

ケレン機能を有していない ROV による 港湾施設点検マニュアル（案）

令和 4 年 2 月

静岡商工会議所

目次

第 1 章 総則	1
1. 1 目的	1
1. 2 適用の範囲	1
1. 3 水中部点検における ROV 活用の意義等	1
1. 4 ROV を活用した点検における事前確認項目等	1
1. 5 関係する基準・要領等	2
第 2 章 点検対象と手法	2
2. 1 ROV による海水中部の点検対象と基準	2
2. 2 ROV を活用した点検フロー	4
2. 3 ROV を活用した点検の作業内容	5
2. 3. 1 人員の配置	6
2. 3. 2 ROV の位置測定	6
2. 3. 3 ソナーの活用	8
2. 3. 4 ケーソン式	7
2. 3. 5 矢板式	8
2. 3. 6 栈橋式	10

はじめに

本マニュアルは、国土交通省の令和3年度海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業で採択された「ローカルシェアモデルによる ROV を用いた港湾施設点検の実用化実験」の成果に基づき作成されたものである。

第1章 総則

1. 1 目的

本マニュアル（案）は、ケレン機能を有していない ROV を用いた港湾施設の海水中部点検を実施する際の点検方法等の基本的な事項について取りまとめ、海水中部点検の品質・効率・安全性の向上に資することを目的とする。

1. 2 適用の範囲

本マニュアルは、ケーソン式、矢板式、栈橋式の構造を有する施設の点検に適用する。

本マニュアルは、施設表面の付着物を除去するケレン機能を有していない ROV が行う点検業務に適用する。

1. 3 水中部点検における ROV 活用の意義等

海水中部の点検において ROV を活用することにより、これまでの潜水士による点検に比べ「安全性の向上」、「点検効率の改善」、「成果の均一性」などの効果が期待できる。

一般に、鋼管杭やケーソン等の海中にある部材には海生生物等が多数付着しているため、港湾の施設の点検診断ガイドライン【第1部 総論】平成26年7月（令和3年3月 一部変更）に定義される「目視」を実施するには付着物の除去が必要になる。付着物を除去する機能を有しない ROV は、部材の外観状態を観察するのみに留まるものと考えられる。

しかし、ROV により対象部材全体の外観をおおよそ把握することができれば、潜水士により付着物の除去を伴う「目視」を行う部材の選定や、鋼材の肉厚測定等の詳細調査を実施する箇所を選定することができる。

1. 4 ROV を活用した点検における事前確認項目等

海水中部点検における ROV を活用した点検を適用し、効果的に運用するためには、点検現場の水中部・気中部の現地条件、点検時の条件等を考慮した準備・検討を行わなければならない。

- 1) 目視調査の対象とする構造物の構造、設置環境、施設の利用状況、周囲の海象状況等の事前確認を行う。

調査対象施設の必要な資料は以下のとおりである。

- ・標準断面図、全体平面図（CAD データが好ましい）
- ・過年度の点検診断等の調査結果

- ・調査対象施設の潮位、波高、流速データ
- ・調査対象施設水域の透明度
- ・施設利用船舶のタイムスケジュール

2) 画像形式の検討

画像データの取得方法は、一般的に動画もしくは静止画となる。カメラ画像は動画としてモニターに表示され保存される。静止画は、記録したい箇所を選んで撮影するか、一定の時間間隔で静止画撮影ができる機能を有するカメラを使用する場合がある。報告等のため動画編集及び静止画抽出を行った場合、画質が低下する。静止画は動画から抽出した静止画より高画質な画像を得ることが可能である。

