

繰返し数の影響を考慮した耐疲労性の照査に用いる列車の編成・本数に関する検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○坂本 賢二

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 黒田 智也

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 行澤 義弘

1. はじめに

平成 21 年に鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）（以下、鋼標準）が改定され、鋼鉄道橋における繰返し数の影響を考慮した耐疲労性の照査は、従来の繰返し数の影響を考慮するための係数を用いた照査手法（以下、係数法）から、累積疲労損傷度を用いた照査手法に変更となった。従前は、ある列車モデルの荷重・本数等（以下、標準設定荷重）により求められた係数を用いていたが、使用目的に応じた要求性能を設定した照査を行うこととなり、新たに対象線区の使用状況に応じた列車編成や列車荷重、列車組み合わせ、本数の設定（以下、新設定荷重）が必要になる。そこで本稿では、鋼鉄道橋において累積疲労損傷度を用いた適切な照査を実施するため、繰返し数の影響を考慮した耐疲労性の照査に用いる列車編成・本数等について検討を行い、それを用いた試算を実施したので報告する。

2. 諸元設定の概要

鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）（以下、RC 標準）や、当社で策定している鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）のマニュアル（以下、RC マニュアル）において、列車の繰返し数の影響を考慮した鋼材の疲労強度を算定する際に用いる列車編成等が定められている。鋼構造物においても、RC 標準および RC マニュアルと同様の考え方により整理することとした。

2―1. 列車種別、列車編成、列車本数の設定

設定した列車種別・列車編成・列車本数を表-1、表-2 に示す。旅客列車の列車編成については、RC 標準では 10 両、RC マニュアルでは 15 両を対象としていたため、耐疲労性の照査という観点から、繰返し数が多くなり桁に対して安全側の評価となるように 15 両編成で行うこととした。なお、区分①は 1,2 級線または設計通過トン数 1000 万トン/年以上を満たす線区、区分②は 3,4 級線または設計通過トン数 1000 万トン/年以下を満たす線区、区分③は電車専用線を表す。また、列車種別の電車 1 については 100%乗車、電車 2 については 250%乗車としている。

表-1 列車種別・列車編成

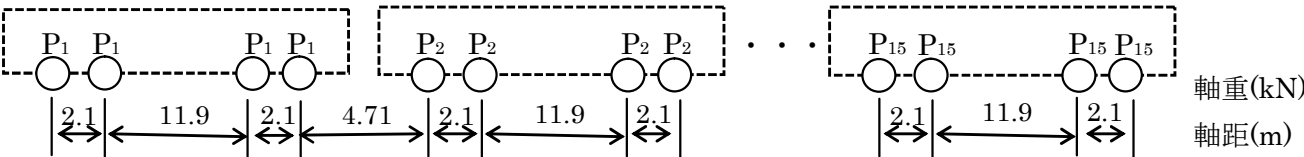
一般線		電車専用線	
旅客列車	貨物列車	電車 1	電車 2
15 両編成	機関車 1 両＋貨車 24 両編成	10 両編成	10 両編成

2―2. 軸重・軸距の設定

軸重・軸距については、RC 標準に記載されている JR 社標準列車の軸重・軸距を用いる。ただし、旅客列車については 10 両分の軸重・軸距しか記載されていないため、10 両分の旅客列車 1 編成当たりの重量を 1.5 倍し、15 両編成に換算することとした。今回新たに設定した旅客列車の軸重・軸距を図-1 に示す。

表-2 列車本数

区分	①		②		③	
線路等級	1,2 級線		3,4 級線		電車専用線	
設計耐用年数	100 年		100 年		100 年	
列車本数(本)	旅客	貨物	旅客	貨物	電車 1	電車 2
	80	75	35	5	75	200



P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
102	126	126	102	102	126	110	126	126	102	126	126	110	110	102

