

一般社団法人コンクリートメンテナンス協会主催
コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2026

電気化学的防食工法の 設計・施工・維持管理

2026年6月23日

CP工法研究会・日本エルガード協会

株式会社ナカボーテック 蝦名仁美

コンクリート構造物の電気化学的防食工法研究会（CP工法研究会）

Association of Electrochemical **C**orrosion **P**revention Method of Concrete Structures

コンクリート構造物の長寿命化に貢献できる電気化学的防食工法の普及・発展および技術の向上等を目的に活動

・発足：1992年、会員会社：25社 （2025年3月現在）

会 長	濱田秀則（九州大学 教授）
名誉会長	宮川豊章（京都大学 名誉教授）
顧 問	福手 勤（東洋大学 名誉教授） 武若耕司（鹿児島大学 名誉教授）
事務局	東亜建設工業(株)内
HPアドレス	https://www.cp-ken.jp/

主な活動内容

- 技術向上を目的とする活動
- 普及を目的とする広報活動

日本エルガード協会

- エルガード工法を核とした電気防食工法の普及と技術の研鑽
- 発足：2001年，会員会社：21社
- 電気防食技術研究会：30社 コンサルタント中心 （2025年3月現在）

会 長 副会長	住友大阪セメント(株) ショーボンド建設(株)
顧問	福手 勤（東洋大学 名誉教授） 宮川豊章（京都大学 名誉教授）
理事	五洋建設(株) 東洋建設(株) (株)ナカボーテック 三井住友建設(株) 日本防蝕工業(株)
HPアドレス	http://www.elgard.com/

主な活動内容

- 特別記念講演
- 電気防食施工管理技術者
認定試験（累計717名合格）
- 共同研究（土木研究所, 材料学会, 港湾
空港研、京大, 東洋大, 岐阜大, 鹿児島大, JCI）
- 技術講習会（ディスカッション
セミナー，発注者セミナー開催）
- 次世代技術者の会

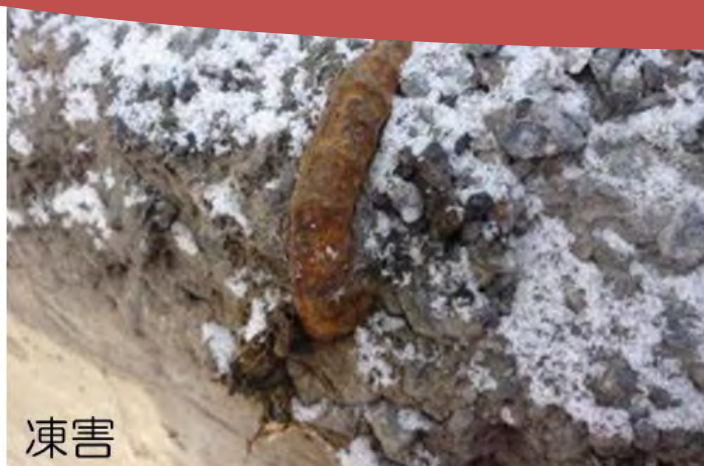
1. 電気化学的防食工法とは
2. 電気防食工法
3. 脱塩工法・再アルカリ化工法
4. 工法選定フローの紹介
5. 技術発展に向けた取り組み（トピックス）

1. 電気化学的防食工法とは
2. 電気防食工法
3. 脱塩工法・再アルカリ化工法
4. 工法選定フローの紹介
5. 技術発展に向けた取り組み（トピックス）

コンクリート構造物における鋼材腐食

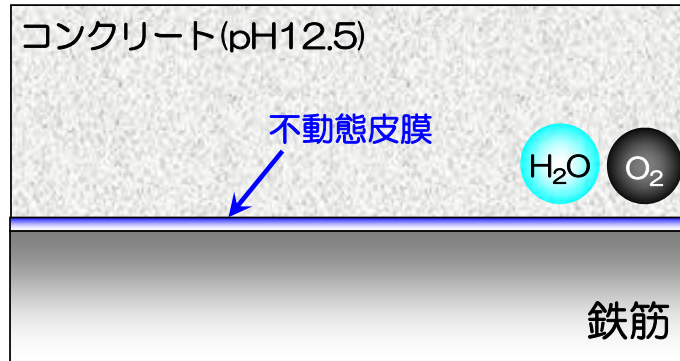


鋼材腐食はコンクリート構造物に致命的な影響を与える！
特に塩害は劣化が速いので要注意！

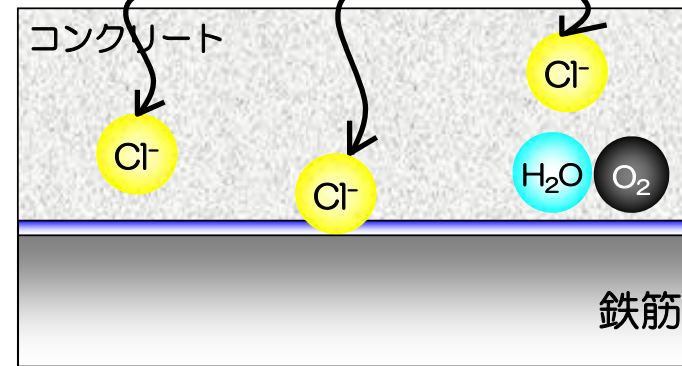


コンクリート中の鉄筋腐食メカニズム（塩害）

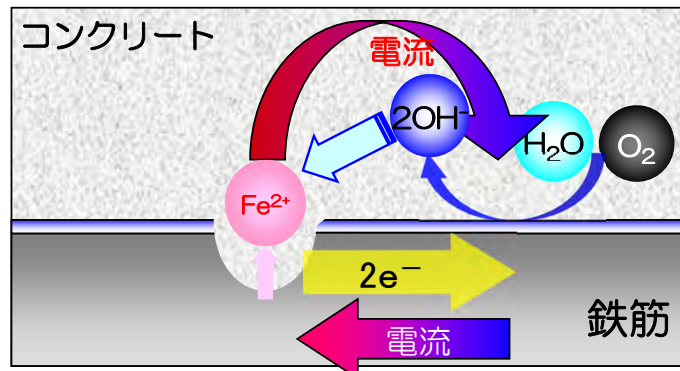
① 健全な鉄筋コンクリート



② 不動態皮膜の破壊



③ 鉄イオンの溶出

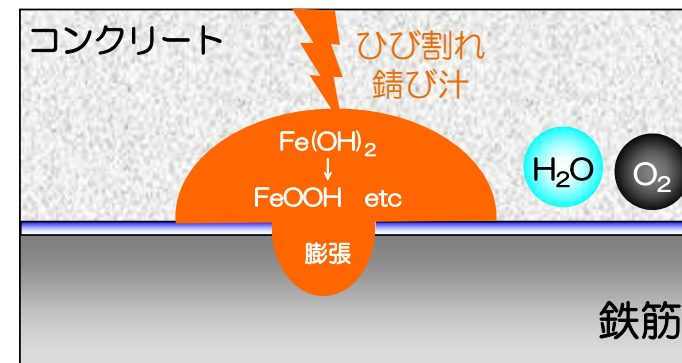


不動態皮膜が無ければ裸の鉄と同じ

電気化学反応で腐食進行

- 鉄筋近傍の塩化物イオンが**限界値**以上となると**不動態皮膜が破壊**
(**限界値**：Cl⁻/OH⁻が小さいと再不動態化)

④ 錆の生成・成長

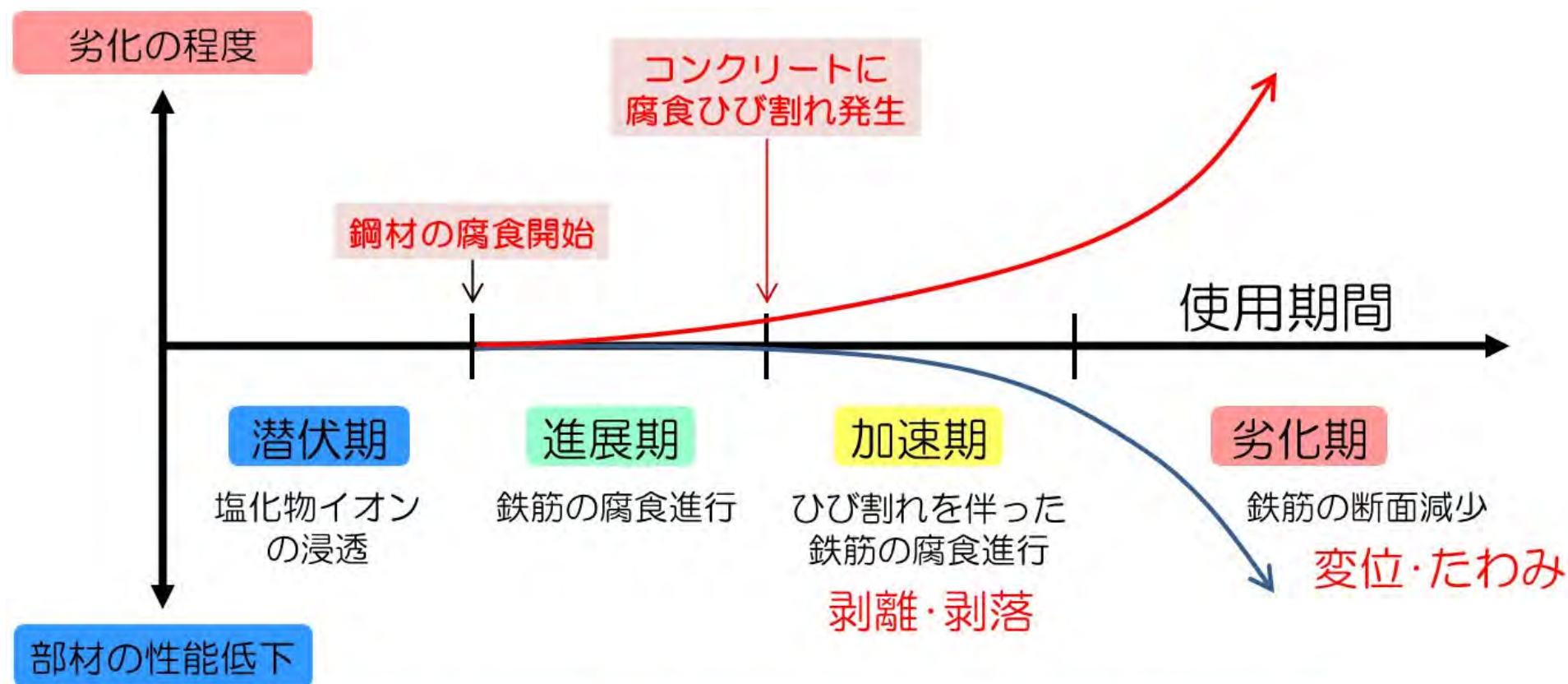


電気化学的防食工法

対策の目的	対策の方法	対策工法
劣化への抵抗性の改善	部材の表面保護	表面被覆工法 表面含浸工法
	ひび割れの修復	ひび割れ被覆工法 ひび割れ注入工法 ひび割れ充填
	断面欠損部の修復	断面修復工法
	電気化学的防食	電気防食工法 脱塩工法 再アルカリ化工法 電着工法

