

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

第2回委員会資料

令和7年5月29日

目次

1. 第1回委員会の論点	・ ・ ・ ・ ・	1
2. これまでに確認したこと	・ ・ ・ ・ ・	2
3. 陥没シナリオの構造的検証	・ ・ ・ ・ ・	2 2
4. 今後について	・ ・ ・ ・ ・	3 2

1. 第1回委員会の論点

論点①：何が発生したのか。

論点①－1：下水道管のどこが損傷したのか。下水道管以外はどうか。

論点①－2：どこで空洞が発生したのか。

論点②：発生した事象の要因は何か。

論点②－1：下水道管が損傷した要因・メカニズムは何か。
下水道管以外はどうか。

論点②－2：空洞が発生した要因・メカニズムは何か。

論点②－3：空洞が拡大した要因・メカニズムは何か。

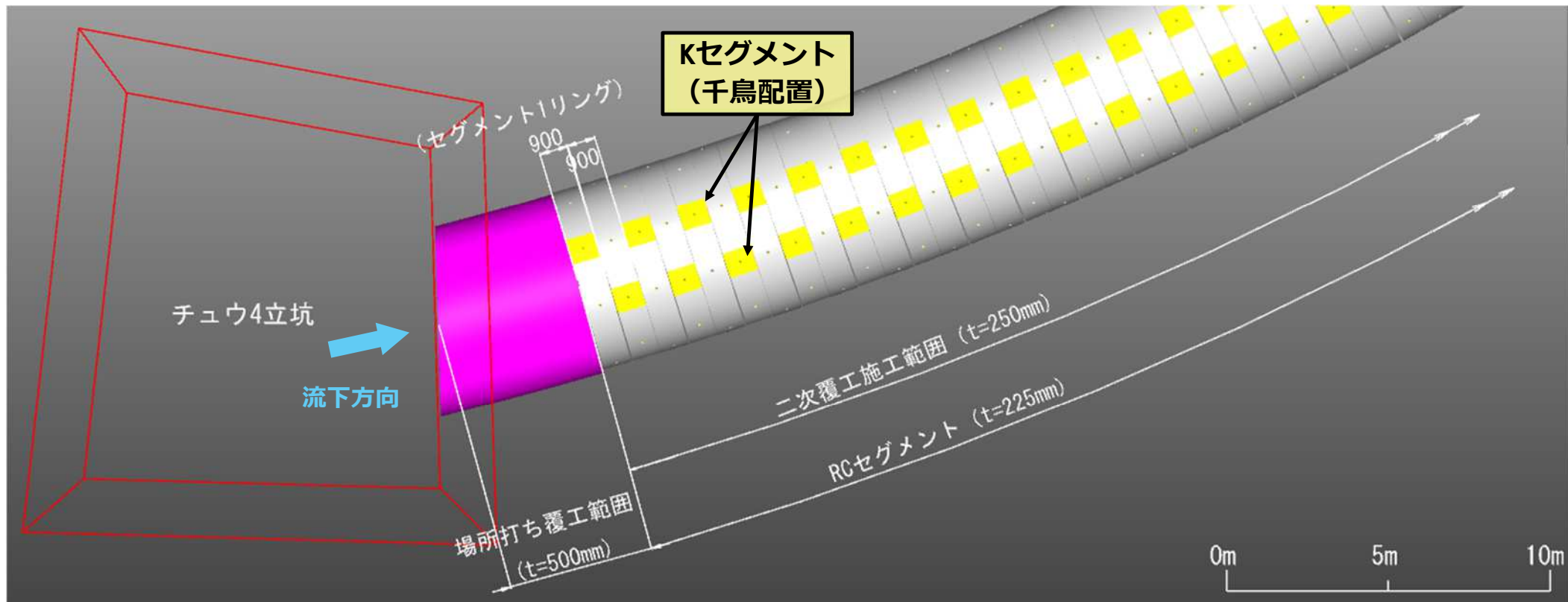
論点③：各種要因が生じた理由は何か。

2. これまでに確認したこと

2-1. 構造諸元

(1) 全体構成

- ・チュウ4立坑には場所打ち覆工（鋼殻残置部）が隣接、以降はRCセグメント（二次覆工あり）。

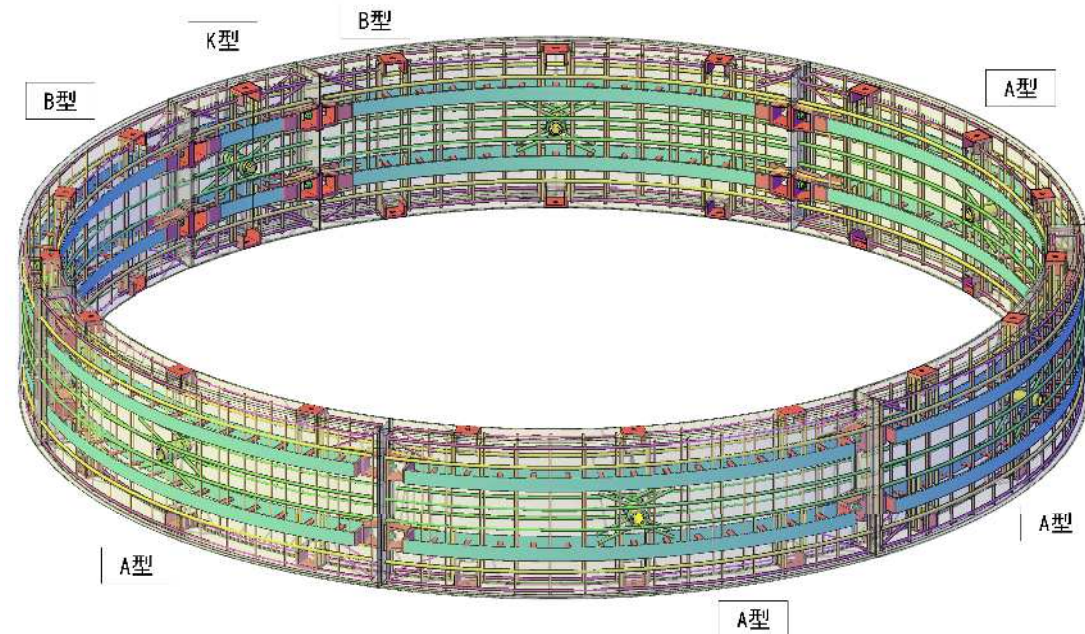
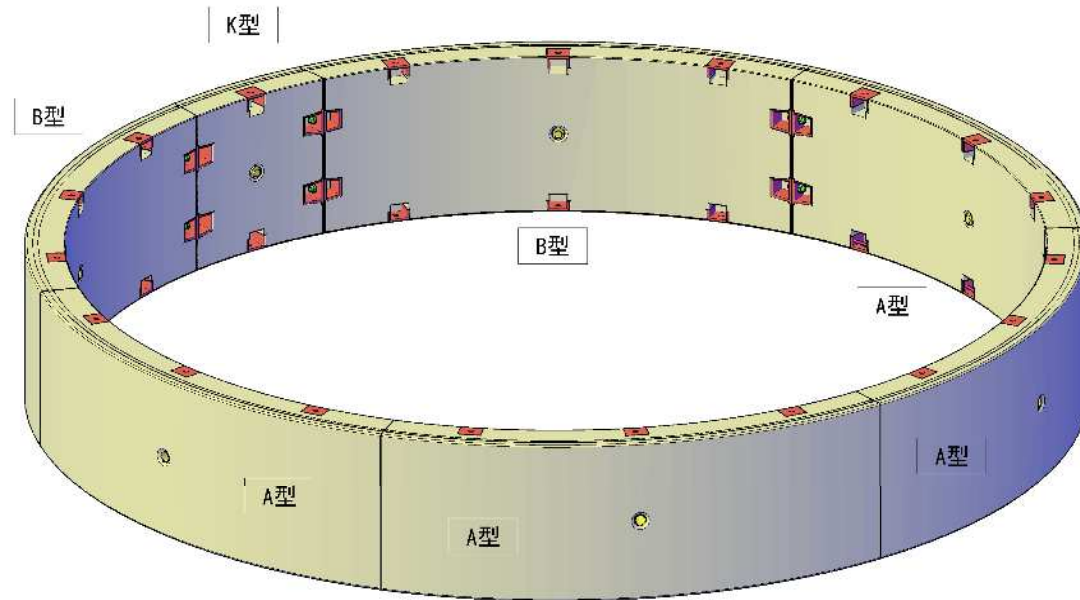


