

点検・調査・診断に関する基準等について

1. 現時点で得られた知見の整理

- 1-1. 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」での議論について
- 1-2. 「下水道管路の全国特別重点調査」の結果等について
- 1-3. 「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」の中間とりまとめについて

2. 点検・調査・診断に関する基準等について

- 2-1. 診断区分の見直しについて
- 2-2. 点検・調査の高頻度化について
- 2-3. 点検・調査方法の高度化について
- 2-4. 診断の質の確保に向けて
- 2-5. 維持管理情報の管理について

3. 個別の診断基準等について

- 3-1. 鉄筋コンクリート管等の診断基準について
- 3-2. シールド管の診断基準について

4. 施工困難箇所における緊急的な対策事例

1. 現時点で得られた知見の整理

- 1-1. 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」での議論について
- 1-2. 「下水道管路の全国特別重点調査」の結果等について
- 1-3. 「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」の中間とりまとめについて

2. 点検・調査・診断に関する基準等について

- 2-1. 診断区分の見直しについて
- 2-2. 点検・調査の高頻度化について
- 2-3. 点検・調査方法の高度化について
- 2-4. 診断の質の確保に向けて
- 2-5. 維持管理情報の管理について

3. 個別の診断基準等について

- 3-1. 鉄筋コンクリート管等の診断基準について
- 3-2. シールド管の診断基準について

4. 施工困難箇所における緊急的な対策事例

第3次提言骨子(案)について

1) 管路マネジメントに関する具体的方策の基本的な考え方

《最重要の前提条件》

- 埼玉県行田市の点検中の事故を踏まえ、作業安全の確保意識の徹底は最重要の前提条件であることを改めて徹底

□点検・調査の重点化等の基本的な考え方

- 安全性確保の取り組みの原則は、命を守るため
 - ・ 点検・調査の強化・充実によりリスクのある箇所・事項をチェック対象から外さない
 - ・ センシング・モニタリング技術を駆使し経時的変化・劣化など危険な変状を見逃さない
 - ・ 点検・調査の困難箇所については、その旨を記録に残し、関係者間で情報共有
 - ・ 構造等に応じた診断結果に基づき必要な対策措置を未了にしない
- 全国特別重点調査の結果や課題を踏まえ、技術的知見に基づき
 - ・ 化学・力学・地盤等の弱点要素を有する箇所を念頭に点検・調査の「高頻度化」
 - ・ 社会的影響が大きい箇所は、地下管路の点検・調査の不確実性を踏まえ複数の調査手法を組み合わせたフェールセーフによる「高度化」
 - ・ 管路の損傷のしやすさや、社会的影響を踏まえた点検・調査の「メリハリ」を推進

1-2.「下水道管路の全国特別重点調査」の結果等について

「下水道管路の全国特別重点調査(優先実施箇所)」の結果分析および既往研究等より

(化学的弱点箇所)

- 腐食と判断された管渠のうち、硫化水素以外の要因と思われるケースが確認された。
→現行調査基準では「鉄筋露出」、「骨材露出」、「表面が荒れている」の3つの区分で判断していることから、硫化水素起因か否かを判断することはできない。
- 硫化水素濃度と腐食の程度に相関があることがあらためて確認された。

(力学的弱点箇所)

- 土被りや曲率半径との相関は今回の全国特別重点調査結果からは、明確には確認されなかった。

(地盤的弱点箇所)

- 軟弱地盤等の地盤的弱点箇所は空洞の発達、拡大の進行に影響する。(既往研究より)

(中小口径管)

- 塩ビ管は他の管種に比べ劣化リスクは低い。(既往研究より)
- 陶製の取付管起因の陥没が多い。(既往研究より)

(社会的影響の考え方)

- 社会的影響の構成要素である陥没深さ、影響人口、復旧までの時間(水替え工の可否)と、管の流量や管径との関係を整理。(既往資料より)

1-3.「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」の中間とりまとめについて

出典「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」中間とりまとめ

⇒ 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。陥没現場の条件は下記の通り。

【化学的条件】

- ・ チュウ4MHでは年平均で81～94ppm、チュウ6MHでは15～23ppm
- ・ チュウ4MHでの濃度は、JSが示す下水道施設の腐食環境の分類のうち「Ⅰ類」に該当。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。

【力学(構造)的条件】

- ・ 下流に向けカーブ(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。

【地盤的条件】

- ・ 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。
- ・ 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。

	測定年	年平均	分類
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 硫化水素濃度(ppm)

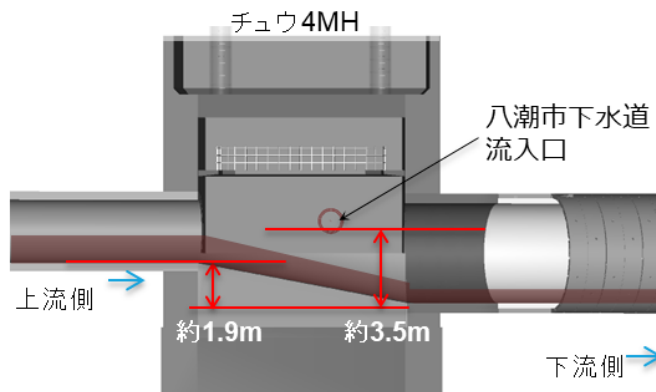
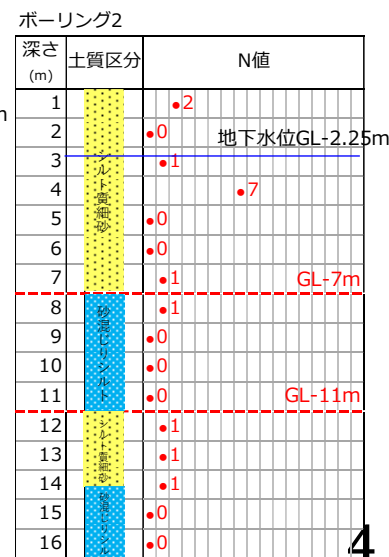
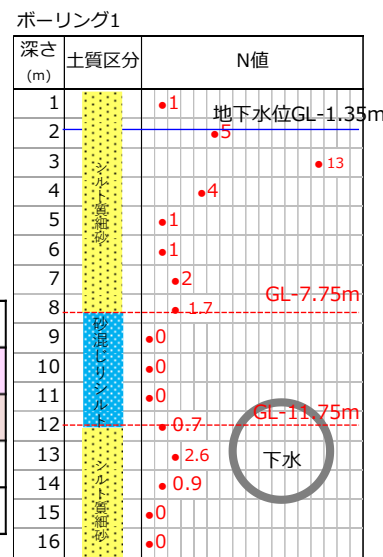


