

洋上風力発電設備の維持管理  
に関する統一的解説  
参考資料  
(平成31年3月)



## 目 次

1. 定期安全管理検査制度	参-1
2. 下部構造・基礎等の維持管理計画	参-6
1) 維持管理計画の構成	参-6
2) 係留施設の維持管理計画書の内容	参-45
3. 工種別安全対策	参-66
4. 維持管理に関する国外規格との関連	参-79
5. 維持管理の効率化に関する調査	参-84
6. 事業者の定期点検周期の自主基準例	参-87

## 参考 1 定期安全管理検査制度

以下に電気事業法第 55 条の定期安全管理検査制度の概要について示す。

定期安全管理検査の制度は、定期事業者検査、定期安全管理審査および評定から構成され、設置者の実施した定期事業者検査の結果を、国又は登録安全管理審査機関が法定審査 6 項目およびインセンティブ関連項目について審査を行い、国が審査結果を評定する。

### 【解説】

定期安全管理検査は、電気事業法第 55 条で定められており、定期事業者検査、定期安全管理審査および評定から構成される。

設置者の実施した定期事業者検査の結果を、国または登録安全審査機関が法定審査 6 項目およびインセンティブ関連項目について審査を行い、国が審査結果を評定する。

以下に風力発電設備の定期安全管理検査に係る法体系を図・参-1.1、定期安全管理検査制度の概要を図・参-1.2 および表・参-1.1 に示す。

区分		電気事業法		政・省令		国の解釈・内規	民間規格等
定期安全管理検査	定期事業者検査	55条第1項	・検査の対象電気工作物	省令※194条	対象電気工作物		
			・検査の時期	省令※194条の2	検査の時期		
		・検査の実施	省令※194条の3	検査の方法	定検解釈※3	風力発電設備の定期点検指針(日本電気協会)	
		・検査結果の記録・保存	省令※194条の4 94条の8	検査結果の記録事項 保存期間			
		55条第2項	・技術基準適合性確認義務 →事業用電気工作物の 維持(法第39条第1項)	発電用風力設備に関する技術基準を定める省令	発電用風力設備の技術基準の解釈について	土木学会指針※4 IEC61400 JISC1400	
	定期安全管理審査	55条第4項	・審査受審義務 ・審査実施者	省令※194条の5	審査の時期	使用前・定期安全管理審査の実施要領(内規)	風力発電設備の定期安全管理審査の手引き(登録安全管理審査機関)
				省令※194条の5の2、政令※227条 省令※194条の6	権限の委任 審査申請		
		55条第5項	・審査項目 組織, 方法, 工程	省令※194条の7	審査項目 協力事業者, 記録, 教育訓練		
		55条第6項	・審査結果の通知 ・評定, 評定結果の通知	省令※194条の7	審査結果の通知内容		
	登録安全管理審査機関	67条	・登録				
69条		・登録の基準 審査員の資格基準 審査の区分	省令※1108条	審査機関登録の申請			
71条		・安全管理審査の義務	省令※1110条	審査の方法			

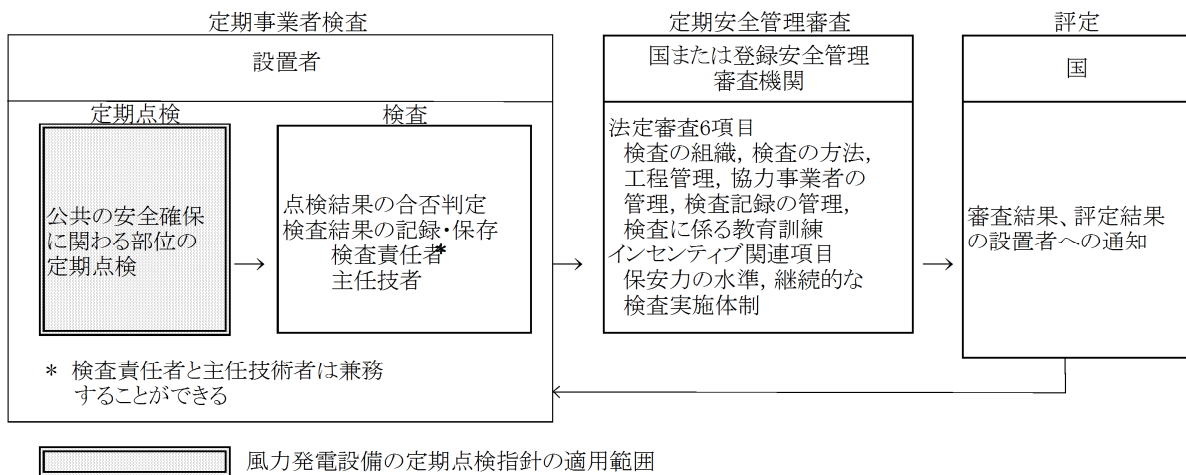
※1 電気事業法施行規則

※2 電気事業法施行令

※3 電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈

※4 土木学会「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説」[2010年版]

図・参-1.1 風力発電設備の定期安全管理検査に係る法体系



図・参-1.2 定期安全管理検査制度の概要

表・参-1.1 定期安全管理検査制度の概要

検査対象の風車の規模	単機出力 500 kW 以上の風力発電設備	
定期事業者検査	検査の項目	42 項目 (部位)
	検査の周期	部位毎に半年・1年・3年程度の周期を推奨
定期安全管理審査	審査の周期	事業者の保安力に応じ審査の周期を延伸 (インセンティブ) 保有力水準 (第1段階) : 3年 保有力水準 (第2段階) : 6年
	実施主体	国又は登録安全管理審査機関

出典：電気事業法施行規則、電気事業法施行規則第 94 条の 3 第 1 項第 1 号及び第 2 号に定める定期事業者検査の方法の解釈、使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）について

## 参考 1.1 定期事業者検査

風力発電設備の定期事業者検査は、公共の安全に係る事故（タワー倒壊等の支持物不具合、ロータ過回転、ハブ・ナセル落下、ブレード飛散等、火災）を防止するために実施するものとし、その実施時期は、風車の設置場所や風車の機種・機械の特性により点検周期が異なることを考慮し適切に設定する。

### 【解説】

#### (1) 定期事業者検査の対象とされる電気工作物の種類

定期事業者検査の対象電気工作物は、単機出力 500kW 以上の風力発電設備である（電気事業法施行規則第 94 条）。風力発電設備は、出力 20kW 以上が事業用電気工作物であり、出力 500kW 以上の発電所または発電設備を設置する場合、工事計画の届出が義務付けられている。

#### (2) 定期事業者検査の対象部位

定検解釈の検査の対象部位は、公共の安全に係る事故を防止することを目的として選定されているため、タワー内に設置されている機器については、不具合があった場合でも公共の安全に係る事故とはなりにくいことから、検査の対象外となっている。

#### (3) 定期事業者検査の概要

- ① 風力発電設備の定期事業者検査は、公共の安全に係る事故（タワー倒壊等の支持物不具合、ロータ過回転、ハブ・ナセル落下、ブレード飛散等、火災）を防止するために実施する。
- ② 定期事業者検査の実施時期は、風車の設置場所や風車の機種・機器の特性により点検周期が異なることを考慮し適切に設定する。

#### (4) 点検の方法

定検解釈では、検査方法として、①目視、②触手、③打音、④聴音、⑤試験、⑥測定の 6 つの方法を採用しており、これは人間の五感に頼った検査では、その検査結果の判定にあたって、検査員の維持管理熟練度により判定が変わることがありうるため客観的根拠に基づく検査ができるよう、可能な限り⑤試験、⑥測定の検査を行うようにしたものである。

##### 1) 点検方法の用語の定義

- ① 目視：目で対象の外観を確認する。
- ② 触手：手で対象に触れて、緩み・ガタツキ・位置・状態を確認する。
- ③ 打音：対象の表面をハンマで軽くたたき、音の違いによって内部の状態を確認する。
- ④ 聴音：耳で対象の運転時の状態を確認する。
- ⑤ 試験：操作された命令どおりに、動作することを確認する。
- ⑥ 測定：機器を用いて数値を確認する。（軸力又は締付トルク、油圧、ガス圧、長さ、隙間、厚み、温度、電圧、絶縁抵抗値等）
- ⑦ 事故故障情報の入手と対応の記録：設備に関する事故故障情報を収集し、その情報を継続的に記録する。

#### (5) 事故故障情報の入手と対応記録の保存

事故故障情報の入手と対応の記録は、風力発電設備の維持管理において推奨されている検査方法とされ、事故等に伴いメーカーから設備の改良に関する情報が発信される場合があり、どのように対応したかが分かるように記録を残しておくことが重要とされる。

## 参考 1.2 定期安全管理審査

定期安全管理審査は、経済産業省の「使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）」に基づき、法定審査 6 項目およびインセンティブ関連項目について審査を行う。設置者は、定検解釈の検査方法に対し、「具体的な検査の方法及び判定基準」を定めた定期事業者検査要領書を作成して検査を行う。

### 【解説】

定期安全管理審査は、設置者が、定検解釈の検査方法に対し、「具体的な検査の方法及び判定基準」を定めた定期事業者検査要領書を作成して実施した定期事業者検査の結果を、経済産業省の「使用前・定期安全管理審査実施要領（内規）」に基づき、国または登録安全審査機関が法定審査 6 項目およびインセンティブ関連項目について審査を行い、国が審査結果を評定する。

表・参-1.2.1 に、定期安全管理審査の審査項目と審査基準（抜粋）を示す。

表・参-1.2.1 定期安全管理審査の審査項目・審査基準（抜粋）

#### [法定審査 6 項目]

1. 法定事業者検査の実施に係る組織
2. 検査の方法
3. 工程管理
4. 検査において協力した事業者がある場合には、当該事業者の管理に関する事項
5. 検査記録の管理に関する事項
6. 検査に係る教育訓練に関する事項

#### [法定審査 6 項目に対する審査基準の抜粋]

##### 検査計画の策定

検査の計画に当たっては、次の事項に該当するものを、明確にすること。

- a) 具体的な検査の方法及び判定基準
- b) その検査実施に必要な検査員の配置や使用する測定機器等
- c) 検査の方法及びその結果が要求事項を満たしていることを実証するために必要な記録。



## 参考 2 下部構造・基礎等の維持管理計画

### 1) 維持管理計画の構成

以下に「港湾の施設の維持管理計画策定ガイドライン 3.3 維持管理計画書の概要」を示す。

維持管理計画書は、Ⅰ 総論、Ⅱ 点検診断計画、Ⅲ 総合評価、Ⅳ 維持補修計画から構成されることとし、各項目についての施設共通の概要は次のとおりである。

#### Ⅰ 総論

総論は、維持管理の気品的な考え方や施設が置かれる諸条件等を示すものとする。

#### 【解説】

維持管理計画に示す施設の維持管理を行う上で必要または有用な情報について表・参-2.1.1.1の事項を参考にすることができる。全ての項目を網羅する必要はなく施設の種類や構造形式に応じて選定し、表等にして示してよい。ここでの有用な情報とは、維持管理計画を策定する際に有用となる情報を示している。

表・参-2.1.1.1 必要または有用な情報の例

情報の項目	情報の内容例	必要な情報	有用な情報
1) 計画の目標	・ 供用期間等	○	
2) 維持管理の基本的な考え方	・ 施設の予防保全型または事後保全の維持管理の方針、将来の長寿命化、廃止、利用転換等 ・ 通常点検診断施設または重点点検診断施設の設定	○	
3) 施設に関連する計画	・ 港湾計画、予防保全計画等		○
4) 維持管理上の諸条件等	・ 図面、適用基準、施工履歴（補修履歴）、材料特性等	○	
	・ 位置図、構造特性、自然条件、利用状況等		○
5) 付随する施設との関係性	・ 岸壁の場合は航路・泊地、防波堤、ヤード等		○
6) 維持管理レベル	・ 維持管理レベルⅠ・Ⅱ・Ⅲ	○	
7) 座標系、位置座標の設定	・ ブロック番号や部材番号、起点からの距離、測量のX,Y座標値等		○
8) 初回点検診断結果	・ 劣化度及び性能低下度の評価、劣化予測結果、詳細調査結果、総合評価結果、現状の措置等	○	
9) その他の配慮事項	・ 代替施設の有無等		○

### (1) 計画の目標（供用期間等）

施設を維持管理する計画目標期間、供用期間、設計供用期間等を明記する。新規に建設または改良する施設の設計段階では、供用期間と設計供用期間が同じとされることが多く、設計供用期間を当初の計画目標期間として維持管理を行う。

施設の供用後に、社会経済情勢の変化、維持管理の方針に応じて、当初の設計供用期間を変更して施設を供用することがある。供用期間の変更にあたっては、港湾計画、港全体の施設と個別施設との関係性、施設の利用状況や変状等に留意し、供用期間中の要求性能を満たすよう、適切な方法により照査する必要がある。

### (2) 維持管理の基本的な考え方

施設を今後どのような方針で維持管理していくかの基本的な考え方を示す。将来、供用期間を超えて維持管理を行う場合、あるいは供用停止、用途変更の可能性がある場合は、その理由と予定（計画）を記載しておくことよい。

#### 【例】

- ・新規施設：供用期間中に交換を必要としない高耐久性材料を使用した事前対策型の維持管理によって、供用期間中の維持管理に係る費用の縮減を図る。
- ・既存施設：変状の進行が著しい施設において、予防保全的な対策が困難な場合は、事後保全型の対策を行う等、実態に則して適切に対応する。

施設の重要度を勘案するにあたっては、点検診断の頻度に応じた通常点検診断施設は重点点検診断を一つの目安にすることができる。

通常点検診断施設と重点点検診断施設の設定の考え方は、「港湾の施設の維持管理計画策定ガイドライン 第1部 2.4 維持管理計画策定の手順及び勘案事項等 及び3.4 維持管理計画書の内容」を参照すること。

### (3) 施設に関連する計画

港湾計画や予防保全計画等に施設に係る内容が有る場合には記載することが望ましい。

#### 係留施設の例

- ・港湾計画の作成年月、施設の諸元、施設の位置づけ（重要港湾以上の場合）

【例】 水深および延長

【例】 予定なし（現状維持）、移設、撤去、廃止、変更計画等

- ・予防保全計画の対応等（予防保全計画が策定されている場合）

【例】 計画策定年、優先順位、対応方針等

### (4) 維持管理上の諸条件等

施設の種類や構造形式に応じて、維持管理計画策定のための諸条件等を示す。

- ・位置図：地区の位置、施設の位置
- ・平面図、断面図：維持管理の対象範囲や対象部材
- ・構造特性：施設の分類や規模、構造形式等
- ・施工履歴および補修履歴

- ・ 適用基準：設計および施工にあたり適用した基準やマニュアル類とその発行年
- ・ 自然条件：潮位、水深、波浪等
- ・ 材料特性：材料の規格や寸法、リサイクル材料の使用<sup>注)</sup>等
- ・ 利用状況：対象船舶、取扱貨物量、利用頻度、上載荷重等

注) リサイクル材料の中には、経時的に性質が変化するものがあり、また、維持工事等において露出することにより暴露環境が変化する可能性も考えられる。このため、リサイクル材料の管理上の配慮事項を維持管理計画等に記載しておくことが望ましい。

#### (5) 付随する施設との関係性

施設に関連する付随施設（岸壁の場合は航路・泊地、防波堤、ヤード等）や、類似施設（岸壁の場合は代替施設として利用できるもの）がある場合は、それらの関係性を示すことが望ましい。

#### (6) 維持管理レベル

##### ① 部材の維持管理レベルの設定

維持管理レベルの設定にあたっては、施設の設置目的、供用期間および要求性能を踏まえて、自然条件や利用状況といった施設を取り巻く諸条件、施設の構造形式やこれを構成する部材の構造特性、材料特性等から、施設の有する機能の経時変化を予測して設定することとなる。

維持管理レベルは本来、施設全体に対して設定されるものであるが、施設全体の性能の経時変化を予測することが難しい場合やすべての部材や附帯設備等に対して同一の維持管理レベルを設定することが合理的でない場合がほとんどである。

したがって、施設を構成する部材の将来にわたる性能の経時変化に関する検討を実施し、この結果に加えて、点検診断および維持管理工事等の難易度、施設の重要度等についても勘案しながら、施設全体としての維持管理のシナリオを描きつつ、施設を構成する部材ごとに表・参-2.1.1.2に示す適切な維持管理を設定する。

港湾の施設の代表的な施設である泊地、重力式防波堤、重力式係船岸、矢板式係船岸、直杭式横棧橋、橋梁（PC箱桁橋）について維持管理レベルの目標を表・参-2.1.1.3に示す。

表・参-2.1.1.2 部材の維持管理レベル

部材の劣化予測に基づく維持管理レベルの考え方	
<p><b>維持管理レベルⅠ（事前対策型）</b></p> <p>維持管理計画の策定時における部材の劣化予測において、供用期間中に部材の性能に影響を及ぼす変状が十分に軽微な状態であること（維持管理上の限界状態に達しないこと）を照査した部材に対する維持管理レベルのこと。</p> <p>[ 代表的な部材の例 ]</p> <p>耐用年数が供用期間よりも長い材料を用いた部材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐腐食性の高い鋼材（ステンレス鉄筋、エポキシ樹脂塗装鉄筋等）を用いたコンクリート部材</li> <li>・耐用年数が供用期間を超えるような電気防食を施した鋼管杭・鋼管矢板</li> <li>・一般に鉄筋の腐食の進展が軽微であると考えられている重力式係船岸等のコンクリートケーソン</li> </ul>	
<p><b>維持管理レベルⅡ（予防保全型）</b></p> <p>維持管理計画の策定時における部材の劣化予測において、供用期間中に部材の性能に影響を及ぼす変状の発生（維持管理上の限界状態）が予測されるが、維持管理段階において予防保全的な対策を実施することを設計時点から計画しておくことで、維持管理上の限界状態に至る前に維持補修が行えるよう配慮された部材に対する維持管理レベルのこと。</p> <p>[ 代表的な部材の例 ]</p> <p>耐用年数が供用期間よりも短い材料を用いた部材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・表面被覆等の補修を計画的に施すコンクリート部材</li> <li>・供用期間中に陽極の交換が必要な電気防食を施した鋼管杭・鋼管矢板</li> </ul>	
<p><b>維持管理レベルⅢ（事後保全型）</b></p> <p>維持管理計画の策定時における部材の劣化予測において、供用期間中に変状の発生により部材の性能低下が予測されるが、予防保全的な対策が困難あるいは不経済であることから、部材の要求性能が満足されなくなる前に事後保全的な対策を実施することを想定した部材に対する維持管理レベルのこと。</p> <p>[ 代表的な部材の例 ]</p> <p>耐用年数が供用期間よりも短い材料を用いた部材</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用性が損なわれた際に打替えを実施するエプロン舗装</li> <li>・劣化・変状が顕著となった際に取替えを実施する附帯設備（防舷材、車止め等）</li> </ul>	

表・参-2. 1. 1. 3 予防保全型と事後保全型を適用する部材の設定の目安

施設	部材名	維持管理レベル		維持管理レベル設定の考え方
泊地	泊地	Ⅲ	事後保全型	劣化予測、予防保全的な対策が困難
重力式防波堤	ケーソン	I	事前対策型	一般に、ケーソンは鉄筋の腐食の進展が軽微であることから、供用期間中に維持管理上の限界に達しないと想定(※1)
	上部工 消波工 海底地盤	Ⅲ	事後保全型	構造的に重要な部材であるものの、劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済
重力式係船岸	ケーソン	I	事前対策型	一般に、ケーソンは鉄筋の腐食の進展が軽微であることから、供用期間中に維持管理上の限界に達しないと想定
	上部工 エプロン 海底地盤	Ⅲ	事後保全型	構造的に重要な部材であるものの、劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済
	防舷材 係船柱 車止め・安全柵 はしご 排水設備	Ⅲ	事後保全型	劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済
矢板式係船岸	下部工(鋼矢板等の被覆防食)	Ⅱ	予防保全型	耐用年数が供用期間より短い被覆防食
	下部工(鋼矢板等の電気防食)	I	事前対策型	耐用年数が供用期間より長い電気防食
		Ⅱ	予防保全型	供用期間中に陽極の交換が必要な電気防食
	下部工(鋼矢板)	I	事前対策型	供用期間中に維持管理上の限界に達しないことを確認している鋼矢板
	上部工 エプロン 海底地盤	Ⅲ	事後保全型	構造的に重要な部材であるものの、劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済
附帯設備は重力式と同じ	Ⅲ	事後保全型	劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済	
直杭式横棧橋	上部工(棧橋上部工)	I	事前対策型	供用期間中に維持管理上の限界に達しないことを確認している部材、事前対策が施されている部材(例. 耐腐食性の高い鋼材を用いた RC 等)
		Ⅱ	予防保全型	供用期間中に維持管理上の限界に達すると予測される場合、予防保全的な対策を計画する
	下部工(鋼管杭の被覆防食)	Ⅱ	予防保全型	耐用年数が供用期間より短い被覆防食
	下部工(鋼管杭の電気防食)	I	事前対策型	耐用年数が供用期間より長い電気防食
		Ⅱ	予防保全型	供用期間中に陽極の交換が必要な電気防食
	下部工(鋼管杭)	I	事前対策型	供用期間中に維持管理上の限界に達しないことを確認している鋼管杭
	上部工(土留護岸) エプロン 海底地盤 渡版	Ⅲ	事後保全型	構造的に重要な部材であるものの、劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済
附帯設備は重力式と同じ	Ⅲ	事後保全型	劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済	

(※1) 港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成26年6月部分改訂)において、「消波ブロック被覆堤では、消波ブロックがケーソン側壁に繰り返し衝突し、穴あきに至る局部破壊が発生する場合がある。文献14-1) 維持管理を考慮した防波堤ケーソン側壁の耐衝撃設計に関する検討、港湾空港技術研究所資料, No.1279, 2013 では、ケーソン側壁の局部破壊に対する設計・照査方法が示されており、参考にすることができる。」とされている。

② 維持管理レベルに応じた維持管理の方針

維持管理レベルのⅠ（事前対策型）、Ⅱ（予防保全型）、Ⅲ（事後保全型）における維持管理の方針は、維持管理レベルの考え方および性能低下度に応じて、表・参-2.1.1.4を目安にすることができる。

ここでの維持管理の方針は、あくまでも性能低下度に着目した総合評価の方針であり、詳細定期点検診断、劣化予測、総合評価等の結果を踏まえて判断する措置とは一致しない場合もある。

