

IV-324 鋼鉄道橋の疲労損傷度評価

JR東日本 正会員 島村 誠
JR東日本 小林 俊夫

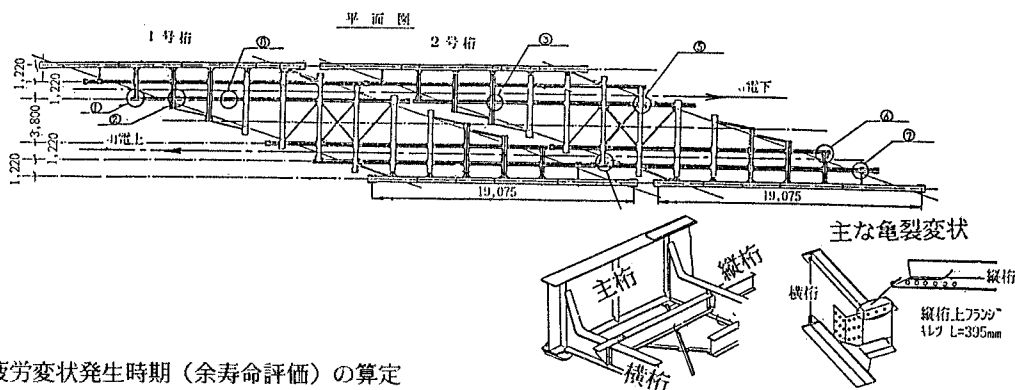
1. はじめに

疲労は、鋼構造物における供用開始後の劣化現象のなかでは、腐食及び遅れ破壊と並んで代表的なものである。特に、首都圏の既存の鉄道橋においては、設計時の疲労に対する安全性の照合に用いた繰返し応力を超過する列車荷重がすでに通過しているケースがめずらしくないため、疲労に対する保守管理が今後ますます差し迫った問題になると考えられる。

本稿では、実橋で発見された疲労亀裂事例に対し、応力履歴を用いた余寿命評価手法の当てはめを行い、亀裂発生時期の適合度を検討した結果について述べる。

2. 亀裂変状の発生状況

首都圏のJR線の主要な鋼鉄道橋の建設年度は大正年間に集中しているが、今回、疲労亀裂が見つかった橋りょうもそのひとつで、経年71年、2主斜角の下路ルトカ-である。疲労による亀裂は今までに7箇所見つかっており、主に縦桁と横桁の接合部分に発生しており、ほとんどが縦桁上フランジ山形鋼コナ部分であった。亀裂長さは100～395mmに達し、縦桁上フランジのウェブ受部分では欠落に至っているものがあった。



3. 疲労変状発生時期（余寿命評価）の算定

1) 応力頻度

列車載荷による実働応力の波形から、疲労被害での振幅計数法の一つであるレンジペアカウント法により応力振幅（応力範囲）と、それぞれの応力振幅の繰返し回数 n_i について頻度解析し、頻度分布と最大応力振幅を求めた。

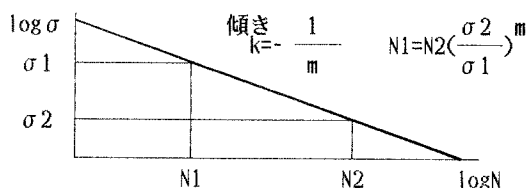
2) 疲労被害の等価繰返し回数

1)の1編成電車通過中の実働応力の頻度分布から、各実働応力振幅（範囲）を疲労被害の基準応力に換算した疲労被害の等価繰返し回数 N_{eq} を修正マイナー則を用いて計算した。

応力振幅と繰返し回数との関係は左図のとおりとなることから、1編成電車当りの等価繰返し回数は次式より求めた。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^j N_i \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_1} \right)^m$$

σ_i : レンジペアカウントした頻度から得た実働応力振幅
 N_i : σ_i の繰返し回数
 σ_1 : 疲労被害の基準応力
 m : 評価で用いるS-N線の勾配



3) 桁の各部差材の許容列車本数

各部材が許容できる当該線区での列車載荷本数は、次式により求めた。

$$\text{許容列車本数} = \frac{2 \times 10^6}{N_{eq}} \quad (N_{eq}: \text{等価繰返し数})$$

4) 算定結果

1)～3)により計算した結果について表-1に示す。また、当該線区の列車の荷重履歴（経年－累積車両数）を図-1に示す。

4. 算定結果の考察

表-1及び図-1より疲労亀裂変状は①縦桁上フランジ山形鋼コナ部分②縦桁上フランジガ－プレート 溶接部分、③縦桁下フランジ山形鋼、④横桁下フランジ山形鋼、⑤横桁上フランジ山形鋼、⑥主桁下フランジ山形鋼リベット周辺の順に発生することがわかる。

なお、表-1の計算過程におけるS－N線図の勾配については、 $m=3, 4, 5$ 等あるが、（財）鉄道総研で検討したリベット継手等非溶接継手の「繰返し数 200万回の基本応力範囲（暫定基準）」により $m=3$ を用いて計算したが、表-1の結果と実際に縦桁上フランジ山形鋼コナ部分に亀裂が発生した時期とがほぼ一致しているので、現在亀裂が発生していない部材についても表-1に近い経年で亀裂が発生するものと推定できる。

S－N線図の勾配については、今後数多くのモデルによる繰返し載荷試験により検証されていくものとする。

今回の余寿命評価に併せて、桁のたわみ試験及び欠損部分を考慮した残存断面での桁耐力（強度）の評価を行ったが、たわみ試験では、限界値に対する比率が17～40%の範囲を、桁耐力評価では、鋼鉄道橋において定められた限界応力対し最大でも47%であり、いずれのばあいも許容限界を越える値は示さなかった。

しかし、現実として疲労亀裂が発生したことを確認していることより、今後は桁の耐久性評価（余寿命評価）が重要な検討項目であり、検査手法においても「眼」を変えて取り組む必要がある。

最後に 資料及び御指導いただいた（財）鉄道総研・鋼構造 市川主任研究員並びに阿部研究員に謝意を表します。

表-1 各部材、部位毎の許容電車車両数

部 材 名	等価繰返し数 (1両当り)	疲労指数 (1両当り)	許容電車車両数 ($\times 10^4$ 両)	亀裂発生が予想される経年	亀裂発生位置
主 桁 (下フランジ山形鋼リベット周辺)	-2	0.109×10^{-2}	182,815	1,662	6
横 桁 (下フランジ山形鋼)	-2	0.701×10^{-2}	28,328	258	4
横 桁 (上フランジ山形鋼)	-2	0.341×10^{-2}	58,823	535	5
縦 桁 (下フランジ山形鋼)	-2	0.776×10^{-2}	26,110	237	3
縦 桁 (上フランジ山形鋼コナ)	-1	0.546×10^{-1}	3,846	62	1
縦 桁 (上フランジガ－プレート 溶接)	-7	0.124×10^{-7}	8,064	100	2

注) 亀裂発生が予想される経年は、現行列車本数が継続されるものとして計算した。

図-1 縦桁上フランジ疲労変状の予測

