

## 面外曲げが支配的な主桁横桁取付部補剛材上端の疲労き裂対策

西日本高速道路（株） 正会員 ○阪本 眞文、正会員 佐溝 純一  
 西日本高速道路エンジニアリング関西（株） 正会員 上田 憲寿、正会員 石原 佳典  
 （株）ワイ・シー・イー 正会員 松本 健太郎

## 1. はじめに

近畿自動車道の鋼橋において、疲労き裂の発生傾向をみると、外主桁と横桁との取合い部の垂直補剛材上端が多く、西日本高速道路関西支社管内に発生する疲労き裂の90%程度を占めている。き裂が発生した鋼橋の大半は、1970年の大阪万博開催に向けた急速施工時に採用された主桁にH形鋼やフランジにT形鋼を使用した構造に多い。その同種構造が今もなお多く供用されているため、効果的な対策工法を考え、維持管理方針を策定する必要がある。



写真1 疲労き裂発生状況

そこで本報では、FEM解析および実働応力測定により、H形鋼等を用いた主桁の補剛材上端に生じたき裂発生原因を解明し、対策工法を検討する。

取付構造		発生部位別		横断位置別	
取付無	0%	主桁部	1.10%	外桁(路肩)	71.80%
横桁取付	1.00%	対傾構部	1.10%	内側桁	2.40%
対傾構取付	0%	横桁部	8.30%	外桁(中分)	25.80%
取付無	0.80%	垂直補剛材部	89.40%		
横桁取付	96.90%	その他	0.20%		
対傾構取付	1.20%				

## 2. き裂の発生原因

## (1) 実橋梁の応力性状

対策工法の検討にあたり、まずは疲労き裂の発生原因を明らかにする必要があるため、表1に該当する実橋梁を用いて応力計測を行った。応力計測は、H鋼を用いた主桁の垂直補剛材上端の応力性状を把握するため、全重20tに調整した3軸ダンプトラックを用いて、荷重車走行試験を行った。図1に、ひずみゲージ貼付位置に対する垂直補剛材上端部の応力波形結果を示す。

垂直補剛材上端の鉛直方向応力に着目すると、垂直補剛材の表裏で応力が交番し、大きな面外曲げが生じていることがわかる。

## (2) 主桁と横桁との取合い部の変形

実橋の応力波形から、垂直補剛材の変形およびき裂発生原因を推定するため、3次元弾性FEM解析を行った。図2に、変形図を示す。解析では、1径間をモデル化し、載荷荷重はダンプトラックを模して、走行車線中央載荷を再現している。

垂直補剛材は、交通荷重からの床版たわみにより生じる主桁の変形を、主桁に対して断面が大きな横桁が拘束する。そのため、横桁と主桁の取合いである垂直補剛材上端に引っ張りが生じ、接合部が片面せん断であることから、垂直補剛材上端に面外曲げが生じている。中主桁(G2, G3)のように横桁と主桁上フランジを連結板で接合されていれば、このような局所的な変形は生じにくい。外主桁(G1, G4)は横桁と主桁上フランジに連結板は無い。そのため、変形が生じているものと考えられる。

