

5. 橋梁点検に関する技術向上 ～「塩害環境におけるコンクリート橋の再劣化」～

5.1 部会の目的と活動内容

5.1.1 活動テーマの変遷

道路管理技術委員会における構造部会／橋梁 WG の活動テーマの変遷を下表に示す。

表 5.1 活動テーマの変遷

報告書 (その 1)			報告書 (その 2)			報告書 (その 3)			報告書 (その 4)			報告書 (その 5)			報告書 (その 6)			報告書 (その 7)			活 動 テーマ
H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	
●	●	●	●	●	●																橋梁データベースの 検討
					●	●	●														橋梁点検技術と管理
						●	●	●	●												長大橋梁等の耐震性 能評価に関する検討
									●	●											道路構造物工事仕様 の変遷
										●	●	●	●								橋梁点検技術と管理 ― 床版上面の探査技 術の検討
															●	●	●				橋梁点検技術と管理 ― R C 床版の損傷と その劣化要因に関す る資料収集
																		●	●	●	橋梁点検技術と管理 ― 塩害環境における コンクリート橋の再 劣化

5.1.2 部会の目的

構造部会／橋梁 WG の主たる目的は、「点検→診断→補修→管理」という一連の維持管理サイクルに関する技術向上であり、これまで 5.1.1 に示すテーマで活動してきた。

平成 28 年度（2016 年度）からは、「塩害環境におけるコンクリート橋の再劣化」を新たなテーマとして活動を開始し、コンクリート橋に対する「塩害に対する補修の留意点」を整理することを目的とした。

(1) 本WGにおける「再劣化」の定義

ここで課題とする再劣化を次のように定義した。

- ・再劣化：損傷したコンクリート構造物の補修後に発生する劣化や損傷
- ・課 題：補修部位やその近傍に比較的早期（数年～10 年程度）に発生する劣化や損傷

（2）テーマ設定の背景

活動テーマを設定した背景には、開発局が管理する橋梁の塩害による早期再劣化が増加しており、H16 年度定期点検開始以後、2～3 巡目の定期点検を経て「補修後の劣化損傷（＝再劣化）」が顕在化している。また、コンクリート橋の架け替えの主要因は「塩害」が最も多い。

以下では、塩害による損傷の特徴、北海道開発局の管理橋梁における老朽化の状況、架け替え主要因に関するデータを紹介する。

①塩害によるコンクリート橋の劣化・損傷の特徴

- ・塩害環境は、飛来塩分が舞う海岸線近傍と凍結防止剤散布区間
- ・塩害は、完全な修復が難しく、補修後早期に再劣化する傾向あり

特徴：進行が速い、耐荷力低下が顕著（特に PC 橋の PC 鋼材の腐食・破断）、
構造物全体が劣化しやすい、
主桁は鋼材かぶりが小さく鋼材腐食が発生しやすい

- ・実態調査事例（土木研究所公開情報より）

「海岸線近傍コンクリート橋における補修後 5～10 年後（＝早期）の再劣化」

海岸線から 100m 以上 再劣化率 15%

海岸線から 100m 未満 再劣化率 58%

②北海道開発局の管理橋梁における老朽化の状況

- ・北海道開発局の管理橋梁 4,162 橋（橋長 2m 以上）

50 年以上経過した橋梁 15%（ 630 橋）

40 年以上経過した橋梁 44%（1,839 橋）

（出展：北海道開発局橋梁長寿命化修繕計画（案）H27.3）

- ・点検／診断での判定の傾向と想定される劣化要因

40 年以上経過した橋梁で、C（要速やかな補修）、S（要調査）判定が多数

C、S 判定橋梁は補修後の点検／診断においても C、S 判定が出る（再劣化）傾向あり
再劣化はコンクリート主桁が最多で、次がコンクリート床版

コンクリート主桁再劣化の想定要因

→塩害、防水不良、排水不良、複合劣化などが多い

（塩害による損傷では、C、S 判定が多く、発見時には深刻な状況）

コンクリート床版再劣化の想定要因

→防水不良、排水不良、凍害などが多い

（出展：Rmec 橋梁診断室への聞き取りによる）

③国内で塩害を主要因として架け替えた PC 橋梁数（国総研調査結果）

平成 8 年度 調査 塩害が主要因 3 橋（16.7%）／全架替え 18 橋

平成 18 年度 調査 塩害が主要因 17 橋（51.5%）／全架替え 33 橋

（出典：国土技術政策研究所資料「橋梁の架替に関する調査結果（IV）平成 20 年 4 月）」

5.1.3 部会の活動内容

平成 28 年度から平成 30 年度にかけて、「塩害に対する補修の留意点」を整理することを念頭に以下の活動を行った。

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1) 再劣化に関する傾向分析 | : 平成 28～29 年度 |
| 2) 塩害対策に関する情報収集 | : 平成 28～30 年度 |
| 3) 塩害、凍塩害を対象とした詳細検討 | : 平成 29～30 年度 |
| 4) 追加検討・とりまとめ | : 平成 30～令和元年度（※） |

※「追加検討・とりまとめ」について

当初は平成 30 年度までにすべての検討ととりまとめまでを完了する予定であったが、平成 30 年 9 月に発生した北海道胆振東部地震の影響で、平成 30 年 10 月に予定した第 2 回現地部会を次年度に延期した。そのため平成 30 年度末時点では、詳細検討の一部（第 2 回現地部会を含む追加検討を指す）ととりまとめが未完了の状況である。

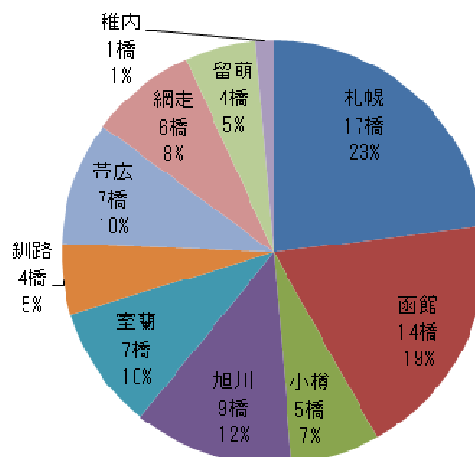
当該報告書では平成 30 年度までの活動報告を示す。

5.2 再劣化に関する傾向分析

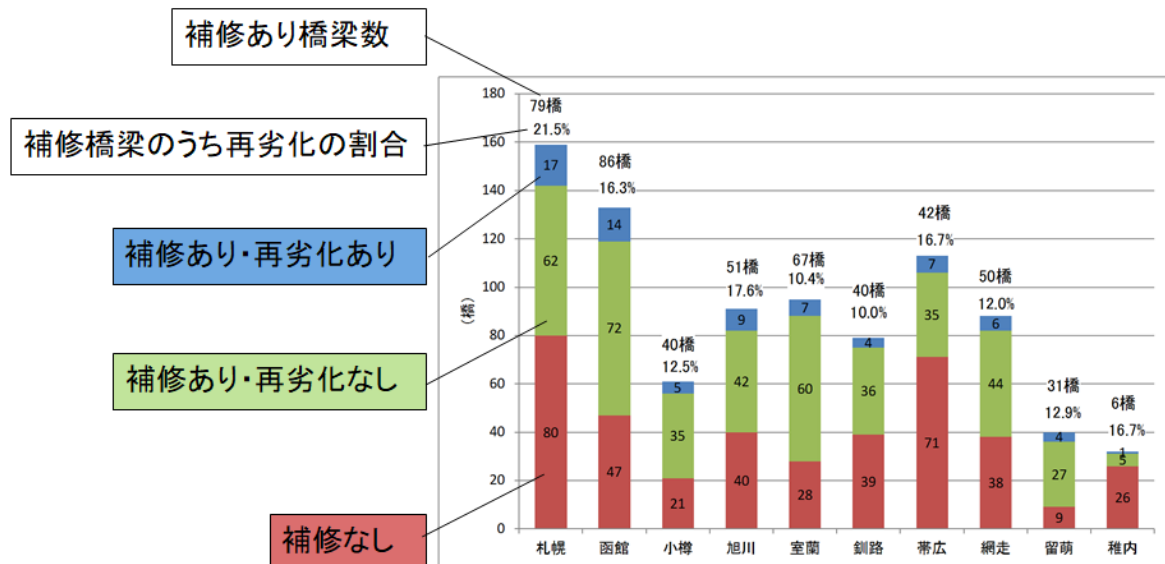
5.2.1 H27 年度橋梁診断業務成果に基づく道内国道橋の分析結果

貸与資料（平成 27 年度の橋梁診断成果 891 橋）に基づき、「再劣化したコンクリート橋梁 14 橋」を抽出した。対象橋梁の抽出方法は以下の通り。

- 「H27 診断調書(様式 10、11)」で「再劣化」を検索 → 74 橋が該当
- その内、再劣化部材が「コンクリート部材」を検索 → 50 橋が該当
- その内、「塩害」が原因にかかわるものを検索 → 14 橋が該当

