

第2版

北陸地方の市町村が管理する短支間橋梁における
標準的な維持管理の手引き（案）

令和4年12月

北陸S I P

北陸地方の短支間橋梁を対象にした維持管理標準の刊行にあたって

まずは最初に、北陸 SIP の活動に対して地域の皆様方よりいただいた、あたたかい励ましとご支援に対して厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。

北陸 SIP では、平成 26 年度からの 5 年間にわたる研究開発を通して、金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学、長岡工業高等専門学校との 5 大学・2 高専、教員・研究者の間での連携による「学の輪」と、さらに地方のインフラ管理者や技術者に拡大した、産官学民による「地域の輪」を構築することを中心に据えて活動してきました。さらに、平成 28 年度より北陸 SIP に地域実装支援グループの地域中核拠点としての事業が加わり、北陸 SIP では北陸 4 県（新潟県、富山県、石川県、福井県）の県市町村のインフラ管理者への出張訪問（インタビュー）を通して、この地方が抱えるインフラ維持管理の実情と課題を掘り下げてきました。今後、人口が大きく減少し、技術者、資金も大きく不足する、北陸地方でのインフラ維持管理は、それぞれの地方での「身の丈にあったもの」に変えることが必要であり、地方にあった技術開発とそれを担う人材育成を目標にして、地域フォーラムや報告会、技術展示会などを積極的に企画してきた経緯があります。この活動の中で、塩害とアルカリシリカ反応 (ASR) による深刻な劣化問題は、国、県市町村で共通しており、地域特有の課題として再認識されてきました。とくに、平成 31 年度から 2 巡目に入る橋梁の点検業務を控えて、市町村が所有する膨大な数の小規模橋梁 (5~10m) のメンテナンスサイクル (点検→診断→措置→記録) を「実際にどのようにする (方策)」のか、「本当に全ての橋梁で実施する (判断)」のかが、地方のインフラ管理者にとっての喫緊かつ最大の課題であることが分かってきました。これまでの学協会の指針やマニュアルは国や NEXCO、JR などの比較的大規模な橋梁を対象としており、小規模な地方道路橋の実情とは実施要領がかけ離れており、そのまま指針やマニュアルを適用することが難しいことが指摘されています。すなわち、地方道路橋では、全ての橋梁を「予防保全」の対象として管理するのはすでに無理 (無駄) であり、橋梁の供用制限や撤廃、さらに路線廃止までを視野に入れた維持管理要領の変更が強く求められています。このたび、平成 31 年 3 月に開催する北陸 SIP 地域実装グループによる最終報告会に合わせて、「北陸地方が管理する短支間橋梁における標準的な維持管理の手引き (案)」を刊行することができました。本手引き (案) は、次年度からの実橋梁への点検や補修業務の実践を通して、「より使いやすい」、「より役立つ」ものへと、今後とも改訂 (バージョンアップ) を図っていく所存であります。地域の皆さま方からのご意見やさらなるご提案をいただければ幸いです。

最後に、この手引きの作成にあたって、わずか 2 年という限られた時間の中で、精力的な執筆活動と意見集約を担ってこられた、宮里心一先生 (金沢工業大学)、深田宰史先生 (金沢大学)、伊藤始先生 (富山県立大学) を始めとした 13 名からなる北陸 SIP の大学・高専若手教員の方々に深く感謝の意を表します。

SIP インフラ 維持管理・更新・マネジメント技術「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントの開発」(北陸 SIP) 研究代表者
金沢大学 理工研究域地球社会基盤学系 環境デザイン学系 特任教授
鳥居 和之

2019 年 2 月 27 日

改訂にあたって

北陸 SIP の活動は、平成 26 (2014) 年度の研究開始から丸 8 年間が経過しました。新潟県上越地方、富山県、石川県および福井県の北陸 4 県を対象に、社会インフラのメンテナンスに関連する生産性の向上に向けて、産官学が連携して活動してきました。まずは、これまでに関係各位から頂いた多くのご協力とご支援に対して、深く感謝を申し上げます。

さて、北陸 SIP の活動を振り返ると、初期の 5 年間は、金沢大学名誉教授の鳥居和之先生の下、金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学、長岡工業高等専門学校との 5 大学・2 高専の「学の輪」と、さらに地元のインフラ管理者や技術者に拡大した産官学による「地域の輪」を活用しながら、地域特有の課題である塩害とアルカリシリカ反応 (ASR) によるコンクリートの劣化に対する材料工学的・構造工学的なメカニズム解明、調査・点検方法の開発や、補修方法の開発に取り組んできました。加えて、平成 28 (2016) 年度からの 3 年間は、地域実装支援グループの地域中核拠点としての事業が加わり、北陸地方の県や市町村のインフラ管理者へのヒアリング調査を通して、地方自治体が抱えるインフラ維持管理の実情と課題を掘り下げてきました。また、平成 29 (2017) 年度からは、北陸地方の市町村の道路橋の維持管理の効率化・合理化に資する技術展示会を、対面やオンライン形式で開催し、計 50 件の技術を自治体の職員やコンサルタント会社の技術者に向けて展示してきました。そして、平成 30 (2018) 年度からは富山市と協働しながら、北陸地方の市町村の道路橋に適する補修方法の精査にも取り組んでいます。さらに、SIP の研究期間の後も、令和元 (2019) 年度からの 2 年間は北陸地域づくり協会の助成事業として、令和 3 (2021) 年度からの 2 年間は土木学会インフラマネジメント技術国際展開研究助成事業として、継続してきました。最終的には、福井工業高等専門学校も前述の「学の輪」に加わり、5 大学・3 高専が連携しています。

このような活動を通じて、2019 年 2 月に発刊した手引きの初版に掲載の内容の骨子は変わりませんが、補強できる情報も増えてきました。例えば、ヒアリング調査した市町が、32 から 48 に増加し、共通する課題の検証が進んでいます。また、技術展示会で紹介されたテーマの中で、試しに使用された技術もあります。さらに、全 12 橋に対する補修の試験施工の中間評価を、令和 3 (2021) 年度に実施し、公開しました。このような進展もあり、改めて北陸地方の短支間橋梁を対象にした維持管理標準を改訂することにしました。

最後に、この手引きの改訂にあたって、精力的なヒアリング調査や執筆活動を担ってこられた、伊藤始先生 (富山県立大学)、内田慎哉先生 (富山県立大学)、栗橋祐介先生 (金沢大学)、鈴木啓悟先生 (福井大学)、田中泰司先生 (金沢工業大学)、津田誠先生 (石川工業高等専門学校)、花岡大伸先生 (金沢工業大学)、深田宰史先生 (金沢大学)、前田健児先生 (石川工業高等専門学校) を始めとした 17 名からなる北陸 SIP の大学・高専教員の方々に深く感謝の意を表します。

金沢工業大学 工学部 環境土木工学科 教授
宮里 心一

2022 年 12 月 1 日

目次

1章 総則	
1. 1 目的	1
1. 2 用語の定義	5
2章 適用の対象	5
3章 維持管理の手順	9
4章 点検方法	12
5章 措置方法	14
6章 手引きの運用	16

1 章 総則

1. 1 目的

この手引きは、北陸地方の市町村における道路橋の維持管理の合理化に資することを目的として、点検、評価判定、補修・更新の一連において参考となる標準的な手順や方法を示す。市町村においては、個々の自然環境や社会環境を踏まえて、実情に適するように変更して活用することが望ましい。

【解説】

この手引きで対象とする北陸地方は、**解図 1.1** に示す 4 県である。幹線道路には、冬季に多量の凍結防止剤が散布される。また海岸部では、季節風などによって多量の塩化物イオンが飛来する。したがって、道路橋において塩害が進行しやすい。さらに、安山岩が主要因とされるアルカリシリカ反応（以下、**ASR** と称す）も散見される。そして一部では、それらの複合劣化が生じた橋梁も存在する。これらの現象は、全国の平均的な経年劣化の進行よりも早く、早期に道路橋の性能を低下させている。したがって、全国をマクロに見た画一的な道路橋のマネジメントシステムとは異なった、北陸地方の早期劣化に対応した維持管理の手順や方法の提案が求められている。

これに対して、2014 年度から 2022 年度までの 9 年間に亘り、戦略的イノベーション創造プログラム（以下、**SIP** と称す）、北陸地域づくり協会や土木学会の助成研究等により、



解図 1.1 この手引きで対象とする地域

解表 1.1 に示す大学および高等専門学校（高専）が中心となり、産官学民が協同で、コンクリート橋の早期劣化機構の解明と、材料・構造に係わる性能を考慮したマネジメントシステムの開発を推進した。

解表 1.1 開発研究に参加した大学および高専

新潟県	長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校
富山県	富山県立大学、富山大学
石川県	金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校
福井県	福井大学、福井工業高等専門学校

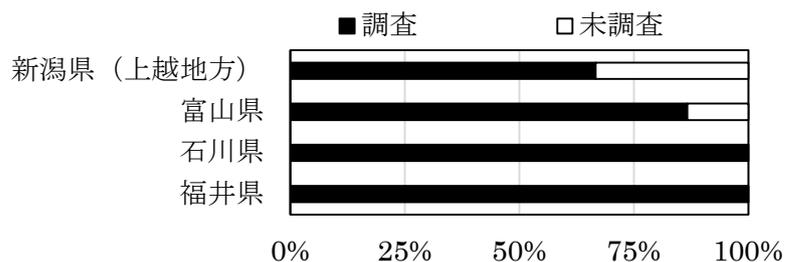
この手引きに示す手順および方法は、上記の活動に基づく成果である。特に、2017 年度以降は、解表 1.2 に示す教員が、解表 1.3 に示す市町や富山県・石川県・福井県へ訪問しヒアリング調査したり、一般社団法人建設コンサルタント協会北陸支部や国立研究法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター（以下、CAESAR と称す）と意見交換したりした。解図 1.2 に示すとおり、訪問した市町は各県（新潟県においては上越地方のみ）内の 94% を占めた。これらにより、有識者が考える学術的な提案と、市町の道路橋の維持管理の実状の、整合を図った。その結果、解表 1.4 に示すとおり、多くの市町の課題は共通していることが明らかになり、それらをニーズとして踏まえた標準をこの手引きに示す。ただし、日本海に面する市町村と面しない市町村、管理橋梁の多い市町村と少ない市町村など、個々の市町村において自然環境や社会環境は異なる。したがって、各市町村の実情に合わせて、この標準的な手順と方法を変更することが望ましい。

なお、この手引きは、北陸地方を対象に整理した。ただし、市町村の道路橋における維持管理の合理化は、全国的な課題であり、他の地方においても参考になると考える。

解表 1.2 市町へのヒアリング調査に参加した大学および高専の教員

氏名	所属	氏名	所属
伊藤 始	富山県立大学	津田 誠	石川工業高等専門学校
井林 康	長岡工業高等専門学校	寺山 一輝	石川工業高等専門学校
内田 慎哉	富山県立大学	花岡 大伸	金沢工業大学
久保 善司	金沢大学	深田 宰史	金沢大学
栗橋 祐介	金沢大学	前田 健児	石川工業高等専門学校
河野 哲也	富山大学	蓑輪 圭祐	福井工業高等専門学校
鈴木 啓悟	福井大学	宮里 心一	金沢工業大学
立花 潤三	富山県立大学	宮下 剛	長岡技術科学大学
田中 泰司	金沢工業大学	柳田 龍平	金沢大学

1) 中村一史ほか：地方公共団体へのアンケート調査による道路橋の維持管理に関する現状分析、土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集、Vol.1、pp.47-48、2017



解図 1.2 ヒアリング調査した市町の割合

解表 1.3 ヒアリング調査した市町 (その1)

県	市町	人口(人)	面積(km ²)	管理橋梁数	所在
新潟 (上越地方)	上越市	193,039	973.8	1,146	日本海沿岸
	糸魚川市	43,897	746.2	525	日本海沿岸
富山	富山市	417,760	1,241.7	2,222	日本海沿岸
	氷見市	48,671	230.6	360	日本海沿岸
	朝日町	11,936	227.4	122	日本海沿岸
	高岡市	172,535	209.6	1,200	日本海沿岸
	射水市	93,289	109.4	492	日本海沿岸
	南砺市	51,171	668.6	923	内陸部
	小矢部市	30,162	134.1	449	内陸部
	入善町	24,894	71.6	450	日本海沿岸
	魚津市	40,253	200.6	239	日本海沿岸
	滑川市	33,023	54.6	293	日本海沿岸
	上市町	19,429	236.7	199	内陸部
	立山町	25,021	307.3	312	内陸部
	砺波市	47,462	127.0	608	内陸部
	石川	金沢市	466,183	468.6	1,388
かほく市		34,293	64.4	90	日本海沿岸
輪島市		26,312	426.3	446	日本海沿岸
能美市		48,934	84.1	252	日本海沿岸
白山市		109,581	754.9	369	日本海沿岸
内灘町		26,943	20.3	7	日本海沿岸
宝達志水町		12,805	111.5	132	日本海沿岸
野々市市		55,297	13.5	220	内陸部
小松市		106,905	371.0	473	日本海沿岸
津幡町		37,618	110.6	174	内陸部
珠洲市		14,574	246.9	171	日本海沿岸
加賀市		67,357	305.9	356	日本海沿岸
中能登町		18,102	89.5	244	内陸部
能登町		15,810	273.3	303	日本海沿岸
穴水町		7,623	183.2	92	日本海沿岸

解表 1.3 ヒアリング調査した市町（その2）

県	市町	人口(人)	面積(km ²)	管理橋梁数	所在
石川	七尾市	49,645	318.3	455	日本海沿岸
	志賀町	18,945	246.8	274	日本海沿岸
	羽咋市	20,311	81.9	166	日本海沿岸
	川北町	6,144	14.6	36	内陸部
福井	福井市	264,344	536.4	1,771	日本海沿岸
	越前町	21,021	153.2	225	日本海沿岸
	鯖江市	68,397	84.6	399	内陸部
	小浜市	29,534	233.1	402	日本海沿岸
	勝山市	23,392	253.9	349	内陸部
	越前市	83,184	230.7	675	内陸部
	敦賀市	66,060	251.4	307	日本海沿岸
	池田町	2,604	194.7	99	内陸部
	美浜町	9,609	152.4	130	日本海沿岸
	坂井市	89,648	209.7	599	日本海沿岸
	永平寺町	18,105	94.4	162	内陸部
	大野市	31,258	872.4	444	内陸部
	南越前町	9,960	343.7	268	日本海沿岸
	おおい町	8,007	212.2	329	日本海沿岸
	若狭町	13,908	178.7	472	日本海沿岸
	あわら市	29,933	117.0	135	日本海沿岸
高浜町	9,865	72.4	139	日本海沿岸	

(ヒアリング調査時点)

解表 1.4 ヒアリング調査で多くの市町が挙げた課題

原因	No	課題	割合*	対応章
人材	①	橋梁に詳しい職員が少なく、また橋梁の維持管理に専念できず、さらに異動が度々あるため、On-the-Job Training (OJT) による職場内での人材育成は難しい。	10	6
支援	②	最新技術に関する情報を得る機会が少ない。	10	6
予算	③	事後保全さえも苦慮しており、予防保全への移行を計画できない。	10	3
劣化	④	塩害や ASR による劣化が進行している。	8	2
	⑤	初期不具合が存在し、劣化が進行している。	9	2
点検	⑥	点検の容易な橋梁に対しては、技術力に自信のない職員等が機械を用いずに点検したい。	8	4
	⑦	点検、診断および措置が一連になった手引きを欲する。	10	3
補修	⑧	適切な補修方法とその効果が分からない。	10	5
	⑨	できる限り補修せずに延命し、安全性や使用性を満足できなくなったら更新したい。	10	5

※ 調査した全市町の内、課題として挙げた市町の割合（割）

1. 2 用語の定義

この手引きでは、次のように用語を定義する。

短支間橋梁：橋長が 2m 以上 5m 未満の橋梁。土被り 1m 未満の溝橋（カルバートボックス）や床版橋を含む。

事後保全：構造物の機能に支障は生じていないが、劣化進行を遅延させるべく早期に措置を講ずる行為。

予防保全：構造物の機能に支障が生じる可能性があり、措置する行為。

【解説】

短支間橋梁について 北陸地方には農業用水が多く、それを跨ぐための 5m 未満の橋梁が多い。なお、一部の市町村の点検においては、橋長が 6m 未満を短い支間の橋梁として区分している。このような場合、適用において支障が無ければ、長さが 6m 未満の橋梁を短支間橋梁として読み替えてもよい。また、県の橋梁点検マニュアル等では、橋長が 15m 未満の道路橋を小規模橋梁として定義しており、短支間橋梁は小規模橋梁の一部に含まれる。

事後保全と予防保全について 人間に例えると、虫歯になってから、歯医者へ行く医療行為が、事後保全に当たる。一方、日常の歯磨きは、予防保全に当たる。事後保全では、人間であれば痛みを伴い、道路橋であれば陥没や落橋のリスクを伴う。また一般的に、事後保全では一時的に高額な処置費を要し、一方予防保全では処置費用が平準化され少額で済む。

2 章 適用の対象

この手引きに示す手順や方法の適用対象は、緊急輸送道路や跨道橋・跨線橋ではなく、かつ著しい初期不具合は無く、さらに交通量が少ない、北陸地方の市町村が管理する短支間橋梁である。