※土木学会2022年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕

電気化学的防食工法が適用できる劣化状態（塩害）



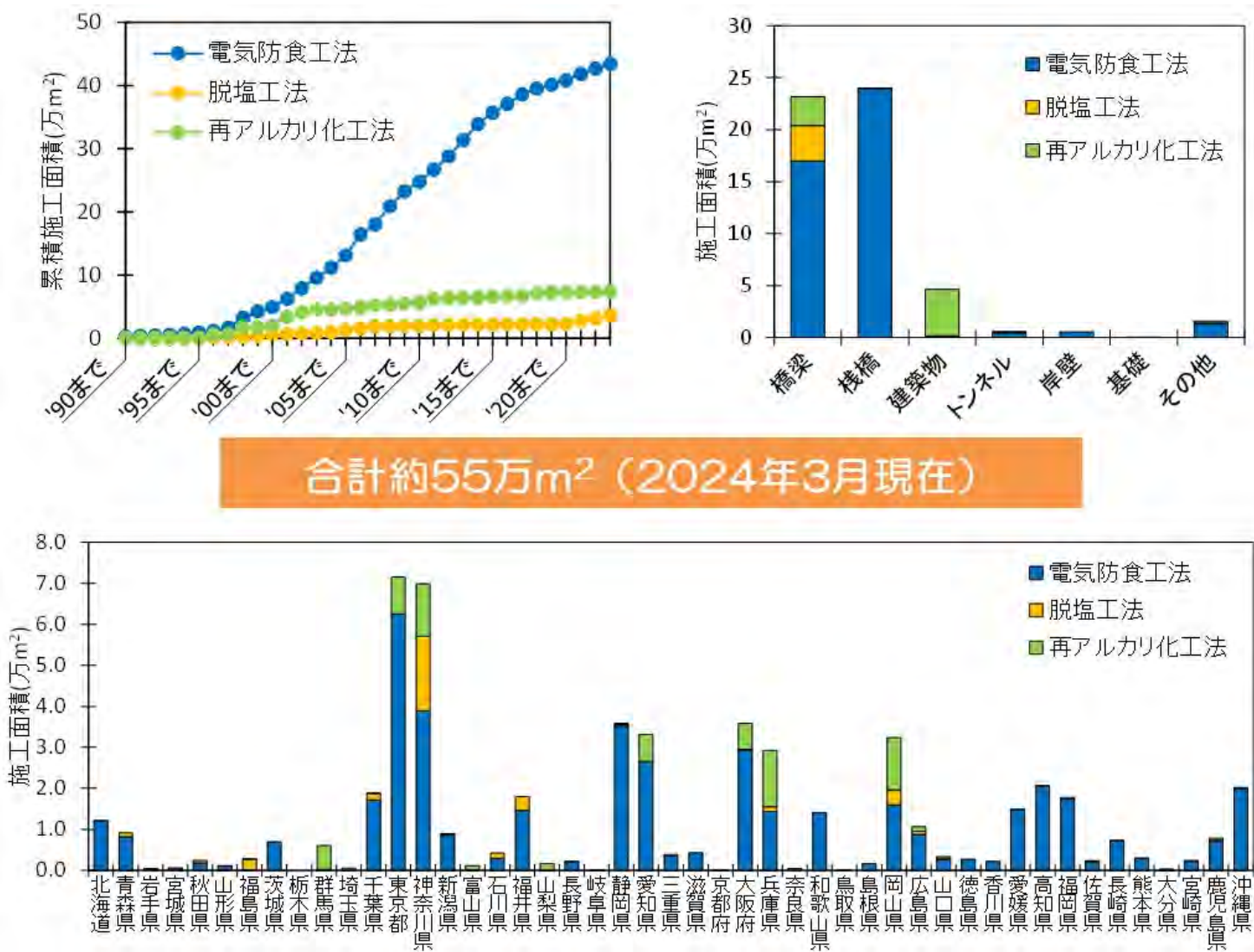
電気化学的防食工法はどの状態でも適用可能

※加速期以降は断面修復などの補修（必要に応じて補強工法の併用）が必要

電気化学的防食工法の概要

工法名	電気防食工法	脱塩工法	再アルカリ化工法
適用対象となる劣化機構	塩害・中性化	塩害	中性化
適用の目的	鋼材の腐食反応の抑制・停止	鋼材の腐食環境の改善	鋼材の腐食環境の改善
適用の効果	鋼材の腐食反応の抑制・停止	コンクリート中の塩化物イオン濃度の低減	コンクリート中のアルカリ性の回復
通電期間	防食期間中継続	8週間程度	1～2週間
通電量 (電流密度)	0.001～0.03A/m ²	1A/m ²	1A/m ²
電解質溶液	不要	H ₃ BO ₃ とK ₂ CO ₃ の混合溶液等	Na ₂ CO ₃ 水溶液等

