

技術紹介 14 無人化点検技術の活用と、その結果を活かした矢板式係船岸の長寿命化に向けた改良に関する技術

山田 直輝
YAMADA Naoki
港湾・空港事業部 港湾・空港第二部



近年、高度経済成長期に整備され老朽化が問題視されている港湾施設に対し、港湾施設ごとに作成された維持管理計画を活用して施設の長寿命化が図られている。差し迫りつつある建設後 50 年以上経過する施設の急増に合わせて、点検・調査作業の増加が想定される。しかしながら、建設業界の担い手不足といった問題から、生産性の高い点検・調査手法の確立が急務である。併せて、劣化した港湾施設の補修・補強をおこなうことも急務である。本稿では、これらの課題解決に向けて、筆者らが実施した水中ドローン（以下、ROV）を活用した構造物等の無人化点検と、その点検結果を活かした詳細調査、加えて、調査結果に基づく矢板式係船岸の長寿命化に向けた設計結果について紹介する。

キーワード：維持管理、長寿命化、ROV、裏埋土改良工法

1.はじめに

近年、高度経済成長期に整備された施設の老朽化が問題となっている。港湾施設に着目すると、建設後 50 年以上経過する施設の割合が 2014 年 3 月では約 10%であったが、2034 年 3 月には約 60%に急増する。港湾施設の維持管理・長寿命化の観点から、これらの施設を長期間にわたり供用していくためには適切な点検・調査が不可欠であるが、点検・調査業務では潜水士の不足に直面している。こうした担い手不足の解消を要因として、デジタル技術等を用いた生産性の向上が求められている。

本業務は、建設後 29 年が経過した矢板式係船岸の長寿命化を目的として、外観上変状が表面化した主要部材を対象に、点検・詳細調査を行い、その結果をもとに改良設計を行ったものである。

本稿では、図-1 および表-1 に示す矢板式係船岸を対象に実施した無人化点検技術と、その点検結果を活かした詳細調査、点検・調査結果に基づいた岸壁改良技術について紹介する。

表-1 調査・設計対象施設 構造諸元

構造形式	矢板式係船岸
設計水深	-9.0m
施設延長	190m
供用開始年	1992 年 (29 年経過)

2.存在した課題

2-1.利用頻度の高い岸壁に表面化した変状の着実な捕捉

港湾施設の維持管理は、「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」に基づき、部位・部材の変状を目視調査により把握する一般定期点検と、その後に潜水士等により変状の程度を測定し、劣化度を判定する詳細定期点検を行う。ただし、海水中において潜水士が行う部材の点検作業は、事故や減圧症等の危険が存在する。加えて、潮汐や波浪などの厳しい環境下にあることから、目視観察により部材の詳細な変状を捕捉することが難しく、構造物にとって致命的な損傷を見逃す懸念がある。

今回行った岸壁の海水中の点検では、船舶の利用頻度が高いことから限られた期間内に部材の全数点検を行う必要があり、さらに透明度が低い海水中において安全性の確保、かつ部材の変状を着実に捕捉する必要があるため、上記の懸念を払拭する新たな点検方法の採用が課題であった。

2-2.計画目標年次における主要部材の安定性の確保

今後 50 年間の使用を目的(計画目標年次 2072 年)に、現有肉厚測定の結果を用いて 2072 年時点の岸壁の安定照査を行った。結果、前面鋼管矢板の曲げ耐力が、常時・地震時ともに不足することが確認されたため、岸壁の恒久的な利用のためには、主要部材の安定性の確保が課題であった。

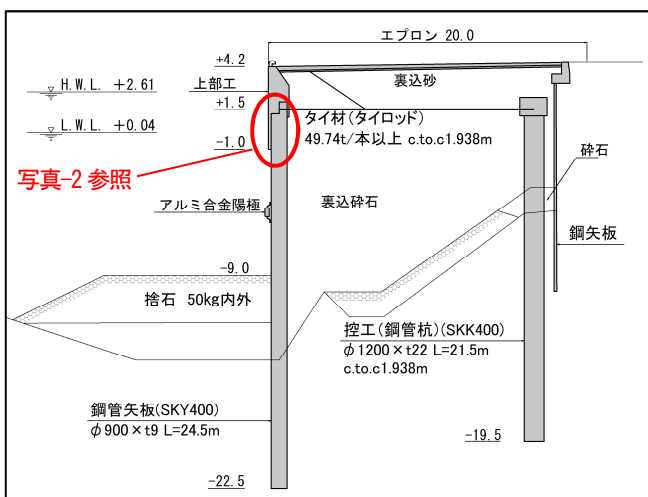


図-1 標準断面図

3.解決する技術

3-1.ROVの使用による点検作業の高精度化・急速化

前述の課題に対する解決策として、潜水士による詳細調査に先立ち、岸壁上から遠隔操作により海中を潜水・潜航しながら撮影できる ROV を用いて、海水中の鋼管矢板と上部工のコンクリートの全数点検を行った。

