

# コンクリート構造物の塩害対策について

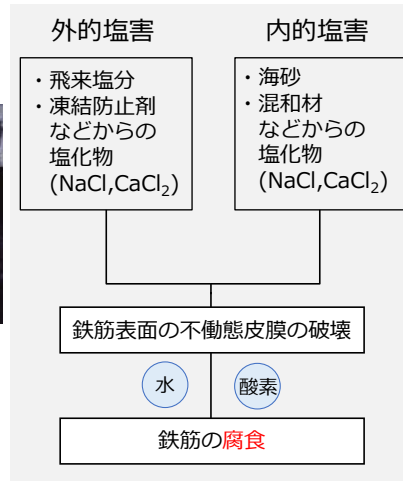
2022年 11月 11日  
岡山県コンクリート診断士会 第12回 情報提供会

 SANYO ROAD INDUSTRY  
山陽ロード工業株式会社

 JRSE 株式会社  
ジェイアール総研エンジニアリング

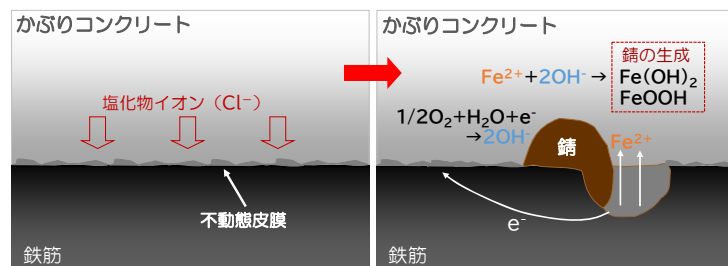
## 塩害について

JRSE



## 塩害による鉄筋腐食のメカニズム

JRSE



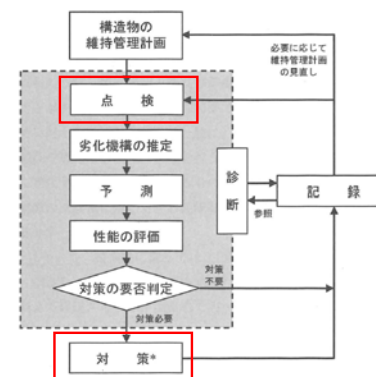
塩分による不動態皮膜の破壊

鉄の溶解による錆の生成

構造物の適切な維持管理が必要

## 構造物の維持管理手順

JRSE



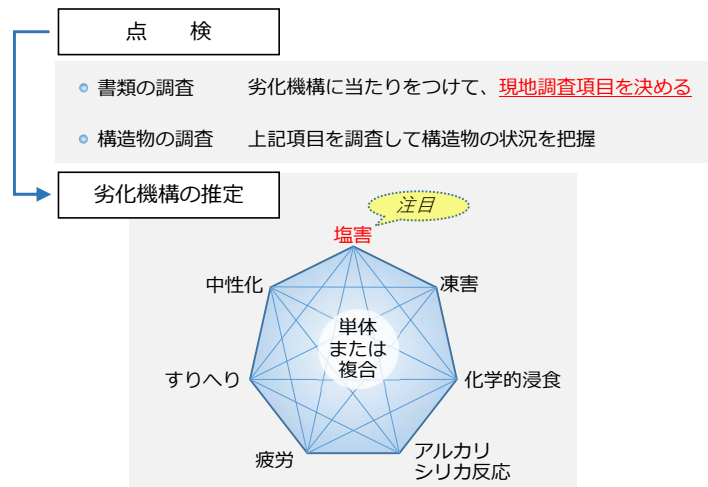
今日のお題

すでに変状が確認されたコンクリート構造物の点検・対策

2018年制定コンクリート標準示方書（維持管理編）より

## 診断の進め方 (点検→劣化機構の推定)

JRSE



## 書類の調査

JRSE

**書類・電子データ**

適用した示方書

- 設計基準
- 設計図書
- 施工記録
- 診断記録
- 補修・補強履歴等の記録
- その他 (地図データ等)

**塩害が疑われる場合の 注目ポイント**

注目点	要因
海からの距離	飛来塩分
寒冷地 山間部 床版防水の有無	凍結防止剤散布
竣工時期 立地	内的塩害 (海砂)
コンクリートの配合	CaCl <sub>2</sub> 系凝結促進剤など