電気化学的防食工法の施工実績（CP工法研究会調べ）



CP工法研究会 & 日本エルガード協会

電気化学的防食工法に係わるマニュアル類

① 電気化学的防食工法指針

土木学会：コンクリートライブラリ157, 2020/9

② 電気防食工法研究委員会報告書

日本コンクリート工学会, 1994/10

③ 港湾コンクリート構造物補修マニュアル

沿岸技術研究センター 2019/7

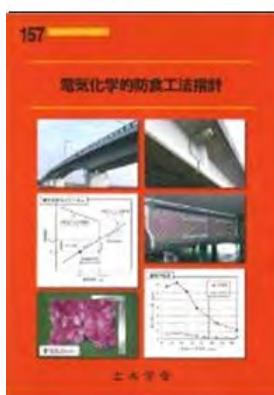
④ 栈橋劣化調査・補修マニュアル

東京港埠頭（株）, 2012/11

⑤ コンクリート構造物の電気防食Q&A

新建新聞社, 日本エルガード協会編, 2023/9

①



②



③



④



⑤



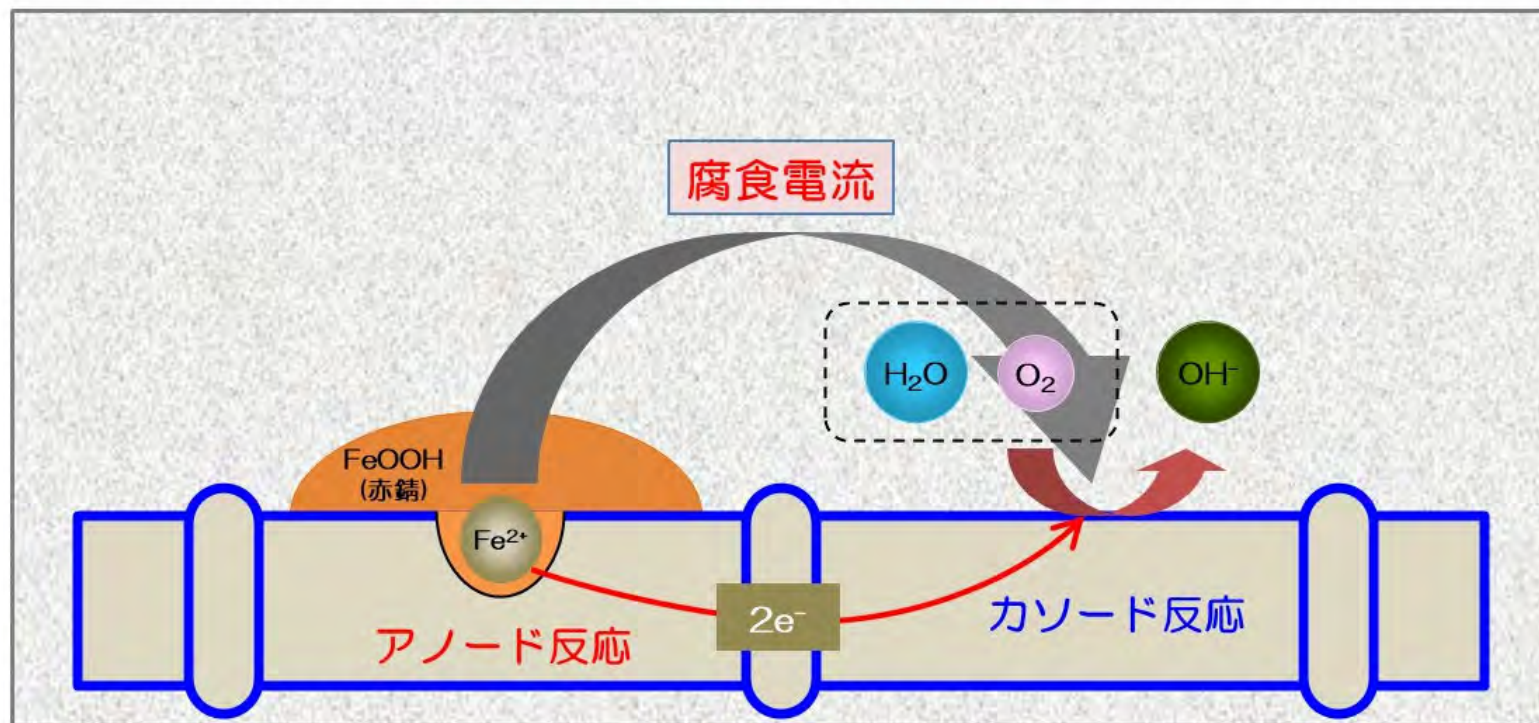
CP工法研究会 & 日本エルガード協会

1. 電気化学的防食工法とは
2. 電気防食工法
3. 脱塩工法・再アルカリ化工法
4. 工法選定フローの紹介
5. 技術発展に向けた取り組み（トピックス）

電気防食とは？

●電気防食適用前の鋼材表面

鉄の表面に腐食電池が形成され，腐食電流が生じている

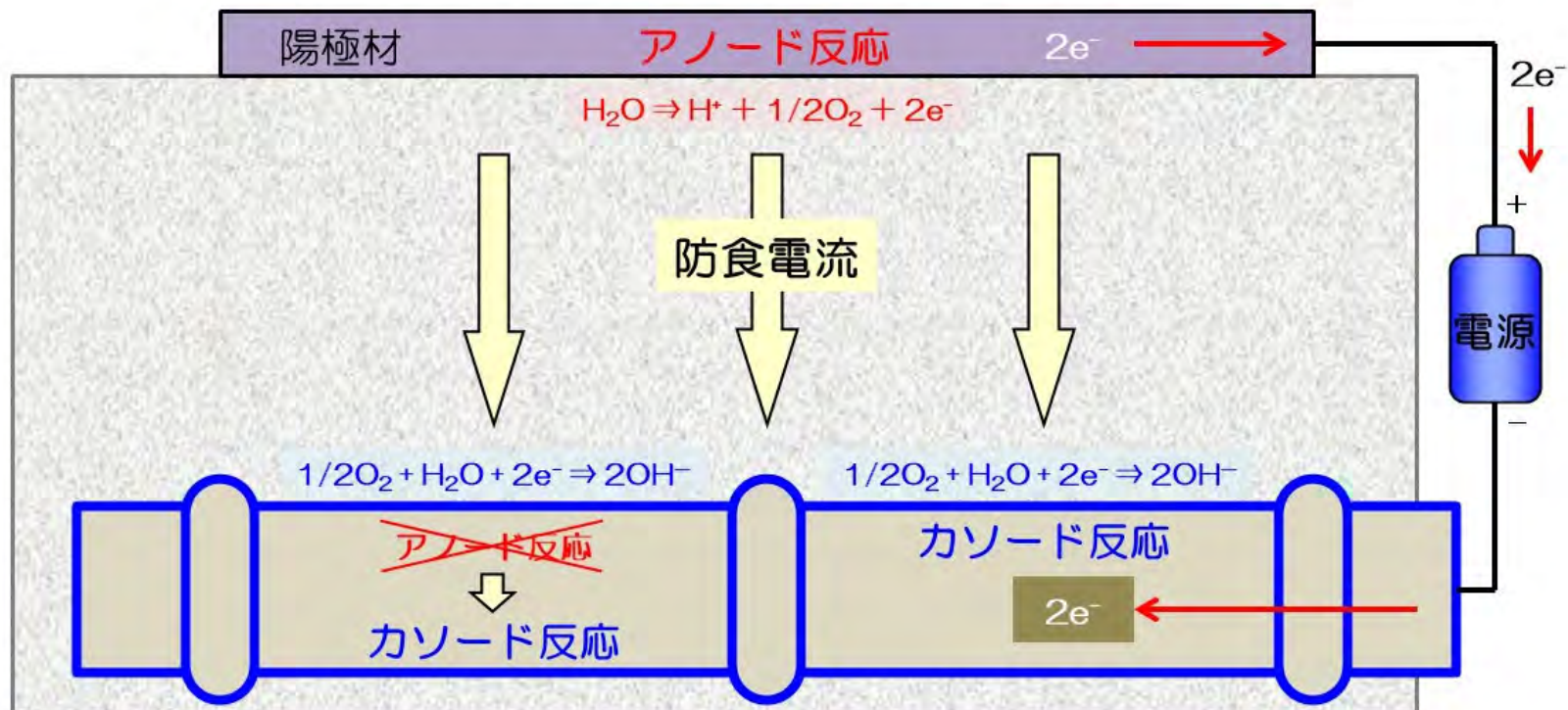


電気エネルギーによって電子の流れの向きを変えられれば腐食が抑制される

電気防食とは？

●電気防食適用後の鋼材表面（外部電源方式）

陽極材をコンクリート表面に設置・外部電源を用いて通電

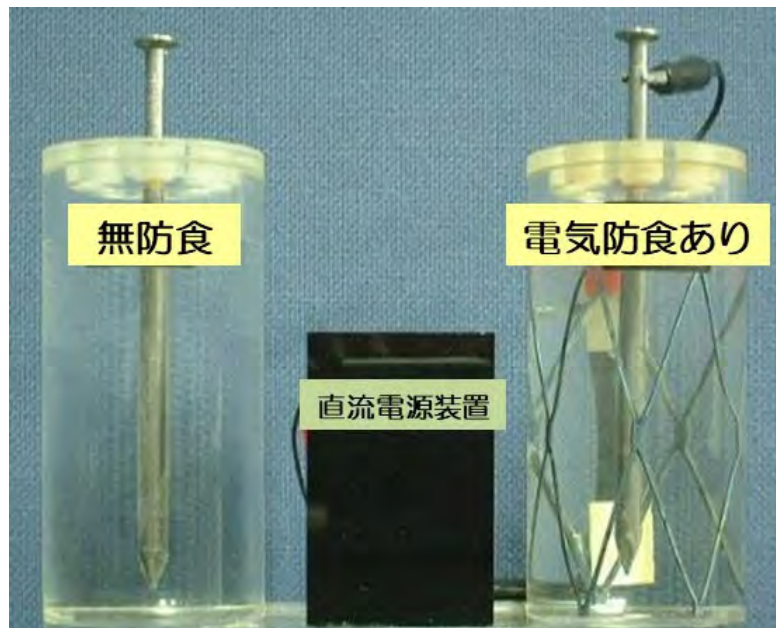


アノード(酸化)反応は全て通電用電極上で生じる ⇒ 腐食抑制

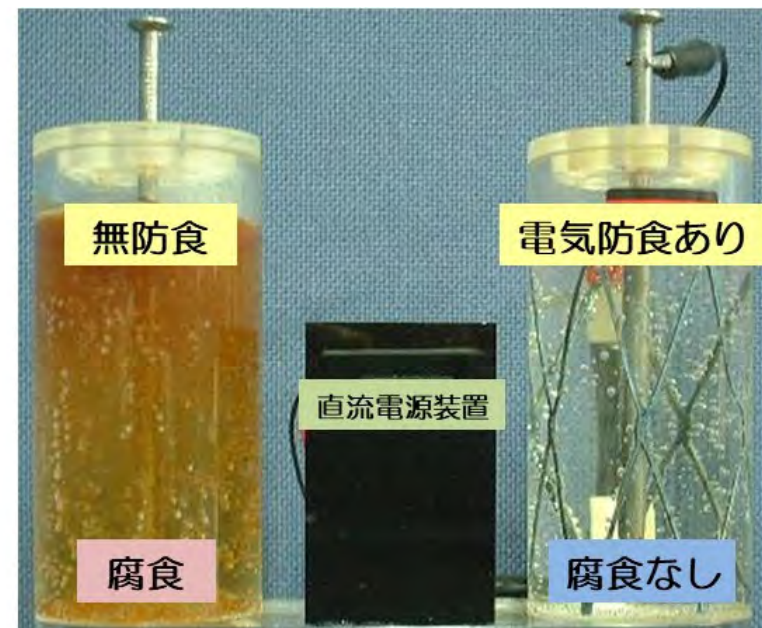
電気防食とは？

●検証実験・・・食塩水に浸漬した鉄釘に電気防食を適用

《通電前》



《通電後》



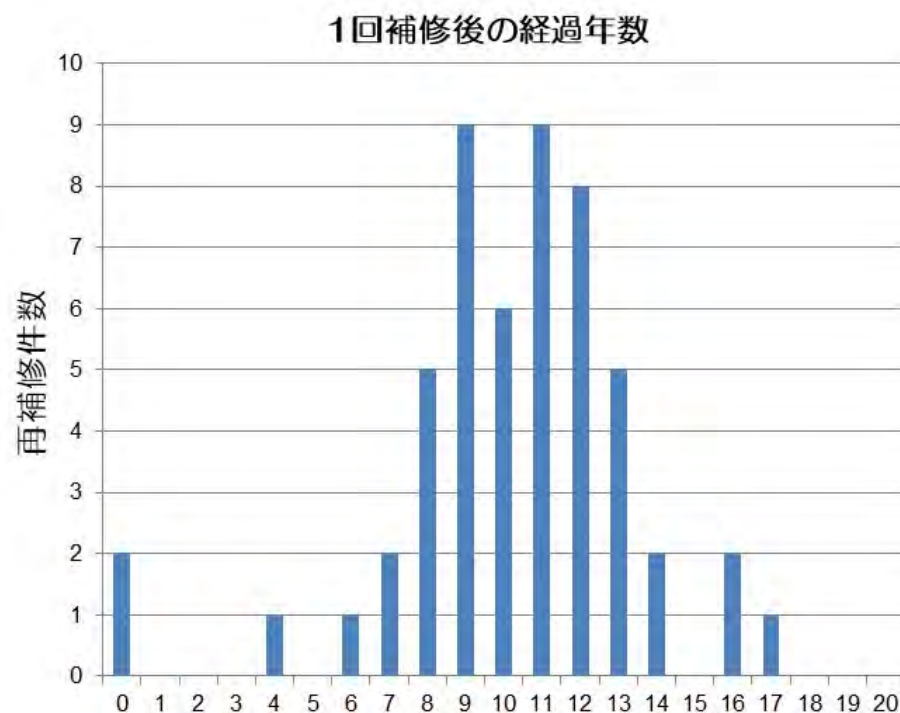
出典：日本エルガード協会

電気エネルギーにより，鉄釘の腐食を抑制！

電気防食工法の信頼性

- ①電気防食は腐食反応や再不動態化に直接関与する**抜本的対策**
- ②アメリカFHWA公式見解
⇒ 鋼材腐食を止めることが確認された**唯一の補修方法**が電気防食
- ③国内のコンクリート構造物では30年の実績 ⇒ **40万㎡超**

《1回補修後の再補修時期》



1回補修した88橋（補修時期は
供用後8～25年）の内、
53橋（60%）で再補修
初回補修より平均10年で再補修

1回目の補修で**電気防食**を
適用した3施設は**再補修無し**

電気防食工法（防食電流の供給方法）

外部電源方式

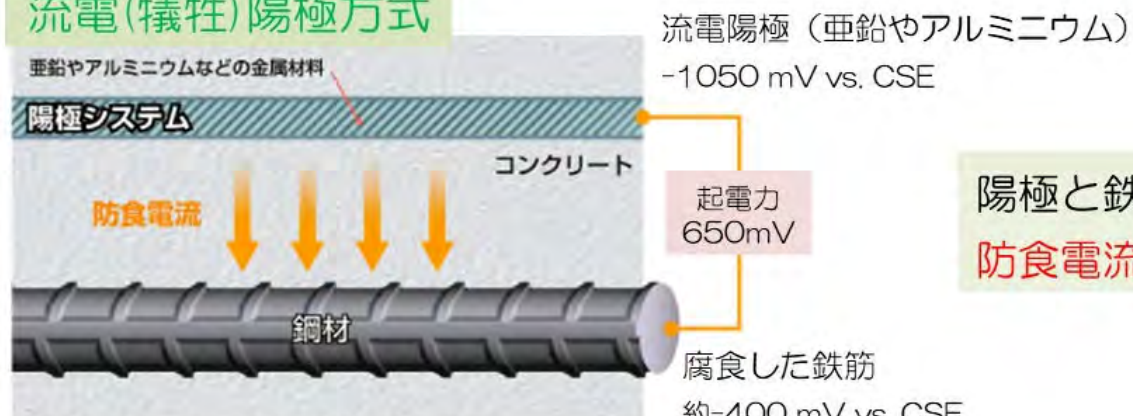


※直流電源装置から防食電流を供給する



直流電源装置を用いる
防食電流の調整可能

流電(犠牲)陽極方式



※鋼材と陽極材のイオン化傾向の差によって
生じる起電力により防食電流を供給する

陽極と鉄筋の電位差を利用する
防食電流の調整不要

電源は？

流電陽極方式では電源不要

- 流電陽極と鉄筋を短絡するだけ！

外部電源方式では直流電源装置が必要

- 電柱や変圧器の有無を確認
- 施設近傍までの配電設備は電力会社負担
- 受電設備のみ利用者負担

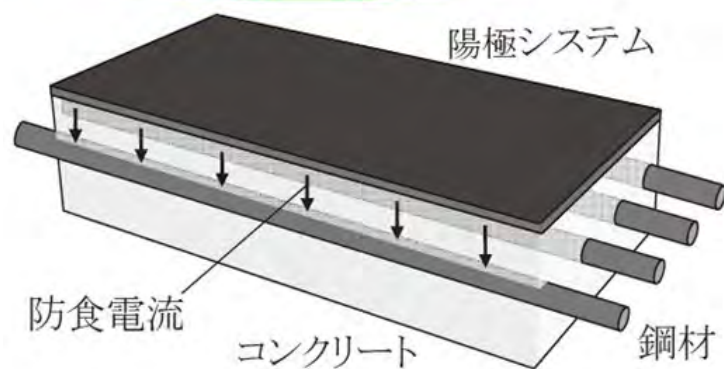


どうしても電源が無い場合...

