

論文 第三者被害予防措置における損傷進行と鉄筋腐食進行リスクに関する研究

岸村 和守^{*1}・勝木 太^{*2}

要旨：凍結防止剤散布量の多い中部地方整備局管内の事務所が管理している橋梁を対象とし、腐食の取扱い委員会報告を参考に、第三者措置及び橋梁定期点検の実施内容を鑑み、コンクリートの状態及び外部環境区分を設定し、鉄筋腐食リスクを選定した。外部環境区分の変化を見込み、最新の点検結果に基づき外部環境区分2を設定し、これに対応させた鉄筋腐食進行リスクを3段階に設定した。平均累積損傷面積勾配は鉄筋腐食進行リスクが高い場合に大きい値となった。損傷進行が有った場合には、平均累積損傷面積勾配が大きい結果となった。検討結果に基づき部材の健全性を診断し、区分に基づいた今後の対応方針を選定した。

キーワード：第三者被害予防措置、外部環境区分、鉄筋腐食進行リスク、全国道路施設点検データベース

1. はじめに

国土交通省が管理する道路橋では、第三者被害の可能性のあるコンクリート部材に対し2～3年毎に、「橋梁における第三者被害予防措置要領（案）」¹⁾により2005年より応急措置及び防錆処置が実施され、対象橋梁1橋当たり1回～7回程度継続的に措置されている。このため、第三者被害予防措置（以下、「第三者措置」という）の結果を分析し、第三者被害を発生させない効果的な補修対策を講じることが重要と考えられるものの、コンクリートを叩き落とす第三者措置の記録はあまり活用されていない現状にある。

著者ら²⁾は、これまでの研究を踏まえ橋梁上部工において第三者措置の結果に基づき損傷進行シナリオの構築を試みた。また、(公社)日本コンクリート工学会のコンクリート中の鉄筋腐食の統一的な取扱いに関する研究委員会報告書³⁾(以下、「腐食の取扱い委員会報告」という)では、コンクリートの状態と外部環境区分の組合せに対応した鉄筋腐食リスク等がまとめられた。

本研究は、第三者措置の記録を平均累積損傷面積勾配²⁾の観点で分析することなどを行い、第三者措置における損傷進行と鉄筋腐食進行リスクなどに関する研究を目的とした。なお、腐食の取扱い委員会報告が提案した鉄筋腐食リスクに対して本研究で使用する鉄筋腐食進行リスクとは、継続的な外部環境作用によって鉄筋腐食が進行するリスクを表す指標として筆者らが新しく提案した。これは、将来的に、第三者被害予防措置後における補修・補強の必要性を判断する指標として利用することを目指している。

2. 検討対象橋梁の概要

2.1 検討対象橋梁の収集

積雪寒冷地の橋梁においては、凍結防止剤散布に伴う塩害劣化の進行が速く環境条件が厳しいことが知られている。このため、損傷の進行が速いことが予想される中部地方整備局管内で凍結防止剤散布量の多い1事務所が管理している第三者措置を実施する全橋梁を対象に検討することとした。なお、対象橋梁は全国道路施設点検データベース⁴⁾よりデータを収集した合計84橋である。

2.2 検討データのとりまとめ⁴⁾

対象橋梁において、第三者被害予防措置調書（以下、「第三者調書」という）、橋梁定期点検時に記録された点検調書（以下、「定期調書」という）、橋梁管理カルテ及び道路管理データベース(MICHI)に関してデータベース上の全てのデータを収集した。これらに基づき、橋梁形式、完成年度、設計基準、塩害地域区分、定期点検年度と結果の記録(部材ごと)、第三者措置年度と結果の記録(部材ごと)、補修補強工事年度と工事内容等に関してとりまとめた。

3. 腐食の取扱い委員会報告の概要

腐食の取扱い委員会報告では、コンクリート外部環境とコンクリート内部の鉄筋近傍環境の関連性に着目している。ここでコンクリートの外部環境とは、「コンクリートに内在する鉄筋に対して水や酸素が作用するコンクリート表面が受ける環境」と定義されている。具体的には、常時乾燥環境(液体の水または高湿度の空気との接触がない環境)、比較的乾燥環境(液体の水または高湿度の空気との接触が少ない環境)、乾湿繰返し環境(液体の水ま

*1 (株)建設技術研究所 東京本社インフラマネジメントセンター上級技師 工修 (正会員)

*2 芝浦工業大学 工学部土木工学課程教授 博士(工学) (正会員)