図 チュウ4MHの構造的特徴



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みられる腐食環境
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

1. 現時点で得られた知見の整理

- 1-1. 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」での議論について
- 1-2. 「下水道管路の全国特別重点調査」の結果等について
- 1-3. 「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」の中間とりまとめについて

2. 点検・調査・診断に関する基準等について

- 2-1. 診断区分の見直しについて
- 2-2. 点検・調査の高頻度化について
- 2-3. 点検・調査方法の高度化について
- 2-4. 診断の質の確保に向けて
- 2-5. 維持管理情報の管理について

3. 個別の診断基準等について

- 3-1. 鉄筋コンクリート管等の診断基準について
- 3-2. シールド管の診断基準について

4. 施工困難箇所における緊急的な対策事例

2-1. (1) 診断区分の見直しについて

- 対応の基準を示す「緊急度」ではなく、施設の健全性を示す「健全度」として区分するとともに、あわせて、施設の評価単位、健全度に応じた対応の考え方についても見直す。
- また、明確な診断や点検・調査が困難な状態に対する取り扱いを明確化し、対応が不明瞭にならないようにする。

現行の区分

緊急度区分		対応の基準
I	重度	速やかに措置が必要
II	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる
III	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる
劣化なし	—	—

区分の見直し(議論用たたき台)

健全度区分		状態	対応の考え方
IV	緊急措置段階	構造物の安全性が低下する、又は低下する可能性が著しく高く、緊急に改築等の措置を講ずべき状態	緊急に改築等※を実施し、健全度 I にすることを基本とする ※改築することが困難な場合には緊急的な措置として地盤改良することや、油脂付着など管理的異状を解消するための措置などを含む
III	早期措置段階	構造物の安全性が低下する可能性があり、早期に改築等の措置を講ずべき状態	劣化の進行を抑えるために必要な応急措置を実施した上で、調査の頻度を増やし、早期改築等を行うべきタイミング※を適切に判断する。 ※ストックマネジメントにおける優先実施判断をする場合や、健全度IVと診断される場合が考えられる
II	予防保全段階	構造物の安全性が低下していないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	劣化の進行を抑えるために必要な応急措置を実施した上で、計画的に調査を実施する
I	健全	構造物の安全性が低下していない状態	引き続き計画的に点検・調査を実施する
診断困難		明確な診断や点検・調査が困難な状態	監視等の頻度を上げ、速やかに改築等の措置を実施する

- 不良な状態の多寡からランク付けをし、それをもとにどのような状態にあるかというよりは対応の基準を示す「緊急度」が判定される仕組みであった。
- 明確な診断や点検調査が困難な状態であるときに、診断における取り扱いや対応の仕方が明確でなかった。

「対応の考え方」は、最低限・少なくとも行うべきことを示しているものであり、より積極的・能動的にさらなる対応をすることは肯定されるものである。

論点

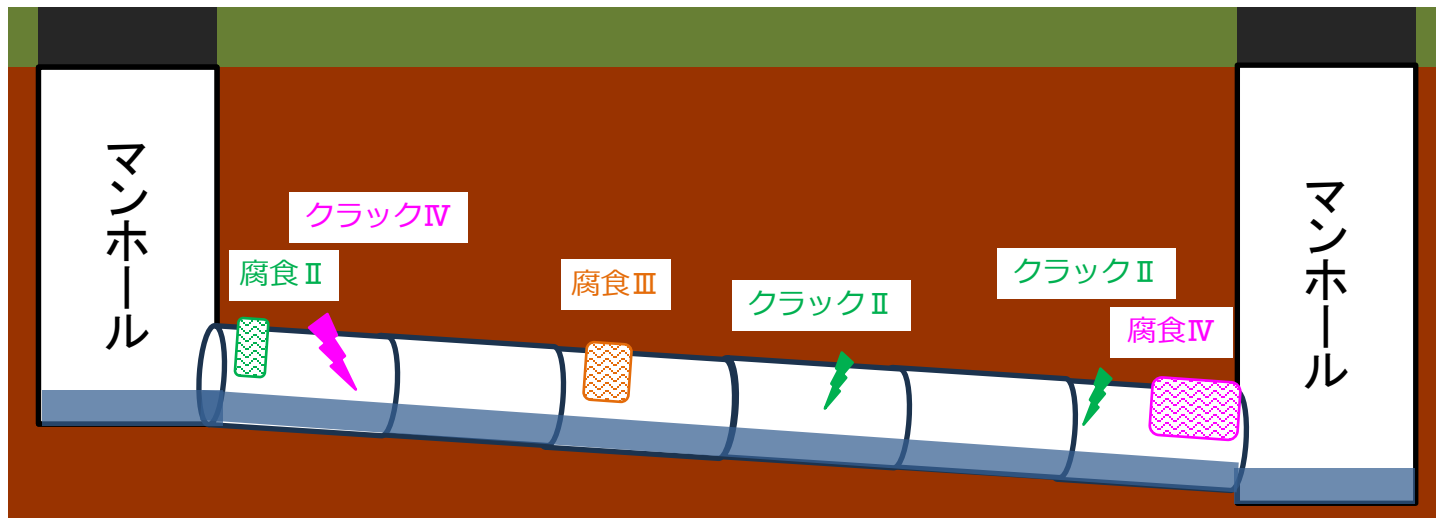
目視ではよく見えない、調査をすること自体が難しいなど、状態の判断や健全度の診断をしにくい場合があり得るため、健全度の区分とは別に取り扱いや対応の仕方を位置づけて、問題なしや放置にならないようにすべきでないか。

2-1. (2) 診断の単位について

○ 下水道管路について、現行の基準ではスパン(マンホール間)単位で診断することとしているが、診断の区分を見直すにあたり、診断の単位についても検討が必要。

	メリット	課題
スパン単位	- 対象の位置や範囲を明確・容易に認知できるため、点検に係る作業の進捗管理や結果の情報管理(箇所管理)をしやすい - 異状がある箇所と同様の条件にある前後区間等においても同様の異状が発生するリスクに対し、時間的・物理的に一体で状態把握と診断を行える	比較的長い区間を一つの健全度で表すため、スパン内に複数の異状箇所がある場合にはそれらの個々の状態と全体の一つの健全度が必ずしも一致せず、対象の健全度を正確に表しているとは限らない
管1本単位	スパン単位に比較して、区間が短くなるとともに管路を構成する最小単位ともいえるものであることから、対象の健全度の正確さ(一意性)が高まる	- シールド管などにおける管1本の(範囲の)特定の仕方を整理する必要がある - 管1本毎にその位置を特定し把握しなければならない
異状箇所毎	異状箇所毎に、異状内容、健全度区分、措置の実施が一つに決まり、対象の健全度を正確に表すことができる	- 異状がある箇所と同様の条件にある前後区間等においても同様の異状が発生するリスクに対しては、個々別々に診断を行う必要がある - 異状箇所毎にその位置を特定し把握しなければならない

