

I-193 鋼床版橋に生じた疲労亀裂の補修・補強

首都高速道路公団 正員 梶原一夫
 首都高速道路公団 正員 木暮 深
 ㈱横河メンテック 正員 古閑俊之

1. まえがき

近年、過酷な交通荷重を受ける鋼道路橋に疲労損傷が生じ始めており、事例報告、補修・補強の検討および実施工が各方面で行われている。本文で取り上げる橋梁は、供用開始後20数年を経た都市内高速道路橋である。橋梁断面図を図-1に示す。本橋は3径間連続鋼床版斜張橋で、中央の箱桁をケーブルで吊る構造となっている。数年前から実施した溶接部の点検によって数種の亀裂が発見された。亀裂発生部位を図-1に並記し、各部詳細を図-2に、発生率を表-1に示す。これらの部位について、応力測定による損傷原因の解明、補修方法の検討および実橋での試験施工を実施した。本報告では垂直補剛材上端部および対傾構ガセット部についての検討結果の一部を述べる。

2. 垂直補剛材上端部

垂直補剛材はフランジの座屈防止の観点からデッキプレートに溶接されている（道・示8.5.3）。損傷原因は、輪荷重によるデッキプレートのたわみを補剛材が拘束するために生じる高応力の繰返しによる疲労と推定されている¹⁾。

補修方法検討のため、亀裂未発生箇所において応力頻度測定を行った。ひずみゲージ設置位置を図-3に示す。測定位置は中央径間 L/4点付近とし、測定方法はヒストグラムレコーダーを用いたレインフロー法による24時間の応力頻度測定とした。JSSC疲労設計指針案（平成元年）に従い、疲労寿命を計算した結果を表-2に示す。垂直補剛材上端部（①E等級、②G等級）の疲労寿命は5年以下であり、高い亀裂発生率を裏付ける結果である。亀裂を溶接補修後、溶接止端部を仕上げたとしても（①D等級、②F等級）、疲労寿命は10年以下であり、補強が必要であることがわかった。

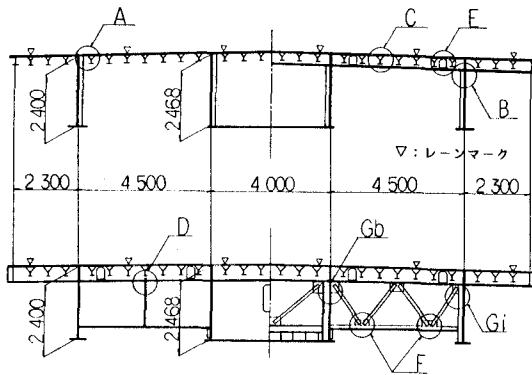


図-1 橋梁断面図および亀裂発生位置

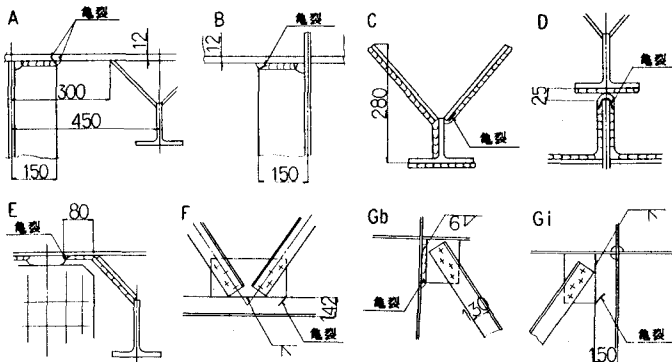


図-2 各部詳細

表-1 亀裂発生率

部 位	発生率	部 位	発生率
A I桁垂直補剛材上端溶接部	9.9%	E 横リブウェブスカーラップ部	1%
B 垂直補剛材と横リブ下フランジの溶接部	4.5%	F 対傾構ガセット部（斜材一下支材）	1.6%
C 縦リブ・横リブ交差部	8%	Gi 対傾構ガセット部（斜材-I桁）	5.3%
D 横桁ウェブ補剛材回し溶接部	7.8%	Gb 対傾構ガセット部（斜材-箱桁）	1.6%

箱桁垂直補剛材上端部には亀裂は発生していない。

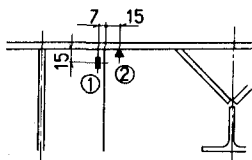


図-3 ひずみゲージ設置位置

表-2 垂直補剛材上端部の疲労寿命

記号	強度等級 (kgf/mm ²)	疲労寿命 (年)
①	E (8.163)	4.6
	D (10.204)	9.3
②	G (5.102)	1.1
	F (6.633)	2.4

