

水道施設の維持管理手法への MR 適用に関する実証

藤本 真世*1・宮島 朗*2・金野 幸治*3

高度経済成長期に急速に整備された構造物の経年劣化が進んでおり、たとえばトンネルの天井板が崩落した事例などをきっかけとして、維持管理の重要性が着目されている。建設業界の人手不足は深刻化していることから、構造物の維持管理は合理的かつ簡易的な手法が求められている。コンクリート建造物のひび割れや剥落などの劣化は、いち早く発見することが重要である。しかし、トンネルや橋梁についてはすでに ICT や AI などを用いた開発が進んでいるが、水道施設は利用事例が少ないのが現状である。

本稿では、複合現実 (Mixed Reality: MR) 技術を、水道施設構造物の維持管理の合理化、簡易化に役立てることを目的とした維持管理手法を提案し、この手法の適用性検証のための実証実験について述べる。実証実験の結果、想定していた機能については適用が可能だと考えられるが、天候により性能が左右されるなどの課題も見つかった。

キーワード：MR, 複合現実, 維持管理, 水道施設

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期に急速に整備されたさまざまな構造物や施設が老朽化しており、維持管理において大きな課題となっている。これらの構造物は短期間に急速に整備されたため、保守点検の必要な構造物が増大している一方、人手不足、資金不足が深刻化しており、より点検や修繕などの維持管理の合理化、簡易化が求められている^{1,2)}。トンネルや橋梁の点検作業では ICT や AI の活用が進み、飛行ロボットやドローン、センサーなどを利用し、非破壊検査を行うなど、効率的な維持管理手法の適用が進められている^{3,4)}。しかし、PC タンクをはじめとする水道施設については規模の小さい水道事業者が多く、トンネルや橋梁と比べ保守点検が進んでいないのが現状である。水道施設は、日常点検を数週間～数か月ごと、定期点検をおおむね 5 年に 1 回以上の頻度で行うこととされている。点検は目視を基本として、ひび割れや剥離、腐食、漏水を確認するが、事業者によって点検期間や点検方法に幅があり、一律化されていない。

そこで、構造物の点検業務を合理化、一律化するため、MR を用いた水道施設の維持管理システム (以下、維持管理システム) を開発し、本実証実験で維持管理システムの適用性を検証した。本稿ではその結果から得られた考察、今後の課題を報告する。

2. 維持管理システムの概要

維持管理システムの構成は、Microsoft 社のゴーグル型ウェアラブルデバイス (以下、デバイス) と、デバイスに対応して開発した専用ソフト (以下、ソフト) である。デ

バイスは拡張現実 (Augmented Reality: AR) や仮想現実 (Virtual Reality: VR) を包含するともいわれる MR を可能にする、世界初の自己完結型ホログラフィックコンピューターであり、現実世界に高解像度ホログラムを投影し、操作することができる。図 - 1 にデバイスの全体像、写真



a) 全体像



b) 斜め前から撮影

図 - 1 デバイス

*1 Mayo FUJIMOTO : (株) 安部日鋼工業 技術工務本部 技術開発部

*2 Akira MIYAJIMA : (株) 安部日鋼工業 技術工務本部 技術開発部

*3 Koji KONNO : (株) インフォマティクス 事業開発部



写真 - 1 デバイスを装着して操作している様子

- 1 に装着し操作する様子を示す。なお、ソフトはあらかじめ作図した 1/1 スケールの図面を投影させることができる。

2.1 MR とは

AR は、視界を透過するゴーグルを用い、現実世界に情報を重ね合わせることでデジタル情報を表示する。また、VR は、視界を覆う没入型のゴーグルを用い、完全にデジタル映像の世界に入り込む。一方、MR は一見 AR に似ているが、AR は現実世界に仮想現実を表示しているのに対し、MR は仮想現実中に現実世界の情報を表示しており、現実世界の形状などをデバイスが把握し、それらにデジタル映像を重ね合わせることができる。さらに、利用者の動きに、その重ね合わせたデジタル映像（ホログラム）をシンクロさせることができるため、表示させたホログラムを、立体物として動きながら見ることができる。また、そのホログラムを操作することで、拡大収縮させるなど、自在に操ることができる⁵⁾。