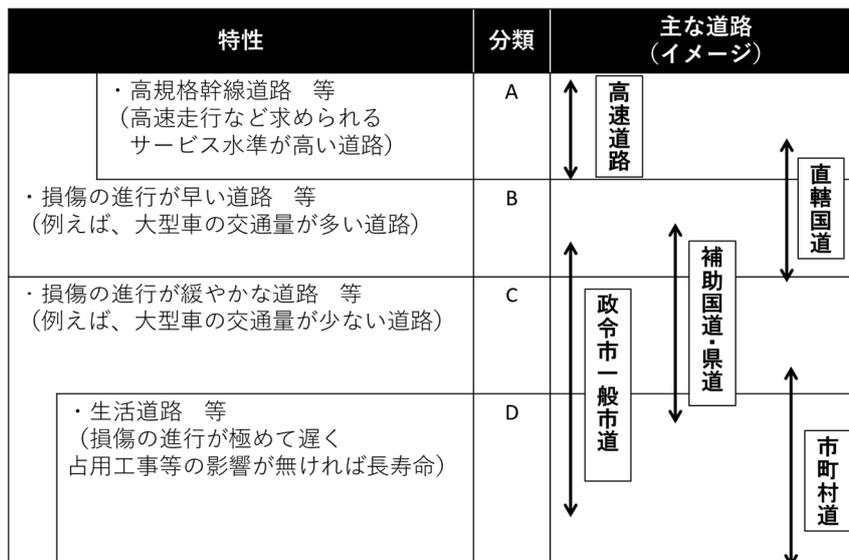
【解説】

国土交通省道路局の舗装点検要領によれば、**解図 2.1** に示すとおり、舗装の点検にあたっては、特性に応じて道路を 4 つに区分している。これを参考に、**解表 2.1** に示すとおり、道路橋を 4 つのグループに区分した。この内、緊急輸送道路や跨道橋・跨線橋ではなく、かつ交通量が少なく（例えば 1000 台/日未満）、橋長の短いグループ C が、この手引きの適用の対象である。また、**解図 2.2** に示すようなかぶり不足等の初期不具合は、設計の前提条件が確保されず、上部工コンクリートの剥落を誘発する。したがって、著しい初期不具合がある橋梁に対しては、この手引きに示す簡易な手順や方法では、たとえ生活道路であっても安全を確保できるとは言い切れず、適用の対象から除外した。

なお、北陸地方では、**解図 2.3** および**解図 2.4** に示すように、ASR が生じた道路橋が散在している。また、**解図 2.5** に示すように、塩害に対する補修後、一部ではマクロセル腐食

により再劣化している。これらは、適用の対象である。

さらに、すべての建設年が適用の対象である。すなわち、昭和 54 年（1979 年）以前の床版の厚さは現行基準と比較して薄く、疲労で抜け落ちやすいことが指摘されているが、北陸地方の市町村道では大型車交通量が少ない。加えて、昭和 61 年（1986 年）に建設省から「アルカリ骨材反応暫定対策」が通達されているが、北陸地方ではそれ以降の建造物であっても一部では ASR が進行している。そのため、建設年による区分は特に設けなかった。



注：分類毎の道路選定は各道路管理者が決定（あくまでイメージであり、例えば、市町村道であっても、道路管理者の判断により分類 B に区分しても差し支えない）

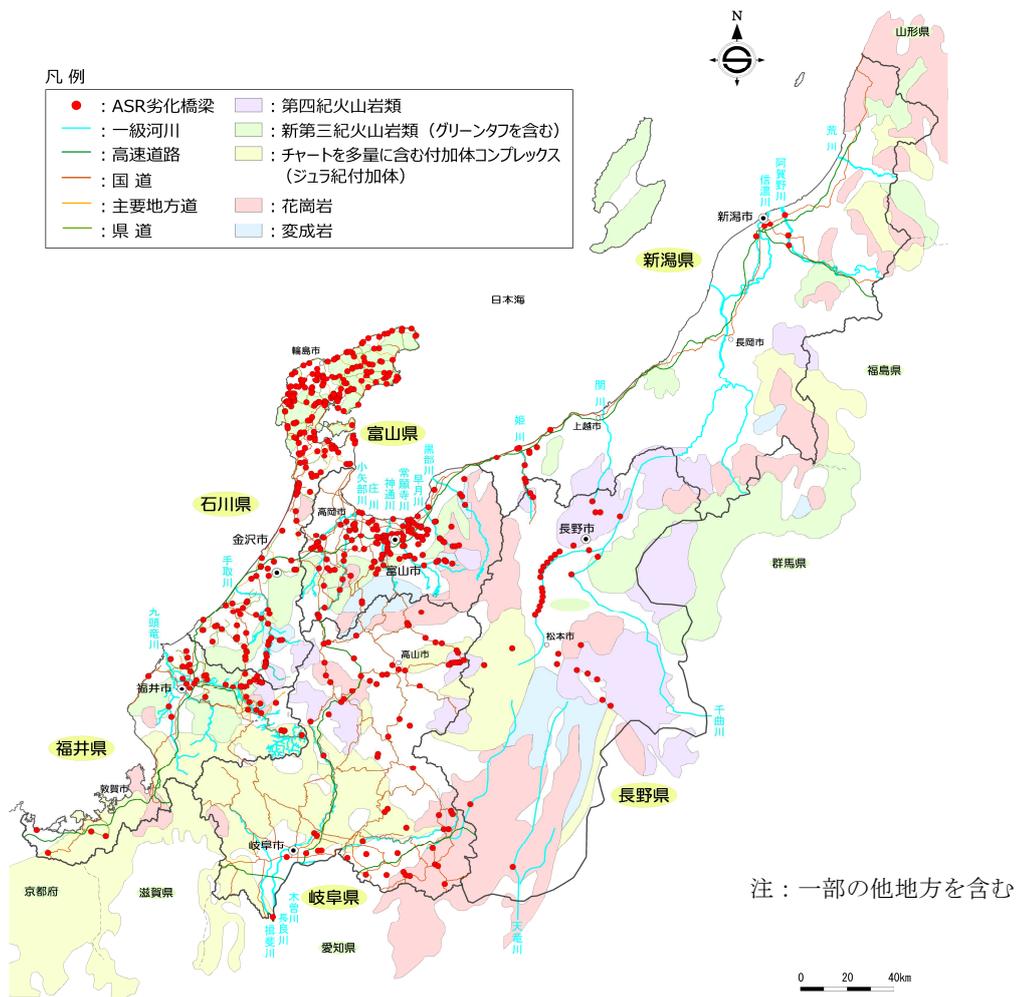
解図 2.1 舗装点検要領に示される道路の分類のイメージ

解表 2.1 道路橋の維持管理の区分（案）

グループ [※]	対象
A	緊急輸送道路の橋梁、跨道橋、跨線橋、橋長 15m 以上の橋梁
B	上記以外で、例えば橋長 5～15m の橋梁
C	上記以外で、例えば橋長 5m 未満で、交通量の少ない橋梁
D	設計耐用年が近く交通量の少ない橋梁、過疎地域で今後撤去の可能性がある橋梁



解図 2.2 初期不具合により上部工コンクリートが剥落した短支間橋梁



解図 2.3 北陸地方の ASR が生じた橋梁マップ



解図 2.4 ASR により劣化した橋梁の例



解図 2.5 マクロセル腐食により再劣化した断面修復部の例

なお、適用の対象ではない、橋長が長い橋梁や重要な橋梁等に対しては、国道、高速道路、県道と同様の手順や方法により維持管理することが望ましい。また、劣化原因を特定するならば、日本コンクリート工学会が出版する「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2022-」等が参考になる。さらに、塩害や ASR による劣化が生じていることが明らかな橋梁の維持管理に対しては、解表 2.2 に示す CAESAR のウェブページや国土交通省北陸地方整備局の「塩害橋梁維持管理マニュアル（案）」および近畿地方整備局の「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」が参考になる。

解表 2.2 CAESAR のウェブページアドレス

点検・調査	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/check-and-research.html
補修・補強	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/operation-and-maintenance.html

3章 維持管理の手順

コンクリート橋の上部工と下部工に対する維持管理の手順は、**図 3.1** に示す、点検、評価判定、補修・更新の流れを標準とする。

注：健全性は下表のとおりである。

I	健全
II	予防保全段階
III	早期措置段階
IV	緊急措置段階

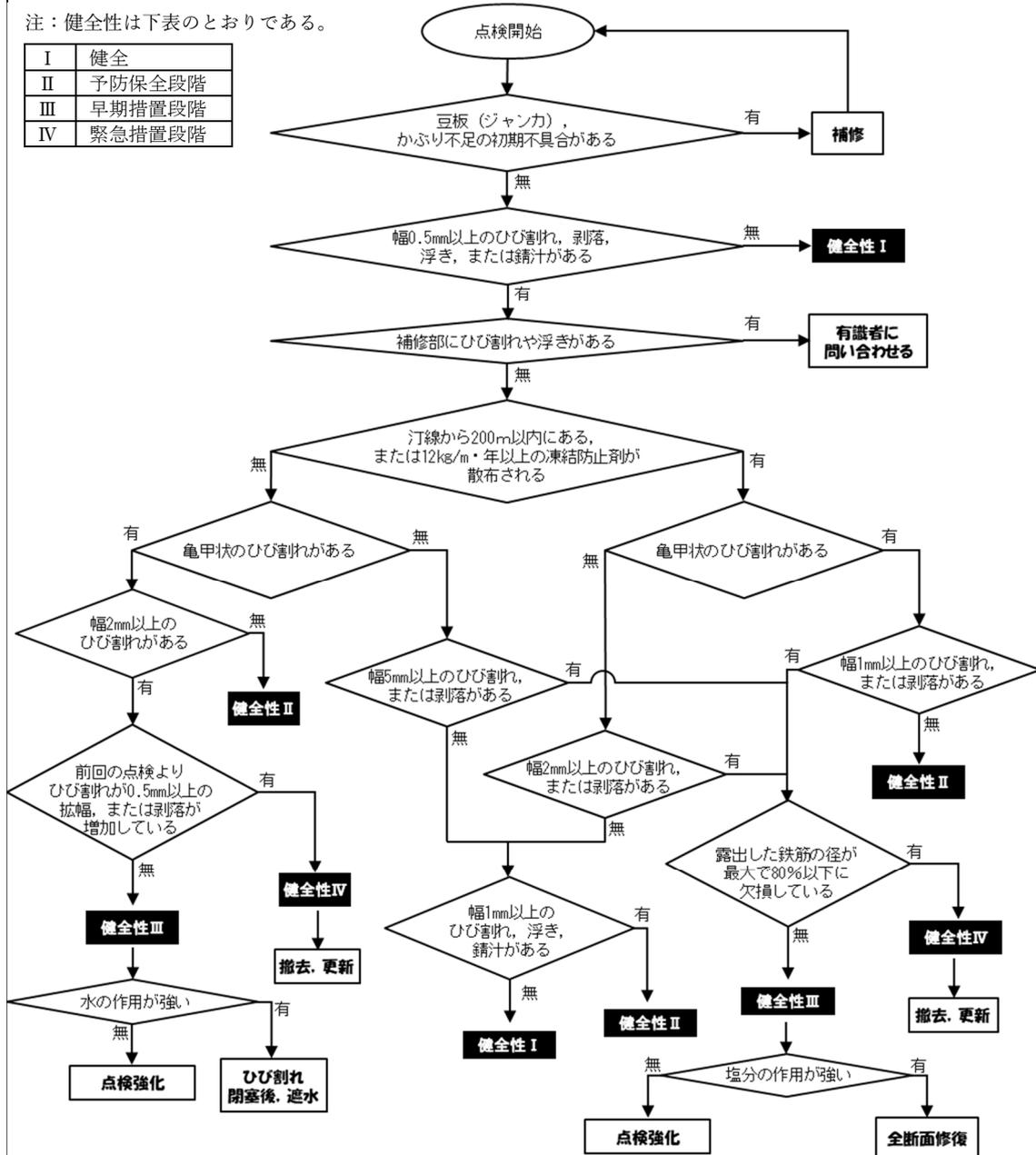
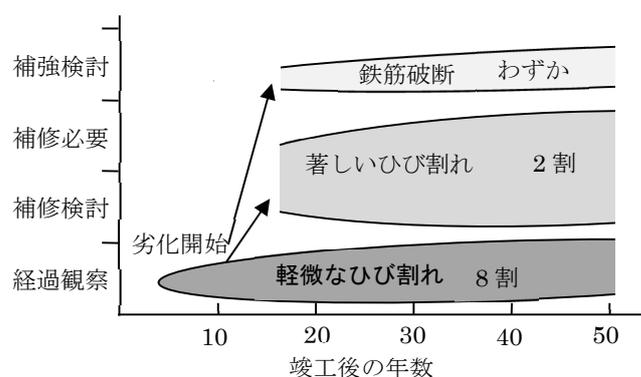


図 3.1 コンクリート橋の上部工と下部工に対する標準的な維持管理のフロー

【解説】

土木学会 コンクリート委員会 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

研究小委員会により編集された「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（342委員会（第2期）委員会報告書）」によれば、北陸地方の市町村が管理する短支間橋梁のように維持管理水準を高く設定せず、かつ農業用水を跨ぐために第三者影響は無視できる場合、耐荷性能限界まで使用した後に供用停止するシナリオのライフサイクルコストが最も安価になる。すなわち、闇雲に補修することを避けるシナリオが、最も経済的である。したがって、このフローでは、一切の予防保全を実施しないことにした。また、事後保全は、塩害に対しては耐力の著しい低下が生じていなく、ASR に対しては劣化の進行速度が遅く、いずれも補修効果を期待できる場合に限り、実施することにした。すなわち、塩害に対しては鉄筋の欠損量が少ない場合、一方 ASR に対してはひび割れ幅の増加量が少ない場合に限り、補修を実施することにした。さらに、**解図 3.1**によれば、ASR の劣化進行は軽微なひび割れが生じた状態のままで済む場合が 8 割である。したがって、ASR の可能性がある場合でも、一度の点検だけで補修の要否を判定するのではなく、前回の点検（ここでは、5 年前の近接目視点検を想定している）よりひび割れ幅が 0.5mm 以上増加している場合に限り、撤去（廃橋）あるいは更新することにした。ここで、ASR のひび割れ幅が既に大きくさらに進行中の場合は、補修・補強により劣化進行を抑制する効果を期待できないため、特に短支間橋梁であれば架け替えが安価になると考えた。



解図 3.1 ASR を有するコンクリート構造物の劣化進行イメージ

（参考：河野広隆、コンクリート構造物のアルカリ骨材反応劣化進行と維持管理のあり方に関する研究、京都大学、博士論文）

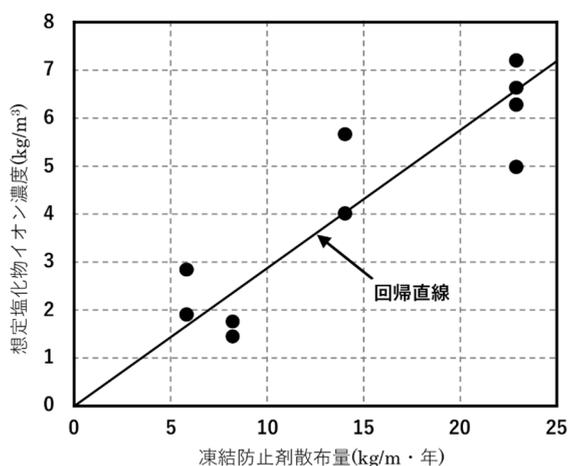
このフローでは、点検の際に調査する項目を、ひび割れの幅と形状、および剥落、浮きや錆汁の有無とした。ここで、亀甲状のひび割れは、ASR による劣化の主たる特徴である。したがって、このフローでは、専門家による調査や特別な機器を用いた調査を避けるため、特徴的なひび割れの有無で、ASR の可能性を判断することにした。また、高強度のプレテンション PC 桁では、腐食によるひび割れは発生していなくても、錆汁が生じ、その段階で鋼材が破断している場合がある²⁾。したがって、ひび割れの有無のみならず、浮きや錆汁の

2) 朝倉啓仁ほか：コンクリート橋の塩害損傷である錆汁と腐食ひび割れの発現順序に関する一考察、土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集、Vol.5、pp.1117-1118、2016

有無も調査することにした。

飛来塩化物イオン量の多い北陸地方においても、土木研究所資料 第 3175 号「飛来塩分量全国調査 (IV)」 p.27 によれば、海岸線からの距離が 300m を超えると、100 年以上経過しても鉄筋は腐食しないと試算されている。その後、国総研資料 第 55 号「コンクリート橋の塩害対策資料集」 p.60 によれば、海岸線からの距離が 700m を超えると、鉄筋は腐食しないと試算されている。したがって、鉄筋の腐食を許容しない水準で維持管理するならば、汀線から 700m をしきい値として、塩害の影響を区分することが望ましい。しかしながら、市町村が管理する短支間橋梁においては、鉄筋の腐食は許容した上で、陥没や落橋を防ぐ水準で維持管理してもよいと考えた。ここで、海岸線に近いほど劣化は進行し³⁾、特に 200m 以内では、劣化の顕在後は早くに補修する必要性が指摘されている⁴⁾。そのため、このフローでは、汀線から 200m をしきい値として、塩害の影響を区分することにした。

北陸地方では、市町村道への凍結防止剤の散布が少ない。ただし、国道や高速道路で車両に付着した塩化物イオンが、近接する市町村道に影響を及ぼす可能性もある。ここで、中日本高速道路株式会社管内の高速道路における凍結防止剤散布量と表面塩化物イオン濃度の関係を、解図 3.2 に示す。また、上述の海岸部の塩害においては、汀線から 200m をしきい値としており、土木学会 2018 年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】 p.143 によれば、表面塩化物イオン量は 3.0~4.5kg/m³に相当する。この値は、解図 3.2 によれば、凍結防止剤散布量が 11~17kg/m・年に相当する。そのため、このフローでは、凍結防止剤散布量が 12kg/m・年をしきい値として、塩害の影響を区分することにした。



解図 3.2 凍結防止剤散布量と表面塩化物イオン濃度の関係

(参考：酒井秀昭、凍結防止剤散布地域の橋梁壁高欄の塩化物イオン濃度の予測方法に関する研究、土木学会論文集 E、Vol.66、No.3、pp.268-275、2010)

- 3) 高橋毅、田中泰司：新潟県沿岸部における橋梁の塩害劣化の実態分析、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.829-834、2013
- 4) 前田圭ほか：鹿児島県における橋梁群の維持管理に係わる環境外力の影響評価に関する一考察、土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集、Vol.5、pp.899-900、2016