該当

**塩害の可能性を考えて  
調査項目を設定する**

## 構造物の調査

JRSE

### 塩害の可能性を考慮した構造物調査項目の例

- ・コンクリート標準示方書 (維持管理編) (土木学会)
  - ・コンクリート診断技術 (JCI)
  - ・コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 (JCI)
  - ・健全度診断マニュアル (土研ほか)
- 等に準拠



調査項目	調査手法
外観の変状	目視、打音、ひび割れ計測など
塩化物イオン量	コア法、ドリル法等で試料採取→分析
中性化深さ	コア法、はつり出し、ドリル法等
鉄筋の状態	はつり出し、自然電位測定
かぶり厚み・鉄筋径	はつり出し、電磁波レーダー法
環境・作用 (水がかり、土壌など)	目視ほか、必要に応じた調査手法を選択

## 調査項目と調査手法(1)

JRSE

### 外観変状 目視調査・打音検査



### Point

- ・ひび割れ、浮き、剥落箇所の特定 ( ≡ 補修箇所となる)
- ・鉄筋露出があれば、鉄筋腐食状況やかぶり深さ、鉄筋径、中性化深さなどを測定しておくといよい。
- ・凍結防止剤を含む排水が流れている場所がないか (水切りの不備、排水管の破損や伸縮装置の破損など)。

## 調査項目と調査手法(2)

JRSE

外観変状 変状例



写真4.2.4-3 箱式橋台の腐食ひび割れと錆汁の発生状況(事例2)

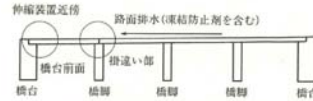


図4.2.4-4 積雪寒冷地にある橋梁(事例2)

### Point

- 断面修復後にも水がかり→再劣化の恐れ→水を止める対策が必要
- 行うべき対策の例： 伸縮装置の交換 水切りの設置  
排水管の補修 断面修復後の表面保護・・・etc

JCI「コンクリート診断技術'08」より

## 調査項目と調査手法(3)

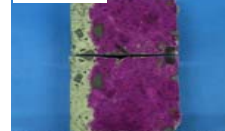
JRSE

中性化深さ

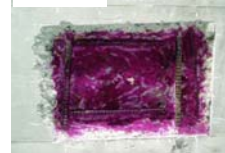
JIS A 1152による場合

試薬：フェノールフタレイン1%溶液

コア採取



はつり面



### Point

コア

- 測定まで時間が空く場合はコアをラップで密封
- コアを割裂して、測定面に試薬を噴霧

共通

- 呈色が不鮮明な場合には、試薬を再度噴霧する

はつり

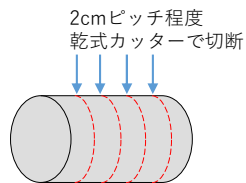
- 測定面に付着した粉塵はブローアなどで除去
- 雨などで試薬が流れないように注意する

## 調査項目と調査手法(4)

JRSE

塩化物イオン量

JIS A 1154 電位差滴定法の場合



粉碎・調製



電位差滴定

### Point

- 測定範囲は鉄筋位置の数センチ(1~2スライス分)奥までとする
- 分析に必要な試料の量を確保する(ドリル法の場合、数か所から採取 など)  
目安 10g×試料数
- サンプルがコアの場合、乾式カッターを用いると塩分流出による誤差が少ない

## 調査項目と調査手法(5)

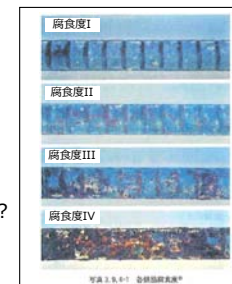
JRSE

鉄筋の状態・かぶり

調査例



腐食度は？



### Point

- 主筋、帯筋のかぶり厚み、鉄筋径を記録しておく
- 鉄筋腐食度を記録しておく
- 鉄筋に断面欠損が生じている場合は、欠損深さを記録しておく

JCI「コンクリート診断技術'08」より

## 調査項目と調査手法(6)

JRSE

### 環境・作用

構造物の周辺環境、構造物に対する作用について調査する

#### Point

- 外観変状を調査する際に、水がかりや付帯設備の破損状況などについて把握
- 構造物の使用方法を把握する  
例：鉄道高架下を漬物工場に貸付 → 漬物の塩分で、橋脚に塩害発生
- 凍害やアルカリ骨材反応が発生する可能性があるか把握する  
(複合劣化の場合には、劣化の進行が速くなることがある)  
(適用する対策が変わる可能性がある)