たは高湿度の空気との接触〔頻度と1回あたりの時間〕が多く、かつコンクリート表面が乾きやすい環境)、比較的高湿度環境(液体の水または高湿度の空気との接触〔頻度と1回あたりの時間〕が多く、かつコンクリート表面が乾きにくい環境)、常時高湿度環境(常に液体の水との接触がある環境)の5区分とされた。また、コンクリートの状態(影響因子の組合せ)と外部環境区分との組合せに対応した鉄筋腐食リスクが示され、対象とするコンクリートのかぶり、ひび割れの有無、内在塩分量を調査することで、コンクリートの健全区分が8つ(①～⑧)に区分され、コンクリート内部の鉄筋腐食リスクを評価することができる。なお、かぶり、ひび割れ、塩分のOK、NGの表記において、かぶりの閾値は20mm、ひび割れの閾値はひび割れの有無、塩分の閾値は内在塩分の有無である。最終的な鉄筋腐食リスクは、リスクの低い順に「低」、「低～中」、「中」、「中～高」、「高」、「特高」の6段階評価となっている。すなわち、対象とするコンクリートのかぶり、ひび割れ、塩分を選定し、コンクリートの外部環境を選定することで、コンクリート内の鉄筋近傍環境、鉄筋腐食リスクを評価できる仕様となっている。

4. 第三者措置における損傷進行と鉄筋腐食進行リスク

今回は対象橋梁ごとに第三者措置のこれまでの全ての記録(1回～7回分)より、まず上部工と下部工とに分け、それぞれ部材ごとに進行が見られた損傷と進行しなかった損傷とに分類し、腐食の取扱い委員会報告に則り鉄筋腐食リスクを評価することとした。なお、その際、鉄筋腐食に着目する意味合いから、コンクリート単独の損傷である豆板や、施工時の補修材の劣化、施工時の床版打ち継ぎ目劣化、補修工事後の再劣化を除いた。

また、腐食の取扱い委員会報告の内容を参考に、最新の第三者調査及び定期調査に基づき、著者らが継続的な外部環境作用を受ける場合を外部環境区分2として考察し追加した。これに対応した鉄筋腐食進行リスク(リスクの低い順に「低」、「中」、「高」の3段階に設定)を選定し、鉄筋腐食進行リスクと平均累積損傷面積勾配との対比を確認することとした。さらには、鉄筋腐食進行リスクと損傷進行の有無との関係性を確認し、最終的には健全性を設定することにより損傷に対する対策方針の選定につなげることを目標とした。

4.1 コンクリートの状態及び外部環境区分の設定

まず、腐食の取扱い委員会報告に則り、コンクリートの状態を分類し、コンクリートの健全区分(①～⑧)を選定した(表-1、表-2 参照)。なお、コンクリートの状態の分類に際しては、第三者措置の措置状況及び橋梁定期点検の実施内容を鑑み、以下のとおり設定した。

- ・ かぶり：鉄筋露出が見られた場合にかぶり NG

- ・ ひび割れ：ひび割れの有無を損傷写真から判断
- ・ 塩分：水掛かり(伝い水及び雨掛かり等)のある場合に NG

なお水掛かりのある場合を NG とした理由は、本研究で対象とした橋梁は多量に凍結防止剤が散布されており、また定期調査において損傷原因が塩害と記録されていることから、水掛かりによって滞留しコンクリートに浸透する塩分の供給の方が、雨掛かりによって塩分を洗い流す効果より大きく、塩害に与える影響が大きいと考えたためである。

次に、外部環境区分に関しても、第三者措置の措置状況及び定期調査における損傷の進行状況等を鑑み、以下のとおり設定した。

- ・ 常時乾燥環境：伝い水跡の無い部材、ひび割れの目詰まり
- ・ 比較的高湿度環境：伝い水跡が有り乾いている部材、水切り機能の有効な張出床版(水切り前後で色の違いあり)、床版漏水による主桁の腐食
- ・ 乾湿繰り返し環境：雨掛かりのある部材や水切り機能が有効でない張出床版、漏水のある中間床版、伸縮装置からの継続的な漏水の影響
- ・ 比較的高湿度環境：橋座面の滞水
- ・ 常時高湿度環境：設定なし