3) ROV の性能検討

上記1)、2)を考慮して、ROVに必要な性能を整理したうえで、使用する機器を選定する。主な検討項目は以下のとおりである。

- ・画像取得性能（カメラの解像度、画角など）、及びカメラ台数
- ・運動性能（波浪及び流速に対する性能、垂直潜航・浮上や水平移動の可否など）
- ・稼働時間

4) ROV の位置情報の取得方法

ROVはGNSS等を受信できないため、位置情報を自動で取得できない。水深、潮位や別途設置したメジャーなど、施設の構造に合わせた方法を工夫することが必要である。

5) 港湾施設の関係機関への諸手続き

作業許可申請等の点検作業に必要な諸手続きを行う。

6) 港湾施設利用者等の事前調整

円滑な調査作業の実施及び荷役作業に支障を与えないため、施設利用者等との事前調整を行う。

7) 調査作業計画書の作成

上記1)～6)を踏まえて、調査作業計画書を作成する。点検する施設の構造等に合わせ、ROVによる作業方法を計画する。

点検作業に必要な労務及び資機材は以下を参考にすることができる。

表 1.4-1 点検作業のための労務及び資機材（1日当たり）

名 称	形 状 寸 法	単 位	数 量	備 考
交通車	ライトバン 2L	台	1	
作業責任者	記録兼監視	人	1	測量技師相当
操縦者	ROV の操作	人	1	測量技師補相当
上廻り	ケーブルの取り扱い	人	1	普通作業員相当
ROV		基	1	操作用 PC を含む

1. 5 関係する基準・要領等

ROV を活用した海水中部の点検を行う際には、港湾施設の点検に関する基準・要領等について、事前に内容を確認する必要がある。

ROV による港湾施設の点検に関する基準・要領等は以下のとおりである。

- ・港湾空港技術研究所資料 No. 1380 Dec 2020
「水中ドローンを利用した港湾構造物の調査に関する検討」野上周嗣、加藤絵万
- ・「港湾構造物の目視調査における水中ドローンの運用方法（案）」港湾空港技術研究所
令和 2 年 11 月
- ・「港湾の施設の点検診断ガイドライン【第 1 部 総論】」平成 26 年 7 月（令和 3 年 3 月
一部変更）国土交通省港湾局
- ・港湾の施設の点検診断ガイドライン【第 2 部 実施要領】平成 26 年 7 月（令和 3 年 3
月 一部変更）国土交通省港湾局
- ・港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（2009 年度版）一般社団法人沿岸技術研究センタ
ー
- ・維持管理計画書策定のための現地調査積算基準 国土交通省

第 2 章 点検対象と手法

2. 1 ROVによる海水中部の点検対象と基準

ROV を活用した海水中部点検の対象は、常時水没している設備で、経年劣化等による腐食や損傷が懸念される箇所であり、基準に従って劣化度を評価する必要がある。

点検対象であるケーソン式、矢板式、栈橋式の港湾施設の各部位における劣化度の評価は、国土交通省が定める「港湾の施設の点検診断ガイドライン」に従い、構造形式ごとに示している点検診断項目及び判定基準により行われる。

劣化度の判定は、部材の性能が著しく低下している状態「a」から変状が認められない状態「d」の 4 段階評価で行われる。

点検診断における部材の劣化度の判定基準を表 2. 1-1 に示す。

表 2. 1-1 点検診断における部材の劣化度の判定基準

部材の劣化度	部材の劣化度の判定基準
a	部材の性能が著しく低下している状態
b	部材の性能が低下している状態
c	変状はあるが、部材の性能の低下がほとんど認められない状態
d	変状が認められない状態

出典：点検診断ガイドライン【第 2 部 実施要領】 P. 3-6

各施設の点検項目、点検方法、劣化度の判定基準を表 2.1-2～表 2.1-6 に示す。

表 2.1-2 ケーソンの劣化度の判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目		点検方法	劣化度の判定基準
ケーソン式係船	I 類	ケーソン	コンクリートの劣化、損傷	潜水調査 ・ひび割れ、剥離、損傷、欠損 ・鉄筋の露出 ・劣化の兆候 等	a ☐ 中詰材が流出するような穴開き、ひび割れ、欠損がある。 ☐ 広範囲に亘り鉄筋が露出している。 b ☐ 複数方向に幅3mm程度のひび割れがある。 c ☐ 1方向に幅3mm程度のひび割れがある。 ☐ 局所的に鉄筋が露出している。 d ☐ 変状なし。

出典：点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】 P. 添 35

表 2.1-3 鋼矢板の劣化度の判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目		点検方法	劣化度の判定基準
矢板式係船岸	I 類	鋼矢板等	鋼材の腐食、亀裂、損傷	潜水調査	a ☐ 腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある。 b --- c --- d ☐ 腐食による開孔や変形はない。

