

# 一般国道240号恩根木禽橋における 床版劣化と対策事例 —床版抜け落ちから復旧まで—

網走開発建設部 北見道路事務所 第1工務課 ○堀田 美月  
網走開発建設部 北見道路事務所 第1工務課 松田 隆宏  
網走開発建設部 道路施工保全官 岩渕 之敬

一般国道240号恩根木禽橋は、昭和36年架設の2径間単純合成鉄桁橋である。令和2年7月10日、本橋において床版が一部抜け落ちる事象が発生した。抜け落ち箇所には超速硬コンクリートの打設による応急対応を施すとともに、その後詳細な調査により同様の劣化が確認された箇所も併せて敷鉄板を使用した応急対策工を行いながら、本復旧に至った。本報では、事象発生から応急対応および本復旧に至る検討内容と施工事例について報告する。

キーワード：維持・管理、長寿命化

## 1. はじめに

一般国道240号は、釧路圏とオホーツク圏域を結び、生活を支える物流・地域医療などに加えて近隣には阿寒・摩周などの観光地があり、観光面でも利用され、代替迂回路が近傍にない主要道路である。交通量は、H27センサスより2,669(台/12h)で大型車率は41.6%と高く、過去のセンサスと対比し大型車の割合は増加傾向にある。

恩根木禽橋は、北海道網走郡津別町において一級河川網走川水系オンネキキン川を渡河する橋長L=37.10mの2径間単純鋼合成鉄桁橋であり、高度成長期の昭和36年(1961年)に竣工し、架設後60年が経過した橋梁である。

本橋は、平成21年に床版の修繕工事が実施され10年以上が経過し、平成29年の定期点検により床版の劣化が確認されている。

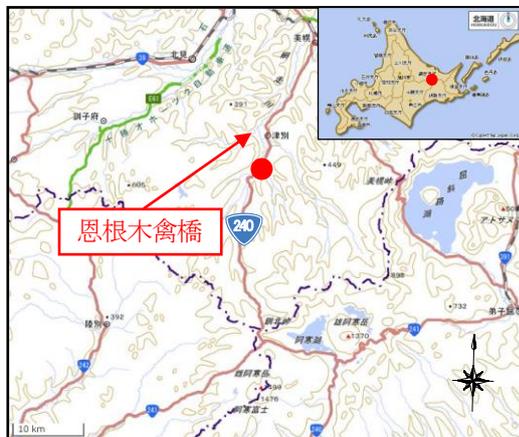


図-1 箇所図

本報では、令和2年7月10日に発生した恩根木禽橋の床版抜け落ち事象の発生から応急対応および本復旧に至る検討内容と施工事例について報告する。

## 2. 橋梁概要

本橋の現地状況および橋梁概要について以下に示す。



写真-1 現地状況

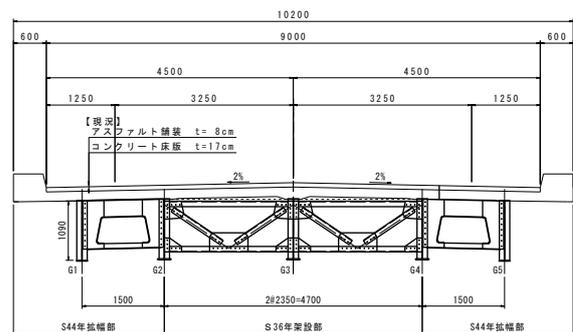


図-2 橋梁断面図

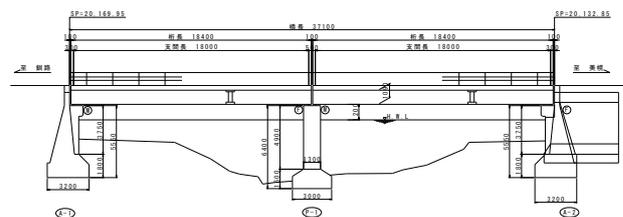


図-3 橋梁側面図

表-1 恩根木禽橋概要

橋長	L=37.10m
有効幅員	W=9.00m(車道)
橋梁形式	上部：2径間単純鋼合成鉄桁橋 下部：重力式橋台、壁式橋脚(直接基礎)
活荷重	TL-20(1等橋)
適用基準	昭和31年 鋼道路橋設計示方書
主な補修履歴	昭和36年(1961年) 橋梁竣工 昭和44年(1969年) 橋梁拡幅 平成21年(2009年) 床版補修、橋面防水

