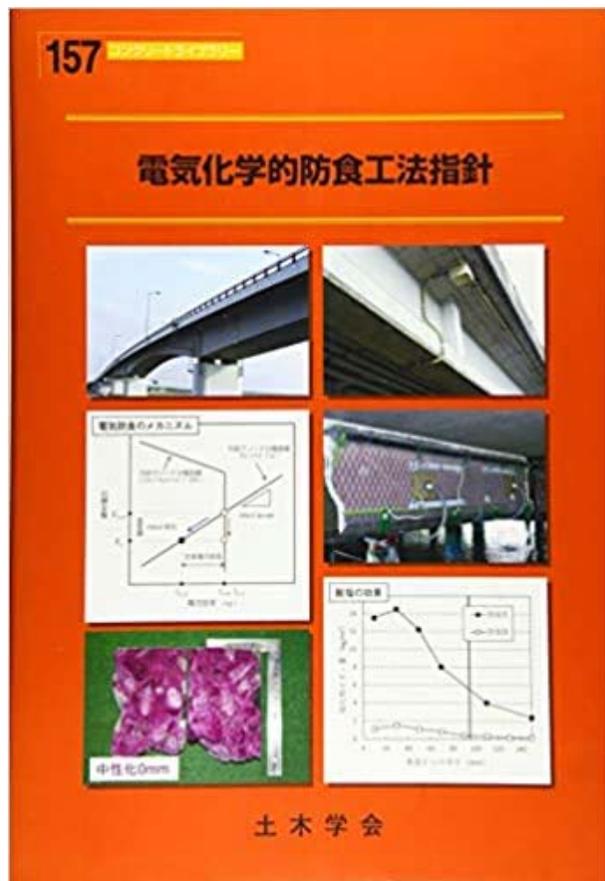


2022年11月29日

コンクリート構造物の電気化学的防食工法研究会 30周年記念事業



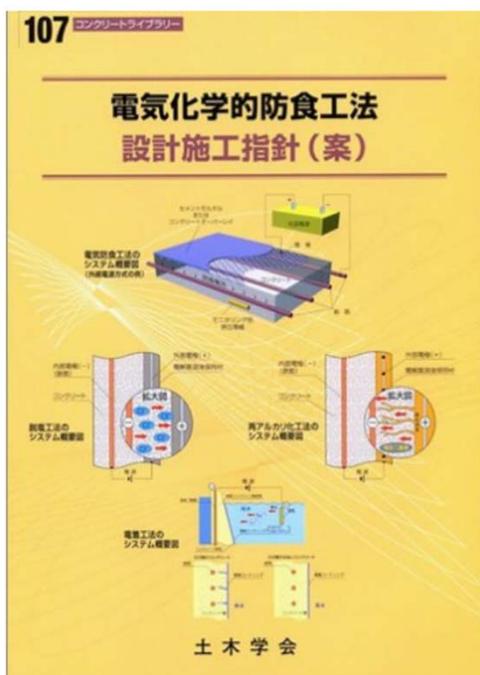
電気化学的防食工法指針 の改訂概要

鹿児島大学学術研究院 理工学域工学系
教授 山口 明伸

改訂の経緯

旧指針：電気化学的防食工法設計施工指針(案)

電気化学的補修工法研究小委員会(委員長:宮川豊章)編集



- 新世紀の幕開けとなった**2001年**に、「建設の20世紀」から「維持管理の21世紀」への移行するための道標の一つとして**発刊**
- 電気防食工法、脱塩工法、再アルカリ化工法、電着工法の、4種類の工法について、その設計、施工における基本的な考え方とマニュアルを提示
- 以来20年間にわたって、電気化学的防食工法の効果と信頼の拠り所



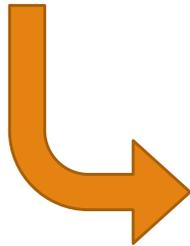
- 適用事例の蓄積によって明らかになった新たな課題
- 課題克服のための調査研究による新しい知見や技術開発



2018年 電気化学的防食工法設計施工指針改訂委員会(258委員会)

改訂の方針

- 共通事項を扱う「**共通編**」と、工法特有の事項を扱う「**工法別標準編**」二段構成
- 「**現行示方書**」および「**構造物の補修・補強標準 (CL150)**」との整合
- 仕様規定型設計から**性能照査型設計**への対応
- 最新の知見や実績データに基づく調査結果を反映
- 参考となる関連情報や事例を整理し、**附属資料**として添付



電気化学的防食工法指針の構成

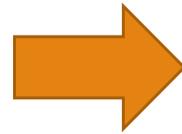
- ・共通編
- ・工法別標準編
 - 電気防食工法標準
 - 脱塩工法標準
 - 再アルカリ化工法標準
 - 電着工法標準
- ・附属資料 (CD-ROM)

目次構成

[指針] 共通編

旧指針(案)

- 1章 総則
- 2章 電気化学的防食工法の特徴
- 3章 電気化学的防食工法の選定
- 4章 電気化学的防食工法の設計
- 5章 電気化学的防食工法特有の
材料および機器
- 6章 電気化学的防食工法の施工
- 7章 設計・施工の記録
- 8章 適用後の維持管理
- 9章 維持管理記録



1章 総則

3章 設計

3章 設計

共通編

1章 総則

2章 調査

3章 設計

4章 施工

5章 維持管理

6章 記録

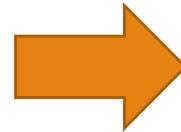
← 調査マニュアル

目次構成

[指針] 工法別標準編

旧マニュアル

- 1章 ○○工法の概要
- 2章 ○○工法の適用範囲
- 3章 ○○工法の設計
- 4章 ○○工法の施工
- 5章 ○○工法適用後の維持管理
- (6章 各電気防食方式の特徴)
- 資料 実施例