以上の設定から、腐食の取扱い委員会報告により、鉄筋近傍環境区分及び鉄筋腐食リスクが選定された(表-1、表-2 参照)。

4.2 外部環境区分2に対比させた鉄筋腐食進行リスク

ここでは、第三者措置の複数回の実施により、前項で設定した外部環境区分の変化を見込み、最新の第三者調査及び定期調査により外部環境区分2について設定を実施した(表-1、表-2 参照)。表の中で外部環境が厳しい(乾湿繰り返しなど)変化があった場合に赤字表記、外部環境が優しい(常時乾燥など)変化があった場合に青文字表記としている。

以下、具体的に外部環境に変化が見られた橋梁の内容に関して記載する(外部環境区分2)。

【上部工(表-1)】

- ・ No. 3 の床版：床版の漏水が床版ひび割れの目詰まりにより停止し、その後水掛かりが第三者調査及び定期調査で記録されていないため、常時乾燥環境に設定した。
- ・ No. 11 の主桁：損傷付近の橋座面に漏水跡が見られるものの、かぶり不足に伴うコンクリートの剥落は局所的で、その後水掛かりが第三者調査及び定期調査で記録されていないため、常時乾燥環境に設定した。
- ・ No. 17 の床版：床版下面の変色を伴う浮きが、床版の漏水の継続により、鉄筋腐食を伴う規模の大きな剥落が発生したため、乾湿繰り返し環境に設定した。

・No. 20 の床版:No. 17 の床版と同様の損傷の進行が見られたため、乾湿繰返し環境に設定した。

表-1 健全区分・環境区分・腐食リスク・進行リスク・損傷面積・進行の有無・対策方針等検討一覧表（上部工）

No.	橋梁名	部材名	コンクリート健全区分	コンクリートの状態			外部環境区分	鉄筋近傍環境区分	鉄筋腐食リスク	外部環境区分2	鉄筋腐食進行リスク	平均累積損傷面積勾配 (m ² /年)	損傷進行の有無	健全性 I, II, III	対策方針	コメント
				かぶり	ひび割れ	塩分										
1	T橋	床版	①	OK	OK	OK	常時乾燥	常時乾燥	低	常時乾燥	低	0.0073	無	I	経過観察	漏水が無く、進行が遅い
2	R橋	張出床版	②	OK	OK	NG	比較的乾燥	比較的乾燥	中	比較的乾燥	中	0	無	I	経過観察	進行性無し、規模が小さい
3	X橋	床版	②	OK	OK	NG	比較的乾燥	比較的乾燥	中	常時乾燥	低	0	無	I	経過観察	床版漏水停止で、進行無し
4	AD橋	地覆	②	OK	OK	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	中～高	乾湿繰返し	高	0.0978	有	II	予防保全	雨掛かりがあり、剥落は無いが進行が遅い
5	D橋	主桁	③	OK	NG	OK	比較的乾燥	比較的乾燥	低～中	比較的乾燥	中	損傷確認後すぐに補修	無	I	経過観察	進行性無し、比較的乾燥
6	F橋	張出床版	④	OK	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	0.0400	有	II	予防保全	規模小だが、進行有り
7	W橋	張出床版	④	OK	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	0.0275	有	II	予防保全	床版漏水継続で進行有るが、規模が小さい
8	T橋	地覆	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	直近点検で確認	有	III	事後保全	雨掛かりと日射で凍害の進行が速い
9	X橋	地覆	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0221	有	III	事後保全	雨掛かりと日射で凍害の進行有り
10	Y橋	地覆	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	直近点検で確認	有	II	予防保全	直近点検で確認されたが、規模が大きい
11	AA橋	主桁	⑥	NG	OK	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中	常時乾燥	低	0.0050	無	I	経過観察	滞水跡あるが局所かぶり不足で進行遅い
12	B橋	防護柵	⑥	NG	OK	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0017	無	I	経過観察	小規模、進行が遅い
13	F橋	張出床版	⑥	NG	OK	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	損傷確認後すぐに補修	有	III	事後保全	水切り部鉄筋の落下の可能性あり
14	F橋	防護柵	⑥	NG	OK	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0187	有	II	予防保全	規模小だが、継続的に進行有り
15	I橋	主桁	⑥	NG	OK	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0254	有	III	事後保全	伸縮装置・床版から漏水、凍害の進行速い
16	L橋	張出床版	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	0.0350	有	III	事後保全	規模が大きく、損傷の進行有り
17	U橋	床版	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	乾湿繰返し	高	直近点検で確認	有	III	事後保全	床版漏水が継続し、進行が速い
18	U橋	張出床版	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	0.0404	有	II	予防保全	水切りが有効だが、進行有り
19	C橋	張出床版	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	直近点検で確認	有	II	予防保全	水切り有効、充填不良とかぶり不足の損傷
20	Q橋	床版	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	乾湿繰返し	高	0.1985	有	III	事後保全	床版漏水が継続し、進行が速い
21	Y橋	張出床版	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	直近点検で確認	有	I	経過観察	直近点検で確認され、水切りが有効
22	N橋	主桁	⑧	NG	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0576	有	III	事後保全	雨掛かりがあり、凍害の進行が速い
23	P橋	床版	⑧	NG	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0705	有	III	事後保全	床版漏水が継続し、規模が大きい
24	AC橋	床版	⑧	NG	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.2658	有	III	事後保全	床版漏水継続で進行が速く、規模が大きい