### 3. 緊急対応について

#### (1) 損傷の状況

令和2年7月10日に発生した床版抜け落ち直後の状況について写真-2に示す。抜け落ち位置は、図-4に示すとおり第2径間L側(下り車線)のP1橋脚付近で、中央線よりの走行車両の輪荷重載荷位置である。抜け落ち規模は80cm×80cm程度であった。舗装面には床版上面からの白色の滲出物が確認され、床版下面には、亀甲状にエフロレッセンスが析出していた。

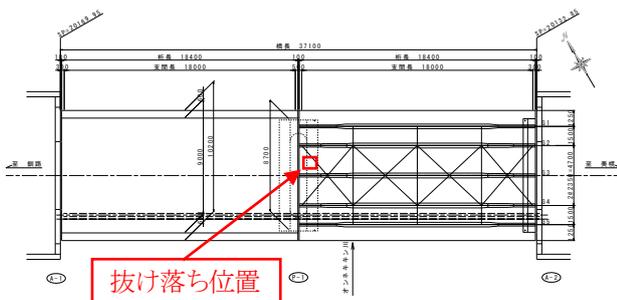


図-4 床版抜け落ち位置



写真-2 床版抜け落ち状況

#### (2) 緊急対応の状況

床版抜け落ち発生後、通行止めによる交通規制を実施し、抜け落ち箇所は超速硬コンクリートにより即日復旧した。抜け落ち箇所の床版鉄筋状況を、写真-3に示す。本橋は端部補強がなく、橋軸方向鉄筋(配力筋)が300mmピッチであり、応急的に鉄筋を追加して復旧した。

緊急対応完了後の舗装および床版の復旧状況について写真-4に示す。抜け落ち箇所周辺の床版下面には、漏水を伴う亀甲状のエフロレッセンスと脆弱化が確認され、今後の対策が必要な状況にあった。



写真-3 緊急対応状況(左：床版上面、右：床版下面)



写真-4 緊急対応後(左上：舗装、右上：下面、下：橋面)

### 4. 緊急点検について

#### (1) 緊急点検における調査実施

床版抜け落ち箇所周辺の劣化状況から、応急復旧は、早期対応が求められたため、橋梁点検業務において令和2年7月13日より緊急点検を実施した。また、抜け落ち箇所と同様に床版下面に亀甲状のエフロレッセンスが析出するP1橋脚部とA2橋台部も含めて劣化状況を確認した。

緊急点検では、床版下面の近接目視による劣化範囲の把握と、コンクリートテスターとコア採取により図-5のとおり床版コンクリート圧縮強度を確認した。コンクリート強度は、床版抜け落ち箇所と同様なエフロレッセンス析出箇所のP1橋脚周りやA2橋台側の端部パネルにて10.2~19.4(N/mm<sup>2</sup>)と強度低下を確認した。その他支間中央部(No.2)では強度の低下は確認されなかった。

また、コア状況について写真-5に示す。エフロレッセンス析出箇所近傍の床版劣化部(No.1)では、コア採取が困難なほど床版コンクリートの劣化が確認された。



写真-5 床版抜け落ち箇所近傍のNo.1コア採取状況

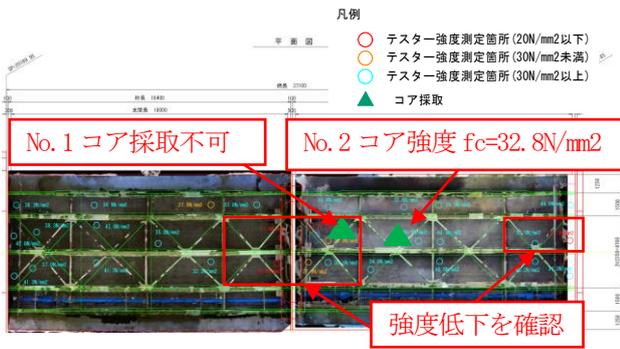


図-5 緊急点検結果（床版下面全景）

## (2) 床版劣化の原因推定

床版劣化の原因は、床版のひび割れ状況より、経年的な活荷重による疲労と滞水環境による凍害により、床版コンクリートの強度低下が生じていたものと推定される。また、床版の劣化位置から伸縮装置を跨いだ位置で大型車両における、衝撃荷重による影響と考えられる。