○○工法標準

- 1章 概要
- 2章 適用範囲
- 3章 設計
- 4章 施工
- 5章 維持管理

→ 1章 概要

→ 附属資料

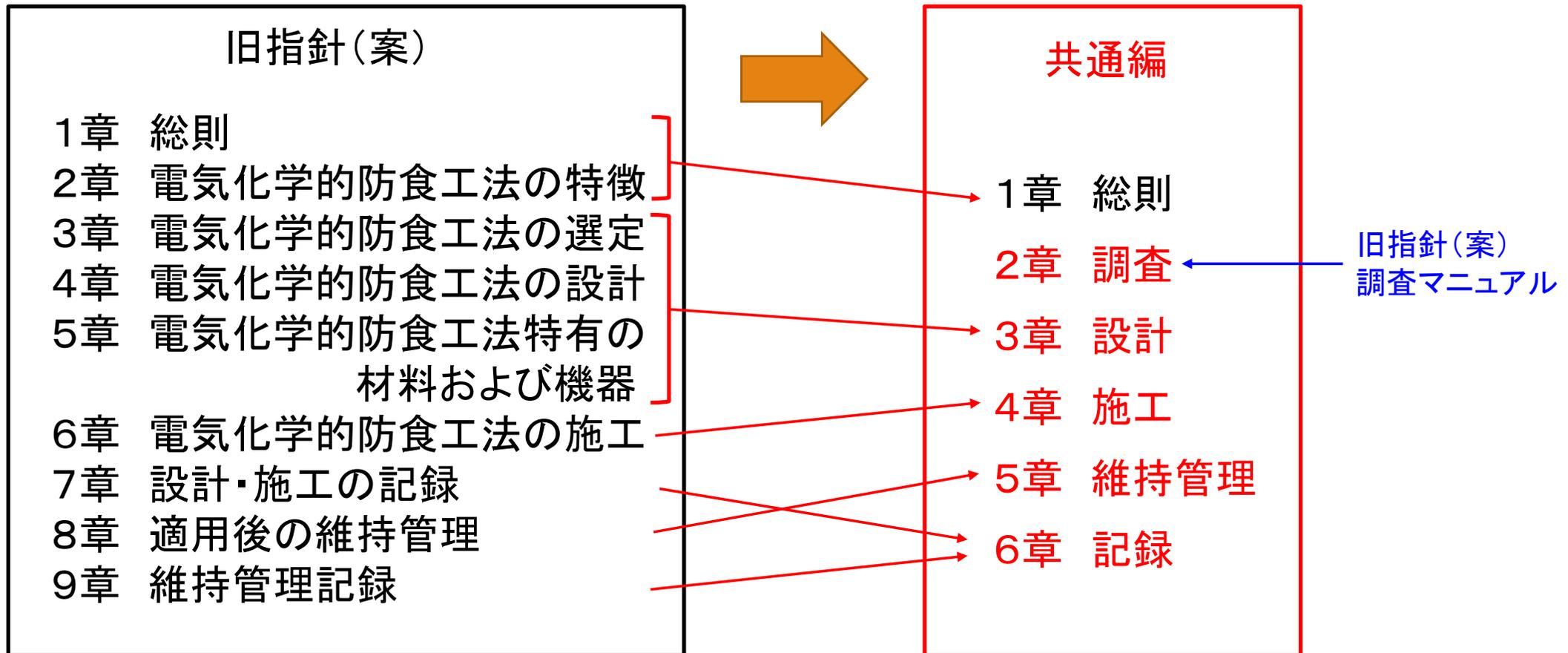
電氣化学的防食工法指針 共通編

主なポイント

- 対象は**鉄筋腐食**に対する4つの電気化学的工法
 - ・電気防食工法
 - ・脱塩工法
 - ・再アルカリ化工法
 - ・電着工法
- 4工法に**共通する事項**を共通編として整理
 - ・調査→設計→施工→維持管理
 - ・性能照査型設計の基本的考え方
- 「**示方書**」および「**構造物の補修・補強標準**(CL150)」との整合
 - ・示方書 > 補修補強標準 > 本指針(共通編) > 本指針(工法別標準)

目次構成

[指針] 共通編



1章 総則

1.1 適用の範囲

1.2 電気防食工法の基本

1.3 用語の定義

1.1 適用範囲

P.1

(1) 対象とする電気化学的防食工法

- ・施工時に防食効果の確認と適用後の維持管理での点検が可能な工法
- ・現在までに相応の実績と効果の検証がなされている4工法

解説 表 1.1.1 対象とする電気化学的防食工法

	電気防食工法	脱塩工法	再アルカリ化工法	電着工法
通電期間	防食期間中継続	約 8 週間	約 1~2 週間	約 6 ヶ月間
電流密度*	0.001~0.03A/m ²	1A/m ²	1A/m ²	0.5~1A/m ²
通電電圧	1~5V	5~50V	5~50V	10~30V
電解質溶液	—	H ₃ BO ₃ と K ₂ CO ₃ の混合溶液等	Na ₂ CO ₃ 水溶液等	海水等
効果確認の方法	電位または電位変化量の測定	コンクリートの塩化物イオン量の測定	コンクリートの中性化深さの測定	表層品質に関する物性値の測定
効果確認の時期	数回/年~数回/5年	通電終了後	通電終了後	通電終了後