全数点検は、有線式の ROV のカメラで撮影し、伝送されたリアルタイムの映像をスマートフォンの画面で見ながら遠隔操作を行い、鋼管矢板の腐食の有無、電気防食の消耗の程度、上部コンクリートの剥離・剥落の有無の確認作業を行った。



写真-1 全数点検に使用した ROV と周辺機器

表-2 は、潜水士と ROV の点検に係る作業人員、日当り作業量、全数点検日数を対比したものである。

ROV を使用した点検は潜水士による点検に比べて作業人員を減らすことができ、点検作業を省力化できた。

岸壁の利用頻度の高さから点検作業の時間が限られていたが、ROV を使用したことで点検時間を短縮でき、また、高解像度の水中映像と、複数人での撮影記録の確認により、従前の点検者の主観による点検結果のバラつきをなくすことができ、変状の程度を正確に把握した。

写真-2 は、コンクリートの剥落により内部鉄筋が露出し、構造上重大な損傷状況にある上部工である。この変状は程度に差があるが、上部工下側に多く見受けられた。

全数点検の後に行った詳細調査では、変状発生位置の情報を事前に潜水士へ共有したことで、ピンポイントで損傷状態を調べることができた。結果、点検から詳細調査の一連の作業では、高い精度で劣化状況を捕捉できた。



写真-2 ROV による調査結果（上部工の鉄筋露出）

表-2 潜水目視調査の手法比較表（点検数量 1500m²）

	送気式潜水による点検	有線式 ROV による点検
作業人員	潜水士 2 名、潜水士補助員 2 名、警戒員 2 名（計 6 名）	ROV オペレーター 1 名、警戒員 1 名（計 2 名）
日当り作業量	800m ² /日	3,000m ² /日
作業日数	2 日	0.5 日

3-2.ROV による点検結果を活かした矢板式岸壁の

長寿命化に向けた適正な改良工法の選定

計画目標年次における前面鋼管矢板の曲げ耐力不足への対策として、抵抗モーメント増大案から鋼板溶接工法及び鉄筋コンクリート被覆工法を、発生曲げモーメント低減案から裏埋土改良工法を抽出し、比較した（表-3）。

補強鋼板を溶接して、補強鋼板に荷重を分担する鋼板溶接工法、並びに鋼管矢板の円周方向にスタッドジベルを溶接し、鋼管矢板と鉄筋コンクリートの剛性で抵抗する鉄筋コンクリート被覆工法は、腐食により減肉が進行し許容応力を超えた前面鋼管矢板の補強に適しているが、「上部工下側に表面化したコンクリートの割れや剥落の要因と想定される前面鋼管矢板の発生応力の振幅抑制が低い」という問題があった。

上記の問題に対し、裏埋土改良工法は軽量混合処理土への置き換えにより主働土圧を低減し、上部工下側の発生応力も抑制できた。加えて、全ての工程が陸上施工となるため波浪・潮位の影響を直接受けることがなく、水中施工に比べて安全な工事が可能であり、経済性に優れることから裏埋土改良工法を採用した。また、写真-2 に示す上部工の損傷部は断面修復による補修を選定した。

表-3 改良工法比較

	鋼板溶接工法	鉄筋コンクリート被覆工法	裏埋土改良工法
概念図			
結果	鋼管矢板 地震時 192.5 ≤ 210 (N/mm ²)	スタッド 地震時 引張 31.7 < 32.4 (kN/本)	地震時 957.3 ≤ 962 (kN・m/m)
工費	210 百万円/施設	262 百万円/施設	180 百万円/施設

※結果については安全度が最も厳しい設計状態を記載

4.まとめ

本業務では、海水中における主要部材の全数点検に ROV を用いることで、短期間でより念入りに上部工及び鋼管矢板の点検を行うことができた。将来的には点検診断ソフト等と組み合わせて、ROV のみによる潜水目視調査や ROV に装着した水中クランプメータを用いた陽極消耗量調査技術が開発され、完全無人化による港湾構造物の調査が可能となることを期待する。