図-1 旅客電車の軸重・軸距

3. 係数法による年間通過トン数および当社使用状況との比較検証

新設定荷重が当社の実際の使用状況に即したものとなっているかどうかを検証するため、標準設定荷重および当社の使用状況との比較を行った。表-4 に新設定荷重から求められた年間通過トン数、表-5 に標準設定荷重により係数法を用いる場合の係数算出に用いた通過トン数を示す。区分①、②、③のいずれもおおよそ同程度の年間通過トン数となった。電車専用線である区分③の列車荷重に関しては、今回設定した列車荷重のほうが小さいが、係数算出時は乗車率 350%を見込んだ荷重であるのに対し、当社では本数・乗車率が最大級の路線である山手線でも最大乗車率 201%であることや列車自重も軽量となっていることなどから、今回設定した列車荷重で妥当だと判断できる。列車本数についても一日当たり最大級の本数である山手線が 325 本/日であることから、列車本数 275 本は妥当な数値であると言える。

4. 試算

下路プレートガーダーのサンプル橋梁（支間 31.3m、照査断面は主桁支間中央）を用いて、区分①を対象として新設定荷重で試算を実施した。その計算結果を表-6 に示す。なお、耐用年数はいずれも 100 年とした。当社の使用状況に合わせた列車荷重等を設定したことで、いずれのケースも【標準設定荷重による照査】>【新設定荷重による照査】となり、新設定荷重による照査のほうが余裕を持った設計が行えるという結果となった。

5. まとめ

今回、鋼標準の変更に伴い導入された累積疲労損傷度を用いた耐疲労性照査を行う際の具体的な列車編成・組み合わせ・列車荷重等を設定した。サンプル橋梁を用いて新設定荷重で試算を行った結果、標準設定荷重よりも新設定荷重による照査のほうが余裕を持った照査となることを確認した。このことから当社の使用状況に合った本設定を用いて累積疲労損傷度による照査を行えば、より経済性の高い設計を行うことができると考えられる。今後は、マニュアルへの反映および 10m 以下の短スパンの橋梁についての検証を行っていく予定である。

表-4 設定した列車本数等による年間通過トン数

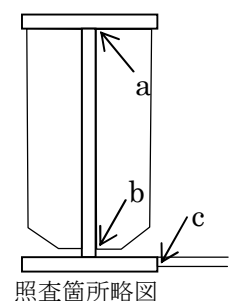
区分	1 編成当たりの総重量(kN)	列車本数	年間通過トン数
区分①	旅客列車	702.1	80
	貨物列車	1550.1	75
区分②	旅客列車	702.1	35
	貨物列車	1550.1	5
区分③	電車 1	468.1	75
	電車 2	599.4	200

表-5 鋼標準における係数算出に用いた通過トン数

列車荷重の種類	線路等級	1 編成当たりの総重量(kN)	列車本数	係数算出に用いた通過トン数
機関車荷重	EA 荷重	1428	96	5000 万トン
	区分①相当		19	1000 万トン
電車・内燃動車荷重	M 荷重	720 (M-18,乗車率 350%)	190	5000 万トン

表-6 サンプル橋梁を用いた試算結果（区分①対象）

照査箇所		a	b	c
疲労等級		E	E	E
疲労限	照査結果 ($\gamma_i \Delta \sigma_{fud} / \Delta \sigma_{cod}$)	1.10 > 1.00	1.57 > 1.00	1.41 > 1.00
繰返し数の影響を考慮した照査	標準設定荷重を用いた照査結果 $\gamma_i \Delta \sigma_{fud} / \Delta \sigma_{cod}$ (係数法)	0.59 < 1.00	0.84 < 1.00	0.86 < 1.00
	新設定荷重を用いた照査結果 $\gamma_i^m \cdot D$ (累積疲労損傷度)	0.20 < 1.00	0.57 < 1.00	0.62 < 1.00



γ_i : 構造物係数 (1.0), $\Delta \sigma_{fud}$: 設計最大応力範囲, $\Delta \sigma_{cod}$: 一定振幅応力に対する 応力範囲の打ち切り限界,

$\Delta \sigma_{fud2}$: 設計最大作用応力範囲, $\Delta \sigma_{fd}$: 疲労許容応力範囲, m : 疲労設計曲線の傾きを 表す定数, D : 累積疲労損傷度

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），平成 21 年 7 月，鉄道総合技術研究所
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），平成 16 年 4 月，鉄道総合技術研究所
- 3) 鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）のマニュアル，平成 16 年 4 月，東日本旅客鉄道株式会社