

無人調査装置を活用した栈橋式構造岸壁の点検手法について

～ROV及び水中3Dスキャナーによる現地実証試験～

北陸地方整備局	新潟港湾空港技術調査事務所	非会員	高田 康平
北陸地方整備局	新潟港湾空港技術調査事務所	非会員	大井栄二郎
北陸地方整備局	新潟港湾空港技術調査事務所	非会員	長井 一平
前) 北陸地方整備局	新潟港湾空港技術調査事務所	非会員	加藤 治仁
前) 北陸地方整備局	新潟港湾空港技術調査事務所	非会員	佐藤 文哉

1. はじめに

栈橋式構造岸壁では、塩害による鋼材の腐食や波浪によるマウンドの崩壊等により、予定供用期間中に岸壁の性能低下が生じやすく、効果的な維持管理を行うことが重要視されている。

従来の栈橋式構造岸壁の点検は、船上目視調査や潜水士による潜水調査により損傷状況を確認している。

しかしながら、潮汐や波浪等の海象条件が点検作業の安全性に影響を及ぼすこと、また、船舶の係留や荷役作業等の施設の利用状況により、点検作業時間が制約されることがある。このため、安全性及び作業効率の高い点検手法の開発が求められる。

本研究では、安全性向上に資する無人調査装置を活用した点検手法について、ROV（遠隔操作無人探査機）や水中3D スキャナーを対象として、現地適用性及び作業効率等を検証するため、伏木富山港（新湊地区）海王岸壁にて現地実証試験を行った。実証試験対象位置を図-1、実証試験対象施設断面図を図-2に示す。



図-1 実証試験対象位置図

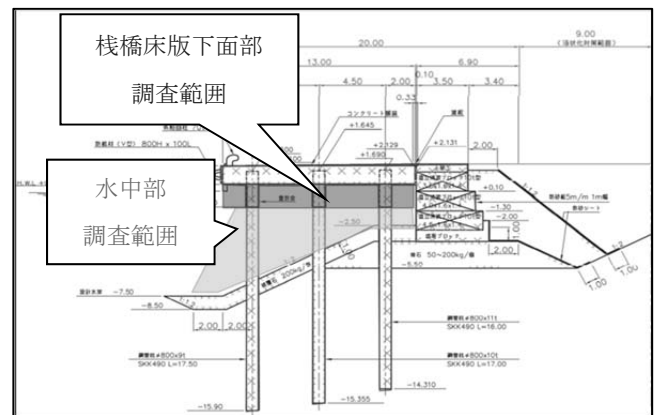


図-2 実証試験対象施設断面図

2. 水中3D測量

(1) 試験概要

水中3Dスキャナー(写真-1)を使用して、栈橋下面の水中部の3次元測量を行った。本試験の調査対象項目は下記の4項目とした。

- ①鋼管杭（杭の損傷状況）
- ②斜面勾配（斜面の崩壊状況）
- ③海底地盤（土砂の洗掘・堆積，障害物の有無）
- ④土留構造（直立消波ブロック等の損傷状況）



写真-1 水中3Dスキャナー

また、調査手法は、以下の3種類であり、各手法の作業状況図をそれぞれ図-3～図-5に示す。

○調査手法(a)

ROV(写真-2)に設置した水中3Dスキャナーにより、
 栈橋下面部の計測を行う。



写真-2 ROV (遠隔操作無人探査機)

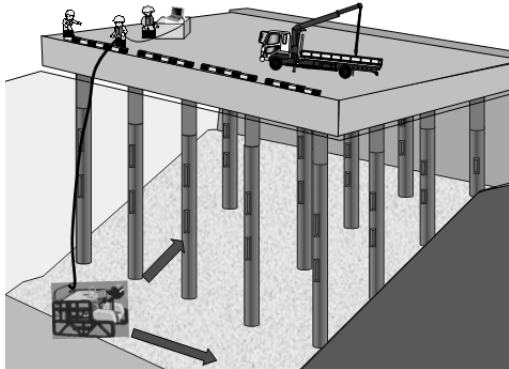


図-3 ROV調査 作業状況図

○調査手法(b)

トラックに陸上架台を艀装し、そこに設置した水中
 3D スキャナーにより、トラックを走行させなが
 ら栈橋下面部の計測を行う。

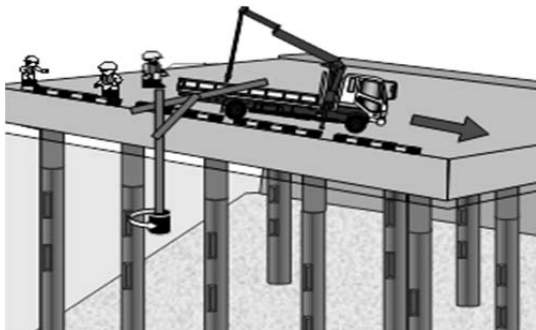


図-4 水中部の3次元測量 (陸上架台) 作業状況図

○調査手法(c)