図-6に橋梁舗装面の高さについて示す。本橋の縦断勾配はほぼLEVELであるが、ドローンによる計測結果より、P1橋脚部が一部低みとなっており、滞水環境になりやいことが確認され、劣化進行が助長されたと考える。

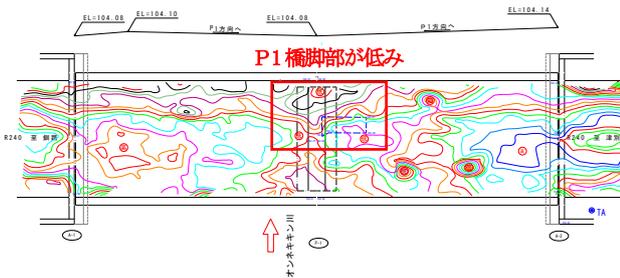


図-6 橋面舗装コンター図

## 5. 応急対策について

### (1) 応急対策方針

前項までの緊急点検結果を踏まえ、床版抜け落ち箇所以外においても対策の必要性が確認された。そのため、本復旧工事まで1年程度の期間に対する応急対策を実施することとした。現状の床版劣化状況を踏まえると、劣化範囲が1パネル(2.4m×4.2m)程度と広く、早急に抜け落ち範囲周辺の脆弱部を全て除去し、床版を打替えることが望ましい状況であったが、以下の課題があった。

- ①同種工事も複数着手している時期であり、関連工種の専門業者の手配が難航した。
- ②打替え案では吊足場などの仮設規模が大きくなることや、関連資材調達の難航により、応急対策完了までの工程が長期化する懸念があった。

これら施工人員確保や工期的制約を踏まえ、関係各者による協議の結果、通常の舗装維持管理（月1回程度）を前提として敷鉄板による応急復旧案を採用した。

### (2) 応急対策の実施

敷鉄板による応急復旧の範囲について図-7に示す。床版下面の劣化状況から、床版抜け落ち箇所近辺のほかP1橋脚部周りおよびA2橋台部においても同様に敷鉄板による応急対策を計画した。

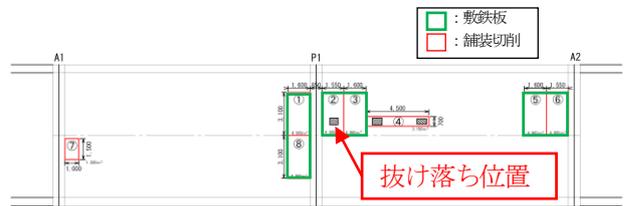


図-7 応急復旧概要図

応急復旧断面図について図-8に示す。防水層敷設後に敷鉄板の不陸調整のため敷モルタルを敷設し、その上に敷鉄板を設置した。敷鉄板と床版挙動差により、舗装のバタつきが想定されたことから、高弾性で伸縮追従性に優れた舗装材（ファルコン）により敷鉄板を覆い、表層をアスファルト舗装により復旧する計画とした。敷鉄板の厚さは、表層の舗装厚確保のため16mmとした。

応急復旧は、令和2年8月3、4日に実施され、初めに写真-6のように、舗装を撤去し防水層および敷モルタルを設置し、不陸調整を図った。

敷鉄板の施工状況について写真-7に示す。2枚が隣り合って設置される箇所では、継ぎ目部の溶接を行い、一体化を図ることでバタつきの防止を図った。

舗装材（ファルコン）および表層の復旧状況について写真-8、9に示す。表層部の復旧に際しては、アスファルト舗装と敷鉄板の付着性確保のためプライマー塗布後、10～20mm層厚で敷鉄板を覆うように舗装した。また、表層アスファルト舗装は伸縮装置部の段差を極力生じないように平滑化を図った。以上の応急対策内容について片側交互通行により2日間で完了した。



図-8 舗装復旧断面図



写真-6 応急復旧状況1（左：防水層、右：敷モルタル）



写真-7 応急復旧状況2 (左：敷鉄板、右：敷鉄板溶接)