補修部におけるひび割れや浮きは、再劣化が原因で生じたと考えられる。この場合、補修時期、補修材料、補修範囲等のいずれが悪影響を及ぼしたかを明らかにし、以後の同様な状態への対策に役立てる必要がある。そのため、北陸地方の有識者、例えば解表 1.2 に示す大学や高専の教員やコンクリート診断士等へ問い合わせることとした。

市町村にとって、このフローを使用する長所は、1) 劣化要因を特定せずに措置方法を選定できる、2) 基本的な点検対象はひび割れ幅、剥落、錆汁、浮き等だけであり、専門的な知識や機材を用いなくても調査できる、3) 近々の課題である事後保全に対応している、点である。特に 3) に関しては、解表 1.4 の③を考慮した。また 1) に関しては、足場を仮設して点検した直後に、該当箇所へ効果を確認している方法の補修を点検者が施せば、補修設計や補修を改めて個別に発注する手間を省け、合理化を図れる。これにより、解表 1.4 の⑦に対応できる。

ここで、道路橋の性能に影響を及ぼす主要な部材として、高欄、地覆、伸縮装置、支承などではなく、まずは上部工と下部工を優先的に対象とした。なお、前述の国総研資料 第 55 号「コンクリート橋の塩害対策資料集」p.75 によれば、上部工の損傷度と下部工の損傷度は、同一傾向になることが報告されている。したがって、上部工と下部工を区別せず、標準的な維持管理のフローを策定した。

また、北陸地方の市町村が管理する道路橋の多くはコンクリート橋であり、鋼橋は少ない。そのため、この手引きは、コンクリート橋に対する点検、評価判定、補修・更新の手順を対象としている。鋼橋の維持管理のフローについては、土木学会 鋼構造委員会 鋼構造の残存耐荷性能評価と耐久性向上方策研究小委員会が編集した「鋼構造シリーズ 18 腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル」等が参考になる。これによれば、例えば凍結防止剤の散布量が $1\text{kg/m}^2 \cdot \text{年}$ 以下であれば、耐候性鋼桁への影響は小さいことが紹介されている。また、飛来塩化物イオン量が 0.05mdd 以下の海岸部であれば、耐候性鋼桁を使用できるとの知見がある。これらの情報と図 3.1 のフローを参考にしつつ、鋼橋特有の点検、評価判定、補修・更新を手順化することが望ましい。なお、次章以降の方法は、鋼橋にも適用できる。

4 章 点検方法

- | |
|---|
| <p>(1) 前回の定期点検における健全性がⅠおよびⅡの場合、タブレットや簡易なチェックシートを用いるなどの簡易な方法により点検してもよい。</p> <p>(2) 前回の定期点検における健全性がⅢで、特殊な足場等を必要とせず近接目視が可能な場合、コンサルタントなどの専門家による点検が望ましい。なお、包括的な一括発注により、委託費は削減される場合もある。</p> |
|---|

補足：塩化ナトリウムを主成分とする凍結防止剤や、酢酸カリウム、酢酸ナトリウム、ギ酸カリウムおよびギ酸ナトリウムを主成分とする融雪剤は、ASR を助長する。そのため、北陸地方では使用してはいけない。

(3) モニタリングやAI等の新技術で、点検を支援できる場合もある。

【解説】

(1)について 解表 1.4 の⑥を踏まえて、陥没や落橋のおそれが少ない場合には、簡易な方法による点検を推奨する。ここで、新潟市、糸魚川市、三条市や砺波市が管理する一部の橋梁に対しては、タブレットを用いた点検^{5),6),7)}が実用され、合理化に資する効果が確認されている。

また、加賀市が管理する一部の橋梁に対しては、項目を限定した簡易シートを用いた点検が実装されており、合理化に資する効果が確認されている。

(2)について 前回の定期点検における健全性がⅢの場合には、専門家により5年以内の陥没や落橋の可能性を評価判定すべく、従来の近接目視点検方法を推奨する。ただし、SIPインフラによる成果を含め、ドローンや高性能カメラを含むロボット技術が開発され、近接目視点検と同等な結果が得られることが確認されている⁸⁾。

なお、短支間橋梁では極めて稀であるが、仮設足場、橋梁点検車やロープアクセスなどを用いて点検する場合もある。それらの橋梁の全体あるいは一部に対して、同等あるいはそれ以上の精度の結果が得られるならば、ロボットを用いた点検も可能である。あるいは、ロボットを用いた点検と、近接目視点検を組み合わせることも、可能である。これらにより、点検時期の選択の自由度の向上、点検費用の低減、および点検時間の短縮を図れることが期待される。

(3)について 第1期SIPの活動終了後も、道路橋の点検に対して有効な新技術が開発されてきた。これには、コスト削減や業務量削減に資する技術・工法も含まれる。例えば、土木学会 インフラメンテナンス総合委員会 新技術適用推進小委員会では、2022年7月に「モニタリング技術活用のための指針(案)」を発刊し、様々な場面で有効活用可能なモニタリング技術を紹介している。また、スマホやデジカメで損傷箇所を撮影し、さらに簡単な情報を入力し、クラウドにアップロードすることで、AIが瞬時に劣化を診断し、塩害・ASR・凍害などの劣化部と健全部を着色によって区別して表記し、かつ点検調書へ自動出力するシステムも実用されている。これにより、結果のばらつきを低減したり、省力化により最大で35%のコストダウンが図れる。さらに、国土交通省からは「点検支援技術性能カタログ」が提示され、画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング技術、およびデータ収集・通信技術の性能確認シートがリスト化されている。

-
- 5) 井林康ほか：スマートフォンを用いた住民参加型の橋梁点検システム構築と実用化に向けての検討、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.17、No.1、pp.631-634、2017
 - 6) 佐々木悠祐ほか：タブレット端末を用いた橋梁概略点検システムの実地調査による有効性の検討、土木学会第70回年次学術講演会講演概要集、Vol.6、pp.665-666、2015
 - 7) 丸山久一、田中泰司：北陸における橋梁の老朽化の現状と課題、第6回社会資本整備セミナー、2012
 - 8) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 SIP インフラ地域実装支援チーム編：SIP インフラ新技術地域実装活動報告書 ～地域のインフラ維持管理の今後に向けて～、土木学会、2019

5章 措置方法

- (1) 健全性がⅢで、補修せずに点検強化する場合、5年を待たずに近接目視点検する。
- (2) 凍結防止剤や飛来塩分の影響を受ける健全性がⅢのコンクリート橋に対して補修する場合、ひび割れ、剥落、浮きや錆汁が顕在化した面の全体を断面修復する。また、補修材料や補修範囲は必ず記録する。
- (3) 凍結防止剤や飛来塩分の影響を受けない環境下で、亀甲状のひび割れは発生しているものの、それが進行していない健全性がⅢのコンクリート橋に対して補修する場合、ひび割れを樹脂注入等で閉塞し、内部鉄筋への腐食要因物質の浸透を防ぐとともに、シラン系表面含浸材等で遮水対策する。また、補修材料や補修範囲は必ず記録する。
- (4) 健全性がⅣで、更新する場合、耐久性の高い材料を用いることが望ましい。

【解説】

(1)について 点検強化も措置のひとつである。ここで、点検強化としては、点検頻度を増加する、あるいは点検精度を向上する策がある⁹⁾。短支間橋梁では、点検精度を向上するより点検頻度を増加することが安価であり、合理化に資すると考えた。また、「変状に気付いたら市役所や町役場へ連絡して下さい」との案内板を該当の道路橋に設置することも、日常的に人が通行する道路においては有効である。

健全性がⅢに至った原因が、過酷な環境作用の場合、補修後も同様な厳しい環境にさらされ、再劣化が進行する可能性が高い。また、健全性がⅢに至った原因が、低品質な材料の場合、補修後も既存部材の劣化は進行する可能性が高い。この場合、数年程度ごとの再補修を繰り返すことになり、その都度に補修費用を要することになり、経済的ではない。したがって、ライフサイクルコストを鑑みると、できる限り補修せずに、点検強化による措置で供用し続け、健全性がⅣになったときに、更新あるいは撤去することが合理的である。

(2)について 鉄筋腐食が顕在化した短支間のコンクリート橋においては、ひび割れ、剥落、浮きや錆汁の生じた部位のみならず、部材の全面へ、発錆限界濃度を超える高濃度な塩化物イオンが浸透していることが多い。そのため、腐食による劣化損傷が顕在化していた個所のコンクリートのみを取り除いただけでは、その後他の既設コンクリートで鉄筋が再腐食することが確認されている。したがって、対象の面の全体を断面修復することにした。

また、補修を先進している JR や NEXCO においても、確実に効果のある補修工法の精査は継続して進められている。したがって、市町村においても、試験施工を含めて実施工した場合のデータを蓄積することは重要である。なお、解表 1.4 の⑧を踏まえて、北陸地方の市町村が管理する道路橋に対して、短時間、低価格かつ簡易な作業による、補修工法に関する

9) 土木学会コンクリート委員会 材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能研究小委員会編：材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能、コンクリート技術シリーズ Vol.71、2006

る試験施工を実施している。渇水期かつ非農耕期である 11～3 月の寒冷期に施工可能なことも条件にしている。最短でも 5 年間の補修効果の保持を条件にしており、最終評価結果は未だであるが、適宜、中間評価結果等を公開しているの、参考にされたい。

(3)について ASR によるひび割れの閉塞には、有機系あるいは無機系の注入材がある。また、幅が 0.6mm 以下のひび割れに対してはシラン系表面含浸材の塗布で吸水量を抑制できるとの報告もある¹⁰⁾。さらに、**解表 1.4** の⑧を踏まえて、(2)と同様に、北陸地方の市町村が管理する道路橋に対して、短時間、低価格かつ簡易な作業による、補修工法に関する試験施工を実施しており、「ひび割れ注入工法」および「剥落部の補修工法」の効果について調査しているの、適宜、中間評価結果等を参考にされたい。なお、補修のデータを蓄積することは重要である。

(4)について 北陸地方では良質で安定したフライアッシュが流通しており、またそれを混和したコンクリートの配合設計・製造・施工に関するマニュアル (<http://www.rikuden.co.jp/ash/attach/14040301.pdf>) も整備されている。これを用いることで、塩害や ASR の進行を低減できることは明らかにされており^{例えば 11),12)}、また温度ひび割れも低減でき¹³⁾、北陸新幹線の延伸工事を含めて、新潟県、富山県、石川県および福井県では実用化が進んでいる¹⁴⁾。したがって、更新により同様な環境作用を受ける橋梁に対しては現橋よりも長寿命化を図るべく、同時に地域環境に優しい社会基盤の整備を図るべく、混和材としてフライアッシュを 15～20% でセメントに内割置換したコンクリートを用いることを推奨する。

なお、**解図 2.2** に示すとおり、著しい初期不具合を有する道路橋の耐久性は極めて低い。したがって、更新においては、不具合がない構造物を建設しなければならない。そのため、プレキャスト製品を使用することが望ましく、一般に材料費、施工費と車線規制費等を含む建設費の総額は安価になる。

さらに、当該橋における将来の維持管理に要する費用が、地域の利便に資する効果と比較して、大幅に超過していれば、管理対象からの除外（撤去）も検討することが望ましい。この場合、既に安全性や使用性が低下しているならば、一定期間は通行止めにして、従来の利用者の迂回状況等を把握してから撤去（廃橋）の可否を判断すると、地域の利便性に及ぼす影響を考慮できる。

10)久保善司ほか：ひび割れ部におけるシラン系含浸材の適用性に関する研究、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 16 巻、pp.545-550、2016

11)宮里心一ほか：北陸産分級フライアッシュによるコンクリートの遮塩性向上効果に関する地域特性を踏まえた評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.163-168、2013

12)広野真一、鳥居和之：北陸地方を代表する安山岩系骨材のアルカリシリカ反応性とフライアッシュによる抑制機構、セメント・コンクリート論文集、第 66 巻、pp.499-506、2013

13)伊藤始ほか：分級フライアッシュの混和によるコンクリートの温度ひび割れ抑制効果の検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.35、No.1、pp.1267-1272、2013

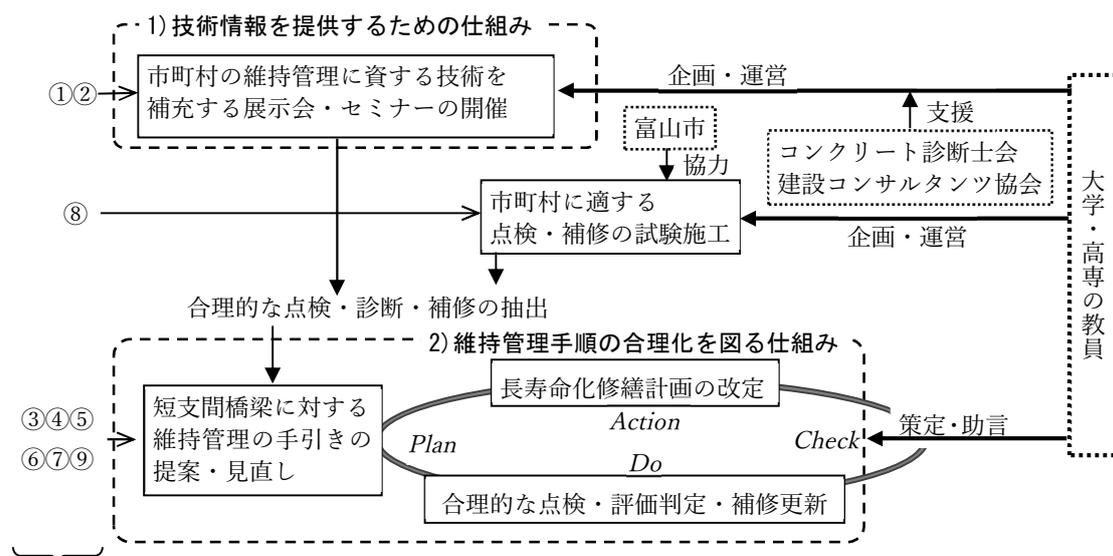
14)石川太郎ほか：北陸新幹線におけるフライアッシュコンクリートの適用と試験施工、コンクリート工学年次論文集、Vol.40、No.1、pp.123-128、2018

6章 手引きの運用

この手引きは、北陸地方の大学・高専の教員と市町村の職員が継続的に連携し、さらに必要に応じて技術士やコンクリート診断士、各県のセンターや公社、およびインフラメンテナンズ国民会議等も交えて、協同で改善を図ることとする。

【解説】

解表 1.4 を踏まえて、市町村の課題を解決するための方策を解図 6.1 に示す。すなわち、「1)技術情報を提供するための仕組み」および「2)維持管理手順の合理化を図る仕組み」を継続する必要がある。ここで、国土交通省、NEXCO、JR や県などにおいては、有識者も交えた委員会の場が設けられ、また高速道路、新幹線や港湾等の特定の構造物を対象にした、点検、評価判定、補修の流れはマニュアル等として整備されており、上述 2)の維持管理の合理化への対応も図られている。ただし、解表 6.1 に示すとおり、道路橋を管理する組織によって、事情は異なる。したがって、国道や高速道路に対する維持管理の手順や方法を、市町村道の維持管理へ全て同様に転用することは困難である。



解表 1.4 の No

解図 6.1 市町村道の課題を解決するための仕組み

解表 6.1 道路橋の管理者の比較

項目	国道	高速道	県道	市町村道
職員		多	⇔	少
橋長		長	⇔	短
予算		多	⇔	少
関連組織	土木研究所	NEXCO 総研	センターや公社	—

また、点検、評価判定、補修・更新のフローについては、**図 3.1** に示した版を、運用しながら改善することで実装は進む。したがって、**解図 6.1** に示す PDCA サイクルをまわしながら、標準版の更新や、各市町村の自然環境や社会環境を踏まえたカスタマイズ化を図ることが望ましい。

Standard maintenance manual for short-span bridges
managed by municipalities in the Hokuriku region (draft)

2022 December

1 General

1.1 Objective

This manual aims to contribute to the rationalization of road bridge maintenance and management in municipalities in the Hokuriku region and provides standard procedures and methods that can be used as references in a series of inspections, judgements, repairs, and renewals. It is desirable for municipalities to modify and utilize them to suit their actual circumstances, based on their individual natural and social environments.

[Commentary]

The Hokuriku region covered by this manual comprises four prefectures, as shown in Fig. 1. Plenty of deicer is sprayed on highways during winter. In coastal areas, many chloride ions are blown by seasonal wind. Therefore, road bridges are prone to chloride attack. Furthermore, the alkali-silica reaction (hereinafter referred to as ASR), which is mainly caused by andesite, is occasionally observed. Some bridges have deteriorated in combination. These phenomena reduce the performance of road bridges at an early stage, which is faster than the progress of aging deterioration on a national average. Therefore, there is a demand for proposals for maintenance and management procedures and methods that respond to early deterioration in the Hokuriku region, which is different from the uniform road bridge management system that looks at the entire country from a macro perspective.



Fig.1 Regions covered by this manual

Based on this, from 2014 to 2022, “the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)”, Hokuriku Regional Development Association, and Japan Society of Civil Engineers for subsidized research have been implemented. Collaborating with industry, government, and academia, universities and technical colleges, as shown in Table 1, promoted the elucidation of the early deterioration mechanism of concrete bridges and the development of a management system that considers the performance related to material and structures.

Table 1 Participating Universities and Technical Colleges

Prefecture	Universities and Technical Colleges
Niigata	Nagaoka University of Technology (NUT), National Institute of Technology, Nagaoka College (NITNC)
Toyama	Toyama Prefectural University (TPU), University of Toyama (UT)
Ishikawa	Kanazawa University (KU), Kanazawa Institute of Technology (KIT), National Institute of Technology, Ishikawa College (NITIC)
Fukui	University of Fukui (UF), National Institute of Technology, Fukui College (NITFC)

The procedures and methods described in this manual are the results of these activities. In particular, from 2017 onwards, the professors listed in Table 2 visited the municipalities at Toyama prefecture, Ishikawa prefecture, Fukui prefecture, and the Jyouetsu area in the Niigata prefecture, shown in Table 3, and conduct interview surveys. Also they exchanged opinions with the Center for Structural Maintenance Research (CAESAR) at the Public Works Research Institute who is a national research corporations, and Japan Construction Consultants Association Hokuriku Branch. As shown in Fig. 2, the municipalities visited accounted for 94% of each prefecture. By doing so, we attempted to match the academic proposals of experts with the actual maintenance situation and management of road bridges in municipalities. As shown in Table 4, it became clear that many municipalities have common issues, and this manual describes standards based on these needs. However, the natural and social environments differ between individual municipalities, such as sea-side or inland locations and many or few bridges. Therefore, it is desirable to modify this standard procedure and method according to the actual situation in each municipality.

