

鉄道における列車荷重の作用係数測定とその分布について

鉄道総研 ○谷口 望

大日本コンサルタント 堀田 毅

1. はじめに

近年、橋梁の設計には性能照査型設計法が導入されるケースが増えてきており、多様化する構造物に対応するために、設計の自由度を増した設計法を提案する必要がある。鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼合成構造物¹⁾（以下、鋼標準）では、性能照査型設計法の1手法として限界状態設計法が記載されており、複数の安全係数（部分係数）が規定されている。しかし、設計の自由度を増すためには、この安全係数の根拠が重要となるが、この値の根拠が必ずしも明確になっていないのが現状である。また、近年注目されている信頼性指標を用いた設計法においても、この安全係数の設定根拠を知ることが重要となっている。

そこで本検討では、実際の鉄道の列車荷重（活荷重）を測定し、その分布を算定する。算定結果は、安全係数の1つである作用係数との比較を行い、作用係数の設定根拠に対する参考値とすることを目的としている。

2. 活荷重の測定方法

鉄道の活荷重測定にあたっては、従来から使用しているレールにゲージを取り付ける輪重測定²⁾を使用した。輪重測定では、マクラギ間のレールウェブ部両面に2軸ゲージを設置し、レールのせん断ひずみを測定することにより輪重値を得る（写真1）。本測定手法では、ゲージ取り付け後に載荷ジャッキによる校正（キャリブレーション）を行い、せん断ひずみと輪重の線形特性を事前に把握している（写真2）。

今回、輪重を測定したのは2路線（A：非合成桁、B：SRC床版トラス橋）、7車種の合計32列車、634輪重を測定した（表1）。また、測定時の列車速度は9.5km/h～116km/hの広い範囲で計測を行った。また、旅客列車に対しては測定時に目視により社内の乗車率をおよそで測定した。

測定された活荷重（輪重）は、理論活荷重との比率を算出することにより、測定作用係数を算出した。理論活荷重は、該当する列車形式の諸元³⁾から得た理論重量と、目視乗車率による旅客重量を足し合わせたものを使用した。なお、100%乗車時の旅客重量は、列車重量の10～20%程度となっている。また、今回の算定にあたっては、衝撃係数など速度の影響については考慮しないこととした。

3. 測定結果

測定作用係数の全体の頻度分布を図1に示す。また、本結果に速度の影響が含まれている可能性もあるため、速度の影響に関するデータを図2に示す。図2より、本測定結果には速度依存性が見られないため、速度の影響については考慮しないことが妥当であると考えられる。次に、測定結果の内、車種



写真1. 輪重測定のゲージ状況

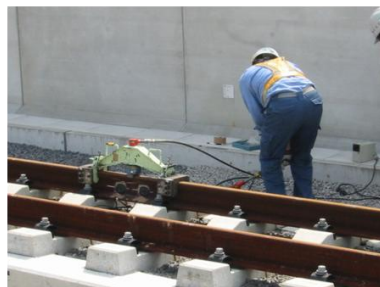


写真2. 輪重測定の校正状況

表1. 輪重の測定概要と測定作用係数の結果

路線	車両データ		サンプル数 測定輪重数	測定作用係数	
	概要	製造初年度		平均値 μ	標準偏差 σ
A	①通勤型《新型》	2004	144	0.984	0.083
	②ディーゼル機関車	1962	18	1.035	0.066
	③通勤型《旧型》	1963	112	0.938	0.155
	④通勤型《新型》	1985	72	0.883	0.060
	⑤快速型《旧型》	1963	56	1.042	0.105
	⑥快速型《新型》	1994	112	0.917	0.068
	⑦特急型《旧型》	1973	120	1.059	0.060
全体合計			634	0.972	0.112

キーワード 作用係数 活荷重測定 信頼性指標

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 鋼複合構造 TEL 042-573-7280

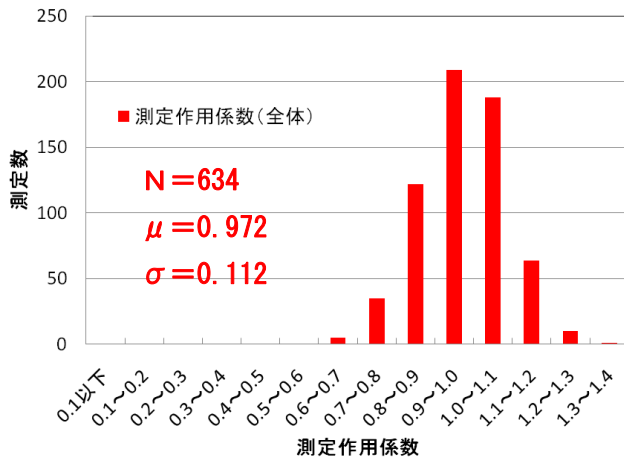


図1. 測定作用係数の分布 (測定全体)

の違いに関するデータを図3, 表1に示す. 図3, 表1より, 車種により平均値と頻度分布がばらついていることが分かる. したがって, 測定作用係数の分布は, 車種により異なることが分かる. この理由としては, 明確ではないが, 車種により台車の構造が異なっていることや, 経年により台車バネが不均一化している可能性などが考えられる.