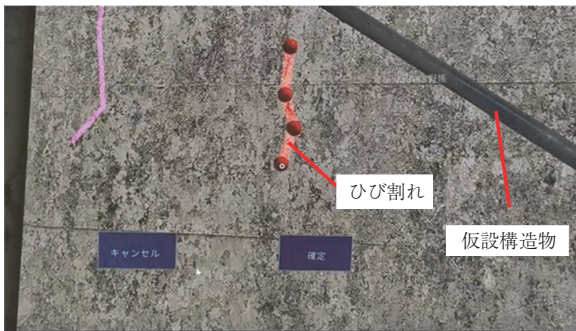


図 - 2 ひび割れの記録

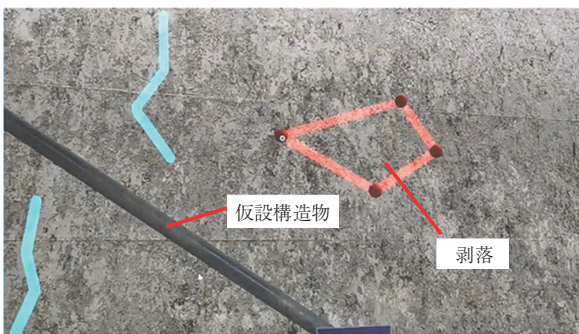


図 - 3 剥落の記録

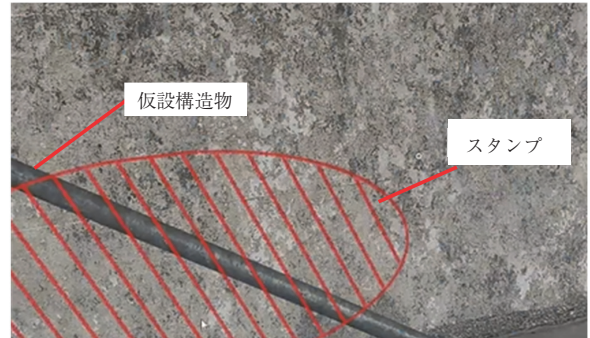


図 - 4 スタンプの記録

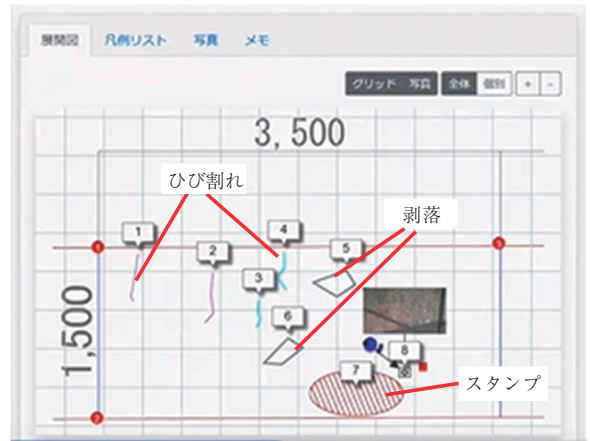


図 - 5 図面への記録

2.2 維持管理システムの特徴

維持管理システムでは、水道施設の経過観察の効率化を目的としている。具体的には、全国の事業所で点検内容と頻度を一律化することにおいて、管理者の負担を軽減することができると考えられる。また、点検を合理化し、簡易化することで作業者の負担を減らすことができると考える。さらには、災害発生時には、緊急点検においてひび割れや剥落の発生や進展が迅速に確認でき、対策の早期判断が可能と考えられる。

(1) ひび割れ

ひび割れは、デバイス装着者がディスプレイ越しにひび割れ部分を指でなぞるように操作することでデータが記録され、集計される。図 - 2 にその様子を示す。たとえば、幅 0.2 mm 長さ 50 mm のひび割れに対して、0.2 mm の線を設定し、指でひび割れをなぞると、そのひび割れに識別番号、位置、幅、長さが記録される。点検を重ねることで、長さや幅の経時変化も記録される。