## 調査結果(1)

JRSE

### 書類・目視調査結果の例

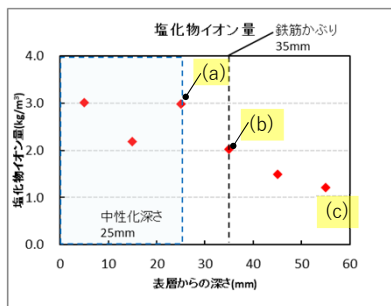
- 199X年 供用開始
- RC桁
- 立地：東北地方山間部 海岸からは10km以上離れている
- 凍結防止剤散布あり
- 桁端部から橋脚に漏水痕がある
- アスファルト舗装に劣化あり、砂利化（土砂化）
- 橋脚に浮き、はく離、鉄筋露出あり（設計かぶり厚みより薄い部分で顕著）

コンクリートの品質はある程度管理されている年代  
年代から、床版防水がない？ → 道路橋示方書の変遷で推定  
伸縮装置の破損？  
凍結防止剤が桁端部にまわり、塩分浸透？

## 調査結果(2)

JRSE

### 塩化物イオン量・中性化深さ調査結果例



- (a) 中性化フロントで塩化物イオン量が高くなっている（濃集）
- (b) 鉄筋位置の塩化物イオン量は発錆限界値\*よりも高いと推定される（\*計算が必要）
- (c) 構造物の手前→奥で塩化物イオン量が減少（外的塩害）

## 塩害対策の評価と判定

JRSE

### 評価・判定の例

塩分量は発生限界値以上 → グレードII以上確定

錆汁伴うひび割れ、鉄筋露出箇所あり

鉄筋の断面欠損あり

解説表 3.3.7 外観上のグレードと性能低下の要因（3章 塩害）

外観上のグレード	劣化過程	耐力・じん性	変形・振動	剥離・剥落	ひび割れ・汚れ
グレードI	潜伏期	-	-	-	-
グレードII	進展期	-	-	-	-
グレードIII-1	加速期前期	-	-	-	・ひび割れ、浮き ・鉄筋の露出
グレードIII-2	加速期後期	耐力やじん性の低下 ・鋼材の断面減少 ・鋼材とコンクリートの付着力低下	剛性の低下 ・鋼材の断面減少 ・鋼材とコンクリートの付着力低下	・剥離、剥落	・ひび割れ、さび付 ・剥離、剥落 ・鋼材の露出
グレードIV	劣化期	・剥落等によるコンクリート断面の減少	・剥落等によるコンクリート断面の減少	-	-

加速期後期～劣化期と推定される

2018年制定コンクリート標準示方書（維持管理編）より

# 塩害対策の策定

## 策定例

解説 表 3.4.1 外観上のグレード、劣化過程と対策の例

外観上のグレード	劣化過程	点検強化	補修	供用制限	解体・撤去
グレード I	潜伏期	○	○**		
グレード II	進展期	○	○		
グレード III-1	加速期前期	◎	◎		
グレード III-2	加速期後期	◎	◎*	○	
グレード IV	劣化期		○*	◎	◎

◎：標準的な対策 (◎\*：力学的な性能の回復を含む)  
 ○：場合によっては考えられる対策 (○\*：力学的な性能の回復を含む), ○\*\*：予防的に実施される対策