なお、消波ブロック被覆堤におけるケーソン本体のように、事前対策型の部材であっても、消波ブロックの衝突による損傷等による性能低下度がAに至る場合もある。

表・参-2.1.1.4 部材の維持管理レベルに応じた維持管理の方針の目安

維持管理レベル	性能低下度	性能低下度に対する維持管理の方針の目安
Ⅰ（事前対策型）	A	—
	B	緊急的措置ならびに応急的措置
	C	計画的措置
	D	経過観察
Ⅱ（予防保全型）	A	緊急的措置ならびに応急的措置
	B	計画的措置
	C	経過観察
	D	経過観察
Ⅲ（事後保全型）	A	緊急的措置ならびに応急的措置
	B	経過観察
	C	経過観察
	D	経過観察

(7) 座標系および位置座標の設定

施設の座標系（ブロック番号や部材番号等）および位置座標（X座標、Y座標）は、施設の構造や諸条件を踏まえて必要に応じて設定する。

位置座標の設定には測量調査を伴うため、施設の構造、管理方法等を考慮する。位置座標は、港で管理している全体座標系を標準とし、基点からの測量を行いベンチマークの座標等を示す。

ベンチマークは、供用期間において移動や変位することのないように設標し、点検時に確認できるように、現地に目印やマーキング等を設けることが望ましい。

座標系記号の例を次頁に 表・参-2.1.1.5 を示す。

表・参-2.1.1.5 座標系記号の例

係留施設（モノパイル式、ジャケット式、重力式）

名称	記号	用語
鋼管杭、鋼管矢板、矢板	P	Pile
被覆防食	Ppc	Protection coating
電気防食	Pcp	Cathodic protection
ケーソン	C	Caisson
ジャケット	J	Jacket
ストラット部材	St	Strut
ストラット水平材（上方連結材）	Sh	(Horizontal) Strut
防舷材	F	Fender
係船柱	Bo	Bollard
柵	Fe	Fence
はしご	La	Ladder
照明設備	Lf	Lighting facilities
標識灯	Bl	Beacon light

(8) 初回点検診断結果

維持管理計画書の作成にあたっては、施設の変状を調査して把握した上で行うべきであるため、総論の中で、初回点検診断結果を取りまとめる必要がある。

初回点検診断結果として、新規施設は建設あるいは改良直後の点検診断結果、既存施設の場合は維持管理計画の策定段階における点検診断劣化を記載する。

新規施設の初回点検診断は、竣工後2年以内に実施することが望ましいが、竣工時の品質検査や出来型検査の結果をもとに初期状態の把握を行ってもよい。

初回点検診断結果には、劣化度および性能低下度の評価、詳細調査、劣化予測、総合評価の結果、現状に対する措置等を示す。劣化予測および詳細調査には次のようなものがある。

劣化予測の例

- ・塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測
- ・マルコフ連鎖モデルによる劣化予測
- ・鋼材の腐食速度に対する残存肉厚の予測
- ・電気防食工（陽極）に対する電位低下予測
- ・電気防食工（陽極）に対する消耗量予測
- ・被覆防食工の劣化予測

詳細調査の例

- ・現地測量等（基準点測量、水準測量、深淺測量等）
- ・鋼材の肉厚測定（腐食速度の推定）
- ・電気防食の電位測定
- ・ケーソンの空洞化調査
- ・鉄筋の腐食状況調査（自然電位・分極抵抗測定、はつり出し調査等）
- ・コンクリート試験（圧縮強度試験、塩化物イオン含有量試験、中性化試験等）

(9) その他の配慮事項

その他の配慮事項として、代替施設等の情報がある場合に記載する。



## II 点検診断計画

点検診断計画は、点検診断の時期、方法及び対象とする部材等を定めるものとする。

### 【解説】

#### 1. 点検診断計画

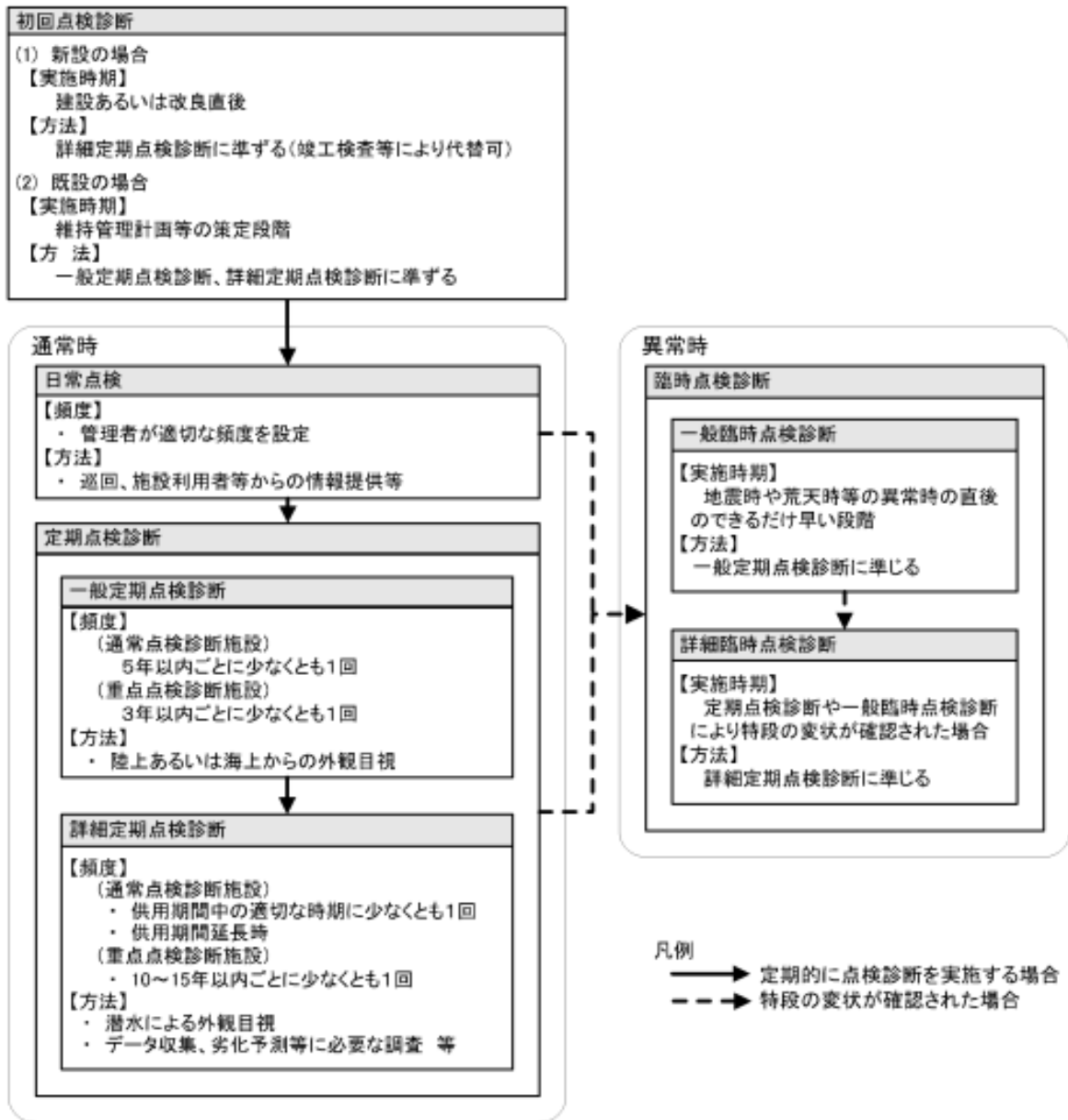
維持管理の基本的な考え方や施設の置かれている諸条件等、点検診断結果を勘案して、点検診断の時期、方法、対象とする部材等を定める。

施設の構造形式や諸条件に応じた点検診断の項目および方法、判定基準等は点検診断ガイドラインを適用するものとする。

初回点検診断以降に点検診断を実施した場合には、維持管理計画の管理および活用の観点から、点検診断結果を参考資料として適切に記録する。

#### (1) 点検診断の種類

点検診断の種類は、(図・参-2.1.2.1に点検診断の流れを示すように) 初回点検診断、日常点検、定期点検診断、臨時点検診断に分類される。定期点検診断は、一般定期点検診断と詳細定期点検診断に区分され、臨時点検診断は、一般臨時点検診断と詳細臨時点検診断に区分される。



図・参-2.1.2.1 点検診断の流れ

(2) 点検診断の実施時期

① 定期点検診断の実施時期

通常点検診断施設と重点点検診断施設の設定の考え方を 表・参-2.1.2.2 に示し、それぞれの施設における定期点検診断の実施時期の考え方を 表・参-2.1.2.3 に示す。

表・参-2.1.2.2 通常点検診断施設と重点点検診断施設の設定の考え方

	設定の考え方
通常点検診断施設	重点点検診断施設以外の技術基準対象施設
重点点検診断施設	以下の例を参考に、変状の進行の程度を勘案して総合的に決定 (重要度が高いと考えられる施設例) ① 損壊が経済活動に重大な影響を及ぼす施設 (幹線貨物輸送施設、危険物取扱施設、主要な航路に面する特定技術基準対象施設 等) ② 防災上重要な施設 (耐震強化岸壁、津波防波堤 等) ③ 損壊が人命に重大な影響を及ぼす施設 (旅客が使用する施設 等)

表・参-2.1.2.3 定期点検診断の実施時期の考え方

点検診断の種類		通常点検診断施設	重点点検診断施設
定期点検診断	一般定期点検診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>5年以内ごとに少なくとも1回</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3年以内ごとに少なくとも1回</li> </ul>
	詳細定期点検診断	<ul style="list-style-type: none"> <li>供用期間中の適切な時期に少なくとも1回</li> <li>供用期間延長時</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10~15年以内ごとに少なくとも1回</li> <li>主要な航路に面する特定技術基準対象施設等は、10年以内ごとに少なくとも1回</li> </ul>

② 臨時点検診断の実施時期

異常時における臨時点検診断は、地震や台風等による自然災害や船舶や車輛の衝突等により、施設に変状が発生した可能性がある場合に、これを把握することを目的としてできるだけ早期に実施する。

ただし、地域あるいは港湾ごとに異常時の条件を定めている場合は、それに準じる。

・ 一般臨時点検診断

地震や台風の直後には、突発的に変状が発生・進行するおそれがあり、施設の利用に支障となるだけでなく、人命にかかわるような甚大な事故や災害につながることを懸念される。これらの変状の発生・進行の有無を確認し、必要な対策を取るために、一般臨時点検診断を行う。

一般臨時点検診断は、一般定期点検診断に準じて、目視により変状の有無の確認を行う場合が多い。例えば、防波堤においては、高波浪後に被災の有無の調査が行われている場合があり、その調査を一般定期点検診断に代えることができる。

・詳細臨時点検診断

日常点検、一般定期点検診断、詳細定期点検診断、一般臨時点検診断において特段の変状が発見された場合は、必要に応じて、その原因究明や施設の性能への影響把握のために詳細臨時点検診断を行うことが望ましい。

詳細臨時点検診断は、潜水による外観目視、データ収集、劣化予測等に必要な調査等を行うことが望ましい。

(3) 点検診断の項目とその分類

点検診断の項目は、施設がおかれている諸条件や構造形式等を勘案し、施設の設置者が適切に定める。点検診断の項目の分類を 表・参-2.1.2.4 に示す。

点検診断ガイドラインには、水域施設、ケーソン式防波堤、防潮堤・護岸・堤防、ケーソン式係船岸、矢板式係船岸、直杭式横棧橋、浮棧橋、係船浮標、附帯設備等における診断様式が示されている。

点検診断の項目を設定する際の留意事項を次に示す。

- ・ 点検診断の項目は、必ずしもすべてを網羅する必要はなく、また必要に応じて新たな項目を追加してよい。
- ・ 附帯設備等は、日常点検で状態を把握することが可能な場合、一般定期点検診断を必ずしも行う必要はない。
- ・ 点検診断ガイドラインの点検診断様式に示されている構造形式以外の施設においては、施設の構造、機能等を勘案し、類似した構造形式の点検診断の項目を参考に設定する。

表・参-2.1.2.4 点検診断の項目の分類

点検診断の項目の分類	解説
I 類	【施設の性能(特に構造上の安全性)に直接的に影響を及ぼす部材に対する点検診断の項目】 施設全体の移動や沈下、上部工、本体工、基礎工あるいは消波工等の変状に対するもので、構造上直接的に施設の性能(特に、構造上の安全性)に影響を及ぼすものに対する点検診断の項目。
II 類	【施設の性能に影響を及ぼす部材に対する点検診断の項目】 鋼部材の防食工等のように、その性能が低下により、直接的に直ちに施設の性能が低下するわけではないが、長期間その状態を放置すると施設の性能に影響を及ぼすものに対する点検診断の項目。
III 類	【附帯設備等に対する点検診断の項目】 防舷材、係船柱、船舶役務用施設等のように施設の利用に影響を及ぼすおそれのあるもの、あるいは、車止め、安全柵、はしご等のように損傷等を放置した場合に人命に関わる重大な事故や災害につながるおそれがあるものに対する点検診断の項目。

(4) 点検診断の方法

施設の種類、構造形式に応じた一般および詳細定期点検診断の方法は、点検診断ガイドラインを参考にすることができる。

詳細定期点検診断の実施方法や評価方法は、準拠あるいは参考にする基準やマニュアル等を維持管理計画書に記載することが望ましい。

#### (5) 劣化度の判定および性能低下度の評価

##### ①劣化度の判定および性能低下度の評価の実施単位

劣化度の判定および性能低下度の評価を行うにあたっては、施設の種類、構造形式や規模等に応じて実施単位を適切に定めておく必要があり、実施単位は点検診断ガイドラインを参考にすることができる。

実施単位は、建設された時期等により設計方法や使用材料等が異なる場合があることに留意する。

性能低下度の評価は、劣化度の判定結果に基づいて、点検診断の各項目ごとに工学的な判断により行う評価である。実際に対策を実施する際には、工学的な判断を行った上で、現場的判断を踏まえて総合的に評価し、対策の内容を定める。

##### ②劣化度の判定基準

劣化度の判定を行うにあたっては、部材の単位および劣化度判定の基準を定めておく必要がある。劣化度の判定基準は表・参-2.1.2.5によることができる。施設の種類や構造形式毎の劣化度の判定基準や判定事例は、点検診断ガイドラインを参考にすることができる。

表・参-2.1.2.5 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

##### ③ 性能低下度の評価基準

施設の性能低下度は、各部材の点検診断結果を総括し、施設全体としてどのような損傷、劣化等の変状が発生、進展し、性能が低下しているのかを4段階の指標で表したものである。

性能低下度の評価基準は表・参-2.1.2.6によることができる。施設の種類や構造形式毎の評価単位の設定にあたっては、点検診断ガイドラインを参考にすることができる。

表・参-2.1.2.6 点検診断における性能低下度の評価基準

性能低下度	性能低下度の評価基準
A	施設の性能が相当低下している状態
B	施設の性能が低下している状態
C	変状はあるが、施設の性能の低下がほとんど認められない状態
D	変状は認められず、施設の性能が十分に保持されている状態

④ 性能低下度の評価方法

性能低下度の評価の方法は、表・参-2.1.2.7 によることができる。

なお、性能低下度の評価は、点検診断の項目ごとの劣化度（a，b，c，d）の判定結果の多寡のみで評価するのではなく、施設の性能に及ぼす影響等を総合的に検討した上で行うことに留意する。

表・参-2.1.2.7 性能低下度の評価方法

点検診断の項目の分類	点検診断の項目ごとの性能低下度				性能低下度
	A	B	C	D	
I 類	「a が 1 個から数個」の点検診断の項目があり、施設の性能が相当低下している状態	「a または b が 1 個から数個」の点検診断の項目があり、施設の性能が低下している状態	A、B、D 以外	すべて d	点検診断の項目ごとに評価された性能低下度のうち、最も厳しく判定されたもの
II 類	「a が多数または a+b がほとんど」の点検診断の項目があり、施設の性能が相当低下している状態	「a が数個または a+b が多数」の点検診断の項目があり、施設の性能が低下している状態	A、B、D 以外	すべて d	
III 類	—	—	D 以外	すべて d	

注) 「多数」とは概ね 5 割、「ほとんど」とは概ね 8 割と考えてよい。

(参考) 性能低下度の評価方法 (案)

点検診断ガイドライン に示されている性能低下度の評価方法の流れを図-参 3-3.2 及び図-参 3-3.3 に、評価の一例を表-参 3-3.1 に示す。

[STEP 1] : 点検診断の項目ごとに劣化度 (a, b, c, d) の判定

劣化度を判定する単位ごとに、表 3-3.11 の基準により、点検診断の項目ごとの劣化度の判定を行う。劣化度を判定する単位は、点検診断ガイドラインの第 2 部 実施要領 を参考にすることができる。



[STEP 2] : 点検診断の項目ごとの性能低下度 (A, B, C, D) の評価

「点検診断の項目」ごとの性能低下度は、表 3-3.12 の基準により、表 3-3.13 を参考にして評価を行う。



[STEP 3] : 性能低下度 (A, B, C, D) の評価

[STEP 2] で求めた点検診断の項目ごとに評価された性能低下度のうち、最も厳しく判定されたものを性能低下度と評価する。

図-参 3-3.2 性能低下度の評価方法の流れ



図-参 3-3.3 性能低下度の評価方法の流れ (重力式係船岸の場合)

表-参 3-3.1 性能低下度の評価の一例（重力式係船岸の場合）

[STEP1] → [STEP2] → [STEP3]

点検診断の項目	点検診断の項目の分類	劣化度の判定の結果										合計					点検項目の分類ごとの性能低下度	性能低下度	
		1BL	2BL	3BL	4BL	5BL	6BL	7BL	8BL	9BL	10BL	a	b	c	d	合計			
岸壁法線	凹凸、出入り	1類	a	a	a	b	a	b	a	c	a	a	1	2	3	2	10	B	A
本体工	コンクリートの剥離、損傷	1類	a	a	a	b	b	b	a	c	a	a	0	4	3	0	10	B	
エプロン	沈下、陥没	1類	a	a	a	a	a	a	a	a	b	1	2	3	1	10	A		
	コンクリートまたはアスファルトの剥離、損傷	2類	a	a	a	a	a	a	c	a	a	2	0	1	1	10	B		
築造地盤	異常・土砂の堆積	1類	a	a	a	b	b	b	a	a	a	0	4	3	0	10	B		
土留工	コンクリートの剥離、損傷	2類	a	a	a	a	a	a	c	a	a	0	0	10	0	10	C		

- ① 劣化度の判定の結果のうち、例えば 1BL の「岸壁法線の凹凸、出入り（I類）」の劣化度を「a」と判定したが、岸壁の端部であり当該岸壁への船舶の離着岸の安全性に及ぼす影響は比較的小さいため、性能低下度を「B」と評価した。
- ② 劣化度の判定の結果のうち、例えば 6BL の「エプロンの沈下、陥没（I類）」の劣化度を「a」と判定としたが、当該岸壁における荷役作業への影響が大きいため、性能低下度を「A」と評価した。
- ③ 点検診断の項目ごとの性能低下度のうち、最も厳しい評価結果「A」を性能低下度とした。



### Ⅲ 総合評価

- a. 総合評価は、点検診断結果で得られた施設の変状に対する工学的知見・判断に基づく評価および計画的かつ適切な維持工事等に向けた現場的判断に基づく評価を示すことを標準とする。
- b. 総合評価の結果を踏まえて、施設の維持管理に関する方針を定めることを標準とする。

#### 【解説】

#### a および b について

総合評価では、工学的知見・判断に基づく評価および現場的判断に基づく評価を行い、施設の維持管理に関する方針を定める。

#### (1) 工学的知見・判断に基づく評価

各部材の点検診断結果を整理し、施設全体としてどのような損傷、劣化等の変状が発生・進展しているのかを整理する。工学的知見・判断に基づく維持工事等の緊急性は、施設の性能低下度を一つの目安としてよい。

さらに、維持管理レベルに応じた維持管理の方法を考慮し、部材の劣化度および点検診断の項目ごとの性能低下度の評価結果や詳細定期点検診断の結果等に基づいて評価する。

#### (2) 現場的判断に基づく評価

対応すべき維持工事等の実施にあたっての問題を整理し、経済性、財政面、利用面、施設の重要度、将来計画等から見た評価、対策が困難な場合の措置（代替案等）についての評価を行う。

#### (3) 施設の維持管理に関する方針

##### ① 対策の必要性の判断

総合評価の結果を踏まえ、対策の必要性について判断する。対策は、施設の重要度、変状の進行状況、経済性等の様々な観点から、適切に判断する必要がある。

想定される対策の例を表・参-2. 1. 3. 1 に示す。対象施設あるおは周辺施設の利用状況を考慮し、施設の供用制限、供用停止や立入禁止措置を行う判断を下すことも、対策の中に含まれる。

表・参-2. 1. 3. 1 対策の種類及び内容の例

対策の種類	対策の内容
経過観察	点検項目・頻度は従来通りで今後も継続する
点検診断計画変更	点検項目・頻度を変更する
補修	性能や耐久性を当初レベルまで回復する
補強	性能や耐久性を当初レベル以上に向上させる
更新	補修、補強よりも更新が合理的な場合に更新する
撤去	施設が不要になった場合に撤去する

対策のうち、補修が必要と判断された場合、コンクリート構造物および鋼構造物の標準的な補修の考え方は、IV) 維持補修計画 を参照すること。

## ② 施設の維持管理に関する方針

総合評価の結果、維持管理の方針を定めるに当たり、次の項目について評価する。

- ・ 緊急的な措置（可能な限り早急な対策を要する部材の位置および範囲の決定。

【例】 立入禁止区域、利用制限等の措置

- ・ 応急的措置（早急な対策を要する部材の位置および範囲の決定）

【例】 代替部材や代替施設による措置、応急復旧の措置

- ・ 計画的措置（計画的に対策を要する部材の位置および範囲の決定）

【例】 維持補修計画または事業計画等による計画的な維持工事等

- ・ 経過観察措置（次回実施時期や方法等の決定）

【例】 経過観察、日常点検の強化、次回定期点検診断の時期の見直し、点検診断の項目の変更の要否

## (4) 維持工事等による維持管理計画の変更

維持工事等の実施により、点検診断計画や維持補修計画等の変更の必要が生じた場合は、維持管理計画を変更する。

維持管理計画を変更する場合は、施設の設置者と港湾管理者等が協議することが重要である。

#### IV 維持補修計画

維持補修計画は、施設の安全性、重要性、補修の難易度や実現性、効果の持続性、補修に係る費用等を考慮して、補修の時期や方法を定めることを標準とする。

##### 【解説】

維持管理計画書に記載する洋上風力発電事業者が港湾区域に設置する洋上風力発電設備等について、港湾機能に支障を来すことがないよう「維持管理計画」を策定し、当該計画に従って、的確に維持管理を実施する必要について示すものである。

