

第1章 研究の概要

1.1 研究の背景と目的

鋼床版は図1.1-1に示すように、デッキプレートを裏面から縦リブと横リブで補剛した床版であり、道路橋の場合、さらにこれを縦桁、横桁、主げたなどと一体化したものが橋梁本体構造になる。

鋼床版はコンクリート系床版と比較して舗装も含めた自重が1/2程度と軽量にできるため、長支間の橋梁や、例えば地盤の悪い沿岸地域の橋梁、架設上の制約

から部材重量を小さくしたい場合、あるいは桁高が著しく制限される箇所などに比較的優位性が発揮される形式である。図1.1-2に全国における使用実績を示す。

鋼床版を用いた橋梁については、1980年代より、図1.1-3に示すような疲労損傷が重交通路線を中心に顕在化していた。平成14年3月の道路橋示方書^{1.1)}の改訂では、疲労耐久性向上の観点から疲労について考慮すべきことが条文として盛り込まれた。それにあわせて「鋼道路橋の疲労設計指針」^{1.2)}を発刊し、具体的な道路橋に対する疲労設計の方法について示された。

ここでは、鋼床版のように通常の設計計算では応力範囲を基にした定量的な疲労耐久性の照査が困難な部材や構造については、過去の実績等も参考に最新の知見に基づいて、所要の疲労耐久性が確保できるとみなしてよい細部構造等の構造詳細に関する事項を示し、これによることで具体的な設計が行えるようにしたものもある。(表1.1-1、図1.1-4、図1.1-5参照)。

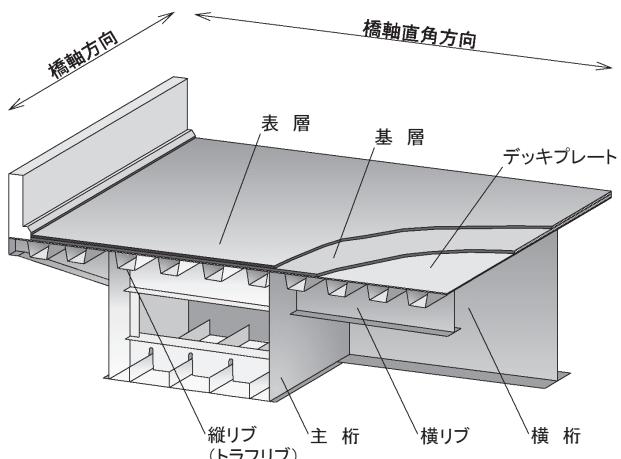


図1.1-1 鋼床版の構造の例

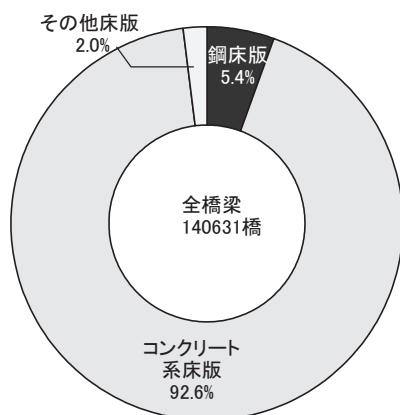


図1.1-2 鋼床版の使用実績
(2004年道路現況調査より)

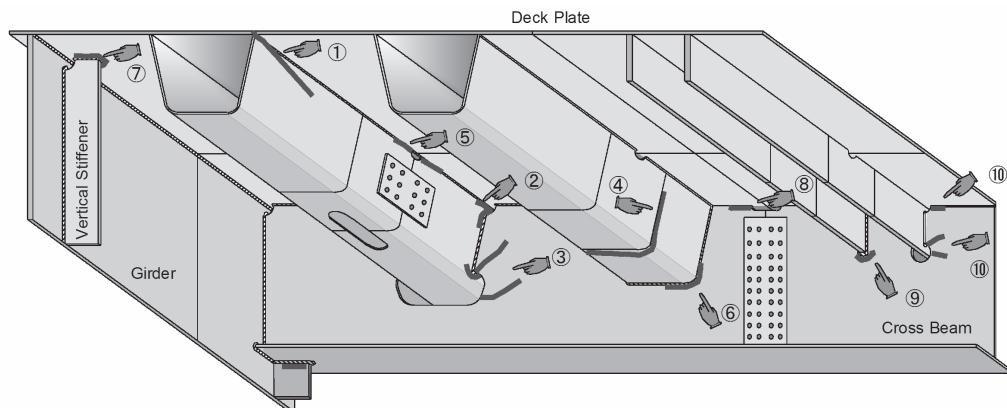
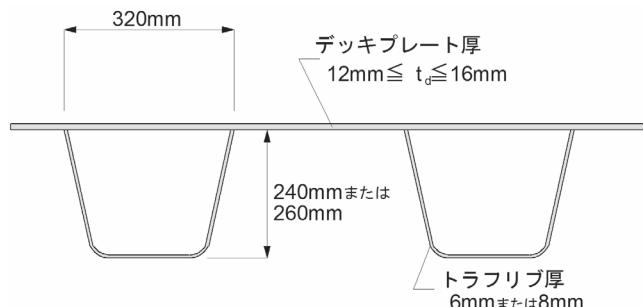


図 1.1-3 鋼床版の疲労損傷例

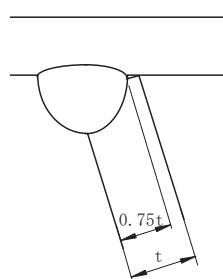
次の 1)から 3)までの条件を満足する鋼床版構造

- 1) 縦リブ支間 $L \leq 2.5\text{m}$
- 2) 縦リブが、バルブプレートリブ、平面リブまたは以下に示す閉断面リブ。



- 3) デッキプレートの板厚 $12\text{mm} \leq t_d \leq 16\text{mm}$

図 1.1-4 疲労設計指針における鋼床版の適用の範囲^{1,2)}



75%溶込み確保の溶接

図 1.1-5 閉断面リブとデッキプレートの溶接に対する規定^{1,2)}

一方、2000年頃より、閉断面リブの一形式であるU型の縦リブ（以下「トラフリブ」という。）を有する鋼床版において、デッキプレートとトラフリブの溶接ルート部を起点として、デッキプレート上面側に向かって進展していくき裂（図1.1-6参照。）の発生が報告されてきている。このき裂の報告事例は現在まで決して多くはないものの、トラフリブの内側からデッキプレート方向に向かって進展し舗装のある表面部に達して貫通するため、通常の定期点検等では見つけることができず実際の発生状況は不明である。過去のデッキプレート貫通き裂の発見も、路面陥没の発生や舗装の更新時にデッキ表面を観察してはじめて見つけるに至っている。

デッキプレート貫通型のき裂は、損傷が床版部分にとどまることから落橋に至るなどの橋全体の耐荷力に深刻な悪影響を及ぼす危険性は少ないと考えられるが、突然の路面陥没や舗装の破損にもつながることから車両の走行安全性には深刻な悪影響を及ぼす危険性がある。

このため供用安全性確保の観点からは、デッキを貫通したき裂の発生の速やかな検出やデッキプレートが貫通に至る危険性のあるき裂の発生の有無やその進展状況、さらにはデッキプレート貫通型き裂を生じる危険性の高い橋の抽出を可能とする方法の確立が急務となっている。

以上のことから、国土交通省国土技術政策総合研究所と(社)日本橋梁建設協会は、デッキプレート貫通き裂の合理的な検出を実現するために、き裂発生の危険性の高い橋梁の抽出手法、膨大なトラフリブ溶接線から危険性の高い対象部位を効率的に絞り込む手法、実際にデッキプレート貫通き裂の発生の有無を確認するための調査手法について、共同で研究を実施した。