水中架台に設置した水中 3D スキャナーにより、
 栈橋下面部の計測を行う。

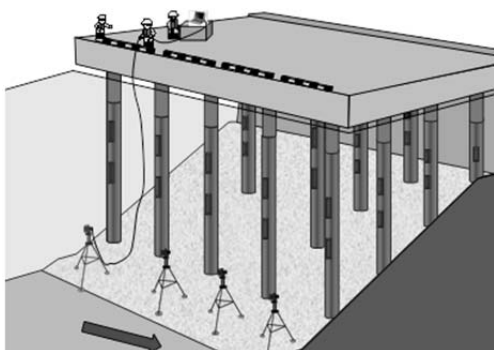


図-5 水中部の3次元測量 (水中架台) 作業状況図

(2) 試験結果

鋼管杭の計測は、全ての手法で、現地鋼管杭間の
 距離が約4.5mとなり(図-6)、設計図面とほぼ一致し
 ていたことから、手法(a)~(c)のいずれにおいても、
 正確なデータを取得することが出来る。

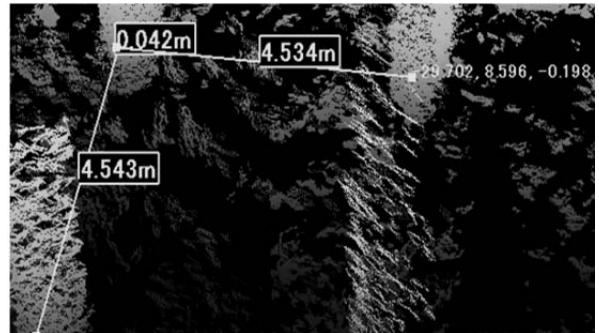


図-6 鋼管杭間の距離

斜面勾配の計測についても、全ての手法で1:2と
 なり(図-7)、設計図面と一致したことから、手法
 (a)~(c)のいずれにおいても、正確なデータを取得
 することが出来る。

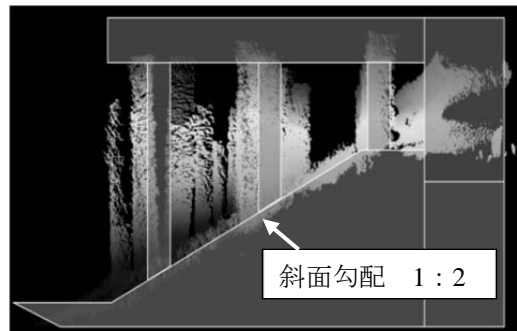


図-7 斜面勾配

海底地盤は、ROVで計測した場合、水中架台で計
 測した場合では、それぞれ鮮明に計測出来ていた。
 しかしながら、陸上架台で計測した場合は、波浪の
 影響を受けやすく正確な測量データが得られなかつ
 た(図-8)。



図-8 海底地盤 (陸上架台)

土留構造は、ROVで計測した場合、陸上架台で計
 測した場合では、それぞれ鮮明に計測が出来ていた。
 一方で、水中架台で計測した場合に、マウンド最奥
 部まで確認が出来なかった(図-9)。これは、前面海

底地盤に水中架台を設置して計測したことから、最奥部がマウンド法面の影となるためと考えられる。

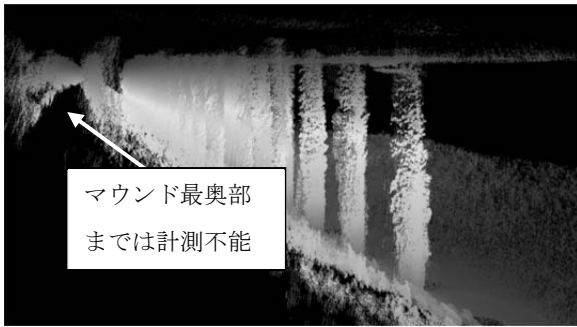


図-9 土留部・マウンド(水中架台)

(3) 現地適用性・作業効率

各試験に要した使用機材，調査人員，作業時間及び各試験における計測の正確性等を比較したものを表-1に示す。

ROVで計測した場合，機材が大きく特殊であることから，ROVそのものの準備，スキャナーの取付及び浮力調整等に時間を要し，1スパン当たりで最も長い作業時間となったが，機器を動かしながら対象物の近傍で計測を行えるため，詳細かつ正確なデータを採りたい場合に有効である。