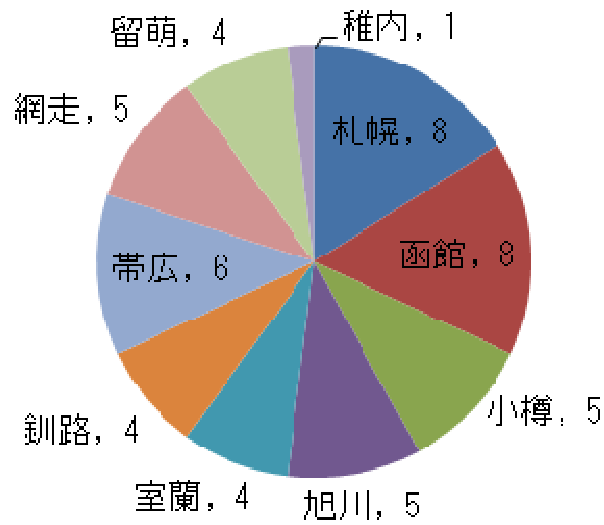


（１）建設部毎の内訳

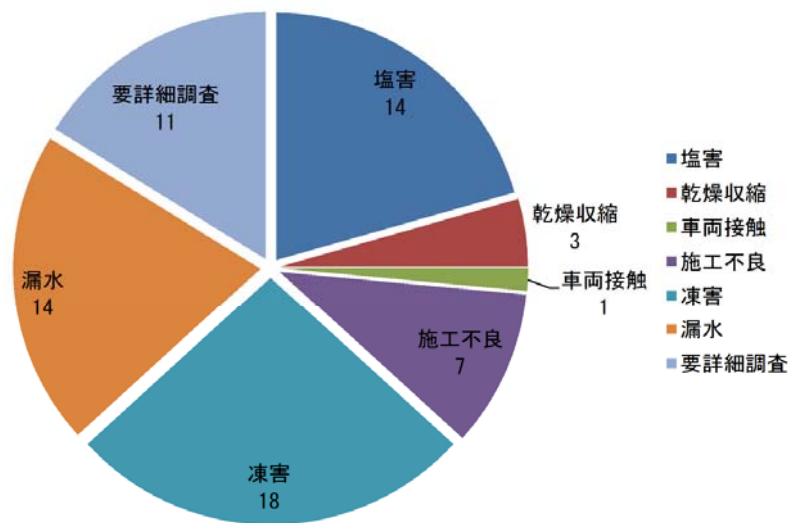


（２）H27 年度点検・診断結果

図 5.1 「H27 診断調書(様式 10、11)」で
「再劣化」と判定された 74 橋の内訳



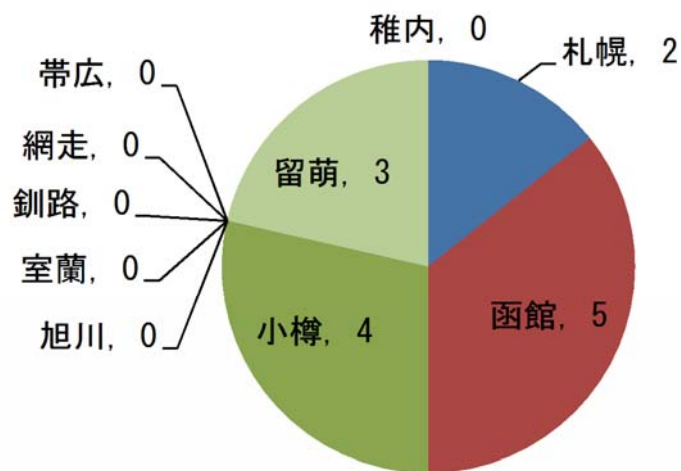
（１）建設部ごとの内訳



（２）推定原因の内訳

図 5.2 「H27 診断調書(様式 10、11)」で

再劣化部材が「コンクリート部材」と判定された 50 橋の内訳
 (推定原因は、1 橋で複数ある場合があるため、68 事例となっている)



（１）建設部ごとの内訳

図 5.3 「H27 診断調書（様式 10、11）」で
再劣化の原因が「塩害」と判定された 14 橋の内訳

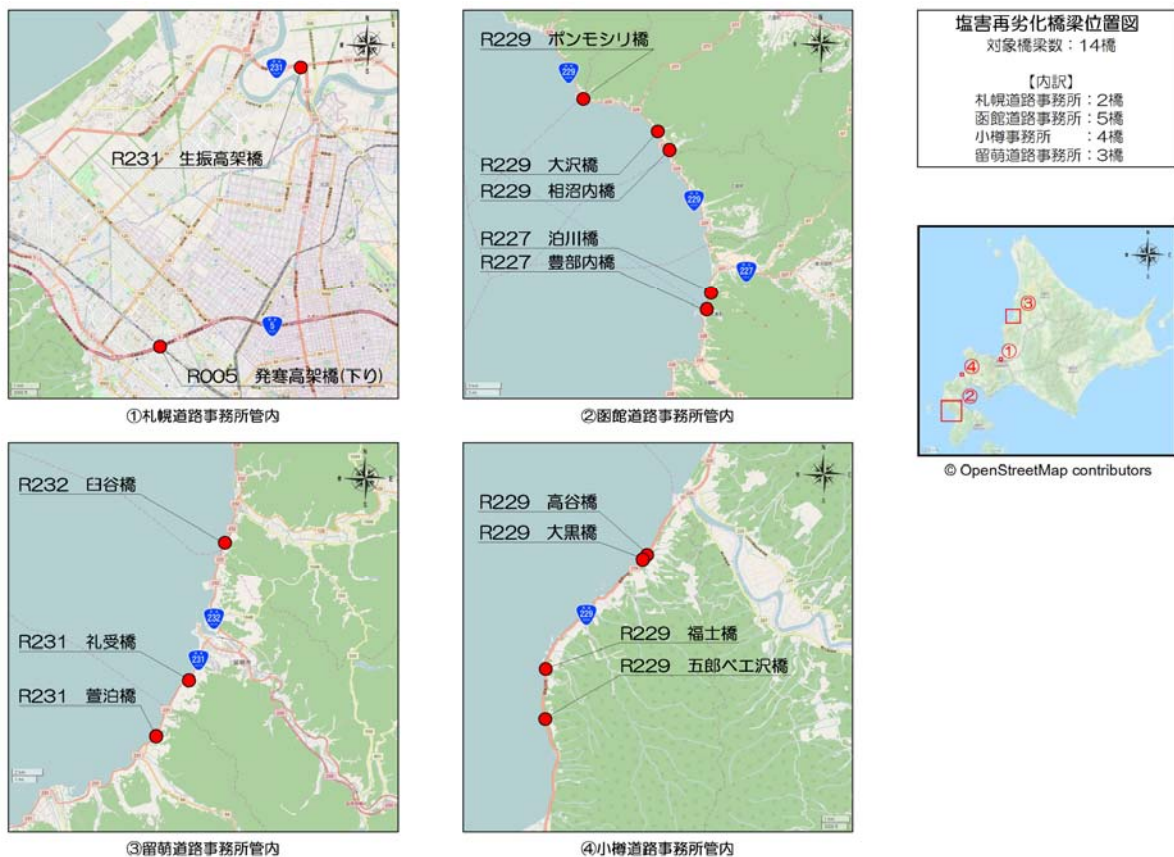


図 5.4 「H27 診断調書（様式 10、11）」で
再劣化の原因が「塩害」と判定された 14 橋の位置図

表 5.2 「H27 診断調書(様式 10、11)」で

再劣化の原因が「塩害」と判定された 14 橋の診断概要一覧

No	建設部	事務所	路線	名称	部材	損傷の種類	対策区分判定	再劣化概要(所見より)
1	札幌	札幌	5	発寒高架橋(下り)	防護柵	剥離・鉄筋露出	S1	断面修復箇所にうきが発生している。
2	札幌	札幌	231	生振高架橋	防護柵	ひびわれ	S1	断面修復箇所にうきが発生している。
3	函館	江差	227	泊川橋	主桁	ひびわれ	S1	断面修復・ひびわれ補修・含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布済みであるが、錆汁が析出している。
4	函館	江差	227	豊部内橋	床版	床版ひびわれ	S2	炭素繊維シート、断面修復済みであるが、内在塩分が高いため、追跡調査を推奨している。
5	函館	江差	229	ポンモシリ橋	主桁	漏水・遊離石灰	S1	含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布済みであるが、錆汁が析出している。
6	函館	江差	229	大沢橋	主桁	ひびわれ	S1	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、WJ工法によるはつり作業を行った際に、PC鋼材の破断が確認され、プレストレスを減じた応力照査により、許容値を満足しているとの結果となっている。また、H21年度に、塗膜系橋面防水工(歩車道共に)が施工されているが、補修箇所から錆汁が析出している。
					縦壁	うき	B	断面修復、含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、局部的なうきが発生している。
7	函館	江差	229	相沼内橋	主桁	ひびわれ	S1	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、WJ工法によるはつり作業を行った際に、PC鋼材の破断が確認され、プレストレスを減じた応力照査により、許容値を満足しているとの結果となっている。また、H21年度に、塗膜系橋面防水工(歩車道共に)が施工されているが、補修箇所から錆汁が析出している。
8	小樽	岩内	229	高谷橋	主桁	ひびわれ	S1	除塩を目的とした全断面修復およびシラン系の含浸材塗布が行われているが、錆汁が析出している。
9	小樽	岩内	229	大黒橋	柱部・壁部	ひびわれ	S1	全断面修復およびシラン系の含浸材塗布が行われているが、錆汁が析出している。
10	小樽	岩内	229	福士橋	主桁	ひびわれ	S1	除塩を目的とした全断面修復およびシラン系の含浸材塗布が行われているが、全体的にうきが生じている。(錆汁は見られない)
					柱部・壁部	ひびわれ	S1	除塩を目的とした全断面修復およびシラン系の含浸材塗布が行われているが、錆汁やうきが生じている。
11	小樽	岩内	229	五郎ベエ沢橋	主桁	ひびわれ	S1	除塩を目的とした全断面修復およびシラン系の含浸材塗布が行われているが、錆汁が析出している。
					柱部・壁部	ひびわれ	S1	除塩を目的とした全断面修復およびシラン系の含浸材塗布が行われているが、鉛直方向のひびわれが発生しており、乾燥収縮か、内在塩分の影響と推定されている。
					縦壁	ひびわれ	S1	
12	留萌	留萌開発	231	萱泊橋	主桁	ひびわれ	B	BOXカルバートにおける断面修復部の損傷であり、現在はひびわれ・遊離石灰が生じている。
					縦壁	ひびわれ	B	
13	留萌	留萌開発	231	礼受橋	主桁	ひびわれ	S1	桁補強として、炭素繊維プレート設定、塩害対策として、含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、広範囲に錆汁を伴う軸方向ひびわれが発生している。
14	留萌	留萌開発	232	臼谷橋	主桁	ひびわれ	S1	RCT桁下フランジの補強鋼版の撤去、ひびわれ注入、断面修復が行われているが、断面修復部に幅の広いひびわれが発生している。
					横桁	ひびわれ	S1	ひびわれ注入、断面修復が行われているが、断面修復部に遊離石灰を伴う幅の広いひびわれが発生している。

H27 年度点検・診断業務成果の分析結果まとめ

- ・再劣化の原因は、塩害、凍害によるものが多い。
- ・飛来塩分による塩害再劣化の主たる発生地域は、函館、小樽、留萌である。
（札幌地区の 2 橋はコンクリート防護柵の再劣化であり、海岸線からも離れているため、凍結防止剤の散布による塩害再劣化と考えられる。）
- ・主たる補修方法は、ひび割れ注入、断面修復、含浸材塗布（シラン系や鉄筋腐食抑制型）であり、主な再劣化変状の形態としては、ひび割れ、うきの発生である。

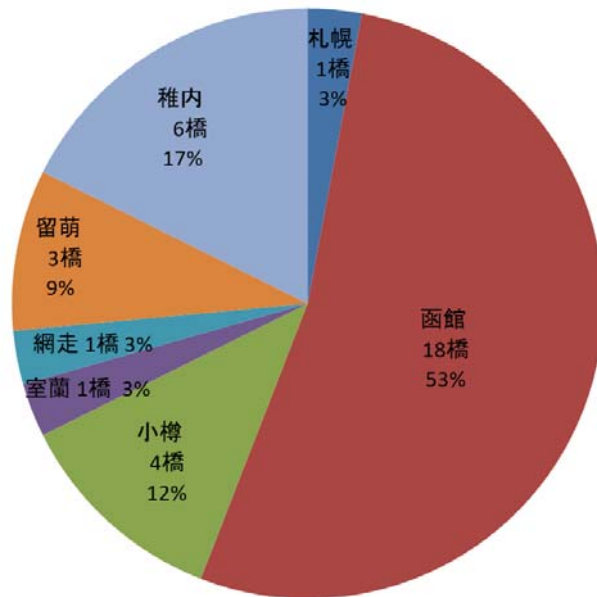
5.2.2 H28～29 年度橋梁診断業務成果に基づく道内国道橋の分析結果

平成 28～29 年度の橋梁診断成果 1763 橋（Rmec 橋梁診断室）に基づき、「再劣化したコンクリート橋梁 34 橋」を抽出した。（5.2.1 と抽出順序が異なるが、抽出対象は同様である）