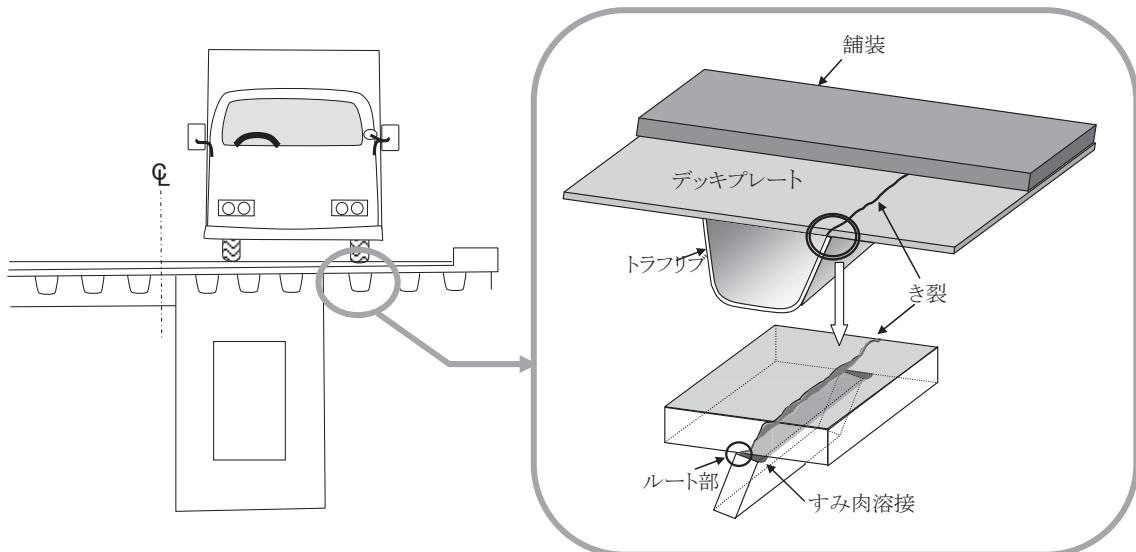


図1.1-6 デッキプレート貫通き裂のイメージ

表 1.1-1 道路橋示方書における鋼床版規定の変遷

	昭和3 9(1964)年 (溶接鋼道路橋示方書)	昭和4 8(1974)年	昭和5 5(1980)年	平成2(1990)年	平成6(1994)年	平成8(1996)年	平成14(2002)年
設計活荷重	(1)主げた作用 ①L荷重(L-20,L-14) ②衝撃系数:桁と同じ (2)床組作用 ①T荷重(T-20,T-14) ②衝撃系数:0.4	(1)同左 (2)①同左 ②衝撃系数 縦リブ:0.4 横リブ:支間による ③大型車両1日1方 向1000台以上の場合 の割増し系数	同左	同左	(1)主げた作用 ①L荷重(A活荷重,B活荷重) ②衝撃系数:桁と同じ (2)床組作用 ①T荷重(A活荷重,B活荷重) ②衝撃系数 縦リブ:0.4 横リブ:支間による ③B活荷重の割増し系数 ④A活荷重の荷重低減	同左	同左
舗装による分布荷重 デッキプレートの有効幅	考慮してはならない、 (1)主げた作用:支間と主 桁間隔の比から規定 (2)床組作用:支間ヒリブ 間隔の比から規定	同左 (算出式規定)	同左	同左	同左	同左	同左
デッキプレートの最小板厚	(1) 車道 $t \geq 0.035l$, 12 mm以上 (2) 歩道 10 mm以上が望ましい、	(1) 同左 (2)歩道 ①主げたの一部と して作用する歩道 $\geq 0.025b$, 10 mm以 上	(1)同左 (2)歩道 ①同左 ②主げたの一部とし て作用しない歩道:最 小厚8 mm	同左	(1) 車道部 B 活荷重 $t \geq 0.037b$, 12 mm以上 A 活荷重 $t \geq 0.035b$, 12 mm以上 (2) 歩道部:同左	同左	同左
継リブの最小板厚	なし	なし 面縦リブは6 mm)	8 mm(腐食配慮の開断 縦リブ)	同左	同左	同左	同左
許容応力度	主げた作用と床組作用 の同時考慮の許容値	同左(鋼種追加) 縦リブの許容値規定	同左(高強度鋼種追加) 縦リブの許容値規定	同左(鋼種追加) 連結部規定	同左	同左(板厚に準じた許 容値)	同左
疲労の影響	なし	大型車両1日1方向 1000台以上の場合 の割増し系数	同左, 縦リブを連続 させる	同左	B活荷重の割増し系数 A活荷重の荷重低減	同左	5.3 疲労設計 「鋼道路橋の疲労設 計指針」
構造細目	溶接ひずみの少ない構 造とする			同左	同左	同左, 腹板上の舗装 ひびわれ抑制に配慮、 継手、ボルト等突出物 の舗装への影響、施 工の草を充実	同左
舗装厚	5~8 cm	同左	6~8 cm	同左	同左	同左	同左

1.2 共同研究の流れ

本研究では、図1.2-1に示すフローに従い検討を行った。また、各項における検討概要を以下に示す。

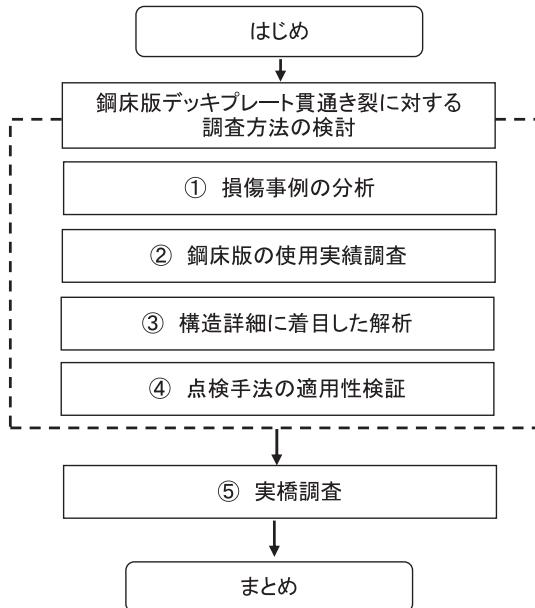


図1.2-1 共同研究のながれ

①②鋼床版のデッキプレート貫通き裂の発生事例の分析と使用実績の調査【1章】

デッキプレート貫通き裂の発生する可能性の有無あるいはその大小について、橋梁形式が床組構造などのマクロ的な視点で差別化できる可能性のある条件を見いだすために、デッキプレート貫通き裂が実際に発生している事例について、橋梁構造や架橋環境等の様々な条件について整理して比較検討を行った。

調査箇所を合理的に抽出するため、国土交通省直轄国道における鋼床版の使用実績、使用状況、構造諸元を把握し、1.3節の損傷事例との比較検討を行った。

③鋼床版の構造力学的特徴に着目したき裂発生要因の分析【2章】

デッキプレート貫通き裂の発生する可能性の有無あるいはその大小について、鋼部材の疲労現象として、その構造的特徴や発生応力の状態などとの関係を見いだすために、輪荷重の載荷に対する応答の観点からの鋼床版の力学的特性を数値解析により検討した。

④調査、点検手法の適用性検証【3章】

1章及び2章の分析結果をふまえ、通常の外観目視のみによる点検では検出が困難なデッキプレート貫通き裂の発生を、効率的に発見するための点検・調査の方法について検討する。

⑤鋼床版現地調査【4章、5章】

④で提案した、点検調査方法の有効性を検証するために実橋に対して実際に点検・調査を行った結果について示す。

1.3 デッキプレート貫通き裂の発生事例

鋼床版のデッキプレート貫通き裂は、デッキプレートとトラフリブの溶接ルート部を起点としてデッキプレート上面に向かって進展するき裂であるため、外観目視のみで発見することはできない。一方、デッキプレート貫通き裂の発生の有無を確認するために、超音波探傷試験などの非破壊検査手法を用いて、トラフリブとデッキプレートとの溶接線の全てを、網羅的に調査することは非効率で膨大な作業となる。

そこで、デッキプレート貫通き裂の発生する可能性の有無あるいはその大小について、マクロ的な視点で差別化できる可能性のある条件を見いだすために、デッキプレート貫通き裂が実際に発生している4橋の事例について、橋梁構造や架橋環境等から以下の項目に着目して情報を収集整理した。

①構造諸元

疲労損傷の原因は、一般には応力集中による高い応力範囲の発生とその繰返しである。そこで、自動車荷重の移動に伴ってデッキプレート貫通き裂の起点となるデッキプレートとトラフリブの接合部の発生応力や応力振幅に関係の大きいと考えられる構造諸元に着目した。

②荷重履歴

大型車交通量が多く、かつ、長期間供用されている橋梁ほど疲労きれつの発生につながる応力範囲の発生回数とその大きさは大きくなるものと考えられる。そのため大型車交通量及び供用年数に着目した。

③き裂の発生位置

鋼床版橋では、デッキプレート貫通き裂は確認されない一方でビードや横リブとの交差部などデッキプレート貫通以外の様々なき裂が生じているものもある。このように発生するき裂の特徴には橋によって異なる傾向があり、これらを明らかにすることでき裂の効果的な検出手法の確立につながる可能性もあるものと考えられる。そこでき裂の位置やその方向、車両走行位置との関係に着目した。

④路面状況

デッキプレート貫通き裂が発生した場合、き裂部位でデッキプレートが不連続な挙動を示すことになるため当該部位とその近傍では舗装が損傷しやすくなることが考えられた。そのため舗装にあらわれる変状の特徴からデッキプレート貫通き裂の発生の有無やその部位の特定につながる可能性があると考えられる。そこで舗装の材質や補修履歴、変状の状況について着目した。

⑤溶接形状

溶接部に生じる疲労き裂では、き裂の原因となる局部の応力状態は溶接ビードの形状や仕上げ状態、きづの有無などの局部の形状にも大きく依存する。そのため溶接形状やとけ込み量などの溶接品質がき裂発生に大きく関わっている可能性もある。