(2) 剥落

剥落部分を多点で囲むと面積が算出され、識別番号、位置と合せて記録、集計される。ひび割れと同様、面積の経時変化も記録される。図 - 3 にその様子を示す。さらに、複数の剥落を記録した場合、総面積の集計も可能である。

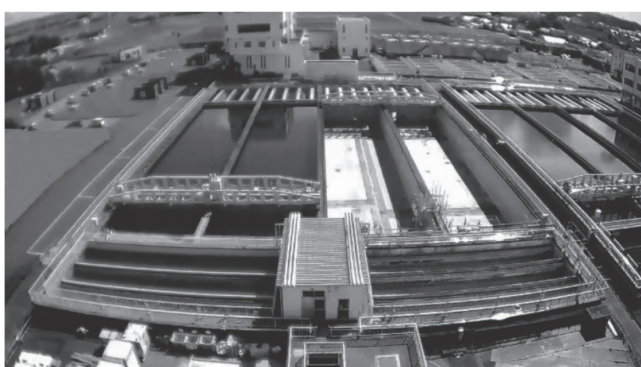
(3) 写真とメモ

維持管理システムでは、写真を撮影すると図面上で撮影した位置、方向、日時が記録される。また、ひび割れや剥

落以外の変状、判断ができない変状が見られた際に、スタンプで位置情報を記録することができる。図 - 4 にその様子を示す。メモを画面に残したい場合は音声で入力することが可能である。なお、ひび割れや剥落、写真、スタンプの記録情報は統合されたデータとして自動的に内部格納されている。その様子を図 - 5 に示す。図内の青いマークはデバイスの位置と向きを示し、赤い四角のマークはデバイスの注視点を示す。加えて、表示されている写真とその矢印は撮影した位置と向きを表している。

3. 実証実験について

本実証実験は千葉県木更津市に位置する大寺浄水場内にある沈でん池で行った。写真 - 2 に沈でん池の全体像を示す。a) は浄水場内にある沈でん池の全体像、b) に本実証実験を行った際の沈でん池の様子を示す。



a) 実験フィールド (施設運用時)



b) 実験フィールド (実験時)

写真 - 2 沈でん池

3.1 実験内容

本実験では沈でん池の中に入り、コンクリート製の壁面に MR データを投影した。MR データは躯体の外形と内部の鉄筋を 3D 構築したものである。実際の沈でん池にはひび割れや剥落などは生じていないが、壁面にそれらの劣化が生じていると仮定した実験を行った。実験内容としては、点検を想定して、壁面をなぞり仮定したひび割れと剥落を記録し、写真の撮影とスタンプでの記録を行った。

なお、維持管理システムにおいては、構造物内部の配筋などの情報を投影できるが、デバイス装着者以外が装着者が見ている状況を確認するために、Miracast でパソコンに転送し、共有、録画した。

3.2 実験結果

(1) ひび割れ

図 - 2 に示したとおり、適用にあたって想定したひび割れの識別番号、長さ、幅が記録され、位置のずれもないことから適用可能であると判断できた。

(2) 剥落

図 - 3 に示したとおり、適用にあたって想定した剥落の識別番号、面積が記録され、位置のずれもないことから適用可能であると判断できた。

(3) 写真とメモ

図 - 4 に示したとおり、スタンプも問題なく記録されていた。また、図 - 5 に示したとおり、パソコンの図面上でも正しく記録され、MR の画面でも目的どおりに壁に沿うように表示されていた。

(4) デバイス画像の共有

デバイスで見たものと画像や動画として見るものでは、見え方が異なった。たとえば、デバイスで見える場合は、鉄筋が想定どおり構造物と一体になって見えるなど、奥行きがあり、現実世界と重なっているように感じるが、撮影したものは単眼カメラの映像と MR データを合成しているため、宙に浮いているように見え、鉄筋の位置や奥行きにずれがあり、現実世界との乖離が感じられる状況があった。写真 - 3 に共有した MR 画像を示す。