Table 2 Interviewing professors for municipalities

Name	Affiliation	Name	Affiliation
Ito Hajime	TPU	Tsuda Makoto	NITIC
Ibayashi Kou	NITNC	Terayama Kazuki	NITIC
Uchida Shinya	TPU	Hanaoka Daishin	KIT
Kubo Yoshimori	KU	Fukada Saiji	KU
Kurihashi Yusuke	KU	Maeda Kenji	NITIC
Kouno Tetsuya	UT	Miyazato Shinichi	KIT
Suzuki Keigo	UF	Miyashita Takeshi	NUT
Tachibana Junzo	TPU	Yanagida Ryohei	KU
Tanaka Yasushi	KIT	Minowa Keisuke	NITFC

Table 3 Interviewed municipalities

Prefecture	Municipality	Population	Area (km ²)	No. of bridges	Location
Niigata (Jyouetsu)	Joetsu C.	193,039	973.8	1,146	Sea-side
	Itoigawa C.	43,897	746.2	525	Sea-side
Toyama	Toyama C.	417,760	1,241.7	2,222	Sea-side
	Himi C.	48,671	230.6	360	Sea-side
	Asahi T.	11,936	227.4	122	Sea-side
	Takaoka C.	172,535	209.6	1,200	Sea-side
	Imizu C.	93,289	109.4	492	Sea-side
	Nanto C.	51,171	668.6	923	Inland
	Oyabe C.	30,162	134.1	449	Inland
	Nyuzen T.	24,894	71.6	450	Sea-side
	Uozu C.	40,253	200.6	239	Sea-side
	Namerikawa C.	33,023	54.6	293	Sea-side
	Kamiichi T.	19,429	236.7	199	Inland
	Tateyama T.	25,021	307.3	312	Inland
Tonami C.	47,462	127.0	608	Inland	
Ishikawa	Kanazawa C.	466,183	468.6	1,388	Sea-side
	Kahoku C.	34,293	64.4	90	Sea-side
	Wajima C.	26,312	426.3	446	Sea-side
	Nomi C.	48,934	84.1	252	Sea-side
	Hakusan C.	109,581	754.9	369	Sea-side
	Uchinada T.	26,943	20.3	7	Sea-side
	Hodatsushimizu T.	12,805	111.5	132	Sea-side
	Nonoichi C.	55,297	13.5	220	Inland
	Komatsu C.	106,905	371.0	473	Sea-side
	Tsubata T.	37,618	110.6	174	Inland
	Suzu C.	14,574	246.9	171	Sea-side
Kaga C.	67,357	305.9	356	Sea-side	

Table 3 Interviewed municipalities (Cont.)

Prefecture	Municipality	Population	Area (km ²)	No. of bridges	Location
Ishikawa	Nakanoto T.	18,102	89.5	244	Inland
	Noto T.	15,810	273.3	303	Sea-side
	Anamizu T.	7,623	183.2	92	Sea-side
	Nanao C.	49,645	318.3	455	Sea-side
	Shika T.	18,945	246.8	274	Sea-side
	Hakui C.	20,311	81.9	166	Sea-side
	Kawakita T.	6,144	14.6	36	Inland
Fukui	Fukui C.	264,344	536.4	1,771	Sea-side
	Echizen T.	21,021	153.2	225	Sea-side
	Sabae C.	68,397	84.6	399	Inland
	Obama C.	29,534	233.1	402	Sea-side
	Katsuyama C.	23,392	253.9	349	Inland
	Echizen C.	83,184	230.7	675	Inland
	Tsuruga C.	66,060	251.4	307	Sea-side
	Ikeda T.	2,604	194.7	99	Inland
	Mihama T.	9,609	152.4	130	Sea-side
	Sakai C.	89,648	209.7	599	Sea-side
	Eiheiji T.	18,105	94.4	162	Inland
	Ono C.	31,258	872.4	444	Inland
	Minamiechizen T.	9,960	343.7	268	Sea-side
	Ohi T.	8,007	212.2	329	Sea-side
	Wakasa T.	13,908	178.7	472	Sea-side
	Awara C.	29,933	117.0	135	Sea-side
Takahama T.	9,865	72.4	139	Sea-side	

(At the time of interview)

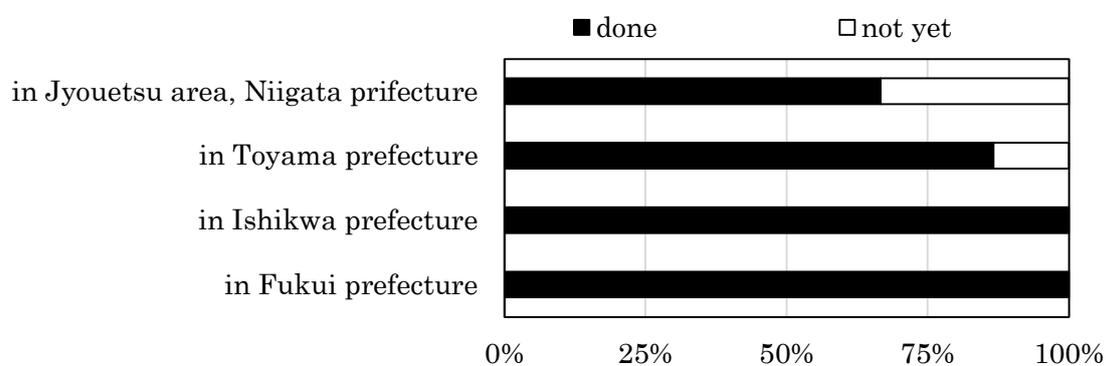


Fig. 2 Percentage of interviewed municipalities

Table 4 Common issues identified in interviews

Cause	No	Issue	%*	Section
Human resources	①	It is difficult to develop human resources in the workplace through on-the-job training (OJT) because there are few staff who are familiar with bridges, staff cannot concentrate on bridge maintenance, and they change every two or three years.	100	6
	②	Few opportunities to obtain information on the latest technology.	100	6
Budget	③	Even corrective maintenance is a problem, and a shift to preventive maintenance cannot be planned.	100	3
Deterioration	④	Deterioration due to chloride attack and ASR is progressing.	80	2
	⑤	Initial defect has existed and it makes deterioration progressing.	90	2
Inspection	⑥	For bridges that are easy to inspect, staff who are not confident in their technical capabilities want to inspect them without using machines.	80	4
	⑦	A series of inspection, judgment, and repair manual is desired.	100	3
Repair	⑧	Appropriate repair methods and their effects are unknown.	100	5
	⑨	The life of the bridge is extended without repairing, as much as possible, and if the safety and usability of the bridge cannot be satisfied, it will be renewed.	100	5

* Percentage of issued municipalities out of all municipalities interviewed

This manual was arranged for the Hokuriku Region. However, streamlining the maintenance and management of road bridges in municipalities is a nationwide issue¹⁾, and we believe that this will serve as a reference for other regions as well.

1.2 Term definition

This manual defines terms as follows:

Short-span bridge: A bridge with a length of 2 m or more and less than 5 m. Includes culvert boxes and slab bridges with overburdens of less than 1 m.

Corrective maintenance: Although there is no problem with the function of the structure, early measures should be taken to delay the progress of deterioration.

Preventive maintenance: There is a possibility that the function of the structure will be hindered, and measures should be taken.

[Commentary]

Regarding short-span bridges, the Hokuriku region has a lot of irrigation water for agriculture, and there are many bridges of less than 5 m across it. In addition, in inspections by some municipalities, bridges with a length of less than 6 m were classified as bridges with short spans. In such cases, bridges with a length of less than 6 m may be considered short-span bridges if there is no problem in practical use.

Regarding corrective and preventive maintenance, consider a relatable situation to explain the concept; the medical act of going to the dentist after having a decayed tooth corresponds to corrective maintenance. In contrast, daily tooth brushing corresponds to preventive maintenance. Corrective maintenance involves pain for humans, and in the case of road bridges, the risk of collapse. In general, corrective maintenance requires a temporarily high treatment cost, whereas preventive maintenance flattens the treatment cost and can be reduced.

2 Application target

The procedures and methods described in this manual are applicable to short-span bridges managed by municipalities in the Hokuriku region, which are not emergency transportation roads or the overpasses of roads and railways, have no significant initial defects, and have low traffic volumes.

[Commentary]

According to the pavement inspection guidelines of the Road Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism, as shown in Fig. 3, roads are classified into four categories according to their characteristics. Based on this, road bridges were classified into four groups, as listed in Table 5. Group C was the target for applying this manual. That is, it is a short bridge that does not overpass emergency transit roads, roads, or railroads, and has low traffic (e.g., less than 1000 vehicles/day). In addition, initial defects, such as insufficient cover, as shown in Fig. 4, lead to spalling of the superstructure concrete because the preconditions for the design are not ensured. Therefore, it cannot be said that the simple procedures and methods shown in this manual will ensure the safety of bridges with significant initial defects, even for a community road, hence, they are excluded from the application target.

In the Hokuriku region, some road bridges have ASR, as shown in Figs. 5 and 6. In addition, as shown in Fig. 7, after repairing the chloride attack, some parts deteriorated again because of macrocell corrosion. These are subject to application.

In addition, all construction years were covered. In other words, it has been

pointed out that the floor slabs before 1979 were thinner than the current standards, and that they could easily fall off due to fatigue, but the traffic volume of large vehicles on municipal roads in the Hokuriku region was small. In addition, in 1986, the Ministry of Construction issued a "temporary countermeasure against alkali-aggregate reactions" but in the Hokuriku region, ASR has progressed in some buildings even after that. Therefore, there is no particular classification by construction year.

Characteristic	Classification	Main road (image)
High-standard arterial roads (roads with high service standards that require high-speed driving)	A	
Rapidly damaged roads (e.g. roads with a lot of heavy vehicle traffic)	B	
Slowly damaged roads (e.g. roads with little heavy vehicle traffic)	C	
Community road (Damage progresses extremely slowly, long life if there is no impact of occupation construction)	D	

Note: The selection of roads for each classification was determined by each road administrator. (This is simply an image. For example, even if it is a municipal road, it is acceptable to classify it as Category B at the discretion of the road administrator.)

Fig. 3 Image of road classification indicated in pavement inspection procedure

Table 5 Classification of road bridge maintenance (draft)

Group	Subject
A	Emergency transport road bridges, Overpasses, Bridges with a length of 15 m or more
B	Other than the above, for example, bridges with a length of 5 to 15 m
C	Other than the above, for example, bridges with a length of less than 5 m and less traffic
D	Bridges with short design life and low traffic volume, Bridges in depopulated areas that may be removed in the future



Fig. 4 Short-span bridges where superstructure concrete has fallen due to initial defect

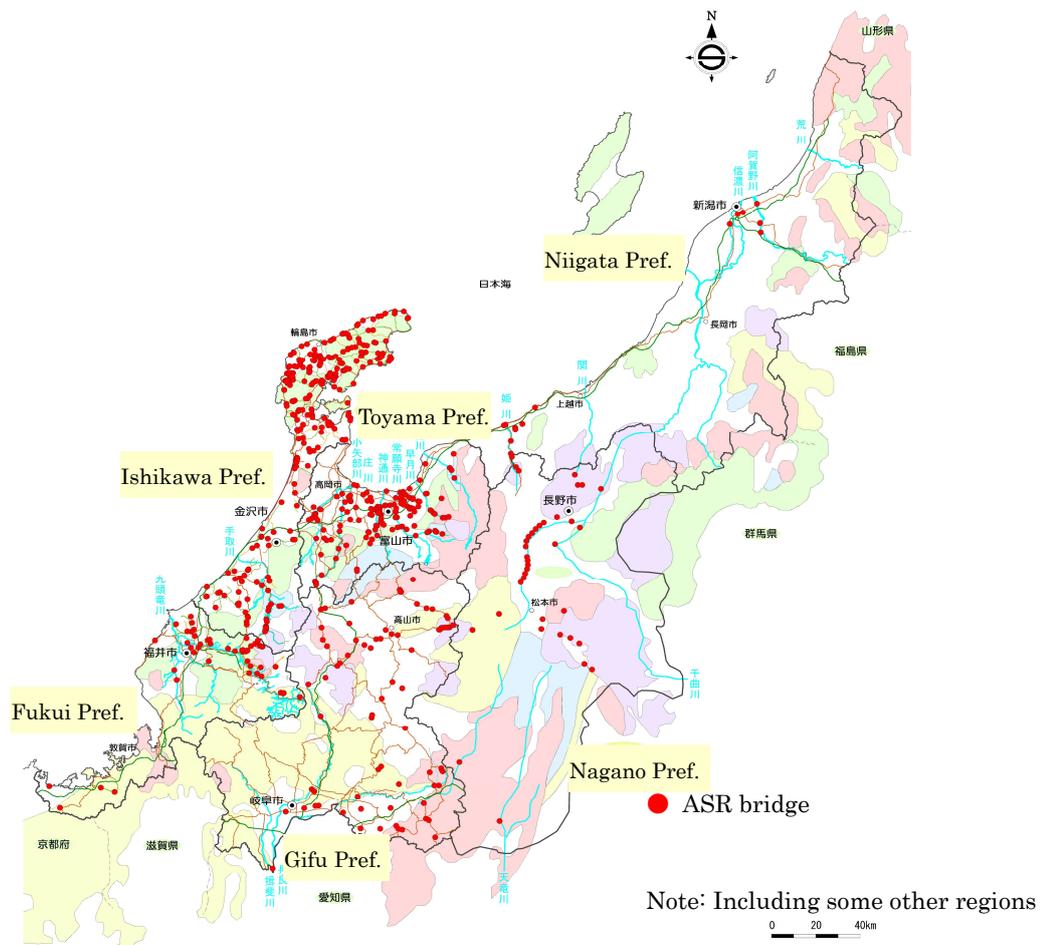


Fig. 5 Map of bridges where ASR occurred



Fig. 6 Example of a bridge deteriorated by ASR



Fig. 7 Example of re-deterioration due to macrocell corrosion after patch repair

It is desirable to maintain and manage long bridges and important bridges that are not applicable, using the same procedures and methods as national roads, expressways, and prefectural roads. If you want to identify the cause of deterioration, you can refer to the "Concrete Crack Investigation, Repair, and Reinforcement Guidelines -2022-" published by the Japan Concrete Institute. Furthermore, regarding the maintenance and management of bridges that are clearly degraded by salt damage and ASR, please refer to the CAESAR web page shown in Table 6; the "Chloride attacked bridge maintenance manual (draft)" of the Hokuriku Regional Development Bureau and "Guidelines for Repair and Reinforcement of Bridge Piers and Abutments of Road Bridges Degraded by Alkali-Aggregate Reaction (Draft)" by the Kinki Regional Development Bureau of the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism are helpful.

Table 6 Web page by CAESAR

Inspection	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/check-and-research.html
Repair	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/operation-and-maintenance.html

3 Maintenance procedures

The standard maintenance procedure for the superstructure and substructure of a concrete bridge is the flow of inspection, judgement, repair, and replacement shown in Fig. 8 and Table 7.