2. これまでに確認したこと

2 - 1. 構造諸元

(2) 構造諸元－①リングの全体概要

- ・ 7つのセグメント (A, B, K) によりリングを形成。

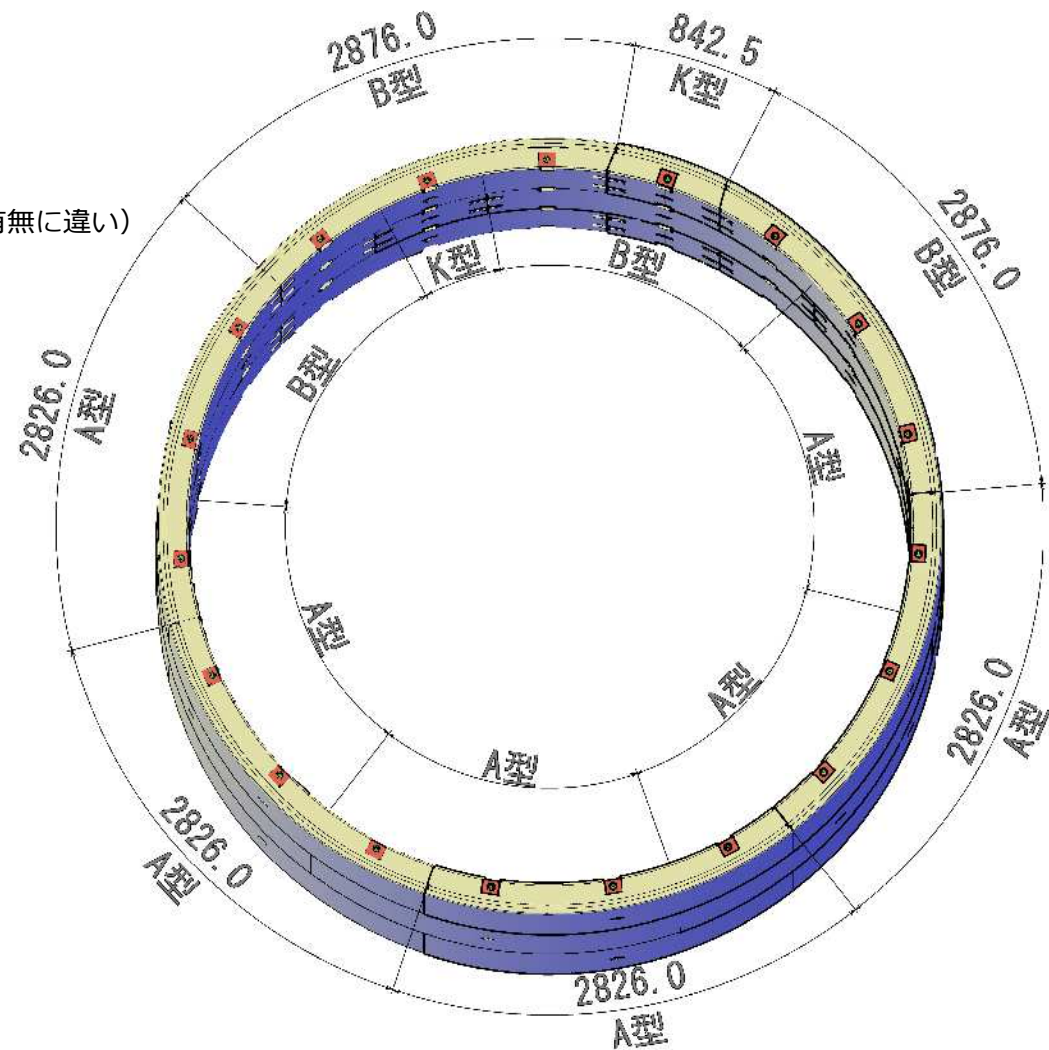
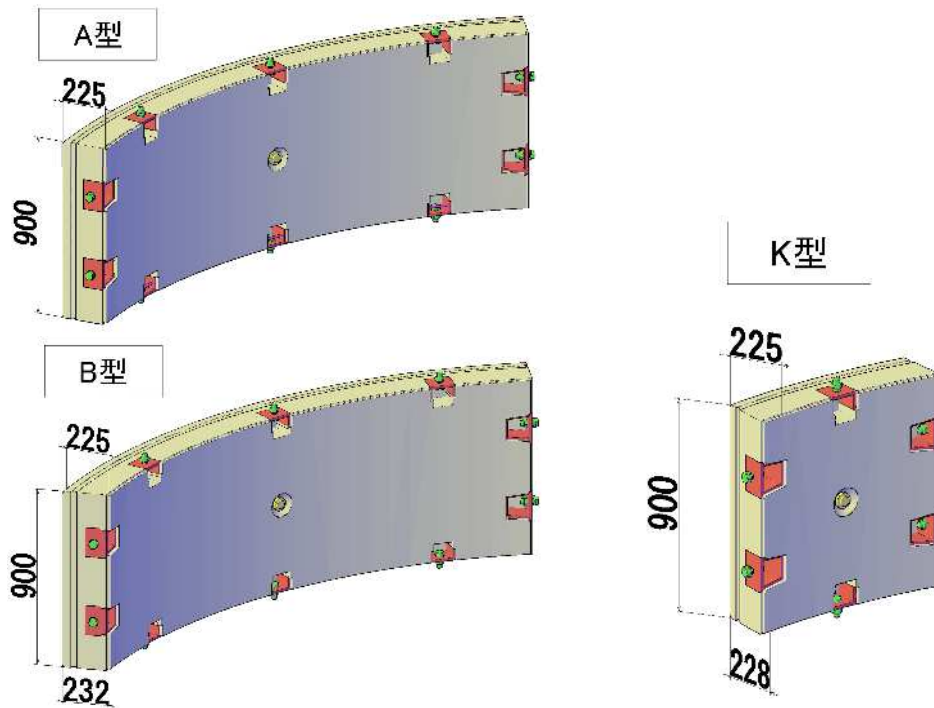