メインシナリオ : 補修 or 供用制限して補修

2018年制定コンクリート標準示方書（維持管理編）より

# 塩害対策工法（鉄筋腐食の抑制）

## ① 電気化学的工法

- 電気防食工法（鉄筋の不活性化）
- 脱塩工法（躯体の塩分除去）
- 犠牲陽極法（犠牲陽極埋込による鉄筋保護）

## ② 断面修復工法

- 防錆材塗布工法（鉄筋に直接塗布）
- 防錆材混入工法（断面修復材に混入）
- SSI工法（「塩分吸着剤」を活用）

# SSI工法とは

## 塩害で劣化した構造物の断面修復工法



さび汁



剥落



ひび割れ



鉄筋減少

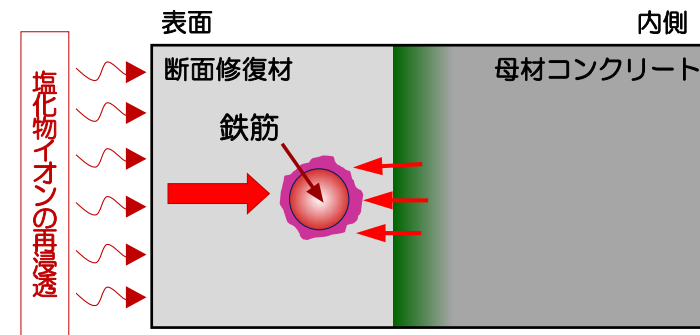
# 補修後に再劣化する原因

## 一般防錆材の考え方

塩化物イオン ≦ 亜硝酸イオン

塩分が多くなると

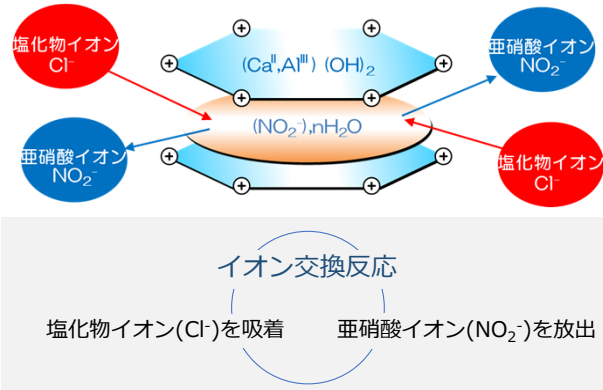
再劣化



# 「塩分吸着剤」の構造と特性

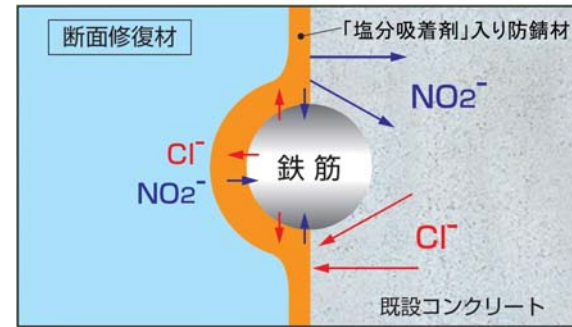
JRSE

塩害を根本的に解決するため、「塩分吸着剤」を鉄道総研で開発



# SSI工法の概念図

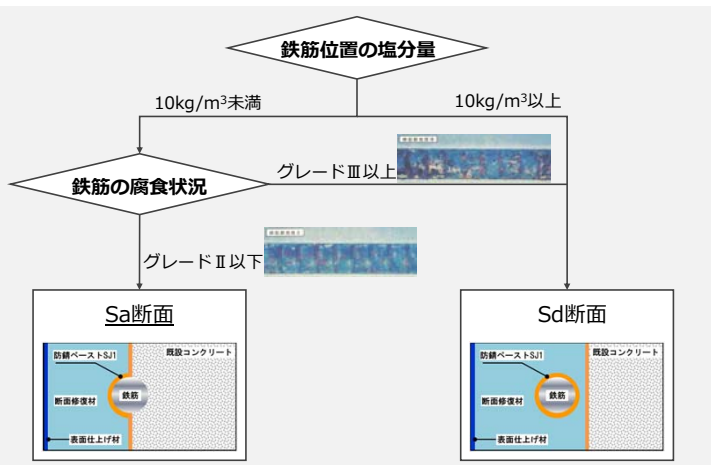
JRSE



放出NO<sub>2</sub><sup>-</sup> / 残存Cl<sup>-</sup> のモル比 = 1.0以上  
となるように防錆材 SJ1の塗布厚みを設計する