<イメージ> ← スパン →



【参考】

◆河川堤防:

堤防は局部的な安全性が一連の堤防全体の安全性を規定する特性があるため、変状箇所毎の点検結果の評価をもとに、堤防の一連区間を一単位として総合的な評価を実施

◆道路トンネル:

区間単位毎(覆エスパン毎)に評価した上でそれらを総合的に評価した結果として道路トンネル全体として健全性の診断の区分を決定

2-2. 点検・調査の高頻度化について

- 点検・調査の頻度について、国の技術基準等で、管路の安全へのハザードが大きい箇所は5年に1回以上、管路の安全へのハザードが特に大きい箇所は(5年に1回よりも短い間隔の)●年に1回以上と明確化する。
- 更に、直近の点検・調査で健全度Ⅲ※に診断された箇所では、調査を上記よりも高頻度化する。

※健全度Ⅲ・Ⅳは「診断区分の見直しについて」にて議論用たたき台として示しているもの

国の技術基準等で

「5年に1回以上」の頻度を明確化

【管路の安全へのハザードが大きい箇所の例】

- ◆ 化学的弱点箇所
- ◆ 力学的弱点箇所
- ◆ 地盤的弱点箇所 等

国の技術基準等で、5年に1回よりも短い間隔の

「●年に1回以上」の頻度を明確化

【管路の安全へのハザードが特に大きい箇所の例】

- ◆ 硫化水素ガス濃度が特に高い箇所 等

診断結果に応じて調査を高頻度化

- ◆ 直近の点検・調査で健全度Ⅲ※に診断された箇所
 - * 改築等を実施し、健全度Ⅲ※の状態を解消した場合は除く
 - * 健全度Ⅳ※に診断された場合は緊急に改築等を実施する

管路の安全へのハザード（損傷の発生しやすいさ）

【管路の安全へのハザードが特に大きい箇所】
国の技術基準等で、5年に1回よりも短い間隔
「●年に1回以上」の頻度を明確化

【管路の安全へのハザードが大きい箇所】
国の技術基準等で
「5年に1回以上」の頻度を明確化

【上記以外の箇所】
各地方公共団体においてリスク評価を行い、
適切な頻度を設定

劣化進行

高頻度化

直近の点検・調査
で健全度Ⅲ※に
診断された箇所

時間計画保全や事後保全

劣化の進行

点検・調査頻度の見直しイメージ

2-3. 点検・調査方法の高度化について

- 事故時の社会的影響が大きい箇所では、目視で把握できない状態を捕捉するため、打音調査等の複数手法を組み合わせて下水道管路の点検・調査を実施する。
- また、これらの箇所では、管路に起因する空洞の有無を確認するため、空洞調査を実施する。

点検方法の高度化

【事故時の社会的影響が大きい箇所の例】

- ◆ 大口径管路
- ◆ 緊急輸送道路、軌道、河川下の管路 等



潜行目視による調査



ドローンによる調査



リバウンドハンマー
による打音調査等



貫入試験による空洞調査



空洞探査車による空洞調査

2-4. 診断の質の確保に向けて

- 管路の診断については、管路の構造等に応じた的確な判断ができるように、必要な知識及び技能を有する者が診断を行うことを標準とする。
- 具体的には、下水道管路の構造や点検・調査・診断に係る基準、腐食メカニズム等を熟知していることが確認できる者とし、シールド管や大口径管路などを診断する際には、それらの構造や特性などに関する技術的知見を有することについても付加的に要件とする。
- あわせて、今後、関係団体と連携し、シールド管や大口径管路の構造や特性などの技術的知見の習得促進に向けて、研修や講座等を充実させていく。
- また、診断者の知識・技能面に限らず、例えばAIによる画像認識・診断技術などにより、異状をより高精度に、迅速に検出して状態を診断することも有効であり、新たな技術を開発し活用していく。

① 技術士(国家資格)

- ・ 下水道に関する知識を有する。 ⇒ 上下水道部門(下水道)
- ・ 道路トンネルについての知識を有する ⇒ 建設部門(トンネル)

② 国土交通省登録技術資格

- ・ 下水道の点検・診断に関する知識を有する ⇒ 下水道管路管理専門技師 調査部門、下水道管路管理主任技士
- ・ 下水道の計画・調査・設計に関する知識を有する ⇒ RCCM(下水道)、管更生技士、下水道管路管理総合技士
- ・ 道路トンネルの計画・調査・設計に関する知識を有する
⇒ RCCM(トンネル)、建造物保全監理技士(トンネル)、上級土木技術者(トンネル・地下)コースB
1級土木技術者(トンネル・地下)コースB

③ 上記以外のもの(シールド管、現場打ボックスカルバートなどの劣化診断)

- ・ コンクリートの劣化の程度を診断する能力 ⇒ コンクリート診断士など

2-5. 維持管理情報の管理について

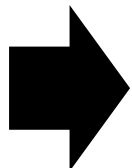
- 点検・調査・診断を踏まえた維持管理情報等の管理については、見える化(Civic Visualization及びTechnical Visualization)に向け、下記の点に留意する必要がある。

【点検・調査・診断を踏まえた維持管理情報】

- 点検・調査・診断の記録表について、基準等を踏まえて見直しを行い、全国で統一を図るとともに、改築時まで保存する
- 劣化の経年変化を容易に把握できるよう、台帳の施設情報に紐づけてデジタル化した上で、標準仕様に基づくデータベース化を行う

【施設情報】

- 工事における埋設物の損傷事故を防ぐ等の観点から、竣工後の最終かつ正確な位置情報をデジタル化する
- 施工時の特記事項(例:軟弱地盤でシールドマシンが計画通りに進まなかった等)や、仕上がりの断面図等の構造に関する事項をデジタル化する
- これらを点検・調査・診断時には必ず確認する



「見える化」について次回議論予定

1. 現時点で得られた知見の整理

- 1-1. 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」での議論について
- 1-2. 「下水道管路の全国特別重点調査」の結果等について
- 1-3. 「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」の中間とりまとめについて

