

鋼箱桁に併設する拡幅桁（鋼Ⅰ桁）に発生した貫通き裂の発生機構の推定

内外構造(株) 正会員 ○鍋島 渉
阪神高速道路(株) 非会員 杉岡 弘一
阪神高速技術(株) 正会員 熊澤 美早

1. はじめに

鋼橋における代表的な損傷として疲労き裂があり、発生頻度の高い部位については、過去の点検や既往の研究によりその傾向や知見が得られている¹⁾。一方、実橋梁では橋梁線形や交通流特性、橋梁の構造等の複合的要因によって、き裂の発生から進展までのプロセスは多岐に渡るため、補修や補強の実施においては疲労損傷の発生機構の特定が重要となる。

本稿では、鋼道路橋において発見された疲労き裂損傷に対して行った、橋梁全体の挙動ならびに各部位の応力状態の動的計測と、疲労き裂発生要因と機構の推定について述べる。

2. 計測対象

本稿の対象となるき裂損傷は、阪神高速道路のオフランプとして供用されていた鋼箱桁曲線橋に幅員拡幅のため増設された鋼Ⅰ桁に発生した損傷で、ウェブを貫通した状態で発見された。新規供用路線との接続のために設置された当該拡幅桁は、既設箱桁と横桁及び横リブによって接合されており、①主桁ウェブと横桁下フランジの溶接部、②横桁下フランジ下部にある垂直補剛材スカラップ部、③横桁下フランジ下部と垂直補剛材の溶接部、の3箇所でき裂が発生し、①と②が主桁ウェブに進展していた。①のき裂の写真を図-1に示す。

ウェブ貫通き裂発見後に実施した詳細調査²⁾の結果、隣接する複数の横桁及び横リブの同一構造箇所において類似のき裂が確認された。詳細調査によりき裂が確

認された箇所を図-2に示す。

そこで、未貫通の類似き裂の生じている隣接横桁とき裂未発生の同一構造箇所で、応力状態を計測し比較することで、き裂発生機構の推定を図った。

計測実施位置と着目点を表-1に示す。応力状態の計測位置として着目した箇所は、母材にき裂が進展していた主桁ウェブと横桁下フランジ溶接部近傍と、同一構造箇所でも最も多くき裂が発生していた横桁下フランジ下部と垂直補剛材溶接部の2点とした。

また、拡幅桁全体の挙動を把握するため、水平ならびに鉛直方向の応力状態を計測するとともに、拡幅桁に面外方向の挙動があるかを確認するため、下フランジの橋軸直角方向の変位量を計測した。

3. 計測手法

応力状態の計測には、ゲージ長3mmの単軸ひずみゲージを用い、横桁下フランジ溶接部の下側において主桁ウェブの内外面で鉛直方向に、垂直補剛材溶接部下部のコバ面で鉛直方向にそれぞれ貼付した。図-3にそれぞれのゲージ貼付位置を示す。また、桁全体の応力状

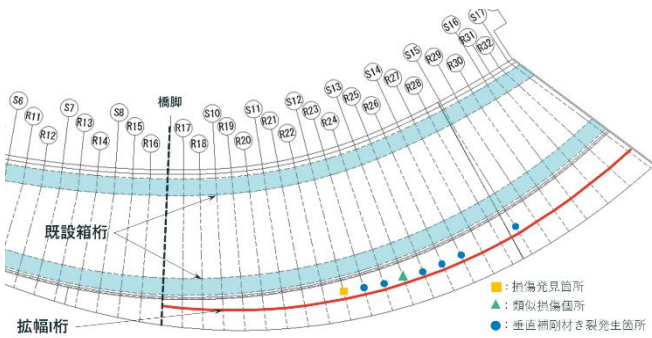


図-2 詳細調査により発見された類似き裂

表-1 計測位置と着目点

計測位置	構造	き裂発生状況	着目点	
			横桁下フランジ溶接部	垂直補剛材溶接部
S14	横桁	横桁下フランジと垂直補剛材の溶接部にき裂	●	
S16	横桁	未発生	●	●
S13付近	拡幅主桁	-	拡幅主桁全体の応力状態	

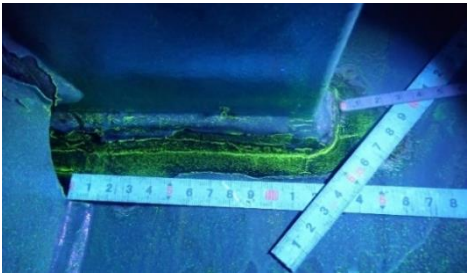


図-1 拡幅桁に発生していたき裂

キーワード 疲労き裂，拡幅桁，応力測定

連絡先 〒541-0053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 メットライフ本町スクエア
内外構造株式会社 TEL06-6484-7110

