

## 報告

## 北海道内の鋼板接着により補強された RC 床版の損傷状況の調査

石原寛也\*, 角間恒\*\*, 畠山乃\*

\*寒地土木研究所, 寒地構造チーム (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)

\*\*博(工), 寒地土木研究所, 寒地構造チーム (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)

北海道内の国道橋のうち、下面への鋼板接着補強が行われた床版では、供用後 50 年以上、補強後 20 年以上が経過するものが増加している。中には、劣化・損傷の著しい進行を経て抜け落ちに至った事例もあり、劣化・損傷の発生・進行が懸念される。本稿では、積雪寒冷地における鋼板接着補強が行われた床版の劣化・損傷状況を把握するため、道内国道橋を対象に、定期点検調書に基づく補強鋼板の損傷状況の調査、ならびに、実橋切出し床版の切断面観察に基づく補強鋼板のうき状況および床版下面側コンクリートの損傷状況の調査を行った結果を報告する。

キーワード：RC 床版，鋼板接着，損傷調査

## 1. はじめに

北海道内の国道橋のうち、鋼板接着による下面補強が行われた RC 床版（以下、鋼板接着床版）を持つ橋梁は、供用開始から 50 年以上、補強後 20 年以上が経過するものが増加している。中には、供用年数の経過に伴って床版の劣化・損傷が進行し、写真-1 に示すように抜け落ちが発生した事例も報告されている<sup>1)</sup>。

床版の抜け落ちは、橋梁の利用者だけでなく第三者に被害が及ぶ場合があり、損傷の早期発見や予防的措置が必要となる。一方、鋼板接着床版では、一般的な目視点検による床版コンクリート-補強鋼板の接着状況や床版コンクリートの損傷状況の把握が困難であり、維持管理上の問題になることが多い。また、鋼板接着床版における損傷状況の整理・調査は、都市部の重交通路線を対象にしたものが多く<sup>2)</sup>、積雪寒冷地の国道橋における損傷状況は必ずしも明確になっていないのが実状である。

そこで本稿では、積雪寒冷地における鋼板接着床版の損傷実態を把握するため、道内国道橋を対象に、定期点検調書に基づく補強鋼板の損傷状況の調査、ならびに、実橋切出し床版の切断面観察に基づく補強鋼板のうき状況および床版下面側コンクリートの損傷状況の調査を行った結果を報告する。

## 2. 定期点検調書に基づく損傷状況調査

## 2.1 調査方法

対象橋梁は、国土交通省北海道開発局が管理する鋼板桁橋を上部構造とする RC 床版形式の道路橋であり、こ

写真-1 鋼板接着床版の抜け落ち事例<sup>1)</sup>

こから抽出した鋼板接着補強が行われた橋梁 38 橋、合計 2152 要素（パネル）に対して、平成 16～30 年度の定期点検調書に基づく損傷状況の調査を行った。なお、これらの橋梁は鋼板接着床版を持つ橋梁および要素の全数ではないことに留意されたい。

表-1 に対象橋梁の概要を示す。全 38 橋の鋼板接着補強タイプの内訳は、全面貼り（ハンチ補強有）が 18 橋、全面貼り（ハンチ補強無）が 8 橋、短冊貼りが 12 橋である。また、調査範囲内における各橋梁の最新の定期点検時点での供用年数は、総供用年数が 43～64 年（平均 51 年）、補強後供用年数が 13～43 年（平均 25 年）の範囲に分布している。

損傷状況の調査では、定期点検調書に記録された補強鋼板の「腐食」および「補修・補強材の損傷」に着目し、損傷程度の区分 a～e<sup>3), 4)</sup>の評価がついた橋梁数および要素数を集計した。なお、「補修・補強材の損傷」については、補強鋼板およびコンクリートアンカーのうきに関する損傷のみを集計対象とした。また、平成 15 年度以

表-1 対象橋梁の概要

全面貼り(ハンチ補強有)			全面貼り(ハンチ補強無)			短冊貼り			全タイプ	
橋梁数	要素数	補強例	橋梁数	要素数	補強例	橋梁数	要素数	補強例	橋梁数	要素数
18	772		8	502		12	38		38	2152
総供用年数			総供用年数			総供用年数			総供用年数	
平均	範囲		平均	範囲		平均	範囲		平均	範囲
50	44~58		53	44~64		49	43~54		51	43~64
補強後供用年数			補強後供用年数			補強後供用年数			補強後供用年数	
平均	範囲		平均	範囲		平均	範囲		平均	範囲
21	13~43		32	16~38		27	19~34		25	13~43

表-2 補強鋼板の損傷状況の内訳 (橋梁単位)