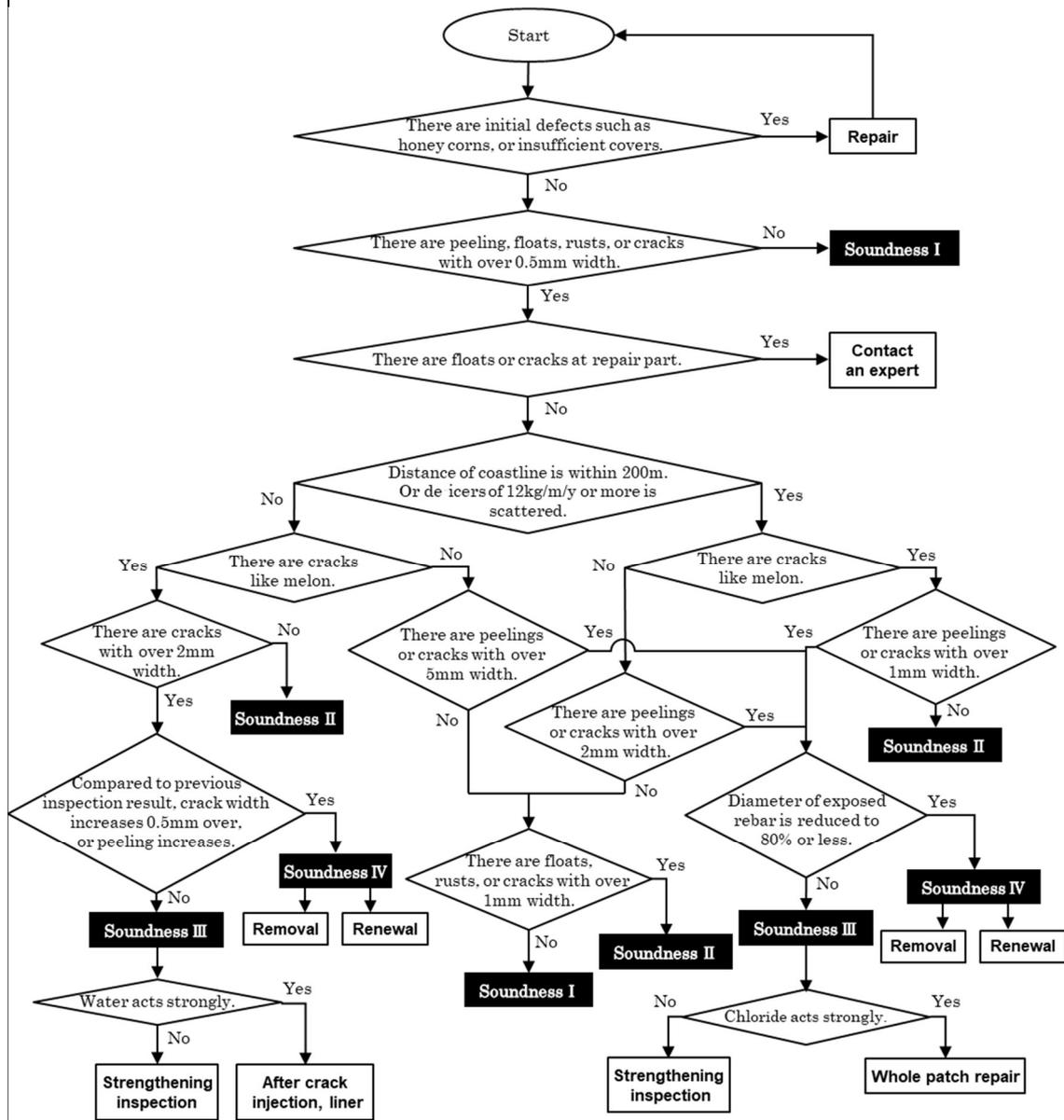


Fig.8 Standard maintenance flow for concrete bridge superstructure and substructure

Table 7 Classification of soundness²⁾

I	II	III	IV
Soundness	Preventive maintenance phase	Early action phase	Emergency phase

[Commentary]

According to the report by a subcommittee about “Maintenance Priority Research for Concrete Structures” in the Japan Society of Civil Engineers, if the level of maintenance and management is not set as high as for short-span bridges managed by municipalities in the Hokuriku region, and if third-party effects can be ignored because they cross agricultural irrigation water, the life cycle cost is the lowest in the scenario of decommissioning after usage to the limit of load-bearing capacity. In other words, it is most economical to avoid a strategy-less repair scenario. Therefore, in this flow, preventive maintenance is not performed, and corrective maintenance is performed only when repair effects can be expected. That is, for chloride attack, repairs are performed when there is no significant decrease in the yield strength, that is, when the weight loss of the reinforcing bars is small. In addition, the ASR is repaired when the progress rate of deterioration is slow, that is, when the increase in the crack width is small. In particular, according to Fig. 9, 80% of the cases in which the progress of ASR deterioration is stopped have minor cracks. Therefore, even if there is a possibility of an ASR, it is not necessary to judge the necessity of repair by just one inspection, but rather by the comparison with the previous inspection (here, a visual inspection five years ago is assumed). It was decided to remove an abandoned bridge or replace it only if the crack width was increased by 0.5 mm or more. If the crack width of the ASR is already large and in progress, it will be cheaper to replace the short-span bridge because repair will not slow the deterioration progress.

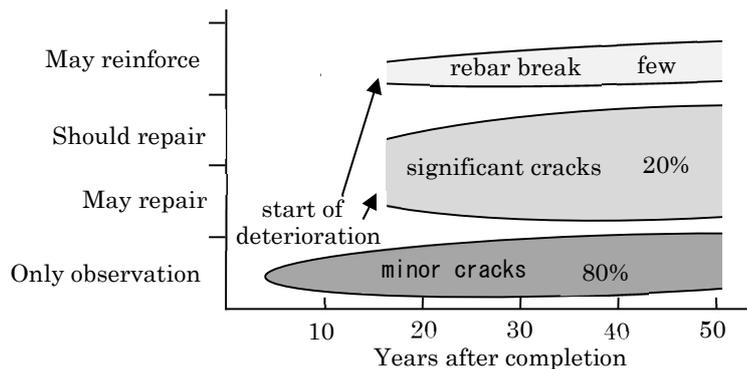


Fig.9 Degradation progress image of a concrete structure with ASR³⁾

The items to be inspected in this flow are the width and shape of the cracks, spalling, floating, and rust liquid. Here, cracks like melon, are the main feature of ASR deterioration and can be determined by non-experts without special equipment. In addition, in high-strength pretensioned PC girders, even if cracks due to corrosion do not

occur, rust juice may be generated, and the steel may break⁴). Therefore, not only the presence of cracks but also the presence of floats and rust juice should be considered.

Even in the Hokuriku region, where airborne chloride ions are high, according to PWRI data No. 3175 "National survey of airborne chloride (IV)" p.27, if the distance from the coastline exceeds 300 m for more than 100 years, it is estimated that the rebar will not corrode. Subsequently, according to the National Research Institute Material No. 55 "Chloride attack countermeasures for concrete bridges" p.60, it is estimated that if the distance from the coastline exceeds 700 m, the reinforcing bars will not corrode. Therefore, if maintenance is to be performed at a level that does not allow the corrosion of reinforcing bars, it is desirable to classify the effects of a chloride attack using a threshold of 700 m from the coastline. However, short-span bridges managed by municipalities should be maintained at a level that prevents collapse while allowing the corrosion of reinforcing bars. Here, the closer the coastline, the more the deterioration progresses⁵), and it has been pointed out that repair is necessary as soon as the deterioration becomes apparent, especially within 200 m⁶). Therefore, this flow classifies the influence of chloride attacks at a threshold of 200 m from the shoreline.

In the Hokuriku region, anti-freezing agents are rarely sprayed onto municipal roads. However, chloride ions attached to vehicles on highways and national roads may affect the nearby municipal roads. Figure 10 shows the relationship between the amount of de-icer sprayed and the surface chloride ion concentration on the highway under the Central Nippon Expressway. In addition, for the above-mentioned coastal chloride attack, the threshold may be 200 m from the coastline. According to the Japan Society of Civil

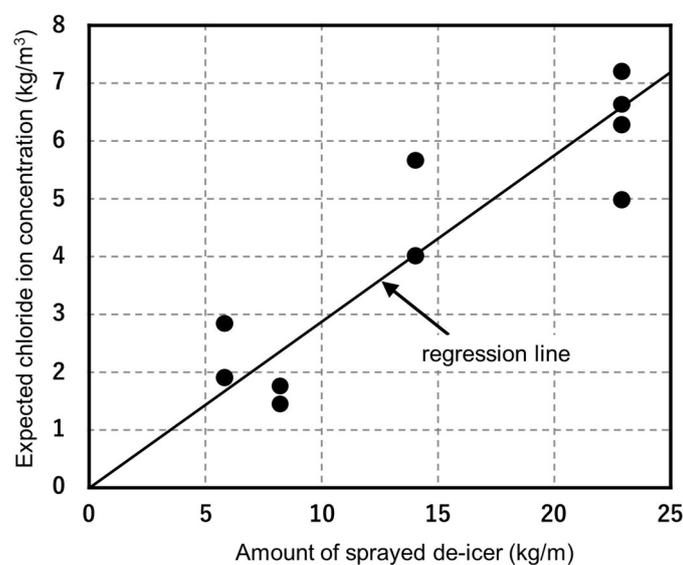


Fig.10 Relation between de-icer amount and surface chloride ion concentration⁷⁾

Engineers 2018 Concrete Standard Specifications [Maintenance] p.143, the surface chloride ion content is equivalent to 3.0 – 4.5 kg/m³. Therefore, when these two values were compared, the amount of the de-icer applied was equivalent to 11 – 17 kg/m/y. Therefore, the threshold for this flow classifies the effects of the chloride attack at a de-icer application rate of 12 kg/m/y.

It is thought that the cracks and floats in the repaired part were caused by re-deterioration. In this case, it is necessary to clarify which of the repair period, repair material, repair area, amongst others had an adverse effect and it will be used to take measures against similar situations in the future. Therefore, inquiries were made to experts in the Hokuriku region, such as university and technical college teachers, and concrete consultants, as shown in Table 2.

The advantage of using this flow for municipalities is that 1) it is possible to select a measurement method without specifying the deterioration factor, 2) the basic inspection objects are only crack width, peeling, rust juice, float, and more, and 3) it can deal with corrective maintenance, which is an upcoming issue. In particular, for 3), ③ in Table 4 was considered. Regarding 1), if the inspector makes effective repairs immediately after inspection using temporary scaffolding, maintenance can be rationalized without ordering the individual design and its repair again. Thus, ⑦ can be solved in Table 4.

Here, priority is given to superstructures and substructures, which are the main members that affect the performance of road bridges, rather than to balustrades, ground guards, expansion devices, and bearings. In addition, according to the above-mentioned National Research Institute Material No. 55 "Chloride attack countermeasures for concrete bridges" p.75, the degree of damage to the superstructure and substructure tends to be the same. Therefore, a standard maintenance flow was formulated without distinguishing between the superstructure and the substructure.

In addition, many road bridges managed by municipalities in the Hokuriku region are made of concrete, with a few steel bridges. Therefore, this manual covers the procedures for the inspection, judgement, repair, and replacement of concrete bridges. For the flow of maintenance and management of steel bridges, refer to the "Steel structure series 18, Durability verification manual for corroded steel structures" edited by the Japan Society of Civil Engineers, Steel structures committee, Subcommittee about steel structures residual load-bearing performance evaluation and durability

Supplement: De-icer based on sodium chloride, potassium acetate, sodium acetate, potassium formate and sodium formate promote ASR. Therefore, they should not be used in the Hokuriku region.

improvement policy research” and more. will be helpful. According to this, for example, if the amount of the deicer sprayed is 1 kg/m²/year or less, the effect on weathering steel girders is small. It is also known that weathering steel girders can be used in coastal areas where the amount of airborne chloride ions is 0.05 mdd or less. Referring to this information and the flow in Fig. 8, it is desirable to formulate procedures for inspections, evaluation judgments, repairs, and renewals specific to steel bridges. The methods described in the following sections can also be applied to steel bridges:

4 Inspection method

- (1) If the soundness of the previous periodical inspection was I or II, it may be inspected with a simple method such as using a tablet or a simple check sheet.
- (2) If the previous periodical inspection showed that the soundness was III and close visual inspection is possible without the need for a special scaffolding, it is desirable to have an inspection by an expert such as a consultant. In some cases, Comprehensive ordering may reduce outsourcing costs.
- (3) In some cases, new technologies such as monitoring and AI can support inspections.

[Commentary]

Regarding (1), based on ⑥ in Table 4, if there is little risk of a bridge collapse, we recommend inspection by a simple method. Here, for some bridges managed not only by the Niigata City, Itoigawa City, Sanjo City, Tonami City, Shunan City, and Kyrgyzstan, Cambodia, inspections using tablets^{8), 9), 10)} have been put into practical use, and the rational effect has been confirmed.

In addition, for some bridges managed by Kaga City, inspection using a simple sheet with limited items was implemented, and the effect of rationalization was confirmed.

(2) If the soundness of the previous periodic inspection is III, an expert should inspect with conventional close-up visual inspection to evaluate the possibility of collapse within five years. However, robotic technology, including drones and high-performance cameras, have been developed to obtain results equivalent to close-up visual inspections, including the SIP¹¹⁾ results.

In addition, although they are extremely rare in short bridge bridges, they may be inspected using temporary scaffolding, bridge inspection cars, or rope access. Inspection using a robot if the same or more accurate results can be obtained, is able to apply for the entire or part of these bridges. Alternatively, it is possible to combine

inspection using a robot and close-view inspection. It is expected that the degrees of freedom for the selection of the inspection time, reduction of inspection costs, and inspection time can be reduced.

(3) Even after 2018, at the end of the first SIP activities, new technologies have been developed for the inspection of road bridges. This includes the technology and methods that contribute to cost and operational reduction. For example, the Japan Society of Civil Engineering, Infrastructure Maintenance Committee, Subcommittee about New Technology Applicable Promotion published "Guidelines for Utilization of Monitoring Technology (Draft)" in July 2022, which provide effective use of monitoring technology in various situations. In addition, uploading photos of damage taken with smartphones and digital cameras and uploading simple information to the cloud determines the deterioration of AI immediately and distinguishes the healthy parts and deterioration parts such as chloride attacks, ASR, and freeze-thaw damage. Simultaneously, the system automatically outputs the inspection results to a chart. This reduces the variation in the results and reduces the maximum of 35% owing to labor savings. Furthermore, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport, and Tourism presented the "Inspection Support Technology Catalog" and lists the performance confirmation sheets of image measurement technology, non-destructive inspection technology, measurement/monitoring technology, and data collection and communication technology.

5 Measure method

- (1) When the soundness is III, if the inspection is enhanced without repairing, the visual inspection is performed within 5 years.
- (2) When a concrete bridge has de-icers or airborne chlorides, and its soundness was III, the whole surface of cracks, peeling, floating, and rust juice have been measured with a patch repair. The repair material and its area must be recorded.
- (3) Under the environment without de-icers and airborne chlorides, the concrete bridge with a soundness of III has cracks like melon without growing, cracks are obstructed by the resin injection, to prevent the penetration of substances that induce corrosion into the internal rebar, and a silane type surface penetrant is applied. The repair material and its area must be recorded.
- (4) When the concrete bridge with soundness of IV is updated, highly durable material should be used.

[Commentary]

Regarding (1), inspection strengthening is one such measure. Here, inspection enhancement increases the frequency of inspection or improves inspection accuracy¹²⁾. In a short bridge, increasing inspection frequency is less expensive than improving inspection accuracy. In addition, installing a board on a road bridge, saying, "Please contact the city hall or town hall if you notice a variable," is also effective on busy roads.

In a severe environment, the cause of the soundness of III is likely to be exposure to the same harsh environment after repair, and the deterioration may progress. In addition, if the reason for the soundness of III is low-quality material, it is likely that the deterioration of the existing members will progress even after repair. In these cases, repairs are repeated every few years, and the cost is higher. Therefore, from a life cycle cost viewpoint, it is reasonable to update or remove when the soundness is IV, after continuing to use as much as possible without any repair.

(2) In a short-span a concrete bridge with rebar corrosion, regardless of cracking, peeling, floating, or rust juice, high-concentration chloride ions over the threshold value are often permeated on the entire surface of the member. As a result, it has been confirmed that the rebars will be corroded in other concrete when only the concrete in the place of remarkable corrosion is removed. Therefore, all members must be repaired.

In addition, even JR (Japan Railway Company) and NEXCO (Nippon Expressway Company), which are advanced in repairing, are continuously scrutinizing repair methods that are definitely effective. Therefore, it is important for municipalities to accumulate repair data including test construction. Based on the ⑧ of Table 4, the road bridge managed by municipalities in the Hokuriku region has been tested for short time, low cost, and simple repair works since 2019. The condition is to operate during the cold season, which is the non-agricultural season from November to March. In addition, it is also necessary to maintain the repair effect for at least five years. The final result will be revealed after 2024, but intermediate evaluation results will be helpful.

(3) Organic or inorganic injection methods can close ASR cracks. In addition, it has been reported that a silane type surface penetrant method can suppress water absorption for cracks with a width of 0.6 mm or less¹³⁾. Furthermore, based on (8) in Table 4, similar to (2), road bridges managed by municipalities in the Hokuriku region were repaired in a short-term, low-cost, and simple trial. This study investigates the repair effects of the "crack injection method" and the "patch method for peeled areas", and the intermediate evaluation results will be helpful. It is also important to accumulate the repair data.

(4) High-quality and stable fly ash was distributed in the Hokuriku region. There is also a manual (<http://www.rikuden.co.jp/ash/attach/14040301.pdf>) for a mixture proportion design, manufacture, and construction of concrete mixed with concrete. It has been

clarified that the use of this fly ash can reduce the progress of chloride attack and ASR for example 14), 15), and can also reduce temperature cracks 16), 17). Practical applications are progressing in the Niigata Prefecture, Toyama Prefecture, Ishikawa Prefecture, and Fukui Prefecture, including the extension work of the Hokuriku Shinkansen. Therefore, in order to extend the service life of bridges that are subject to similar environmental effects after renewal, and to develop green infrastructure, it is recommended to use concrete with fly ash from 15% to 20% in cement.

As shown in Fig. 4, road bridges with significant initial defects exhibit extremely low durability. Therefore, during renewal, the structure must be constructed without defects. Therefore, it is desirable to use precast products, which generally reduce total construction costs, including material, construction, and traffic regulatory costs.

Furthermore, if the costs required for future maintenance of the bridge greatly exceed the convenience of the zone, it is desirable to consider excluding (removing) from the viewpoint of management. If the safety and usability of the bridge have already deteriorated, it would be better to prohibit the use of the bridge for a certain period of time and determine whether it should be removed (abandoned) based on the detour status of users.

6 Operation of manual

This manual will be improved by collaboration between professors of universities and technical colleges and staff of municipalities, and if necessary, professional engineers, concrete diagnosis centers in each prefecture, etc. in the Hokuriku region.

[Commentary]

Based on Table 4, Fig.11 shows the measures used to solve the issues faced by municipalities. In other words, it is necessary to continue "1) a system for providing technical information" and "2) a system for proceeding with rational maintenance". Here, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, NEXCO, JR, prefectures, and more, set up a committee that included experts. In addition, the flow of inspection, judgement, and repair for structures such as highways, shinkansen, and harbors has been prepared as a manual. This is useful for (2). However, as shown in Table 8, the situation differs depending on the organization that manages road bridges. Therefore, it is difficult to transfer maintenance procedures and methods to national roads and highways for the maintenance of municipal roads.