写真-10 R2.8(応急復旧から1か月経過)の舗装状況



写真-8 応急復旧状況3 (舗装材舗設)



写真-11 R2.11降雨後(応急復旧から4か月経過)床版状況



写真-9 応急復旧状況4 (左：舗装材近接、右：表層完了)

### (3) 応急対策後の状況

舗装応急復旧後の1か月後の状況を写真-10に示す。敷モルタルのセメント分噴出や、既設舗装との復旧境界にて亀裂損傷は見られるが、次年度工事までの1年程度の期間を維持工事による舗装の処置(計8回：月1回程度の頻度)により通行止め等の交通規制もなく対応できた。

応急対策実施後の課題としては、不陸調整のために設置した敷モルタルが舗装内部へ浸透した水の影響により噴出したことが挙げられる。

舗装応急復旧後の4か月後の状況について写真-11に示す。復旧から1か月後同様に舗装復旧境界の亀裂損傷は見られるものの、大規模な舗装剥離はなく走行性を維持していた。ただし、床版抜け落ち周りの床版下面では、橋面水の供給が多量であり、漏水が確認された。漏水要因としては、敷鉄板と舗装の復旧境界に亀裂が発生し、舗装の遮水性が早期に低下したことや、床版面に凹凸があり、敷鉄板の設置により表面水の通り道が敷鉄板端部に固定され集まり増加することで、防水層の機能が低下したことが要因と考える。

上述した応急対策の改善点としては、床版上面の平滑性の確保や、敷鉄板下面に対しても敷モルタルに替えて舗装材(ファルコン)を敷設し、敷鉄板を包み込み既設床版面・敷鉄板・舗装の密着性を高めることでより鉄板のバタつき抑制が可能であると考えられる。

## 6. 補修方針

### (1) 詳細調査の実施

緊急点検により、床版抜け落ち箇所のほか床版下面に格子状にエフロッセンスの析出および脆弱化が確認されたことから、床版全体の健全度を把握するため詳細調査を実施した。調査内容は、床版上面の土砂化確認のため舗装切削調査、床版下面のひび割れ状況確認、床版内部の水平ひび割れ確認のため微細ひびわれ試験、コンクリート圧縮強度試験を実施した。各種調査結果について以下に示す。

#### a) 舗装切削調査

調査状況について写真-12に示す。土砂化深さが大きい箇所では、床版上面鉄筋の裏側程度まで進行していたものの、目立った鉄筋腐食は確認されなかった。

調査結果を図-9に示す。床版上面の土砂化は、P1橋脚周りで最大50mmと顕著であり、A1橋台部においても最大40mm程度の深さが確認された。また、伸縮装置を跨いだ側の床版の土砂化深さが大きく、走行車両の衝撃力による影響と考えられる。



写真-12 床版上面の土砂化状況

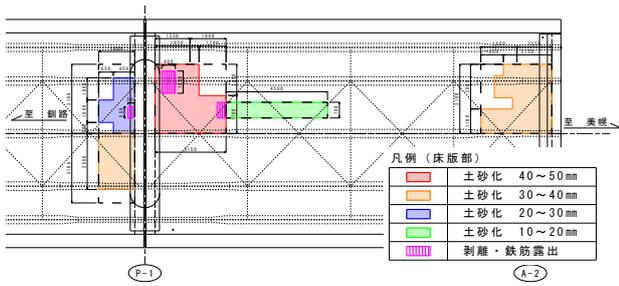


図-9 床版上面土砂化平面図

b) 床版下面のひび割れ

床版下面のひび割れ状況について図-10に示す。P1橋脚周りのパネルとA2橋台部の端部パネルでは、密度の高い2方向ひび割れが確認され、エフロレッセンスの析出も確認された。支間中央付近は、部分的に2方向ひび割れが確認された。また、処々に架設時の締固め不足に起因したジャンカも確認された。

床版端部のエフロレッセンスの析出するひび割れは、0.2mm以上のひび割れ幅があり、角落ちが目立つ状況であった。(写真-13)