そのため溶接ビード形状や溶接不良などの溶接品質について着目した。

1.3.1 M2 橋

(1) 構造諸元

橋梁形式 : 鋼床版箱桁橋（山側）（単純 + 3 径間連続 + 単純）
橋長(支間) : 405.8 m (①62.45m, ②280.09m (90m+100m+90m), ③62.45m)
幅員 : 15.0 m (2.5 (歩道) + 10.75 (車道) m)
車線数 : 片側 3 車線
主げた間隔 : 箱内 2.6m, 箱間 5.6m
横リブ間隔 : 3.0m
デッキプレート厚 : 12mm
縦リブ形状 : U340×288×8 (図 1.3-1 参照)

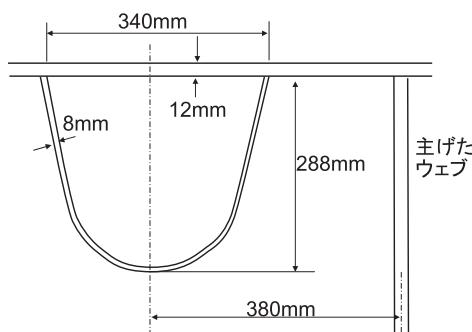


図 1.3-1 縦リブ形状

(2) 荷重履歴

本橋の交通状況を写真 1.3-1 に示す。

当該橋は、湾岸部かつ工業地帯にあり産業道路としての性格を有するものと考えられ、大型車交通量が多いものと思われる。

交通荷重履歴の参考となる供用年と大型車交通量は次の通り。

供用年 : 1980 年 12 月

大型車交通量 : 3,798 (台/12 時間/車線) (平成 11 年度道路交通センサスより)

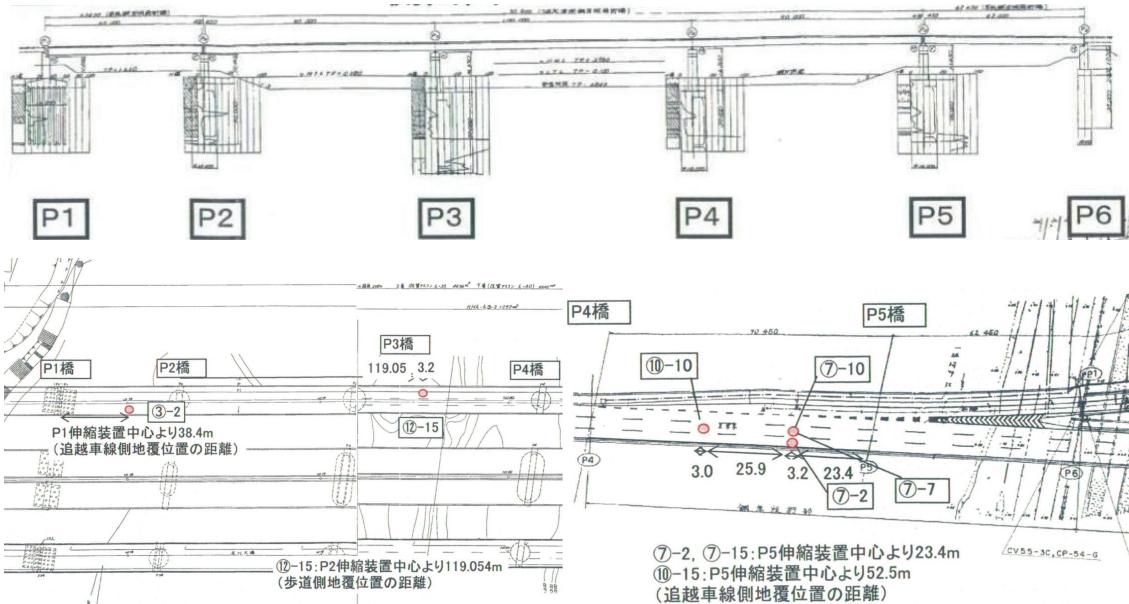


写真 1.3-1 交通状況

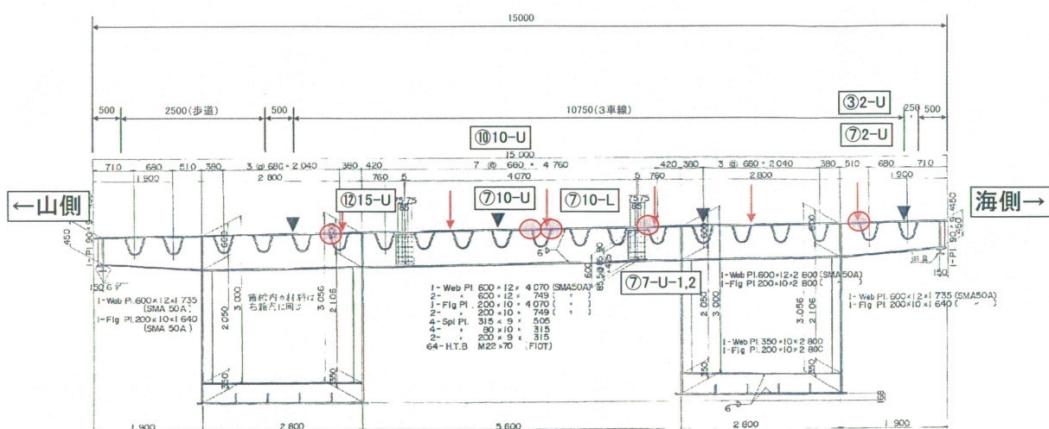
(3) き裂の発生位置と状況

図 1.3-2、写真 1.3-2 に確認されたき裂発生位置と状況の例を示す。

- ・3 径間のうち、P1~P2, P3~P4, P4~P5 間の全ての径間。
- ・箱げたウェブ直近のトラフリブ、及び、箱桁支間中央のトラフリブ。
- ・大型車の車輪走行位置直下。
- ・損傷は、一つのトラフリブの両側で生じていた（図 1.3-2 き裂番号⑦-10）。

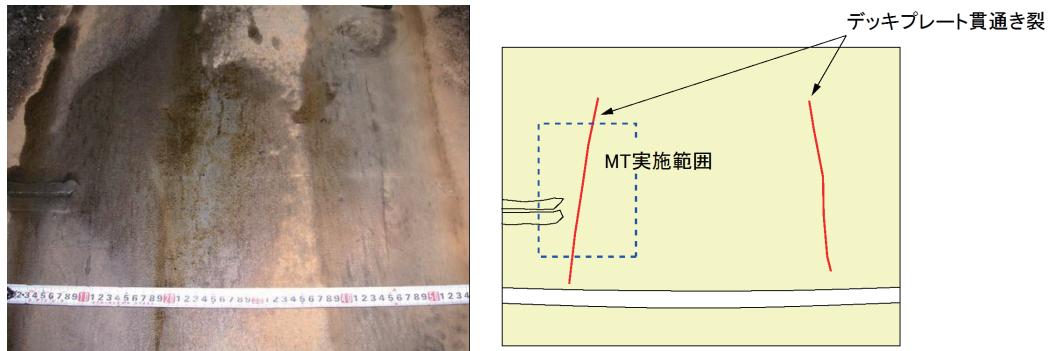


(a) 平面図



(b) 断面図

図 1.3-2 き裂発生位置



(a) き裂⑦10-U, ⑦10-L



(b) き裂⑦15-L

写真 1.3-2 デッキプレート貫通型き裂

(4) 路面状況

舗装は、全厚が改質アスファルト舗装（75mm）であり、一般に当初施工で用いられることが多いグースアスファルト舗装の基層がない。そのため補修履歴の記録がないものの、過去に基層から舗装が補修された可能性があると考えられる。また、桁端部の伸縮装置付近ではオーバーレイによる打ち替えが行われている（写真 1.3-3(b)）。

舗装の主な損傷状況は以下の通りである。

- ・縦方向のひびわれが多数発生している（写真 1.3-3(a)）。ひびわれは大型車の車輪通過位置で特に顕著であるが、それ以外の位置でも発生している。
- ・縦横に細かく、蜘蛛の巣状にひびわれている箇所が確認された（写真 1.3-3(c)）。



(a) 縦方向の損傷

(b) オーバーレイ



(c) 蜘蛛の巣状の損傷

写真 1.3-3 舗装劣化状態

(5) 溶接形状

デッキプレート貫通き裂の発生箇所のデッキプレートとトラフリブの溶接線を調査した結果は以下の通り。

- ・脚長ゲージによる計測結果では、デッキプレートとトラフリブ溶接部の溶接脚長はデッキプレート側が 8 mm 程度、トラフリブ側が 7 mm 程度と標準的といえる範囲の大きさが確保されている。(図 1.3-3)
- ・特段の溶接ビード形状の不整や溶接欠陥は認められない。

