

第2回会議での意見を踏まえた技術情報の整理について

○第2回会議(11/20)での意見を踏まえ、作業時の水位低下方策、硫化水素による腐食対策、ドローンによる補修材吹付技術、圧送管の維持管理に係る技術情報を整理。

1. 作業時の水位低下方策
2. 硫化水素による腐食対策
3. ドローンによる補修材吹付技術
4. 圧送管の維持管理

1. 作業時の水位低下方策

○全国特別重点調査(優先実施箇所)における合流管・污水管の調査実施時の水位低下方策について、政令指定都市等を対象に確認。

実施した水位低下方策のスパン数

| 水位低下方策 | 合流管 | 污水管 |
|-------------|----------|----------|
| 上流での管内貯留 | 224(199) | 139(103) |
| 下流ポンプ等の連続運転 | 172(137) | 124(102) |
| 下流ポンプの抑制 | 18(18) | 0 |
| 伏越ゲート操作 | 0 | 6(0) |
| 水替え | 7(3) | 0 |
| ドレン管 | 2(0) | 0 |
| 既設ルートの活用 | 30(0) | 1(0) |
| 夜間等作業時間調整 | 143(100) | 187(103) |
| 上記方策の組合せ | 199 | 103 |
| 不要 | 726 | 369 |
| 困難 | 0 | 12 |

※()内は複数の手法がとられたスパンの内数

水位低下後に行った調査方式ごとの調査実施スパン数

| 調査方式 | 合流管 | 污水管 |
|---------|-----|-----|
| 走行式 | 23 | 126 |
| 浮流式・船体式 | 20 | 32 |
| 飛行式 | 2 | 0 |
| 水中ドローン | 1 | 0 |
| 潜行目視 | 286 | 87 |
| 空欄・その他 | 6 | 7 |
| 合計 | 338 | 252 |

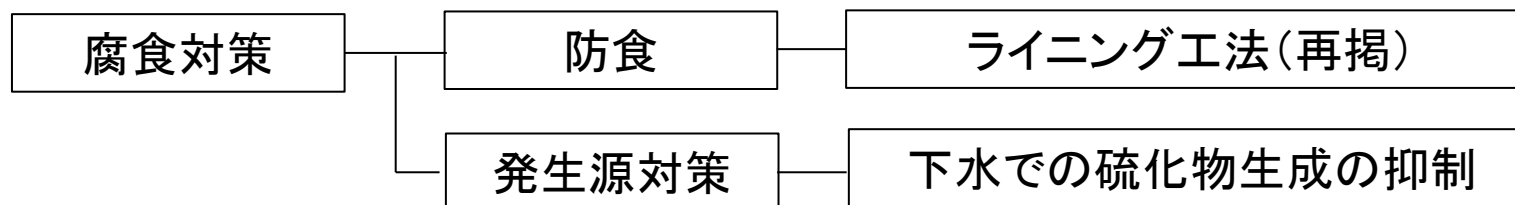
※雨水管については晴天時に水位が低下するため調査対象外

1. 作業時の水位低下方策

- 回答があった1645スパンのうち、約36%において作業時の水位低下方策が必要であることがわかった。
- 合流管では上流での管内貯留が、污水管では水量が低下する夜間等に作業時間を調整する手法が、最も多く取られた。
- また、「既設ルートを活用」のように単独の方策で十分な水位低下の効果が得られたものもあるが、多くのスパンにおいて、複数の方策の組合せで水位低下の効果を得ており、合流管・污水管共に「上流での管内貯留」が必ず行われている。
- 合流管において複数の方策を組み合わせる場合、「下流ポンプ等の連続運転」は約7割、「夜間等作業時間調整」は約5割選ばれている。
一方、污水管においては、「下流ポンプ等の連続運転」、「夜間等作業時間調整」の双方がほぼ必ず行われている。
- ドレン管については実施しているスパン数は少ないが、単独の方策で水位低下の効果が出ていた。
- 下流ポンプの抑制については、船体式で調査を行う際、上下流のポンプの運転調整を行うことにより、船の流下や姿勢の維持等を安定させるために行われていた。
- あわせて、水位低下方策を行うにあたり苦労したことを確認した結果、「他工事や関係機関との調整」、「夜間等の作業時間に制約が設けられること」等が多かったが、「干潮を狙って調査したため、調査日時に制約があった」、「再生水利用事業への供給継続のためポンプ場の停止が困難」という回答も得られた。

