

栈橋下面点検ロボット「ピアグ」の画像処理

(株)大林組 正 ○濱地 克也 正 青木 峻二
沼崎 孝義 青山 裕作

1. はじめに

老朽化する社会インフラ施設の点検を、近年の ICT などを活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術の導入が求められている。その中で、栈橋上部工コンクリート下面の点検は、目視するにしても小型船舶や足場が必要となる。栈橋によっては水面ぎりぎりの位置にあるものや栈橋に船舶が頻繁に係留されている場合など、点検を行うにしても制約を受けて時間と労力を要することが多い。当社は NETIS 登録している栈橋下面点検ロボット「ピアグ」(アクアジャスター搭載型 ROV) を保有している。現場での実証試験を繰り返す中、現在搭載しているビデオカメラの画質では、クラックの自動検出が難しいことが分かった。そこで、データ取得後の画像データで、クラックの自動検出が可能なカメラ選定試験を行った。本報文は、カメラ選定試験の結果について記述する。

2. アクアジャスターの機能

当社が開発したアクアジャスターは、東京スカイツリー建設時に威力を発揮したスカイジャスターを水中で使用できるようにした吊冶具で、ジャイロ効果を活用した回転制御できる機能を有する。ジャイロ効果とは、地球ゴマのように物体が自転運動をすると高速になればなるほど姿勢保持できる現象である(図1)。栈橋下面の点検は、通常小型船舶や足場上の点検者により、目視調査や打音調査などが行われている。このジャイロ効果を栈橋下面点検ロボットに付加させることで、波浪の影響を抑えて本体を回転・静止させ、ブレのない映像取得が可能となる。

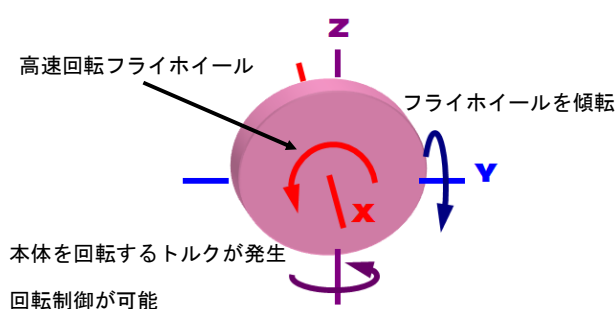


図1 ジャイロ効果の説明図

3. 栈橋下面点検ロボットピアグの機能

栈橋下面点検ロボットピアグのシステム構成図を図2に、現状搭載している装備機能を図3に示す。

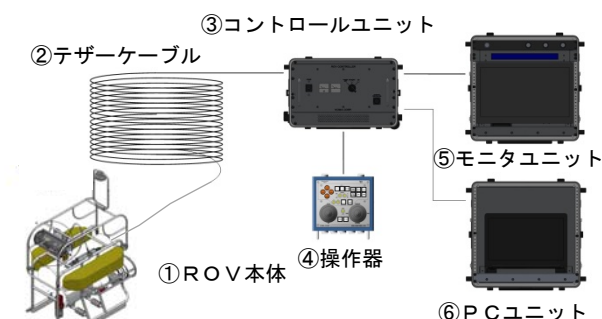


図2 栈橋下面点検ロボットのシステム構成図

①ROV (Remotely Operated Vehicle) 本体：点検を行うロボット本体。アクアジャスター、パンチルト機能付きハイビジョンカメラ、全方位カメラ、高輝度 LED 照明、推進装置、ラインレーザー、プロファイリングソナー、姿勢センサなどを搭載している(図3)。②テザーケーブル：ROV 本体とコントロールユニットを接続する水中ケーブル。送電線、光ファイバー、テンションメンバで構成されている。③コントロールユニット：ロボットシステムを制御するコントローラ。CPU やトランスなどを内蔵している。④操作器：ROV 本体の運転を行う。アクアジャスターやカメラの操作用スイッチ、推進装置操作用のアナログスティックなどにより構成されている。⑤モニタユニット：ROV が撮影したハイビジョン映像を表示するモニタおよび録画するレコーダー、ROV の

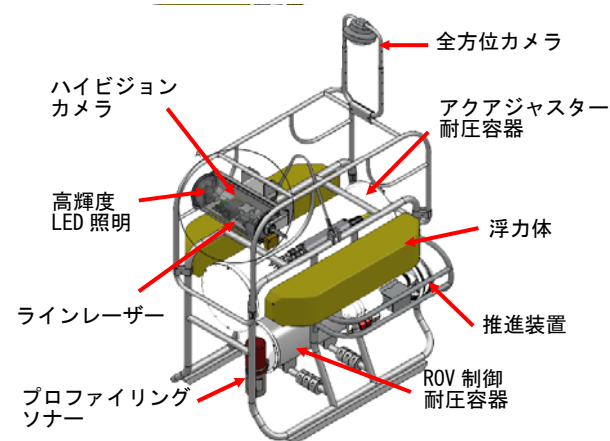


図3 ROV 本体の装備機能

キーワード 栈橋下面点検ロボット, ROV, 海上栈橋, 維持管理

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 本社 土木本部 設計第三部 TEL 03-5769-1314

