

$$\text{防食率} = \frac{\text{不通電試片の質量減} - \text{通電試片の質量減}}{\text{不通電試片の質量減}} \times 100 (\%) \quad (1.3.1)$$

(f) 港湾工事においては、鋼管杭や鋼矢板が打ち込まれた後、上部工が施工されるまで無防食期間が存在したり、電気防食の陽極更新時期に無防食期間が存在することがある。この無防食期間の間に、鋼材に著しい集中腐食が発生することがあるので、十分な配慮をすることが望ましい。

## ②防食電位

- (a) 港湾鋼構造物の防食電位は、一般に、海水塩化銀電極基準で-780mVとする。
- (b) 鋼構造物に電気防食工法を適用して防食電流を流すとき、鋼構造物の電位は次第に卑な電位になり、ある電位に達すると腐食が抑制される。この電位を防食電位という。
- (c) 電位の測定には、環境が変化しても安定な値を指示する電極を基準として用いる。基準となる電極を照合電極といい、海水中では海水塩化銀電極以外に、飽和硫酸銅電極、亜鉛電極が用いられることもある。照合電極ごとの防食電位については、**文献31)**を参照するとよい。
- (d) 被覆防食工法と電気防食工法（特に外部電源方式）を併用する場合には、過剰な電流により塗膜が劣化しないように注意する必要がある。この場合の電位は-800～-1,100mV（海水塩化銀電極基準）が望ましい。

## ③防食電流密度

- (a) 防食電流密度は、海域環境によって大きく変動するので、適切な値を設定する。
- (b) 電気防食を適用するとき、鋼材の電位を防食電位より卑な値まで分極するために要する鋼材単位表面積当たりの電流を防食電流密度という。防食電流密度の値は、電気防食開始時の初期値から時間の経過とともに減少して定常値になる。定常値は初期値の50%以下にまで低減していることも多い。
- (c) 防食電流密度は、水温、流速、波浪、水質等により変動する。河川水や諸排水の流入するところ、あるいは硫化物濃度の高いところでは一般に所要防食電流は増大する。また、流速の大きいところでも所要防食電流は増大する。性能照査に当たっては、当該地区の既設の施設の実績等を参考にして特性値を設定するのが望ましい。
- (d) 電気防食開始時の防食電流密度は、通常の海域においては、裸鋼材面に対し、**表－1.3.2**に示される値を用いることができる。
- (e) 土中部における防食電流密度は、土の物理的特性（粒径、含水比、土壤抵抗率等）や化学的特性（pH、溶存酸素、微生物の活動度等）によって、値が変化することが報告されている<sup>32) 33)</sup>。例えば、土壤抵抗率が非常に大きい場合、防食電流密度は小さくなる<sup>32)</sup>。一方、隙間が大きい石積中の場合、粒径が15～20cm程度であれば海水中の1/2程度<sup>34)</sup>であるが、粒径がさらに大きくなった場合、海水中の防食電流密度と同程度の値が必要となる<sup>35)</sup>。
- (f) 防食期間の経過とともに、発生電流は低減するため、陽極の寿命を求めるときに用いる平均発生電流は、防食期間に応じて、次のように取られることが多い。

5年間防食の場合 初期発生電流×0.55  
 10年間防食の場合 初期発生電流×0.52  
 15年間防食の場合 初期発生電流×0.50

なお、15年以上防食の場合は、15年の値を適用する。

(g) 電気防食工法の適用範囲内に被覆防食された部分がある場合には、被覆防食材の導電性（耐食性金属被覆など）及び劣化・損傷を想定し、**表－1.3.3**のように防食電流密度の係数を設定する<sup>28)</sup>。**表－1.3.2**の防食電流密度の値にこの係数を乗じることで、被覆防食された部分に流入する防食電流密度を求めることができる。なお、防食電流を算出する際の電流の流入する範囲は、さく望平均満潮面（H.W.L.）または、平均水面（M.S.L.）以下とすればよい。

表－1.3.2 電気防食開始時の防食電流密度<sup>28)</sup> (mA/m<sup>2</sup>)

|       | 清浄海域 | 汚染海域    |
|-------|------|---------|
| 海水中   | 100  | 130～150 |
| 石積中   | 50   | 65～75   |
| 海底土中  | 20   | 26～30   |
| 背面土中部 | 10   | 10      |