2. これまでに確認したこと

2-1. 構造諸元

(2) 構造諸元－②セグメントの概要

- ・ 1 リングの幅は90cm
- ・ A型とB型セグメントの形状は基本同一（テーパ角の有無に違い）
- ・ K型セグメントは千鳥配置



2. これまでに確認したこと

2-1. 構造諸元

(2) 構造諸元－③セグメントの詳細

- ・フラットバー（F B）と主鉄筋・配力筋で構成
- ・フラットバーに対する被り厚は35mm

A型≒B型

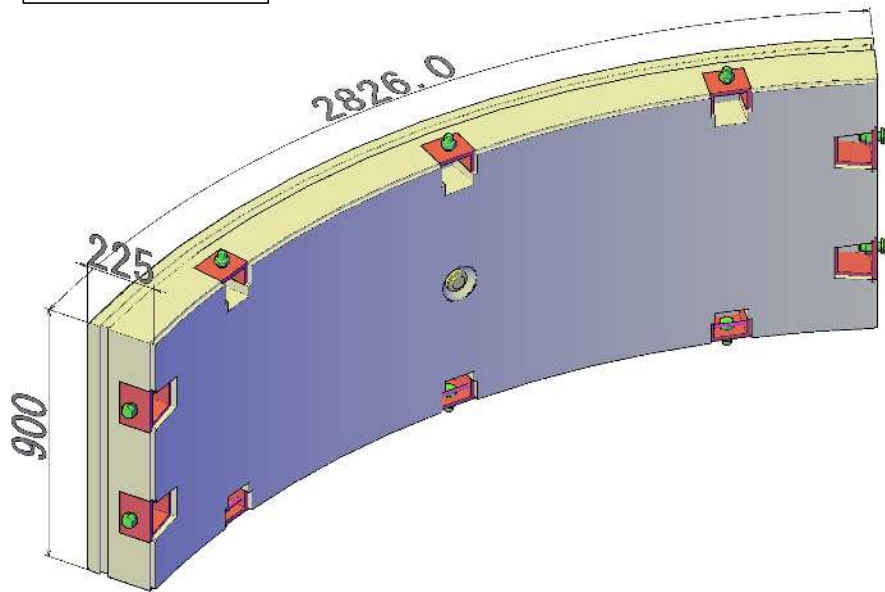


図-A型セグメントの外観

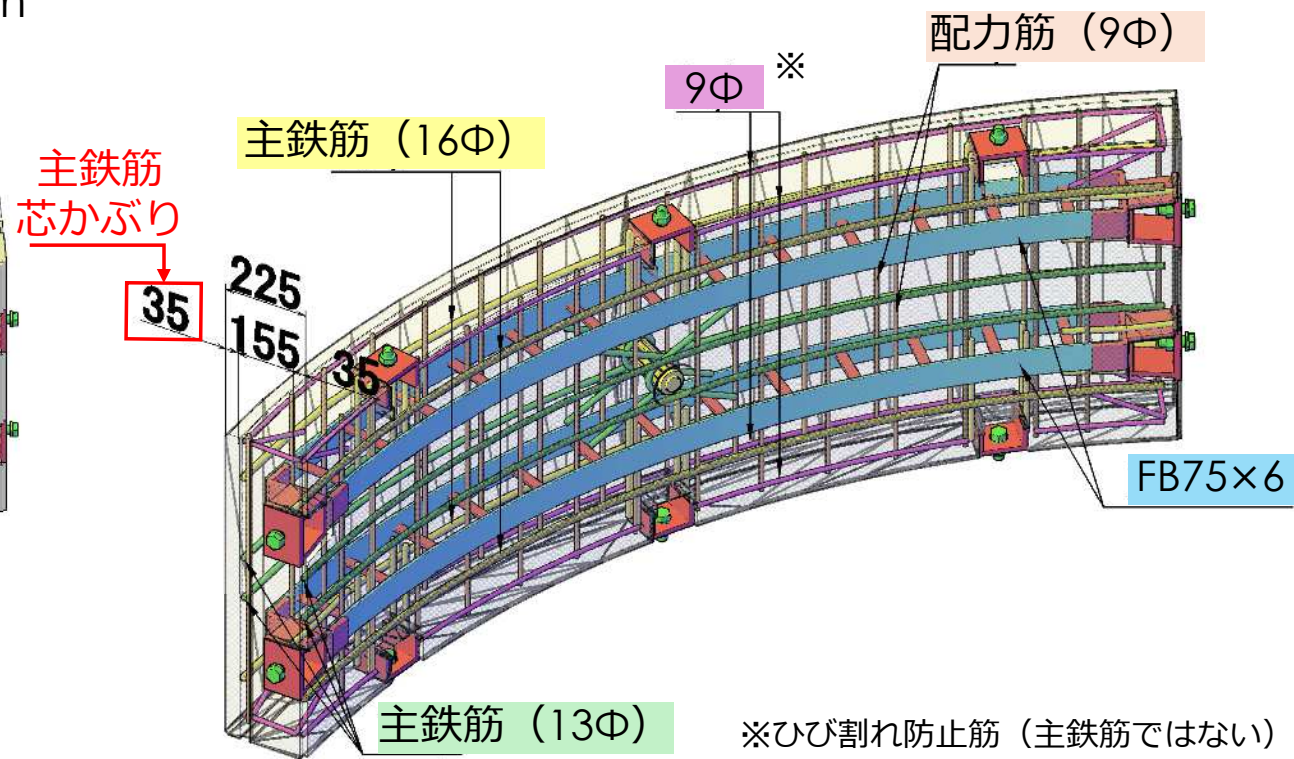


図-A型セグメントの内観（鉄筋・継手等）

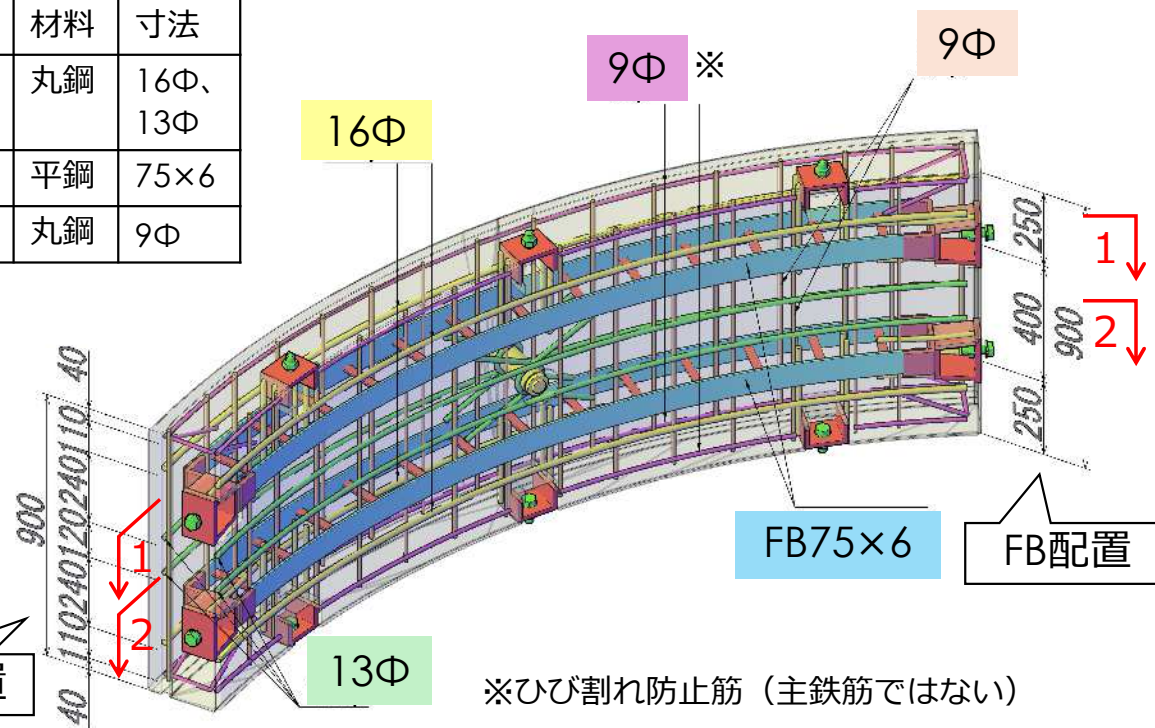
2. これまでに確認したこと

2 - 1. 構造諸元

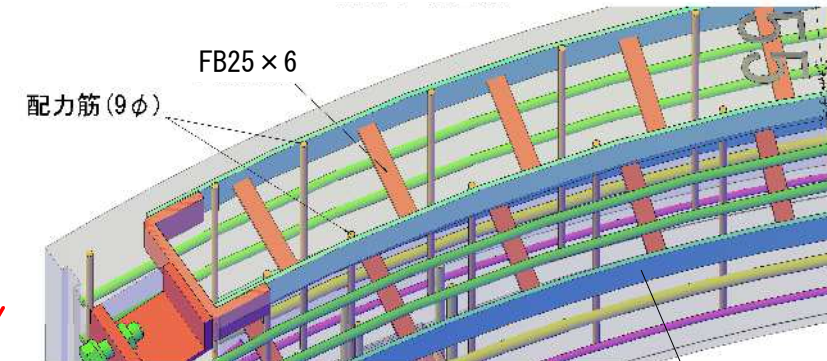
(3) 構造諸元－③セグメントの詳細

- ・各部材の寸法は、下表のとおり。
- ・フラットバー（F B）の間隔は40cmで、内側と外側にそれぞれ配置