○ 点検・調査結果に基づき腐食による不具合がある場合は、腐食対策を行う。

腐食対策(大口径管路)の概要



| 分類 | | 防食 ライニング工法 |
|-------|----|-----------------------|
| 概要 | | 構造物の内面に被覆材を塗布又は設置する工法 |
| 適用条件例 | 管種 | コンクリート管、 鋳鉄管 |
| | 形状 | 不問 |
| | 管径 | φ 800～(最大: 不問) |
| | 流速 | 0.6m/s |
| | 水深 | ～0.3m |

| 分類 | 発生源対策 下水での硫化物生成の抑制 |
|----|---|
| 概要 | <p>当該管路の上流にあるポンプ場等から硝酸塩を注入し、硫化物の生成を防止する。</p> <p>空気や酸素を注入し、好気性条件とすることにより、硫化水素の生成を防止する。</p> |

出典: 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(令和4年3月、国土交通省国土技術政策総合研究所)を基に作成

出典: 下水道管路施設ストックマネジメントの手引き(2016年版、公益社団法人 日本下水道協会)を基に作成

2-2. 硫酸劣化を防止するコンクリート

| 種類 | 概要 | 特徴 |
|-------------------------------------|--|--|
| 耐硫酸性コンクリート (LLクリート、ハレーサル ルト等) | 硫酸による劣化を防ぐために、特殊な材料や配合によって製造されたコンクリート。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 硫酸による腐食に対する抵抗力が非常に高く、通常のコンクリートの10倍程度の耐性を持つものも開発されています ● 硫酸による劣化だけでなく、他の劣化要因(塩害、凍害など)に対しても高い耐久性を示すものもあります。 |
| 防菌・抗菌コンクリート (ビックリート) | 下水道施設などで使用されるコンクリート製品の腐食を防ぐために、硫黄酸化細菌の活動を抑制する防菌剤を混入したコンクリート。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 年間平均硫化水素ガス濃度 10 ppm 以下でコンクリートの標準的な耐用年数を確保できる。 ● 年間平均硫化水素ガス濃度 50 ppm 以下で従来のコンクリートに対し腐食の進行が4分の1程度になる。 |
| 合成樹脂製品 (レジンコンクリート) | セメントや水を一切使用せず、熱硬化性樹脂(液状レジン)に骨材や充填材を混ぜて作られたレジンコンクリート。 | <ul style="list-style-type: none"> ● 従来のコンクリート製に比べて、耐食性、耐摩耗性、強度、施工性、経済性、維持管理性などに優れており、特に下水道施設における腐食対策として有効 |



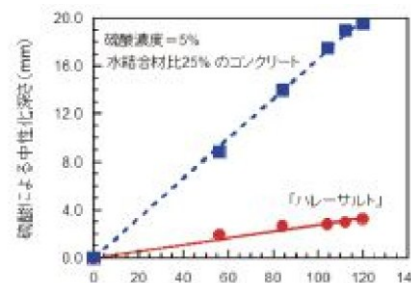
type-A

LLクリート



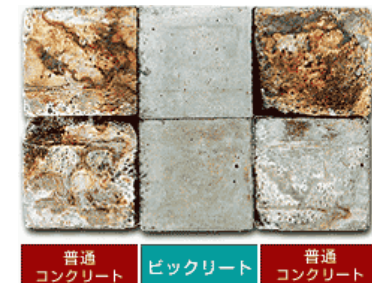
普通コンクリート

LLクリート type-Aと普通コンクリートの試験供試体を5%の硫酸水溶液に56日間浸漬させた実験結果(カタログより)



ハレーサルルト

濃度5%の硫酸による浸せき試験結果(HPより)



ビックリート

曝気槽にて2年間暴露試験を行ったテストピースの腐食状況比較(HPより)

