

自航式ロボットを活用した栈橋式係船岸点検システムの開発について
 ~ 点検作業の安全性向上、効率化への取り組み ~

関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所 技術開発課 山中 勇樹

1. はじめに

港湾構造物の中には築造後相当の年数を経過しているものもあり、今後維持・更新の需要が増大する中、既存ストックを有効活用するため、効率的な点検手法の開発が求められている。特に、栈橋式係船岸（図 - 1）下側の点検は、狭隘な栈橋下に小型船舶で入り、目視調査をもとに老朽化に関する点検表や点検結果図を作成している。狭い栈橋下に入っ
 ての作業（写真 - 1）は、波浪や航跡波により大きく小型船舶が動揺するなど危険な作業であり、現場での劣化部のスケッチや室内作業（スケッチの図面への転記、劣化部撮影写真の整理）の作業効率が悪い。

これらの問題に対し、栈橋下側撮影カメラを搭載した自航式ロボット（以下ROVという。）が安全な地上からの遠隔操作により栈橋下側を撮影し、撮影した動画を画像処理し静止画を作成し、これをもとに点検結果帳票をパソコンを使って作成する一連のシステムを開発し、点検の安全化・効率化を図った。

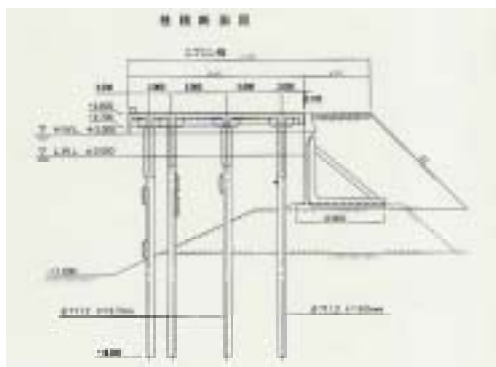


図 - 1 栈橋式係船岸の断面



写真 - 1 栈橋下劣化状況のスケッチ

2. システムの構成

本システムは、構造物の点検・調査のうち目視による調査を中心とした1次点検を対象としている。システムを開発するにあたり、はじめに点検作業工程の見直しを図った。

現場作業の安全と効率化を図るため、栈橋下へ人は入らずROVにより栈橋下全面を撮影することとした。

また、室内作業の効率化のため、現場で撮影した映像を基に点検結果帳票をパソコンを使って編集するようにした。

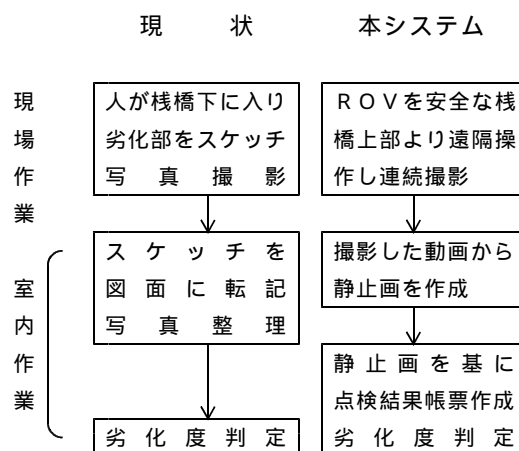


図 - 2 点検作業フロー

3. ROVによる栈橋下面の撮影

栈橋下面を撮影する手段としてROVを用いた。ROVは水中作業をするための構造となっているため、栈橋下面撮影に必要な以下の装置を製作・装備する改良を行った。

3.1 栈橋下面撮影用に特化したカメラ

照明灯、ズーム機能、チルト機能を持つ栈橋下面撮影用に特化したカメラを搭載した。

また、コンクリートひび割れ等の劣化部の形状（長さ、面積）を計測する手段としてコリメートレーザを搭載した。コリメートレーザは、図-3に示すようにカメラと被写体の距離に関係なく、被写体表面に1辺10cmの正方形を映し出す。これにより撮影した映像において単位画素当たり長さを与えることができ、後述の点検結果帳票作成ソフトにより劣化部の形状計測を行うことができる。

3.2 波の影響による動揺を低減するためのフレーム

ROVをそのまま用いると波浪や航跡波により動揺し、航行の直進性が阻害され、撮影した映像の揺れが大きくなり、室内作業工程における静止画作成に悪影響を与える。また、浮上操作を続けないと沈んでしまう。このため動揺を低減するためのフレームを装備するとともに浮力を確保するフロートにより浮上操作を不要とする工夫をした。

3.3 遠隔操作を円滑にするための360°視認カメラ

360°視認カメラを取り付け、ROVの前進時は前方を後進時は後方をモニターに映し操作者はこれを見ながら操作することによりROV航行の直進性が向上するとともに障害物回避が容易となった。

