

5. RC床版の損傷とその劣化要因に関する資料収集 ～「RC床版点検時の留意事項(案)」

5.1 はじめに

全国的な統計で見ると、北海道の橋梁は鋼橋の占める割合が多く、更に、鋼橋が架け替えに至った主要因はRC床版の損傷が圧倒的に多い現状にある（5.2参照）。RC床版の損傷は、床版のひび割れ、剥離鉄筋露出、漏水・遊離石灰、補修・補強材の損傷、うき、舗装の異常など多くの種類の損傷が存在し、点検・診断においてはその発生要因を的確に把握し、補修・補強などの適切な対応を講じることが構造物の長寿命化を図るために重要なことである。

しかし、床版の損傷発生要因や損傷を進行させる要因は多岐にわたっており、損傷要因を一義的に推定することはできず、高度な判断を必要とする。

このような背景の下、本章はRC床版の具体的な損傷事例をもとに、想定される要因と損傷との関連性について分析例を示すことにより、点検・診断における損傷要因推定の参考資料とすることを目的としてとりまとめたものである。さらに、要因推定の考え方などが、新たに橋梁管理に携わる道路管理者の学習教材となり、技術者育成の一助となれば幸いである。

本章では、RC床版に関する損傷種類と損傷要因を分類（5.2参照）、RC床版の構造と設計基準の変遷（5.3参照）を整理し、札幌開発建設部管内のRC床版を有する鋼橋155橋（床版パネル数15,028箇所）で発生している床版損傷の中から、代表的な損傷である「床版ひび割れ」に着目して、想定される損傷要因との関連性を分析した（5.4参照）。

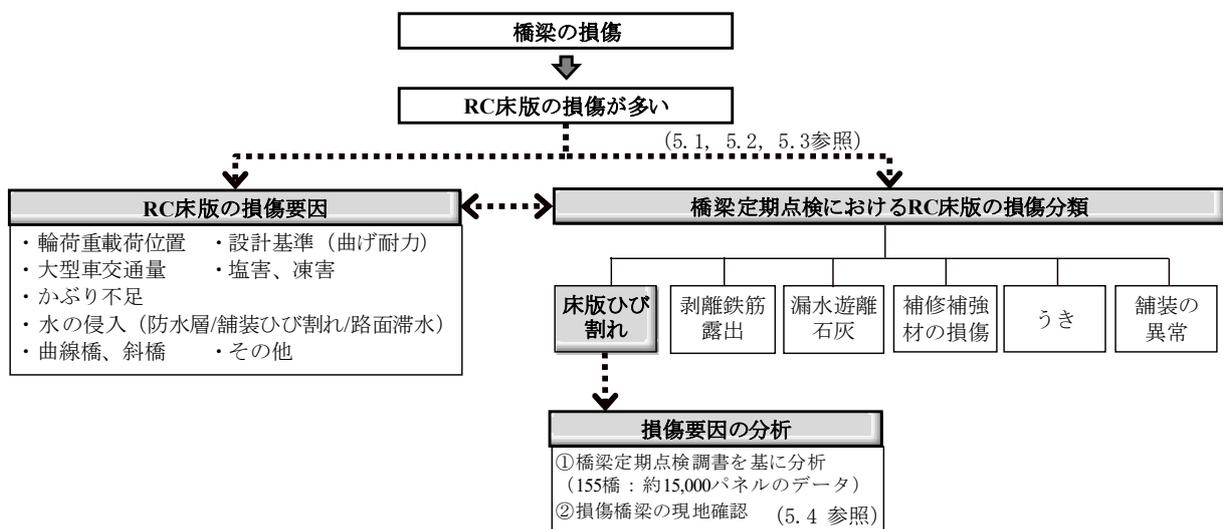


図 5.1 検討の流れと本章の構成

5.2 北海道開発局の管理橋梁概要

5.2.1 北海道開発局の管理橋梁種別

(1) 橋梁の経過年数

北海道開発局が管理する橋梁（橋長 2m以上）は平成 27 年 4 月現在で 4234 橋である¹⁾。

このうち、架橋後 50 年以上経過した橋梁数の割合は現在 18%（755 橋）であるが、40 年以上経過した橋梁を加えると 44%に達し、老朽橋梁の割合は今後、急激に増加することが懸念されている（図 5.2 参照）。

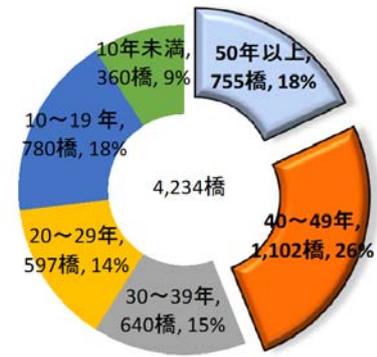


図 5.2 経過年数別橋梁割合

(2) 上部工形式別割合

上記の管理橋梁 4234 橋を上部工形式別で分類すると鋼橋が全体の 44%程度の橋梁数であるが、鋼橋は比較的長大支間に採用されるため橋長で集計するとその占める割合は全体の 63%まで増加する¹⁾（図 5.3 参照）。

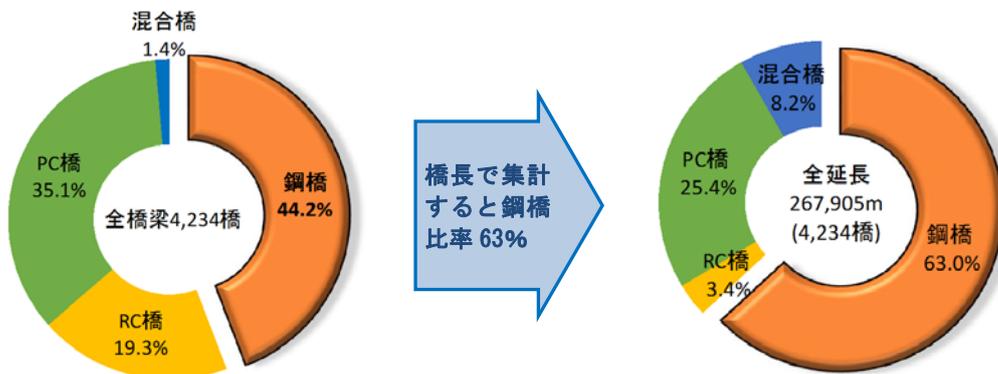


図 5.3 北海道開発局が管理する橋梁上部工形式別割合

また、全国の上部工形式割合と比較すると、橋長 15m以上の国道橋梁数で北海道開発局の管理橋梁数は鋼橋が 60%であり、全国的な比率 46%に比べて、北海道は鋼橋の比率が高いといえる²⁾（図 5.4 参照）。

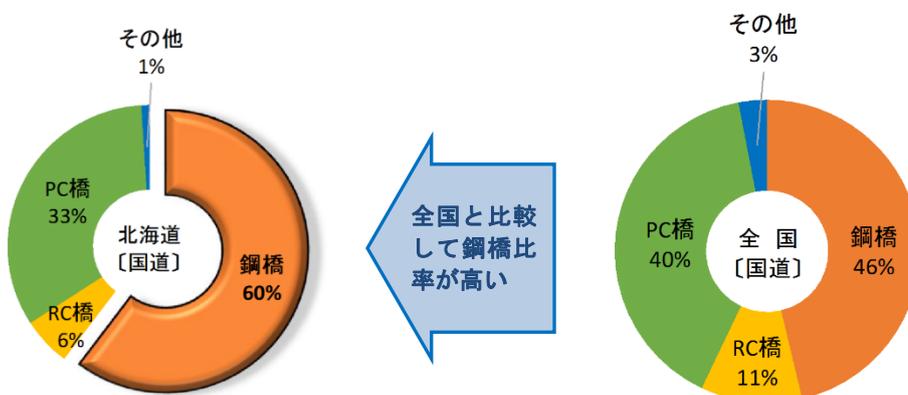


図 5.4 上部工形式別割合の全国との比較

5.2.2 鋼橋の床版種別と損傷

(1) 鋼橋上部工の床版種別

鋼橋上部工の維持管理においては、直接自動車荷重の影響を受ける床版の損傷確認とその要因を把握することが重要となる。

北海道開発局の管理橋梁のうち鋼橋上部工の床版種別は最も一般的な床版形式である RC 床版が約 80% を占めている³⁾（図 5.5 参照）。

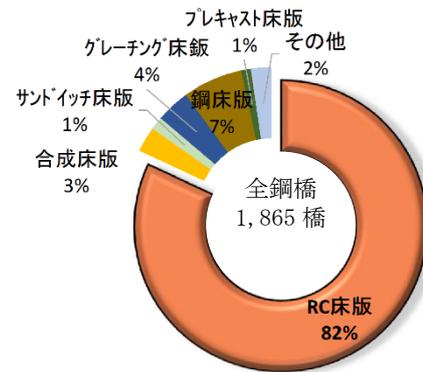


図 5.5 鋼橋上部工床版種別割合

(2) RC 床版の損傷内訳

北海道開発局において平成 26 年度までに点検実施した橋梁のうち、RC 床版で C 判定となった橋梁の損傷内訳を整理すると「剥離・鉄筋露出」と「床版ひびわれ」を合わせて 50%以上となる³⁾（図 5.6 参照）。

また、同一橋梁内においても RC 床版には複数の損傷が確認されることが多く、各損傷について劣化要因を分析し、補修・補強等の適切な対応をすることが橋梁の長寿命化を図るために必要となる。

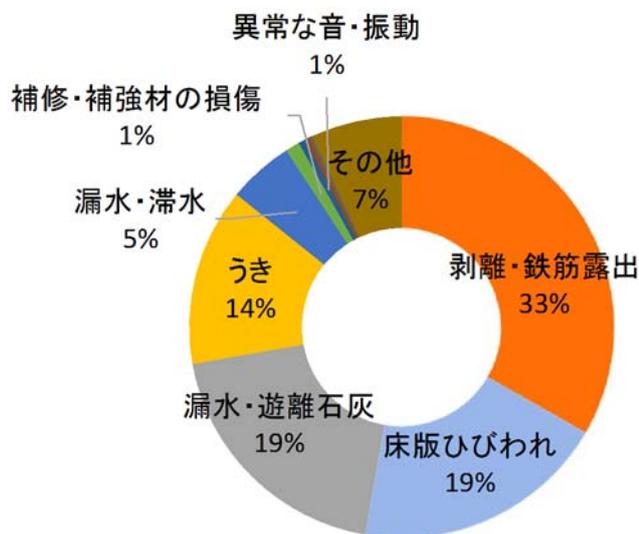


図 5.6 RC 床版損傷割合

〔参考文献〕

- 1) 橋梁長寿命化修繕計画（案）平成 28 年 3 月 国土交通省 北海道開発局
- 2) 道路統計年報 2015 橋梁の現況 国土交通省 HP：
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/tokei-nen/2015/nenpo03.html>
- 3) H27 年度 寒地土木研究所 現地講習会（札幌開発建設部）「床版（劣化・損傷）の調査とその対策について」平成 28 年 1 月 15 日（国研）土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム

5.3 RC床版の概要

5.3.1 RC床版の構造

(1) 構造概要

橋梁構造の内、橋梁を通行する自動車・自転車・歩行者等の活荷重や橋面上に設置されている舗装や防護柵等の死荷重を直接支える構造部材であり、使用する材料によってRC床版、鋼床版、PC床版、合成床版、PRC床版等の種類がある。

