

水中調査ロボットのダム堤体点検・調査への適用

五洋建設(株)	正会員	水野 剣一
五洋建設(株)	正会員	小笠原 哲也
五洋建設(株)		杉本 英樹
五洋建設(株)	正会員	森屋 陽一
五洋建設(株)	正会員	武井 俊哉

1. はじめに

高度経済成長期を中心に整備された社会インフラは、老朽化が進行しており、効率的・効果的な維持管理を行う必要が生じている。大水深の水中構造物の点検・調査では、安全面と効率面から潜水土による目視調査が難しいという課題がある。このような背景を踏まえ、著者らは遠隔操作無人探査機（ROV）を利用した大水深域に適用できる水中調査ロボットを開発した¹⁾。本稿では、2015年度に国土交通省により公募された「次世代社会インフラ用ロボット現場検証」に参加し、開発した水中調査ロボットを、天ヶ瀬ダムの現場実証試験に適用した結果を報告する。

2. 水中調査ロボットの概要

開発した水中調査ロボットは、長さ 90cm、幅 56cm、高さ 63cm であり、水深 150m までの耐水圧性能を有する。水中調査ロボットを写真-1 に、ロボット側面に配置した主要検査装置を写真-2 に示す。

ロボットは、3 方向 6 基のスラストにより自由な移動や任意に設定する深度・方位での保持が可能で、船上や陸上から遠隔操作して無人航行できる。調査箇所では、清掃用ブラシによる清掃やダムゲートのような鋼材の肉厚測定を行うことができる。なお濁水中においても、近接点検では写真-2 に示す濁水対応装置内に真水を注水し、カメラと被写体の間に真水を通すことにより、鮮明な水中画像を取得できる。また、全周囲ソナーを設置しており、堤体や障害物との位置関係が把握できる。水中調査ロボットの位置は、GNSS や水中音響測位装置を用いてリアルタイムにモニタに 3D 表示することができる。

3. 現場実証試験の概要

水中調査ロボットの現場実証試験は、2015 年 11 月に京都府の天ヶ瀬ダムにおいて実施した。天ヶ瀬ダムは、1964 年に竣工した淀川本川に建設された唯一のダムであり、堤頂長約 254m、堤高 73m で型式はアーチ式コンクリートダムである。現場実証試験の調査項目は、ダム堤体コンクリートの浮き・剥離などの状況確認（水深約 0 m～30m）、ひび割れ、突起物をあらかじめ設けた模擬版の変状確認（水深約 20m）、コンジット予備ゲート戸当たりの変状確認（水深約 20m）、コンジット予備ゲートのボルト緩み・板厚測定・表面の清掃（水深約 20m）、ダム最深部の堆砂状況確認である。

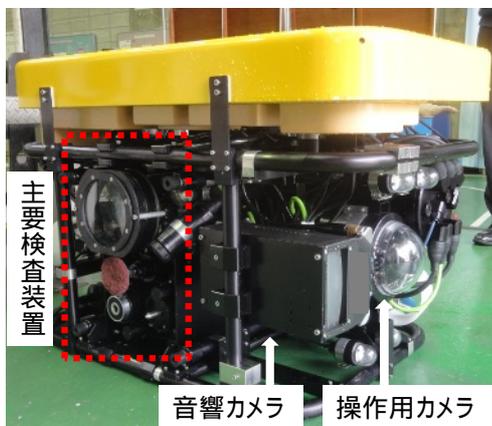


写真-1 水中調査ロボット



写真-2 主要検査装置



写真-3 ロボット投入状況

キーワード 大水深、遠隔操作無人探査機、ROV、水中、ロボット、維持管理

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL 0287-39-2100

4. 現場実証試験の結果

ロボットの空中重量は約 90kg であり、写真-3 に示すようにクレーンにより吊り降ろして水面に浮かべた後、玉掛けを解除し水中に投入した。調査時のダム湖水の濁度は 1 程度であったが、堤体面には堆砂や貝等が付着しており、コンクリート横目地の視認は所々で確認可能な状況であった。水平目地については、水平方向に約 30m を 3~4 箇所ロボットを走らせ調査したが、画像取得できる範囲内で目地の開きや浮き・剥離などは確認できず、調査した箇所は健全であると判断できた。次に、水深約 12m に設置された模擬版の鮮明な画像を計測用カメラで取得し、調査時に、画像内に写りこませたグリーンレーザ(間隔 5cm)を長さの基準として模擬版の外形、ひび割れ、突起物の寸法を算出した(写真-4)。コンジット予備ゲート戸当たりでは、錆などの変状について確認できた。ダム堤体面は薄く堆積物や貝で被覆されている箇所が多く、清掃用ブラシで清掃を行うことで、堆積物や貝を除去した清浄な壁面とすることができた(写真-5)。また、予備ゲートの鋼材清掃では、写真-5 に示すように塗装面を損傷することなく清掃でき、鋼材の肉厚計測も測定できた(写真-6)。ボルトの緩み確認については、室内実験で清掃用ブラシを回転させながら当てることによって緩みの有無を確認しており、現場実証でも同様に行った結果、緩みは確認されなかった(写真-6)。濁水対応装置の実証については、清掃時の粉塵画像によって、有効性を確認した。濁水対応装置の室内実験結果では、被写体と装置が接触していれば、濁度 500 であっても鮮明な画像を取得できた(写真-7)。ダム最深部の堆砂状況確認は、水深約 28m に細かな堆砂や沈木が堆積していることを確認した。