出典：点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】 P. 添 38

表 2.1-4 鋼矢板電気防食工の劣化度の判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目			点検方法	劣化度の判定基準
矢板式係船岸	II 類	鋼矢板等	電気防食工 (流電陽極方式)	隔煙	潜水調査 ・現存状況の確認(全数)	a ☐ 陽極が脱落又は全消耗している。 ☐ 陽極取付に不具合がある。(ぶら下がり) b --- c --- d ☐ 脱落等の異常はない。

出典：点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】 P. 添 39

表 2.1-5 鋼管杭の劣化度の判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目		点検方法	劣化度の判定基準
直杭式係船橋	I 類	鋼管杭	鋼材の腐食、亀裂、損傷	潜水調査 ・開孔の有無 ・表面の傷の状況	a ☐ 腐食による開孔や変形、その他著しい損傷がある。 b --- c --- d ☐ 腐食による開孔や変形はない。

出典：点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】 P. 添 43

表 2.1-6 栈橋土留部の劣化度の判定基準

対象施設	点検診断項目の分類	点検診断の項目		点検方法	劣化度の判定基準
直杭式係船橋	I 類	土留部		目視(土留部の形式に従って適切に行う)	a b 土留部の構造形式に従って、ケーソン式係船岸又は矢板式係船岸の点検診断様式を準用する。 c d

出典：点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】 P. 添 40

2. 2 ROVを活用した点検フロー

一般的な潜水土による点検フローと、ROVを活用した点検フローを以下に示す。

図2.2-1 潜水土による点検フロー

参照：維持管理計画書策定のための現地調査積算基準

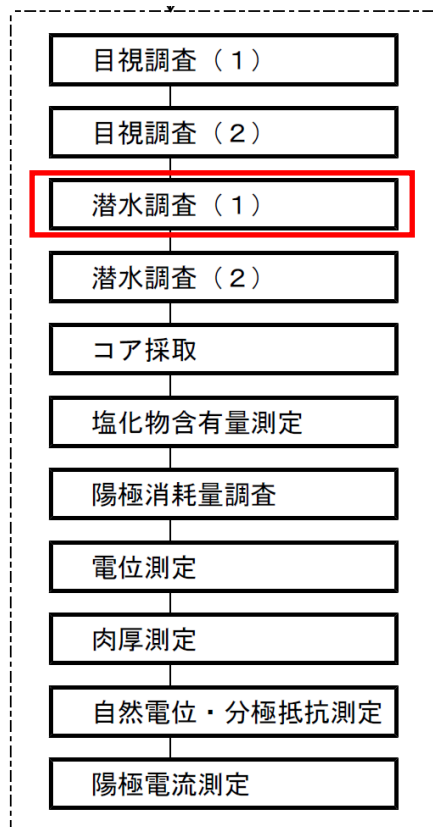


図2.2-2 ROVによる点検フロー

参照：「港湾構造物の目視調査における水中ドローンの運用方法（案）」



潜水土による点検フローにおいて、潜水調査（１）と潜水調査（２）は以下の作業を行う。

■潜水調査（１）：潜水土により、海面下の部材について劣化・損傷状況等の調査を行い、記録を整理する。

■潜水調査（２）：潜水土により、鋼材の一部の付着物除去後、劣化・損傷状況等の調査を行い、記録を整理する。

付着物を除去する機能を有しない ROV（図 2.2-2：水中ドローン）は、部材の外観状態を観察するのみに留まるものと考えられが、ROV により対象部材全体の外観をおおよそ把握することができれば、潜水土により付着物の除去を伴う‘目視’を行う潜水調査（２）で、部材の選定や、鋼材の肉厚測定等の詳細調査を実施する箇所を選定することができ、潜水土による潜水調査（１）を代替することが可能になる。