RC床版は、施工が比較的容易で他の床版に比べ安価であることから、使用される実績が多い。

RC床版の断面は、鉄筋コンクリートで構成されており、複鉄筋で計画する。主に床版支間から決定される床版厚に、大型車交通量による割増しや桁剛性の違いから生じる不等沈下の影響を考慮した付加曲げモーメントの影響を加味して厚さを決定した上で、現行基準では、SD345の鉄筋と $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ （非合成桁の場合）のコンクリートを用いて設計される。図5.7に橋梁構造におけるRC床版の箇所と代表的な断面構造を示す。

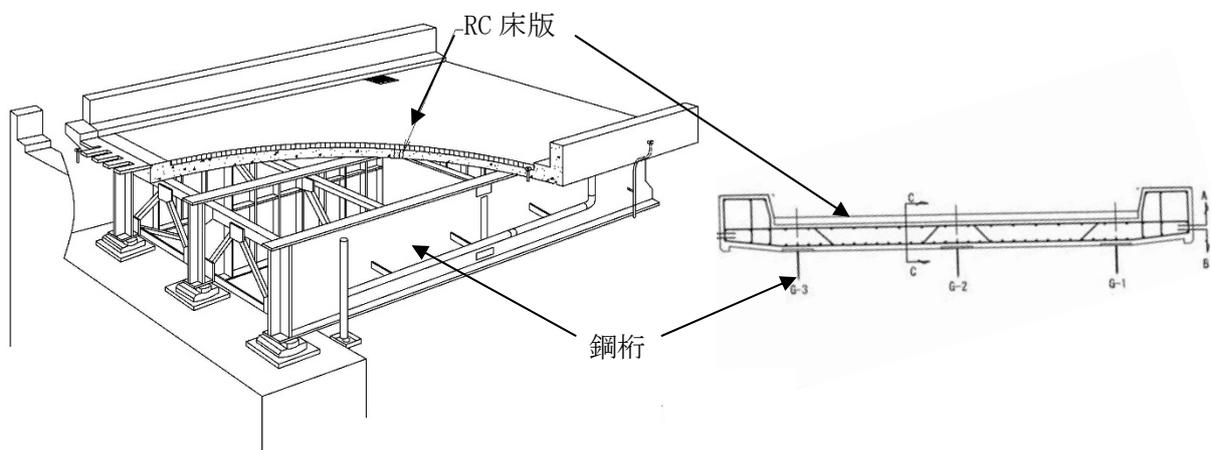


図 5.7 RC床版の箇所と構造

(2) 合成桁・非合成桁

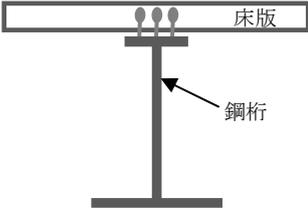
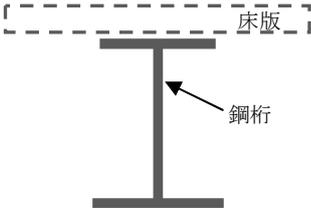
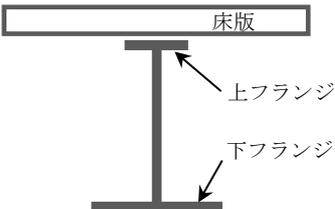
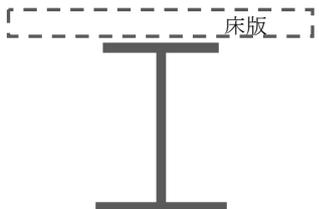
鋼道路橋として一般的に採用される鋼桁橋には「非合成桁」と「合成桁」に大別される。桁に掛かる荷重としては死荷重（自重など）と活荷重（自動車荷重など）が挙げられ、これらの荷重が桁に作用する。

「非合成桁」は全ての荷重を鋼桁のみで抵抗する構造であり、桁やフランジの断面は大きい傾向にある。「合成桁」は鉄筋コンクリート床版と鋼桁をずれ止めで結合し、両者が一体となって荷重に抵抗する構造である。これは圧縮に強いコンクリートを圧縮側に、引張に強い鋼材を引張側に使用することにより、桁高を低く設計でき鋼重も軽減できることから、経済性にも優れている。また、鋼桁の上部に生じる応力を上フランジと鉄筋コンクリートで受け持つため、上フランジは下フランジよりも断面が小さい傾向にある。

「合成桁」では床版が主桁の一部として機能しているため、床版の打替えや撤去の際に各々の荷重状態と抵抗する断面を検討し、段階ごとに安全性を照査することが必要になる場合がある。

表 5.1 に「合成桁」と「非合成桁」の特徴をまとめた。

表 5.1 合成桁および非合成桁の特徴

	合 成 桁	非 合 成 桁
構造の 考え方	<p>床版コンクリートが固まる前は、以下の①と②の方法で死荷重に抵抗する。床版コンクリートが固まった後は床版と鋼桁が一体となった主桁として活荷重に抵抗する。</p> <p>① 主桁剛性のみで死荷重に抵抗する（活荷重合成桁）</p> <p>② ベント等で主桁を支え死荷重に抵抗する（死活荷重合成桁）</p> 	<p>床版コンクリートを含め、すべての荷重に対し鋼桁剛性のみで抵抗する。したがって、床版コンクリートは鋼桁にとって死荷重扱いとなるだけで活荷重に対して抵抗しない。</p> 
	<p>死活荷重合成桁の場合、床版コンクリートの自重に対しても床版と鋼桁の合成断面で抵抗しているため、床版と鋼桁が分離される床版解体時など、鋼桁応力超過に留意する必要がある。</p>	<p>床版コンクリートが固まった後も、鋼桁の剛性のみで抵抗する構造。したがって、床版と鋼桁を分離しても鋼桁応力は十分確保されている。</p>
現場で見る 構造特徴		
	<p>上フランジ幅は下フランジ幅に比べ小さい。ただし、H型鋼を使用した合成H桁橋などもあるため留意が必要。</p>	<p>上フランジ幅は下フランジ幅と同程度。</p>

5.3.2 床版基準の変遷

RC床版の設計基準は、大正15年の道路構造に関する細則からはじまり、種々の変更がなされ現在に至っている。その変遷を表5.2に示す¹⁾。

床版基準の変遷としては、最小床版厚、使用材料の許容値、設計曲げモーメント、配筋筋の配筋方法などの主なものがあり、基準が変更となるにしたがって、耐荷力が増加してきている。

特に基準の変遷の中で、昭和42年に配筋筋の鉄筋量が3倍になったこと、昭和46年に連続版の曲げモーメント算出式が更新されたこと、平成5年に設計荷重がB活荷重となったことが、床版の耐荷力を比較的大きく伸ばしている。

現存する橋梁数は、経過年とともに架け替えられており橋梁数が少ないが、昭和39年以前の基準で施工された橋梁床版については、現在の床版に比べ耐荷力が小さいことから、損傷が進行しやすく留意が必要である。

また、床版の損傷進行に大きく影響を与えるものとして、防水層設置の有無がある。床版に雨水などの橋面水が介在すると、床版ひび割れ箇所を擦り磨きが生じて損傷進行が急激になることが一般に知られている。

床版の防水層は、平成7年に全面防水施工が規定されるまで、床版端部や連続桁で負の曲げモーメントが生じる区間のみを設置されている時代があり、平成7年以前に施工された橋梁においては、防水層が設置されていないことが多く（補修時に全面防水が施工されている場合有り）、防水層の設置されていない橋梁については、床版損傷の進行に留意が必要である。

表 5.2 道路橋示方書における RC 床版規定の変遷

規格、示方書等の名称	制定年月	最小床版厚 (cm)	許容応力度 (kgf/cm ²)		連続版の曲げモーメント算定式と設計軸荷重 (P: 軸荷重, L: 床版支間, i: 衝撃係数)	防水層
			鉄筋	コンクリート		
道路構造に関する細則	大正 15 年 6 月	規定なし	1200	45	$M = \frac{P(L-b/2)}{4} (1+i)$ $i = 20 / (60+L) \leq 0.3$	1 等橋 P=4.5 t
鋼道路橋設計示方書案	昭和 14 年 2 月		1200	45 $\sigma_{28} / \beta \leq 65$	$M = \frac{P(L-b/2)}{4} (1+i)$ $i = 20 / (50+L)$	1 等橋 P=5.2 t
鋼道路橋設計示方書	昭和 31 年 6 月	全厚: 14 (有効高: 11)	1400	$\sigma_{28} / \beta \leq 70$ $\sigma_{28} \geq 160$	$M = \frac{0.4P(L-1)}{L+0.4} (1+i)$ $i = 20 / (50+L)$ 配力鉄筋: 主鉄筋の 25% 以上	1 等橋 P=8.0 t 2 ≤ L ≤ 4 m
鋼道路橋設計示方書	昭和 39 年 6 月		1400 (SS41)			
建設省道路局長通達	昭和 42 年 9 月		1600 (SS50) 1800 (SSD49)			
鋼道路橋床版の設計に関する暫定基準案	昭和 43 年 5 月		1400	$\sigma_{28} / \beta \leq 80$ $\sigma_{28} \geq 180$	$M = \frac{0.4P(L-1)}{L+0.4} (1+i)$ $i = 20 / (50+L)$ 配力鉄筋: 主鉄筋の 75% 以上	
建設省道路局長通達	昭和 46 年 3 月		1400 (SD24, SD30)			
鋼道路橋設計示方書	昭和 48 年 2 月			$\sigma_{28} / \beta \leq 100$ $\sigma_{28} \geq 210$	主鉄筋: $M = 0.8(0.12L + 0.07)P$ 配力鉄筋: $M = 0.8(0.10L + 0.04)P$ (衝撃を含む算定式)	1 等橋 P=8.0 t, L ≤ 4 m 大型車計画交通量 1000 台超のとき P=9.6 t に動増し
建設省道路局長通達	昭和 53 年 4 月					
道路橋示方書	昭和 55 年 2 月					
道路橋示方書	平成 2 年 2 月	$d_0 = 3L + 11 \geq 16$				
建設省都市局・道路局通達	平成 5 年 3 月	$d = k_1 k_2 d_0$ k_1 : 交通量係数 k_2 : 付加モーメント係数	≤ 1200	$\sigma_{28} / \beta \leq 100$ $\sigma_{28} \geq 240$	主鉄筋: $M = 0.8\alpha(0.12L + 0.07)P$ 配力鉄筋: $M = 0.8\alpha(0.10L + 0.04)P$ $\alpha = 1 + (L - 2.5) / 12$ α : L ≥ 2.5 に対する動増し係数 (衝撃を含む算定式)	B 活荷重 P=10.0 t L ≤ 4 m
道路橋示方書	平成 6 年 2 月					車道部: 全面防水 歩道部: マウント アツプ以外全面防水
北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針	平成 7 年					
道路橋示方書	平成 8 年 2 月 ～平成 24 年 3 月					

※北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(S844)案では、「連続桁の中間支点などのようにコンクリート床版に引張クラックが発生するおそれのあるような部分には、防水工を設けるのが望ましい。」との記載があるが、詳細な範囲や防水工の材質などについては不明である。

