

寒冷地において複合劣化を受けた道路橋 RC 床版の劣化状況調査

Inspection of highway bridge RC slabs suffered from both material deterioration and fatigue damage in cold region

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 角間 恒 (Ko Kakuma)
 (国研)土木研究所 寒地土木研究所 ○正会員 佐藤孝司 (Koji Sato)
 (国研)土木研究所 寒地土木研究所 正会員 西 弘明 (Hiroaki Nishi)

1. はじめに

寒冷地にある道路橋 RC 床版では、床版上面に浸入した水の凍結融解作用による凍害が進行し、上面コンクリートの砂利化や層状ひび割れが発生している。また、近年では、アルカリシリカ反応（以下、ASR）による劣化が推察される事例が北海道においても報告されつつある。著者らは、こうした寒冷地にある RC 床版を取り巻く環境を勘案し、凍害・ASR を含む複合劣化が進行した RC 床版の調査・性能評価・補修等のメンテナンス技術の開発に取り組んでいる。

その一環としてこれまでに、北海道内で 46 年間供用された後に架替えに至った橋梁を対象に、供用終了直後の現地において、床版の劣化状況や劣化要因を分析するための各種調査を実施してきた²⁾。また、撤去床版を入手する機会を得たため、既報とは異なる床版パネルについて追加の調査・試験を実施しているところであり、本報では、それらの結果のうち基本的な劣化状況を把握するために実施した外観調査および内部欠陥調査の結果を報告する。

2. 調査方法

2.1 橋梁の概要

2.1.1 基本諸元

調査を実施した橋梁の諸元を表-1 に、橋梁一般図を図-1 に示す。本橋は、RC 床版を有する橋長 34m の 2 径間単純合成鈹桁橋の曲線橋であり、凍害危険度³⁾ かつ凍害と ASR の複合劣化の可能性のある地域⁴⁾ に位置する。平成 22 年の道路交通センサスによる大型車交通量は 192 台/日（上下合計）であり、都市部の重交通路線と比較すると大型車交通量は少ない。過去に橋梁の各種補修が行われているが、床版の補修は実施されていない。なお、橋面防水層を設置した記録は残っていないが、撤去床版の観察では地覆前面から 200mm 程度までの範

囲にシート系防水層の設置が認められた。これは、平成 17 年に実施された地覆および高欄補修の際に設置されたものであると考えられる。

2.1.2 定期点検結果

本橋では、平成 17 年および 22 年に定期点検が実施されており、このときの床版下面および路面に関する点検結果の概要を表-2 に示す。当時の所見では、平成 17 年に下面の 2 方向ひび割れが、平成 22 年に漏水・遊離石灰を伴う網目状のひび割れが見られている。また、平成 22 年には舗装のパッチング補修跡が見られている。

表-1 橋梁の諸元

交差物件	河川
設置環境	積雪寒冷地（凍害危険度 3）
大型車交通量	192 台/日（上下合計）
上部構造形式	2 径間単純合成鈹桁橋 橋長：34.00m 幅員：8.20m
架設年次	昭和 46 年
適用基準	昭和 39 年鋼道路橋設計示方書
補修履歴	平成 7 年 橋体高欄塗替 平成 17 年 地覆補修，高欄補修 耐震補強

表-2 定期点検結果の概要（床版下面および路面）

年次	所見	対策区分	
平成 17 年	下面	2 方向ひびわれ	B
	路面	排水ますの土砂詰まり	M
平成 22 年	下面	ひびわれ、漏水・遊離石灰、剥離・鉄筋露出	C
	路面	舗装の異常	M