2. 3 ROVを活用した点検の作業内容

ROV を活用した海水中部点検の作業区分は、事前準備、点検準備、点検作業、映像解析、

点検結果確認・報告、報告書作成とする。

以下に、ケーソン式、矢板式、栈橋式の港湾施設点検の作業手順（案）を示す。

2. 3. 1 人員の配置

- ・人員は、ROV 操作者、テザー操作者、記録員の 3 名で行う。
- ・必要に応じて、指導員等を配置する。（参照：図 2.3-1）

2. 3. 2 ROV の位置測定

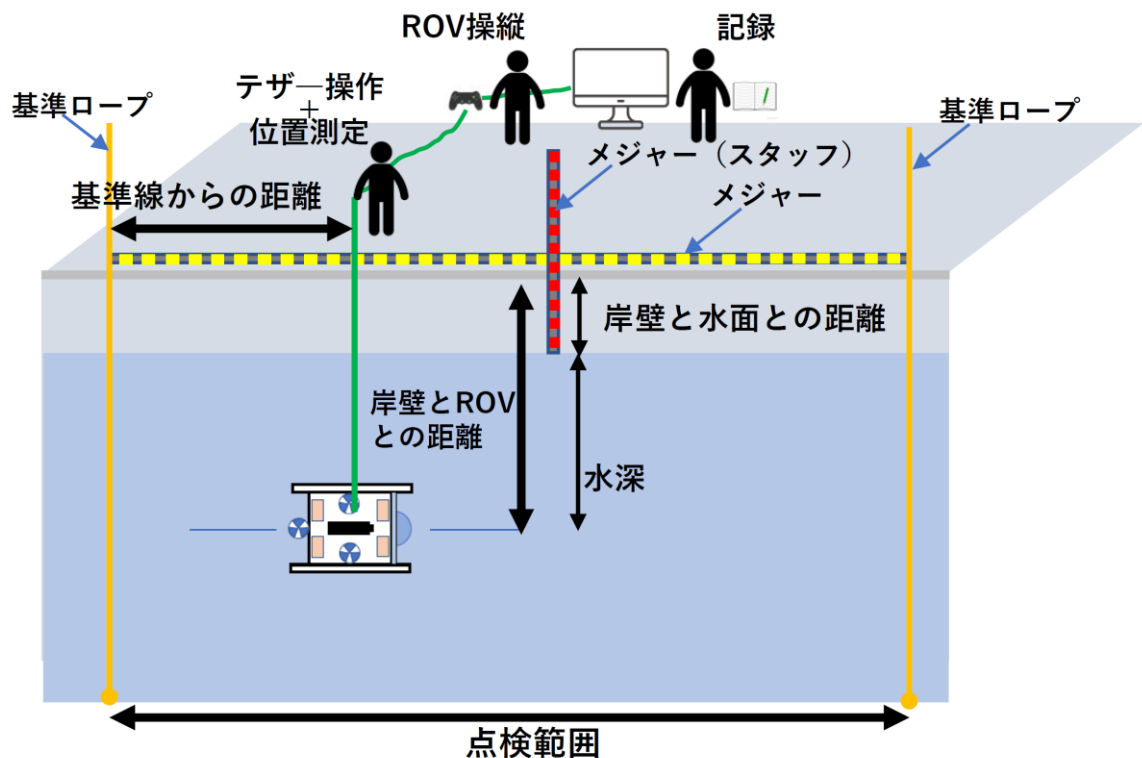
<法線方向の位置>

テザー操作者は変状を確認した ROV のテザーを垂直に保持して、岸壁上に設置したメジャーの位置から、基準線から法線方向の距離を測定する。（参照：図 2.3-1）

<垂直方向の位置>

水面から岸壁までの距離を、メジャー（スタッフ）で測定し、測定時の ROV の水深に加算することで垂直方向の位置を測定する。（参照：図 2.3-1）

図 2.3-1 人員の配置と ROV の位置測定



2. 3. 3 採寸の方法

【縦の長さの採寸】

- ・岸壁から垂直に垂らしたメジャー（スタッフ）を、測定する陽極の横に設置し、陽極

の上端と下端の画像を記録して、両端の位置をメジャーの目盛りで測定する。

- ・両端の位置の差から縦の長さを算出する。

【横の長さの採寸】

- ・ROV に横向きに設置したメジャーを陽極の面に当てて画像を記録し、メジャーの目盛りから横の長さを算出する。

(参照：図 2.3-2～3)

図 2.3-2 陽極の構造 (例)