【参考文献】

- 1) 「道路橋床版 設計・施工と維持管理」(森北出版) 松井繁之著を参考に加筆

5.4 札幌開発建設部管内 155 橋の傾向分析

5.4.1 傾向分析の目的と概要

北海道開発局が管理する鋼橋の RC 床版ひび割れ発生実態から、損傷発生とその要因についての関連性を把握する目的で、過年度橋梁定期点検調査の「床版ひび割れ」に着目し、札幌開発建設部管内の 155 橋について傾向分析を行った。なお、155 橋の抽出については、直近の橋梁定期点検結果で「床版ひび割れ」の損傷(b)以上を有する橋梁とし、海岸線、内陸部、山岳部、建設年次などを参考に偏りが無いよう任意に選出した。分析で用いた橋梁情報（分析ファクター）を以下に示す。

<橋梁諸元>

- ①橋梁形式（鉄桁、箱桁など）、②供用開始年、③適用示方書年、④床版厚

<諸元以外の付加情報>

- ①床版パネルの位置（端部と中間）、②輪荷重載荷位置、③交通量、④車線数、⑤塩分地域指数、⑥沿道状況指数、⑦上下線分類、⑧防水層分類、⑨陸橋 or 河川橋、⑩気象データ（気温・積雪）、⑪水がたまりやすいパネル

以下に傾向分析を実施した 155 橋の架橋位置と適用示方書の分布を示す。

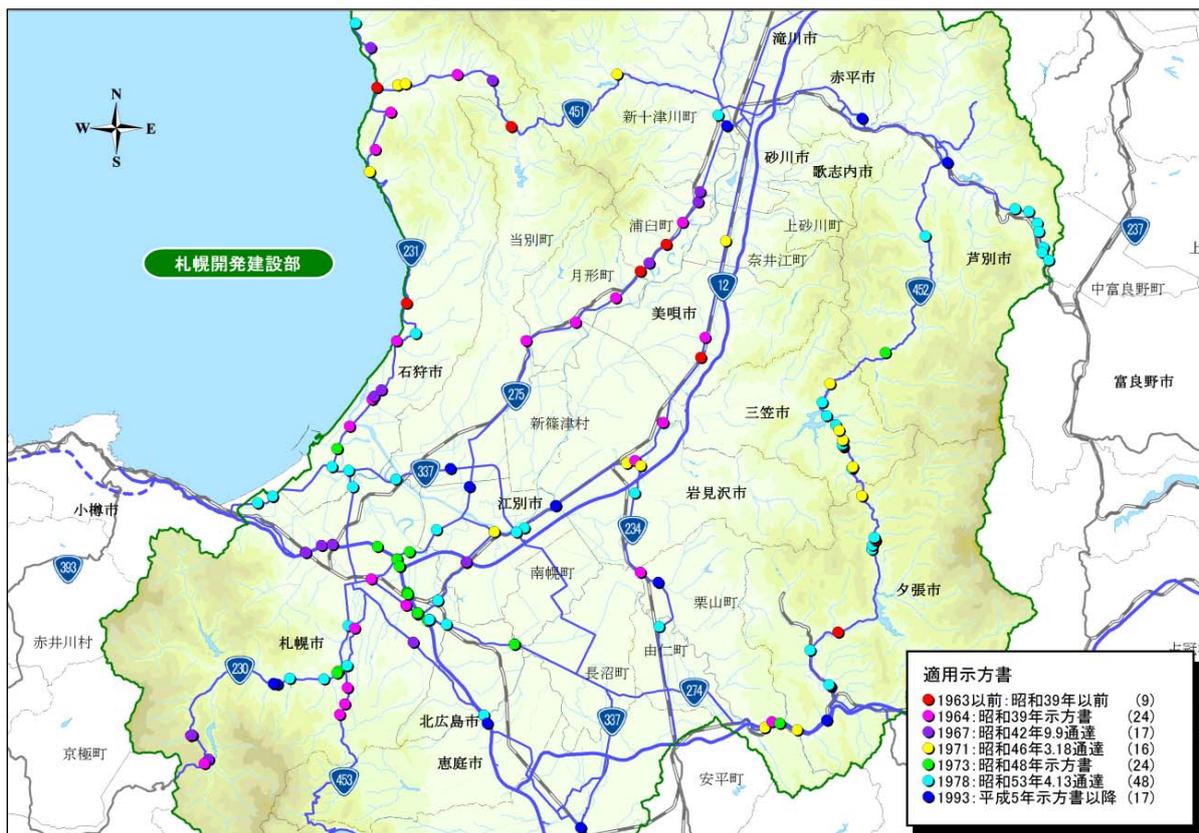


図 5.8 分析を実施した 155 橋の架橋位置と適用示方書年

155 橋の全床版パネル数は 15,028 パネルで、年代毎・部位毎の分布は図 5.9 に示す通りである。この内、今回の分析は輪荷重載荷する一般部（図 5.10）の 10,464 パネルを対象に分析した。これは「床版ひび割れ」の発生・進展に輪荷重の載荷が大きく影響すると考えられるためである。また、図 5.11 に床版ひび割れにおける損傷ランクを示すが、傾向分析では「損傷(c)」以降を損傷対

象として考察することとした。これは格子状（二方向）ひび割れが生じ、損傷が加速的に進展する時期に該当するためである。

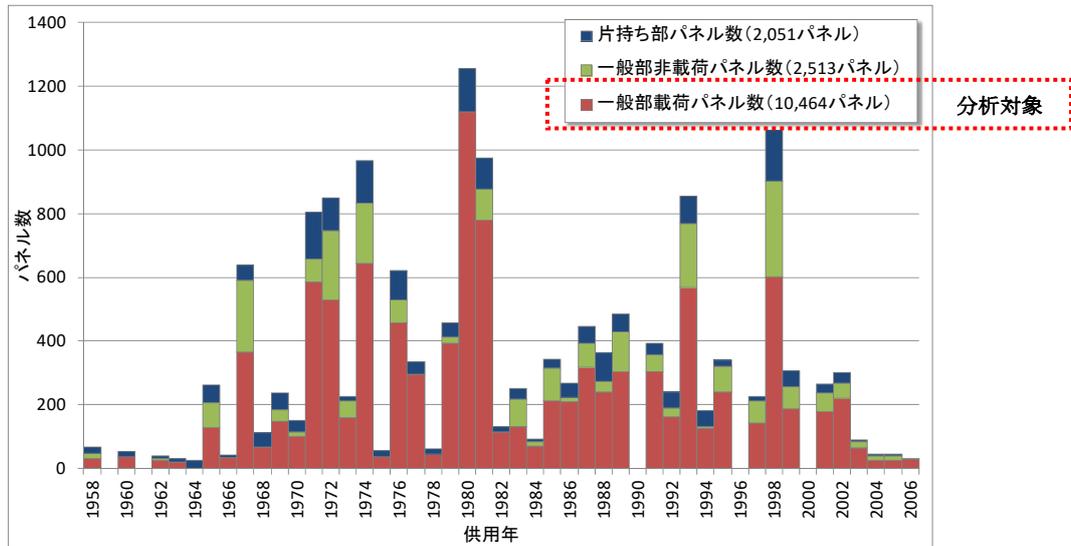


図 5.9 155 橋における 15028 パネルの年代分布

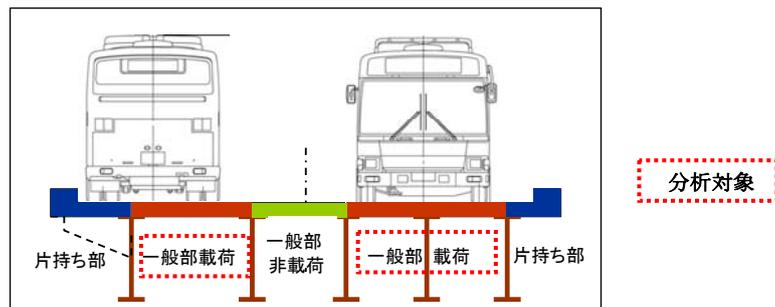


図 5.10 パネルの名称

潜伏期		損傷ランク (a) D=1.0m以上 W=0.05mm以下	乾燥収縮や輪荷重載荷により幅員方向にひび割れが数本確認できる
進展期		損傷ランク (b) D=0.5~1.0m W=0.1mm	直角方向ひび割れの進展、橋軸方向ひび割れも数本確認できる(梁状化の始まり)
加速期		損傷ランク (c) D=0.50m 格子 W=0.2mm	ひび割れが格子状に進展、ひび割れ面のこすれ、ひび割れの開閉、段差、角落ちが見られる
劣化期		損傷ランク (d) D=0.5m~0.2m W=0.2mm以上 一部角落	ひび割れが貫通し、梁状化が顕著になり、ひび割れ幅の増加、ひび割れの段差、角落ちの進展、かぶりコンクリートの浮きが見られる
末期		損傷ランク (e) D=0.2m以下 W=0.2mm以上 角落	ひび割れ間隔が0.2m以下で、連続的な角落ちが見られる

図 5.11 床版ひび割れの損傷評価区分

5.4.2 床版曲げ耐力による分析

対象となる床版パネルの構造的な特性を総括する指標として、「曲げ耐力」（床版鉄筋が降伏するときの曲げ耐力）を用いて分析を実施した。「曲げ耐力」は、床版厚・主桁間隔・鉄筋強度・コンクリート強度を基に算出する耐力であり、床版設計基準の変遷に伴う構造的な特性を包括する要因として扱うことが可能である。

なお、傾向分析においては、図 5.12 に示すよう「曲げ耐力」と「環境特性を示すデータ」（累積大型車交通量・輪荷重位置など）について関連性がないか分析を行った。

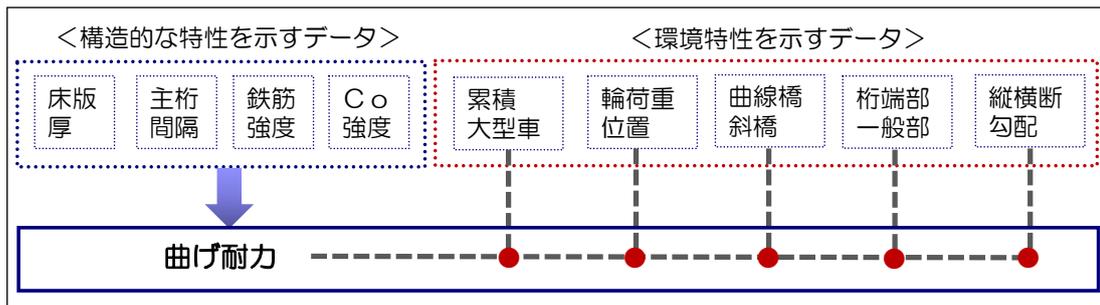


図 5.12 床版曲げ耐力による分析

(1) 曲げ耐力の算出式

曲げ耐力（Pr）は、床版曲げモーメント式から算出した。床版曲げモーメント式は適用基準年で異なっているため、次の2ケースで算出した。

「昭和 43 年 5 月鋼道路橋の床版設計に関する暫定基準（案）」以前

$$Pr = Mly \times \frac{(L + 0.4)}{0.4 \times (L - 1)}$$

「昭和 46 年 3 月鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について」以降

$$Pr = \frac{Mly}{0.8 \times (0.12L + 0.07)}$$

ここで、

Mly : 床版曲げ耐力（活荷重） Mly=My-Md

My : 床版曲げ耐力（鉄筋降伏曲げモーメント） My=Ks×σsy

Md : 死荷重曲げモーメント

Ks : 鉄筋の断面係数

σsy : 鉄筋の降伏応力

L : 床版支間

(2) 曲げ耐力の違いによる損傷傾向

算出した曲げ耐力を 100KN 単位でグループ化し、「床版ひび割れ」の損傷ランクを発生率で示した（図 5.13）。このグラフから曲げ耐力が 200KN 以下の場合、損傷 C（二方向ひび割れ）の発生率が高い傾向にあることが確認できた。また、曲げ耐力は設計基準の変遷と密接な関係が考えら

