

栈橋上部工点検用 ROV および点検診断支援ソフトによる点検作業の効率化

港湾空港技術研究所 正会員 ○野上 周嗣, 加藤 絵万
田中 敏成

1. 目的

栈橋上部工の点検では、点検者の安全を確保しながら短時間で部材の変状を把握できる技術の開発が望まれている。著者らは、栈橋上部工点検用 ROV（以下、点検用 ROV）および点検用 ROV やビデオカメラ等による撮影画像で生成した 3 次元画像から変状の抽出、劣化度判定、点検帳票の作成を効率的に行うための点検診断支援ソフト（以下、支援ソフト）を開発している。本論文では、実構造物において確認した開発技術の作業能力および支援ソフトで行った劣化度判定について報告する。

2. 栈橋上部工点検用 ROV および点検診断支援ソフトの概要

点検用 ROV の主な仕様を表-1 に、外観を写真-1 に示す。点検用 ROV の特徴は、GPS 等の衛星測位技術が利用できない栈橋下面において、自機の位置を推定しながら撮影できることである。これにより、位置情報（座標系）を付加した画像データの取得や、鋼管杭や浮遊物等の障害物への衝突を回避する機能の付加が可能となっている¹⁾。支援ソフトでは、既製の SfM/MVS ソフトウェアにより点検用 ROV の撮影画像から生成した 3 次元画像のほか、施設情報（各部材の寸法形状、鋼管杭位置など）等を入力情報として用いる。支援ソフトにこれらの情報を読み込ませると、栈橋上部工の各部材の展開図が自動で生成される。支援ソフトは、栈橋上部工に生じる変状（鉄筋露出、ひび割れ、剥離、遊離石灰など）を想定して、各部材展開図の画像の色相の変化（輝度勾配）からそれら変状の発生が懸念される箇所を自動抽出する機能を有している（図-1）。変状の位置および種類の決定はソフト利用者が行い、変状の決定とあわせて劣化度 a~d を入力する。決定された変状情報と劣化度は展開図に表され、部材毎の劣化度や劣化度集計表とともに帳票として出力できる。

3. 実構造物における作業能力の確認

作業能力の確認は、建設後約 22 年経過した全長 230m の直杭式横栈橋で行った。本施設は 10 ブロック（1 ブロック当たり長さ 23m、幅 23m）で横栈橋 1 施設を構成している。本確認では、点検用 ROV および従来方式による現地作業および室内作業に要した時間を比較した。点検用 ROV の現地作業は撮影（3 日間で 10 ブロック）、室内作業は既製の SfM/MVS ソフトによる 3 次元画像生成および支援ソフトを使用した展開画像生成、変状図作成、劣化度判定を行った。従来方式の現地作業は船上目視点検（1 日で 1 ブロック）、室内作業は変状図作成および劣化度判定を行った。

表-1 栈橋上部工点検用 ROV の仕様

項 目	仕 様
カメラ	点検用 DSLR×1 台 画像処理用 GigE×1 台 操縦用 GigE×3 台（気中前後、水中前）
推進器	水平×4 基、垂直×2 基
性能	最大前進速度 約 1.5kts
センサ機能	レーザ距離計×1、レーザマーカ×1、 LRF×2、方位ジャイロ、栈橋下 LRF 利用測位、衝突回避
寸法 質量	L1200×W800×H925（低床時 825） 約 100 kg



写真-1 栈橋上部工点検用 ROV

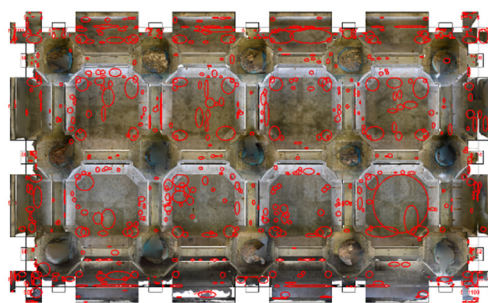


図-1 変状懸念箇所の自動抽出状況

キーワード 栈橋上部工、点検診断、ROV、3 次元画像

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL046-844-5059

4. 作業能力の確認結果

各方式の現地作業時間および点検・撮影から算定した作業能力を表-2に示す。ここで、点検用 ROV の準備および撤収時間は3日間の中での最長時間を示してしている。また、撮影時間は3日間の中での最長となった1ブロック当たりの時間を示している。作業能力は1日の点検・撮影時間を6時間とした場合の点検・撮影時間から算定した数値である。本確認では、点検用 ROV の作業能力は従来方式の約4倍であった。これは、従来方式の現地作業では船上目視と合わせて変状箇所のスケッチや撮影を行うのに対し、点検用 ROV は撮影のみのためである。1ブロック分の室内作業時間を表-3に示す。本確認では、支援ソフトによる室内作業時間の差は2分であった。なお、3次元画像生成に要した180分の大部分は人員を要さない SfM/MVS ソフトの処理時間であり、今後 SfM/MVS ソフトや PC の性能が向上することで短縮できると考えられる。

