

鋼床版デッキ - トラフリブ溶接部に対する損傷対策と応力性状

(株)横河ブリッジ 正会員 ○清川 昇悟
琉球大学 正会員 下里 哲弘

首都高速道路(株) 正会員 牛越 裕幸
(財)首都高速道路技術センター 正会員 弓削 太郎

1. はじめに

首都高速道路では、鋼床版に発生した疲労き裂の応急対策としてき裂先端のストップホール、もしくはグラインダーでの機械切削を実施している。デッキプレート(以下、デッキ PL と称する)とトラフリブの溶接部に発生するき裂に対しては、早期に図 1 に示すような形状でストップホールを施工している。このストップホールはき裂の進展防止を図るとともに、密閉部であるトラフリブ内部を観察して、デッキ PL へのき裂進展の有無を確認する目的がある。

しかし、このストップホール形状は鋼床版現場継手部に用いられるスカラップと同じように疲労強度が低いことが想定され¹⁾、ストップホールの疲労耐久性については確認する必要がある。実際に、首都高速中央環状線の鋼床版橋梁においてストップホール補修から 2 年経過した後に、写真 1 に示すような疲労き裂の再発が複数箇所で見られている。

筆者らは、このようなストップホール部での発生応力性状を調査する目的で、き裂の再発した橋梁について供用下での応力測定を実施した。その結果を本稿で報告する。

2. 応力測定方法

損傷が発生した橋梁は図 2 に示すような 3 径間連続鋼床版 1 主箱桁橋(支間割: 74.35m + 95.0m + 74.35m)である。供用開始は昭和 62 年 9 月であり、供用後 20 年が経過している。デッキ PL 厚は 12mm、トラフリブ寸法は 320 x 240 x 6 - 40 である。箱桁内の輪荷重直下のトラフリブの溶接ビードに損傷が多数発生していた。

今回の計測では、横リブ間にあるき裂(以下、き裂 A と称する)と横リブ交差部を跨いだき裂(以下、き裂 B)の 2 つのパターンの数ある切削部位の中から、まだき裂が再発していない部位を計測対象として選定し、ストップホール周辺の応力測定を実施した。測定はひずみゲージ法により、平日の供用下で 24 時間の連続動波形収録を行った。なお、測定日は 9 月上旬で、一年のうちに舗装の剛性が比較的低く、鋼床版に比較的高い応力が発生する暑い時期である。気象庁の統計によるこの日の最高気温は 34℃、平均は 27.8℃であった。

3. 応力測定結果

発生応力が特に大きかった、き裂 A 部のストップホール付近のひずみゲージの代表的な主応力波形と主応力ベクトルを図 3 に示す。図中の輪荷重位置は他のゲージの波形からの推定である。

輪荷重の通過に伴い、ストップホール内(図中 a 部)と近傍のデッキ PL(同 b 部)では最大主応力、最小主応力ともに大きな圧縮応力が発生している。また、最小主応力の方向はいずれも回転しており、当初は橋軸付近を向いているが、ピーク付近でほぼ橋軸直角方向に、ピークを過ぎるとまた橋軸方向付近になる。トラフリブ側面(同 c 部)でもほぼ同様の傾向であり、最小主応力方向は、橋軸方向→鉛直方向→橋軸方向と変化している。

なお、横リブ交差部であるき裂 B では、発生応力の大きさが小さめであるが、波形の傾向はき裂 A との有意差

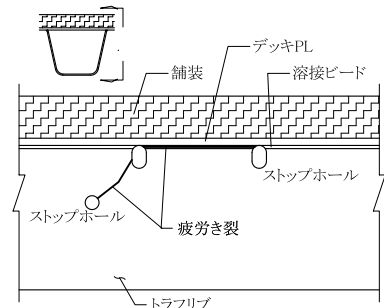


図1 デッキ PL とトラフリブ溶接に発生した疲労き裂の応急対策イメージ

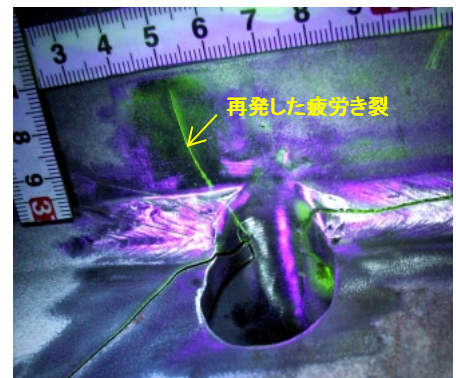


写真1 ストップホールから再発した疲労き裂

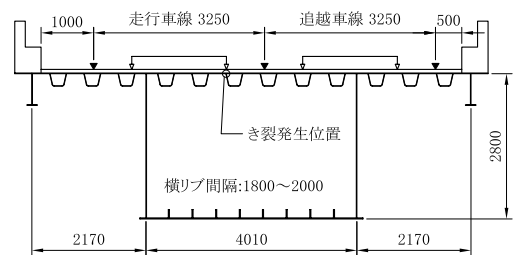


図2 損傷橋梁の断面図

Keyword : 鋼床版, 疲労, 切削補修, 応力測定

連絡先 : 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地, tel 047-435-6161, fax 047-435-6160

