

## 令和7年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「水陸両用ドローンと ISV カメラを組み合わせた地下トンネルの無人点検診断システムの技術研究開発」
<b>研究代表者</b> ・氏名(ふりがな):佐藤靖彦(さとうやすひこ) ・所属、役職:早稲田大学創造理工学部社会環境工学科, 教授
研究期間:令和7年4月～令和10年3月
<b>研究参加メンバー(所属団体名のみ)</b> 早稲田大学、炎重工株式会社、ジオサイン株式会社
<b>研究の背景・目的</b> 対象とする外郭放水路は、過酷な環境に置かれており、人による目視点検は極めて困難である。本研究では、自動化した点検から診断までを一体として行うことができるトンネルの無人点検・診断システムを構築する。構成する各技術を、点検と診断に関する研究項目に分け、「点検」では、自動走行水陸両用ドローン技術、ISV カメラ(360度カメラや3次元カメラ)による自動撮影技術、変状の自動抽出技術の研究を行い、「診断」では損傷機構の推定と対策の要否判断の研究を行う。
<b>研究内容(研究の方法・項目等)</b>  <b>I 点検に関する技術開発</b> <b>【1】自動走行水陸両用ドローン技術</b> ISV カメラとのバランスを考えた機体の改良と予想される土砂及び水の中での走行性の確保できる自動走行可能なドローンを開発する。 <b>【2】ISV カメラによる自動撮影技術</b> 内径 10m の大断面及び暗所であるトンネルを 360度と3次元カメラにより、ドローンの自動走行に合わせて自動撮影できるようにする。 <b>【3】変状の自動抽出技術</b> ISV は3次元のサイバー空間であるため、ここから変状が抽出可能な2次元画像に対する異常検知 AI と3次元点群データを用いた解析法を開発する。  <b>II 診断に関する技術開発</b> <b>【1】損傷機構の推定と変状の定量評価</b> 変状箇所の状態と3次元的な位置関係及び3次元有限要素解析を組み合わせた検討を通じて、劣化・損傷機構を明らかにする。 <b>【2】対策の要否判断</b> 劣化・損傷機構を基に変状と健全度とを結びつけ、措置の必要性の判断(対策の要否判断)ができるようにする。

## 令和7年度 研究成果の概要(2/2)

### 研究成果の概要

本年度の研究で得られた主な知見と成果を以下に示す。

- (1) 首都圏外郭放水路での現地調査を実施し、現状の点検手法の課題や現場環境、発生している変状を整理し、3次元有限要素解析を通して発生している劣化・損傷について分析した。図1は、解析により得られた単位幅あたりのセグメントの内圧による変形性状を示す。止水材の剥離とコンクリート片の剥落が観察されている位置と変形が大きな位置が一致していた。すなわち、劣化・損傷が発生している要因は、内水圧の作用に起因する可能性が高い。
- (2) トンネル内は想定以上に過酷な環境にあり、当初想定していた水陸両用ドローンでは、3年間という期間では目的を達成できないと判断した。そのため、江戸川河川事務所との意見交換を通じて、点検時にトンネル内に一定の水を溜めることを前提とし、水上ドローンを活用する方針に変更した。
- (3) 水上ドローンの載せる、現地環境に最適な360度カメラと投光器の選定し、それら投光器と360度カメラを搭載した水上ドローンの試験運行を実施し、真っ暗なトンネル内においても鮮明なデータが得られることを確認した(写真1)。その際、走行経路や撮影設定、投光器の配置などにおいても最適な条件設定を見出すことができた。加えて、正常な画像のみを使用した教師なし学習に基づく、オートエンコーダーを用いた異常検知AIが、外郭放水路トンネル壁面に適用できることを明らかにした。また、撮影したデータを効果的に処理し、視覚的に分かりやすい形式で出力することが可能になった(図2)。
- (4) 最終的に、本研究において開発すべき点検・診断システムの全体像を明確にした。そして、近年開発された新たな制御法を用いた自動運転が可能な水上ドローンの開発に着手した。

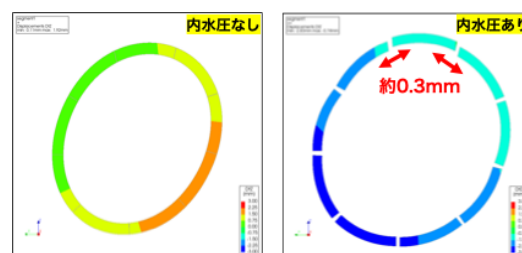


図1 有限要素解析結果



写真1 水上ドローンに搭載した  
360度カメラで撮影し画像

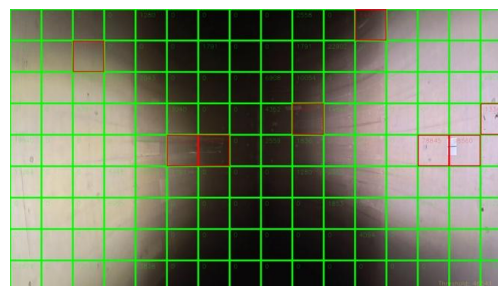


図2 異常検知AIによる  
変状の自動検出結果  
(赤枠が変状箇所)