れることから、適用基準年と曲げ耐力の関係を図 5.14 にまとめた。それぞれの基準年で曲げ耐力にバラつきはあるものの、青点線で示したように曲げ耐力下限値が変化していることが確認でき、曲げ耐力 200kN 以下となる可能性は S46（昭和 46 年 3 月鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について）以前の橋梁が該当することが分かった。

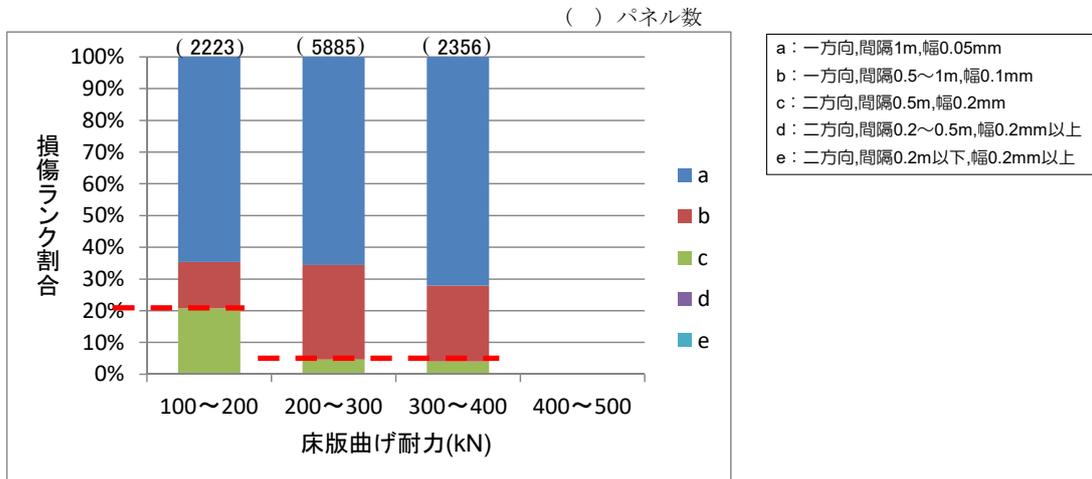


図 5.13 曲げ耐力ごとの損傷ランク分析

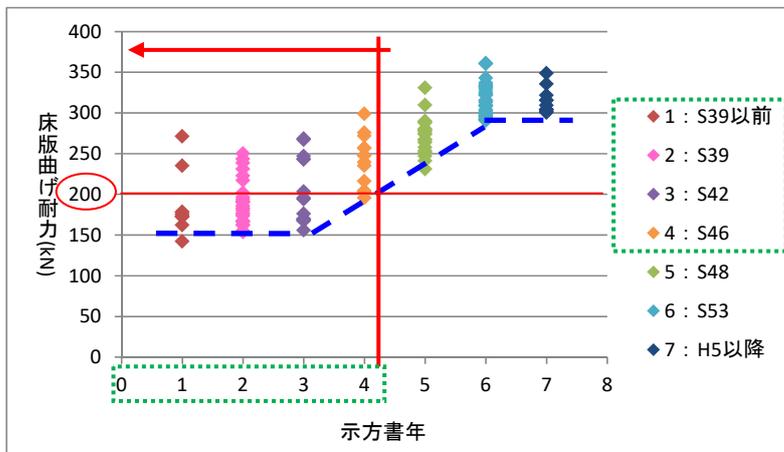


図 5.14 曲げ耐力と設計規準年

5.4.3 累計大型車交通量

大型車累積交通量（2百万台毎）の「床版ひび割れ」について、曲げ耐力を100KN単位でグループ化し、損傷ランクを発生率で示した（図5.15）。このグラフから、曲げ耐力が200KN未満で累積16百万台を超えると急激に損傷C（二方向ひび割れ）の発生率が高い傾向にあることが確認できた（図5.15①）。一方、曲げ耐力が200KN以上では交通量増大による影響は見受けられなかった（図5.15②）。

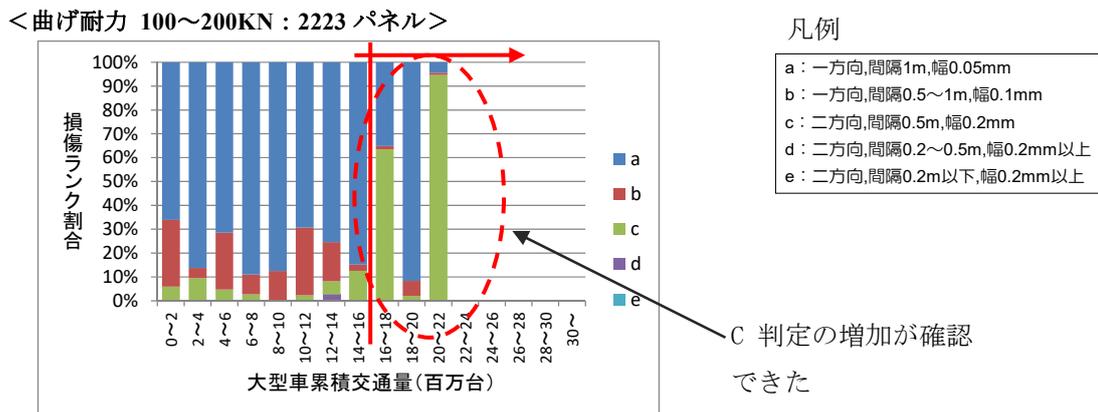


図 5.15① 曲げ耐力（200KN 未満）と累計大型車交通量の関係

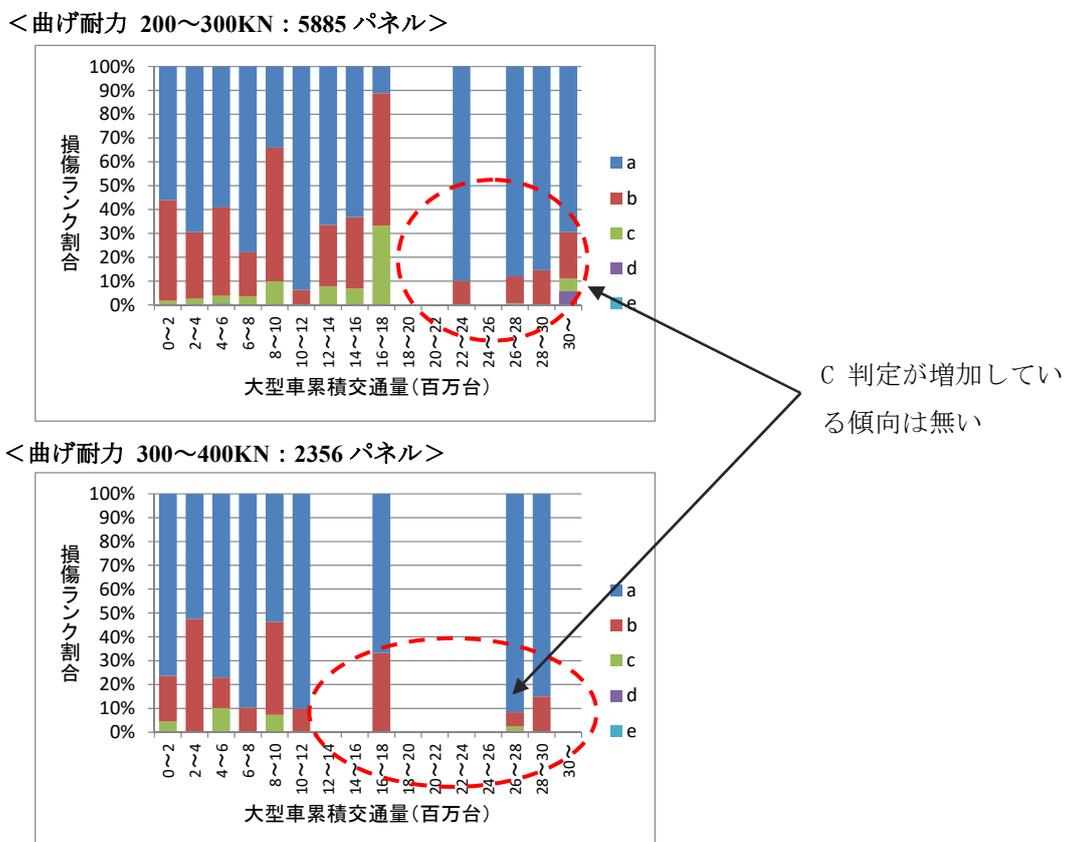
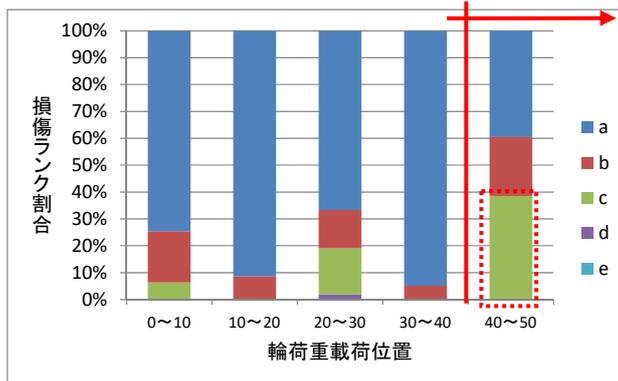


図 5.15② 曲げ耐力（200KN 以上）と累計大型車交通量の関係

5.4.4 輪荷重載荷位置

輪荷重載荷位置の違いによる「床版ひび割れ」について、曲げ耐力を 100kN 単位でグループ化し、損傷ランクを発生率で示した（図 5.16）。このグラフから、曲げ耐力が 200kN 未満で輪荷重が支間中央付近の 40%以上に損傷 C（二方向ひび割れ）の発生率が高い傾向にあることが確認できた（図 5.16①）。一方、曲げ耐力が 200kN 以上では輪荷重載荷位置による影響は見受けられなかった（図 5.16②）。なお、輪荷重載荷位置の概要を図 5.17 に示した。

<曲げ耐力 100~200kN : 2223 パネル>

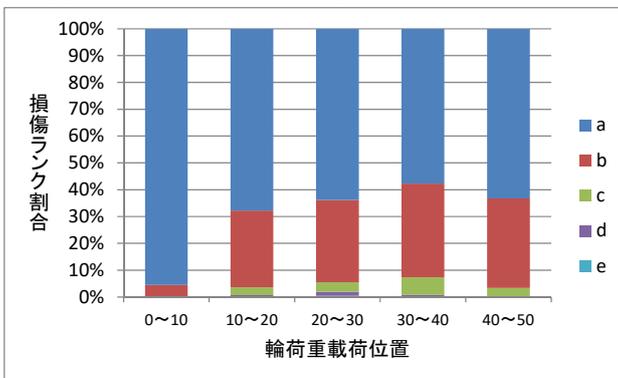


凡例

- a : 一方向, 間隔1m, 幅0.05mm
- b : 一方向, 間隔0.5~1m, 幅0.1mm
- c : 二方向, 間隔0.5m, 幅0.2mm
- d : 二方向, 間隔0.2~0.5m, 幅0.2mm以上
- e : 二方向, 間隔0.2m以下, 幅0.2mm以上

