

斜角 30° の鋼道路橋に生じた疲労損傷と変形挙動

(一社) 日本非破壊検査工業会
兵庫国道事務所
関西大学
NPO 法人橋守支援センター

正会員 ○ Luiza H. Ichinose
非会員 高橋 秀爾
正会員 石川 敏之
正会員 坂野 昌弘

1. はじめに

本稿は、国土交通省近畿地整の新都市社会技術融合創造研究会の「鋼橋の点検並びに損傷の調査手法の高度化に関する研究プロジェクト」の一環として、疲労き裂が検出された橋梁の実働応力性状を把握し、橋梁全体の变形挙動と疲労損傷の関係について明らかにすることを目的として実施した動的載荷試験および応力頻度測定について報告するものである。

2. 対象橋梁と疲労損傷

対象橋梁は、図 1 に示すとおり、橋長 18.100m、支間長 17.880m、幅員 25.350m (3 車線) で斜角 30° の RC 床版単純鋼桁橋である。1961 年に竣工し、2020 年の点検調査で図 2 に示す端補剛材と支点直近の中間補剛材の上端部で疲労き裂が検出された。

端補剛材の上端部については、G11 と G12 で鋭角側は破断しており、鈍角側にも数 10mm 程度のき裂が生じていた。中間補剛材の上端部については、やはり G11 と G12 で支点直近の鈍角側にのみ、比較的短い 10～30mm 程度のき裂が生じていた。

3. ひずみ測定点

測定点は、図 2 に示すとおり、大型車交通量が多い G11～G14 の A2 側の端補剛材と中間補剛材の上端部とした。ひずみゲージ (単軸 1mm) は、鉛直方向に溶接止端から 5mm 程度離して貼り付けた。

端補剛材については、予備計測で、上端部が破断している G11 と G12 の鋭角側および数 10mm のき裂が生じている G11 の鈍角側ではひずみが計測できなかったため、き裂が生じているものの最も大きいひずみが計測された鈍角側の 1 箇所 (測定点②) と、鋭角側と鈍角側を比較するために、き裂が発生していない 4 箇所 (測定点⑤, ⑥, ⑦, ⑧) を選定した。

中間補剛材については、微少なき裂が生じていたがひずみが計測された支点直近の鈍角側 2 箇所 (測定点①, ④) と、き裂が生じていない支点からやや離れた鋭角側の 1 箇所 (測定点③) を選定した。

