

ラジコンボートを用いた港湾構造物 の点検・診断システム

水野 剣一¹

¹五洋建設(株) 技術研究所 土木技術開発部

栈橋上部工下面の目視調査は気象海象の影響によって常に静穏な同一環境下で実施できない他、狭隘な部位が存在する栈橋の前面（主に前垂部）では進入できず十分な調査が実施できないという課題がある。このため、小型のラジコンボートに高性能の動揺抑制装置を介して撮影用カメラを搭載し、波浪による動揺を抑制して栈橋上部工下面部の画像を撮影し、効率的かつ客観的に劣化診断・モニタリングするシステムを開発した。なお、本技術は「S I P(戦略的イノベーション創造プログラム)インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/モニタリングシステムの現場実証」で採択され、開発した技術である。

キーワード：ラジコンボート, 維持管理, 劣化診断, 栈橋上部工, 港湾構造物

1. はじめに

海水面上における目視調査では一般に、専門知識を有する者（例えば海洋・港湾構造物維持管理士やコンクリート診断士などの有資格者）が、小型船に乗り込み、知識を駆使しつつ船上から観察して劣化状態を把握する方法が通常であり、専門知識を有する者の確保及び目視点検実施の際の気象・海象条件に留意する必要がある。さらに構造物の劣化状況を詳細に把握するために栈橋上部工下部に足場を設けて調査点検を行うといった事例も多く、栈橋上部工下面の調査には相応の時間とコストが必要である。また、栈橋上部工下面は気象海象の影響によって常に静穏な同一環境下でしか目視調査が実施できない他、使用する船舶も小型のものを使用するが、操船者と点検者が乗船するために、ある程度の大きさが必要となり、例えば狭隘な部位が存在する栈橋の前面（主に前垂部）では進入できず十分な調査が実施できないという課題がある。

このため当社では、専門知識を有する技術者が直接栈橋下部に行かずとも調査点検が可能となる技術として、カメラを搭載した無人の小型ボートを用いた点検・診断システムの開発に取り組んでいる。

なお、本技術はNEDOで公募された「S I P(戦略的イノベーション創造プログラム)インフラ維持管理・更新・マネジメント技術/モニタリングシステムの現場実証」に応募して採択され、2014年12月～2017年3月で開発を行っているものである。

2. 点検・診断システムについて

本システムは操縦用カメラ及び撮影用カメラを搭載した無人のラジコンボート本体（写真-1）と、栈橋上部で操作する操縦部分及び撮影したデータ及び関連情報のデータベース化と演算処理を行う劣化診断処理部分から構成される（図-1参照）。撮影方法は栈橋上部工下部の海面上にラジコンボートを走らせ、搭載したカメラにより栈橋上部工下面の劣化状況を点検しながら、その画像情報を栈橋上面に位置するモニタまたはパソコンに転送し、劣化情報（画像）を蓄積してデータベース化する。



写真-1 ラジコンボート

この際ラジコンボートの操縦者と点検者は栈橋上面に位置し、手元のモニタまたはパソコンに転送された画像を確認しながら操縦及び点検調査を実施する（図-2参照）。撮影用カメラは高性能のジンバル（動揺抑制装置）を介して搭載されるため、波浪による動揺をキャンセルでき、ブレのない安定した写真撮影が可能となる。次に撮影した静止画像群から SfM 解析技術による 3D 劣化モデルの作成を行う。3D 劣化モデルを構築することにより、ひび割れや錆汁の相対位置を特定できるとともに、ひび割れ幅および長さや、錆汁面積の集計のために、あおり補正の済んだ正対画像（オルソ画像）を効率的に得ることが可能となる。

また、画像及び関連情報のデータベース化と劣化の経時変化を CIM により一元管理し、さらに部材劣化診断から構造物全体の劣化診断までを行う専用ソフトウェアの開発を行った。今年度最終的にはラジコンボートによる点検・調査システムと自動劣化診断ソフトウェアを組み合わせ、総合的な維持管理システムを構築する。