- ・F Bと主筋が配力筋の外側に配置

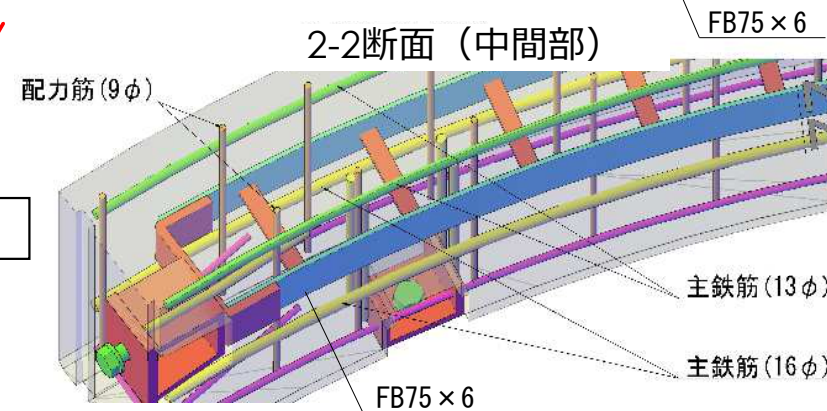
部材	材料	寸法
主鉄筋	丸鋼	16Φ、13Φ
FB（引張）	平鋼	75×6
配力筋	丸鋼	9Φ



1-1断面（FB中心部）



2-2断面（中間部）

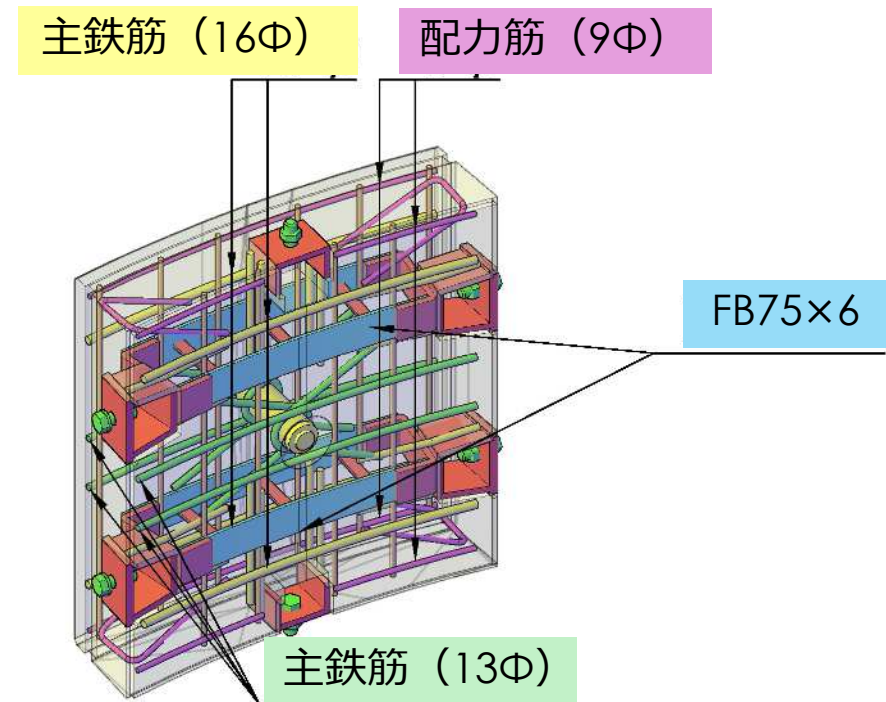
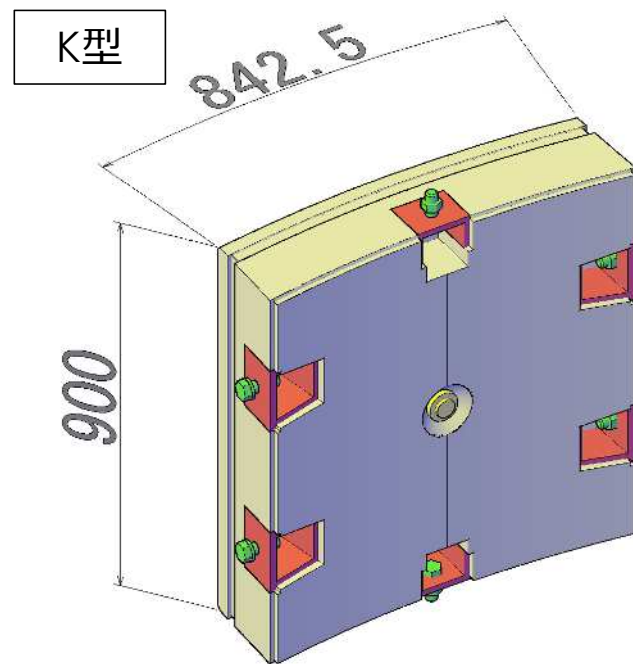


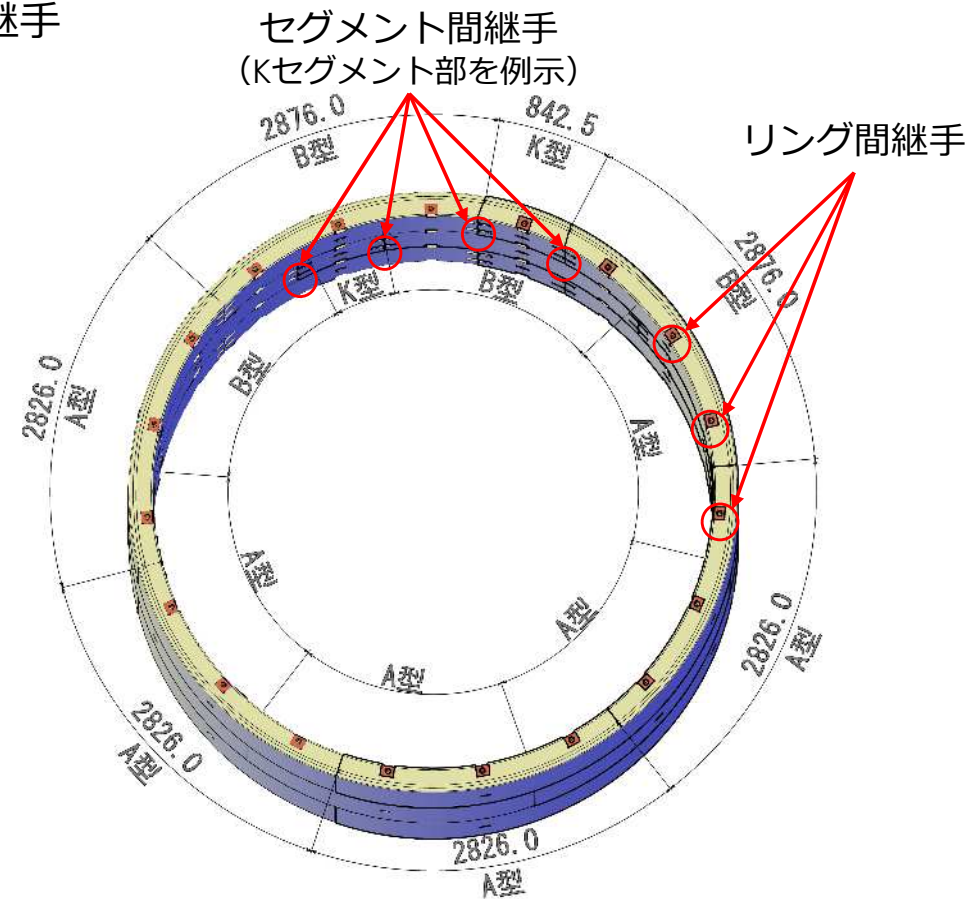
2. これまでに確認したこと

2 - 1. 構造諸元

(2) 構造諸元－③セグメントの詳細

- ・ 部材周長は842.5mm
- ・ 構造の構成は、A及びB型セグメントと基本的には同じ（主鉄筋、FB、配力筋）





2. これまでに確認したこと

2-1. 構造諸元

(2) 構造諸元－⑤継手の詳細

- ・セグメント間継手：ボルトボックスとFBを溶接して一体化、FBがセグメントに定着
- ・リング間継手：コの字型の端部プレートと鉄筋を溶接して一体化、鉄筋（D13）がセグメントに定着