態計測においては、桁高方向に均等となるよう 5 箇所
にひずみゲージを水平及び鉛直方向に貼付した。

拡幅桁下フランジの橋軸直角方向変位の計測につい
ては、巻き込式変位計を拡幅桁と既設桁との間に設置
し、計測を実施した。これらの計測機器を用いて 6 時間
の連続計測を行い、最大応力作用時における各計測結
果を比較、分析した。

4. 計測結果

主桁ウェブの応力状態を計測した結果を図-4 に示す。
S14 では内外面で引張応力と圧縮応力が逆位相を示し
た。一方、S16 では外面に引張応力が作用しているもの
の、内面には応力の作用は見られなかった。

S14 と S16 に作用した最大引張応力を比較すると、
S14 が約 190N/mm^2 に対して、S16 は約 35N/mm^2 と大
きな差が見られた。また、垂直補剛材の応力状態を計測
した結果を図-5 に示す。最大応力作用時には 205N/mm^2
を超過する圧縮応力が作用していたが、システムの計
測レンジを 1000μ (205N/mm^2) に設定していたため、値
は取得できなかった。

最大応力作用時の桁全体の水平方向及び鉛直方向の
応力計測結果と拡幅桁の橋軸直角方向変位量を図-6 に
示す。鉛直方向では、横桁下フランジ付近にて、 28.8N/mm^2
という大きな引張応力が確認された。水平方向におい
ては、上フランジ近傍で 3.6N/mm^2 圧縮応力、下フ
ランジ近傍で 10.9N/mm^2 の引張応力が確認された。ま
た、荷重作用時には、拡幅桁の下フランジは既設箱桁に
近づくような挙動を示し、最大応力作用時は桁間隔が
 3.2mm 縮まる方向に移動していた。



図-3 ひずみゲージ貼り付け位置

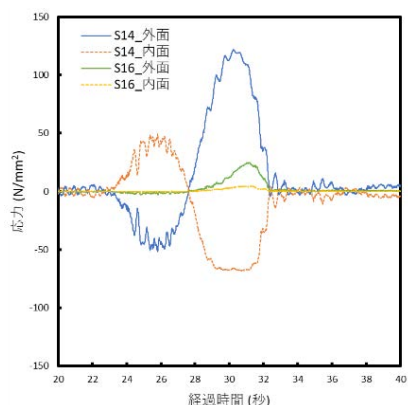


図-4 主桁ウェブの応力状態

5. き裂発生機構の推定

計測結果から推定したき裂発生機構を下記に示す。

- 垂直補剛材に大きな圧縮応力が繰返し作用し、横
桁下フランジとの溶接部に疲労き裂が発生
- 疲労き裂が進展し、垂直補剛材と横桁が分離
- 垂直補剛材と横桁の分離により、主桁ウェブと横
桁下フランジの溶接部付近で面外変形を伴う応力
振幅の増加
- 横桁下フランジ溶接部に疲労き裂が発生
- 引張応力がより大きいウェブ外面にき裂が進展

6. まとめ

本稿では、曲線橋の拡幅桁のような複雑な条件の実
構造物に対して、ひずみゲージ及び変位計を用いた桁
全体の挙動及び応力状態計測を実施し、疲労き裂発生
機構の推定を行った。また、き裂発生機構から、現時点
で未発生同一構造箇所においても、今後き裂の発生
する可能性が想定でき、当て板による補修及び補強と、
それまでの定期的なモニタリングの実施を決定するた
めの一指標となった。

参考文献

- 1)土木学会・鋼構造委員会・鋼橋の疲労対策に関する新
技術調査小委員会：鋼橋の疲労対策技術，丸善，2013。
- 2)中東ほか：鋼箱桁に併設する拡幅桁（鋼 I 桁）ウェブに
生じたき裂の詳細調査，第 78 回年次学術講演会，2023。

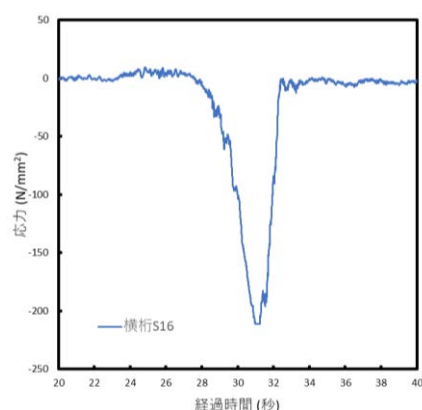


図-5 垂直補剛材の応力状態

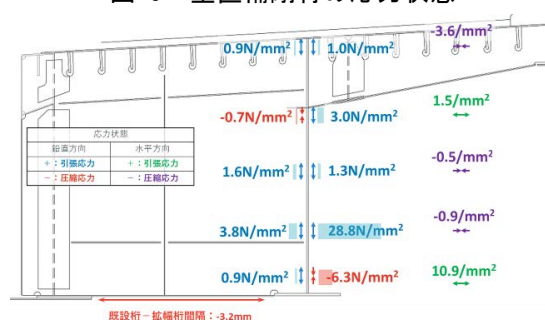


図-6 水平・鉛直方向応力状態と桁変位量