##### (1) 維持補修計画の概要

###### ①維持補修計画の基本的な考え方

維持管理の基本的な考え方や施設が置かれる諸条件、点検診断および総合評価の結果に基づき、施設の安全性、重要性、補修の難易度や実現性、効果の持続性、補修に係る費用等を考慮し、補修の方法や実施時期等を定める。

施設の安全性の確保、経済性の向上を図るためには、設計の段階から効率的な維持管理を実施できるように配慮することを踏まえ、維持補修計画を策定することが有効である。

補修の時期および方法は、変状の進行および総合評価の結果、残りの供用期間、経済性、施設の利用状況、現場の制約条件等を勘案して適切に定める。

補修の実施時期の検討には、次の方法がある。

- ・劣化予測に基づく検討  
【部材の例】 栈橋上部工等のRCやPC 等
- ・補修の材料や条件により、概ね補修方法が決まっている部材  
【部材の例】 鋼材の被覆防食や電気防食 等
- ・変状が顕著となった際に補修や交換を実施する部材  
【部材の例】 係留施設における防舷材や車止め等の附帯設備 等

補修は、構造や部材に対して適切な方法を選定する必要がある。あらかじめ補修方法が想定される部材には、次のようなものがある。

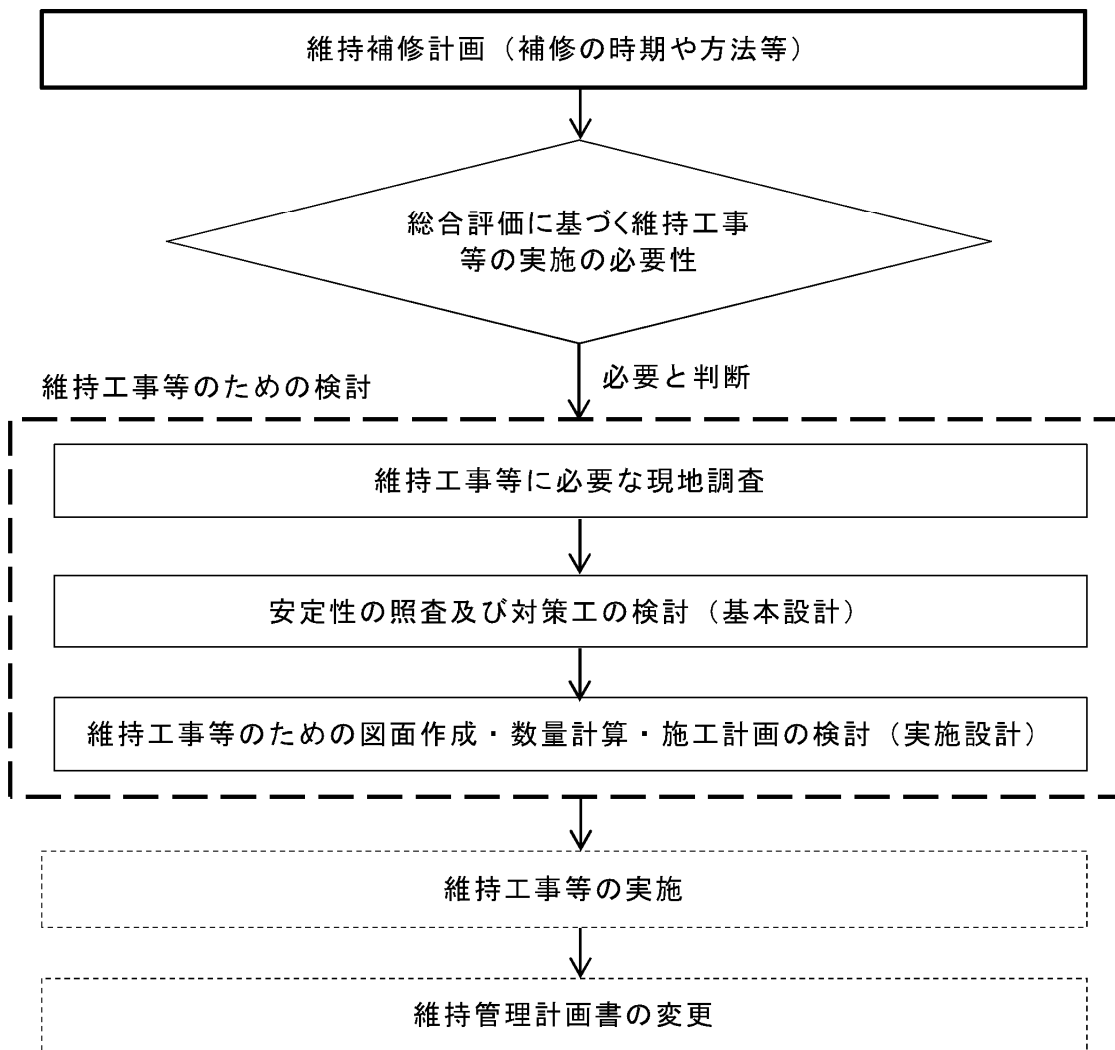
- ・複数の補修方法が想定される部材  
【部材の例】 栈橋上部工等のRC やPC 等
- ・補修の材料や条件により、概ね補修方法が決まっている部材  
【部材の例】 鋼材の被覆防食や電気防食 等
- ・変状が顕著となった際に補修や交換を実施する部材  
【部材の例】 係留施設における防舷材や車止め等の附帯設備 等

②維持工事等の実施に至るまでの検討の流れと維持補修計画の位置付け

維持補修計画では、想定される維持補修工事等の流れや標準的な補修の時期や方法等を示す基本的な計画までを策定する。

維持補修計画から実際の維持工事等の実施に至るまでの検討の流れを図・参-2.1.4.1 に示す。

維持工事等の実施にあたっては、一般的に、現地調査、基本設計、実施設計等を行うことが多い、維持補修計画では、維持工事等の要否の判断から後の現地調査、基本設計、実施設計等の維持工事のための検討は対象外とする。



図・参-2.1.4.1 維持工事等の実施に至るまでの実際の検討の流れ

(2) 補修の時期

補修の実施時期は、変状の進行および総合評価の結果、残りの供用期間、経済性、施設の利用状況、現場の制約条件等を勘案して適切に設定する。

補修時期の検討には、必要に応じて劣化予測を行うことが望ましい。

代表的な劣化予測方法の概要を表・参-2.1.4.1に示す。

表・参-2.1.4.1 代表的な劣化予測の概要

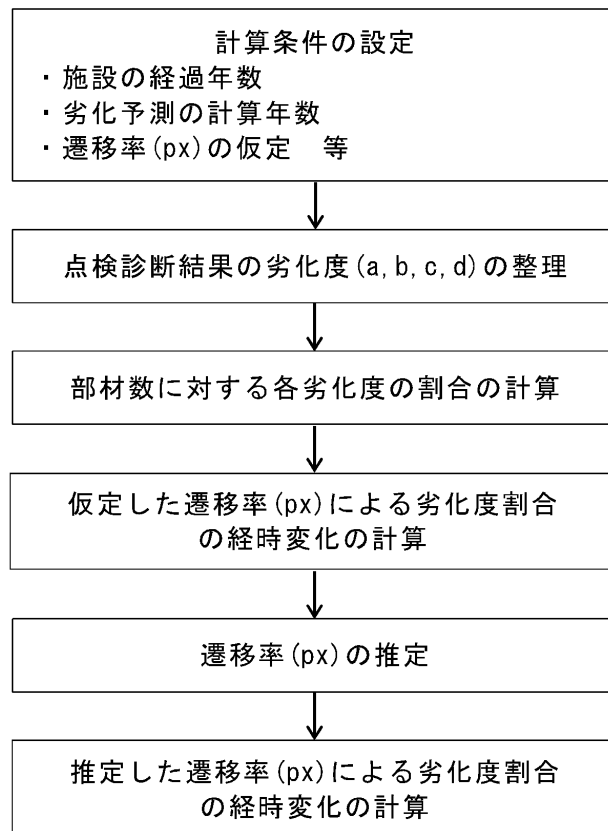
対象	劣化予測により得られる情報	予測の方法	予測に必要な情報	留意点
点検項目または構造物	将来の劣化度分布または性能低下度	マルコフ連鎖モデル	劣化度分布(a~d) 性能低下度の分布(A~D)	・劣化度分布において、劣化度 d(D)または a(A)が大部分を占める場合は、点検結果を用いての遷移率の設定は困難である。
点検項目または構造物	将来の劣化度分布または性能低下度	マルコフ連鎖モデル	標準的な劣化速度(遷移率)	・全国平均の劣化速度を用いるため、予測精度は比較的低い。
鉄筋コンクリート部材	コンクリート中の鉄筋腐食の開始時期	コンクリート中の塩化物イオン濃度の浸透予測	コンクリートの見かけの拡散係数、表面における塩化物イオン量、腐食発生限界塩化物イオン濃度	・コンクリートの施工品質、材料・環境条件等に影響される。 ・腐食発生限界塩化物イオン濃度は、設計上の値である 2.0kg/m <sup>3</sup> が用いられる場合が多いが、実構造物では設計値を超えることもある。
鋼材	将来の肉厚(減少量)	鋼材の腐食速度による腐食進行予測	鋼材の肉厚及び腐食速度	・腐食速度は海水中の溶存酸素、電気抵抗率、流速等に影響される
鋼材(電気防食)	将来の陽極の消耗量	陽極の消耗速度による消耗量予測	陽極の消耗量及び消耗速度	・消耗速度は海水中の溶存酸素、電気抵抗率、流速等に影響される
鋼材(被覆防食)	将来の劣化度	劣化度が指数的に悪化するモデル	劣化度(a~d)	・各工法により劣化機構が異なり、劣化の進行メカニズムは現状では明確になっていない場合が多い。

代表的な劣化予測方法の手順を次に示す。

① マルコフ連鎖モデルによる劣化予測

構造物における劣化度の分析および経過年数をもとに、確立論的手法であるマルコフ連鎖モデルを用いて劣化予測を行うことができる。

マルコフ連鎖モデルを用いた劣化予測の手順を図・参-2.1.4.2 に示す。



図・参-2.1.4.2 マルコフ連鎖モデルを用いた劣化予測の基本的な手順

劣化度の進行速度である遷移率 (px) を推定する方法には、次のようなものがある。

- ・劣化度の実測値と計算値の誤差が最少となるように遷移率を推定する。
- ・総合評価の評点を D=0、C=1、B=2、A=3 として、各判定に達した年数で除した値を遷移率の近似とする。

② 標準的な劣化速度を用いた劣化予測

劣化事例の実績に基づく劣化速度を表・参-2.1.4.2に示す。この早見表を用いることで、簡易に劣化速度を推定することができる。

劣化速度の早見表を用いた劣化予測の手順を図・参-2.1.4.3に示す。

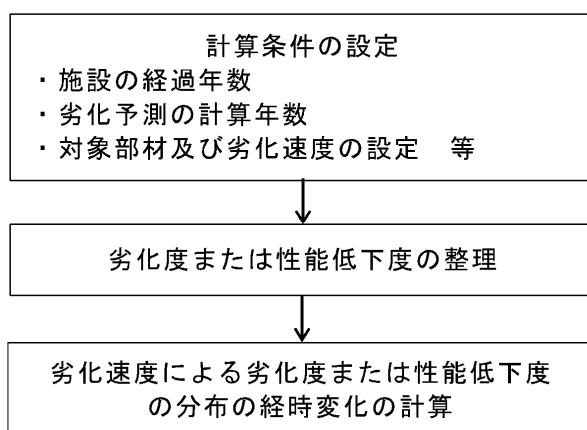
表・参-2.1.4.2 実績による標準的な劣化速度（単位：年）

部材	劣化度			
	d	c	b	a
上部工（棧橋式）	0	8	25	43
上部工（矢板式）	0	9	26	46
上部工（重力式）	0	9	26	45
下部工（被覆防食）※1	0	6	17	30
下部工（電気防食）※1 ※2	-	-	-	30
エプロン	0	10	29	51
防波堤消波工	0	11	34	58
防波堤上部工	0	9	26	46
上部工（鋼橋塗装）	0	16	30	41
上部工（コンクリート橋電防）	-	-	20	-
下部工（鋼橋、コンクリート橋表面被覆）	-	-	15	-
道路舗装	-	-	10	-

注) 港湾空港技術研究所が収集整理した全国の劣化事例から国土交通省が推定した値（暫定値）

※1) 損傷の発生等を加味した暫定値。被覆防食材の耐用年数はメーカー指定値による。

※2) 耐用年数は市販の電気防食の陽極の耐用年数（メーカー指定値）による。

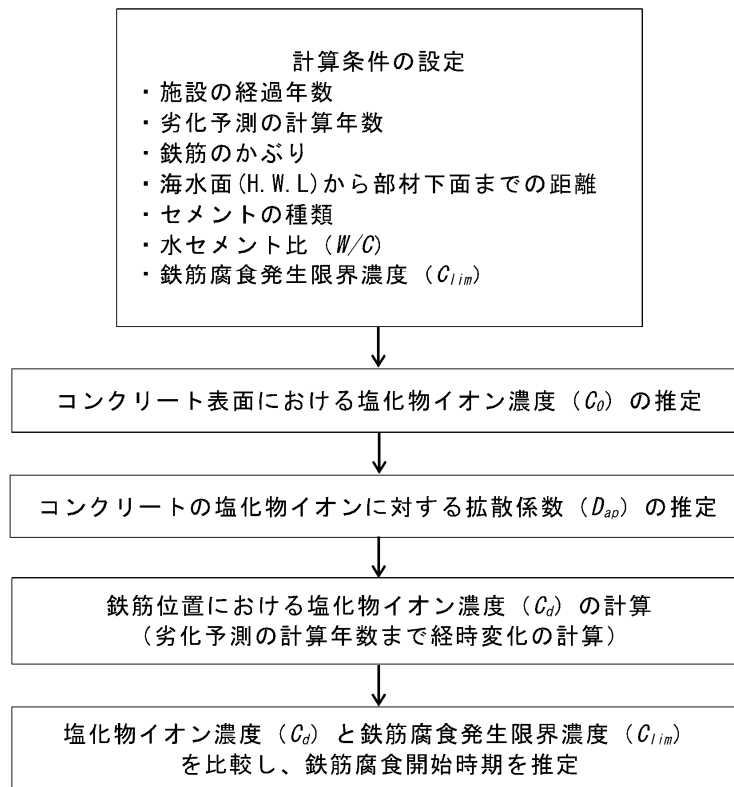


図・参-2.1.4.3 劣化速度の早見表を用いた劣化予測の基本的な手順

③ 塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測

鉄筋コンクリート部材における塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期については、港湾の施設の技術上の基準・同解説、コンクリート標準示方書[維持管理]2013年制定等に予測方法が示されている。

塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測の手順を図・参-2.1.4.4に示す。



図・参-2.1.4.4 塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測の基本的な手順

鉄筋位置における塩化物イオン濃度は、鉄筋腐食が開始したか否かを判断するための材料となる。港湾の施設の技術上の基準・同解説では、施設の設計上の鉄筋腐食発生限界濃度として、2.0kg/m<sup>3</sup>が示されている。また、コンクリート標準示方書[維持管理編]2013年制定では、「港湾構造物では、既往の実験結果に基づき、港湾の施設の技術上の基準・同解説に示されている2.0kg/m<sup>3</sup>を腐食発生限界塩化物イオン濃度とする事例が多いとされている。

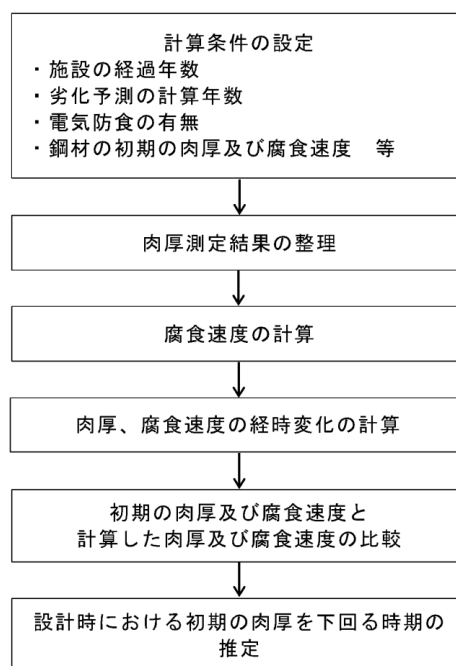


#### ④ 鋼材の劣化予測

鋼材の劣化予測項目は、肉厚測定の結果より得られた肉厚および腐食速度とする。腐食速度は、減少した肉厚量をこれまでの経過年数で除すことにより算出する。この腐食速度を用いることで、将来の残存肉厚の予測、限界値に達するまでの年数の予測が可能となる。

また、無防食の鋼構造物に対する劣化予測、性能評価および補修対策は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル（財団法人 沿岸技術研究センター、平成 21 年 11 月）、港湾鋼構造物 新しい防食工・補修工法・維持管理 実務ハンドブック（防食・補修工法研究会、2013 年度版）等を参考にすることができる。

鋼材の肉厚および腐食速度の予測の手順を図・参-2. 1. 4. 5 に示す



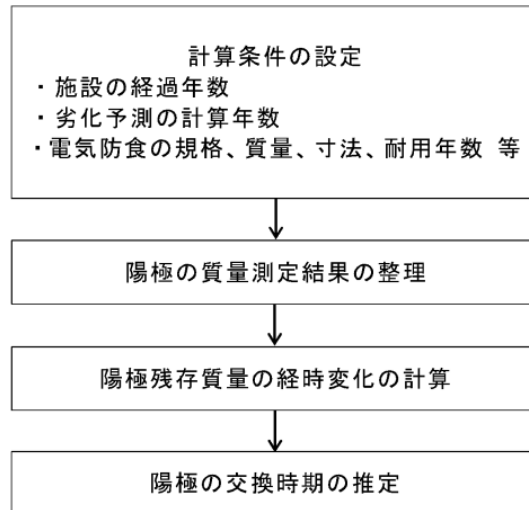
図・参-2. 1. 4. 5 鋼材の肉厚および腐食速度の予測の基本的な手順

⑤ 電気防食工（流電陽極）の劣化予測

電気防食工の劣化予測項目は、防食電位が管理されている状況での陽極残存質量とする。この耐用年数の期間中での陽極の減少量は毎年一定であると仮定し、直線的に減少するモデルとする。

電気防食工の劣化予測の方法は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック等を参考にすることができる。

電気防食工に対する劣化予測の手順を 図・参-2.1.4.6 に示す。



図・参-2.1.4.6 電気防食工（流電陽極）に対する劣化予測の基本的な手順

## ⑥ 被覆防食工の劣化予測

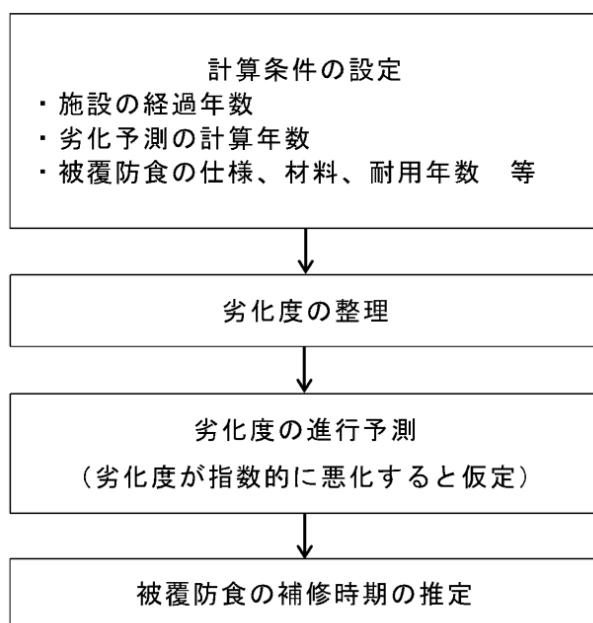
被覆防食工は永久的なものではなく、適当な周期で塗り替えや取り替え等を行うことを前提とした防食工法である。被覆防食工の劣化は被覆材料等のふくれ、はがれ等で確認できることから、劣化予測の指標には目視に基づいた定性的な4段階（劣化度d～劣化度a）の指標を設定する。

標準的な劣化予測には、次の2つの方法がある。

- ・マルコフ連鎖モデルによる劣化予測
- ・耐用年数に基づく劣化予測（劣化度が指数的に悪化すると仮定）

被覆防食工の劣化予測の方法は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック等を参考にすることができる。

耐用年数に基づく被覆防食工の劣化予測の手順を図・参-2.1.4.7に示す。



図・参-2.1.4.7 耐用年数の基づく被覆防食工の劣化予測の基本的な手順

被覆防食工の耐用年数は、防食工法や使用材料の違いにより異なる。塗装・有機被覆工、耐食性金属被覆工、ペトロラタム被覆工、コンクリート被覆工、モルタル被覆工についての耐用年数の目安は、被覆防食及び電気防食の耐用年数（港湾鋼構造物 新しい防食工・補修工法・維持管理実務ハンドブック、防食・補修工法研究会、2013年度版）を参考にすることができる。

### (3) 補修の考え方および工法選定

補修工法の選定にあたっては、次に示す事項を考慮する。

- ・施設の構造特性：形状および寸法、鋼材の配置および径等
- ・劣化度および総合評価
- ・施設の重要度
- ・自然条件
- ・利用状況
- ・施工上の制約条件：施工可能な時期と時間、施工期間、作業スペース
- ・施工の難易度
- ・補修材料の種類
- ・補修後の維持管理の容易さ
- ・残りの供用期間
- ・経済性（補修に係る費用） 等

補修の方法は、補修に係る費用等を考慮して検討する。補修に係る費用を検討する際の着目点には、次のようなものがある。

- ・複数の補修シナリオを比較検討した方が、最適な工法選定に有効な部材  
【対象部材の例】 栈橋上部工等
- ・補修の材料や条件により、概ね補修方法が決まっている部材  
【対象部材の例】 鋼材の被覆防食、電気防食等
- ・変状が顕著となった際に補修や交換を実施する部材  
【対象部材の例】 附帯設備等