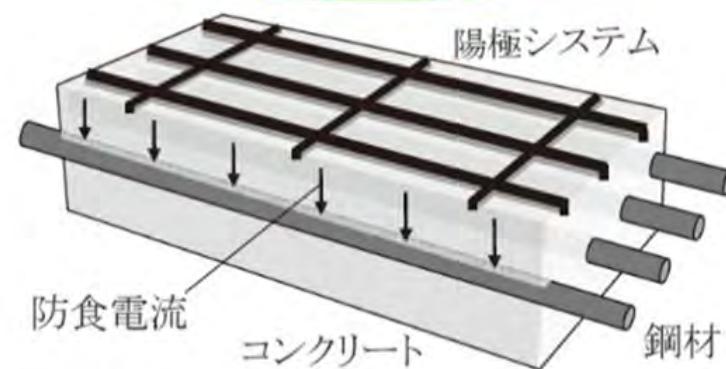
ソーラーや風力などの自然エネルギーも利用可能

電気防食工法（陽極システムの形状）

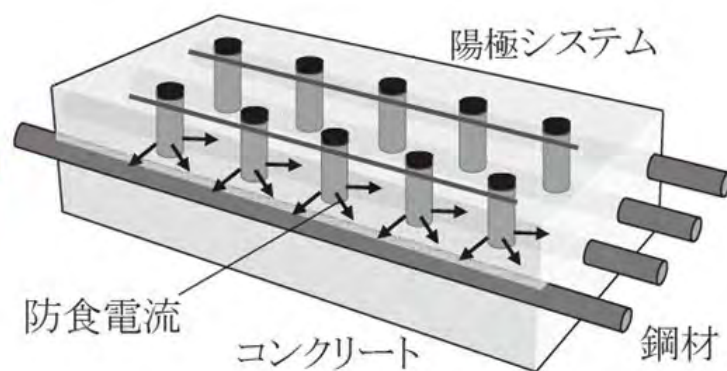
面状陽極方式



線状陽極方式



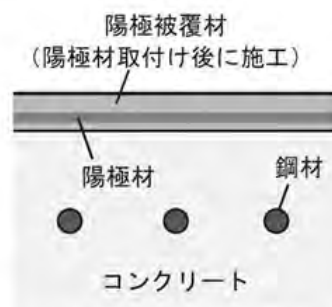
点状陽極方式



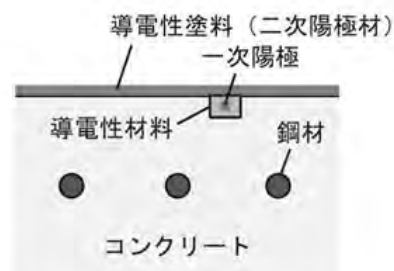
※出典：土木学会コンクリートライブラリー157 電気化学的防食工法指針

CP工法研究会 & 日本エルガード協会

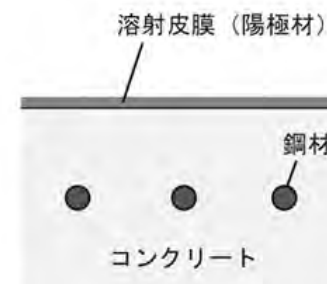
電気防食工法（陽極システムの設置方法）



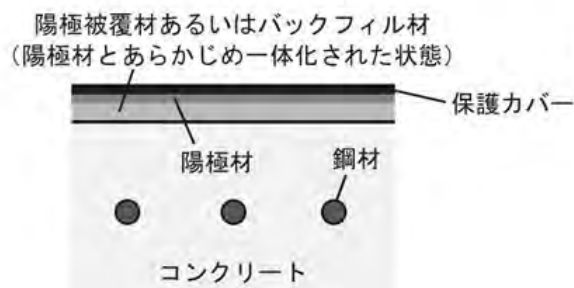
(a) 外部設置方式



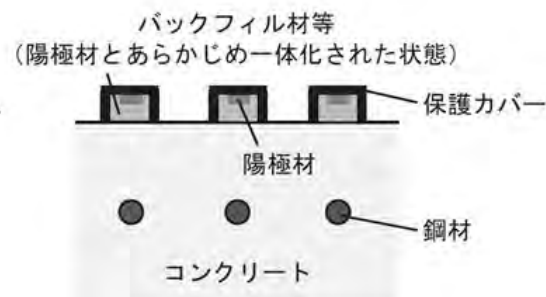
(b) 吹付・塗布方式



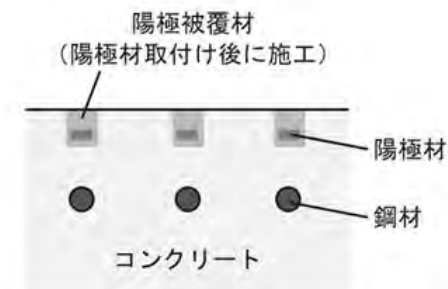
(c) 溶射方式



(d) 接着方式 (面状陽極方式の場合)



(f) 接着方式 (線状陽極方式の場合)



(e) 埋設方式

(線状陽極方式または点状陽極方式の場合)

※出典：土木学会コンクリートライブラリー157 電気化学的防食工法指針

多種多様な設置方法 ⇒ 構造物に適当な方法を選定

電気防食工法の適用対象

適用対象			劣化機構	
			塩害	中性化
環境	陸上部・内陸部		○	○
	海洋環境	大気中	○	○
		飛沫帯	○	○
		干満帯	△	△
		海中部	△	—
構造部材	RC		○	○
	PC		○	○
既設構造物	劣化過程	潜伏期	○	○
		進展期	○	○
		加速期前期	○	○
		加速期後期	△	△
		劣化期	△	△
新設構造物（予防維持管理）			○	○

