

道鉄併用橋のトラス部材の疲労環境調査

株式会社ブリッジ・エンジニアリング 正会員○大藤 時秀
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 奥村 淳弘
 本州四国連絡高速道路株式会社 正会員 溝上 善昭

1. はじめに

瀬戸大橋では建設当時、亀裂進展を考えた疲労設計法を採用し、耐用年数を100年と考え、その間に載荷される荷重と繰り返し回数において、破壊に至らない設計と製作を行った¹⁾。設計では、疲労許容応力範囲を設定し、疲労設計荷重から発生する応力範囲を照査する。製作では、部材の重要度等から許容きず(建設当時は「溶接欠陥」という)寸法を規定し、厳格な品質管理が行われている。維持管理では、AUTによるきずの追跡調査を行い、平成12年度までの結果では、亀裂進展は確認されていない。

一方、現状では設計条件と比較し、新幹線荷重は載荷されず、在来線の運行本数も少ないことから、疲労環境としては安全側であると想定される。しかし、今後、長年にわたり道路鉄道併用橋として維持管理していくためには、疲労亀裂の進展の可能性が高い箇所を効率的にモニタリングする必要がある、AUTに代わる合理的な点検手法の確立が課題である。

本報では、現状の疲労環境を把握する基礎データ

を収集するため、ひずみゲージによる応力計測を行い、道鉄併用橋のトラス部材に対し、鉄道載荷時の挙動と疲労環境を把握すべく調査を実施した。

2. 方法

図-1に調査橋梁、ひずみゲージ貼付位置、ゲージ位置のきず寸法及び許容きず寸法を示す。調査橋梁は道路鉄道併用の鋼3径間連続斜張橋である。計測位置は製作時の要求品質が高く、検査で比較的大きいきずが確認された箇所とした。計測は調査橋梁に列車が入ってから出るまでのひずみを連続計測した。

3. 結果

図-2に計測結果の例を、表-1に設計時との比較を、表-2に列車運行状況と累積疲労損傷度をそれぞれ示す。最大の応力範囲が生じたのは、貨物列車(図-2(a))の通過時で、下フランジで24MPaであり、設計時の疲労許容応力範囲の21%であった。繰り返し回数は貨物列車と旅客列車の合計で551万本/100年で設計想定²⁾の73%であるが、そのうち貨物列車は29万本/100年と設計想定²⁾の4%であった。これらより、疲労環境は、設計時の想定以下と推察される。