港湾の施設の補修費用を推計する方法として、一般に次の方法がある。

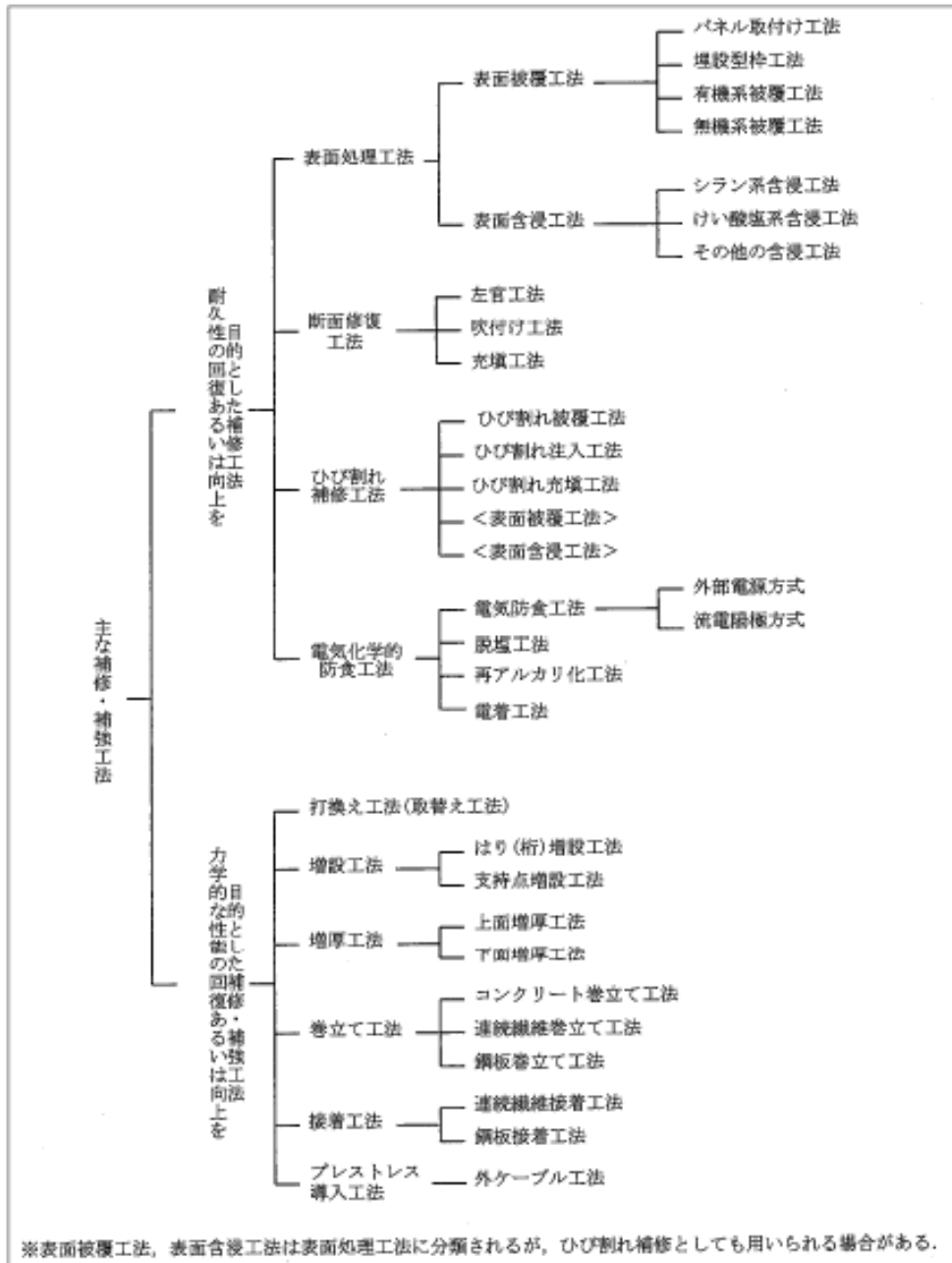
- ・専門業者の見積りを参考にする方法。
- ・プログラム等を利用する方法（例：国土技術政策総合研究所の維持管理費用（LCC）計算プログラム）
- ・過去の実績や事例、補修単価を参考にする方法。

○コンクリート構造物の補修工法

コンクリート構造物の補修についての考え方や工法は、コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2013年制定（土木学会、平成25年10月）、港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック（財団法人 沿岸技術研究センター、平成21年9月）等を参考にすることができる。

①補修工法の種類

コンクリート構造物に適用されている主な補修・補強工法を図・参-2.1.4.8に示す。



図・参-2.1.4.8 コンクリート構造物に適用されている主な補修・補強工法  
(コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2013年制定)

港湾構造物は厳しい自然環境下に置かれるため塩害対策を目的とした補修工法が選定される場

合がある。主な工法として、表面被覆、断面修復、電気防食があり、それらの概要を 表・参-2.1.4.3 に示す。各工法の詳細については、次の文献を参考にすることができる。

- ・コンクリートライブラリーNo. 95 コンクリート構造物の補強指針(案) (土木学会、1999)
- ・コンクリートライブラリーNo. 119 表面保護工法 設計施工指針(案) (土木学会、2005)
- ・コンクリートライブラリーNo. 107 電気化学的防食工法 設計施工指針(案) (土木学会、2001)
- ・コンクリート標準示方書 [維持管理編] 2013 年制定 (土木学会、2013)
- ・港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック (財団法人 沿岸技術研究センター、2009)

表・参-2.1.4.3 塩害に対する主な補修工法の概要

工法名	表面被覆	断面修復	電気防食
概要図			
工法の概要	<p>コンクリート表面を各種材料（樹脂系やポリマーセメント系が多い）で被覆し、外部からの塩化物イオンや酸素等の浸透を抑制する。</p>	<p>塩化物イオンが多量に含まれているコンクリート部を除去し、その箇所を断面修復材（セメントモルタルやポリマーセメントモルタル等）で充てんする</p>	<p>コンクリート中の鉄筋に電子を送り込むことで、腐食反応を抑制する。外部電源方式と流電陽極方式がある。</p>

## ②補修工法の選定

### a. 鉄筋コンクリート

塩害により劣化した鉄筋コンクリート部材の劣化度を目安とした標準的な補修・補強工法例については、表・参-2.1.4.4 を参考にすることができる。

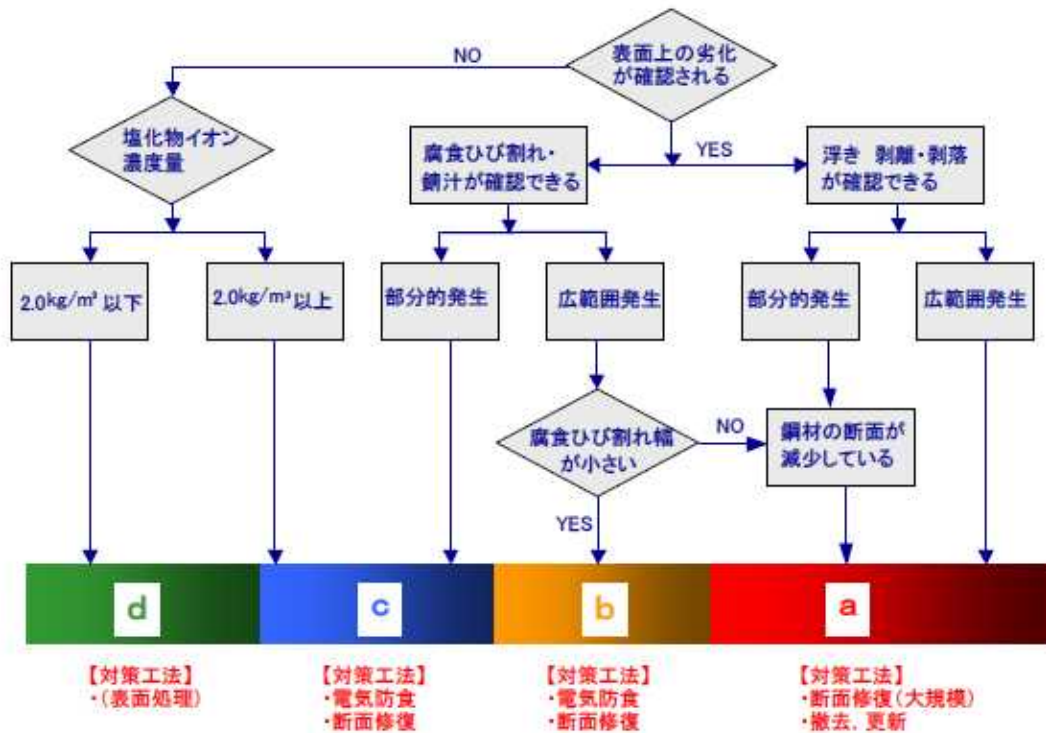
表・参-2.1.4.4 鉄筋コンクリート部材の劣化度を目安とした標準的な工法例（塩害の場合）

劣化度	工法例	期待する効果
a	FRP 接着、断面修復、増厚 など	耐荷力を向上
b	表面被覆、電気防食、断面修復	鋼材腐食因子の除去、腐食進行の抑制
c	表面被覆、電気防食	鋼材腐食進行の抑制
d	(表面被覆)	鋼材腐食因子の供給量低減

### b. プレストレストコンクリート

プレストレストコンクリート（PC）部材は、コンクリート断面にプレストレスが導入されており、コンクリートを大きくはつり取ることは難しい。したがって、コンクリートを大きくはつり取らなくても補修効果が得られる電気防食が有利となることが多い。電気防食を適用する際には、通電電流量を適切に設定し、PC 鋼材が水素脆性しないように注意する必要がある。

劣化度を目安とした標準的な対策工法の選定フローを 図・参-2.1.4.9 に示す。



図・参-2.1.4.9 劣化度を目安とした対策工法の選定フロー  
(手引き)

劣化が進行し判定 c あるいは判定 b に至る場合の断面修復と電気防食の選定にあたっては、断面修復と電気防食の使い分けの目安（栈橋劣化調査・補修マニュアル、東京港埠頭株式会社、平成 24 年 3 月）を参考にすることができる。

塩害とアルカリ骨材反応を考慮した補修工法の選定フローは、塩害と ASR の複合劣化を考慮した補修・補強工法の選定フロー（港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック、財団法人沿岸技術研究センター、平成 21 年 9 月）を参考にすることができる。

## ○鋼構造物の補修工法

鋼構造物の補修についての考え方及び工法は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック 等を参考にすることができる。

### ①補修の基本的な考え方

港湾施設の鋼構造物の劣化に対する補修について、基本的な考え方を示す。

鋼構造物の補修は、主に下部工としての次の部材を対象とする。

- ・被覆防食工
- ・電気防食工
- ・無防食の鋼材（腐食しろによる対策含む）

港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック より、防食工の劣化度を目安とした対策の考え方を 表・参-2.1.4.5 に、各防食工の対策の目安を 表・参-2.1.4.6 に示す。

変状が見られた場合には必ず原因を究明し、防食工法の適用性などを検討すること、防食工を補修する際には適用する工法の種類や特性を十分考慮すること、想定した劣化進行速度に比べて早期に劣化が現れた場合には、その原因に基づき防食工法の種類や材料の変更も含めて検討することに留意する。

表・参-2.1.4.5 防食工の劣化度を目安とした対策の考え方

(港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック 維持管理編)

劣化度	劣化の内容	対策の考え方
a	防食性能が著しく低下	全面的な補修と点検診断計画の見直し
b	防食性能が低下	部分的な補修と点検診断計画の見直し
c	防食性能の低下はないが変状が発生	点検診断計画の変更を検討
d	健全	経過観察



表・参-2.1.4.6 防食工における劣化度に応じた対策の目安

(港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック 維持管理編)

防食工の種類		劣化度	対策の目安
工場被覆	海洋塗装工	a	工法変更、全面補修
		b	工法変更、部分補修
		c・d	経過観察
	超厚膜形樹脂系被覆工	a	工法変更、全面補修
		b	工法変更、部分補修
		c・d	経過観察
	重防食被覆工	a	工法変更、全面補修
		b	工法変更、部分補修
		c・d	経過観察
	耐食性金属被覆工	a	工法変更、全面補修
		b	工法変更、部分補修
		c・d	経過観察
現地被覆	水中硬化形被覆工	a	全面補修
		b	部分補修
		c・d	経過観察
	ペトロラタム被覆工	a	全面補修
		b	部分補修
		c・d	経過観察
	無機被覆工 ・モルタル被覆工 ・コンクリート被覆工 ・電着被覆工	a	全面補修
		b	部分補修
		c・d	経過観察
・電気防食工(流電陽極方式)	a	全面補修	
	b	部分補修(陽極の補充)	
	c・d	経過観察	
・無防食鋼材	・・・・	防食対策・補強対策	

②被覆防食工

港湾鋼構造物に施される被覆防食工の補修範囲と工法の例を 表・参-2.1.4.7 に示す。

表・参-2.1.4.7 被覆防食工の補修範囲と工法の例  
(港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル)

被覆防食		補修範囲	補修工法	
			海上大気中	飛沫帯、干満帯、海水中
塗 装	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塗装</li> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	
	全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・塗装</li> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> </ul>	
重 防 食	ポリエチレン被覆	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スティック法</li> <li>・パッチ法</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>
		全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロラタム被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロラタム被覆</li> </ul>
	ウレタンエラストマー被覆	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修用ポリウレタンを用いる方法</li> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> </ul>
		全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補修用ポリウレタンを用いる方法</li> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> </ul>
超厚膜形被覆	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超厚膜形被覆</li> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>	
	全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超厚膜形被覆</li> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> </ul>	
水中硬化形被覆	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> </ul>		
	全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆</li> <li>・モルタル被覆</li> </ul>		
ペトロラタム被覆	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロラタム被覆</li> </ul>		
	全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペトロラタム被覆</li> </ul>		
モルタル被覆	部分補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モルタル被覆(劣化したモルタルを補修後カバー材を復旧)</li> <li>・水中硬化形被覆(カバー材の劣化部の補修)</li> </ul>		
	全面補修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モルタル被覆(カバー材を含む)</li> <li>・水中硬化形被覆</li> <li>・ペトロラタム被覆(劣化したモルタル被覆を撤去後)</li> </ul>		
耐食性金属被覆	恒久的	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐食性金属による肉盛溶接</li> <li>耐食性金属によるパッチ当て法</li> </ul>		
	応急的	<ul style="list-style-type: none"> <li>水中硬化形被覆</li> </ul>		

被覆防食工の補修時期を検討する際の劣化予測方法には、一般に次の2つがある。各方法の概要を 第1部 3.3.4 維持補修計画 に示す。

- ・マルコフ連鎖モデルによる劣化予測
- ・耐用年数に基づく劣化予測（劣化度が指数的に減少すると仮定）

被覆防食工の劣化度に応じた対策工例は、表・参-2.1.4.8を参考にすることができる。

表・参-2.1.4.8 被覆防食工の劣化度に応じた対策工例

劣化度	対策工例
a	被覆防食工の全面的な補修
b	劣化した箇所を補修し、以降の定期点検診断時期を早めるなどの配慮が必要である。
c	特に補修の必要はないが、被覆防食工の種類によっては、以降の定期点検診断時期を早めるなどの配慮が望まれる。
d	従来通りの定期点検診断を継続する。

港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック より、塗装・有機被覆工、耐食性金属被覆工、ペトロラタム被覆工、コンクリート被覆工、モルタル被覆工についての補修対策の実施時期及び対策の目安を表・参-2.1.4.9～表・参-2.1.4.13 に示す。補修の工法の選定及び時期の検討の際に、これらの例を参考にすることができる。

変状が見られた場合には必ず原因を究明し、防食工法の適用性などを検討すること、防食工を補修する際には適用する工法の種類や特性を十分考慮すること、想定した劣化進行速度に比べて早期に劣化が現れた場合には、その原因に基づき防食工法の種類や材料の変更も含めて検討することに留意する。

被覆防食及び電気防食の各工法についての耐用年数の目安は、被覆防食及び電気防食の耐用年数（港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック、防食・補修工法研究会、2013 年度版）を参考にすることができる。

表・参-2.1.4.9 塗装・有機被覆工の対策例と実施時期目安  
 (港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック)

劣化度	劣化・損傷の事例	対策時期の目安	維持補修対策例
a	さびを伴うはがれや割れが広範囲に発生	1年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>■大きな傷の部分補修</li> <li>・ペトラタム被覆工法など</li> <li>・原因を究明し、腐食を防止する措置を行う</li> <li>・補修方法:全面補修</li> </ul>
b	さびを伴うはがれや割れが発生	2年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>■小さな傷の部分補修</li> <li>・超音波接着工法など</li> <li>・損傷範囲を確認</li> <li>・補修方法:部分補修</li> </ul>
c	塗膜・被覆のはがれや割れが点在	—	・経過観察
d	健全な状態である	—	・従来通りの定期点検診断を実施

表・参-2.1.4.10 耐食性金属被覆工の対策例と実施時期目安  
 (港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック)

劣化度	劣化・損傷の事例	対策時期の目安	維持補修対策例
a	<ul style="list-style-type: none"> <li>・被覆材が脱落している</li> <li>・船舶の衝突等で被覆部の広範囲が損傷している</li> <li>・鋼材が露出し腐食している</li> </ul>	1年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>■損傷部が広範囲な場合</li> <li>・ペトラタム被覆工法で補修</li> <li>・補修後の定期点検診断時期を早める</li> </ul>
b	<ul style="list-style-type: none"> <li>・船舶の衝突等で被覆の一部が損傷している</li> <li>・鋼材が露出し腐食している</li> </ul>	2年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>■損傷部が小さい場合</li> <li>・肉盛溶接法、パッチ当て法で補修</li> <li>■損傷部がやや大きい場合</li> <li>・ペトラタム被覆工で補修</li> <li>・補修後の定期点検診断時期を早める</li> </ul>
c	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物の接触により損傷している</li> <li>・鋼材の露出なし</li> <li>・防食性能が保持されている</li> </ul>	経過観察	<ul style="list-style-type: none"> <li>■損傷部が小さい場合</li> <li>・肉盛溶接法、パッチ当て法で補修</li> </ul>
d	・健全な状態である	経過観察	・従来通りの定期点検診断を実施



表・参-2.1.4.11 ペトロラタム被覆工の対策例と実施時期目安  
 (港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック)

劣化度	対策時期の目安	維持補修対策例
a	1年以内	全面補修(劣化・損傷大) 部分補修(劣化・損傷大) ・保護カバーの補修 ・ペトロラタム系防食材の交換 ・副部材の交換
b	2年以内	部分補修(劣化・損傷小) ・保護カバーの補修 ・ペトロラタム系防食材の交換 ・副部材の交換
c	点検診断の結果から判断する	必要であれば部分補修(副部材)を実施
d	—	点検診断計画にしたがって実施

表・参-2.1.4.12 コンクリート被覆工の対策例と実施時期目安  
 (港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック)

劣化度	対策時期の目安	維持補修対策例
a	1年以内	■コンクリートの欠落(大) ■コンクリートの亀裂(大) ■鉄筋の露出(大) ■さび汁の発生(大) ■PCa版の欠落(大) 全面補修・部分補修
b	2年以内	■コンクリートの欠落(中) ■コンクリートの亀裂(中) ■鉄筋の露出(中) ■さび汁の発生(中) ■PCa版の欠落(中) 部分補修
c	点検診断の結果から判断する	■コンクリートの欠落(小) ■コンクリートの亀裂(小) ■鉄筋の露出(小) ■さび汁の発生(小) ■PCa版の欠落(小) 必要であれば部分補修を実施
d	—	点検診断計画にしたがって実施

表・参-2.1.4.13 モルタル被覆工の対策例と実施時期目安  
 (港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック)

劣化度	対策時期の目安	維持補修対策例
a	1年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>■保護カバーの脱落 →全面補修</li> <li>■保護カバーの損傷(大)</li> <li>■モルタルの露出(大) →部分補修</li> </ul>
b	2年以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>■保護カバーの損傷(小)</li> <li>■モルタルの露出(小) →部分補修</li> </ul>
c	点検診断の結果から判断する	<ul style="list-style-type: none"> <li>■必要であれば部分補修を実施 →各副部材の交換などを実施</li> </ul>
d	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>■点検診断計画に沿って実施</li> </ul>

### ③電気防食工

電気防食工には、流電陽極方式と外部電源方式の2つの方式がある。港湾構造物の電気防食工においては、昭和40年代以降はアルミニウム合金陽極による流電陽極方式が主流となっていることから、ここでは流電陽極方式を対象として記述する。

流電陽極方式による防食効果は、一般定期点検診断等における電位の測定、詳細定期点検診断等における陽極の消耗量測定により評価するが、防食状態が正常に保たれていないことが確認された場合には、詳細臨時点検診断の実施や陽極の交換を検討する。

防食管理電位（海水塩化銀電極の場合 $-800\text{mV}$ ）は、防食効果を維持するための下限値であり、これより卑（マイナス側）な値であれば、防食効果は維持されていると判断してよい。電位測定の結果、防食管理電位以上の値となった場合は、詳細臨時点検診断を実施し、原因を究明するとともに対策を実施する必要がある。

陽極の消耗量測定の結果、陽極の残存寿命が次回の詳細定期点検診断までの期間より短くなることが予想される場合には、近々陽極が完全消耗することになるので、残存寿命に応じて陽極の交換の計画を立案して実施することが望ましい。また、陽極の残存寿命が1年以内の場合は、ただちに陽極の交換の計画を立案し実施する。

電気防食工の補修の考え方は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック等を参考にすることができる。

### ④無防食の鋼材（腐食しる対策を含む）

無防食の鋼構造物に対する劣化予測、性能評価及び補修対策は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック等を参考にすることができる。

#### (4) 施工条件等

補修を実施するにあたっての配慮事項や諸条件等を記載する。

維持管理計画書に記載する項目の例

- ・ 施工期間の制約
- ・ 作業時間の制約
- ・ 作業スペースの制約（栈橋の場合は海面と上部工下端とのクリアランス）
- ・ 仮設工（作業足場等）の要否
- ・ 波浪、潮位、潮流の影響
- ・ 船舶を使用する場合、アクセスの難易度
- ・ 関係機関との調整事項 等