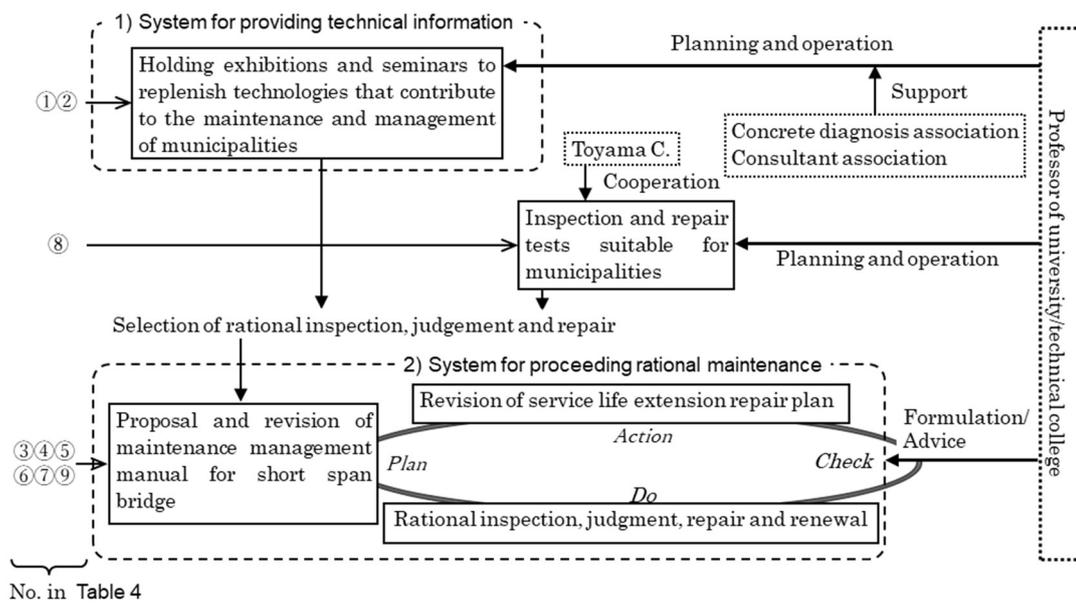


Fig. 11 Mechanisms for resolving municipal road issues

Table 8 Comparison of road bridge managers

Item	National road	Highway	Prefectural road	Municipality road
Staff	Many		⇔	Little
Bridge length	Long		⇔	Short
Budged	Ritch		⇔	Poor
Related organization	Public Works Research Institute	NEXCO Research Institute	Center, Public corporation	-

In addition, the inspection, judgment, and repair/renewal flow shown in Fig. 8 should be improved during the operation. Therefore, while going through the PDCA cycle shown in Fig. 11, it is desirable to update the standard version and customize it based on the natural and social environment of each municipality.

References

- 1) Nakamura Hitoshi, Taniguchi Nozomu, Onishi Hiroshi, Syo Sei, Saito Michio: Current situation analysis of road bridge maintenance based on questionnaire survey of local governments, Proceedings of Construction Steel, Vol.25, pp.566-570, 2017.
- 2) Road Bureau in Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: Road bridge periodic inspection procedure, 2019.

- 3) Kawano Hirotaka: Study about deterioration progress and maintenance management of concrete structures with alkali-aggregate reaction, Doctoral thesis, Kyoto University, 2005.
- 4) Aasakura Keiji, Sato Makoto, Kondo Masanori, Yamazaki Michito: A study on rust juice from chloride attack to concrete bridges and sequence of occurrence of corrosion cracks, The 71st Japan Society of Civil Engineers Annual Meeting Proceedings, Vol.5, pp.1117-1118, 2016.
- 5) Takahashi Tsuyoshi, Tanaka Yasushi: Analysis of the actual state of deterioration of bridges due to chloride attack in coastal areas of Niigata Prefecture, Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol.35, No.1, pp.829-834, 2013.
- 6) Maeda Kei, Sato Takeshi, Yamaguchi Toshinobu, Takewaka Koji, Akira Yoshikazu: A study on assessment of environmental action on maintenance of bridges in Kagoshima prefecture, The 71st Japan Society of Civil Engineers Annual Meeting Proceedings, Vol.5, pp.899-900, 2016.
- 7) Sakai Hideaki: A study on predictive method of the chloride ion concentration of bridge protective barrier in region using the anti-freezing agent, Journal of Japan Society of Civil Engineers E, Vol.66, No.3, pp.268-275, 2010.
- 8) Ibayashi Kou, Hayashi Honoka, Minagawa Atsuya: Development and examination of bridge inspection system with smart phone by citizen participation, Proceedings of the Concrete Structure Scenarios, JSMS, Vol.17, No.1, pp.631-634, 2017.
- 9) Sasaki Yusuke, Tsuchida Hiroshi, Ibayashi Kou: Examination of effectiveness of bridge general inspection system using tablet by field survey, The 70th Japan Society of Civil Engineers Annual Meeting Proceedings, Vol.6, pp.665-666, 2015.
- 10) Maruyama Kyuichi, Tanaka Yasushi: Current status and issues of aging bridges in Hokuriku, 6th Infrastructure Maintenance Seminar, 2012.
- 11) Implementation Support Team for Maintenance, Renewal, and Management Technology in SIP Infrastructure: Regional implementation activity report of new technology in SIP infrastructure -For the future of regional infrastructure maintenance and management-, JSCE, 2019.
- 12) Japan Society of Civil Engineers, Concrete Committee, Subcommittee of structural performance research for degraded concrete structures: Structural performance of concrete structures with material deterioration, Concrete engineering series Vol.71, 2006.
- 13) Kubo Yoshimori, Abe Hanaka and Kikuchi Souta: Investigation of silane impregnation for crack on concrete surface, Proceedings of the Concrete Structure Scenarios, JSMS, Vol.16, pp.545-550, 2016.

- 14) Miyazato Shinichi, Torii Kazuyuki, Ito Hajime : Evaluation on effect of classifying flyash on improving anti-chloride permeability in concrete based on Hokuriku regional characteristics, Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol.35, No.1, pp.163-168, 2013.
- 15) Hirono Shinichi, Torii Kazuyuki: The alkali-silica reactivity of representative andesite aggregates produced in Hokuriku district and its mitigation mechanisms by flyashes, Cement Science and Concrete Technology, Vol.66, pp.499-506, 2013.
- 16) Ito Hajime, Ohno Hiroki, Hashimoto Toru, Miyazato Shinichi: Investigation of thermal crack suppression effect of concrete by mixing classified flyash, Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol.35, No.1, pp.1267-1272, 2013.
- 17) Ishikawa Taro, Inoue Shou, Kato Hiroyuki: Application and test construction of flyash concrete for Hokuriku Shinkansen, Proceedings of the Japan Concrete Institute, Vol.40, No.1, pp.123-128, 2018.

Стандартное руководство по техническому обслуживанию
короткопролетных мостов, находящихся в ведении
муниципалитетов в районе Хокурику
(Проект)

Декабрь 2022 г.

1 Общее

1.1 Цель

Это руководство призвано способствовать повышению эффективности содержания и управления дорогами и мостами в муниципалитетах региона Хокурику. Желательно, чтобы муниципалитеты модифицировали и использовали их в соответствии со своими реальными обстоятельствами, исходя из их индивидуальной природной и социальной среды.

[Комментарий]

Район Хокурику, охватываемый настоящим руководством, состоит из четырех префектур, как показано на рис.1. Зимой на дорогах распыляют много антиобледенителя. В прибрежных районах много ионов хлора переносится сезонным ветром, поэтому автомобильные мосты подвержены воздействию хлоридов. Кроме того, изредка наблюдается щелочно-кремнеземная реакция (далее ASR), которая в основном обусловлена андезитом. Некоторые мосты пришли в негодность из-за совокупности данных факторов. Эти явления снижают эффективность автомобильных мостов на ранней стадии, что происходит быстрее, чем процесс старения в среднем по стране. Таким образом, существует потребность в предложениях по процедурам и методам технического обслуживания и управления, которые реагируют на ранний износ в регионе Хокурику, что отличается от единой системы управления автомобильными мостами, которая рассматривает всю страну с макроэкономической точки зрения.



Рис.1 Регионы, охватываемые данным руководством

Исходя из этого, Ассоциацией регионального развития Хокурику и Японским обществом инженеров-строителей для субсидируемых исследований с 2014 по 2022 год была реализована «Межведомственная программа продвижения стратегических инноваций (SIP)». Сотрудничество с промышленностью, правительством, академическими кругами, университетами и техническими колледжами, как показано в таблице 1, способствовало выяснению механизма раннего износа бетонных мостов и разработке системы управления, которая учитывает характеристики, связанные с материалами и строениями.

Таблица 1 Участвующие университеты и технические колледжи

Префектура	Университеты и технические колледжи
Ниигата	Нагаокский технологический университет (NUT), Национальный технологический институт, Колледж Нагаока (NITNC)
Тояма	Университет префектуры Тояма (TPU), Университет Тоямы (UT)
Исикава	Канадзавский университет (КУ), Канадзавский технологический институт (КИТ), Национальный технологический институт, Колледж Исикава (NITIC)
Фукуи	Университет Фукуи (UF), Национальный технологический институт, Колледж Фукуи (NITFC)

Процедуры и методы, описанные в данном руководстве, являются результатом этих действий. В частности, начиная с 2017 года профессора, перечисленные в таблице 2, посещали муниципалитеты префектур Тояма, Исикава, Фукуи и район Дзёэцу в префектуре Ниигата, указанные в таблице 3, и проводили опросы. Кроме того, они обменялись мнениями с Центром перспективной инженерной оценки и исследований конструкций (CAESAR) Научно-исследовательского института общественных работ, который является национальной исследовательской корпорацией, и отделением Хокурику Японской ассоциации консультантов по строительству. Как показано на рис. 2, посещенные муниципалитеты составляют 90% каждой префектуры. Тем самым мы попытались сопоставить академические предложения экспертов с реальной ситуацией по обслуживанию и управлению автомобильными мостами в муниципалитетах. Как показано в Таблице 4, стало ясно, что многие муниципалитеты имеют общие проблемы, и в данном руководстве описываются стандарты, основанные на этих потребностях. Тем не менее, природная и социальная среда различается между отдельными муниципалитетами, например, прибрежные или внутренние районы, а также много или мало мостов. Поэтому желательно модифицировать эту стандартную процедуру и метод в соответствии с реальной ситуацией в каждом муниципалитете.

Таблица 2 Профессора, проводившие опросы муниципалитетов

Имя	Университет	Имя	Университет
Ито Хадзиме	TPU	Цуда Макото	NITIC
Ибаяси Коу	NITNC	Тераяма Казуки	NITIC
Учида Шинья	TPU	Ханаока Дайсин	KIT
Кубо Йошимори	KU	Фукада Сайджи	KU
Курихаши Юсукэ	KU	Маэда Кенджи	NITIC
Куно Тецуя	UT	Миядзато Шиничи	KIT
Сузуки Кейго	UF	Мияшита Такеши	NUT
Тачибана Джунзо	TPU	Янагида Рёхей	KU
Танака Ясуси	KIT	Минова Кейсукэ	NITFC

Таблица 3 Опрошеные муниципалитеты

Префектура	Муниципалитет	Численность населения	Площадь (км ²)	Кол-во мостов	Расположение
Ниигата (Дзёэцу)	Джоэцу	193,039	973.8	1,146	Приморский
	Итоигава	43,897	746.2	525	Приморский
Тояма	Тояма	417,760	1,241.7	2,222	Приморский
	Хими	48,671	230.6	360	Приморский
	Асахи	11,936	227.4	122	Приморский
	Такаока	172,535	209.6	1,200	Приморский
	Имизу	93,289	109.4	492	Приморский
	Нанто	51,171	668.6	923	Внутренний
	Оябэ	30,162	134.1	449	Внутренний
	Ньюзен	24,894	71.6	450	Приморский
	Уозу	40,253	200.6	239	Приморский
	Намерикава	33,023	54.6	293	Приморский
	Камиичи	19,429	236.7	199	Внутренний
	Татейяма	25,021	307.3	312	Внутренний
	Тонами	47,462	127.0	608	Внутренний
Исикава	Канадзава	466,183	468.6	1,388	Приморский
	Кахоку	34,293	64.4	90	Приморский
	Вадзима	26,312	426.3	446	Приморский
	Номи	48,934	84.1	252	Приморский
	Хакусан	109,581	754.9	369	Приморский
	Учинада	26,943	20.3	7	Приморский
	Ходацусимидзу	12,805	111.5	132	Приморский
	Ноноити	55,297	13.5	220	Внутренний
	Комацу	106,905	371.0	473	Приморский
	Цубага	37,618	110.6	174	Внутренний
	Судзу	14,574	246.9	171	Приморский
	Кага	67,357	305.9	356	Приморский
	Наканото	18,102	89.5	244	Внутренний
Ното	15,810	273.3	303	Приморский	

Таблица 3 Опрошенные муниципалитеты (Продолжение)

Префектура	Муниципалитет	Численность населения	Площадь (км ²)	Кол-во мостов	Расположение
Исикава	Анамизу	7,623	183.2	92	Приморский
	Нанао	49,645	318.3	455	Приморский
	Шика	18,945	246.8	274	Приморский
	Хакуи	20,311	81.9	166	Приморский
	Кавакита	6,144	14.6	36	Внутренний
Фукуи	Фукуи	264,344	536.4	1,771	Приморский
	Эчизен	21,021	153.2	225	Приморский
	Сабае	68,397	84.6	399	Внутренний
	Обама	29,534	233.1	402	Приморский
	Кацуяма	23,392	253.9	349	Внутренний
	Эчизен	83,184	230.7	675	Внутренний
	Цуруга	66,060	251.4	307	Приморский
	Икеда	2,604	194.7	99	Внутренний
	Михама	9,609	152.4	130	Приморский
	Сакаи	89,648	209.7	599	Приморский
	Эйхэйдзи	18,105	94.4	162	Внутренний
	Оно	31,258	872.4	444	Внутренний
	Минамичизен	9,960	343.7	268	Приморский
	Охи	8,007	212.2	329	Приморский

(Во время интервью)

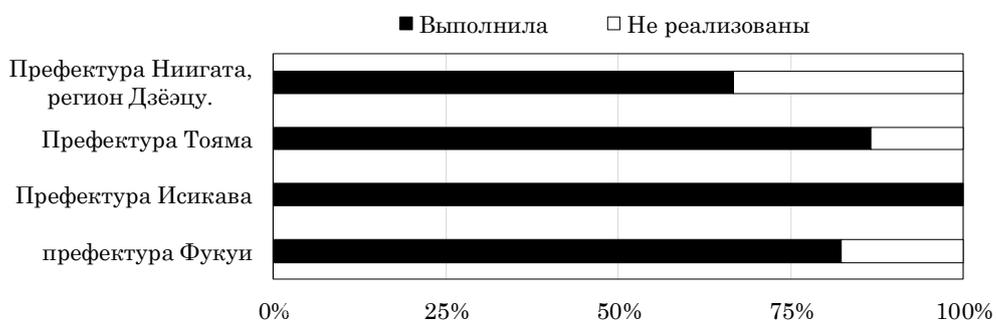


Рис. 2 Процент опрошенных муниципалитетов

Таблица 4 Общие проблемы, выявленные в ходе интервью

Причина	No	Проблема	%*	Раздел
Человеческие ресурсы	①	Трудно развивать человеческие ресурсы на рабочем месте с помощью рабочих тренингов, потому что мало сотрудников, занимающихся непосредственно мостами, персонал не может сосредоточиться на обслуживании мостов, и они меняются каждые два или три года.	100	6
	②	Мало возможностей для получения информации о новейших технологиях.	100	6
Бюджет	③	Даже корректирующее обслуживание является проблемой, а переход к профилактическому обслуживанию не может быть спланирован.	100	3
Износ	④	Износ из-за воздействия хлоридов и ASR прогрессирует.	80	2
	⑤	Первоначальный дефект присутствует, и это приводит к прогрессирующему общему износу.	90	2
Инспекции	⑥	Что касается мостов, которые легко обследовать, персонал, не уверенный в своих технических возможностях, хочет обследовать их без использования техники.	80	4
	⑦	Желательна серия осмотров, оценок и руководств по ремонту.	100	3
Ремонт	⑧	Соответствующие методы восстановления и их последствия неизвестны.	100	5
	⑨	Срок службы моста продлевается без ремонта, насколько это возможно, и если безопасность и удобство использования моста не соответствуют требованиям, он будет реконструирован.	100	5

※ Доля обработанных муниципалитетов из всех опрошенных

Это руководство было подготовлено для региона Хокурику. Тем не менее, оптимизация обслуживания и управления автомобильными мостами в муниципалитетах является общенациональной задачей¹⁾, и мы считаем, что это послужит ориентиром и для других регионов.

1.2 Определение термина

В данном руководстве термины определяются следующим образом:

Короткопролетный мост: Мост длиной от 2 до 5 м. Включает водоотводы коробчатого типа и плитные мосты с покрывающим слоем менее 1 м.

Корректирующее обслуживание: несмотря на то, что проблем с функционированием строения нет, следует принять ранние меры, чтобы замедлить прогресс износа.

Профилактическое обслуживание: существует вероятность того, что функция конструкции будет нарушена, и необходимо принять соответствующие меры.

[Комментарий]

Что касается короткопролетных мостов, то в районе Хокурику много каналов с поливной

водой для сельского хозяйства, и через них проходит много мостов длиной менее 5 м. Кроме того, при проверках некоторых муниципалитетов мосты длиной менее 6 м были классифицированы как короткопролетные. В таких случаях мосты длиной менее 6 м могут считаться короткопролетными мостами, если с практической эксплуатацией не возникает проблем.

Что касается корректирующего и профилактического обслуживания, то рассмотрите соответствующую ситуацию, чтобы объяснить концепцию: обращения к стоматологу после того, как зуб уже разрушился, соответствует корректирующему обслуживанию. Ежедневная чистка зубов, напротив, соответствует профилактическому обслуживанию. Корректирующее обслуживание сопряжено с болью для людей, а в случае автомобильных мостов - с риском обрушения. Как правило, корректирующее обслуживание требует временных высоких затрат на лечение, в то время как профилактическое обслуживание сглаживает стоимость лечения и может его снизить.

2 Целевое применение

Процедуры и методы, описанные в данном руководстве, применимы к мостам с короткими пролетами, находящимися в ведении муниципалитетов региона Хокурику, которые не являются аварийными транспортными путями или путепроводами автомобильных и железных дорог, не имеют существенных первоначальных дефектов и имеют низкую интенсивность движения.