1回目 (H16~20)	腐食						計	2回目 (H21~25)	腐食						計	3回目 (H26~30)	腐食						計
	a	b	c	d	e	うき			a	b	c	d	e	うき			a	b	c	d	e	うき	
うき	a	32	5	0	0	1	38	うき	a	24	11	0	0	1	36	うき	a	14	14	0	1	1	30
	e	0	0	0	0	0	0		e	1	1	0	0	0	2		e	5	2	0	0	1	8
	計	32	5	0	0	1	38		計	25	12	0	0	1	38		計	19	16	0	1	2	38

表-3 補強鋼板の損傷状況の内訳 (要素単位)

1回目 (H16~20)	腐食						計	2回目 (H21~25)	腐食						計	3回目 (H26~30)	腐食						計
	a	b	c	d	e	うき			a	b	c	d	e	うき			a	b	c	d	e	うき	
うき	a	2131	17	1	1	2	2152	うき	a	1998	112	0	35	1	2146	うき	a	1807	270	0	29	4	2110
	e	0	0	0	0	0	0		e	1	5	0	0	0	6		e	20	15	0	7	0	42
	計	2131	17	1	1	2	2152		計	1999	117	0	35	1	2152		計	1827	285	0	36	4	2152

前にも点検は行われているが、本稿では平成16年度以降の定期点検調査を扱い、便宜上、平成16~20年度の点検を1回目、平成21~25年度の点検を2回目、平成26~30年度の点検を3回目の点検として整理する。

## 2.2 調査結果

表-2 および表-3 に、各回の定期点検調査を基に補強鋼板の腐食およびうきの状況を集計した結果を示す。表より、橋梁単位および要素単位のいずれにおいても、点検回数が増加すなわち供用年数の増加とともに腐食・うきの発生数が増加している。3回目点検においては全要素の80%が健全な状態(腐食a, うきa)であるが、橋梁単位で見ると健全な橋梁は40%に満たない。図-1は、3回目点検を対象に、橋梁毎の損傷要素割合(=損傷要素数/全要素数)に着目して橋梁数を集計した結果であり、橋梁全体で補強鋼板の損傷が発生した橋梁がある一方で、損傷要素割合20%以下となり部分的な損傷に留まる橋梁が多くなっている。

次に、腐食・うきのいずれかで「損傷あり(区分a以外)」となった橋梁・要素における損傷種類の内訳に着目すると、各点検回で「腐食のみ(腐食b~e, うきa)」が大部分を占め、点検回数を追うごとに「うきのみ(腐食a, うきe)」、「腐食・うき(腐食b~e, うきe)」と評価された橋梁・要素が徐々に増加していることがわかる。また、損傷種類と損傷程度を併せて見ると、腐食に関しては区分bの増加が顕著であるのに対し、うきの増加は全て区分eであり、3回目点検においては橋梁・要素単位ともに、うきeの数が腐食d~eの数を上回っている。

以上より、北海道内の鋼板接着床版に関する大局的な損傷状況としては、損傷数の観点では腐食の増加が顕著

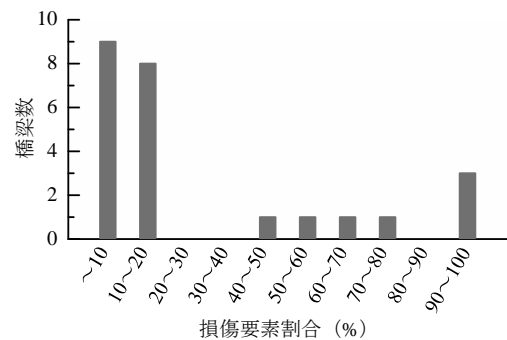


図-1 3回目点検時の損傷要素割合

であるが、健全性への影響要因という観点では、うきの発生・進行に留意が必要な状況にあるといえる。

## 3. 実橋切出し床版の切断面観察に基づく損傷状況調査

本章では、積雪寒冷地の鋼板接着床版における補強鋼板のうき状況および床版下面側コンクリートの損傷状況の実態把握の一環として、実橋から切出した床版の切断面観察を行った。対象とした床版は、既報<sup>5)</sup>において土砂化や層状ひび割れ、断面修復部の剥離状況の調査が行われた床版であるが、本稿において、床版下面側でのコンクリートのひび割れ状況や補強鋼板の剥離状況に着目した再調査を実施した。なお、本床版は撤去から10年が経過しているが、切断面の観察は撤去直後に撮影した切断面写真に基づいており、調査結果に撤去後から現在までの損傷の発生・進行の影響は含まれていない。