方位などの状態表示するディスプレイで構成されている。⑥ PC ユニット：ROV の全ての情報を表示し、ログ保存するための PC。

4. カメラ選定試験

試験は、幅 0.2mm のひび割れとその幅を自動検出できる画像取得を目的にした。ひび割れ検出を行う撮影対象は、写真 1 に示すコンクリートひび割れ供試体（縦 1,000mm×横 300mm×厚さ 30mm ひび割れ幅 0.2mm, 0.5mm, 0.8mm 程度）とし、水面から 1.3m と 3.0m の高さにひび割れ面を下側にして設置した。撮影は、写真 2 に示すように水槽内にピアグを浮かせた状態で、カメラをピアグ本体に固定して行った。加えて、撮影時は、海上作業での動揺を再現するために、水中ポンプやブローを使って水面を動揺させた。

カメラは、2 種類の特殊なデジタル一眼レフカメラを用いた。これらのカメラで三脚を使って撮影された画像は、0.3mm/画素で撮影を行った場合に、幅 0.1mm のひび割れを検出できている¹⁾。動揺の影響を低減するために、シャッタースピードを 1/125 秒とし、ISO 感度を 400～800、F 値を 8 として試験を行った。

カメラ選定試験の結果、すべての組合せにおいて、ひび割れおよびその幅を精度よく検出できた。そのカメラ仕様等を表 1 に示す。最も条件が厳しいカメラ A で高さ 3.0m とした場合の画像解析結果を写真 3 に示す。解析結果のひび割れ幅 0.26mm は、目視による実測値（幅 0.3mm）と比較して、差が 0.1mm 未満となり十分な精度を確保できた。

これら試験結果から、ピアグ本体にカメラを設置した場合でも、本検討の範囲では、ひび割れおよびその幅を検出できるといえる。実際の栈橋下は暗いことから、適切な照明を備えることと、画像解析可能なシャッタースピードを設定することにも留意する必要がある。なお、ピクセルサイズやコストなどを考慮してカメラ A を搭載することにした。

5. 今後の課題

カメラ A を搭載にむけて重量バランスの修正など、ピアグ本体の改造を現在実施中である。改造後に再度現場実証試験を行い、画像解析精度の確認を行う予定である。帳票の作成や剥離の自動検出処理などの一連の画像処理を自動化し、調査結果の報告書作成を省力化することが今後の課題となる。

参考文献

- 1) 青木 他：コンクリート表面ひび割れの画像解析に関する実験的検討，第 73 回年次講演会，土木学会，2018.8.
- 2) 濱地 他：栈橋下面点検ロボットピアグの現場実証，第 73 回年次講演会，土木学会，2018.8.

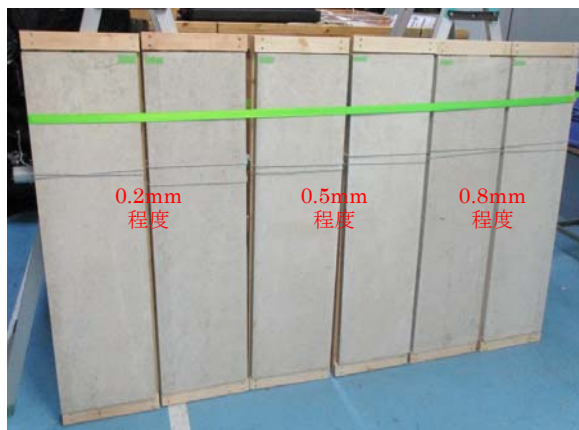


写真 1 試験用コンクリート版



写真 2 ピアグ本体を使った試験状況

表 1 カメラ選定試験結果一覧表

カメラ		A	B
画素数(万画素)		5000	10000
センサーサイズ(mm)		43.9×32.9	
ピクセルサイズ(μm)		5.29	3.76
焦点距離(mm)		55	
高さ 1.3m	解像度 (mm/画素)	0.13	0.09
	解析結果	○	○
高さ 3.0m	解像度 (mm/画素)	0.29	0.21
	解析結果	○	○

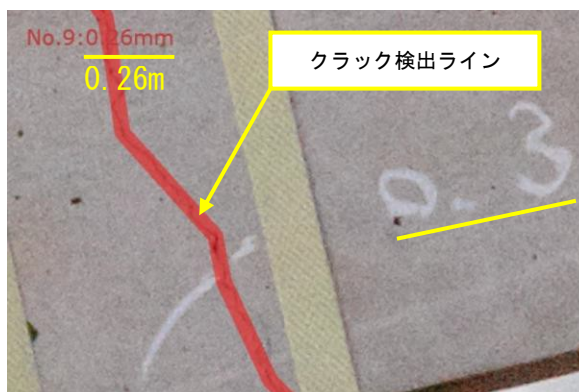


写真 3 ひび割れ自動検出結果