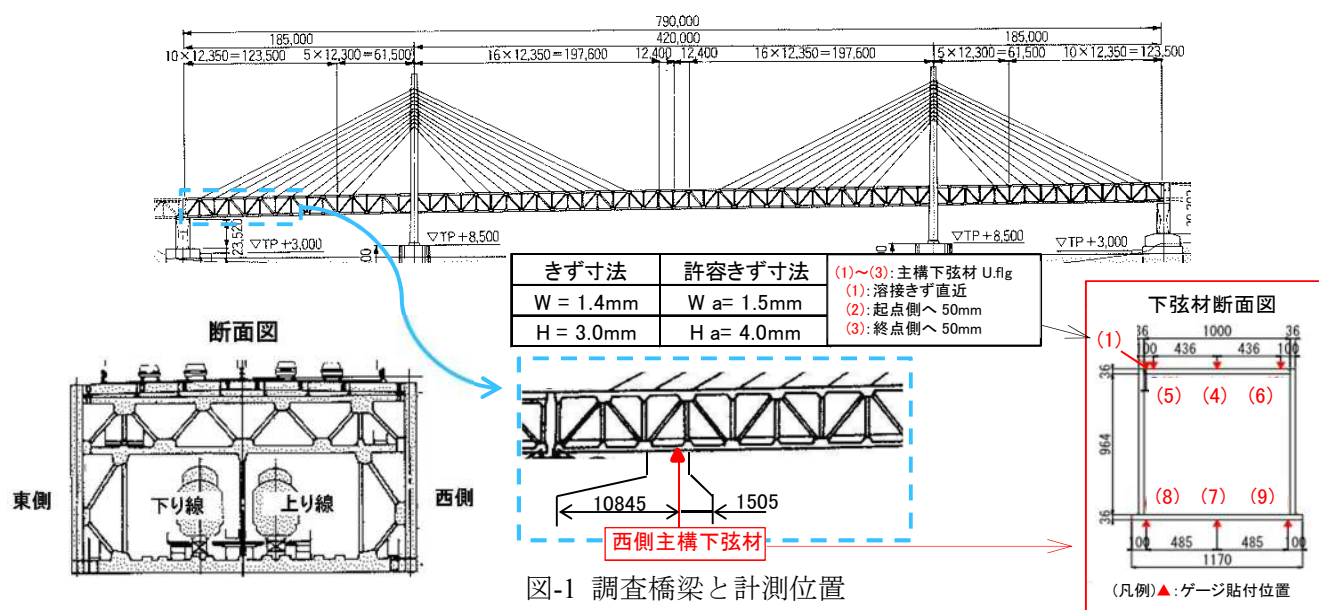


図-1 調査橋梁と計測位置

キーワード 道路鉄道併用橋, トラス部材, 疲労, ひずみ計測, 管理手法の検討

連絡先 〒655-0047 神戸市垂水区東舞子町4-115 JB 本四高速舞子ビル内 技術事業本部 TEL 078-785-3651

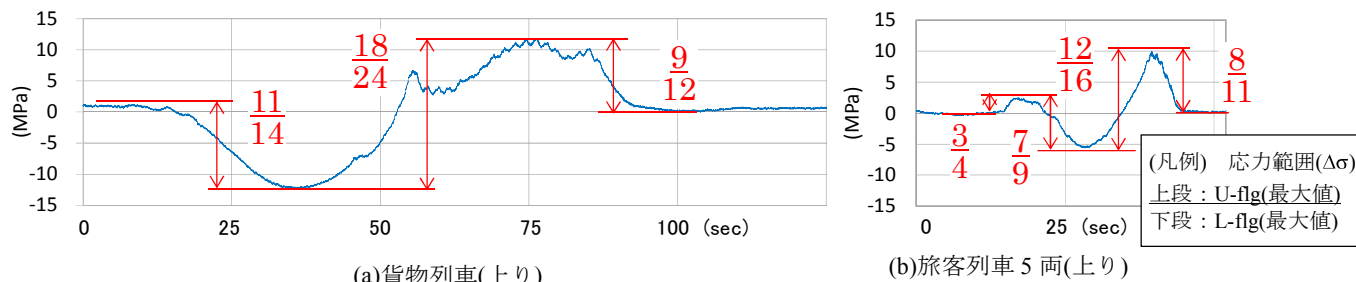


図-2 計測結果

表-1 設計時との比較

	建設時の疲労照査	今回計測(a)	今回計測(b)
		貨物列車	旅客列車
荷 重	(単線載荷) 7ton/m $\times$ 32.7m + 5.3ton/m $\times$ (252m-32.7m) =1,391ton(1.00)	770ton(0.55)	197ton(0.14)
最大応力範囲($\Delta\sigma$)	117MPa (0.89)	24MPa(0.21)	16MPa(0.12)
疲労許容応力範囲	132MPa (1.00)		
100年間の繰返し回数(N)	在来線: 90本・片道/日 新幹線: 14本・片道/日 104 $\times$ 2 $\times$ 365 $\times$ 100=760万本(1.0)	貨物列車 8本・片道/日 $\times$ 365 $\times$ 100 =29万本(0.04)	貨物以外 143本・片道/日 $\times$ 365 $\times$ 100 =522万本(0.69)

表-2 累積疲労損傷度

列車種別(車両編成)	運行回数	$\Delta\sigma$ 計測 (MPa)	累積疲労損傷度 D_f
貨物 (1+20)	8回/日 0.29 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	16, 28, 14	2.1 $\times$ 10 ⁻⁵
旅客 (7)	4回/日 0.15 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	6, 13, 22, 15	6.0 $\times$ 10 ⁻⁶
旅客 (5)	93回/日 3.39 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	4, 9, 16, 11	5.3 $\times$ 10 ⁻⁵
旅客 (4)	16回/日 0.58 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	3, 7, 13, 9	4.8 $\times$ 10 ⁻⁶
旅客 (3)	25回/日 0.91 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	2, 5, 10, 7	3.4 $\times$ 10 ⁻⁶
旅客 (2)	5回/日 0.18 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	2, 4, 6, 4	1.6 $\times$ 10 ⁻⁷
合 計	151回/日 5.51 $\times$ 10 ⁶ 回/100year	—	8.8$\times$10⁻⁵

次に、線形累積被害則の考え方を適用し、安全側となる修正マイナー則を用いて疲労照査を行った。照査に用いる強度等級は D 等級とし、貨物列車については満載時 (900ton) を考慮して実計測より割り増した応力範囲を用いた。また、旅客列車の編成の違いは、5 両編成の旅客列車を基本とし、車両数に比例するものと仮定して、 $\Delta\sigma$ とした。その結果、1 年間の累積疲労損傷度は 8.8×10^{-5} となり、疲労寿命は 10,000 年を超える結果となった。

4. まとめ

(1) 応力範囲

- ・最大は貨物列車(上り)の通過時の 24MPa (疲労許容応力範囲の 21%)
- ・旅客列車 5 両(上り)の単線では 16MPa (疲労許容応力範囲の 12%)
- ・いずれも設計時の疲労許容応力範囲内である。

(2) 運行本数

- ・設計時に想定した 760 万本/100 年に対し、551 万本/100 年で 73%となっている。
- ・そのうち貨物列車は全体の 4%と極めて少ない。

(3) 亀裂進展状況と疲労寿命

- ・貨物列車および旅客列車の最大の応力範囲は、そ

れぞれ疲労許容応力範囲の 21%および 12%であり、許容きずからの亀裂が短期間に大きく伸展する状況ではない。

- ・応力範囲は全て直応力を受ける継ぎ手の打ち切り限界 $\Delta\sigma_{vc}$ (D 等級: 39MPa) 以下であり、予想される寿命は 10,000 年以上であることから、疲労環境は設計時の想定以下の状況である。

平成 28 年度は吊橋²⁾、今回は斜張橋の主構部材において列車走行時の応力範囲と疲労寿命の評価を行った。今後、トラス橋で計測を行い、橋梁形式ごとに疲労環境を把握し、合理的な管理手法について検討する予定である。

5. 謝辞

本調査にあたり、坂野昌弘教授 (関西大学) に多くの助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1)本州四国連絡橋公団, 上部構造設計基準・同解説, 1980.6.
- 2)奥村ら, トラス部材の疲労に着目した管理手法に関する検討, 第 72 回土木学会年次学術講演会講演論文集, 土木学会, pp.543-544, 2017 年 9 月