支援ソフトで作成した1ブロックの変状図および劣化度判定を図-3、4に示す。展開画像を拡大して確認できるため、変状の種類の特定制や変状図の作成、および劣化度判定は容易である。しかし、展開画像に欠落や乱れが生じていた端部の梁や床版など、1ブロック全部材のうち約2割程度で画像からの劣化度判定ができなかった。これは、3次元化に適した画像を撮影できなかったことが原因である。このため、端部に位置する梁や床版など部材の位置に応じて、3次元化に適した画像を十分に撮影できるように、点検用 ROV の航行間隔や撮影間隔など点検作業方法を工夫する必要があると考えられる。

5. まとめ

実構造物で作業能力を確認した結果、点検用 ROV および支援ソフトを活用することで従来方式より点検診断を効率的に実施できることがわかった。しかし、3次元画像の欠落等により端部の部材で劣化度判定できなかったため、3次元化に適した画像を取得できるよう点検作業方法を工夫する必要があると考えられる。今後の展望として、支援ソフトによる変状種類の決定および劣化度判定の自動化が考えられる。このためには、変状種類に応じた輝度勾配のパターンを決定するためのデータや、変状種類・数量毎の劣化度判定のパターンデータの蓄積が必要である。

謝辞: 本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人: JST) によって実施した。また、実構造物での確認に際しては、国土交通省に多大なるご協力を頂いた。ここに記し、深謝の意を表す。

参考文献

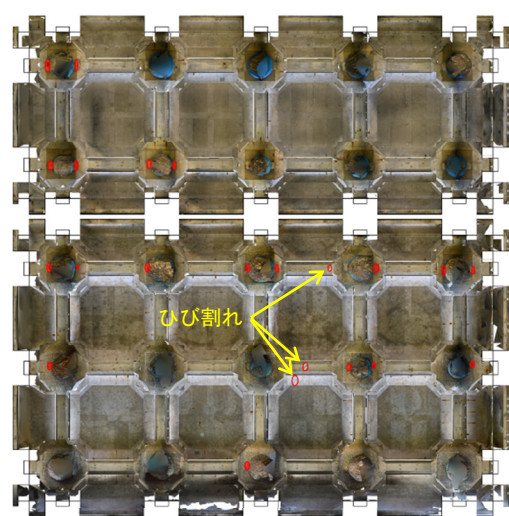
1) 田中敏成, 加藤絵万, 宇野健司, 喜多司: 栈橋上部工点検用 ROV のための遠隔操作支援機能の改良, 第18回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.O4-2, 2018.9

表-2 現地作業時間および作業能力

従来方式	作業内容	点検用 ROV
40 分/回	準備	70 分/回
155 分/1BL	点検 撮影	35 分/1BL
30 分/回	撤収	38 分/回
1,230m ² /日 (1.0)	作業能力 (比率)	5,440m ² /日 (4.4)

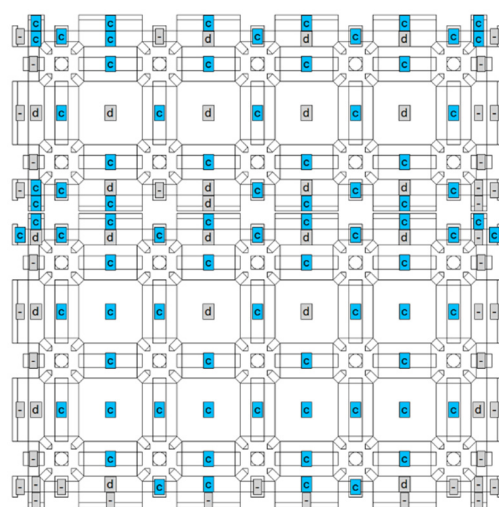
表-3 室内作業時間

従来方式	作業内容	支援ソフト
—	3次元画像生成	(180分)
—	展開画像生成	9分
20分	変状図作成	18分
5分	劣化度判定	
25分	合計	27分



※赤印は変状箇所(セパレータの錆汁は除く)
※変状の内、明記無いものはコンクリート剥離

図-3 変状図(画像は展開画像)



※アルファベットは部材の劣化度、-は判定できなかった部材

図-4 劣化度判定(梁・床版のみ)