

## 鋼箱桁橋の疲労損傷に対する補修事例

首都高速道路株式会社 正会員 長田 隆信  
 同上 正会員 胡摩崎 史英

### 1. はじめに

近年、高度成長期に建設された構造物の経年が進むことに加え、車両の大型化や交通量の増加などの影響で様々な部材・部位に多数の損傷が発見されてきている。重交通を抱える首都高速道路において、このような傾向は顕著であり、耐久性に関わる膨大な損傷への対応が重要な課題となっている。

本稿は、供用後 40 年以上経過している鋼箱桁内において、垂直補剛材 - 横リブとの溶接部、縦リブ - ダイヤフラムまたは横リブとの溶接部に多数のき裂が発見されたことから、応力頻度計測を実施し、損傷原因を推定するとともに補修方法について検討した結果を報告するものである。

### 2. 損傷概要

多数の損傷が発見されたのは、2 径間および 3 径間連続非合成鋼箱桁で、延長約 155m の区間である。当該橋梁の構造は、図-1 に示すように偏平な 2 室で構成される箱桁で、き裂は図-2 に示すように垂直補剛材 - 横リブとの溶接部（以下、横リブ溶接部）、縦リブ - ダイヤフラムまたは横リブとの溶接部（以下、縦リブ溶接部）に発見された。全 5 径間の損傷数としては、横リブ溶接部が 42 箇所、縦リブ溶接部が 60 箇所と多く、どちらの損傷においても G2 桁（走行側）に偏って発生している傾向が確認された。

なお、当該橋梁と同路線で、構造が類似な箱桁ダイヤフラムの角部において、応力集中（最大応力範囲 90MPa）による疲労き裂が多数確認されていたことから、発見当初は、同様な高い応力状態に起因するものではないかと思われた。

しかし、損傷の発生箇所が異なることに加え、建設当初の溶接状態も良好ではないことから、損傷原因推定のために、実交通下における応力頻度測定及び動的応力測定を実施した。

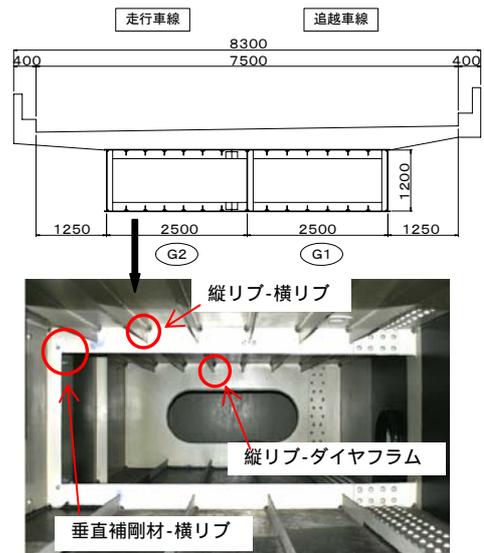
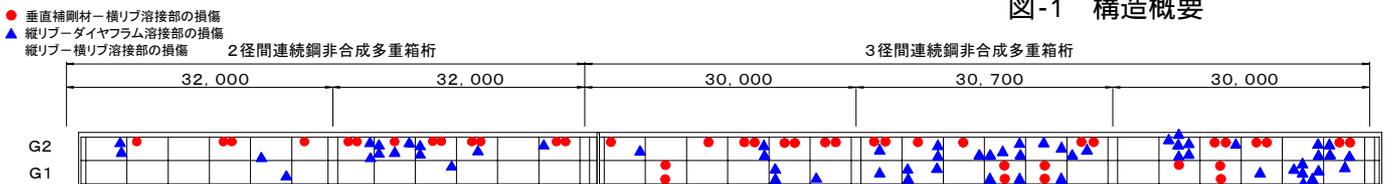


図-1 構造概要



損傷内容	部位	2径間連続鋼非合成箱桁		3径間連続鋼非合成箱桁			計
		1スパン	2スパン	1スパン	2スパン	3スパン	
垂直補剛材-横リブ溶接部の損傷	G2(走行側)	4	9	8	6	6	33
	G1(追越側)	0	0	2	4	3	9
縦リブ-ダイヤフラム溶接部の損傷 縦リブ-横リブ溶接部の損傷	G2(走行側)	3	10	3	12	12	40
	G1(追越側)	1	1	3	7	8	20



図-2 損傷状況

キーワード き裂，鋼箱桁，横リブ，縦リブ，垂直補剛材，ダイヤフラム

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2 - 16 - 3 首都高速道路株式会社西東京管理局 TEL 03-3264-8523

### 3. 応力計測による損傷原因の推定

実交通下における応力頻度測定(24時間)の結果および疲労寿命について算出した結果を表-1に、横リブ溶接部の動的応力測定結果(25t車)を図-3に示す。表-1によると、横リブ溶接部の発生応力は、損傷の発生状況を反映しており、G2桁上部の鉛直方向の応力範囲21.4MPaと最も大きく、G1桁側と比べて約2倍の発生応力であった。これは、曲線区間で車線位置が走行車線側に偏っているためと考えられ、図-3の動的応力測定による発生応力にも違いが現れている。