表－1.3.3 被覆防食工法に対する防食電流密度の係数<sup>28)</sup>

| 被覆防食工法     |                            | 防食電流密度の係数 <sup>*1</sup> | 備考                     |
|------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| 海洋厚膜エポキシ塗装 |                            | 0.25                    | 初期に損傷率を設定              |
| 有機被覆       | 重防食被覆（鋼管杭）                 | — <sup>*4</sup>         | 劣化・損傷率小                |
|            | 重防食被覆（鋼矢板・鋼管矢板）            | 0.10                    | 継手嵌合部を考慮 <sup>*2</sup> |
|            | 超厚膜形被覆                     | — <sup>*4</sup>         | 劣化・損傷率小                |
|            | 水中硬化形被覆（ペイントタイプ）           | 0.25                    | 初期に損傷率を設定              |
|            | 水中硬化形被覆（パテタイプ）             | — <sup>*4</sup>         | 劣化・損傷率小                |
| ペトロラタム被覆   | 樹脂製カバー                     | — <sup>*4</sup>         | 劣化・損傷率小                |
|            | 耐食性金属製カバー                  | — <sup>*4</sup>         | 劣化・損傷率小                |
| 無機被覆       | モルタル被覆、鉄筋コンクリート被覆（保護カバー無）  | 0.10                    | 導電性あり <sup>*3</sup>    |
|            | モルタル被覆、鉄筋コンクリート被覆（FRPカバー有） | — <sup>*4</sup>         | 絶縁性が高い                 |
| 耐食性金属被覆    |                            | 1.00                    | 導電性                    |

\*1 本係数の適用は、(裸鋼材面積／被覆面積) > 1の場合とする。1以下の場合は別途検討する。

\*2 重防食被覆鋼矢板や鋼管矢板は、継手嵌合部に一部未被覆部がある。鋼矢板の型式によって、被覆面積に対する継手嵌合部の未被覆部の面積比は8～13％と幅があるが、ここでは未被覆部の面積として被覆面積の10％を設計に織り込むこととする。

\*3 保護カバー無しのモルタル被覆およびGRC（ガラス繊維強化セメントモルタル）、ヒューム管などが保護カバーとして使われる場合、被覆材の導電性を考慮し、10％（係数0.10）を設計に織り込むこととする。また、保護カバー無しの鉄筋コンクリート被覆も同様とする。ただし、鉄筋量が多いことが想定される場合は、係数を割り増してもよい。

\*4 保護カバーがFRPの場合、絶縁性が高く、劣化・損傷が生じにくいいため防食対象面積から除外してよい。

#### (4) 被覆防食工法

##### ①一般

(a) 港湾鋼構造物で、海水への浸せき時間が短い部位には電気防食が適用できないため、被覆防食工法を用いる方がよい。

(b) (3) に示したように、電気防食工法の適用範囲を平均干潮面以下としたが、その近傍は集中腐食が発生しやすいこと、また波浪の影響、季節的な潮位変動等で海水への浸せき時間が短くなることがあるので、一般に、朔望平均干潮面以下-1m以上の部位は被覆防食工法を併用する。

(c) 水深の浅い海域の鋼矢板護岸等では、施設の深さ方向の全長に被覆防食工法を適用することもある。海中部を被覆防食工法と電気防食工法を併用することにより、陽極の延命を期待することができる<sup>27)</sup>。

(d) 各被覆防食工法の内容については、【作】第11章2.4 鋼材の防食に記載されている。

##### ②工法の選定<sup>36)</sup>

被覆防食工法はそれぞれ特徴をもっているため、以下の(a)～(d)を十分検討した上で対象構造物に最も適合するものを選定しなければならない。

##### (a) 対象鋼構造物の状況

対象鋼構造物が、工場での被覆施工か現地での被覆施工かの区分、あるいは鋼構造物周辺の状況により、適用する被覆防食工法が異なる場合があることから、鋼構造物の状況を良く把握した上で以下の項目について検討する必要がある。ここでは、主として、新設鋼構造物を対象として述べる。