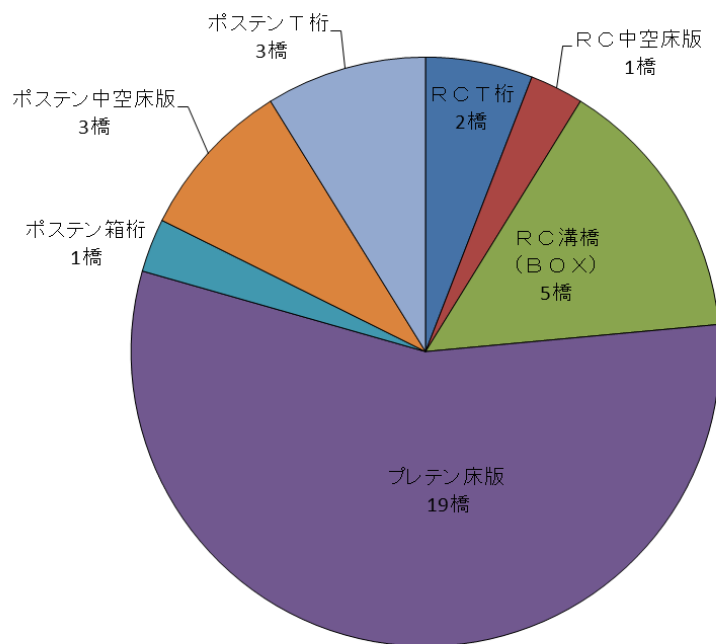
「H28,29 診断調書(様式 10、11)」から対象橋梁を次のように抽出した。

- その内、「コンクリート部材」を検索 → 948 橋が該当
- その内、「塩害による再劣化」を検索 → 34 橋が該当

抽出した 34 橋の「建設部毎」、「形式毎」、「塩害地域区分毎」の内訳を示す。

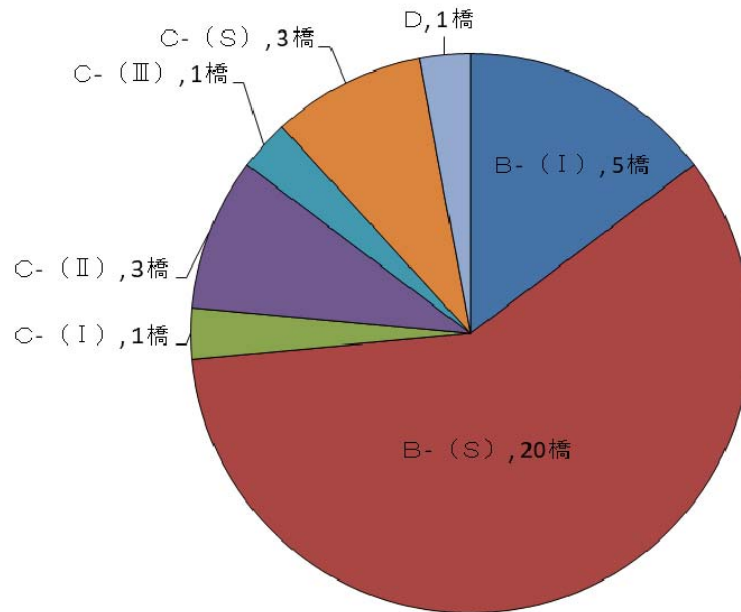


（１）建設部ごと内訳



（２）橋梁形式ごと内訳

図 5.5 「H28, 29 診断調書(様式 10、11)」で
コンクリート部材の塩害による再劣化と判定された 34 橋の内訳



塩害地域区分

地域区分	地域	海岸からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
B	北海道、東北、北陸の日本海側	海上部および海岸線から100mまで	S	影響が激しい
		100mをこえて300mまで	I	影響を受けている
		300mをこえて500mまで	II	
		500mをこえて700mまで	III	
C	上記以外の地域	海上部および海岸線から20mまで	S	影響が激しい
		20mをこえて50mまで	I	影響を受けている
		50mをこえて100mまで	II	
		100mをこえて200mまで	III	
D	塩害対象外地域		—	—

上表：道路橋示方書・同解説（H29.11）Ⅲコンクリート橋・コンクリート部材編に掲載されている

「表-6.2.3 塩害の影響地域」（p.183）の内容に基づき本報告用に調整したもの。

調整①：地域区分 A は沖縄県のため省略（本報告の対象地域は北海道）

調整②：地域区分 B の「地域」の表現を修正（道示では地図参照のため）

調整③：地域区分 D を追加（道示には対象外地域の区分の設定無し）

図 5.6 「コンクリート部材の塩害による再劣化」と判定された 34 橋の

塩害地域区分毎の内訳

抽出した 34 橋の鋼材位置の塩化物イオン含有量を図 5.7 示す。

塩化物イオン含有量は、橋梁点検調書の所見に記載された塩害特定点検結果や詳細調査結果から抽出した。

塩化物イオン含有量の目安として、土木学会コンクリート標準示方書などに示されている発錆限界値の例（2本の赤破線 1.2 kg/m^3 、 2.5 kg/m^3 ）を重ねて示した。

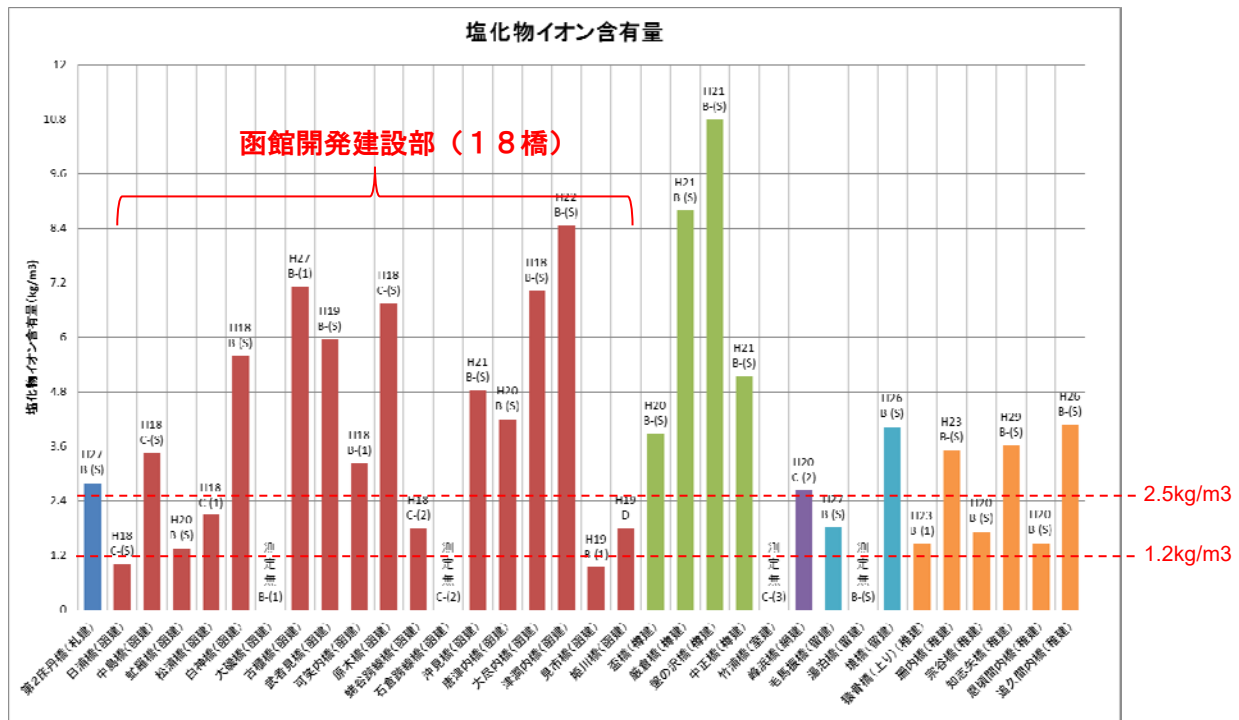


図 5.7 「コンクリート部材の塩害による再劣化」と判定された 34 橋の

塩化物イオン含有量

ここで、函館開発建設部（18 橋）に的を絞って分析した結果を図 5.8、5.9 に示す。

函館地区に着目した理由は、全開建の中で函館開発建設部が最も塩害再劣化橋梁が多く、また橋梁形式、再劣化部材も多種多様で、さらに塩化物イオン量の多少に関わらず再劣化している事例があるなど、様々な検討や分析することが可能なためである。

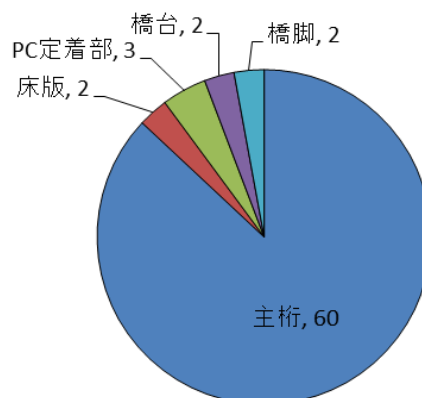


図 5.8 函建管内 18 橋における「塩害により再劣化した部材数の内訳」

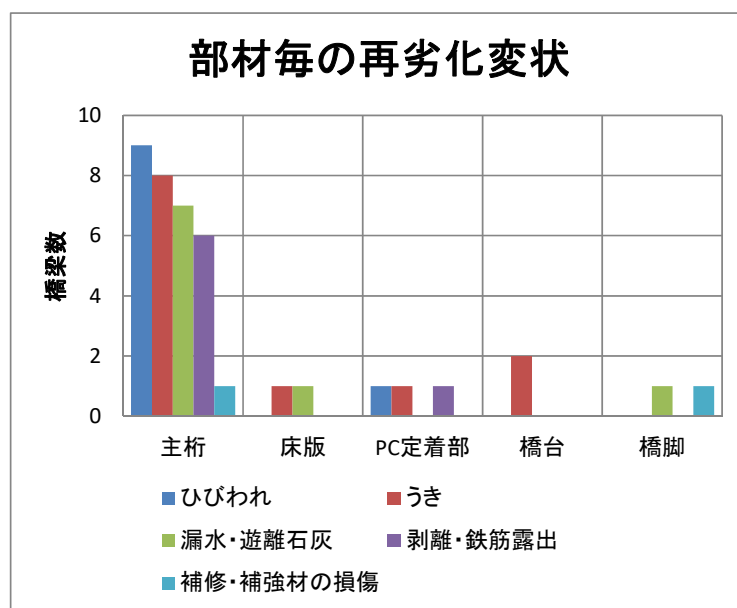


図 5.9 函建管内 18 橋における「塩害により再劣化した部材の変状形態」

H28～29 年度点検・診断業務成果の分析結果まとめ

- ・飛来塩分による塩害再劣化の主たる発生地域は、函館が最多で、次に小樽、稚内が多い。
- ・再劣化した橋梁の形式は、プレテン床版橋が最多で、ポステン方式中空床版橋やT桁橋が次ぐ。
- ・再劣化した架橋地点の地域区分は、地域区分 B の対策区分 S に該当する地域が最多である。
- ・塩化物イオン含有量は、函館と小樽で非常に高い含有量を示している。また全体的に土木学会コンクリート標準示方書などに示されている発錆限界値（ 1.2 kg/m^3 や 2.5 kg/m^3 ）を超えて再劣化している橋梁が多いものの、一部では発錆限界値以下でも塩害再劣化が発生している。
- ・函館地区に着目した場合、再劣化部材は主桁が最多で、変状形態は、ひび割れ、うき、漏水、剥離・鉄筋露出の順に多い。
- ・主たる補修方法は、ひび割れ注入、断面修復、含浸材塗布（シラン系が多い）であり、主な再劣化変状の形態としては、ひび割れ、うき、漏水、剥離・鉄筋露出の発生である。

