

RC床版鋼鈹桁橋分配横桁取合い部の実橋応力測定及び疲労対策検討

近畿地方整備局 河島 信義
 (株)長大 正会員 ○森野 真之

近畿地方整備局 福田 誠
 関西大学 正会員 坂野 昌弘

1. はじめに

鋼道路橋の設計においては H14 道路橋示方書で初めて疲労の影響を考慮することが明記された。それ以前に建設された鋼道路橋では構造細部に疲労への配慮がなされていないものが多い。鋼道路橋において疲労損傷が顕在化し始めたのは 1980 年頃からであり、その後疲労対策に関する報告あるいは補修要領が発刊されている。本報は、1970 年(昭和 45 年)に供用開始された RC 床版を有する鋼鈹桁橋の主桁と分配横桁の取合い部を対象に、実橋での応力測定の実施、疲労き裂発生状況との対比から原因や疲労寿命の推定、補修対策設計の実施、FEM 解析によるその効果の推定に関して報告する。

2. 対象橋梁 及び疲労き裂状況

図-1 に対象橋梁の平面図及び分配横桁断面図を示す。対象橋梁は 1970 年供用(38 年経過)した支間長 31.2m の鋼単純合成鈹桁(5 径間高架橋の一部)である。事前の橋梁点検及び磁粉探傷試験で確認した疲労き裂は、ほとんどが主桁と分配横桁の取合い部に集中しており、本構造では事例の多い損傷¹⁾である。なお、分配横桁構造は当時の道路橋標準設計図集に示されている構造であり、当時では一般的な構造である。

3. 現地応力計測

試験車(総重量約 200kN)による静的及び動的载荷試験、ならびに過積載車を対象とした動的計測により、応力計測(測点数 120 点)を実施した後、主要測点を抽出(測点数 16 点)して 72 時間での応力頻度測定を実施した。なお、き裂発生前の応力状態を再現するため、ゲージ貼付付近のき裂を事前に補修溶接した後に、計測を実施した。補修溶接を施した横桁は新材と交換する予定である。本報では現地にてき裂が確認された部位(分配横桁取付部垂直補剛材上端部、及び分配横桁フランジ端部回し溶接部)に着目して記述する。

代表的な静的载荷試験結果(G5 桁上载荷時)を表-1 に、測点位置を図-2 に示す。表-1 に示すように、垂直補剛材上端部(測点 1, 2)及び横桁フランジ端部回し溶接部(測点 11, 16)とも、起点側と終点側の応力度に大きな差が確認され、概ね起点側で大きく計測された。この結果は、実際にき裂が起点側で多く発生している状況とよく一致している。これは、主桁と横桁との接合が垂直補剛材と横桁ウェブとの 1 面ボルト接合によっているため、接合部の偏心の影響が面外曲げとして現れたものと考えられる。また、動的载荷試験結果からは、横桁取付部主桁ウェブの左右で応力が正負逆転していることを確認した。これは床版のたわみによる二次応力(主桁上フランジの首振り現象)が原因と推察する¹⁾。

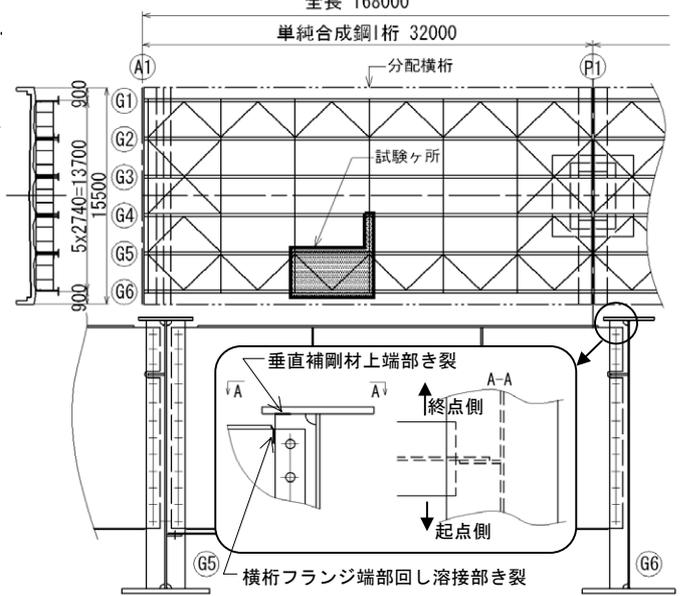


図-1 対象橋梁及びき裂状況

表-1 代表位置での静的载荷試験結果(G5 桁上载荷)

測点	ゲージ位置と方向	応力度 (MPa)		測点	ゲージ位置と方向	応力度 (MPa)	
		単独	平均			単独	平均
1	起点	-127.1	-77.3	11	起点	52.9	21.9
	終点	-27.4			終点	-9.1	
2	起点	-21.8	-35.8	16	起点	45.6	24.8
	終点	-49.8			終点	3.9	

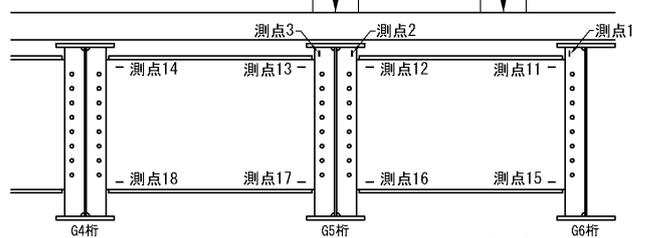


図-2 測点位置図(起点側から見た概念図)