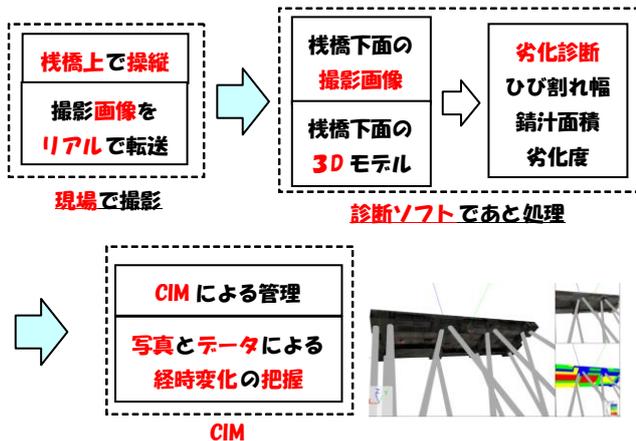


図-1 劣化診断・モニタリングシステム

3. 栈橋での現場実証

(1) 実証状況

実栈橋を対象として、2015年9月や2016年3月に実証試験を行った（写真-2参照）。ラジコンボートの投入方法は、写真-3に示すようにボートが入ったかごをユニック車で吊って海に投入している。

(2) 実証項目

実証項目は、①栈橋下における、無線でのラジコンボートやジンバルの操作、画像転送、②撮影画像群を用いた栈橋上部工下面の 3D 劣化モデルの構築である。



写真-2 現場実証状況（栈橋）

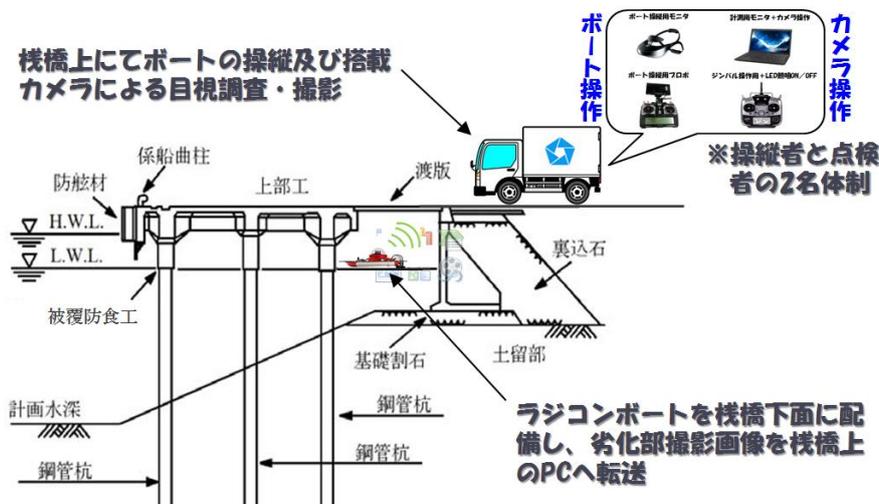


図-2 現場条件におけるモニタリング実施方法

(3)実証結果

実証結果は、①鋼管杭等がある栈橋下の走行状態でも、栈橋上でのラジコンボートやジンバルの操作、画像伝送できたこと、②インターバル撮影画像により得た静止画像郡から SfM 解析による栈橋下面の 3D 劣化モデルの作成したことである（図-3 参照）。



写真-3 ラジコンボート投入状況

4. 岸壁内の閉鎖空間での現場実証

(1)実証状況

2016年2月に岸壁（-13m）で図-4に示す箇所のPCホロー桁の下面部の調査を行った。本調査箇所は閉鎖空間かつ延長が約350mと長く、操縦や画像の通信距離を考慮して、操縦者が小型船に乗り、ラジコンボートに並走しながら撮影を行った。ラジコンボートと対象物の離隔が約1m以上を確保できる時間が潮位の関係から1日4時間程度であり、2日間（計8時間）調査を行って約7000m²を撮影した。このときの海象条件としては、岸壁外で有義波高約0.3m程度あったが調査箇所では、静穏に近かった。調査状況を写真-4に示す。

(2)実証項目

実証項目は、①閉鎖空間や夜間における本モニタリングシステムの適用性確認、②波浪等による撮影への影響、③3D劣化モデル構築のための撮影方法の確立、④3D劣化モデルから正対画像を取り出し、ひび割れ幅や錆汁面積の抽出と実際の変状との比較などである。