- ・環境条件：鋼構造物が設置される環境は、被覆防食工法の耐久性に直接影響を及ぼすことから、十分調査することが望ましい。腐食環境条件としては、海水の成分（塩分濃度など）、pH、水温、流速などがある。海水への河川や工場排水などの淡水や汚染水の流入、温水の混入などの有無が腐食に影響するので、それらについて調査する。また、波浪や浮遊物の衝突の作用による損傷の可能性についても検討する。
- ・防食範囲：被覆防食工法を適用する腐食環境区分は、海上大気中から海底土中部までと幅広い。したがって、鋼構造物の形状や電気防食工法との併用、及び複数の被覆防食工法との併用などにより、各被覆防食工法の防食範囲が決まってくる。各被覆防食工法には、それぞれ適用性があることから、鋼構造物に適した方法を適用する必要がある。

なお、上部コンクリート下端レベルがL.W.L.付近である既設鋼構造物の場合、一般的な適用範囲であるL.W.L.-1mまで行おうとすると、施工の難易度は増し、施工費も高価となる。M.L.W.L.以深は電気防食工法の効果が確実に及ぶため、電気防食工法の維持管理が適切に行われるのであれば、被覆防食工法を行う必要性は低い<sup>34)</sup>。

- ・鋼構造物の構造形式：港湾鋼構造物の構造形式は、杭式横棧橋、自立矢板式係船岸及び矢板式係船岸が主たるもので、材料には鋼管杭、鋼管矢板及び鋼矢板を使用するものである。被覆防食工法の種類によっては、構造形式に対する適用性が異なることから、その適用性を検討する必要がある。また、上部工の高さや突起物の有無などの構造上留意すべき事項についても検討する必要がある。

#### (b) 被覆防食工法に対する必要な性能

被覆防食工法に対して必要とされる性能で最も重要な項目の一つは、構造物に対する防食効果と被覆自体の耐久性である。実際には前記の対象構造物の状況に適合するものの中から、これらを含めた期待耐用年数と、その使用目的に応じた経済性を勘案して適用する必要がある。

なお、被覆防食工法の期待耐用年数については、十分把握されているとはいえないが、**文献36)**に、主に鋼管杭を対象とする一つの標準的な目安が示されている。

- ・防食効果：被覆防食工法の種類によって、その防食効果は異なることから、前記の対象鋼構造物の状況に応じた被覆を検討する必要がある。特に厳しい腐食環境下にある飛沫帯及び干満帯は、維持管理や補修が難しい部位なので、防食効果が高い被覆を適用する必要がある。
- ・耐久性：海上大気中は、強い直射日光と海塩粒子などに対する耐久性が要求される。飛沫帯、干満帯や海中では、さらに耐海水性、波浪や漂流物の衝突に対する物理的強度などが要求される。被覆の選定にあたっては、これらの要因、各被覆の劣化の特徴を十分検討しなければならない。各種被覆防食工法の、実海洋環境下での劣化の特徴、耐久性及び性能評価手法について、30年の長期にわたり検討したものと**文献37)**や**文献38)**がある。

#### (c) 被覆防食施工上の要因

被覆防食工法の防食性能、耐久性及び維持管理費は、施工の良否による影響が大きいことから、選定の際は、施工への配慮も必要である。

- ・施工性：被覆防食施工には、工場被覆施工や現地被覆施工など施工場所が限定されることがある。現地施工の場合は、風雨、波浪、潮位、さらには構造形式や素地調整の難易性などにより、被覆防食工法の適用性、作業空間や作業時間の制約などの影響を受けることから、被覆防食工法の適用にあたってはこれらの条件を考慮して検討する。また、施工時の周辺環境に与える影響についても検討する必要がある。
- ・工期：周辺の海象及び作業現場の状況などを含め、施工可能な時期及び期間を考慮しなければならない。

#### (d) 実績

被覆防食工法の信頼性の評価には、その実績が参考となるため、類似条件下での実績を調査する。実績のない被覆防食に対しては、裏付けとなる実験データや理論を十分調査して評価する必要がある。

港湾鋼構造物に適用する被覆防食工法には、工場での被覆施工あるいは現地での被覆施工それぞれに適した方法がある。代表的な被覆防食工法として、工場被覆では塗装、重防食被覆、超厚膜形被覆及び耐食性金属被覆があり、現地被覆では、水中硬化形被覆、ペトロラタム被覆及びモルタル被覆の適用実績が多い。