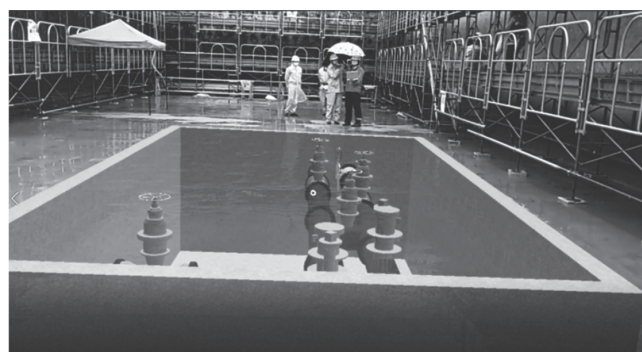


写真 - 3 共有した MR 画像

4. 考察と課題

本実証実験ではひび割れや剥落などの記録を、目的どおりに行うことができた。このことにより、今後維持管理手法の一律化に役立つ技術であると考えられる。また、デバイスを介し実構造物に鉄筋などのデータを表示することも、おおむね問題なく、点検に活用できる技術であると考えられる。

一方で、デバイス装着者以外が画像や動画を見る場合には現実世界と MR データが融合しているようには見えないという課題も得られた。位置の誤差も若干あったが、ハードとソフト両面での改良が望まれる。

また、天候に左右されるという課題も得られた。実験日は大雨と強風の悪天候のなか実施され、MR データがデバイス上で表示される位置がぶれてしまうことがあった。デバイスはその場でセンサーを使い空間認識をするが、センサー部分に付着した雨粒などにより、誤差が生じるのではないかと推測される。

なお、本実証実験の範囲外ではあるが、デバイスは精密機器であるため、水と熱に弱い。使用保証温度は27℃とされており、夏場の使用はかなり厳しい。使用と気温により機械の温度が上昇すると、オーバーヒートを起こし、強制的にシャットダウンすることがある。これについては、開発中の専用の冷却装置を装着し、デバイスを冷やしながらか使用することで解決できる見込みである。また、直射日光があたったり、日差しが強いときに、映し出すデータが反射で見えなくなることがあるが、これについてもデバイスの前面に開発中のバイザーを装着することで解消できる見込みである。

5. おわりに

今回の実証実験結果から、維持管理システムは、水道施設の維持管理における構造物の点検業務を合理化、一律化することに活用できると考えられた。ただし、天候などの影響を受けることも確認され、さまざまな環境への適用に向けた課題が明らかとなった。現場で使用されることを想定し、現在稼働している水道施設で今回の実験を行えたことで、現場で使用されることを想定した問題点を見つける

ことができた。

今後は、水道施設の維持管理の保守点検の一律化、簡易化に貢献できるよう改良していきたい。

謝 辞

本実証実験にご協力いただきました、かずさ水道広域連合企業団ならびに関係者に対し、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 小田部 貴憲, 宮島 朗, 石井 豪, 金野 幸治: MR 技術を利用した維持管理システムの PC タンクへの適用性検証報告, プレストレストコンクリート工学会 第 28 回シンポジウム論文集, pp.65-68, 2019
- 2) 水道の現状と水道法の見直しについて: <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10601000-Daijinkanboukouseikagakuka-Kouseikagakuka/0000195380.pdf> (2020.10.12)
- 3) 湊 太郎, 牛島 栄: 道路トンネルの維持管理の現状と関連する技術開発動向, それらの課題, 青木あすなろ建設 技術研究所報 第 4 号, pp.8-16, 2019
- 4) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 (国立研究開発法人 科学技術振興機構 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)): <http://www.jst.go.jp/sip/k07.html> (2020.10.12)
- 5) Mixed Reality (複合現実) とは何か? Microsoft HoloLens が切り拓くビジネスの新ステージ 日経ビジネス: <https://special.nikkeibp.co.jp/atclh/NBO/17/microsoft0419/p5/> (2020.10.12)

【2020 年 11 月 13 日受付】



新刊案内

第 29 回 プレストレストコンクリートの 発展に関するシンポジウム 論 文 集

(令和 2 年 10 月)

DVD 版論文集 : 定価 12,222 円 (税込), 会員特価 8,000 円 (税込) / 送料 300 円
体 裁 : プラスチック DVD ケース入り
書籍版論文集 : 定価 12,222 円 (税込), 会員特価 10,000 円 (税込) / 送料 1,000 円
体 裁 : B5 判, 箱入り