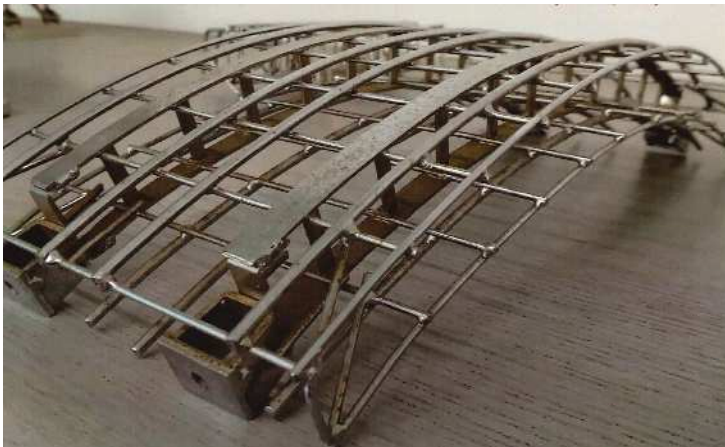
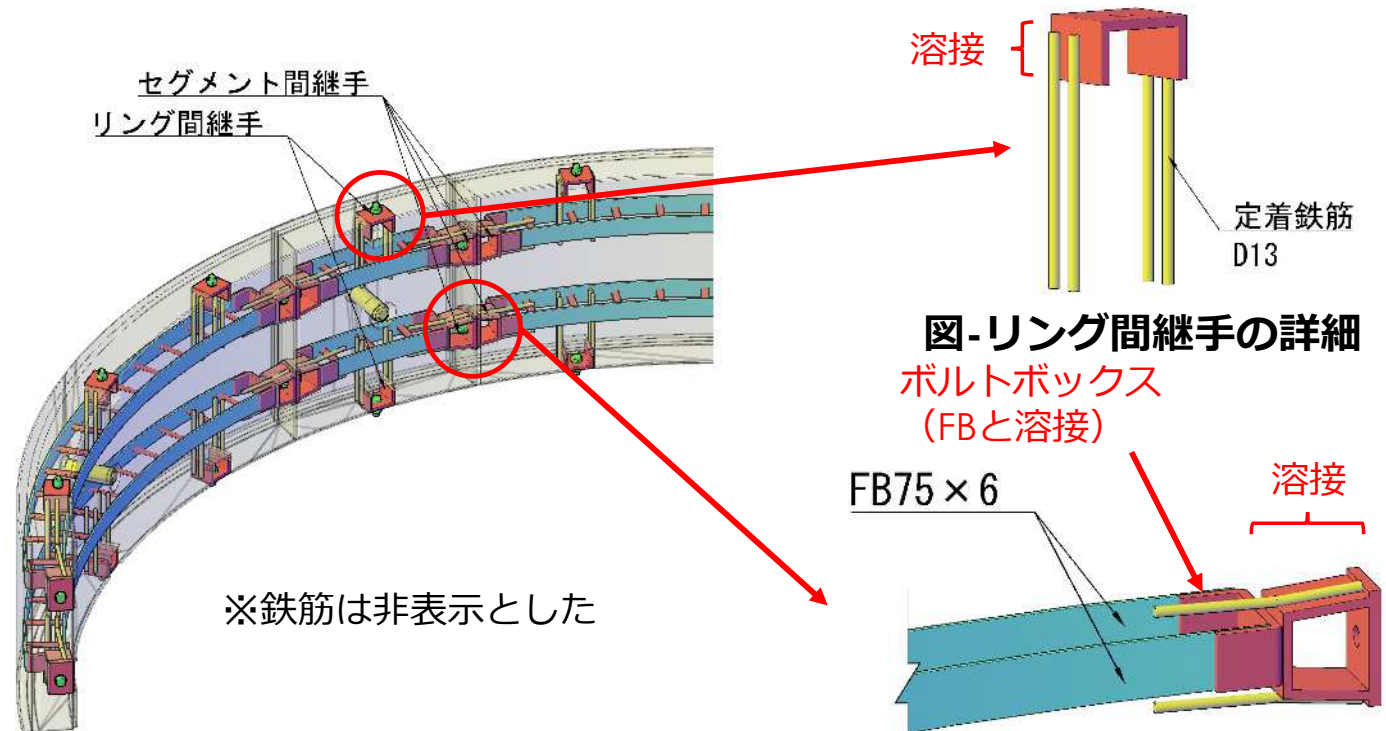


図-セグメント配筋状況



※鉄筋は非表示とした

図-リング間継手の詳細

ボルトボックス
(FBと溶接)

FB75×6

図-セグメント間継手の詳細

2. これまでに確認したこと

2-1. 構造諸元

(2) 構造諸元－⑥裏込め注入孔

- ・裏込め注入孔は把持金具を兼用。
- ・逆止弁はなし。
- ・一次覆工の止水であり、二次覆工とともに防水層を形成する。

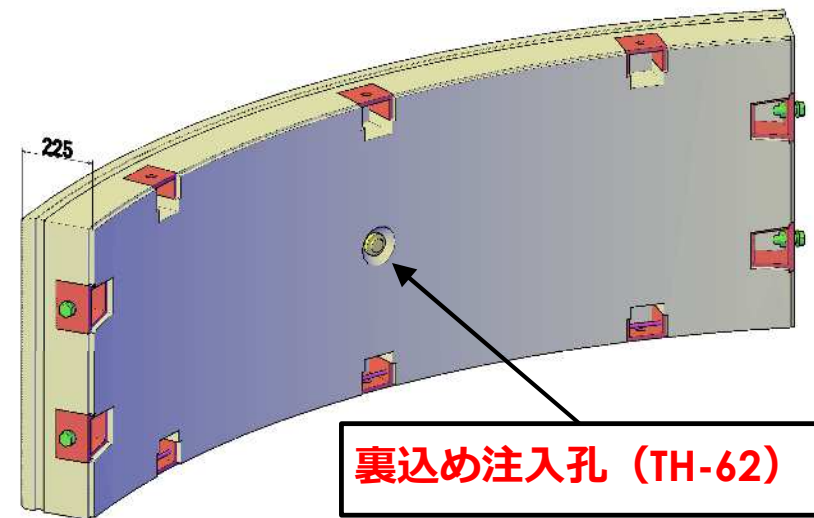
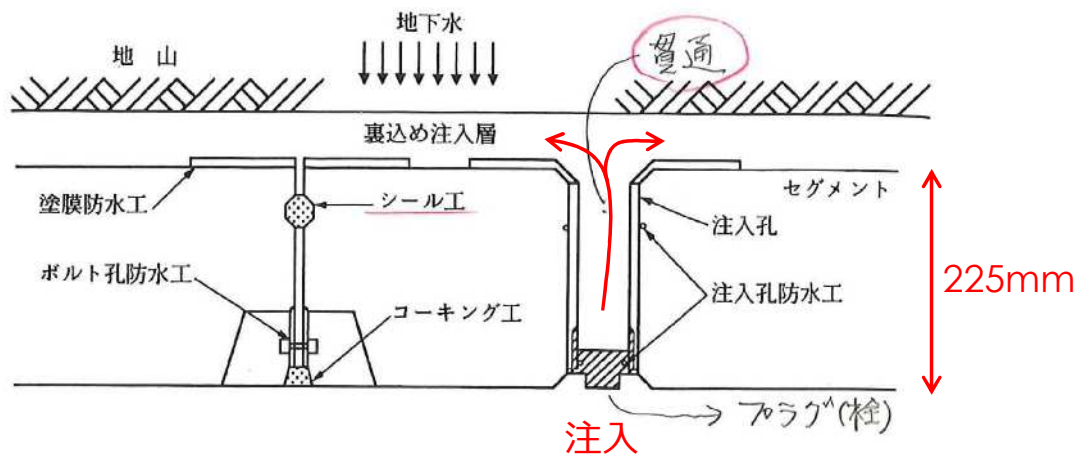