### 1.3.6 構造細目

- (1) 鋼部材の構造細目は、【施】第3章 水域施設～第11章 その他の港湾施設に示す各施設及び各構造形式の構造細目に従うものとする。
- (2) その他の構造細目については、鋼・合成構造標準示方書【設計編】<sup>2)</sup>及び複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準拠することができる。

## 1.4 複合構造

### 1.4.1 性能照査の基本方針

- (1) 【施】第2章1 部材の照査は、港湾の施設を構成する鋼とコンクリート等で構成される複合構造部材の構造性能の照査等について述べる。
- (2) 【施】第2章1 部材の照査では、【作】第11章 材料及び複合構造標準示方書【施工編】<sup>39)</sup>等にしがって選定された材料を用いて、規定された方法・精度により施工された構造部材等を対象とする。
- (3) 複合構造部材の性能照査にあたっては、【施】第2章1 部材の照査に示す方法を除いては、複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準拠することができる。

### 1.4.2 基本断面及び特性値の設定

- (1) 構造部材の断面は、当該施設の性能規定に適合する諸元を有するとともに、本章1.4.5 構造細目で示した構造細目に従う必要がある。
- (2) 性能照査に用いる特性値は、【作】第11章 材料の記述にしがって求めることができる。コンクリートの圧縮強度の特性値は設計基準強度とすることができる。また、鋼材の引張降伏強度及び引張強度の特性値は、JIS規格の下限值とすることができる。

### 1.4.3 部材の照査の方法

#### (1) 安全性に対する照査

複合構造部材の安全性に対する照査は、断面破壊及び疲労破壊を指標として行うものとする。

#### ①断面破壊に対する照査

- (a) 曲げモーメント及び軸方向力に対する設計断面耐力は、複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準じて算定することができる。
- (b) セン断力に対する安全性の照査は、棒部材、面部材等の種類、セン断力の作用方向、ずれ止めのずれ変位等を考慮して行わなければならない。なお、ずれ止めのずれ変位が、部材の耐荷機構に影響を及ぼさない場合には、次によるほか、複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準じて算定することができる。
- ・棒部材の複合構造部材においては、補強鋼材の降伏及びセン断、座屈、コンクリートの斜め引張破壊及び圧縮破壊等の破壊形態に適合した設計セン断耐力を算定し、おのおのについて照査するものとする。
  - ・面部材が面外セン断力を受ける場合には、棒部材に準じて面外セン断力に対する検討を行うとともに、部分的に集中荷重が作用する場合には、集中荷重に対して押抜きセン断破壊に対する照査を行うものとする。
  - ・異種材料の接合面、面部材が面内セン断力を受ける場合には、面内力について照査を行うものとする。
  - ・セン断力を伝達する必要がある場合には、セン断面における直接的なセン断伝達に対する照査を行うものとする。
- (c) ねじれに対しては、一般の港湾の施設の構造部材では、ねじりモーメントの影響が小さいか変形適合ねじりモーメントが作用する場合が多いので、一般に検討を省略することができる。これ以外の場合には、

複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準じて検討することが望ましい。

## ②疲労破壊に対する照査

(a) 疲労破壊に対する照査は、鋼とコンクリートが一体化した後の合成後の状態に対して、作用の変動や移動の有無等の作用の特性の影響を考慮し、部材及びずれ止めに対して行わなければならない。

(b) コンクリート、鉄筋及び鋼材の疲労破壊に対する照査は、鋼とコンクリートが一体化したとみなして算定した設計変動応力度を用いて、複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準じて算定してよい。

### (c) その他留意点

- ・作用のうち変動作用の占める割合及びその程度が大きい場合には、疲労に対する検討を行う必要がある。
- ・疲労破壊に対する照査を行うにあたっては、繰返し作用を適切にランク分けし、各々の疲労破壊に対する影響度を計算した上で、全ての作用ランクに対する影響度を総計して、疲労破壊に対する安全性を判定する。疲労破壊に対する安全性には作用の大きさだけでなく、繰返し作用回数が大きく影響するので、適切に定める必要がある。なお、200万回を超えて疲労限界に達しないランクの作用による影響は無視してよい。

(2) 複合構造部材の使用性に対する照査は、コンクリートの圧縮応力度及びひび割れ幅を指標として行うことができる。ただし、ひび割れ幅の応答値が適切に算定できない場合は、鋼材の応力度により照査してよい。その他特別な機能が要求される場合には、複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>や関連する指針類を参考に、適切な指標を設定して行うことが望ましい。