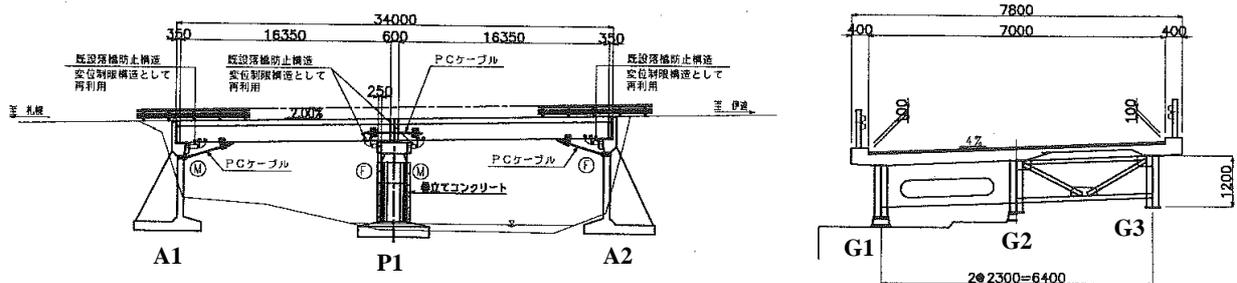


図-1 橋梁一般図

2.2 調査内容

上記床版の劣化状況および劣化要因を把握するために各種調査を行っている(表-3)。後述するように、本橋では、定期点検および現地踏査により ASR を含む複合劣化が生じていた可能性が推察されたことから、ASR の有無に主眼を置いた調査計画を立案した。本報では、表-3 に示す調査項目のうち、撤去床版(A1-P1 径間における G1-G2 間)を対象として、基本的な劣化状況を把握するための外観調査および内部欠陥調査を実施した。内部欠陥調査の方法としては、電磁波レーダ法による非破壊調査、床版切断面の観察、コアの観察を選定した。なお、G2-G3 間の調査結果は既報²⁾のとおりであり、A1-P1 径間全体の劣化状況を捉える上で参考にされたい。

2.2.1 外観調査

床版下面および路面の状況を外観目視により調査した。本調査では、撤去時点における外観上の変状箇所を把握するとともに、過去の定期点検結果との比較により劣化の進行性を把握する目的がある。また、路面については、橋梁定期点検要領⁵⁾に準じて損傷程度の評価を行った。

2.2.2 内部欠陥調査

(1) 電磁波レーダ法による非破壊調査

近年、床版の劣化を効率的に調査する手法として、各種非破壊・微破壊調査技術の採用事例が増えており、本調査においても非破壊技術の一つである電磁波レーダ法による内部欠陥の調査を行った。本手法の特長の一つに、自然交通流の下で床版上面の広範囲を面的に調査できることがあり、上面劣化のスクリーニング手法としての適用性が高いと考えたためである。

本調査における電磁波レーダには、ニチレキ(株)が開発した「床版キャッチャー」⁶⁾を使用した。一般に、実橋梁における調査では車両搭載型レーダが使用されるが、本調査では撤去床版を対象とすることから、手押し型レーダを使用した(図-2)。

(2) 撤去床版切断面および採取コアの観察

床版上面劣化の面的な分布を目視により調査するために、床版撤去工における切断面および撤去床版から採取したコンクリートコアの観察を行った。

3. 調査結果

3.1 外観調査

(1) 床版下面

図-3 に、平成 17 年および 22 年の定期点検時ならび

に平成 27 年の現地踏査時に撮影された A1-P1 径間の G1-G2 間における床版下面の写真を示す。写真は、いずれも A1 側から P1 側を向いて撮影したものである。図より、平成 17 年では撮影範囲において明確な変状は見られなかったが、平成 22 年には G1-G2 間の広範囲にわたる湿潤箇所と白色析出物を伴う網目状のひび割れが見られる。平成 27 年には、G1-G2 間において変状箇所は拡大していないが、G2-G3 間において湿潤箇所・網目状のひび割れが確認できる。

このように、過去の点検記録を参考にすると、G1-G2

表-3 調査項目

対象	内容	実施有無	
		G1-G2	G2-G3
基本	書類調査	○	○
	外観調査	●	○
内部欠陥	打音調査	○	
	電磁波レーダ法	●	
	小口径削孔法		○
	切断面・コアの観察	●	○
材料物性値	微細ひび割れ観察	○	
	圧縮・静弾性係数	○	○
	塩分量	○	
	岩種判定	○	
	アルカリシリカゲル判定	○	
構造性能	ASR の反応性診断	○	○
	残存膨張量	○	
構造性能	撤去部材の載荷実験	○	