(3)実証結果

実証結果は、①夜間の閉鎖空間であっても搭載したLEDライトにより良好な静止画像の撮影、②搭載したジ

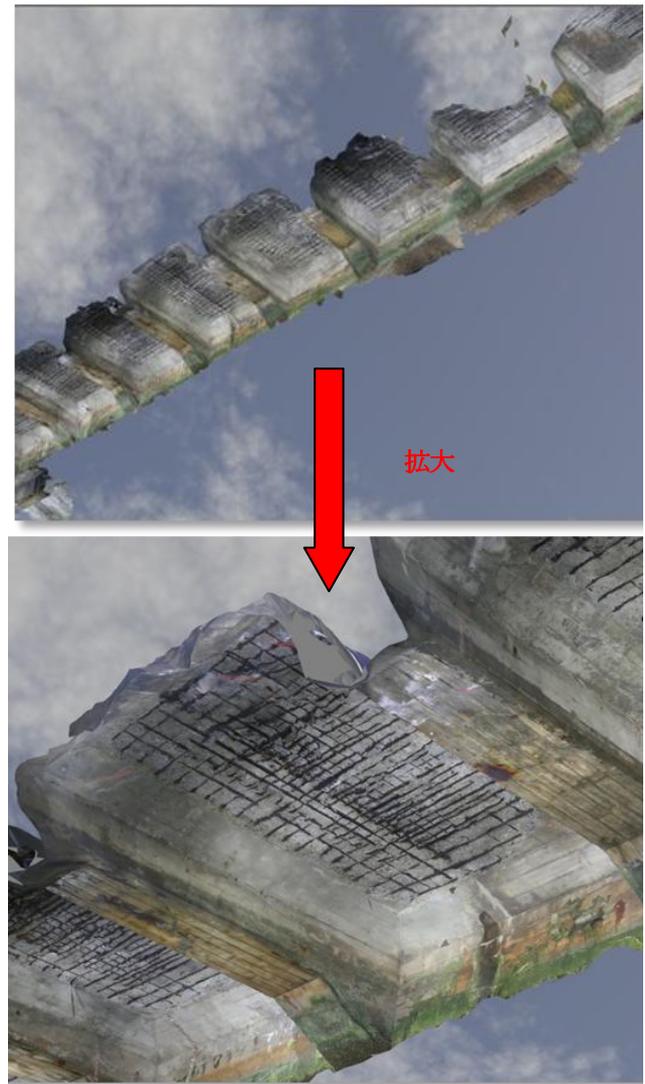


図-3 3D劣化モデル（栈橋）

ンバルにより波浪による影響は排除され、良好な静止画像の取得、③1枚/秒のインターバル撮影およびSfM解析により良好な3D劣化モデルの作成（図-5参照）、④作成した劣化診断ソフトウェアにより、ひび割れ等劣化の抽出したことである（写真-5参照）

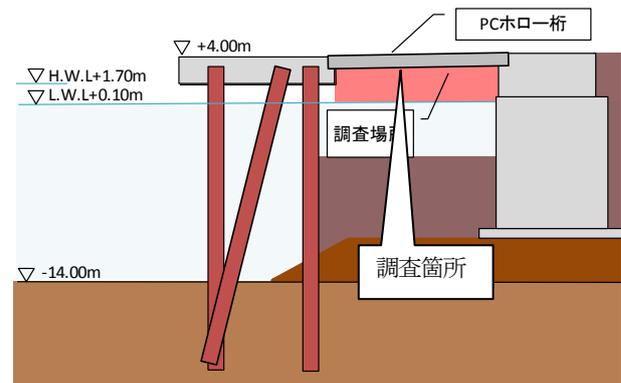


図-4 岸壁断面図



6. 結び

実栈橋、海上の閉鎖空間や夜間において、ラジコンボートを用いた画像取得による点検・診断システムは適用可能であった。本技術は開発段階であり、今後は通信方法等の改良により伝送距離の改善、画像の撮影方法や処理の仕方などの効率化を図っていく予定である。

写真-4 調査状況 (PCホロー桁)