(3) 複合構造部材においては、鋼とコンクリートの一体化する前後で、作用の種類や大きさ、並びに作用に対する抵抗機構が異なるため、一体化の前後において適切に照査を行わなければならない。

(4) そのほか、限界状態の検討については、複合構造標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>に準拠することができるほか、必要に応じてコンクリート標準示方書【設計編】<sup>1)</sup>及び鋼・合成構造標準示方書【設計編】<sup>2)</sup>に準拠するものとする。

## 1.4.4 性能の経時変化に対する検討

(1) 複合構造部材は、環境作用等による鋼材の腐食、コンクリートの劣化等の経時変化が生じない、または生じても軽微な範囲に留まることを確認しなければならない。

### (2) 鋼材の腐食に関する検討

- ①外部に露出した鋼材に関しては、鋼材の腐食が生じない、または生じても部材の性能に影響を及ぼさない程度に留まることを確認しなければならない。なお、構造物の特性及び環境条件を考慮して適切な方法により防食対策を行った場合には、鋼材の腐食は生じないとみなしてよい。
- ②鋼材の防食対策は、要求性能、維持管理レベル及び施工条件等を考慮して適切に設定する。このとき、既存の港湾鋼構造物での実績調査や腐食に関するデータを活用して、適切な工法を検討することが望ましい。防食対策は、本章1.3.5 鋼材の防食設計及び【作】第11章2.4 鋼材の防食に示される考え方に準拠するものとし、工法の選定にあたっては港湾鋼構造物防食・補修マニュアル<sup>27)</sup>を参考にすることができる。
- ③コンクリートに覆われた鋼材の腐食に対しては、コンクリートの初期ひび割れや外力によって生じるひび割れ、コンクリートの中性化及び塩化物イオンの侵入に伴う鋼材の腐食について、これらが生じない、または生じても部材の性能に影響を及ぼさない程度に留まることを確認しなければならない。コンクリートに覆われた鋼材の腐食に関する検討は、本章1.2.4 性能の経時変化に対する検討により行うことができる。
- ④鋼材とコンクリートの境界に関しては、浸水等により鋼材の腐食が生じない、または生じても部材の性能に影響を及ぼさない程度に留まることを確認しなければならない。

(3) コンクリートの劣化に対する検討は、塩化物イオンの侵入による鋼材腐食、中性化による鋼材腐食、凍結

融解作用、化学的侵食及びアルカリ骨材反応による影響に対して、本章1.2.4 性能の経時変化に対する検討により行うことができる。

#### 1.4.5 構造細目

構造細目については、本章1.2.6 構造細目、本章1.3.6 構造細目及び複合構造標準示方書〔設計編〕<sup>3)</sup>に準拠することができるほか、必要に応じてコンクリート標準示方書〔設計編〕<sup>1)</sup>及び鋼・合成構造標準示方書〔設計編〕<sup>2)</sup>に準拠するものとする。