4. 応力計測方法

試験車走行による動的載荷試験および供用荷重下での 72 時間連続の応力頻度測定を行った。

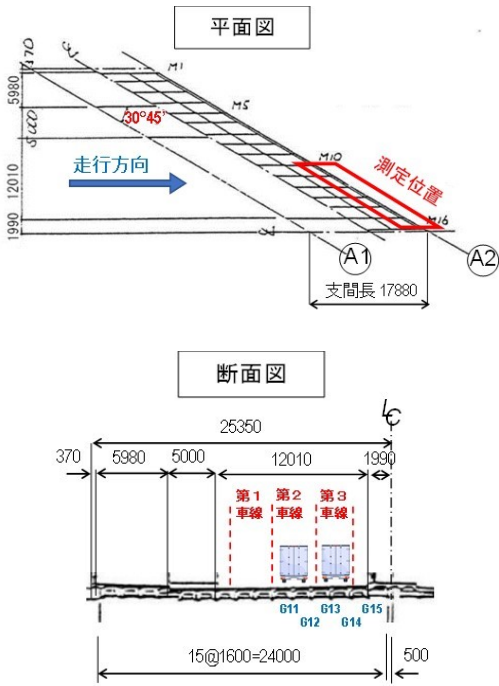


図 1 対象橋梁

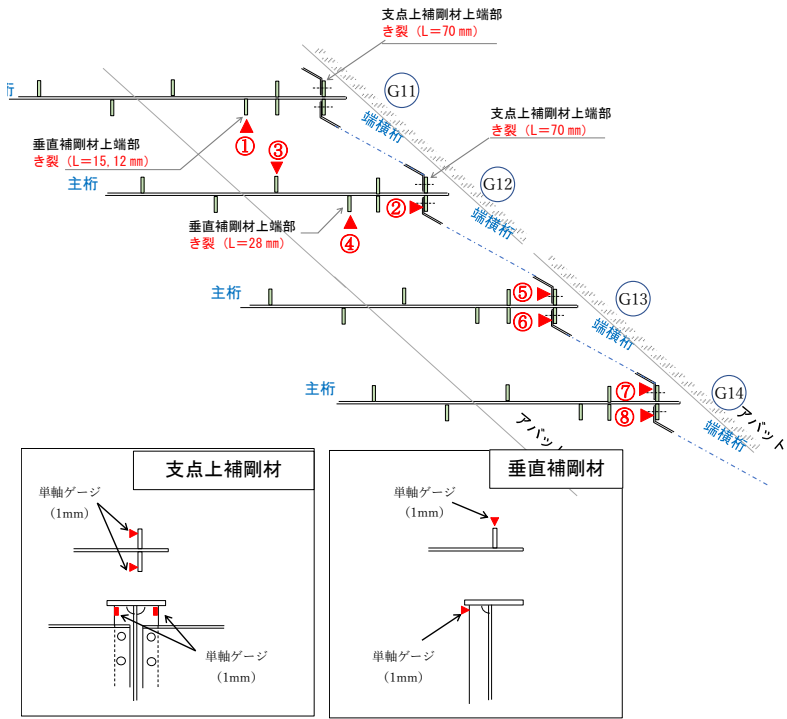


図 2 測定点および疲労き裂検出箇所

キーワード 斜橋, 支点上補剛材, 垂直補剛材, 疲労き裂, 応力測定
連絡先 〒101-0047 東京都千代田区内神田 2-8-1 富高ビル 3F (一社)日本非破壊検査工業会 TEL. 03-5207-5961

図 1 の断面図に示すように第 2 および第 3 走行車線をそれぞれ 2 回、約 40km/h の速度で走行させ、各測定点での応力測定を行った。試験車には、前軸 4.06t、後軸 8.44t、総重量 12.48t、軸距 4.6m の排水管清掃車を用いた。

5. 応力測定結果と考察

5.1 動的載荷試験の結果

表 1 に試験車両通過時に各測定点で発生した最大および最小応力を示す。G11 の①は第 2 車線、G12 の②、④と G13 の⑤、⑥は第 3 車線走行時に最大の応力値が生じており、走行位置の影響が現れている。なお、G12 の③は、第 2 車線走行時には圧縮、第 3 車線走行時は引張と、走行車線により応力が交番している。G14 の⑦、⑧では、どちらの車線でもほとんど応力が生じていない。

端補剛材では、鈍角側の②、⑥で圧縮応力が、鋭角側の⑤で引張応力が生じており、床版のたわみ変形の影響を受けていることが推察される。中間補剛材では、支点に近い鈍角側の①、④で圧縮応力が、支点から離れた鋭角側の③では走行車線によって引張と圧縮の応力が交番している。

表 1 動的載荷試験（最大・最小応力度） 単位：MPa

測定点		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
第 2 車線	1 回目	max	0.2	13.3	5.4	8.7	5.2	1.5	0.3
		min	-32.2	-36.9	-12.6	-10.8	-0.5	-10.5	-0.5
	2 回目	max	0.3	13.5	5.3	8.6	5.6	2.6	0.2
		min	-32.0	-38.1	-12.9	-11.1	-0.9	-11.5	-0.5
第 3 車線	1 回目	max	1.5	1.2	12.6	0.5	16.4	3.1	1.2
		min	-28.3	-90.1	-0.3	-35.8	-0.5	-42.8	-1.3
	2 回目	max	0.5	0.6	12.5	0.4	17.0	1.3	1.2
		min	-28.0	-89.5	-0.3	-34.2	-0.2	-43.6	-1.2