5.3 塩害対策に関する情報収集

5.3.1 文献調査結果

塩害再劣化の事例分析や詳細検討に際して参照した文献や各種情報について整理する。

（中間報告のため1件のみであるが、令和元年度に再劣化に関する文献を調査し報告する。）

(1) 塩害による鋼材の発錆限界値（塩化物イオン濃度）

塩害による鋼材の発錆限界値について、下記文献では次のように記されている。

「鋼材の発錆限界値は、コンクリートの品質や環境条件などから定まり、構造物ごとに点検結果から定めるべきであるが、現状では妥当な方法がないため、各規準類の値を参考に管理者が定めているのが現状である。」

表 3-6 塩害の評価および判定の管理限界値の例[7]	
維持管理者及び学協会等	塩化物イオン濃度（全塩分表示）
国土交通省 直轄・地方自治体	補修の要否の判断 2.5kg/m ³ 解説：損傷度Ⅲ（損傷状況としてひび割れ、錆汁、あるいははく離が部分的に認められる場合）における補修の要否について、鋼材位置の含有全塩化物イオン濃度が2.5kg/m ³ 程度以上であれば補修を行うのが望ましい。 出典：塩害を受けた土木構造物の補修指針（案）：建設省総合技術開発プロジェクト、コンクリートの耐久性向上技術の開発、p66、1989.5
沖縄総合事務局	1.2kg/m ³ 出典：コンクリート塩害調査・塩害補修設計マニュアル（案）、1996.4
日本道路公団	補修の要否の判断 1.0kg/m ³ 出典：コンクリート片はく落防止対策マニュアル、2000.11
日本コンクリート工学会	1.2kg/m ³ 出典：コンクリート構造物の電気防食工法研究委員会報告書 1994.10 *次頁に続く
土木研究所、日本構造物診断技術協会	2.5kg/m ³ 以上（劣化度B） 想定される状況：腐食による鋼材の軽微な断面欠損が見られるなど、構造物の劣化が進行していると考えられる段階。 補修要否：補修を実施することが望ましい。 1.2kg/m ³ 以上、2.5kg/m ³ 未満（劣化度C） 想定される状況：鋼材の腐食はごくわずかな、認められない状態であり、構造物が劣化しているとは判断しづらいが、今後、鋼材が腐食しやすい状態へと移行する兆候が認められる段階。 補修要否：すぐに補修が必要であるとは限らない。 0.3kg/m ³ を越えて、1.2kg/m ³ 未満（劣化度D1） 想定される状況：構造物は劣化していないと考えられる段階。 補修要否：現状では補修は必要ない。 0.3kg/m ³ 以下（劣化度D2） 想定される状況：構造物は劣化しておらず、劣化の兆候も認められない段階。 補修要否：当面は補修を必要としない。 出典：土木研究所、日本構造物診断技術協会：非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル、p124,127,130、2003.10、技法堂出版
土木学会(1)	腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m ³ 解説：鋼材の腐食開始時期はかぶりにおける塩化物イオン濃度で判定する。鋼材の腐食状態と鋼材位置における塩化物イオン濃度から腐食発生限界塩化物イオン濃度を求める。これが出来ない場合は、【施工編】にある腐食発生限界塩化物イオン濃度1.2kg/m ³ を用いてもよい。 出典：2001年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】、p103、2001.1
土木学会(2)	腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m ³ 解説：鋼材の腐食開始時期はかぶりにおける塩化物イオン濃度で判定する。鋼材の腐食状態と鋼材位置における塩化物イオン濃度から腐食発生限界塩化物イオン濃度を求める。求められない場合は、【設計編】に順じて、腐食発生限界塩化物イオン濃度1.2kg/m ³ とみなしてもよい。 出典：2007年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】、p115、2001.1
土木学会(3)	腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.39～2.50kg/m ³ （表 3-5 参照） 解説：鋼材の腐食開始時期は鋼材表面における塩化物イオン濃度で判定する。類似構造物を含む点検結果がない場合やあっても設定できない場合で、設計や施工記録等の情報からセメントの種類および水セメント比を確認した上で、水セメント比の関係式から設定してもよい。 出典：2013年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】、p175、2013.10
日本港湾協会	2.0kg/m ³ 出典：港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007年版）、2014.7部分改訂最終更新
東京港湾頭公社	1.88 kg/m ³ 出典：大井埠頭棧橋劣化調査・補修マニュアル（案）一、1994.3

なお、発錆限界値については、最終的なとりまとめ「塩害に対する補修の留意点」において各管理者の設定値と推奨する限界値などについて詳述するため、ここでは文献の紹介のみとした。

5.3.2 塩害対策工法について

鋼材防食を目的とした塩害対策工法に関する北海道開発局の実績を整理する。

(1) 電気防食工法

橋梁点検調書で把握できる情報によると、塩害対策工法として電気防食工法で補修されている北海道開発局が管理する橋梁は、以下の通り H29 年度（2017 年度）末時点で 8 橋である。

1) 北海道開発局が管理する電気防食補修済みの橋梁

- 電気防食供用中 8 橋（次ページ一覧表の①～⑨、ただし撤去済みの④を除く）
- ①→⑨の順序は、電気防食による補修工事の実施年順
- ①～③ 1990 年代初期
（北海道開発土木研究所にて積雪寒冷地への適用性検討のため試験施工の後に本施工）
- ④～⑨ その後 20 数年は留萌、函館、網走に拡大
- ④は試験施工で、現在は撤去済

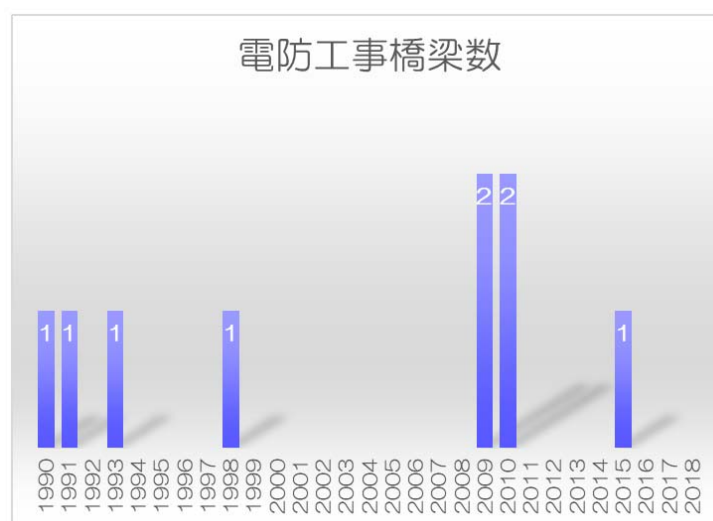
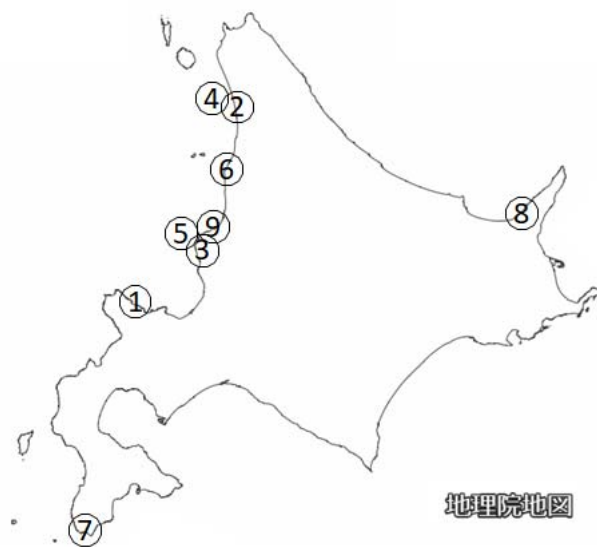


図 5.10 北海道開発局が管理する電気防食補修済みの橋梁

表 5.3 電気防食工法採用橋梁 8 橋（北海道開発局、H29 年度末時点）

地域	橋名 ○内:電防補修順	沿岸	上部工形式	年月 電防補修順	工法	電源方式 /陽極の種類
小樽 小樽道路	①R229恵比寿橋	日本海	単純RCT桁	1953.12 1990.09① 2010.03	竣工 電気防食試験施工 電気防食部品取替	・外部/チタメッシュ ・外部/チタメッシュ
留萌 羽幌道路	②R232金浦橋	日本海	単純RCT桁	1971.10 1991.10② 1994	竣工 電気防食試験施工 電気防食工法	・外部/導電塗料 ・外部/導電塗料
札幌 滝川道路	③R231雄冬橋★	日本海	単純RCT桁	1973.11 1993.08③ 1996 2014.03	竣工 電気防食試験施工 電気防食本施工 陽極取替	・流電/亜鉛シート ・流電/亜鉛シート ・流電/アルミ合金バネ
留萌 羽幌道路	④R232遠別橋	日本海	3径間連続PCポステン合成桁（2連）	1971.11 1998④	竣工 電気防食試験施工 （撤去済）	・外部/導電塗料 ・外部/チタメッシュ
留萌 留萌開発	⑤R232茶臼内橋	日本海	単純PCプレテン中空床版橋	1973.10 2009.03⑤	竣工 電気防食工法	・外部/チタ溶射
留萌 留萌開発	⑥R231湯泊橋★	日本海	RC函渠	1972.10 2009.11⑥	竣工 電気防食工法	・外部/リブメッシュ
函館 江差道路	⑦R228大磯橋	日本海 ～津軽海峡	4径間連続PC箱桁	1978.11 2010.01⑦	竣工 電気防食工法	・外部/陽極不明 （第1径間のみ）
網走 網走道路	⑧R334日の出大橋	オホーツク	単純PCT桁（6連）	1974.11 2010.03⑧	竣工 電気防食工法	・外部/リブメッシュ
留萌 留萌開発	⑨R231彦部橋★	日本海	単純PCポステン桁（4連）	1971.10 2015～16⑨	竣工 電気防食工法	・外部/リブメッシュ

④は撤去済のため橋梁数にカウントしていない

★は「5.4.1」現地部会にて視察対象橋梁

2) 電気防食工法の概要

工法の概要、工事費の参考情報、維持管理計画、システム概要、システムの点検要領について示す。なお、これらの情報はあくまでも一般的な内容であり、補修においては個別に検討する必要がある。