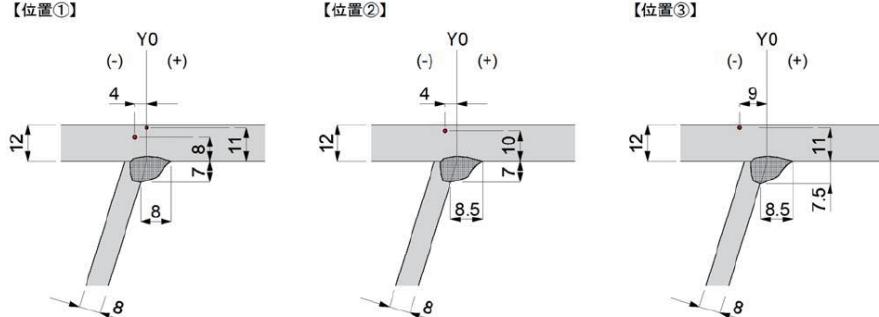


図 1.3-3 溶接ビード形状 (き裂位置は①)

1.3.2 M3 橋

(1) 構造諸元

橋梁形式	: 3 径間連続箱桁橋 (3 箱桁)
橋長(支間)	: 210m (65.0m+80.0m+65.0m)
幅員	: 24.0 m (2.5(歩道)+3.0(車道)+3.25(車道)+3.25(車道)m)
車線数	: 片側 3 車線
主げた間隔	: 箱内 2.79m, 箱間 5.27m
横リブ間隔	: 端部より 1.2, 1.6, 2.2, 2.5m (以下, 等間隔に配置)
デッキプレート厚	: 12mm
縦リブ形状	: 310×274×8-124 (図 1.3-4 参照)

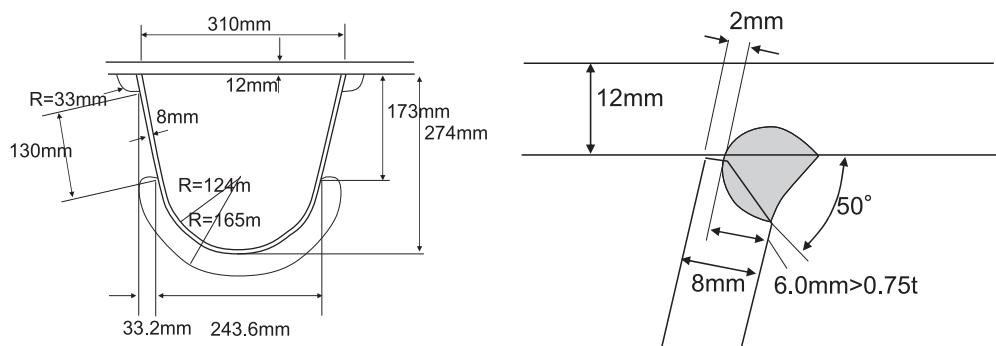


図 1.3-4 M3 橋の縦リブ形状と溶込み (設計図面より)

(2) 荷重履歴

供用年、大型車交通量は以下の通りである。交通状況について写真 1.3-4 に示す。

当該橋は、湾岸部かつ工業地帯に位置しており、特に重量が大きいと思われる大型車が多く見られた。

供用年 : 1980 年 1 月

大型車交通量 : 3,798 (台/12 時間/車線) (平成 11 年度道路交通センサスより)

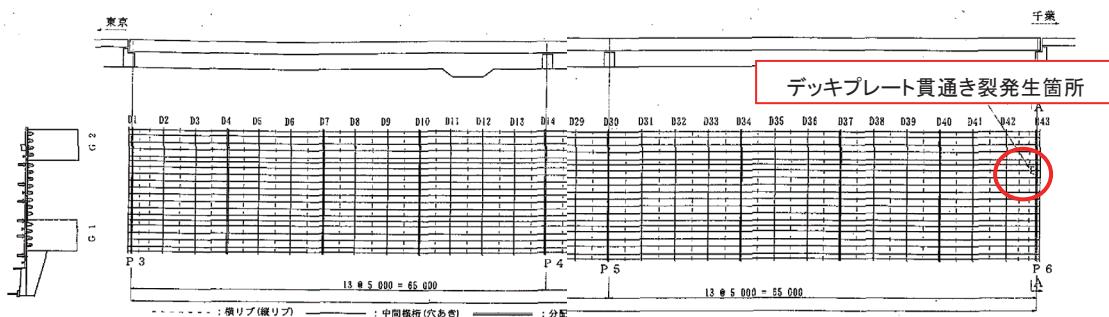


写真 1.3-4 交通状況

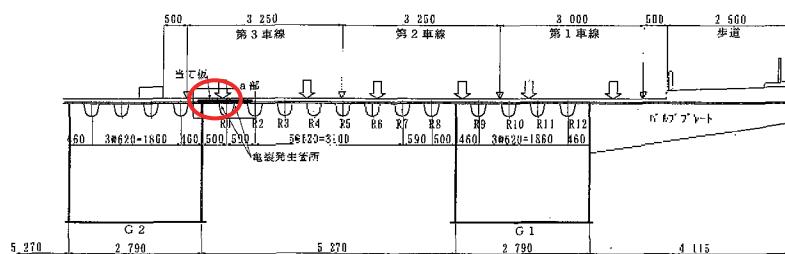
(3) き裂の発生位置と状況

図 1.3-5、写真 1.3-5 から、き裂が発生した位置と状況についてまとめると、以下のとおりである。

- ・ 3 径間のうち、端径間の支点付近。
- ・ 箱桁ウェブ直近のトラフリブとデッキプレートの溶接部。
- ・ 進行方向最初のパネルの端部。
- ・ 大型車の車輪走行位置直下。
- ・ デッキプレート厚は 12mm であるが、デッキプレート上面は腐食しており、減厚している可能性がある。
- ・ 損傷は、ひとつのトラフリブの左右の溶接線に生じていた（写真 1.3-5）。



(a) 平面図



(b) 断面図

図 1.3-5 き裂発生位置



写真 1.3-5 き裂発生状況

(4) 路面状況

き裂が発生した橋梁の現地調査で、舗装の材質や補修履歴、変状と損傷位置との関係などを分析した結果は、以下のとおりである。

- ・過去に3回の補修修繕工事が行われており、表層は改質アスファルト舗装である。1997年にオーバーレイ実績記録がある。しかしながら、過去の補修時に基層まで補修あるいは更新されているかなど、その他の補修内容の詳細は不明（写真1.3-6(a), (b)）。
- ・疲労損傷発生直前まで、舗装にポットホールが度々発生し、緊急補修が行われている（写真1.3-6(b)）。
- ・舗装の劣化は著しく、全線にわたり舗装の縦方向損傷（写真1.3-6(c)）及び、蜘蛛の巣状の損傷（写真1.3-6(a), (b), (d)）が多数発生している。



写真1.3-6 舗装劣化状態

(5) 溶接形状

- ・トラフリップ溶接部は開先をとっており、溶け込み量は比較的大きいと予想される。
- ・トラフリップ溶接部の実際の脚長やのど厚は不明である。

1.3.3 M10 橋

(1) 構造諸元

- 橋梁形式 : 3 径間連続箱桁橋 2 連 (3 箱桁)
橋長(支間) : 265m (①88.5m(RC 床版)② 88m(鋼床版)③88.5m(鋼床版))
幅員 : 12.5 m (3.5(歩道)+3.75+4.25m)
車線数 : 片側 1 車線
主げた間隔 : 箱内 2.0m, 箱間 3.5m
横リブ間隔 : 2.75m
デッキプレート厚 : 12~20mm
縦リブ形状 : U-320×250×8 (図 1.3-6 参照)

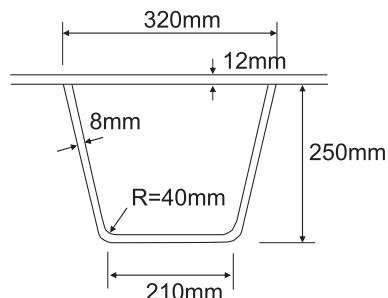


図 1.3-6 縦リブ形状

(2) 荷重履歴

供用年, 大型車交通量は以下の通りである。交通状況について写真 1.3-7 に示す。

当該橋は, 湾岸部に位置しており, 大型車混入率は高いと考えられる。また, 片側 1 車線で車線変更箇所もないため, 大型車が走行する際の輪の位置が比較的固定的となる条件である。

供用年 : 1986 年 10 月

大型車交通量 : 2,023 (台/12 時間/車線) (平成 11 年度道路交通センサスより)



写真 1.3-7 交通状況

(3) き裂の発生位置

M10 橋は、デッキプレート貫通き裂が発生した位置のトラフリップの溶接線を対象に全線にわたって、超音波探傷試験による調査が行われた。その結果の例を図 1.3-7, 8 に示す。