#### 〔参考文献〕

- 1) 土木学会：2017年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕，2018.
- 2) 土木学会：2016年制定 鋼・合成構造標準示方書 総則編・構造計画編・設計編，2016.
- 3) 土木学会：2014年制定 複合構造標準示方書 原則編・設計編，2014.
- 4) 長尾毅：ケーソン式防波堤の終局曲げ安全性照査に関する信頼性設計手法の提案，土木学会論文集，No.696，I－58，pp.173～184，2002.
- 5) 長尾毅：限界状態設計法の鉄筋コンクリート港湾構造物への適用に関する研究，港湾技術研究所報告Vol.33，No.4，pp.69～113，1994.
- 6) 長尾毅：ケーソン式岸壁底版の地震時安全係数に関する事例解析，港湾技研資料No.867，1997.
- 7) 土木学会：2017年制定 コンクリート標準示方書〔施工編〕，2018.
- 8) 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針，土木学会コンクリートライブラリー No.112，2003.
- 9) 土木学会：ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー No.130，2008.
- 10) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2017.
- 11) 土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー No.88，1996.
- 12) 土木学会：エポキシ樹脂を用いた高機能PC鋼材を使用するプレストレストコンクリート設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.133，2010.
- 13) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.113，2004.
- 14) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー No.127，2007.
- 15) 土木学会：表面保護工法設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.119，2005.
- 16) 土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.137，2012.
- 17) 土木学会：電気化学的防食工法設計施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリーNo.107，2001.
- 18) 土木学会：コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案，土木学会コンクリートライブラリー No.148，2016.
- 19) 土木学会：土木学会コンクリート標準示方書に基づく設計計算例〔棧橋上部工編〕，土木学会コンクリートライブラリー No.116，2005.
- 20) 野上周嗣，加藤絵万，川端雄一郎，佐藤徹：棧橋上部工の維持管理シナリオに関する検討，港湾空港技術研究所資料，No.1296，2014.
- 21) 山路徹，中野松二，濱田秀則：港湾コンクリート構造物における塩害環境の定量的評価手法に関する検討，港湾空港技術研究所報告，Vol.44，No.3，pp.39～75，2005.
- 22) 山路徹，横田弘，中野松二，濱田秀則：実構造物調査および長期暴露試験結果に基づいた港湾RC構造物における鉄筋腐食照査手法に関する検討，土木学会論文集E，Vol.64，No.2，pp.335～347，2008.
- 23) 土木学会：電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法（案）（JSCE-G 571-2013），コンクリート標準示方書〔規準編〕土木学会規準および関連規準，pp.363～371，2013.
- 24) 土木学会：浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見かけの拡散係数試験方法（案）（JSCE-G 572-2013），コンクリート標準示方書〔規準編〕土木学会規準および関連規準，pp.372～376，2013.
- 25) 与那嶺一秀，山路徹，加藤絵万，川端雄一郎：長期海洋暴露試験および実構造物調査に基づくコンクリートの塩化物イオン拡散性状に関する検討，港湾空港技術研究所資料，No.1339，2018.
- 26) 山路徹，Tarek Uddin Mohammed，青山敏幸，濱田秀則：海洋コンクリートの耐久性に及ぼす暴露環境およびセメントの種類の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.2，pp.577～582，2001.
- 27) 沿岸技術研究センター：港湾鋼構造物防食・補修マニュアル（2022年版），2022.
- 28) 文献27），pp.II-36～II-44，2022.
- 29) 山路徹，審良善和，佐藤俊二，白石弘，吉田倫夫，船山嘉実，阿部正美：電気防食を適用した港湾鋼構造物の適切な維

- 持管理下における防食効果（全国4港湾における試験結果），防錆管理，Vol.52，No.2，pp.41～44，2008.
- 30) 田土弘人，山路徹，川瀬義行，前蘭優一，吉田倫夫：テストピースによる港湾施設における電気防食効果の統計的評価，第36回防錆防食技術発表大会講演予稿集，pp.45～48，2016.
- 31) 文献27)，pp. II-34～II-36，2022.
- 32) 山路徹，宇津野伸二，与那嶺一秀，審良善和，小林浩之，渡部要一，吉田倫夫，前蘭優一，川瀬義行，松本茂：港湾鋼構造物の海底土中部の電気防食特性および土壌抵抗率を考慮した電気防食設計に関する研究，港湾空港技術研究所資料，No.1314，2015.
- 33) 柄澤武，金子聖治：港湾施設石積構造の電気防食実験，腐食防食’91 講演集，B-207，pp.199～202，1991.
- 34) 文献27)，p. II-42，2022.
- 35) 東京湾横断道路：東京湾横断道路橋梁および鋼構造物の防食指針（案），ジャケット式鋼製護岸編，p.65，1988.
- 36) 文献27)，pp. II-21～II-27，2022.
- 37) 山路徹，与那嶺一秀，審良善和，阿部正美，原田典佳，田中隆太，角野隆，香田一哉，金杉賢，後藤宏明，松田英樹，江口宏幸，松井良典，岸慶一郎，久保田一男，永尾直也，星野雅彦，川瀬義行，小泉文人，小林裕，増田和広，吉川幸雄，中村聡志：長期海洋暴露試験に基づく鋼管杭の防食工法の耐久性評価に関する研究（30年目の報告），港湾空港技術研究所資料，No.1324，2016.
- 38) 土木研究所，日本鉄鋼連盟：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書，第480号，2016.
- 39) 土木学会：2014年制定 複合構造標準示方書 原則編・施工編，2014.