○：実施項目(実施予定を含む)、●：本報で報告する項目



図-2 電磁波レーダ法による非破壊調査



(a) 平成 17 年

(b) 平成 22 年

(c) 平成 27 年

図-3 床版下面の外観の変化

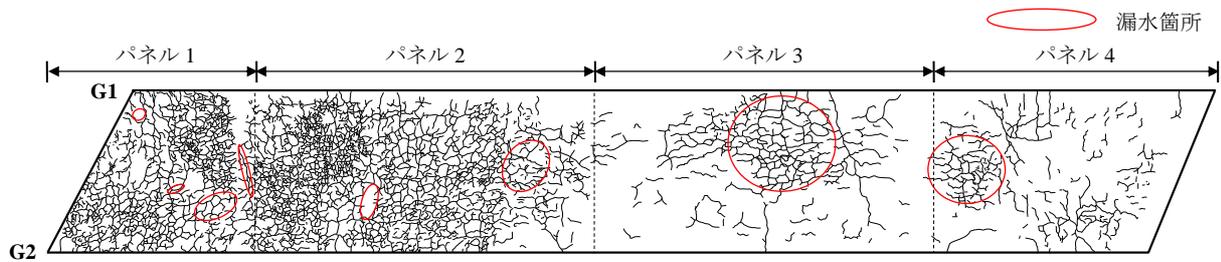


図-4 床版下面の外観調査結果

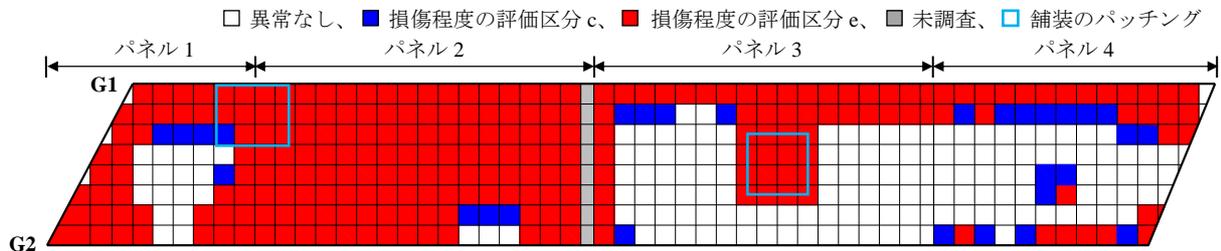


図-5 路面の外観調査結果（舗装の異常）

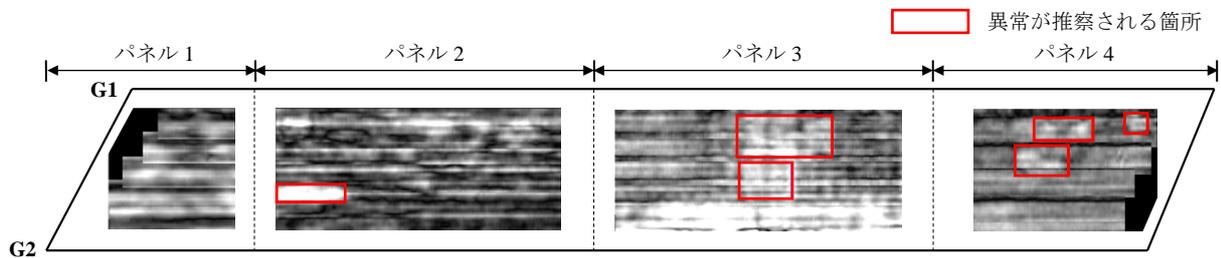


図-6 電磁波レーダによるかぶりコンクリートの調査結果

間において劣化の著しい進行は認められないが、劣化範囲が広範囲に分布したことが推察できる。また、湿潤および白色析出物を伴う微細ひび割れの発生は、ASRに起因する劣化に類似しており、本床版においては、寒冷地特有の凍害だけでなく、ASRによる劣化を想定した調査を行うべきであると考えられる。