M10 橋は、鋼重を抑えるために、異なるデッキプレート厚を用いている。デッキプレート厚ごとに溶接当たりのき裂長をまとめた結果を図-1.3.9 に示す。

- ・ 3 径間の全てで超音波探傷試験によりデッキプレート貫通き裂が発生しているものと考えられる。(なお、直接き裂を上面から確認したものはデッキプレート厚 12mm の部位のみであり、その他の板厚の部位での直接視認はしていない。)
- ・ 大型車の輪位置とも一致する箱桁ウェブ直近のトラフリップにき裂の発生は集中している(図 1.3-8(b) 参照)。
- ・ 橋軸方向の発生状況に、横げた位置や支点近傍などの傾向は見られない(図 1.3-8 参照)。

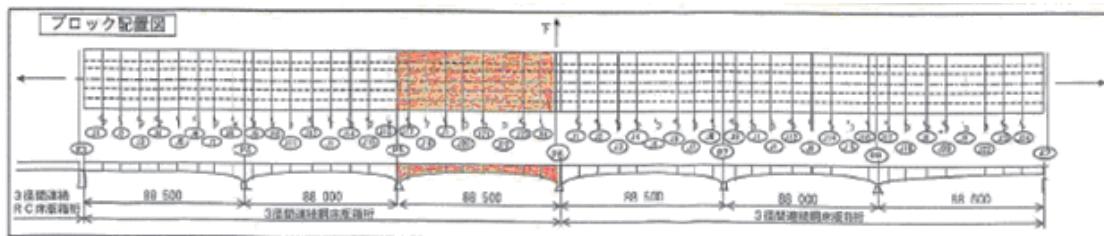
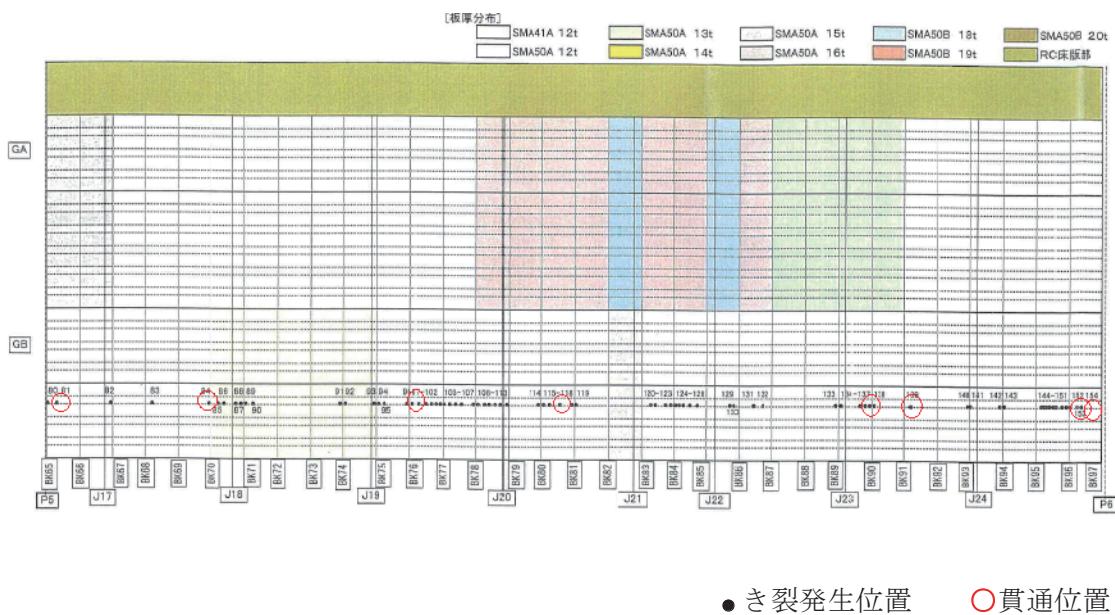


図 1.3-7(a) き裂発生位置 (平面図の一例 P5~P6)

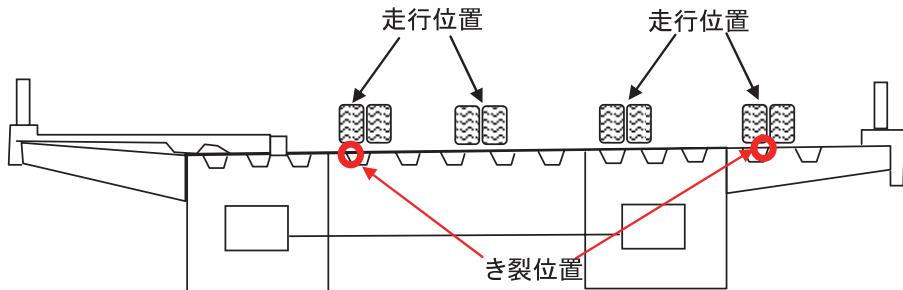
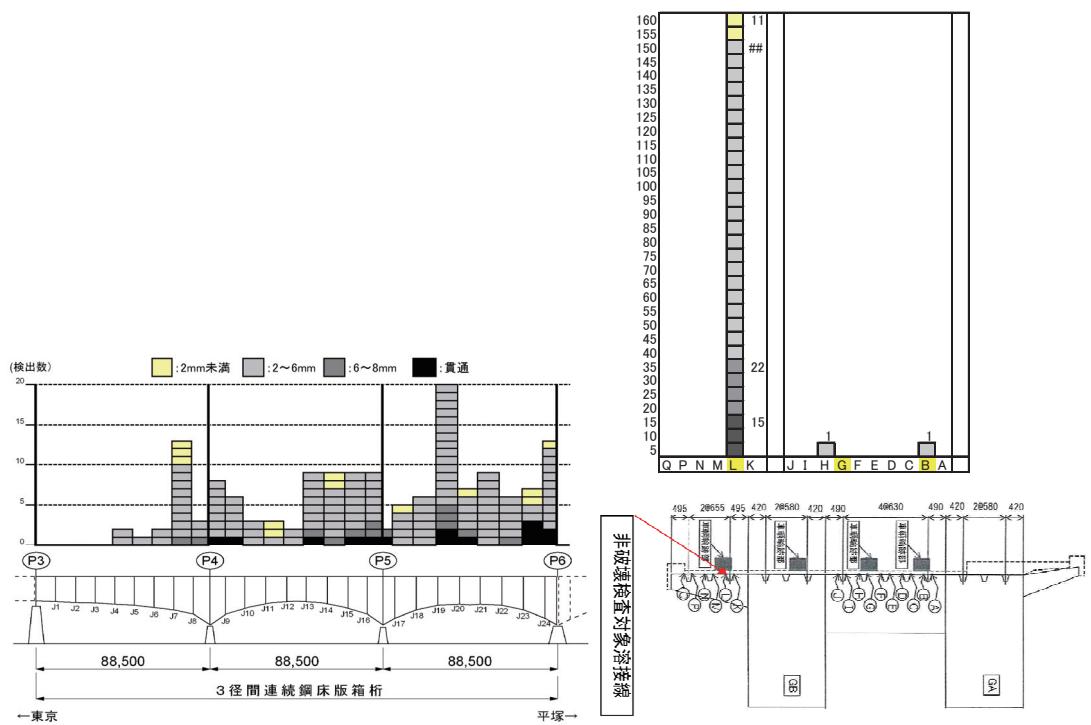


図 1.3-7(b) き裂発生位置（断面）



(a) 橋軸方向

(b) 橋軸直角方向（一般部の例）

図 1.3-8 き裂検出数分析結果

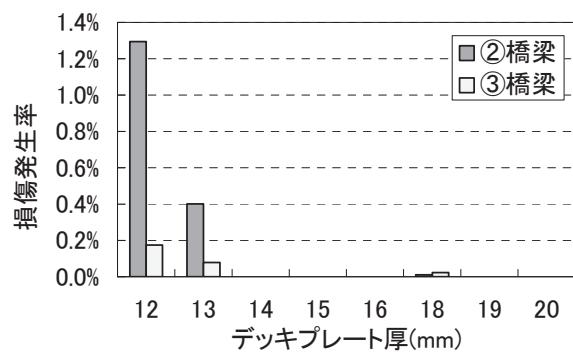


図 1.3-9 デッキプレート厚ごとの溶接長あたりの損傷発生率

(4) 路面状況

き裂が発生した橋梁の現地調査で、舗装の材質や補修履歴、変状と損傷位置との関係などを分析した結果は、以下のとおりである。

- ・舗装は、改質アスファルト舗装であった。改質アスファルトは鋼床版で一般的に用いられるグースアスファルトと比較して一般的に施工性がよいため、補修の際に用いられることが多い。したがって、M10 橋において補修履歴はないものの、過去に舗装が補修された可能性があると考えられる。
- ・車両の輪位置に、舗装の補修痕が多く確認された（写真 1.3-8）。