2. 点検・調査・診断に関する基準等について

- 2-1. 診断区分の見直しについて
- 2-2. 点検・調査の高頻度化について
- 2-3. 点検・調査方法の高度化について
- 2-4. 診断の質の確保に向けて
- 2-5. 維持管理情報の管理について

3. 個別の診断基準等について

- 3-1. 鉄筋コンクリート管等の診断基準について
- 3-2. シールド管の診断基準について

4. 施工困難箇所における緊急的な対策事例

3-1. (1)鉄筋コンクリート管等の診断基準の見直し(議論用たたき台)

従来① 診断項目の組み合わせによる緊急度の判定

- これまで、診断項目(腐食、たるみ、管1本毎のクラック等)の組み合わせ(複数項目への該当性)により緊急度を判定してきたが、単独の診断項目で著しい異状が確認されても、緊急度Ⅰと判定されない場合あり。
- また、管1本毎のクラック等を診断し、スパン中の管の本数に応じて算出する不良発生率に基づき、スパン全体のランク付けを行ってきたが、計算方法が複雑である上、不良発生率を介在させることがかえって考察をせず機械的に診断することを助長するおそれもある。

見直し① 診断項目毎に健全度を直接的に診断する基準へ見直し(ランク付けの介在の廃止)

- ランクの考え方や、管の本数に応じた不良発生率の考え方を廃止し、**診断項目毎に最も異状の程度が著しいもので健全度を診断する。**なお、管渠の異状箇所に対する**修繕・改築の範囲については、経済比較等を踏まえて検討する。**

緊急度	従来の判定基準	健全度	診断項目毎に健全度を判定
I	廃止 ランクAが2項目以上	IV	(従来のランクAが1項目以上に相当)
II	ランクAが1項目もしくは ランクBが2項目以上	III	(従来のランクBが1項目以上に相当)
III	ランクBが1項目もしくは ランクCのみ	II	(従来のランクCが1項目以上に相当)

廃止

ランク (スパン全体での評価)	判定の基準 (不良発生率)
A	「aランク20%以上」もしくは「aランク+bランク40%以上」
B	「aランク20%未満」もしくは「aランク+bランク40%未満」 もしくは「aランク+bランク+cランク60%以上」
C	「aランク、bランクがなく、cランク60%未満」

廃止

$$\text{不良発生率} = \frac{a, b, c \text{ ランクごとの合計本数}}{1 \text{ スパンの管渠本数}} \times 100(\%)$$

例)スパン延長50m、管本数25本、不良本数11本(aランク6本、bランク3本、cランク2本の場合、下式により不良発生率はAランクとなる。
不良発生率 aランク = $(6/25) \times 100 = 24\% \rightarrow$ Aランク
bランク = $(3/25) \times 100 = 12\%$
cランク = $(2/25) \times 100 = 8\%$

従来②施設の状態で着目した診断

- 管路内面の異状(鉄筋露出や骨材露出、表面の荒れなどの外見上の変状)が確認された場合、そこばかりに着目して「腐食」と一括りに診断される場合がみられた。
- 「腐食」には、下水道施設特有の硫化水素起因の腐食や、「中性化」や「塩害」による鉄筋腐食、「摩耗」や「風化」による骨材露出や表面の荒れなどがある中で、外見での状態のみの評価となっている。

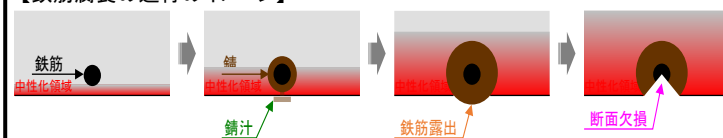
見直し②「腐食」の原因や進行性を考慮した診断基準へ見直し

- 平時や点検調査時に硫化水素ガス濃度やpHを計測することで、「腐食」の原因や進行性を考慮し、「**硫化水素による腐食**」か、「**中性化や塩害による腐食もしくは摩耗・風化**」に分類して診断する。**診断やその記録をもとに、特に硫化水素による腐食に対して防食対策等を的確に行えるようにする。**

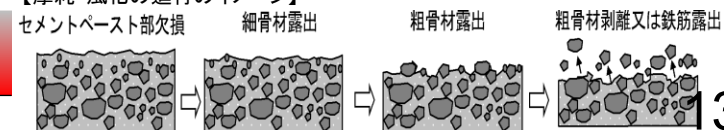
【腐食の判定基準(議論用たたき台)】

健全度 診断項目	IV	III	II	原因	要議論
硫化水素による腐食	鉄筋が露出した状態	骨材が露出した状態	表面が荒れている状態	硫化水素に起因する コンクリートの硫酸腐食	
硫化水素以外の腐食等 (中性化や塩害、 摩耗や風化)	鉄筋が露出した状態 または 断面が欠損している状態	骨材が露出した状態	腐食した鉄筋の錆汁が 発生している状態 または 表面が荒れている状態	中性化や塩害に起因する 鉄筋の金属腐食 流水や風化に起因する コンクリートの粗化	

【鉄筋腐食の進行のイメージ】



【摩耗・風化の進行のイメージ】



3-1. (2) 鉄筋コンクリート管等の診断基準の見直し(議論用たたき台)

		健全度		IV	III	II	I	
異常の区分	発生部位	診断項目						
機能的異状	本管部	上下方向のたるみ	管渠内径1650mm以上 3000mm未満	内径の1／4以上	内径の1／8以上	内径の1／8未満	要議論	
構造的異状	本管部	硫化水素による腐食		鉄筋が露出した状態	骨材が露出した状態	表面が荒れている状態		新規 変更 項目
		硫化水素以外の腐食等 (中性化や塩害、摩耗や風化)		鉄筋が露出した状態 または 断面が欠損している状態	骨材が露出した状態	腐食した鉄筋の錆汁が 発生している状態 または 表面が荒れている状態		
		クラック	軸方向	破 損 または 最大幅5mm以上	最大幅2～5mm	最大幅2mm未満	異状なし	
			円周方向	最大幅5mm以上				
		継手部	管の継手ズレ		脱却	幅70mm以上		幅70mm未満
管理的異状	本管部	油脂の付着		内径の1／2以上閉塞	内径の1／2未満閉塞	—		
		モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満		
	取付管 接続部	取付管の突出し		本管内径の1／2以上	本管内径の1／10以上	本管内径の1／10未満		
複合的異状	—	浸入水		浸入水が噴き出ている	浸入水が流れている	浸入水がにじみ出ている		
		樹木根侵入		内径の1／2以上閉塞	内径の1／2未満閉塞	—		