図 5.16① 曲げ耐力（200kN 未満）と輪荷重載荷位置の関係

<曲げ耐力 200~300kN : 5885 パネル>



<曲げ耐力 300~400kN : 2356 パネル>

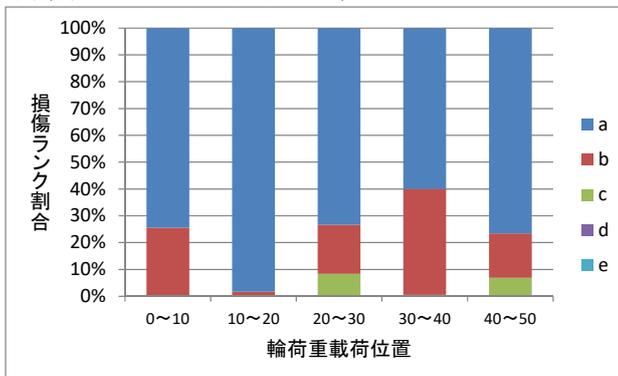


図 5.16② 曲げ耐力（200kN 以上）と輪荷重載荷位置の関係

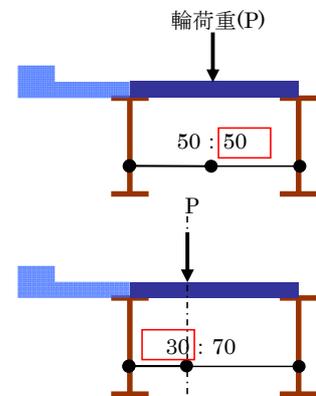


図 5.17 輪荷重載荷位置の考え方

5.4.5 曲線橋

曲線橋であることが直線橋と比べて「床版ひび割れ」の発生割合や損傷度合いが大きいかを確認するため、端部パネルおよび中間パネルについて比較を行った（図 5.18、図 5.19）。その結果、端部パネルと中間パネルのどちらも損傷 C（二方向ひび割れ）の発生率は直線橋も曲線橋も同程度であることが確認された（図 5.20①②）。但し、今回の分析は曲線橋のパネル数が少ない中での分析であることに留意し参照されたい（図 5.20③④）。

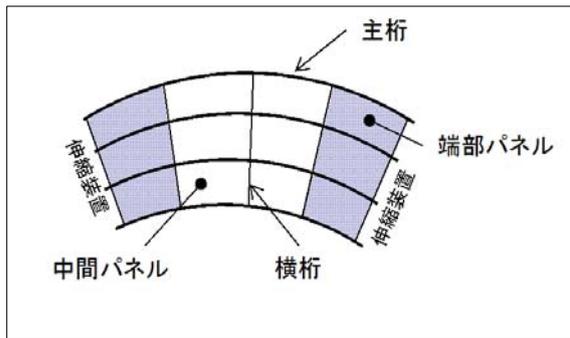


図 5.18 曲線橋の概念図

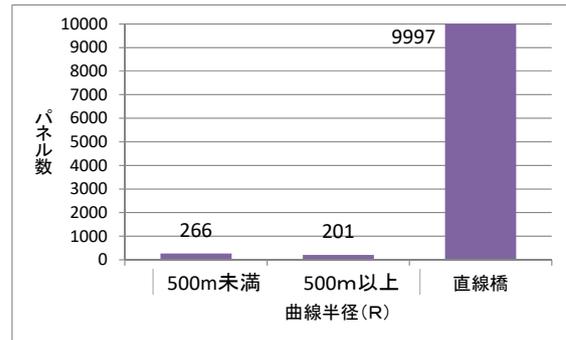


図 5.19 曲線半径のパネル数分布

凡例

- a：一方向,間隔1m,幅0.05mm
- b：一方向,間隔0.5~1m,幅0.1mm
- c：二方向,間隔0.5m,幅0.2mm
- d：二方向,間隔0.2~0.5m,幅0.2mm以上
- e：二方向,間隔0.2m以下,幅0.2mm以上

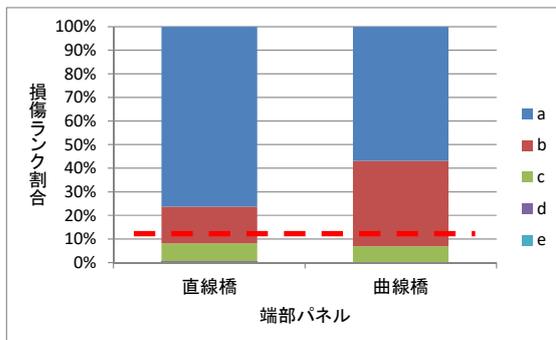


図 5.20① 端部パネルにおける損傷発生率

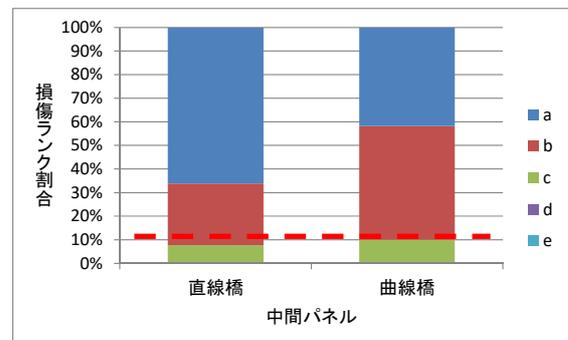


図 5.20② 中間パネルにおける損傷発生率

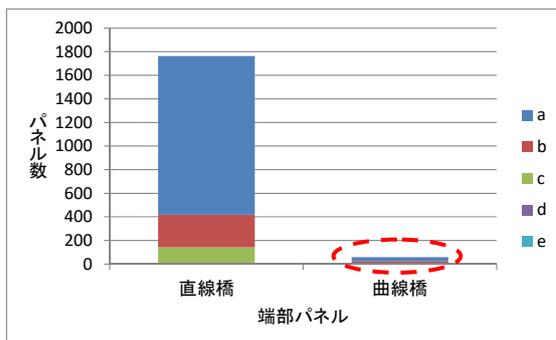


図 5.20③ 端部パネルにおける損傷発生数

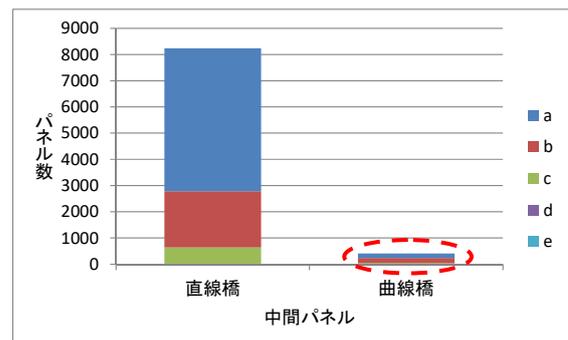


図 5.20④ 端部パネルにおける損傷発生数

5.4.6 斜橋

斜橋であることが直線橋と比べて「床版ひび割れ」の発生割合や損傷度合いが大きいかを確認するため、端部パネルおよび中間パネルについて比較を行った（図 5.21、図 5.22）。この結果、端部パネルと中間パネルのどちらも損傷 C（二方向ひび割れ）の発生率は斜橋に比べて直橋が多いことが確認され、斜橋要因がひび割れ発生と関連性が高くないことが確認できた。（図 5.23 ①②）。

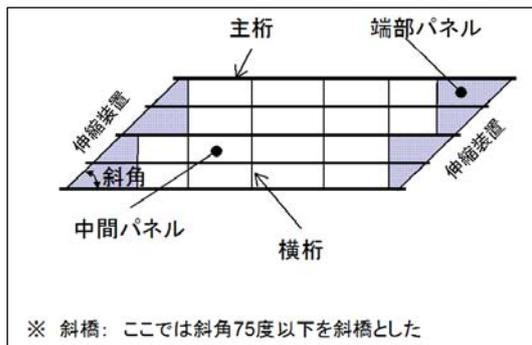


図 5.21 斜橋の概念図

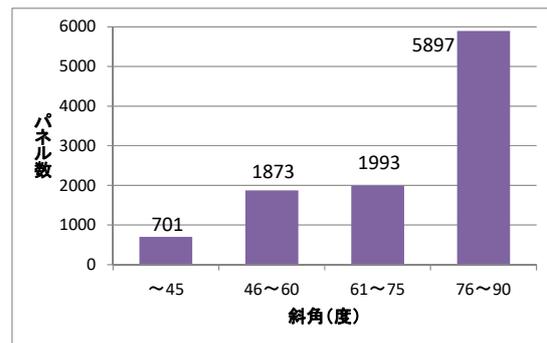


図 5.22 斜角のパネル数分布

- 凡例
- a：一方向,間隔1m,幅0.05mm
 - b：一方向,間隔0.5~1m,幅0.1mm
 - c：二方向,間隔0.5m,幅0.2mm
 - d：二方向,間隔0.2~0.5m,幅0.2mm以上
 - e：二方向,間隔0.2m以下,幅0.2mm以上

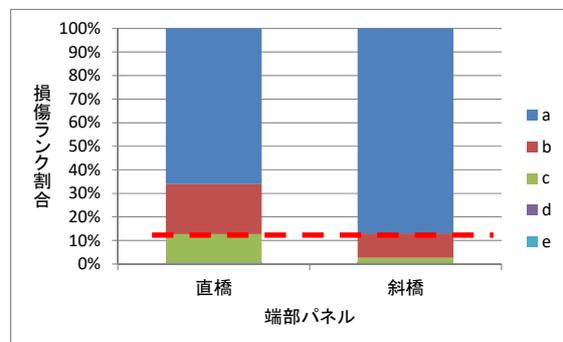
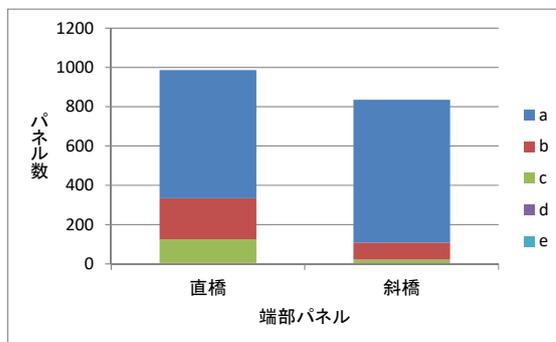