一方、修正マイナー則における疲労寿命は、横リブ及び縦リブ溶接部とも、発生応力が小さいことから耐用年数を大幅に上回る結果であった。なお、切削調査(MT試験、マクロ試験)により、横リブ溶接部は溶け込み状態が非常に悪いこと、縦リブ溶接部にはブローホールやスラグ巻き込み等の溶接欠陥が著しいことがわかった。

したがって、疲労強度が表-1に示す等級より低下しており、比較的小さな応力の繰り返しでき裂が発生したものと想定される。

表-1 応力頻度測定結果と疲労寿命

	計測最大応力範囲 (MPa)	疲労等級	変動振幅応力の打ち切り限界 (MPa)	修正マイナー則		
				等価応力範囲 (MPa)	疲労寿命 (年)	
横リブ溶接部	①	21.4	H	11	5.04	459
	②	12.6			2.87	3,844
	③	17.5			3.94	1,207
	④	11.7			2.65	6,715
	⑤	9.7			3.71	3,268
	⑥	8.7			2.55	9,447
縦リブ溶接部	⑦	13.6	F(止端破壊)	11	3.36	2,051
	⑧	12.6	H(ルート破壊)		3.14	3,034
	⑨	6.8	E	29	2.16	529,586
	⑩	6.8			2.18	791,159

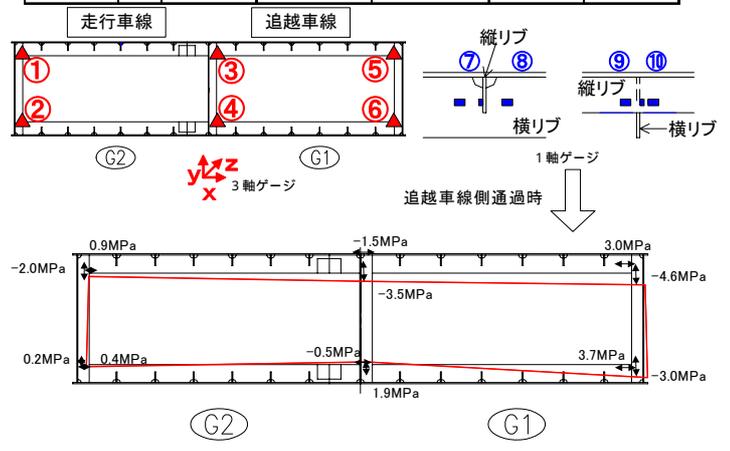


図-3 横リブ溶接部の動的応力測定結果

### 4. 補修・補強方針の検討

横リブ及び縦リブ溶接部の損傷は、いずれも建設当初の溶接状態に起因しており、応力レベルは小さいことが確認されたことから、多数の損傷を効率的に対策できるように、表-2に示す補修・補強方針とした。

横リブ溶接部において、き裂が大きく進展している箇所については、図-4に示すとおり当て板補強まで実施することにしたが、き裂の進展が小さい箇所については、スカーラップ施工で疲労強度の向上を図ることで完了とした。また、縦リブ溶接部においては、主桁上フランジと縁切されていない箇所のみ、き裂進展防止のために図-5に示すスカーラップ施工を行い、補強は実施しないものとした。

表-2 横リブ溶接部及び縦リブ溶接部の補修・補強方針

部位	き裂の状態	補修方針	補強方針	
横リブ溶接部	母材進展き裂 20mm未満	スカーラップ施工	なし	
	母材進展き裂 20mm以上	ウェブ付近まで進展なし	ストップホール施工	高力ボルト締めのみ 当て板補強
		ウェブ付近まで進展あり		
縦リブ溶接部	主桁上フランジと縁切りあり(スカーラップあり)	なし	なし	
	主桁上フランジと縁切りなし(スカーラップなし)	スカーラップ施工	なし	

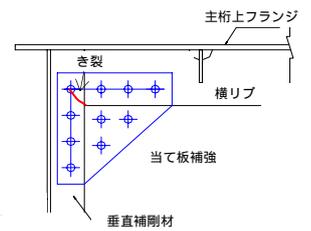


図-4 横リブ部の当て板補強

### 5. おわりに

本稿では、鋼箱桁内に発生した多数の損傷に対して、効率的な対策を施すために、それぞれの応力レベルにあった補修・補強方法の概要を紹介した。今後は、紹介した補修・補強方法の妥当性について、5年間隔で実施される定期点検等で確認していく予定である。

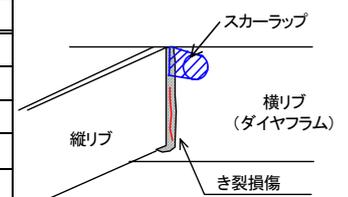


図-5 縦リブのスカーラップ補修