## 2) 係留施設の維持管理計画書の内容

以下に「港湾の施設の維持管理計画策定ガイドライン 3.4 維持管理計画書の内容 3.4.3 係留施設」の概要を示す。

### (1) 適用範囲

本項は、係留施設の維持管理計画書の作成に適用する。

#### 【解説】

係留施設に要求される性能を適切に維持することを目的に、維持管理計画書を作成する上での考え方を取りまとめたものである。係留施設の種類を 図・参-2.2.1.1 に示す。

洋上風力発電設備の支持構造物の構造形式は次の分類を準用する。

- ・ 杭式基礎（モノパイル構造）：係留施設－栈橋－直杭式横栈橋
- ・ 杭式基礎（ジャケット構造）：係留施設－栈橋－ジャケット式栈橋
- ・ 重力式基礎：係留施設－岸壁－重力式係船岸－ケーソン式係船岸



図・参-2.2.1.1 係留施設の種類及び代表的な構造形式



維持管理計画に定める事項は、維持告示の規定によるものとする。

維持告示に規定されている事項

- ・当該施設の供用期間並びに当該施設全体及び当該施設を構成する部材の維持管理についての基本的な考え方
- ・当該施設の損傷、劣化その他の変状についての計画的かつ適切な点検診断の時期、対象とする部材及び方法等
- ・当該施設の損傷、劣化その他の変状についての計画的かつ適切な維持工事等
- ・当該施設を良好な状態に維持するために必要な維持管理

係留施設の維持管理計画書は次の構成とし、具体的な事例は、第2部 作成事例 ケーソン式係船岸、矢板式係船岸、直杭式横棧橋 を参照すること。

維持管理計画書の標準的な構成

- I 総論
  - II 点検診断計画
  - III 総合評価
  - IV 維持補修計画
- 参考資料

重力式係船岸、矢板式係船岸、直杭式横棧橋以外の係留施設については、表・参-2.2.1.1に示す類似構造の施設や他の資料及びマニュアルを参考にすることができる。

表・参-2.2.1.1 維持管理計画書の作成にあたり参考にすることができる資料（係留施設）

施設の 小分類	構造形式	本ガイドラインで参照 できる施設	本ガイドライン以外で参考に できる資料
岸壁	重力式係船岸	(本ガイドラインの作成事例)	・港湾の施設の維持管理技術マニュアル(財団法人 沿岸技術研究センター、平成19年10月)  ・機能保全計画策定の手引き(案)(水産庁漁港漁場整備部、平成24年10月) ※1、※2
	矢板式係船岸	(本ガイドラインの作成事例)	
	自立矢板式係船岸	矢板式係船岸等	
	斜め控え杭矢板式係船岸	矢板式係船岸等	
	前方斜め支え杭矢板壁を有する係船岸	矢板式係船岸 直杭式横棧橋等	
	二重矢板式係船岸	矢板式係船岸等	
	棚式係船岸	矢板式係船岸等	
	根入れを有するセル式係船岸	矢板式係船岸等	
	置きセル式係船岸	矢板式係船岸等	
	直立消波係船岸	重力式係船岸等	
係船浮標	—	矢板式係船岸、直杭式横棧橋等	・機能保全計画策定の手引き(案)(水産庁漁港漁場整備部、平成24年10月) ※1、※2
係船くい	—	矢板式係船岸、棧橋等	
棧橋	直杭式横棧橋	(本ガイドラインの作成事例)	
	斜め杭式横棧橋	直杭式横棧橋等	
	格点ストラット式横棧橋	直杭式横棧橋等	
	ジャケット式棧橋	直杭式横棧橋等	
	ドルフィン	直杭式横棧橋等	
	デタッチドピア	直杭式横棧橋等	
浮棧橋	—	矢板式係船岸、直杭式横棧橋等	
物揚場	—	重力式係船岸、矢板式係船岸等	
船揚場	—	重力式係船岸等	

※1 機能保全計画は、「水産物供給基盤整備事業等実施要領の運用について(平成13年3月30日付け12水港第4541号水産庁長官通知)」に基づいて作成する。

※2 水産基盤施設のうち、外郭施設、係留施設、輸送施設(道路及び橋に限る)、漁港施設用地(用地護岸及び人工地盤に限る)、増殖場(消波施設等、中間育成施設に限る)及び養殖場(消波施設等、区画施設に限る)のほか、それに付帯する施設(水門等の機械類を含む)についても機能保全計画に記載することを標準とする。

## (2) 維持管理計画の目的

係留施設の維持管理計画は、供用期間にわたって要求性能を満足するよう、適切に定めるものとする。

### 【解説】

係留施設の維持管理計画は、船舶の安全かつ円滑な係留、人の安全かつ円滑な乗降及び貨物の安全かつ円滑な荷役、耐震強化施設である岸壁にあつては、レベル二地震動等の作用による損傷が軽微な修復によるレベル二地震動の作用後に施設に必要とされる機能の回復に影響を及ぼさない等の要求性能に対して、施設を良好な状態に維持するために策定する。

## (3) 総論

総論は、維持管理計画を策定するにあつての維持管理の基本的な考え方や施設が置かれる諸条件等を示すものとする。

### 【解説】

総論では、構造特性や材料特性、自然状況、利用状況、周辺の施設、施設の重要度等を勘案し、維持管理を行う上で必要な諸条件や基本的な考え方等を記載する。具体的な内容は作成事例を参照すること。

### ①計画の目標（供用期間等）

新規施設の場合は、設計供用期間を計画目標期間とすることが多い。一方、既存施設の場合は、用途変更や改良等により当初の設計供用期間を超えて供用する場合があるので、計画目標期間の設定に留意する。維持管理計画書に記載する項目の例を次に示す。

維持管理計画書に記載する項目の例（係留施設）

- ・ 設計供用期間
- ・ 供用期間
- ・ 計画目標期間 等

② 維持管理の基本的な考え方

施設を今後どのような方針で維持管理していくかの基本的な考え方を示す。

例えば、係留施設においては、経年劣化、地震や津波による損傷等により岸壁法線、本体工、上部工、下部工、海底地盤、エプロン、附帯設備等で変状が発生する可能性がある。一般的に、次に示す部材は予防保全型（事前対策を含む）の維持管理を適用し、それ以外の附帯設備等は事後保全型の維持管理を適用することが多い。

- ・重力式係船岸：本体工（ケーソン等）
- ・矢板式係船岸：下部工
- ・直杭式横棧橋：上部工、下部工、土留護岸の下部工

なお、係留施設のうち、鋼構造物については、基本的には劣化予測に基づいて適切に予防保全的な維持管理を適用する。

将来計画の変更により、供用期間を超えて維持管理を行う場合や供用停止、用途変更の可能性がある場合は、その理由と予定（計画）を記載しておくといよい。

施設の重要度を勘案するにあたっては、点検診断の頻度に応じた通常点検診断施設または重点点検診断施設を一つの目安とすることができる。施設の設置者と港湾管理者等が協議して適切に定める必要がある。係留施設における通常点検診断施設または重点点検診断施設の設定の目安を表・参-2.2.1.2に示す。

表・参-2.2.1.2 係留施設における通常点検診断施設または重点点検診断施設の設定の目安

	設定の目安
通常点検診断施設	・重点点検診断施設以外の係留施設
重点点検診断施設	以下の例を参考に、変状の進行の程度を勘案して総合的に決定 重要度が高いと考えられる係留施設の例 ・損壊が経済活動に重大な影響を及ぼす施設（主要な航路に面する係留施設等） ・防災上重要な施設（耐震強化岸壁等） ・損壊が人命に重大な影響を及ぼす施設（旅客が使用する施設等） ・変状の進行が著しく、点検診断を早期に実施あるいは点検診断の間隔を短くして変状を把握する必要がある施設

維持管理計画書に記載する項目の例（係留施設）

- ・維持管理の考え方（予防保全型あるいは事後保全型）
- ・将来の延命化や供用停止、用途変更、配置や延長の変更
- ・通常点検診断施設または重点点検診断施設の設定 等

### ③ 施設に関連する計画

港湾計画や予防保全計画等に施設に関わる内容がある場合には記載することが望ましい。

維持管理計画書に記載する項目の例（係留施設）

- ・ 港湾計画の作成年月、施設の諸元（重要港湾以上）（係留施設は水深及び延長）
- ・ 予防保全計画の対応方針 等

### ④ 維持管理上の諸条件等

計画策定のための配慮事項として、維持管理上の諸条件等を示す。

維持管理計画書に記載する項目の例（係留施設）

- ・ 位置図：地区の位置、施設の位置
- ・ 平面図、断面図：維持管理の対象範囲
- ・ 構造特性：施設の分類や規模、構造形式（例．係留施設、重力式係船岸(-○.○m)）
- ・ 施工履歴及び補修履歴
- ・ 適用基準：設計及び施工にあたり適用した基準、マニュアル類とその発行年
- ・ 自然条件：潮位、設計水深、照査用震度（設計震度）等
- ・ 材料特性：材料の規格・寸法等  
（例．コンクリート、鋼材、土留護岸、海底地盤、裏込・裏埋工、舗装、附帯設備等）
- ・ 利用状況：対象船舶、取扱貨物量、利用頻度等

### ⑤ 付随する施設との関係性

対象施設に関連する付随施設や類似施設がある場合は、それらの関係性を示すことが望ましい。

維持管理計画書に記載する項目の例（係留施設）

- ・ 航路や泊地、防波堤、ヤード等
- ・ 港湾内の類似施設（岸壁は代替施設として同程度の規模のもの） 等

⑥ 維持管理レベルの設定

・施設の維持管理レベルの設定

施設を構成する部材の維持管理レベルを設定する。重力式係船岸、直杭式横棧橋における維持管理レベルの設定の目安を 表・参-2.2.1.3 ～表・参-2.2.1.4 に示す。

表・参-2.2.1.3 重力式係船岸の維持管理レベルの設定の目安

部材名	維持管理レベル	維持管理レベル設定の考え方
ケーソン	I	<b>【事前対策型】</b> ・ 特段の対策を図らなくても、設計供用期間中の要求性能は満たされると判断した。劣化予測は基本的には実施しない。
上部工	III	<b>【事後保全型】</b> ・ 劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済であるため、事後保全的な対策を実施する。 ・ 劣化予測は基本的には実施しない。
エプロン (裏込・裏埋工含む)		
海底地盤		
附帯設備	III	<b>【事後保全型】</b> ・ 劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済であるため、事後保全的な対策を実施する。 ・ 劣化予測は基本的には実施しない。



表・参-2.2.1.4 直杭式横栈橋の維持管理レベルの設定の目安

部材名	維持管理レベル	維持管理レベル設定の考え方
上部工	Ⅱ	【予防保全型】 ・ 供用期間中におけるコンクリート部材の補修を計画する。 ・ 劣化予測を実施する。
下部工 ※1 (耐用年数が供用期間より短い被覆防食)	Ⅱ	【予防保全型】 ・ 供用期間中における被覆防食の補修を計画する。 ・ 劣化予測を実施する。
下部工 ※1 (耐用年数が供用期間より長い電気防食)	Ⅰ	【事前対策型】 ・ 維持管理上の限界に達しないことを点検診断により確認 ・ 劣化予測は基本的には実施しない。
下部工 ※1 (供用期間中に陽極の交換が必要な電気防食)	Ⅱ	【予防保全型】 ・ 供用期間中における陽極の交換を計画する。 ・ 劣化予測を実施する。
下部工 (鋼管杭)	Ⅰ	【事前対策型】 ・ 維持管理上の限界に達しないことを点検診断により確認 ・ 劣化予測を実施する。
土留護岸(上部工)	Ⅲ	【事後保全型】 ・ 劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済であるため、事後保全的な対策を実施する。 ・ 劣化予測は基本的には実施しない。
エプロン (裏込・裏理工含む)		
海底地盤		
渡版		
附帯設備	Ⅲ	【事後保全型】 ・ 劣化予測、予防保全的な対策が困難あるいは不経済であるため、事後保全的な対策を実施する。 ・ 劣化予測は基本的には実施しない。

※1 土留護岸における鋼矢板や鋼管矢板等の鋼材にも適用する。

・維持管理レベルに応じた維持管理の方針

維持管理レベルのⅠ（事前対策型）、Ⅱ（予防保全型）、Ⅲ（事後保全型）における維持管理の方針の目安は、維持管理レベルの考え方と性能低下度に応じて、表・参-2.2.1.5を参考にすることができる。

ここでの維持管理の方針は、あくまでも性能低下度に着目した総合評価の方針であり、詳細定期点検診断、劣化予測、総合評価等の結果を踏まえて判断する措置とは一致しない場合もある。

表・参-2.2.1.5 部材の維持管理レベルに応じた維持管理の方針の目安

維持管理レベル	性能低下度	性能低下度に対する維持管理の方針の目安
Ⅰ（事前対策型）	A	—
	B	緊急的措置ならびに応急的措置の検討
	C	計画的措置の検討
	D	経過観察
Ⅱ（予防保全型）	A	緊急的措置ならびに応急的措置の検討
	B	計画的措置の検討
	C	経過観察
	D	経過観察
Ⅲ（事後保全型）	A	緊急的措置ならびに応急的措置の検討
	B	経過観察
	C	経過観察
	D	経過観察



## ⑦ 座標系、位置座標の設定

施設の座標系（ブロック番号や部材番号等）及び位置座標（X 座標，Y 座標）は、施設の構造や諸条件を踏まえて必要に応じて設定する。

係留施設は、点検診断の効率性の観点から、ブロック毎の座標系や部材毎の座標系のうち管理し易い座標系を設定する。必要に応じて測量調査を行い、位置座標を設定するとよい。

維持管理計画書で設定した座標系を点検時に確認できるように、現地に目印等を設けることが望ましい。（例、ブロックの始点・終点、基点からの距離等）

## ⑧ 初回点検診断結果

維持管理計画書の作成にあたっては、施設の変状を調査して把握した上で行うべきであるため、総論の中で、初回点検診断結果を取りまとめておく必要がある。

初回点検診断結果として、新規施設は建設あるいは改良直後の点検診断結果、既存施設は維持管理計画の策定段階における点検診断結果を記載する。

新規施設の初回点検診断は、竣工後 2 年以内に実施することが望ましいが、竣工時の品質検査や出来形検査の結果をもとに初期状態の把握を行ってもよい。

初回点検診断結果には、施設の種類や構造形式に応じて、劣化度及び性能低下度の評価、劣化予測、詳細調査、総合評価の結果、現状の措置等を示す。

維持管理計画書に記載する項目の例（係留施設）

- ・劣化度の判定結果
- ・性能低下度の評価結果
- ・詳細点検診断結果
  - 【例】測量結果等（基準点測量、水準測量、深淺測量等）
  - 【例】鋼材の肉厚測定結果（腐食速度の経過）
  - 【例】電気防食の電位測定結果
  - 【例】エプロン部の空洞化調査結果
  - 【例】鉄筋の腐食状況調査結果（自然電位・分極抵抗測定結果、はつり調査結果等）
  - 【例】コンクリート試験結果（圧縮強度試験、塩化物イオン含有量試験等）
- ・劣化予測結果
  - 【例】塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測結果
  - 【例】鋼材の劣化予測結果
  - 【例】電気防食工（流電陽極）の劣化予測結果
  - 【例】被覆防食工の劣化予測結果
- ・総合評価の結果
- ・現状の措置 等

## ⑨ その他の配慮事項

代替施設の有無等を記載する。

(4) 点検診断計画

点検診断計画は、点検診断の時期、方法及び対象とする部材等を定めるものとする。

**【解説】**

維持管理の基本的な考え方や施設が置かれる諸条件等、点検診断結果を勘案して、点検診断の時期、方法等を定める。施設の構造形式や諸条件に応じた点検診断の項目及び方法、判定基準等は点検診断ガイドラインを適用するものとする。

初回点検診断以降に点検診断を実施した場合には、維持管理計画の管理及び活用の観点から、点検診断結果を参考資料等として適切に記録する。

① 点検診断の実施時期

- ・ 定期点検診断の実施時期

定期点検診断の実施時期の考え方を表・参-2.2.1.6に示す。

表・参-2.2.1.6 定期点検診断の実施時期の考え方

点検診断の種類		通常点検診断施設	重点点検診断施設
定期点検診断	一般定期点検診断	・ 5年以内ごとに少なくとも1回	・ 3年以内ごとに少なくとも1回
	詳細定期点検診断	・ 供用期間中の適切な時期に少なくとも1回 ・ 供用期間延長時	・ 10～15年以内ごとに少なくとも1回 ・ 主要な航路に面する特定技術基準対象施設等は、10年以内ごとに少なくとも1回

- ・ 臨時点検診断の実施時期

異常時における臨時点検診断は、地震や台風等による自然災害や船舶や車輛の衝突等により、施設に変状が発生した可能性がある場合に、これを把握することを目的としてできるだけ早期に実施する。

一般及び詳細臨時点検診断の方法は、参考. 2 港湾法に該当する部分の維持管理計画 1) 維持管理計画の構成 II) 点検診断計画 を参照すること。

## ② 点検診断の項目と分類等

係留施設における点検診断の項目の分類、判定及び評価の実施単位、劣化度の判定基準、性能低下度の評価基準を、表・参-2.2.1.7～表・参-2.2.1.10 に示す。

点検診断ガイドライン には、重力式係船岸、矢板式係船岸、直杭式横棧橋、浮棧橋、係船浮標、附帯設備における点検診断様式が示されている。それら以外の施設は、類似した施設を参考に点検診断の項目を設定する。

劣化度の判定及び性能低下度の評価を行うにあたっては、施設の種類、構造形式等により、実施単位を定めておく必要がある。

実施単位は、施設の種類、構造形式等の他に、建設された時期等により設計方法や使用材料等が異なる場合があるので、適切に定める。

表・参-2.2.1.7 係留施設の点検診断の項目の標準的な分類

項目の類別 対象施設	I類	II類	III類
係留施設 (重力式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【岸壁法線】凹凸, 出入り</li> <li>・ 【エプロン】 吸出し, 空洞化, 沈下, 陥没</li> <li>・ 【本体工】ケーソンの空洞化</li> <li>・ 【本体工】 コンクリートの劣化, 損傷</li> <li>・ ケーソンの空洞化</li> <li>・ 【海底地盤】洗掘, 土砂の堆積</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【エプロン】 コンクリート・アスファルト 舗装等の劣化, 損傷</li> <li>・ 【上部工】 コンクリートの劣化, 損傷</li> </ul>	左記以外
係留施設 (矢板式)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【岸壁法線】凹凸, 出入り</li> <li>・ 【エプロン】 吸出し, 空洞化, 沈下, 陥没</li> <li>・ 【鋼矢板等】 鋼材の腐食, 亀裂, 損傷</li> <li>・ 【海底地盤】洗掘, 土砂の堆積</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【エプロン】 コンクリート・アスファルト 舗装等の劣化, 損傷</li> <li>・ 【上部工】 コンクリートの劣化, 損傷</li> <li>・ 【鋼矢板等】被覆防食工</li> <li>・ 【鋼矢板等】電気防食工</li> </ul>	左記以外
係留施設 (栈橋)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【栈橋法線】凹凸, 出入り</li> <li>・ 【エプロン】 吸出し, 空洞化, 沈下, 陥没</li> <li>・ 【上部工(下面)】 コンクリートの劣化, 損傷(PC)</li> <li>・ 【鋼管杭等】 鋼材の腐食, 亀裂, 損傷</li> <li>・ 【海底地盤】洗掘, 土砂の堆積</li> <li>・ 【土留部】</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【エプロン】 コンクリート・アスファルト 舗装等の劣化, 損傷</li> <li>・ 【上部工(上・側面)】 コンクリートの劣化, 損傷</li> <li>・ 【上部工(下面)】 コンクリートの劣化, 損傷 (RC)</li> <li>・ 【鋼管杭等】被覆防食工</li> <li>・ 【鋼管杭等】電気防食工</li> <li>・ 【渡版】移動, 損傷</li> </ul>	左記以外
係留施設 (浮栈橋)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【ポンツーン(内部)】 本体の亀裂, 損傷</li> <li>・ 【ポンツーン(外部)】 鋼材の腐食, 亀裂, 損傷</li> <li>・ コンクリートの劣化, 損傷</li> <li>・ 【係留杭等】磨耗, 塗装, 腐食</li> <li>・ 【連絡橋・渡版】安定性, 損傷, 腐食</li> <li>・ 【海底地盤】洗掘, 土砂の堆積</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 【エプロン】 コンクリート及びアスファルト の劣化, 損傷</li> <li>・ 【ポンツーン(外部)】 被覆防食工</li> <li>・ 【ポンツーン(外部)】 電気防食工</li> </ul>	左記以外

表・参-2.2.1.8 係留施設の劣化度の判定及び性能低下度の評価の標準的な実施単位

施設の種類		劣化度の判定 (a, b, c, d)	性能低下度の評価 (A, B, C, D)
岸壁 物揚場	重力式	ケーソン1函ごと	1バースごとを標準とする。 (注：台帳上、一つの施設であつても、異なる構造形式で構成されている場合、構造形式ごとに評価の実施単位にする等、適切に定める。)
	矢板式	上部工1スパンごと	
係船浮標		1基ごと	
係船くい		1基ごと	
栈橋		上部工1ブロックごと	
浮栈橋		1ポンツーンごと	
船揚場		15m~20m ごと	

表・参-2.2.1.9 劣化度の判定基準

部材の劣化度	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

表・参-2.2.1.10 性能低下度の評価基準

性能低下度	性能低下度の評価基準
A	施設の性能が相当低下している状態
B	施設の性能が低下している状態
C	変状はあるが、施設の性能の低下がほとんど認められない状態
D	変状は認められず、施設の性能が十分に保持されている状態

### ③点検診断の方法

係留施設の標準的な点検診断の方法を 表・参-2.2.1.11 に示す。

詳細定期点検診断の実施方法や評価方法は、準拠あるいは参考にする基準やマニュアル等を維持管理計画書に記載することが望ましい。

表・参-2.2.1.11 係留施設の標準的な点検診断の方法

点検診断の種類	点検診断の方法
日常点検	施設の管理者が実施する巡回（パトロール）等にあわせて実施する。 着目すべき点の一例 <ul style="list-style-type: none"> <li>・当初想定した利用状態（貨物の利用形態、車両の利用等）に大きな変化はないか。</li> <li>・船舶等の衝撃を受けた形跡あるいは報告はないか。</li> <li>・法線の大きなずれや目地の大きな段差はないか。</li> <li>・エプロン舗装に沈下、陥没の予兆はないか。</li> <li>・異常な音や振動等はないか。</li> <li>・附带設備等に異常はないか。</li> <li>・利用上の支障について報告はないか。</li> </ul>
一般定期点検診断	着目すべき点の一例 <ul style="list-style-type: none"> <li>・陸上及び海上からの目視により行う。</li> <li>・電気防食工を施している鋼部材については、電位測定を行う。</li> </ul>
詳細定期点検診断	着目すべき点の一例 <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中部の外観の目視により行う。</li> <li>・変状の要因分析、劣化予測等を実施するために必要な点検・調査を行う。</li> </ul>