図 5.23① 端部パネルにおける直橋と斜橋の損傷比較（左：実数／右：発生率）

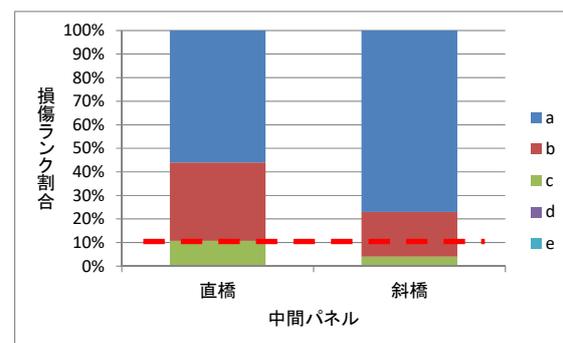
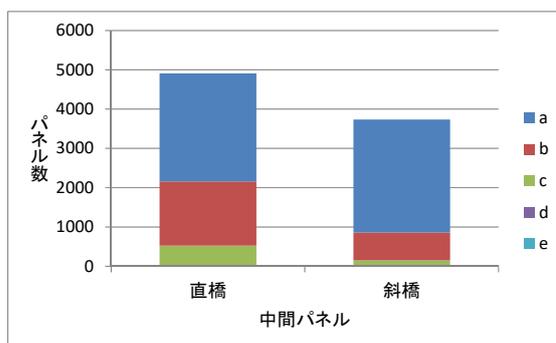


図 5.23② 中間パネルにおける直橋と斜橋の損傷比較（左：実数／右：発生率）

5.4.7 端部パネルと中間パネル

床版端部であることが中間部と比べて「床版ひび割れ」の発生割合や損傷度合いが大きいかを確認するため、端部パネルおよび中間パネルについて比較を行った（図 5.24）。このグラフから、端部パネルと一般パネルで損傷 C（二方向ひび割れ）の発生率は同程度であることが確認された（図 5.24）。

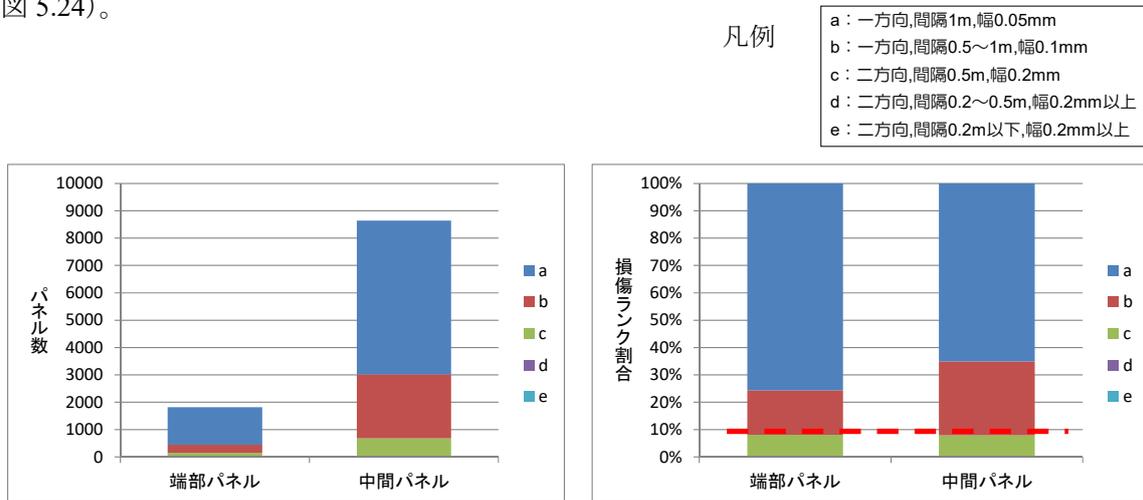


図 5.24 端部パネルと中間パネルの違いによる損傷傾向 (左：実数／右：発生率)

5.4.8 路面の滞水

縦断勾配や横断勾配が低く道路線形上、水の溜まり易いことが一般部と比べて「床版ひび割れ」の発生割合や損傷度合いが大きいかを確認するため、水の溜まり易いパネルと一般のパネルの比較を行った。この結果、水の溜まり易いパネルの損傷 C（二方向ひび割れ）の発生率が高いことが確認された（図 5.25）。

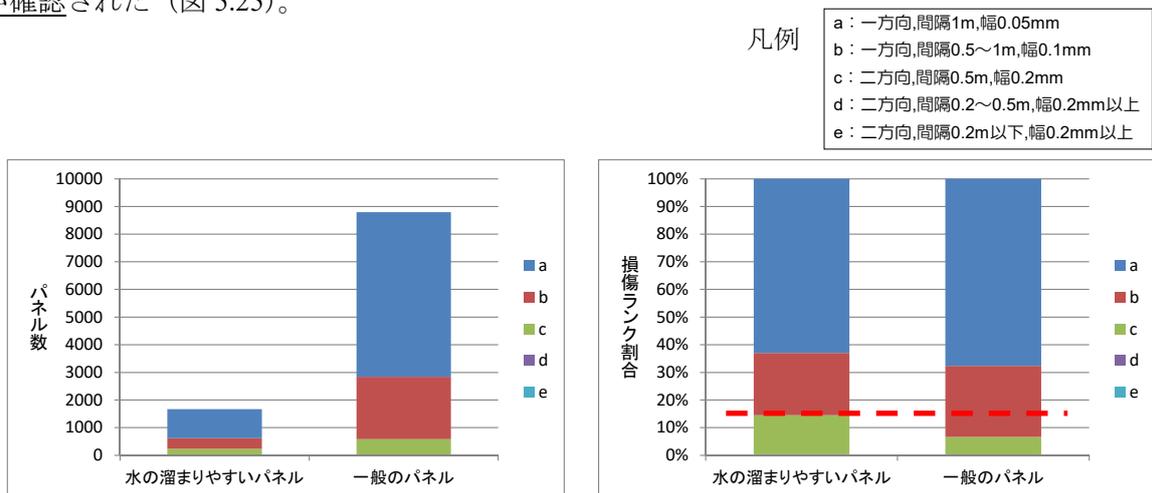


図 5.25 路面滞水個所の損傷傾向 (左：実数／右：発生率)

5.4.9 凍結防止剤

凍結防止剤の散布量が多いほど、ひび割れ箇所へ塩分が供給され、鉄筋の腐食・膨張などによる遊離石灰・さび汁の発生および損傷 C（二方向ひび割れ）の発生が多くなると推察できるものの、路線ごと橋梁ごとの散布状況は不明であり、今回の検討での分析は対象外とした。

5.4.10 防水層

防水層が未設置の場合、ひび割れ箇所へ水が浸入し、さらに北海道のような積雪寒冷地では凍結融解によりひび割れの進行速度が速まり、損傷 C（二方向ひび割れ）の発生は多くなると推察できる。新設橋での設置基準は「道路管理技術委員会活動報告（その4）（平成19年度～21年度）道路構造物工事仕様の変遷」に示されており、架橋年次での設置状況は推測できる。一方、舗装補修により、防水層は更新されるため、橋梁ごとの正確な設置状況の把握は困難であり、今回の検討での分析は対象外とした。

5.4.11 現場確認で見受けられた損傷

前節までは橋梁定期点検データを基に、考えられる損傷要因について分析を行った。一方、本節では「現地確認」を行うことで、上記損傷の目視による状況確認、さらには点検項目では抽出しにくい損傷要因がないか、図5.26に示す3橋について調査した。

最初は①R275 雁来大橋の P15～P16 について行き、そこから推測した知見として次を得た。

- ・交差点の信号待ちによる車両の滞留により損傷が多い
- ・中央分離帯側の舗装端部からの水の浸入・滞水により損傷が多い
- ・損傷が多いと考えられる床版端部、横断勾配が低く滞水の可能性のある歩車道境界の損傷は少ない

その後、これらの知見を確認するため、①R275 雁来大橋の P5～P7、②R275 黄白内橋、③R274 千歳川橋を追加し調査した。



図 5.26 現地確認を実施した橋梁

(1) 国道 275 号雁来大橋

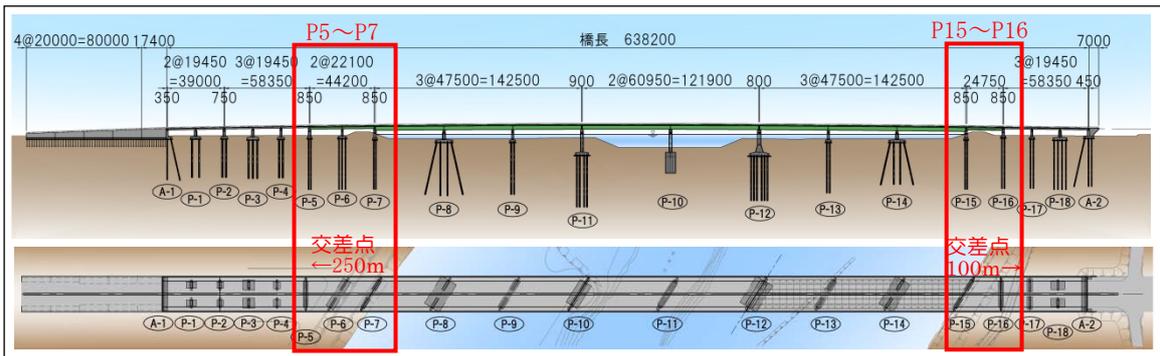


図 5.27 雁来大橋

【調査個所の特徴】

- 一般概要図を図 5.27 に示す
- 1980 年（昭和 55 年）供用 2 径間連続合成鈹桁、単純合成鈹桁
- 調査径間において、「健全なパネル」「損傷ランク b（一方向ひび割れ）」「損傷ランク c（二方向ひび割れ）」のパネルが混在し、損傷度合いに応じた考察ができる。
- P6,P7,P15 の橋脚位置では斜角（約 60 度）を有している。
- 交通量が 32,000 台/24 時間と多い。大型車混入率は 16.5%。
- 当初対象とした橋梁区間（P15～P16）の床版ひび割れに着目した過年度橋梁点検結果を図 5.28 に示す。

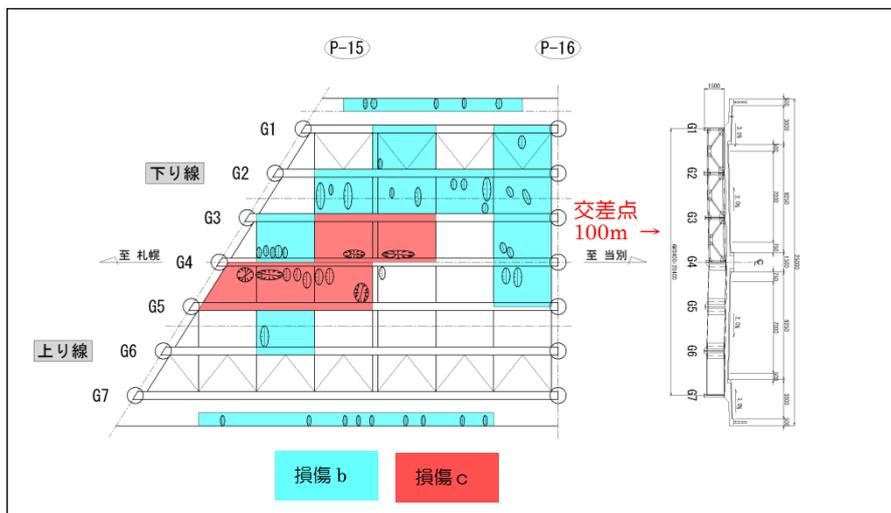


図 5.28 雁来大橋（P15～P16）の床版ひび割れ状況

【損傷の傾向と考察】

- ① 損傷（b 損傷を含む）は下り線側に多く発生している。要因として、終点側に交差点があり、下り線は3車線で信号待ちによる車両の滞留が多く（写真 5.1）、これにより損傷が発生すると推察した。一方、上り線は2車線で交差点から離れる方向であり、滞留はなく損傷も少ない。