写真 1.3-8 路面の補修痕

(5) 溶接形状

M10 橋の溶接形状を図-1.3-10 に示す。疲労設計指針で規定している 75%溶込み以上が確保されていた。また、デッキプレート貫通き裂が確認された②、③橋それぞれの断面を写真 1.3-9 に示す。超音波探傷の結果、溶接線当たりのき裂長が長い②橋の方が、③橋と比較して溶接サイズが大きい。したがって、溶接サイズが大きい場合でもデッキプレート貫通き裂が発生していることが確認できた。

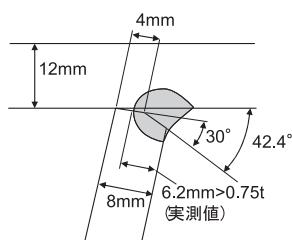
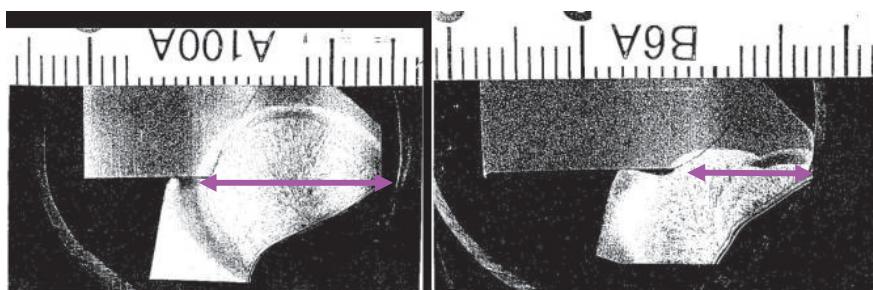


図-1.3-10 溶接形状



②橋梁(溶接サイズ 12~15mm)

③橋梁(溶接サイズ 6~8mm)

写真 1.3-9 溶接サイズの比較

1.3.4 C1 橋

(1) 構造諸元

橋梁形式	: 3 径間連続箱桁橋 (2 箱桁)
橋長(支間)	: 265m (59.0m+74.0m+59.0m)
幅員	: 12.5 m (3.5(歩道)+3.75+4.25m)
車線数	: 3 車線
主げた間隔	: 箱内 2.0m, 箱間 5.1m
横リブ間隔	: 2.95m
デッキプレート厚	: 12mm
縦リブ形状	: U-340×280×8 (図 1.3-11 参照)

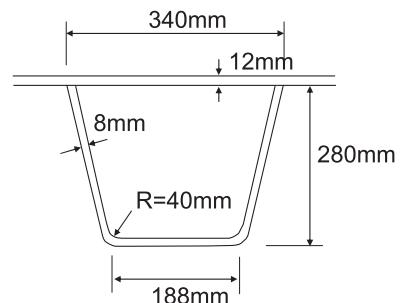


図 1.3-11 縦リブ形状

(2) 荷重履歴

供用年、大型車交通量は以下の通りである。交通状況について写真 1.3-10,11 に示す。
当該橋は湾岸部かつ工業地帯に位置しており、特に重量が大きいと思われる大型車が多く通行していた。

供用年 : 1979 年

大型車交通量 : 1,220 (台/12 時間/車線) (平成 11 年度道路交通センサスより)



写真 1.3-10 交通状況(1)

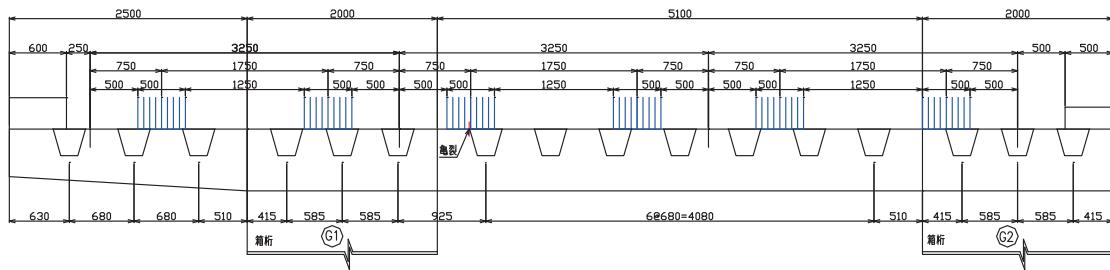


写真 1.3-11 交通状況(2)

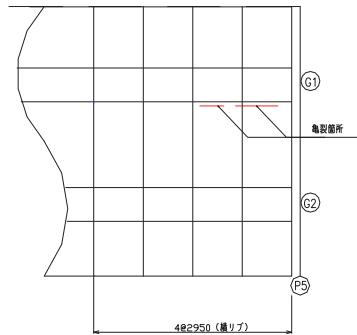
(3) き裂の発生位置

図 1.3-12 から、き裂が発生した位置についてまとめると、以下のとおりである。

- ・ 3 径間のうち、端径間の橋脚付近、桁端から約 6m の範囲 (橋軸方向)。
- ・ 箱桁ウェブ直近。
- ・ 大型車の車輪走行位置直下。



(a) 断面図



(b) 平面図

図 1.3-12 き裂発生位置

(4) 路面状况

き裂が発生した橋梁の現地調査で、舗装の材質や補修履歴、変状と損傷位置との関係などを分析した結果は、以下のとおりである。

- ・舗装の全面補修を供用開始 16 年後の 1995 年に実施。その 8 年後の 2003 年より舗装損傷が頻発している（写真 1.3-12(a)）。舗装は改質アスファルトである。
 - ・舗装の劣化は著しく、全線にわたり、舗装の縦方向損傷が多数発生している（写真 1.3-12(d), (e), (f)）。
 - ・蜘蛛の巣状の損傷（写真 1.3-12(c)）が発生しておりポットホール（写真 1.3-12(d)）も生じている。



(a) 補修痕



(d) 縦方向損傷



(c) 蜘蛛の巣状の損傷
2004. 6. 15.



(d) ポットホール
2004. 6. 15.



(e) 縦方向損傷
2004. 6. 15.



(f) 縦方向損傷
2004. 6. 15.

写真 1.3-12 舗装劣化状態

(5) その他

写真 1.3-13, 14 に示すようにトラフリブ内部にはき裂箇所から浸透した雨水が滯水し、き裂から路面に溢れて舗装の劣化要因になっている。



写真 1.3-13 疲労損傷発生部位と調査用
マンホール開口



写真 1.3-14 リブ・デッキプレート溶接部
のき裂

1.3.5 まとめ

デッキプレート貫通き裂を生じた橋梁 4 橋の状況等について分析した結果を以下に示す。

(1) 構造諸元

- いずれの橋梁もトラフリブを有する鋼床版箱桁橋で、デッキプレート貫通き裂が確認された箇所のデッキプレート厚は 12mm、トラフリブ厚は 8mm である。

(2) 荷重履歴

- いずれの橋梁も湾岸部に位置する比較的重交通の路線であり、大型車交通量が概ね 6,000 台/日となっている。
- なお、デッキプレート貫通き裂発見時の供用年数が 13 年と極めて短いものもある。

(3) き裂の発生位置

- き裂は、大型車の車輪走行位置直下の近傍で発生している。
- き裂は主げた（箱げたのウエブ）に近い位置でより多く発生している。
- 橋軸方向のき裂発生位置には、共通的な特徴はない。

(4) 路面状況

- いずれの橋梁も舗装の劣化が顕著であり、補修歴も多い。
- 舗装の損傷では、特に以下のものが見られる

① トラフリブの位置に合致する縦（橋軸）方向のひびわれ。

（錆汁による見られる変色を伴うものもある）

② 車輪通過位置に一致する特定のライン上での補修痕の連続（ポットホールの発生）

③ 蜘蛛の巣状（あるいは細かい格子状）のひびわれ。

(5) 溶接形状

- ・トラフリブとデッキプレートの縦方向溶接は、溶け込み量、溶接脚長ともに明らかな不足などの不良や傾向はない。またビードの外観についても著しい形状不整やアンダーカット、オーバーラップなど特定の不良についての特徴はなかった。

以上、限られた数例ではあるが、デッキプレート貫通き裂が実際に生じた橋梁の状況等を調査した結果、及びこれまで報告されている知見から考えると、次の条件により多く合致するものについては、相対的にき裂が発生しやすいか、すでにき裂が発生している疑いがあることから、デッキプレート貫通き裂の検出を目的とした調査の優先的な対象として抽出することが合理的となる可能性が高いと考えられる。