## (5) 総合評価

- a. 総合評価は、点検診断結果で得られた施設の変状に対する工学的知見・判断に基づく評価及び計画的かつ適切な維持工事等に向けた現場的判断に基づく評価を示すことを標準とする。
- b. 総合評価の結果を踏まえて、施設の維持管理に関する方針を定めることを標準とする。

### 【解説】

#### a 及び b について

総合評価では、工学的知見・判断に基づく評価及び現場的判断に基づく評価を行い、施設の維持管理に関する方針を定める。

#### ①工学的知見・判断に基づく評価

各部材の点検診断結果を整理し、施設全体としてどのような損傷、劣化等の変状が発生・進展しているのかを整理する。工学的知見・判断に基づく維持工事等の緊急性は、施設の性能低下度を一つの目安としてよい。

さらに、維持管理レベルに応じた維持管理の方針を考慮し、部材の劣化度及び点検診断の項目ごとの性能低下度の評価結果、詳細定期点検診断の結果等に基づいて評価する。

#### ②現場的判断に基づく評価

対応すべき維持工事等の実施にあたっての問題点を整理し、経済性、財政面、利用面、施設の重要度、将来計画等から見た評価、対策が困難な場合の措置（代替案等）の評価を行う。

#### ③施設の維持管理に関する方針

##### ・対策の必要性の判断

総合評価の結果を踏まえ、対策の必要性について判断する。対策は、施設の重要度、変状の進行状況、経済性等の様々な観点から、適切に判断する必要がある。

##### ・施設の維持管理に関する方針

総合評価の結果、維持管理の方針を定めるにあたり判断する事項は、参考． 2 港湾法に該当する部分の維持管理計画 1) 維持管理計画の構成 III) 総合評価 を参照すること。



## (6) 維持補修計画

維持補修計画は、施設の安全性、重要性、補修の難易度や実現性、効果の持続性、補修に係わる費用等を考慮して、補修の時期や方法等を定めることを標準とする。

### 【解説】

維持補修計画を策定する際の配慮事項は、次のとおりである。

- ・維持補修計画は、他の施設の維持工事等の時期等を考慮し、可能な限り効率的に実施できるよう策定する。
- ・港湾管理者等と協議した上で維持補修計画を定めることが望ましい。

### ① 補修時期

補修の実施時期は、変状の進行及び総合評価の結果、残りの供用期間、経済性、施設の利用状況、現場の制約条件等を勘案して適切に判断する。補修時期の検討には次のような方法がある。

- ・劣化予測に基づく検討
- ・耐用年数に基づく検討
- ・変状が顕著となった際に補修や交換を検討
- ・過去の実績に基づく検討 等

補修時期の検討には、必要に応じて劣化予測を行うことが望ましい。

係留施設に適用可能な劣化予測は、次のような方法があるが、この他に耐用年数あるいは過去の実績等より設定してもよい。

- マルコフ連鎖モデルによる劣化予測
- 標準的な劣化速度を用いる方法
- 塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測
- 鋼材の劣化予測
- 電気防食工の劣化予測
- 被覆防食工の劣化予測

代表的な劣化予測の方法や手順については、参考. 2 港湾法に該当する部分の維持管理計画 1) 維持管理計画の構成 IV) 維持補修計画 を参照すること。

#### i マルコフ連鎖モデルによる劣化予測

構造物における劣化度の分布及び経過年数をもとに、マルコフ連鎖モデルを用いて劣化予測を行うことができる。



## ii 標準的な劣化速度を用いる方法

劣化事例の実績に基づく標準的な劣化速度について、係留施設に関する項目を 表・参-2. 2. 1. 12 に示す。この早見表を用いることで、簡易に劣化速度を推定することができる。

表・参-2. 2. 1. 12 実績による標準的な係留施設の劣化速度（単位：年）

部材 \ 劣化度	d	c	b	a
上部工（栈橋式）	0	8	25	43
上部工（矢板式）	0	9	26	46
上部工（重力式）	0	9	26	45
下部工（被覆防食）※1	0	6	17	30
下部工（電気防食）※1 ※2	-	-	-	30
エプロン	0	10	29	51

注）港湾空港技術研究所が収集整理した全国の劣化事例から国土交通省が推定した値（暫定値）

※1）損傷の発生等を加味した暫定値。被覆防食材の耐用年数はメーカー指定値による。

※2）耐用年数は市販の電気防食の陽極の耐用年数（メーカー指定値）による。

## iii 塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食の開始時期の予測

鉄筋コンクリート部材における塩化物イオンの浸透による鉄筋腐食に関する予測は、IV) 維持補修計画 に概要及び手順を示している。劣化予測の方法は 港湾の施設の技術上の基準・同解説、コンクリート標準示方書 [維持管理編] 2013 年制定 等を参考にすることができる。

## iv 鋼材の劣化予測

腐食した鋼材の劣化予測項目は、肉厚測定の結果より得られた現有肉厚及び腐食速度とし、IV) 維持補修計画 に概要及び手順を示している。

無防食の鋼構造物に対する劣化予測、性能評価及び補修対策は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック等を参考にすることができる。

## v 電気防食工の劣化予測

電気防食工の劣化予測項目は、防食電位が管理されている状態での陽極残存質量とし、IV) 維持補修計画 に概要及び手順を示している。

劣化予測の方法は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック 等を参考にすることができる。

## vi 被覆防食工の劣化予測

劣化予測指標は目視に基づいた定性的な 4 段階（劣化度 d～劣化度 a）の指標とし、IV) 維持補修計画 に概要及び手順を示している。

劣化予測の方法は、港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル、港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック 等を参考にすることができる。

## ②補修方法及び補修費用

コンクリート構造物及び鋼構造物の標準的な補修の考え方及び補修工法は、IV) 維持補修計画を参照すること。重力式係船岸、矢板式係船岸、直杭式横棧橋の主な変状及び補修工法は表・参-2.2.1.13～表・参-2.2.1.14のとおりである。

補修の方法は、補修に係わる費用等を考慮して検討する。補修費用を検討する部材には、次のようなものがある。

- ・複数の補修シナリオを比較検討した方が、最適な工法選定に有効な部材

【例】 棧橋上部工等

- ・補修の材料や条件により、概ね補修方法が決まっている部材

【例】 鋼材の被覆防食、電気防食等

- ・変状が顕著となった際に補修や交換を実施する部材

【例】 附帯設備等

補修費用を推計する方法は、IV) 維持補修計画 を参照すること。

(参考) 棧橋劣化調査・補修マニュアルについて

「棧橋劣化調査・補修マニュアル(東京港埠頭株式会社、平成24年)」には、棧橋を対象としてライフサイクルコストの最小化を目的とし、予防保全を視野にいれた点検、劣化予測、評価・判定等について解説されている。

表・参-2.2.1.13 重力式係船岸における主な変状及び補修工法

部材	維持管理レベル	主な変状	主な補修工法	補修工法を検討する際に参考のできる資料
ケーソン (本体工)	I	コンクリートの劣化・損傷	・ひび割れ補修 ・断面修復等	・コンクリート標準示方書[維持管理編]2013年制定(土木学会、平成25年10月) ・港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック(財団法人 沿岸技術研究センター、平成21年9月)
上部工 (無筋)	III	コンクリートの劣化・損傷	・ひび割れ注入 ・表面被覆 ・断面修復 ・撤去・更新等	・コンクリート標準示方書[維持管理編]2013年制定 ・港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック
エプロン	III	舗装の劣化・損傷 吸出し、空洞化	・オーバーレイ ・打換え ・撤去、更新等	・コンクリート標準示方書[維持管理編]2013年制定 ・舗装標準示方書 2007年制定(社団法人土木学会、平成19年3月)
海底地盤	III	洗掘、堆積	・洗掘の場合は埋め戻し等	—
附帯設備	III	損傷、変形、腐食、塗装のはがれ等	・交換等	—

表・参-2.2.1.14 直杭式横棧橋における主な変状及び補修工法

部材	維持管理レベル	主な変状	主な補修工法	補修工法を検討する際に参考のできる資料
上部工 (RC)	Ⅱ	コンクリートの劣化・損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひび割れ注入</li> <li>断面修復</li> <li>電気化学的防食</li> <li>撤去、更新等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2013年制定(土木学会、平成25年10月)</li> <li>・港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック(財団法人 沿岸技術研究センター、平成21年9月)</li> </ul>
下部工※1 (被覆防食)	Ⅱ	劣化、損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部分補修</li> <li>・全面補修</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル(財団法人 沿岸技術研究センター、平成21年11月)</li> <li>・港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック(防食・補修工法研究会、2013年度版)</li> </ul>
下部工※1 (電気防食)	Ⅰ または Ⅱ	防食管理電位が維持されていない	<ul style="list-style-type: none"> <li>・陽極の取り替え、設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル</li> <li>・港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック</li> </ul>
下部工※1 (鋼管杭)	Ⅰ	腐食による開孔や変形・損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉄筋コンクリートを用いた補修・補強</li> <li>・鋼板を用いた補修・補強</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル</li> <li>・港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック</li> </ul>
土留護岸 上部工 (RC)	Ⅲ	コンクリートの劣化・損傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひび割れ注入</li> <li>・表面被覆</li> <li>・断面修復</li> <li>・電気化学的防食</li> <li>・撤去、更新等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2013年制定</li> <li>・港湾コンクリート構造物 維持管理実務ハンドブック</li> </ul>
エプロン	Ⅲ	舗装の劣化・損傷 吸出し、空洞化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オーバーレイ</li> <li>・打換え</li> <li>・撤去、更新等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装標準示方書 2007年制定(社団法人 土木学会、平成19年3月)</li> <li>・コンクリート標準示方書〔維持管理編〕2013年制定</li> </ul>
海底地盤	Ⅲ	洗掘、堆積	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洗掘の場合は埋め戻し等</li> </ul>	—
波版	Ⅲ	損傷、塗装のはがれ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交換等</li> </ul>	—
附帯設備	Ⅲ	損傷、変形、腐食、塗装のはがれ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交換等</li> </ul>	—

※1 土留護岸における鋼矢板や鋼管矢板等の鋼材にも適用する。

### ③ 施工条件等

補修を実施するにあたっての配慮事項や諸条件等を記載する。

維持補修計画に記載する項目の例（係留施設）

- ・ 施工期間の制約
- ・ 作業時間の制約
- ・ 作業スペースの制約（栈橋の場合は海面と上部工下端とのクリアランス）
- ・ 仮設工（作業足場等）の要否
- ・ 波浪、潮位、潮流の影響
- ・ 船舶を使用する場合はアクセスの難易度
- ・ 関係機関との調整事項 等

### (7) 参考資料

維持管理計画書に定める事項を補足する資料がある場合には、参考資料として添付する。参考資料として次のような例があるが、適切に保管されていて参照可能な情報は、保管場所を明記し、添付を省略してもよい。

#### 参考資料の例

- ① 使用材料特性（コンクリート示方配合報告書等）
- ② 施工図面
- ③ 点検記録用紙
- ④ 点検診断結果
- ⑤ 点検診断及び補修の履歴
- ⑥ 詳細設計の報告書
- ⑦ その他

### 参考3. 工種別安全対策

以下に維持管理作業や工事の実施にあたっての具体的な工種別の安全対策について示す。

#### (1) 海上工事共通作業

洋上風力発電設備等の維持管理および大規模修繕時の海上作業（工事）においては、事前に作業（工事）海域の自然条件を調査・検討すると共に、作業の内容、使用船舶機械や資機材等による危険性、有害性も調査・検討して作業計画を立案し、実施する必要がある。

##### (1)-1 計画の立案と周知

- ① 作業区域に係る法的な制限およびそれに対する手続き
- ② 作業区域を活動の場としている利害関係者および海域利用の状況
- ③ 航行制限の有無および当該制限が作業に及ぼす影響
- ④ 架空線、橋梁等の水上障害物および海底ケーブル、配管等水中障害物、埋設物の有無
- ⑤ 気象・海象の季節的および地域的な特性
- ⑥ 技術者の配置
- ⑦ 作業条件にあった機械・船舶の能力
- ⑧ 作業船の係留・避難場所の確保
- ⑨ 材料、機材の運搬方法および運搬経路
- ⑩ 事故防止対策および事故発生時の措置並びに連絡先
- ⑪ 監視船の必要性
- ⑫ その他必要な事項

##### (1)-2 作業海域の安全対策

- ① 作業船の灯火、形象物
- ② 作業海域の設定と表示（大規模修繕や潜水による点検診断時など）
- ③ 監視船

##### (1)-3 技術者の配置（船長または船団長）

海上の気象・海象の急変による作業船上での作業の中止・打ち切りは船長または船団長の判断に従うこと。

##### (1)-4 作業員の輸送および乗降

洋上風力発電設備等への乗降には、専用の乗降設備を設置しなければならない。また、船舶への乗降には次の事項を遵守しなければならない。

作業員輸送船等の船長は、乗船者の人数等の確認を行い、定員を超えた乗船はさせない等安全運航に努める。

乗船者は船舶および海上構造物への乗降に際し、危険な飛び乗り、飛び降りは避け、乗降設備等を使用すること。また、乗降の際には船長の指示に従うこと。

(1)-5 危険箇所（洋上風力発電設備等および作業船含む）における作業

維持管理を行う洋上風力発電設備等および、作業船には危険物の置き場、機械室等関係者以外の立入禁止区域、開口部、等の危険箇所があるので、作業実施にあたっては、危険と思われる箇所には監視人や監視船を配置するとともに、適切な措置を講じるものとする。

- ① 墜落等の危険防止
- ② クレーン旋回範囲および吊り荷の下
- ③ 作業船等のワイヤー内角への立入禁止措置
- ④ 原動機、回転軸、歯車、ベルト等の危険箇所の養生
- ⑤ 火災または爆発物等の保管場所の表示と立入禁止措置
- ⑥ 船外作業時の措置
- ⑦ 事故発生時の救助・安全確保の措置
- ⑧ 海中転落に対する措置

(1)-6 船舶等の整備

船舶等は、法令に基づく所轄官庁の検査に合格したものおよび自主検査に合格したものを使用すること。

作業開始前および定期点検の実施と、異常時の措置。

浸水の防止

船舶上における事故防止の措置

(1)-7 係留および揚錨

作業船等の係留および投錨は、安全を確保するよう努めること。

- ① 作業船への材料、機材の積み下ろしに支障がなく、安全に係留できる場所を確保すること。
- ② 船舶等を接舷するときは減速を行い、静かに接舷させ、船体の停止を待ってから係留ロープを用いて確実に係留すること。
- ③ 船舶等が係留場所の突起物の下方に入りまたは他の船舶の係留ロープに接触することにより作業員が危険を及ぼすおそれのあるときは、その場所への係留を禁止する等の必要な措置を講じること。
- ④ 接舷時のロープ類の取扱いは、巻き込まれ、挟まれまたははねられ等のないように十分注意して操作すること。
- ⑤ 作業開始前には、係留用機械または揚錨船の作業状況およびチェーン、ワイヤーロープ、ストッパー、アンカーブイ等の状態を点検すること。
- ⑥ 投錨は風向、潮流、周辺地形、海底地盤等を考慮して行うこと。
- ⑦ 船長、船団長は、ウィンチの操作および揚錨船の動きがよく見え、かつ安全な場所に位置して作業の指示をすること。
- ⑧ 機械の運動部、チェーン、ワイヤーロープ等にはみだりに身体を触れさせ、またがせ、または関係作業員以外の者を近寄らせないこと。
- ⑨ 作業前にはチェーン庫内および錨を投下する水面付近に人や障害物がないか確認すること。

- ⑩ 機械の作動またはチェーン、ワイヤーロープの走行を人力で調整する作業に従事するときは、袖口、上着のすそ等を締め付ける等して巻き込まれるおそれのない服装で行うこと。
- ⑪ 錨の吊り上げ、投下のときは、ワイヤーロープおよびシャアの付近に近寄らないこと。
- ⑫ ワイヤーロープを取扱う場合には、皮手袋等を使用すること。
- ⑬ 波浪のため船体の同様による転倒、衝突、ワイヤーロープによるはねられ等の不意の危険に注意し、事故防止に努めること。
- ⑭ 船舶等の係留場所には、係留に必要な係船柱、係船浮標、係船環、防舷材および作業員の乗降用はしごなどの係船設備を設けること。
- ⑮ 洋上風力発電設備等の外側に突起物があるようなものに係留するときは、その外側に垂直に防舷材を設け、船舶等が突起物の下方に入らぬ措置を講じること。

#### (1)-8 動揺対策

海上での作業時において作業船等の動揺による安全を確保すること。

- ① 作業中は付近を航行する船舶等に注意し、航跡波の来襲、付属船の接舷、アンカーロープの接触等による不意の動揺に対処するため、監視人および監視船を配置する等して事故の防止に努めること。
- ② 船舶機械等を固定するときには、波浪、潮流、風圧、地盤等を考慮して適切な固定方法を定めること。
- ③ 波浪または強風により船舶等が動揺しているときは、動揺がおさまるまで作業を中止し、無理な作業は避けること。
- ④ 船舶等の積荷、移動物、ブーム等は船体の動揺により移動しないように、ロープ類で固縛、歯止め等をする措置を講じる。

#### (2) 運搬作業

洋上風力発電設備等の大規模修繕に使用する部材や資機材は、ブレード等重量が大きく、また長大物の場合が考えられる。したがって、これらを陸上運搬あるいは海上運搬する際には、積荷の形状・重量、使用機械の種類・能力、運搬経路における制約などを踏まえて、また安衛法、道交法、海交法、港則法などの関係法令等を遵守した適切な運搬計画を立てる必要がある。

##### (2)-1 陸上運搬作業

###### 作業計画

陸上運搬の作業計画では、次の事項を踏まえた計画を定め、作業前には作業員および関係者に対して次の事項を含む運搬計画を周知する必要がある。

- ① 作業場所の広さおよび地形
- ② 使用車両の種類および能力
- ③ 運搬する荷の種類、形状、重量
- ④ 運搬距離、運搬経路及び運搬経路上の高さ、重量等の制限値、条件等
- ⑤ 制限速度および積荷の落下の防止
- ⑥ 作業前の点検



- ⑦ 誘導：運搬作業を実施する際には、必要に応じて誘導員を配置するなどして 安全を確保する必要がある。

## (2)-2 海上運搬作業

### 作業計画

海上運搬の作業計画では、事前に次の事項を考慮し、作業方法および運航経路等について計画すると共に、作業の内容、使用船舶機械や資機材等による危険性、有害性を調査・検討して計画を定め、関係作業員に周知して作業を行う必要がある。また、船舶の航行経路上に送電線・海底ケーブル等の工作物若しくは埋設物の有無など必要な事項を、一般電気事業者等工作物の設置者に確認し、関係法令および（一社）日本海上起重技術協会の「作業船団安全運航指針」に基づいて、必要に応じて安全策を講じる必要がある。

- ① 作業場所の広さと地形
- ② 使用船舶の種類および能力
- ③ 運搬する荷の種類、形状、重量
- ④ 運搬距離、運搬経路および運搬経路上の水上、水中障害物の有無、制限高さ、深さ等
- ⑤ 運搬海域の交通量、漁場状況および気象・海象
- ⑥ 潮流の厳しい時間帯や船舶等の交通量

また、作業計画には必ず次の事項を定めておくことが必要である。

- ① 曳航および台船並びに交通船等の構造、大きさ、耐波性、操縦性、安定性あるいは積荷、曳航物、乗船定員等を考慮し安全に運航できる気象・海象の限界
- ② 連絡系統および連絡責任者を定め、出航、運行中、仮泊、避難、緊急時等の連絡方法等
- ③ 仮泊地および荒天時の避難地

## (3) 揚重作業（大規模修繕時の対応）

洋上風力発電設備の維持管理における大規模修繕時の対応として、重量が大きく、また長大な部材の揚重作業を実施することとなる。したがって、揚重作業においては、吊荷の形状・重量、使用機械の種類・能力、作業環境などを踏まえて、また安衛法、クレーン則などの関連法令等を遵守した適切な作業を行う必要がある。

### (3)-1 クレーン等の整備

揚重作業に使用するクレーン等は、関連法令等に則った整備、検査、点検を実施済みのものを使用する必要がある。事前に確認すべき主な項目を次に示す。

- ・クレーン検査証の備付け
- ・定格荷重等の表示
- ・巻過防止装置、過負荷警報装置等の措置
- ・定期自主検査（年次、月例）の記録

### (3)-2 吊り上げ作業（揚重作業）

吊り上げ作業にあたっては、次の項目に留意する必要がある。

- ・作業計画の周知



- ・機械や器具、安全装置等の作業前の点検
- ・合図者の配置
- ・過負荷等の制限
- ・暴風、地震等の場合の措置
- ・転倒および接触防止措置
- ・立入禁止措置

#### (4) 高所作業

洋上風力発電設備の維持管理における調査や修繕工事の実施にあたっては、風車部材の点検・修繕等に際して高所での作業を実施することとなる。このため、高所における作業環境を整え（安衛則などの関連法令等を遵守）安全作業を行わなければならない。特に、作業員の昇降、作業員の墜落等による重大な事故等を発生しないための設備を設けなければならない。

安全を確保するための主な事項を以下に示すが、昇降設備および作業床の設置にあたっては、安衛則の規定に十分留意すること。

- ① 高さ（深さ）が 1.5m をこえる箇所で作業を行うときは、作業員が安全に昇降できる設備を設けること。但し、高さ（深さ）が 1.5m をこえない箇所であっても、安全のため昇降できる設備を設けることが望ましい。
- ② 高さ（深さ）が 2m 以上のところで作業を行うときは、足場を組立てる等の方法により作業床を設け「手すり」、「防網」等十分な墜落防止の措置をすること。ただし、作業床を設けることが困難なときは防網を張り、保護具を使用させる等の墜落による危険を防止すること。
- ③ 移動式足場（脚輪付）を使用するときは、最上層には全面足場板をしきつめてすき間をなくし、全周に手すりを設け、作業中は不意に移動しないよう確実に固定すること。
- ④ 作業床の端部、開口等で墜落のおそれのある個所には手すり、覆い等を設けること。ただし、作業の性質上手すり等を設けることが著しく困難なとき又は作業の性質上臨時に手すり等をとりはずすときは、防網を張り、安全帯を使用させる等の方法により墜落による危険を防止すること。
- ⑤ 吊り足場以外の床材は転位又は脱落のないように 2 以上の支持物に取付けること。
- ⑥ はしごの上端は、床から 60cm 以上突出して使用すること。
- ⑦ 吊り足場の上では脚立、はしご等を用いないこと。