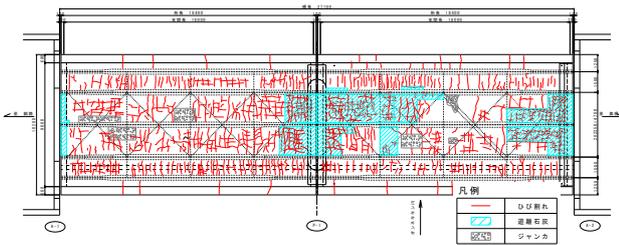


図-10 床版下面のひび割れ状況



写真-13 ひび割れ状況

c) 床版内部の状況

床版内部の水平ひび割れ状況確認のためコア採取を行い、微細ひびわれ試験を実施した。結果は、図-11に示すとおり、大規模な水平ひび割れは確認されなかった。

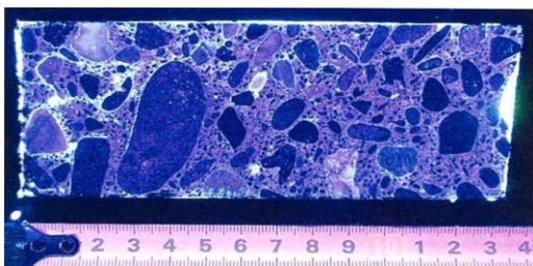


図-11 微細ひびわれ試験結果

d) 床版コンクリート強度

コンクリート強度について図-12に示すとおり、健全部劣化部ともに51.2~64.5N/mm<sup>2</sup>と高い値であり、強度低下は確認されなかった。また平成21年度の試験結果および緊急点検結果においても強度は竣工時のコンクリート強度28N/mm<sup>2</sup>以上が確認されている。ただし、床版端部パネルのエフロレッセンスが析出する劣化部では、静弾性係数が低下していることが確認された。

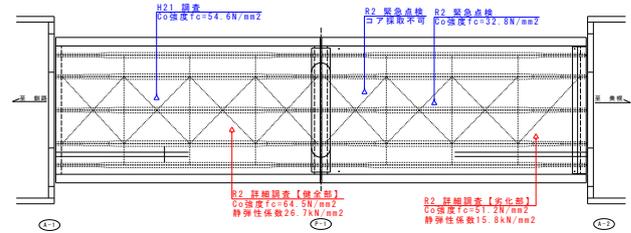


図-12 コンクリート強度試験結果

(2) 床版補修方針

詳細調査結果を踏まえ、床版補修方針は劣化部の部分打替えと上面土砂化部の補修、床版下面の炭素繊維設置による対策を採用した。部分打替えの範囲は、コンクリート強度の低下と床版下面のひび割れ、エフロレッセンスの析出状況を踏まえ損傷グレードの評価(表-2)により決定した。<sup>1)</sup>

本橋のグレード評価結果について図-13に示す。抜け落ち箇所周辺および同様な劣化状況の床版は、末期の損傷ランク(V)と評価し、部分打替えによる計画とした。

表-2 床版ひび割れの損傷グレード評価

たわみ劣化度	損傷ランク(グレード)	ひびわれ間隔・および形状	ひび割れ幅	ひび割れ密度	点検区分	床版上面の凍害区分
0	— (潜伏期)	1.0m以上 1方向 (直角方向)	0.06mm以上 (ヘアークラック)	—	a	—
0.3 未済	I (進展期)	1.0~1.5m 直角方向が主で 橋軸方向は従	0.1mm以下が主であるが 一部に0.1mm以上	3m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 未済	b	舗装の浮き スケーリング
0.3~ 0.6未済	II (加速期)	0.5m程度 格子状直前	0.2mm以下が主であるが 一部に0.2mm以上	3~6m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	c	舗装の浮き、ひび割れ 深い砂利化
0.6~ 0.8未済	III (劣化期)	0.5~0.2m 格子状	0.2mm以上が目立ち、部分 的な型落ちあり	6~8m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	d	舗装の浮き、亀甲状 ひび割れ 鉄筋露さまで砂利化
0.8~ 1.0以上	IV~V (末期)	0.2m以下 格子状	0.2mm以上が目立ち、連続 的な型落ちあり	8m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> 以上	e	舗装ポットホール・ 陥没 コンクリート砂利化