- ①デッキプレート厚 12mm（以下）の箱げた橋
- ②供用後の大型車交通量が、累計 2 千万台以上（10 年 × 365 日 × 6000 台 ≈ 2000 万台）
- ③舗装の状態に以下の特徴が該当する
 - ・トラフリブの位置に合致する縦（橋軸）方向のひびわれの発生。
(錆汁によることが疑われる変色を伴うものはより優先度が高い)
 - ・車輪通過位置に一致する特定のライン上でのポットホール等の損傷の多発
(複数箇所または連続しての発生、またはそれらの補修歴)
 - ・蜘蛛の巣状（あるいは細かい格子状）のひびわれの発生

また、調査にあたっては、次の条件により多く合致する部位について優先的に調査することが効率的となる可能性がある。

- ①大型車の車輪位置近傍のトラフリブ
- ②箱げた（主げた）のウェブに近いトラフリブ
- ③上記の特徴的な舗装の損傷部位

表 1.3-1 デッキプレート貫通き裂の発生事例一覧

橋梁名	M2	M3	M10	C1
橋梁形式	鋼床版箱桁 (①単純+②3径間連続+③単純)	3径間連続鋼床版箱桁 (①RC床版,②③鋼床版)	3径間連続鋼床版箱桁 (①RC床版,②③鋼床版)	3径間連続鋼床版箱桁
橋長(m)	405.8	210.0	265.0	265.0
支間長(m)	①62.45 ②280.09(90+100+90) ③62.45	65.0+80.0+65.0 ①88.5m ②88.0m ③88.5m	①88.5m ②88.0m ③88.5m	59.0+74.0+59.0
縦リブ形状	U340×288×8	U310×274×8	U320×250×8	U340×280×8
デッキプレート厚(mm)				
横リブ間隔(m)	3.00	1.20, 1.60, 2.20, 2.50	2.75	2.95
供用年	昭和 55(1980) 年	昭和 55(1980) 年	昭和 62 年 (1986)	昭和 54 年 (1979)
大型車交通量	3,798 台/12 時間/車線	3,798 台/12 時間/車線	2,023 台/12 時間/車線	1,220 台/12 時間/車線
損傷位置	・大型車の輪直下 ・主げた近傍のトラフリブ 床版支間中央付近のトラフリブ	・大型車の輪直下 ・主げた近傍のトラフリブ	・大型車の輪直下 ・主げた近傍のトラフリブ	・大型車の輪直下 ・主げた近傍のトラフリブ
舗装の状況	損傷が著しい、 補修箇所がある	損傷が著しい、 補修箇所がある	補修箇所がある	損傷が著しい、 補修箇所がある
溶接形状	溶込み量 75%以上確保	溶込み量 75%以上確保	溶込み量 75%以上確保	—

1.4 鋼床版の使用実績調査

1.4.1 概要

前項においてデッキプレート貫通き裂の実際に発生した橋梁の状況を調査することにより、き裂発生危険性に関する要因について考察したが、き裂の特徴から現在までにすでにき裂が発生しているにもかかわらず点検等で発見されていないものや、今後デッキプレート貫通き裂を生じる可能性が高い橋梁については把握できていない。今後既設橋梁の調査を効率的に進めるためには調査対象として絞り込む可能性のある条件に該当する橋梁の数や経年数などの実態を把握しておくことが必要と考えられる。そのため、ここでは 1.3 の分析結果もふまえ、国土交通省直轄国道における鋼床版の使用実績について構造的特徴等による資産の状況について整理した。

調査概要は表 1.4-1 に示すとおり。

表 1.4-1 調査概要

調査時期と方法	平成 15 年 9 月時点、北海道開発局及び各地方整備局へのアンケート調査
調査対象	直轄国道における鋼床版を有する橋梁(全 250 橋)
調査項目	桁形式、床版種類、床版厚さ、材料、架設工法、架設竣工年、径間、橋長など
調査結果の処理方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 つの橋梁で複数の種類の縦リブが用いられている場合には、個別に計上。 ・ 上下線分離構造については個別に計上。 ・ 1 つの橋でデッキプレートの板厚が異なる場合には、薄い方をカウントし、12mm を下回る場合は、全てを「その他」とした。

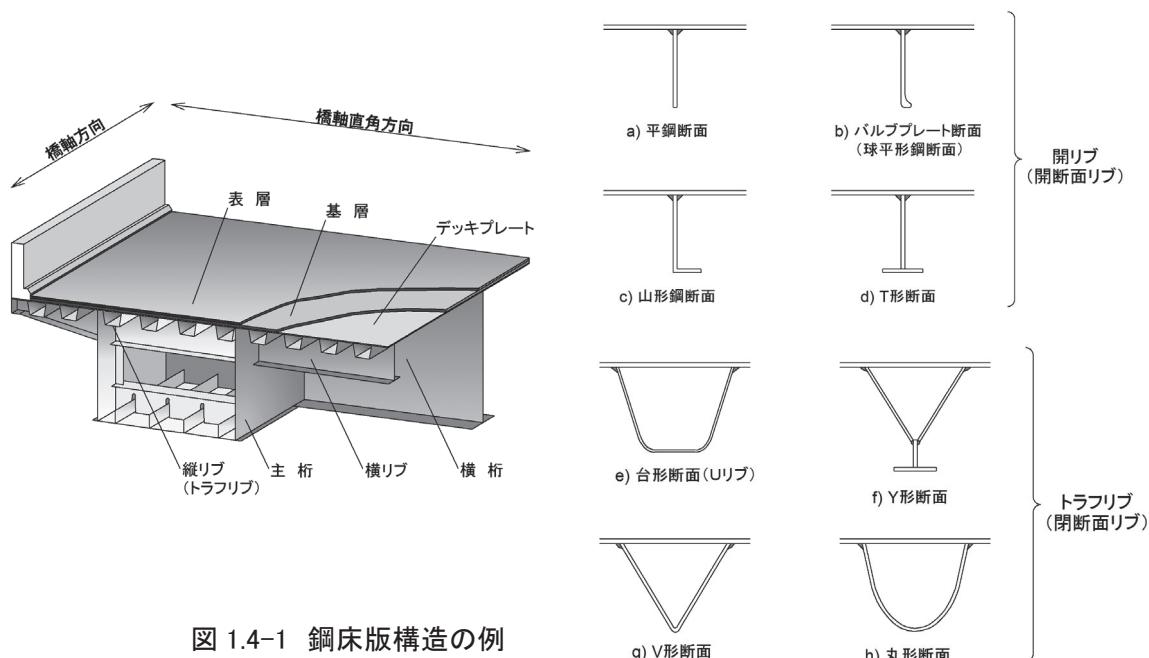


図 1.4-1 鋼床版構造の例

図 1.4-2 縦リブ形状の例

1.4.2 調査結果

(1) 橋梁数及び径間数

調査した直轄国道の鋼床版橋梁について、地方整備局別の橋梁数及び径間数を図1.4-3に示す。橋梁数で最も多いのは関東地方整備局、次いで北海道開発局、近畿地方整備局の順である。主に湾岸部や軟弱地盤と思われる箇所に多く架設されており、平均して3径間程度の連続桁が多い。これは、図1.4-3(a)の橋梁数を3倍するとおおよそ図1.4-3(b)の径間数と一致することからも分かる。ただし、近畿地方においては、径間数が橋梁数の約6.5倍となることから平均して6ないしは7径間以上の多径間連続高架橋が相対的に用い傾向がある。