#### (5) 電気設備作業

電気設備の維持管理作業にあたっては、関連法令等を遵守し、主任技術者の監督のもと実施するものとする。洋上風力発電設備等の維持管理では、風車内・外部での電気設備点検作業および修繕作業を実施することとなる。したがって、電気設備作業においては、電事法、安衛則などの関係法令等を遵守して適切な作業を行う必要がある。

##### (5)-1 主任技術者等の選任および配置

主任技術者等の選任および配置は、表・参-3.1.1.1 の通りとする。

表・参-3.1.1.1 電気設備作業における技術者の要件

配置者	適用範囲（業務内容）	資格（要件）	規制条項
主任技術者	1. 自家用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督（非自航式作業船も含む） 2. 移動用発電設備（10kw 以上）	免許取得者 免許取得者又は許可を受けた者	電事法 43 経産省通達 H17.6.1
作業指揮者	停電作業又は高圧、特別高圧の路線の活線、若しくは活線近接作業		安衛則 350
電気取扱者	充電電炉又はその支持物の敷設、点検、修理、充電部分が露出した開閉器の操作	特別教育終了者	安衛法 59 安衛則 36
電気工事士	電気工事の作業に従事する者	免許取得者	電工士法 3

#### (5)-2 電気設備作業

電気作業においては、常に保守点検を励行し、次の事項を留意しなければならない。

- ① 暴風雨時等災害後の巡回点検は、責任者の指示により必ず2人以上で行うこと。
- ② 電気機械器具等を使用するときは、その日の使用を開始する前に点検し、異常を認めたときは直ちに補修し又は取り替えること。
- ③ 配線、移動電線、開閉器類及びすべての電気機械器具について、絶縁被覆、絶縁カバー、囲いなどが完全に施されているか点検すること。
- ④ 機器には接地線が取付けられているか、断線しかかかっていないか、接地極の浮きあがりはないか、などについて使用前に必ず点検すること。
- ⑤ 溶接棒ホルダー、交流アーク溶接機用自動電撃防止装置、感電防止用漏電しゃ断器などの安全装置等について使用前に点検すること。
- ⑥ 隣接する区域に引火物、爆発物、可燃物等がないか確認すること。
- ⑦ 絶縁用保護具等については、6箇月以内ごとに1回、定期にその絶縁性能について自主検査を行わなければならない。検査の結果、保護具等に異常を認めた時は、補修その他必要な措置を講じて使用すること。
- ⑧ 電気機械器具の囲い又は絶縁覆いについては、毎月1回以上点検し、異常を認めた時は直ちに補修すること。
- ⑨ 電気機器、特に移動して使用するポンプ、コンベア、グラインダー、ドリルを使用する時にはそれら電気機器が接続されている電路に感電防止用漏電遮断装置が取り付けられているかどうかを確認してから操作すること。

#### (6) 潜水作業

潜水作業にあたっては、気象・海象、海上交通状況、周辺他工事の状況などを把握し、安衛法や高圧則を踏まえた潜水施工計画を立てる必要がある。また、作業の内容、使用船舶機械や資機材等による危険性、有害性を調査・検討して計画を定め、関係作業員に周知する必要がある。

##### (6)-1 潜水作業一般

「港湾工事等潜水作業従事者配置要領」に基づき、潜水作業指揮者および潜水作業管理者を配置し、業務を行わせること。主な留意事項は、下記の通りである。

- ① 潜水作業を行う場合は、各潜水方法によりそれぞれの適切な潜水作業支援員を配置すること。  
なお、潜水作業支援員がウィンチの操作をする場合は特別教育の修了者であること、また移動式クレーンの操作をするときは有資格者(技能講習又は免許)であることを確認すること。
- ② 潜水作業を行うときは、点検者を選任し、潜水土船及び潜水作業の設備等の点検を行わせること。
- ③ 潜水作業中は、潜水土船に潜水作業を表示する標識(国際信号 A 旗板)を掲げること。また、夜間は灯火として紅色(上方)、白色(中央)、紅色(下方)の3個の全周灯を掲げること。
- ④ 船舶が輻輳する場所等監視船の配備が必要となるところでは、監視船を配備して監視を行うこと。
- ⑤ 潜水土船および潜水設備等は、現場持込み前および作業前に点検させ、その結果を確認すること。点検の結果異常を認めるときは、直ちに補修または取替えること。

\* 潜水土船は、船舶安全法、同施行規則または小型船舶安全規則等に基づく関係機関の検査を受けること。

(記録の保存)

- ⑥ 次の潜水作業の設備を点検し又は修理その他必要な措置を講じたときは、その概要を記録し3年間保存すること。  
・潜水服 ・ヘルメット ・圧力調整器 ・空気圧縮機 ・空気清浄器 ・エアーホース ・信号索及びさがり綱 ・水深計 ・水中時計 ・流量計 ・ポンペ

## (6)-2 潜水作業

潜水作業にあたっては、作業の内容、使用船舶機械や資機材等による危険性、有害性を調査・検討して潜水作業計画を定め、関係作業員に周知すること。

潜水作業計画は、作業の内容、使用船舶機械や資機材等による危険性、有害性を調査・検討し、作業への適合性および専門知識・経験等を有する潜水事業者の見解を反映して作成することが望ましい。なお、潜水作業は、この潜水作業計画を、関係作業員に周知(安衛法28の2)して実施する。

潜水作業計画および周知には、以下の事項を含める。

- ① 潜水前の打合せ事項
- ② 作業中止基準
  - ・作業中止基準は、海上視界、風、波浪、水中視界、潮流、水温等を考慮して定める。
- ③ 他の船舶による危害の防止
  - ・注意喚起方法(ハンドマイク、赤旗等)。
- ④ 他の作業船等の運航
- ⑤ 潜水土等の服装
- ⑥ 潜水土船の係留および移動
  - ・潜水土船の保全に必要な施設(潜水器具および機材の積込み、積卸ろしに支障がない)
- ⑦ エアーホースの取扱い
- ⑧ 緊急時連絡体制

### (6)-3 特殊な潜水

夜間に潜水作業を行うときは、次の事項を守ること。

- ① 潜水士船に十分な照明をとり、見張員または監視船を配置し、作業海域に関係者以外の接近または侵入することの無いようにすること。
- ② 潜水士船に、海上衝突予防法の規定に基づく夜間の潜水作業中を表示する灯火（垂直に上から紅色全周灯、白色全周灯、紅色全周灯）を掲げること。
- ③ 潜水士船上に救助に必要な潜水士を待機させる。
- ④ 照明のかけになる部分に注意して作業を行う。
- ⑤ キャップライトを装備する。

### (6)-4 潜水作業記録

潜水作業の実施記録として、次の事項を明記する潜水作業記録を作成し、5年間保存しなければならない。

・潜水士の氏名 ・作業日時 ・呼吸する気体の成分組成 ・潜水時間・最高の水深 ・潜降浮上の速度 ・浮上停止の水深 ・浮上停止時間

### (6)-5 救急措置

潜水作業で発生した緊急時に備えて潜水士船に救急用具及び材料を備えつけ、その場所及び使用方法を潜水士等に周知させること。

また、予め救難機関、輸送機関、医療機関等について依頼先・依頼方法および通信連絡路について明確に示した緊急時連絡体制を作成し、工事関係者に周知させること。

なお、付近に利用できる医療機関がないときは、作業現場付近に再圧室を設置し、再圧治療を指導する医師との連絡体制を確立しておくこと。

#### ① 再圧室の設置

水深 10m 以上の場所において潜水作業を行うときまたは、それ以下の水深でも減圧症等にかかる恐れのある作業では、再圧治療施設を有する医療機関を選定し、緊急に利用できるよう連絡・輸送体制を確立すること。また、付近に利用できる医療機関がないときは、作業場所付近に再圧室を設け、再圧治療を指導する医師との連絡体制を確立すること。

#### ② 再圧室の管理

再圧室を設置したときは、再圧室管理責任者を選任し、設置場所等への立入り禁止および点検等の管理を行わせること。

- ・設置場所及び操作場所への「関係者以外立入り禁止」の表示及びその徹底
- ・設置時及びその後 1 カ月を超えない期間毎に、次の項目について定期点検を行い、異常を認めるときは直ちに補修又は取替えを行うこと。

### (7) 着床式洋上風力発電工

#### (7)-1 基礎構造物（大規模修繕を含む）

代表的な基礎形式は、モノパイル式、重力式、ジャケット式の 3 つがあり、以下に各構造形式の施工における安全上の留意点を示す。

#### (7)-1-1 モノパイル式

- ① 製作したモノパイルは、通常の鋼管杭に比べると重量が大きいことから、出荷岸壁は十分な支持力を有した場所を選定すること。
- ② 岸壁等でのモノパイルの積込みにあたり、十分な能力を有したクレーンを選定し、吊冶具使用方法、吊り方等の作業計画を策定し周知する。
- ③ 運搬船への積込み時は、運搬船が過度な傾斜にならないように積込み順序・位置を検討し、十分な強度を有した歯止めにより転がり防止を施し、積み荷を固定する。
- ④ 台船の曳航にあたり、曳航索の仕様（長さ・太さ）を十分に検討し、運搬経路上の気象・海象及び他船舶の航行を十分に把握するとともに、緊急時の避難港も事前に確保しておく。
- ⑤ 曳航中は、波浪・航跡波等の影響で積み荷が揺れ、工場塗装した部材の接触による剥がれの恐れがあるので、板・スノコ、ムシロ等で部材間を養生すること。
- ⑥ モノパイルを SEP に積み込む際は、狭隘な箇所での吊り上げ作業となるため、入念な作業計画の策定により、重機作業範囲と人員配置等を明確にしておくこと。
- ⑦ SEP 及び資材運搬船の係留にあたり、近傍利用船舶への航行阻害に留意すること。
- ⑧ モノパイルの建て起こしでは、特殊な専用治具を使用する場合があります、作業手順を順守する。油圧ハンマによる打撃工法では、杭の打ち込み抵抗に十分打ち勝つだけの打撃エネルギーを有するハンマを使用しなければならない。中堀工法による場合でも、土質条件を確認し、打撃可能なオーガ出力、ハンマ重量等を検討し、適正な機種選定を行うこと。
- ⑨ トランジッションピースの据付にあたり、吊り作業に対する作業計画を作成するとともに、ジャッキ調整のためにトランジッションピース上へ移動する際には、昇降設備の使用や安全带及び安全ブロックを使用させること。
- ⑩ モノパイルとトランジッションピースの間にグラウトを充填する際は、底部からの漏洩防止対策を確実に実施するとともに、モノパイル内部への転落防止対策に措置を行うこと。
- ⑪ モノパイル周辺に洗堀防止ブロックを設置する時は、水深が深いため、潜水作業では特に、水中と船上の連携が重要となるので、作業指揮者を含め連絡手段を確保する。
- ⑫ モノパイルに電気防食を設置する場合は、前項同様に潜水作業の安全を確保する。

#### (7)-1-2 ジャケット式

- ① 鋼管杭打設にあたり設置海域の気象・海象を十分に把握し、十分な静穏期間が確保できることを確認するとともに、杭打ち作業中の海中転落の防止に留意する。油圧ハンマによる打撃工法では、杭の打ち込み抵抗に十分必要な打撃エネルギーを有するハンマを選定すること、また、中堀工法による場合においても、土質条件を確認し、打設可能なオーガ出力、ハンマ重量等を検討し、最適な機種を選定すること。
- ② ジャケットの積込み作業では、玉掛けなど高所作業になるため、墜落・転落防止措置を確実に行うとともに、合図者とクレーン運転手との連絡を確保して、吊り作業を行うこと。また、ジャケット曳航前には、設置海域及び曳航経路上の気象・海象を十分に把握すること。
- ③ ジャケットの据付けにあたり、吊り作業における作業計画を作るとともに、玉掛けなど高所作業における墜落・転落防止措置を行う。また、据付け時の誘導作業中の潜水災害の防止対策及び連絡手段を確保すること。

- ④ グラウト充填にあたり、グラウトシール取付け時の潜水災害に留意する。
- ⑤ 洗堀防止ブロック設置作業にあたり、原地盤は水深が深いことが多く、潜水災害の防止に留意するとともに、水中と船上の連携作業となることから、作業指揮者を含め十分な連絡手段を確保すること。
- ⑥ ジャケットに電気防食を設置する場合は、洗堀防止工と同様に、潜水災害の防止および連絡手段を確保して作業を行うこと。

#### (7)-1-3 重力式

- ① 洗堀防止マットの設置作業は、洗堀防止マットが比較的大きく、その敷設は水中と船上の連携作業であることから、潜水災害の防止及び連絡手段の確保に留意する。
- ② 基礎捨石投入では、設置海域及び曳航経路上の気象・海象を十分に把握するとともに船員の転落防止やクレーンとの激突に留意し、均し時には、潜水災害の防止に留意する。
- ③ 吊り下ろしによるケーソン浸水作業は、吊冶具の使用方法や吊り方などの作業計画を策定するとともに、玉掛け時には、ケーソン天端の高所作業となるため転落防止措置を行うこと。
- ④ ケーソンの曳航・据付・中詰・蓋コンクリートは、連続した作業工程となるため、気象・海象に関する局地的予測を行い、余裕をもって据付け作業日を選定すること。
- ⑤ 注水作業にあたり、隔壁間の水頭差は設計で指定された水頭差を厳守し、ケーソンが傾斜しないようにすること。
- ⑥ 中詰砂投入及び均し作業にあたり、ガット船からの作業員の転落防止に留意する。
- ⑦ 蓋コンクリートの施工にあたり、作業員の海中転落に留意する。また、コンクリートミキサー船を使用する場合は、波浪により船体動揺に留意するとともに、作業員の配置や筒先の支持方法を検討すること。
- ⑧ アンカーリングの設置では、吊冶具の使用方法や、吊り方などの作業計画を作成し、ケーソンからの転落防止措置を行うこと。また、洋上であることから鋼材の溶接作業がある場合には、感電防止対策をとること。
- ⑨ 上部コンクリートの施工にあたり、打設足場の確保など作業員の海中転落に留意する。また、コンクリートミキサー船を使用する場合は、波浪により船体動揺に留意するとともに、作業員の配置や筒先の支持方法を検討すること。
- ⑩ 根固め工・被覆工にあたり、潜水災害の防止に留意するとともに、水中と船上の連携作業となることから、作業指揮者を含め十分な連絡手段を確保すること。

#### (7)-2 風車本体

##### (7)-2-1 風車部品 積込・固縛・海上運搬

- ① 製作工場から運搬された風車部品を SEP に積込む際は、SEP の安定性を考慮した積込レイアウトを事前に検討し、各部品は計画された配置に積み込むこと。また各部品の吊冶具の使用方法や吊り方などはメーカーへの確認または風車メーカーSV（スーパーバイザー）の指導のもとに計画・作業を行うこと。
- ② 積み込まれた風車部品は、海上運搬時の波浪による動揺や部品が受ける風荷重を考慮して、十分な固縛・養生を行う。

#### (7)-2-2 SEP 位置決め・ジャッキアップ

- ① SEP 位置決めを行う時は、第 2 編第 1 章（海上共通作業）参照
- ② 位置決め後、SEP のレグを着底させて所定の高さまで船体をジャッキアップする。  
なお、レグを着底させる際には、付近支障物等が無いことを事前に確認し、またジャッキアップ前には、各レグに十分なプレロードを載荷し、ジャッキアップ後の SEP の安定性を確保する。

#### (7)-2-3 タワー建て込み

- ① タワーの吊込み設置作業は、下部タワーの真上での作業となるため、吊荷の落下・衝突・挟まれが無いよう注意することや、安全な退避場所を確保すること。また高所での作業となるので、墜落・転落防止措置を行うこと。

#### (7)-2-4 ナセル・ハブの設置

- ① ナセル・ハブは、吊り荷作業として最大重量物となるため、クレーンのアウトリーチ、揚程などについて十分な能力のある機械をせんでいすること。また、ナセル・ハブの吊り込みから設置作業時には、高所作業のため、タワー作業と同様の安全対策を行うこと。

#### (7)-2-5 ブレードの取付

- ① ブレードを 1 枚ずつ取り付ける場合、ブレードは水平方向から取り付けられるように、ハブを回転させて取り付け面を鉛直に固定する。次に吊治具を使用してブレードを水平な状態にしてハブを取り付け、速やかにボルトで固定する。
- ② ブレードは、比較的軽量な部材であるために風の影響を受け易いので確実な取り扱いができるような吊り方・取り付け方（吊治具や介錯ロープの利用方法、取り付け方向等）について事前に十分検討しておく。

#### (7)-3 海底ケーブル

海底ケーブル敷設にあたっては、施工位置の気象・海象・地質等の自然条件及び航行船舶等の周辺海域の条件を調査し、既設工作物（岸壁・護岸・埋設物）等に支障の無い最適な工法にて施工すること。また、管轄管区の海上保安部へ、当該海域について過去の磁気探査状況及び施工範囲、海底ケーブル敷設方法等を説明し、磁気探査の必要性について確認すること。

##### (7)-3-1 現地調査

- ① 事前調査として、海底ケーブル敷設ルートダイバーによる確認調査、潮流調査、ROV による海底面確認調査、海底面磁気探査、水深が深く潜水士による調査が困難な場合には、水中 TV による海底面地形調査がある。これらの調査結果より、海底ケーブルの防護方法や敷設工法を選定する。

#### (参考)

- ① 海底ケーブルの敷設工法には、潮流、波浪等の自然条件やケーブル敷設位置、ケーブル径、ケーブル長等の現場条件により適切な工法を選定する。敷設工法は、敷設船敷設工法、敷設船ドラム工法、ブイ浮上工法等がある。
- ② 敷設船敷設工法は、ケーブル延長が 1000m 以上の施工に適しており、ケーブル製造工場にて、ケーブルの積込み等の艀装を行う。回航して現地、敷設速度は低速であるが、ワイヤー操作により精密な敷設が可能であり、またケーブルへの負担も少なく安全性に優れている。
- ③ 敷設船ドラム工法は、ケーブルの巻き取ったドラムを陸上運搬することで、台船を工場から

回航する必要が無いドラム容量により長距離の敷設に適さず、1000m以下で、ブイ浮上工法が適当でない場合に選定する。また、ケーブルの使用や施工場所によっては、海上輸送を検討する必要がある。敷設船敷設工法と同様に作業船の喫水が浅いので、潮流・波浪等の抵抗が小さく、浅場での作業が可能である。

- ④ ブイ浮上工は、敷設船が不要であり、敷設開始点にケーブル域では敷設が困難であり、港内等潮流や波浪等の海象条件が良好な場所での施工に適している。ケーブルをチューブブイで浮上させながら送り出し、設置位置に到達後、ブイを切り離し海底へ沈設する方法で、広範囲において航行船舶への影響があるため、施工中は、複数の監視船を配備した監視体制の強化が必要である。

#### (7)-3-2 ケーブル敷設工

- ① ケーブル敷設船には、外洋での敷設に適した自航船タイプと、台船タイプがあるが、比較的浅い海域から沿岸域に建設されることが多い洋上風力発電施設では、喫水も浅く浅海部の敷設作業も容易でデッキスペースも広い台船タイプの敷設船が適する。
- ② 海底ケーブルの敷設にあたっては、敷設の進行に伴い、常に一定のテンションでケーブルをけん引し、敷設方向に誘導すること。
- ③ ケーブル敷設及び埋設作業時は、潜水士の給気ホースがケーブルや埋設機に接触しないように、常に状況を監視しながら作業すること。
- ④ ワイヤ・ホーサーの巻き込み及び繰り出し状況を常に把握し、乱巻きや過度のたるみを防ぐこと。
- ⑤ ワイヤの通路には境界線をデッキ上に示し、注意を喚起するとともに、ローラー・スナッチブロック等でワイヤ・ホーサーが導かれている場合は、この内側へ部外者を入れないこと。
- ⑥ ケーブルの開始側陸揚げ作業においては、ブイを切り離す際は、潜水士との連絡方法を確実にを行い、ケーブルと潜水士とが干渉しないよう適切な配置にて行うこと。
- ⑦ 敷設船の係留作業等でホーサーをデッキ上にスネークダウンし作業艇でこれを引き出す場合は、ケーブルの戻りを制御するために一定のテンションをかけ、巻き込まれないよう退避すること。また、この場合のウインチのクラッチが完全に切れていること。なお、係留ブイに連結し易くするために、引き出し時にはホーサーの中袋を作業艇のフックに取り付けること。

#### (7)-3-3 ケーブル防護工

- ① ケーブル防護工の施工にあたり、漁場海域の事前調査を行うとともに、施工時期や施工内容、一般航行船舶への支障等について、漁業関係者及び海上保安庁等と十分協議を行うこと。
- ② 漁業活動のうち、マンガ漁と呼ばれる海底に爪を立てる漁具による底引き漁が行われる漁業海域では、海底面下 30 cm以上に埋設するか、防護管と呼ばれる鋳鉄製の保護管で保護する。また、通常底引き網漁に対しても同様の保護を行う必要がある。
- ③ 航行船舶の投錨に対しての防護はケーブルの埋設が最も効果がある。錨の重量、投錨位置の地質等により、海底への貫入量を参考にケーブルの埋設深度を検討する。  
(錨の重量と貫入量：港湾の施設の技術上基準・同解説 平成 11 年版)
- ④ 比較的波浪の影響を受けやすい水深 30m以浅では、ほとんどの場合で防護する必要がある。



また、潮流が速い海域では、海底ケーブルが流されたり、振動したりするため、摩耗や損傷を受ける可能性が高く、同様に防護を検討すること。

- ⑤ 埋設による防護工においては、埋戻し作業時の埋戻し材の投入時における飛散防止、海水の汚濁防止対策を講ずると同時に水質管理計画を定めて、水質観測等で、海水汚濁の有無を監視すること。ジェット式埋設機に用いた場合も同様とする。
- ⑥ 防護管の設置作業は、潜水作業となり水中と船上の連携作業であることから、潜水災害の防止及び連絡手段の確保に留意する。また周辺航行船舶に対する監視も行うこと。