* 防食対象表面積（コンクリート）に対する電流密度

1.1 適用範囲

P.1

(2) 耐久性に対する照査項目のうち、鋼材腐食を対象とする

- ・ 構造物の維持管理の対象となる性能：安全性、使用性、復旧性等
 - ・ 供用期間中に各性能が所要の水準以上を保持できる
- 総合的に判断する性能指標：耐久性

電気化学的防食工法：

鋼材を防食することで構造物の耐久性を回復または向上させる



本指針：耐久性に関する照査項目のうち、対象を鋼材腐食に限定

1.1 適用範囲

P.1

(3) 示方書[設計編]における耐久性確保のための方策 ← 新設

- ・設計段階で講じるべき防護策としての適用を想定(冗長性の担保)
- ・設計段階での維持管理シナリオを踏まえた維持管理計画を策定

(4) 示方書[維持管理編]における鋼材腐食に対する対策工法 ← 既設

- ・劣化が顕在化した後の補修対策
- ・潜伏期における予防策「劣化因子の遮断」、「劣化進行の抑制」

(5) 指針に記載されていない事項は関連指針等を参照

- ・他工法との併用により力学的性能等の回復や向上を目的とする場合等
[設計編]、[維持管理編]、「構造物の補修・補強標準」等の関連指針

1.2 電気化学的防食工法の基本

P.3

(1) & (2)適用に際しては、防食の目的と適用する構造物の状態に応じた、
「設計防食期間」と「目標とする防食効果」を設定する。

- ・新設および既設構造物への適用が可能
- ・具体的な設定例、
 - ① 設計防食期間中において鋼材の腐食が発生しない
 - ② 設計防食期間中において鋼材の腐食による有害なひび割れ等が新たに発生しない

1.2 電気化学的防食工法の基本

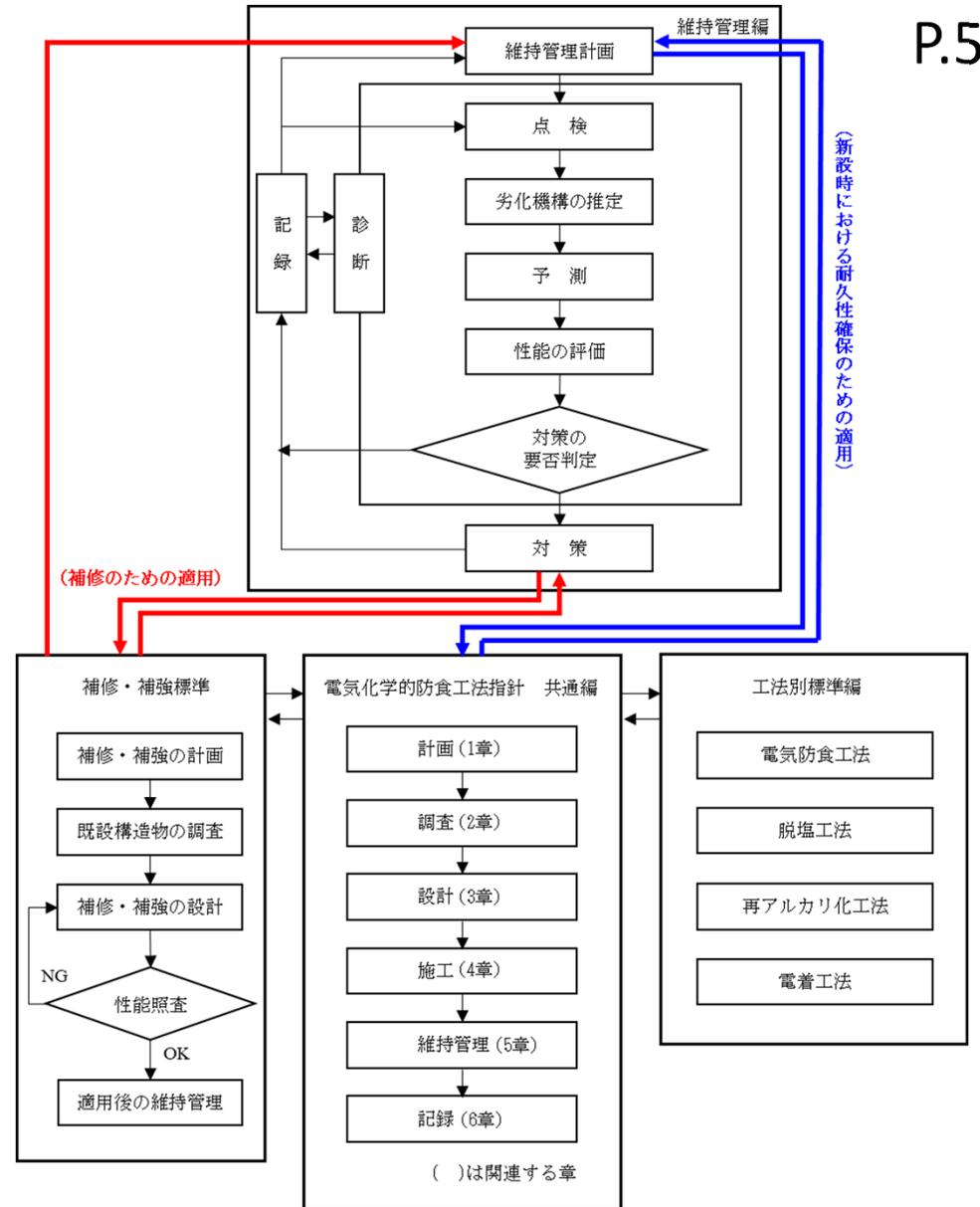
(3) 適切な実施体制と実施フロー

新設構造物(青線一)