# SSI工法的设计フロー

JRSE



# 鉄筋防錆材の塗布厚み

JRSE

塗布厚み一覧 (Sa断面)

塩化物イオン量 (主鉄筋位置)	高性能防錆ペースト SJ1塗布厚
2kg/m <sup>3</sup> 未満	1 mm
2~4kg/m <sup>3</sup> 未満	2 mm
4~6kg/m <sup>3</sup> 未満	3 mm
6~8kg/m <sup>3</sup> 未満	4 mm
8~10kg/m <sup>3</sup> 未満	5 mm

鉄筋位置の塩分量…幅があっても良い

簡易的な分析 (蛍光X線 等) でも設計可能



## 施工後20年の状態

JRSE



平成10年にSSI工法で補修した橋梁

## 施工後20年の状態

JRSE

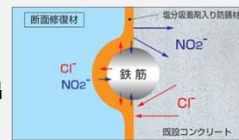


引用：コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, 2020

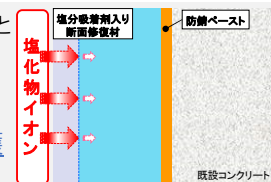
## SSI工法施工による塩害の抑止

JRSE

- 「塩分吸着剤」入り鉄筋防錆材を施工すると  
鉄筋及び鉄筋周辺の塩化物イオンを吸着し  
亜硝酸イオンを放出  
⇒ 鉄筋周辺を防錆環境に改善



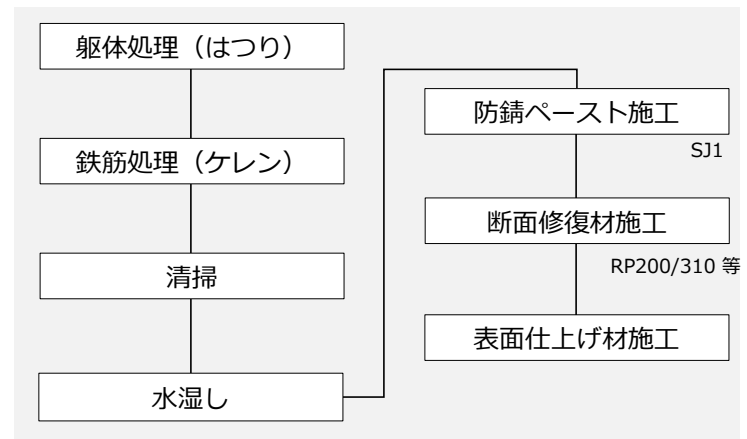
- 「塩分吸着剤」入り断面修復材を施工すると  
外部からの塩化物イオンの浸入を  
表層でトラップ  
⇒ 内部コンクリートと鉄筋を保護



**長期耐久性を実現**

## 施工工程フロー

JRSE



一般的な断面修復工法と同様の施工手順

## 施工写真（湿式吹付）

JRSE



はつり・高圧洗浄後



防錆ペースト塗布状況



断面修復材 吹付状況

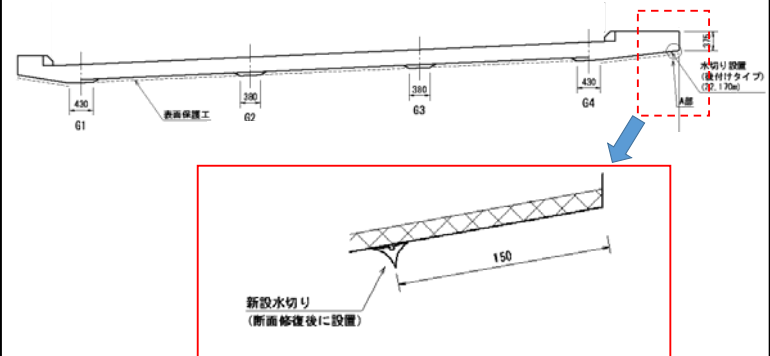


断面修復材 施工後

## 長持ちさせるために

JRSE

劣化因子を浸入させない工夫も重要



## SSI工法 お問い合わせ

JRSE



メンテナンス事業部 営業技術課  
難波 尚徳 様

Tel : 086-294-7002 Fax : 086-294-7003

E-mail : [namba@sanyou-road.co.jp](mailto:namba@sanyou-road.co.jp)  
<https://www.mainte.sanyou-road.co.jp/>