陸上架台で計測した場合，トラックを移動させて計測を行うことから，広範囲を短時間で計測する場合に有効である。しかしながら，不陸やブロック舗

装など車両の走行が出来ない箇所での計測は不可である。また，施設の状況に合わせた架台の製作を要する。

水中架台で計測した場合，機器や試験手順が他の調査手法と比べて単純であることから，機材，人員及び作業時間のいずれもが3種類の手法の中で最も抑えられる結果となった。このことから，短時間での状況把握が求められる場合に有効である。

3. 栈橋上部工下面部撮影

(1) 試験概要

ROVに防水カメラを天頂方向に向けてセットし，水面付近を走行させて撮影を行うことにより，変状の有無の確認を行った。今回はそれぞれ画角204°のレンズ，全天周レンズ及び超広角レンズを取り付けた3種のカメラで比較・検討を行った(図-10)。

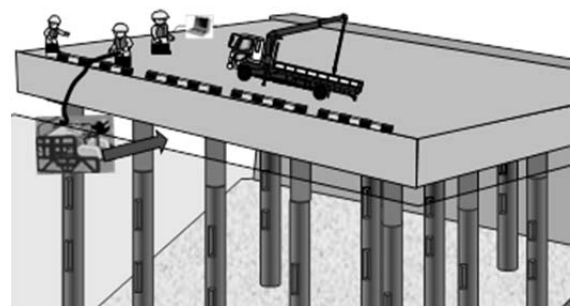


図-10 栈橋上部工下面部調査 作業状況図

表-1 水中3D測量 各調査手法の比較

	調査手法		
	(a)ROV	(b)陸上架台	(c)水中架台
使用機材	・ROV ・発電機 ・水中3Dスキャナー ・クレーン付きトラック ・パソコン	・水中3Dスキャナー ・小型発電機 ・陸上架台 ・トラック ・パソコン	・水中3Dスキャナー ・小型発電機 ・水中架台 ・パソコン
費用	ROV>陸上架台>水中架台		
調査人員数	3名	3名	2名
作業時間	9時間45分/1スパン	4時間29分/1スパン	1時間34分/1スパン
計測の正確性	①鋼管杭	○	○
	②斜面勾配	○	○
	③海底地盤	○	×
	④土留構造	○	○
メリット	・全てのエリアで正確なデータの取得が可能。	・広範囲を短時間で計測可能。	・機材，人員及び作業時間がかからない。
デメリット	・機材の準備及び計測に時間や手間が掛かる。	・不陸箇所では計測不可能。 ・架台製作に時間を要する。 ・波浪の影響を受け，海底地盤の計測が不可。	・法面の影となることから，マウンドの最奥部までの計測が不可。

(2) 試験結果

画角204°のレンズのカメラ(STYLUS G-Tracker)で撮影した写真が図-11である。概ねコンクリート面の状況は確認出来るが、端部がやや暗くなる傾向にあった。



図-11 STYLUS G-Trackerによる撮影画像

全天周レンズのカメラ(EX-FR200)にて撮影した写真が図-12である。広範囲の撮影が可能であったが、端部でゆがみが生じ、やや確認し辛い結果となった。



図-12 EX-FR200による撮影画像

超広角レンズのカメラ(GoProHERO4black)で撮影した写真が図-13である。全体的に明るく、コンクリートの状況の確認がしやすかった。今回取り付けしたのは1台であったが、2~3台取り付ければ、対象となる範囲をほぼ網羅できると考えられる。



図-13 GoProHERO4blackによる撮影画像

(3) 現地適用性・作業効率

カメラ撮影の良い点として、変状を画像で確認することが出来、直接確認するのみであれば、データの解析を不要とし、手間が省けることが挙げられる。

一方で、栈橋下面から水面までの十分なクリアランスの確保が大きな課題となる。今回の海王岸壁においては、栈橋梁部下面と水面の間が最小で10cm程度であり、ROVカメラを気中に出した状態で梁部下面を通過させる為、浮力調整に時間を要した。

また、梁部下面の撮影では、カメラからの距離が近すぎる為、画像の乱れが大きくなった。(図-14)



図-14 梁部撮影画像(GoProHERO4black)

4. まとめ

本研究では、無人調査装置を活用した点検手法について現地実証試験を行った。

水中3D測量については、ROV、陸上架台、水中架台とそれぞれの調査手法において、優れている部分があり、各々の特性に合わせて手法を使い分け、様々な場面での活用が可能である事が確認された。

また、栈橋上部工下面部撮影については、水面とのクリアランスの確保に課題を要するものの、超広角レンズのカメラで撮影することで、下面部の損傷状況を把握することが出来た。

栈橋式岸壁において、安全かつ作業効率の良い点検手法の開発が推進されている中で、本論文の内容が、開発の一助となることを願いたい。