キーワード 鋼鈹桁橋, 分配横桁, 疲労損傷, 疲労寿命評価, 疲労対策

連絡先 〒730-0051 広島市中区大手町二丁目 8 番 4 号 (株)長大 広島支社 TEL 082-545-6653

4. 疲労寿命評価と疲労対策

応力頻度計測結果により推定した現況での疲労寿命評価を表-2に示す。疲労強度等級はホットスポット応力を受けている非仕上げの継手と考えE等級²⁾で評価した。疲労寿命評価は、応力頻度測定によって採取したレインフローデータを用いてマイナー則により評価した。表-2に示すように、補強前では垂直補剛材上端部及び分配横桁フランジ端部回し溶接部ともに非常に短い寿命結果となる。この結果は起終点の内、応力度の大きい側の値を用いた推定結果である。なお、重量が明確な動的載荷試験結果との比較から応力頻度測定中(72時間)での車両最大重量は約630kNと推定した。

疲労対策は、図-3に示すように、横桁フランジ連結材の設置および床版首振り防止用補強材の設置による構造改善を基本とした。首振り防止用補強材は、既設主桁上フランジへの孔明けを避けるとともに車両通行下での施工となることに配慮し、既設主桁上フランジをメタルタッチで支持するように計画した。横桁フランジ端部の回し溶接に発生しているき裂は、なめらかに削り込むこと(円孔状切欠工の設置)を基本とし、き裂長が長い場合はストップホール及びあて板補強を施すこととした。これらの対策による疲労耐久性の改善効果をFEM解析により推定した結果を以下に記す。

(1)垂直補剛材上端部に関しては、首振り防止用あて板補強材の設置により応力度が20%程度以下に低減すると推定される。垂直補剛材そのものを両側から挟み込む方法であるため、非常に大きな改善効果が期待できる。

(2)横桁フランジ端部回し溶接部は、横桁フランジの連結により応力度は現況の40%~80%程度に低減すると推定される。供用後38年経過した現時点でき裂がない箇所に関しては、既設部材に手を加えずに少なくとも疲労寿命は2倍程度向上ことが期待できる。一方、き裂が存在する箇所は図-3に示すような円孔状切欠工を設けることにより応力集中部が溶接止端部から母材に移行するため、疲労強度等級の向上(E等級からC等級)効果等により、疲労寿命は4倍程度以上向上すると予想される。加えて、横桁フランジ連結材の設置により、垂直補剛材と横桁ウェブとの間に生じていた応力集中も軽減されるため、さらなる疲労耐久性の向上が期待できる。

5. おわりに

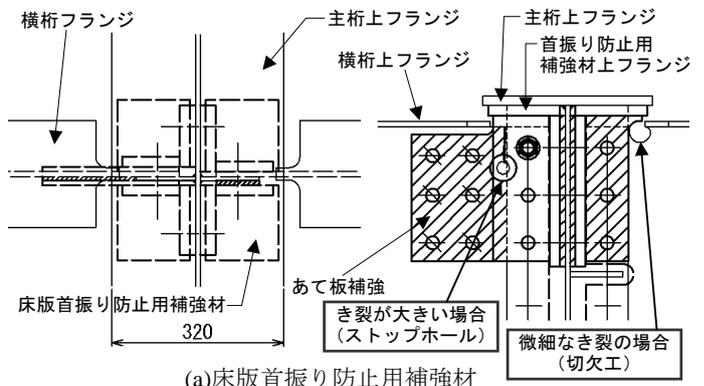
今回の実橋応力測定により疲労き裂が発生している箇所の応力状況が確認できた。この結果をもとに、疲労対策工を検討し、その効果をFEM解析により推定した。しかし、首振り防止用補強材と既設主桁上フランジとの密着性確保のために採用した密着用ボルト³⁾(ボルト締付によりあて板補強材が押し上げられる構造)による施工性や性能確認を含め、今回の補強対策について実橋における効果を検証しておくことは重要であるので、今回の試験と同箇所にて補強後の確認試験を実施し、対策案の妥当性を確認する予定である。

【参考文献】

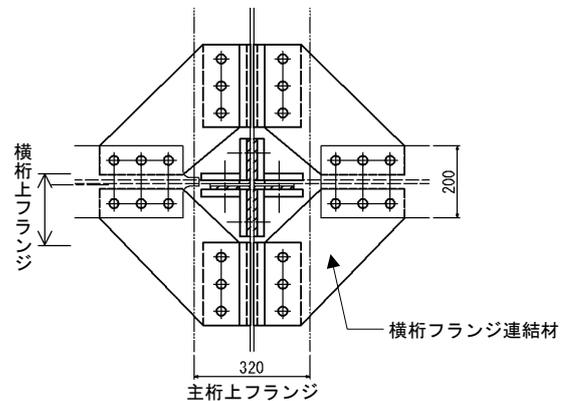
- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労，1997。
- 2) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993。
- 3) 日本鋼構造協会：土木構造物の点検・診断・対策技術，2007。

表-2 疲労寿命評価結果 (単位：MPa)

位置	測点	疲労強度等級等			応力頻度測定結果		
		$\Delta \sigma_{ce}$	$\Delta \sigma_{ve}$	$\Delta \sigma_{max}$	$\Delta \sigma_{eq}$	寿命(年)	
垂直補剛材上端	1	E	62	29	435	104	0.9
	2	E	62	29	255	69	7.2
	3	E	62	29	255	62	12
横桁端部	11	E	62	29	330	72	2.7
	12	E	62	29	290	62	6.2
	13	E	62	29	220	52	12.7
	14	E	62	29	250	59	7.6



(a)床版首振り防止用補強材



(b)横桁フランジ連結材

図-3 疲労対策概念図