図-裏込め注入孔と一次覆工止水の概念
(シールド工事用標準セグメントより)

2. これまでに確認したこと

2-1. 構造諸元

(2) 構造諸元－⑦シール材

- ・建設年次からブチルゴム製と推定。
- ・セグメントのシール溝に貼付されている。

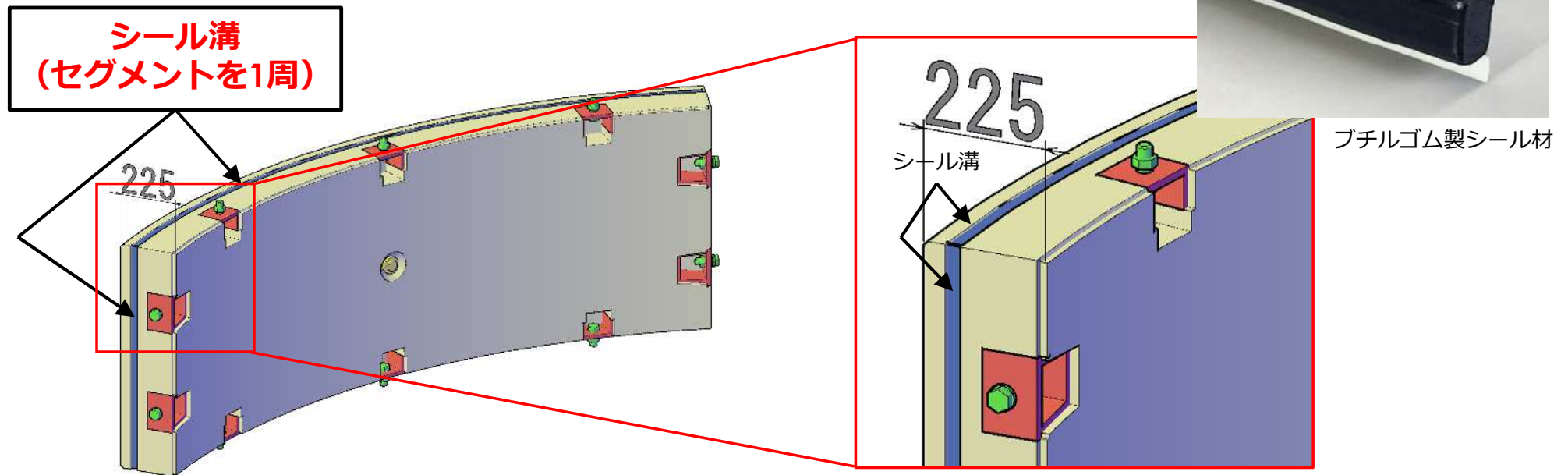


図-シール溝とブチルゴム製シール材の例

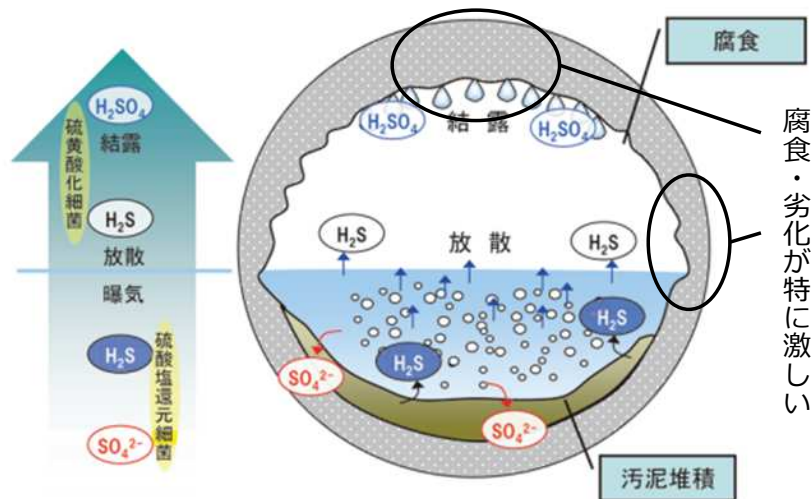
2. これまでに確認したこと

2-4. 一般的な劣化の要因【論点③】

(1) コンクリートの劣化

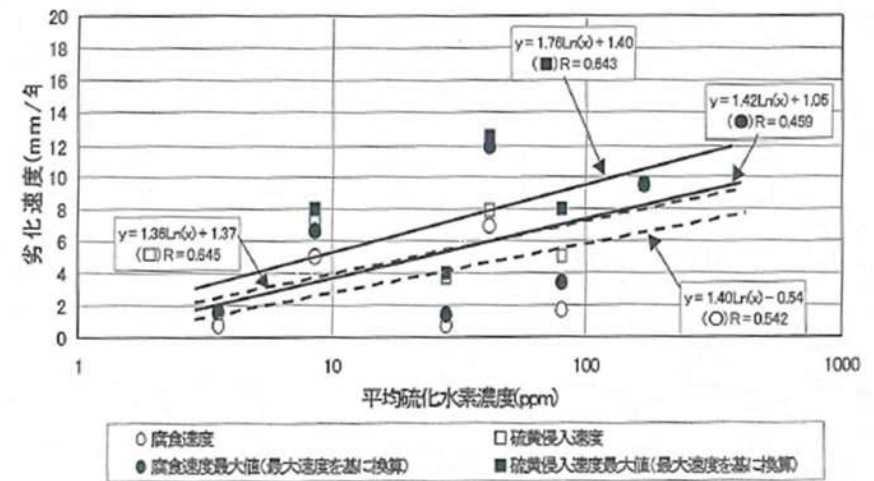
◆コンクリートの化学的劣化とは？

- ①下水が嫌気状態におかれると、下水中の硫酸イオンが硫化物に還元される
- ②水流が攪拌される等の乱れがあると硫化水素ガスが下水道内の気相部へ放散する
- ③気相中の硫化水素が結露に溶け込み硫酸へと変質する
- ④生成された硫酸によりコンクリートが劣化する



◆劣化の進行度合い

劣化の進行を予測する劣化速度式は、実際の下水道環境下での調査結果を用いて作成したものが実用的
⇒ 下図、劣化速度式は埼玉県の実現場から作成



2. これまでに確認したこと

2-4. 一般的な劣化の要因【論点③】

(1) コンクリートの劣化

◆硫化水素が発生しやすい環境

- ・今回の現場のように落差があり、水流が攪拌される条件下では特に硫化水素ガスが発生しやすい
- ・学識者によれば、放散して管頂部に結露として付着するパターン、その付着した結露が垂れ下がって気相部と液層部の境界が劣化するパターンがある

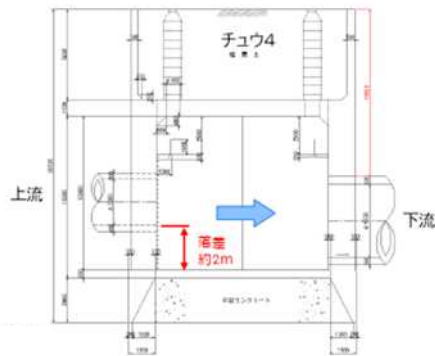
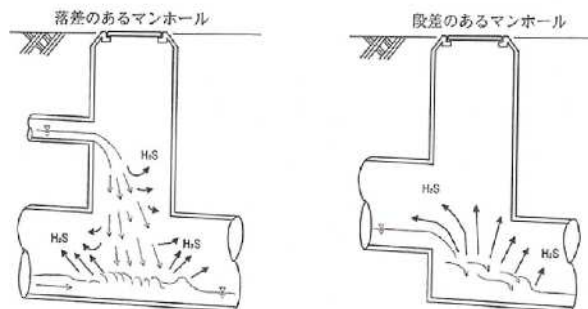