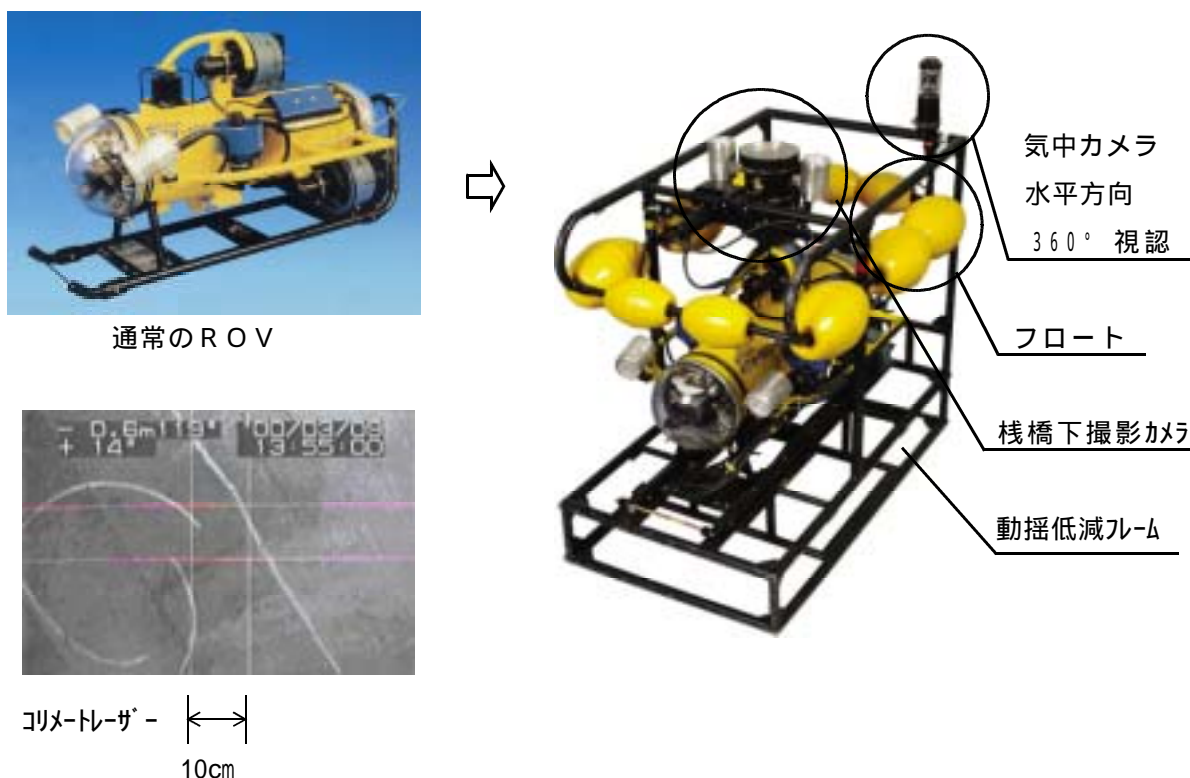


図-3 栈橋下面を撮影するためのROV改良

4 . 画像処理

ROVにより撮影した栈橋下面の動画像から連続静止画を作成するソフトを開発した。動画像を静止画に分割し、連続する静止画に水平、垂直に回転を加えた合成処理を行い、1枚の静止画を作成する。これにより目印を持たず類似する情景が連続する栈橋下面の連続静止画作成が可能となった。(図 - 4、図 - 5)

画像結合イメージ

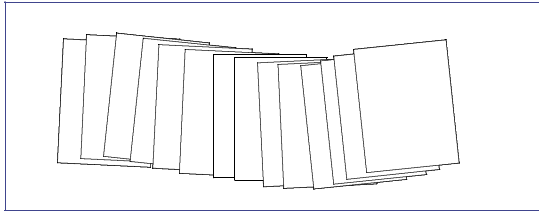


図 - 4 動画像からの静止画の作成

図 - 5 連続化処理を行った画像

従来の点検方法(人による直接目視点検)により作成された栈橋下面の劣化状況図と本システムにより作成した連続静止画の比較を行った。(図 - 6、7)紙面上では判別しにくい、スケッチを図化した従来の点検方法により劣化部とされた箇所が、パソコンのモニター上で確認できる。

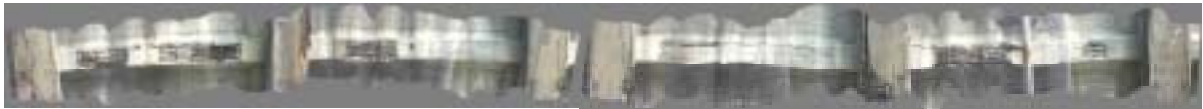


図 - 6 自動合成した連続静止画

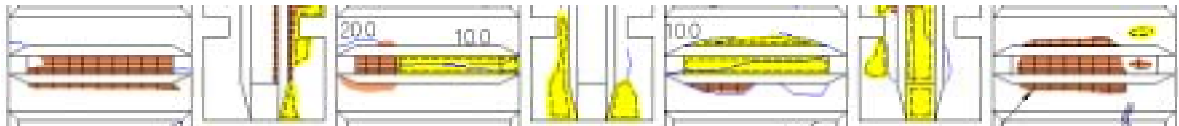


図 - 7 従来の点検方法による劣化状況図

5 . 点検結果帳票の作成

作成した栈橋下面の静止画を基に点検結果を電子データとして記録するソフトを開発した。

このソフトは、栈橋下面の点検及びその結果を点検表形式に編集する作業を支援するツールである。

画像処理により作成した静止画を図 - 9 に示すメインフォームに取り込む。点検した施設名等の基本情報を入力するとともに劣化部についてはその画像を切り出し、劣化状況を入力する。また、必要に応じて劣化部の形状(ひび割れ長さ、劣化部の面積等)を画面上でマウス操作により計測することもできる。