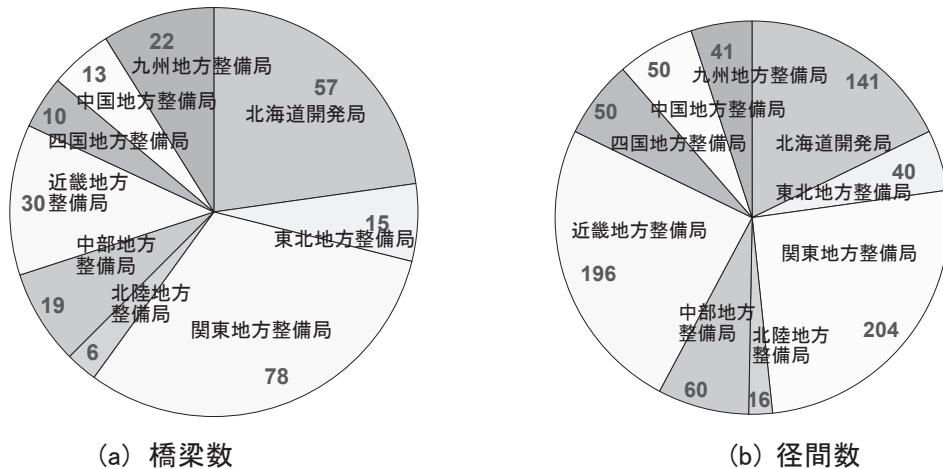


図1.4-3 地方整備局別橋梁数及び径間数

(2) 連続・単純桁区分

鋼床版橋梁における連続桁、単純桁の割合について、図1.4-4に示す。

(1)でも考察したように、単純と連続では橋数に大きな差がないことから、結果的に径間数では連続桁が圧倒的に多い傾向となる。

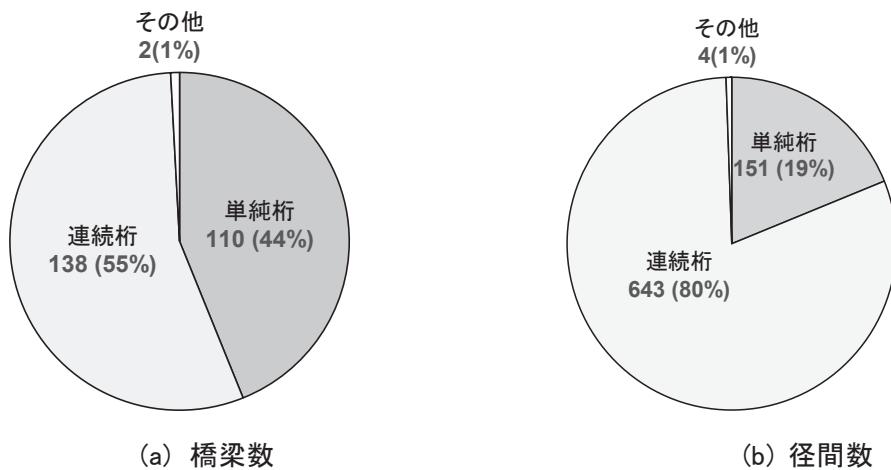


図1.4-4 連続・単純桁区分

(3) 主桁形式

主桁形式の違いについて、図 1.4-5 に示す。トラフリップ形式を用いることの有利性の一つとして床版の剛性が桁の剛性にも寄与し、桁高が抑えられることがある。そのため長支間で死荷重を軽減し、さらに桁高を抑制するには箱桁形式にトラフリップ形式の鋼床版の組み合わせが効果的となる。これらのことことが橋梁数・径間数ともに箱げた形式の割合が大きくなった原因と考えられる。

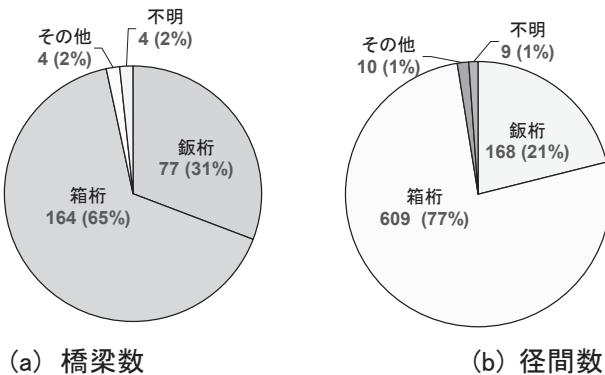


図 1.4-5 連続・単純桁区分

(4) デッキプレート厚

デッキプレート厚の違いについて、図 1.4-6 に示す。鋼床版の最小板厚は、舗装への影響や鋼床版の施工性等などの観点から一般に 12mm が採用される。その一方、鋼床版は床版及び床組構造としての作用と主げた構造の一部としての作用をそれぞれ独立に考えて設計することが一般的であり、デッキプレートの厚さは主げた作用に対する必要厚さが確保される。分析の結果、最小板厚である 12mm が 74% と支配的となっており、これらの中には主げた作用などの耐荷力的観点からの必要厚さが 12mm 未満であるものの、それ以外の影響を考慮して最小板厚が選定されたものも含まれているものと考えられる。すなわちデッキプレート厚が 12mm の鋼床版で、主げたや床組としての耐荷力の観点からは 12mm を越えるデッキプレート厚のものに比べて想定的に安全余裕が多く確保されているものが相当数含まれる可能性がある。

なお、一つの橋梁でデッキプレートの板厚が異なる場合は、薄い板厚をカウントし、12mm を下回る場合は、規定にない板厚であり、入力ミスの可能性が高いと判断し、「不明」とした。

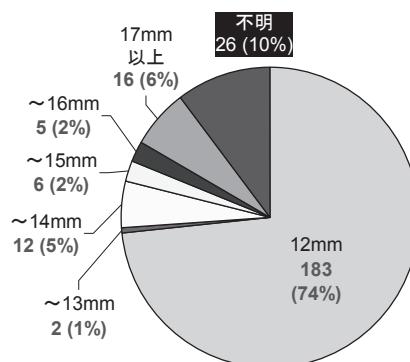


図 1.4-6 デッキプレートの厚さ(橋梁数)

(5) 縦リブの種類と厚さと竣工年度

縦リブの種類と厚さについて、図 1.4-7 に、鋼床版を有する橋梁の竣工年度を図 1.4-8 示す。既存の全体数としては開断面リブがトラフリブと比較して若干多い。また近年はトラフリブの採用比率が増加する傾向がある。

トラフリブのリブ厚さを分析すると、75%が 6mm、その他はほとんどが 8mm であった。経年で見ると 1975～1984 年度にかけては、リブ厚 6mm よりも 8mm の方が使用実績は多かったが、1985 年以降においては 8mm よりも 6mm を使用する橋数の方が増加していることが分かる。これは、道路橋示方書に防食性の観点から耐久性が確保される場合には鋼部材の最小板厚を 6mm とすることができる旨が明記されたことに関連しているものと考えられる。

なお、デッキプレート貫通き裂を確認した損傷事例の 4 橋はいずれもリブ厚は 8mm であった。

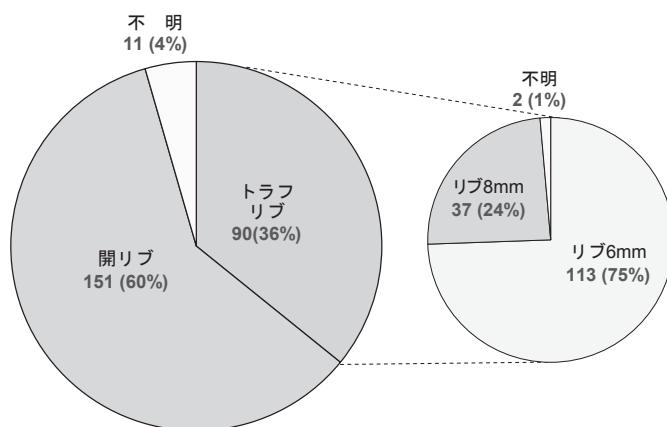


図 1.4-7 縦リブの種類とリブの厚さ(橋梁数)

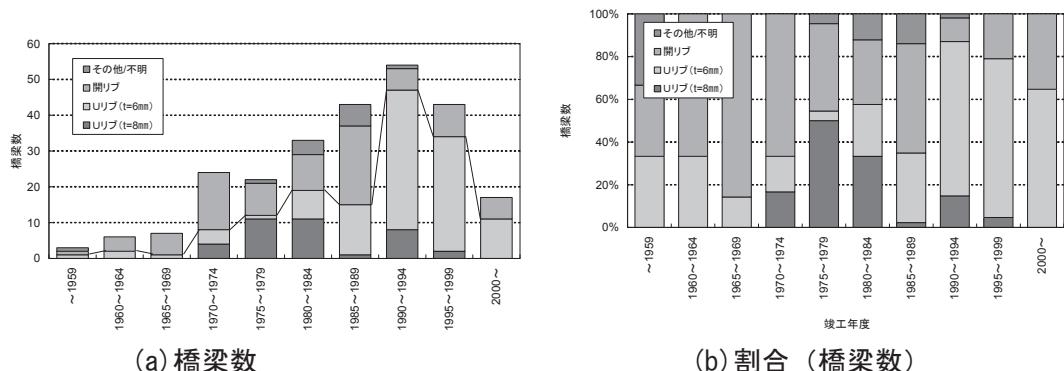


図 1.4-8 鋼床版を有する橋梁の竣工年度

(6)まとめ

国土交通省直轄国道における鋼床版の使用実績について構造諸元等の調査を行った。

その結果、明らかになった主な事項は次の通りである。

- ①主げた形式では、箱げたとそれ以外で概ね同数の使用実績となっている。
- ②連続・単純の別では、橋梁数は大きな差はない。(その結果、径間数では連続げた形式が単純桁形式を大きく上回る。)
- ③デッキプレート厚では、基準による最小板厚である 12mm のものが支配的であり、主げたや床組としての耐荷力には余裕があるものが相当する含まれる可能性がある。
- ④デッキプレート厚は 12mm～16mm まででほぼ全体数の 80%をしめ、それを越えるものは少ない。
- ⑤トラフリップの板厚はほぼ 6mm と 8mm の 2 種類であり、それ以外のものはほとんどない。

【参考文献】

- 1.1) (社) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 I～V, 平成 14 年 3 月
- 1.2) (社) 日本道路協会 : 鋼道路橋の疲労設計指針, 平成 14 年 3 月