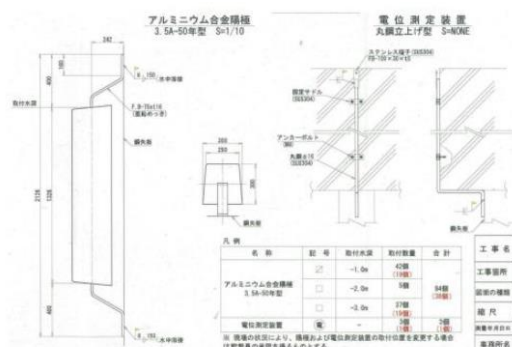
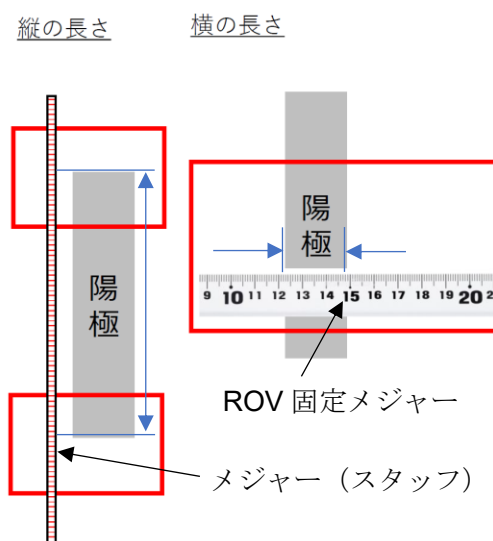


図 2.3-3 陽極の採寸 (例)



2. 3. 4 ソナーの活用

- ・ROV にソナーが装着されている場合、ROV の点検施設面との距離及び角度が確認できるため、ROV を所望の経路で正確に移動させる手段として有効である。

(参照：図 2.3-4～6)

図 2.3-4 ケーソン壁面

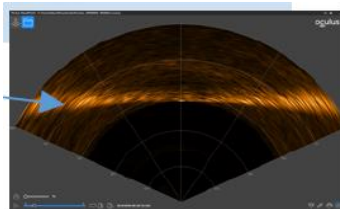


図 2.3-5 鋼矢板壁面

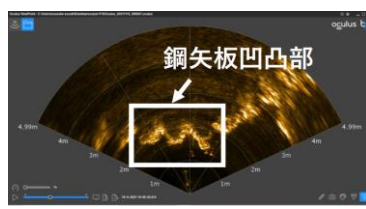
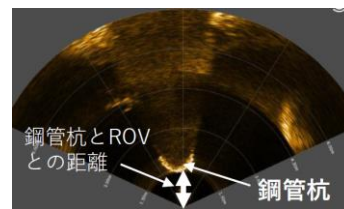


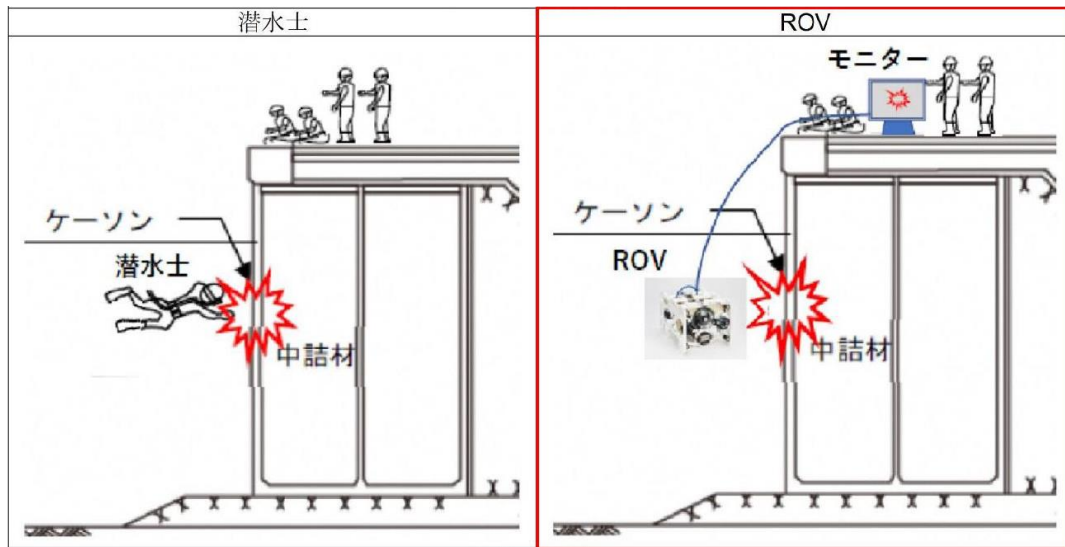
図 2.3-6 鋼管杭表面



2. 3. 5 ケーソン式

- ・ケーソン式の構造と点検作業の概要を以下に示す。(参照：図 2.3-7)