【下部工（表－2）】

- ・No. 3 の落橋防止装置：伸縮装置からの漏水が継続し、錆汁の滲み出し及び措置による剥落の進行が著しいため、乾湿繰返し環境に設定した。
- ・No. 5 の落橋防止装置：伸縮装置からの漏水は継続しているものの、損傷の進行が遅いため、常時乾燥環境に設定した。
- ・No. 6 の堅壁：雨掛かりのある部位ではあるが、剥離部分のひび割れが目詰まりし損傷の進行が停止したため、

比較的乾燥環境に設定した。

- ・No. 12 の堅壁：雨掛かりが無く、付近に伝い水跡はあるものの損傷の進行が遅いため、常時乾燥環境に設定した。
- ・No. 13 の梁部：雨掛かりが無く、付近に伝い水跡はあるものの損傷の進行が遅いため、常時乾燥環境に設定した。

次に、外部環境区分2に対応させた鉄筋腐食進行リスクを3段階で設定した。具体的には、以下のとおり設定

表－2 健全区分・環境区分・腐食リスク・進行リスク・損傷面積・進行の有無・対策方針等検討一覧表（下部工）

No.	橋梁名	部材名	コンクリート健全区分	コンクリートの状態			外部環境区分	鉄筋近傍環境区分	鉄筋腐食リスク	外部環境区分2	鉄筋腐食進行リスク	平均累積損傷面積勾配 (m ² /年)	損傷進行の有無	健全性 I, II, III	対策方針	コメント
				かぶり	ひび割れ	塩分										
1	R橋	梁部	②	OK	OK	NG	比較的乾燥	比較的乾燥	中	比較的乾燥	中	0.0303	有	II	予防保全	伝い水沿いに進行有り
2	K橋	堅壁	②	OK	OK	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	中～高	乾湿繰返し	高	1度のみ記録あり	無	I	経過観察	損傷の規模小で、その後損傷無し
3	A橋	落橋防止装置	④	OK	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	乾湿繰返し	高	0.0822	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水継続、進行有り
4	E橋	落橋防止装置	④	OK	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	0.0234	有	II	予防保全	進行有るが、規模小
5	D橋	落橋防止装置	④	OK	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	常時乾燥	低	0.0067	無	II	予防保全	伸縮装置からの漏水継続、進行は遅い
6	N橋	堅壁	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	比較的乾燥	中	0	無	I	経過観察	ひび割れの目詰まりで進行無し
7	H橋	堅壁	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.1109	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水、凍害の進行速い
8	M橋	梁部	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0536	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水、ASR・凍害進行
9	V橋	堅壁	④	OK	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0410	有	II	予防保全	1箇所だが、継続的に進行有り
10	J橋	堅壁	⑤	NG	OK	OK	常時乾燥	常時乾燥	低	常時乾燥	低	1度のみ記録あり	無	I	経過観察	単独剥落で、その後損傷無し
11	L橋	堅壁	⑤	NG	OK	OK	常時乾燥	常時乾燥	低～中	常時乾燥	低	1度のみ記録あり	無	I	経過観察	単独剥落で、その後損傷無し
12	AA橋	堅壁	⑥	NG	OK	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中	常時乾燥	低	0.0038	無	I	経過観察	付近に伝い水跡があるが、進行が遅い
13	Z橋	梁部	⑥	NG	OK	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中	常時乾燥	低	0.0022	無	I	経過観察	伝い水跡があるものの、進行が遅い
14	F橋	落橋防止装置	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	0.0216	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水継続、進行有り
15	AB橋	落橋防止装置	⑧	NG	NG	NG	比較的乾燥	乾湿繰返し	中～高	比較的乾燥	中	直近点検で確認	有	I	経過観察	かぶり不足が原因で直近点検で叩落した
16	G橋	堅壁	⑧	NG	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.2313	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水継続、進行速い
17	O橋	胸壁	⑧	NG	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.0888	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水、凍害の進行速い
18	S橋	落橋防止装置	⑧	NG	NG	NG	乾湿繰返し	乾湿繰返し	特高	乾湿繰返し	高	0.1120	有	III	事後保全	伸縮装置からの漏水継続、進行速い