- 設計段階の維持管理計画において適用

既設構造物(赤線一)

- 維持管理における補修対策としての適用



1.3 用語の定義

P.6

(1) 共通編 (2) 工法別標準編 (50音順標記)

防食：設計防食期間にわたり目標とする防食効果が得られるように、鋼材の防食状態を制御すること。

設計防食期間：設計時において、目標とする防食効果を持続させなければならないと規定した期間。

目標とする防食効果：設計時に規定する、設計防食期間にわたり保持しなければならない状態または劣化度。標準的には、腐食が発生しない、あるいは腐食が進行しない状態。

1.3 用語の定義

P.6

防食のための管理基準：設計防食期間にわたり目標とする防食効果が得られることを、設計時の照査、施工時の品質管理、施工後の検査、維持管理の診断において判定する際に用いる指標およびその水準。

- ・電気防食工法：防食管理指標
- ・脱塩工法：脱塩目標
- ・再アルカリ化工法：再アルカリ化工法の目標
- ・電着工法：電着工法の目標

電気化学的防食工法に関する専門技術者：適切な技術判断ができる技術者

2章 調 査

2.1 一 般

2.2 調 査 の 計 画

2.3 調 査 の 実 施

2.1 一般

P.10

調査の目的に応じた調査項目、調査方法および実施体制を考慮した調査の計画を策定し、適切に実施する。

- ・調査結果に基づいて、適用の可否、工法の選定や設計、施工、維持管理が行われる。
- ・得られた調査結果は対象構造物の設計・施工の各段階や工法適用後の維持管理においても活用できるため、適切に記録・保存する。

2.2 調査の計画

P.11

2.2.1 一般

調査項目、調査方法を選定したうえで全体工程を作成し、安全衛生管理等を考慮した実施体制を含む調査計画を策定する。

- ・対象となるコンクリート構造物や部材の置かれている環境条件のほか、供用中の調査実施の可否や実施可能時間の制限等の供用上の制約条件も考慮することが重要

2.2 調査の計画

P.11

2.2.2 調査項目の選定

調査の目的を達成するための調査項目を選定する。

解説 表 2.2.1 調査の目的と実施段階

調査の名称（略称）	調査の目的	調査の実施段階（調査段階）
① 適用のための事前調査	電気化学的防食工法の適用可否の判断に必要な情報の取得	適用可否判断（事前検討）の段階
② 工法選定のための調査	電気化学的防食工法の選定に必要な情報の取得	工法選定（基本設計）の段階
③ 設計・施工のための調査	選定された電気化学的防食工法の詳細設計および施工に必要な情報の取得	各工法の詳細設計の段階 （一部は施工段階でも追加で実施）

①適用のための事前調査：適用の可否を判断するための調査

- ・鋼材へ直流電流を供給できるか？ EP鉄筋、表面被覆材、含浸材等の影響
- ・直流電流が変状を引き起こさないか？ ASRの助長

解説 表 2.2.2 適用のための事前調査項目の例

調査項目		新設	既設	備考
対象構造物	構造形式	○	○	
	部材形状・寸法	○	○	
	鋼材の形状・種類	○	○	
	立地条件	○	○	
	過去の対策履歴（対策の種類等）	—	○	
施工条件	施工時期，工期，施工可能時間等	○	○	
第三者影響度	第三者影響度の有無	○	○	
劣化状態	劣化機構，外観上のグレード等	△	○	

○：調査が必要 △：調査することが望ましい —：調査ができないまたは不要

②工法選定のための調査：工法を選定するために必要な情報を得る

- 期待される効果とその持続性、構造物の状態、対象範囲、環境配慮、LCC等

解説 表 2.2.3 工法選定のための調査項目の例

調査項目		新設	既設	備考 ¹⁾
対象構造物	構造形式	○	○	適用
	部材形状・寸法	○	○	
	鋼材の形状・種類	○	○	
	立地条件	○	○	
	過去の対策履歴（対策の種類等）	—	○	
供用年数	予定供用期間	○	—	
	残存予定供用期間	—	○	
施工条件	商用電源の有無	○	○	
	直流電源装置および筐体の設置場所	○	○	
	施工時期，工期，施工可能時間等	○	○	適用
第三者影響度	第三者影響度の有無	○	○	
劣化状態	劣化機構，外観上のグレード等	△	○	
経済性	材料費，交換費用，更新費用等	○	○	

○：調査が必要 △：調査することが望ましい —：調査ができないまたは不要

1) 備考欄の「適用」は適用のための事前調査で得られた情報を活用してもよいことを示す。

③設計・施工のための調査：選定した工法の設計、施工に必要な情報を得る

- ・工法別：変状の程度、範囲、数量、過去の対策履歴等の詳細情報が追加
- ・電気化学的防食工法に関する専門技術者が実施する

解説表 2.2.4 設計・施工のための調査項目の例

調査項目		電気防食		脱塩	再アルカリ化	電着	備考 ⁴⁾
		新設	既設				
対象 構造物	構造形式	○	○	○	○	○	適用
	部材形状・寸法	○	○	○	○	○	
	鋼材の形状・種類	○	○	○	○	○	
	立地条件	○	○	○	○	○	
	過去の対策履歴（対策の種類等）	—	○	○	○	○	
	荷重条件（交通量・上載荷重等）	△	△	△	△	△	
供用年数	予定供用期間	○	—	—	—	—	選定
	残存予定供用期間	—	○	○	○	○	
環境条件	環境条件の詳細	○	○	○	○	○	
	凍結防止材の散布の有無	○	○	○	○	○	