表 5.4 電気防食工法の概要

	電気防食工法
工法概要	電気防食工法は、継続的な通電を行うことによって、コンクリート中の鋼材の腐食反応を電気化学的に抑制し、鋼材腐食による劣化の進行を抑制する工法である。
システムの概要 （外部電源方式の例）	
防食対策の目的	腐食反応の抑制
期待される主な効果	腐食電池の抑制
通電期間	防食期間中継続
電流密度	0.001～0.03A/m ²
通電電圧	1～5V
電解液	---
効果の確認方法	電位または電位変化量の測定
効果確認の頻度	初年度1～2回/年，以降，1回/（1～5年）
出典：土木学会、コンクリートライブラリー107、電気化学的防食工法 設計施工指針（案）、pp9-10、2001.11	

表 5.5 電気防食工法の工事費の参考資料

工種	規格	仕様	単位	数量	単価(円)	耐用年数
電気防食工	陽極 配線・電源装置		m ²	1	100,000	部品20年 最大40年
	維持管理費	電気代	m ² ・年	1	600	
		配線・電源 装置取換	m ² ・20年毎	1	19,000	20年
		陽極	m ² ・40年毎	1	130,000	40年
仮設工	吊足場		m ²	1	9,300	

(注) 単価は直接工事費に諸経费率1.5を乗じた値である

出典：土木学会、コンクリート技術シリーズ110、材料劣化が生じるコンクリート構造物の維持管理優先度研究小委員会 委員会報告書、PP307、2015.11

表 5.6 電気防食工法の維持管理計画

点検	概 要	頻度 (目安)	調査費用 (参考値)
日常点検	・管理者が日常の巡回時に目視にて実施	日常巡回時	—
	・遠隔監視制御装置を設置の場合	日常執務時 (専用PC、子局、□ ガー等)	導入費用 1,000千円
定期点検	・専門知識を有する調査員が定期的実施	初年度:2回程度 次年度以降:1回/1~5年	150千円/回
詳細点検	・専門知識を有する調査員が実施 ・日常点検・定期点検の結果から異常が発見された 場合に実施(異常個所の原因を特定する) ・地震等の災害や事故により通電異常と推定された 場合、臨時点検として実施	異常時	250千円/回

出典：土木学会、コンクリートライブラリー107、電気化学的防食工法 設計施工指針（案）、pp 89-90、2001.11

表 5.7 電気防食工法のシステム概要

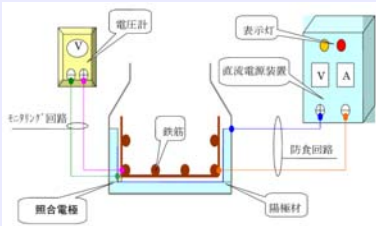
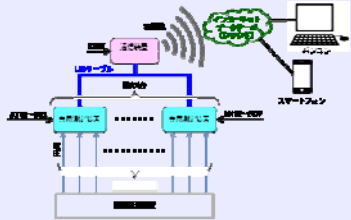
設置場所	装置名	装置の外観	装置のイメージ図
架橋地点 (土工部)	直流電源装置		
	モニタリング装置		
架橋地点 (防食対象部)	陽極システム		
	配管		
管理者デスク	遠隔監視制御装置	架橋地点側の 通信装置と専用測定装置 	

表 5.8 電気防食工法のシステム点検項目表

設置場所	装置名	点検項目	点検の種類				点検方法
			日常 遠隔 無	日常 遠隔 有	定期	詳細	
架橋地点 (土工部)	直流電源装置	外観	○	—	○	○	目視
		稼働状態	○	×	○	○	目視
		電流・電圧計測	—	—	○	○	測定
	モニタリング 装置	外観	○	—	○	○	目視
		稼働状態	○	×	○	○	目視
		電位・復極量計測	—	—	○	○	測定
架橋地点 (防食対 象部)	陽極システム	外観	—	—	○	○	目視
		計測	—	—	—	○	測定
	配管	外観	○	—	○	○	目視
管理者デ スク	遠隔監視制御 装置	直流電源装置、モ ニタリング装置の 稼働状態	×	○	—	—	目視 警告音

出典：土木学会、コンクリートライブラリー107、電気化学的防食工法 設計施工指針（案）、pp90、点検項目表に加筆、2001.11

(2) ガルバーシールド工法（電気化学的防食工法）

ガルバーシールド工法は、マクロセル腐食対策として補修後の早期劣化を防止する犠牲陽極工法である。なお、電気化学的防食工法の一つである。

マクロセル腐食とは、断面修復箇所と塩化物イオンが侵入している既設コンクリートの境界部において、劣化因子の供給量の差により電位差が生じることで「マクロセル腐食電流」が発生し、境界面の母材側に位置する鉄筋が腐食する現象である。

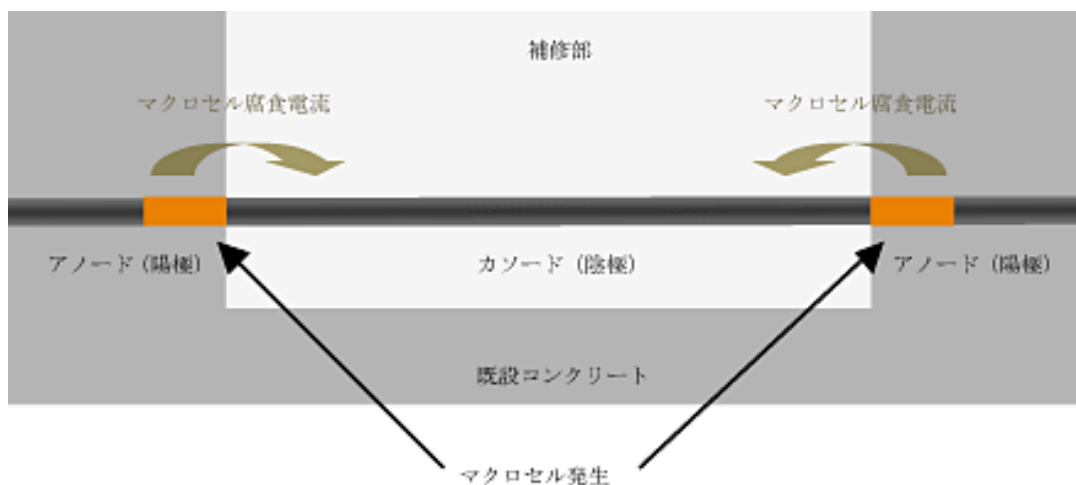
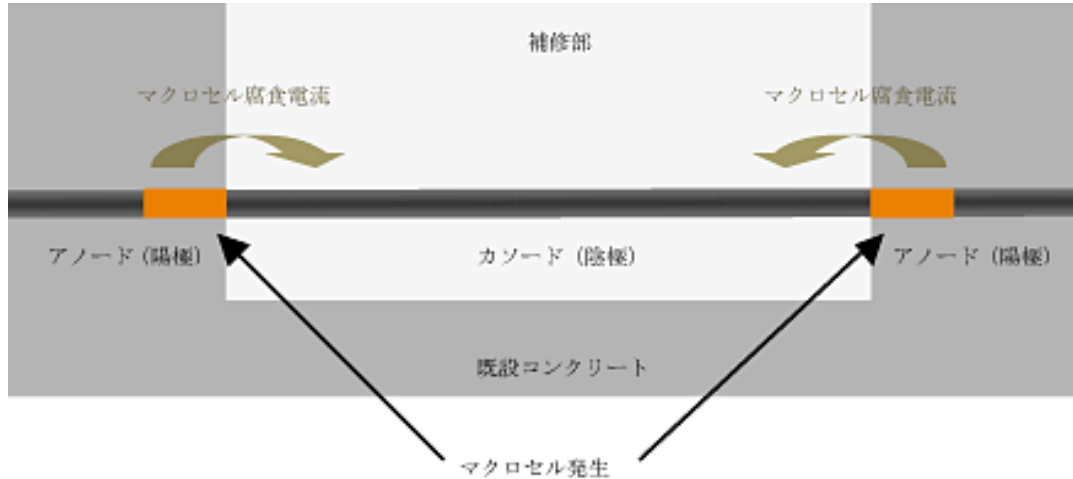


図 5.11 マクロセル腐食のイメージ図

（出展：<http://www.crdc.co.jp/product/galvashield.html>）

ガルバーシールド工法は、部分断面修復の際に、鋼材(鉄)よりイオン化傾向の大きいガルバーシールド（亜鉛）を補修部と未補修部の境界にある鋼材に設置することで、ガルバーシールドから鋼材に向かって防食電流が供給され腐食を防止する鋼材腐食防止工法である。亜鉛量により耐用年数は変わるが、15～35 年で設定する場合が多い。なお、通電状態はモニタリング出来ない。

断面修復のみ



断面修復+ガルバーシールド工法

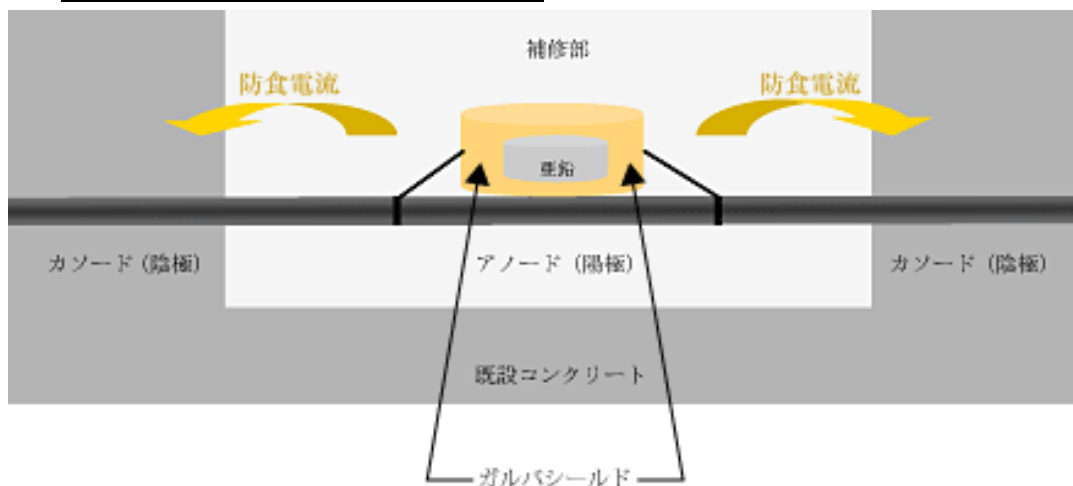


図 5.12 ガルバーシールド工法の概念図

(出展： <http://www.crdc.co.jp/product/galvashield.html>)



図 5.13 ガルバーシールド工法の適用事例

(出典：補修補強.jpHP より <http://hosyuhokyo.jp/hosyuhokyokouhou/galvashield/>)

(3) SSI 工法（鋼材腐食防止工法）

SSI 工法は、マクロセル腐食対策として「塩分吸着剤」入りの鉄筋防錆材を使用し、鉄筋の残存錆やコンクリート中に存在する有害な塩化物イオンを吸着固定し、亜硝酸イオンを放出することで、長期的にコンクリート中に高い防錆環境を創出するコンクリート品質改善型の断面修復技術を活用した鋼材腐食防止工法である。（NETIS：KK-100009-VR）