対象は塩害と中性化による鋼材腐食

干満帯・海中部への適用は配慮事項が多いので注意

- ✓ 含水状態によって防食電流分布が変動することへの対処
- ✓ 鋼材の電位管理
- ✓ 波浪に対する対処

加速期後期、劣化期への適用は配慮事項が多いので注意

- ✓ 力学的な性能の回復を含む補修工法の併用

適用実績のある構造物は？



道路橋・鉄道橋



ボックスカルバート



ロックシェッド



荷役栈橋



地下埋設構造物

- 大気中、飛沫帯、干満帯等の環境に適用可能
- 供用しながらの補修，他の補修工法との併用，部材単位での適用が可能

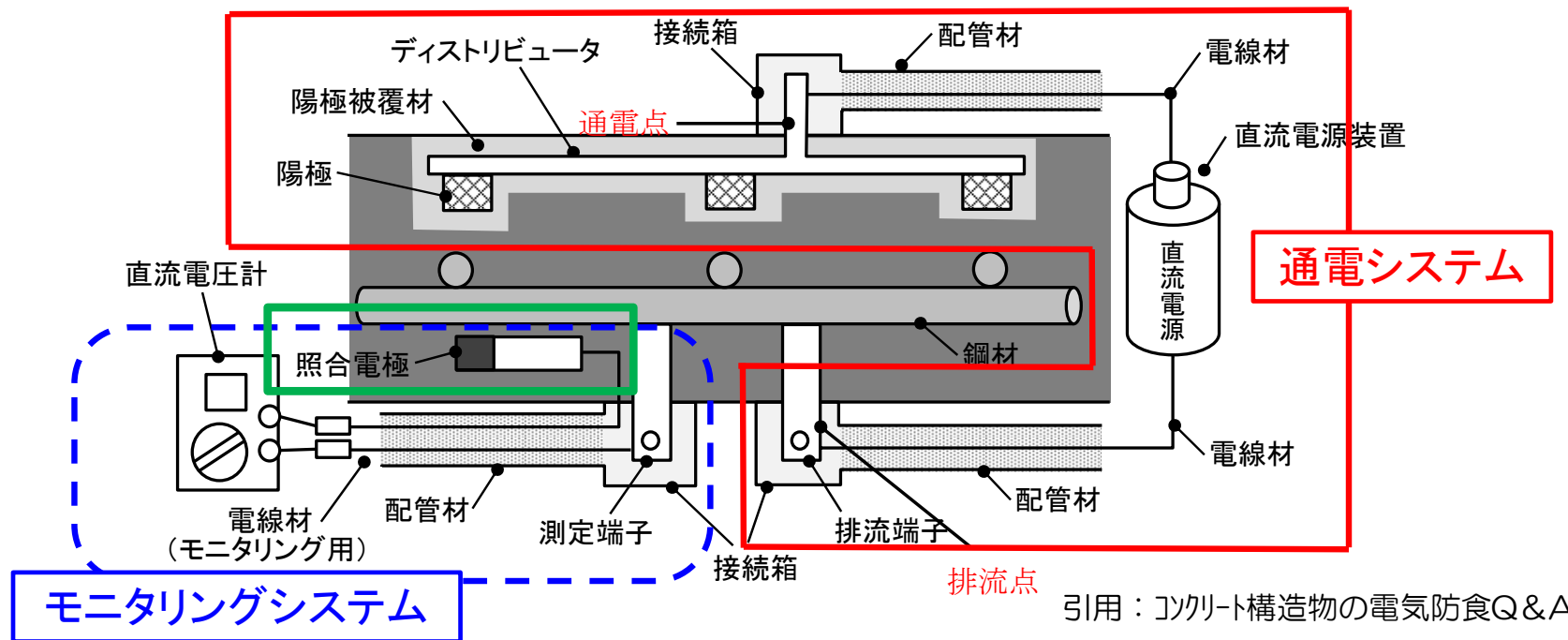


海洋環境の例



橋梁・補強と併用の例

電気防食システム



引用：コンクリート構造物の電気防食Q&A



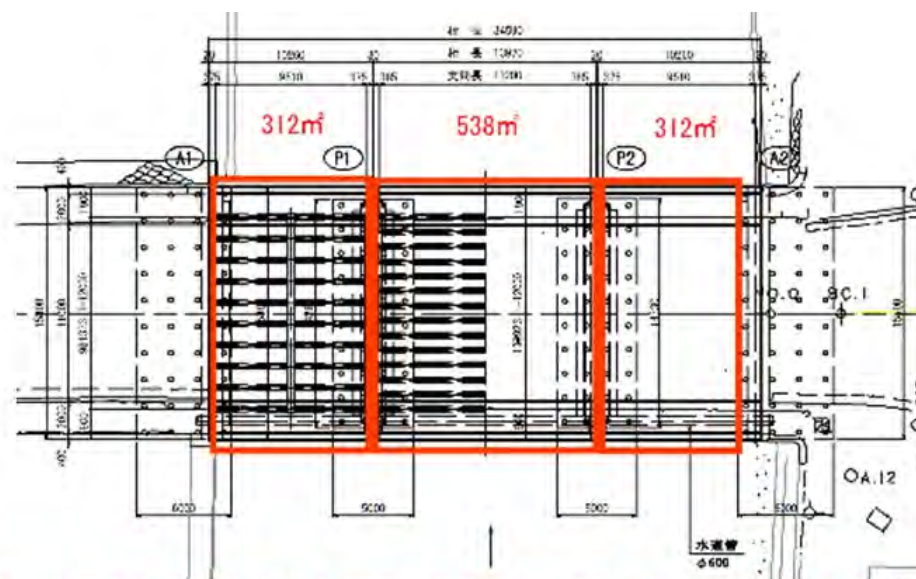
直流電源装置の設置例



CP工法研究会 & 日本エルガード協会

電気防食設計の留意点

電気防食の回路構成は1ブロック単位で500m²以下。
また、腐食環境条件が異なる場合、回路を分けも考慮する。



照合電極は、電気防食1回路あたり2カ所以上設置が標準

モニタリングシステム設置箇所選定のポイント

- ① 鋼材腐食が大きい箇所。
- ② 部材の種類が異なる箇所。
- ③ 環境条件。

CP工法研究会 & 日本エルガード協会

施工状況の例 1/2

①モニタリング装置設置工マーキング



モニタリング装置や陽極の設置位置をマーキングする。

③モニタリング装置設置工端子類取付け



排流・測定用端子を溶接する。
照合電極を鉄筋の近傍に設置する。

②モニタリング装置設置工端子取付部はつり



マーキング位置のコンクリートをはつり出し鉄筋を露出させる。

④モニタリング装置設置工鉄筋間導通確認



マルチメータを用いて排流線と鉄筋間の導通を確認し、
1mV未満であれば合格。

施工状況の例 2/2

⑤モニタリング装置設置工はつり部復旧



コンクリートと同程度の抵抗率を有する無収縮のモルタルで埋戻す。

⑦配線配管工配線配管



コンダクターバーとリード線をプルボックス内で結線し、直流電源装置まで配線配管を行う。

⑥陽極設置工溝切り,陽極設置,埋戻し



陽極を埋込むために溝切りを行う。陽極・コンダクターバーを設置し修復材で埋戻す。

⑧直流電源設置工:電源設置,電流調整



直流電源装置の設置、配線の接続を行う。通電調整試験によって防食電流を決定し、通電する。

電気防食のメリット

- 電気防食は腐食反応を直接的に抑制する！
- コンクリートでは鉄筋の再不動態化も担う！

1) 腐食による再劣化はしない

電流を供給している間は腐食は進行しない

→ 電気防食システムの健全性と防食効果の確認が主たる点検対象

2) 多量の塩分が存在する環境でも防食可能

所定の防食電流を供給すれば腐食は進行しない

3) 塩分を含有するコンクリートの除去が不要

塩分の存在は電気防食上は全く問題ない

4) 鉄筋の防錆処理が不要

コンクリート中の鉄筋の表面に錆びがあっても防食可能

※但し断面修復等によって露出した鉄筋に発生している錆は、
3種ケレン程度以上の処理を施す

5) 防食効果の確認が可能

防食効果の確認が定量的に可能

電気防食のデメリット

1) イニシャルコストが割高

約8～12万円／㎡程度

2) 維持管理が手間（よくわからない）

外部電源方式は電源保守が必須。経年劣化に応じて交換も必要。

流電陽極方式も定期点検実施がベター

3) 電気代が必要（外部電源方式）

外部電源方式の場合 約30～50円／㎡・年

4) 陽極材の定期的な交換が必要

流電（犠牲）陽極材の定期的な交換が必要

5) 陽極被覆材の劣化が起こる場合がある

外部電源方式の陽極表面では水の電気分解反応が起こる。

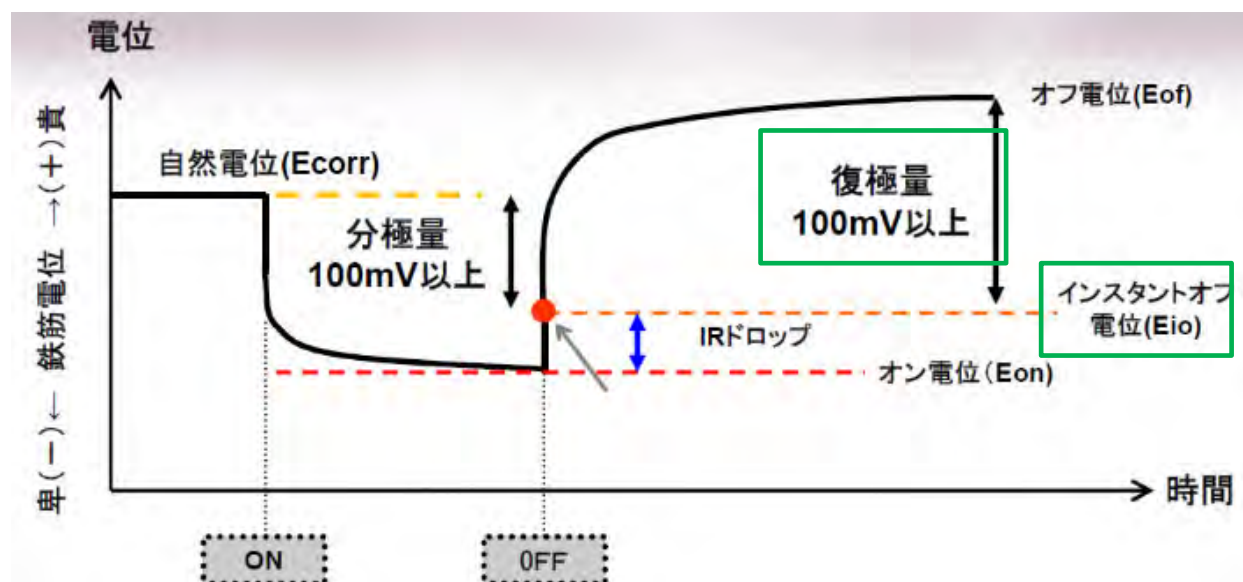


この時発生する酸(H⁺)で陽極被覆材が劣化する場合がある。

通常はコンクリートの主成分Ca(OH)₂で中和される。

防食管理基準

- 防食管理指標：鋼材の分極量あるいは復極量の水準を100mV以上
 - ※分極量または復極量で適正に防食効果を判定できないことが想定される場合は、鋼材の分極量あるいは復極量とは異なる防食管理指標を設定してもよい。
 - ※PC 鋼材では、インスタントオフ電位も、防食管理指標－1000 mV vs CSE（飽和硫酸銅電極）よりもプラス（貴）側の電位に保つ

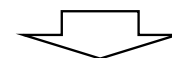


モニタリング事例

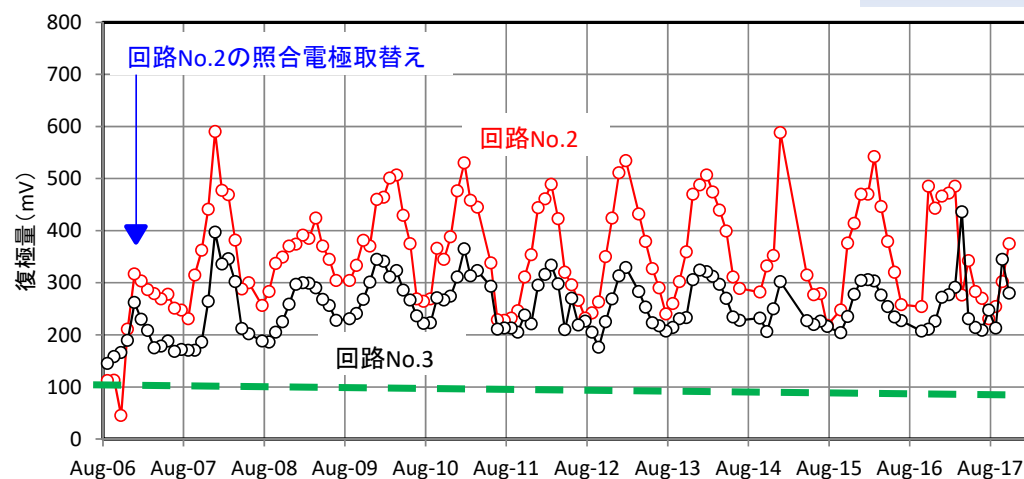
実構造物における約11年間の電位モニタリングの事例



電気防食工法の効果を「見える化」
するためのキーワードは、
「鉄筋電位」の長期モニタリング

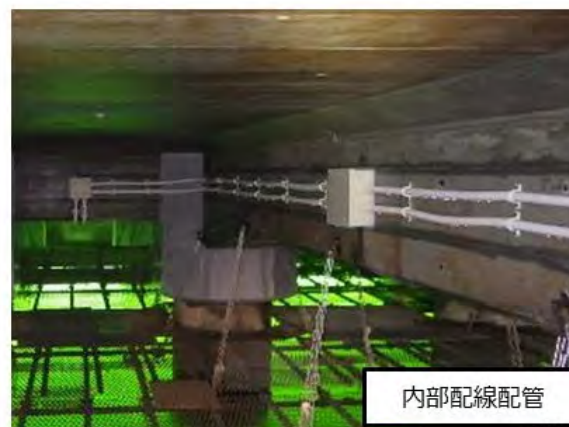
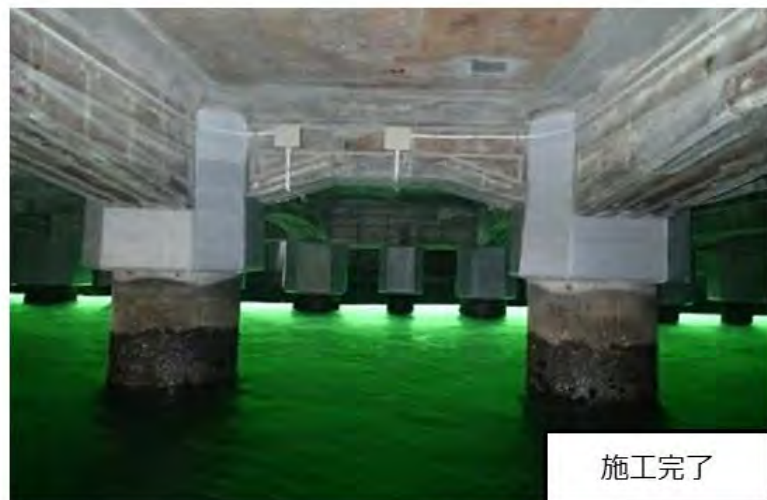


10年以上は長い・・・
IoT技術の導入に期待！
・誰がお守りをするのか？



防食が適切になされていることの
防食基準100mV以上

電気防食工法の施工事例（港湾栈橋）



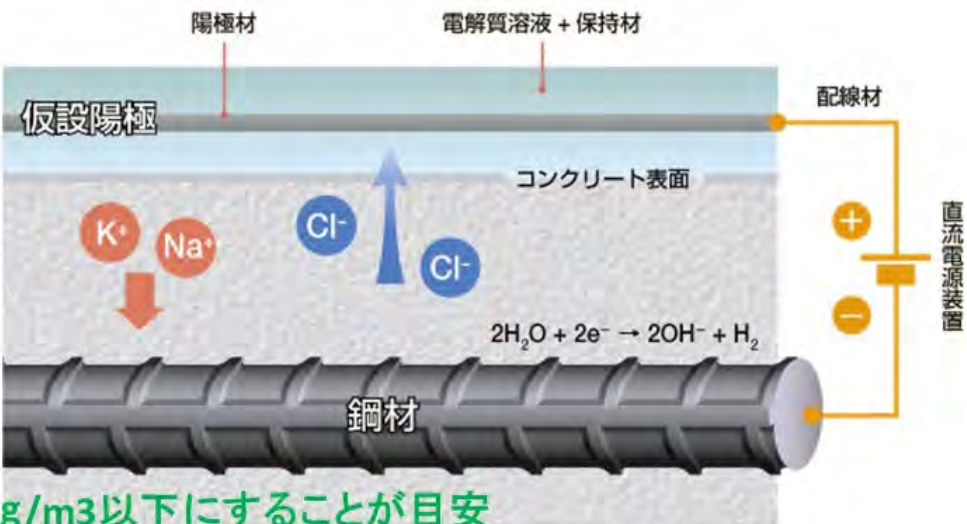
防食対象：栈橋RC梁部
防食面積：約20,000m²
防食回路数：56回路

1. 電気化学的防食工法とは
2. 電気防食工法
3. 脱塩工法・再アルカリ化工法
4. 工法選定フローの紹介
5. 技術発展に向けた取り組み（トピックス）

脱塩工法・再アルカリ化工法の概要

脱塩工法

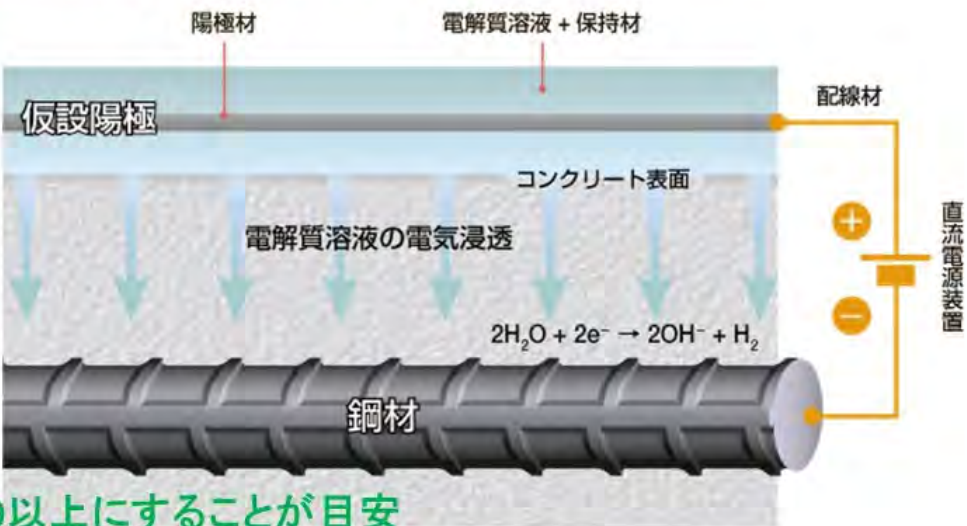
コンクリート表面に設置した仮設陽極からコンクリート内部鋼材に直流電流を供給して、コンクリート中に存在する塩化物イオンを電気化学的に低減させる