論点

例えば、クラックに対してその進行を抑えるために必要な応急措置として補修材を充填したとき、当該クラックの周辺を含め異状がないように見えたとしても構造耐力など構造上の安全性や機能が完全に回復しているとは限らないと考えられる。
このような応急措置を施した後の診断の考え方として、目視による状態の把握のみをもって健全度を診断することの課題に対して診断の仕方をどのようにすべきか。

3-1. (3) 硫化水素ガス濃度の測定方法

硫化水素ガス濃度の測定方法(年間平均濃度の場合)

- 夏季と冬季など、それぞれで硫化水素ガス濃度を測定
- 各季節における測定日数は1カ月程度必要
- 連続モニタリングが可能な拡散式硫化水素測定器を用いて24時間以上実施(5～10分間隔を基本)
- 年間平均硫化水素ガス濃度は、24時間以上連続測定した累積硫化水素ガス濃度を測定期間で除した値



腐食環境条件の分類

- 腐食環境条件はⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に分類
- 腐食環境条件の設定には年間平均硫化水素ガス濃度を使用

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-

分類	腐食環境条件	摘要
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、腐食が厳しい環境(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
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
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

平均硫化水素ガス濃度と劣化速度の相関(参考)

- 平均硫化水素ガス濃度と供用年数を指標としたコンクリートの腐食深度の経験式

出典: 89-017 技術開発部報告 猪名川流域下水道施設の防食設計に関する調査報告書(平成2年3月)

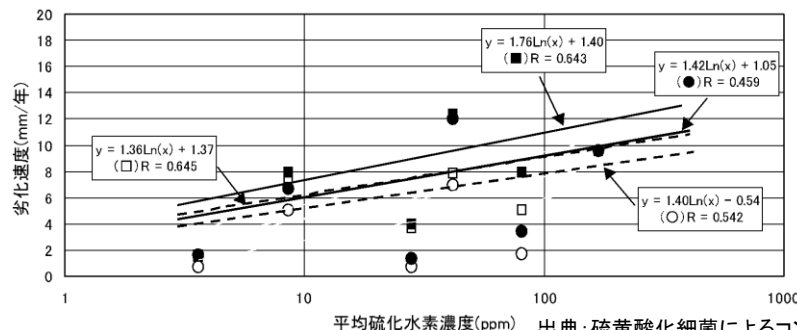
$$d = 1.33 \cdot (C \times T)^{0.5}$$

ただし、d: 腐食深度(mm)

C: 平均硫化水素ガス濃度(ppm)

T: 供用年数(年)

- モルタル供試体暴露試験で得られた腐食速度



最大で

- 平均硫化水素ガス濃度が 10ppm の場合 … 約4mm/年
- 平均硫化水素ガス濃度が 50ppm の場合 … 約7mm/年
- 平均硫化水素ガス濃度が 100ppm の場合 … 約11mm/年

同程度

出典: 硫黄酸化細菌によるコンクリート劣化の補修・防食工法に関する技術開発(防菌剤を用いた省力化施工に適した材料の開発)共同研究報告書(平成10年3月)

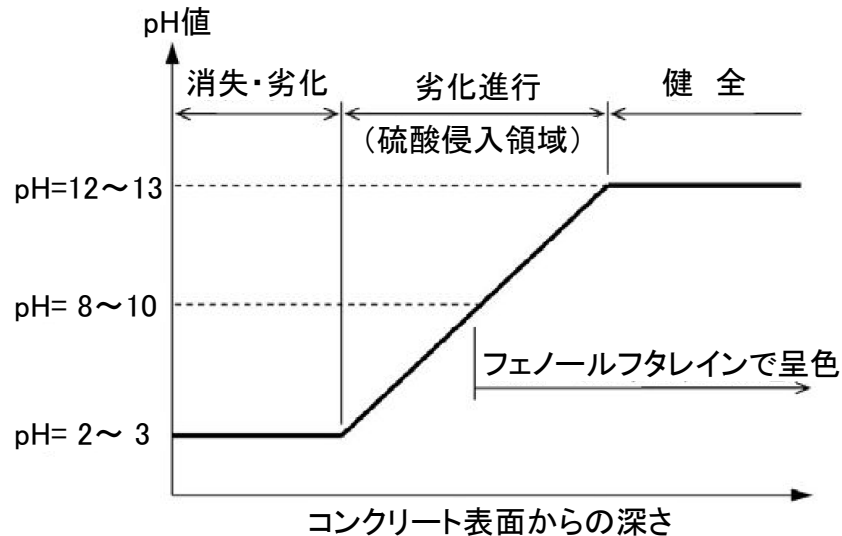
3-1. (4) 水素イオン濃度(pH)の測定方法

測定目的(コンクリート表面のpH測定)

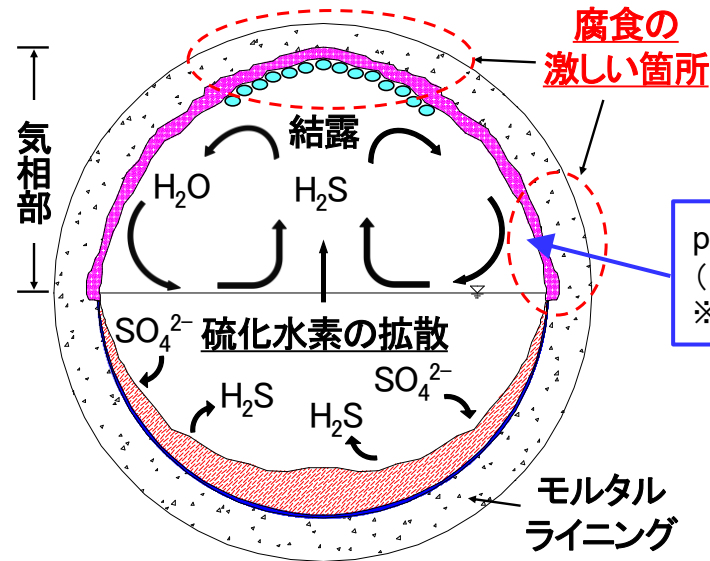
コンクリート表面の荒れ等が、二酸化炭素による中性化ではなく、硫酸による腐食であることの確認

測定方法(コンクリート表面のpH測定)