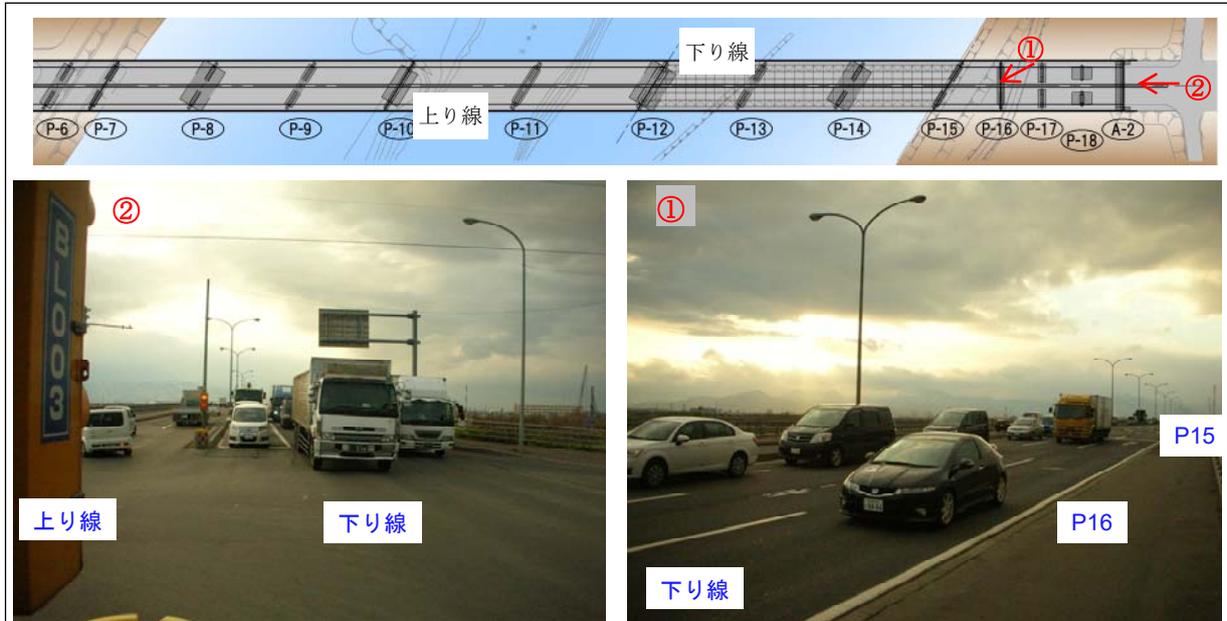


写真 5.1 終点側より起点側を望む 下り線の状況 P15～P16 に滞留

- ② 損傷度合いの大きい損傷 c（二方向ひび割れ）は中央分離帯下の G4 桁周辺に多く発生している。要因として、中央分離帯側の舗装端部からの水の浸入（図 5.29）により損傷が発生したと推察した。

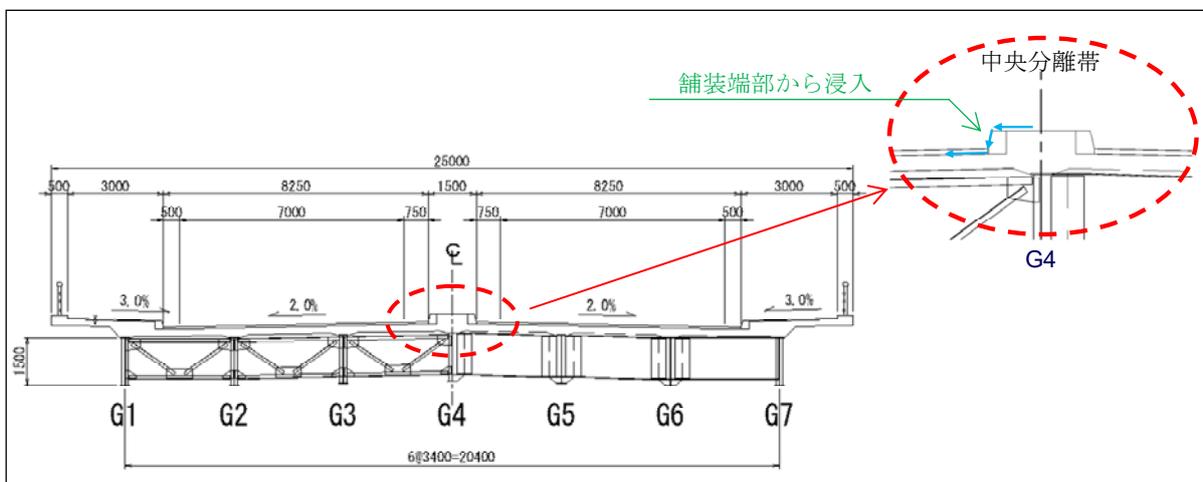


図 5.29 中央分離帯における水の浸入イメージ

- ③ 損傷が多いと考えられる桁端部の損傷は少なかった。要因として、端部は打ち下ろしにより、床版が厚くなっている（図 5.30）ためと推察した。

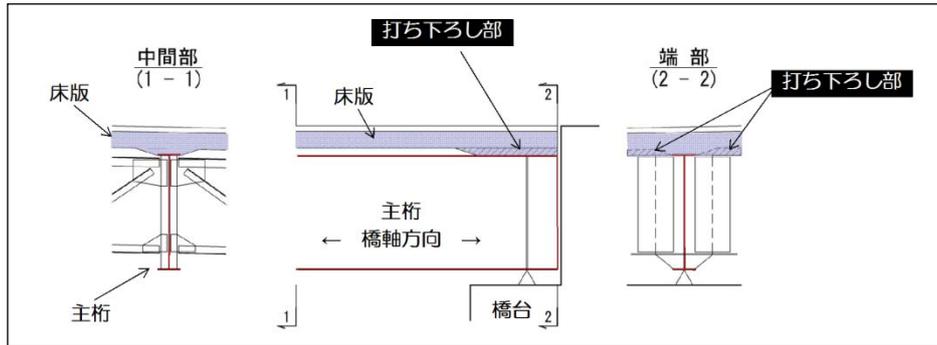


図 5.30 床版端部の打ち下ろしイメージ

- ④ 損傷が多いと考えられる横断勾配の低く水の溜まりやすい歩車道境界（G1 と G2、G6 と G7）の損傷は少なかった。要因として、歩道と車道の床版重ね合わせにより、床版厚が厚いこと（図 5.31）、歩車道境界の排水枳が機能し滞水がない（写真 5.2）ことが推察される。

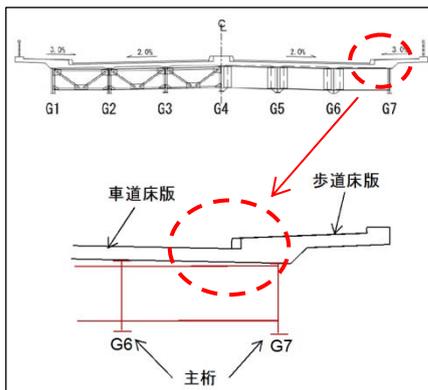


図 5.31 床版の重ね合わせ



写真 5.2 歩車道境界の排水枳

次に、橋梁区間（P5～P7）の床版ひび割れに着目した過年度橋梁点検結果を図 5.32 に示す。

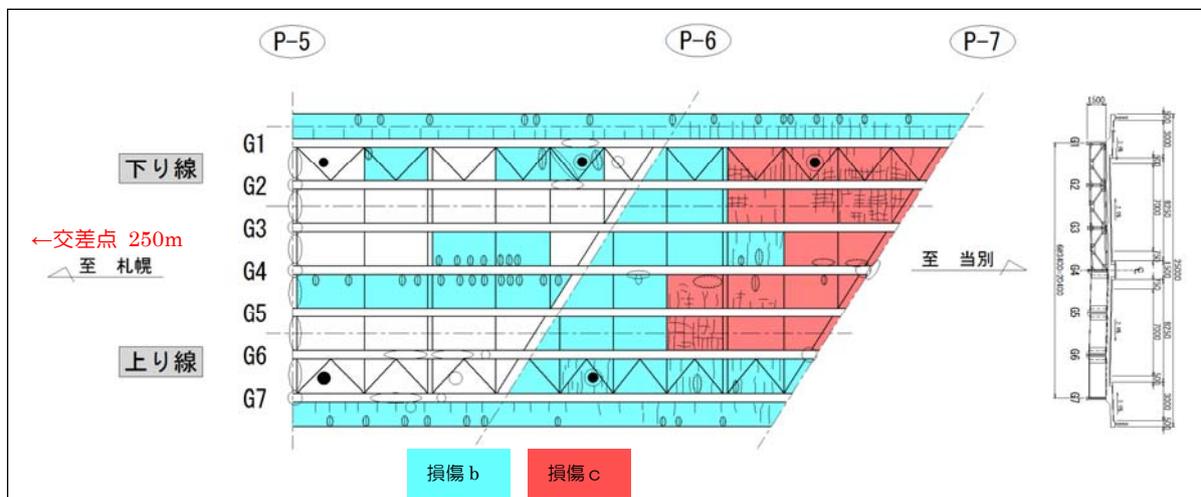


図 5.32 雁来大橋（P5～P7）床版ひび割れ状況

【損傷の傾向と考察】

- ① 損傷は下り線と上り線で発生程度の差はなく、交差点滞留による影響は見られなかった。また、交差点に近い P5～P6 径間の方が損傷発生は少ない傾向にあった。前述の P15～P16 の結果と異なる傾向となり、床版ひび割れと交差点滞留の関係が少ないと再考察した。
- ② 損傷 c（二方向ひび割れ）は斜角で端部の P7 側に多い。ひび割れ発生要因として、斜角と端部のどちらが支配的な要因かは不明であるが、点検では注意して確認するポイントであることを認識した。
- ③ 中央分離帯下の G4 桁周辺に損傷が多い。要因として、中央分離帯側の舗装端部からの水の浸入が推察される（P15～P16 と同じ傾向）。
- ④ 損傷の多いと考えられる横断勾配の低く水の溜まりやすい歩車道境界（G1 と G2、G6 と G7）の損傷は少なかった。要因として、歩道と車道の床版重ね合わせにより、床版厚が厚い（P15～P16 と同じ傾向）こと、歩車道境界の排水枒が機能し滞水がない（P15～P16 と同じ傾向）ことが推察される。