[Комментарий]

В соответствии с инструкциями по проверке дорожного покрытия Дорожного бюро Министерства земли, инфраструктуры, транспорта и туризма, как показано на рис 3, дороги подразделяются на четыре категории в соответствии с их характеристиками. Исходя из этого, автомобильные мосты были разделены на четыре группы, указанные в Таблице 5. Группа С была целью применения данного руководства. То есть это короткий мост, который не пересекает аварийные объезды, дороги или железные дороги и имеет низкую интенсивность движения (например, менее 1000 автомобилей в день). Кроме того, первоначальные дефекты, такие как некачественное покрытие, как показано на рис 4, приводят к выкрашиванию бетона пролета, поскольку исходные условия для проектирования не соблюдены. Поэтому нельзя сказать, что простые процедуры и методы, показанные в данном руководстве, обеспечат безопасность мостов со значительными первоначальными дефектами даже для внутриквартальных дорог, следовательно, они исключены из цели применения.

В районе Хокурику некоторые автодорожные мосты имеют ASR, как показано на рис 5 и 6. Кроме того, как показано на рис 7, после устранения хлоридной коррозии некоторые детали снова пришли в негодность из-за коррозии макроэлементов. Они подлежат

применению.

Кроме того, были охвачены все годы строительства. Другими словами, было указано, что плиты перекрытий до 1979 года были тоньше нынешних стандартов и могли легко упасть из-за усталости, но интенсивность движения большегрузных автомобилей по муниципальным дорогам в районе Хокуруку была небольшой. Кроме того, в 1986 году Министерство строительства издало «временные контрмеры против щелочно-агрегатных реакций», но в районе Хокуруку ASR прогрессировал в некоторых зданиях даже после этого. Поэтому конкретной классификации по году постройки нет.

Характеристика	Классификация	Основная дорога (изображение)
Магистральные дороги высокого стандарта (дороги с высокими стандартами обслуживания, требующие высокой скорости движения)	A	
Быстро повреждаемые дороги (например, дороги с интенсивным движением большегрузных транспортных средств)	B	
Медленно повреждаемые дороги (например, дороги с небольшим движением большегрузных автомобилей)	C	
Внутриквартальная дорога (повреждения развиваются очень медленно, долгий срок службы, если нет воздействия жилого строительства)	D	

Заметка: Выбор дорог для каждой классификации определялся каждым дорожным администратором. (Это просто изображение. Например, даже если это муниципальная дорога, допустимо классифицировать ее как категорию B по усмотрению дорожного администратора.)

Рис. 3 Изображение классификации дорог, указанной в процедуре проверки дорожного покрытия

Таблица 5 Классификация обслуживания автомобильных мостов (проект)

Группа	Объект
A	Аварийно-транспортные автомобильные мосты, Эстакады, Мосты длиной 15 м и более
B	Кроме вышеперечисленных, например, мосты длиной от 5 до 15 м.
C	Кроме вышеперечисленных, например, мосты длиной менее 5 м и с меньшей интенсивностью движения
D	Мосты с коротким расчетным сроком службы и малой интенсивностью движения, Мосты в малонаселенных районах, которые могут быть снесены в будущем



Рис. 4. Короткопролетные мосты с обрушением бетона пролетного строения из-за изначального дефекта

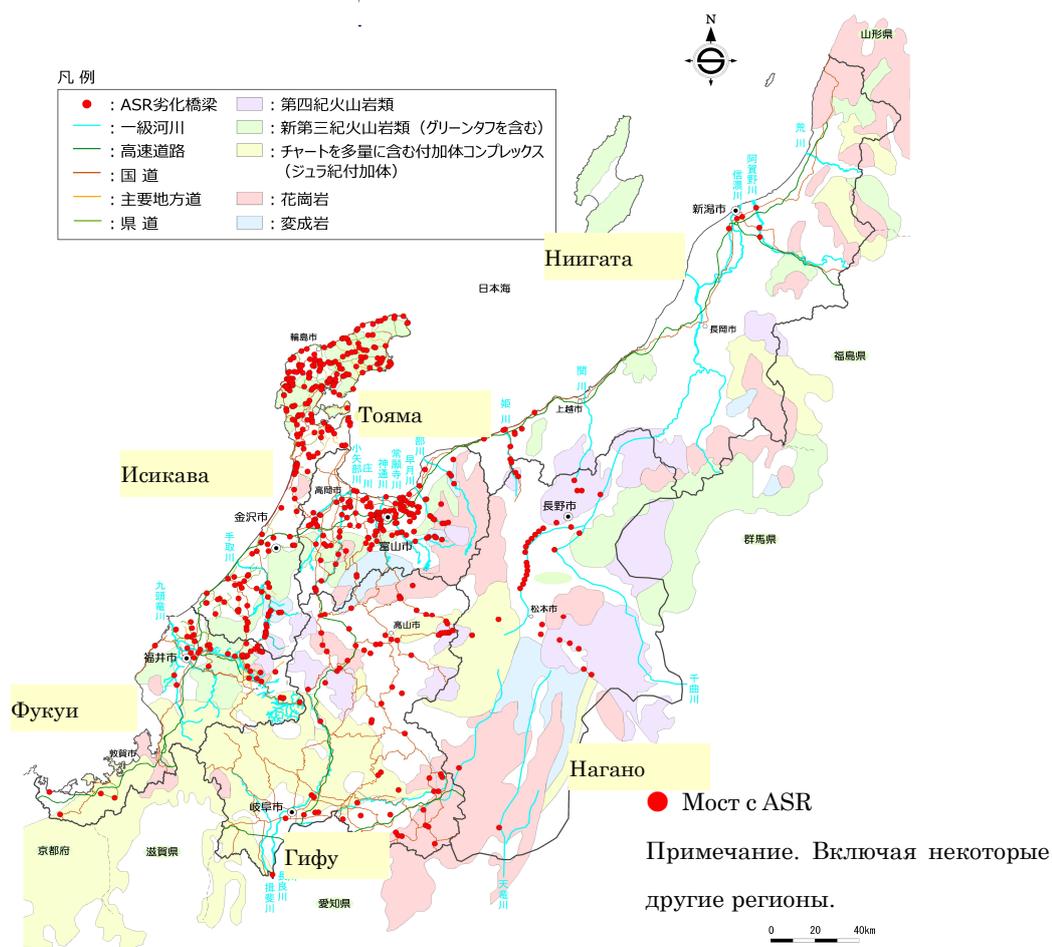


Рис. 5 Карта мостов с ASR



Рис. 6 Пример моста, поврежденного ASR



Рис. 7 Пример повторного износа из-за коррозии макроэлементов после ремонта заплатами

Желательно обслуживать и управлять длинными мостами и важными мостами, для которых не применимо данное руководство, используя те же процедуры и методы, что и в управлении и обслуживании национальных дорог, скоростных дорог и дорог префектур. Если вы хотите определить причину износа, вы можете обратиться к «Руководству по исследованию, ремонту и армированию трещин в бетоне -2022-», опубликованному Японским институтом бетона. Кроме того, в отношении технического обслуживания и управления мостами, состояние которых явно ухудшилось из-за повреждения солью и ASR, см. веб-страницу CAESAR, показанную в Таблице 6. «Руководство по техническому обслуживанию мостов, подвергшихся воздействию хлоридов (проект)» Бюро регионального развития Хокурику и «Руководство по ремонту и усилению опор мостов и устоев автомобильных мостов, разрушенных щелочно-агрегатной реакцией (проект)» Бюро регионального развития Кинки Министерства земли, инфраструктуры, транспорта и туризма также будут полезны.

Таблица 6 Веб-страница CAESAR

Инспекция	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/check-and-research.html
Ремонт	https://www.pwri.go.jp/caesar/technical-information/manual/operation-and-maintenance.html

3 Процедуры технического обслуживания

Стандартная процедура технического обслуживания пролетов и опор бетонного моста представляет собой последовательность осмотра, оценки, ремонта и замены, показанную на рис. 8 и в таблице 7.

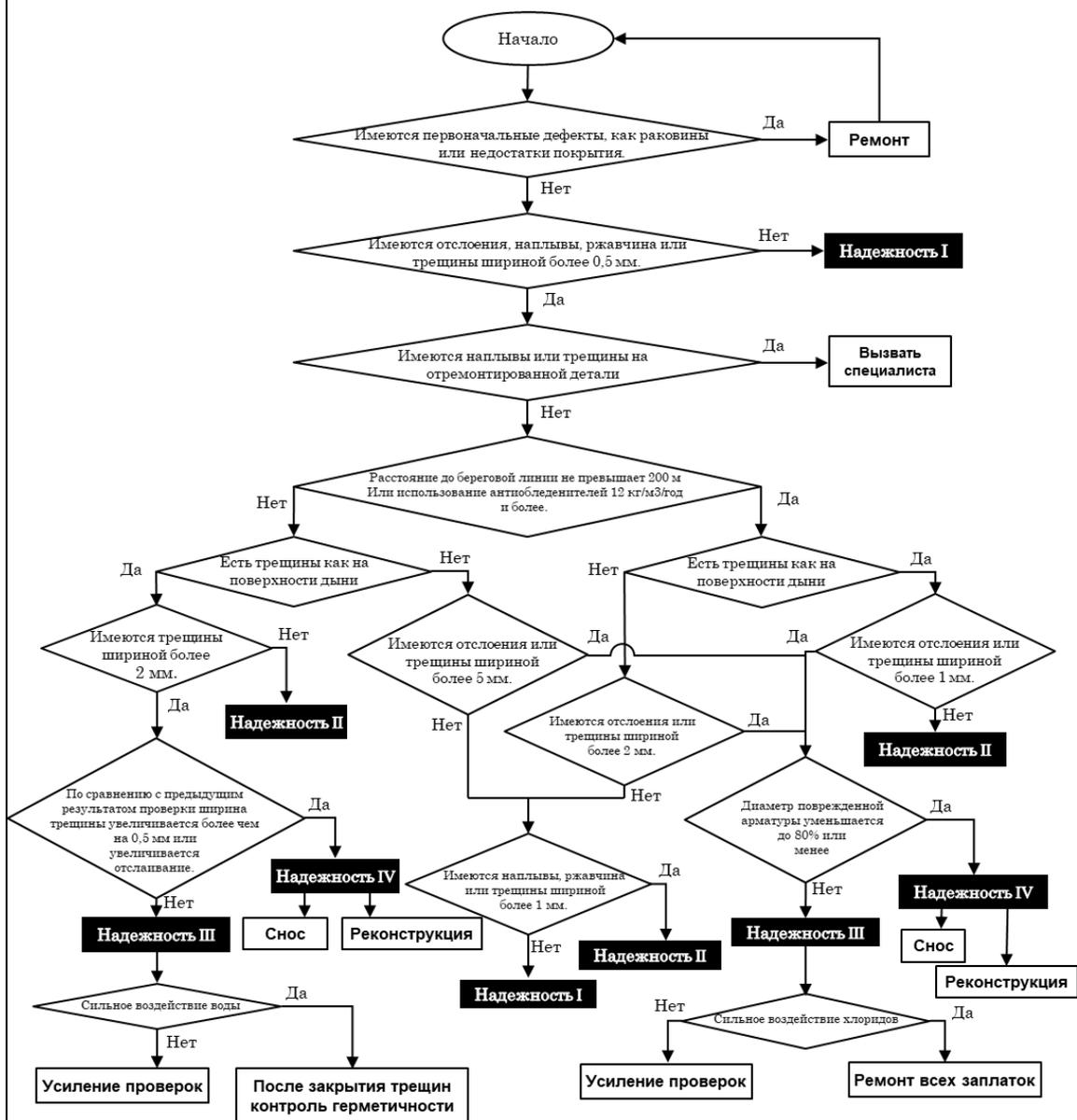


Рис.8 Стандартный порядок технического обслуживания бетонных пролетов и опор моста

Таблица 7 Классификация надежности²⁾

I	II	III	IV
Надежность	Этап профилактического обслуживания	Фаза раннего действия	Аварийная фаза

[Комментарий]

Согласно отчету подкомитета по «Приоритетным исследованиям в области технического обслуживания бетонных конструкций» Японского общества инженеров-строителей, если уровень технического обслуживания и управления не будет таким же высоким, как для короткопролетных мостов, находящихся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, и если сторонние эффекты можно не учитывать, поскольку они пересекают сельскохозяйственные оросительные воды, то стоимость жизненного цикла будет наименьшей при выводе из эксплуатации после использования до предела несущей способности. Другими словами, наиболее экономично избегать сценария ремонта без стратегии. Следовательно, в этой последовательности профилактическое обслуживание не выполняется, а корректирующее обслуживание выполняется только тогда, когда можно ожидать эффекта от ремонта. То есть при хлоридном воздействии ремонт производят, когда нет существенного снижения предела текучести, то есть когда потеря массы армирования невелика. Кроме того, ASR ремонтируют, когда скорость износа медленная, то есть когда увеличение ширины трещины невелико. В частности, согласно рис 9, в 80 % случаев, когда прогресс износа, вызванного ASR остановлен, могут быть мелкие трещины. Поэтому, даже если есть вероятность ASR, судить о необходимости ремонта нужно не по одному осмотру, а по сравнению с предыдущим осмотром (здесь предполагается визуальный осмотр пятилетней давности). Было принято решение снести заброшенный мост или заменить его только при увеличении ширины трещины на 0,5 мм и более. Если ширина трещины, вызванной ASR уже велика и дальше увеличивается, то будет дешевле заменить короткопролетный мост, поскольку ремонт не замедлит скорость износа.

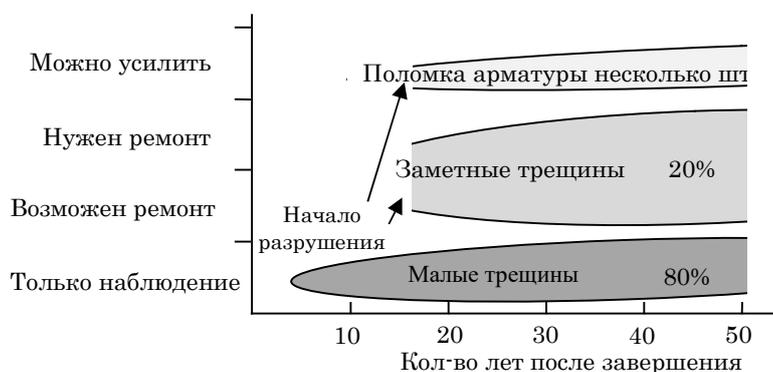


Рис.9 Изображение прогресса деградации бетонной конструкции с ASR³⁾

Элементы, подлежащие проверке в данной последовательности, - это ширина и форма трещин, выкрашивание, плавучесть и ржавчина. Здесь трещины, как у дыни, являются основным признаком ухудшения ASR и могут быть определены неспециалистами без специального оборудования. Кроме того, в высокопрочных преднапряженных железобетонных балках, даже если трещины из-за коррозии не возникают, может образоваться ржавчина, и сталь может сломаться⁴⁾. Поэтому следует учитывать не только наличие трещин, но и наличие

плавучести и появления жидкой ржавчины.

Даже в районе Хокурику, где содержание хлорид-ионов в воздухе высокое, по данным PWRI № 3175 «Национальное обследование содержания хлоридов (IV) в воздухе» стр.27, если удаление от береговой линии превышает 300 м в течение более 100 лет, то предполагается, что арматура не будет подвергаться коррозии. Затем, согласно Материалу НИУ № 55 «Противодействие бетонных мостов хлоридному влиянию» стр.60, установлено, что при удалении от береговой линии более 700 м арматура не подвергается коррозии. Следовательно, если техническое обслуживание должно выполняться на уровне, не допускающем коррозии арматурных стержней, желательно классифицировать последствия воздействия хлоридов с использованием порога в 700 м от береговой линии. Тем не менее, короткопролетные мосты, находящиеся в ведении муниципалитетов, должны поддерживаться на уровне, предотвращающем обрушение и допускающем коррозию арматуры. Здесь, чем ближе береговая линия, тем больше прогрессирует ухудшение⁵⁾, и было указано, что ремонт необходим, как только ухудшение становится очевидным, особенно в пределах 200 м⁶⁾. Таким образом, эта последовательность классифицирует воздействие хлоридов на пороге 200 м от береговой линии.

В районе Хокурику антиобледенитель редко распыляют на муниципальные дороги. Однако ионы хлора, прикрепленные к транспортным средствам на автомагистралях и национальных дорогах, могут повлиять на близлежащие муниципальные дороги. На рис 10 показана зависимость между количеством распыляемого антиобледенителя и концентрацией ионов хлорида на поверхности автомагистралей под управлением Central Nippon Expressway. Кроме того, для упомянутого выше берегового хлоридного воздействия порог может составлять 200 м от береговой линии. Согласно Японскому обществу инженеров-строителей 2018 Стандартные спецификации бетона [Техническое обслуживание], стр. 143, содержание

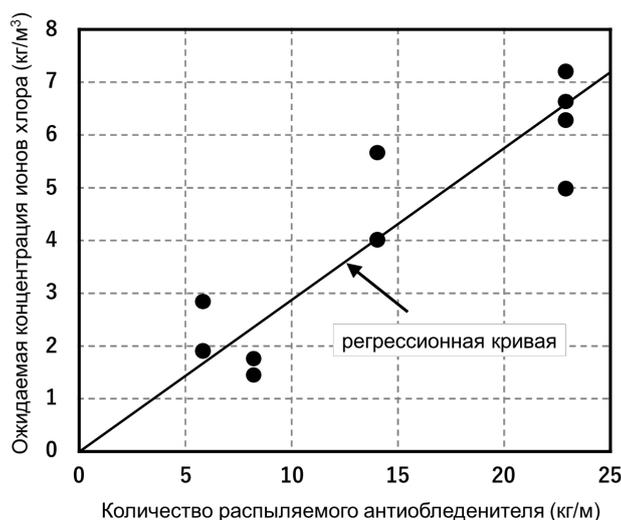


Рис.10 Связь между количеством антиобледенителя и концентрацией ионов хлорида на поверхности ⁷⁾

ионов хлорида на поверхности составляет 3,0–4,5 кг/м³. Следовательно, при сравнении этих двух значений количество нанесенного антиобледенителя составляло 11–17 кг/м/год. Таким образом, пороговое значение для этой последовательности классифицирует эффекты воздействия хлоридов при норме применения антиобледенителя 12 кг/м/год.

