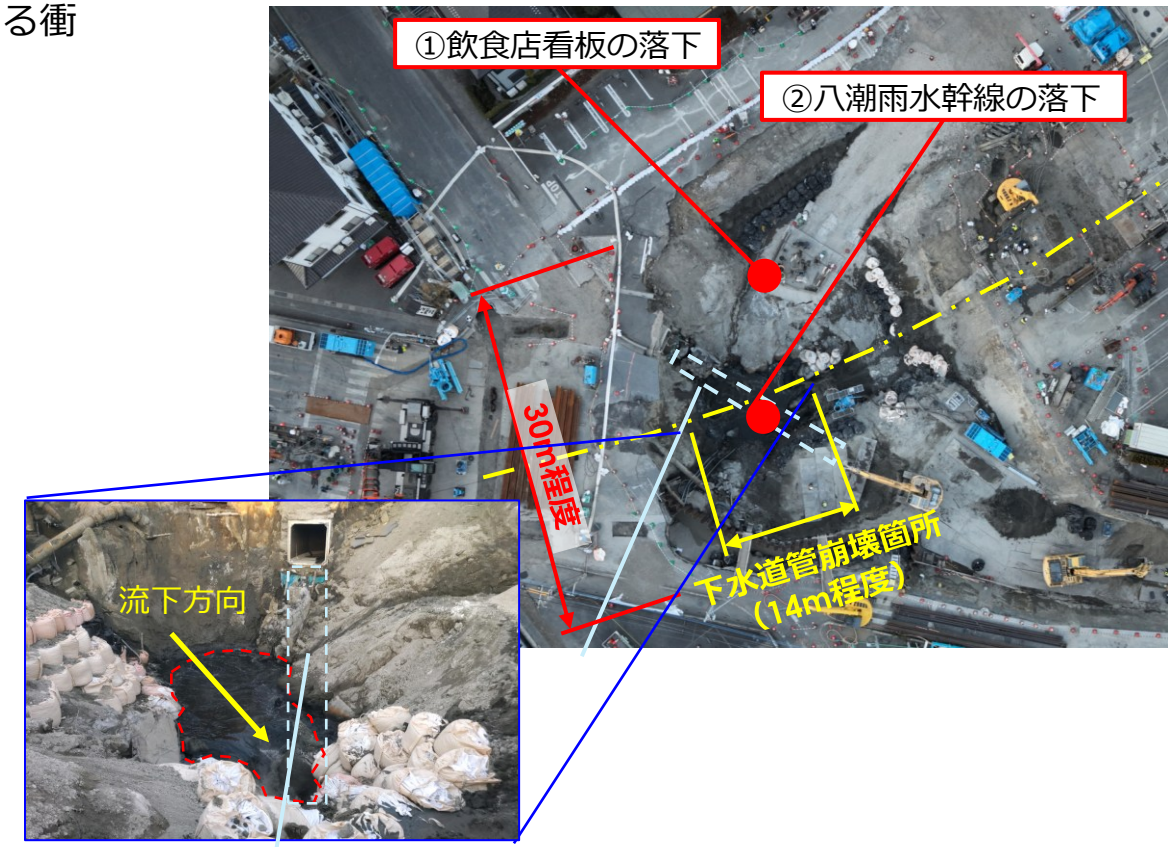
図5.21　陥没後に起きた大規模崩壊のイメージ

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



②八潮市雨水幹線の落下

6. 今後の予定

本委員会では、令和7年1月28日に埼玉県八潮市中央一丁目の県道交差点中央付近で発生した道路陥没事故の原因の究明について、予断なく、あらゆる可能性の検討を進めてきた。

中間取りまとめでは、現地調査や関係者へのヒアリングなどに加えて、これまで得られた様々な実験や試験等の結果を踏まえ、今回の事故現場で実際に発生したシナリオの絞り込みへと議論を進めた内容を報告した。

今後は、現在継続中の残存物の回収や試験等の結果をもとにしたさらなる検証と同様の事故発生を防止するための留意点について工学的・技術的な視点から検討する予定である。

（1）陥没箇所における残存物の検証

崩壊したRCセグメントや土砂を回収し、損傷状況や堆積順序等を確認

①道路陥没のシナリオの妥当性を検証

②これまでに現場および現場周辺で確認された様々な事象との関連性整理

③RCセグメントの硫化水素による化学的腐食度合いに関する検討

④崩壊したRCセグメントの下部のリングの接続や損傷等の構造面からの検討

（2）点検・調査方法についての検討

主に以下のような視点からの検討を予定している。

①事象の検知・検出に関する視点

②点検・調査に関する視点

③補修・補強に関する視点

7. 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について、現在までの状況を時系列で整理した。

活動日	活動内容
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
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

救出期間

活動日	活動内容
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