図-4に、撤去後に観察したG1-G2間での床版下面のひび割れ状況を示す。赤色の枠は漏水が見られた範囲である。A1側のパネル1および2では網目状のひび割れが多数発生し、疲労により発生する2方向ひび割れと比較してひび割れ密度が大きく、不規則な方向に発生している。パネル3および4では部分的にひび割れが細かく分散する箇所があるが、これは漏水箇所と一致しており、床版上面から浸入した水が影響していると考えられる。曲線橋である本橋では、図-1に示したように、横断勾配4%および縦断勾配2%が設置されており、A1・G1側で滞水が生じやすくなった結果、パネル1および2において劣化が著しくなったものと推察される。

(2) 路面

路面の外観調査結果を図-5に示す。舗装の異常と判定された箇所を青色および赤色に着色しており、青色は損傷程度の評価区分c、赤色は同eを意味する。灰色の着色部は、床版撤去時に舗装が損傷したため調査を実施していない。図より、A1側で舗装の異常が顕著であり、下面のひび割れが顕著であったパネル1および2では、調査面積の約90%で異常が生じている結果であった。パネル3の中央部では部分的な異常があったが、この箇所は舗装のパッチング部および下面の漏水箇所と一致す

ることから、パッチング境界部の開口に伴う水の浸入が舗装の異常や床版の劣化の要因になったと考えられる。

また、地覆側ではA1-P1間の全長にわたって舗装の異常があった。前述したように、地覆前面には防水層が設置されていたが、これが機能せず、端部において床版内への水の浸入を防止できていなかったことを示唆する。

3.2 内部欠陥調査

3.2.1 電磁波レーダ法による非破壊調査

図-6に、電磁波レーダによる非破壊調査結果として、床版かぶり内部で反射した電磁波の信号強度コンター図を示す。図中の赤色の枠はかぶりコンクリート内の異常（滞水や空隙等）が推察される箇所である。パネル2～4において部分的な異常が見られ、パネル3における異常箇所は前述の舗装のパッチング部と一致していた。ただし、パネル1および2に関しては、表面に近い位置を調査した外観調査に対し、かぶり内部を調査した本調査において異常検出範囲が小さくなる結果であった。

3.2.2 撤去床版切断面および採取コアの観察

(1) 撤去床版切断面

図-7に、撤去床版における断面状況の例として、パネル1と2の境界部における切断面の写真を示す。本写真は、剥離した舗装や床版コンクリートの脆弱部を人力で撤去した状態で撮影したものである。写真の範囲において床版厚は115～155mm程度であった。パネル1および2と比較して劣化が軽度であると考えられるパネル3で実測した床版厚170mmを参考にすると、床版厚が少なくとも15～55mm減少していることを意味する。また、図の右側はG1側、左側はG2側であり、G1側で