2.2 調査の計画

P.14

2.2.3 調査方法の選定

調査項目に対して、現場条件を踏まえた調査方法と実施体制を設定する。

- (i) 書類による調査：設計図書、維持管理計画書、維持管理記録等
- (ii) 周辺環境の調査：環境条件、施工条件、第三者影響度
- (iii) 外観の調査：劣化状況の外観、過去の対策履歴、付帯設備の状況
- (iv) コンクリートの調査：コンクリートの品質、劣化要因
- (v) 鋼材の調査：鋼材の状態

- ・事前および工法選定のための調査：(i)、(ii)
- ・設計施工のための調査：(iii)～(v)
- ・新設構造物：(i)、(ii)
- ・既設構造物：(i)～(v)

2.3 調査の実施

P.15

調査の計画に従って調査を実施し、各調査の目的を満足する情報が得られていることを確認する。

- ・事前調査(適用の可否)

- ・工法選定のための調査(工法選定)

- ・設計・施工のための調査(詳細設計および施工)

- ・各調査の結果に基づいて、それ以降の調査の計画内容を検討し、
必要に応じて計画の見直しをする。

3章 設 計

3.1 一般

3.2 工法の選定

3.3 設計における施工計画

3.4 維持管理計画

3.5 工法の設計と防食のための管理基準

3.6 材料および機器類

3.7 作用

3.8 鋼材腐食に対する照査

3.1 一般

P.16

(1) 防食の**目的**、期待される主な**効果**、適用するコンクリート構造物の**劣化状態**を考慮し工法を選定する。

解説 表 3.1.1 防食の目的, 期待される効果およびその対象となる劣化機構等

電気化学的防食工法名	防食の目的	期待される主な効果	工法の適用対象となる主たる劣化機構または変状
電気防食工法	腐食反応の抑制	腐食反応速度の低減	塩害*, 中性化*
脱塩工法	鋼材の腐食環境の改善	塩化物イオン濃度の低減	塩害
再アルカリ化工法		アルカリ性の回復	中性化
電着工法	腐食因子の供給抑制	腐食因子の移動抵抗性の向上	塩害**, 中性化**, 進行性でないひび割れ**

* 工法選定の段階で、鋼材腐食の主たる発生原因が塩害または中性化と想定される場合を含む。

** 脱塩工法適用後の表面被覆、または特殊な作業環境でのひび割れ補修や表面処理としての適用も可能。

3.2 工法の選定

P.17

(1) 目標とする防食効果が得られるように、施工方法、維持管理方法、環境性、経済性を考慮して適切な工法を選定する。(附属資料2,3,4参照)

解説 表 3.2.1 工法選定上の留意事項の例

大項目	小項目	留意事項
劣化状態	①劣化状態	工法適用時の主たる劣化機構における劣化過程や外観上のグレード等
	②複合劣化の発生状況	複合劣化（複数の劣化機構の可能性）の有無およびその状況
構造物条件	③構造形式	適用対象部材の構造形式（PC部材／RC部材）
	④環境条件	適用対象部材の置かれる環境条件
性能確保	⑤期待する効果	工法適用に期待する効果（力学的な性能の回復を含む）
	⑥効果の持続性	設計防食期間に対する工法適用効果の持続性（耐用期間）
施工方法	⑦供用状態	構造物を供用しながらの施工の必要性や可否
	⑧施工の効率性	施工数量（前処理を含む）、資機材調達、仮設足場等の必要性や設置の容易性、施工可能時間等を踏まえた作業工程（施工の効率性）
維持管理性	⑨維持管理の容易さ	工法適用後の維持管理の容易さ等
環境性	⑩環境配慮上の制約	粉塵や騒音等の発生に関する制約
経済性	⑪コスト	ライフサイクルコスト等

3.2 工法の選定

P.18

(2) 塩害対策（電気防食、脱塩、電着）

留意事項 **①劣化状態**と**⑤期待する効果**の観点からの適用可能な工法

解説 表 3.2.2 外観上のグレードと適用可能な工法の例（塩害対策）

構造物	外観上の グレード	劣化過程	期待する効果	
			耐久性の回復・向上	力学的な性能の回復
新設構造物	—	—	表面処理 ¹⁾ 、電気防食 ¹⁾	—
既設構造物	グレードⅠ	潜伏期	表面処理 ¹⁾ 、脱塩 ¹⁾ 、電気防食 ¹⁾	—
	グレードⅡ	進展期	表面処理、脱塩、電気防食	—
	グレードⅢ-1	加速期前期	断面修復、脱塩、電気防食	—
	グレードⅢ-2	加速期後期	断面修復、脱塩 ²⁾ 、電気防食 ²⁾	断面修復（必要に応じて）
	グレードⅣ	劣化期	脱塩 ³⁾ 、電気防食 ³⁾	断面修復

1) 予防的に実施される工法.

2) 必要に応じて他工法（外ケーブル等）の併用を検討する.

3) 他工法（外ケーブル等）の併用により適用可能.

注記 表中の表面処理と同様の目的で電着工法を適用可能.