脱塩目標: 鉄筋位置の塩化物イオン濃度2.5kg/m³以下にすることが目安

再アルカリ化工法

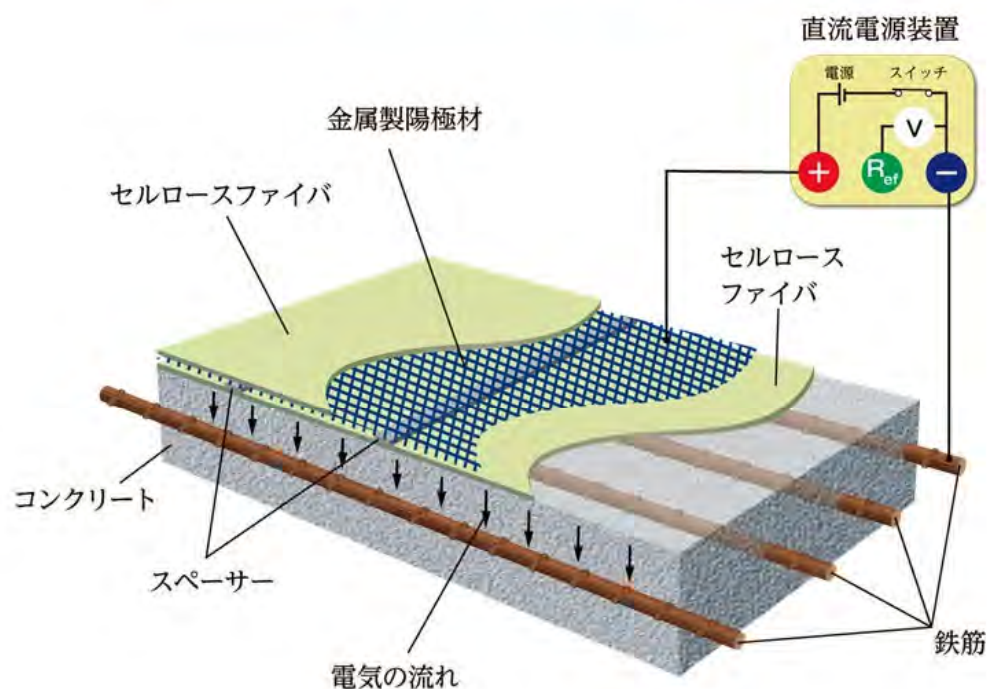
コンクリート表面に設置した仮設陽極からコンクリート内部鋼材に直流電流を供給して、アルカリ性溶液を電気化学的に浸透させ、pHの回復を図る



再アルカリ化工法の目標: 中性化範囲をpH10以上にすることが目安

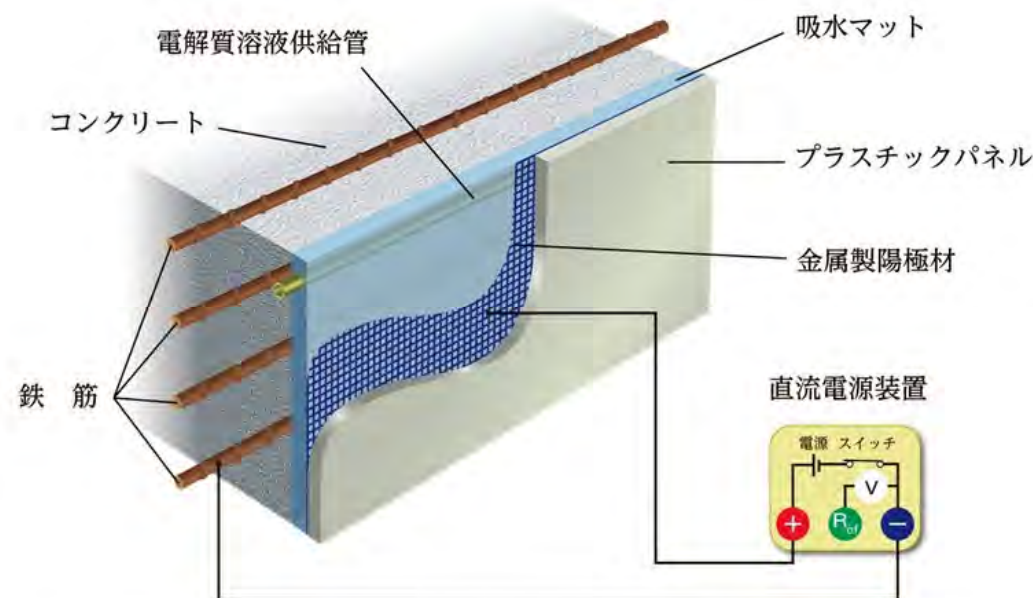
脱塩工法・再アルカリ化工法の仮設陽極方式

ファイバ方式



コンクリート面に配置した金属製陽極材
周辺に電解質溶液を含浸させたセルロース
ファイバを吹付け

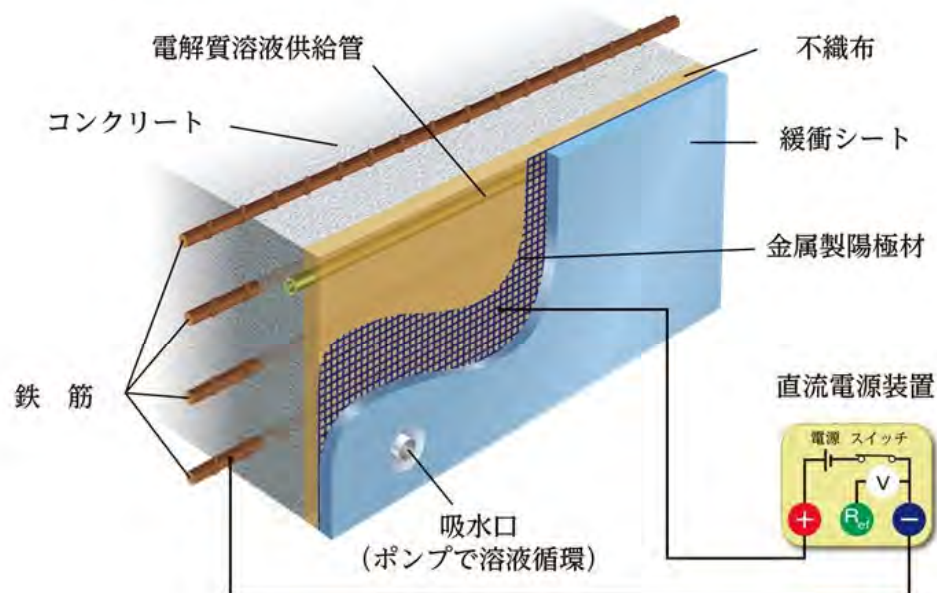
吸水マット方式



コンクリート面に吸水マットと金属製陽極材を
設置し、表層部をパネルで覆い、電解質用溶液を
供給

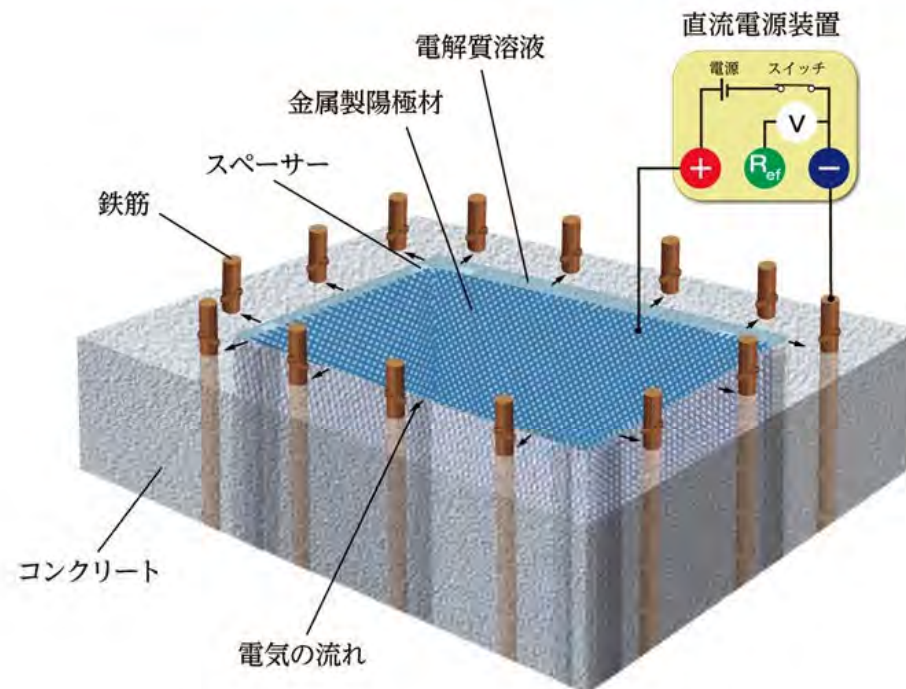
脱塩工法・再アルカリ化工法の仮設陽極方式

簡易吸水方式



コンクリート面に不織布と金属製陽極材を設置し、さらに緩衝シートで覆い、空気を吸引させた緩衝シートをコンクリート面に押し付け、電解質用溶液を供給

ポンディング方式



コンクリート面に電解質溶液を溜め、その中に金属製陽極材を設置

脱塩工法・再アルカリ化工法のメリット・デメリット

メリット	• 微破壊で施工が可能 ⇒多量のはつりガラが出ない • 構造物の外観が変わらない • 施工後の維持管理は、一般のコンクリート構造物と同様の方法で実施 ⇒施工後に仮設陽極を撤去
デメリット	• 施工に熟練が必要 ⇒専門技術者が実施 • 仮設陽極は産廃処理

※留意点

- 事前に仕上げ材の撤去や、損傷等の補修が必要
⇒コンクリートに電流を流すため
- アルカリシリカ反応（ASR）が疑われる構造物に適用する場合、注意を要する
⇒事前に膨張の有無を確認

脱塩工法の施工事例



新潟県



群馬県



神奈川県



神奈川県

再アルカリ化工法の施工事例

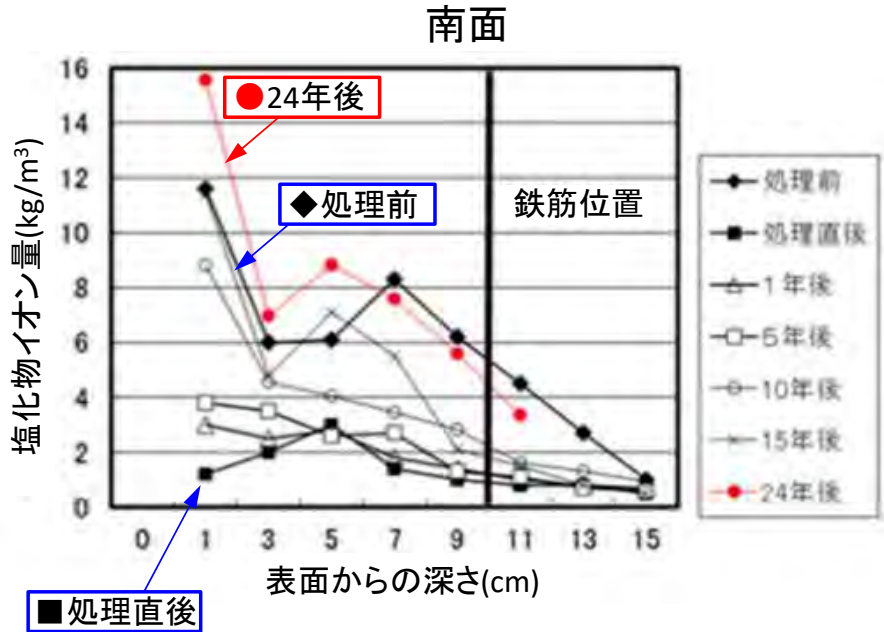


脱塩工法の効果検証事例

- ・適用構造物:新潟県旧国道8号線コンクリート橋梁
- ・処理前:鉄筋位置の塩化物イオン量 4.0kg/m^3 を超える
- ・脱塩工法適用後24年後:塩化物イオン量が処理前の状態まで再侵入