した。

- ・常時乾燥環境：鉄筋腐食進行リスク「低」
- ・比較的乾燥環境：鉄筋腐食進行リスク「中」
- ・乾湿繰返し環境：鉄筋腐食進行リスク「高」

4.3 平均累積損傷面積勾配

さらに、鉄筋腐食進行リスクとの対比により妥当性を検証する意味合いから、平均累積損傷面積勾配²⁾をそれぞれ計算した（表－1、表－2 参照）。平均累積損傷面積勾配は、建設からの経過年数と、橋梁ごと部材ごとの全ての第三者措置で確認された損傷（損傷判定区分 C：応急措置（叩き落とし作業）で落ちた、及び区分 B：応急措置（叩き落とし作業）で落ちなかった）の面積の累計とを、直線近似した際の平均勾配である。なお、表には平均累積損傷面積勾配を計算できなかった場合の理由を文章で記載している。

その結果として、外部環境区分2に対応させた3種類の鉄筋腐食進行リスクごとに平均した、平均累積損傷面積勾配の値を以下に示す。

【上部工】

- ・鉄筋腐食進行リスク「低」：0.0041m²/年
- ・鉄筋腐食進行リスク「中」：0.0286m²/年
- ・鉄筋腐食進行リスク「高」：0.0842m²/年

【下部工】

- ・鉄筋腐食進行リスク「低」：0.0042m²/年
- ・鉄筋腐食進行リスク「中」：0.0188m²/年
- ・鉄筋腐食進行リスク「高」：0.1028m²/年

上記より、上下部工共に、鉄筋腐食進行リスクの増加に伴い、平均累積損傷面積勾配も増加していることが分かった。

4.4 鉄筋腐食進行リスクと損傷進行の有無との関係

ここでは、鉄筋腐食進行リスクと損傷進行の有無に着目することとする。鉄筋腐食進行リスクと損傷進行の有無とは項目の種類の数食い違っている（鉄筋腐食進行リスクは3種類、損傷進行の有無は2種類）ため、1対1での対応とはならない。このため、対比させ、内容を確認する（表－1、表－2、表－3 参照）。

表より、鉄筋腐食進行リスク「高」⇔損傷進行の有無「有」及び鉄筋腐食進行リスク「低」⇔損傷進行の有無「無」の2形態が大勢を占めていた。

鉄筋腐食進行リスク「中」⇔損傷進行の有無「有」の内容は、上部工では、床版漏水継続で主桁腐食に伴う浮きが進行、張出床版のかぶり不足で浮きが進行であった。張出床版のかぶり不足による浮きとは、コンクリートのかぶりが不足した状況下で水掛かりがある場合、かぶりコンクリートの乾湿繰返しによる鉄筋への影響が顕著になるため、内部鉄筋の腐食膨張が進行し、かぶりコンクリートの浮きの範囲が広がっていったものと考えられる。

下部工では、伸縮装置からの漏水継続で落橋防止装置の浮きが進行、梁部上面への雨水の供給で凍害の進行、梁部下面への伝い水継続で浮きが進行であった。また、鉄筋腐食進行リスク「中」⇔損傷進行の有無「無」の内容は、上部工では、張出床版への伝い水の停止、主桁への雨水の浸透の停止であり、下部工では、堅壁の剥離のひび割れの目詰まりのみであった。

なお、鉄筋腐食進行リスク「高」⇔損傷進行の有無「無」の内容は、上部工では、防護柵のかぶり不足が局所的であり、下部工では、堅壁の軽微な凍害による浮きであった。

水掛かりに関する外部環境より決定した鉄筋腐食進行リスクが高い場合には、損傷進行が有ることは当然と言える。このため、鉄筋腐食リスクと損傷進行とを対比させた場合に、「高」と「有」、「低」と「無」の2形態が大勢を占めた。表－3 の意義としては、左記の大勢に当てはまらないパターンには、具体的にどういう対比の形態が存在するのか、またその理由について考察したものである。