図 2.3-7 ケーソン式における点検作業

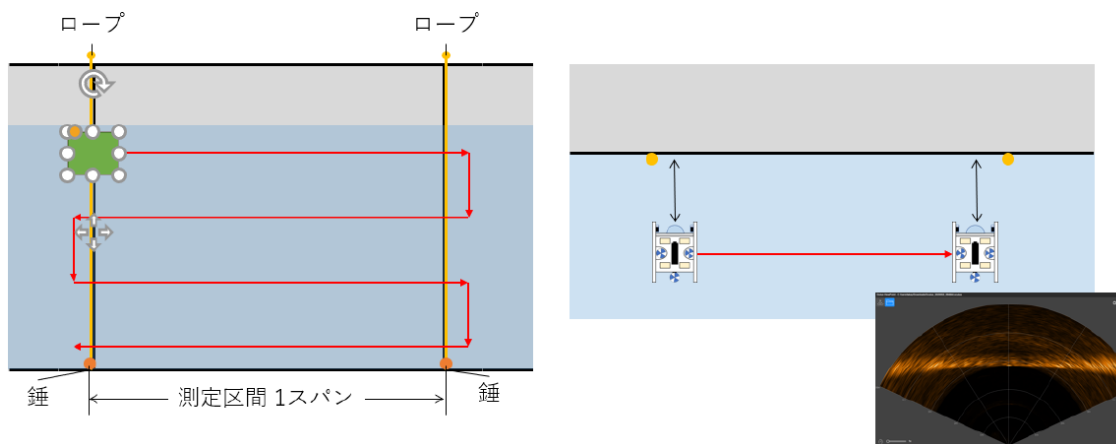


<点検作業>

- ・ ケーソンの1ブロックを測定区間とし、測定区間の両端にロープを垂らす。
- ・ 海面の近くの水深で片方のロープから反対側のロープまで **ROV** を水平に移動させる。
- ・ 反対側のロープの位置で水深を下げて、スタートした側のロープまで水平に移動させる。
- ・ 海底に近くまで以上の手順を繰り返して **ROV** を移動させ、**ROV** のカメラでケーソンの壁面全体の画像データを記録し、モニターに画像を表示する。
- ・ ケーソン壁面と **ROV** の距離は、海水の濁度に応じ、点検可能な画質が維持できる範囲で、同時にできるだけ壁面から離れて撮影範囲を広くできる距離を設定する。
- ・ 水深を下げる距離は、上下の画像が重なり、ケーソン全面を撮影できるように設定する。
- ・ 変状の採寸は **ROV** に設置したメジャーを変状箇所に当てて、画像から採寸する。

(参照：図 2.3-8)