### 3.1 対象橋梁

対象橋梁の橋梁諸元および供用環境を表-4に、平面

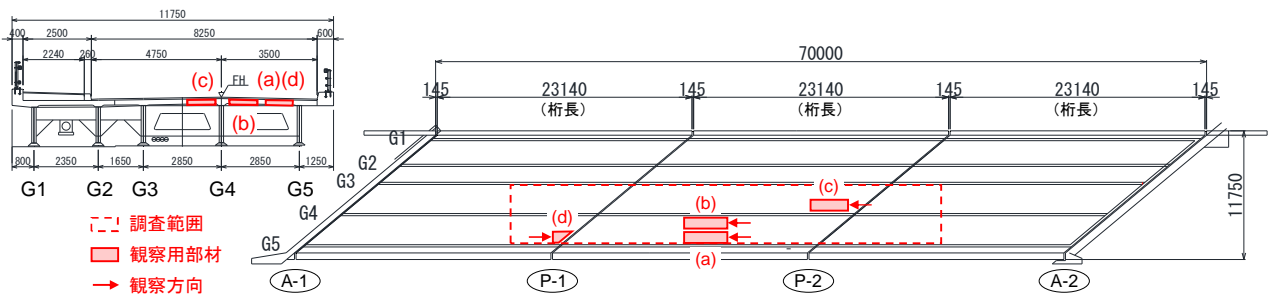


図-2 対象橋梁の平面図および断面図ならびに切断面の観察位置

図および断面図を図-2に示す。本橋は3径間単純非合成鋼桁の河川橋であり、昭和40年に架設されて46年間供用された後の平成24年に床版撤去に至った。撤去前直近の道路交通センサス(平成22年)による大型車交通量は上下線合計で778台/日である。積雪寒冷地に位置しており、最寄りのアメダスの観測記録によると、観測記録のある1976年から年最低気温の平均は-22.5℃である。大型車交通量は少ないものの、積雪寒冷地特有の凍結融解作用を受ける環境下の橋梁といえる。

本橋は昭和39年の鋼道路橋設計示方書に基づいて設計されているが、床版の劣化損傷の進行を受け、昭和62年には床版の曲げモーメント低減を目的とした縦桁増設、および、床版の配力鉄筋不足の解消を目的とした床版下面に対する配力鉄筋方向へ短冊状の鋼板接着補強が施工されている。また、平成19年には床版上面の部分補修および橋面全体への床版防水層の施工が行われている。

### 3.2 切断面観察結果

本調査では、図-2に示す調査範囲から切出した48部材を対象に、配力鉄筋に直角する断面の損傷状況を調査した。写真-2は、図-2に示す観察位置における切断面状況であり、床版下面付近において形態の異なる複数の損傷状態が確認された。

写真-2(a)は、床版コンクリートと補強鋼板との付着切れが生じた状態である。調査対象とした48部材(96断面)の中で、床版下面付近における損傷として最も多いのがこの補強鋼板の付着切れであった。

写真-2(b)は、下側鉄筋位置あるいは下側のかぶり内で床版コンクリートに水平方向のひび割れが発生し、コンクリートが剥離した状態である。都市高速道路を対象とした既往の調査事例<sup>6)</sup>では、車両走行に伴う床版の変形に起因して床版下面側の剥離が生じることが報告されているが、本橋梁は交通量の少ない路線に位置し、かつ、縦桁増設により床版の変形が抑制される条件であり、既往の事例とは架橋環境や構造条件が異なる。そのため、ひび割れの発生要因については、今後検討していきたい。

写真-2(c)は、アンカーボルトによる補強鋼板の定着部において床版コンクリートの凍害が進行した状態であり、床版コンクリートが著しく脆弱化して補強鋼板と

表-4 橋梁諸元および供用環境

交差物件	河川
架橋環境	積雪寒冷地
大型車交通量	778台/日(上下線合計)
最低気温	-22.5℃(1976年から撤去時までの年最低気温の平均値)
上部工形式	単純非合成鋼桁 ・橋長:70.0m ・幅員:車道8.25m+歩道2.5m
架橋年次	昭和40年(46年間供用)
適用基準	昭和39年鋼道路橋設計示方書
補修履歴	昭和62年 ・縦桁増設 ・鋼板接着補強(橋軸方向、短冊状) 平成元年 ・歩道橋拡幅(既設床版と一体化) 平成19年 ・床版上面コンクリートの部分補修 ・床版防水工