図 チュウ4立坑断面

段差・落差の大きい部位



段差、落差のあるマンホール部での硫化水素ガスの発生イメージ

◆劣化進行の可視化例

大阪市内の下水管路で実施された調査・分析では管頂部のコンクリート表面の水分を採取して、コンクリートの劣化分析を行った例もある

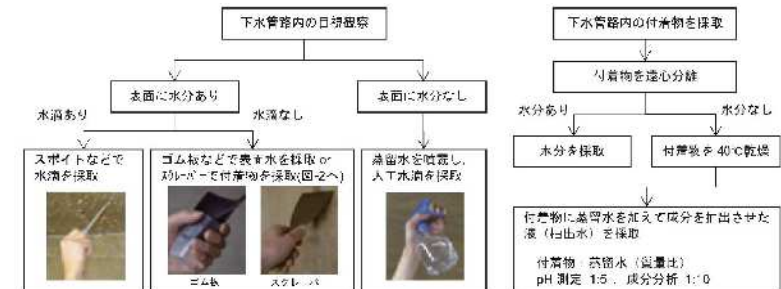


図 下水管路表面の水分の採取フロー

pH3以上：劣化少
pH3以下：劣化大



写真 コンクリート表面の劣化状況

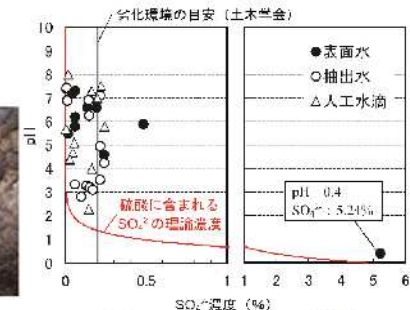


図 SO_4 濃度とpHの関係

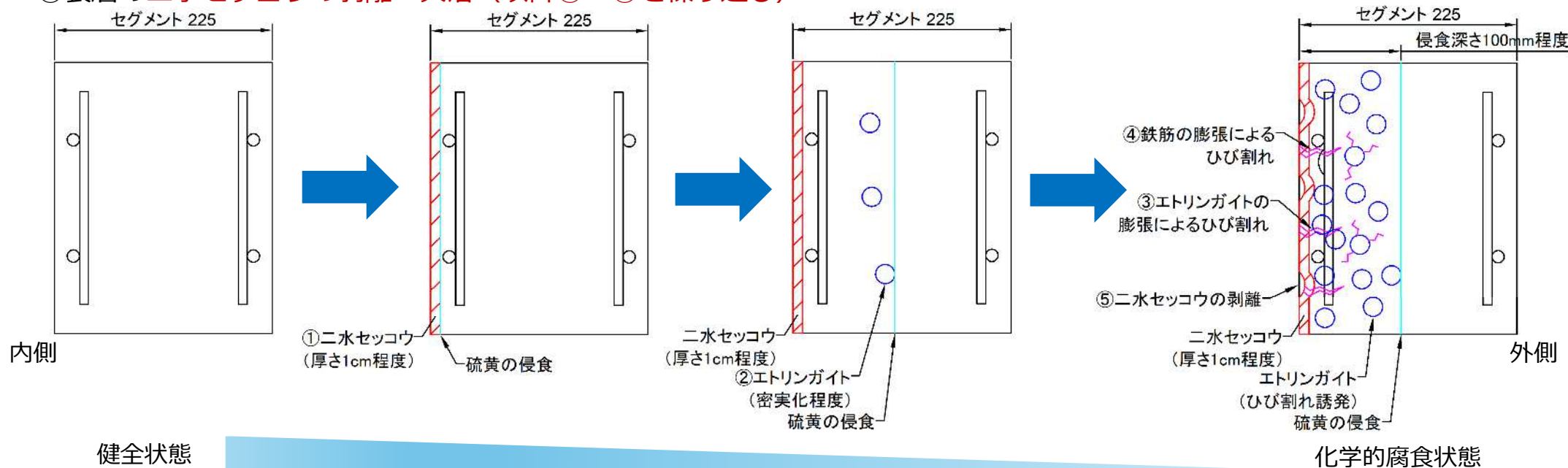
2. これまでに確認したこと

2-4. 一般的な劣化の要因【論点③】

(1) コンクリートの劣化

◆コンクリートの化学的腐食

- ①表層で二水セッコウの生成（保護層的な役割を果たすが、脆弱なため水しぶきや自重により剥離する。）
- ②硫黄が侵食するとエトリンガイトが生成(少量のエトリンガイトが生成する段階ではコンクリートが一旦密実化される)
- ③多量のエトリンガイトが生成されるとひび割れが発生
- ④鉄筋の被覆破損（鉄筋のさび・膨張によりひび割れの進行）
- ⑤表層の二水セッコウの剥離・欠落（以降①～⑤を繰り返し）