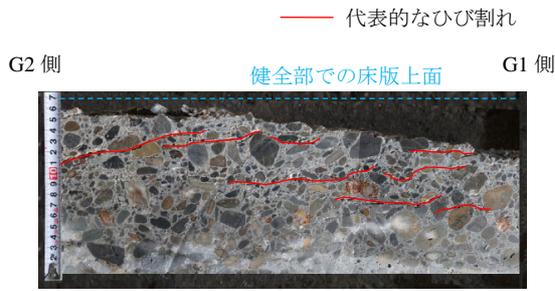


図-7 撤去床版切断面の状況

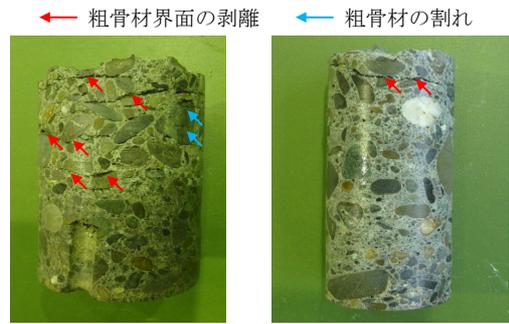


図-8 コアの状況

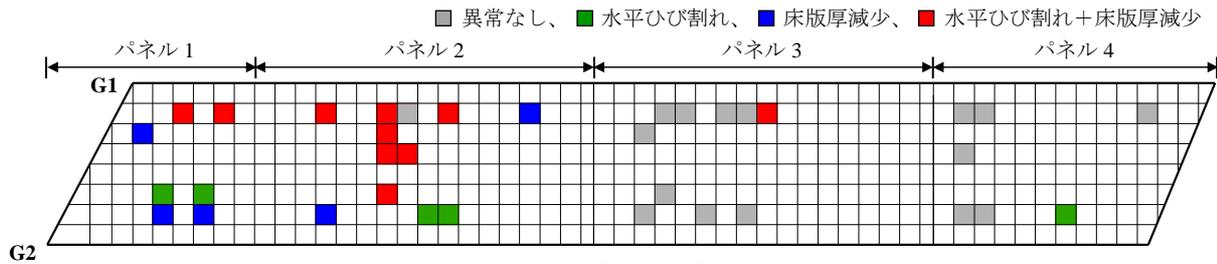


図-9 コアの観察による劣化性状の分布

床版厚の減少が大きくなっていることは、端部で滞水しやすい条件であったことを示唆する。

その他、凍害を受けた床版に関する既往の調査において報告されている水平方向のひび割れが、本床版においても数本確認でき、最も下方にあるもので上側鉄筋と下側鉄筋の中間辺りの深さに位置していた。

(2) 採取コア

図-8に、パネル2および3から採取したコアの状況を示しており、切断面の観察と同様に、水平方向のひび割れが確認できる。特に、劣化が顕著なパネル2においてひび割れが深くまで発生していた。また、コアで見られたひび割れには粗骨材界面の剥離および粗骨材の割れによるものがあつたが、前者が支配的であつた。その他、本調査の範囲において反応リムは確認できず、コアの目視調査からASRの兆候を捉えることはできなかった。

図-9には、パネル1~4から採取した全36本のコアを目視調査し、劣化性状を分類した結果を示す。劣化性状は採取したコアの長さおよび水平ひび割れの有無に基づき分類した。図より、他の調査と同様にパネル1および2においては凍害の影響が著しく、パネル1においては全てのコアで、パネル2においては12本中11本のコアで床版厚の減少および水平ひび割れが生じていた。

4. おわりに

本報告では、寒冷地において複合劣化を受けたRC床版について、劣化状況を把握するために実施した基本的調査の結果を示した。本床版における劣化状況としては、劣化が最も進行している箇所では上面の床版厚が55mm減少し、深さ方向に複数の水平ひび割れが形成されるものであつた。一方、コアの目視調査では、床版下面の外観調査により発生が推察されたASRの兆候は確認でき

なかつた。

本床版については、本報告で示した調査の他にも各種調査を実施しているところであり、さらに撤去部材を使用した載荷実験の実施も予定している。寒冷地にあるRC床版を効率的に維持管理するための一助となるよう、それらの結果を報告していきたい。

謝辞

本調査の実施にあたり、北海道開発局札幌開発建設部には多大なるご協力いただきました。ここに謝意を記します。

参考文献

- 1) 澤松俊寿、岡田慎哉、西弘明、三田村浩、松井繁之：46年間供用した寒冷地における道路橋RC床版の劣化損傷状況、土木学会第68回年次学術講演会講演概要集、I-414、2013。
- 2) 角間恒、佐藤孝司、渡邊晋也、谷倉泉：凍害・ASRによる複合劣化が生じたRC床版の調査事例、第9回道路橋床版シンポジウム論文報告集、pp.37-40、2016。
- 3) 長谷川寿夫、藤原忠司：コンクリート構造物の耐久性シリーズ 凍害、技報堂出版、1988。
- 4) 日本コンクリート工学協会：複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画研究委員会 報告書、2001。
- 5) 国土交通省：橋梁定期点検要領、2014。
- 6) 永塚竜也、近藤成則：RC床版上面の損傷と路面のひび割れ、土木学会第70回年次学術講演会講演概要集、CS10-007、2015。