留意事項 ④環境条件の観点からの適用範囲

解説 表 3.2.3 環境区分に対する適用範囲（塩害対策）

環境区分		工 法	電気化学的防食工法		
			電気防食工法	脱塩工法	電着工法
陸上部・内陸部			○	○	△
海洋環境	海上大気中		○	○	△
	飛沫帯		○	○	△
	干満帯		△	△	△
	海中部		△	△	○

表中の○は適用対象，△は適用する場合に検討が必要を示す。

留意事項と各工法の対応

* 詳細は工法別標準および附属資料参照
 ** 表面処理工法と断面修復工法を対象
 なお電着工法は表面処理工法と同様

P.20

解説 表 3.2.4 耐久性の回復・向上のための電気化学的防食工法の選定上の留意事項の例（塩害対策）

	電気防食工法*	脱塩工法*	その他の工法**
① 劣化状態	全ての劣化過程において標準的な対策工法の一つ（解説表 3.2.2）	同左	表面処理工法は進展期以前、断面修復工法は加速期以降に適用される場合が多い（解説表 3.2.2）
② ASR の可能性	十分な注意が必要	同左	表面処理工法や断面修復工法も左記に同じ（土木学会コンクリートライブラリー119 参照）
③ 構造形式	一般的な条件では、PC 部材、RC 部材ともに適用できる	同左	断面修復工法は PC 部材への適用には配慮が必要
④ 環境条件	陸上部・内陸部、海上大気中、飛沫帯には適用できる。干満帯への適用は検討が必要（解説表 3.2.3）	陸上部・内陸部、海上大気中、飛沫帯には適用できる。干満帯への適用は検討が必要（解説表 3.2.3）	工法や使用材料による（土木学会コンクリートライブラリー119 参照）
⑤ 期待する効果	腐食反応速度の低減。力学的な性能の回復は期待できない	塩化物イオンの除去。力学的な性能の回復は期待できない	断面修復工法は力学的な性能の回復も期待できる
⑥ 効果の持続性	適切な維持管理により、長期的に防食効果を維持できる	適切な維持管理により、長期的に防食効果を維持できる	表面処理工法や断面修復工法は設計条件に応じた期間の防食効果を期待できる

留意事項と各工法の対応(続き)

* 詳細は工法別標準および附属資料参照
 ** 表面処理工法と断面修復工法を対象
 なお電着工法は表面処理工法と同様

P.20

⑦ 供用状態	特に問題なし	同左	断面修復工法は一時的に力学的な性能が低下するため、事前の検討が必要
⑧ 施工の効率性	剥離・剥落の多い部材では、前処理と修復（ひび割れ補修や断面修復）に時間を要する場合が多い	同左	断面修復工法は左記に同じ（土木学会コンクリートライブラリー119参照）
⑨ 維持管理の容易さ	線状／点状陽極方式は目視点検が容易。モニタリングにより定量的に防食効果を確認可能。当工法に関する専門技術者による点検が必要	通常の点検・維持管理が可能。表面処理工法併用の場合は、表面処理工法の維持管理が必要	表面処理工法や断面修復工法は脱塩工法に同じ
⑩ 環境配慮上の制約	通常、はつり作業に伴う粉塵や振動・騒音が問題になることは少ない（はつり範囲が大きいと問題になる場合もある）	同左	断面修復工法は左記に同じ（土木学会コンクリートライブラリー119参照）
⑪ コスト	残存予定供用期間にもよるが、剥離・剥落の範囲が小さければ、断面修復工法よりも初期補修コストは小さく、LCCも小さくなりやすい	同左	残存予定供用期間にもよるが、剥離・剥落の範囲が大きければ、断面修復工法は電気防食工法や脱塩工法よりも初期補修コストは小さく、LCCも小さくなりやすい

3.2 工法の選定

P.21

(3) 中性化対策（電気防食、再アルカリ化、電着）

留意事項 ①劣化状態と⑤期待する効果の観点からの適用可能な工法

解説表 3.2.5 外観上のグレードと適用可能な工法の例（中性化対策）

構造物	外観上のグレード	劣化過程	期待する効果	
			耐久性の回復・向上	力学的な性能の回復
新設構造物	—	—	表面処理 ¹⁾ （剥落防止 ¹⁾ を含む）	—
既設構造物	グレードI	潜伏期	表面処理 ¹⁾ （剥落防止 ¹⁾ を含む），再アルカリ化 ¹⁾	—
	グレードII	進展期	表面被覆（剥落防止を含む），断面修復 ²⁾ ，再アルカリ化，電気防食	—
	グレードIII-1	加速期前期	電気防食，再アルカリ化，断面修復	—
	グレードIII-2	加速期後期	断面修復，電気防食 ³⁾ ，再アルカリ化 ³⁾	断面修復（必要に応じて）
	グレードIV	劣化期	電気防食 ⁴⁾ ，再アルカリ化 ⁴⁾	断面修復

- 1) 予防的に実施される工法。
- 2) 鋼材腐食速度が大きい場合，腐食量が大きい場合に選定する。
- 3) 必要に応じて他工法（外ケーブル等）の併用を検討する。
- 4) 他工法（外ケーブル等）の併用により適用可能。