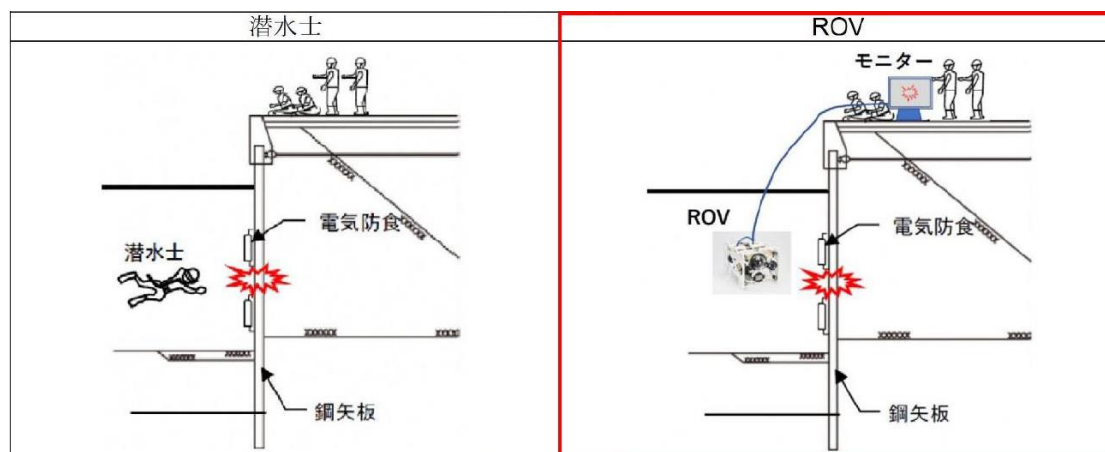
図 2.3-8 ROV の移動経路



2. 3. 6 矢板式

- ・ 矢板式の構造と点検作業の概要を以下に示す。（参照：図 2.3-9）

図 2.3-9 矢板式における点検作業

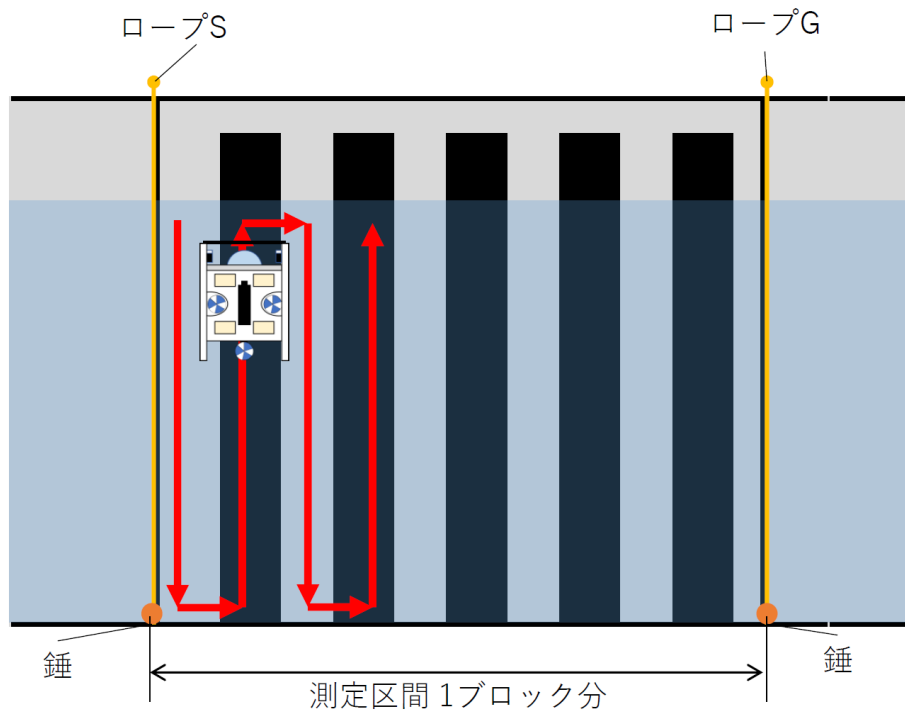


< 鋼矢板の点検 >

- ・ 測定区間の両端にロープを垂らす。
- ・ 一方のロープの位置で、測定区間内の矢板に沿って ROV を海面付近から垂直に潜航する。
- ・ 海底部付近に到達したら、ROV を測定区間内の隣接する矢板に移動する。
- ・ 矢板に沿って海面付近に向けて ROV を垂直に上昇させる。
- ・ 海面付近に到達したら、反対側のロープの位置に到達するまで上記の作業を繰り返す。