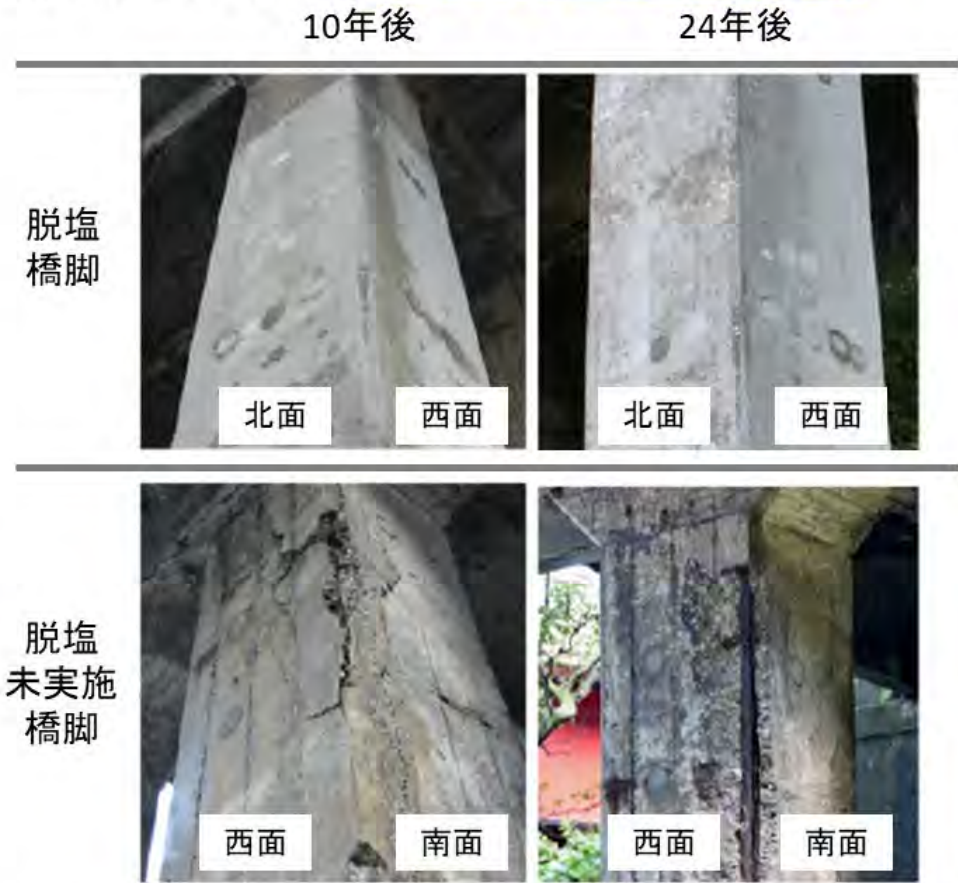
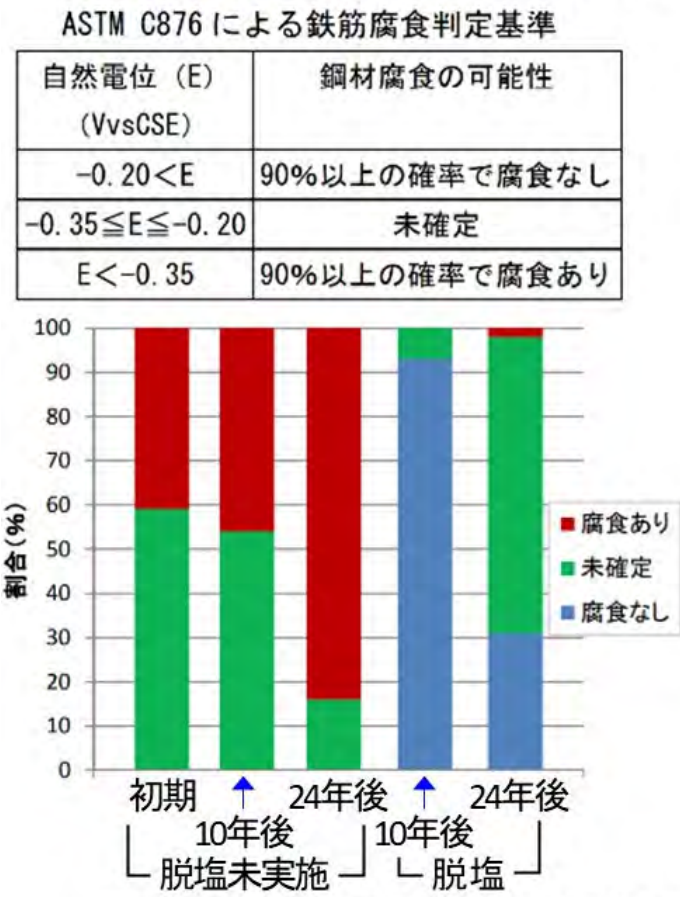
脱塩工法適用対象RC橋脚



引用文献:宮口ら:電気化学的脱塩工法を適用した橋脚の24年間の追跡調査、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、Vol.18、pp.459-464、2018.10

脱塩工法の効果検証事例

- ・自然電位鉄筋腐食の判定: 腐食方向に推移するが腐食ありの割合が低い
- ・外観観察: 脱塩未実施で劣化損傷の進展が顕著, 脱塩で健全な状態を維持



引用文献: 宮口ら: 電気化学的脱塩工法を適用した橋脚の24年間の追跡調査、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、Vol.18、pp.459-464、2018.10

CP工法研究会 & 日本エルガード協会

脱塩・再アルカリ化工法を併用したときの効果検証事例

- ・適用構造物: 1970年建設のラーメン高架橋, 兵庫県海岸から5kmに位置
コンクリート中の塩化物イオン濃度高い(1.1~4.5kg/m³)
かぶり(19~44mm)に対し, 中性化が進行(22.1mm)



脱塩・再アルカリ化工法適用構造物

表-1 かぶりと中性化深さ (mm)

鉄筋種別	鉄筋径	かぶり	中性化深さ
帯鉄筋	φ13	19	22.1
主鉄筋	D32	44	

表-2 コンクリート中の全塩化物イオン量 (kg/m³)

表面からの採取深さ (mm)					
0~15	15~30	30~45	45~60	60~75	75~90
1.06	2.51	4.53	4.00	3.01	2.54

引用文献: 荒巻ら: 脱塩・再アルカリ化工法で補修した鉄筋コンクリート高架橋の30年目の追跡調査、コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集、第24巻 2024.10 pp.543-546

CP工法研究会 & 日本エルガード協会

脱塩・再アルカリ化工法を併用したときの効果検証事例

- ・脱塩効果：処理直後にコンクリート表面から鉄筋位置40mm付近まで塩化物イオン量の低減効果が見られ、以降30年後まで再拡散は認められない。
- ・再アルカリ化効果：鉄筋部のpHは上昇、30年後も高い状態を維持。
表層部のpHは、経年で低下がみられるが高い値を維持。

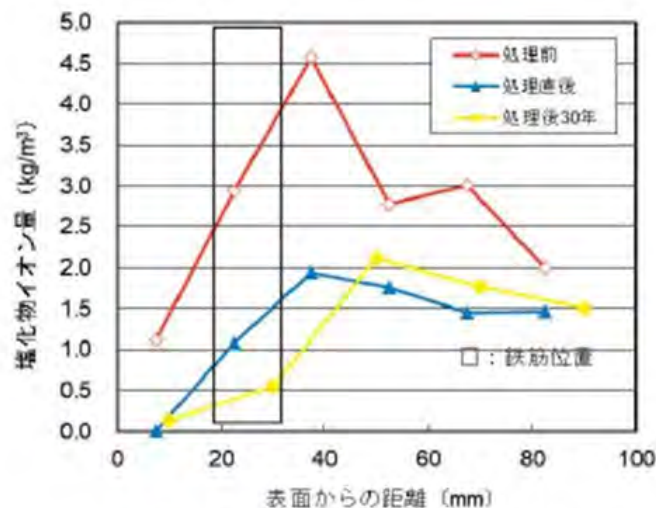


図-10 塩化物イオン量の推移

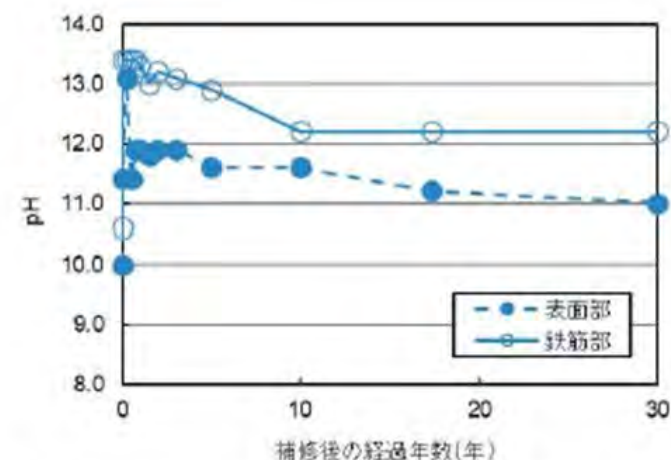


図-8 コンクリートの pH の推移 (pH 試験紙法)

引用文献：荒巻ら：脱塩・再アルカリ化工法で補修した鉄筋コンクリート高架橋の30年目の追跡調査、コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集、第24巻 2024.10 pp.543-546

脱塩・再アルカリ化工法を併用したときの効果検証事例

鉄筋の腐食状態(自然電位)
処理直後から腐食なしと判断される割合が増加
腐食なしと判断される割合が30年後97%

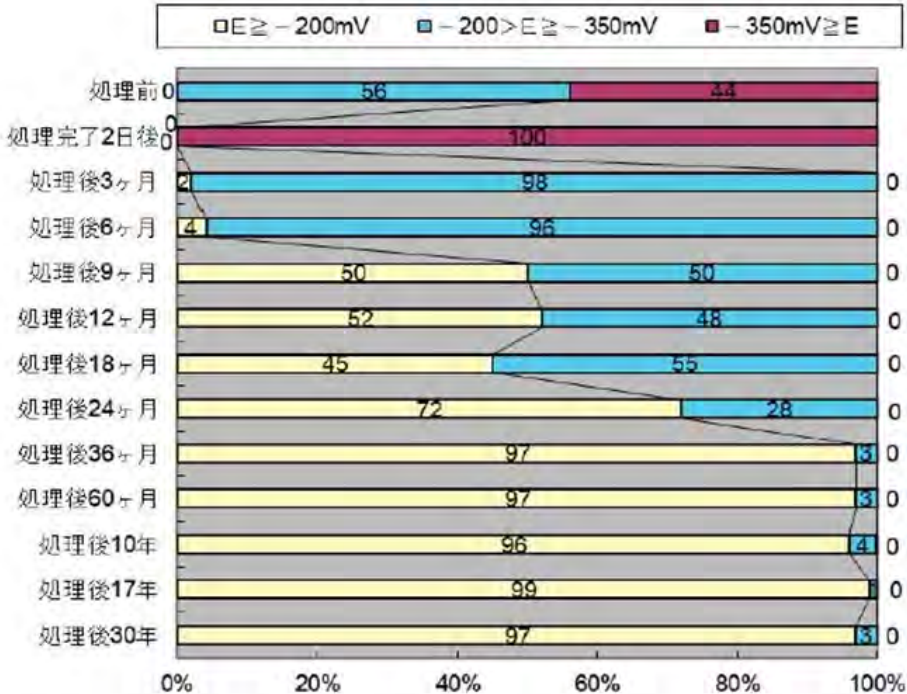


図-4 自然電位 (vs. CSE) の測定結果の推移 (梁)