注記1 全ての劣化過程において，水処理を併用することは鋼材腐食の進行を抑制するために有効である。

注記2 表中の表面処理・表面被覆と同様の目的で電着工法を適用可能

留意事項 ④環境条件の観点からの適用範囲

解説 表 3.2.6 環境区分に対する適用範囲（中性化対策）

環境区分	工 法	電気化学的防食工法		
		電気防食工法	再アルカリ化工法	電着工法
陸上部・内陸部		○	○	△
海洋環境（海上大気中）		○	○	△

表中の○は適用対象，△は適用する場合に検討が必要を示す。

留意事項と各工法の対応

* 詳細は工法別標準および附属資料参照
 ** 表面処理工法と断面修復工法を対象
 なお電着工法は表面処理工法と同様

解説 表 3.2.7 耐久性の回復・向上のための電気化学的防食工法の選定上の留意事項の例（中性化対策）

	電気防食工法*	再アルカリ化工法*	その他の工法**
① 劣化状態	進展期以降において標準的な対策工法の一つ（解説表 3.2.5）	全ての劣化過程において標準的な対策工法の一つ（解説表 3.2.5）	表面処理工法は進展期以前、断面修復工法は進展期以降に適用される場合が多い（解説表 3.2.5）
② ASR の可能性	十分な注意が必要	同左	表面処理工法や断面修復工法も左記に同じ（土木学会コンクリートライブラリー119 参照）
③ 構造形式	一般的な条件では、PC 部材、RC 部材ともに適用できる	同左	断面修復工法は PC 部材への適用には配慮が必要
④ 環境条件	陸上部・内陸部、海上大気中に適用できる（解説表 3.2.5）	同左	工法や使用材料による（土木学会コンクリートライブラリー119 参照）
⑤ 期待する効果	腐食反応速度の低減。力学的な性能の回復は期待できない	中性化深さを 0 にする、または鋼材の腐食進行を抑制。力学的な性能の回復は期待できない	断面修復工法は力学的な性能の回復も期待できる
⑥ 効果の持続性	適切な維持管理により、長期的に防食効果を維持できる	長期的に防食効果を維持できる。ただし、再中性化が懸念される環境条件にて表面処理工法を併用する場合は、表面処理工法の防食効果の持続性に応じて決まる	表面処理工法や断面修復工法は設計条件に応じた期間の防食効果を期待できる

留意事項と各工法の対応(続き)

* 詳細は工法別標準および附属資料参照
 ** 表面処理工法と断面修復工法を対象
 なお電着工法は表面処理工法と同様

⑦ 供用状態	特に問題なし	同左	断面修復工法は一時的に力学的な性能が低下するため、事前の検討が必要
⑧ 施工の効率性	剥離・剥落の多い部材では、前処理と修復（ひび割れ補修や断面修復）に時間を要するが多い	同左	断面修復工法は左記に同じ（土木学会コンクリートライブラリー119 参照）
⑨ 維持管理の容易さ	線状／点状陽極方式は目視点検が容易．モニタリングにより定量的に防食効果を確認可能．当工法に関する専門技術者による点検が必要	通常の点検・維持管理が可能．表面処理工法併用の場合は、表面処理工法の維持管理が必要	表面処理工法や断面修復工法は再アルカリ化工法に同じ
⑩ 環境配慮上の制約	通常ははつり作業に伴う粉塵や振動・騒音が問題になることは少ない（はつり範囲が大きいと問題になる場合もある）	同左	断面修復工法は左記に同じ（土木学会コンクリートライブラリー119 参照）
⑪ コスト	残存予定供用期間にもよるが、剥離・剥落の範囲が小さければ、断面修復工法よりも初期補修コストは小さく、LCC も小さくなりやすい	同左	残存予定供用期間にもよるが、剥離・剥落の範囲が大きければ、断面修復工法は電気防食工法や再アルカリ化工法よりも初期補修コストは小さく、LCC も小さくなりやすい

3.3 設計における施工計画

P.21

設計者は、設計・施工のための調査結果に基づき、使用する材料や機器類の特性を考慮した概略の施工方法と施工手順について示した施工計画を策定する。

- ・3.8 (鋼材腐食に対する照査)の前提となる施工方法等を示すことが目的
- ・施工者が策定する施工計画の基本となる

3.4 維持管理計画

P.24

3.4.1 一般

設計防食期間にわたり目標とする防食効果が得られるように、維持管理計画を策定する。

- ・調査の項目や方法
- ・実施時期や頻度
- ・評価の方法
- ・劣化が生じた場合の対策の方法

* 電気防食工法：設計防食期間にわたる防食システムの健全性も含む

3.4 維持管理計画

P.24

3.4.2 点検

(1) 電気防食工法: **電気防食システムの健全性と目標とする防食効果を確認**

・電気防食システムおよび遠隔モニタリングシステムの健全性

電源装置、通電状態、モニタリング端子、陽極システム、照合電極、配管

・防食効果

鋼材電位の分極量、復極量、ひび割れ等の外観変状

(2) その他の工法: **目標とする防食効果を確認**

・防食効果

防食のための管理基準として設定した指標

3.4 維持管理計画

P.25

3.4.3 評価

点検によって得られた情報に基づき、設計防食期間にわたり目標とする防食効果が得られることを確認する。

- ・電気防食工法：システムの健全性と防食効果の総合的な確認
- ・その他の工法：防食のための管理基準を踏まえて防食効果を確認

3.4 維持管理計画

P.25

3.4.4 対策

(1) **定期的な対策**を前提としている場合は、維持管理計画に反映する。

- ・電気防食における部品交換や併用した工法の定期的対策など

(2) 防食効果が不足する場合には、**維持管理計画を見直す**。

- ・工法適用範囲外の部位・部材の対策を含む

3.5 工法の設計と防食のための管理基準

P.26

- (1) 設計防食期間にわたり目標とする防食効果が得られるよう、設計する。
- (2) (1)に基づき、必要に応じて**防食のための管理基準**を定める。

- ・防食のための管理基準：数値や外観上のグレード、またはその併用など
 - * **適切な指標と水準**を設定する。
 - * 用いる指標に応じて維持管理における点検の**調査項目**や**頻度**が異なる。
- ・詳細は工法別標準に示す。

3.6 材料および機器類

P.28

3.6.2 対象部材の構成材料

対象部材を構成する材料は通電を著しく阻害しない品質を有するものとする

- ・対象部材のコンクリートの品質や補修材料の確認
- ・通電を阻害する材料
 - * かぶり表層部の鋼材（露出鉄筋を含む）
 - * 耐食性鋼材（EP鉄筋等）、
 - * 電気抵抗率が大きく異なる断面修復材、ひび割れ注入材