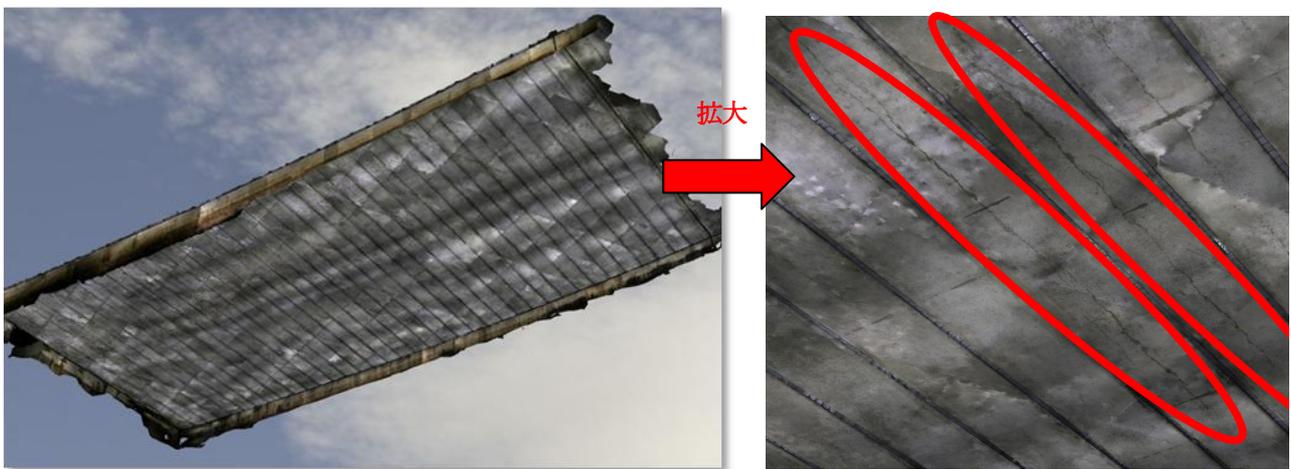


図-5 3D劣化モデル (PCホロー桁)

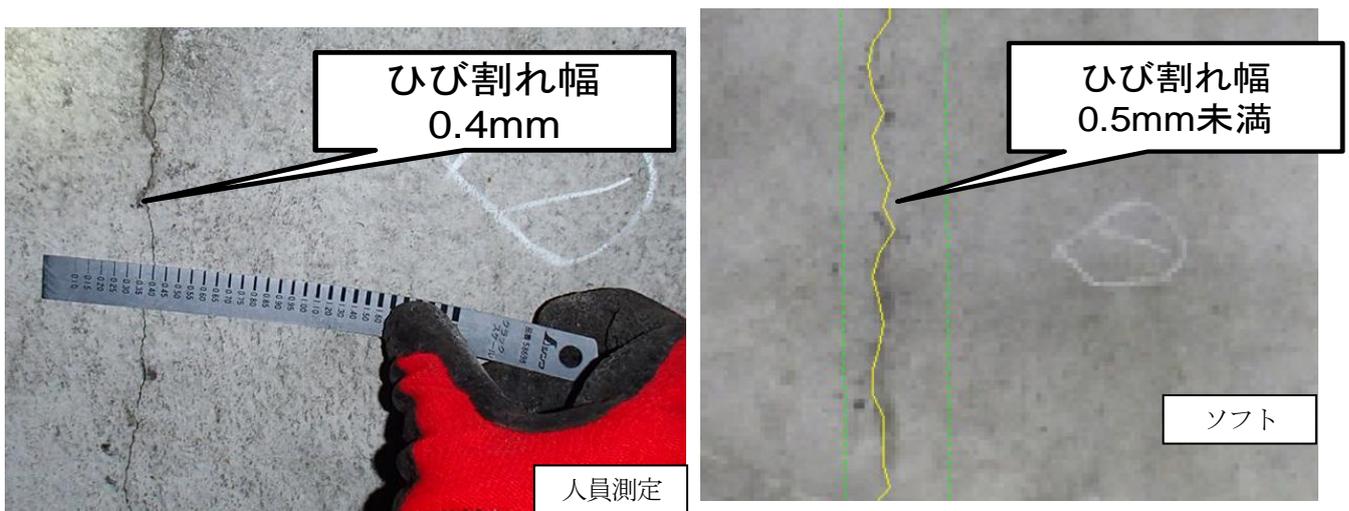


写真-5 クラック幅の検証状況 (左：人員測定, 右：専用ソフト)