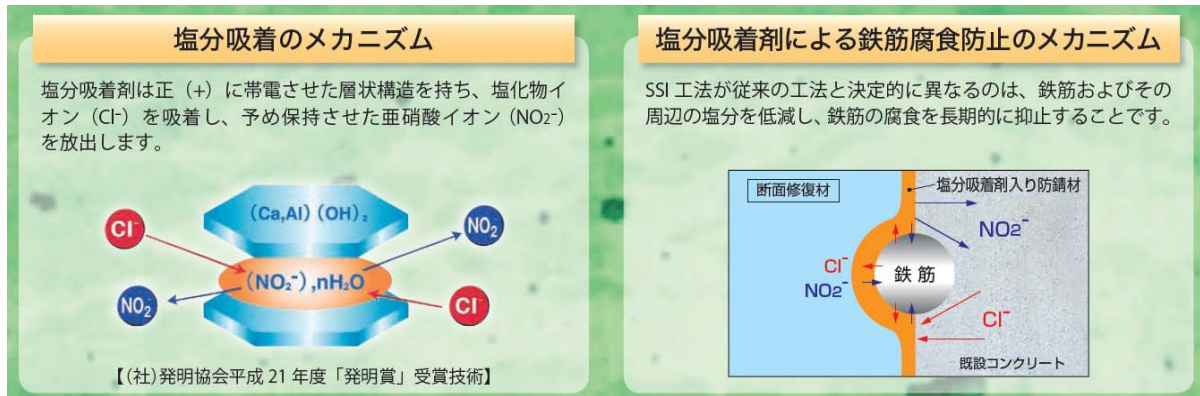


図 5.14 SSI 工法の概要

（出典：SSI 塩害対策工法研究会 HP より <http://ssikk.jp/index.html>）

5.4 塩害を対象にした詳細検討

5.4.1 第 1 回現地部会結果（留萌管内）

(1) 実施概要

日 時 : 平成 29 年（2017 年）9 月 27 日～28 日

参加者 : 下表

参加者	氏 名	所 属
委員	小室雅人	室蘭工大
	佐藤太裕	北海道大
	宮森 保紀	北見工大
アドバイザー	西 弘明	寒地土研 寒地構造 T
	安中新太郎	寒地土研 耐寒材料 T
	内藤 勲	寒地土研 耐寒材料 T
専門技術者	5 名	
事務局	5 名	橋梁診断員を 2 名含む



図 5.15 対象橋梁



写真 5.1 現地視察状況



写真 5.2 現地部会状況
(9/27 宿泊ホテル内会議室)

(2) 机上調査結果

現地部会に先立って塩害再劣化 11 橋の机上調査を実施した。塩害再劣化橋梁は全 14 橋であったが、損傷部材が防護柵（2 橋）と床版（1 橋）分は対象外としたため 11 橋である。

机上調査は、診断所見の再確認、補修設計資料や工事資料の収集および内容確認である。

表 5.9 机上調査まとめ【PC プレテン桁】

プレテン桁		函館			留萌
		泊川橋	ホヰメリ橋	大沢橋	礼受橋
建設年次		S44（1969）	S47（1972）	S47（1972）	S46（1971）
補修年度		H21	H21	H21	H22
点検年度		H22,H27	H22,H27	H22,H27	H27
対策区分		S1	S1	S1	S1
調査内容	塩分量(kg/m3) 発錆限界：1.2	4.5	1.9	1.6	H21:2.7 H18:7.5
	かぶり調査(mm) 最小かぶり：30	15	15	27	27.7
	鋼材腐食	調査なし	調査なし	調査なし	グレードⅣ （破断あり）
	その他				ASRあり
補修内容	表面処理のみ	○	○	○	
	断面修復のみ				
	断面修復＋表面処理				○
	その他	橋面防水			繊維プレート補強
再劣化の内容		主桁剥離・ひびわれ・錆汁			ひびわれ増加・錆汁
再劣化の原因（推定）		除塩を行わず、含浸材のみ塗布していること、鋼材腐食抑制効果を持つ含浸材に期待しているが、その効果が発揮されていないと推察される。 ※かぶりが薄いプレテン桁では構造上はつりが困難であること、断面修復によるコールドジョイントが懸念されることから、含浸材を選択した経緯がある。			塩害・ASRの複合劣化であり、補修で対応可能なレベルではなかった可能性がある。

表 5.10 机上調査まとめ【RCT 桁】

RCT 桁	函館		留萌
	相沼内橋		臼谷橋
建設年次	S32 (1957)		S36 (1961)
補修年度	H26		H20
点検年度	H27		H22,H27
対策区分	S1		S1
調査内容	塩分量(kg/m ³) 発錆限界：1.2	1.6～5.7	1.5～4.7
	かぶり調査(mm) 最小かぶり：30	36	33～90
	鋼材腐食	グレードⅡ (表面さび)	グレードⅡ～Ⅳ (桁のかぶりにより異なる)
	その他	中性化24mm	中性化5～7mm
補修内容	表面処理のみ	○全体	
	断面修復のみ		○ポリマーセメントモルタル吹付け
	断面修復＋表面処理	○うき範囲のみ	
	その他	既設保護塗装除去、補強鋼板は再塗装 伸縮装置、防水工補修	鉄筋腐食状況に応じ防錆処理実施
再劣化の内容		主桁断面修復箇所以外のひびわれ・うき、補強鋼板の塗装劣化	主桁断面修復部に主鉄筋に沿ったひびわれ、床版断面修復部にひびわれ・遊離石灰
再劣化の原因（推定）		除塩を行わず、含浸材のみ塗布していること、鋼材腐食抑制効果を持つ含浸材に期待しているが、その効果が発揮されていないと推察される。	内塩分が高いため、マクロセル腐食の可能性がある。 ※発錆限界を2.5kg/m ³ として断面修復厚を決定している。

表 5.11 机上調査まとめ【BOX カルバート】

BOXカルバート		小樽				留萌
		高谷橋	大黒橋	五郎ベエ沢橋	福土橋	萱泊橋
建設年次		S44（1969）	S44（1969）	S43（1968）	S46（1971）	S45（1970）
補修年度		H21	H22	H21	H21	H21
点検年度		H22,H27	H27	H22,H27	H22,H27	H22,H27
対策区分		S1	S1	S1	S1	B
調査内容	塩分量(kg/m ³) 発錆限界：1.2	既設：9.1 拡幅：4.6	8.7	13.6	5.4	4.2～5.0
	かぶり調査(mm) 最小かぶり：70	60	59	37	47	32
	鋼材腐食	グレードⅣ （断面欠損）	グレードⅣ （断面欠損）	グレードⅣ （断面欠損）	グレードⅣ （断面欠損）	グレードⅣ （破断あり）
	その他	中性化50mm	中性化44mm	中性化-20mm	中性化34mm	中性化5.5mm
補修内容	表面処理のみ					
	断面修復のみ	○頂版（ポリマーセメント吹付）				
	断面修復＋表面処理	○側壁（RC-2S）				○頂版（ポリマーセメント充填）、底版・側壁（RC-2S）
	その他	かぶり90mm確保、鉄筋防錆処理				
再劣化の内容		断面修復部にひびわれ発生。遊離石灰・錆汁析出。			修復部にひびわれ発生。錆汁析出。小口のうき。	断面修復部にひびわれ・遊離石灰
再劣化の原因（推定）		漏水は橋面水の影響と推察。ひびわれやうきは、マクロセル腐食の可能性はある。 ※発錆限界を2.5kg/m ³ として断面修復厚を決定している。				乾燥収縮の可能性が高いが、マクロセル腐食の可能性はある。 ただし、現地確認した結果では、乾燥収縮ひびわれが主と考えられ、再劣化していない事例に該当するとの意見が多かった。

分析結果の考察

1) 調査項目

橋梁毎に調査内容が異なる。

調査は、塩分量・かぶり・中性化の他、鋼材腐食調査（はつり調査）も行った方がよいと考えられる。

2) 発錆限界値の設定

発錆限界値を 2.5kg/m³ として補修した橋梁の再劣化事例を確認した。

補修設計では、各種知見（基準、文献等）や再劣化が発生していない事例を参考に、発錆限界値を適切に設定することが重要と考えられる。

3) 補修方法

含浸材塗布により補修されたプレテン桁で、再劣化（ひびわれ、錆汁、うき等）を確認した。

プレテン桁は、かぶりが小さいために、除塩目的の断面修復が採用できず、含浸材の腐食抑制効果に期待して補修するケースがある。断面修復ができない PC 桁の補修では、電気防食や架け替えも含めた幅広い視点での検討が必要な場合もあると考える。

(3) 現地調査結果

1) 雄冬橋 [電気防食、再劣化していない]

本橋は、電気防食工法による補修が行われた結果、再劣化していない例である。

平成 5 年に全面に敷設された電気防食パネルの劣化が確認され、3 年前に陽極材（アルミ合金パネル）を交換されており、塩害の進行が抑制されている。

調査では、内在塩分 10kg/m^3 ではあるが、鉄筋に腐食は見られず、通電効果があったと報告されている。



写真 5.3 雄冬橋 電気防食工法（防食パネル）

2) 湯泊橋 [電気防食、再劣化していない]

本橋は、電気防食工法による補修が行われた結果、再劣化していない例である。

平成 21 年に断面修復＋電気防食（リボンメッシュ）で補修されており、平成 23 年の点検では異常は発見されていない。平成 28 年の点検では、電気防食設備の不良（ケーブル脱落）があり、要調査と判定されている。



写真 5.4 湯泊橋 電気防食工法（リボンメッシュ）

3) 彦部橋〔電気防食、再劣化していない〕

本橋は、平成 27 年に電気防食工法による補修が行われた結果、再劣化していない例である。

過去の点検では、鉄筋露出が多数発生し、塩分量は高いところで 8kg/m^3 程度と報告されている。塩害対策として、電気防食工法（リボンメッシュ）が採用された。

詳細調査では PC 鋼材の腐食が確認されたため、外ケーブル補強も実施されている。平成 29 年度に補修後の橋梁点検が実施されている。



桁下面



写真 5.5 彦部橋 電気防食工法（リボンメッシュ）

4) 礼受橋〔含浸材塗布＋表面被覆＋プレート補強、再劣化〕

平成 22 年に、塩害・ASR 補修を行った橋梁である。含浸材は ASR 対策と塩害対策を兼ねて施工された。そのほか表面被覆を実施し、炭素繊維プレートで補強されているが、その後もひびわれの増加、錆汁の析出、部分的な剥落の発生などの劣化進行が確認されている。



写真 5.6 礼受橋の再劣化状況

5) 臼谷橋〔はつり＋全面断面修復（吹付）、再劣化〕

平成 20 年に、塩害補修を行った橋梁である。除塩を目的とした全面のはつりと吹付による断面修復を実施しているが、主鉄筋に沿ったひびわれの再発など再劣化が確認されている。



写真 5.7 臼谷橋の再劣化状況

6) 萱泊橋〔内空全面断面修復、再劣化〕

平成 21 年に、内空断面の全断面修復を行ったボックスカルバートである。H23 点検では損傷なしと診断されたが、H27 点検ではひびわれが発見され再劣化と診断された。