3.6 材料および機器類

P.28

3.6.3 電気化学的防食工法に使用する材料および機器類

通電条件での十分な耐久性を有し、目標とする防食効果を満足できるもの。

- ・電気防食工法：陽極材、ディストリビュータ、消極被膜材、直流電源装置など
- ・その他の工法：陽極材、陽極保持材、電解質溶液、仮設直流電源装置など

3.6 材料および機器

P.29

3.6.4 材料の特性値

各工法において、鋼材腐食に対する照査に必要な特性値を適切に定める。

・各工法の指標と特性値の例

- * 電気防食 : 防食中の腐食速度(防食電流密度) → 電気抵抗率
- * 脱塩 : 鋼材近傍の塩分濃度 → 塩化物イオンの拡散係数
- * 再アルカリ化 : 中性化深さ → 中性化速度係数
- * 電着 : 物質の移動抵抗性 → 透水係数や拡散係数

3.7 作用

P.29

3.7.1 一般

(1) 鋼材腐食に対する照査には、施工中および設計防食期間中に**想定される作用を適切な組み合わせ**の下に考慮する。

(2) 設計作用は、作用の特性値に作用係数を乗じて定める。

- ・ **鋼材の発生および腐食反応の進行**に影響を及ぼし得る全ての作用が対象
- ・ 他工法との併用や力学的性能を対象：示方書[設計編]に従う
- ・ 作用係数：示方書[設計編：本編]6章作用に従う
- ・ 環境作用に対する作用係数：一般に1.0としてよい

3.7 作用

P.30

3.7.2 設計で考慮する作用

- (1) 対象とする構造物と工法適用部分に生じる作用を適切に考慮する。
- (2) 実測値から求めた特性値を使用してよい。

- **適用前から変化しない作用(環境作用等)**

温度、日射、湿度、水分の供給、各種物質の供給やその濃度等

- **工法適用による新たな作用**

塩化物イオンの再拡散、マクロセル腐食、通電による化学組成の変化

- 複数の計測結果を統計的に処理することで**実測値**を特性値としてよい。

3.8 鋼材腐食に対する照査

P.30

- (1) 設計防食期間にわたり目標とする防食効果を得られることを確認する。
- (2) 一般に下式を用いてよい。

$$\gamma_i S_d / R_d \leq 1.0$$

ここに、 S_d : 設計応答値

R_d : 設計限界値

γ_i : 構造物係数, 一般に 1.0~1.2 としてよい。

- (3) 工法適用直後の状態を想定した設計時の照査、施工後の検査、適用後の維持管理における実測値から求めた特性値を使用してよい。

- ・応答値 : 適切な解析モデル、過去の実績に基づく経験則、実証試験などに基づき、防食のための管理基準に応じて算出した値

- ・指標となる特性値の例

- * 電気防食 : 腐食速度
- * 脱塩 : 鋼材近傍の塩化物イオン濃度
- * 再アルカリ化 : 鋼材近傍のpH
- * 電着 : 物質の透過に対する抵抗性

4章 施 工

4.1 一 般

4.2 施 工 計 画

4.3 施 工

4.4 検 査

4.3 施 工

P.33

- (1) 施工計画に従って実施
- (2) 適用する電気化学防食工法に関する専門技術者の管理の下で実施
- (3) 使用する材料や機器類の特性に留意する
- (4) 品質管理計画に従った、施工の各段階での品質管理

4.4 検査

P.34

- (1) 検査計画に従って、**発注者の責任**において検査を行う。
- (2) 検査結果が合格と判定されなかった場合は、対策措置を検討する。

- ・検査の方法および判定基準は、構造物の種類、使用材料、適用する工法によって異なり、**効率的かつ確実な検査**ができるよう事前に定めておく。
- ・**客観的かつ信頼性が保証された**方法および判定基準
 - * JIS、土木学会規準、各発注者が定める基準類など

5章 維持管理

5.1 一般

5.1 一般

P.35

(1) 検査の結果に基づいて、必要に応じて維持管理計画を見直し、構造物の維持管理計画に反映させる。

(2) 構造物の維持管理計画に基づいて、電気防食工法を適用した構造物の維持管理を適切に実施する。

* 電気防食工法では、電気防食システムの維持管理も必要

6章 記 録

6.1 一 般

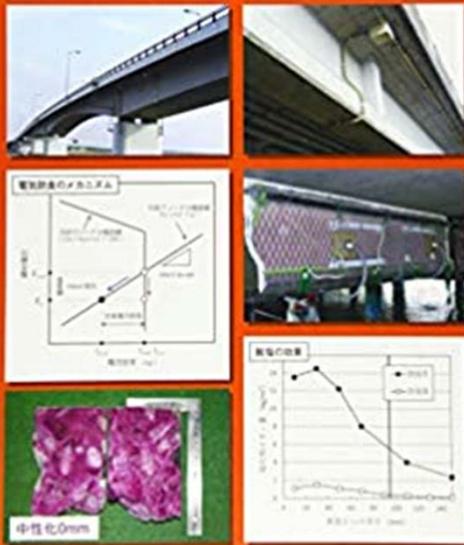
6.1 一般

P.36

(1) 施工者は、実施した施工の内容を記録する。

(2) 発注者は、構造物の維持管理のために、**供用期間中、設計、維持管理計画、施工、品質管理、検査**に関する記録を保存する。

電気化学的防食工法指針



土木学会

さらに詳しい内容は、「電気化学的防食工法指針」をご覧ください。

コンクリート構造物の長寿命化と適切なライフサイクルデザインの実現のためにもCP工法研究会の益々の発展を祈念しています。

ご清聴ありがとうございました。