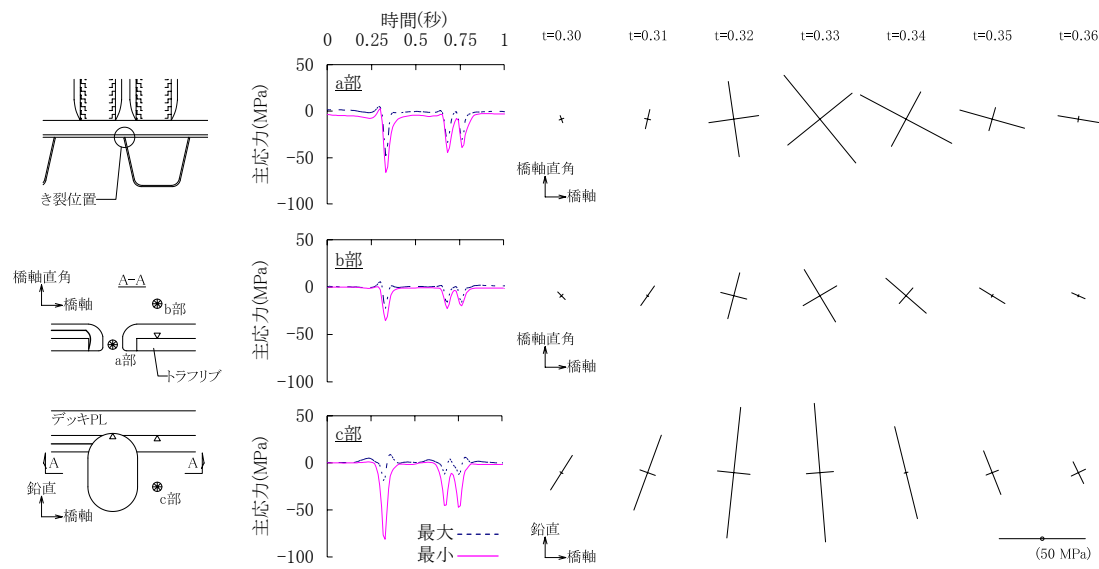


図3 ストップホール周辺の主応力波形と主応力ベクトル

は見られなかった。

さらに、得られた動波形データをもとにレインフロー法により頻度解析を行った。得られた最大応力範囲を表1に示す。

き裂 A の a , b 部の橋軸直角方向応力ではそれぞれ 127 , 83 MPa , c 部の鉛直方向は 148 MPa の高い最大応力範囲が発生している。横リブ交差部であるき裂 B は、横リブ剛性の影響からき裂 A に比べると発生応力が低めであるが、いずれの部位でも約 60 MPa 近くの最大応力範囲である。総じて、ストップホール周辺には高い応力が発生しているといえる。

また、参考までに頻度解析の結果を用いて、マイナー則と疲労設計指針の強度等級により疲労寿命を試算した。き裂再発状況に鑑みて、溶接ルート部からデッキ PL へ橋軸直角方向に進展するき裂パターン と、ストップホールからトラフリブ方向へ進展するき裂パターン の2つを仮定し、パターン ① に対しては b 部の橋軸方向応力を、パターン ② に対しては c 部の鉛直方向応力を評価に用いる公称応力と仮定した。各々のき裂パターンに対する疲労等級は H 等級とした。

表2に算出した疲労寿命の一覧を示す。パターン ① では、き裂 A は 11.1 年、き裂 B では 132.4 年の疲労寿命であった。パターン ② は発生応力が大きいため、き裂 A は 0.4 年、き裂 B は 5.6 年の非常に短い疲労寿命となった。

4. まとめ

鋼床版デッキ PL とトラフリブ溶接の疲労き裂先端にストップホールを施工した場合、ストップホールの周辺には高い応力が発生する。このような形状での切削を行った場合には、比較的短い期間で疲労き裂が再発する可能性が高いため、デッキ PL の剛性を大幅に向上させる何らかの補強対策を早期に実施することが必要である。

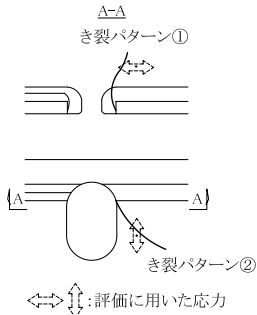
なお、首都高速道路では、この鋼床版の補強方法として SFRC 舗装を基本として考えている。

表1 最大応力範囲(MPa)

		き裂A (横リブ間)		
		橋軸方向	橋軸直角 (鉛直)方向	斜め
き裂A (横リブ間)	a部	123	127	103
	b部	52	83	53
	c部	27	148	106
き裂B (横リブ 交差部)	a部	67	68	58
	b部	32	65	47
	c部	23	57	43

表2 推定疲労寿命

き裂	パターン	損傷度 Di (/日)	等価応力 (MPa)	疲労寿命 (年)	適用
A	①	2.5E-04	18.7	11.1	H等級
	②	7.3E-03	43.0	0.4	H等級
B	①	2.1E-05	14.0	132.4	H等級
	②	4.9E-04	21.0	5.6	H等級



1) 町田文孝・三木千壽・吉岡昭彦・越後滋・多田賢・吉家賢吾：鋼床版縦リブのスカロップの疲労強度について，土木学会第 50 回年次学術講演会概要集，1-380，pp760-761，平成 7 年 9 月。