「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き(旧下水道管路施設腐食対策の手引き(案))-2016年版-」公益社団法人 日本下水道協会には、下記の通り示されている。

| 分類 | 防食環境条件 | 摘 要 | 主な防食対策 |
|-------|--|--|--|
| I 種 | 硫化水素の発生要因近傍で、硫化水素ガスの滞留が多く、腐食が著しい環境(維持管理上、発生源対策を必要とする)。 | 放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Aランクに達する腐食環境を想定。 平均硫化水素ガス濃度50ppm以上 | <ul style="list-style-type: none"> ● 耐硫酸性管材の使用 ● 耐硫酸性を有する防食 ● 空気注入や酸素注入などの発生源対策 |
| II 種 | 硫化水素の発生要因に近傍し、硫化水素ガスの滞留があり、腐食速度が緩やかな環境(発生源対策を必要とする場合としない場合がある) | 放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Bランクに達する腐食環境を想定。 平均硫化水素ガス濃度10～50ppm | <ul style="list-style-type: none"> ● 耐硫酸性管材の使用 ● 耐硫酸性を有する防食 ● 必要に応じ、空気注入や酸素注入などの発生源対策 |
| III 種 | 硫化水素の発生要因に近傍しているが、硫化水素ガス濃度の滞留は少なく、腐食速度が小さい環境。 | 放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Cランクに達する腐食環境を想定。 平均硫化水素ガス濃度10ppm未満 | <ul style="list-style-type: none"> ● 耐硫酸性管材の使用 ● 防菌・抗菌コンクリート等の防食材料の使用 |

| 劣化度 | 腐食状況の程度 |
|------|----------------|
| Aランク | 鉄筋が露出している状態 |
| Bランク | 骨材が露出している状態 |
| Cランク | コンクリート表面があれた状態 |



劣化度Aの状況



劣化度Bの状況



劣化度Cの状況

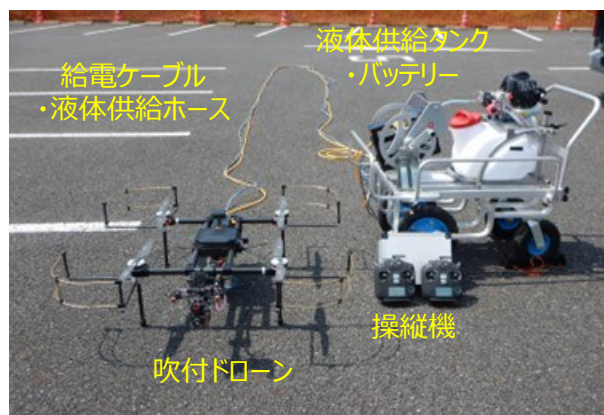
「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き(旧下水道管路施設腐食対策の手引き(案))-2016年版-」公益社団法人 日本下水道協会には、下記の通り示されている。

| 防食対策の分類 | 目 的 | 対 策 |
|------------|---------------------|---|
| 1 防食 | 耐硫酸性材料の使用 | <ul style="list-style-type: none"> ● FRPM製品、塩化ビニル製品、内面樹脂ライニング製品等の使用 ● 耐硫酸性コンクリートの使用 |
| | コンクリート表面の保護 | <ul style="list-style-type: none"> ● 更生工法 ● コンクリート表面の被覆 |
| 2 発生源対策 | 下水中の硫化イオン濃度の低下 | <ul style="list-style-type: none"> ● 工場排水、温泉排水等の抑制 ● 海水浸入の防止 |
| | 下水、汚泥中での硫化物生成の抑制、固定 | <ul style="list-style-type: none"> ● 嫌気性化の防止(圧送管への空気等の注入、伏越し管の構造変更、ビルピットの適正な維持管理、管きょ内堆積物の清掃、コンクリート表面の洗浄) ● 液相中の硫化物の酸化、固定化(塩化第二鉄、ポリ硫酸第二鉄の注入) |
| 3 腐食抑制対策 | 硫化水素の気相中への放散防止 | <ul style="list-style-type: none"> ● 構造の改善(合流部の拡散防止、段差・落差の解消) |
| | 硫酸を生成する硫黄酸化細菌の活動抑制 | <ul style="list-style-type: none"> ● 気相中の硫化水素の希釈・除去(換気・脱臭) ● コンクリートの表面の乾燥(換気) ● 硫黄酸化細菌の代謝抑制(防菌抗菌剤の混入、防菌抗菌製管材) |
| 4 布設替・更生工法 | 耐硫酸材料の使用 | <ul style="list-style-type: none"> ● FRPM、塩ビ、内面樹脂ライニング製品等の使用 ● 耐硫酸性コンクリートの使用 |
| | コンクリート表面の保護 | <ul style="list-style-type: none"> ● 更生工法 |