ただし、現地で確認したところ、ひびわれは断面修復材の乾燥収縮による可能性が高く、うきも発生していないため、補修方針および補修後の経過は概ね良好ではないかと考えられる。



写真 5.8 萱泊橋(BOX)の再劣化状況

（4） 現地部会議事録

- ・ 現地部会で視察した電気防食工法事例について、母材が見えない全面パネル方式は、凍害等他の損傷状況を目視することができないため、対策後の維持管理性の観点で課題がある。一方、彦部橋（PCT）のリボンメッシュ方式の場合は補修後も母材を目視点検することが可能である。
- ・ 電気防食工法の通電状況を確認（維持管理）するには、専門的な技術が必要となるため、5 年に 1 回の定期点検に合わせて確認するなどのルール化を検討するべきである。
- ・ 礼受橋（PC プレテン桁）は、ASR の膨張に加え、塩分量も高いことから、必要に応じて抜本的な対策も含めた検討が必要だと思われる。
- ・ 臼谷橋（PCT）では、漏水の影響が見られたため、防水工を先行して補修したかどうかが重要と考える。また、主桁ひびわれは、錆汁が出ていないため、再劣化か否かを判断するのは難しい。H30 年度に詳細調査の計画があるとのことから、調査結果を確認するべきである。
- ・ 萱泊橋（BOX）のひび割れは、乾燥収縮が原因と見受けられる。また断面修復厚も厚く、十分な除塩ができていると思われる。
- ・ 塩分量が高い橋梁の延命は、電気防食工法が効果的であるが、コストと通電施設の維持管理が課題である。そのため、塩害特定点検等の定期的な詳細調査を踏まえ、鉄筋腐食等重大な損傷に至る前に、表面処理や最小限の断面修復による予防保全対策が最適と考えられる。

（5） 今後の活動予定

1) 調査サンプル橋梁の追加の必要性

当該詳細検討では、平成 27 年度の橋梁点検・診断成果から再劣化対象橋梁を抽出したが、補修設計及び施工の留意点整理に向けて、より多くの再劣化事例と予防保全対策の補修事例が必要である。

2) 再劣化していない事例調査の必要性

塩害補修の留意点整理に向けては、表面処理工法の適用限界や、断面修復で対応可能な損傷劣化の状況や除塩深さ（=断面修復深さ）の指標となる発錆限界値等の検討のために、再劣化していない事例の検証が重要である。

3) 今後の活動方針

さらに多くの橋梁診断の成果をもとに、橋梁の各種補修事例や再劣化事例をさらに抽出した上で、資料を収集・分析し、第 2 回現地部会にて現地調査で精度を高めることとする。

並行して、文献調査として、塩害補修に関する最新知見、補修材料・工法技術、積雪寒冷地での適用性などの調査等も行うこととする。

5.4.2 第 2 回現地部会計画（函館管内）

第 2 回現地部会は、当初予定では平成 30 年 9～10 月に開催する計画であったが、9 月に北海道胆振東部地震が発生したため現地部会は中止し、平成 31 年度（令和元年度）に延期することとした。本報告は平成 30 年度までの活動報告であることから、ここでは第 2 回現地部会の実施計画までを示す。

（1）実施計画

塩害に対する補修の留意点の整理に向けて、より多くの再劣化事例、対策補修事例、再劣化していない事例の調査分析が必要なため、第 2 回現地部会を開催することとした。

開催予定 : 令和元年 6 月

開催目的 : 補修後の再劣化事例の調査、塩害対策工法適用事例の調査

調査地区 : 函館開発建設部管内 熊石～江差～松前地区（図 5.16 参照）

調査橋梁 : 7 橋

塩害再劣化 : 5 橋（5.2.2 で抽出した 18 橋から形式等を考慮し選出）

塩害対策工法適用事例 : 2 橋

参加予定者 : 委員数名、寒地土木研究所アドバイザー数名、橋梁 WG 専門技術者、Rmec 事務局数名、Rmec 橋梁診断員 1～2 名

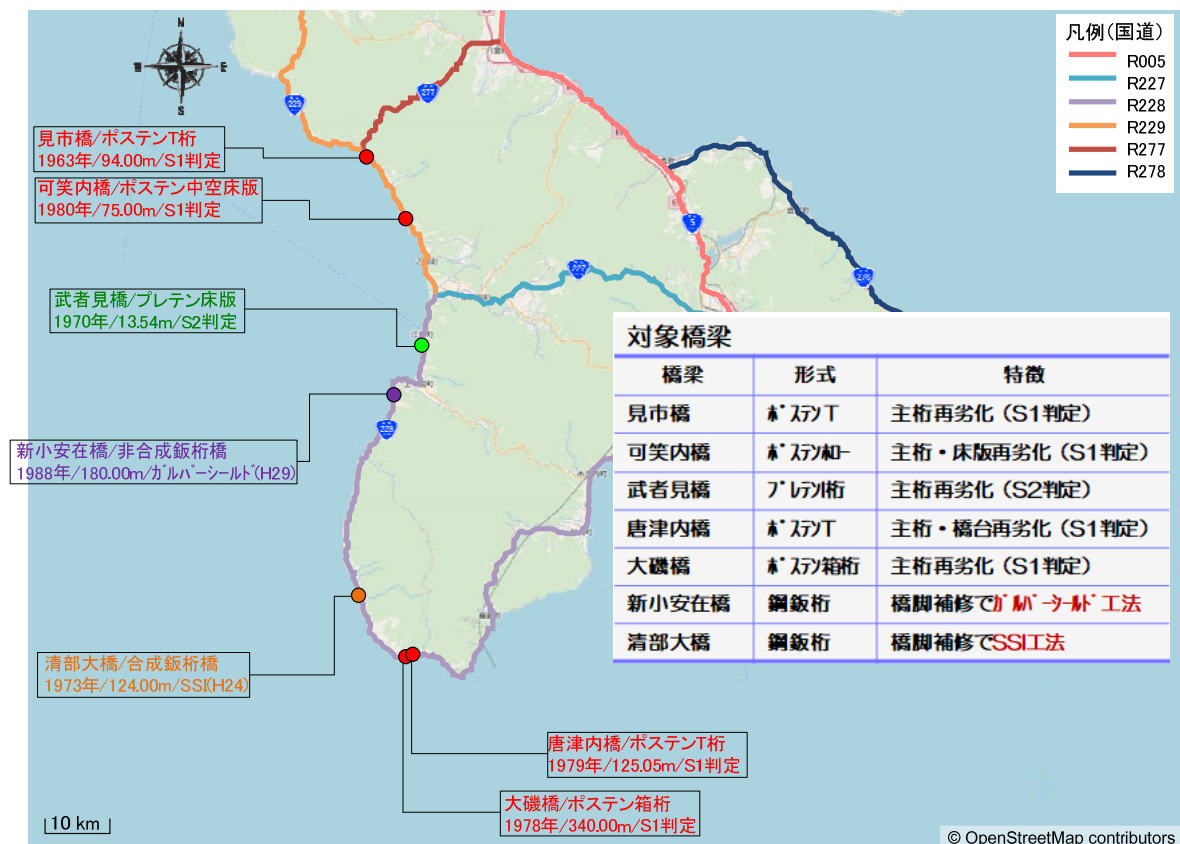


図 5.16 調査地区と対象橋梁

(2) 現地部会調査橋梁の抽出

塩害再劣化橋梁は、5.2.2 で抽出した 18 橋（函館開建管内）から形式や劣化状況等を考慮して 5 橋を選出した。塩害対策工法適用事例は、対象地区内の補修済み橋梁を調査し、2 橋を選出した。

調査橋梁選出のポイント

- ・再劣化橋梁数が多い函館開発建設部管内を調査地区の 18 橋から選出
- ・上部工形式をすべて網羅できるように橋梁を選定（補修状況や劣化状況を考慮）
- ・塩害対策工法として以下の工法を適用した事例橋梁を抽出
 - 「ガルバーシールド工法」（内部流電方式による電気防食工法）による補修橋梁
 - 「SSI 工法」（塩分吸着剤入り防錆材を使用する断面修復工法）による補修橋梁
- ・1 泊 2 日で見学可能な工程を策定