#### 参考. 4 維持管理に関する国外規格との関連

欧州における洋上風力発電設備等の維持管理に関する規格の概要と本統一的解説との関連を整理、紹介する。

維持管理に関して記載のある欧州の主な規格

##### (1) DNVGL

- DNVGL-ST-0126 Support structures for wind turbines Edition July 2018  
『風力タービンの支持構造物』
- DNVGL-ST-0376 Rotor blades for wind turbines Edition December 2015  
『風力タービン用のロータブレード』
- DNVGL-ST-0361 Machinery for wind turbines Edition September 2016  
『風力タービン用機械』
- DNV-OS-J101 Design of Offshore Wind Turbine Structures MAY 2014  
『洋上風車構造の設計』

##### (2) BSH(ドイツ連邦海洋水路局)

Standard Design

Minimum requirements concerning the constructive design of offshore structures within the Exclusive Economic Zone (EEZ)

標準設計

排他的経済水域 (EEZ) 内の洋上構造の構造設計に関する最低限の要件

本統一的解説の構成と上記国外規格との関連を 表・参-4.1.1 国外規格比較 に示す。

表・参-4.1.1 国外規格比較 (1/4)

維持管理に関する統一的角度 (案)		国外規格(基準)該当項目					
目次 (基準) 構成		記号内容 (イメージ)	DNGL-ST-0126 『風力タービンの支持構造物』	DNGL-ST-0376 『風力タービン用のロータブレード』	DNGL-ST-0361 『風力タービン用機械』	DNGL-OS-J101 『洋上風車構造の設計』	Standard Design Minimum requirements concerning the constructive design of offshore structures within the Exclusive Economic Zone (EEZ) (独 BSH)
1	総則						Part A: 一般 1. 初めに 2. 基本事項 付録7 用語と定義 Part B 検証及び承認要求事項 1. タイムスケールと現場条件 1.3.5 運用段階
	1.1 適用範囲	本統一的角度(案)は、港湾区域に設置される着床式の洋上風力発電設備等を対象、浮体式についても参考に記載	1.3 範囲	1.1.3適用範囲	1.2適用範囲	1.1.3適用範囲	
	1.2 用語の定義	電気事業法、港湾法ならびにこれらに関連する法令等において使用する用語の例及び洋上風力発電設備等に係る維持管理を含む用語	1.6.1 形式の定義 1.6.2 用語の定義				
	1.3 関連法規、関連規格	電気事業法及び港湾法に基づく洋上風力発電設備等に関する法令等					
2	洋上風力発電設備等の維持管理の方法に係る事項						
	2.1 はじめに	電気事業法、港湾法に基づく洋上風力発電設備等の維持管理についての目的					
	2.2 洋上風力発電設備等の維持管理上の留意事項						
	2.2.1 自然環境への留意事項	強風や波浪(冬季風浪等)、落雷など日本特有の厳しい自然環境を踏まえた適切な維持管理の方法					Part B 1. タイムスケールと現場条件 1.3.2開発フェーズ
	2.2.2 水域利用への配慮事項	航路標識、航空障害灯/屋頂障害標識について					Part B 検証及び承認要求事項 1. タイムスケールと現場条件 1.3.5 運用段階 2. 支持構造物 2.5 運転段階 2.5.1 注釈 3. 基礎構成要素 3.5 運転段階 3.5.1 注釈 5. 洋上ステーションの運用体制(上部) 5.5 運用 5.5.1 注釈

表・参-4.1.1 国外規格比較 (2/4)

維持管理に関する統一の簡説(案)				国外規格(基準)該当項目				
目次(基準)構成				DNGL-ST-0126 『風力タービンの支持構造物』	DNGL-ST-0376 『風力タービン用のロータブレード』	DNGL-ST-0361 『風力タービン用機械』	DNGL-OS-J101 『洋上風車構造の設計』	Standard Design Minimum requirements concerning the constructive design of offshore structures within the Exclusive Economic Zone (EEZ) (独 BSH)
2	2.3	洋上風力発電設備等の維持管理の方法						
	2.3.1	洋上風力発電設備の維持管理			第7章 使用中の点検とメンテナンス 7.1一般 (1) 設置されたロータブレードが定期的点検され、維持されることの保証 (2) 検査とメンテナンスの定期的な時間間隔 7.2サービスプロバイダーの要件 7.3技術要件 (1) 検査及びメンテナンスの技術的な範囲	3.2.3.6保守では腐食保護を考慮 5.4ボルト締め付け要素の材料および腐食保 5.4.3ボルト接続の検査	13.2定期点検 - 一般 13.2.1一般 13.2.2定期検査の準備 13.2.3検査間隔 13.3定期検査 - 詳細 13.3.1一般 13.3.2風力タービンの点検間隔 13.3.3風力タービンの検査範囲 13.3.4水上の構造システムの点検間隔 13.3.5水上構造システムの検査の範囲 13.3.8水中電力ケーブルの検査間隔 13.3.9水中電力ケーブルの検査の範囲 13.4リスクベースの検査計画による検査 13.4.1一般	Part.B 検証及び承認要求事項 4. ロータ/ナセル、アセンブリ 4.5 運転段階 4.5.1 要件と必要な検証 5. 洋上ステーションの運用体制(上部) 5.5 運用 5.5.1 注釈
		1)	ブレード・ナセル・ロータ・タワーの維持管理	電気事業法に該当する部分の維持管理 ・保安規程・定期安全管理検査・主任技術者の選定				
		2)	下部構造・基礎の維持管理	港湾法に該当する部分の維持管理 「港湾の施設の点検診断ガイドライン」に基づく維持管理計画の概要				
		3)	点検診断計画の事例					
	2.3.2	その他設備の維持管理						
		1)	海底ケーブル等の維持管理	海底ケーブルの維持管理の方法及び留意事項				
	2.3.3	定期点検対象部材の点検周期		洋上風力発電設備等の各施設の点検項目及び点検周期について記述				
	2.4	維持管理体制と資格						
	2.4.1	維持管理体制の構築		維持管理体制全般に関する記述 ・電気事業法に該当する部分及び港湾法の保留施設に該当する部分の維持管理(調査・点検)の実施体制の構築に関する記述	9.1.1.6 情報の取扱い 責任者			Part.B 検証及び承認要求事項 1. タイムスケールと現場条件 1.3.5 運転段階 2. 支持構造物 2.5 運転段階 2.5.3 要件と必要な検証 3. 基礎構成要素 3.5 運転段階 3.5.1 注釈 5. 洋上ステーションの運用体制(上部) 5.5 運用 5.5.4 運転許可を維持するために提出される書類

表・参-4.1.1 国外規格比較 (3/4)

維持管理に関する統一の簡説 (案)			国外規格(基準)該当項目				
目次 (基準) 構成			DNGL-ST-0126 『風力タービンの支持構造物』	DNGL-ST-0376 『風力タービン用のロータブレード』	DNGL-ST-0361 『(風力タービン用)機殻』	DN-GS-J101 『洋上風車構造の設計』	Standard Design Minimum requirements concerning the constructive design of offshore structures within the Exclusive Economic Zone (EEZ) (独 BSH)
2.4.2	1)	維持管理に必要とする資格	電気事業法に該当する部分の維持管理と港湾法の係留施設に該当する部分の維持管理に必要とされる資格について記述				
	2)	海上作業全般に必要とされる資格	調査・点検・対策工等の全額作業に必要とされる資格				
2.5	記録・保存及び報告		記録・保存・報告それぞれについて、事業者がどのように対処すべきか記載	9.2.5 レポート(報告書) 9.2.5.1 検査結果の報告		13.2.4 検査結果 13.2.5 報告	PartB 検証及び承認要求事項 1.3.5.1定期検査に供する文書 2.5.4 提出する書類 2.6.3 要件と必要な検証 3.5.1 注釈
2.6	緊急時対応計画		関係機関との連絡体制、緊急時における対応手段、緊急時対応訓練について記載				PartB 検証及び承認要求事項 5.2 開発フェーズ 5.2.1予備簡説（・運用コンセプト）
2.6.1	緊急時対応計画の策定		緊急時対応計画の策定目的及び対象とする事象について				
	2.6.2	緊急時対応計画の概要	緊急時対応計画の記載すべき内容について ・関係機関との連絡体制、 ・緊急時における対応手段、 ・緊急時対応訓練の実施				
2.7	大規模修繕時の対応		大規模修繕計画の想定（風車本体、海底ケーブル）および専用作業船の調達における留意事項について				
2.8	維持管理の実施に係る留意事項		潜水時や浮上作業時の注意、また大規模修繕に必要となる対応について記載				
2.8.1	安全対策		洋上風力発電設備の維持管理における調査・点検及び修繕工事の実施にあたっての安全対策について				Part A 一般 2.4 海洋構造物のための追加の標準仕様
	1)	安全対策一般	調査・点検・対策工等の全額作業に必要とされる資格				
	2)	工種別安全対策					Part A 一般 2.3 承認費に関する標準指令

表・参-4.1.1 国外規格比較 (4/4)

維持管理に関する統一的角度 (案)				国外規格(基準)該当項目				
目次 (基準) 構成			記述内容 (イメージ)	DNVGL-ST-0126 『風力タービンの支持構造物』	DNVGL-ST-0376 『風力タービン用のロータブレード』	DNVGL-ST-0361 『(風力タービン用)機械』	DNV-OS-J101 『洋上風車構造物の設計』	Standard Design Minimum requirements concerning the constructive design of offshore structures within the Exclusive Economic Zone (EEZ) (独 BSH)
	2.8.2	環域保全	洋上風力発電設備等の維持管理 (調査・点検・修繕) に伴う作業及び工事による港湾環境の保全について					
	2.9	作業船等に関する事項						
	2.9.1	作業船舶に関する事項	洋上風力発電設備等の維持管理 (保守業務・修繕工事) に用いる作業船舶の概要について ・工事作業等許可申請 (届出) の使用船舶一覧					
	2.9.2	積出岸壁及びピヤード等	洋上風力発電設備等の維持管理における調査・点検・修繕工事ご資機材の搬出入・保管ご使用する港湾の岸壁やピヤードについて (・利用状況・施設規模(面積)、・地耐力、その他配慮事項)					
	2.10	撤去に関する事項	参考文献・事例等の収集・整理					

## 参考. 5 維持管理の効率化に関する調査

洋上風力発電設備等の調査・点検・対策等の維持管理の効率化に関する技術について、NETIS登録されている主な技術を表・参-5.1に整理、紹介する。

【凡例】

技術区分(I)：当該技術の分類 (① 計測装置/② システム/③ 点検装置)

技術区分(II)：当該技術の計測・測定方法等の分類 (① センサ計測/② 画像・映像(診断含む)/③ 探査計測・・・)

技術区分(III)：当該技術の活用により維持管理の効率化が想定される構造区分 (① 構造物全般/② コンクリート構造物/③ 鋼構造物/④ その他(海底地盤、海底ケーブルなど))

技術概要：パンフレット、技術資料で説明される当該技術の概要の要約。

表・参-5.1 NETIS 登録されている洋上風力発電設備等の調査・点検・対策等の維持管理の効率化に関する新しい技術

No.	技術区分			技術概要	商品名称	メーカー名	NETIS 登録情報
	(I)	(II)	(III)				
1	システム	画像診断	その他	ビデオカメラで撮影した路面画像のひび割れを検出し、ひび割れ率の自動算出・規定帳票の作成、舗装ひび割れを着色した路面画像を作成する技術。	道路舗装ひび割れ解析サービス	TOSHIBA	KT-170057-A
2	システム	画像診断	その他	道路を走行しながら高精細な路面状況・平坦性データと周辺の画像を座標とともに取得する路面プロフィール計測システムの技術。	Road Profiling System	アジア航測株式会社	SK-180010-A
3	点検装置	センサ計測	構造物全般	光ファイバー構造物点検診断装置によるインフラ構造物モニタリングの技術。	i-Line シリーズ	株式会社コアシステムジャパン	KT-160055-A
4	システム	センサ計測	コンクリート構造物	構造物内の鉄筋やコンクリートに生じるひずみを構造物表面から与える無線電波で計測する技術。	RFID ひずみ計測システム	太平洋セメント株式会社	KT-100044
5	システム	センサ計測	コンクリート構造物	コンクリート構造物内における腐食環境を構造物表面から与える無線電波で計測・診断する技術。	RFID 腐食環境検知システム	太平洋セメント株式会社	KT-110059
6	システム	センサ計測	コンクリート構造物	ICタグを内蔵したモルタルペースターでモリや個体識別IDを活用することで、構造物の維持管理に必要な情報を管理でき、外部システムとの連携や各種の管理情報を活用することで、構造物のIoTを実現する技術。	i コンペースター	太平洋セメント株式会社	KT-160057
港湾鋼構造物の点検・補修技術 鋼構造物の点検技術							
7	点検装置	センサ計測	鋼構造物	RTD-INCO TEST を用いた肉厚測定は、鋼材に付着した貝殻や被覆材を除去することなく非接触で肉厚を測定できる技術。	非接触型渦流探傷装置 (RTD-INCO TEST)	若築建設(株)	KKK-140002-VR
8	点検装置	センサ計測	鋼構造物	而候性鋼さび健全度、安定化処理、鋼構造物の塗装健全度及び異常部の検知、範囲の特定が定量的に行える技術。	鋼構造物の腐食診断法 (イオン透過抵抗測定法)	日鉄住金防蝕(株)	KT-110072-A
9	点検装置	映像診断	鋼構造物	流れのある水中でも対象物を的確に捉え、濁りのある水中でも鮮明な画像を取得し、クラック等の寸法計測が可能で、撮影位置情報も取得することが可能な技術。	水中点検ロボット「デアグ」	(株)大林組	KT-150011-VR
10	点検装置	その他	鋼構造物	FRP を用いた検査路構造で塩害地域において維持管理費が軽減され、軽量なため施工性に優れ、近接目視点検が可能となる技術。	FRP 検査路	宮地エンジニアリング(株)	CB-120033-A
港湾コンクリート構造物の点検・補修技術 コンクリート構造物の点検技術							



11	システム	その他	コンクリート 構造物	道路橋の台帳整理・点検データ収集・修繕計画策定ができるシステムの技術。	長寿朗/BG(道路橋の長 寿命化修繕計画策定支 援システム)	JIP テクサイエンス (株)	KT-110013-A
12	システム	探査計測	コンクリート 構造物	電磁波レーダーを用いて路面下の空洞・埋設物・舗装体の劣化箇所等を探査する技術。	高速移動型3Dレーダー探 査車ロードスキャンピクル	株式会社土木管理 総合試験所	KK-130032-A
13	システム	探査計測	その他	従来の弾性波探査よりも高精度で、かつ速度と減衰率の2種類の結果を取得できる、高周波数の特殊な音波を用いた地盤の可視化技術。	音響モグラフィ地盤調査	JFE シビル(株)	CB-150010-A
14	システム	画像診断	コンクリート 構造物	赤外線カメラとデジタルカメラを併用し、遠隔地点から非接触で対象箇所の変状を把握するもので、客観性が高く、変状位置や規模の定量的な把握をする技術。	赤外線画像と可視画像 による構造物点検シス テム	国際興業(株)	TS-020007-A
15	システム	画像診断	コンクリート 構造物	地上から安全に作業ができて、ひび割れの幅や形状等のデータが3次元位置座標でより高精度にデジタルデータで再現でき、ひび割れの経年劣化調査にも活用できる技術。	ひび割れ計測システム 「KUMONOS(ケモノス)」	クモノコーポレーション (株)	KK-080019-V
16	点検装置	その他	コンクリート 構造物	蛍光X線分析装置を使用することにより、現場で短時間のうちに検体の元素の特定分析が可能になり、大幅な時間短縮とコストダウンができ、試薬を使用しないので環境汚染抑制効果もある技術。	「ポータブル蛍光X線分析 装置」によるコンクリート塩 害の現場分析技術	アワステック(株)	KK-100109-VR
17	点検装置	センサ計測	コンクリート 構造物	コンクリート中で安定した電位を示し、従来の照合電極に比べて安価に鋼材の電位を測定する腐食モニタリングセンサーの技術。	チタニウムセンサー	(株)ピーエス三菱	KT-170081-A
18	点検装置	その他	コンクリート 構造物	電気防食工法に対応した、コンクリート構造物の腐食・防食状態のモバイル型遠隔監視システムの技術。	モバイルモニター「イージMモ ニター」	(株)ピーエス三菱	KT-170043-A
19	点検装置	その他	コンクリート 構造物	ビデオスコープと専用架台で遊間幅20mm以上の狭い箇所コンクリートの損傷状況と損傷位置の確認が可能で、内在塩分確認用の資料を採取し、WJによる劣化部のはつり後に、速硬化型断面修復材を充填工法により打設する技術。	NSRV 工法(桁端剥離部 での調査補修)	東日本高速道(株) 東北支社	TH-150003-A TH-150004-A
20	点検装置	探査計測	コンクリート 構造物	アンテナから照射した電磁波の反射波の往復伝播時間及び振幅差より、鉄筋被り深さ・位置を2次元の垂直断面画像として非破壊で検出・表示する技術。	鉄筋探査用電磁波レーダ ー	応用地質(株)	SK-080015-VE
21	点検装置	探査計測	コンクリート構 造物	電磁波レーダ法とは、コンクリートと比誘電率の異なる媒質からの反射を捉え、位置を推定する手法で、特別な資格を必要とせず、機器が小型なので作業効率性が高い技術。	鉄筋探査用電磁波レーダ ー	(株)計測技術サービ ス	KT-150040-A
22	点検装置	探査計測	コンクリート 構造物	ステップ電流に対する過渡応答を利用した CEPRA 法(非接触電機パルス応答解析法)を用いた、鉄筋の腐食速度、コンクリート電気抵抗率を同時に非破壊で測定し、定量的に鉄筋腐食を探査することができる技術。	完全非破壊型鉄筋腐食 探査器 iCOR	KEYTEC(株)	KK-170052-A
23	点検装置	映像診断	コンクリート 構造物	小型クローラ台車の点検用水平アームを橋梁下面に挿入して、多機能カメラ台車を移動させて、橋梁点検車が利用できない橋梁の近接目視点検を支援する技術。	橋梁点検支援ロボット	ジビル調査設計 (株)	QS-170024-A
24	点検装置	映像診断	コンクリート 構造物	流れのある水中でも対象物を的確に捉え、濁りのある水中でも鮮明な画像を取得し、クラック等の寸法計測が可能で、撮影位置情報も取得することが可能な技術。	水中点検ロボット 「デアグ」	(株)大林組	KTK-150011-VR

## 参考. 6 事業者の定期点検周期の自主基準例

事業者の洋上風力発電設備等の定期点検に関する考え方と自主基準について紹介する。

### 点検方法の検討例（考え方）

#### (1) 概要

・洋上風力発電設備の維持管理計画の策定にあたっては、陸上風力と比べて現地へのアクセスが困難となることから、それに対応した点検の方法を検討していく必要がある。検討事項の例としては、以下のことがあげられる。

＜洋上風力発電設備の維持管理における検討事項の例＞

- ①定期点検、部品交換を実施する時期、点検周期の設定（夏季に実施等）
  - ②設計条件と点検・補修の考え方（防食工の耐用年数、疲労安全係数の設定により補修・停止を少なくする等）
  - ③事前対策、予防保全（計画保全、状態監視保全）、事後保全の考え方（事前対策、予防保全を行い補修・停止を少なくする等）
  - ④SCADA、CMS 等のモニタリングの活用（設備の健全性把握の精度向上、点検周期の延伸等）
- ・上記を踏まえて、点検方法を具体化していくこととなる。点検の方法としては、巡視、定期点検、臨時点検、監視があるが、点検の主体は定期点検である。

#### (2) 上部工の定期点検

・上部工については、陸上風力の設備（RNA、タワー）とほぼ同様であり、現行の保安規程と定期安全管理検査の仕組みを活用した維持管理が適用可能と考えられる。

・現在、洋上風力発電設備の維持管理へのデータ活用の検討が進められているので、その成果等を適用するとともに、洋上風力発電の特性も考慮することで、洋上風力発電設備に適合した点検方法（点検項目、点検方法、点検周期の設定）への移行ができると考えられる。

#### (3) 下部工、海底ケーブルの定期点検

・下部工、海底ケーブルについては、安全確保に必要となる事項を抽出し、定期点検の考え方として整理した（表・参-6.1 洋上風力発電設備下部工の定期点検の考え方の例）。

表・参-6.1洋上風力発電設備下部工の定期点検の考え方の例

区分 項目	下部工本体	付属設備	海底ケーブル
設備 モノパイル構造 ジャケット構造 重力式基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接合部（グラウト、ボルト等）</li> <li>・トランジッションピース*</li> <li>・モノパイル*</li> <li>・ジャケット*</li> <li>・ケーソン・底版（コンクリート）</li> <li>・海底地盤、洗掘防止工（*防食工含む）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業用デッキ</li> <li>・航路標識</li> <li>・昇降設備</li> <li>・ボートフェンダー</li> <li>・ケーブル・配管</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海底送電線</li> <li>・通信ケーブル</li> </ul>
設備の機能**	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造体の安全確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業の安全確保等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送電・受電・通信の確保</li> </ul>
主な点検項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接合部の損傷</li> <li>・防食工・鋼材の損傷</li> <li>・コンクリート部材の損傷</li> <li>・海底地盤等の変状</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・部材の損傷</li> <li>・ケーブルの損傷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海底ケーブルの損傷</li> </ul>
点検方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・定期点検は、目視・測定による現場での確認が基本となる（各部位）。</li> <li>・風力発電設備全体の安全性を把握する上では、加速度計、傾斜計等を用いて、固有振動数、傾斜、沈下、移動等を把握することも有効（GPS 測量等も活用）。</li> <li>・センサーを設置して状態監視を行う方法もある（計測システムの信頼性の確認が必要）。</li> </ul>		
点検周期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気中部：1 年毎を基本（上部工の点検周期との連続性も考慮）</li> <li>・水中部：5 年毎を基本（重要項目は短期間で状況を把握し点検周期を設定）</li> </ul>		
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風車の特性及び設計条件に応じて事業者が適切に設定する。</li> </ul>		

設備の機能\*\*：設備の機能を維持することで港湾の機能を維持（特に構造体の安全確保）。