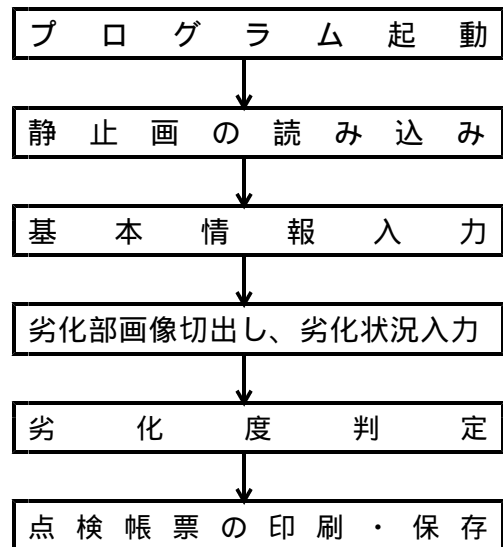


図 - 8 点検結果帳票作成フロー

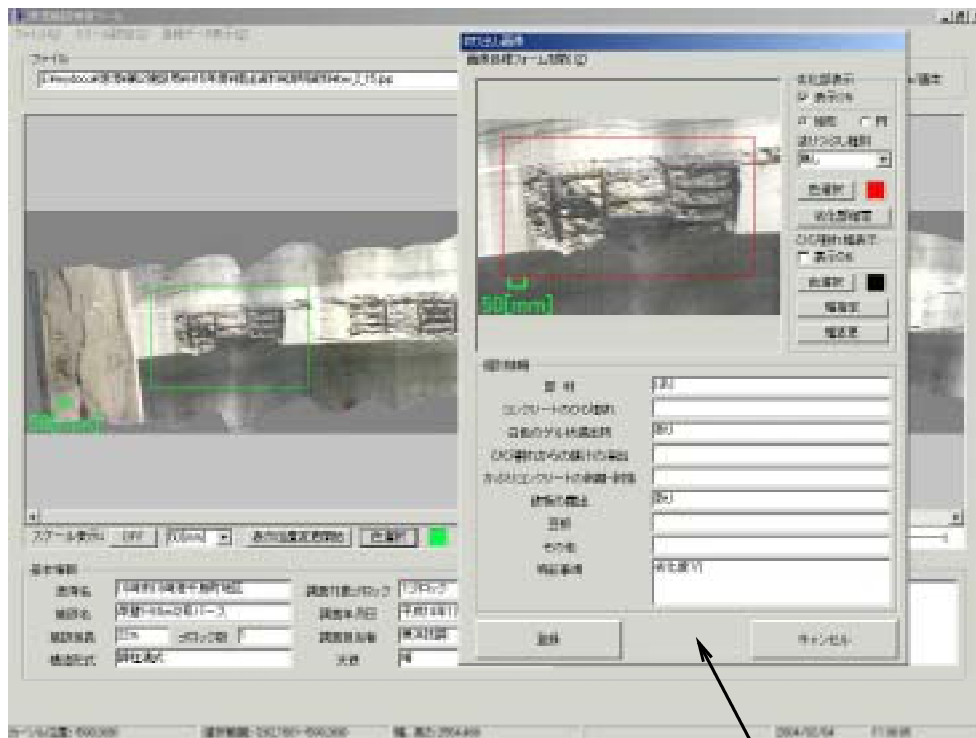


図 - 9 点検結果帳票

切り出し画像

6. 本システムの特徴

本システムは、各種技術の組合せにより現場作業の機械化、室内作業の効率化を図った。本システムの特徴は以下のとおりである。

栈橋下に人が入らないため危険な作業がなくなり安全性が向上する。地震等の災害発生時の調査にも有効である。

現場では、栈橋下面を連続的に撮影するだけであり、スケッチ等の手間のかかる作業がなく、作業効率が向上する。

栈橋下面全体が映像として記録できるため、経年劣化が把握しやすくなる。

作業効率の向上及び現場作業の少人数化により点検作業のコスト縮減が図れる。



図 - 10 ROV遠隔操作による栈橋下撮影

7. おわりに

本システムの開発において、当初波浪や航跡波によるROVの動揺により栈橋下を撮影した映像の揺れが激しく、静止画作成に困難を来した。これに対してROV航行における動揺を少なくするというハード面と、低減された揺れの範囲内であれば、映像が揺れていても、画像の連続化を可能とするソフト面、両方の対応策の組合せにより解決することができた。本システムは、栈橋式係船岸の下面の1次点検を対象として開発した。今後は、実運用を重ねて、さらなる改良を加え、より使いやすいシステムとしていきたい。