(3) 現地部会後の詳細検討計画

1) 再劣化橋梁の机上調査

現地部会後は、平成 28、29 年度の点検・診断橋梁から抽出した 34 橋の再劣化橋梁に関する机上調査を実施する。現地部会机上調査の要領は下記の通り。

机上調査要領

- ・診断所見の再確認
- ・補修設計・工事資料の収集
- ・再劣化の過程や原因を、補修設計・工事の側面から机上調査

※「机上調査様式」は右表の通り

なお、現地部会に向けて函館開建管内の対象 18 橋について先行して机上調査を行った。その結果を次ページ表 5.12 に示す。

2) 再劣化していない橋梁の机上調査

平成 25～29 年の点検・診断結果から、補修後に再劣化の所見が無い橋梁を抽出し、再劣化橋梁と同様の内容について机上調査を実施する。

再劣化していない橋梁の抽出方法および抽出した橋梁を次項(4)に示す。

R231 置泊橋 H17年の点検結果からH21年補修設計及び補修工事、H23年定期点検では損傷なし H27年定期点検で損傷が確認される
劣化状況、劣化原因の特定等 塩害による劣化 写真①に示す（平成21年2月撮影） ■劣化状況（外観目視調査） 頂版は、吐口部に1.2mmのひび割れのほか、広範囲に浮きが確認され、剥離・鉄筋露出が多数確認されている。側壁は、吐口部1.5mmのひび割れのほか、終点側に浮きや剥離・鉄筋露出が確認されている。また、型枠のセパレータ跡から錆汁が発生している。 鋼材の腐食度は『塩害橋梁維持管理マニュアル（案）』に準拠して判定すると、判定区分④となり、断面欠損が著しい『腐食』の状態である。
劣化原因の特定 詳細調査結果から、塩害が原因の損傷（グレードⅢ）がみられる。
調査、評価方法等 外観目視調査に加え、コア採取による塩化物イオン含有量調査、中性化深さ、コンクリートの圧縮強度・静弾性係数試験を実施しコンクリートの健全度を評価した。また、はつりを実施し、鋼材の腐食度調査も実施している。 ■鋼材の腐食度調査（図-1参照） かぶり厚（最小32mm）が設計値を満足していないほか、かぶり不足部の鋼材腐食度はⅣ（断面欠損を伴う）状態である。 ■塩化物イオン含有量試験（表-1、図-2参照） 1) 表面に近いほど海岸線近郊の構造物特有の高い濃度の塩化物イオン含有量が検出され、深部になるほど低い傾向を示す。 2) 鋼材位置における塩化物イオン含有量は、0.7～9.8kg/m ³ であり、かぶり厚さ（鋼材位置）の値により大きくばらつきが見られる。 3) 鋼材の設計かぶり（鋼材位置）における塩化物イオン含有量は、4.2～5.0 kg/m ³ であり、「腐食を生じうる」と判断される。 以上より、調査位置における塩化物イオン含有量は、鋼材位置の違いから大きなばらつきが見られたが、設計かぶり値における塩化物イオン含有量から、「塩害劣化」を生じる可能性が高いと判断される。 ■圧縮強度・静弾性係数試験（図-3参照） 圧縮強度の実測値は、採取したコンクリートコアの圧縮強度は、全試料が設計基準強度と同等以上の強度が確認されたことから、『健全である』と評価した。 静弾性係数の実測値は、静弾性係数試験結果の評価法※に準じて、静弾性係数試験値と標準値の範囲により判断した。試験値は、概ね圧縮強度に対する標準値を上回っておりあることから『健全である』と評価した。 ■中性化深さ試験（図-4参照） 調査対象橋梁は、塩害環境下に架橋されているため、『塩害橋梁維持管理マニュアル（案）2.3.4 中性化深さ調査結果の判定に準拠して、中性化残り深さを25mmとして評価する。 本橋においては、頂版において中性化残り深さが現時点で24.5mm、将来予測値で20.0mmとなっており、中性化による劣化が懸念される。
補修工法（方法）、補修範囲 調査結果を踏まえ、鉄筋腐食の原因となる塩化物イオンを確実に除去し、補修後の塩化物イオンの侵入を防ぐとともに、ライフサイクルコストが優れる方法を選定する。 頂版は、ポリマーセメント系モルタルを使用し、側壁及び底版についてはコンクリート（膨張コンクリート）を使用する。また、補修断面のかぶりは塩害S区分を考慮して90mmのかぶりを確保した。 補修断面には、表面保護としてシラン系表面含浸材を併用した。
再劣化（うまくいったorいかなかった）の詳細 平成27年補修後の定期点検実施 ・A1橋台壁全体に最大幅 0.2mmの遊離石灰を伴う鉛直方向ひびわれが5本見られる。 ・H21年度の断面修復後に発生したひびわれであり、乾燥収縮と推定されるが、塩害の可能性もある。 【損傷性状に関する見立て】 ・遊離石灰に錆汁の浸入は見られず、現時点では鋼材の著しい腐食には至っていないと推定され、耐荷力や耐久性に支障が生じている可能性は低いと推定される。 【損傷の進展予測】 ・補修後に発生したひびわれであり、塩害の再劣化であれば、進展する可能性がある。 ・進展する可能性はあるものの、BOXカルパートにおける断面修復部の損傷であり、現状では、鉄筋の腐食・膨張による剥離・鉄筋露出や錆汁は認められず、次回点検まで放置しても、耐久性が著しく低下する懸念は少ないと推定される。 【結論】 ・以上より、塩害による鋼材の防錆を目的とした措置（断面修復、マクロセル腐食の防止）を耐久性確保の観点から、必要に応じて行うのが望ましい。
参考文献あるいは図表図書 ・塩害橋梁維持管理マニュアル（案） （独）土木研究所、日本橋梁診断技術協会：非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル
今後の課題 今後の点検結果で、損傷の進行があれば、再劣化の可能性はある。

表 5.12 函館開発建設部管内の再劣化橋梁の診断所見

No.	出張所	路線	名称	上部工形式	部材	損傷の種類	対策区分判定	再劣化概要(診断所見より)
1	函館	278	日浦橋	プレテン床版	主桁	ひびわれ	S1	断面修復部に、錆汁、剥離が見られる。
2	函館	278	中島橋	プレテン床版	主桁	ひびわれ	S1	断面修復部の桁下面に錆汁の滲出を伴う橋軸方向ひびわれが見られる。
3	八雲	229	蛇羅橋	RC溝橋(BOX)	縦壁	うき	B	断面修復部の縦壁に局部的なうきが見られる。
4	江差	228	松浦橋	プレテン床版	主桁	うき	S2	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、WJ工法によるはつり作業を行った際に、PC鋼材の破断が確認された。その際行われた施工検討において、プレストレスを減じた応力照査により、許容値を満足しているとの結果となっている。また、塗膜系橋面防水工が施工されているが、剥離や、うき、錆汁が見られる。
						剥離・鉄筋露出	S2	
						漏水・遊離石灰	S2	
5	江差	228	白神橋	プレテン床版	主桁	漏水・遊離石灰	S2	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、WJ工法によるはつり作業を行った際に、PC鋼材の破断が確認された。その際行われた施工検討において、プレストレスを減じた応力照査により、許容値を満足しているとの結果となっている。また、塗膜系橋面防水工が施工されているが、錆汁、ひびわれ、剥離、鉄筋露出等が見られる。
						ひびわれ	S2	
						剥離・鉄筋露出	S2	
						うき	S2	
6	江差	228	大磯橋	ポステン箱桁	主桁	剥離・鉄筋露出	S1	断面補修、シラン系含浸材の塗布が行われているが、剥離・鉄筋露出及びうきが見られる。
7	江差	228	古樫橋	プレテン床版	主桁	剥離・鉄筋露出	S2	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、さび汁、剥離が見られる。
						漏水・遊離石灰	S2	
8	江差	228	武者見橋	プレテン床版	主桁	ひびわれ	S2	補修工事にて部分断面修復及び表面含浸材塗布が行われているが、ひびわれ、うき、遊離石灰の滲出、剥離が見られる。
						うき	S2	
						漏水・遊離石灰	S2	
						剥離・鉄筋露出	S2	
9	江差	229	可笑内橋	ポステン中空床版	主桁	うき	S1	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)が塗布されているが、補修箇所のほぼ全長にわたり、うきが見られる。
10	函館	278	原木橋	プレテン中空床版	主桁	うき	C2	断面修復、ひびわれ補修及び表面処理、床版防水工が行われているが、局部的な剥離、鉄筋露出、うきが見られる。
						剥離・鉄筋露出	C2	
11	八雲	5	姥谷跨線橋	RC 中空床版	主桁	ひびわれ	S1	断面補修、含浸材塗布が行われているが、橋軸方向ひびわれやうきが見られる。
						うき	S1	
12	八雲	5	石倉跨線橋	ポステン中空床版	床版	うき	S1	断面修復部にうきが見られる。
13	江差	228	沖見橋	プレテン床版	主桁	ひびわれ	S2	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われている。また、はつり作業を行った際に、PC鋼材の破断が確認され、応力照査結果より補強が必要との結果となり、炭素繊維シート補強も併せて行われているが、さび汁を伴う局部的なひびわれが見られる。
						ひびわれ	S2	
14	江差	228	唐津内橋	ポステンT桁	主桁	漏水・遊離石灰	S1	断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、ひびわれや遊離石灰の滲出が見られる。
15	江差	228	大尽内橋	プレテン中空床版	主桁	漏水・遊離石灰	S1	既設塗膜撤去の上、断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、ひびわれ、さび汁を伴う遊離石灰の滲出が見られる。
						ひびわれ	S1	
					PC定着部	うき	S1	既設塗膜撤去の上、断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、横桁横締め定着部の保護コンクリートの一部にひびわれやうきが見られる。
					縦壁	うき	S1	
16	江差	228	津澗内橋	プレテン中空床版	主桁	ひびわれ	S1	既設塗膜撤去の上、断面修復及び含浸材(鉄筋腐食抑制型)塗布が行われているが、橋軸方向にひびわれが見られ、錆汁を伴ううきも見られる。
17	江差	229	見市橋	ポステンT桁	主桁	漏水・遊離石灰	S1	既設塗膜撤去の上、断面修復及びケイ酸塩系改質剤塗布が行われているが、横桁横締め定着部の保護コンクリートの一部に錆汁を伴うひびわれやうき、局部的な剥離、鉄筋露出が見られる。
						補修・補強材の損傷	S1	
						うき	S1	
						ひびわれ	S1	
						漏水・遊離石灰	S1	
					PC定着部	ひびわれ	S1	
						剥離・鉄筋露出	S1	
18	江差	229	姫川橋	ポステン中空床版	主桁	うき	S1	断面修復および含浸材塗布が行われているが、うきが見られる。

(4) 再劣化をしていない事例の抽出

H25～29 の点検・診断結果から、以下のとおり抽出した。

- ・コンクリート橋の内、前回の点検（H20～24）で損傷原因が「塩害」の橋梁 160 橋を抽出。
- ・160 橋のうち、補修履歴ありの橋梁 132 橋を抽出。
- ・132 橋のうち、補修工事後に点検・診断を更新した橋梁 70 橋を抽出。
- ・70 橋のうち、診断結果で主要部材に補修の必要性がない（C、S 判定がついていない）と判断された橋梁 11 橋（表 5.13）を抽出。

表 5.13 再劣化をしていない事例

建設部	事務所	路線	橋名	橋種	橋梁形式	橋長	架設 竣工年	塩害地域 区分	点検完了 年度	補修補強 最新年度
函館	江差道路事務所	228	中の川橋	RC橋	単純R C T 桁橋	11.6	1963	C- (3)	2016	2009
			森越橋	PC橋	単純PCボスメント桁橋	45.45	1987	C- (3)	2016	2009
	函館道路事務所	278	潮見橋	RC橋	単純RCラーメン橋	9.5	1993	C- (2)	2016	2013
			大堀川橋	RC橋	BOXカルバート	6	1975	C- (S)	2016	2009
小樽	岩内道路事務所	229	禪寺橋	RC橋	BOXカルバート	4	1984	B- (S)	2016	2015
			中正橋	RC橋	BOXカルバート	2.5	1974	B- (S)	2016	2009
室蘭	室蘭道路事務所	36	御崎高架橋 (下り)	RC橋	3径間連続 RC中空床版橋2連	100.28	1978	D	2014	2013
	有珠復旧事務所	37	虹田橋	PC橋	単純PCプレテン床版橋	17	1965	C- (2)	2015	2014
	苫小牧道路事務所	235	賀張橋	RC橋	単純R C T 桁橋3連	42	1960	C- (3)	2017	2013
留萌	羽幌道路事務所	40	円山橋	RC橋	BOXカルバート	5	1959	D	2014	2012
		232	中間橋	RC橋	BOXカルバート	4	1970	B- (S)	2015	2010

以上 11 橋について、資料収集を行い机上調査を次年度に実施する。

5.5 とりまとめに向けて

成果のとりまとめは、再劣化事例や再劣化が発生していない事例における補修設計や施工の特徴を検討し、「塩害に対する補修の留意点」を整理することとする。とりまとめに際しては事例を整理して併せて紹介する。

とりまとめに向けた着目点は以下を想定している。

- | | |
|------------|---|
| 「詳細調査項目」 | : 実施を推奨すべき調査（塩分量調査、鋼材腐食調査など） |
| 「鋼材の発錆限界値」 | : 安全側となる設定（基本は 1.2kg/m^3 が目安） |
| 「補修工法選定内容」 | : 断面補修範囲の設定（局部の場合、全面の場合）
鋼材腐食防止対策の要否（マクロセル腐食対策など）
構造物の重要度や予算を踏まえた補修計画の考え方
施工計画および仮設計画に関する留意点 |
| 「補修後の管理」 | : 橋梁点検以外に行うべき橋梁管理の留意点
・電気防食工法の通電状況の確認など管理上の留意点
・自然電位計測等による腐食状況の追跡調査
（追跡調査→補修→点検(監視)→追跡調査） |

以上