Предполагается, что трещины и расслоение в отремонтированной части возникли в результате повторного износа. В этом случае необходимо уточнить, что из периода ремонта, ремонтного материала, места ремонта и т.д. оказало неблагоприятное воздействие, и это будет использовано для принятия мер против подобных ситуаций в будущем. Поэтому были направлены запросы экспертам в районе Хокурику, таким как преподаватели университетов и технических колледжей, а также консультантам по бетону, как показано в Таблице 2.

Преимущество использования этой последовательности для муниципалитетов состоит в том, что 1) можно выбрать метод измерения без указания коэффициента износа, 2) базовыми объектами контроля являются только ширина трещины, отслаивание, ржавчина, плавучесть и другое, и 3) она может иметь дело с корректирующим обслуживанием, которое является предстоящей проблемой. В частности, для 3), в таблице 4 был рассмотрен ③. Относительно 1), если инспектор произведет эффективный ремонт сразу после осмотра с использованием временных каркасов, техническое обслуживание можно рационализировать без заказа индивидуального проектирования и повторного ремонта. Таким образом, ⑦ можно решить в таблице 4.

Здесь приоритет отдается пролетам и опорам, которые являются основными элементами, влияющими на функционирование автодорожных мостов, а не балюстрадам, наземным ограждениям, расширительным устройствам и направляющим. Кроме того, согласно упомянутому выше Материалу НИУ № 55 «Противодействие хлоридам бетонных мостов» стр.75, степень повреждения пролета и опоры, как правило, одинакова. Таким образом, стандартный порядок технического обслуживания был сформулирован без различия между пролетом и опорой.

Кроме того, многие автодорожные мосты, находящиеся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, сделаны из бетона, а некоторые из них — из стали. Таким образом, данное руководство охватывает процедуры осмотра, оценки, ремонта и замены бетонных мостов. Порядок технического обслуживания и управления стальными мостами см. в «Стальные конструкции серии 18, Руководство по проверке долговечности корродированных стальных конструкций», изданном Комитетом по стальным конструкциям Японского общества инженеров-строителей. Также будет полезен Подкомитет по оценке остаточной несущей способности стальных конструкций и исследованию политики повышения долговечности» и многое другое. В соответствии с этим, например, если количество распыляемого

Добавка: Антиобледенитель на основе хлорида натрия, ацетата калия, ацетата натрия, формиата калия и формиата натрия способствует ASR. Поэтому их не следует использовать в регионе Хокурику.

антиобледенителя составляет 1 кг/м²/год или меньше, влияние на старение стальных балок в атмосферных условиях незначительно. Также известно, что атмосферостойкие стальные балки можно использовать в прибрежных районах, где количество ионов хлора в воздухе составляет 0,05 мг/дм²/день или менее. Ссылаясь на эту информацию и схему, показанную на рис 8, желательно сформулировать процедуры проверок, оценочных суждений, ремонта и обновления, отдельно для стальных мостов. Методы, описанные в следующих разделах, также могут быть применены к стальным мостам:

4 Метод проверки

- (1) Если надежность во время предыдущей периодической проверки была I или II, она может быть проверена с помощью простого метода, такого как использование планшета или простого контрольного листа.
- (2) Если предыдущая периодическая проверка показала, что прочность была III и тщательный визуальный осмотр возможен без необходимости использования специальных лесов, желательно провести осмотр экспертом, например, консультантом. В некоторых случаях комплексное управление может снизить затраты на аутсорсинг.
- (3) В некоторых случаях новые технологии, такие как мониторинг и искусственный интеллект (далее ИИ), могут использоваться во время проверки.

[Комментарий]

Что касается (1), на основании ⑥ в таблице 4, если риск обрушения моста невелик, мы рекомендуем провести проверку простым методом. Здесь для некоторых мостов, находящихся в ведении не только городов Ниигата, Итоигава, Сандзё, Тонами, Шунан, но и Кыргызстана, Камбоджи, были введены в практику проверки с использованием планшетных компьютеров ⁸⁾, ⁹⁾, ¹⁰⁾, и положительный эффект был подтвержден.

Кроме того, для некоторых мостов, находящихся в ведении города Кага, была реализована проверка с использованием простого листа с ограниченным количеством элементов, и был подтвержден эффект рационализации.

(2) Если надежность предыдущего периодического осмотра соответствует III, эксперт должен провести шаблонный визуальный осмотр крупным планом, чтобы оценить возможность обрушения в течение пяти лет. Тем не менее, роботизированные технологии, включая дроны и камеры с высоким разрешением, были разработаны для получения результатов, эквивалентных визуальным осмотрам крупным планом, включая результаты SIP¹¹⁾.

Кроме того, хотя они крайне редко встречаются среди мостов с короткими пролетами, их можно осматривать с использованием временных лесов, автомобилей для осмотра мостов или с помощью канатов. Осмотр с помощью робота, если можно получить такие же или более точные результаты, может применяться для всех или части этих мостов. В

качестве альтернативы можно совместить осмотр с помощью робота и осмотр вблизи. Ожидается, что степень свободы выбора времени проверки, снижение затрат на проверку и время проверки могут быть уменьшены.

(3) Даже после 2018 года, по окончании первой деятельности SIP, были разработаны новые технологии для осмотра автодорожных мостов. Это включает в себя технологии и методы, которые способствуют снижению затрат и эксплуатации. Например, Японское общество гражданского строительства, Комитет по обслуживанию инфраструктуры, Подкомитет по продвижению новых технологий, опубликовал в июле 2022 года «Руководство по использованию технологии мониторинга (проект)», которое обеспечивает эффективное использование технологии мониторинга в различных ситуациях. Кроме того, после загрузки фотографий повреждений, сделанных с помощью смартфонов и цифровых камер, и загрузки простой информации в облако ИИ немедленно определяет повреждения и различает целые части и поврежденные участки, вызванные хлоридным воздействием, ASR и от замораживания-оттаивания. Одновременно система автоматически выводит результаты проверки на график. Это уменьшает разброс результатов и снижает максимум на 35% за счет экономии труда. Кроме того, Министерство земли, инфраструктуры, транспорта и туризма представило «Каталог технологий поддержки инспекции» и формы для подтверждения эффективности инспекций по анализу изображения, технологии неразрушающей проверки, технологии измерения/мониторинга, а также технологии сбора данных и связи.

5 Метод измерения

- (1) При надежности уровня III и при усилении инспекций без ремонта визуальный осмотр проводят в течение 5 лет.
- (2) Когда бетонный мост подвергается воздействию антиобледенителя или содержащихся в воздухе хлоридов, и его надежность была III, а вся поверхность трещин, отслаивания, плавучести и ржавчины ремонтируется с помощью заплаток. Материал и зона ремонта должны быть зафиксированы.
- (3) В среде без антиобледенителей и переносимых по воздуху хлоридов бетонный мост с надежностью уровня III имеет не растущие трещины, как на поверхности дыни, то трещины блокируются введением смолы, чтобы предотвратить проникновение веществ, вызывающих коррозию, во внутреннюю арматуру, и применяется поверхностный пенетрант силанового типа. Материал и зона ремонта должны быть зафиксированы.
- (4) При обновлении бетонного моста с надежностью уровня IV следует использовать высокопрочный материал.

[Комментарий]

Что касается (1), усиление контроля является одной из таких мер. Здесь усовершенствование

контроля увеличивает частоту контроля или повышает точность контроля¹²⁾. В случае короткого моста увеличение частоты проверок обходится дешевле, чем повышение точности проверок. Кроме того, установка таблички на автомобильном мосту с надписью «Пожалуйста, свяжитесь с мэрией или администрацией, если вы заметили изменения», также эффективна на дорогах с интенсивным движением.

В суровой среде причиной надежности уровня III, вероятно, будет воздействие такой же агрессивной среды после ремонта, и ухудшение состояния может прогрессировать. Кроме того, если причиной надежности уровня III является некачественный материал, вероятно, износ существующих элементов будет прогрессировать даже после ремонта. В этих случаях ремонт повторяется каждые несколько лет, и стоимость его выше. Таким образом, с точки зрения стоимости жизненного цикла, разумно обновлять или сносить, когда надежность соответствует IV, после того, как будет продолжаться максимально возможное использование без какого-либо ремонта.

(2) В короткопролетном бетонном мосту с коррозией арматуры, независимо от растрескивания, отслаивания, всплывания или подтеков ржавчины, ионы хлора с высокой концентрацией выше порогового значения часто проникают по всей поверхности элемента. В результате было подтверждено, что арматура будет подвергаться коррозии в другом бетоне, если удалить бетон только в месте заметной коррозии. Поэтому все элементы должны быть отремонтированы.

Кроме того, даже передовые в области ремонта компании JR (Japan Railway Company) и NEXCO (Nippon Expressway Company) постоянно изучают методы ремонта, которые определенно эффективны. Поэтому для муниципалитетов важно накапливать данные о ремонте, включая тестовое строительство. Согласно пункту ⑧ таблицы 4, автодорожный мост, находящийся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, с 2019 года проверяется на эффективность краткосрочных, недорогих и простых ремонтных работ. Условием является эксплуатация в холодное время года, т.е. не сельскохозяйственный сезон с ноября по март. Кроме того, также необходимо сохранять эффект ремонта не менее пяти лет. Окончательный результат станет известен после 2024 года, но промежуточные результаты оценки будут полезны.

(3) Органические или неорганические методы инъекции могут закрыть трещины ASR. Кроме того, сообщалось, что метод поверхностной пропитки силанового типа может подавлять водопоглощение трещин шириной 0,6 мм или менее¹³⁾. Кроме того, на основе (8) в Таблице 4, аналогично (2), автодорожные мосты, находящиеся в ведении муниципалитетов в районе Хокурику, были отремонтированы в краткосрочной, малозатратной и простой пробной форме. В этом исследовании наблюдается эффект восстановления «методом инъекции трещины» и «метода заплат для отслоившихся областей», и будут полезны промежуточные результаты оценки. Также важно накапливать данные ремонта.

(4) Высококачественная и стабильная зола уноса распространялась в районе Хокурику. Существует также руководство (<http://www.rikuden.co.jp/ash/attach/14040301.pdf>) по расчету

пропорций смеси, производству и изготовлению бетона с золой уноса. Было выяснено, что использование этой золы уноса может уменьшить развитие хлоридного воздействия и ASR^{например 14), 15)}, а также может уменьшить температурные трещины^{16), 17)}. Практическое применение развивается в префектурах Ниигата, префектура Тояма, префектура Исикава и префектура Фукуи, включая работы по расширению Хокурику Синкансэн. Поэтому для продления срока службы мостов, подверженных аналогичному воздействию окружающей среды после реконструкции, и для развития зеленой инфраструктуры рекомендуется использовать бетон с содержанием золы-уноса от 15% до 20% в цементе.

Как показано на рис 4, автомобильные мосты со значительными первоначальными дефектами имеют крайне низкую долговечность. Поэтому при обновлении конструкция должна быть построена без дефектов. Следовательно, желательно использовать сборные железобетонные изделия, которые обычно снижают общие затраты на строительство, включая затраты на материалы, строительство и регулирование дорожного движения.

Кроме того, если затраты, необходимые для будущего содержания моста, значительно превышают удобство зоны, желательно рассмотреть вопрос об исключении (сносе) с точки зрения менеджмента. Если безопасность и удобство использования моста уже ухудшились, было бы лучше запретить использование моста на определенный период времени и определить, следует ли его снести (забросить), исходя из статуса объезда пользователей дороги.

6 Пользование руководством

Это руководство будет улучшено благодаря сотрудничеству между профессорами университетов и технических колледжей и сотрудниками муниципалитетов, а также, при необходимости, профессиональными инженерами, специалистами по диагностике бетона, центрами в каждой префектуре и т. д. в районе Хокурику.

[Комментарий]

На основе таблицы 4 на рис 11 показаны меры, используемые для решения проблем, с которыми сталкиваются муниципалитеты. Другими словами, необходимо продолжить «1) систему предоставления технической информации» и «2) систему обеспечения рационального обслуживания». Здесь Министерство земли, инфраструктуры, транспорта и туризма, NEXCO, JR, префектуры и другие создали комитет, в который вошли эксперты. Кроме того, в качестве руководства был подготовлен порядок осмотра, оценки и ремонта таких сооружений, как автомагистрали, линии железных дорог скоростных поездов и гавани. Это полезно для (2). Однако, как показано в Таблице 8, ситуация различается в зависимости от организации, которая управляет автомобильными мостами. Поэтому трудно перенять процедуры и методы обслуживания национальных дорог и автомагистралей для содержания муниципальных дорог.



Рис. 11 Механизмы решения проблем муниципальных дорог

Таблица 8 Сравнение управляющих автодорожными мостами

Предмет	Национальная дорога	Шоссе	Префектурная дорога	Муниципальная дорога
Персонал	Много		↔	Мало
Длина моста	Длинный		↔	Короткий
Бюджет	Большой		↔	Маленький
Связанная организация	Научно-исследовательский институт общественных работ	Научно-исследовательский институт NEXCO	Центр, публичная корпорация	-

Кроме того, во время эксплуатации необходимо улучшить порядок осмотра, оценки и ремонта/обновления, показанный на рис 8. Поэтому при прохождении цикла PDCA (планирование, реализация, контроль, корректировка), показанного на рис 11, желательно обновить стандартный вариант и настроить его с учетом природной и социальной среды каждого муниципального образования.

Ссылки

- 1) Накамура Хитоши, Танигути Нозому, Ониши Хироши, Сё Сей, Сайто Мичио: Анализ текущей ситуации в области обслуживания автомобильных мостов на основе опроса местных органов власти, Труды о строительной стали, Том 25, стр. 566-570, 2017 г.
- 2) Автодорожное бюро при Министерстве земли, инфраструктуры, транспорта и туризма: Процедура периодической проверки автомобильных мостов, 2019 г.
- 3) Кавано Хиротака: Исследование прогресса износа и управления техническим обслуживанием бетонных конструкций с реакцией на щелочь и заполнитель, докторская

диссертация, Киотский университет, 2005 г.

- 4) Аасакура Кейджи, Сато Макото, Кондо Масанори, Ямадзаки Митито: Исследование сока ржавчины от воздействия хлоридов на бетонные мосты и последовательность возникновения коррозионных трещин, Протоколы 71-го ежегодного собрания Японского общества инженеров-строителей, том 5, стр. 1117-1118, 2016 г.
- 5) Такахаси Цуёси, Танака Ясуси: Анализ фактического состояния износа мостов из-за воздействия хлоридов в прибрежных районах префектуры Ниигата, Труды Японского института бетона, том 35, № 1, стр. 829-834, 2013 г.
- 6) Маэда Кей, Сато Такеши, Ямагути Тошинобу, Такевака Кодзи, Акира Ёсикадзу: Исследование по оценке экологических действий по содержанию мостов в префектуре Кагосима, Протоколы 71-го ежегодного собрания Японского общества инженеров-строителей, том 5, стр. 899.-900, 2016 г.
- 7) Сакаи Хидэаки: Исследование метода прогнозирования концентрации ионов хлорида в защитном барьере моста в регионе с использованием антифриза, Журнал Японского общества инженеров-строителей E, Том 66, № 3, стр. 268-275, 2010 г.
- 8) Ибаяши Коу, Хаяси Хонока, Минагава Ацую: Разработка и проверка системы осмотра мостов с помощью смартфона при участии граждан, Материалы сценариев бетонных конструкций, JSMS, том 17, № 1, стр. 631-634, 2017 г.
- 9) Сасаки Юсукэ, Цучида Хироши, Ибаяши Коу: Изучение эффективности системы общего осмотра моста с помощью планшета путем полевого обследования, Протоколы 70-го ежегодного собрания Японского общества инженеров-строителей, том 6, стр. 665-666, 2015 г.
- 10) Маруяма Кюити, Танака Ясуси: Текущее состояние и проблемы стареющих мостов в Хокурику, 6-й семинар по обслуживанию инфраструктуры, 2012 г.
- 11) Группа поддержки внедрения технологий технического обслуживания, обновления и управления в инфраструктуре SIP: отчет о региональной деятельности по внедрению новой технологии в инфраструктуре SIP — «Для будущего технического обслуживания и управления региональной инфраструктурой», АОЭ, 2019 г.
- 12) Японское общество инженеров-строителей, Комитет по бетону, Подкомитет по исследованию конструкционных характеристик деградировавших бетонных конструкций: Структурные характеристики бетонных конструкций с износом материала, Серия Concrete Engineering, том 71, 2006 г.
- 13) Кубо Йошिमори, Абэ Ханака и Кикүти Соута: Исследование пропитки силаном для трещин на бетонной поверхности, Труды сценариев бетонных конструкций, JSMS, том 16, стр. 545-550, 2016 г.
- 14) Миядзато Шиничи, Тории Казуюки, Ито Хадзиме: Оценка влияния классификации летучей золы на улучшение антихлоридной проницаемости бетона на основе региональных характеристик Хокурику, Труды Японского института бетона, том 35,

№ 1, стр. 163- 168, 2013.

- 15) Хироно Щиничи, Тории Казуюки: Щелочно-кремнеземная реакционная способность типичных андезитовых заполнителей, произведенных в районе Хокурику, и механизмы ее смягчения с помощью летучей золы, Цементоведение и технология бетона, том .66, стр. 499-506, 2013 г.
- 16) Ито Хадзуме, Оно Хироки, Хасимото Тору, Миядзато Шиничи: Исследование эффекта подавления термических трещин в бетоне путем смешивания классифицированной летучей золы, Труды Японского института бетона, том 35, № 1, стр. 1267-1272, 2013 г.
- 17) Исикава Таро, Иноуэ Шоу, Като Хироюки: Применение и испытание конструкции из зольной пыли для Хокурику Синкансэн, Труды Японского института бетона, Том 40, № 1, стр. 123-128, 2018 г.