

高速列車の輪重分布と鋼桁部材の発生応力分布における研究

J R 東海

正会員

正会員

フェロー

○ 庄司朋宏

伊藤裕一

関 雅樹

1. はじめに

構造物の維持管理において、作用荷重の履歴を把握することとその将来的な予測をすることは、構造物の現在の健全性を評価し、今後の余寿命を推定するために重要である。列車荷重は道路荷重と違い、作用する列車本数や車両形式毎の荷重が把握しやすいことから、比較的精度良くこれらを実施することが可能である。

この列車荷重は運転速度や線路線形、軌道状態、車両の動揺、乗車率などが要因で変動するため、鋼鉄道橋で実橋測定により疲労の照査をする場合には、数列車における発生応力測定値から最大応力を推定するために、この変動分を補正係数として考慮することとしている。この補正係数は走行時の車両の車輪重量（以下「動的輪重」という。）を測定し、その測定値のバラツキを統計処理する方法で求められている。そのため、車両改良や速度向上、列車本数の増加などといった施策的な変更においては、随時、この補正係数を見直すことが必要となってくる。

本研究は、高速列車が運行している路線において長期間にわたり動的輪重測定を実施し、車両改良による軽量化や速度向上による衝撃荷重の増加が動的輪重に与える影響を確認した。さらに、当該路線における、現在と将来の新しい補正係数を提案するものである。

2. 測定概要

測定箇所は1層3径間RCラーメン高架橋上のバラスト軌道である。

線路線形は勾配 8.3/1000 の直線区間である。

測定点数は高架橋中心に3点、高架橋端部に3点、フラッシュバット溶接部に8点の計14点で、すべて片側レールで実施している。また、列車通過のトリガーとして光電管を用いた。これらの略図を図-1に示す。

測定点には、マクラギ間中心から左右115mmの位置に防水型2軸直交ひずみゲージを表裏あわせて計4枚貼り付け、4ゲージ法のブリッジ回路を構成している。ゲ

ージ貼り付け位置を図-2に示す。測定用の動ひずみアン

プはサンプリング周波数が2kHzのものを使用している。また、輪重の測定と同時に列車速度と列車長を測定している。車両判別した4種類の車両を表-1に示す。ここで、車両A、B、Cは、車両Dから軽量化と速度向上を実施した車両形式である。

測定期間は約4ヶ月間実施している。測定した列車本数は14,524本である。車両別本数はA車両が5,743本、B車両が6,253本、C車両が833本、D車両が1685本であった。

キーワード：高速列車、動的輪重、鋼橋、疲労、補正係数

〒485-0801 愛知県小牧市大山1545番33 TEL 0568(47)5374 FAX 0568(47)5364

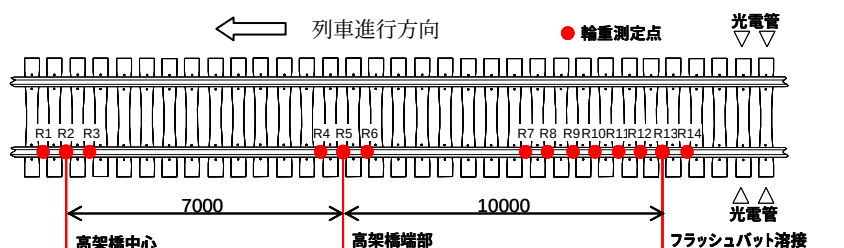


図-1 測定点及び光電管の配置図

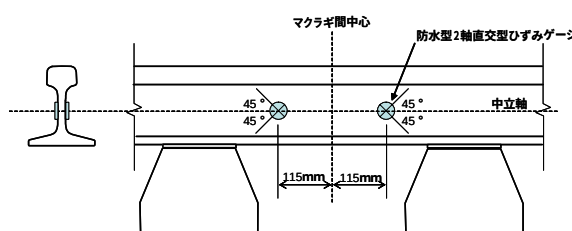


図-2 測定点でのゲージ設置図

表-1 車両諸元

車両種別	運転速度 (km/h)	編成	100%乗車時の 静止輪重(kN)
A	270	16両	50
B	270	16両	50.4
C	270	16両	47.5
D	220	16両	66.2

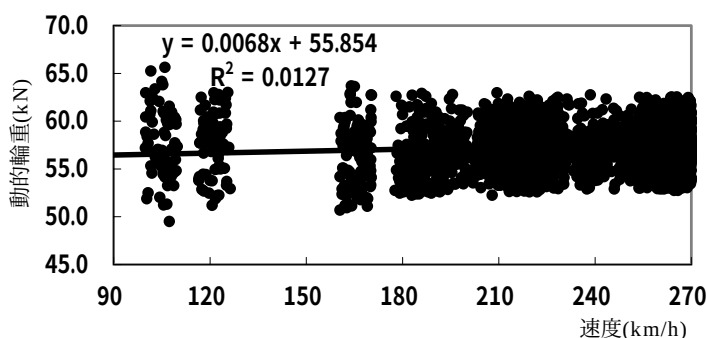


図-3 車両 A 第 1 軸の速度別動的輪重(kN)