の一体化が失われていることが明らかである。また、写真-2(d)では、上面側から徐々に発生・進行したと考えられる床版コンクリートの層状ひび割れが下面付近にまで深化している。鋼板接着床版では、アンカーボルトの打込み時にその先端付近にひび割れが発生<sup>9)</sup>し、これがアンカーボルトの定着不良の原因になると考えられるが、写真-2(c)(d)は、積雪寒冷地特有の問題として、床版下面側コンクリートにおける凍害の進行が床版コンクリート-補強鋼板の一体性の低下を招くことに留意する必要があることを示している。

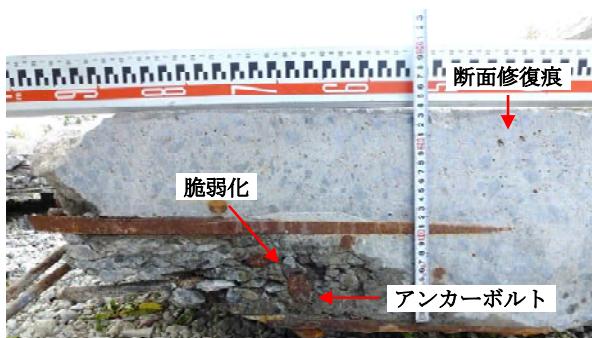
なお、写真-2(c)(d)の断面では、上面側の断面修復部の直下でコンクリートの脆弱化や層状ひび割れが発生していることがわかる。これらの損傷の発生時期は不明であるが、写真撮影時点において鋼板接着補強および断面修復からの経過年数がそれぞれ30年および5年であることを勘案すると、鋼板接着補強後に発生・進行し、断面修復時には既にある程度進行した状態にあった可能性、すなわち、損傷部の除去が不完全なまま断面修復が行われた可能性がある。補強鋼板の定着不良は補強効果の著しい低下だけでなく、補強鋼板の落下に繋がるものであり、特に積雪寒冷地における鋼板接着床版の補修



(a) 補強鋼板の付着切れ



(b) 床版下面側コンクリートの水平ひび割れ



(c) 補強鋼板定着部での床版コンクリートの脆弱化



(d) 床版下面側コンクリートの層状ひび割れ

写真-2 切断面の損傷状況

に当たっては、上面側の土砂化のみならず補強鋼板の定着部までを含めた床版の損傷状況を確実に把握し、損傷状況に応じて補強鋼板の取換等の再補強を実施することが肝要である。

#### 4. まとめ

本稿では、北海道内の国道橋における鋼板接着床版の損傷実態の把握を目的に、定期点検調査に基づく補強鋼板の損傷状況の調査、ならびに、実橋切出し床版の切断面観察に基づく補強鋼板のうき状況および床版下面側コンクリートの損傷状況の調査を行った。それにより得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 定期点検調査に基づく調査より、北海道内の鋼板接着床版では、腐食が記録される橋梁・要素の増加が顕著であるが、損傷程度に応じた健全性への影響を加味すると、うきの発生・進行に留意が必要である。
- 2) 実橋切出し床版の切断面観察より、積雪寒冷地における鋼板接着床版の特徴的な損傷状態として、凍害に起因する床版コンクリートの脆弱化や層状ひび割れに伴う補強鋼板定着部（アンカーボルト）での床版コンクリート-補強鋼板の一体性の低下がある。

本稿は、積雪寒冷地における鋼板接着床版の損傷状況の大局的な調査、ならびに、わずか1橋に対して補強鋼

板のうき状況および床版下面側コンクリートの損傷状況の調査を行ったに過ぎない。今後も、定期点検調査に基づく損傷状況の詳細な分析、実橋床版の損傷状況調査などを行い、損傷実態の把握を進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 國松博一，山谷直孝，澤松俊寿：一般国道 275 号志寸川橋の床版陥没について－陥没の発生から復旧まで－，第 56 回（平成 24 年度）北海道開発技術研究発表会，2013.
- 2) 例えば，福島誉央，甲元克明，青木康素：鋼板接着 RC 床版における損傷事例，第八回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.111-114，2014.
- 3) 国土交通省 道路局 国道・防災課：橋梁定期点検要領（案），2004.
- 4) 国土交通省 道路局 国道・防災課：橋梁定期点検要領，2014.
- 5) 三田村浩，澤松俊寿，岡田慎哉，角間恒，松井繁之：46年間供用した積雪寒冷地における道路橋 RC 床版の損傷状況の調査，土木学会北海道支部論文報告集第 69 号，2013.
- 6) 西田孝弘，茅野茂，橋本勝文，奥出信博：鋼板接着補強された実コンクリート床版の損傷評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.42，No.2，pp.1201-1206，2020.

(2022 年 7 月 8 日受付)

(2022 年 9 月 9 日受理)