2. これまでに確認したこと

2-4. 一般的な劣化の要因【論点③】

(1) コンクリート劣化（論文の概要整理）

「大阪市内の下水管路の調査結果に基づくコンクリートの化学的侵食機構の考察」

序論

下水管路内の水分の分析はほとんど行われていないため、コンクリート表面の水分を採取して化学分析を行った。

大阪市内の下水管路にて調査・分析を行った。

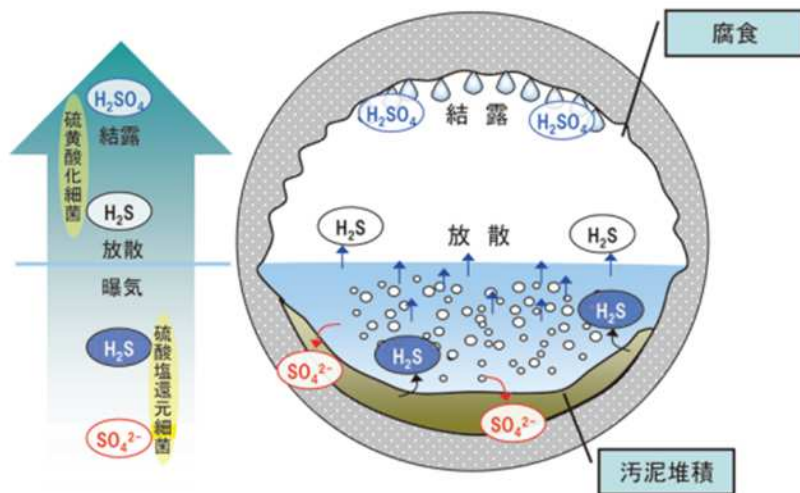


図 硫化水素の発生メカニズム模式図

コンクリート表面の水分分析

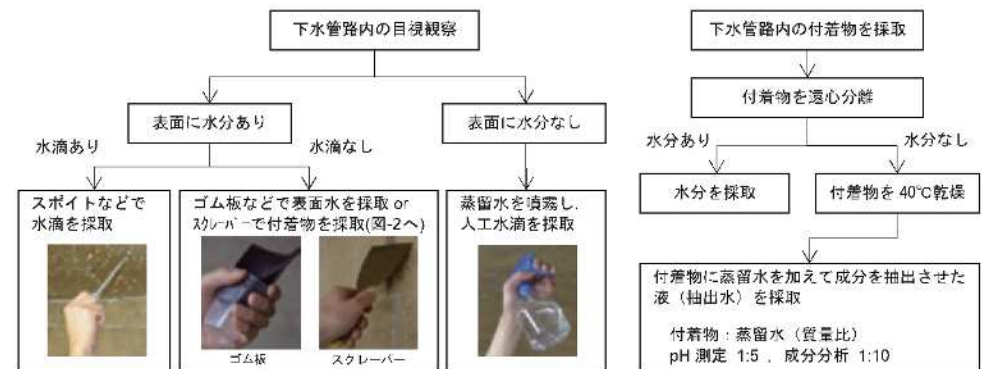


図 下水管路表面の水分の採取フロー

pH3以上：劣化少
pH3以下：劣化大



pH:7.4, SO_4^{2-} :0.01%未満
pH:2.3, SO_4^{2-} :0.15%
写真 コンクリート表面の劣化状況

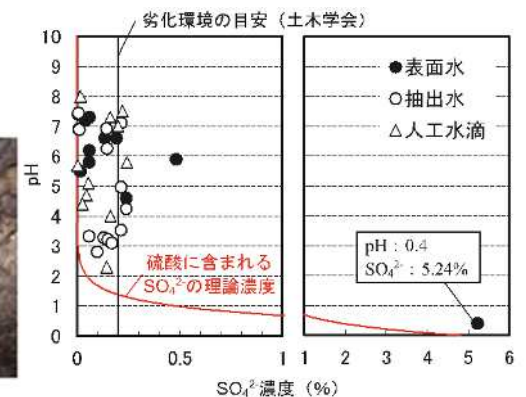


図 SO_4^{2-} 濃度とpHの関係

2. これまでに確認したこと

2-4. 一般的な劣化の要因【論点③】

(1) コンクリート劣化（論文の概要整理）

「大阪市内の下水管路の調査結果に基づくコンクリートの化学的侵食機構の考察」

コンクリートコアの分析

水分分析により判明した中性域3箇所、酸性域6箇所コアを採取した。

コアの外観観察及びEPMA点分析により現場のコンクリートの状況分析を行い、EPMA面分析により硫黄の侵食深さを算定した。

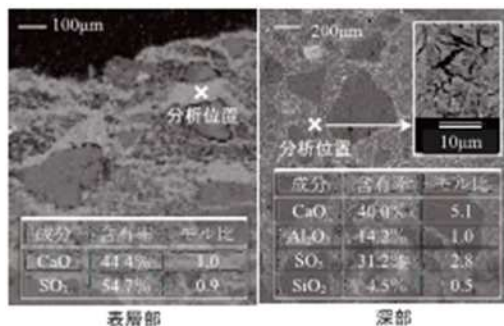


図 EPMAによる点分析結果（酸-1）

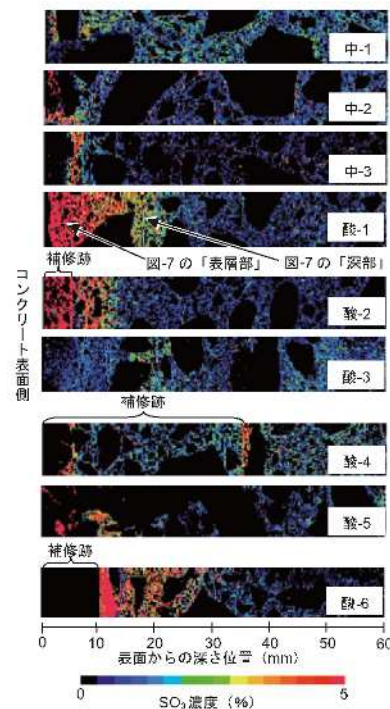


図 EPMAによるSO₃の面分析結果

コンクリートの侵食速度の推定

水分分析・EPMAによる面分析結果

名称	pH	SO ₄ ²⁻ (%)	外観観察	EPMA 点分析結果	硫黄の侵食深さ (mm)	供用年数 (年)	見掛けの侵食 速度係数 (mm/年)
中-1	7.3	0.15	スケーリング	Ett	3.8	78	0.05
中-2	7.1	0.21	スケーリング	Ett	10.5	78	0.13
中-3	5.8	0.24	スケーリング	Ett	8.1	53	0.15
酸-1	3.3	0.12	スケーリング	Gyp層(3mm厚) Ett	23.6	44	0.54
酸-2	3.2	0.15	スケーリング 補修跡	Gyp層(5mm厚) Ett	9.6	80	0.12 (参考値)
酸-3	3.1	0.17	粗骨材露出	Ett	22.7	8	2.84
酸-4	2.8	0.10	粗骨材露出 補修跡	Ett	3.3	21	0.16 (参考値)
酸-5	2.3	0.15	粗骨材露出	Ett	22.1	35	0.63
酸-6	0.4	5.24	補修跡	Ett	23.9	12	1.99 (参考値)

水分分析結果

EPMAによる
面分析結果

2. これまでに確認したこと

2-4. 一般的な劣化の要因【論点③】

(2) セグメントシール材

- ・ 1970年代後半においては、セグメント継手のシール材は未加硫ブチルゴムが主流であった。
- ・ ジャッキ繰り返し推力などに対する十分な抵抗がない。
- ・ 塑性変形が生じた部分が水みちとなり、止水効果が極端に損なわれていくことがのちに知らされるようになる。

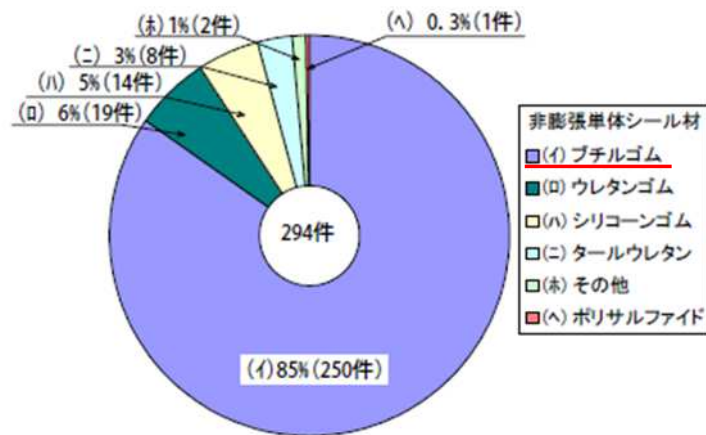


図-シール材の使用実績
(1975～1980年)

出典：シールド工事用セグメントの水膨張シール材による止水設計法について
大塚ら／土木学会論文集 No.651 VI-47／2000.6

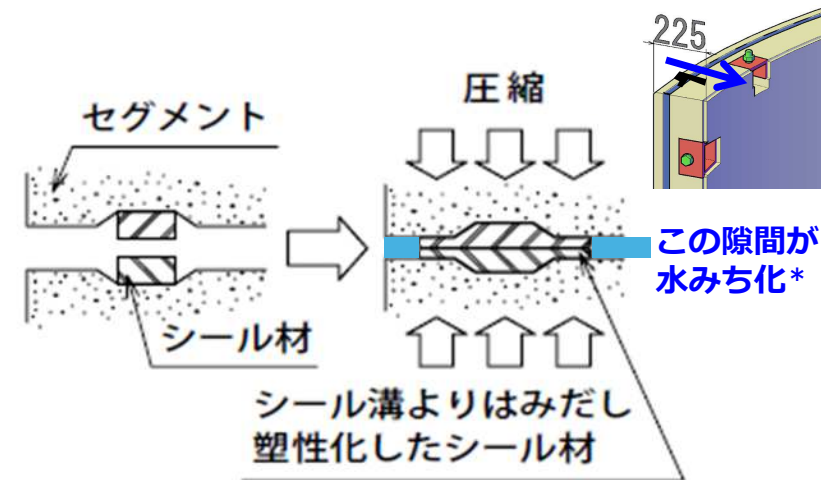


図-シール材の塑性変形
(一部加筆*)

4. 今後について

4-3. 当面の予定

委員会	主な議題（案）
第3回 委員会	①損傷部材の劣化状況調査 - ーシールド外殻内のセグメント・継手の状況等 ②空洞発生メカニズム（中間報告） - ー構造解析 - ー空洞模型実験 - ー化学的腐食調査 ③下水道損傷の原因推定 - ーシナリオの絞り込み ④中間取りまとめ（案）
第4回 委員会	第3回 委員会後の調査結果等を踏まえた検証