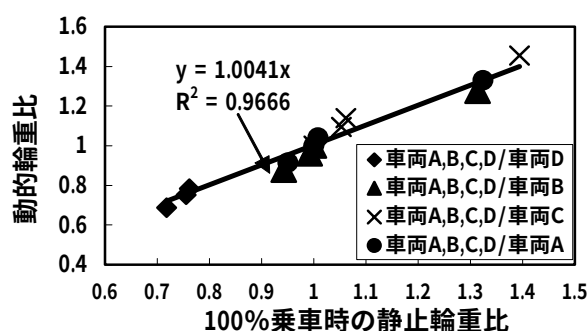


図-4 車両改良と速度向上による輪重比

3. 測定結果と考察

(1)速度向上による影響

図-3は車両Aの先頭第1軸の動的輪重の測定値を速度別に表したものである。一般的に速度増加に伴い衝撃の影響により動的輪重は増大し、分散も大きくなるとされているが、今回の結果では、速度による動的輪重増加がわずかに確認できたが、分散に関しては顕著な速度依存性は見られなかった。これは測定箇所が直線区間であり、道床更換やレール削正直後からの測定であったなど、軌道状態が良好で、車両の動揺など輪重が増加する要因が少なかったためと考えられる。

(2)車両軽量化による影響

図-4は各車両の100%乗車時の静止時輪重比と動的輪重比（平均値）の相関関係をグラフ化したものである。これより、動的輪重比/100%乗車時の静止輪重比が1.004であることから車両軽量化の効果が動的輪重にそのまま影響していることが確認できる。また、220km/hから270km/hへの速度向上による動的輪重増加が0.004倍程度であることを確認した。

図-5は、測定した全列車×車軸数64本を母体数とした場合の車両形式別動的輪重の頻度分布と、これらの対数正規確率密度関数及び正規確率密度関数をグラフ化したものである。また、表-2は車両別の静止時輪重と今回測定した動的輪重平均値と標準偏差、及び各超過確率 σ , 2σ , 3σ と平均値との比率（＝補正係数）を計算した結果である。ここで、 3σ における補正係数を比較した場合、著しく異なる輪重の車両が混在するような状況（ALL）では1.34、各車両のみでは1.12～1.17となっている。したがって、異なる輪重の車両が混在することにより補正係数は大きく影響をうけることが確認できる。

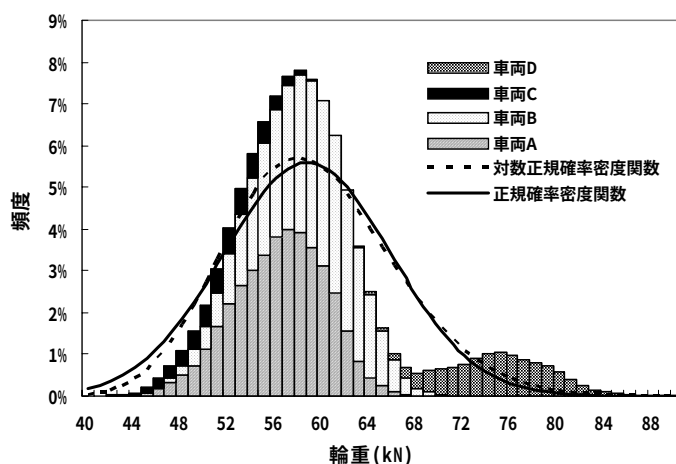


図-5 車両別の動的輪重の頻度分布

表-2 動的輪重による補正係数の計算結果

車両種別	ALL	A,B,C	A	B	C	D
平均値 μ (kN)	58.6	56.6	55.8	58.1	51.0	74.1
標準偏差 σ (kN)	6.65	3.62	3.03	3.24	2.66	2.96
$(\mu + \sigma) / \mu$	1.11	1.06	1.05	1.06	1.05	1.04
$(\mu + 2\sigma) / \mu$	1.23	1.13	1.11	1.11	1.10	1.08
$(\mu + 3\sigma) / \mu$	1.34	1.19	1.16	1.17	1.16	1.12

4. まとめ

- (1) 220km/h から 270km/h への速度向上において、動的な輪重増加は僅かであり、分散に関して速度依存性は見られない。すなわち、この速度範囲においては車両軽量化が動的輪重軽量化に直接影響する。
- (2) 鋼鉄道橋で数列車による発生応力測定値から最大発生応力を推定して疲労の照査をする場合に用いる補正係数について、当該路線では車両A～Dの全ての車両形式が運行している状況では1.4である。また、車両形式がA～Cに統一されて運行している状況では1.2に設定することが可能である。

また、今回の測定結果が鋼橋の健全性評価へ適用可能であることを実証するために、今後は列車通過時の鋼橋主要部材に発生する応力と動的輪重との関係を整理していく。