引用文献: 荒巻ら: 脱塩・再アルカリ化工法で補修した鉄筋コンクリート高架橋の30年目の追跡調査、コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集、第24巻 2024.10 pp.543-546

CP工法研究会 & 日本エルガード協会

1. 電気化学的防食工法とは
2. 電気防食工法
3. 脱塩工法・再アルカリ化工法
4. 工法選定フローの紹介
5. 技術発展に向けた取り組み（トピックス）

各構造物管理者における工法選定フロー掲載資料

■道路構造物（国交省）

土木研究所「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル」

コンクリート構造物維持管理技術研究会

「橋梁コンクリート部材の補修設計・施工の手引」

北陸地方整備局塩害対策委員会「塩害橋梁維持管理マニュアル（案）」

■高速道路

東日本・中日本・西日本高速道路「設計要領第二集（橋梁保全編）」

■鉄道

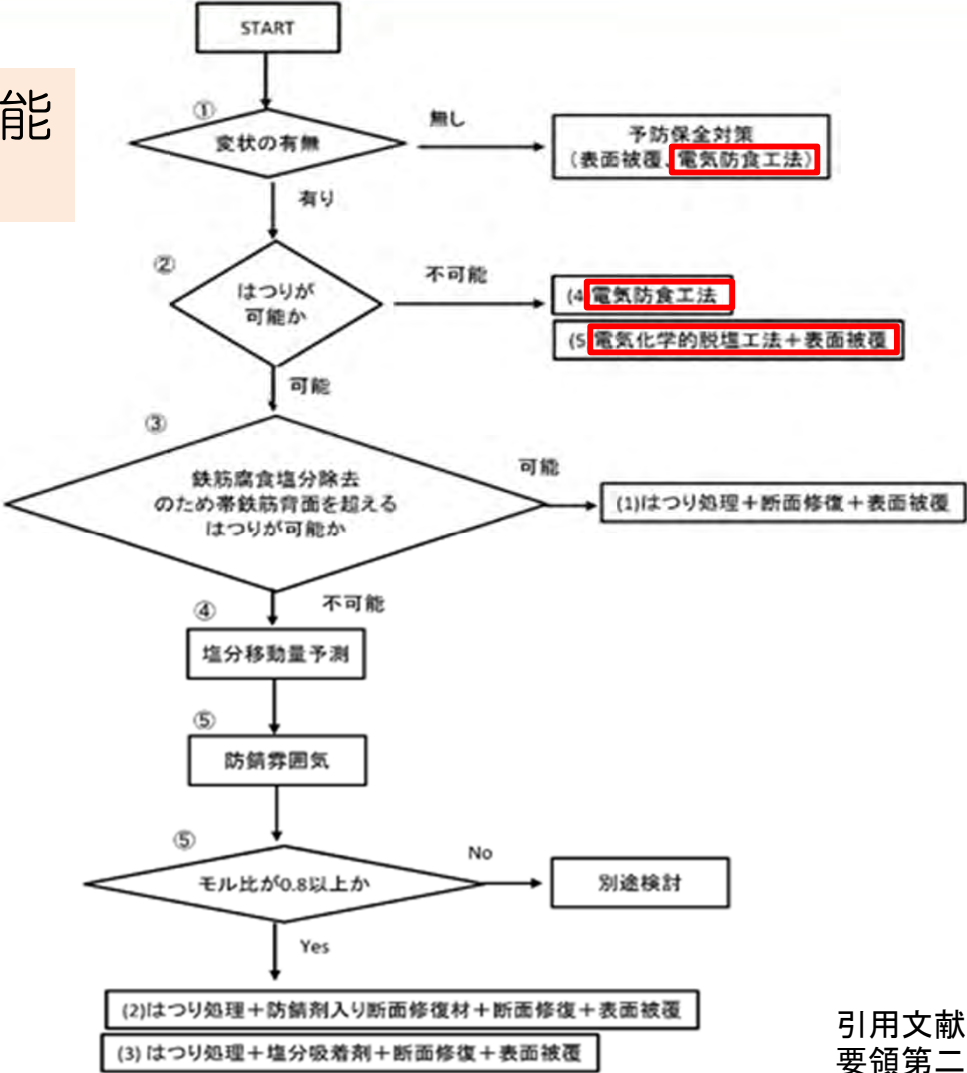
西日本旅客鉄道「コンクリート構造物補修の手引き」

■港湾コンクリート構造物（栈橋上部工）

沿岸技術研究センター「港湾コンクリート構造物補修マニュアル」

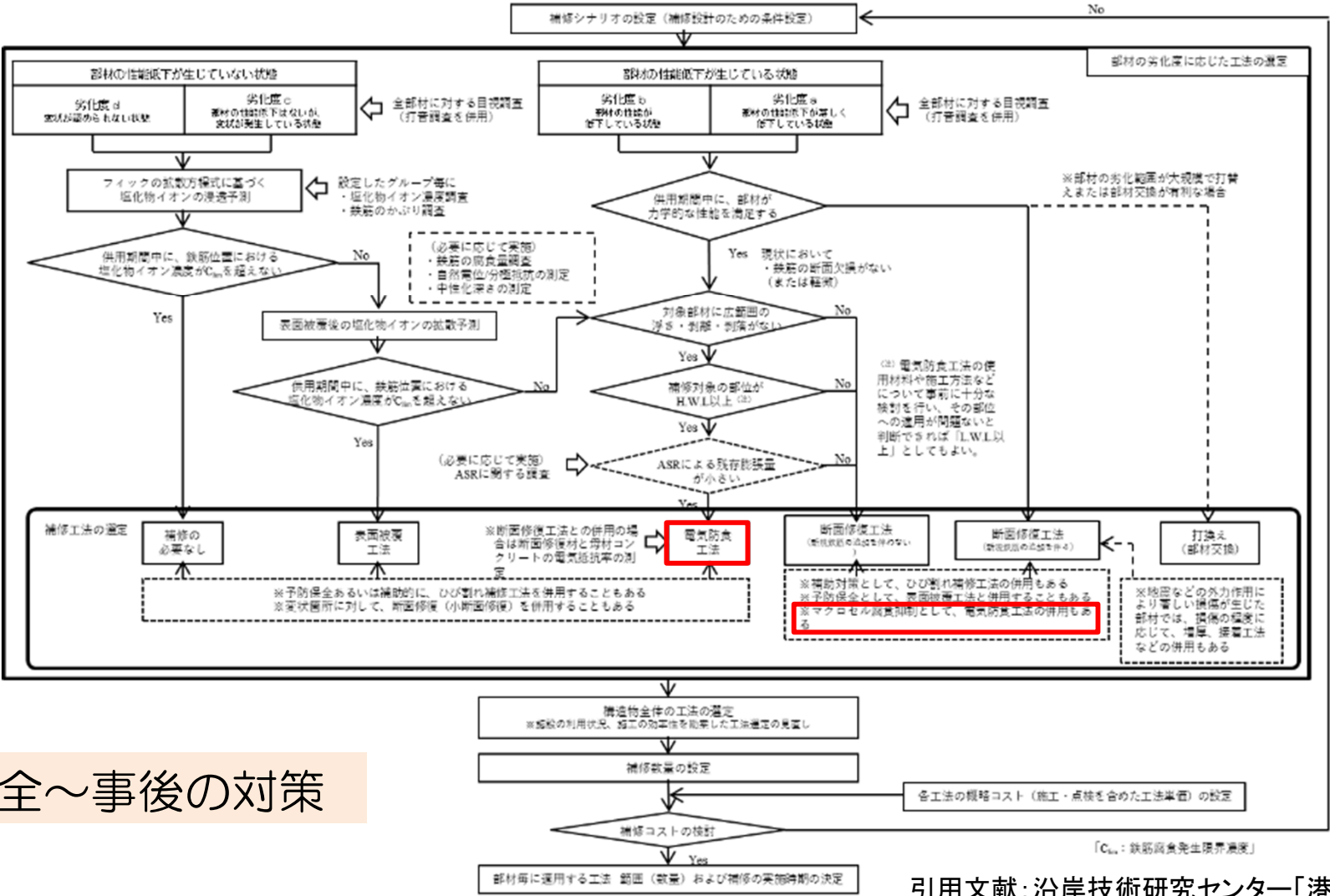
高速道路におけるコンクリート構造物の補修工法選定フロー

予防保全、はつりが不可能な箇所の塩害対策



引用文献: 東日本・中日本・西日本高速道路「設計要領第二集(橋梁保全編)」、2019

港湾RC構造物（栈橋上部工）における工法選定フロー



予防保全～事後の対策

引用文献: 沿岸技術研究センター「港湾コンクリート構造物補修マニュアル(沿岸技術ライブラリーNo.50)」、2018

1. 電気化学的防食工法とは
2. 電気防食工法
3. 脱塩工法・再アルカリ化工法
4. 工法選定フローの紹介
5. 技術発展に向けた取り組み（トピックス）

トピックス

世界遺産 軍艦島（端島）での
電気防食の長期性能検証試験に**チャレンジ中!!**



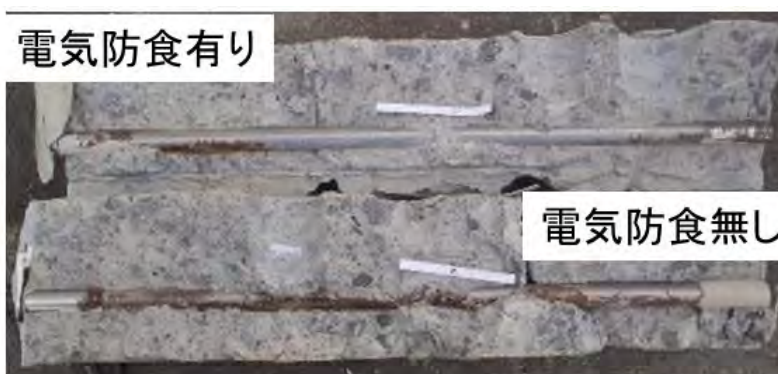
協会会員5社との協同応募

日本エルガード協会
東洋建設
ショーボンド建設
ナカボーテック
日本防蝕工業
住友大阪セメント

日本エルガード協会のトピックス：JCI公募「軍艦島共通試験」

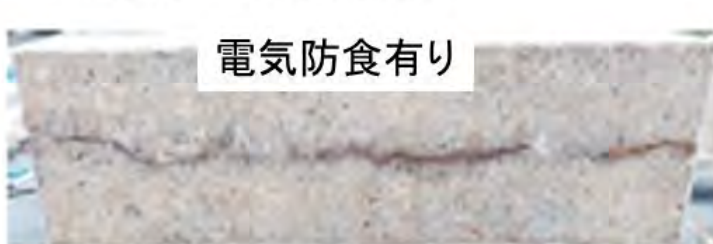


供試体の暴露状況



G1供試体；塩化物含有量 $5\text{kg}/\text{m}^3$

暴露3年後の解体調査



暴露1989日後

G2供試体；塩化物含有量 $5\text{kg}/\text{m}^3$ + 暴露前,電食によるひび割れ

CP工法研究会・日本エルガード協会共通のトピックス

暴露25年が経過した供試体の追跡調査実施中
(実際に供用されていた道路橋に使用されていたPC桁)



ご清聴ありがとうございました。