3. ドローンによる補修材吹付技術

- 構造物への補修材吹付ドローンであり、人の手の届かないコンクリート構造物に必要な養生材や補修材を散布できる仕組みを構築。
- コンクリート表面含浸材・養生材吹付け以外にも、トンネル内作業・塗装・洗浄剤清掃・外壁カビ防止・ハチ退治など、高所作業における液体を吹付け（スプレー）する現場での安全確保と活用を目的として開発した技術。

■ 吹付ドローンの概要



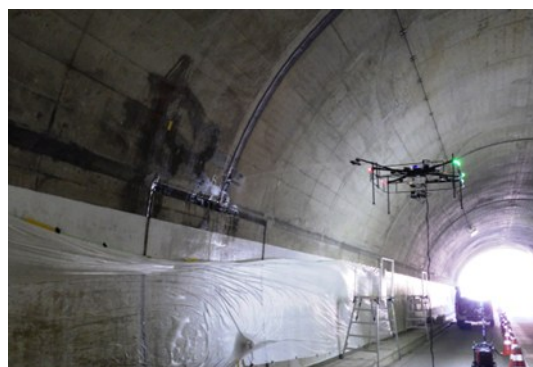
機材一式



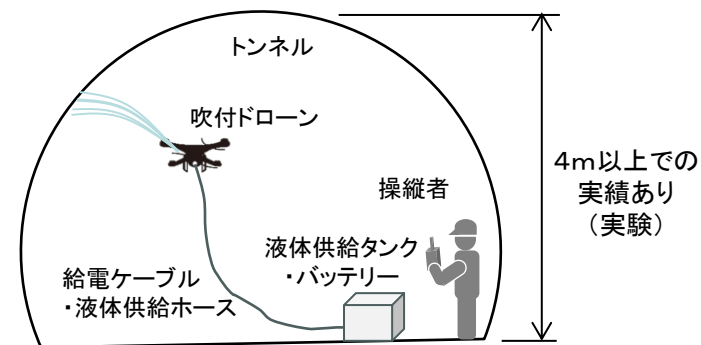
吹付ノズル・カメラ



噴霧状況



トンネルでの施工実験



トンネルでの施工イメージ

※現時点では
下水道管きよでの適用実績なし

4. 圧送管の維持管理

○圧送管の維持管理については、以下の意見が提示された。

①圧送管の内部点検手法は限定され、調査出来ない箇所もある

②圧送管内では腐食だけではなく閉塞も生じることがあり、その解消は困難である

○特に、現在の技術では調査可能な距離が敷設されている延長に対して足りないことや、適用できない箇所・管が存在するという課題があがった。

①圧送管の内部点検手法

・現在技術

マンホールや空気弁等から先端にカメラ機器が付いているケーブル等を管路内に押し込み管路内を調査



調査機器の一例

下水道管路調査機器カタログ

(<https://www.nilim.go.jp/lab/ebg/catalog.html>)

B-DASHプロジェクト ガイドライン

(<https://www.nilim.go.jp/lab/ebg/guideline20180309.pdf>)

・課題

調査可能距離が足りない

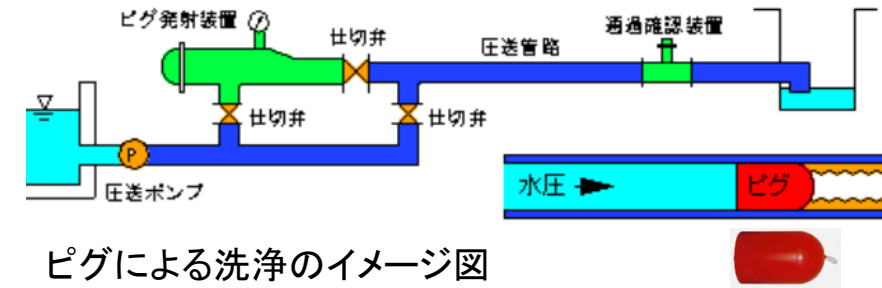
大きな曲がり、排水困難な管路など、適用できない箇所が存在する

カメラ挿入口がない区間は調査できない

②閉塞の解消方法について

・現在技術

薬品・ワイヤー・ピグ等による管内洗浄



ピグによる洗浄のイメージ図

下水道圧送管路研究会HP

・課題

ピグ洗浄をするに当たっては敷設時に射出装置等の専用設備を設置する必要がある。