（参照：図 2.3-10）

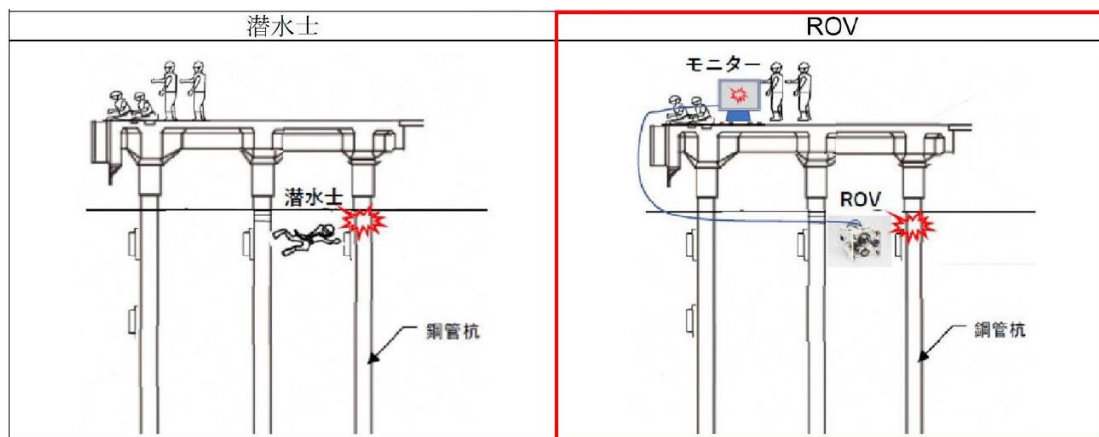
図 2.3-10 ROV による撮影経路



2. 3. 6 栈橋式

- ・栈橋式の構造と点検作業の概要を以下に示す。（参照：図 2.3-11）

図 2.3-11 栈橋式における点検作業



<鋼管杭の点検>

- ・カメラの画角と撮影範囲から、鋼管杭の全周を撮影できるように、撮影方位を複数等間隔で設定する。
- ・設定した方位を維持し、海面付近から海底付近まで潜行して撮影し、終了後海面付近

に浮上した後に岸壁まで戻り、岸壁から水面までの距離をメジャー（スタッフ）で測定する。

- ・上記の作業を設定した方位毎に繰り返す。（参照：図 2.3-12～14）

図 2.3-12 鋼管杭の配置

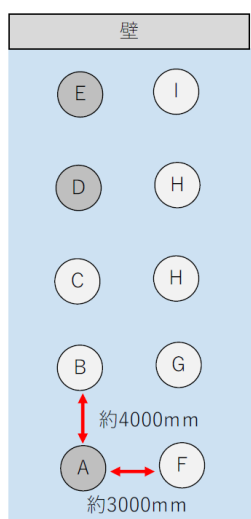


図 2.3-13 撮影 4 方位

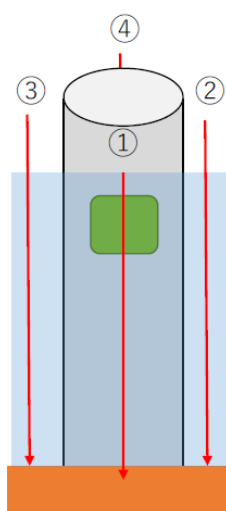
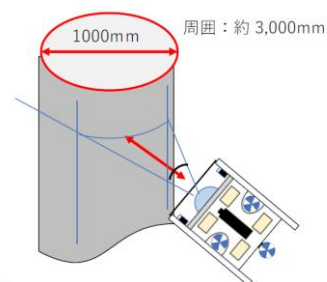


図 2.3-14 画角と撮影範囲



<土留部の点検>

- ・陸側の土留部は水深が浅いため、ROV が水中で撮影できるように、満潮に近い時間帯で点検作業を実施する。
- ・土留部が矢板式の場合は、矢板式の点検方法に従って点検する。（参照：図 2.3-15～16）

図 2.3-15 土留部の位置

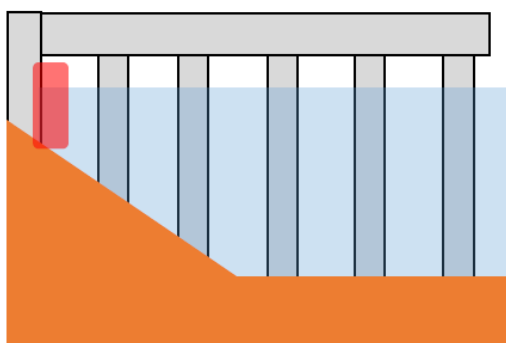
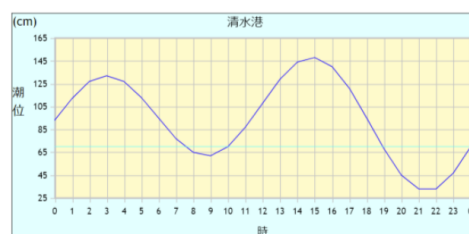


図 2.3-16 潮位の変化



以上