(2) 国道 275 号 黄臼内橋

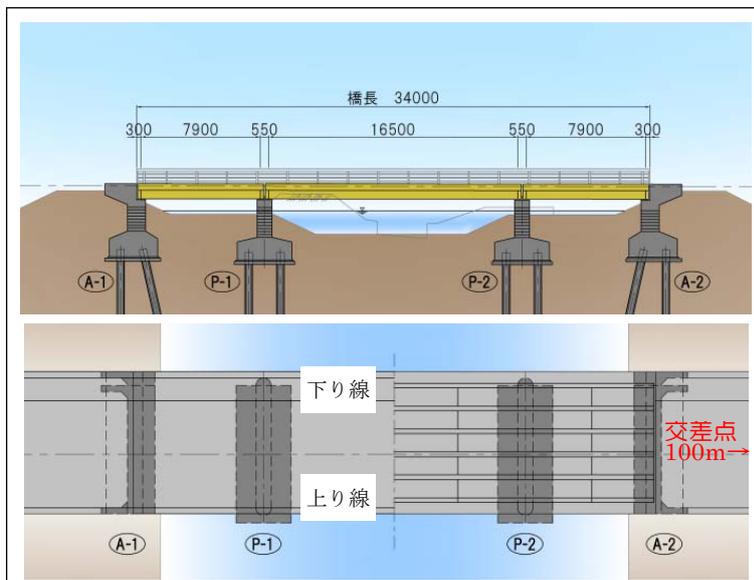


図 5.33 黄臼内橋



A1



写真 5.3 状況写真

【調査箇所の特徴】

- 橋梁一般概要図を図 5.33 に、周辺状況を写真 5.3 に示す
- 1965 年（昭和 40 年）供用 50 年経過 単純合成 H 桁（3 連） 床版厚:160mm
- 「損傷ランク c（二方向ひび割れ）」が比較的多く、損傷し易い特徴の考察ができる。
- 桁下に入れ、床版下面を近接目視が可能である。
- 交通量が 6,300 台/24 時間、大型車混入率 31.9%と高い。（写真 5.3 下）
- 床版ひび割れに着目した過年度橋梁点検結果を図 5.34 に示す。

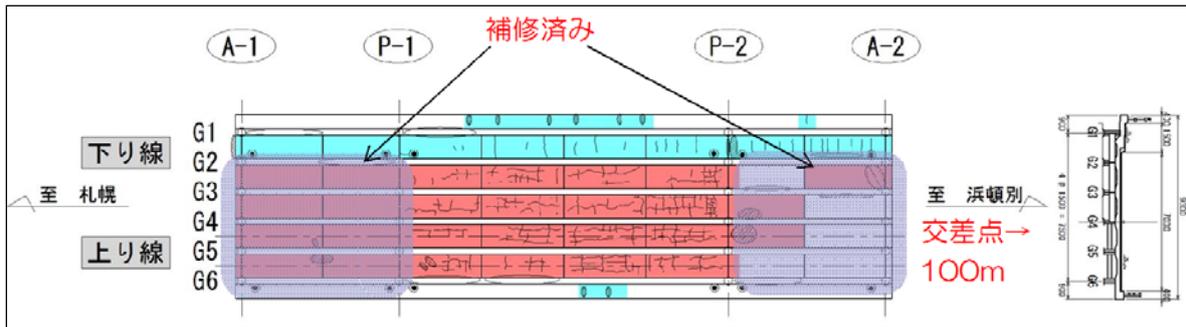


図 5.34 黄白内橋 損傷図

【損傷の傾向と考察】

- ① 上下線で床版ひび割れ発生状況の差は見られず、交差点に近い P2～A2 の損傷が少なかった。したがって、交差点滞留の影響は少ない（R275 雁来大橋 P15～P16 と違う傾向、P5～P6 と同じ傾向）ことを再確認した。
- ② 損傷 c（二方向ひび割れ）は水の溜まり易いパネルに限らず、桁端部を含めた車道部全体に発生している。要因として、本橋は架橋年次が古く床版厚が薄いことから曲げ耐力が小さく、輪荷重の影響が大きいことが推察される。

(3) 国道 274 号 千歳川橋 P3～A2

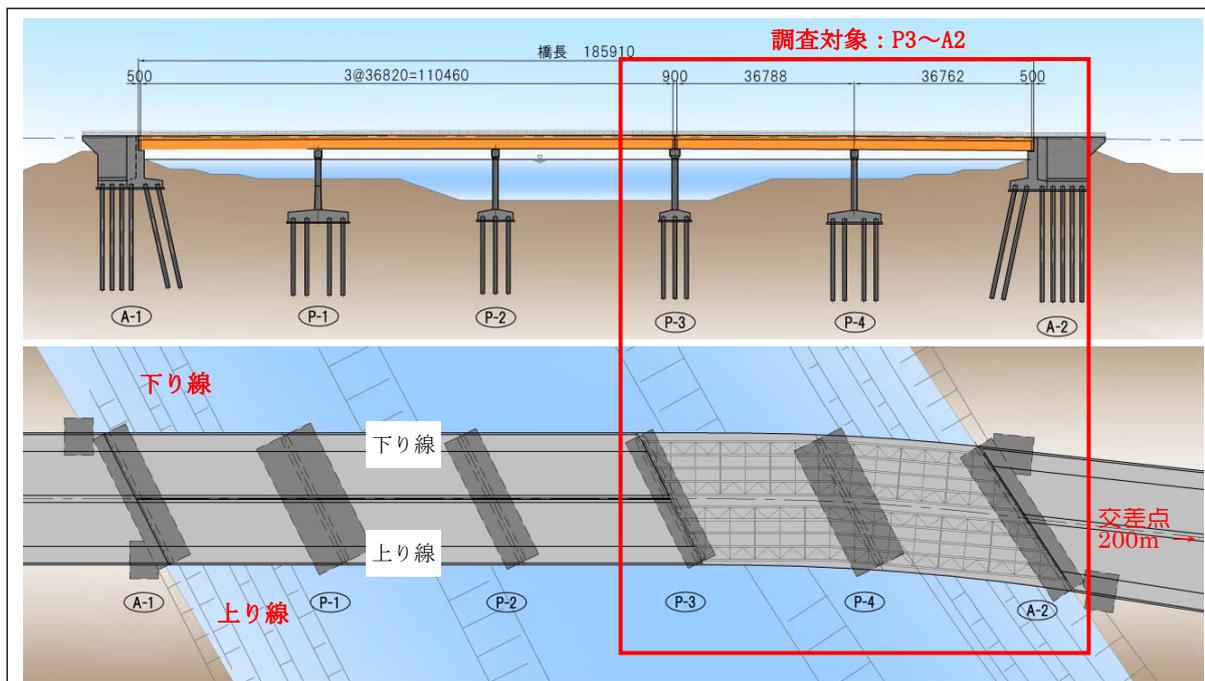


図 5.35 千歳川橋



写真 5.4 下り線状況写真



写真 5.5 上り線状況写真

【調査箇所の特徴】

- 橋梁一般概要図を図 5.35 に、状況写真を写真 5.4、写真 5.5 に示す
- 上り 1981 年（昭和 56 年）供用 34 年経過 2 径間連続鋼鈑桁 床版厚:200mm
下り 1989 年（平成元年）供用 26 年経過 2 径間連続鋼鈑桁 床版厚:220mm
- 調査径間において、「健全なパネル」「損傷ランク b（一方向ひび割れ）」「損傷ランク c（二方向ひび割れ）」のパネルが混在している。
- P3,P4,A2 の橋脚橋台位置では斜角（約 60 度）を有している。
- 交通量が 9,000 台/24 時間、大型車混入率 21.3%。
- 床版ひび割れに着目した過年度橋梁点検結果を図 5.36 に示す。

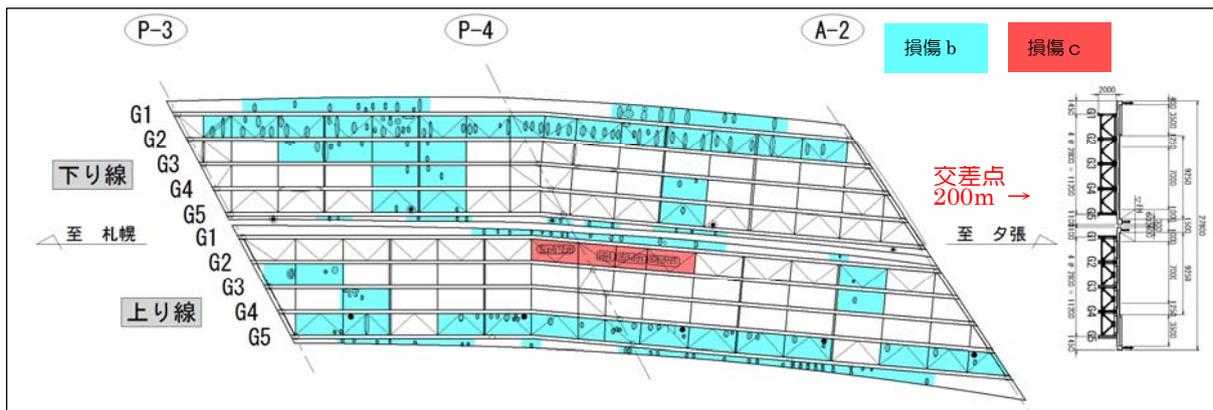


図 5.36 千歳川橋 P3～A2 損傷状況

【損傷の傾向と考察】

- ① 損傷は下り線と上り線で発生程度の差はなく、交差点滞留による影響は見られなかった。
- ② 斜角を有する桁端部での P3 と A2 付近の損傷は少ない。要因として、端部は打ち下ろしにより、床版が厚くなっていることが推察される。
- ③ 上り線 P4 の中央分離帯下の G1～G2 桁周辺に損傷 c（二方向ひび割れ）が多い。また、舗装には補修パッチ跡がある（写真 5.6）。要因として、中央分離帯側の舗装端部からの水の浸入と推察される。
- ④ 損傷の多いと考えられる横断勾配の低く水の溜まりやすい歩車道境界（下り線 G1 と G2、上り線 G4 と G5）の損傷 b（一方向ひび割れ）が多い。要因として、歩車道境界の排水柵は機能し滞水がなく、また、輪荷重がかからない位置であることに加えて、車道と同じ床版厚を確保しており、耐荷力不足や荷重による損傷ではないため、建設当初からの乾燥ひび割れと推察される。



写真 5.6 上り線の舗装補修跡

(4) 現場確認で見受けられた損傷のまとめ

現地調査を実施した3橋4箇所について得た知見を表 5.3 に示す。また、これらから得られた床版ひび割れの要因について以下に記す。

表 5.3 実橋で確認した床版ひび割れの要因一覧

	交差点滞留	桁端部	中央分離帯水浸入
雁来大橋(P15～P16)	○	×	○
雁来大橋(P5～P7)	×	△	○
黄白内橋(A1～A2)	×	○	---
千歳川橋(P3～A2)	×	×	○

凡例 ○：影響を強く受ける。 損傷が多い
 △：影響を受ける。 損傷が中位
 ×：影響を受けない。 損傷が少ない

①交差点による滞留の影響

雁来大橋（P15～P16）のように、橋梁上に右折車線を有し、大型車が頻繁に滞留するような場合、一般部に比べ床版に損傷が発生するケースがある。ただし、交差点滞留部すべてに当てはまるものではない。

②床版ひび割れが発生しやすいと考えられる桁端部

端部は打ち下ろしにより床版厚が厚い設計なので、予想に反して健全なケースが多かった。ただし、伸縮装置の大きな段差がある場合は注意が必要。

③中央分離帯など舗装端部からの水浸入の影響

全橋で影響が確認された。横断勾配の高い箇所から水が浸入すると、床版上面を車道に向かって水が流れるため、輪荷重載荷位置に水が到達すると大きなひび割れに進展すること推察される。