比較的健全部は、劣化期の損傷ランク(III)と評価し、床版上面の断面修復および下面の炭素繊維設置により補修する計画とした。

床版の補修範囲を図-14にまとめる。床版施工時は終日片側交互通行となるため、部分打替え範囲は、早強コンクリートによる打替えとし、上面補修範囲は、床版再劣化の抑制として床版上面鉄筋裏まで抱き込む深さとし、上面補修と既設床版の境界面に浸透系プライマーと接着剤を塗布した上でラテックス改質速硬コンクリートにより規制期間を極力抑制可能な材料による復旧計画とした。

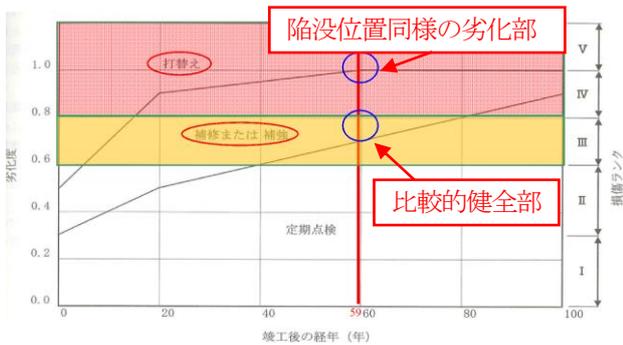


図-13 打替範囲と上面補修範囲の評価

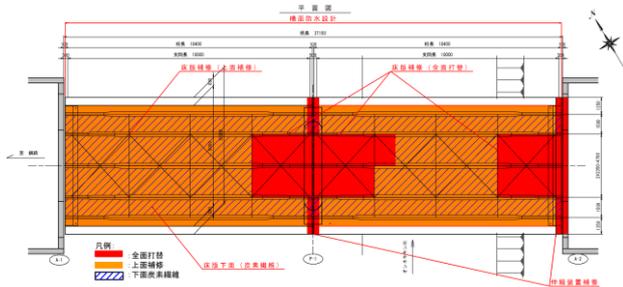


図-14 部分打替範囲と上面補修範囲

## 7. 本復旧概要

### (1) 工事概要

令和3年4月28日より本復旧工事が実施された。写真-14に着工前の抜け落ち箇所付近の床版下面状況を示す。応急対策により超速硬コンクリートで復旧した範囲は健全であったが、周辺劣化部では、漏水影響により多量のエフロッセンスが析出し、劣化の進行が確認された。



写真-14 工事着工前の床版抜け落ち箇所状況

### (2) 工事状況

工事状況について写真-15に示す。床版陥没付近では、床版劣化の範囲が外桁側に50cm程度進行していることが確認され、打替え範囲を変更した。原因は、応急復旧部との舗装境界のひび割れにより滞水環境が助長され、床版の劣化が進行したためと考えられる。

完成後状況について写真-16に示す。床版コンクリートの部分打替えと上面補修および炭素繊維の設置まで概ね3か月程度の期間で施工は完了した。



写真-15 工事状況 (左：床版打替部・右：上面補修部)



写真-16 完了後状況 (左：路面、右：床版下面)

## 8. まとめ

### (1) 応急対策について

本橋では、応急対策実施までの担い手不足や必要資材の調達等の社会的・地域的制約条件を踏まえ、応急対策として敷鉄板を用いた舗装復旧を実施し、本復旧までの1年程度の期間に対して舗装の維持補修を行いながら、一般通行に影響がないサービスレベルを維持した。

### (2) 床版劣化の進展について

本橋は、高度経済成長期の昭和36年(1961年)に竣工し、架設後60年程度が経過した劣化期にある橋梁であり、床版の鉄筋量が少なく、他の橋梁形式に比べ、比較的床版厚が薄い合成鈹桁橋である。直近の橋梁点検においても舗装の目立った異常は確認されていなかったが、床版コンクリートは、滞水環境の場合、凍害劣化により著しく強度が低下し、突発的に床版抜け落ちに至る可能性があることから、日常的な点検パトロールでの舗装面の微損傷の把握や床版下面の劣化状況の着目に加えて、点検・診断・補修計画時には床版健全度を的確に把握・評価する必要があると考える。

謝辞：最後に、本報告に際してご協力いただきました関係者の方々に深く感謝の意を表します。

### 参考文献

1) 北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会：北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針[第2編]維持管理編 平成24年1月