表1 疲労き裂の発生部位別割合

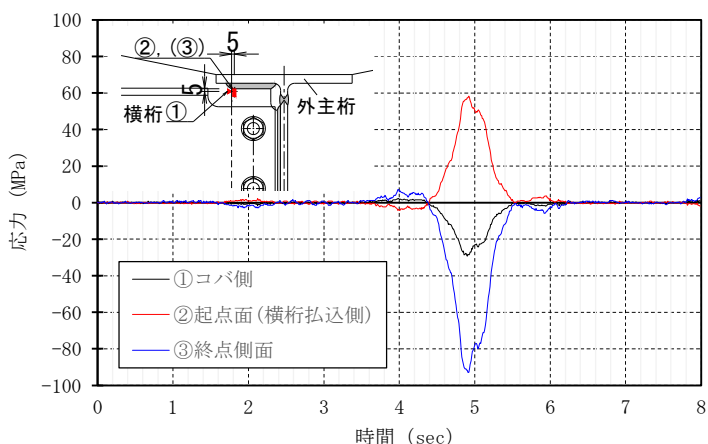


図1 ひずみゲージ貼付位置と実応力波形

キーワード 鋼橋, 垂直補剛材上端, 疲労き裂, 当て板,

連絡先 〒666-0016 兵庫県川西市中央町10-20 TEL 072-755-9400

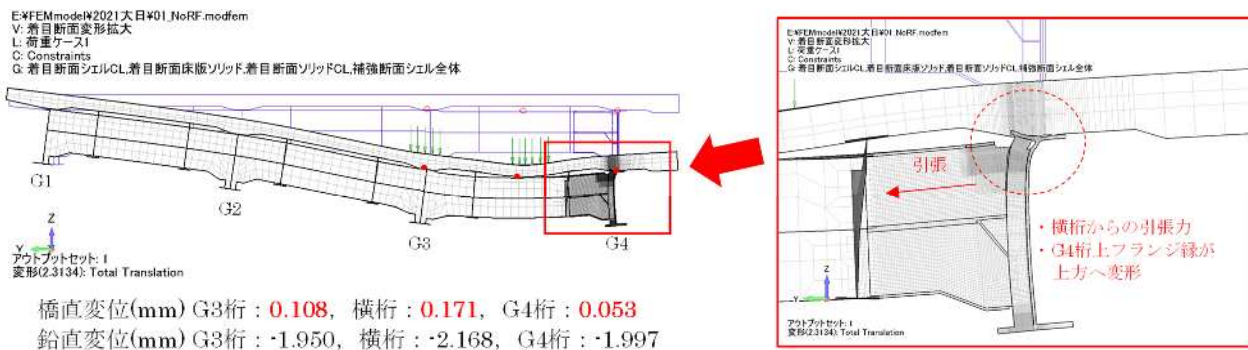


図2 変形図

### 3. 対策工法の提案

対策方針として、①予防および事後対策、②き裂種類に関係ない包括対策、③施工性（桁下のみ可）を考慮した。対策工法は収集事例を参考に、表2の3ケースについてFEM解析を行い、応力低減効果の確認した。

最も応力低減効果が高いのは、3面当板の小タイプおよび大タイプであった。大小タイプいずれも最大応力をE等級の打切り限界以下に抑えることが可能で、応力集中の6割程度の低減が期待できる。施工性を考慮すると、3面当板小タイプが効率的であると言える。なお、対象とする外主桁のフランジの首振り変形は、1方向のみの圧縮片振りで交番しないと考えられるため、圧縮力を接着パテで伝達させることとした。

### 4. 対策効果確認

実橋の垂直補剛材上端に対して、3面当て板を適用した、荷重車走行試験による、予防保全効果を図3に示す。図中の応力値は、荷重車走行試験の応力波形から最大値および最小値を抽出したものである。予防保全効果として、3面当板を行うことで、垂直補剛材上端②③で5%、主桁首部④⑤で43%、横切欠きコバ⑥で63%まで低減（＝対策後/対策前）していることがわかる。

### 5. おわりに

H形鋼等を用いた主桁の垂直補剛材上端に生じた疲労き裂に対して、FEM解析および実応力測定により、き裂発生原因を解明し、現時点で効果的だと考えられる対策工法を提案した。得られた主な結論は以下のとおりである。

- ①き裂発生原因は、横桁と外主桁上フランジが連結されておらず、床版たわみに起因して生じる横桁からの引っ張りが主桁垂直補剛材上端に生じ、大きな面外曲げや首振りが繰り返り生じたことである。
- ②垂直補剛材上端に3面当板を適用することで、垂直補剛材上端の応力集中を5%まで低減できる。

本報では、補剛材上端に3面当板を適用することで十分な応力低減効果を得られることを確認した。しかし、対策部材に応力集中がみられたため、引き続き、効果的な対策方法について検討を進め、本構造に対する最適な維持管理方針を策定していく。

### 参考文献

- 1) 坂本, 坂野, 小西, 小山: 対傾構取付け垂直補剛材上端部の疲労対策に関する実験的検討, 鋼構造論文集, 第25巻第100号, pp1-14, 2018. 12.
- 2) 池頭, 丹羽, 松本: 鋼鉄道橋における垂直補剛材上端の疲労損傷対策, 鋼構造年次論文報告集, 第23巻, pp493-499, 2015. 11.

	CASE1:3面当板小	CASE2:3面当板大
対策図		
概要	補剛材上端両面に3面当板を設置し、首振り作用の抑止および補剛材への圧縮力を分散させ、全てのき裂タイプへの対応を図ったもの。	3面当板小モデルの当板をウェーブ側に拡大し、床版からの圧縮力をウェーブ側へ、より分散させるように図ったもの。
補強効果	応力低減率*:55%	応力低減率*:55%
	◎	◎
	CASE3:2面当板小	
対策図		
概要	3面当板小モデルのウェーブ側の板を省略し、補強板の軽量化および作業の効率化を図ったもの。	※応力低減率は、FEM解析で求めた対策前の補剛材上端溶接止端（コバ側）の最大応力に対する各対策時の低減率
補強効果	応力低減率*:20%	
	△	

表2 対策工法の比較検討結果

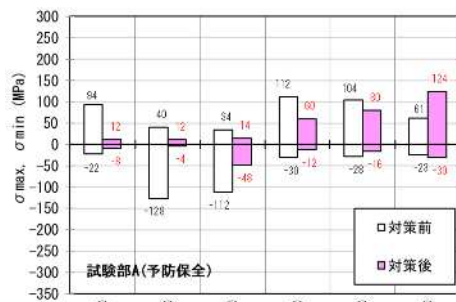


図3 対策効果確認結果