- 健全なコンクリートは $\text{pH}=12\sim13$ の強アルカリ性
 - 硫酸によって腐食した場合には pH が低下
 - pH の変化を pH 試験紙によって確認
 - ・ pH 試験紙を管壁の湿潤部に押し当てる
 - ・ pH 試験紙の色の变化から pH を読み取る
- ⇒ 硫酸による腐食かを判断



出典: 下水道管路施設の点検・調査マニュアル(案)(平成25年6月)



pH測定の位置の例
(管壁の湿潤部に押し当てる)
※下水の pH を測定するのではない

※左図は断面の模式図であるが、管路内で発生した硫化水素が管軸方向にどのように移流・拡散し、管路にどのように作用するのかは、硫化水素への対応を考える上で重要と考えられる。



pH試験紙

3-2. (1) シールド管の構造

■シールドの構造

①シールド工法

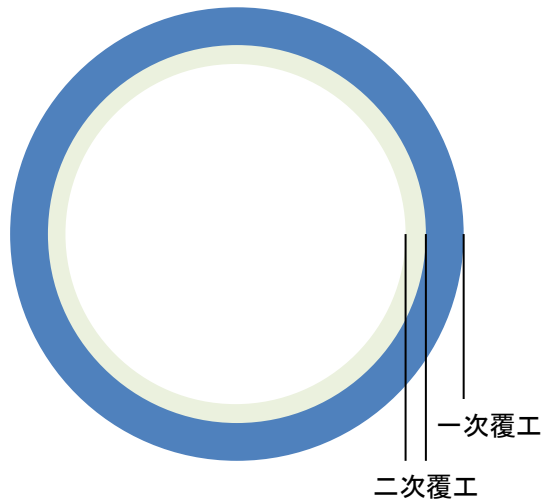
泥土又は泥水で切羽の土圧と水圧に対抗して切羽の安定を図り、シールドを掘進させ、覆工を組み立て地山を保持し、トンネルを構築する工法

②覆工

基本的に、一次覆工と二次覆工で構成されている。

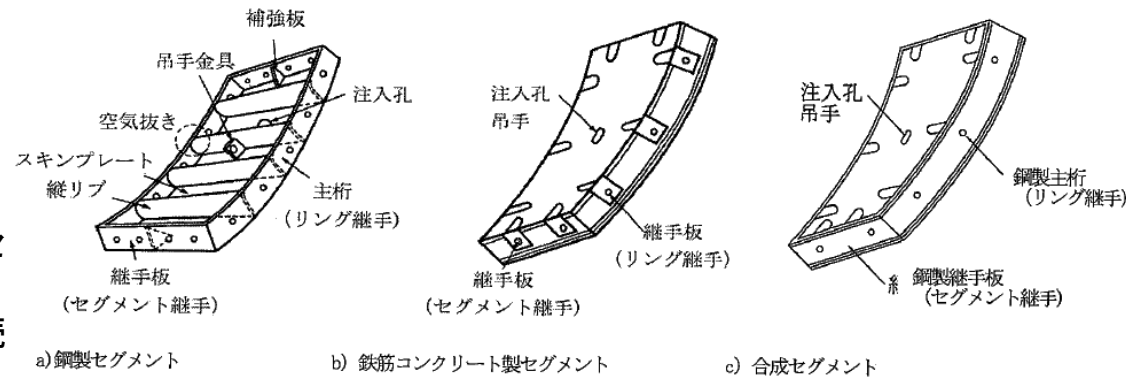
一次覆工：シールドトンネル周辺地山の土圧と水圧を受け、トンネル内空を確保している。一次覆工は、セグメントを組み立てた構造物である。セグメントは、横断方向の継手(セグメント間継手)と縦断方向の継手(リング間継手)で接続している。

二次覆工：一次覆工の内側に構築され、**水密性や防食性の確保**のために構築される。主に、**現場打ち(無筋)コンクリート**が用いられている。



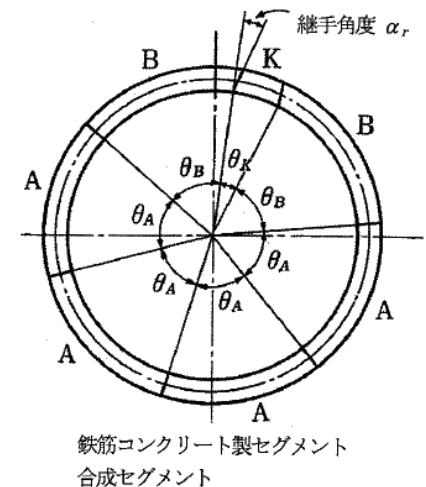
③セグメント

シールドトンネルの一次覆工に用いる工場製品の部材。一般に鉄筋コンクリート製、鋼製、これらを合成した製品等を用いる。



④セグメントリング

セグメントリングは、A、B及びKセグメントで構成されている。Kセグメントが最後に挿入する部材であり、半径方向や軸方向から挿入するタイプがある。



参考：トンネル標準示方書 2016

3-2. (1) シールド管の構造(参考)

一次覆工: 一次覆工は、トンネルに作用する土水圧、自重、上載荷重の影響、地盤反力などに耐える主体構造であるとともに、ジャッキ水力、裏込め注入圧などの施工時荷重にも耐えるなどの力学的な機能を要求され、また、組立ての確実性、作業性および維持管理のしやすさについて、考慮する。工場製品であるセグメントをトンネル横断方向および縦断方向にボルト継手部等で連結し形成するのが一般的である。

二次覆工: 二次覆工は、一般に現場打ちコンクリートを一次覆工の内側に巻きたてて構築される。二次覆工が持つべき機能は、①セグメントの防食、②防水、③線形の確保、④内面平滑性の確保、⑤摩耗対策、⑥セグメントの補強および変形防止、⑦浮き上がりの防止、⑧防振、防音、⑨耐火、⑩内部施設の設置、固定、⑪隔壁等である。

解説 表 2.10.1 トンネルの用途別二次覆工の機能(参考)

	下水道 (汚水)	下水道 (雨水)	下水道 (合流)	電 力	通 信	ガ ス	共同溝	地下 河川	鉄 道	道 路
① セグメントの防食	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
② トンネルの防水	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
③ 線 形 の 確 保	◎	◎	◎	—	—	—	—	◎	—	—
④ 平 滑 性 の 確 保	◎	◎	◎	—	—	—	—	◎	—	—
⑤ セグメントの補強	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
⑥ 浮 上 防 止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
⑦ 内部施設の設置	—	—	—	◎	◎	◎	◎	—	◎	◎
⑧ 隔 壁 *1	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○
⑨ 摩 耗 対 策	○	◎	◎	—	—	—	—	◎	—	—
⑩ 防振・防音(参考)	—	—	—	—	—	—	—	—	◎	—
⑪ 耐 火 (参考)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◎