5. まとめ

開発した水中調査ロボットは、現場実証試験において、試行的導入推薦レベルの技術であると評価された。今後は、実証試験で得られた成果をもとに、本技術の適用範囲を広げていく予定である。現場実証試験において、格別のご配慮をいただいた国土交通省、(一社)日本建設機械施工協会、実証現場をご提供いただいた近畿地方整備局淀川ダム統合管理事務所ほか、多大なご協力をいただいた関係各位に紙面を借りて謝意を表す。

参考文献：1) 遠隔操作無人探査機(ROV)を利用した大水深水中調査ロボットの現場適用 土木学会第 70 回年次学術講演会(平成 27 年 9 月) -142

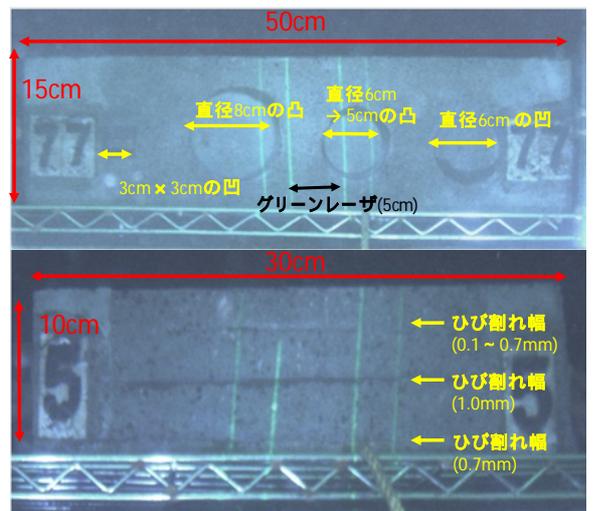


写真-4 模擬版計測結果

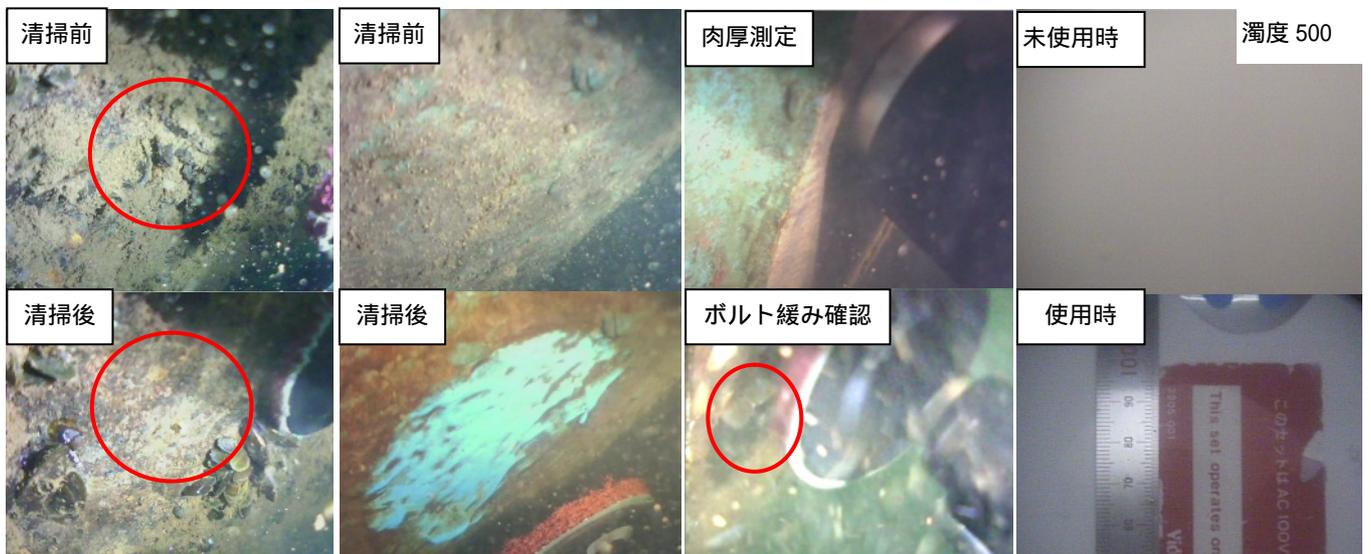


写真-5 清掃状況(左:堤体面, 右:鋼材面)

写真-6 予備ゲート精査

写真-7 濁水対応装置の検証