図 3 に試験車両が橋梁を通過した際の応力波形を示す。G11 の中間補剛材①以外の G12 と G13 の計測値は、全て第 3 車線走行時の方が第 2 車線よりも大きくなっており、主桁の鈍角側に荷重が載る方が疲労に厳しいことが分かる。また、端補剛材、中間補剛材ともに、鈍

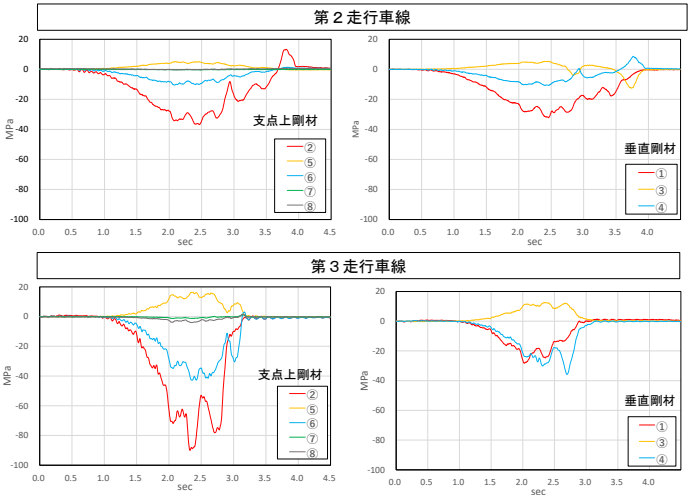


図 3 試験車両通過時の応力波形

角側の圧縮側では車輪ごとのピークが現れているが、鋭角側の引張側では明瞭ではなく、床版全体のたわみ変形の影響が大きいことを示している。

5.2 応力頻度測定の結果

一般交通下で行った 72 時間の連続測定から得られた応力に対して、レインフロー法とピークバレー法による応力頻度解析を行った。表 2 にそれらの結果を示す。

全体的な傾向は動的載荷試験と同様であるが、引張側、圧縮側ともに発生応力は大きい。G14→G13→G12 と端補剛材の応力値が大きくなっており、端補剛材の上端部が破断している G11、G12 の鋭角側と、き裂が大きい G11 の鈍角側では応力が計測できなかったが、それらの箇所では表 2 よりもさらに大きな応力が生じていた可能性が高い。

最大値は②の-304MPa で動的載荷時の-90MPa の 3.4 倍であることから試験車の最大軸重 8.44ton の 3.4 倍の軸重 29ton 程度の車両が走行していたことが推定される。また、⑧で-104MPa が計測されていることから、G14 の鈍角側にも車輪が走行していたことが分かる。

表 2 応力頻度測定（72hr）最大応力範囲および最大・最小応力度 単位：MPa

測定点	レインフロー法 最大応力範囲	ピークバレー法 最大・最小応力度	対象部材
	$\Delta\sigma_{max}$	σ_{max} σ_{min}	
①	136	16 -120	11-4 (垂直補剛材)
②	352	48 -304	12-2 (支点上補剛材)
③	64	48 -24	12-3 (垂直補剛材)
④	144	24 -128	12-4 (垂直補剛材)
⑤	80	72 -16	13-1 (支点上補剛材)
⑥	168	24 -152	13-2 (支点上補剛材)
⑦	16	8 -8	14-1 (支点上補剛材)
⑧	120	16 -104	14-2 (支点上補剛材)

6. まとめ

- (1) 大きなき裂が確認されている端補剛材上端部では、鋭角側で引張、鈍角側で圧縮の応力が生じており、鋭角側が破断しているのは引張応力の影響と考えられる。
- (2) 比較的小さいき裂が確認されている支点直近の鈍角側の中間補剛材上端部では、端補剛材の半分程度の大きさの圧縮応力が生じていた。
- (3) 端補剛材も中間補剛材も、主桁の鈍角側を車輪が走行する際に大きな応力が生じていることから、鈍角側の床版のたわみが疲労損傷に影響していることが推察される。

参考文献

- 1) (財) 道路保全技術センター：応力頻度測定要領（案），1996。