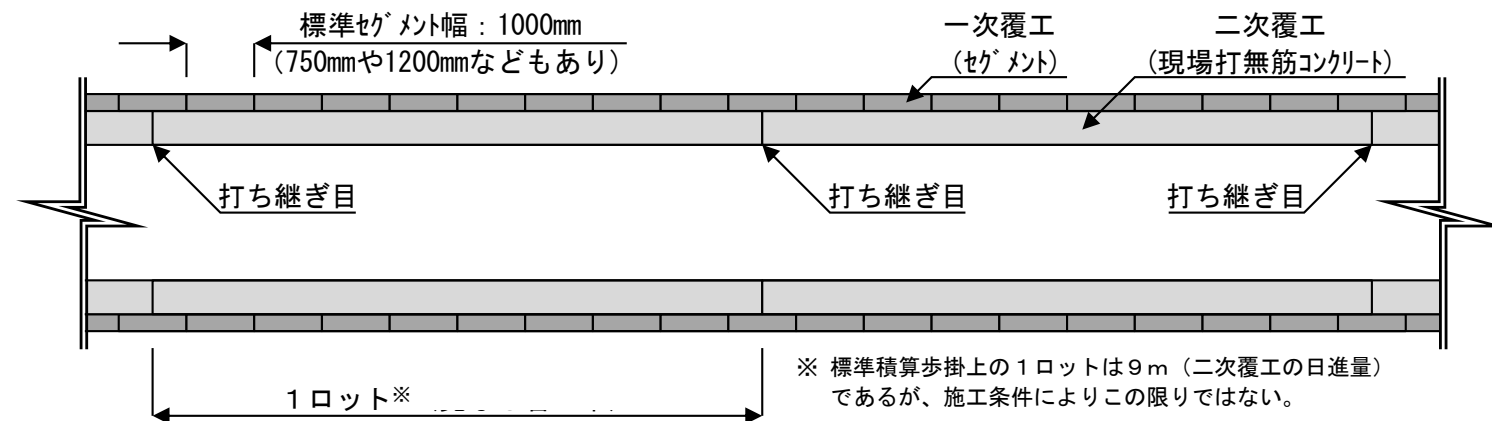
※ ◎は主目的である機能。○は付加的あるいは特殊な場合の機能。

*1 上表の隔壁は、本示方書の仕切り壁と同一の機能を示す。

3-2. (2) シールド管の診断基準(議論用たたき台)

- 「腐食」の判定基準は、二次覆工の「あり」「なし」や一次覆工の部材の違いにより、区分する。
- 二次覆工は一次覆工の「防食性」と「水密性」を確保するための重要な役割を担っていることから、二次覆工「あり」の場合の診断対象は二次覆工とする。
- 内径や部材厚を測定・記録し、経時的な変化量を把握することに努める。

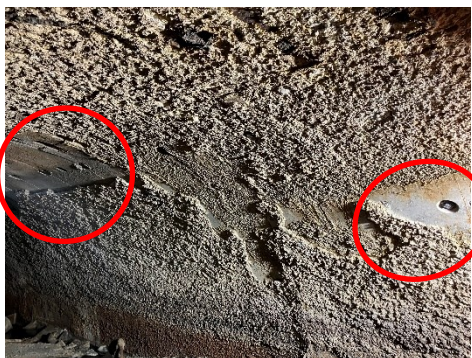
➤ シールド管のマンホール間は長距離であり、部分的な対策が合理的となる場合もあることから、細分化することも有効。その場合、二次覆工には継手がないことから、二次覆工の打ち継ぎ目を1ロットとして扱うこともひとつの方法か。



シールド管の縦断図イメージ

3-2. (3) シールド管の診断基準(議論用たたき台)

健全度				IV	III	II	I	
異常の区分	発生部位	異常の種別						
有無と 質により 細分化	構造的異常	本管部	硫化水素による腐食 なのか、 中性化や塩害による鉄筋腐食 または 摩耗・風化 なのかを分類	鋼製セグメント	部材厚が減少し 一次覆工が露出した状態 または 一次覆工が腐食して 発錆した状態	部材厚が減少し 二次覆工の 骨材が露出した状態	二次覆工の 表面が荒れた状態	異常なし
				コンクリートセグメント	部材厚が減少し 一次覆工が露出した状態 または 一次覆工が腐食して 継手部から発錆した状態			
				二次覆工なし 〔二次覆工省略型〕 ミニシールド等	(要検討)	部材厚が減少し 一次覆工の 骨材が露出した状態	一次覆工の 表面が荒れた状態	
		クラック	軸方向	破 損 または 最大幅 5mm以上	最大幅 2 ～ 5 mm	最大幅 2mm未満		
			円周方向	最大幅 5mm以上				
管理的異常	本管部	異物混入		調査時に撤去が不可能 (別途、撤去が必要)	—	—	油脂やモルタル 付着を一括化	
複合的異常	—	浸入水		浸入水が噴き出ている	浸入水が流れている	浸入水がにじみ出ている		



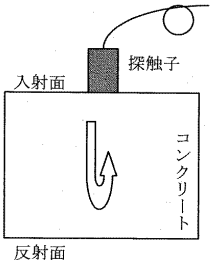
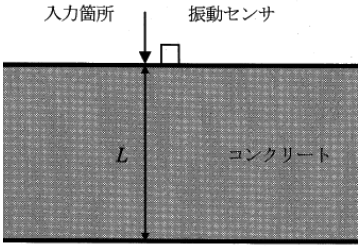
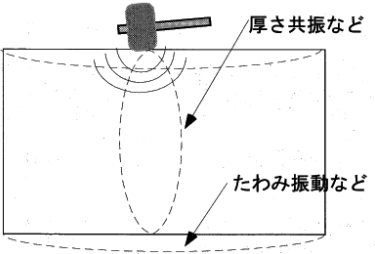
目視したコンクリートの覆工種別（一次覆工か二次覆工）の判別方法（例）

- ①粗密の違い : 相対的に一次覆工の方が密実なため、コンクリートの色や粗骨材の大きさ等から、目視により判別が可能。
- ②強度の違い : 相対的に一次覆工の方が強度が高いため、コア抜きや非破壊による圧縮強度試験により判別が可能。
- ③腐食耐性の違い : 一次覆工と二次覆工の付着力はほとんどないため、自重により剥落することがある。その場合、相対的にコンクリート腐食に強い一次覆工の内側の平滑面を保持したまま露出。
- ④管の腐食量 : 管の腐食量や部材圧の減少を計測する。