表－3 鉄筋腐食進行リスクと損傷進行の有無との対比

鉄筋腐食 進行リスク	対比	損傷進行の 有無
高	⇔	有
大 勢		
中	⇔	有
内容	(上部工) ・床版漏水継続で主桁腐食に伴う浮きが進行 ・張出床版のかぶり不足で浮きが進行 (下部工) ・伸縮装置からの漏水継続で落橋防止装置の うきが進行 ・梁部上面への雨水の供給で凍害の進行 ・梁部下面への伝い水継続で浮きが進行	
中	⇔	無
内容	(上部工) ・張出床版への伝い水の停止 ・主桁への雨水の浸透の停止 (下部工) ・堅壁の剥離のひび割れの目詰まり	
低	⇔	無
大 勢		
高	⇔	無
内容	(上部工) ・防護柵のかぶり不足が局所的 (下部工) ・堅壁の軽微な凍害による浮き	

4.5 損傷進行の有無と平均累積損傷面積勾配との関係

次に、損傷進行の有無と平均累積損傷面積勾配との関係について述べる。上記対比は、損傷進行が有る場合に平均累積損傷面積勾配が大きく、損傷進行が無い場合に平均累積損傷面積勾配が小さいことが予想される。実際には以下に示すとおり、損傷進行の有無と平均累積損傷

面積勾配とには明確な相関関係があることが分かる。

【上部工】

- ・ 損傷進行有り：平均累積損傷面積勾配 0.0749m²/年
- ・ 損傷進行無し：平均累積損傷面積勾配 0.0028m²/年

【上部工】

- ・ 損傷進行有り：平均累積損傷面積勾配 0.0795m²/年
- ・ 損傷進行無し：平均累積損傷面積勾配 0.0032m²/年

5. 健全性の診断と対策方針

ここまでの作業内容には、1 橋ごとと部材ごとに全ての第三者調書及び定期調書を確認し、参考文献 2) で実施した内容（定期調書における損傷の推定原因及び所見欄の記載内容の確認、定期調書の損傷図及び損傷写真等を参考に、なぜそこに最初に損傷が発生したのかもしくは損傷の進行が見られたのか、その後損傷が進行しなかった理由、もしくは損傷が進行した理由、損傷が進行した橋梁についてはどのように広がったのかを考察）を実施している。今後、分析結果を効率的、効果的に橋梁の維持管理に活用（橋梁長寿命化修繕計画への反映等）していく目的から、対象部材ごとに健全性の診断の区分⁵⁾（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）を行い、今後の対策方針に関しても検討した（表-1，表-2 参照）。なお，表中では，区分Ⅰ：健全の対策方針（以下，「経過観察」という），区分Ⅱ：予防保全段階の対策方針（以下，「予防保全」という），区分Ⅲ：早期措置段階の対策方針（以下，「事後保全」という）を設定した。また健全性を区分した理由についてもコメントした。

6. 結論

- (1) 凍結防止剤散布量の多い中部地方整備局管内の1事務所が管理し第三者措置を実施している全橋梁84橋を対象として，腐食の取扱い委員会報告を参考に，第

三者措置及び橋梁定期点検の実施内容を鑑み，コンクリートの状態及び外部環境区分を設定し，鉄筋近傍環境区分及び鉄筋腐食リスクを選定した。

- (2) 外部環境区分の変化を見込み，最新の第三者調書及び定期調書に基づき外部環境区分2を設定し，現地状況の変化に対応させた。
- (3) 外部環境区分2に基づき，鉄筋腐食進行リスクを3段階に設定し，平均累積損傷面積勾配は鉄筋腐食進行リスクが高い場合に大きい値となった。
- (4) 3種類に設定した鉄筋腐食進行リスクと損傷進行の有無（2種類）とを対比させ，具体の対比内容を述べた。
- (5) 損傷進行の有無と平均累積損傷面積勾配との関係では，損傷進行が有った場合に，平均累積損傷面積勾配が大きかった。
- (6) 検討結果に基づき部材の健全性を診断し，区分に基づき今後の対応方針を選定した。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁における第三者被害予防措置要領（案），2004.3 及び 2016.12
- 2) 岸村和守，勝木太：第三者被害予防措置後の損傷進行シナリオ（上部工）構築に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.46，No.2. pp.967-972，2024.
- 3) コンクリート中の鉄筋腐食の統一的な取扱いに関する研究委員会報告書，（公社）日本コンクリート工学会，2024.9
- 4) 国土交通省：全国道路施設点検データベース（閲覧日：2024 年 7 月 9 日）
- 5) 国土交通省道路局国道・技術課：橋梁定期点検要領，2024.7