**JRSE 株式会社**  
**ジェイアール総研エンジニアリング**

塩害対策技術部 石井・馬場  
Tel : 042-501-2605 Fax : 042-501-2838  
E-mail : [s\\_ishii@jrseg.co.jp](mailto:s_ishii@jrseg.co.jp) [h\\_baba@jrseg.co.jp](mailto:h_baba@jrseg.co.jp)

## 調査診断業務のご紹介

JRSE

塩害、中性化、アルカリ骨材反応...etc  
コンクリートの調査診断（各種現地調査、室内試験）、劣化対策の提案を承ります

検査項目		検査内容
外観目視 (打音検査を含む)		ひび割れ (幅・長さ・深さ)、コンクリートの浮き・剥落、鉄筋露出、錆汁、エフロレッセンス等析出物、その他特異な変状、打音検査
鉄筋	かぶり・配筋	電磁波レーダー法、電磁誘導法、はつり後目視確認
	腐食状況	自然電位法、はつり後目視確認
コンクリート	強度	コア採取による強度試験 (静弾性係数・ポアソン比)、反発度法による強度推定
	耐久性 他	中性化深さ (コア・ドリル法)、塩化物イオン量 (コア・ドリル粉)、残存膨張量 (コア) 配合推定、有害鉱物の判定、粉末X線回折、蛍光X線分析、SEM・EDS分析

お問い合わせは、**JRSE 株式会社**  
**ジェイアール総研エンジニアリング**  
実験分析技術部 (材料分析グループ)  
担当：飯島・松田  
Tel : 042-501-2648 Fax : 042-505-7114



## 参考 JRSE調査業務の例

JRSE

### 非破壊調査の例



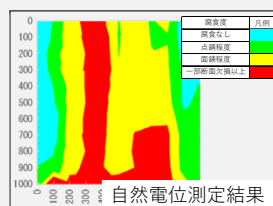
配筋状況調査



鉄筋かぶり厚み調査



自然電位測定



自然電位測定結果

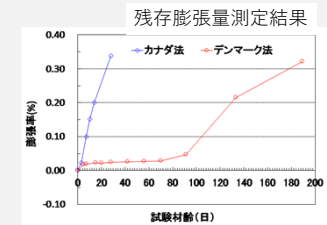
## 参考 JRSE調査業務の例

JRSE

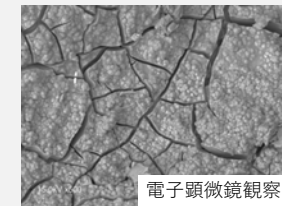
### その他調査の例



促進膨張試験



弾性係数測定



電子顕微鏡観察

## 山陽ロード工業の会社概要

商号	山陽ロード工業株式会社
本社所在地	岡山県津山市下高倉西1203番地の1
代表取締役	秋田英次
資本金	5,000万円
会社設立	昭和42年4月7日
従業員数	58名 (2022年9月末日現在)
売上高	20.6億円 (2021年実績)
主な拠点	岡山営業所、新見営業所、広島営業所、姫路営業所、横浜事務所



BSI

## 会社の事業やサービス

### ●交通安全・防災に関わる事業

道路の区画線、標識などの交通安全施設  
法面防災などの工事・製品の販売



### ●インフラのメンテナンスに関わる事業

橋梁やトンネルのメンテナンス工事、製品販売



### ●自社製品や特殊工法の開発

ピゼンソイルや手動式遮断機、  
太陽光パネル設置工法など製品や工法の開発



BSI

# 保有技術の紹介

【点群データと3Dモデルを組み合わせた出来形管理】

①と②の画像を張り合わせる

①完成目標の形状

②施工後の点群データ

差分解析

形状解析結果		単位
色	値	範囲
緑	-0.00mm	-0.00mm ~ 0.00mm
黄	0.00mm	0.00mm ~ 0.00mm
赤	0.00mm	0.00mm ~ 0.00mm

赤色の部分が設計値よりも大きい部分  
型枠がはらんだと予測される

3Dスキャンによる点群データを活用することで、  
線ではなく面で管理することが出来ます