() は200万回疲労強度
 応力範囲の打ち切り限界を考慮した
 以下同様

亀裂を確実に補修し、垂直補剛材上端デッキプレートの角折れ変形を緩和するため、図-4に示す補強方法を考案し、試験施工を実施した。補強方法の概要は以下のとおりである。垂直補剛材上端部をガス切断後、亀裂をガウジング・再溶接またはストップホールで補修した。次に、T形補強材でデッキプレートと垂直補剛材を接合した。補強材とデッキプレートとの溶接止端部および垂直補剛材と主桁ウェブの溶接止端部にはTIG処理を施した。

試験施工部について応力頻度測定を行い、補修後の疲労を検討した。ひずみゲージ設置位置を図-4に示す。測定位置および測定方法は前記と同様である。疲労寿命の計算結果を表-3に示す。T形補強材ウェブ上端(④)の寿命が12年と若干低い値であった。これは垂直補剛材とT形補強材ウェブの偏心による曲げのためと思われる。補強材とデッキプレートの溶接部は十分な疲労強度を有していることが確認された。この結果から本施工においては、補強材の偏心曲げを考慮して板厚を16mmに増すこととした。

3. 対傾構ガセット部

損傷原因を明らかにするため、24時間応力頻度測定を実施した。測定位置は側径間中央付近である。ひずみゲージ設置位置を図-5に、測定結果から疲労寿命を求めた結果を表-4に示す。F①、F④およびG i部の疲労寿命は0.6~1.4年という極めて低い値となった。対傾構部材には主桁の荷重分配や鋼床版の支承としての断面力が作用しており、上側ガセットプレートには鋼床版の変形による局部応力が生じていると考えられる。また、継手部は応力集中を生じやすい形状を有しており、疲労強度が低い(H等級)。ここに上記の要因による繰返し応力が作用して疲労亀裂が生じたと推定される。

この部位に対する補強として、角部にR加工($r=30$, $d=142$)を施し、継手の疲労強度を高めた場合(E等級)でも、疲労寿命は5~12年程度である。対傾構は前述のように全体構造に関わる機能を有するため、部材の撤去・取替えは好ましくない。また、断面が小さいため、添接板と高力ボルトによる局部補強も困難と思われる。したがって、ガセット角部にR加工を施工し、さらに部材を追加することによって断面力の低下を図り、亀裂の再発生を防止することとし、詳細な検討を行うこととした。

なお、Gr部の疲労寿命は40年程度で、現在のところ疲労寿命に達していない。Gb部の亀裂は疲労以外の原因によると考えられるため、溶接補修のみを施すこととした。

4. まとめ

鋼床版橋の主桁垂直補剛材上端部および対傾構ガセット溶接部について実橋での応力測定を行い、これをもとに試験施工を実施した。対傾構部の補強については現在検討中であり、追って報告したい。

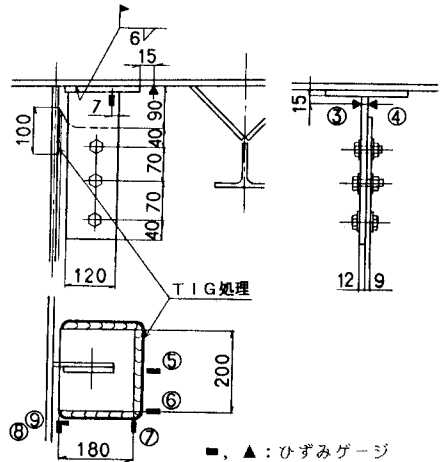


図-4 補強方法および
ひずみゲージ設置位置

表-3 補強部位の疲労寿命

記号	強度等級 (kgf/mm ²)	疲労寿命 (年)
③	E (8.163)	30.0
④	E (8.163)	12.0
⑤	E (8.163)	39.6
⑥~⑧	E (8.163)	>100
⑨	E (8.163)	69.0

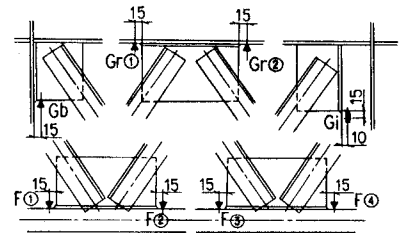


図-5 ひずみゲージ設置位置

表-4 対傾構ガセット部の疲労寿命

記号	強度等級 (kgf/mm ²)	疲労寿命 (年)
F①	H (4.082)	1.4
	E (8.163)	11.6
F②	H (4.082)	>100
F③	H (8.163)	6.4
	E (4.082)	65.8
F④	H (4.082)	0.6
	E (8.163)	4.9
G i	H (4.082)	0.7
	E (8.163)	6.1
G b	E (8.163)	>100
Gr①	G (5.102)	45.3
Gr②	G (5.102)	36.0