測定作用係数の全体のバラツキより得られる正規分布を算出する(図4). また, 鋼標準における列車荷重の作用係数は $\gamma f=1.0\sim 1.2$ とされており, 標準値は, $\gamma f=1.1$ (安全性(耐荷性・安定性・耐疲労性))となっている. そこで, $\gamma f=1.1, 1.2$ との比較もあわせて図5に示す.

今回の測定で得られた測定作用係数の正規分布と γf の比較では, γf を上回らない確率を算定すると, $\gamma f=1.1$ の場合は0.879, $\gamma f=1.2$ の場合は0.981となる. また, 本正規分布より, 5%フラクタイル値¹⁾(上回らない確率が0.95となる値)は, $\gamma f=1.15$ となるため, 設計値としては妥当な結果となっていると考えられる.

4. まとめ

本検討結果を下記にまとめる.

- (1) 鉄道車両より測定された作用係数の分布は, 速度による影響は少ないが, 車両の種類による影響が大きい.
- (2) 鋼標準における列車荷重の作用係数との比較では, 上限値ではないものの, ほぼ妥当な結果となっている.

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造, 丸善, 2009.
- 2) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説 鋼・合成構造, 丸善, 2006.
- 3) JR 全車輛ハンドブック 2009, ネコ・パブリッシング, 2009.

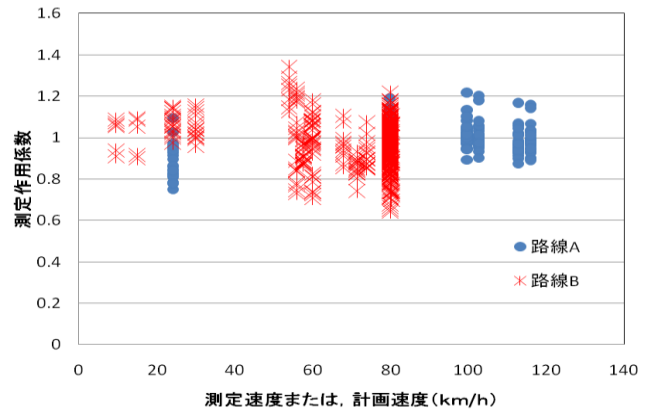
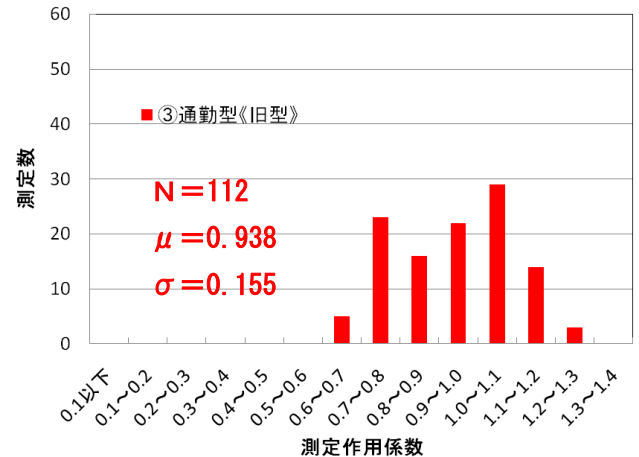
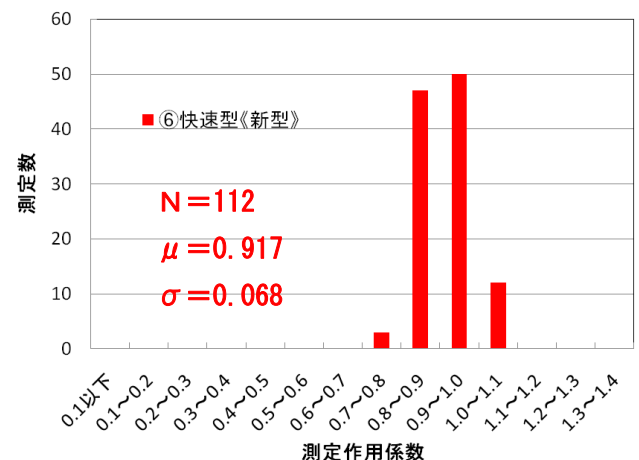


図2. 測定作用係数と速度の関係



(a) ③通勤型(旧型)における測定作用係数の分布



(b) ⑦特急型(旧型)における測定作用係数の分布

図3. 測定作用係数の分布(車種ごと)

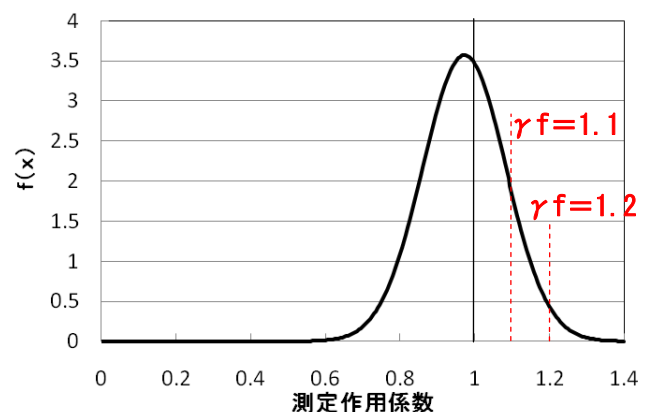


図4. 測定作用係数の分布(正規分布)