3-2. (4)コンクリート部材厚さの評価方法

■コンクリートの部材厚さの評価方法

コンクリートの品質や変状を評価する方法として、弾性波に基づく試験方法があり、弾性波の入力方法及び受信方法により、超音波法、衝撃弾性波法、打音法に分類される。

試験方法	部材厚さ評価方法	概要図	管路調査適用性
超音波法	コンクリート表面に接触された、主に圧電効果を利用した探触子から発信した弾性波を、同じくコンクリート表面に接触させた探触子による受信する方法である。探触子が一面した設置できない場合、一探触子一面配置で部材厚さを評価する。		○
衝撃弾性波法	コンクリート表面に振動センサにより、入力装置から発信した弾性波を受信する方法である。部材厚が不明の場合には、伝搬時間差を利用する方法や、部材厚が既知の場合には、多重反射の周波数特性を利用する方法がある。		○
打音法	ヘッドに先端にセンサが内蔵されているインパルスハンマにより、コンクリートを打撃し、コンクリートとハンマが発生する打音をマクロホンで取得する方法である。		△ 部材厚300mm まで

3-2. (5) 中大口径管内表面状態評価技術(参考)

事業実施者

シャープ株式会社、株式会社カンツール共同研究体

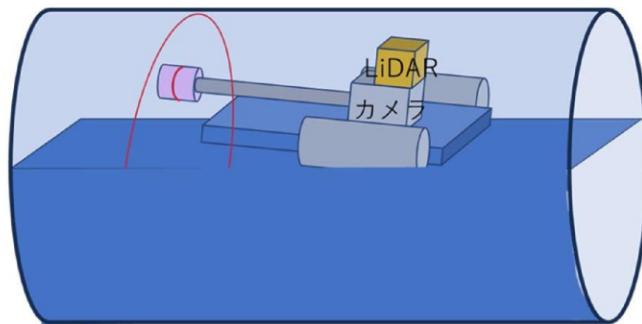
実証概要

従来技術の小口径管向けの管内精密解析システムにLiDARを追加し、自己位置推定技術等を用いて、測定機器の管に対する位置や姿勢にかかわらず、得られた計測データとそれが得られた管内の位置を対応させ、マップを作成する技術の実証を行う。従来技術では評価が難しかった環境にある下水道管、例えば流水のある中大口径下水管腐食の進行度の評価を効果的かつ効率的に行う事を目的とする。

提案技術の概要

中大口径管内表面状態評価技術

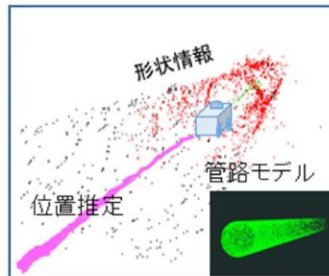
中大口径管/流水のある管



測定結果



管の腐食量のマップ



カメラ+LiDAR
による管路内
自己位置推定技術

姿勢/位置補正

提案技術の革新性等の特徴

①カメラとLiDAR情報からの管路内自己位置推定技術

管内壁の汚れや凹凸を特徴点とする管路内自己位置推定技術

②測定装置の管に対する位置や向きの制限が無く計測可能。

管に対して測定機器の位置、姿勢の制約が難しい中大口径管や、更にフロートを使わないと測定できない流水のある管に対しても計測が可能。

③LiDARやカメラを使用した管路内点群生成および変化量の計測

レーザー光源と測定対象物との距離が、仮定を置かなくても計測可能。

1. 現時点で得られた知見の整理

- 1-1. 「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」での議論について
- 1-2. 「下水道管路の全国特別重点調査」の結果等について
- 1-3. 「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」の中間とりまとめについて

2. 点検・調査・診断に関する基準等について

- 2-1. 診断区分の見直しについて
- 2-2. 点検・調査の高頻度化について
- 2-3. 点検・調査方法の高度化について
- 2-4. 診断の質の確保に向けて
- 2-5. 維持管理情報の管理について

3. 個別の診断基準等について

- 3-1. 鉄筋コンクリート管等の診断基準について
- 3-2. シールド管の診断基準について

4. 施工困難箇所における緊急的な対策事例

4. 施工困難箇所における緊急的な対策事例(埼玉県)

- 埼玉県では、全国特別重点調査において腐食が進んでいる箇所が確認されたが、特に腐食の進行が顕著な箇所において、常時流量が多く水位が高いなどの理由により直ちに管渠の改築が困難である場合、管渠の破損やそれに伴う陥没の発生を未然に防ぐため、緊急措置として管渠周囲に地盤改良を実施しつつ、管渠の改築を検討・実施。

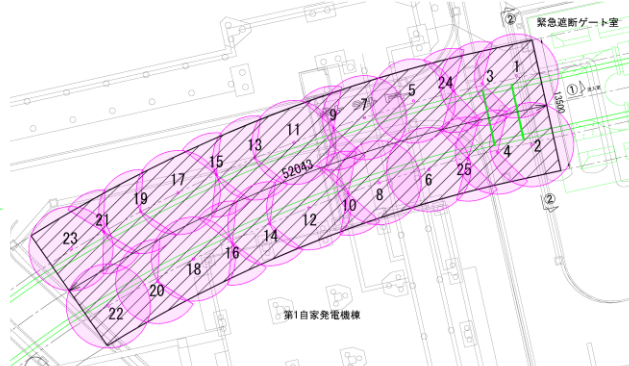
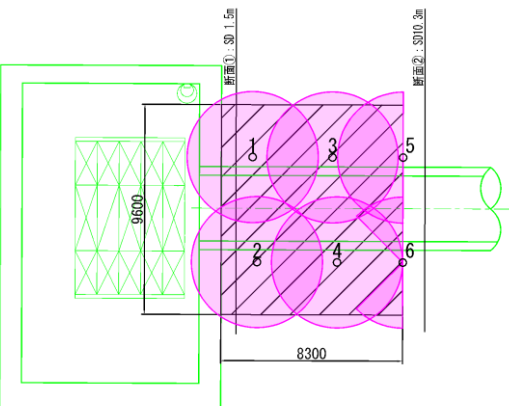


チュウ6付近

水循環センター流入部

平面図

平面図



ケース	モデル図	評価
ケース① □型		支持力安定、地下水対策などが可能 ○ (双方の箇所で採用)
ケース② 門型		上部土砂の支持、地下水の流入防止などに問題あり ×